

令和元年度委託業務・調査研究報告書

超小型衛星研究開発に係るアジア等の宇宙新興国に向けた日本の支援可能性に関する調査研究

令和2年3月31日

国立大学法人 九州工業大学

特定非営利活動法人 大学宇宙工学コンソーシアム

本報告書を研究発表等で使われる際は、報告書名と著者名（九州工業大学・UNISEC）を参考文献として明示していただきますとともに、特に付録の衛星データベースの2次利用に際しましては、出典を「九州工業大学」と明記していただきますようお願いいたします。

本報告書は、文部科学省の令和元年度地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、国立大学法人九州工業大学・特定非営利活動法人大学宇宙工学コンソーシアムが実施した令和元年度「超小型衛星研究開発に係るアジア等の宇宙新興国に向けた日本の支援可能性に関する調査研究」の成果を取りまとめたものです。

概要

本報告書は、文部科学省の令和元年度地球観測技術等調査研究委託事業として行われた「超小型衛星研究開発に関わるアジア等の宇宙新興国に向けた日本の支援可能性に関する調査研究」の報告である。この調査研究は、過去に実施された超小型衛星ミッションやキャパシティビルディング（キャパビル）の成果や教訓の整理、海外の超小型衛星政策等の調査、および日本の支援可能性に関する調査分析を行うことで、アジア等の宇宙新興国に向け地球低軌道から深宇宙も含めた効果的な支援策の検討に資することを目的として行った。

2003 年からの 2019 年までの 17 年間において、全世界で 1,300 を超える超小型衛星（本調査では質量が 50kg 以下の衛星を指す）が軌道上に打ち上げられた。過去 3 年間においては、毎年 150～300 機が打ち上げられている。その中には、地球周回軌道を超えて、火星にまで到達したものがあり、超小型衛星による深宇宙探査までもが現実のものとなった。

超小型衛星の中でも、大学の教育用として始まった 1 辺 10cm を単位とする CubeSat は、技術実証・科学観測へと用途を広げ、Planet や Spire に代表されるコンステレーションを用いた商業利用も行われている。最近では、超小型衛星を用いたデータビジネスに対する投資が活発になされ、宇宙先進国では多くのスタートアップ企業が生まれている。

宇宙先進国では超小型衛星の有用性・重要性が認識され、学術・産業戦略に取り込まれている。科学観測分野では、多地点同時観測などで革新的な展開を見せる可能性があり、各国の戦略的研究開発投資もあって、衛星バス並びに観測機器の技術が日進月歩の進歩を見せている。特に、超小型衛星による深宇宙探査が注目され、それを支える推進系、通信系、航法などの要素技術についても、研究開発が活発になされている。同時に、衛星の大量生産と試験、自動運用といった課題の解決が迫られている。また、単発の超小型衛星のミッション成功率も未だ十分とは言えず、衛星の開発・製造・試験手法全体に関する研究が必要である。

超小型衛星の打ち上げ価格は高止まりしており、小型ロケットの登場後も価格は低下していない。宇宙先進国では、大学等での超小型衛星研究を支えるため無償の打ち上げ機会を提供している。

CubeSat のキット化と国際宇宙ステーション（ISS）からの放出が拡大する中で、多くの国々が CubeSat による宇宙参入を図ろうとしており、超小型衛星開発と人材育成を組み合わせたキャパビルに対する高い需要がある。一方、シンガポール、トルコ、南アフリカといった国々は、キャパビルの受益者の立場を卒業し、宇宙先進国との対等な国際協力関係を求めている。その中で、深宇宙探査等の先進的ミッションを共同で行うことも要望している。

超小型衛星をとりまく世界の状況の中で、CubeSat を用いたキャパビルにおいては、ISS 放出という高頻度で低価格な打ち上げ機会を JAXA が提供してきたこともあり、大学等を

中心とした日本の活動が世界をリードしている。超小型衛星の技術と実績については、深宇宙探査を含め、日本は諸外国と拮抗しているが、国内大学向けの高頻度・低価格の打ち上げ機会が減少する中、その競争力が弱まりつつある。また、CubeSat については、日本は打ち上げ数こそ多いものの、CubeSat システムを提供できる企業が国内になく、世界の趨勢が CubeSat に移行しつつある中、世界に遅れをとっている。

上記の超小型衛星研究開発に係るアジア等の宇宙新興国への支援に向けた世界的動向と世界における日本の立ち位置の調査分析結果に基づき、我が国が取るべき施策・支援策を検討した。超小型衛星は従来の教育や技術実証といった基礎的利用から、最先端の深宇宙探査や科学観測、または実利用へその存在意義を拡張している。また、超小型衛星には、超小型化のための最先端の学術的知見が必要な一方で、自国の大学等を活用した宇宙新興国に対するキャパシティビルディングという外交ツールとしての重要性も一層増加している。

我が国においても、国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させ、かつ、市場開拓等を見据えた展開が必要である。そのようなトップレベルの技術や市場開拓能力を有することが、宇宙新興国の超小型衛星開発への効果的な支援を可能にする。そのような施策として 24 項目を提案し、その中でも以下のものを重点的且つ早急に取り組むべき項目とした。

- 宇宙戦略における超小型衛星の現在の位置づけを宇宙への新規参入や技術実証の手段から、国が計画する宇宙ミッションにおいても役割を果たせるものへ格上げし、戦略的に超小型衛星の研究・開発・軌道上実証・ミッション遂行を行う枠組みを作る。
- 深宇宙や宇宙科学等での先端的・挑戦的ミッションを国が提示し、それに向けて国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させる戦略的取り組みへの予算措置を行う。
- 国内大学の超小型衛星研究のレベルを維持・発展させるための、深宇宙や宇宙科学などでの先端的ミッションを支える超小型衛星研究開発への継続的な財政的支援と、軌道上実証のための無償または安価で頻繁な打ち上げ機会の提供。
- 新興国における試験設備・地上局等の宇宙インフラ構築を支援する
- 「国際宇宙ステーション『きぼう』日本実験棟からの超小型衛星放出における包括的な連携協力の推進に関する協定」で行なっているような、新興国向けの低価格の打ち上げ手段を提供する枠組みの維持と拡大。
- 国内各機関が培ってきたキャパビル向けのバスを標準バスとして製品維持・輸出するためのシステムを作る。
- 衛星開発・運用だけでなく、政策立案や宇宙機関マネジメントなど、宇宙プログラム立ち上げのための総合的な支援のために、幹部養成研修プログラムを立ち上げる。
- キャパビル拠点機関を選定し、その機関が継続して活動を実施できるように、ノウハウをもった人材を維持するために財政支援を行う。

0. まえがき	1
1. 海外の超小型衛星への政策と取り組み、市場動向	3
1.1 超小型衛星の政策	3
1.1.1 超小型衛星に関する国・地域としての政策・関与（宇宙先進国）.....	3
1.1.2 超小型衛星に関する国・地域としての政策・関与（注目されるべき新興国）.....	38
1.1.3 超小型衛星政策に関する所見.....	50
1.2 超小型衛星に関する取り組み状況	51
1.2.1 アメリカ合衆国.....	56
1.2.2 ヨーロッパ宇宙機関.....	63
1.2.3 グレートブリテン及び北部アイルランド連合王国.....	65
1.2.4 イタリア共和国.....	66
1.2.5 スペイン王国.....	68
1.2.6 ドイツ連邦共和国.....	69
1.2.7 ノルウェー王国.....	72
1.2.8 中華人民共和国.....	74
1.2.9 インド.....	84
1.2.10 カナダ.....	85
1.2.11 フィンランド共和国.....	87
1.2.12 スウェーデン王国.....	88
1.2.13 デンマーク王国.....	89
1.2.14 その他の欧州各国.....	94
1.2.15 大韓民国.....	109
1.2.16 トルコ共和国.....	112
1.2.17 ブラジル連邦共和国.....	114
1.2.18 南アフリカ共和国.....	115
1.2.19 台湾.....	116
1.3 超小型衛星に関する市場動向	117
1.3.1 対象とする衛星.....	118
1.3.2 質量カテゴリー別ミッションに基づく超小型衛星の市場動向.....	119
1.3.3 運用者.....	120
1.3.4 衛星メーカー（プライム）について.....	121
1.3.5 超小型衛星市場の拡大要因.....	122
1.3.6 市場価値.....	122

1.3.7 過去4年間の比較	124
1.3.8 市場予測	125
1.3.9 新興企業への投資	125
1.4 超小型衛星による深宇宙探査ミッションの動向	126
1.4.1 超小型衛星を用いた深宇宙探査ミッションの実績	127
1.4.2 超小型衛星を用いた新宇宙探査ミッションの計画	130
1.4.3 深宇宙向け超小型衛星関連ビジネスの動向	140
2 超小型衛星の運用成果	165
3 超小型衛星の技術トレンド	172
3.1 超小型衛星によるミッション（深宇宙を含む）のトレンド	172
3.2 各サブシステムの最新技術	186
3.2.1 姿勢決定・制御系	186
3.2.2 推進系	188
3.2.3 電波通信	190
3.2.4 量子暗号通信	191
3.2.5 光通信	192
3.2.6 深宇宙通信系	193
3.2.7 ランデブ・ドッキング	195
3.2.8 リエントリ技術	196
3.2.9 その他（戦略的な超小型衛星用サブシステム・コンポーネント開発）	197
3.3 製造・開発方法の最新技術	204
3.4 運用方法の最新技術	205
3.5 まとめ	206
4 宇宙新興国へのキャパシティビルディング支援	224
4.1 宇宙新興国へのキャパシティビルディング支援	224
4.1.1 宇宙先進国のキャパシティビルディング活動の動向と課題	224
4.1.2 宇宙新興国のキャパシティビルディングのニーズ	240
4.2 宇宙先進各国におけるキャパシティビルディング活動	246
4.2.1 宇宙先進国（米、欧、中、インド等）の調査	247
4.2.2 今後日本の競争相手として注目されるべき新興国及び地域	260
4.3 宇宙新興各国の宇宙プログラムの状況、課題、キャパビルのニーズ	262
4.3.1 アジア地域	266
4.3.2 アフリカ・中東地域	279

4.3.3 中南米地域	294
5 国内におけるキャパシティビルディング活動の現状	305
5.1 国内の現状	305
5.1.1 大阪府立大学	305
5.1.2 九州工業大学	308
5.1.3 静岡大	312
5.1.4 東京大学	313
5.1.5 東京工業大学	319
5.1.6 東北大学	321
5.1.7 千葉工業大学	328
5.1.8 日本大学	328
5.1.9 和歌山大学	331
5.1.10 株式会社スペースエッジラボ	333
5.2 日本の大学衛星の打ち上げ数の推移	335
6 超小型衛星向け試験施設の現状	338
6.1 国内の超小型衛星試験施設	338
6.2 海外の超小型衛星試験施設	342
6.3 超小型衛星試験施設の課題と宇宙新興国向け支援策	348
7 超小型衛星の打ち上げ	353
7.1 打ち上げ方式	353
7.2 打ち上げサービス及び射場	361
7.2.1 国内射場	361
7.2.2 国内ロケットサービス	366
7.2.3 海外射場	370
7.2.4 海外ロケットサービス	373
7.2.5 聞き取り調査	380
8 超小型衛星を活用したアジア等の宇宙新興国向けの支援策に係る提案	391
8.1 世界の状況	391
8.1.1 超小型衛星全体をとりまく状況	391
8.1.2 宇宙新興国を取り巻く状況	393
8.2 日本の立ち位置	394
8.2.1 日本が世界に対して高い競争力を持つ分野	394
8.2.2 日本が諸外国と拮抗している分野	395

8.2.3 日本が諸外国に比べて遅れている分野	396
8.3 宇宙新興国の支援のためのシーズ	397
8.4 宇宙新興国側からの支援ニーズ	398
8.5 支援策の提案	399
8.5.1 国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させる戦略的取り組みの提案 ..	400
8.5.2 宇宙新興国の市場開拓等を見据えた提案	401
8.5.3 キャパビルに関する支援策の提案	402
8.5.4 支援策と広報活動についての提案	405
8.5.5 支援策と課題の対応	405
8.5.6 支援策と新興国宇宙プログラムの対応	407
8.6 支援策の実施主体・実施方法	408
8.7 期待される成果との整合性	409
8.8 日本の超小型衛星に対するあるべき施策	410
8.8.1 我が国全体の超小型衛星研究開発のレベル発展	410
8.8.2 宇宙新興国の市場開拓等を見据えた展開	411
8.8.3 宇宙新興国の超小型衛星開発への効果的な支援	411
付録 A 略語集	412
付録 B 表 0 衛星データベース	423

0. まえがき

本報告書は、文部科学省の令和元年度地球観測技術等調査研究委託事業として行われた「超小型衛星研究開発に関わるアジア等の宇宙新興国に向けた日本の支援可能性に関する調査研究」についての報告を行うものである。本調査研究では、過去に実施された超小型衛星ミッションやキャパシティビルディング（注※1）の成果や教訓の整理、海外の超小型衛星政策等の調査、および日本の支援可能性に関する調査分析を行うことで、アジア等の宇宙新興国に向け地球低軌道から深宇宙も含めた効果的な支援策の検討に資することを目的として行った。調査研究においては、文部科学省の委託を受けた九州工業大学（九工大）と大学宇宙工学コンソーシアム（UNISEC）が、（１）超小型衛星研究開発に係るアジア等の宇宙新興国への支援に向けた世界的動向等に関する調査分析と、（２）超小型衛星を活用したアジア等の宇宙新興国向けの支援策に係る提案を実施した。

本報告書の第１章から第７章では、超小型衛星研究開発に係るアジア等の宇宙新興国への支援に向けた世界的動向等に関する調査分析として、海外の超小型衛星政策や各国・地域での取り組み状況、超小型衛星をとりまく市場・技術・試験・打ち上げ等に関する様々な動向、超小型衛星（探査機）による深宇宙ミッションの動向、過去の超小型衛星ミッションの運用成果、キャパビルをめぐる動向・教訓・ニーズや日本国内の現状等について調査分析を行った結果を記載する。

調査分析にあたっては、九工大と UNISEC がもつ、宇宙先進国・宇宙新興国とのネットワークを活かし、調査票等を用いながら国内外関係者への聞き取りやメールでの問い合わせを行ない実施した。さらに、オープンソースの情報についてのオンライン調査を実施した。特に、宇宙新興国のキャパビルのニーズについては、九工大宇宙工学国際コースの留学生・元留学生を中心に、現地の状況を肌で知る人間ならではの情報を取り込んだ。

本調査で対象とする超小型衛星は、質量を 50kg 以下の衛星（または探査機）と定義する。超小型衛星の全体状況の概観のために、図 0-1 に 2003 年以降の超小型衛星の質量ごとの打ち上げ状況を示す。1,300 機を超える超小型衛星がこれまでに打ち上げられているのが見取れる。図 0-1 は、九工大がこれまでに毎年更新してきた超小型衛星のデータベースを基にしている。このデータベースは、2003 年以降の超小型衛星をほぼ全て網羅している。表 0(付録 B)に、このデータベースから、2003 年以降に打ち上げられた 50kg 以下の衛星 1349 機の情報を抜き出したものを掲載している。超小型衛星の動向の調査においては、このデータベースを有効に活用した。

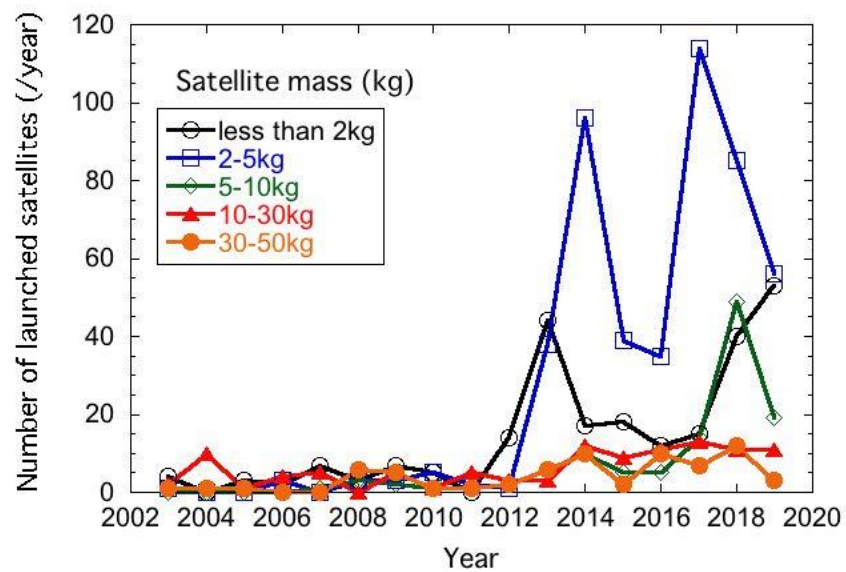


図 0-1 超小型衛星の打ち上げ数の推移（九州工業大学データベースから）

本報告書の最後では、超小型衛星をとりまく様々な状況の調査・分析を踏まえ、国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させる戦略的取り組みから、新興国の市場開拓を見据えた展開や日本が強みをもつキャパビルの効果的支援まで、地球低軌道から深宇宙も含め、超小型衛星を活用したアジア等の宇宙新興国向けの支援策に係る様々な提案を行った。

（注※1）本報告書におけるキャパシティビルディング（Capacity Building）の定義とは以下の通りである。

宇宙プログラムが未成熟な国・地域において、持続的な宇宙プログラムを遂行するための能力（Capacity）を構築（Building）するための活動。その活動には、単なる人材育成だけではなく、試験施設や地上局など研究開発運用にかかわるハードや、教育カリキュラムや法体系といったソフトの整備も含む。

本報告では、以降「キャパシティビルディング」を「キャパビル」と省略する。

1. 海外の超小型衛星への政策と取り組み、市場動向

1.1 超小型衛星の政策

宇宙先進国（米、欧、中、インド等）や、今後日本の競争相手として注目されるべき新興国（韓国、トルコ、ブラジル、南アフリカ等）の、超小型衛星に対する国・地域としての政策や予算、戦略、実施体制について、アジア・太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）や UNISEC-Global 等の機会を利用して調査票を使い、関係者への聞き取りやメールでの問い合わせを行い調査した。

尚、各国・地域関係者に、国・地域の宇宙戦略の中で超小型衛星に関して何らかの位置付けがなされ、それに基づいて超小型衛星を対象とした特定の政策があるかを問い合わせたが、そのような政策をもっている国・地域はない、少なくとも公開されている範囲ではそのような政策は見当たらないと推定される。

但し、各国・地域の宇宙政策や計画、或いは科学技術政策や産業振興政策、公的枠組み（例えば、科学者会議）の出す勧告等の中で、超小型衛星に関する取り組み指針を示している国・地域もある。以下の「国・地域としての政策」については、それらについて言及する。

1.1.1 超小型衛星に関する国・地域としての政策・関与（宇宙先進国）

1.1.1.1 アメリカ合衆国

(1) 国・地域としての政策

(1)-1 国家政策

米国の宇宙政策を示した「米国国家宇宙政策（NATIONAL SPACE POLICY of the UNITED STATES of AMERICA、2010 年）」において、超小型衛星に関する記述はないが、全米アカデミーズ（National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine）が“Thinking Inside the Box Achieving Science with CubeSats” [1-1]を公表し、特に超小型衛星の科学利用を中心に、国家機関（米国国立科学財団（NSF）と米国航空宇宙局（NASA））に対し、以下の勧告を行っている。

- i) NSF は、既存の CubeSat プログラムを引き続きサポートし、複数年単位で安全な資金を提供し、優先度の高い科学や次世代の科学者とエンジニアのトレーニングに引き続き焦点を当てる必要がある。特に、NSF は、太陽物理・宇宙物理学を超えた幅広い科学分野に対する CubeSat の利用機会、及び資金支援を増やす方法を検討する必要がある。

- ii) NASA は、CubeSat を利用する科学研究者用に、より簡便なインターフェースを設定し、効率的かつカスタマイズされた開発プロセスを可能にするために、CubeSat プログラムの一元管理を開発する必要がある。システムインテグレーション、試験、及び打ち上げの取り組みにより、プログラムに一貫性を提供することができる。更に、CubeSat テクノロジー、ベンダー情報、及び学んだ教訓の情報センターを提供することもできる。この活動の管理のための機構は、低コストで合理化された監視アプローチとなるものであると同時に、多様な科学観測要件と技術の進捗に適合できるものとする必要がある。
- iii) NASA は、各科学分野の目標と関連する科学に関し、予想される科学成果、コストとリスクを考慮した適切な CubeSat プログラムを開発し維持する必要がある。CubeSat を使用して、新たに認識されたニーズに迅速に対応し、新規に開発された技術の可能性を実現するには、様々なプログラムに対応可能なことが重要である。
- iv) NASA は、CubeSat 対応の科学ミッションを実践的なトレーニングの機会（hands-on training）として使用して、主任研究者となるリーダーシップ、科学、工学、及びプロジェクト管理スキルについて、学生とキャリア初期の専門家の双方に対し、能力開発を行う必要がある。NASA は、このアプローチに関連するリスクを受け入れる必要がある。
- v) 10～100 機の宇宙機によるコンステレーションは、宇宙科学と関連する宇宙天気、地球天気、気候、及び天体物理学や惑星科学のトピックの重要な測定を可能にすると考えられる。従って、NASA は、CubeSat や CubeSat から派生した技術、CubeSat 開発の思考方法等を活用し、大規模コンステレーション実装技術を開発する必要がある。
- vi) NASA 及びその他の関連機関は、米国アカデミーズの委員会が科学ミッションに最大の影響を与えている、4 つの分野の技術開発プログラムに投資する必要がある。それは、高帯域幅通信、精密姿勢制御、推進技術、及び小型機器技術の開発である。その開発成果を最大化するために、開発資金はコミュニティ全体で競争的に授与され、NASA の科学ミッション総局や宇宙技術ミッション総局など、NASA と国防総省の異なるセンター間の協力を考慮する必要がある。

vii) CubeSat 管理機構の一部として、NASA は継続的に民間の能力を分析し、独自の活動が民間の開発と適切に調整されていることを確認し、民間の活用すべき分野があるか等、民間部門との戦略的パートナーシップから利益を得ることを考慮する必要がある。

viii) NASA は、NSF と共に他の関連する連邦政府機関と協力して、科学ツールとしての CubeSat の可能性を最大化するために、CubeSat 関連のポリシーに対処するためのレビューと計画の策定を検討する必要がある。

ix) トピックスには次のものが含まれるが、これらに限定されるものではない：

CubeSat の操縦性、追跡、ミッション終了時処置のガイドラインと規制への対応。

CubeSat コミュニティの軌道デブリ、及び周波数規制要件に関する教育。低コストの CubeSat 機能の継続的な可用性。各種のガイドラインや規制については、活動を制約するものではなく、イノベーションを促進し、ガイドラインが科学的根拠に基づいて公平であり、米国内、及び国際的な新興企業にとって妥当なものであることを確認することが重要である。

(1)-2 NASA の取り組み

i) 「NASA 2018 戦略」

2018 年に公表された「NASA 2018 戦略」（NASA 2018 Strategic Plan）[1-2]において、4 つの戦略テーマ（DISCOVER、EXPLORE、DEVELOP、ENABLE）を設定している（表 1.1.1.1-1）。超小型衛星は、特に「DISCOVER」の到達目標である「新しい科学的発見を通じて人間の知識を広げる」の「戦略目的 1.1：太陽、地球、太陽系、宇宙の理解」において、低コストの CubeSat と SmallSat の使用を拡大して行くとしている。科学目標を着実に達成するためには、必要な潜在的な技術を積極的に特定し、トレードオフ研究や開発リスク評価を行った上で技術開発を進め、必要な技術を成熟させた後に当該技術をミッションに実装するとしている。そのための手段として CubeSat と SmallSat が有用としている。

表 1.1.1.1-1 NASA 2018 Strategic Plan で設定されている戦略テーマ

戦略テーマ	到達目標	戦略目的
DISCOVER	新しい科学的発見を通じて人間の知識を広げる	1.1：太陽、地球、太陽系、宇宙の理解 1.2：宇宙飛行に対する物理的、及び生物学的システムの反応の理解
EXPLORE	持続可能かつ長期的な探査と利用のために、宇宙での人類の存在を深化させるとともに、月へと拡張する	2.1：商業市場によって可能になった低地球軌道での人類の活動を維持するための米国の基盤構築 2.2：月の表面を含む深宇宙で探査を実施
DEVELOP	国家の課題に取り組み、経済成長を促進する	3.1：NASA 及び米国の探査能力を向上するための革新的な技術の開発と移転 3.2：革新的な技術の研究、開発、及び移転を通じての航空の変革 3.3：航空、宇宙、科学の分野で一般の人々の積極的関心向上
ENABLE	能力と運用の最適化	4.1：パートナーシップ戦略（他の政府機関、米国家産、学界/大学、非営利団体、州及び地方政府、及び国際機関等、国内外の多様なパートナーシップを特定、確立、及び維持）の促進 4.2：宇宙へのアクセスとサービスの提供 4.3：安全性とミッションの成功の保証 4.4：人的資本の管理 4.5：エンタープライズ（ミッションプログラムやプロジェクト、情報システムや支援機関のインフラストラクチャ等の NASA システム）のリスクからの保護 4.6：インフラストラクチャの機能と運用の維持

ii) 「NASA 小型宇宙機戦略」

前記の戦略に加え、NASA は、「NASA 小型宇宙機戦略」(NASA Small Spacecraft Strategic Plan) [1-3]を策定し、公開している。

同戦略では、小型宇宙機は、「NASA 2018 戦略」の 4 つの戦略目標である Discover、Explore、Develop、及び Enable の全てに貢献可能（航空を除く）とし、全米アカデミーズの勧告（(1)項の(1)-1 及び(3)項の「ベストプラクティス」を参照）を考慮して、小型衛星戦略を設定している。（尚、ここでの「小型宇宙機」は CubeSat から EELV Secondary Payload Adaptor（ESPA）級の衛星までを指している。）

戦略テーマ 1：優先度の高い革新的な科学

戦略 1.1：バランスのとれた探査プログラムの一環として小型宇宙機を採用し、新しい技術、ミッション策定、及び打ち上げ機会を確保し、独自の科学的観測を可能にする。

戦略 1.2：分散させた宇宙機からのマルチポイント測定を可能にするための機能やサービスを積極的に組み合わせていく。

戦略 1.3：十年規模での探査科学、及び探査イニシアチブを可能にするために、ミッションの策定、技術、及び打ち上げサービス能力について、より広範な科学コミュニティを教育する。

戦略テーマ 2：有人探査のサポート

戦略 2.1：有人探査をサポートするために、月と火星への適切な小型宇宙機ミッションについて、産業界と積極的に協力する。

戦略 2.2：有人と小型宇宙機が関与する cis-lunar 空間での科学及び探査活動が、相互に有効に補完する。

戦略テーマ 3 破壊的な技術革新

戦略 3.1：NASA ミッションのリスクを減らすために、新興の商用小型宇宙機やシステムと協力する。

戦略 3.2：産業界及び学界と連携して、NASA 独自の小型宇宙機のニーズを満たすために、革新的な新興技術の能力を積極的に採用する。

戦略 3.3：小型宇宙機ミッションと軌道実証を通じて、より高いリスクを許容しながら、機関全体でのイノベーションと迅速な実践的開発を促進する。

これらの戦略に沿った超小型衛星のプログラムが進められており、2021 年度の NASA 予算計画においても、詳細に超小型衛星の計画と現状が紹介されている。

この中で、NASA の科学ミッション総局 (SMD) 等の CubeSat/SmallSat イニシアチブは、全米アカデミーズの勧告に対応している旨が述べられている。また、Lunar Discovery and Exploration プログラム、特定の優先度の高い科学目標をターゲットとした CubeSat/SmallSat イニシアチブ、及びその他の取り組みを通じて、商業パートナーと NASA の間に新たなパートナーシップの機会を提供するものとしている。

また、NASA の超小型衛星開発を所轄する宇宙技術ミッション総局 (STMD) が行う Small Spacecraft Technology プログラムは、探査・科学・商業宇宙分野に適用可能な小型宇宙機の迅速な開発と実証を通じて、米国の能力を拡張して独自のミッションを実行するとして

いる。特に、ターゲットを絞った開発と多くの軌道上実証により、低コスト化、開発期間短縮化を行い、小型宇宙機を利用した新しいミッションアーキテクチャの確立や利用範囲の拡大を図るとしている。尚、Small Spacecraft Technology プログラムでは、2020 年から 2022 年の間に、15 のミッションの実施と 19 機の打ち上げを計画している。

Small Spacecraft Technology プログラムの推進に関連して多くの公募が行われてきており、戦略に合致した公募の例として、2019 年に公募が開始された Smallsat Technology Partnerships が挙げられる。

この公募は学界（大学）が NASA とチームを組んで、NASA の提案するターゲットに焦点をあてた小型宇宙機関連技術の開発を行うものである。今回の公募では以下の 3 項目がターゲットとなった。

【ターゲットとして設定された項目】

- 月面通信、及び航法ネットワーク支援のための小型宇宙機
- 月面ミッション用の小型宇宙機推進系と小型宇宙機による月サンプルリターンポテンシャル
- 地球―月間の環境に適用した、小型宇宙機の高度電力サブシステムと熱制御技術

尚、小型宇宙機の開発の経験の少ない大学は、経験豊富な大学と組んで応募することが推奨され、NASA とのパートナーシップ拡大が図られた。

2020 年 3 月 12 日に選定結果が公表され、9 つの大学チームが選定された[1-4]。

2021 年度の NASA 予算計画においては、有人探査・運用ミッション総局（HEOMD）の CubeSat Launch Initiative（CSLI）[1-5]についても、その重要性が強調されている。

CSLI は、NASA センターと NASA プログラム、教育機関、非営利組織によって開発された CubeSat に宇宙へのアクセスの機会を提供するもので、CubeSat 開発者が科学、探査、技術開発、教育、運用等の研究を行うために、低コストで打ち上げ機会が提供される。最大 12U（1U は、大きさ 10 cm x 10 cm x 10 cm、重量 1.33 kg 未満）まで打ち上げ可能である。軌道への打ち上げは、ISS からの放出、或いは相乗り打ち上げによって行われ、これまで 100 機を超える CubeSat が打ち上げられている。

HEOMD は CSLI アクティビティの管理と監督を Advanced Exploration Systems Program から Launch Services Program（LSP）に移管し、HEOMD 関連の打ち上げを単一のプログラムに統合し、更に効率的な打ち上げを行うようにしている。

尚、ヒアリングで確認したところ、3U サイズまでの超小型衛星の打ち上げは無償で行われる。（3U より大きい場合、オプション費用がかかる。）

(2) 国・地域としての予算

(2)-1 NASA の小型宇宙機プログラム予算

NASA の STMD の小型宇宙機プログラム（詳細は(3)項参照）の予算は、2013 年～2018 年に総額約 80MUS\$（79.4MUS\$：約 88 億円）である。図 1.1.1.1-1 に上記総額のビジネスセクター毎の内訳を示す。

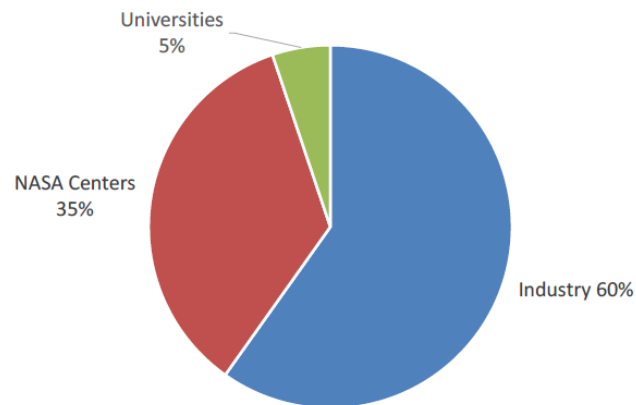


図 1.1.1.1-1 NASA の STMD 小型宇宙機プログラム（総額約 80MUS\$）の内訳 [1-6]

また、表 1.1.1.1-2 に各技術分野の予算割り当てを、ビジネスセクター毎に区分して示す。

表 1.1.1.1-2 各技術分野の予算割り当て [1-6]

Technology Areas	Funding to Industry	Funding to NASA Centers	Funding to Universities	Total Funding
Systems and Constellations	\$25.3	\$5.6	\$1.7	\$32.7
Communications	\$9.2	\$9.2	\$0.7	\$19.1
Mobility and Propulsion	\$8.1	\$7.3	\$0.2	\$15.6
Electrical Power Generation and Storage	\$2.3	\$2.1	\$0.3	\$4.7
Attitude and Orbit Determination and Control	\$2.5	\$1.2	\$0.4	\$4.0
System Integration	—	\$0.8	\$0.1	\$1.0
Thermal control	—	\$0.6	\$0.2	\$0.8
Payloads	—	\$0.5	\$0.2	\$0.7
Data Handling, Processing, and Autonomy	—	\$0.3	\$0.1	\$0.4
Flight and Ground Systems Software	—	\$0.3	\$0.1	\$0.4
All Technology Areas	\$47.5	\$27.8	\$4.1	\$79.4
Funding Percentage	60%	35%	5%	100%

図 1.1.1.1-1、及び表 1.1.1.1-2 から分かるように、予算総額の約 5%（約 4MUS\$）が大学に割り当てられている。また、(1)項(1)-1 の v)、及び vi)で、全米アカデミーズが「重点」と

している衛星コンステレーション（Systems and Constellations）、高帯域幅通信（Communications）、精密姿勢制御（Attitude and Orbit Determination and Control）、推進技術（Mobility and Propulsion）、小型機器技術（Electrical Power Generation and Storage）に予算が多く割り当てられていることが分かる。

尚、NASA では小型宇宙機として以下を含んでいる。

Minisatellite:100 kg or higher、Microsatellite : 10-100 kg、Nanosatellite, 1-10 kg、Picosatellite, 0.01-1 kg、Femtosatellite, 0.001-0.01 kg。[1-7]

(2)-2 その他の予算

- ・ NSF : 2008 年まで、CubeSat を利用した科学研究のための予算（Cubesat イニシアチブ : 3 年間のミッションで約 9 万\$）を提供し、初期の CubeSat 研究開発を支援した。
- ・ DOD : 小型宇宙機の利用等について検討しているが、予算は不明である。
- ・ NOAA : 民間の小型宇宙機の取得データ（例えば、GPS 掩蔽）の購入・利用等は実施しているが、独自の超小型衛星の開発等は現時点では実施していない。
- ・ NASA のプロジェクト予算 : NASA から実プロジェクトとして資金が提供される際に、超小型衛星が活用される例がある。以下、2 つの例を紹介する。

i) CYGNSS プロジェクト [1-8] [1-9]

米ミシガン大学が主導する小型衛星群を用いた海洋風観測プロジェクト「サイクロン航行測位衛星システム（CYGNSS）」は、NASA の「Earth Venture」研究プロジェクトとして 2012 年に選定された。（尚、「Earth Venture」研究プロジェクトは全米科学アカデミーから勧告を受けて NASA が設置したプロジェクトである。）

CYGNSS は、1 機約 28kg の超小型衛星 8 機から構成されるコンステレーション（但し、軌道面は 1 面）のシステムで、米ミシガン大学を中心に、米サウスウエスト研究所、米サリール・サテライト・テクノロジー社、NOAA 等がパートナーとして参加し、2016 年 12 月に打ち上げられた。CYGNSS には 5 年間で約 1 億 6000 万\$（約 180 億円）が資金提供された。CYGNSS 衛星を図 1.1.1.1-2 に示す。

関係者へのヒアリングによると、「Earth Venture」の最終選考では、NASA の某センターの高度技術の大型観測衛星 1 機（CYGNSS と同様な GNSS-Reflectometry の観測を含む、多種多様な観測の実施）との比較選考になったが、台風観測に焦点を絞り、超小型衛星のコンステレーションの特性を活かした高頻度観測という点が評価され CYGNSS が選考されたとのこと。

尚、CYGNSS には日本からは九州大学を中心とした研究チームが、データ利用を行う External Science チームとして参加し、文部科学省殿から 3 年間で約 1 億円の資金が提供された。

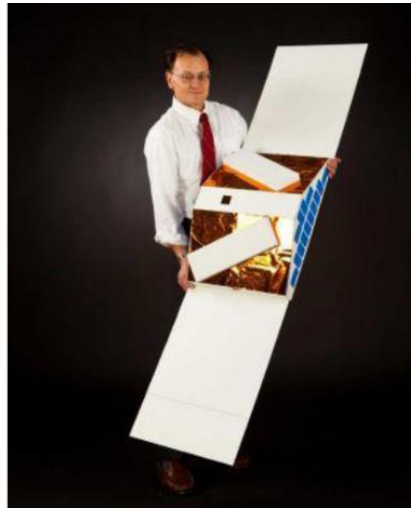


図 1.1.1.1-2 CYGNSS 衛星 [1-10]

ii) CAPSTONE プロジェクト

地球—月間自律測位システム技術運用航法実験衛星（CAPSTONE）は、月探査用の航法サービスの実験機で大きさ 12U の超小型衛星である。米コーネル大学主導で設計され、NASA はアドバンスドスペース社に 13.7MUS\$（約 15 億円）で開発と運用を委託した。また、打ち上げを 9.95 万 MUS\$（約 11 億円）でロケット打ち上げのスタートアップ企業である Rocket Lab 社に委託した[1-11]。



図 1.1.1.1-2 CAPSTONE 概念図 [1-12]

(3) 戦略

国としてのロードマップや戦略は見当たらないが、全米アカデミーズは On-Going（現在進行中）の状態といえる「CubeSat 開発」に関するベストプラクティスを提唱している。

全米アカデミーズは、CubeSat のような潜在的に破壊的なイノベーションの成功の可能性と経済的影響は、その事象の発生初期にはそれを予測することが困難であることは歴史的必然であるとして、CubeSat は、最終的には例えば、気球やロケットと言った明確に定義された特性・能力を有する効果的なツールになると推定している。

但し、CubeSat の影響は、それらのツールよりも遥かに大きく、新しいタイプのミッションと科学データにつながり、宇宙産業の巨視的な再編成につながる可能性があるとしている。

上記のことから、拘束性を生じるような CubeSat 研究開発のロードマップや研究開発方針等は示さず、以下のベストプラクティスを提唱している。

- 拙速な焦点化の回避。新しい研究者のための研究機会を創出し、情報と学習・教訓（lessons learned）を共有する情報センターを提供するような管理構成を NASA 全体に推奨する。また、管理組織が実験的でリスクを取るようなプログラムを排除することは、避けるべきである。そのような拙速なトップダウンを行うことは、技術の進歩を遅らせ、潜在的なブレークスルーを制限することになる。
- CubeSat 開発の基盤としての低コストのアプローチの維持。より大規模で高価な CubeSat ミッションに向かうような動きには、抵抗することが重要である。CubeSat の低コストオプションは、重要である。なぜなら、厳しく制約されたプラットフォームと標準化が、より高いリスク許容度と相まって、長期的にはより多くの技術革新を生み出す傾向となるからである。
- 適切な管理の実施。ミッションの能力と費用が増加するにつれて、管理とミッション保証プロセスを高度化させる必要がある。CubeSat の専門家をポリシーの変更や議論、提案のレビューに積極的に関与させることにより、低コストのミッションに余計な負荷をかけずに適切に管理することが重要である

(1)-2 項に示したように、NASA の取り組みも上記のベストプラクティスに合致するように設定されている。

(4) 実施体制

NASA の科学技術ミッションは、主として次の 4 つの「ミッション総局」が所掌している。

- 航空研究ミッション総局（ARMD）
- 有人探査・運用ミッション総局（HEOMD）
- 科学ミッション総局（SMD）
- 宇宙技術ミッション総局（STMD）

このうち、STMD は、将来のミッションを可能にする革新的な宇宙技術の研究開発を行っており、超小型衛星の研究開発を含む研究開発を行っている。STMD は、NASA の革新的な米国製技術への投資を基に、地球及び宇宙におけるソリューションを提供することを目的としている[1-13]。

STMD では、進行中のプログラムが 12 テーマあり、そのうちの 1 つが、SMALL SPACECRAFT TECHNOLOGY（小型宇宙機技術）である。

小型宇宙機技術プログラムの主な目的は、1)小型宇宙機の機能を強化または拡張するための新しいサブシステム技術の開発を特定し支援すること、2)小型宇宙機の新しい技術、機能、及びアプリケーションの飛行実証の支援、3)大型衛星やあらゆる規模のシステムに応用できる技術と機能を試験、及び実証するためのプラットフォームとして小型宇宙機を活用することである[1-14]。

(5) 米国超小型衛星政策のまとめ

NASA の超小型衛星の取り組みは、非政府非営利団体である全米アカデミーズの勧告に基づき、戦略や重点事項が定められている。

政府機関ではなく、科学者・技術者からなる非営利法人が、最先端でフラットな学術的立場から国家機関のあるべき方向性を定めているのは、米国の特徴といえる。また、重点化すべき課題を明確化する一方で、CubeSat のような潜在的に破壊的なイノベーションの成功の可能性と経済的影響は、その事象の発生初期には将来展開を予測することが困難であることは歴史的必然であるとして、拘束性を生じるような CubeSat 研究開発のロードマップや研究開発方針等は示さず、ベストプラクティスを提唱している。

全米アカデミーズの勧告は、国として目的を明確化したミッション達成への集中と、将来性のための研究開発の自由度とのバランスを配慮していると考ええる。

米国に限らず、最先端の科学者・技術者からなる非営利法人が、最先端でフラットな立場から自由な発想で、超小型衛星のようなイノベーション技術の政策・戦略を策定することは、その技術の将来を飛躍させる上で重要な取り組みであると考えられる。

NASA も全米アカデミーズの考えを尊重しており、「NASA 小型宇宙機戦略」や 2021 年度の NASA 予算計画の中でも、全米アカデミーズの勧告に配慮している、としている。具体的には、予算配分の重点が全米アカデミーズの勧告に整合していることが挙げられる。また、例えば、Smallsat Technology Partnerships のような焦点を絞ったプログラムを行うと同時に、CSLI 用は無償で打ち上げ機会を提供し、特に教育機関の研究開発を促進するといった取り組みがなされているのも、上記のような考えに基づくものと推定される。

そのような焦点を明確にした研究と自由な発想を尊重する研究とが調和した成功例の一つが、GPS 反射波の計測を行う「CYGNSS」のような革新的な超小型衛星プロジェクトであると推定する。

1.1.1.2 欧州宇宙機関（ESA）

(1) 欧州（ESA）としての政策

欧州における宇宙政策は、欧州連合（EU）と ESA 代表者による欧州宇宙理事会で策定された「欧州宇宙政策」（初版 2003 年、2007 年改訂）[1-15]、及び 2016 年に発表された「欧州宇宙戦略」（Space Strategy for Europe）に示されている。（尚、現在 EU が「宇宙政策プロフラム 2021-2027」年を策定中である。）

EU/ESA の宇宙政策は、気候変動との戦い、技術革新の促進、市民への社会経済的便益の提供など、今日の最も差し迫った課題に取り組むことを目指しており、2003 年の時点でいち早く産業の発展に寄与することを宣言している。また、宇宙利用を促すためのインフラは、欧州政府が用意するものとしている。更に 2016 年に発表された「欧州宇宙戦略」では、衛星から得られた情報を如何に使っていくかにフォーカスしている。

これらの文書の中では、超小型衛星にフォーカスした内容は見られないが、超小型衛星に関する政策や戦略も、基本的にはこれらの考え方に沿って展開されていると考えられる（具体的には(3)項を参照）。

また、ESA は、各国機関がプラットフォームとしての超小型衛星の役割を明確化・利用促進するための様々な文書を利用できるようにしており、側面から各国の超小型衛星開発や利用・教育の推進を支える活動も行っている。

例えば、「Fly Your Satellite!」のような、超小型衛星（CubeSat）の開発、打ち上げ、運用を行うプログラムがある。このプログラムは 2012 年に開始され、現在第 3 回目を実施し

ている。このプログラムでは、超小型衛星の開発のために欧州の大学の衛星チームをサポートし、打ち上げの機会を提供する。打ち上げは無償で実施される。

(2) 欧州（ESA）としての予算

ESA の総予算は、2020 年度で約 6.68B€（約 7800 億円）である（図 1.1.1.2-1）。この内、超小型衛星へ割り当てられる予算は、明示されていない。

ESA の活動は、「必須」と「オプション」の 2 つのカテゴリに分類される（「必須」と「オプション」の比率は約 1:3 といわれている）。一般予算、及び宇宙科学プログラムの下で実施されるプログラムは、「必須」となる。これには、機関の基本的な活動（将来のプロジェクト、技術研究、共有技術投資、情報システム、及びトレーニングプログラムに関する研究）が含まれる。すべての加盟国は、国民総生産（GNP）に基づいた規模で、これらのプログラムに貢献している。

「オプション」のプログラムには、地球観測、通信、衛星航法、及び宇宙輸送などの分野や、国際宇宙ステーション（ISS）と微小重力の研究が含まれている。「オプション」プログラムは、参加レベルを自由に決定できる一部の加盟国のみが関与している。

関係者へのヒアリングによると、超小型衛星関係の研究開発は「オプション」に分類されていると推定でき、各国の大学・機関等が ESA の超小型衛星へ関与するためには、所属国の ESA への十分な拠出金の提供が必要な模様である。

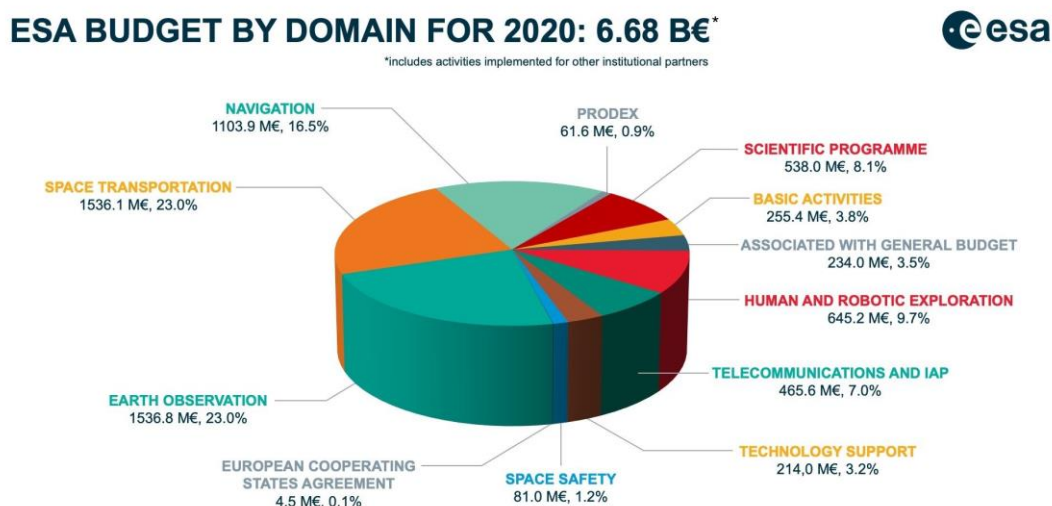


図 1.1.1.2-1 2020 年度 ESA 予算配分 [1-15]

(3) 戦略

(3)-1 欧州の宇宙技術における超小型衛星の位置付け

現在、ESA の超小型衛星（CubeSat）は以下の 3 つの目的のために活用されている。

- ・ 小型化技術の技術実証（IOD：In-Orbit Demonstration）
- ・ 小型ペイロードによるミッションの技術実証
- ・ 教育プログラム

これらの目的に合致した超小型衛星の具体例については、ESA の HP（“Technology CubeSats”）で紹介されている[1-16]。

欧州における宇宙技術の研究開発ロードマップは、ESA が欧州連合と共同で毎年発行する「欧州宇宙技術マスタープラン」（ESTMP）[1-17]で、規定されている。

ESTMP 2019 年版は、ESA と欧州委員会が共有する研究開発目標を、宇宙関連の活動に関して述べることを目的としている。この中で、超小型衛星（CubeSat）は、宇宙科学と探査ミッションを可能にする「革新的アプローチ」として位置付けられている。

また、同プランでは、民生品（COTS：Commercial off-the-shelf）の利用促進が革新的なプラットフォームの迅速な実装のために奨励されている。更に、サブシステムや機器の軌道実証（IOD/IOV：IOD/In-Orbit Validation）を改良していくことにより、グローバルな競争力を確保していくと述べている。

同書では、具体的には言及していないが、上記の内容から推定して超小型衛星が COTS 利用による迅速な実装のテストベッドや、機器の軌道上実証に一層活用されていくと推定される。

(3)-2 超小型衛星開発に関する方針

超小型衛星の開発にあたっては、既存の欧州宇宙標準（European Coordination for Space Standardization）を活用することにより、標準化された無駄のないプロジェクト管理を行っていくとしている。これにより、超小型衛星のエンジニアリング、及び認定プロセス全体でリスクを管理することが可能となるため、ミッションが計画通りに機能し、予算内に収まることを保証しながら、超小型衛星の特徴である適時性と低コストを最大限に活用できるとしている。

超小型衛星においても、「標準化」の促進、ならびに「標準」の利用は、非常に重要な要素であると推定できる。

(3)-3 深宇宙（惑星間）探査超小型衛星に関する ESA のロードマップ

2019 年 5 月 28 日、ESA は ESA Roadmap on Interplanetary CubeSats を公表し、いくつかのミッション案や必要な技術開発等を提示した。ESA の超小型衛星による深宇宙探査ミッションシナリオを、図 1.1.1.2-2 に示す。

PiggyBack の機会を利用して、LEO からの脱出軌道 / 月軌道 / 深宇宙軌道へ超小型衛星を投入し、深宇宙探査の初動コストを 1/10 にすることが可能としている。現在、大型探査機と組み合わせた月や小惑星の観測（図 1.1.1.2-3）、複数の超小型衛星の利用による近地球小天体（NEO）の観測（図 1.1.1.2-4）、複数点での宇宙天気計測（図 1.1.1.2-4）、或いは、単一の超小型衛星による深宇宙探査（図 1.1.1.2-5）等が検討されている。

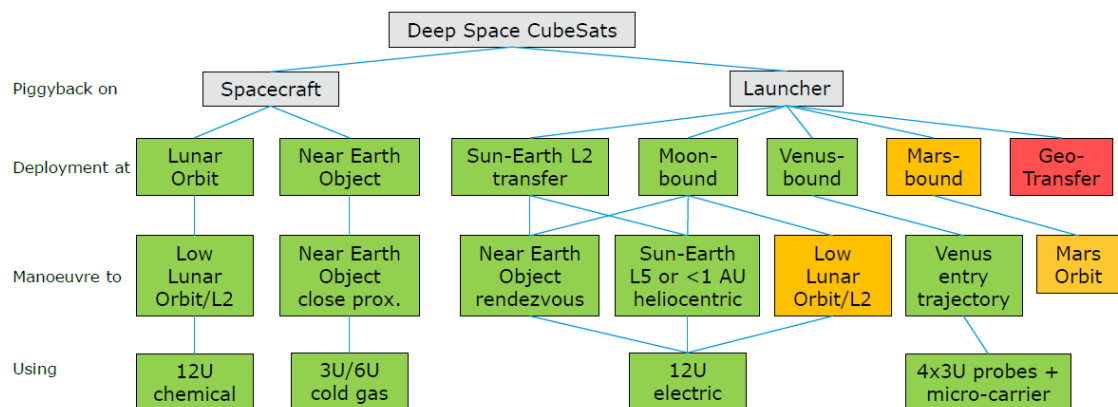


図 1.1.1.2-2 ESA の超小型衛星による深宇宙探査ミッションシナリオ [1-18]

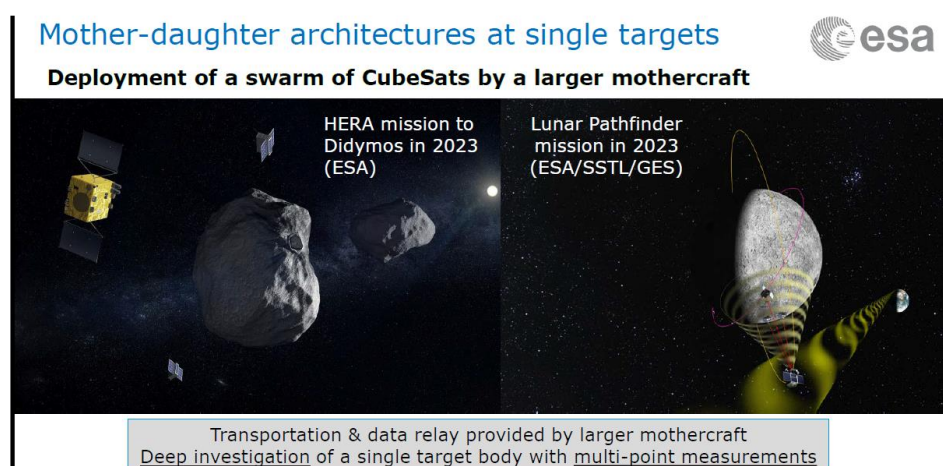


図 1.1.1.2-3 大型探査機と組み合わせた超小型衛星による月・小惑星の観測ミッション [1-18]

Fleet: Simultaneous Multi-Point Space Weather Measurements

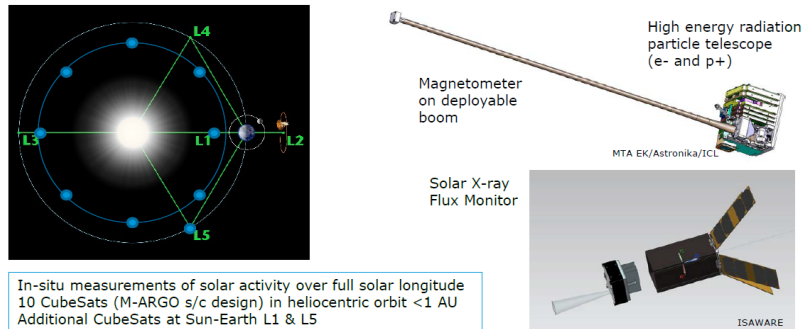


図 1.1.1.2-4 複数点での宇宙天気計測 [1-18]

Stand-alone Deep Space CubeSats

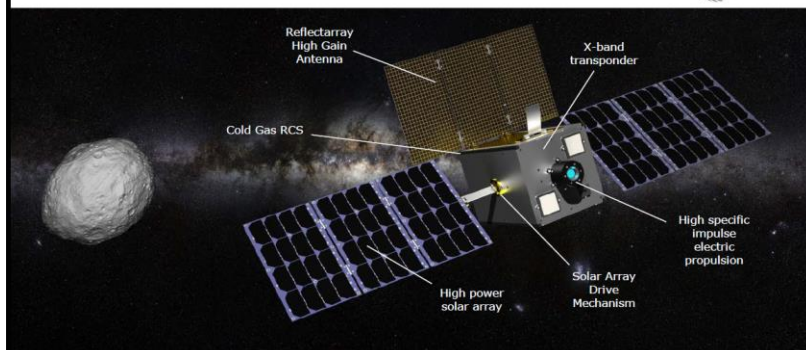


図 1.1.1.2-5 単一の超小型衛星による深宇宙探査 [1-18] [1-19]

(4) 実施体制

各プロジェクトにおける超小型衛星の開発・利用を促進するため、ESA のセンターの 1 つでオランダのノルドバイクにある、「欧州宇宙技術研究センター（ESTEC）」に、「超小型衛星システムユニット（CubeSat Systems Unit）」が置かれている [1-20]。

これは、ESA の「技術・エンジニアリング品質本部（Directorate of Technical and Engineering Quality）」の「システム部プロジェクト室（Systems Department Project Office of the Systems Department）」に属している。現在のユニット長は、Roger Walker 氏である。

同ユニットは、ESTEC の Mechanical Systems Lab の振動試験機と熱試験装置、ESA の残留磁場計測用の磁気コイル施設や放射線試験設備、アンテナ試験設備等、各種の試験施設・装置で超小型衛星の試験を行うことを支援している。試験設備・装置の例を、図 1.1.1.2-6 及び 1.1.1.2-7 に示す。また、2 年ごとに「CubeSat Industry Days」ワークショップを開

催しており、150 を超えるさまざまな組織から 250 人以上参加している。尚、このワークショップの議題には教育用の超小型衛星は含まない。

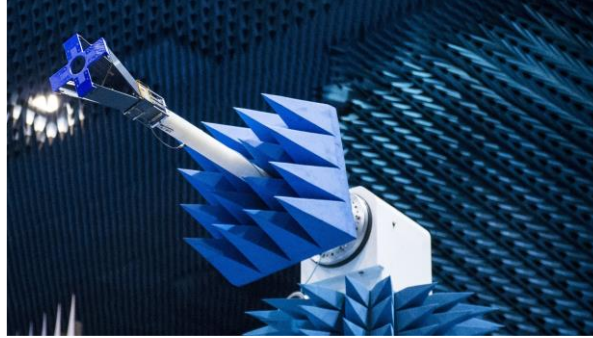


図 1.1.1.2-6 電波特性試験用ヘルツチャンバー内の Qarman CubeSat [1-19] [1-20]

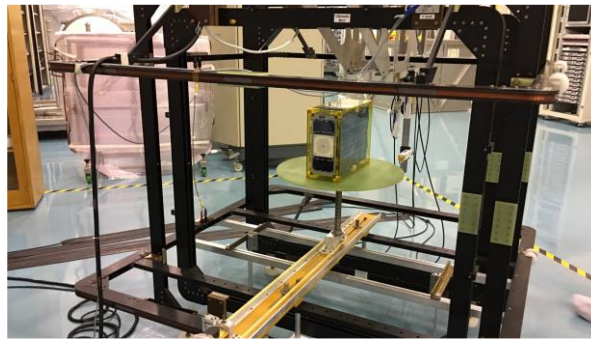


図 1.1.1.2-7 超小型衛星の残留磁気除去設備 [1-19][1-20]

1.1.1.3 グレートブリテン及び北部アイルランド連合王国

(1) 国・地域としての政策

2015 年 12 月に公表された英国国家宇宙政策（UK National Space policy）[1-21]では、各政府機関の宇宙分野における役割や宇宙活動の方向性等は記載されているが、超小型衛星について言及はしていない。産業界と国との協力事例として TechDemoSat-1（重量 150kg の小型衛星）を紹介し、このような小型衛星分野での英国の優位性については言及している。

また、英国宇宙プランの経営計画（2019-2020）[1-22]においても、小型衛星の打ち上げ機会の確保に関する言及はあるが、超小型衛星に関する具体的な記述は見られない。

但し、英国宇宙庁（UKSA）による「英国の宇宙イノベーションと成長戦略 2014-2030 に対する政府の対応（宇宙成長アクションプラン）」(2014 年 4 月)[1-23]では、UKSA が、政府の関係者と協力して、第三者賠償責任の制限や保険料の免除、申請手続きの迅速化・透

明化を通じて、CubeSat の競争力を確保するための施策を行ってきている。これは、英国を既存及び新規の宇宙ビジネスを成長させ、企業や投資を誘致するのに最適な場所にする活動の一環として行われている。従って、公開されている政策は無いものの、国としての超小型衛星に関する政策・戦略は、内部的には存在する可能性は否定できない。

関係者へのメール・聞き取りにおいても、超小型衛星に関して公開された政策は無いものの、政府関係者が内部的に政策・戦略を有している可能性が示唆された。

(2) 国・地域としての予算

関係者へのメール・聞き取りから推定すると、超小型衛星のプロジェクトに関する年間予算は 500 万ポンド（7.2 億円）～1000 万ポンド（14.5 億円）と推定される。但し、超小型衛星に関するスタートアップ企業への支援も含めると、2,500 万ポンド（36 億円）程度と推定される。

(3) 戦略

国としての超小型衛星戦略は公開されていない。

UKSA、UK Research & Innovation（UKRI）、Satellite Applications Catapult（SAC）、Defence Science and Technology Laboratory（DSTL）等の超小型衛星に関係する機関（政策決定機関ではない）が、独自の戦略やロードマップを策定してきている。

(4) 実施体制

関係者へのメール・聞き取りから推定すると、各機関で概ね以下の人数が超小型衛星に関与していると推定される。

表 1.1.1.3-1 超小型衛星に関与している人数

機関名	人数(推定)
UKRI	資金提供関連で約 10 名。50 名を超える人員が関与
UKSA	5 名（超小型衛星の専従者はいない。関係する延べ人数）
DSTL 及び軍事関連	10 名
OFCOM （英国における電気通信・放送等の規律・監督を行う規制機関）	2 名
BEIS(Department for Business, Energy & Industrial Strategy)	2 名
SAC	不明

1.1.1.4 イタリア共和国

(1) 国・地域としての政策

ヒアリングでは、イタリアは大型衛星と超小型衛星を識別して評価していない、とのことであった。

イタリアは、イタリア宇宙機関（ASI）が戦略的ビジョン文書（DVS）（現在の対象は 2016 年から 2025 年の期間）[1-24]に基づいて 3 年ごとに作成する国の宇宙計画（PTA）の中で Strategy mission が規定され、どのような社会的貢献（Social benefit）が期待されるかを検討する。その評価過程において、大型衛星と超小型衛星との識別はない。

尚、DVS 及び PTA の中では、超小型衛星を用いた技術実証等、超小型衛星の重要性、及びこれらの打ち上げ手段確立推進の必要性についての言及は見られる。

(2) 国・地域としての予算

超小型衛星用として特定の予算は、設定されていない。

(3) 戦略

超小型衛星に関する戦略は、定められていない。

(4) 実施体制

超小型衛星に関する特定の組織・部署等は、存在していない。

1.1.1.5 スペイン王国

(1) 国・地域としての政策

スペインは ESA の加盟国であり、ESA では最近 Dr. Roger Walker が率いる CubeSat システムユニットを開設している。ヒアリングでは、特定の政策は無いものの、この ESA の活動を注視しているとのことであった。

(2) 国・地域としての予算

ヒアリングからの推定として、0.8M€（約 1 億円）以下。

今後の予算増減は不明。スペインが ESA に 10M€（約 120 億円）を出資し、それがスペインに還元されるというスタイルであるため、国から ESA への出資額が増えないと、超小型衛星に関する ESA からの予算の増額は難しいと推定される。

尚、University of Vigo は5年間で6M€（約7.2億円）をEUのHorizon2020プログラムから、3年間で0.5M€（約0.6億円）をESAから受けている（ESAの資金は、スペイン供出分からの割当て）。

(3) 戦略

国内の企業、技術センター、大学が構成するスペイン航空宇宙技術プラットフォームが策定した2030年に向けた宇宙戦略（宇宙の研究開発のための戦略的アジェンダ）[1-25]がある。超小型衛星の活動はこの中の「New space」の文脈の中で読み取ることとなる。（長期型衛星自体の明示は無い。）

(4) 体制

スペインには、国立宇宙機関は存在しない。国立宇宙機関に最も近い組織は、産業技術開発センター（CDTI）であり、スペイン企業の技術開発とイノベーションを促進する経済産業競争力省（Ministry of Economy, Industry and Competitiveness）所轄の公共事業体である。この機関は、主に営利企業の支援に焦点を当てている。

（尚、大学、及び学術研究機関の研究活動に関しては、科学・イノベーション・大学省（Minister of Science, Innovation and University）が権限を有している。）

CDTIの宇宙活動は、Juan Carlos Cortés氏とJorge Lomba氏が宇宙活動の責任者であり、ESAのスペインのコンタクトポイントとして、宇宙、大規模研究インフラストラクチャ、デュアルプログラムの総局に含まれている。

CDTIでの超小型衛星関連の担当者数は10～15名程度（20名未満）（図1.1.1.5-1の赤丸部分）。

ESAのMandatoryプログラムは、大学や企業が直接に応募し、Non-Mandatoryのプログラムは企業がCDTIを通じて（CDTIの支援を受け）ESAに応募する。大学の超小型衛星は、ESAのGenial study programに応募している。現時点で、CDTIの2020年、2021年のナノ衛星関連の活動は、未確定である。

(5) その他

現在のスペインの科学・イノベーション・大学省（Minister of Science, Innovation and University）の大臣は、元ESA宇宙飛行士のDr. Pedro Duqueである。

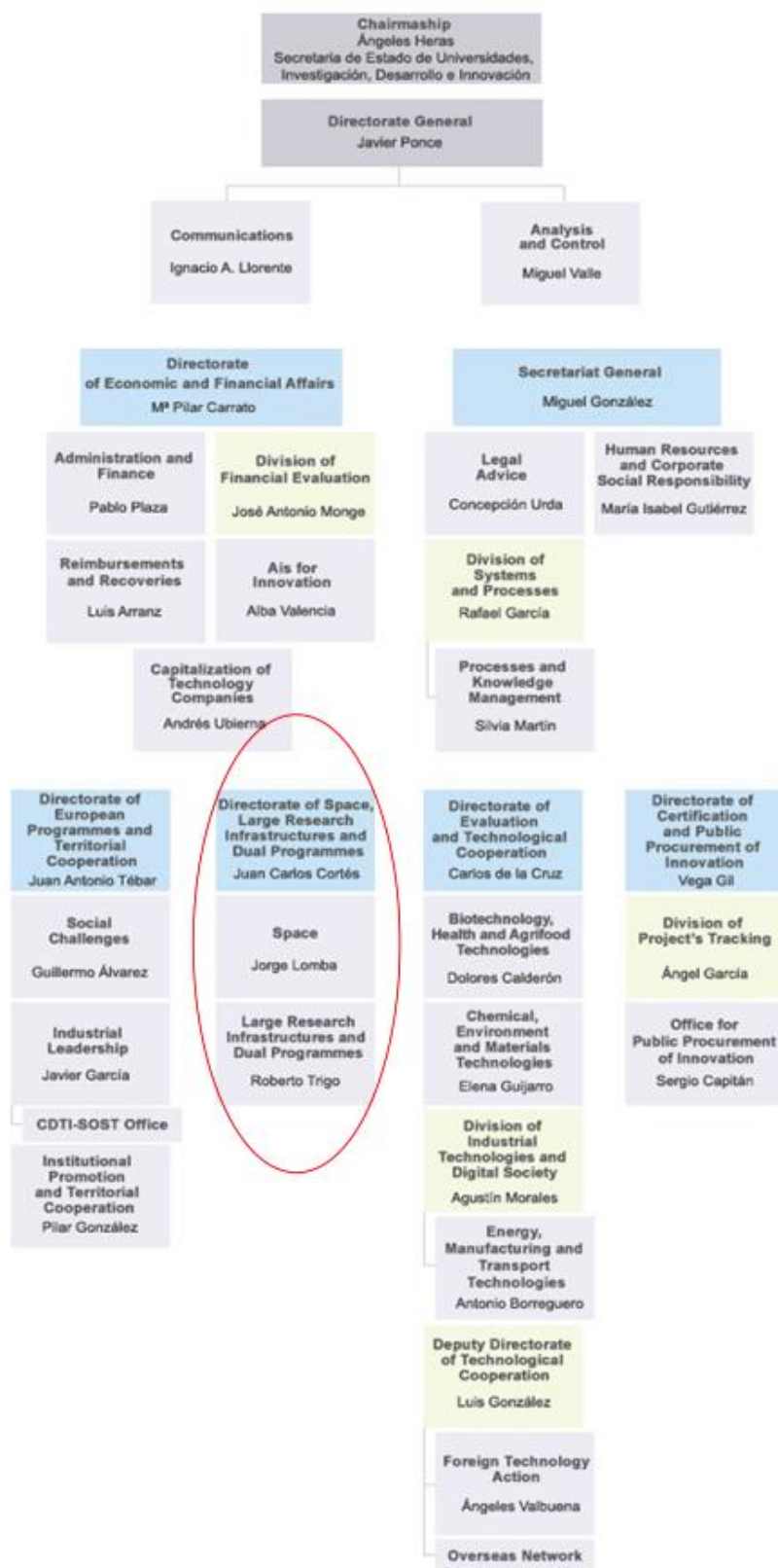


図 1.1.1.5-1 : スペインの CDTI の組織図（赤丸部分が超小型衛星担当） [1-26]

1.1.1.6 ドイツ連邦共和国

(1) 国・地域としての政策

ドイツ連邦政府の宇宙政策は、2010 年に連邦経済技術省（Federal ministry of Economics and Technology）より公表された「Making Germany's space sector fit for the future, The space strategy of the German Federal Government」[1-27]により、宇宙を 1)グローバル化、2)知的社会、3)気候変動・天然資源の保護に対する地球レベルの対応、4)政府全体のセキュリティへの備えのような課題を解決するツールとして位置付けている。しかしながら、この中で特に超小型衛星への言及は見られない。

また、この宇宙政策に基づいて策定されたドイツ航空宇宙センター（DLR）の「宇宙計画（Space Programme Planning）」[1-28]にも、超小型衛星についての言及は見られない。

教育用の超小型衛星に関する一般的な国家予算の割り当てはあると言われているが、それとは別に一般的な明示的ポリシーではなく、小型衛星（ほとんどの場合、超小型衛星）に関するシングルアクション（Single actions）がある。この Single actions に関しては、一般に文章等は公開されていない模様である。

(2) 国・地域としての予算

ドイツ政府は、超小型衛星を教育利用主体で考えている。教育用超小型衛星のために、年間合計で約 500,000€（約 6200 万円）が費やされていると推定される。この予算は domestic なもので、教育目的に関するものに限定される。但し、産業利用への応用的な研究要素を含むこともエンカレッジはされている。また、この予算額は、フランスの 1/3 程度であると、ドイツの関係者は推定している。

(3) 戦略

ドイツには、独自の超小型衛星に関する戦略はない。但し、ドイツには超小型衛星に関する 25 の企業があり、それぞれ独自にロードマップを有している可能性はある。

(4) 体制

教育用超小型衛星プログラムに関しては、連邦教育研究省（Bundesministerium für Bildung und Forschung）の中に Decision board があり、そこで採否が審議され、採択されたプロジェクトのため DLR に資金を提供する。図 1.1.1.6-1 にドイツの宇宙開発体制の概略を示す。

尚、連邦教育研究省管轄のフランフォファー（Fraunhofer）研究機構も超小型衛星開発を行っている[1-29]が、これは軍用目的である。

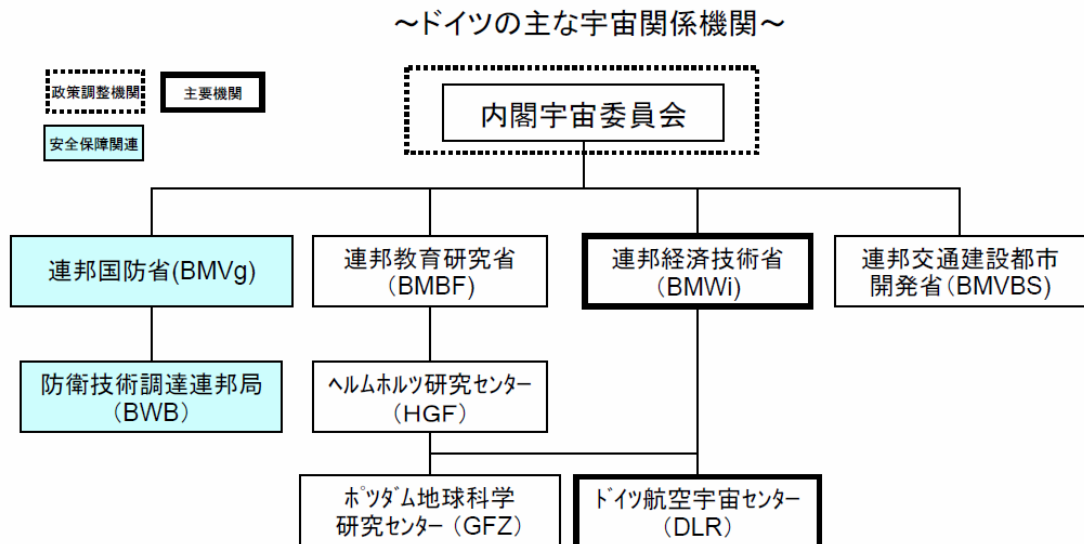


図 1.1.1.6-1 ドイツの宇宙開発体制概略（内閣府宇宙戦略室、平成 25 年）

(5) その他

University of Würzburg では 25 機の超小型衛星を開発し、10 機が現在運用中である。（ドイツ全体は 15 個程度が運用中）。主な大学（全て自国教育目的）はシュトゥットガルト、ミュンヘン、ドレスデン、ベルリン、アーヘン、ハイデルベルクであり、最近ブレーメンが活動を開始した。また、4 つの超小型衛星（20kg）でのフォーメーションフライト「SNET」プロジェクトを行っている。

1.1.1.7 ノルウェー王国

(1) 国・地域としての政策

政府の公的宇宙機関として、ノルウェー宇宙庁（NOSA、2019 年 3 月にノルウェー宇宙センター（NSC）から改称）が商工業省（Norwegian Ministry of Trade and Industry）の管轄下におかれている。

ノルウェー政府が 2012-2013 年に策定した宇宙政策に基づき、NOSA の前身である NSC が策定した「ノルウェーの宇宙戦略 2020：2014-2020 年の期間における戦略的イニシアチブと優先事項」に沿って、国の宇宙事業は進められてきた。この「ノルウェーの宇宙戦略 2020」[1-30]では、1) 収益性の高いビジネスの成長、雇用の促進、2) 重要なコミュニティとユーザーのニーズの充足、3) 社会的に重要な宇宙インフラの十分な確保、4) 宇宙及び宇宙を活用したノルウェーの外交、安全保障及び防衛政策の利益の確保、という 4 つの目標に沿

って政府は宇宙活動を継続することとしている。特に、北極圏に位置するノルウェーの地政学的特徴を考慮して宇宙活動を検討している事は、同国の宇宙政策の特徴と考えられる。但し、「ノルウェー宇宙戦略 2020」の中で、超小型衛星を特に識別しての言及は見られない。

2019 年 12 月 13 日にノルウェー政府は、新しい宇宙政策（2019 年-2020 年）を承認した。この新しい宇宙政策に基づき、詳細な中長期の宇宙戦略が定められていくと推定される。新しい政策では、今日の宇宙分野の急速な発展、ノルウェー社会における宇宙・衛星ベースのサービスの重要性、軍事・民間及び将来の価値創造に対する宇宙の戦略的重要性が強調されている。また、2010 年に打ち上げられた同国の船舶監視のための超小型衛星 AISat-1 とその後の 3 機の超小型衛星を例に、ノルウェーが衛星コンポーネントの請負事業者から独自の衛星サービスを展開できるようになったことを、重要な技術革新の機会と捉えている。また、小さな投資でも超小型衛星の活用により、ノルウェーが国際協力における重要なデータを提供可能であることが可能であるとしている。

一方、これまでの超小型衛星の打ち上げまでの平均待機期間が 1 年間となっており、打ち上げの即応性の観点からも、打ち上げ能力確保が戦略的に重要としている。そのため、小型衛星打ち上げ用の Andøya Spaceport 設立に関する判断を、優先事項としている。

(2) 国・地域としての予算

超小型衛星の予算は明示されていない。

宇宙活動の総予算は€1680M（約 2041 億円）であるが、ESA のために€210M（約 255 億円）、EU のために€480M（約 583 億円）、その他の国際プログラムのために€460M（約 559 億円）が使われている。ヒアリングによると、残金の一部が超小型衛星にまわされているとのことである。

尚、小型衛星打ち上げ用の Andøya Spaceport の建設予定費用は 1 B€（約 1200 億円）の見込み（但し、現時点では未承認）。

(3) 戦略

(1)に記したように、2019 年 12 月 13 日に新しい政策が政府により承認されたため、2020 年から 5 年程度の期間についての戦略が間もなく NOSA より公表されると推定される。インタビューで得た情報では、超小型衛星に関する戦略が、明示的に記される可能性があると思われ。

尚、超小型衛星の研究開発を行っているノルウェー科学技術大学（NTNU）の情報電子工学部は、超小型衛星を戦略重点分野に指定しており、(1)の政策の中でも「重点化する技術教育の事例」として紹介されている。

(4) 体制

商工業省が宇宙活動に関する責任も持ち、執行機関が NOSA となる。国営企業（100%国が出資）として Space Norway があり、超小型衛星製造を行う。衛星の運用は Space Norway の子会社である Statsat が行う。これらの合計人数は、推定で 60～70 名程度である。

1.1.1.8 ブルガリア共和国

(1) 国・地域としての政策

ブルガリア政府は、「宇宙研究、技術及び応用国家科学プログラム」（以下、「国家宇宙計画」と略す）を 2020 年から 5 年間、実施予定である。総予算は、予算 350 万€（約 4.3 億円）である。尚、ブルガリアの貨幣レートに換算すると実質倍額 7M€（約 8.6 億円）に相当する。この予算は大学にのみ配算され、総予算の 30%弱は衛星通信の研究開発に使われる。

この「国家宇宙計画」は、超小型衛星に関連するトピックと開発計画を含むように策定されている。尚、同プログラムの原案は、ソフィア大学を含むブルガリア国内の大学と、ブルガリア科学アカデミーの機関から構成されるチームが作成した。[1-31][1-32]

(2) 国・地域としての予算

「国家宇宙計画」の予算計画では、現時点では超小型衛星（と小型衛星）について分離されて記載されていない。

超小型衛星が関連するトピックスは、1)宇宙からの地球観測（5 年間総額で約 30 万€（約 0.37 億円））、2)制御、ナビゲーション、通信用のシステム（5 年間総額で約 75 万€（約 0.92 億円））、3)小型衛星関連の実線的実習（5 年間総額で約 9.5 万€（約 0.12 億円））。

これらの 1 年あたりの総額は、約 23 万€（約 0.28 億円）となり、ヒアリングによると超小型衛星を含む小型衛星関連には、これらのうち上限として 30～50%が割り当てられる見通しであるとのことである。

(3) 戦略

「国家宇宙計画」は、ブルガリアの「国家科学プログラム」と整合するように策定されている。「国家科学プログラム」は、ブルガリア政府が資金を提供する 4 年、又は 5 年の研究開発に重点を置いて設定されており、特定の研究分野に資金と人材を集中させることを目的とし、ローカル及びグローバル両方の主要で顕著な社会的、技術的、科学的問題に対するブルガリアの解決策を生み出すことを意図している。また、このプログラムは若い研究者の関与を優先し、ブルガリアに滞在して働く機会を提供するよう配慮されている。

プログラムのほとんどの WP は、ブルガリアのスマートスペシャライゼーションのイノベーション戦略（IS3）と整合性があるよう設定されており、欧州の資金や助成金の申請に活用可能なよう配慮されている。それは、この戦略との整合により、欧州連合の助成金と資金調達プログラムへのアクセスが容易になり、更に地域の特定ニーズや専門分野に応じての資金付与を可能とするためである。

Module 1: Fundamental space research

WP3: Space biology & medicine

Module 2: Space technology

WP3: Space materials

Module 4: Popularization

WP2: Outreach

WP3: Support for schools

表 1.1.1.8-1 ブルガリアの「国家宇宙計画」とビジネス分野との関連[1-32]

28

(4) 体制

「国家宇宙計画」は、教育科学省（Ministry of Education and Science）によってサポートされる予定で、「国家宇宙計画」を遂行するためにブルガリアの大学から教授が3名、講師が5～6名、学生が毎年5～10名程度関与する予定である。

(5) その他

衛星の打ち上げは、NASA 経由で企業に依頼する予定である。

1.1.1.9 オランダ王国

(1) 国・地域としての政策

小型衛星技術と超小型衛星は、オランダ宇宙局（NSO）の公式技術ロードマップ[1-33]でその必要性が言及されている。

(2) 国・地域としての予算

調査票を用いたヒアリングからは、約 3M€（約 3.7 億円）～約 5M€（約 6.1 億円）程度と推定される。これは国の宇宙プログラム、研究、技術プログラム、ESA、国防プログラムの関連事項の総計である。

(3) 戦略

NSO の公式な技術ロードマップで超小型衛星技術の必要性に関する言及があり、そのため国家の宇宙プログラムへの提案の際に、超小型衛星に関連するプロジェクトは適切なものとみなされる。また、ESA プログラムに超小型衛星開発プロジェクトへの応募の際は、NSO からの支持を得ることができまる。

尚、技術ロードマップでは、小型衛星と超小型衛星との識別はされていないが、超小型衛星を含む小型衛星関連のロードマップ策定に参加する機関として、ISIS、Delft University of Technology、TNO、NLR、ASTRON、University of Twente、SystematIC、Airbus DS-NL、Hyperion、cosine、S&T、University of Groningen、Radboud University、MOOG、LioniX、SATRAX、APP、CGI を挙げている。

(4) 体制

超小型衛星分野に専従している組織・人はいないと推定される。

1.1.1.10 中華人民共和国

(1) 国・地域としての政策

超小型衛星を対象とした特定の政策は公開されていないが、ここ数年の急速な超小型衛星の増加、超小型衛星の国立開発拠点の設立等、活発な活動から推察すると、何らかの特定の国家政策が存在していると推定することも可能である。

中国における超小型衛星の開発は 2000 年以降に始まったものの、2014 年まで年間打ち上げ数は 5 機以内に留まっていた。2015 年から打ち上げ数が大きく飛躍している。

近年の急激な超小型衛星数の伸びは、2014 年に中国科学院・上海市が共同設立した国立開発拠点「中科院微小衛星創新研究院（IAMCAS）」の設立によるものと考えられる。センタ－は小型衛星全般（新型の北斗航法衛星、量子暗号通信実験衛星などを含む）を取り扱うが、組織内に超小型衛星開発部門を擁する。

2003 年～2019 年春までに打ち上げられた中国の超小型衛星は 93 機。その内、IOD 衛星が 79%、応用目的の衛星が 21%。機関別では、大学衛星及び宇宙機関の衛星が各 31%、商用衛星が 38%。現在は軌道実証が中心となり、商用サービスを提供する応用衛星は 2 割程度に留まっている。

尚、中国では「Microsatellite」の語が超小型衛星ではなく、「小型衛星」の意味で使用されていることがある。特に超小型衛星を指す場合は、Microsatellite（10～100kg）、Nanosatellite（1～10kg）を総称し「微納衛星：Micro Nano Satellite」と表記されている。
[1-34]-[1-36]

(2) 国・地域としての予算

超小型衛星関連の予算について公開されている資料は見当たらない。但し、(4)体制から判断できるように、相応の組織を整えており、ある程度規模の大きい予算が配算されていると推定される。

(3) 戦略

中国國務院情報局は、2016 年 12 月 27 日に 2016 中国的航天「2016 China's Aerospace」を公表し、2011 年以降の中国の宇宙活動の主な進捗、今後 5 年間の主なタスク及び国際交流と協力の状況を紹介した。

その中で、中国は、アジア太平洋宇宙協力機構（APSCO）の協力枠組みの下、「アジア太平洋地域の宇宙能力の構築を支援するための一帯一路」をテーマに APSCO の共同マルチタスク小型衛星コンステレーションプロジェクトの推進に積極的に参加していること、エクアドル、アルゼンチン、ポーランド、ルクセンブルク等の国々からの小型衛星の打ち上

げに成功したことに言及し、今後 5 年間の主要な協力分野として大学生向けの小型衛星プロジェクトと、小型衛星コンステレーションの構築を挙げている。

(4) 体制

(4)-1 国の機関

中国の国家としての超小型衛星の取り組みは、3つの機関で行われている。それは、中科院微小衛星創新研究院/上海微小衛星工程中心（IAMCAS/SECM）、及び中国航天科技集团有限公司（CASC）の2つの機関（中国空間技術研究院（CAST）と上海航天技術研究院）である。以下、各組織の概略を示す。

i) IAMCAS/SECM [1-37]

<組織概要>

2014 年 7 月、中国科学院（CAS）及び上海市政府共同で設立された小型衛星研究開発センター。所在地は上海市浦東新区。名称の Microsatellite は小型衛星全般を指す。2017 年 8 月 22 日、SECM 内に CAS による IAMCAS が設立される。施設面積は 2 万 7000 平方メートル。IAMCAS 人員規模は約 600 名、うち 8 割は修士以上、平均年齢 31～32 歳。発足以来 43 機の人工衛星（北斗測位衛星、ダークマター観測衛星、量子暗号通信実験衛星などを含む）を開発。

院長：Gong Jiancun（National Space Science Center 副所長）

<IAMCAS の組織構成>

理事会、院長の下に学術委員会、工学委員会があり、更に分野別 5 部門に分かれる。「職能部門」、「総合部門」、「技術部門」、「応用部門」、「支援センター」、「ニューテクノロジー研究センター」の 6 部署。総合部門は「科学衛星」、「リモートセンシング衛星」、「通信衛星」の 3 部門。技術部門は「衛星電子工学」、「衛星制御技術」、「衛星熱力学」、「衛星ソフトウェア」の 4 部門。応用部門は「航法衛星」、「超小型衛星」の 2 部門。支援センターは「AIT」、「ソフトウェア」など。

経営陣は院長を含め 8 名。2017 年まで CTO を務めた Wu Shufan 教授（現在は上海交通大学教授）の経歴では、南京航空航天大学、ブラウンシュバイク工科大学で学位取得後に ESA に在籍、中仏共同海洋観測衛星計画「SVOM」に参加している。欧州で航空宇宙関係の学位、経歴を持つ指導者が在籍すると考えられる。

<IMACAS 小史>

1999 年 2 月、CAS 内に上海小型衛星エンジニアリング部門（中国科学院微小衛星総合重点実験室）が設立される。2003 年 12 月、CAS と上海市共同による母体組織「上海衛星工程中心」発足。2017 年 9 月、公式に IAMCAS が発足。

<組織の特徴>

IAMCAS は急激な規模拡大、専門人材の雇用と教育を進めている。IAMCAS の規模は、2014 年の 340 名程度から 2017 年の 600 名規模まで 2 倍近くなり、2020 年に 1000 名規模へ拡大する目標である。衛星開発の主要分野で 20 以上の職種で人材を募集している他、修士課程、博士課程の研究生を受け入れている。博士課程では留学生の受け入れを表明している。修士課程では留学生に関する記述は無く、中国内の大学の学部 3 年生向けに 50 名規模のサマーキャンプを実施している。

同機関のこれまでの職員数推移は、同機関の HP の英語サイトと中国語サイトで数名程度の差異が見られるが、中国語サイトによると以下となっている。

2014 年：346 名、2015 年：470 名、2016 年：550 名、2017 年：579 名、
2018 年：584 名、2019 年：589 名。

<（参考）IMACAS 開発の主な超小型衛星>

2003～2004 年：創新系列衛星（Innovation Series Satellites）88～310kg
2008 年 9 月 25 日：神舟七号飛船伴星（Companion Satellite Shanzhou VII spacecraft）
40kg
2015 年 9 月 25 日：立方体実験衛星（Experimental Cubesat）/ STU-2 1.7kg 3U×1 機、
2U×2 機による海水観測衛星
2016 年 8 月 16 日：希薄大気科学実験衛星（Satellite for Thin atmosphere Scientific
Experiments An earth satellite with the lowest orbital altitude）80kg
2016 年 10 月 23 日：天宮二号伴随衛星（Tiangong-2 Companion Star）47kg
2016 年 12 月 22 日：高光譜微納衛星（SPARK Spectral Micro Nano Satellite）43kg
2016 年 12 月 22 日：高分解率微納衛星（High Resolution Micro Nano Satellite）23.5kg
2018 年 9 月 25 日：向日葵一号（The Himawari satellite）97kg
2018 年 11 月 20 日：天智一号衛星 27kg

2018 年打ち上げの向日葵一号（SF-1 : Sun Flower satellite）は、モジュール型衛星バス、パドル回転機構（SADA）、推進システム、レーザー通信装置、姿勢制御装置など小型衛星向けのバス技術を実証する衛星。IAMCAS では、こうしたバス技術を組み合わせ超小型衛星向けの汎用バス開発も進めていると見られる。

ii) CAST/China Spacesat

CASC 所属の研究所。CAST の元に更に衛星開発企業 China Spacesat があり、更に 15 の子会社を有している。子会社の一つに DFH Satellite Co. Ltd.があり、超小型衛星プラットフォーム「CAST 968」を開発した。CAST 968 を使用した衛星 HummerSat-1A (30kg) は、2012 年 11 月 18 日に長征 2 号で打ち上げられ、小型衛星 HummerSat-1 とのフォーメーションフライトなどの軌道実証を行った。

iii) 上海航天技術研究院[1-38]

CASC 所属の研究所。ロケット、人工衛星開発を行い、超小型衛星プラットフォーム Micro-satellite series of platforms などを開発した。2.5 年のフルタイム大学院教育プログラムを有する。

(5) 大学

超小型衛星を開発する主な中国の大学として、以下の大学が知られている。

- ・ ハルビン工業大学 (<http://en.hit.edu.cn/>)
- ・ 浙江大学 (<https://www.zju.edu.cn/english/>)
- ・ 清華大学 (<https://www.tsinghua.edu.cn/publish/thu2018en/>)
- ・ 国防科技大学 (<https://english.nudt.edu.cn/>)
- ・ 南京理工大学 (<http://english.njust.edu.cn/>)
- ・ 上海交通大学 (<https://www.sjtu.edu.cn/>)
- ・ 西北工業大学 (<http://en.nwpu.edu.cn/>) / 超小型衛星研究所 (<http://www.selmsat.cn/en/>)

上記のうち、西北工業大学は学内に超小型衛星研究所（SELM）を有する。2017 年、QB50 の一環として 2UCubeSat の Aoxiang-1 を ISS から放出した。2018 年 11 月、第 1 回中国小型衛星シンポジウムを開催。交換留学生プログラムに航空宇宙エンジニアリングコースが存在することから、宇宙分野の留学生受け入れ可能であると考えられる。

(6) 民間企業

関係者への聞き取りでは、中国では Launcher や超小型衛星のスタートアップが多数生まれている。小型・超小型衛星については、中国政府は打ち上げや周波数の面でコントロールはしているものの、それ以外の介入はせず、それもあるって新興企業が参入し易くなっている。CubeSat は企業での開発はあるものの、大学ではそれほど盛んではない。これは、中国の大学が外国のロケットで打ち上げることはあまりないので(西北工業大学の Aoxiang-1 は QB-50 の一環であったために ISS を使った。但し、手続き上はベルギーの衛星として打ち上げられている。)、CubeSat にして打ち上げ互換性を確保する必要がないからと思われる。Launcher で市場参入するには高い技術力が必要であるが、潤沢な投資資金に支えられ、政府系の研究機関から技術者を 3 倍の高給で引き抜いているとの話もある。2019 年 7 月に i-Space 社の Hyperbola1 が高度 300km に数機の超小型衛星を打ち上げることに成功した [1-39]。

1.1.1.11 インド

(1) 国・地域としての政策

超小型衛星を対象とした特定の政策は無い模様である。(ヒアリングでは、少なくとも公開されていないとのことであった。)

(2) 国・地域としての予算

超小型衛星を対象とした特定の予算は無い。(少なくとも公開されていない。)

超小型衛星の開発は主として民間企業で行われている。設立から 2~3 年の 15 社のスタートアップ企業は非常に活動的である。これらは主に、Bangalore、Hyderabad、Ahmedabad、Chennai にある。著名な企業は Alpha Designs、Data Patterns、Dhruva space 等である。

インド政府は 2019 年に "New Space India Ltd. (NSIL)" を設立して、商業プロジェクトを推進している。

(3) 戦略

超小型衛星を対象とした特定の戦略やロードマップは無い。(少なくとも公開されていない。)

しかし、インド宇宙研究機関 (ISRO) は小型衛星の必要性和成長市場を理解しており、500kg 以内のペイロードを高度 500km の低軌道に、又は 300kg 以内のペイロードを高度 500km の太陽同期軌道 (SSO) に打ち上げるための打ち上げ機 (SSLV) を開発した。

現在、3機のSSLVの打ち上げが予定されている（この内2機目には、50kg級の超小型衛星4機が搭載される予定）。初号機は2020年1月にISROの射場（Sriharikota）から打ち上げられる。射点はSSLCである。

尚、インタビューでは、インドの南端にSSLV用に新しい射場を建設中との情報が得られた。

(4) 体制

超小型衛星分野に専念している組織・人はいないと推定される。

また、政府の打ち上げ事業は、超小型衛星と大型衛星の両方を同様に扱う。

1.1.1.12 カナダ

(1) 国・地域としての政策

カナダ宇宙機関（CSA）は2018年からCanadian CubeSat Project [1-40]を始めた。その中で、カナダの全ての州と属州の大学にCubeSatを作らせる。18の応募から15が選定され、2021～2022年に2つのバッチに分けてISSから放出される予定である。但し、政策的な位置づけは明示されていない。

(2) 国・地域としての予算

CSA本部にSpace Science and Technologyという部署があり、その下にScience Technology Education Development in Academia（STEDIA）という部門があり、3年間で約8.2MCAD\$（約5.6M€：約6.9億円）の予算がついている。これは一度限りのプロジェクトであり、継続する保証はない。その予算の中から、上記のCanadian CubeSat Projectに選ばれた各大学に140K€から170K€を配り、その他に打ち上げ費用をCSAが負担する。

(3) 戦略

超小型衛星を対象とした戦略やロードマップは無い。（少なくとも公開されていない。）

CSA関係者への聞き取りによると、人材育成以外にカナダ政府として超小型衛星に対する位置づけは無い。トロント大学のSpace Flight Laboratory（SFL）は、政府からの援助を受け取らずに自立したビジネスを行なっている。

(4) 体制

超小型衛星開発の専任組織はないが、以下の2つの組織は関与する可能性がある。

- Global Affairs Canada

役割：輸出ライセンスとリモートセンシングライセンスに関する規制

- 科学技術開発省（Ministry of Innovation, Science and Economic Development）

役割：周波数管理に関する規制

1.1.1.13 ロシア連邦

(1) 国・地域としての政策

ロシアの宇宙政策を規定した「2030年までの宇宙活動の分野におけるロシア連邦の国家政策の基本原則と将来の展望」（2013年4月19日のロシア連邦大統領承認 N Pr-906）の中で、超小型衛星について特に記述はされていない。但し、ロシアの「2016年～2025年のロシア連邦宇宙計画」（2016年3承認）の一環として、ロスコスモスによる超小型衛星の打ち上げに関するプログラムが規定されている（詳細は(3)項参照）[1-41]。

(2) 国・地域としての予算

超小型衛星の予算は、教育関係（大学）の研究費としての予算や国営のロスコスモス、複数省庁にも割り振られている模様（例えば、ロシアの運輸省の放送信号の衛星監視、航空機追跡用の超小型衛星プロジェクト）であり、総額は不明である。

尚、2020年～2022年にかけて、国家プログラム「ロシアの宇宙活動」の実施に6,000億ルーブル以上が割り当てることが計画されている。2020年には、宇宙プログラムの実施のための予算支出は1,985億ルーブル（約2,800億円）、2021年には2,091億ルーブル（約3,000億円）、2022年には2,087億ルーブル（約3,000億円）になる[1-42]。この国家宇宙予算は日本と同規模である。但し、教育目的や国際協力のためのプラットフォームや商業利用、軍用として、ロシアにおいても超小型衛星は活性化している[1-43]。また、(3)項に示すように、2016年～2025年の長期計画の中で、超小型衛星の打ち上げサービスは明確に計画されており、ロシアにおいても超小型衛星活用の重要性和予算配分の増加が推定される。但し、産業利用において、超小型衛星の利用価値は低いとの意見もロシア国内にはある[1-44]。

(3) 戦略

国としての超小型衛星に関する特定の戦略やロードマップは見当たらない。（少なくとも公開されていない。）

但し、ロシアの「2016 年-2025 年のロシア連邦宇宙計画」（2016 年 3 承認）の一環として、ロスコスモスによる超小型衛星の打ち上げに関するプログラム（UniverSat Small Spacecraft Launch Program、以下「UniverSat プログラム」と略す。（図 1.1.1.13-1））が開始されている（2019 年 12 月 27 日発令）。

UniverSat プログラムの目的は、科学的及び技術的能力の開発、専門分野の向上、若手の創造性を育成、宇宙探査の分野で教育機関による科学実験の実施を確保等である。

UniverSat プログラムの運営のために、委員会が設置されている。航法システム（GLONASS）局長の O.V. Kema が委員長を務め、ロスコスモスの職員が委員を務める。ロシアの打ち上げ機を使用して打ち上げる、小型衛星プログラム選択手順、運営方法、打ち上げのためのプログラムの形成と実装の手順が定められ、プログラムの選択・審査も同委員会で行われる。UniverSat プログラムへの参加者はロスコスモスや宇宙産業のため、教育活動に従事するロシアの組織とされている。[1-45] [1-46]

UniverSat プログラムで提示されている現在の主なテーマは、以下の通りである。

- 宇宙空間の太陽地球物理学的パラメータの衛星監視-「宇宙天気」（依頼元：ロシア連邦水文気象環境監視局（ロシア天然資源・環境省））；
- 大気及び電離層の状態の衛星電波監視（依頼元：ロシア連邦水文気象環境監視局（ロシア天然資源・環境省））；
- 放送信号（AZN-V）の衛星監視、航空機追跡（依頼元：ロシアの運輸省）。
-



図 1.1.1.13-1 UniverSat プログラムのイメージ図[1-47]

(4) 実施体制

超小型衛星の開発は、主として国立大学で行われている。代表的な機関として、以下が挙げられる。

- ・ モスクワ大学
- ・ サマーラ国立航空宇宙大学
- ・ 国立研究大学モスクワ航空研究所
- ・ モスクワ州立工科大学
- ・ 国立研究大学 MPEI（モスクワ電力工学研究所）
- ・ ノボシビルスク国立総合大学

但し、これらの機関による超小型衛星開発を集中的に管理・指揮している機関や体制は見当たらない。

一方、(3)項に示したように、国のニーズに沿った超小型衛星の開発・打ち上げに関するプログラムを行う組織は、ロスコスモスの中に整備されている。[1-48]

1.1.2 超小型衛星に関する国・地域としての政策・関与（注目されるべき新興国）

1.1.2.1 大韓民国

(1) 国・地域としての政策

韓国は、1990 年代後半から宇宙開発を本格化させたものとみられる。「宇宙開発中長期計画（2014～2040）」に加え、民間企業が宇宙開発を主導するよう誘導する計画「宇宙技術産業化戦略」、自国製のロケットを活用し、惑星・宇宙 探査及び高軌道衛星の独自開発を行う「韓国製のロケット開発計画修正」の主要 3 計画を制定し、宇宙活動を推進している。

韓国政府は 2018 年 2 月に「第 3 次宇宙開発振興基本計画」（2018 年～2022 年）を制定し、更に国家科学技術情報通信部は、2019 年に「第 2 次衛星情報を活用総合計画（2019～2023 年）」を確定した。

これらの文書によると、政府は様々な公共分野の需要を満たすことができるように、基本計画に提示した複数の任務衛星 63 機の内利用率が高い 20 機の半数（10 機）を超小型衛星とし（他は小型 1 機、中型 4 機、多目的実用 3 機、静止軌道 2 機）、2030 年までに開発するとしている。

また、宇宙開発振興法に基づく「衛星情報に普及促進策」として、「スマート衛星情報サービスを介して国民の安全を向上させ、国家イノベーション成長を牽引する」方策の一環として、特に超小型衛星を用いたサービス事例として、準リアルタイム観測による各種動向の

監視、衛星情報と経済指標をマージしての金融市場の予測、船舶自動識別装置（AIS）のサービス品質向上、衛星ベースの無線周波数監視を行うことを挙げている。

更に、2025 年を目途に、約 20 機以上の超小型衛星を運用して高頻度観測システムを構築することにより、情報取得能力を向上することが計画されている（この計画は「超小型衛星開発計画」と称されている）[1-49]。

(2) 国・地域としての予算[1-50][1-51]

超小型衛星に特化した予算については不明であるが、2019 年の韓国航空宇宙研究院（KARI）の予算は 520,000MW（約 460 億円）で、宇宙開発予算の GDP 比は約 0.46%（2017 年度）と言われている。日本の予算の約 1/5 程度であるが、(1)項に示したように、政策的に低コストの超小型衛星開発を重視しており、重点化されていく可能性がある。

近年では、超小型衛星に関し以下のような顕著な予算配分の動きが見られる。

i) 韓国未来部による次世代小型衛星開発事業のための専門家養成プログラム[1-52]

2013 年 8 月 5 日、韓国未来創造科学部（MSIP）は、次世代小型衛星開発事業（2012 年 6 月～2016 年 5 月）の一環として、宇宙分野の専門家を養成するための教育プログラムを開始した。MSIP は、韓国科学技術院（KAIST）衛星技術研究センター（SaTReC）と協力し、2013 年 6 月～2016 年 5 月までの 3 年間で総額 16.2 億 W（約 1.4 億円）を投じて宇宙分野の専門家を育成し、宇宙関連企業や学術・研究機関に必要な人材を供給する。同教育プログラムでは、基本的な教育と衛星開発現場への参加による実習教育が併行して行われた。

尚、2019 年度には「次世代小型衛星開発」予算として、60 億 W（約 5.4 億円）が計上されている。

ii) 科学技術情報通信部（MSIT）による超小型衛星のコンステレーション計画[1-53]

政府が 2020 年 4 月から朝鮮半島を撮影できる超小型衛星コンステレーションの開発を支援する。この超小型衛星コンステレーションシステムの開発事業には 2027 年まで 8 年間延べ 2,133 億ウォン（約 190 億円）が投入される。MSIT は「100kg 未満の超小型衛星 11 機を開発して運営して、朝鮮半島衛星映像獲得周期を大幅に減らすこと」とし、この様な計画を明らかにした。

MSIT は今回の事業に関し、2024 年までに電力消費量が低く、開発費用が低い超小型衛星 1 機を開発して打ち上げる予定である。この衛星の設計寿命は 3 年間で、解像度が 1m 以下のカメラも搭載される。後続衛星 10 機を開発して 2026 年～2027 年に発射する計画である。

超小型衛星は国際武器取引規則（ITAR）に抵触しないように開発され、韓国型ロケット「ヌリ号」（開発中。2021年初号機打ち上げ予定）に搭載し全羅南道高興のナロ宇宙センターから打ち上げられる[1-54]。

(3) 戦略

「第2次衛星情報を活用総合計画（2019～2023年）」に示される韓国の国としての衛星開発状況を表 1.1.2.1-1 に示す。

表 1.1.2.1-1 韓国の衛星開発状況（横軸は年代） [1-55]



2020年代以降のロードマップは明示されていないが、超小型衛星開発の取り組み戦略に関する考え方はいくつか示されている。

例えば、(1)項で言及した「超小型衛星開発計画」では超小型衛星2機を競争型で開発し、優れたモデルを複製量産して高頻度観測システムを構築する手法を採用するとしている。

また、CubeSatは、中小・ベンチャー企業を対象に競争型のR&D事業を推進していき、小型衛星と中型衛星は産業主管で開発できるように公募過程を策定する予定としている。

更に、超小型衛星の標準化についても推進の重点項目として挙げている。

(4) 体制

組織面では、KARIが実施機関として研究開発を主導する。また、国防科学研究所が各種衛星の開発利用に関与している。主な利用衛星として、画像偵察、通信などの衛星がある。

尚、衛星の打ち上げは他国に依存している。韓国内の宇宙開発の政府機関の役割を表 1.1.2.1-2 に示す。

表 1.1.2.1-2 国内の宇宙開発の主要な政府機関の役割

区分（分野）	関連機関	役割
衛星分野	韓国航空宇宙研究院（KARI）	・ 実用レベルの衛星開発と衛星運用 ・ 衛星管制と運用 ・ 衛星、宇宙環境試験 ・ 通信衛星搭載体と地上管制技術開発
	KAIST 衛星技術研究センター（SaTReC）	・ 小型科学衛星の開発と人材育成
	国防科学研究所	・ 軍事用搭載体技術の開発
打ち上げ機・推進系	韓国航空宇宙研究院（KARI）	・ 科学ロケットや衛星投入等の液体ロケット開発
衛星利用分野	韓国航空宇宙研究院（KARI）	・ 衛星画像総括管理 ・ 衛星画像処理（標準化等）と配布
	国立気象衛星センター	・ 気象衛星運用とその活用技術の開発
	韓国海洋科学技術院	・ 海洋衛星を活用し、海洋監視システム構築研究
	農林水産食品教育文化情報院	・ 衛星画像を活用し、携帯端末等のスマートマップ構築
	国立山林科学院	・ 森林地図製作などの衛星情報を活用 ・ 技術開発
基礎研究分野	韓国研究財団	・ 宇宙のコア技術開発事業を通じて基礎・応用技術の開発をサポート

表 1.1.2.1-2 に示すように、政府として小型科学衛星の開発と人材育成を担うのは KAIST の SaTReC である。

KAIST は韓国の理工系国立大学として、2013 年度の JAXA 国際部調査によると 6 つのカレッジ、8,000 人以上の学生を有している。SaTReC は 1989 年に設立され、「KITSAT」や「STSAT-2C」（2013 年 1 月 30 日、KSLV-1 で打ち上げに成功）などの科学技術実証衛星の開発製造を担っている。KAIST/SaTReC の組織図を図 1.1.2.1-1 に示す。

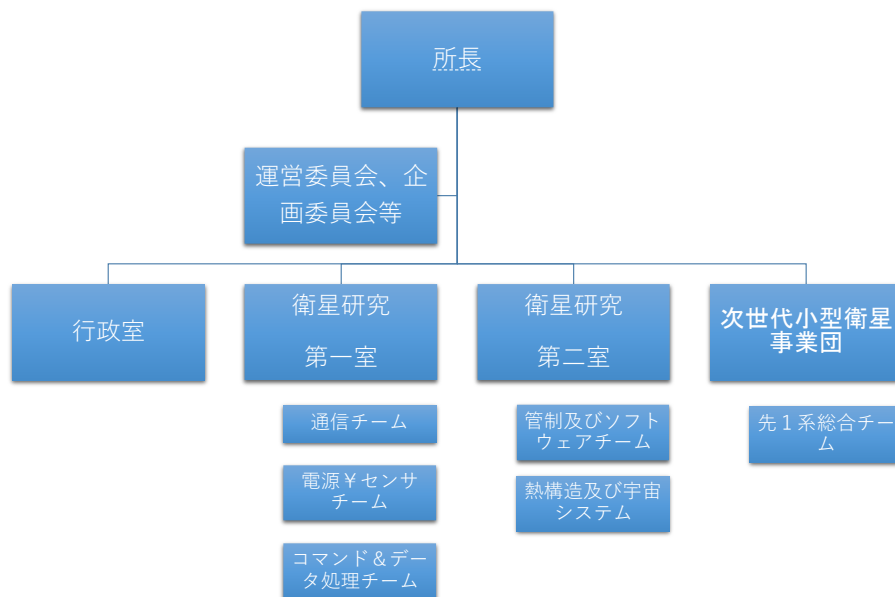


図 1.1.2.1-1 KAIST/SaTReC の組織図[1-56]

上図から小型衛星の専任部門があることが分かる。尚、初号機の KITSAT は 50kg 級の衛星^(*)であったが、現在 100kg 級までをターゲットに、以下を目的として次世代小型衛星開発を行っている。

(注*1：ヒアリングによると KITSAT-1 の設計は、Surrey Satellite Technology の UoSAT-5 に基づいているとのこと。国際協力としてサリー大学に韓国若手技術者を派遣し、衛星技術者の訓練と教育を通じて衛星技術を取得することが、プログラムの主な目的であったとのこと。)

【開発目的】

- 小型化、モジュール化、標準化ベースの小型衛星の標準プラットフォームの提供を通じた次世代小型衛星シリーズの開発と宇宙先導技術開発
- 宇宙のコア技術の軌道検証を通じた国内の宇宙産業の能力強化と国産化による技術競争力強化
- 科学技術ベースの地球環境監視と天文・宇宙観測を通じた科学技術の開発と独自の宇宙開発力の強化
- 宇宙技術及び宇宙科学分野の現場実習を通じた実務型・カスタム宇宙分野の専門人材の養成

また、上記の目的に沿った開発目標と推進施策を以下のように設定している。

表 1.1.2.1-3 開発目標と推進施策[1-57]

目標	推進施策
小型化	・ 技術検証搭載体の収容能力を最大化するために、本体の小型化設計 － 衛星体比搭載体の割合：40%～50% － 衛星体重量：100kg 内外 ・ ミッションに応じて装着/脱着が可能な環境にやさしい推進係開発
標準化	・ 様々なミッションをサポートするよう電気及び機械的接続条件の標準化 ・ 寿命、姿勢指向精度などの任務に応じて変更される性能条件は、開発基準を提示し、選択的に開発
モジュール化	・ 本体の安定した運用のために、革新技術は、搭載に容易なモジュールを用意
低消費電力化	・ 技術検証搭載体別、様々な電力所要を勘案して、低消費電力化設計

また、韓国の大学は、米国と日本の大学が CubeSat で成功を収めた後、CubeSat を教育プログラムとして使い始めた。ソウル国立大学、慶熙大学、忠南大学他の CubeSat が知られている。近年では、大学が産業界と提携して人材育成や超小型衛星の開発を行う例が見られる。例えば、韓国国立慶尚大学は 2009 年 3 月、KARI 及び韓国航空宇宙産業(KAI)社と共同で航空宇宙大学院を設立し、航空宇宙分野での専門性の高い人材の育成を行っている。また、延世大学は航空戦略研究所に超小型衛星センターを有し 2019 年 1 月、ハンファシステムと「超小型衛星事業分野の交流協力」のための基本合意書（MoU）を締結した[1-58]。両機関は、「超小型衛星センター」をはじめとする延世大の宇宙産業研究インフラと、ハンファシステムが保有している航空宇宙及びレーダー分野の先端技術を積極的に活用することになる。これにより、衛星事業の基盤となる将来の技術の発掘と超小型衛星の開発で協力する一方、関連研究事業機会を模索して専門研究人材も育成する予定である。

これらの大学と企業との連携は、(3)項の「競争型の R&D 事業を推進」施策の表れと推定することができる。

1.1.2.2 トルコ共和国

(1) 国・地域としての政策

現在、宇宙関係のロードマップを国営企業である Turkish Aerospace が作成中である。超小型衛星が明示されるかは現段階では不明である。ヒアリングでは、過去（2018 年まで）

のロードマップには、トルコで開発された CubeSat が含まれていたとのことであった。（詳細は(3)項参照）

(2) 国・地域としての予算

現在、3 つの National CubeSat プロジェクトがある。それらの年間予算の合計は、約 300K US\$（約 0.23 億円）である。年間予算がやや少ない 2 つの国際的な CubeSat プロジェクトもある。また、National Science Foundation からのプロジェクトサポート費もあるが、これは非常に少額とのことである。

尚、2 つの国際プロジェクトのうち 1 つは APSCO のもの、1 つは APRSAF 経由での JAXA とのものである。

実質的に無料のもの（欧州の 2 機）を含め、ごく少額のものを含めると全部で 14 程度の超小型衛星プロジェクトが国内で行われている模様である。

(3) 戦略

現時点では、超小型衛星に関する明確な戦略やロードマップは存在しない。

しかし、超小型衛星は手頃な価格の宇宙技術実証方法、宇宙技術教育、及び訓練システムと見なされている。イスタンブール工科大学（ITU）が支援して作成された 2018 年までのロードマップには、トルコで開発された CubeSat が含まれていた。

尚、宇宙関係のロードマップは国営企業である Turkish Aerospace が作成中のものがある。現在アイデアを募集中である。Turkish Aerospace は 2005 年に設立され、2018 年 12 月のトルコ宇宙局（TUA、産業技術省の所轄）設立にともない、同年に再編・拡大した。そのため、ロードマップを検討中である。

トルコには宇宙関係では軍も含め 4 つの大きなステークホルダがあるが、全体としての戦略やロードマップは存在しないと推定される。

(4) 体制

関係機関としては、国立大学の研究組織（主なものはイスタンブール工科大学の宇宙システム設計及びテストラボ）、トルコ科学技術研究評議会（Turkish Scientific and Technical Research Council）、トルコ国防次官（Turkish undersecretary for defense）がある。しかしながら、これらは互いに直接関係していない。2018 年に新設された TUA の組織構造はまだ不明である。

1.1.2.3 ブラジル連邦共和国

(1) 国・地域としての政策

宇宙分野について 10 年計画がある。現在の計画は 2020 年に終了する。現在の計画では、（超小型衛星を含め）小型衛星については言及されていない。ヒアリングでは、現在の 10 年計画では目標の 10%しか達成されていないとのことであった。来年、今後の 10 年間にについて議論が行われる予定である。

(2) 国・地域としての予算

10 万 US\$（約 0.11 億円）程度。ブラジル宇宙機関（AEB）を通じて提供される。尚、ブラジルの全ての宇宙活動は AEB を介して資金提供される。（ブラジルの宇宙予算全体は約 50MUS\$（約 54 億円）。）

(3) 戦略

超小型衛星に関する戦略やロードマップは確認できなかったが、「工学教育目的」とした超小型衛星利用プログラムが行われてきている。このプログラムは超小型衛星による研究と実験のための宇宙システム（SERPENS）と呼ばれる。[1-59]

1 つの超小型衛星はブラジリア大学（JAXA が支援）がコーディネートして行われ、もう 1 つの超小型衛星はサンタカタリーナ大学がコーディネートした。

(4) 体制

AEB の衛星応用開発局（DSAD）が超小型衛星を所轄する。通常 2 名が配置されている。1 名はプログラムの課題（スケジュール、契約、及びリソース確保）を担当し、もう 1 名は技術的な課題（大学との調整や試験のためのブラジル国立宇宙研究所（INPE）等とのインターフェイス調整）を担当する。

1.1.2.4 南アフリカ共和国

(1) 国・地域としての政策

南アフリカ政策の指針となる原則は、宇宙アプリケーションを活用して経済成長、貧困の削減、知識の創造に貢献することを目的として、関連する科学研究、キャパビル、イノベーション、及び産業開発を支援、促進することである。その手段として大型衛星も超小型衛星も識別されてはいない。

同国の宇宙活動法（The Space Affairs Act（1993 年））は南アフリカのすべての宇宙活動を規定し、国家宇宙計画、及び公的または民間部門の事業体が行う宇宙活動を定めている。

同法の第2章で、貿易産業省（DTI）大臣が、共和国が従うべき宇宙問題に関する一般的な方針を決定することを義務付けており、同大臣は南アフリカの宇宙問題評議会と協議し、財務大臣を含む宇宙問題に関連する法律の管理を担当する他の大臣の同意を得て、方針を決定することになっている。

2009年3月に施行された南アフリカ国家宇宙政策（South Africa's Space Policy）では、自国を宇宙新興国として位置付け、DTIが宇宙活動の中心機関として機能し、特に宇宙産業フレームワーク構築に力点を置くとしている。

政府の組織では科学技術省（DST）が、南アフリカ国立宇宙機関（SANSA、2010年発足）が行う国家宇宙プログラムの実施を所轄する。国家宇宙計画の実施において、宇宙機関はこの方針に従って活動する。尚、通信省は通信問題を主導し、外務省は関連するライン部門と連携して国際的な宇宙関連の活動を支援及び促進することとなっている。

南アフリカ国家宇宙政策では、超小型衛星やキャパビルに焦点をあててはいないが、それらの重要性を認識していることは読み解くことができる。例えば、宇宙活動法の序文において、DTI大臣は南アフリカの企業がグローバルな航空宇宙サプライチェーンの一部を形成し、他国での小型衛星のサブシステムとして活用されていることに言及している。また、本文においては、大学の研究コミュニティと研究機関との協力によるターゲットを絞った研究開発プログラムの提供を述べている。実際に超小型衛星プロジェクトが進捗していることを考慮すると、上記文脈は超小型衛星に関する開発をエンカレッジするものと推定できる。

(2) 国・地域としての予算

調査票及び聞き取りでは、宇宙予算として政府からDSTを経由して、SANSAへ提供される予算は年間約20MUS\$（約22億円）程度である。（尚、2017年～2018年の実績はR390Mで約27億円。2018年～2021年の当初予算は3年間で約R700Mで約50億円とされている。）

2018/2019年のSANSAの年間報告によると、超小型衛星開発予算額は総額でおよそ年間R100M（2015/2016、2016/2017）～約R70M（2017/2018）（年間約7億円～約5億円）程度であるが、衛星開発予算には中期的な割り当てではなく、今後のプログラムの継続のための資金はまだ保証されていない。

尚、調査票及び聞き取りでは、ケープ半島工科大学（CPUT）への支援、及び他の大学の宇宙科学や工学の大学院生（修士及び博士）への奨学金として、年間R10M（約0.7億円）程度が拠出されていると推定される。

(3) 戦略

Deep Space Industries (DSI) による国家宇宙戦略 (National Space Strategy) では、南アフリカは、超小型衛星の設計と開発の経験が豊富であり、衛星テレメトリ・追跡管制と運用、及び画像処理が自国の強みであるとし、これらの技術を地球観測に応用することを目指している。(尚、これまで、南アフリカは超小型衛星 Sunsat-1、Sumbandila、ZACUBE-1 / TshepisoSat、ZACUBE-2 を打ち上げ・運用している。また、EO-sat 1 を打ち上げ予定である。)

DSI と SANSA による 2015 年～2020 年の中期戦略 (ANNUAL STRATEGIC PLAN 2015/2020) では、「宇宙工学プログラム」としてシステムエンジニアリングとプロジェクトマネジメントの専門知識を主体に、主要な請負業者、R&D 機関、及び民間セクターパートナーと協力して、小型衛星や超小型衛星 (Nano- and Pico-satellites、Mini-Satellites、Micro-Satellites) 構築プログラムを推進していくとしている。

(4) 体制

国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の調査では、SANSA は政府の直轄機関 (但し、予算は DST 経由で配算) である。

SANSA の主要なプログラムは地球観測、宇宙科学、宇宙運用、宇宙工学であり、これらのプログラムを図 1.1.2.4-2 の体制で実施している。このうち、宇宙工学プログラムは、衛星用のシステムとサブシステムを開発、組み立て、及び試験を通し、システムエンジニアリングとプロジェクト管理の専門知識を提供するとともに、主要な請負業者、R&D 機関、民間セクターパートナーと協力して、南アフリカの衛星プログラムを推進する役割を有している。また、宇宙プログラム管理、宇宙工学の人材育成を行い、民間宇宙産業のパートナーシップを促進することも目指している。

National Space Engineering Programme (NSEP) として 7 つのプログラム項目を挙げ、3 項目を超小型衛星・小型衛星に割り当てている (P2: Nano- and Pico-satellites、P3: Mini-Satellites、P4: Micro-Satellites)。但し、各々の具体的なアクションプランやロードマップは明示されていない。

実際の超小型衛星の開発体制は歴史的経緯 (南アフリカの最初の衛星は 1999 年に打ち上げられたステレンボッシュ大学による超小型衛星「SUNSAT」) があり、大学主導で行われ SANSA がサポートを行うという形で進められたものと推定できる。

例えば ZACUBE-1 は、フランスの南アフリカ工科大学 (F'SATI) の CubeSat プログラムに従って、SANSA と共同で 40 人の大学院生によって設計・製造された。また、ZACUBE-2 は、ZACUBE-1 をベースとして CPUT の CubeSat プログラムによって設計・製造された

超小型衛星であり、2018 年 12 月に打ち上げられた。南アフリカの海域の船舶監視と火災の検出と予測を目的としている。

現在、SANSA は地球観測用の超小型衛星 EO-Sat 1 を Denel Spaceteq 社等に委託し開発中である。

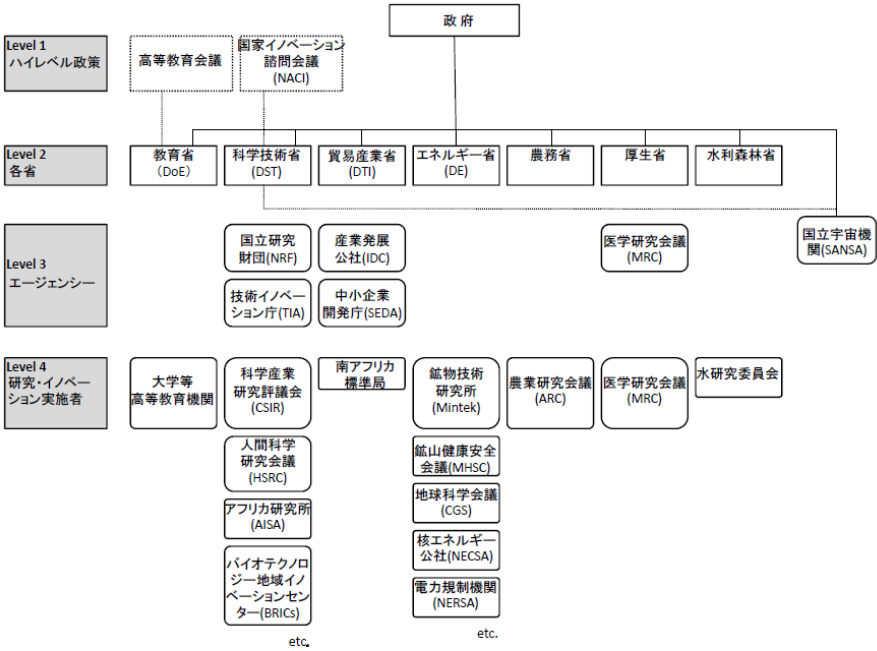


図 1.1.2.4-1 南アフリカの科学技術行政機構（2015 年 12 月） [1-60]

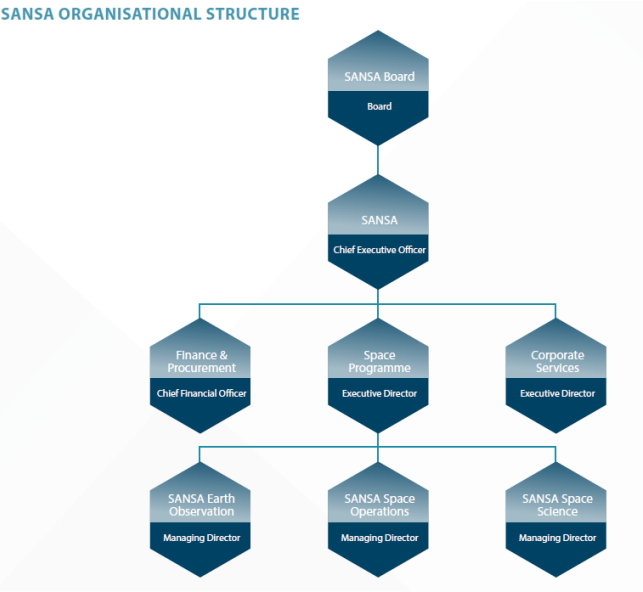


図 1.1.2.4-2 SANSA 組織図[1-61]

1.1.2.5 台湾

(1) 国・地域としての政策

台湾政府は宇宙プログラムの計画を立てており、現在の計画は地球観測と宇宙探査に重点が置かれている。超小型衛星関連の活動は奨励されているが、政策文書に明記されていない。

尚、台湾の現在の宇宙プログラム（第3期宇宙開発プログラム。2019年から10年間）に関する情報はHP[1-62][1-63]で参照できる。

(2) 国・地域としての予算

超小型衛星に関する国家予算は凡そ1MUS\$から3MSUS\$（約1.1億円～3.2億円）の範囲である。

国家宇宙計画局（NSPO）の予算は年間25億TWD（約82MUS\$：約89億円）である。これは、インフラストラクチャ、リモートセンシング衛星、宇宙探査研究を含む全ての宇宙活動に対しての予算である。超小型衛星に割り当てられる予算はこのうちのごく一部で、予算額は年により変動する。

尚、科学技術省（MOST）も超小型衛星に関し資金提供を行っているが、これはプロジェクトベースでの資金提供とのことである。

(3) 戦略

現在、超小型衛星を対象とした政府の公式な戦略、ロードマップ、計画等は存在しない（少なくとも公開されていない）。

しかし、様々な大学でのCubeSatプログラムや台湾宇宙産業発展協会（TSIDA）の設立など、超小型衛星技術の進歩を促進するためのいくつかの関連する活動がある。

現時点でNSPOが第3期宇宙開発プログラムで打ち上げを予定している衛星を図1.1.2.5-1に示す。Cubesatが3機は明示されているが、その他の超小型衛星は明示されていない。

(4) 体制

国・地域内に超小型衛星に関する組織は無い。

NSPOは宇宙活動を担当する機関で、約200名の職員がいるが超小型衛星の活動を扱う組織は無い。

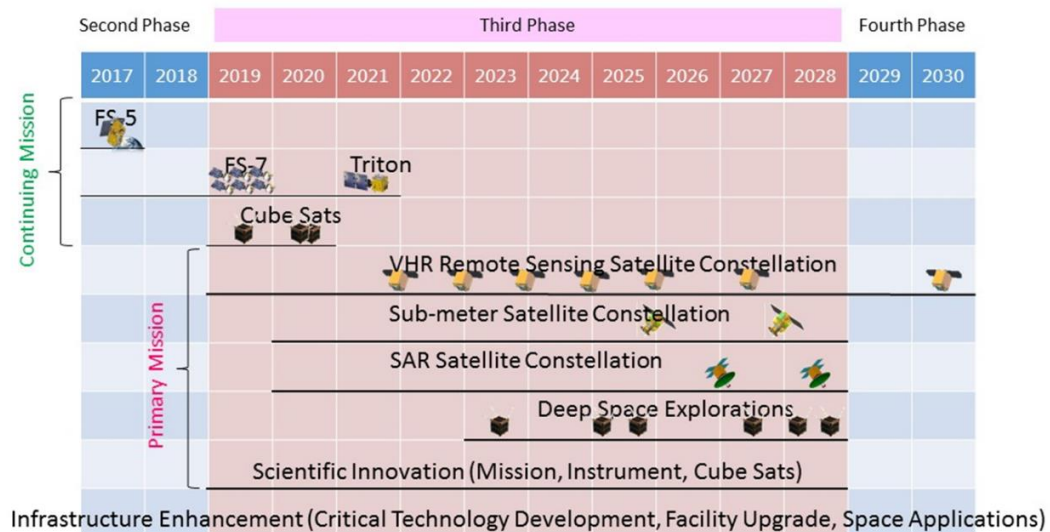


図 1.1.2.5-1：台湾 NSPO の第 3 期宇宙開発プログラム（現時点での計画）[1-64]

1.1.3 超小型衛星政策に関する所見

各国・地域とも超小型衛星を対象とした特定の政策は無い（少なくとも公開されていない）と推定される。

一方、CubeSat を含む超小型衛星は、宇宙機器の軌道実証や宇宙探査のための廉価で有用なツールとして、また、AIS やコンステレーション観測等、超小型衛星の特性を活用したミッションでの利用、キャパビルでの活用等、超小型衛星の有用性・重要性は各国・地域は共に認識しており、有用な「ツール」として学術・産業戦略に取り込まれているように見受けられる。

米国やロシア、ESA のような宇宙先進国・宇宙機関では、宇宙政策の中で超小型衛星への言及は見られない。但し、どの国においても研究機関や大学・企業等での自由な研究開発を促進し、超小型衛星技術や利用を進捗させる方向にある。例えば、米国では全米科学アカデミーが超小型衛星の革新性を認識し、研究者や大学・企業等の活動を制約しない範囲で大まかな超小型衛星開発・利用の方向性を勧告し、NASA はその勧告に沿って予算を重点化する。また、CYGNSS や CAPSTONE のように超小型衛星の特性を活かせる場合、その内容をプロジェクト化するといった施策が取られている。また、ロシアにおいては、国のニーズが高い分野の超小型衛星の開発と打ち上げについてのプロセスを定めている。ESA におい

ては、宇宙標準のための欧州協力（ECSS）で培った標準化や試験技術を活かした超小型衛星開発支援といった取り組みが見られる。

総じて、研究機関や大学・企業等が超小型衛星開発を、より効率的に行えるような支援体制が整えられていると推定される。

一方、自国・地域で十分な打ち上げ機や大型衛星システムの開発技術を持たないような国・地域に関しては、超小型衛星は重要なツールとして位置付けられている。韓国、ブルガリア、ノルウェー等は、超小型衛星についてその有用性を強く認識し、予算配分や将来計画等の中で重点化の言及が見られる。但し、十分な打ち上げ機会を持たない国・地域は、超小型衛星の打ち上げ機会の確保には苦労しているように見受けられる。そのため、インドは超小型衛星打ち上げに特化した打ち上げ機を開発し、2020 年から打ち上げサービスを開始予定である。

上記のことから、我が国においても研究機関や大学・企業等での研究開発を一層促進する仕組み・体制を整備するとともに、低廉で迅速な超小型衛星打ち上げサービスの拡充を行うことが適切であると考ええる。

1.2 超小型衛星に関する取り組み状況

2003 年以降に打ち上げられた超小型衛星の各国別の数字を表 1.2-1 に示す。表に他国との共同プロジェクトで打ち上げられたもの（20 基程度）も重複でカウントされている。先進国では、韓国、英国、フランスが超小型衛星の参入時期が比較的遅い。英国は Surrey Satellite Technology (SSTL) が早くから小型衛星を打ち上げてきたが、50kg より小さい衛星を打ち上げたのは比較的最近になってからである。

図 1.2-1 に 2003 年以降の世界全体での超小型衛星の打ち上げ状況を示す。本報告が対象とする衛星は 50kg 以下であるが、10kg 以下の衛星に比べてそれらの割合は非常に小さく、1-10kg の衛星、それも CubeSat が 2012 年以降は大多数を占めている。尚、2019 年に 101-500kg の衛星の数が増えているのは、OneWeb や StarLink などの通信メガコンステレーションの打ち上げが始まったためである。打ち上げのトレンドとしては、2014 年以降、超小型衛星の打ち上げ数は年間 100 機を超えており、2017 年以降は 150 機から 300 機の間にある。

2012 年から 2kg 未満の衛星（殆どが 1U の CubeSat）が増え、2013 年以降に 2kg 以上 5kg 以下の衛星（殆どが 3U の CubeSat）が増え始め、最近では 5kg から 10kg 以下の衛星（6U の CubeSat を含む）が増え始めているのが見てとれる。Planet や Spire などのビジネ

ス利用が始まるにつれて、CubeSat の大型化が進行すると同時に、宇宙新興国の参入（1Uが多い）が 2018 年頃から始まっていることが背景にある。

表 1.2-1 2003 年以降に打ち上げられた超小型衛星の国・地域別内訳

Country	衛星数 [機]	初めて超小型 衛星を打ち上 げた年 [年]	Country	衛星数 [機]	初めて超小型 衛星を打ち上 げた年 [年]	Country	衛星数 [機]	初めて超小型 衛星を打ち上 げた年 [年]
USA	848	2003	Brazil	5	2014	Thailand	2	2018
China	87	2004	Ecuador	4	2013	Romania	1	2012
Japan	71	2003	Peru	4	2013	Pakistan	1	2013
Germany	40	2003	South Africa	4	2013	Iraq	1	2014
Russia	33	2003	Belgium	4	2014	Uruguay	1	2014
Canada	18	2003	Greece	4	2014	Algeria	1	2016
South Korea	16	2013	Lithuania	4	2014	Bangladesh	1	2017
India	15	2005	Finland	4	2017	Chile	1	2017
Argentina	14	2004	Iran	3	2009	Ghana	1	2017
Denmark	13	2003	Hungary	3	2012	Latvia	1	2017
Italy	13	2004	Luxembourg	3	2014	Mongolia	1	2017
Spain	12	2004	Kazakhstan	3	2017	Nigeria	1	2017
UK	12	2013	Egypt	3	2019	Slovakia	1	2017
Australia	12	2017	Colombia	2	2007	Kazakhstan	1	2018
France	10	2012	Vietnam	2	2012	Belarus	1	2018
Singapore	10	2013	Austria	2	2013	Bhutan	1	2018
Saudi Arabia	8	2004	Estonia	2	2013	Bulgaria	1	2018
Israel	8	2014	Taiwan	2	2014	Costa Rica	1	2018
Norway	7	2005	Ukraine	2	2014	Kenya	1	2018
Poland	7	2012	Philippines	2	2016	ESA	1	2018
Netherlands	5	2008	Czech Republic	2	2017	Mexico	1	2019
Switzerland	5	2009	New Zealand	2	2017	Nepal	1	2019
Turkey	5	2009	UAE	2	2017	Rwanda	1	2019
Sweden	5	2010	Malaysia	2	2018	Sri Lanka	1	2019

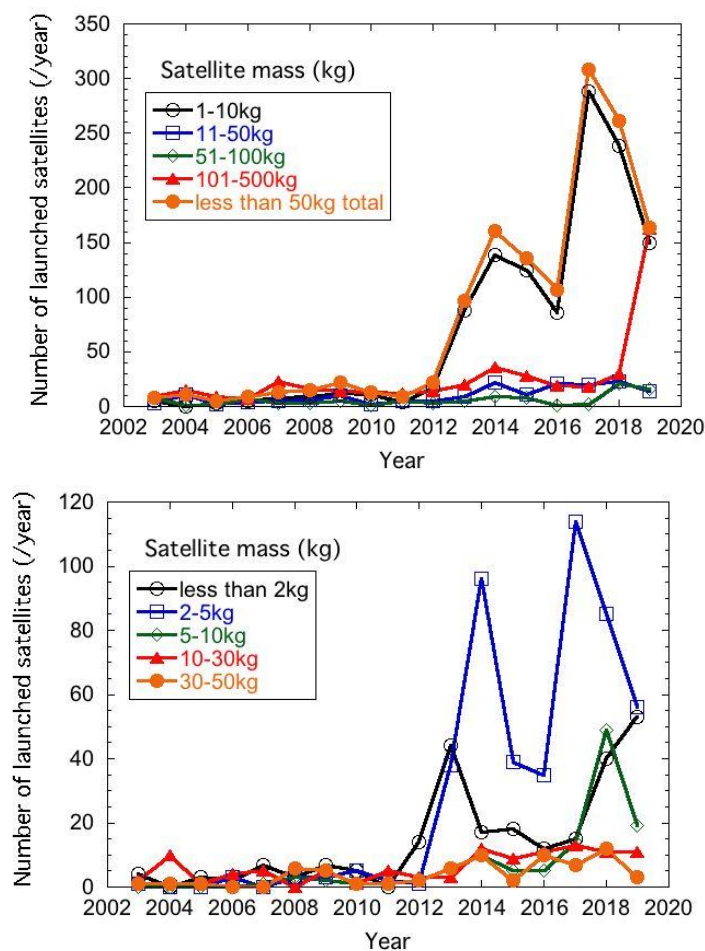


図 1.2-1 超小型衛星の打ち上げ数の推移
(上:500kg 以下を含む。下:50kg 以下を更に分類)

毎年超小型衛星の打ち上げ統計を出している SpaceWorks 社の予想では、2019 年は 300 機程度を予想していたが[1-65]、実際には予想をはるかに下回っている。表 1.2-2 に Planet や Spire の 3UCubeSat の年間打ち上げ数の推移を示す。超小型衛星の打ち上げ数が 2018 年、2019 年と減少したのは、両社の需要が一段落しているためとも推測されるが、2018 年の両社が合わせて 65 機なのに対して、2019 年は 49 機である。そのため、両社の需要が一段落したというだけでは 2019 年の落ち込みは説明できない。

表 1.2-3 に 2017、2018、2019 年の超小型衛星の打ち上げ回数を示す。打ち上げ回数は 2017 年に比べてむしろ増えており、2018 年とも遜色ない。但し、ISS への輸送回数が大きく減少している。また、2017 年や 2018 年にあったような、一度に 50 機以上の大量の超小型衛星を放出するような機会も無かった。結局、打ち上げ需要に対して、一度に大量の衛星を運べるロケットの供給が間に合っていないのではないかと推測される。

表 1.2-2 Planet と Spire の 3U CubeSat の年間打ち上げ数

年	Planet	Spire
2013	3	0
2014	94	0
2015	52	4
2016	32	17
2017	140	46
2018	37	28
2019	33	16

表 1.2-3 2017 年-2019 年の超小型衛星打ち上げ回数

年	打ち上げられた 超小型衛星の数	打ち上げ回数 (ロケット打ち上げ)	打ち上げ回数 (ISS への輸送)
2017	308	13	5
2018	261	22	8
2019	164	22	3

本項では、1.1.1 項と 1.1.2 項で示された各国・地域における超小型衛星に関する取り組み状況について述べる。超小型衛星のプレーヤーとしては、大学・研究機関・企業・宇宙機関・軍などが考えられるが、主なプレーヤーは大学と企業である。CubeSat が大学の教育目的で始まったことが大きな要因としてある。宇宙機関での開発は、NASA/JPL (Jet Propulsion Laboratory) 等などの一部を除いてはなされておらず、軍関係での開発も非常に限られている。

宇宙機関での開発がそれほどなされていないのは、プロジェクト管理手法が従来の衛星とは異なるために宇宙機関でやるよりも、大学や企業等の外部に委託してある程度自由にさせた方が、成果があがるためである。米国では、超小型衛星自体が単なる技術実証のテストベッドで無く、潜在的に破壊的なイノベーションの成功の可能性を秘めているとの認識

から、超小型衛星の可能性を広げるための超小型衛星技術の研究開発を主に大学に行わせている。

軍関係での開発が限られているのも、超小型衛星の能力・信頼性が軍事ミッションの求めるレベルに達していないことにあると思われ、軍機関（Air Force Academy 等を含む）が直接開発したり外部へ資金提供を行なったりしたりする場合も、将来的な技術の実証ミッションにとどまっている場合が多いと思われる。

大学での取り組みは、教育、技術実証、科学観測であるが、欧米の一部では企業と組んで商業ミッション用搭載機器の実証や商業利用そのものの先駆（Precursor）ミッションを行っている場合もある。米国、欧州、中国、インドといった打ち上げ能力を有する国は、大学衛星に対して無償の打ち上げ機会を提供し大学衛星の活動を支援している。CubeSat プロジェクトを持つ大学は数えきれず、まさに百花繚乱の様相を呈している。大学衛星プロジェクトに参加した学生・スタッフが New Space 企業を設立する例も多く、特に欧州では顕著である。

研究機関での超小型衛星に関する取り組みも進んでおり、特に科学観測の分野で大学等と組んで衛星を打ち上げている例が多い。米国の SouthWest Research Institute、Los Alamos National Research Laboratory、欧州の Von Karman Institute などが超小型衛星ミッションを実施している。その多くは、自らは観測機器を提供し、大学が衛星バスを作るというパターンが多い。

企業での取り組みは米国が最も進んでおり、New Space 企業へ多額の資金が流入している。それらの資金は衛星製造に対しての投資ではなく、超小型衛星が生み出すデータに対する投資である。衛星メーカーは、今や衛星を作っているのではなく、情報を作り出しているという認識である。米国における New Space 企業は、必ずしも大学衛星プロジェクトからのスピノフだけでなく、従来型衛星を開発してきた大企業の参入もある。超小型衛星がビジネスとして認知されている。

欧州でも、超小型衛星のビジネス利用が徐々に現れだしている。大学衛星からスピノアウトした New Space 企業は、衛星製造分野から始めるものが多いが、GOMSpace のようにデータビジネスに移行しようとする企業も出始めている。中国でも多くの民間企業が超小型衛星に参入している。また中国では、CubeSat 規格にそれほどこだわっていないのも特徴である。これは打ち上げを自国内でまかなえること、米国製部品の流通が閉じられていることによると思われる。

衛星製造ビジネスでも、米国の Pumpkin、欧州の GOMSpace、Clyde Space、ISIS などのように超小型衛星バスを提供し、ミッション機器を開発する大学や企業に実証プラットフォームを提供しようとする動きが出始めている。

超小型衛星コンステレーション構想が盛んに唱えられている中、プラットフォーム提供企業はコンステ製造に参入しようとしているが、Planet や Spire といったコンステ企業は結局自社で衛星バスを開発・製造するという垂直統合体制を選んだ。コンステレーションは、一気に全ての衛星を軌道上に打ち上げるのではなく、何世代にも亘って打ち上げを行う。特に相乗りに依存するコンステではそうなる。その場合、軌道上での運用結果に基づいて次世代機の設計を改良するということが頻繁に行われる。その際、どれだけ早く設計変更を製品に反映できるかというスピードが大事であるが、衛星バス設計・製造をアウトソーシングすると、次世代機を迅速に打ち上げられない。衛星メーカーが実証プラットホームとして生き残るには、他者の追従を許さない高機能なバス、顧客からの設計変更要求に迅速に応えられる体制、大量生産を実施できる体制、キャパビルと組み合わせたプロジェクト、などの差別化が必要である。

その意味で、カナダのトロント大学の活動は興味深い。ミッションに求められる性能を達成するために、特に CubeSat にこだわらずに超小型衛星を開発している。また、欧州各国との協力関係により衛星バスを提供するなど、大学でありながら超小型衛星を用いた先端的ミッションの実証プラットホームとなっている。トロント大学では、キャパビルの要素を考慮していないことも興味深い。

以下、各国・地域での取り組み状況の詳細を述べる。

1.2.1 アメリカ合衆国

米国は、超小型衛星と CubeSat の開発の増加に、これまでに非常に大きな影響を与えてきた。1999 年にカリフォルニア大学とスタンフォード大学が CubeSat の標準を定めたことなど、米国で大学レベルでの開発が可能なサイズの衛星規格が生まれた。すべての大きさの超小型衛星の初期開発に参加しただけでなく、2003 年に初めての CubeSat の打ち上げに参加するなど、他の国よりも多くの超小型衛星を打ち上げた。これまで打ち上げられた衛星の 60% が米国で打ち上げられている。(2003 以降に打ち上げられた 50kg 級の衛星 1347 機のうち、845 機の超小型衛星が打ち上げられた。[1-66]) 米国は、超小型衛星の大規模コンステレーションを行っている。これらの衛星は Planet Labs による地球観測や Spire による地球観測や海上交通管理を目的としており、各コンステレーションのために合計 493 機 (Planet Labs : 386 機、Spire : 107 機) の超小型衛星が打ち上げられ、各会社あたり 150 機の CubeSat がコンステレーションを行う計画である。下の文章では、米国で開発された超小型衛星の統計についてより詳しく述べる。

超小型衛星開発者と打ち上げ動向

2003年から、米国で開発された843機の超小型衛星(50kg以下)が打ち上げられた[1-66]。2003年から2019年までの17年間に打ち上げられた超小型衛星の開発者の内訳を図1.2.1-1に示す。企業による超小型衛星が大部分(58%)を占めているが、Planet LabとSpireを除くと企業は総打ち上げ数の12%、大学は総打ち上げ数の10%、NASAが6%、研究機関12%、軍事機関7%となっており、ほぼ均等に分かれていると言える。

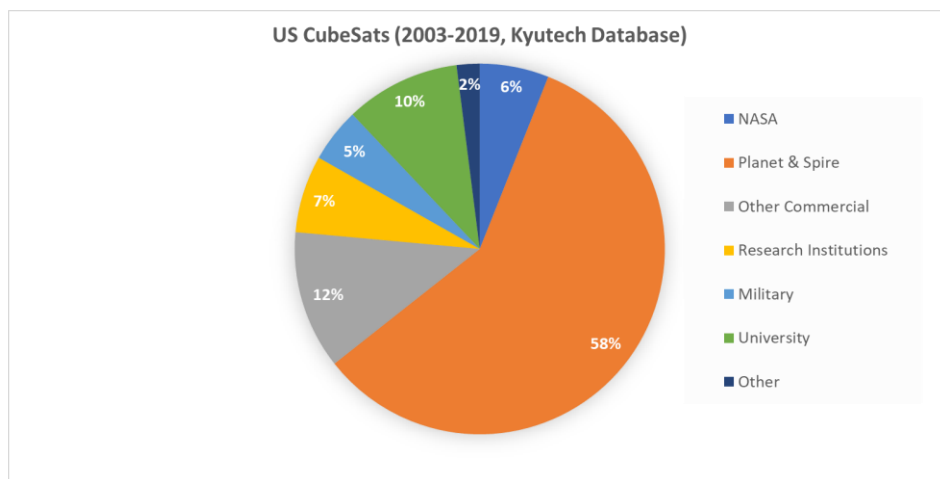


図 1.2.1-1 米国の CubeSat の開発者の内訳[1-66]

上で述べたように、多くの CubeSat は Planet Labs や Spire のコンステレーションのために打ち上げられた。より明確にするために、Planet Labs と Spire を区別した上で打ち上げ数の動向を図 1.2.1-2 に示す。

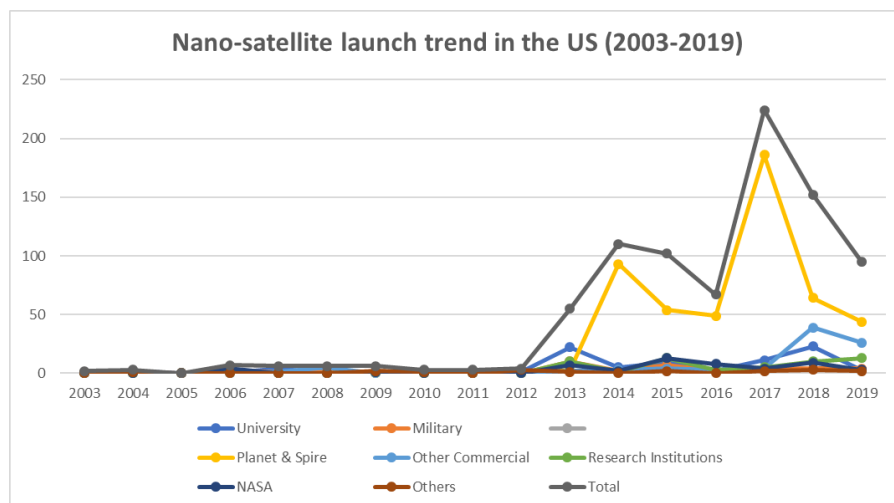


図 1.2.1-2 米国の超小型衛星の打ち上げ動向(2003-2019) [1-66]

グラフから 2013 年以降、超小型衛星の開発が指数関数のように増加していることがわかる。特に、Planet Labs と Spire がコンステレーションのために CubeSat を打ち上げ始め、増加したことが分かる。2013 年から 2014 年にかけて生産及び打ち上げ数が最も急激に増加した。

米国の超小型衛星の打ち上げの年譜は 2 つに分けて考えられる。前半は 2012 年までの 1 年あたりの打ち上げ数が 10 機未満だった期間で、後半は 2013 年以降の指数関数的に増加し、1 年あたりの超小型衛星の打ち上げ数が 50 機を下回らなかった期間である。

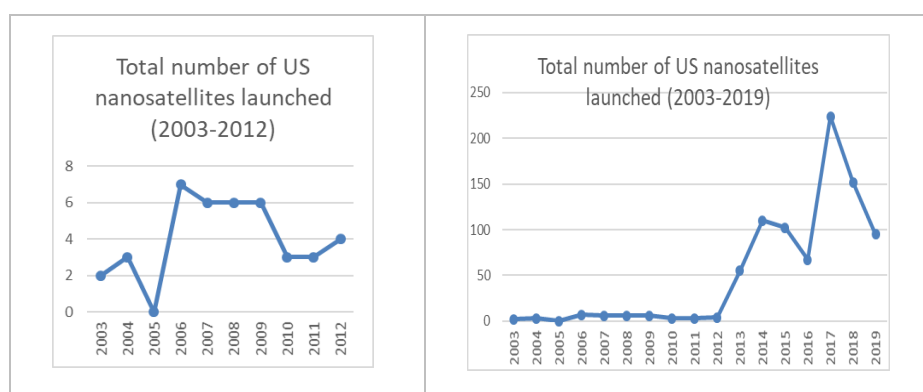


図 1.2.1-3 2012 年までと 2012 年以降の米国の超小型衛星の打ち上げ動向 [1-66]

Planet Labs と Spire 以外の開発組織の動向を理解し易くするために、開発機関種別の 1 年あたりの打ち上げ数の傾向について下に示す。

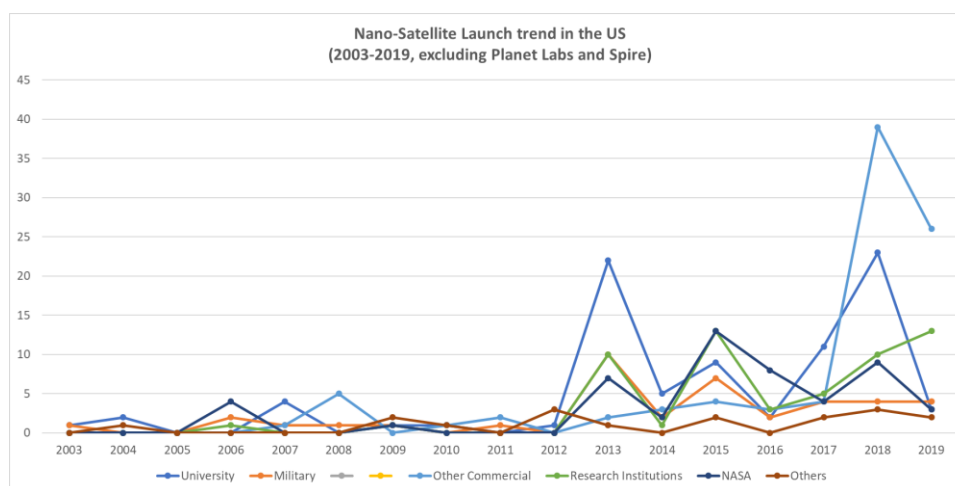


図 1.2.1-4 Planet と Spire を除いた米国の超小型衛星の打ち上げ動向 [1-66]

全開発機関の打ち上げ数が 10 年間ほぼ同等であったが、2013 年以降全ての開発機関の打ち上げ数が増加した。研究機関の初期の普及とともに、近年全ての商業企業が Planet Labs や Spire に続く傾向を見せており、他の研究機関の打ち上げ数よりも高くなっている。

小型衛星市場に関する EuroConsult 調査[1-67]から、CubeSat の開発メーカーをより詳細に見ると、過去 10 年間に 110 の異なる機関が超小型衛星の開発と打ち上げに成功していることが分かる [1-67]。開発機関は大学機関、政府機関（NASA、研究機関、軍事機関）、大型衛星ビジネス企業、小型衛星ビジネス企業、衛星開発企業である。開発機関の分類について下の図に示す。

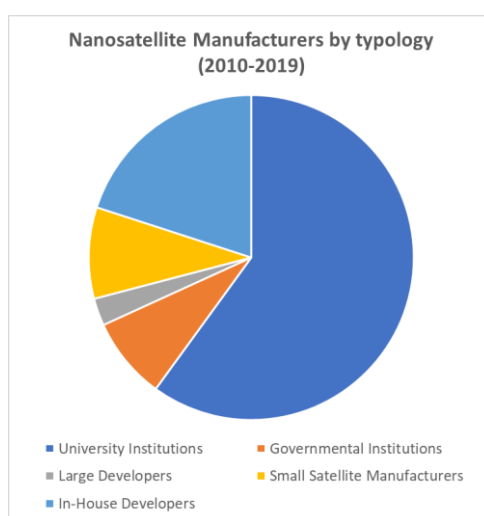


図 1.2.1-5 過去 10 年間の米国の超小型衛星の開発機関の種別内訳 [1-66]

開発組織の 66%が大学である。過去 10 年間で、米国の多くの大学が 1 つ以上の衛星を打ち上げている。NASA は、NASA CubeSats Launch Initiative のような超小型衛星や CubeSat の教育プログラムを行い、学術機関での開発を促進した[1-68]。

NASA の報告によると、1999 年に CubeSat の導入と米国での打ち上げ後、29 以上の州で 1 機以上の CubeSat の打ち上げが行われた[1-68]。コロラド大学で 1U から 6U までの 9 機の CubeSat の打ち上げが行われるなど、多数の大学が多くの超小型衛星を打ち上げた。カリフォルニア工科大学サンルイスオビスポ校(CalPoly)では 1U から 3U の 8 機、米国海軍士官学校では 1.5U から 3U の 8 機、ミシガン大学では 1U から 3U の 6 機、サンノゼ大学では 1U、3U 又は 6U の超小型衛星を打ち上げた。

上で述べられた多くの大学は、CubeSat プロジェクトに継続的に取り組むための独立した研究所を設立し、学生向けの CubeSat 又は超小型衛星プログラムを生み出した。例として CalPoly の PloySat[1-69]やミシガン大学の Michigan eXploration Laboratory[1-70]がある。

政府の開発機関の中で、NASA が最も多く CubeSat を打ち上げている。NASA は教育目的のために小型衛星の開発に取り組んでいるだけでなく、科学目的のために独自の超小型衛星の開発と打ち上げに取り組んでいる。NASA は 2006 年に最初の CubeSat（宇宙空間でのバクテリア培養を目的とした GeneSat-1）を打ち上げ、2018 年に史上初の深宇宙超小型衛星（火星からのデータ通信を行う MarCo）を打ち上げた。

Raytheon、Northrop Grumman、Harris といった 3 つの大型衛星企業が、2019 年までに超小型衛星を開発し打ち上げた。2003 年の最初の CubeSat の打ち上げ以降、3 社が開発した超小型衛星は 4 機である。

Tyvak や Space Quest のような、運用やデータ分析ではなく衛星開発を主として行っている 10 社が、過去数年間の間に超小型衛星の打ち上げに成功した。これまでに、衛星設計からデータ分析まで行う 22 社の企業が、多くの超小型衛星の打ち上げに成功している。

Aerospace 社は 1U 及び 3U の 21 機の CubeSat を軌道に乗せ、Virginia Space は 1～2.2kg の 21 機の超小型衛星を打ち上げた。Swarm Technology は、0.25U～1U の 9 機の超小型衛星を軌道に乗せた。

すでに述べたように、Planet Labs と Spire は米国の超小型衛星の打ち上げの大部分を占めており、500 機以上打ち上げている。両社は、商業目的の地球観測とデータ取得、管理サービスを行っている。（Spire は地球観測のデータだけでなく海上交通管理のサービスを提供し、Planet Labs は主に地球観測データの販売を行っている。）Planet Labs は、自社でバスの開発を行っている。Spire は、当初英国のメーカー Clyde Space と共同で開発を行っていたが、最近では自社でバスを開発している。

大きさ別の統計

米国で打ち上げられた超小型衛星のクラス分けを図 1.2.1-6 に示す。

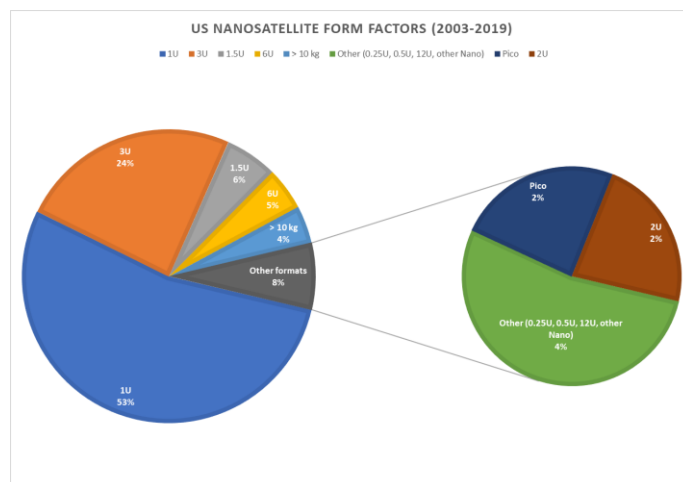


図 1.2.1-6 米国の超小型衛星のクラス別分類[1-66]

Planet Labs と Spire の衛星が多数を占めていることもあり、1U 及び 3U に集中している。グラフから CubeSat は規格が出来て以降、その他のクラスの衛星を圧倒している。また、新しい CubeSat の標準である 1.5U や 6U と比較しても、2UCubeSat の打ち上げ数が全体の 2%程で、あまり普及していないことが注目される。1U、或いは Deployer の全ての体積を占める 3U のような衛星が選択されている。3U 衛星を選ぶ理由は、設計により自由度を与え、冗長系や追加のペイロードに余裕のスペースを持たせるためと思われる。

大きさ別の打ち上げ傾向を以下に示す。簡単化のために、1U、3U とそれ以外とに分類する。

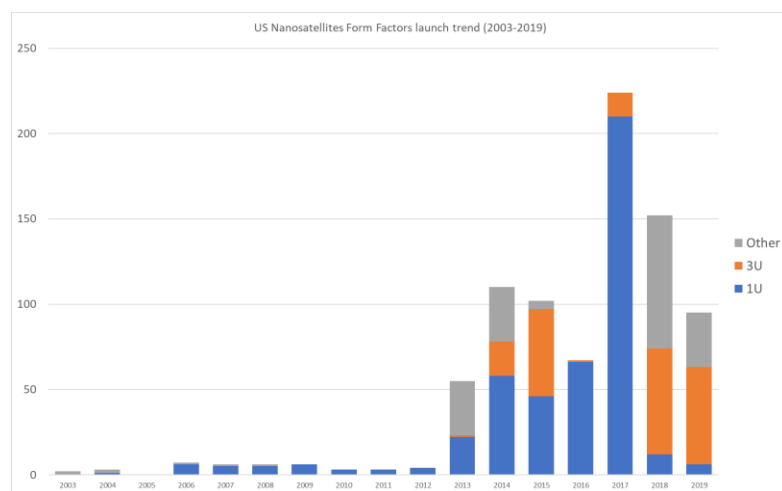


図 1.2.1-7 米国の超小型衛星のクラス別の打ち上げ数の推移[1-66]

2004 年の最初の打ち上げから 1U が多数を占めていたが、2013 年に 3U の超小型衛星が打ち上げられて以降、3U の衛星が高い割合で占めている。2018 年と 2019 年では、3U の打ち上げ機数が 1U の打ち上げ機数を上回っている。

ミッションの目的

846 機の超小型衛星のミッションは以下のように分類される。

- 技術(バス部、パーツ、その他の技術検証)
- 科学(電離層、熱圏、生命科学などの科学検証)
- 地球観測(科学分野における地球観測)
- 通信(通信、伝送)
- 教育(教育目的)
- その他(芸術作品・実験・海上監視)

目的別の割合を図 1.2.1-8 に示す。多くの衛星は技術目的、又は地球観測を目的としている。

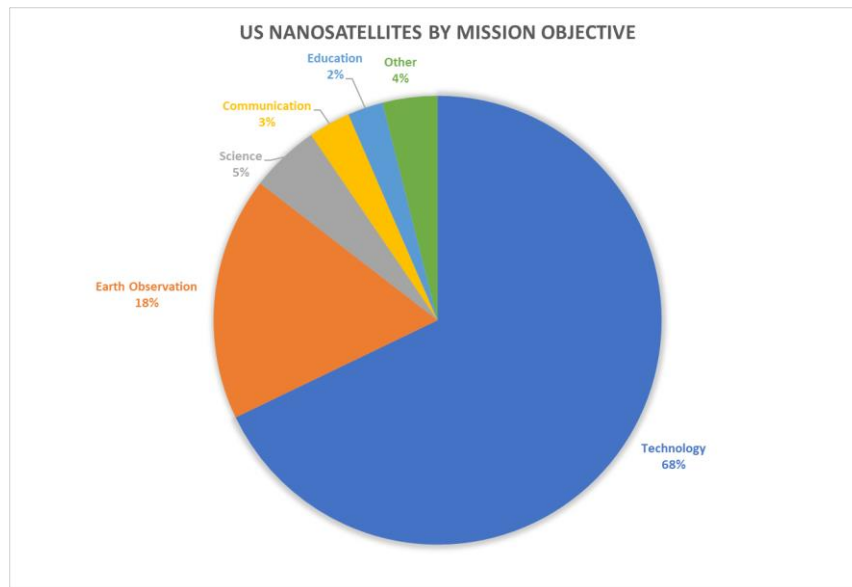


図 1.2.1-8 米国の超小型衛星の目的別の内訳[1-66]

この統計は Planet Labs と Spire のコンステレーションの影響を受けている。そのため、両社を除いた開発組織の種類ごとにミッションの目的の割合を示す。全ての開発組織で技術検証のための超小型衛星の割合が、全体の 60%以上を占めている。地球観測は科学検証の次に多いミッションとされている。（但し、NASA 以外の研究所や大学では、その他のミッションと同等の割合である。）通信は軍や大学のミッションにはなっていない。但し、大学では技術実証を目的として通信方法を試験し、軍では大きな衛星で通信をミッションとしている。教育目的のミッションは大学が行うため、商業衛星が教育目的のミッションを行う必要性がなくなった。また、グラフを見る限り、教育目的の衛星は軍には無い。

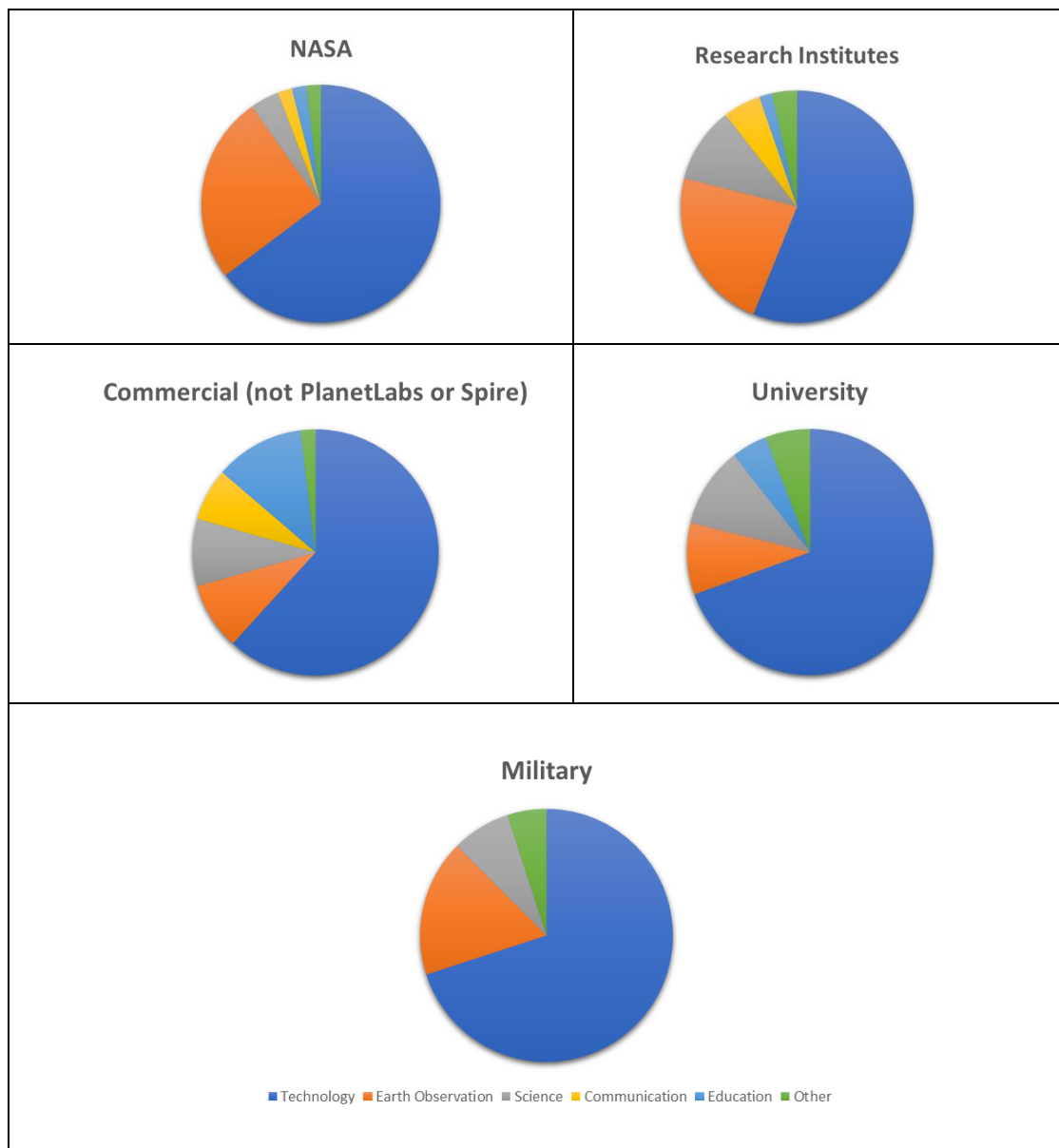


図 1.2.1-9 米国の開発機関ごとの超小型衛星の目的別の内訳[1-66]

1.2.2 ヨーロッパ宇宙機関

ESA は 22 の加盟国がそれぞれ出資することで運営されている。2019 年の閣僚理事会 (Space19 +) によって、ESA は 2020 年から 2022 年の間の予算は 144 億€ (設立以来最高額) になることが決まった。ESA の負担額はドイツが最も多く、フランス、イタリア、英国の順が続き、各国の負担金は 3 年間で 10 億€以上になる[1-71]

ESA は、2003 年に CubeSat プラットフォームを使用した軌道上実証実験を開始した[1-72]。このミッションは、General Support Technology Program (GSTP) の一環であり、これまでに 2 つの超小型衛星が打ち上げられた。

GOMX-3 は、航空機からの L バンドの再構成可能なソフトウェア無線 (SDR) ペイロードを介して、ADS-B 信号や静止通信衛星のスポットビーム信号を、精度を保ったまま受信することを目的とした 3U CubeSat ミッションである。また、衛星はフランス国立宇宙研究センター (CNES) の資金をもとに Syrlinks によって開発されたため、高データレートの X バンド送信機も搭載している。衛星は 2015 年 10 月に開発され、1 年間の運用に成功した後、地球の大気圏に再突入した。衛星の開発は、デンマークの CubeSat メーカーである GOMSpace が主導した。

GOMX-4B は、衛星間通信と推進技術の実証を目的とした 6U CubeSat ミッションである。この衛星はタンデム衛星である GOMX-4A (デンマーク国防省により登録済み) と通信していた。開発元は GOMSpacece である。これらに加えて、Cosine (オランダ) のハイパースペクトルイメージャー、ISIS (オランダ) によって開発されたスタートラッカー、ESA の CHIMERA 実験などの革新的な装置も宇宙での実証試験を行うために搭載された。GOMX-4B は 2018 年 2 月 2 日に打ち上げられた。

ESA は更に下記の 5 つの CubeSat を開発しており、今後数年間の間に打ち上げられる予定である。

QARMAN は 3U サイズの CubeSat で、革新的な熱制御用材料、受動的な空力抵抗安定化システム、LEO 衛星データリレーを介した再突入時の測定データの送信などの再突入技術を実証する予定である。この衛星は、2019 年 12 月に ISS に運ばれ、2020 年初頭に軌道に投入される。衛星プロジェクトは、ベルギーのフォンカルマン研究所 (VKI : Von Karman Institute) が主導している。

SIMBA は小型放射計で全天日射量と地球のエネルギー収支の気候変数を測定する 3U CubeSat ミッションである。このプロジェクトはベルギー王立気象研究所とベルギーのルーベン大学が主導している。衛星は Vega Small Satellite Mission Service (SSMS) の概念実証飛行を目的として 2020 年に打ち上げられる。

Picasso は成層圏のオゾン分布、中間圏の温度データ、電離層の電子密度の測定を目的とした 3U の CubeSat ミッションである。衛星には、太陽面のリム放射サウンディング用マルチスペクトルイメージャーと、マルチニードルラングミュアプローブが搭載されている。衛星プロジェクトは、ベルギーのベルギー宇宙航空研究所、及びフィンランドの VTT と英国の Clyde Space が主導している。この衛星は、2020 年に VEGA SSMS の概念実証飛行を目的として打ち上げられる。

RadCube は、LEO 軌道で宇宙放射線と磁場のその場測定を実行する小型機器技術の実証を目的とした 3U CubeSat ミッションである。二次ミッションは、軌道プラットフォームの検証である。ハンガリーの C3S と MTA EK、英国のインペリアルカレッジロンドン、ポーランドの Astronika が率いているこのプロジェクトは現在、予備設計段階にある。

PRETTY は、地上から反射してきた GNSS 信号を受信することで高度を測定する技術の実証を目的とした、3 ユニット CubeSat である。衛星には、ソフトウェア無線機で作られた GNSS 信号受信機に加えて、軌道上でテスト及び検証される放射線線量計が含まれている。プロジェクトは現在のところ予備設計段階である。

技術実証用の CubeSats に加えて、ESA は最近 European Student Earth Orbiter (ESEO) というより大きな衛星（質量 44 kg）を開発して打ち上げた[1-73]。ESA 教育局が管理するこのプロジェクトは、10~50 kg 級衛星としては最初の ESA 衛星の打ち上げとなった。この衛星プロジェクトは、ミッションのすべての段階においてヨーロッパの学生（ヨーロッパのさまざまな大学の 600 人以上の学生）に広範なハンズオン経験を提供することを目的としている。ESEO のペイロードは、主に独自開発のカメラや S バンドソフトウェア無線のような技術実証用、または超小型衛星に搭載されたオンボードラングミュアプローブのような科学用ペイロードである。ミッションは 2018 年 12 月に開始された。ESA とすべての参加大学に加えて、ESEO はイタリアの企業 SITAEL によって開発された。

1.2.3 グレートブリテン及び北部アイルランド連合王国

英国の超小型衛星の開発の大部分は、サリー大学から分離独立した SSTL によってなされている。英国で開発された小型衛星は、ほとんどが 100kg を超えている。重量 50kg 未満の衛星としては、7 つの CubeSat と SSTL によって開発され 2019 年に打ち上げられた 20kg の技術実証衛星 1 機がある。英国で SSTL 以外の衛星開発を行う企業は、Orbital Micro Systems と Clyde Space である。後者は、AAC Microtec[1-74]に買収された後、AAC Clyde Space になった。英国宇宙庁は、大学と産業界を巻き込んで英国宇宙業界を活性化させるために、英国初の CubeSat である UKube-1 の開発を行なった[1-75]。

表 1.2.3-1 英国発の超小型衛星

Year	Name	Weight [kg]	Mission	Launcher	Contractor	User	Form Factor
2013	STRaND 1	4.30	Technology	PSLV C-20	University of Surrey	Surrey Space Centre	3U
2013	FUNcube-1	1.00	Technology	Dnepr	AMSAT-UK		1U
2013	Triton-1	3.00	Technology	Dnepr	ISIS-BV		3U
2014	UKube 1	3.00	Technology	Soyuz-2-Fregat-M	ClydeSpace	UK Space Agency	3U
2015	DeOrbitSail	3.00	Technology	PSLV-XL	SSTL	SSTL	3U
2017	UCLSAT	2.00	Technology, Atmosphere	PSLV-XL	MSSL, University College London	MSSL, University College London	2U
2019	IOD-1 GEMS (Global Environmental Monitoring System, OMS IOD Mission 1, IOD 1 Mission)	4.00	Weather		Orbital Micro Systems	Orbital Micro Systems	3U
2019	DoT 1	20.00	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	SSTL	SSTL	Custom

1.2.4 イタリア共和国

イタリアは、以前から小型・超小型衛星開発を行っていた。イタリアは、ローマ・ラ・サピエンツァ大学が 1964 年に初めての純イタリア製衛星を開発し打ち上げたサンマルコ計画の成功によって、ヨーロッパで初めて宇宙機を開発し打ち上げた国となった[1-76]。このことから、イタリアの超小型衛星開発の大部分が、大学で行われたことは当然と言える。

それと並行して行われたものとして、主に大型衛星（例：COSMO-SkyMed constellation, LARES、AGILE、最新の PRISMA）の開発、有人船用のモジュール、サブシステム、部品の設計と製造がある（ISS のモジュールのかなりの部分が、イタリアが ESA のプロジェクトに参加、または NASA とイタリア宇宙機関の機関間協定によってイタリア国内で組み立てや製造がされた）。

イタリア宇宙機関の予算は、2019 年に 10 億€に達した[1-77]。2020 年～2021 年までの暫定予算も同額である。イタリアは ESA に 3 番目に多く出資しており、予算の約 30%が充

てられ、2019 年の ESA 閣僚理事会での声明によると、2020 年～2022 年の間に 22.8 億€が ESA に出資される予定だ[1-78]。

イタリアは、15 機の超小型衛星の打ち上げに成功しており、6 機が CubeSat 仕様（3 機の 1U と 3 機の 3U）で、残りの 9 機は重量 10～50kg の衛星である。16 番目の 10～50kg 級衛星は、打ち上げの失敗によって破壊された。すべての衛星は、大学（10 機）、高校（1 機）、民間企業（4 機）によって開発されており、政府機関、宇宙機関、又は軍事機関によって直接開発もしくは運用されたケースは無い。しかし、公的機関や政府機関、又は ASI は、これまで打ち上げられてきた多くの衛星に対して、財政的・技術的支援を行ってきた。イタリアは 2000 年に最初の超小型衛星（UniSat-1）を、2012 年には最初の CubeSat を打ち上げた。ローマ・ラ・サピエンツァ大学は、イタリアで初めて超小型衛星（12kg で 8 角柱の超小型衛星、Unisat-1、2000）を打ち上げ、最も多くの宇宙機を開発した（6 機）。トリノ工科大学は 2012 年（イタリア初の CubeSat の打ち上げはローマ・ラ・サピエンツァ大学と同時）と 2016 年に 2 つの CubeSat を開発し打ち上げた。一方、ボローニャ大学が 2012 年に、イタリア北部のボルツァーノにある Max Valier 高校が 2017 年に 10～50kg 級の超小型衛星を開発した。企業に関しては、GAUSS Srl は 2 つの衛星を打ち上げ（2014 年と 2016 年）、D-orbit と OHB Italy はそれぞれ 1 つの衛星を打ち上げた（2017 年と 2018 年）。

開発及び打ち上げられた超小型衛星の技術的・科学的ミッションの大部分は、技術実証である（打ち上げられた 15 の超小型衛星の内 80%に当たる 12 機が、技術実証を目的としている）。

技術ミッションの目的の中でも姿勢決定、及び制御サブシステムの機能の実証は、打ち上げられた CubeSat（トリノ工科大学の e-st@r、及び e-st@r2、ローマ・ラ・サピエンツァ大学の UniCubeSat）の最も一般的な目的である。次に、軌道離脱装置の実証（D-Orbit が作製した D-Sat の主目的であり、ローマ・ラ・サピエンツァ大学の URSA-MAIOR の二次ミッション）か、その他の小型衛星用技術の実証（GAUSS による TuPOD のミッション）が続く。科学ミッションに取り組んだ衛星としては、OHB Italy の EAGLET-1（地球観測）及びローマ・ラ・サピエンツァ大学の URSA-MAIOR（QB50 プロジェクトの一部として熱圏研究）がある。10kg より重い衛星に関しては、UniSat 計画の全衛星（UniSat1-3 はローマ・ラ・サピエンツァ大学によって開発及び運用され、UniSat4 は打ち上げの失敗で破壊され、UniSat5、UniSat6 はローマ・ラ・サピエンツァ大学のスピンオフ企業である GAUSS が開発）は技術実証（主にバスコンポーネント、二次目標に小型衛星用の展開機構、推進と軌道周回ハードウェア）が目的であり、ボローニャ大学が開発した AlmaSat-1 も同様である。これまで、Max Valier Satellite（OHZ と共同で Max Valier 高校が製作）は小さな天文観測

用 X 線望遠鏡を持ち、10～50 kg 級の衛星では科学的な目的で利用される唯一の衛星である。

大規模な超小型衛星の国際共同開発計画に関しては、イタリアは ESA の教育局が主導する計画の中で 2 つの衛星を打ち上げ（e-st@r と UniCubeSat はイタリア初の CubeSat であり、ベガロケット初号機によって打ち上げられた）、ESA による”Fly Your Satellite”プログラムの第 1 弾として est@r-II が選ばれた。URSA-MAIOR は、Von Karman 研究所が管理する EU のプロジェクトである QB50 プログラムに含まれていた。

1.2.5 スペイン王国

スペインは ESA のメンバーであり、スペイン国立航空宇宙技術研究所（INTA）以外に国内に宇宙機関はない。スペインは、ESA の負担金として 2020～2026 年の間に 8.52 億€を出資する事となった。これは ESA 総予算の 5.9%（1.44 億€）であり、ドイツ、フランス、イタリア、英国に次いで 5 番目に大きい出資額である[1-79]。更に、スペイン政府は 15.43 億€まで予算を増やすと発表した[1-80][1-81]。

スペインには独自の地球観測計画 SEOSAT-Ingenio があり、これは EU のコペルニクスプログラムの一部である。スペインの地球観測衛星（SEOSAT）は 2020 年に打ち上げられる予定である。また、スペインは ESA による技術実証衛星である Proba-3 のリーダーも務め、スペイン国内のエアバスが設計した系外惑星観測用宇宙望遠鏡（CHEOPS）も製造した[1-81]。

超小型衛星に関しては、技術実証を目的とした CubeSat に焦点が当てられており、2009 年から打ち上げられた 12 個の超小型衛星の内 10 個は CubeSat だった。ビーゴ大学、カタルーニャ大学、マドリード工科大学で盛んに研究が行われている。政府機関としては、スペイン国防省の管理下にある研究開発機関として INTA があり、そこでは技術実証を目的とした超小型衛星を 4 機開発した。

2015 年に設立されたスペインの企業である AISTECH は、GOMSpace によって提供されたプラットフォームを使用した 2 つの 2U サイズの超小型衛星を打ち上げた。最初の衛星は 2018 年 11 月に打ち上げられた他、両社間で 100 個の超小型衛星のプラットフォームを提供するという合意がなされている。その超小型衛星は飛行機の追跡や、通常では通信が困難な場所にある企業資産の遠隔管理、マルチスペクトル画像を撮影できる必要がある[1-82][1-83]。

表 1.2.5-1 2004 年以降のスペインの超小型衛星

Year	Name	Weight [kg]	Mission	Launcher	Contractor	Form Factor
2004	Nanosat 01	20.00	Technology	Ariane V165	INTA	
2009	Nanosat 1B	22.00	Technology	Dnepr 13	INTA	Micro
2012	Xatcobeo	1.00	Technology	Vega 1	University of Vigo + INTA	1U
2013	HumSat-D	1.00	Technology	Dnepr	University of Vigo	1U
2013	OPTOS	3.00	Technology	Dnepr	INTA	3U
2016	3CAT-2	7.00	Technology	CZ-2D (2)	Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	6U
2017	QBITO	2.00	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	Universidad Politécnica de Madrid	2U
2017	INFLATES AIL	4.00	Technology	PSLV-XL	University of Surrey, UK	3U
2018	3Cat 1	1.00	Technology	PSLV-CA	Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	1U
2018	AISTECHS AT-2	4.00	Traffic Monitoring, Communication	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	GOMSpace, Aistech	2U
2018	LUME-1	2.00	Technology	Soyuz-2-Fregat-M	Universidade de Vigo, Centre National de la Recherche Scientifique, Universidade de Porto	2U
2019	AISTECHS AT-3	3.00	Traffic monitoring, communication M2M/IoT	PSLV-QL	GOMSpace, Aistech	2U
2019	FossaSat 1	0.20	Technology	Electron KS	Fossa Systems	PocketCube (1P)

1.2.6 ドイツ連邦共和国

ドイツは宇宙開発計画において次の点を重視している。[1-84]

- 社会的及び制度的問題の解決
- 世界をリードする、または将来そうなる可能性のある有望な事業を探す
- 商業利用によるドイツのシェアを増やし、新しい市場を開拓する
- ドイツの世界に認められたトップクラスの研究を促進する
- 宇宙の魅力を子供たちへ伝えることで科学への関心を高める

DLR は、主に航空宇宙、輸送、エネルギーの 3 つの領域に力を入れている。2017 年の DLR の年間予算の内、10 億€が独自の研究、開発、運用に充てられた。これに加えて、ESA

へ約 8.6 億€を出資している。また、ドイツ政府に代わって 12.79 億€もの研究費用を管理しており、総額は 38 億€を超えている。

ドイツでの超小型衛星開発は、主にヴュルツブルク大学やベルリン工科大学が行う CubeSat や超々小型衛星の開発、それらを用いた技術実証がある。ドイツによって打ち上げられた衛星のほとんどが、新技術の実証に加え二次ミッションが課せられた 1U サイズの CubeSat である。一部の衛星には、二次ミッションとして科学的ミッションを課せられているが、一次ミッションに関しては全ての衛星において技術実証が課せられている。現在、多くの 3U や 6U 衛星が開発中であり、将来的に様々なサイズの衛星が打ち上げられると予想される。German Orbital System (GOS) では CubeSat を用いた衛星間通信の開発と運用を行っている。ドイツでの超小型衛星は、宇宙利用のアイデアとそれを実現する技術を実証すること、性能を落とすことなく低コストで宇宙まで運ぶことに重きを置いている。DLR は、ベルリン工科大学の TUBSAT 開発に関しては一部協力したのみで、残りは全て DLR の関与無しに行われた。これまでに実証された技術としては、ADCS(リアクションホイール)、薄膜太陽電池、推進システム、通信、軌道周回技術(ドラッグセール)などがある。

表 1.2.6-1 ドイツの超小型衛星

Year	Name	Weight [kg]	Launched Date	Mission	Contractor	User	Form Factor
1998	TUBSAT-N, TUBSAT-N1	3/8.5	07-Jul-1998	Technology	Technische Universität Berlin	Technische Universität Berlin	
2003	Rubin 4	45,00	27-Sep-2003	Technology			Micro
2005	UWE 1	1,00	27-Oct-2005	Technology	University of Wuerzburg		
2008	Compass 1	1,00	28-Apr-2008	Technology		Aachen University of Applied Sciences	
2008	Rubin 8	8,00	28-Apr-2008	Technology	ESA		Nano
2009	UWE 2	1,00	23-Sep-2009	Technology	University of Wuerzburg		1U
2009	Beesat	1,00	23-Sep-2009	Technology	Technical University of Berlin		1U
2013	BeeSat-3	1,00	19-Apr-2013	Technology	Technical University of Berlin	Technical University of Berlin	1U
2013	SOMP	1,00	19-Apr-2013	Scientific (Oxygen Measurement)	Technical University of Dresden	Technical University of Dresden	1U
2013	BeeSat-2	1,00	19-Apr-2013	Technology	Technical University of Berlin	Technical University of Berlin	1U
2013	WREN	0,25	21-Nov-2013	Technology	StaKoDo UG	StaKoDo UG	

2013	First-MOVE	1,00	21-Nov-2013	Technology	TU Munchen	TU Munchen	1U
2013	UWE-3	1,00	21-Nov-2013	Technology	University of Wurzburg	University of Wurzburg	1U
2014	AlSat 1	14,00	30-Jun-2014	Technology	DLR	DLR	Micro
2016	BEESAT-4	1,00	22-Jun-2016	Technology	TU Berlin	TU Berlin	1U
2017	SOMP 2	2,00	18-Apr-2017	Technology	TU Dresden	TU Dresden	2U
2017	COMPASS 2	4,00	23-Jun-2017	Technology	Fachhochschule Aachen	Fachhochschule Aachen	3U
2017	TECHNOSAT	18,00	14-Jul-2017	Technology	TU Berlin	TU Berlin	Micro
2017	D-Star One	4,00	28-Nov-2017	Communication	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	
2018	D-Star Phoenix 1.1	4,00	1-Feb-2018	Communication	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	3U
2018	S-NET D	8,00	1-Feb-2018	Technology	TU Berlin	TU Berlin	TUBiX 10 Bus
2018	S-NET B	8,00	1-Feb-2018	Technology	TU Berlin	TU Berlin	TUBiX 10 Bus
2018	S-NET A	8,00	1-Feb-2018	Technology	TU Berlin	TU Berlin	TUBiX 10 Bus
2018	S-NET C	8,00	1-Feb-2018	Technology	TU Berlin	TU Berlin	TUBiX 10 Bus
2018	NABEO/ELECTION	1,30	11-Nov-2018	Technology	HPS GmbH	HPS GmbH	1U
2018	MOVE-II	1,00	3-Dec-2018	Technology	TU München	TU München	1U
2018	UWE-4	1,00	27-Dec-2018	Technology	Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, TU Dresden	Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, TU Dresden	1U
2018	D-STAR ONE ISAT	4,00	27-Dec-2018	Communications	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	3U
2018	D-STAR ONE SPARROW	4,00	27-Dec-2018	Communications	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	3U
2019	BeeSat (Tubsat 18) ¹⁰	0,30	5-Jul-2019	Technology	TU Berlin	TU Berlin	0.25U
2019	BeeSat (Tubsat 19) ¹¹	0,30	5-Jul-2019	Technology	TU Berlin	TU Berlin	0.25U
2019	BeeSat (Tubsat 20) ¹²	0,30	5-Jul-2019	Technology	TU Berlin	TU Berlin	0.25U

2019	BeeSat ¹³ (Tubsat 21)	0,30	5-Jul-2019	Technology	TU Berlin	TU Berlin	0.25U
2019	BeeSat ⁹ (Tubsat 17)	1,00	5-Jul-2019	Technology	TU Berlin	TU Berlin	1U
2019	MOVE 2b	1,00	5-Jul-2019	Technology	TU München	TU München	1U
2019	D-Star ^{One} LightSat	4,00	5-Jul-2019	Communications	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	3U
2019	SONATE	4,00	5-Jul-2019	Technology	Bayerische Julius- Maximilians- Universität Würzburg	Bayerische Julius- Maximilians- Universität Würzburg	3U
2019	D-Star ^{One} EXOCONNECT	4,00	5-Jul-2019	Communications	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	3U
2019	CarbonIX	30,0 0	5-Jul-2019	Technology	EXO Launch	EXO Launch	Custom
2019	KL-Alpha A	70,0 0	17-Nov-2019	Communication	CAS	KLEO Connect	Custom
2019	KL-Alpha B	90,0 0	17-Nov-2019	Communication	CAS	KLEO Connect	Custom
2019	TRSI-Sat	0,20	6-Dec-2019	Technology	My Radar	My Radar	PocketQ ube (1P)

1.2.7 ノルウェー王国

ノルウェーは、2019 年までに 8 つの超小型衛星を打ち上げた。その他に、2005 年と 2006 年に打ち上げられた最初の超小型衛星である Ncube-2 と Ncube-1 (1U) があったが、両方とも失敗に終わった。Ncube-2 は、ESA の SSETI-Express による教育プログラムの一環として開発され、おそらく軌道への展開時に問題が発生し、運用には至らなかった。Ncube-1 は、ロケットの故障により所定の軌道まで運ばれずに失敗した。ノルウェーで最初に運用された超小型衛星は、2010 年に打ち上げられた AISat-1 で、AIS 信号の受信と転送を目的としている[1-85]。

ノルウェーでは、Telenor という国営企業が放送会社向け大型通信衛星の開発を行ってきた。最初のノルウェーの衛星は、1990 年代初頭に静止軌道に打ち上げられた。ノルウェーの宇宙開発は NOSA が主導しているほか、1987 年以降 ESA にも参加している。ノルウェー

一の宇宙産業の売り上げは、年間約 680 億 US\$ (740 億円) にもなる[1-86]。ノルウェー政府は、宇宙開発に対して約 10 億ノルウェークローネ (1.05 億€) を投資した[1-87]。2019 年の ESA 閣僚会議 Space19+ で、ノルウェーは 2020 年～2022 年にかけて 2.84 億€ (ESA の総予算の 2% に当たり、年間約 0.946 億€) を負担することが決まった[1-88]。

打ち上げられた 8 機の超小型衛星の内、CubeSat 規格に準拠して作られたのは 3 つのみであり、NOSA によって開発された 3 機の AISSat は 10kg 未満の衛星であるにも関わらず CubeSat 規格の衛星では無く、重量 6kg で一辺 20cm のキューブ型の衛星である。他の 2 つの衛星は独自設計の 10～50kg 級衛星である。宇宙機の大部分は政府機関が関わっており、全衛星は NOSA が他の機関と共同で開発した。2 つの衛星に関しては、大学機関 (NTNU、及びナルビク大学) によって開発された。

打ち上げられた 8 つの超小型衛星の内 7 つ (3 機の AISSat、NorSAT-1、-2、Ncube-1、-2) の衛星の主要ミッションが、AIS 信号の受信と転送である一方、HiNCube のメインミッションはバスの技術実証と地球観測である。比較的大きな NorSAT-1、2 には、搭載した科学ペイロードを用いて地球観測をするという二次ミッションがあった。打ち上げられた超小型衛星の中に、超小型衛星を共同で開発・打ち上げを行う事を目的とした国際プログラムによって開発されたものは 1 つもない。

ノルウェーでは、オスロ大学が宇宙天気観測を目的とした開発中の CubeStar と NTNU で大気波の観測を目的とした NUTS の開発が行われている。

ノルウェーが開発したすべての超小型衛星の簡単な概要を以下に示す：

Ncube-1 と Ncube-2 はノルウェー最初の超小型衛星であり、NTNU によって開発され、それぞれ 2006 年と 2005 年に打ち上げられた。この 2 つの衛星は教育目的、具体的には学生に衛星開発の機会と経験を与えることに加え、宇宙から AIS 信号を受信する技術の実証を目標にしていた。この 2 つの衛星は、打ち上げの失敗 (Ncube-1、2006)、及び軌道への展開時の事故 (Ncube-2、2005) で失敗した。

AISSat 1、2、3 は、宇宙から AIS 信号を受信し、特に北極圏などの遠隔地の海上船舶の追跡性を高めるために信号を転送することを目的とした、3 つの 20cm x 20cm x 20 cm の衛星である。2010 年、2014 年、2017 年に打ち上げられた 3 つの AISSat は、世代ごとに AIS に関する装置や機能を改良してきた。開発は NOSA が行った。

HiNCube はナルビク大学で開発され、2013 年に打ち上げられた 1UcubeSat である。主なペイロードとして、地球観測と技術実証のためのカメラが搭載されていた。

NorSat 1、2 は、20cm x 20cm x 40 cm、質量約 15 kg の 2 つの衛星で、NOSA によって開発された。両方の衛星に AIS 受信機が搭載されている。NorSat 1 には、宇宙天気と熱圏研究のためのコンパクトな放射計とラングミュアプローブを装備している。NorSat 2 には、

信号受信用に大きな八木アンテナを装備することで、衛星システムの性能を向上させている [1-85]。

1.2.8 中華人民共和国

2004 年から 2019 年 12 月までに、中国は 95 個の超小型衛星（≤50kg）を打ち上げている。超小型衛星を打ち上げている組織の分布を図 1.2.8-1 に示す。95%を占める主要な組織は、大学、民間企業、研究/政府機関、及びこれらの研究/政府機関の子会社または、関連会社等の企業である。（以降、「研究/政府機関、及び企業」と呼ぶ）

3 つ以上の超小型衛星を打ち上げた大学は、Tsinghua University（2004 年に最初の中国の超小型衛星を打ち上げた）、National University of Defense Technology（NUDT）、Harbin Institute of Technology、Zhejiang University、及び Northwestern Polytechnical University（NPU）である。研究/政府機関、及び企業は、主に組織的または法的に CASC に密接に関連した企業である。残りの 5%は、Chinese Amateur Satellite Organization（CAMSAT）などのアマチュア衛星への関心を促進する活動を追求した非政府組織、及び非営利組織が占めている。

図 1.2.8-2 に示すように、大学、民間企業、研究/政府機関、及び企業によって打ち上げられた超小型衛星の相対的な割合は、ほぼ等しくなっている。一方、図 1.2.8-2 に示すように、衛星の運用者の状態に関する分布はほぼ同じである。

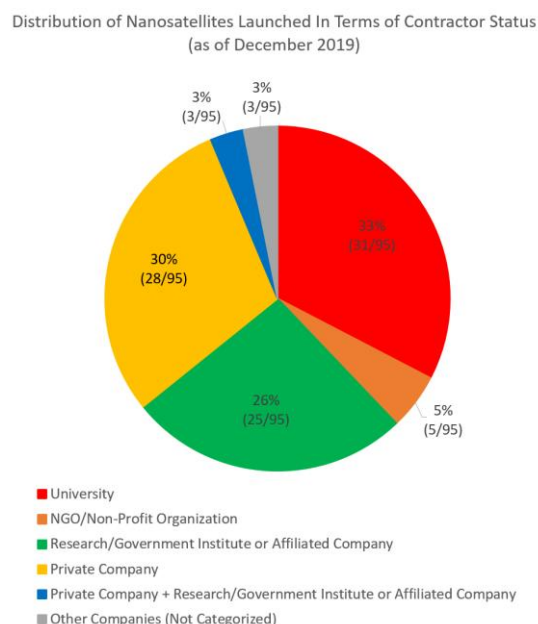


図 1.2.8-1 超小型衛星を打ち上げている組織の分布

Distribution of Nanosatellites Launched In Terms of Operator Status
(as of December 2019)

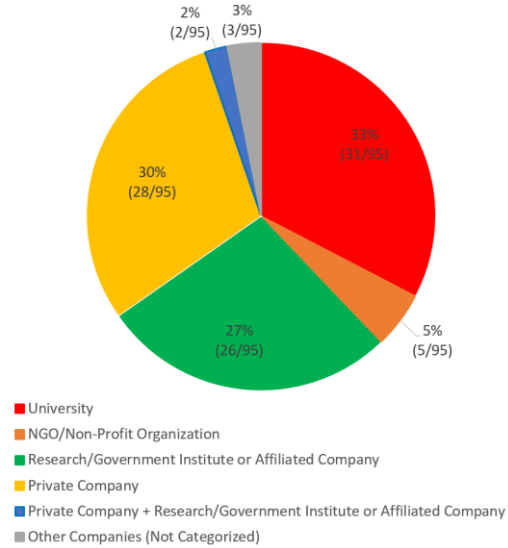


図 1.2.8-2 超小型衛星を運用している組織の分布

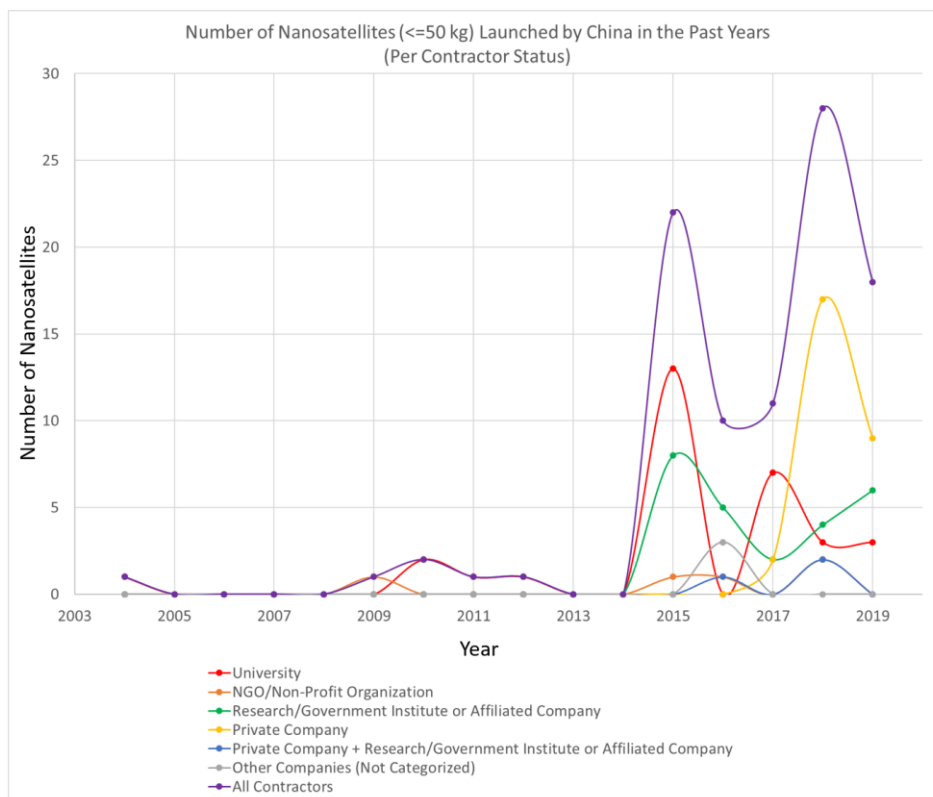


図 1.2.8-3 各組織が打ち上げた超小型衛星の数

中国の超小型衛星活動の傾向をより理解するため、図 1.2.8-3 では各組織が打ち上げた超小型衛星の数を年度ごとにプロットし示している。2014 年以前に打ち上げられた超小型衛星の基数はごくわずか（6 基のみ）であり、これらの衛星は主に大学や研究/政府機関、及び企業によって開発された。2015 年以降、打ち上げられた超小型衛星の数は大幅に増加し、2015 年から 2019 年の間に約 89 基の超小型衛星が打ち上げられた。大学や研究/政府機関、及び企業での超小型衛星の開発基数が増加しただけでなく、民間企業からの増加もあった。これは、民間企業が宇宙産業で事業を行うことを奨励するために、2014 年後半に中国政府が採用した政策転換によるものであった。この政策により、2014 年末では民間航空宇宙企業数は 30 社であったが、2018 年末には 141 社へと大きく飛躍した[1-89][1-90]。これらのスタートアップ企業は、小さな打ち上げロケット、小型/超小型衛星の製作、ミッションインテグレーター、サービス、アプリケーションプロバイダー、及び地上局など、様々な分野に参入している。

組織ごとに打ち上げられた衛星のミッションの種類別の分布を図 1.2.8-4、すべての組織を考慮した打ち上げられた衛星の種類別の分布を図 1.2.8-5 に各々示す。ミッションが通常アマチュア無線、教育、技術実証、及び科学的目的の組み合わせである非政府、及び非営利組織を除き、最も一般的なミッション目的は技術実証を目指すものである。例えば、大学や研究機関が最先端の宇宙技術に関する研究を行うという通常の目的と、将来の商業的なミッションまたは大規模なミッションに先立って、そのミッションのためのプラットフォームやペイロード、サブシステムを実証する目的がある。大学や研究/政府機関、及び企業にとって、次に一般的な目的は、教育/トレーニング、アマチュア無線通信、技術、科学の複合的な目的である。つまり、これらは経験と専門知識を高めることを目的としている。研究/政府系機関・企業と協力している民間企業にとって、地球観測、IoT/M2M (Internet of Things, Machine to Machine) 通信、交通監視、資産追跡、及びその他の種類の通信は、ビジネスを対象とした応用分野である。企業（特にスタートアップ企業）の最近のミッションは、通常、想定される大規模コンステレーションの先駆け、又はパイロットテストをすることである。

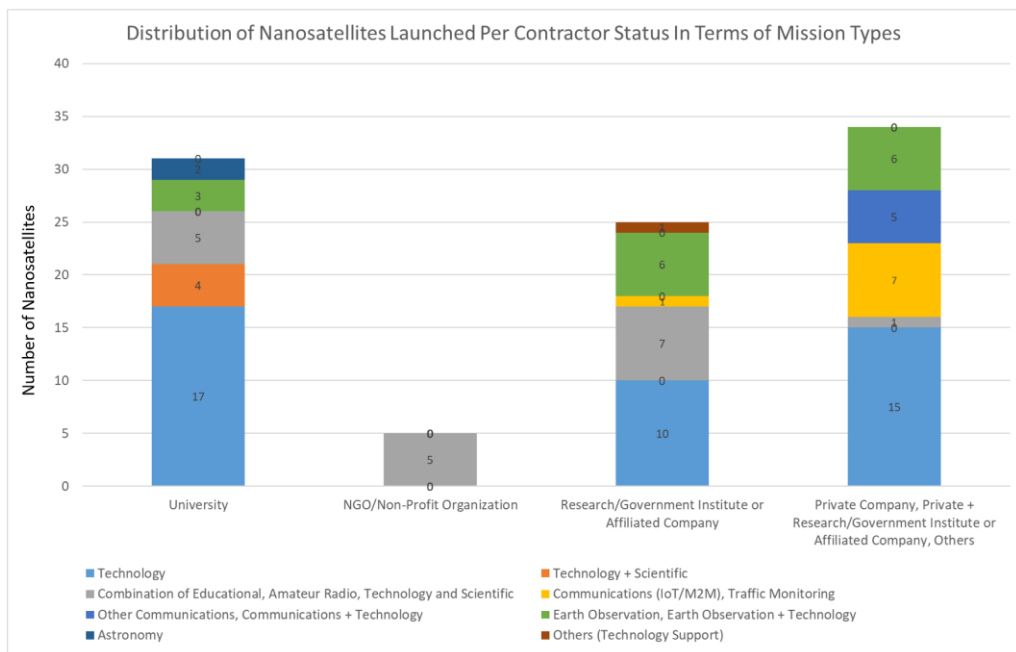


図 1.2.8-4 衛星のミッションの種類別の分布

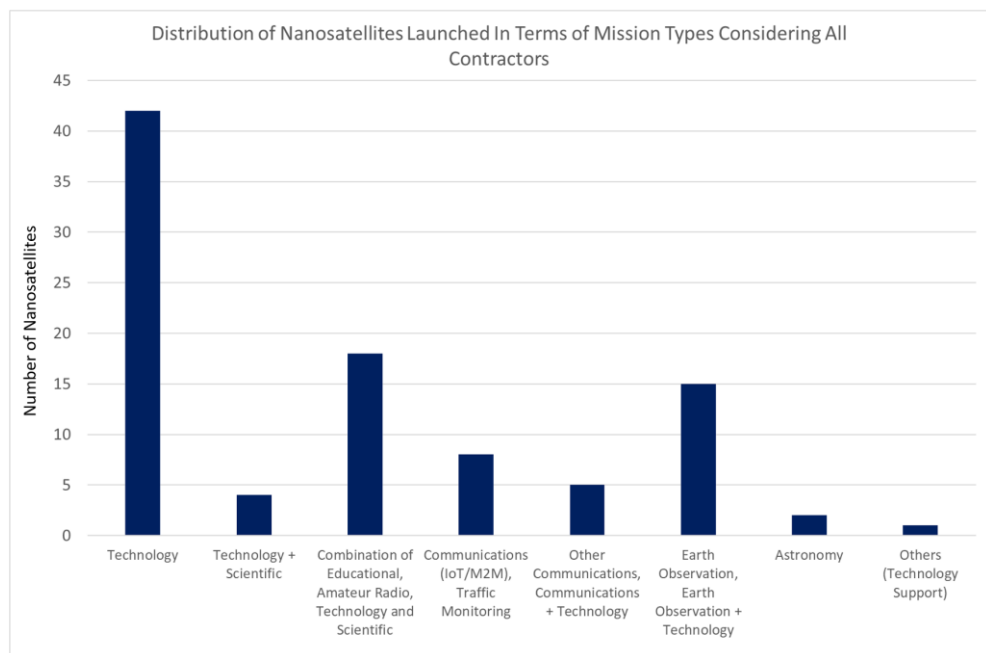


図 1.2.8-5 打ち上げられた衛星の種類別の分布

一方、フォームファクタの観点から打ち上げられた超小型衛星の分布を図1.2.8-6に示す。これまで最も普及しているのは、6U CubeSat、及び 10～50 kg 級の非 CubeSat の衛星であ

る。驚くべきことに、この調査では 1U CubeSat は見つからなかったが、1 kg 未満の衛星で CubeSat 標準に準拠していないものがいくつかあった。

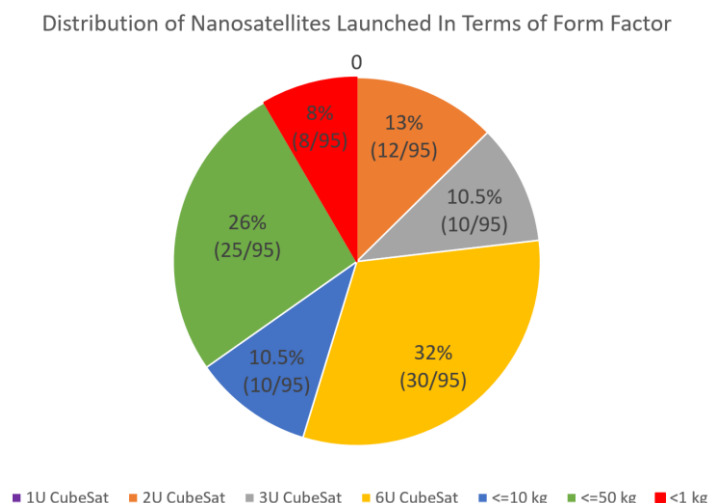


図 1.2.8-6 フォームファクタの観点から打ち上げられた超小型衛星の分布

表 1.2.8-1～表 1.2.8-5 に超小型衛星を開発している大学、企業を調査した結果を記す。

表 1.2.8-1 超小型衛星を開発、打ち上げた中国の大学

Name of University	Number of Nanosatellites Launched	Year of First Nanosatellite Launched	Names of Nanosatellites Launched, Year
Tsinghua University	4	2004	-NS-1 (Naxing-1, 2004), -ZJ 1 (Zijing 1)*, -KJSY 1 (Kongjian Shiyen 1)*, -NS-2 (Naxing-2), 2015
Zhejiang University	4	2010	-ZDPS 1A-1 (Zheda Pixing 1A-1) and ZDPS 1A-2 (Zheda Pixing 1A-2), 2010 -ZDPS 2A (Zheda Pixing 2) and ZDPS 2B (Zheda Pixing 2B), 2015
Nanjing University of Aeronautics and Astronautics	1	2011	Dong Fang Hong 103 (2011)
National University of Defense Technology (NUDT)	8	2012	-TT 1 (Tiantuo 1, 2012) -NUDT-PhoneSat (CAS 3I, Kaituo), XC 1 (Xingchen 1), -XC 2 (Xingchen 2), XC 3 (Xingchen 3), -XC 4 (Xingchen 4) and TT 3 (Luliang 1), 2015 -NUDTSat (2017)**
Harbin Institute of Technology	4	2015	-LilacSat 2 (Zidingxiang 2, CAS 3H, 2015) -LilacSat 1 (2017)**,

			-LONGJIANG 1 (DSLWP A1) and LONGJIANG 2 (DSLWP A2), 2018
Nanjing University of Science and Technology (NJUST)	2	2015	-NJUST 2 (TW , Tianwang, 2015) -NJUST 1 (2017)**
Wuhan University	2	2018	-Luoja 1-01 (LJ 1-01, 2018) -Luoja 1-02 (2019)
Nanjing University of Technology (in cooperation Beijing Kaidun Universal Technology Co., Ltd., Beijing MSI Technology Development Co., Ltd.)	1	2017	-Kaidun 1 (2017)
Northwestern Polytechnical University (NPU)	3	2017	-Aoxiang 1 (2017)** -AX-1 (AOXIANG ZHIXING, 2017) -XY S 1 (2017)
Beijing Normal University (BNU)	1	2019	-BNU 1 (Jingshi 1, 2019)
Beijing Institute of Technology (BIT) (in cooperation with CAMSAT)	1	2019	-CAS 7B (BP 1, 2019)
Total	31		

*In cooperation with Xidian University

**Part of QB50 Project

表 1.2.8-2 超小型衛星を打ち上げた非政府、非営利組織

Name of Organization	Number of Nanosatellites Launched	Names of Nanosatellites Launched, Year
Chinese Amateur Radio Organization (CAMSAT)	3	-XiWang 1 (2009) -DCBB (CAS 3G, 2015)* -CAS 2T & KS 1Q (2016)**
Huai'an Youth Comprehensive Development Base, Teenagers Amateur Radio Center of Activity in Huaian	1	-Zhou Enlai (HA 1, 2018)
Sat-China	1	-SHAONIAN XING (2018)
Total	5	

*In cooperation with Shenzhen Aerospace Dongfanghong HIT Satellite Ltd.

**In cooperation with Kechuang Aerospace Forum

表 1.2.8-3 超小型衛星を打ち上げた研究・政府機関及び企業

Name of Organization	Number of Nanosatellites Launched	Names of Nanosatellites Launched, Year
Chinese Academy of Space Technology (CAST) –Subordinated to Aerospace Science & Technology Corporation (CASC)	2	-BY70-1 (2016)* -Tianzhi 1 (2018)**
DFH Satellite Co. Ltd, (DFHSat) –Subordinated to CAST	8	-XW 2E (CAS 3E), XW 2F (CAS 3F), XW 2B (CAS 3B), XW 2C (CAS 3C), XW 2D (CAS 3D) and XW 2A (CAS 3A), 2015 *** -Tianzhi 1 (2018) -Taizhi 1 (KX 09, 2019)
Space Star Technology Co., Ltd. (Space Star) –Subsidiary of CAST	1	-SilkRoad-1 01 (Silu 1, 2017)
Shanghai Academy of Spaceflight Technology (SAST) –Subordinated to CASC	2	-BanXing 2 (BX 2, 2016) -HEAD-1 (2017)
Shanghai Engineering Center for Microsatellites (SECM) –Founded by and under Chinese Academy of Sciences (CAS)	9	- Shangkeda 2 (TW 1A , Tianwang 1A) and NJFA 1 (TW , Tianwang), 2015 -WEINA 1A and 1B, 2018 -SPARK 1, SPARK 2 and YIJIAN, 2016 -Bufeng 1A and 1B, 2019
China Electronics Technology Group –State-owned	2	-Zhongdian Wangton 1A (Tianxing 1) and Zhongdian Wangton 1B (Tianxing 2), 2019
Shanghai ASES Spaceflight Technology Co. Ltd. (Research/Government Ins. Subsidiary)	1	-Taurus 1 (Jinniuzuo 1), 2019
Total	25	

*In cooperation with Beijing Bayi High School

**In cooperation with Chinese Academy of Sciences (CAS)

***In cooperation with CAMSAT

表 1.2.8-4 超小型衛星を打ち上げた民間企業

Name of Company	Number of Nanosatellites Launched	Names of Nanosatellites Launched, Year	Mission
Link Space Aerospace Technology	1	FENGMANIU 1 (FMN 1)	Amateur Communication + Technology + Education
Spacety Aerospace Co., [1-91] -Legal name: Changsha Tianyi Space Technology Research Institute Co., Ltd. -Founded 2016 -Microsatellite/nanosatellite manufacturer/developer/integrator for science experiments and technology demonstrations	13 (10 own + 3 in cooperation with another organization)	-TY3-01 (Xijiang Jiantong), 2018 -Xiaoxiang 1 (XX 1) ^[A] , 2016 -Xiaoxiang 2 (XX 2TY-2) ^[A] , 2018 -Xiaoxiang 1-02 (TY 1-02) ^[B] , 2018 -Tongchuan 1 (Zhaojin 1, TY 4-02), Xinghe (Tianfuguoxing 1, TY 1-03), Changshagaoxin (TY 4-01), 2018 -TFStar (Douyu 666) ^[C] , 2018 -TY-6 (Quantutong 1, QTT 1, QTT-1, TY6) ^[D] , 2018 -Xiaoxiang 1-03, 2019 -Xiaoxiang 1-04, 2019 -Xiaoxiang 1-07 (TY 1-07), 2019 -Xiaoxiang 1-08 (TY 1-08, Dianfeng), 2019	-Communications -Technology Proto-type commercial research nanosatellite -Technology Commercial research nanosatellite -Technology New-technology verification satellite for laser communications -Technology -Technology + Communications -Technology Technical verification satellite for future constellation program -Technology -Earth Observation Full-color miniature remote sensing camera and deorbit drag sail -Technology Solar sail -Technology Solar sail
Beijing Guodian Gaoke Technology [1-92]	3	-Tiange 1, 2018	-Communications (IoT/M2M) Demonstration mission for the

-Legal name: Beijing Guodian Gaoke Technology (Beijing Guodian Gaoke Technology Co., Ltd.) -Founded 2015 -Satellite IoT micro/nanosat constellation operator and data service provider		-Tianqi-3 (Tao XingZhi), 2019 -Jilin 1-03 A, 2019	"Apocalypse Constellation", to launch 38 by 2020 -Technology -Earth Observation
Commsat [1-93] -Legal name: Beijing Commsat Technology Development Co., Ltd. -Founded 2015 -Turn-key satellite applications provider -Plans to complete 72 satellites by gradual deployment and to start service in 2020	6	-Ladybird 1 (Piao chong 1), Ladybird 2 (Piao chong 2, Elvis Presley), Ladybird 3 (Piao chong 3, Hua Mi), Ladybird 5 (Piao chong 5, Linda Education Satellite), Ladybird 6 (Piao chong 6, Tmall International), Ladybird 7 (Piao chong 7, RE:X), 2019	-Communications (IoT/M2M) Demonstration for IoT Constellation
Space OK [1-94] -Legal name: Shanghai OK Space Co. Ltd. -Provides microsatellite solutions for space research	1	-Jiading 1 (OKW 01), 2018	-Communications (IoT/M2M) Prototype for a planned constellation
Zhuhai Orbita -Legal name: Zhuhai Orbita Aerospace Science & Technology Co. Ltd. -Founded 2000 -Delivers commercial Earth observation nanosatellite constellation	2	-ZHUHAI-1 02 (CAS 4B) and ZHUHAI-1 01 (CAS 4A), 2017	-Earth Observation
ZeroG Lab [1-95] -Legal name: Beijing ZeroG Technology Co., Ltd -Founded 2016 -Micro/nanosatellite core parts provider and components, as well as service provider	2	-Lingque 1A and Lingque 1B, 2019	-Earth Observation Demonstrators for ZeroG Lab's Magpie remote sensing constellation
ADA Space [1-96]	1	-Sagittarius-01, 2018	-Communications

-Legal name: Chengdu GuoXing Aerospace Technology Co. Ltd. -Founded 2018 -Commercial satellite R&D operation and data service innovation company, builds satellites with AI capabilities			
Chang Guang Satellite Technology [1-97] -Founded 2014 -Design, development and sales of satellites and UAV application system	1	-Jilin 1-03 A, 2019	-Earth Observation
Alibaba	1	-Tangguo Guan (Candy Jar) ^[E] , 2018	-Communications To send promotional messages to shoppers' mobile phones
Total	31		

[A] In cooperation with Changsha Gaoxinqu Tianyi Research Institute, Hunan

[B] For LaserFleet (operator)

[C] For ADA Space (operator)

[D] Provided bus for Tianji Research Institute

[E] Alibaba is supposedly to be the operator or user. The name of contractor could not be found.

表 1.2.8-5 超小型衛星を打ち上げたその他企業

Name of Company	Number of Nanosatellites Launched	Names of Nanosatellites Launched, Year	Mission
Zhejiang LiTong Electronic Technology/Zhejiang Lishui Electronic Technology Co (not certain which one)	3	-Lishui 1-01, 2016 -Pina-2 01, Pina-2 02, 2016	- Technology -Technology
Total	3		

1.2.9 インド

ISRO は、2019 年の最初の打ち上げにおいて、インド初の学生衛星を打ち上げた[1-98]。創立以来 ISRO は、衛星と宇宙輸送機の開発に非常に積極的に取り組んできた。現在、1 回の打ち上げで最大数の衛星を打ち上げた世界記録を保持している。ISRO は新世代のエンジニアのトレーニングを続けることを忘れてはおらず、2009 年から 2012 年の間に 5 つの学生が開発した衛星が打ち上げられた。また、様々な学術機関の学生によって 12 基の衛星が設計された。以下に、そのうちの 4 つの大学衛星プロジェクトを紹介する。

Jugun : 超小型衛星 Jugun は ISRO の指導の下、カーンプルのインド工科大学によって設計・開発された。重量は 3 kg で、2011 年 10 月 12 日に打ち上げられた。ISRO によると Jugnu の機能は次のとおりである。

- 近赤外線領域で地球を撮影するために独自開発されたカメラシステムを実証し、画像処理アルゴリズムを試験する。
- 衛星測位で使用するために GPS 受信機を評価する。
- 宇宙で独自に開発された MEMS ベースの慣性測定ユニット (IMU) を試験する。

SRMSat : チェンナイの SRM 大学の学生と教員によって開発された。重量は 10.9 kg で 2011 年 10 月 12 日に打ち上げられた。この衛星のミッションは、二酸化炭素と水蒸気レベルを監視することにより、汚染と地球温暖化の問題に対処することを目的としている。

STUDSAT : STUDSAT は、インドで最初の超小型衛星であり、インド内の組織によって作られた最小の衛星である。カルナータカ州とアーンドラ・プラデーシュ州の 7 つの工科大学のグループによって開発された。重量は 1kg で 2010 年 7 月 12 日に打ち上げられた。この衛星の主な目的は、教育機関の宇宙技術を促進することであった。この超小型衛星は、衛星と地上局の間に通信回線を確立し研究を促進するために開発された。

Anusat : ISRO の指導の下でインドの大学が開発した最初の衛星であり、Message Store and Forward に関連する技術を実証した。Store and Forward は、情報が中継局に送信・保持され、後で他の中継局の最終宛先に送信される通信技術である。アンナ大学

マドラス校（MIT）で設計、開発、統合された衛星の重量は 40 kg で、2009 年 4 月 20 日に打ち上げられた。

ISRO は、非常に低いコストで探査機を火星に送ることで高い評価を得た。最近、ISRO は月に探査機を着陸させようとしており、次に人間を宇宙に送ることを計画している。インド政府は、2022 年までに打ち上げられる予定の最初の有人宇宙ミッションに 1,000 億ルピー（14.3 億\$）を割り当てることを発表した。インドは 3 人の乗組員を 7 日間宇宙に送る予定である[1-98]。ISRO は、宇宙マイニングミッションも計画している[1-99]。

ISRO は、すでに衛星の商業化に注力している。2019 年に、NSIL は商業プロジェクトを追求するために設立されたが、ISRO は研究開発により重点を置く予定である[1-100]。更に、インド政府は宇宙活動に焦点を当てたスタートアップを奨励している。

1.2.10 カナダ

超小型衛星開発の主要な機関の 1 つは、トロント大学航空宇宙研究所（UTIAS）の SFL である。この機関は、カナダの最初の超小型衛星である CanX-1 を開発した。CanX-1 は大学院生によって開発され、2003 年に打ち上げられた 1U サイズの CubeSat である[1-101]。UTIAS は最大 75 kg の衛星を開発したことがある。Table1.2.12-1 は、UTIAS-SFL の過去の運用データである[1-102]。

超小型衛星の中で、UTIAS は研究開発コミュニティ向けに費用対効果の高い宇宙へのアクセスを提供する目的で、Canadian Advanced Nanospace eXperiment (CanX) プログラムを開発している。CanX-3 シリーズは、オーストリア、ポーランド、カナダから資金提供を受けた 6 基の超小型衛星で構成される BRiGht Target Explorer (BRITE) コンステレーションとして知られている。

カナダの民間宇宙関連の活動は、CSA によってマネジメントされている[1-103]。CSA は CubeSat を使用した Canadian CubeSat Program (CCP) を通じて Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM)、及び宇宙領域への関心を促進している。このプログラムでは、2020～2021 年に ISS に打ち上げる 15 チームを選び[1-104]、そのチームの教員と学生に衛星の設計・製作・打ち上げの機会が提供される。

表 1.2.10-1 UTIAS-SFL の衛星履歴[1-102]

Satellite	Launched	Weight [Kg]	Years Operational	Months Operational
MOST	30-Jun-03	51.3	15.7	188.8
CanX-2	28-Apr-08	3.5	11.8	142.2
NTS	28-Apr-08	6.5	6.9	82.2
AISSat-1	12-Jul-10	7	9.6	115.7
BRITE-Austria	25-Feb-13	10	7	84.2
UniBRITE	25-Feb-13	10	7	84.2
BRITE-PL1	21-Nov-13	10	6.3	75.4
BRITE-Toronto	19-Jun-14	10	5.7	68.5
CanX-4	30-Jun-14	15	5.7	68.1
CanX-5	30-Jun-14	15	5.7	68.1
AISSat-2	8-Jul-14	6.5	5.7	67.9
BRITE-PL2	19-Aug-14	10	5.5	66.5
EV9	28-Sept-15	5.5	4.4	53.2
M3MSat	22-June-16	75	3.7	44.4
GHGSat-D	22-June-16	15	3.7	44.4
CanX-7	26-Sept-16	3.75	3.4	41.2
NORSat-1	14-July-17	25	2.6	31.7
NORSat-2	14-July-17	15	2.6	31.7

アルバータ大学も CubeSats の開発に参加している。3U CubeSat である”Ex-Altia 1”は、2017 年に ISS から放出された。このプロジェクトは QB50 ミッションの一部であり、CSA によってサポートされ、大学の学生によって開発された。現在、大学は 2 番目のプロジェクトに関与しており、CubeSat ”Ex-Altia 2”は、CCP の下で選ばれた 15 のプロジェクトの 1 つである。

UTIAS は、オーストリア、ポーランド、ノルウェーなど、様々な国で超小型衛星の主要なコントラクターを務めてきた。BRITE コンステレーションは、オーストリアの研究振興機関とオーストリアの大学によってオーストリアから資金提供された。このプロジェクトはキャパビルではなく、共同の科学ミッションであった[1-105]。BRITE-Austria は、オーストリアの最初の衛星であり、巨大な明るい星の明るさの脈動を調べるための超小型衛星である[1-106]。

同様に BRITE は、ポーランドに低コスト宇宙実験の科学プログラムに参加する機会を与えた。ポーランドの参加は、ポーランドの科学高等教育省によって資金提供され、宇宙研究センター/ポーランド科学アカデミーによってコーディネートされた。コンステレーションの衛星は、UTIAS-SFL で最初に開発された Generic Nanosatellite Bus (GNB) を使用した。

UTIAS はまた、ノルウェーに超小型衛星を提供している。超小型衛星 AISSat-1、AISSat-2、及び AISSat-3（打ち上げ失敗）は、ノルウェー領海の船舶の監視、及び追跡用に開発された。これらの 7 kg の衛星はノルウェー宇宙センターによって資金提供され、UTIAS が開発したバスを使用し、ペイロードはノルウェーのメーカーである Kongsberg Seatex が開発した。これらのプロジェクトにはキャパビルの要素は無いが、ミッションを開発するための各国間の協力は明らかである。オーストリアとポーランドの場合、プログラムは科学的協力に基づいている。ノルウェーの場合、UTIAS-SFL は主に衛星のバスとペイロードの統合を提供している。

1.2.11 フィンランド共和国

フィンランドは、2017 年に Aalto-2 CubeSat ミッションで最初の衛星を打ち上げた。この国は超小型衛星（質量 50 kg 未満）のみの打ち上げ実績がある。宇宙機開発の経験があまりなく数年前に始まったばかりで、大学が CubeSat プログラムに参加して衛星開発に積極的に取り組んでいる。フィンランドは、2013 年～2019 年の間に年間 0.2 億€（ESA の総収入の 0.6%）の予算で ESA に貢献した。2019 年の閣僚理事会により、フィンランドは 2020 年～2022 年にかけて 1.1 億€（ESA 予算全体の 0.8%）の予算で ESA へ貢献するように増額した[1-107]。フィンランドの民間企業は、他の ESA 活動である ESO、EUMETSAT 等のヨーロッパの活動に年間約 0.5 億€の資金を提供している[1-108]。

フィンランドは、2019 年末までに 6 基の超小型衛星、4 基の CubeSat、更に 10～50 kg 級の超小型衛星を 2 基打ち上げた。3 基の衛星、Aalto-2、Aalto-1（両方ともに 2017 年に打ち上げられた）、及び Suomi 100（デンマークの企業 GOMSpace と共同で製造され、2018 年に打ち上げられた）は Aalto University によって開発された。他の 3 基の衛星は、ReaktorLab によって 2018 年に打ち上げられた CubeSat である Reaktor Hello World と、ICEYE 社の最初の小型合成開口レーダー（SAR）コンステレーションの 10～50 kg 級の双子衛星である ICEYE X4、X5 である。

大部分の衛星は、熱圏または電離層の研究、又は地球観測（2 基の ICEYE SAR 衛星を含む）という科学的目的で打ち上げられた。一般的に技術実証は衛星の二次的な目的であるの

に対し、Suomi100 は主に新しいバスの実証のために打ち上げられた。この衛星は、電離層の研究とフィンランドの独立 100 周年を祝う目的を兼ねていた。

フィンランドの国際的な超小型衛星プロジェクトへの参加について、Aalto-2 は QB50 プロジェクトに参加していた。これには、熱圏研究のためのラングミュアプローブが主要なペイロードの中に含まれている。

6 基の衛星の主な機能を以下に簡単に説明する。

Aalto-2 は、フィンランドの初の衛星であった。この 2U CubeSat は、QB50 プロジェクトのために Aalto 大学によって開発され、2017 年 4 月に ISS から打ち上げられた。主なミッションの目的は、熱圏研究（QB50 プロジェクトに関係）と、自主開発のバスコンポーネントの軌道上実証である。

Aalto-1 は 3U CubeSat で、フィンランドの 2 号機であり、フィンランド内で開発された最初の衛星である。（主に、2015 年と 2016 年の Space X の打ち上げの失敗により）打ち上げに遅延が発生したため Aalto-2 が最初の国の衛星になったが、Aalto-1 が最初に開発されていた。衛星は Aalto 大学によって開発されており、主に太陽風の研究とさまざまなコンポーネントの実証を目的としている。この衛星は、2017 年 6 月に PSLV ロケットから打ち上げられた。

Suomi 100 は、2017 年にフィンランド独立 100 周年を祝うために Aalto University と GOMSpace が開発した 1U CubeSat である。衛星は 2018 年 12 月に打ち上げられ、主にオーロラに関連する現象に関して、電離層の詳細な調査を目的としている。

Reaktor Hello World は、Reaktor Space Lab 社が開発した 2U CubeSat である。2018 年に発売され、主に同社の“Hello World”バスコンポーネントの認定を目的としている。

カスタム化されたフォームファクタであり 10~50 kg 級の 2 基の衛星である ICEYE-X4、X5 は、小型化された SAR コンスタレーションの初期のものであり、これらはフィンランドの ICEYE Company によって開発され、2019 年に打ち上げられた。

1.2.12 スウェーデン王国

スウェーデンの宇宙開発には、非常に制約が多い。宇宙開発に対する公的資金のほとんどは、ESA の共同で行うプロジェクトに向けられる。スウェーデン国立宇宙委員会は、2018 年にスウェーデン国立宇宙機関（SNSA）になり、助成金の配布と宇宙に関する研究を進めた。スウェーデンには SwedNet の内部、及び外部の宇宙組織をまとめる政府所有会社（SSC）があり、2019 年の SSC の売上高は 10.13 億クローナ（約 0.95 億€）だった。

スウェーデン国立宇宙委員会の 2014 年の予算は 9.29 億クローナ（約 0.87 億€）[1-109]で、SNSA の 2019 年の予算は 10.26 億クローナ（約 0.97 億€）だった[1-110]。

表 1.2.12 超小型人工衛星に関連するスウェーデンの活動

Year	Name	Weight [kg]	Launched Date	Mission	Contractor	User	Form Factor
2010	Prisma Tango	50,00	15-Jun-2010	Technology	SSC (Swedish Space Corporation)		Micro
2017	QB50-LTU-OC	2,00	18-Apr-2017	Technology, Thermospheric research	Luleå Tekniska Universitet, Open Cosmos	Luleå Tekniska Universitet	2U
2017	SEAM	4,00	28-Nov-2017	Technology, education, science (ionosphere)	KTH, AAC Microtec, ECM, LEMI, Space BLE, GOMSpace, SSC, Kayser Italia	KTH, AAC Microtec, ECM, LEMI, Space BLE, GOMSpace, SSC, Kayser Italia	3U
2019	SEAM 2.0	4,00	5-Jul-2019	Technology, education, science (ionosphere)	KTH, AAC Microtec, ECM, LEMI, Space BLE, GOMSpace, SSC, Kayser Italia	KTH, AAC Microtec, ECM, LEMI, Space BLE, GOMSpace, SSC, Kayser Italia	3U

超小型人工衛星に関連するスウェーデンの活動は全てここにリストされている。打ち上げられた全てのスウェーデンの物体の詳細なリストについては参考文献[1-111]を参照のこと。尚、SEAM ミッションは様々な国のコンソーシアムであり、技術的にはスウェーデンでは無い。

1.2.13 デンマーク王国

デンマークでの超小型衛星開発の歴史は、2001 年までさかのぼるが、主に学生に宇宙開発における基礎的な技術の設計と開発の実践的な学習経験を提供するという教育目的で、オールボー大学（AAU）とデンマーク工科大学（DTU）で行われた[1-111] [1-112]。これらの学生プロジェクトでは、CubeSats は科学目的、及び技術の実証ためのプラットフォームとして扱われた。その結果、2007 年にオールボー大学で出会った学生たちが GOMSpace という名前のスピンオフ企業を設立し、最初に学術、及び研究機関の顧客向けに研究関連の事業を始めた[1-113]。数年後（2011 年頃から）、この企業は社内で開発された CubeSat プラットフォーム、及び部品の軌道上での実証を目的としたプロジェクトに進出した。これは、基本的に研究機関や他の企業のパートナーと協力する形で進められた。これらのプロジェクトの成功（2014 年または 2015 年ごろ）に基づいて、GOMSpace はデンマーク国防省、又は ESA から委託された契約を獲得し、その後商用目的（超小型人工衛星をベースとした IoT / M2M 通信、航空、船舶追跡、リモート資産管理サービスの提供）の CubeSat プラットフォームの提供業者としての国際的な地位を確立した。近年、オーフス大学（AU）は、2018 年に最初の CubeSat を立ち上げた教育プログラムを通じて、超小型人工衛星の開発に

参加した。この CubeSat のほとんどのコンポーネントは、GOMSpace によって提供された。

前述のように、これまでデンマークの 3 つの大学（AAU、DTU、AU）で行われた超小型衛星の開発は、人気のある 1U CubeSat 標準プラットフォームを利用し、衛星ミッションとシステム開発における学際的な分野での実践経験と、プロジェクトを通じた学生教育の機会を提供することを主な目的としていた。これらのプロジェクトでは、通常、様々な部門のメンバーで構成される学生チームが実行する科学的または技術的なミッションを設定し、その後、教員の指導の下で CubeSat を設計、及び構築した。最近のプロジェクトは、ISS からの放出を含む ESA による無料打ち上げという恩恵も受けた。

約 15 年の期間（2001 年～2016 年）で、AAU の学生は 5 つの一連の 1U CubeSat プロジェクト、つまり AAUSat 1 から 5 に取り組んだ。これらの衛星は多くの場合、ミッションの成功やそれによる恩恵だけでなく教育目的も達成している。特に、AAUSat-3 から-5 は、北極圏を通過する船舶からの位置情報付き AIS 信号伝送をキャプチャするように設計された、ソフトウェア定義の無線ベースの AIS 受信機の開発と IOD に焦点を当てた。AAUSat-3 に搭載された AIS 受信機は、運用初期に世界中で 1 日あたり 10,000 以上の AIS 信号を検出でき、SDR ファームウェアの更新後、13,000 AIS メッセージ/時間を超える連続受信率を達成できた[1-114]。AAUSATLAB の学生が管理する Web サイト[1-115]によると、彼らは次のミッションである AAUSat-6 に取り組んでいる。一方、DTU の学生は 2 つの 1U CubeSat、DTUSat（2003）、DTUSat-2（2014）を開発し打ち上げた。後者のミッションは、小鳥の大陸間移動を研究するための衛星ベースの無線追跡システムを構築することであった。また、AU の学生は、GOMSpace [1-116]の部品を使用して、1U CubeSat の Delphini-1（2018）を構築した。

約 5 年間（2013 年後半から 2018 年初頭）に、GOMSpace は一連の 5 つの CubeSat を立ち上げ、その過程でプラットフォームのサイズ、複雑さ、機能を徐々に増やしていった。これには、GATOSS（以前の GOMX-1、（2U、2013）、GOMX-2、（2U、2014）、GOMX-3、（3U、2015）、GOMX-4A、-4B、（6U、2018））が含まれる。これらのプロジェクトは、同社の幅広い専門知識を確立し、飛行実績があり社内で開発された高度な超小型人工衛星用部品とプラットフォームを構築することを目的として進められた。GATOSS では、GOMSpace は航空交通信号を受信するために CubeSat ベースの ADS-B レシーバーを搭載した。SDR ベースの受信機ペイロードの設計では、AAU と Aalborg の DSE Airport Solutions（軌道上性能評価用ソフトウェアの開発を担当）と協力した[1-117]。GOMX-2 では、AAU とシンガポール国立大学がそれぞれ軌道離脱システムと光通信実験に貢献した[1-118]。

GOMX-3 は、GOMSpace が ESA の資金提供を受けた最初の CubeSat である。資金提供は、GSTP の IOD の枠組みで行われた。ECSS 規格、及び IOD CubeSat プロジェクトの要求事項[1-119][1-120]に準拠して開発された。GOMX-3 では、GOMSpace は CubeSat ベースの ADS-B 受信機の研究を進め、世界中の航空機の ADS-B 信号を取得してみせた。また、次世代の UHF 無線、3 軸 ADCS、電力、その他の電子サブシステムを試験し、フランス企業の Symlinks が開発した小型 X バンドダウンリンクトランスミッターを搭載した[1-119]。

GOMX-3 の成功に続いて、GOMSpace は ESA (IOD の下でも) によって委託された次のミッションである GOMX-4B に進んだ。GOMX-4B は、革新的な衛星間リンク (ISL)、及びボタンを使用した推進技術を同時に打ち上げた GOMX-4A と連携して実証した。また、ESA、NanoSpace、Cosine、ISIS [1-121][1-122]といった企業からのペイロードも搭載した。その一方で、GOMX-4A は、ADS-B、AIS、及び画像を撮影することにより北極、及びグリーンランドでの監視活動に貢献するために、デンマーク国防調達機関 (DALO) の支援を受けた[1-121]。GOMSpace は現在、最新の ESA 委託プロジェクトである 12U CubeSat の GOMX-5A、-5B に取り組んでおり、2020 年の打ち上げを目指し、より高度な超小型衛星推進、及び高通信技術の実証が期待されている[1-123][1-124]。

GOMSpace はそのウェブサイト[1-125]で、2014 年以降「戦略の転換と新しいビジネスの焦点」を採用していると述べている。この組織戦略は、超小型衛星の商業的機会の拡大を長期的に追求し、「工業化を受け入れ統合することで、将来の超小型衛星の大規模生産の基礎を築く」ことを目指している。これに伴い、2016 年に GS Sweden を設立し、子会社の NanoSpace AB を追加し、北米 (米国)、アジア (シンガポール)、ルクセンブルクで施設と事業を拡大した。同社は学術、政府、商業市場の顧客向けに簡単に利用可能な超小型衛星を提供し、「システム統合、超小型衛星プラットフォーム、高度な小型無線技術」[1-126]を専門とすることを発表した。最近ではサードパーティ企業、特に航空 (ADS-B)、及び海上 (AIS) のトラフィック監視、M2M/IoT 通信、及び地球観測のサービスを提供するサードパーティ企業に超小型衛星ベースのソリューションを提供するという重要な実績がある。これらには、以下との契約が含まれる。

AISTECH Space (スペイン) : 2022 年までに、多目的コンステレーション向けに最大 100 個の異なるサイズの超小型衛星プラットフォームを提供する。このコンステレーションの初期には、AistechSat 3 (Danu Pathfinder、(2U、2019) [1-127][1-128]、Danu 1-10 (2U、2020 年計画) [1-127][1-128]、及び Hydra 1-4 (6U、2020 年計画) が含まれる。[1-129]

Unseenlabs (フランス) : BRO1 CubeSat (6U、2019) [1-130]の契約、Unseenlabs からのペイロードを収容する GOMSpace からのバス。

Aerial&Maritime Ltd.（デンマーク）：スターリング 1-8 コンステレーション（3U）の供給[1-131]。

表 5.1.3.13.1 デンマークの超小型衛星活動

Nanosatellite Name	Launch Date	Form Factor	Type	Prime Contractor	Users/Operators and Other Stakeholders/Contributors	Mission/Application Information
AAU CubeSat (AAUSat-1) [1-132]	June 30, 2003	1U	Education, technology	AAU	AAU	-To demonstrate a CMOS digital camera -Short-lived and small amount of data downloaded, but considered a successful student project
DTUSat [1-112]	June 30, 2003	1U	Education, technology	DTU	DTU	-To demonstrate an electrodynamic tether for dumping the satellite -Failure, no contact with satellite ever made
AAUSat-2 [1-133]	April 28, 2008	1U	Education, technology	DTU	DTU, Danish National Space Center	-To experiment on an ADCS system and a gamma ray detector -Mission officially finished; contact made with the satellite but it was tumbling and resetting due to power cycling
AAUSat3 [1-114]	February 25, 2013	1U	Education, technology	AAU	AAU, DaMSA (Danish Maritime Safety Administration)	-To fly two different types of AIS receivers: SDR-based and conventional hardware-based -Utilized CSP (CubeSat Space Protocol) originally developed for this -Mission successful
DTUSat-2 [1-134]	June 19, 2014	1U	Education, technology	AAU	AAU, collaboration with Zoological Museum, University of Copenhagen for science mission	-To construct a satellite-based radio-tracking system capable of locating small birds on intercontinental migration anywhere along the route. -No two-way communication with GS established
AAUSAT5 [1-135]	August 19, 2015; ISS dep: October 5, 2015	1U	Education, technology	AAU	AAU, with launch opportunity provided under ESA's project 'Fly Your Satellite from the ISS!'	-Primary: receive AIS beacons from ships with a new design based on AAUSat3 -Secondary: educational payload for high school outreach -Two-way communication with GS established; no details on mission accomplishment
AAUSAT4 [1-136]	April 25, 2016	1U	Education, technology	AAU	AAU, chosen for ESA's 'Fly Your Satellite!' initiative	-To test a student-built AIS receiver -Two-way communication with GS established; experienced difficulty with AIS receiver so not clear if mission accomplished

Delphini-1 (AUSAT 1) [1-116]	Dec. 5, 2018; ISS dep: January 2019	1U	Education, technology	GOMSpace (provided most parts), Aarhus University	Aarhus University, with free launch provided by ESA	-To fly NanoEye camera -Mission went well
GATOSS (former GOMX-1) [1-117]	Nov. 21, 2013	2U	Technology	GOMSpace	GOMSpace, collaboration with DSE Airport Solutions of Aalborg and Aalborg University on payload design	-To perform research and experimentation on receiving ADS-B signals from commercial aircraft using an SDR-based receiver -Secondarily, to fly a color camera for Earth observation experiment -Mission successful, satellite fully commissioned
GOMX-2 [1-118]	October 28, 2014	2U	Technology	GOMSpace	GOMSpace, with contributions from Aalborg University and NUS	-To test a de-orbit system designed by Aalborg University and an optical communications experiment from NUS -Launch failure
GOMX-3 [1-119]	August 19, 2015	3U	Technology	GOMSpace	GOMSpace, commissioned by ESA under In-Orbit Demonstration (IOD) element of GSTP [1-120][1-121], collaboration with Syrilinks (X- band transmitter, funded by CNES)	-To demonstrate new capabilities of nanosatellites focusing on attitude control, RF sensing, and high-speed data downlink (X-band transmitter) -SATCOM spot-beam characterization using an SDR payload -Worldwide acquisition of aircraft ADS-B signals -Missions completed
GOMX-4B [1-121] [1-122]	Feb. 2, 2018	6U	Technology	GOMSpace	GOMSpace, commissioned by ESA under In-Orbit Demonstration (IOD) element of GSTP [1-122], with payloads from ESA, NanoSpace, Cosine, ISIS	-To demonstrate the 5 payloads on-board: 6U propulsion module from NanoSpace, innovative ISL from GOMSpace, Chimera board developed by ESA, HyperScout Hyperspectral Camera from Cosine, and Star Tracker from ISIS. -Mission completed
GOMX-4A (Ulloriaq) [1-121]	Feb. 2, 2018	6U	Technology	GOMSpace	Danish Ministry of Defence's DALO, with assistance from DTU Space [1-137]	-To monitor Greenland and the Arctic region by capturing ADS- B, AIS and images for DALO -Commissioned for use
AistechSat 3 (Danu Pathfinder) [1-127] [1-128]	April 1, 2019	2U	Traffic Monitoring & Communicati on (Commercial)	GOMSpace, Aistech Space	Aistech Space (satellite operator in Spain)	-Traffic monitoring (ADS-B), M2M/IoT communication, bidirectional communication for vessel or remote asset management -Partial launch failure

BRO1 [1-130]	August 19, 2019	6U	Traffic Monitoring (Commercial)	UnseenLabs (payload); GOMSpace (bus)	UnseenLabs (France)	-Traffic monitoring, SIGINT (signal intelligence)
Danu 1-10 constellation [1-127] [1-128]	2020 (planned)	2U	Traffic Monitoring & Communication (Commercial)	GOMSpace, Aistech Space	Aistech Space (satellite operator in Spain)	-Traffic monitoring (ADS-B), M2M/IoT communication, bidirectional communication for vessel or remote asset management -Part of a planned initial 25-member constellation
Hydra 1-4 constellation [1-129]	2020 (planned)	6U	Traffic Monitoring, Communication, Earth Observation (Commercial)	GOMSpace, Aistech Space	Aistech Space (satellite operator in Spain)	-Traffic monitoring, communication M2M/IoT, earth observation -Part of a planned 30-member constellation
Starling 1-8 constellation [1-131]	2020 (planned)	3U	Traffic Monitoring (Commercial)	GOMSpace	Aerial Maritime & Ltd. (operator in Denmark)	-Maritime and aviation traffic monitoring (ADS-B receiver, AIS-receiver) -Low-inclination orbit
GOMX-5A and GOMX-5B [1-123] [1-124]	2020 (planned)	12U	Technology	GOMSpace	GOMSpace, commissioned by ESA under In-Orbit Demonstration (IOD) element of GSTP [1-129]	-To demonstrate new technologies for propulsion and high-speed communications for future nanosat constellations

1.2.14 その他の欧州各国

下記は、2019 年 12 月の時点で超小型衛星を打ち上げた欧州の他の国々である。

- オーストリア : 3
- ベラルーシ : 1
- ベルギー : 3 + 1 (オランダと共同)
- ブルガリア : 1
- チェコ : 2
- エストニア : 2
- ギリシャ : 3
- ハンガリー : 3
- ラトビア : 1
- リトアニア : 4
- ルクセンブルク : 3
- オランダ : 4 + 1 (ベルギーと共同)
- ポーランド : 6

- ルーマニア : 1
- スロバキア : 1
- スイス : 5
- ウクライナ : 2

本項で取り扱う国で開発された超小型衛星について、衛星を開発した主な目的または動機をおおまかに分類する。分類は主に衛星のユーザー及びオペレータの目的に基づいている。分類は次のとおり。

- 非営利目的-非営利目的のために実施/委託されたもの
 - 大学教育または研究目的のために、大学または学校の学生、及び・又はスタッフによって実施されたもの
- 研究機関 / 政府 / 国立アカデミー
 - 研究または民間の非営利的使用のために、研究機関または政府機関または国立アカデミーによって実施または委託されたもの
- 非政府/民間非営利組織
 - トレーニング、宇宙活動とアウトリーチの促進、技術実証などの非営利目的のために、非政府組織または個人によって実施または調整されたもの
- 大学と別の組織（民間企業の場合もある）との協力
- 商業目的
 - 自社開発または第三者が開発したサブシステム/プラットフォームの軌道上での実証を含む商業目的、または商用サービスを提供する第 3 者オペレータへの衛星供給、または 将来のミッションのために先駆ミッションなど
- 軍事
 - 軍事用途に実施または委託されたもの（これに該当するものはない）

これらのカテゴリに応じた超小型人工衛星プロジェクトの分布を下の図に示す。本項で取り扱う各国の超小型人工衛星プロジェクトの約 72%（46 プロジェクトの内 33 プロジェクト）は、非営利目的、つまり教育、技術/科学研究、国内の宇宙活動の促進のために実施または委託された。33 の非営利プロジェクトの内、18 プロジェクトは大学のみによって（又は主に）実施され、6 プロジェクトは大学、非政府組織（NGO）または個人間の協力によって、4 つは研究所/政府/国立アカデミーによる研究によって、2 つは大学と国立アカデミーの協力によって、2 つは大学と企業の協力によって、1 つは大学、研究機関、企業間の

協力によって実施された。主に大学が行った超小型衛星プロジェクト、又は大学とそれ以外の機関との協力でのプロジェクトがすべての超小型衛星プロジェクトの約 63% (又は 46 プロジェクトの内、29 プロジェクト) を占めている。これらの大学衛星プロジェクトのほとんどは、衛星工学プログラムの一環として教員の下で学生によって開発された CubeSats を立ち上げたが、他のいくつかは主に研究目的によって実施された。複数の協力組織が関与する超小型衛星プロジェクトでは、教育、トレーニング、研究、プロモーション、及び支援目的の様々な組み合わせが見られる。

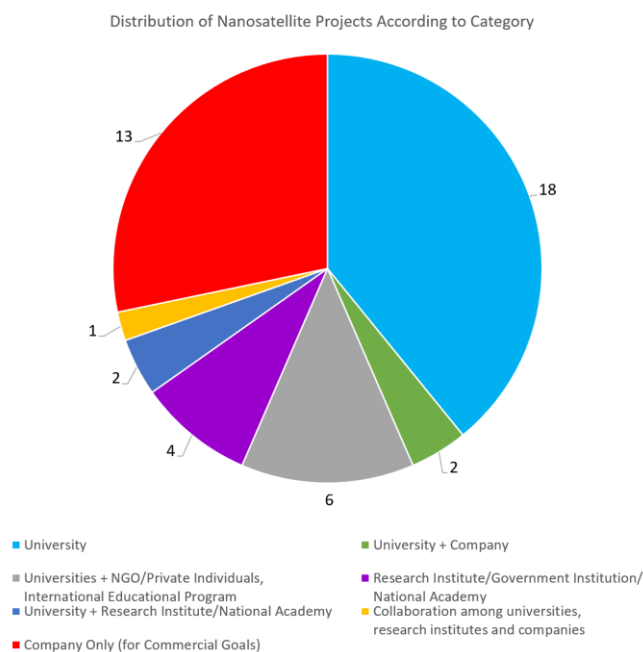


図 1.2.14-1 欧州他地域の超小型衛星の開発・オペレータ別内訳

一方、本項で取り扱う各国の超小型人工衛星プロジェクトの約 28% (46 プロジェクトの内、13 プロジェクト) は商業目的で、主に新しく設立された企業によって行われた。まだ数は少ないが、企業が商業目的で使用する超小型衛星プロジェクトの数は増え続けている。これらの活動は、近年、つまり 2014 年以降に開始された活動に集中している。特に、これらの企業の大部分は、以前の大学の超小型衛星活動から派生したか、初期のプロジェクトで大学と密接に協力している。以下で説明するように、超小型衛星企業の最近のミッションには、次のものが含まれる。

- 「最先端の超小型人工衛星技術、サブシステム、プラットフォームの軌道上での実証（自社開発、他社開発のペイロードを含む）」
- 「IoT / M2M 通信またはトラフィックと資産の監視のために計画された商用の超小型人工衛星群の先行ミッション」
- 「微小重力研究を実施するための装置と技術の提供」
- 「宇宙でのスペクトル測定」

例えば、IoT / M2M 通信 CubeSat コンステレーションの実現に関しては、サービスの提供、衛星、打ち上げサービス、衛星運用、ロジスティクス等を提供する別の超小型衛星企業（ISIS 等）との契約に焦点を当てた企業（Hiber Global など）がある。一方、IoT / M2M 超小型衛星の独自のコンステレーションを設計、構築、運用する会社（例えば、Astrocast）もある。

一方、調査された超小型衛星活動はいずれも軍事部門に分類されない。後続の部分では、各カテゴリに属する超小型衛星の活動について詳しく説明する。

非営利の超小型人工衛星の動向

表 1.2.14-1 に示すように、本項で扱う各国には合計 33 の非営利の超小型衛星プロジェクトがある。これには、主に研究所/政府/国立アカデミーが実施する 4 つの超小型衛星プロジェクトと、29 の大学が実施する超小型衛星プロジェクト（他の組織との協力を含む）が含まれる。大学の超小型衛星プロジェクトの特徴は、教育目的またはトレーニング目的と研究目的の組み合わせである。目的は主に教育と技術の実証/科学研究の両方だが、衛星を構築する主な目的として衛星工学の学生に実践的な学習体験を提供することに重点が置かれているプロジェクトは「教育」とタグ付けしている。プロジェクトに「教育」というタグが付いている場合、これまでの経験や限られた経験のない学生が主に教員の下で衛星を構築したことを意味する。但し、当然のことながら、衛星は特定の技術的/科学的な任務も実行する。「教育」のタグが付いていないプロジェクトは、教育目的を二次的に持つ可能性があるが、プロジェクト自体は衛星の研究目的を達成することを目標としている。いずれにせよ、これは厳密な分類ではなく、衛星プロジェクトに学生が学術活動の一環として衛星の開発に実際に関与したかどうかで分類している。

実際、大学の超小型衛星プロジェクトのほとんどは、主に教育目的で実施され、標準化された CubeSat プラットフォームを利用して衛星工学プロセス全体を学生に経験させている。これらの教育プロジェクトの大部分は、各大学の 1 号機で最小の 1U CubeSat を開発し、その後のプロジェクトでより大きな CubeSat（2U 又は 3U）を開発している。但し、一部

の大学で、TU Wien（オーストリア）の PEGASUS（2U）、ベラルーシ州立大学（ベラルーシ）の CUBEBEL-1（2U）、TU Delft の Delfi-C3（3U）などは、1 号機でも大きなフォームファクタの CubeSat を打ち上げている。NanoAvionics JSC は、高インパルス軌道操縦が可能な「グリーン」単元推進薬マイクロスラスタを開発するために、ビリニウス大学から超小型人工衛星プラットフォームの構築を依頼された。

リスト内のいくつかの CubeSat は QB50 プロジェクトの一部であり、大学生によって作成されたため教育的と見なされるが、科学研究と軌道上での実証も同様に重要だ。QB50 プロジェクトは、ベルギーの VKI が管理する EU プロジェクトであり、下部熱圏、及び再突入研究のために実施された。QB 50 は大学、及び研究機関のコンソーシアムによって開発された CubeSats の国際ネットワークで構成される。QB50P1 と QB50P2 は VKI によって開発され、2014 年 6 月に QB50 の 2 つの Precursor 衛星として打ち上げられた。QB50 に参加した他の 2U または 3U CubeSat には以下が含まれる。

- トラキアのデモクリトス大学の PEGASUS と DUTHSat（ギリシャ）
- VZLÚ コンソーシアムの VZLÚSAT 1
- パトラス大学と Libre Space Foundation の UPSat（ギリシャ）
- ウクライナ国立工科大学の LituanicaSat-2 と PolyITAN 2-SAU（ウクライナ）

また、教育用 CubeSat は、利用可能なリソースと取り組む課題のレベルに応じて、革新的なミッションアイデアを模索するための手段としても役立つ。典型的な技術的ミッションには、ADCS、GPS 受信機、カメラ、センサ、電子密度を測定するプローブ（ラングミューアプローブなど）、アマチュア無線、及び通信モジュールなどの市販または自社開発のコンポーネント、又はサブシステムの軌道上実証実験が含まれる。いくつかの注目すべき革新的な技術的アイデアは、ワルシャワ工科大学（ポーランド）の PWSat-1、及び PWSat-2 のドラッグパラシュートデオービット機構、AGH 科学技術大学（ポーランド）の KrakSat の磁性流体ベースの姿勢制御、リエージュ大学（ベルギー）の OUFTI-1 に搭載された衛星 D-STAR リピーター、及びタルトゥ大学（エストニア）の EstCube-1 に搭載された最初の電気ソーラー帆船の概念実証の試みだ。リエージュ大学は、2021 年に打ち上げられる予定の同じペイロード OUFTI-2 を搭載する後続のミッションも開発した[1-138]。別のエストニアの教育用 CubeSat、タリン工科大学の TTÜ101 は、X 帯ダウンリンクと光通信の実証を目的としている。

一方、スイス連邦工科大学ローザンヌ校（スイス）の SwissCube の科学ミッションは、大気の大気光現象の観測である。ペイロードが企業、又は他の機関によって提供された

CubeSat プロジェクトもあった。1つの例は、デルフト工科大学の Delfi-C3 であり、Dutch Space の新しいタイプの薄膜太陽電池 (TFSC) と Autonomous Wireless Sun Sensor (AWSS) を試験した。別の例としては、Delfi-n3Xt があり、TNO がデルフト工科大学とトゥヴェンテ大学と共同で開発した T3 μ PS というマイクロ推進システムを搭載している。Delfi-n3Xt は、Delft Institute of Microelectronics and Submicron Technology (デルフト マイクロエレクトロニクス・サブミクロン技術研究所) の水素化アモルファスシリコン太陽電池の実験も搭載し、Cosine Research BV の多機能粒子分光計 (MPS) を軌道上実証した。

いくつかの大学の超小型衛星プロジェクトは、主に技術実証または科学目的のために実施され、これらは CubeSat ではない超小型人工衛星 (<10 kg) を利用した。これらには、オーストリアの BRITE コンソーシアムの一部、TUGSat-1 (グラーツ工科大学)、及び UniBRITE (ウィーン大学)、ポーランドの BRITE-PL1、及び BRITE-PL2 が含まれる。BRITE コンソーシアムは、UTIAS/SFL (カナダ) が主導し、参加したポーランドのエンジニアにほとんどの衛星部品と衛星開発のノウハウを提供した。BRITE ミッションの目的は、発光星の測光観測を行い、これらの星の変動性 (低レベルの振動と温度変動) を調べることである。TUGSat-1 はオーストリアの宇宙機関 (FFG/ALR)、UniBRITE はウィーン大学、BRITE-PL1 と BRITE-PL2 はポーランド科学アカデミーによって資金提供された。別のプロジェクトである BME 大学 (ハンガリー) の SMOG-P は、異なる超小型人工衛星標準プラットフォームである 1P PocketQube (0.2 kg) を使用した。2019 年 12 月に打ち上げられたこの衛星には、スペクトルアナライザーが搭載されており、スペクトルモニタリングを実行し、得られたスペクトルデータを使用したグローバルマップを作成する。

更に、本項で取り上げている欧州諸国は、初の衛星または超小型衛星を打ち上げ、その際に各々の国で宇宙開発、教育、及び技術開発を推進した。これらには、ポーランド、スロバキア、リトアニア、エストニアが該当する。CubeSat 開発プロジェクトは、通常、各国の宇宙開発に関わる研究機関、複数の大学、アマチュア無線組織の協力を通じて実施される。

SKCUBE (1U) は、2017 年 6 月に打ち上げられた最初のスロバキアの衛星である。ジリナ大学 (UNIZA) の学生がスロバキア工科大学 (STU)、コシツェ工科大学、及び非政府組織のスロバキア宇宙活動機関 (SOSA) と共同でほぼゼロから設計、及び構築した。SKCUBE プロジェクトは、衛星開発プロセス全体の実地体験を獲得し、ESA 協力国間でのスロバキアの地位を強化することを目的として進められました。

一方、ビリニュス大学の LituanicaSat-1 とカウナス工科大学の LitSat-1 は、リトアニアの最初の衛星である。それらは一緒に打ち上げられ、2017 年 2 月に ISS から放出された。SKCUBE と同様に、これらの CubeSat は主に大学生や若いエンジニアに実践的な学習体験を提供したことで、リトアニアの「宇宙への旅」が始まることとなった。LituanicaSat-1 ミ

ッションは、NanoAvionics、及びビリニュス大学の創設者による非営利の民間イニシアチブを開始し、LitSat-1 はカウナス工科大学とリトアニア宇宙協会の共同プロジェクトだった。EstCube 1 は、ソーラーセルの電気実験だけでなく、最初のエストニアの衛星でもある。また、エストニアのいくつかの大学から強力な支援と参加を得て、宇宙開発と教育を刺激するためのツールとして機能した。

ハンガリーのブダペスト工科大学は、2012 年に教育用の 1U CubeSat MaSat-1 を開発して打ち上げた。ラトビアでは、ベンツピルス大学が 2017 年に教育目的、及び LuxSpace の AIS 受信機をテストするために、Venta-1 という名前の CubeSat ではない 5 kg 超小型衛星を開発して打ち上げた。ルーマニアでは、ブカレスト大学が 2012 年にブカレスト工科大学と共同で 1U CubeSat Goliat を開発し打ち上げた。地球撮影ペイロードを搭載しており、またその場での放射線量と微小流星フラックス測定実験を実施した。このプロジェクトは、ルーマニア宇宙機関（ROSA）によって支援された。スイスは、SwissCube の他に、2010 年に南スイスの応用科学芸術大学が開発した教育用 1U CubeSat TISat-1 を打ち上げた。TISat-1 のミッションの目的は、様々な導体の材料劣化を実験することだった。PolyITAN 2-SAU の前に、ウクライナ国立工科大学は GLONASS/GPS ナビゲーションサブシステムを搭載した 1U 教育用 CubeSat PolyITAN 1 を開発して打ち上げた。2015 年に打ち上げ Lambdasat は、実験的な AIS 受信機を搭載した 1U CubeSat であった。シリコンバレー（サンノゼ）に拠点を置くギリシャの科学者と学生の国際的なグループによって構築され、NASA の支援を受けている。

表 1.2.14-1 その他ヨーロッパ地域における非営利の超小型人工衛星プロジェクト

(注：各行の色は、上の図のカテゴリに基づいている。)

Name	Launch Date	Form Factor	Contractor	Users/ Operators	Users/ Operator Country	Mission and Other Info
TUGSat-1 (BRITE-Austria, CanX 3B) [1-139]	February 25, 2013	Nano (7 kg)	University of Toronto Institute of Aerospace Studies/ Space Flight Laboratory UTIAS/SFL (Canada), TU Graz	Graz University of Technology (TU Graz)	Austria	-Scientific: observation of luminous start -Technology -Part of the BRITE Consortium
UniBRITE (CanX 3A) [1-140]	February 25, 2013	Nano (7 kg)	UTIAS/SFL (Canada)	University of Vienna	Austria	-Scientific: observation of luminous start -Technology

						-Part of the BRITE Consortium
PEGASUS (QB50 AT03) [1-141] [1-142]	June 23, 2017	2U	Fachhochschule Wiener Neustadt, TU Wien Space Team	Fachhochschule Wiener Neustadt, TU Wien Space Team	Austria	-Technology, Education -Thermospheric research -Part of QB50 Project
CUBEBEL-1 (BSUSAT-1) [1-143]	October 29, 2018	2U	Belarusian State University (BSU)	BSU	Belarus	-Technology: ADCS, GPS receiver, camera, IR sensor -Education
OUFTI-1 [1-144] [1-145]	April 25, 2016	1U	Université de Liège	Université de Liège	Belgium	-Technology: D-STAR communication protocol in space -Education -Selected for ESA's 'Fly Your Satellite!' initiative -Structure based on Pumpkin's CubeSat kit
QB50P1 [1-146] and QB50P2 [1-147]	June 19, 2014	2U	ISIS (Netherlands)	Von Karman Institute VKI (Research Institute)	Belgium	-Technology: thermocouple, etc., -Thermospheric research -Education -Part of QB50 Project
EnduroSat One [1-148] [1-151]	May 21, 2018 ISS Dep: July 13, 2018	1U	Space Challenges program	Space Challenges program	Bulgaria	-Technology -International educational program
VZLUSAT 1 [1-151] [1-153]	June 23, 2017	2U	VZLÚ (Research institute in collaboration with universities and companies)	VZLÚ (Research institute in collaboration with universities and companies)	Czech Republic	-Technology: miniaturized X-ray telescope, -Thermospheric research -Flux-Φ-Probe Experiment (FIPEX) -Part of the QB50 Project
EstCube 1 [1-154]	May 7, 2013	1U	University of Tartu	University of Tartu	Estonia	-Technology: first demonstration of <i>Electric Solar Sail</i> -Education -First Estonian satellite
TTÜ101 [1-155] [1-156]	July 5, 2019	1U	Tallin University of Technology	Tallin University of Technology	Estonia	-Technology: X-band downlink, optical communication -Earth observation : RGB and NIR camera -Education
Lambdasat [1-157] [1-158]	July 13, 2014 ISS Dep: March 4, 2015	1U	Lambda Team (university + private individuals)	Lambda Team (university + private individuals)	Greece	-Technology: harsh radiation environment test, experimental AIS receiver -Scientific: observe graphene behavior in space -Lambda Team is an international group of

						Greek scientists and students based in Silicon Valley (San Jose).
DUTHSat [1-159]	April 18, 2017 ISS Dep: May 25, 2017	2U	Democritus University of Thrace (DUTH)	DUTH	Greece	-Technology: electron density measurement device -Education -Part of QB50 Project
UPSat [1-160] [1-161]	April 18, 2017 ISS Dep: May 18, 2017	2U	University of Patras (academe), Libre Space Foundation (private non-profit)	University of Patras (academe), Libre Space Foundation (private non-profit)	Greece	-Technology: multineedle Langmuir probe (mNLP) for electron density measurement -Education -Part of QB50 Project
MaSat-1 (MO-72) [1-162] -[1-164]	February 13, 2012	1U	Budapest University of Technology and Economics	Budapest University of Technology and Economics	Hungary	-Technology -Education
SMOG-P [1-165] [1-166]	December 6, 2019	PocketCube (1P), 0.2 kg	BME University	BME University	Hungary	-Technology: spectrum monitoring and mapping
Venta-1 [1-167] [1-168]	June 23, 2017	Nano (5 kg)	University of Applied Sciences Bremen (Germany)	Ventspils University	Latvia	-Technology: AIS receiver from LuxSpace, camera -Education
LituanicaSat-1 (LO-78) [1-169] -[1-171]	January 9, 2014 ISS dep: February 28, 2014	1U	University of Vilnius + private non-profit individuals	University of Vilnius + private non-profit individuals	Lithuania	-Technology: amateur FM voice repeater, camera, etc. -Education -First Lithuanian satellite with LitSat-1
LitSat-1 [1-172] [1-173]	January 9, 2014 ISS dep: February 28, 2014	1U	Lithuanian Space Association, Kaunas University of Technology	Lithuanian Space Association, Kaunas University of Technology	Lithuania	-Technology: piezo motor experiment -Education
LituanicaSat-2 [1-174] [1-175]	June 23, 2017	3U	Vilnius University (prime), JSC NanoAvionika (bus, propulsion)	Vilnius University	Lithuania	-Technology: « green » monopropellant microthruster developed by NanoAvionika -Education -Thermospheric, Ionospheric research -Part of QB50 Project
Delfi-C3 (D0-64) [1-175] -[1-177]	April 28, 2008	3U	Technical University of Delft (TU Delft)	TU Delft	Netherlands	-Technology: demonstrate payloads provided by industry : Thin Film Solar Cell (TFSC), Autonomous Wireless Sun Sensor

						(AWSS), intra-satellite RF link -Education
Delfi-n3Xt [1-178] [1-179]	November 21, 2013	3U	TU Delft	TU Delft	Netherlands	-Technology: demonstrate payloads from external organizations: T3μPS micropropulsion system, Multifunctional Particle Spectrometer (MPS), radiation experiment of Si solar cells, modular communications platform, radiation risk-free solid-state data storage devices -Education
BRITE-PL1 (CanX 3C, Lem) [1-180] [1-181]	November 21, 2013	Micro (10 kg)	UTIAS (Canada)	BRITE-PL Consortium	Poland	-Technology/Scientific (Astronomy) -Training for Polish engineers
BRITE-PL2 (CanX 3D, Hewelusz) [1-180] [1-181]	August 19, 2014	Micro (10 kg)	UTIAS (bus, Canada)	BRITE-PL Consortium	Poland	-Technology/Scientific (Astronomy) -Training for Polish engineers
PW-Sat1 [1-182] [1-183]	February 13, 2012	1U	Warsaw University of Technology, Polish Academy of Sciences (Space Research Center)	Warsaw University of Technology, Polish Academy of Sciences (Space Research Center)	Poland	-Technology: drag-parachute de-orbit mechanism, innovative photovoltaic cells -Education -First Polish nanosatellite
PW-Sat2 [1-184] [1-185]	December 3, 2018	2U	Warsaw University of Technology, Polish Academy of Sciences (Space Research Center)	Warsaw University of Technology, Polish Academy of Sciences (Space Research Center)	Poland	-Technology: drag-parachute de-orbit mechanism, innovative photovoltaic cells, sun sensor, cameras -Education
KrakSat [1-186] [1-189]	April 17, 2019	1U	AGH University of Science and Technology, SatRevolution (bus, propulsion)	AGH University of Science and Technology, Technology and the Jagiellonian University	Poland	-Technology: proof-of-concept of ferrofluid based attitude control -Education
Goliat [1-190] [1-192]	February 13, 2012	1U	University of Bucharest	University of Bucharest; Bucharest Polytechnic University	Romania	-Technology: Earth imaging, measurement of radiation dose and micrometeoroid flux -Education -Structure based on Pumpkin's CubeSat kit

						-Under coordination of ROSA
SKCUBE [1-193] [1-195]	June 23, 2017	1U	Slovak Organization for Space Activities (SOSA, an NGO), University of Zilina (UNIZA)	SOSA, UNIZA, Slovak University of Technology, Technical University of Košice	Slovakia	-Technology: UHF digipeater, VLF receiver, imager and other experiments -Education -First Slovak satellite
SwissCube [1-196] [1-197]	September 23, 2009	1U	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	Switzerland	-Scientific: observation of the airglow phenomena of the atmosphere -Education
TISat-1 [1-198] -[1-200]	July 12, 2010	1U	University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland	University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland	Switzerland	-Technology: material degradation tests on conductors -Education
PolyITAN 1 [1-201] [1-202]	June 19, 2014	1U	National Technical University of Ukraine	National Technical University of Ukraine	Ukraine	-Technology: sun-sensor, ADCS, GLONASS/GPS navigation subsystem -Education
PolyITAN 2-SAUS [1-203]	April 18, 2017	2U	National Technical University of Ukraine	National Technical University of Ukraine	Ukraine	-Technology -Education -Thermospheric research -Part of QB50 Project

商業用超小型衛星開発の動向

商業目的の超小型衛星プロジェクトを表 1.2.15-2 に示す。このリストにある 13 機の衛星のうち、3 機が 2011 年～2014 年に打ち上げられ、残りの 10 機は 2017 年～2019 年に打ち上げられた。

- LuxSpace (ルクセンブルク)
- PEASSS Consortium (オランダ、ドイツ、ベルギー、及びイスラエル)
- SpacePharma (イスラエル、スイス)
- ISIS (Innovative Solutions In Space) and Hiber Global (オランダ)
- Astrocast (スイス)
- NanoAvionics (リトアニア)
- SatRevolution (ポーランド)
- SkyFox Labs (チェコ)
- ATL Ltd. (ハンガリー)

LuxSpace は、2004 年に設立され、2006 年から OHB SE グループ（ブレーメン）の子会社となり、ルクセンブルクに本拠を置く会社である。同社は、ルクセンブルクで最初の宇宙システム、アプリケーション、サービスの提供を行なっている[1-204]。スペースセグメントインテグレーターとして、コンポーネント、テクノロジー、及び統合された 20~100kg 級の小型衛星を提供している。衛星運用、サービスプロバイダーとして、宇宙インフラストラクチャまたは海上追跡（AIS）、航空機追跡（ADS-B）、地球観測（光学、SAR、データ品質管理）、及び通信（M2M）の完全なソリューションを提供している[1-205]。2011 年 10 月と 2012 年 1 月にそれぞれ打ち上げられた VesselSat 1（29 kg）、VesselSat 2（28 kg）は、LuxSpace で開発された最初の 2 つの小型衛星である。衛星通信による船舶同士の検出と追跡のための AIS 受信機を備えている[1-206]。両方の衛星は正常に動作し、3 年間の設計寿命を超えた。同衛星は、故障した Orbcomm 衛星の代替品として Orbcomm にリースされた[1-207]。2014 年、放射線実験用装置とアマチュア無線送信機を内蔵した LuxSpace のペイロード（14 kg）である 4M（Manfred Memorial Moon Mission）が、中国の CZ-3C / G2 ロケットの最終ステージに搭載された。4 日間の月面飛行を経て地球に帰還し、世界中のアマチュア無線家が無線を受信した。2016 年、LuxSpace とそのパートナーである ORBCOMM は、欧州海事安全局（EMSA）との 4 年間の衛星 AIS データサービスフレームワーク契約を獲得した[1-208]。この契約と、AIS 衛星の exactEarth コンステレーション用に ESAIL（ESA の船舶追跡用 SAT-AIS プログラム）衛星を構築する最近の契約では、より大きな小型衛星プラットフォーム（50,000 kg 以下）[1-209]を利用した。

Piezo Electric Assisted Smart Satellite Structure（PEASSS）は、TNO（オランダ応用科学研究機関）、Active Space Technologies GmbH（ドイツ）、ISIS（オランダ）、SONACA（ベルギー）、Technion、及び NSL（イスラエル）6 社を含む多国籍共同事業団体である。EU の FP7 プロジェクトの一部として開始されたこの共同体の目的は、「複合パネル、圧電材料、次世代センサを組み合わせ自律的に姿勢指向精度と発電能力を向上させる「smart structures」を開発、製造、試験、受け入れ認定すること」である。PEASSS という名前の 3U CubeSat が 2017 年 2 月に打ち上げられた。これには、新しい超小型衛星用電子機器、圧電発電システム、圧電作動 smart structures、光ファイバーセンサ、及びインテロゲーターシステム（訳注：RFID 分野において、IC タグに無線信号を送信する送信機）が含まれていた[1-210]。

SpacePharma は、小型の「lab-on-chip」技術を使用した宇宙ベースの微小重力生化学研究実験装置の設計、計画、及び実装においてソリューションを提供するスイス/イスラエルの企業である[1-211]。最初の衛星である DIDO 1（3U CubeSat）は、当初 2016 年に打ち上げを計画されていたが、延期もしくは中止された。後継機である DIDO 2（3U CubeSat）

は、2017 年に高度 500 km の軌道に打ち上げられ、SpacePharmalsrael Ltd、CAS IPE、Spacety China Ltd、及び Institute of Mechanics [1-212] と共同による実験を実施した。3 番目の衛星である DIDO 3 は、2020 年に打ち上げ予定である[1-213]。DIDO 衛星は、細菌培養、抗生物質耐性、酵素反応、重合、ナノ粒子合成、結晶化などを実験できる mGnify ユニットを内部に保有している[1-213]。SpacePharma は、衛星プラットフォーム、統合、及び打ち上げのために ISIS と契約した。Hiber Global（オランダ）と Astrocast SA（スイス）は、M2M/IoT アプリケーション向けに衛星による通信サービスを提供するベンチャー企業である。2016 年に設立された Hiber Global（旧 Magnitude Space）は、オランダの最初の商業衛星を運用しており、商業サービスとしてグローバル IoT 接続を提供する最初の企業である[1-214]。2018 年 11 月～12 月に、Hiber Global は 2 つの先行ミッション、Hiber 1（6U）、及び Hiber 2（6U）を開始した。これらは、予定されている M2M/IoT 通信 Cubesat コンステレーションの一部である。このシステムを実現するために、Hiber Global は ISIS と契約し、衛星、打ち上げサービス、地上セグメント、宇宙船運用サポートを提供した。

Hiber Global の搭載無線機器は、ISIS プラットフォームに統合された[1-215]。ISIS（Innovative Solutions In Space）は、サブシステムやプラットフォームからターンキーソリューション（訳注：納品後、直ちに稼働できる状態にある情報システム）に至るまで、CubeSat の幅広い製品、ソリューション、サービスを提供する垂直統合型の超小型衛星企業である[1-216]。2006 年にデルフト工科大学（オランダ）の Delfi-C3 CubSat プロジェクトからのスピノフとして始まり、世界中の顧客のために 380 機の衛星を軌道に打ち上げ、2 つのスピノアウト企業(訳注：企業内の事業部門や活用されていない研究開発成果・ビジネスアイデアなどを切り離し、企業として独立させて事業展開すること)を設立した[1-217]。

Astrocast は、2014 年にエコールポリテクニクフェデラルドゥローザンヌ(Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne)で教育用 1U CubeSat "SwissCube"の開発と打ち上げを成功させたチームによって 2014 年に設立されたスイス企業である[1-218]。同社は、独自のコンステレーションを設計、構築、運用している[1-219]。2018 年 12 月と 2019 年 4 月に、それぞれ予備の CubeSat として、Astrocast 0.1（Kiwi、3U）と Astrocast 0.2（Hawaii、3U）という 2 つの衛星開発を開始した。2023 年までに完全なコンステレーションを完成させるために、更に 20 個の CubeSat を打ち上げる予定である。

NanoAvionics は、衛星システムに特化した超小型衛星サブシステムの製造と、商用アプリケーション、及び科学/技術ミッション[1-220] のプラットフォームの製造に焦点を当てた衛星ミッション統合開発会社である。同社の創設者は、2014 年にビリニウス大学で最初のリトアニアの衛星プロジェクト LituanicaSAT-1 のメンバーで構成され、ビリニウス大学と協力して LituanicaSAT-2 の開発も行なった[1-220][1-221]。2014 年の設立以来、本報告書

の執筆時点で、同社は 75 以上の成功した衛星ミッションと商業プロジェクトを実施している。80 人のメンバーからなるエンジニアリングチームを持ち、リトアニア、米国、及び英国に施設を開設した[1-222]。2019 年 4 月、NanoAvionics は IoT ユーザー向けに 2 つの M6P（多目的 6U プラットフォーム）衛星を打ち上げた[1-223]。衛星の 1 つは M6P ミッションと呼ばれ、SpaceWorks Orbital（米国）、及び Lacuna Space（英国）からのライドシェア IoT 通信ペイロードを輸送する[1-224]。もう 1 つの衛星は BlueWalker 1 (BW1) と呼ばれ、AST&Science（米国）からのペイロードを輸送するために開発された。2020 年には、AST &Science の衛星 BW 2 と BW 3 の打ち上げが予定されている[1-225]。

SatRevolution は 2016 年に設立されたポーランドの会社であり、米国に支社を設立している。同社は、完全に社内で設計、及び製造された超小型衛星プラットフォーム、サブシステム、及びソリューションを提供している[1-226]。最初のプロジェクトの 1 つとして、AGH 科学技術大学、及び Jagiellonian 大学[1-227] は 1U CubeSat である KRAKSat を共同開発した。KRAKSat の後、2019 年 4 月に打ち上げられた Światowid (2U) に取り組んでおり、社内開発された超小型衛星技術、プラットフォーム、及び解像度 4 m の地球観測ペイロードの実証ミッションを開発した。REC（リアルタイム地球観測コンステレーション）と呼ばれる 1024 機の衛星、50 cm の解像度、30 分のリフレッシュレートによる地球の監視を目的とする野心的なミッションの実現に取り組んでいる。SatRevolution は、2026 年までにこのミッションを達成することを目指している[1-228]。また、AMICal Sat と命名された衛星はフランスのグルノーブル宇宙センター大学（CSUG:Grenoble University of Space Centre）との共同プロジェクトにより開発が始まった。同衛星の科学的ミッションは低光条件でオーロラを観測することである[1-229]。

kyFox Labs は、CubeSats、及び小型衛星用のコンポーネントメーカーである。同社はチェコ共和国に拠点を置き、2014 年に設立された[1-230]。2019 年 7 月、Lucky-7 という名前の 1U CubeSat を打ち上げ、将来の深宇宙探査ミッションの前段階としてサブシステムの放射線耐性を試験した[1-231]。

ATL Ltd.は、PocketQube (2P) フォームファクター (5 cm x 5 cm x 10 cm) を備えた ATL 1 衛星を開発したハンガリーの企業である。そのミッションの目的は、宇宙で新しい断熱材をテストし、DVB-T 帯域スペクトルモニタリングを実行することである[1-232]。この衛星は、BME 大学の PocketQube (1P) 衛星 SMOG-P とともに、2019 年 12 月に打ち上げられた[1-233]。

表 1.2.14-2 ヨーロッパその他地域における商業用超小型衛星

Name	Launch Date	Form Factor	Contractor	Users/ Operators	Users/ Operator Country	Mission and Other Info
Lucky-7 [1-231][1-234]	July 5, 2019	1U	SkyFox Labs	SkyFox Labs	Czech Republic	-Technology: Test spacecraft subsystems for radiation tolerance as precursor of Deep Space missions
ATL 1 [1-232][1-235]	December 6, 2019	PocketQube (2P), 0.40 kg	ATL Ltd.	ATL Ltd.	Hungary	-Technology: Thermal insulator material experiment and DVB-T band spectrum monitoring
M6P [1-224][1-236]	April 1, 2019	6U	NanoAvionics	NanoAvionics, SpaceWorks Orbital (payload ride, USA), Lacuna Space (payload ride, UK)	Lithuania	-Technology: test NanoAvionics' nanosatellite platform and technology -Communications: Test SpaceWorks Orbital's IoT radio technology ; Demonstrate Lacuna Space's receiving of LoRaWAN signals from terrestrial IoT devices.
4M (Manfred Memorial Moon Mission) [1-237]	October 24, 2014	Micro (14 kg)	LuxSpace	LuxSpace	Luxembourg	-Lunar fly-by, Amateur communications
VesselSat 2 [1-207]	January 9, 2012	Micro (28 kg)	LuxSpace	LuxSpace	Luxembourg	-Maritime traffic monitoring -Leased to ORBCOMM
VesselSat 1 [1-207]	October 12, 2011	Micro (29 kg)				
HIBER-1 [1-238]-[1-240]	November 29, 2018	6U	ISIS (Netherlands)	Hiber Global (formerly Magnitude Space)	Netherlands	-Communication (IoT/M2M) with the aim of providing commercial services -Precursor missions for Hiber Global's planned communications Cubesat constellation
HIBER-2 [1-238]-[1-240]	December 3, 2018	6U	ISIS (Netherlands)	Hiber Global (formerly Magnitude Space)	Netherlands	

PEASSS [1-240]	February 15, 2017	3U	PEASSS Consortium	PEASSS Consortium	Netherlands , Germany, Belgium, Israel	-Technology: “Smart structures” -Multinational consortium of companies: GmbH, TNO, ISIS, SONACA, Technion, NSL
Światowid [1-241][1-242]	April 17, 2019	2U	SatRevolution SA	SatRevolution SA	Poland	-Technology: test in-house developed nanosatellite subsystems -Earth observation constellation demonstration
DIDO 2 [1-212][1-213]	February 15, 2017	3U	ISIS (main integrator, launch, bus), SpacePharma (payload)	SpacePharma	Israel, Switzerland	-Scientific: Micro- gravity research (biochemical experiments)
Astrocast 0.1 (Kiwī) [1-243][1-244]	December 3, 2018	3U	Astrocast SA (formerly ELSE SA)	Astrocast SA	Switzerland	-Communication (M2M/IoT)
Astrocast 0.2 (Hawaii) [1-243][1-244]	April 1, 2019	3U	Astrocast SA	Astrocast SA	Switzerland	-Communication (M2M/IoT)

1.2.15 大韓民国

最初の韓国の衛星は、質量 50 [kg]級の小型衛星である。1992 年 8 月 11 日に Ariane-4 ロケットを使用して打ち上げられた。韓国は、若いエンジニアをサリー大学に派遣し、「KITSAT-1、韓国工科大学衛星-1」という最初の衛星を開発した。KITSAT-1 プログラムの主な目的は、衛星技術者のトレーニングと教育を通じて衛星技術を習得することである。KITSAT-1 は英国で開発、製造された。その設計はサリー大学の UoSAT-5 衛星に基づいており、韓国のギジュ鬱者は衛星の設計に貢献する機会が無かった。しかし、KITSAT-1 の成功は、韓国の SaTReC にとって貴重な経験となる。

KITSAT-1 が成功した直後、SaTReC は KITSAT-1 の設計を使用して独自の小型衛星 KITSAT-2 の開発を開始した。KITSAT-2 でも KITSAT-1 と同じ設計を共有しており、SaTReC は韓国国内でミッション設計から運用までの開発作業を行った。KITSAT-2 のミッションは、KITSAT-1 のミッション（地球撮影画像処理システム、放射線監視システム）を

改善及び強化し、国産のコンポーネントと SaTReC の試験施設を使用することであった。また、彼らは Store&Forward 通信機能の新しいミッションシステムを導入した。KITSAT-2 は、1993 年 9 月 26 日に Ariane-40 ロケットを使用して打ち上げられた。KITSAT-1 と KITSAT-2 の成功後、韓国は高性能の実用的なミッションシステムのために、より大きな衛星にリソースを投入した。1 つ目のシリーズは、LEO でのリモートセンシングをミッションとする KOMPSAT（韓国多目的衛星）である。

別のシリーズは、静止地球軌道（GEO）上の COMS（通信、海洋、気象衛星）である。どちらのシリーズも 300 kg 以上である。しかし、実際の COMS シリーズの質量は 2,000 kg 以上であった。KAIST 内にある SaTReC がこれら 2 つのシリーズ衛星に加えて他の衛星を開発した。しかし、100kg を超える技術実証ミッションを持った衛星にもかかわらず、それらは小型衛星では無かった。実際 SaTReC は、ほぼ同じ宇宙品質デバイスと大型衛星の設計コンセプトを流用しており、開発コストは小型衛星の開発という点では非常に高かった。

韓国政府が国際連携（米国、イスラエル、及び EADS Astrium）で大型衛星開発に集中することを決定した後、SaTReC の多くのエンジニアは研究室を辞めて SaTReC-i というスタートアップ企業を設立した[1-245]。エンジニア達はビジネスのために小型の衛星を製造する必要があると判断した。目標は高解像度画像用の 300kg 級の衛星であった。SaTReC-i は、衛星を他の国に販売する国際宇宙産業で成功を収め、画像提供会社としてのビジネスを拡大している。

数年後、米国と日本が CubeSat で大きな成功を収めた後、韓国はまず教育用途として CubeSat の開発に乗り出した。韓国の CubeSat の始まりは、米国や日本の場合と同様に、大学からであった。主要な大学は、韓国の CubeSat プログラムの初期段階で慶熙大学[1-246]、ソウル大学[1-247]、及び KAIST 等であった。

教育用プラットフォームとしての可能性と低コストのおかげで、韓国政府は 2012 年から毎年 CubeSat コンテストを開始した。このコンテストは、教育ミッション、技術実証ミッションのために、3U 又は 6U CubeSat を開発する大学、及び企業向けである。3 つ又は 4 つのチームが、それぞれの設計とミッションの実現可能性を基に評価され、選定された。選ばれた各チームは、40 万 US\$~70 万 US\$の資金援助を受けた。CubeSat コンテストの開始時、打ち上げの機会は明確ではなく、2012 年と 2013 年の優勝チームは ISRO の PSLV ロケットを使用して 2018 年に衛星を打ち上げた。KARI は、2019 年から韓国の打ち上げロケットを利用して打ち上げの機会を提供しようとしている[1-248]。コンテストは毎年 KARI が開催している。

- 韓国における超小型衛星の実情は以下のように要約できる
- 教育的及び技術的実証プログラム
- 大学主体による開発
- 政府主導による衛星産業の育成を図っているが今のところ目立った実績無し
- CubeSat（3U～6U）が、小型衛星開発の主要なプラットフォーム
- 1U サイズの CubeSat 開発実績は、教育プロジェクト関連でも非常に少ない

韓国における超小型衛星の今後の展望は以下のように要約できる。

- 教育及び技術的実証が今後の主な利用例になると考えられる
- 政府からの予算が支配的
- 民間企業は小型衛星分野の参入に消極的
- 政府資金による CubeSat コンテストにより、いくつかの CubeSat 部品供給会社が国内市場で利用可能になるが、ヨーロッパや米国の競合他社と比較すると非常に小規模
- 商用ミッションは今後、比較的大きい衛星（質量：100 kg 以上）により行われる

表 1.2.15-1 韓国の 50kg 以下の衛星

Name of satellite	Organization	Form factor Mass	Launch year
KITSAT-1	SaTReC	50 [kg]	1992
KITSAT-2	SaTReC	50 [kg]	1993
LINK(QB50 KR01)	KAIST	2U	1998
SNUSAT 1(QB50 KR02)	Seoul National University	2U	1998
SNUSAT 1b(QB50 KR03)	Seoul National University	2U	1998
HAUSAT 1	Korea Aerospace University	1U	2006
CINEMA 1	Kyung Hee University	3U	2012
CINEMA 2(KHUSAT 1)	Kyung Hee University	3U	2013
CINEMA 3(KHUSAT 2)	Kyung Hee University	3U	2013
OSSI 1	OSSI, Hojun Song	1U	2013
SIGMA(KHUSAT 3)	Kyung Hee University	3U	2018
KAUSAT 5	Korea Aerospace University	3U	2018

VisionCube	Korea Aerospace University	2U	2018
CANYVAL-X 1, 2	Yonsei University, NASA	2U + 1U	2018
CNUSail 1(Papillon)	Chungnam University	3U	2018
K2SAT	KAIST, Korea Airforce academy, Chosun University	3U	2018
SNUSAT 2	Seoul National University	3U	2018
SNUGLITE	Seoul National University	2U	2018
STEP Cube Lab	Chosun University	1U	2018

1.2.16 トルコ共和国

イスタンブール工科大学宇宙システム研究所、及び試験研究所 (SSDTL) は、トルコの超小型衛星開発活動に主要な貢献を果たしている。クリーンルーム、高速試作実験室、振動試験施設、熱真空試験室、電波暗室、小型衛星ミッション用の地上局施設を保有・運用している。SSDTL はトルコで最初の CubeSat を開発したが、現在でも最前線で研究・開発を行っている。更に、SSDTL は引き続き国内での CubeSat の開発・試験をサポートし、日本、や他の国・地域と協力している。TUBITAK-UZAY はトルコの科学技術研究評議会の宇宙技術研究所である。彼らは、2013 年に発表された SSDTL との共同作業により、トルコで最初の通信用 CubeSat を開発した。2018 年、UBAKUSAT は JAXA とトルコ運輸海事通信省との契約により、通信、及び宇宙放射線ミッションのペイロードを搭載して打ち上げられた。現在、TUBITAK-UZAY、トルコ軍事電子産業 (ASELSAN)、及びイスタンブール工科大学によって 2 つの CubeSat 計画が進行中である (2020 年時点)。

トルコの主要な衛星開発機関

- SSDTL : CubeSat の開発を行っており、地上局、及び試験施設を保有
- Gumush Aerospace : CubeSat のバス及びサブシステムを開発している
- ATILIM University : CubeSat 用リアクションホイールを開発している
- C Tech Information Technologies Industry and Trade Inc. : 防衛、航空、衛星技術、通信システム、サイバーセキュリティ、モデリング、及びシミュレーションを行っている
- TUBITAK-UZAY (Scientific and Technological Research Council of Turkey - Space Technologies Research Institute) : 衛星システム、通信システム、情報及び画像処理

- GSATCOM : 商用通信衛星の組み立て、統合試験を行っている
- Turkish Aerospace : 地球観測衛星、偵察衛星、通信衛星、サブシステムの開発、組み立て、統合試験を行っている

表 1.2.16-1 トルコの 50kg 以下の衛星

Year	Name	Weight (kg)	Launch date	Mission	Contractor	User	Form Factor
2009	İTÜpSAT1	<1	September 2009 (Still transmitting beacon)	First CubeSat development Amateur radio operation	Istanbul Technical University	Istanbul Technical University	1U
2013	TurkSat-3USat	4	April 2013	Camera mission Amateur radio operation First Communication CubeSat	TURKSAT	Istanbul Technical University	3U
2017	BeEagleSat	2	April 2017	Multi needle Langmuir Probe Semiconductor based X-ray detector	Istanbul Technical University and Turkish Air Force Academy	Istanbul Technical University	2U
2017	HavelSat	2	April 2017	Multi needle Langmuir Probe Software Defined Radio	HAVELSAN (Naval Warfare Management Systems Technology Center) Istanbul Technical University	Istanbul Technical University	2U
2018	UBAKUSAT	4	April 2018	Service of voice communications for amateur radio stations Demonstration of TAMSAT Simplexat card onboard which relays data about space radiation to ground station	JAXA and the Republic of Turkey's Ministry of Transport, Maritime Affairs and Communications	Istanbul Technical University	3U
2020	AselSat	5	2020	Earth observation mission with X-band downlink system. Secondary payload is a dosimeter	ASELSAN (Military Electronic Industries of Turkey)	Istanbul Technical University	3U

2020	SSS-2B	4	2020	Formation Flying (with Chinese Satellites) Student Training Inter-satellite Link	TUBITAK-UZAY (Scientific and Technological Research Council of Turkey - Space Technologies Research Institute)	TUBITAK- UZAY (Scientific and Technologic al Research Council of Turkey - Space Technologie s Research Institute)	3U

1.2.17 ブラジル連邦共和国

ブラジルでは、超小型衛星活動のほとんどが教育機関によって実施されている。現在、ブラジルでは合計 7 つの超小型衛星が開発・製造されており、その内 6 つが既に打ち上げられた。ブラジルの最初の超小型衛星は、多くの人が NanoSatC-Br 1 であるとされているが、実際に国内で開発され完成した最初の超小型衛星は UNOSAT-1 であった。同衛星は、ノーザンパラナ大学の学生と研究者によって設計された。残念ながら、打ち上げ 3 日前の 2003 年 8 月 23 日にアルカンタラ基地での事故で、衛星打ち上げ機 VLS-1 V03 と共に破壊され失敗となった。その主なミッションは、AX25 プロトコルを使用して音声メッセージとテレメトリデータパケットを送信することであった。衛星寸法は 46cm x 25cm x 8.5cm で、その質量は 8.83kg である[1-249][1-250]。

NanoSatC-Br1 は、ブラジルで最初の CubeSat プロジェクトである。サンタマリア連邦大学 (UFMS)、南地域空間研究センター、及び INPE の協力により開発された。衛星は 2014 年 6 月 19 日に打ち上げられた。これは、1kg の質量を持つ 1U CubeSat であった[1-251][1-252]。

AESP-14 は、ブラジルの複数の研究所によって開発され、航空技術大学校 (ITA) により運用されている 1U CubeSat である。主なミッションは科学で、特にプラズマ測定に関連するものであった。これは、1kg の質量を持つ 1U CubeSat であり、2015 年 1 月 10 日に打ち上げられた。アンテナ展開の失敗とそれに続くバッテリーの放電のため、ミッションは失敗に終わった[1-253][1-254]。

SERPENS 衛星の主な目的は、電波を介してテレメトリと環境データを収集して送信することであった。ブラジリア大学 (UnB) がとりまとめ、ブラジルだけでなく、スペイン、

イタリア、米国の他の機関からの貢献により開発が進んだ。サイズは 3U であり、質量は 4kg であった[1-255][1-256]。

Tancredo-1 は、ブラジルのウバトゥバにある Tancredo Almeida Neves 校の生徒が開発した TubeSat（ピコサテライト）である。アマチュア無線用のボイスレコーダーと電離層のプラズマを研究するための簡易ラングミアプローブを搭載している。全長は 13 cm で、質量は 570g である。2016 年 9 月 12 日に打ち上げられ、衛星は期待どおりに動作した[1-257]。

ITASat-1 は、ITA により開発された衛星である。このプロジェクトは 80kg 級の小型衛星として開始されたが、打ち上げの手続きが難しいため 6U CubeSat 級の衛星に変更となった。ペイロードは、データ収集システム、GPS 受信機、地上解像度 80m のカメラシステムである。2018 年 12 月 3 日に打ち上げられた。同衛星の質量は 8kg であった[1-258][1-259]。

FloripaSat-1 は、サンタカタリーナ連邦大学 (UFSC) で開発された技術実証衛星である。主なペイロードは救助用の緊急通信に使うアマチュア無線中継器である。サイズは 1U の CubeSat、重量 1kg で、2019 年 12 月 20 日に無事に打ち上げられた。現在もそのミッションを実行している[1-260][1-261]。

1.2.18 南アフリカ共和国

南アフリカにおける宇宙活動の中心は西ケープ地域である。この地域には、過去に宇宙プログラムのために開発された施設の他、多くの大学、国立研究所、先端技術企業がある。この地域の大学では、衛星工学、衛星運用、光学機器の設計と試験、合成開口レーダーシステムとデータ処理、宇宙政策及び宇宙法運用といった幅広い能力を保有している。

1999 年 2 月に、南アフリカで最初の衛星である Sunsat-1 が打ち上げられた。64 kg の質量を持つこの小型衛星は、ステレンボッシュ大学のスタッフと学生によって開発された。Sunsat-1 を開発したチームは、SunSpace 社を設立し、Sunsat-1 開発で得られた小型衛星開発の技術を更に発展させ販売した。2013 年 7 月に、SunSpace の業務と知的財産が Denel Dynamics に譲渡され、Denel Group に SpaceTeq という新しい組織が誕生した。

2005 年に、南アフリカ科学技術省は 3 年間の衛星開発計画を開始した。ステレンボッシュ大学がこの計画を管理し、SunSpace が衛星を提供するコントラクターであった。

2009 年 9 月、Sumbandila 衛星が打ち上げられ、2011 年半ばまで運用された。2013 年 11 月、南アフリカで 3 番目の衛星で最初の CubeSat である ZACUBE-1 が正常に打ち上げられた。

2018 年、南アフリカで 2 番目の小型衛星 ZACube-2 が宇宙に打ち上げられた[1-262]。ZACube-2 は MDASat の Precursor ミッションである。MDASat は、最先端の超高周波データ通信システムを海運産業へ提供することを目的とした 9 つの超小型衛星で構成されるコンステレーションである。

南アフリカは、IoT またはインターネットの実装を可能にするために南アフリカだけでなく、南部アフリカ地域、更にはアフリカ大陸全体にサービスを提供可能な独自のコンステレーションを開発する技術的能力を保有している。2019 年にプレトリアで開催された南アフリカ航空学会の中で、スペースコマーシャルサービス（SCS）議長の Sias Mostert がこのことを強調した[1-263]。

1.2.19 台湾

台湾の宇宙活動は、1991 年に MOST によって設立された NSPO によって推進されており、宇宙機関として機能し、宇宙技術の研究開発を担当している[1-264]。2017 年に MOST が資金提供した予算は 3,500 万 US\$ だった[1-264]。小型衛星での最初のマイルストーンは、Formosat 3（米国の COSMIC 気象、電離層、及び気候コンステレーション観測システムとして知られている）として知られている NSPO と米国の University Corporation for Atmospheric Research (UCAR) との連携によるコンステレーションであった[1-265]。NSPO も Formosat 5 と Formosat 7 を開発したが、それらはそれぞれ 525 kg と 277 kg の質量の小型衛星で構成されている[1-266][1-267]。表 1.2.19-1 に打ち上げられた台湾の超小型衛星を示す。

表 1.2.19-1 打ち上げられた台湾の超小型衛星の概要

Year	Name	Mass [kg]	Mission	Launcher	Contractor	On-orbit	Form Factor
2006	Formosat 3A	62	Scientific (ionosphere study)	Minotaur #5	OSC	Y	
2006	Formosat 3B	62	Scientific (ionosphere study)	Minotaur #5	OSC	Y	
2006	Formosat 3C	62	Scientific (ionosphere study)	Minotaur #5	OSC	Y	
2006	Formosat 3D	62	Scientific (ionosphere study)	Minotaur #5	OSC	Y	
2006	Formosat 3E	62	Scientific (ionosphere study)	Minotaur #5	OSC	Y	
2006	Formosat 3F	62	Scientific (ionosphere study)	Minotaur #5	OSC	Y	
2014	PACE	2	Technology	Dnepr	National Cheng Kung University	Y	2U
2017	Phoenix	2	Education, Amateur radio communication, Technology	Atlas-5(401)	National Cheng Kung University (NCKU)	Y	2U

国立成功大学(NCKU)は、これまでに2つのCubeSatを開発し打ち上げた。最初のPACEは、さまざまな姿勢決定、制御手法を検証するための技術実証ミッションであり、2003年に開始され、2014年に打ち上げられた[1-268] [1-269]。PACEは、学生が開発した2U CubeSatである。しかし、打ち上げ後に信号を受信できなかった。2番目の衛星は、QB50プロジェクトの一部として開発された2U CubeSatであるPHOENIX(QB50 TW01)である。PHOENIXは2017年5月にISSから放出され、2019年5月まで機能していた[1-270]。現在、NCKUは台湾とルクセンブルクにあるOdysseusと提携している。Odysseusは小型衛星技術の開発、特に宇宙船の自律性、最適な通信、小型でモジュール式の推進技術[1-271]のAIに焦点を当てている。

NSPOは、台湾の宇宙産業を発展させるためのCubeSatプログラムを開発している。このプロジェクトの期間は2017年から2022年で、少なくとも5つのCubeSatを打ち上げる。2017年には、台湾の大学、及び国・地域内企業にIDEASSAT、NutSat、及びYUSATの3つのCubeSatが契約された。彼らのミッションは、電離層科学、ADS-B 航空機追跡、及び海洋、及び陸上移動物体のAIS/APRS 追跡システム[1-264]に重点を置いている。これらのプロジェクトに関与する大学は、国立中央大学(NCU)、国立フォルモサ大学(NFU)、国立海洋大学、及びMoGaMeとLETSCOMの2社であった。

1.3 超小型衛星に関する市場動向

本項では、衛星データベースの分析、市場調査、公開されている情報に基づいて超小型衛星の市場動向を述べる。本項では、対象とする衛星の上限を75kgとしている。本項では、Euroconsult社が提供するデータベース[1-272]を主な情報源として調査を行なった。このデータベースには、500kgまでの衛星が含まれている[1-273]。本項で75kg未満の衛星を含んだ理由として、継続的な小型化により、50~75kg級衛星のアプリケーションを50kg未満の衛星で実現できるからである。更に、本報告書に含まれる75kg未満の衛星数は、2009年1月~2019年7月に打ち上げられた1153機、及び2019年8月~2028年に打ち上げが予定されている3519機の衛星を対象にしている。その内、178回の打ち上げ失敗、又は部分的な失敗があった。

1.3.1 対象とする衛星

2009 年～2019 年にかけて打ち上げられた 75 kg 未満の衛星 1153 機を質量別に分類する（図 1.3.1-1 参照）。打ち上げられた衛星のほとんどは約 5 kg である。50 kg 以上 75 kg 未満の衛星の数は、1153 機の内わずか 24 機に過ぎない。

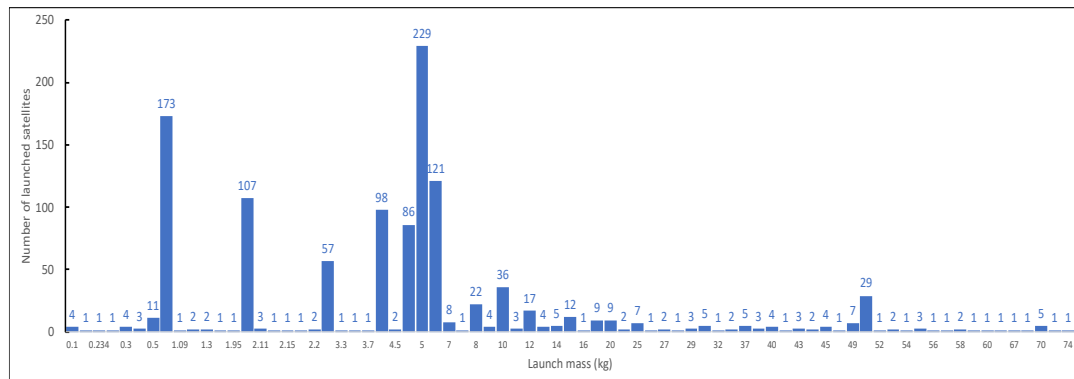


図 1.3.1-1 超小型衛星の質量分布 (<75kg) [1-272][1-273]

CubeSats のフォームファクターに関連する質量カテゴリによって分析をする。但し、衛星の質量は従来の許容値よりも大きい場合がある。例を挙げると、Planet labs 衛星は 3U として分類されるが、従来の 3U 衛星許容質量が 4kg であるのに対し、実際は 5～6kg の質量を持つ。

衛星の質量分布を調査するため、7 つの質量カテゴリを以下に示す。

- 1) 1kg 未満
- 2) 1kg 以上 2.5kg 未満
- 3) 2.5kg 以上 4.5kg 未満
- 4) 4.5kg 以上 10kg 未満
- 5) 10kg 以上 20kg 未満
- 6) 20kg 以上 50kg 未満
- 7) 50kg 以上 75kg 未満

打ち上げられた衛星数の内多くを占める質量カテゴリは 4.5～10 kg であり、507 機である(図 1.3.1-2 参照)。1 kg 未満の衛星は 198 機である。打ち上げられた衛星数と打ち上げ

予定衛星数のほとんどが、4.5～10 kg の範囲を占めていることが分かる。この中には、本報告書で扱っている 50～75 kg の衛星が複数含まれている。

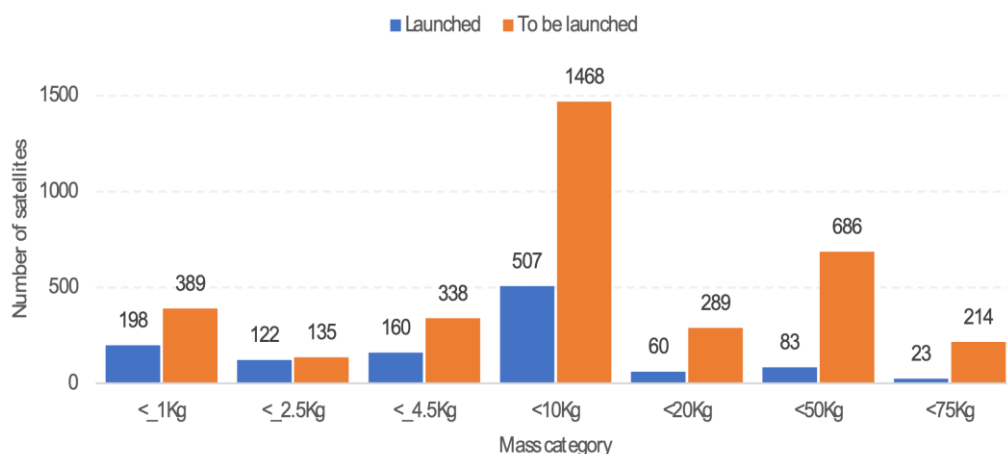


図 1.3.1-2 打ち上げ済みの衛星と打ち上げ予定の衛星の質量分布 [1-272][1-273]

1.3.2 質量カテゴリー別ミッションに基づく超小型衛星の市場動向

Bryce Space and Technology によれば、小型衛星の主なミッションは、リモートセンシング、技術開発、軍事、情報収集、通信、科学である[1-274]。Euroconsult では、地球観測、通信、情報収集、セキュリティ、技術実証、科学、探査に分類している[1-275]。質量カテゴリー別の超小型衛星の主な用途は、情報収集用：1kg 以下、技術実証用：1～4.5kg である。4.5kg 以上から地球観測が妥当となる。探査用衛星の質量は、殆どが 10～20kg である。

表 1.3.2-1 質量別ミッション分布 [1-272][1-273]

	地球観測	探査	情報収集	科学	セキュリティ	技術実証	通信	総計
≤1kg	1		301	10		273	2	587
打ち上げ済み	1		11	9		177		198
打ち上げ予定			290	1		96	2	389
≤2.5kg	9			8		239	1	257
打ち上げ済み	3			2		117		122
打ち上げ予定	6			6		122	1	135
≤4.5kg	16	1	81	52	2	335	11	498

打ち上げ済み	3		11	24	2	113	7	160
打ち上げ予定	13	1	70	28		222	4	338
<10Kg	844	7	517	42		521	44	1,975
打ち上げ済み	282		106	13		104	2	507
打ち上げ予定	562	7	411	29		417	42	1,468
<20Kg	59	16	147	11	1	115		349
打ち上げ済み	5	3	17	6		29		60
打ち上げ予定	54	13	130	5	1	86		289
<50Kg	437	5	179	25	11	105	7	769
打ち上げ済み	27	3	11	7	1	30	4	83
打ち上げ予定	410	2	168	18	10	75	3	686
<75Kg	179	1		1	15	15	26	237
打ち上げ済み	12	1		1	2	7		23
打ち上げ予定	167				13	8	26	214
総計	1,545	30	1,225	149	29	1,603	91	4,672

1.3.3 運用者

衛星の運用者は、軍事（米国陸軍、米国海軍研究所など）、商業（Planets、Spire など）、政府機関（NASA、CAS など）、学術機関（九州工業大学、ベルリン工科大学など）である [1-276]。主要な運用者は、Planets、Swarm Technologies、Spire といったコンステレーション衛星を保有しており衛星の大部分を保有しているが、別の保有者が多様性をもたらしている。541 の運用者のうち、254 機関が 1 個の衛星を運用し、99 機関が 2 個の衛星を運用し、123 機関が 10 個未満の衛星を運用している。

図 1.3.3-1 に、今後打ち上げ予定の超小型衛星コンステレーション事業者の上位 10 社を示す。今後は、Swarm Technologies と Satellogic が、主要な衛星運用者の仲間入りをすると考えられるが、それらのコンステレーション衛星はまだ打ち上げられていない。打ち上げられた衛星を見ると、Planet と Spire が主な運用者である。

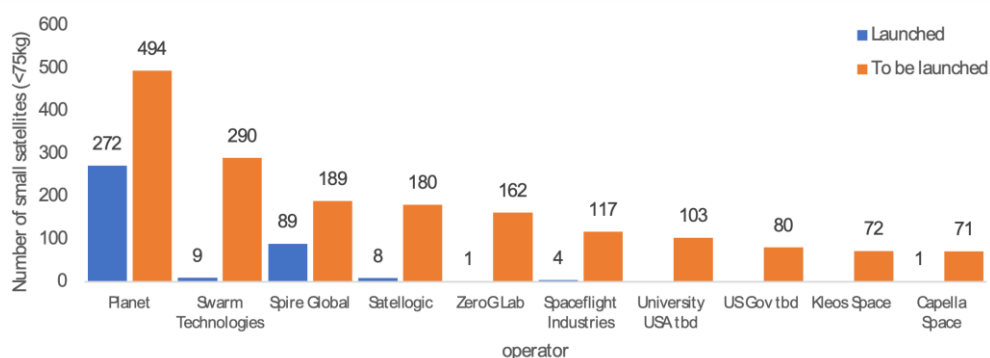


図 1.3.3-1 運用者別の打ち上げ済み衛星と打ち上げ予定衛星の分布 [1-272][1-273]

1.3.4 衛星メーカー（プライム）について

図 1.3.4-1 に主要な衛星メーカーを示す。衛星メーカーは 477 社(機関)存在する。その内 228 社は 1 個の衛星を制作、81 社は 2 個の衛星を製造している。予測によれば、Planet が最大の衛星メーカーになると報告されている。この他にも Kepler（カナダ）、Kleos space（ルクセンブルグ）、SkyFi（イスラエル）などといったコンステレーション構想はあるものの、衛星メーカーが決まっていないものがある。それらは、図 1.3.4-1 にて（TBD Western）や（USA tbd）と記載されている。

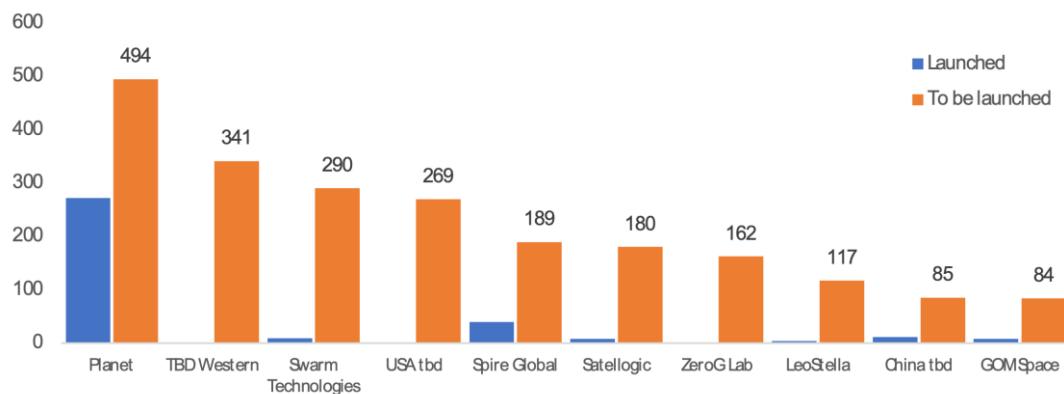


図 1.3.4-1 衛星メーカー別の打ち上げ済み衛星と打ち上げ予定の衛星の分布 [1-272][1-273]

すでに打ち上げられた衛星から Planet を除いて考えた場合（図 1.3.4-2）、多くのメーカーがすでにその技術を実証していることが分かる。75kg 以下の衛星の製造において、NASA,

Aerospace Corporation、Los Alamos National Lab（いずれも米国）が Clyde Space と Spire を追っている。九工大（日本）も 15 機でランク入りしている。

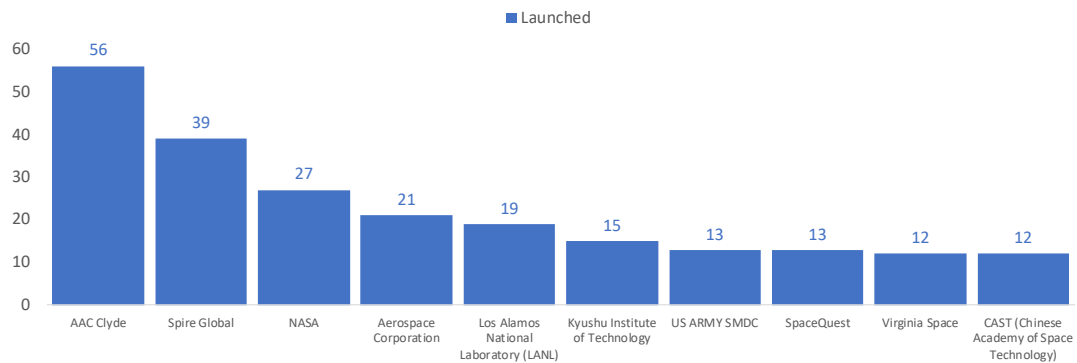


図 1.3.4-2 Planet を除外した後の、超小型衛星の衛星メーカー別の分布 [1-272]

1.3.5 超小型衛星市場の拡大要因

今後、衛星市場が拡大する要素として以下のことが考えられる。

- コンステレーションアーキテクチャによる超小型衛星の利点・機能の最大化
- 需要の増加、市場競争、打ち上げ技術の研究による打ち上げコストの削減
- 新興国の参入と開発
- 超小型衛星利用をより合理的かつ有益にする新技術の開発
- 宇宙空間における通信遅れ時間短縮の要求
- プラットフォームの標準化による衛星開発のコスト削減と工程の簡略化。それによる新規運用者の参入促進

1.3.6 市場価値

全種類の衛星を考慮した場合、収益の観点から見ると、過去 10 年間に於いて軍事利用、又は高価な通信衛星が宇宙市場の収益の過半数を占めていた。宇宙市場は、そのほとんどが大規模な航空宇宙、及び防衛企業で構成されている。しかし、市場研究者の間では、この状況は変化していると言われている。株式公開がより進み、今後 20 年間で投資額は劇的に増加する[1-276]。

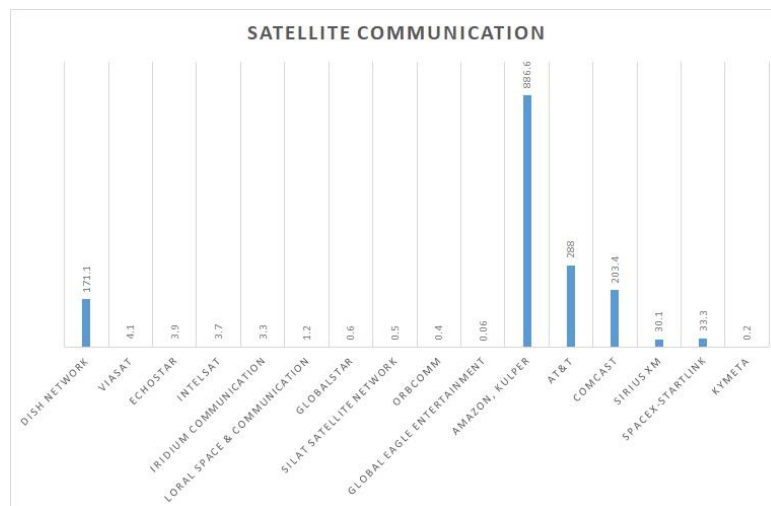
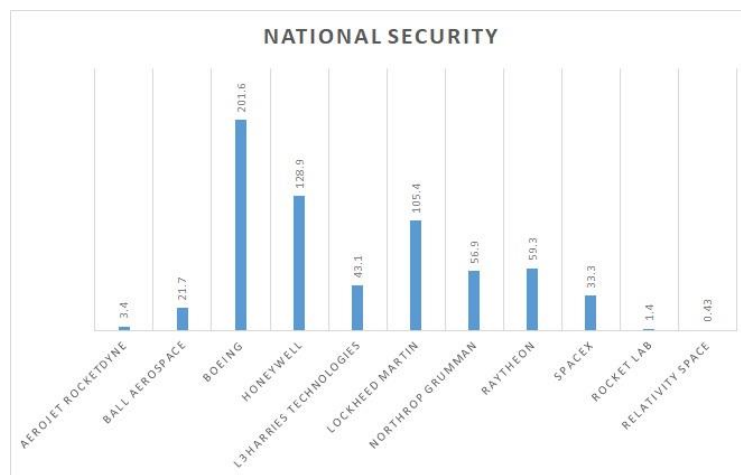


図 1.3.6 画像分野(上)、安全保障(中)、通信(下)の各分野において
衛星関連ビジネスを行なっている企業の企業価値 [1-277]

CNBC によれば、様々な他のセクターに浸透した宇宙企業を分類する方法が複数存在する[1-276]。CNBC は、投資機会を単純な 4 つのカテゴリに区分している。有人宇宙飛行、国家安全保障、衛星通信、画像とデータ分析である。これらの各カテゴリには、3 つの異なるタイプの企業が含まれる。1 つ目は宇宙にフォーカスした株式公開企業である。次に、重要な子会社を通じて宇宙ビジネスを行っている株式公開企業である。最後に、株式公開を控えたまたはスピンオフが間近な株式非公開企業である。

本項のデータは、あらゆる種類の衛星投資に関する情報である。これにより、衛星市場に参加している主要プレーヤーについてアイデアを得ることが可能である。衛星市場のバランスが超小型衛星に傾きそうなときには、これらのプレーヤーは重要な役割を果たす。各分野における企業の企業価値（Valuation）を図 1.3.6-1 に示す。例えば、Maxer Technologies や Aerojet Rocketdyne は宇宙にフォーカスした株式企業である。HawkEye、SpaceX、Rocket Lab は株式非公開企業である。

1.3.7 過去 4 年間の比較 [1-278]-[1-281]

過去 4 年間の衛星関連ビジネス（超小型衛星だけでなく、全ての衛星を含む）の比較を以下に示す。

2017 年と 2018 年の宇宙市場の比較

- 2018 年の衛星製造収益は 195 億 US\$（+ 26%）に増加。この収益の 39%は、地球観測アプリケーションによるものである。
- 2018 年の衛星打ち上げサービスの収益は、62 億 US\$（+ 34%）に増加。この間に 114 回の打ち上げがあったが、そのうち 93 回が商業目的であった。

2016 年と 2017 年の宇宙市場の比較

- 2017 年の衛星製造収益は、155 億 US\$（+ 10%）に増加。この収益の 49%は、地球観測アプリケーションによるものであった。
- 2017 年の衛星打ち上げサービスの収益は、46 億 US\$（-16%）に減少。この間に 90 回の打ち上げがあったが、そのうち 64 回は商業目的であった。

2015 年と 2016 年の宇宙市場の比較

- 2016 年の衛星製造収益は 139 億 US\$（-13%）に減少。
- 2016 年の衛星打ち上げサービスの収益は 55 億 US\$（+ 2%）に増加。

2014 年と 2015 年の宇宙市場の比較

- 2015 年の衛星製造収益は、166 億 US\$（+ 4%）に増加。
- 2015 年の衛星打ち上げサービスの収益は、54 億 US\$（-9%）に減少。

1.3.8 市場予測[1-272]

いくつかの市場調査に基づいて超小型衛星に費やされたコストを見積もると、過去 10 年間の超小型衛星開発事業のコストは 10 億 US\$であることがわかる。次の 10 年間には、23 億 US\$に成長すると予測されている。

- 成長の予測は、今後 10 年間で約+ 130%。
- 成長の大部分は、衛星コンステレーションの増加によるものである。
- 商業部門は、今後 10 年で、政府の代わりに主要な役割を果たすことになる。
- 情報とセキュリティ以外の通信は、超小型衛星の将来の主要なアプリケーションである。
- 北米、及びアジア市場は、次の表からわかるように変化が激しくなる。
- このカテゴリで LEO に打ち上げられる超小型衛星の質量は、過去 10 年間の 8.5t から次の 10 年間で 43t に増加する。

1.3.9 新興企業への投資

表 1.3.9-1 に、所謂 NewSpace と呼ばれる新興企業がこれまでに集めた投資額をまとめたものを示す。これらの企業の多くが、超小型衛星の製造や超小型衛星を使ったサービスをビジネスとしている。多種多様な企業に、投資が流れ込んでいるのが見てとれる。

表 1.3.9-1 NewSpace 企業への投資額

企業名	国	設立(年)	総投資額 (US\$)	備考
Planet [1-282]	United States	2010	384M in 2019	183M in 2015
Rocket Lab [1-283]	New Zealand	2007	288M in 2018	
Spaceflight[1-284]	United States	1999	240M in 2019	204M by March 2018[1-285]
Spire[1-286]	United States	2012	198M in 2019 [1-287]	
OneSpaceChina [1-288]	China	2015	117M in 2018 [1-289]	

Capella Space [1-290]	United States	2016	78M in 2019	
AXELSPACE [1-291]	Japan	2008	39.5M in 2018	
Satellogic[1-292]	Argentina	2010	89M	
AstroDigital[1-293]	United States	2014	37M in 2017	
Tyvak[1-294]	United States	2011	36M in 2018[1-295]	
Oura[1-296]	Finland	2013	20M in 2018	
PLD Space[1-297]	United States	2011	19M in 2018	
Akash Systems [1-298]	United States	2016	16M in 2019	
ADASPACE[1-299]	China	2018	14.4M in 2019 [1-300]	
Clyde Space[1-301]	United Kingdom	2005	9M in 2019	
SkyF[1-302]	Israel	2009	9M in 2017[1-303]	
Unseen labs[1-304]	France	2015	8.6M in 2018	
OpenCosmos [1-305]	United Kingdom	2015	7M in 2018	
Mino Space[1-306]	China	2017	3M in 2019	
Skycraft[1-307]	Australia	2018	1.5M in 2019	
Beijing Smart Satellite[1-308]	China	2018	1.4M in 2019	

1.4 超小型衛星による深宇宙探査ミッションの動向

本項では、超小型衛星による深宇宙探査（厳密には超小型探査機と呼ぶべきであるが、簡単のために深宇宙探査を行う超小型宇宙機も「超小型衛星」と呼ぶ）に対して、日本を除いた世界各国の実績と現在公開されている計画の調査結果を述べる。また、深宇宙探査ミッションの超小型衛星の開発に向けた超小型衛星関連市場の動きについても報告する。尚、本項で取り扱う深宇宙は、月、及びそれ以遠を対象としたものとする。また、深宇宙探査に適用可能な技術の動向については、「3. 超小型衛星に関する技術動向」の章でも触れられている。

1.4.1 超小型衛星を用いた深宇宙探査ミッションの実績

1.4.1.1 MarCO による火星探査ミッション

超小型衛星による深宇宙の探査ミッションの例としては、NASA が打ち上げた重さ 13.5kg の 6UCubeSat の MarCO (Mars Cube One) がある。MarCO のミッションは火星探査機 InSight と地球の Deep Space Network (DSN) 地上局の間でのリレー通信を支援する事である。NASA の JPL が開発した。ミッションの信頼性を確保するため、同じ設計の MarCO-A と MarCO-B の 2 つの CubeSat が、大型探査機の InSight と同時に 2018 年 5 月 5 日に、バンデンバーグ射場からアトラスロケットで打ち上げられた。InSight が火星軌道に入って着陸する時、地球の視野から外れて直接通信が困難になる。MarCO の主たるミッションは、その時に InSight に対して地球とのリアルタイム通信を提供する事であった。

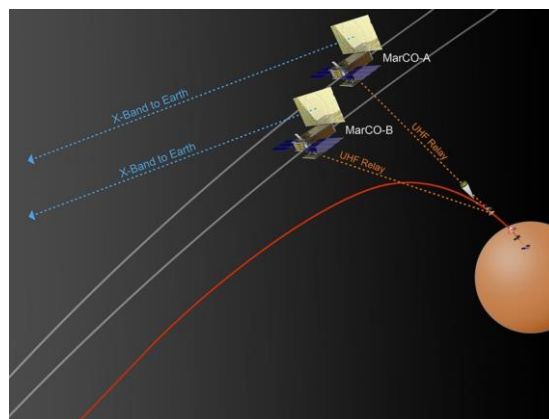


図 1.4.1.1-1 MarCO のリレー通信の概念図[1-309]

打ち上げから約 90 分後、メインロケットから分離された MarCO-A と MarCO-B は、内蔵している推進機とナビゲーションシステムを用いて自力で火星までの運行を始めた。約 6.5 ヶ月後の 2018 年 11 月 26 日、2 つの MarCO 衛星は火星に接近して、予定した火星探査機の InSight と地球の DSN の間でのリレー通信に成功した。InSight が火星軌道に入って着陸するまでの全てのデータの中で、MarCO-A は 93%のデータを、MarCO-B は 97%のデータを地球に転送した。

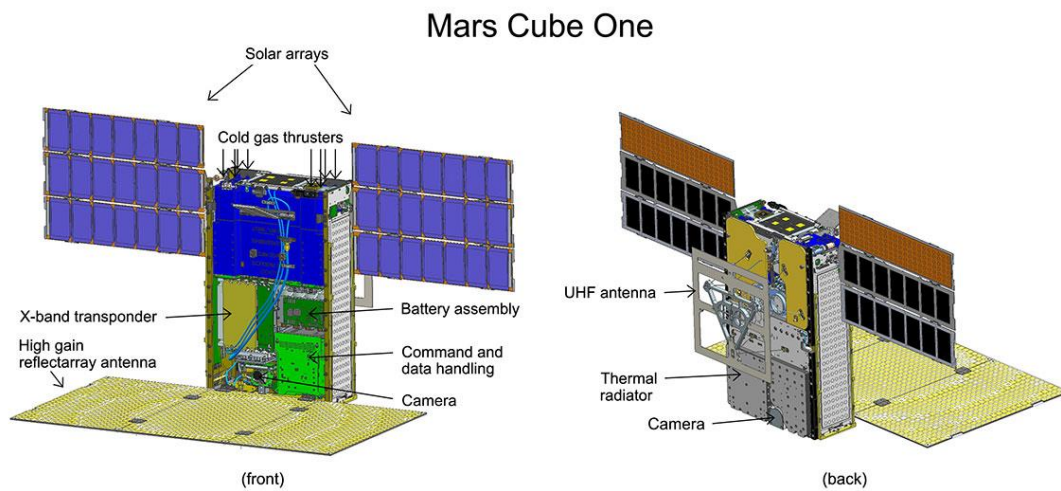


図 1.4.1.1-2 MarCO 衛星の 3D モデル [1-310]

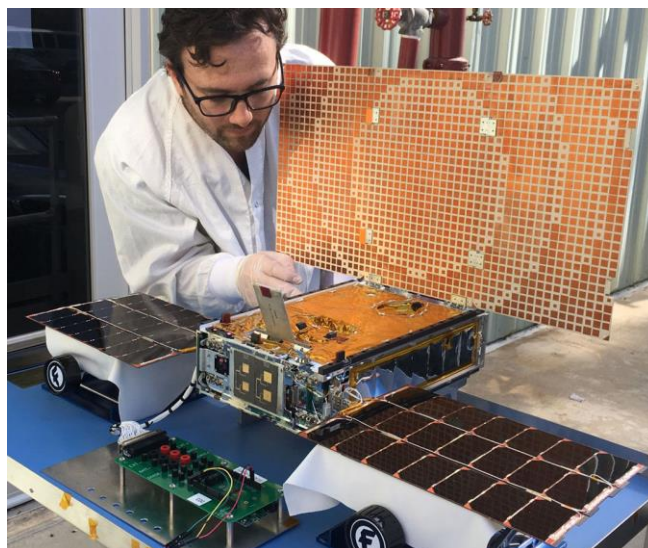


図 1.4.1.1-3 地上試験中の MarCO [1-311]

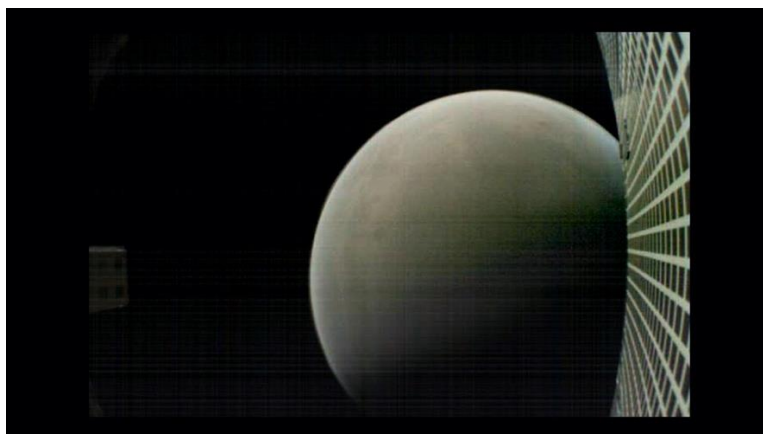


図 1.4.1.1-4 MarCO-B が転送した火星の画像 [1-312]

MarCO は深宇宙ミッションで使われた初めての CubeSat であり、小型通信機と小型ナビゲーションシステムの深宇宙での技術実証もミッションの 1 つであった。そのため、メインミッションのリレー通信を達成した後、火星をスイングバイした MarCO の衛星に対して NASA は延長ミッションとして運用を続けた。2019 年 1 月までの延長運用で、MarCO は通信モードと通信速度を変えながら小型通信機の通信機能を確認し、それと同時にセンサ類を含めた衛星のシステム情報をも取得した。この運用結果から超小型衛星を用いた深宇宙探査が火星以外にも可能性が十分あることを確認した。その延長運用後、衛星との通信が出来ない状況が続き、2019 年 2 月 2 日、NASA は正式に MarCO ミッションの終了を発表した。

1.4.1.2 Longjian 探査機による月軌道でのサイエンスミッション

中国は嫦娥四号(Chang'e 4)の月探査ミッションの中継通信を支援する為に、鹊桥(Queqiao)と呼ばれる 425kg の通信衛星を開発して、2018 年 5 月 21 日に打ち上げた。鹊桥は L2(Lagrange 2)軌道にて、嫦娥四号が月の裏面に入って地球と直接通信ができない時に通信を中継することを目的にしている。この鹊桥と同時に、竜江一号(DSLWP-A1、Longjiang-1)と竜江二号(DSLWP-A2、Longjiang-2)と呼ばれる 2 機の 45kg の超小型衛星が相乗り衛星として打ち上げられた。この 2 機の超小型衛星はハルビン工業大学(Harbin Institute of Technology)が開発したもので、超長波(1MHz-30MHz)の観測機を用いた天文観測衛星である。月軌道では電離層の影響が無く、月の裏面に探査機が位置している間は月がシールドの役割をして、より正確な超長波の天文観測が可能になる。Longjian-1 は、放出後すぐ通信不能の状態になって月軌道へ入る事ができなかった。しかし、Longjian-2 は 350km x 13,700km の月軌道に入り、月表面に衝突するまでの 437 日間に亘り運用された。最後に運用できたのは、2019 年 7 月 31 日である。天文観測以外に Longjian-2 にはサウジアラビアの King Abdulaziz City of Science and Technology (KACST) が開発した小型カメラが搭載されており、数枚の画像を地上局で受け取る事もできた。Longjian-2 は世界で初めて、地球から月までの軌道制御、月周回軌道入りを単独で行った超小型衛星であり、超小型衛星による深宇宙サイエンスミッションが可能である事を示した。また、ハルビン工業大学は月軌道に探査機を送った世界初の大学になったのである。技術的な成果以外に、Longjian-2 のデータは、日本の和歌山大学を含め、世界 40 あまりの地上局にて受信され、民間国際交流にも影響を発揮した。

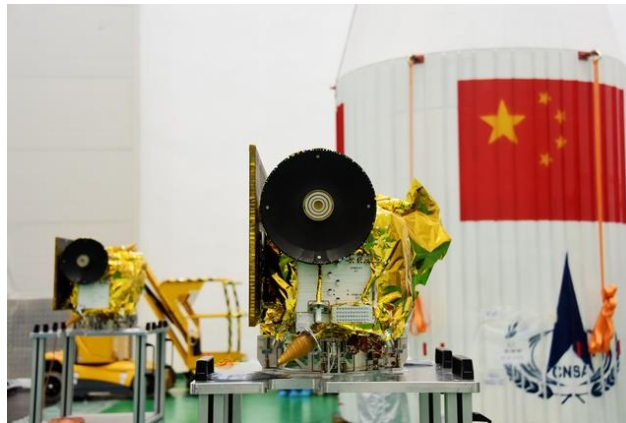


図 1.4.1.2-1 Longjian 探査機の様子 [1-313]



図 1.4.1.2-2 Longjian-2 からの月と地球の画像 [1-314]

1.4.2 超小型衛星を用いた新宇宙探査ミッションの計画

1.4.2.1 小惑星探査機 Juventas

2019 年 11 月、ESA は大型探査機の Hera を用いた Didymos 小惑星探査ミッションを、2024 年打ち上げを目標として開発すると発表した。Hera 探査機には、Juventas と呼ばれる 6UCubeSat が搭載され、小惑星に近い位置で Hera から放出され、より近い位置で小惑星のデータを取得する事をミッションの 1 つにしている。超小型衛星の Juventas 探査機は ESA と GOMSpace が共同で開発する予定である。



図 1.4.2.1-1 Juventas 放出の概念図 [1-315]

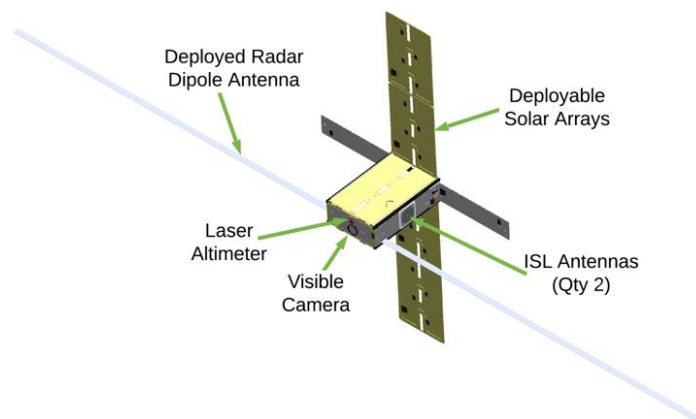


図 1.4.2.1-2 Juventas 衛星の 3D モデル [1-316]

1.4.2.2 小惑星探査機 M-Argo (Miniaturised Asteroid remote Geophysical Observer)

M-Argo は、小惑星探査機として ESA が開発している 12U CubeSat である。主な目的は、大型衛星の相乗りで打ち上げられてから内蔵している推進機を使って自力で小惑星まで運行して小惑星に接近した後、小惑星の情報を ESA の Estrack 地上局、又はイタリアの直径 64m の Sardinia Radio Telescope に転送することである。M-Argo が成功すれば、世界初の CubeSat を用いた小惑星探査になる。ESA は、将来的にはこの成果を小惑星採掘（マイニング）ミッションで活用する事を期待している。現時点では、大型小惑星探査機 Hera の 2024 年打ち上げに相乗りすることを目標としており、GOMSpace 社が ESA の協力で開発している。

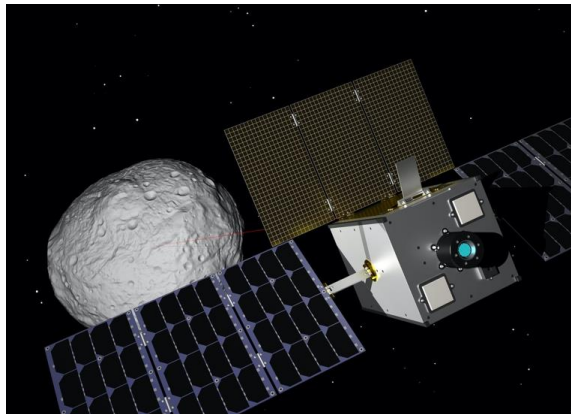


図 1.4.2.2-1 M-Argo と小惑星 [1-317]

1.4.2.3 技術実証衛星 INSPIRE (Interplanetary Nano-Spacecraft Pathfinder in Relevant Environment)

INSPIRE は、NASA JPL が 2013 年から ELaNa (Educational Launch Nanosatellites) と
 言う教育プログラムの一環として開発してきた 3UCubeSat である。超小型衛星を用いて、
 深宇宙探査用の通信機や磁気センサなどのデバイスを軌道上実証することを目的としている。
 INSPIRE プロジェクトは 2 つの同一設計の衛星からなる。大型深宇宙探査機の相乗り
 衛星として打ち上げられ、その後約 3 ヶ月間に亘って、衛星データを地上局に送ることを
 目指している。残念ながら、打ち上げ日程が決まっておらず、詳細なミッションスケジュー
 ルが未定である。

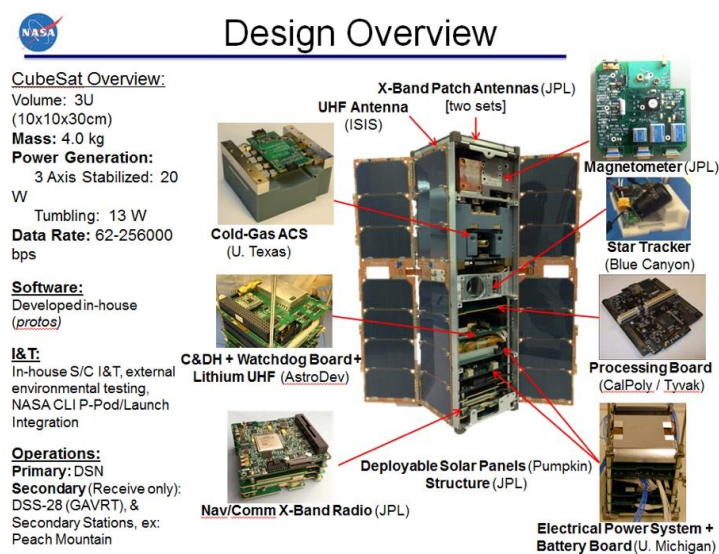


図 1.4.2.3-1INSPIRE 衛星のデバイス [1-318]

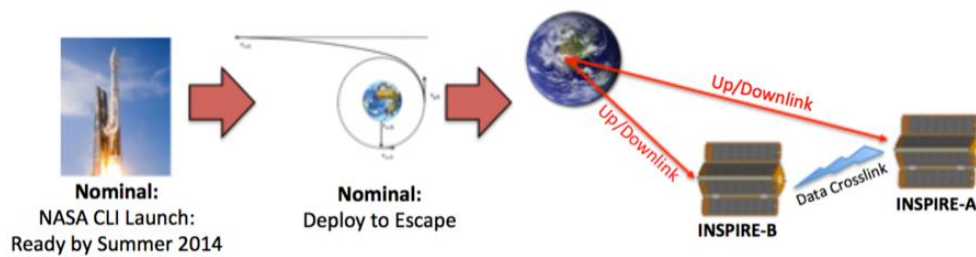


図 1.4.2.3-2 INSPIRE 衛星運用の概念図 [1-319]

1.4.2.4 Spacebit Mission One

Spacebit 社は、2014 年に立ち上げられた英国のスタートアップである。Asagumo と呼ばれる 1.3kg の小型ローバーを月に送る計画を 2019 年に明らかにした。米国の Astrobotics 社が NASA の CLPS プログラムで 2021 年 7 月に月に送る大型探査機 Peregrine の相乗りとして月に行く予定である。Asagumo の主なミッションは、月表面に Peregrine が着陸した後に Peregrine 探査機から分離して 10m ほど歩き、そこから取得した画像を地上に転送する事である。大きな特徴は、普通のローバーが使っているホイールではなく 4 本の足を使う事である。このミッションが成功すれば英国初の月探査ローバーになる事である。



図 1.4.2.4-1Peregrine と Asagumo の想像図 [1-320]

1.4.2.5 Artemis プログラムの相乗りを用いた CubeSat の月探査ミッション

NASA は、2024 年までに次世代大型ロケット（SLS）と有人探査機のオリオンで月の南極に宇宙飛行士を送る Artemis プログラムを発表した。2021 年には、オリオン探査機の大気圏再突入機能確認を主なミッションとする Artemis-1 を打ち上げる予定である。Artemis-

1 では、13 機の 6U サイズの CubeSat を相乗りさせ、月探査ミッションの機会を提供する。13 機の CubeSat のうち、2 機は日本の CubeSat であり、東京大学の EQUULEUS と JAXA (ISAS) の OMOTENASHI である。本項では日本以外の 11 機の CubeSat のミッションを紹介する。

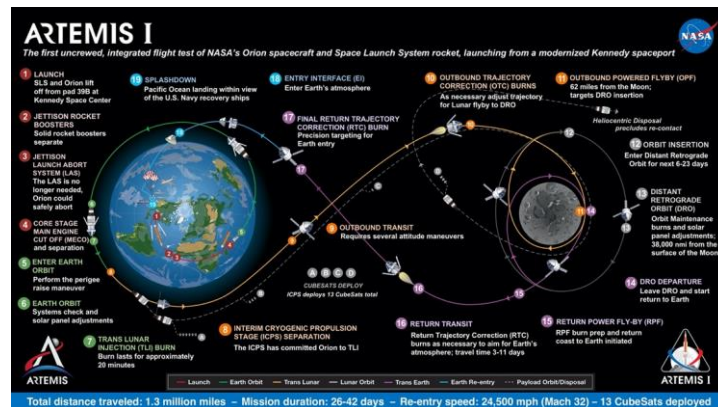


図 1.4.2.5-1 ARTEMIS-1 プログラムの月探査ミッションの概念図 [1-321]

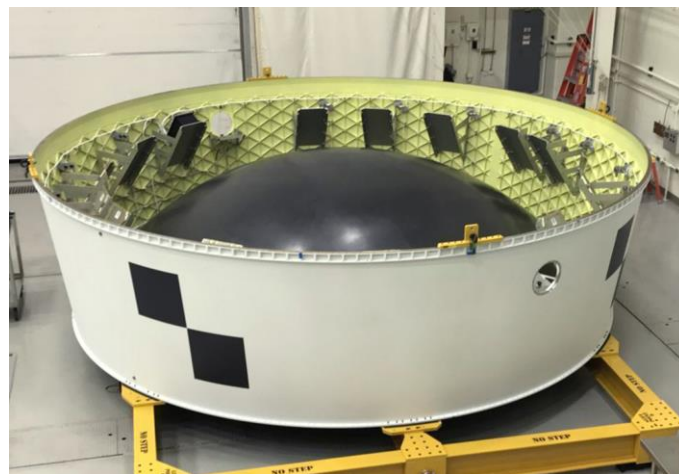


図 1.4.2.5-2 SLS ロケットの CubeSat 放出システム [1-322]

1.4.2.5.1 NEA Scout (Near Earth Asteroid Scout)

NEA Scout は NASA の Marshall Space Flight Center (MSFC) と JPL が開発している小惑星探査用の CubeSat である。この CubeSat はソーラセイルを推進機として小惑星に接近し、小惑星の画像などのデータを取得し、地球局にデータを転送する事を目指している。

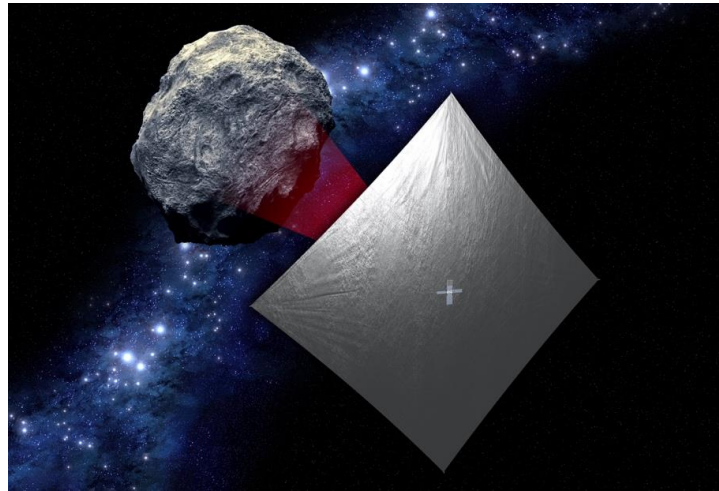


図 1.4.2.5.1-1 NEA Scout と小惑星の予想図 [1-323]

1.4.2.5.2 BioSentinel

BioSentinel は、NASA の Ames Research Center と Johnson Space Center が共同で開発している深宇宙放射線の生命体に対する影響を確認する CubeSat である。衛星の中にはイースト菌があり、約 18 ヶ月に亘って深宇宙放射線によるイースト菌の変化を内蔵している分光計にて測定したデータを転送する。深宇宙の放射線環境は地上では模擬することが難しく、BioSentinel の調査結果が将来の有人探査ミッションに活用される事を目指している。

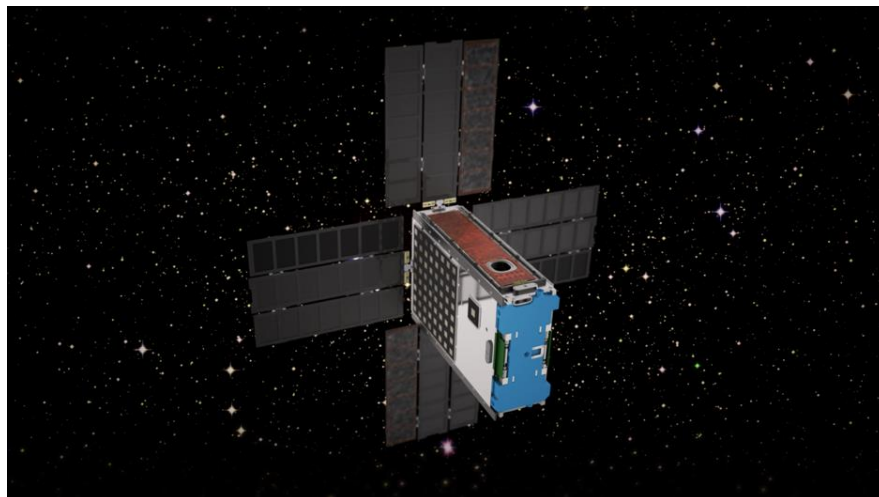


図 1.4.2.5.2-1 BioSentinelCubeSat の CAD 図 [1-324]

1.4.2.5.3 Lunar Flashlight

Lunar Flashlight は、NASA の MSFC と JPL が共同で開発している月面上の資源探査ミッション用の CubeSat である。探査する主な資源は氷の形で月の南極のクレータで存在していると言われる水資源である。この探査のためにレーザを用いた測定機をペイロードとして開発している。

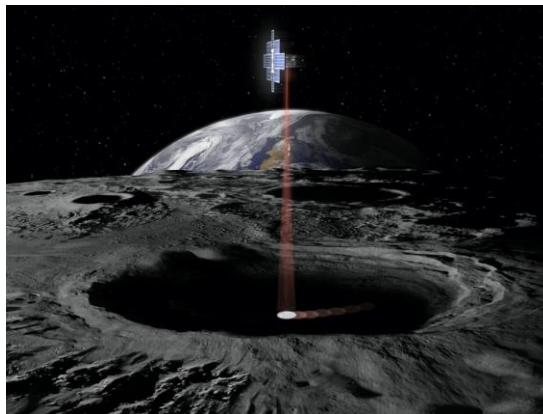


図 1.4.2.5.3-1 Lunar Flashlight によるクレーターの資源探査の予想図 [1-325]

1.4.2.5.4 Lunar IceCube

Lunar IceCube は、米国の Morehead state university が NASA の GSFC の協力をうけて開発している月の水資源探査用の CubeSat である。NASA からの協力は、主に軌道上で水資源を検出する測定機と軌道計算の資料である。衛星の特徴としては、低出力の電気推進機を使うために、月軌道に入るまで約 6 ヶ月の長い時間を要することである。この電気推進機を使った月までの運行実績を、信頼度の高い電気推進機による将来の月探査ミッションに活用する事を期待している。また、衛星の運用を NASA の DSN ではなく、大学が独自に持っている 21m のアンテナを使った地上局で行う予定である。

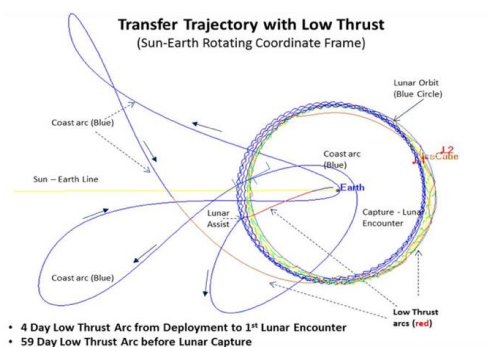


図 1.4.2.5.4-1 Lunar IceCube 衛星とその月までの軌道計画 [1-326][1-327]

1.4.2.5.5 SkyFire

SkyFire は、米国大手衛星メーカーのロッキード・マーティン社(Lockheed Martin)が開発している月のフライバイと月表面の観察をミッションとする CubeSat である。主なペイロードは、赤外線カメラと可視光線のカメラで、特にその赤外線カメラを将来の探査ミッションで使う計画である。また、衛星のセンサ類のデータと熱設計の結果を取得して、深宇宙探査機の開発に活用する事を目指している。

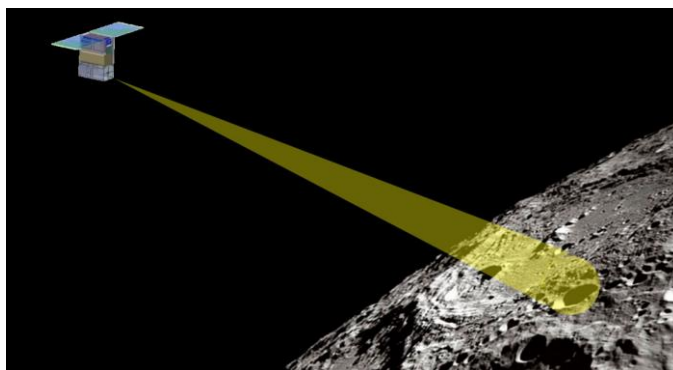


図 1.4.2.5.5-1 SkyFire 衛星による月表面観察の想像図 [1-328]

1.4.2.5.6 CuSP (CubeSat to study Solar Particles)

CuSP は、米国の Southwest Research Institute が開発している太陽風などの宇宙天気観測を行う CubeSat である。宇宙天気を正確に観察するためには数多い観測機を宇宙に送る必要があるが、大型衛星ではほぼ不可能である。CuSP は、その多数の観測機を CubeSat で実現する事を目指しており、CubeSat の性能を軌道上で確認する事を目的にする。衛星のペイロードとしては Southwest Research Institute が開発している太陽からの放射線測定機と NASA の JPL が開発した磁気センサを持っている。

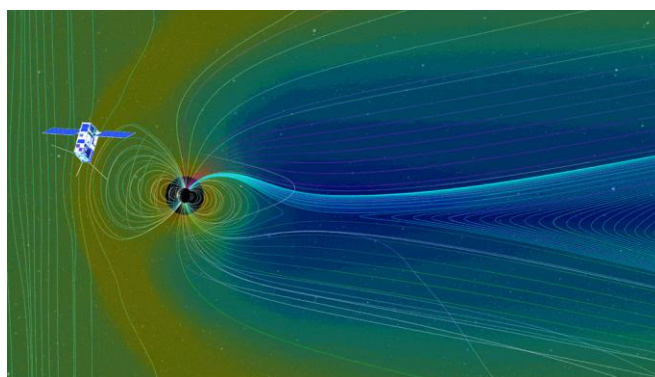


図 1.4.2.5.6-1 CuSP と地球の地磁場の概念図 [1-329]

1.4.2.5.7 LunaH-Map (Lunar Polar Hydrogen Mapper)

LunaH-Map は、米国の Arizona State University が開発している中性子検出機を使って月南極の水素マッピングを行う CubeSat である。月の南極には、大量の水が氷の形で存在すると言われているが、その正確な量と場所はまだわかっていない。LunaH-Map のミッションは約 90 日間で月の南極の水素の分布図を高い分解能で作成することである。



図 1.4.2.5.7-1 LunaH-Map 衛星の CAD 図 [1-330]

1.4.2.5.8 Cislunar Explorer

Cislunar Explorer は、米国の Cornell University が開発している水を使った推進機と光学ナビゲーションシステムの実証を目的とした CubeSat である。Cislunar Explorer は 3U サイズの Cislunar Explorer A と Cislunar Explorer B の 2 機の衛星により 6U サイズの衛星になっている。水を使った推進機は、水を電気分解して出る可燃性のガスを燃料とする物である。光学ナビゲーションシステムは、カメラを使って地球、月、そして太陽の画像を取得して衛星の位置を計測する。

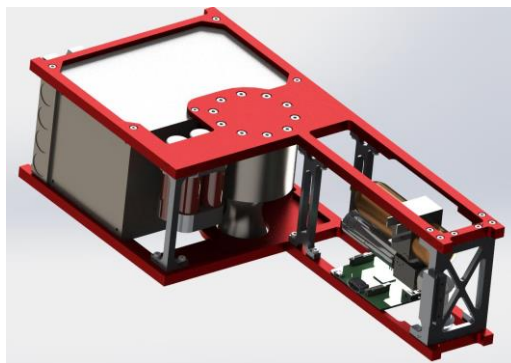


図 1.4.2.5.8-1 Cislunar Explorer の 3D の CAD 図 [1-331]

1.4.2.5.9 CU-E3 (Earth Escape Explorer)

CU-E3 は、米国の University of Colorado Boulder が開発している深宇宙用通信機の実証を主なミッションにする CubeSat である。開発している通信機は、反射型アレーアンテナを用いた物で、X バンド (8.448GHz) のダウンリンクと C バンド (5.182GHz) のアップリンクを目指している。計画によると、月をフライバイした後、地球から約 2 千 7 百万 km までの長距離で性能を評価する。衛星の開発には、小型衛星デバイスメーカーの Blue Canyon Technologies がバス系で参加している。

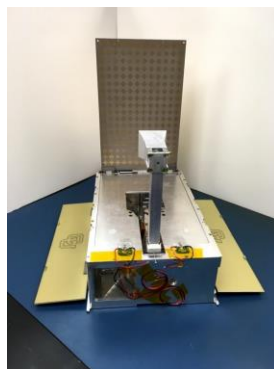


図 1.4.2.5.9-1 CU-E3 衛星のプロトタイプ [1-332]

1.4.2.5.10 Team Miles

Team Miles は、米国の NPO (Non-Profit Organization) の Fluid and Reason LLC が開発したレーザを使ったハイブリッドプラズマ推進機の実証を目的にする CubeSat である。Fluid and Reason LLC は、フロリダ州に 15 人の開発者が集まって立てた団体である。現在は Miles Space Inc 社と言う会社になって開発を続けている。開発した推進機を使って 9 千 6 百万 km まで衛星を送ることを目指し、S バンドの通信機を開発して、そのデータを転送する予定である。



図 1.4.2.5.10-1 Team Miles 衛星の CAD 図 [1-333]

1.4.2.5.11 ArgoMoon

ArgoMoon は、イタリアの Argotec 社がイタリア宇宙機関の ASI と NASA の協力で開発している CubeSat である。主なミッションは、他の CubeSat が放出した後のロケットの放出機構の画像を取得して、放出ミッションの成功を把握する事に使う、又その画像を資料として将来的に活用することである。主ミッションの後には、搭載しているコールドガス推進機を使って離心率が高い地球周辺軌道に入り、地球と月の画像を取得する事を目指している。また、厳しい宇宙環境で Argotec 社が開発した衛星の電子系を評価する事も計画している。

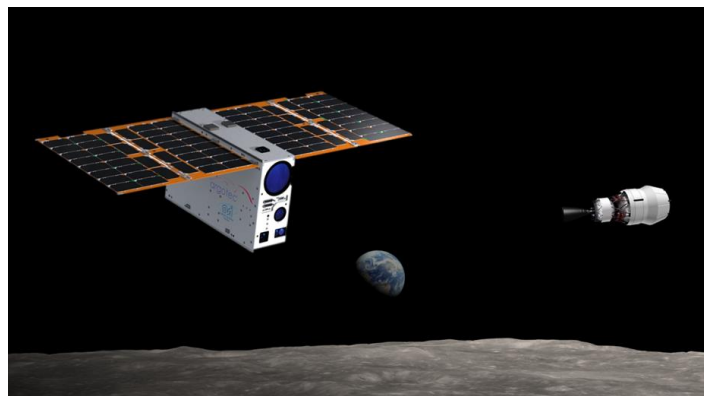


図 1.4.2.5.11-1 ArgoMoon と月の予想図 [1-334]

1.4.3 深宇宙向け超小型衛星関連ビジネスの動向

近年、LEO のミッションだけではなく、深宇宙ミッションでも国家宇宙機関による大型衛星以外に民間の商業用小型衛星を活用することで、開発の効率を上げる傾向が強くなっている。主な理由は、大型探査機ミッションの相乗りの機会が増え、深宇宙向けの超小型衛星の開発の負担が軽くなったこと、超小型衛星の活用で深宇宙探査ミッションの費用を節約することができることなどが挙げられる。この傾向に従って、大型探査機支援の超小型探査機の開発と深宇宙の長距離通信に必要な小型通信機の開発が既に活発に行われている。また、膨大な費用が必要とされることで批判されることが多い宇宙資源採掘ビジネスでは、超小型衛星を使ってその費用を現実的なものにする計画が発表されている。それらのユーザーのニーズに合わせて、既に超小型衛星開発のビジネスモデルで動いている民間企業のみならず、国の深宇宙探査プログラムの成果を基に立ち上げられた企業も、関連ビジネスに参入している。同時に、宇宙機関からの深宇宙探査プログラムの予算が増えていることもあり、深宇宙に関連したビジネスの規模は確実に大きくなっている。

1.4.3.1 Iris V2 CubeSat Deep-Space Transponder

Iris V2 は、CubeSat と NASA の地上局の DSN の間の深宇宙通信用に、NASA の JPL が開発した X バンド通信機である。今までの大型衛星用の X バンド通信機と違って CubeSat に使われる為、0.5U の小さいサイズと 1.2kg の重さ、4W の電波出力の時に 35W の電力を消費するように開発されたものである。NASA の DSN に合わせて、7.2GHz のアップリンクと 8.4GHz のダウンリンクを用いてコマンド、テレメトリ、そしてナビゲーションの役割をすることが出来る。

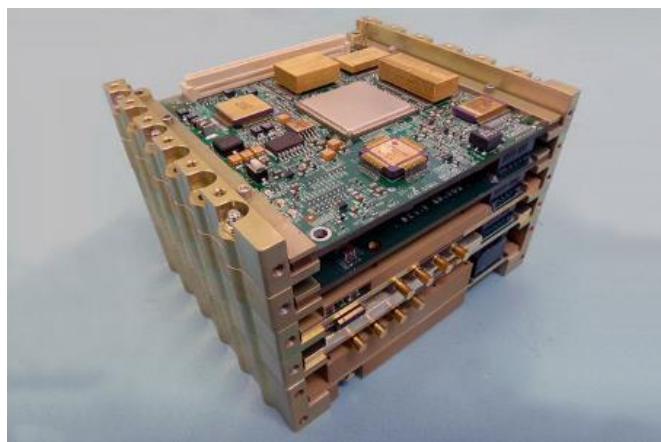


図 1.4.3.1-1 Iris V2 の様子 [1-335]

最初、Iris の通信機は NASA の INSPIRE、EM-1 (Artemis-1) 、そして MarCO の CubeSat プログラムを支援するために開発された物だった。MarCO プログラムにおいて、火星近傍から地球の DSN に対して通信機能を確認済みである。Artemis-1 プログラムでは、既に 6 つの CubeSat (Lunar H-Map、Lunar IceCube、Lunar Flashlight、CuSP、BioSentinel、NEA Scout)がこの通信機を使って開発されている。この実績と深宇宙ミッションには必ず長距離通信機能が必要であることから、近いうちに商業化される可能性が高いと思われる。

1.4.3.2 Lunar Pathfinder

UKSA は、2019 年 11 月スペインで行われた ESA を中心とする Space19+の会議で、宇宙開発に年間 3 億 4700 万£の投資をする事を明らかにした。それに従って、英国の SSTL 社は Lunar Pathfinder 計画を発表した。Lunar Pathfinder 計画は約 280kg の衛星を 2022 年末までに月軌道に置き、月周辺の衛星と地球の間のデータ中継を商業サービスとして有料で提供する事を目指している。月周辺の衛星は UHF と S バンドの通信を使って Lunar

Pathfinder 衛星と通信を行い、Lunar Pathfinder 衛星が X バンドを使ってそのデータを地球に転送する仕組みである。この Lunar Pathfinder が使えば、月周辺に送る超小型衛星に複雑な地球との通信機能を入れる必要がないので超小型衛星による月関連ミッションの開発負担がより軽くなることが期待できる。また、地球と直接通信ができない月の裏面にある衛星も地球との通信が可能になる。

米国の Artemis プログラムなどで、月に対するミッションが活発に行われており、近い将来に超小型衛星を含めて多数の衛星が月に行くことが予想されている。SSTL 社は Lunar Pathfinder 衛星が成功した後、2028 年頃に月軌道に複数の衛星によるコンステレーションサービスを始めて、月周辺の衛星にナビゲーション機能を提供する事をビジネスモデルとして考えている。



図 1.4.3.2-1 Lunar Pathfinder の想像図 [1-336]

1.4.3.3 深宇宙探査機バスシステム Explorer

米国の Bradford Space 社は、ユーザーが安価で深宇宙探査ミッションを実現することを可能にする Explorer と呼ばれるバスシステムを商品として提供している。Bradford Space 社によると、この Explorer のバスシステムを使えば、ユーザは 10kg 程度のペイロードを開発するだけで深宇宙に対するミッションが可能になる。ただ、深宇宙での動作を可能にするために、衛星全体は 1m 位の立方体形状で約 300kg の重さを持つことになる。尚、Bradford Space 社は深宇宙に対するビジネスを拡大するために、2019 年 1 月 Deep Space Industries 社を買収した。

Explorer バスシステムの主な使用は以下の様である。

- 最大 5000 [m/sec] の ΔV
- 地球から 2.5 [AU]までの距離まで運用可能
- 1[AU]において最大電力 500 [W]
- 2[AU]において最大 1 [kbps]の通信速度
- 64 [GBytes]のメモリ
- 3 年以上の設計寿命



図 1.4.3.3-1 Explorer バスシステムの CAD 図 [1-337]

1.4.3.4 Planetary Resources 社（ConsenSys Space 社、Mode One 社）

Planetary Resources 社は、米国の小惑星マイニング（採掘）ビジネスを目指して、2009 年 1 月 Arkyd Astronautics と呼ばれる会社からスタートした。小惑星に探査機を送り、主に水を燃料として他の探査機に提供する燃料基地の建設、小惑星の高価な資源を地球に持って帰るサンプルリターンを目指した。短期的目標としては、地球軌道で 30kg~50kg までの超小型衛星による望遠鏡衛星を打ち上げ、地球に近い小惑星を探索する事をビジネスモデルとした。その望遠鏡衛星の実証機として、3U の CubeSat の Arkyd-3 を 2016 年に、6U の CubeSat の Arkyd-6 を 2018 年に LEO に送って衛星の機能確認を行なった。

しかしながら、2018 年 10 月に Planetary Resources 社は資金調達がうまくいかず、ConsenSys Space 社に買収される事になった。ConsenSys Space 社は暗号通貨のイーサリアム（Ethereum）と関係が深いブロックチェーン技術会社で、同じ小惑星マイニング会社の DSI が宇宙関係の Bradford Space 社に買収されたことはあったが、宇宙とは関係が無い会社が Planetary Resources の資産を買収したことで大勢の人が疑問を持っていた。2019

年 10 月 ConsenSys Space 社は、衛星のトラッキング機能を提供するオープンソースのソフトウェアの TruSat プロジェクトを発表した。数 10 人が働いていた Planetary Resources 社であるが、現在は 7 人だけが残って作業を続けている模様である。ConsenSys Space 社は、この TruSat のトラッキングソフトで利益を得ることは考えて無いが、プロジェクトで確保したデータを基にして、将来的に衛星トラッキング管理サービスで活用する事を狙っている。その衛星トラッキング管理サービスに、ConsenSys Space 社のブロックチェーン技術を使う事で会社の売却を企図している。結局、小惑星マイニングのビジネスは ConsenSys Space 社としては考えていないと思われる。

一方、ConsenSys Space 社への売却の時、Planetary Resources 社を辞めた 11 人の技術者が中心となって Mode One と呼ばれる会社が立ち上げられた。Planetary Resources 社では、2016 年まで 5 千万米国\$の大きい投資を確保したが、あまりにも遠い未来に利益が期待できると言われて連続的に投資を維持するのが出来なかった事を反省して、Planetary Resources 社での経験を宇宙だけではなく他の産業にも技術支援の形で提供して会社の収益源を作った模様だ。小惑星マイニングで意味がある収益が期待できるまでには、20 年以上の長い時間が必要だと言われていた。20 年という時間は、スタートアップへの投資家が投資を回収する時間より遥かに長い。Mode One 社は約 40 ケースのプロジェクトを行い、顧客の詳細な情報は公開されていないが、技術支援だけではなく政治団体へのコンサルティングまでしながら会社の収益を維持する事に注意している。最近では 14 人まで会社のサイズを増やして、アリゾナ州立大学との協力で月探査ローバーの開発を計画している。その開発計画で、NASA の CLPS プログラムに参加する戦略で、小惑星マイニングに取り組んだ時の経験を他の深宇宙探査ビジネスに生かすつもりである。

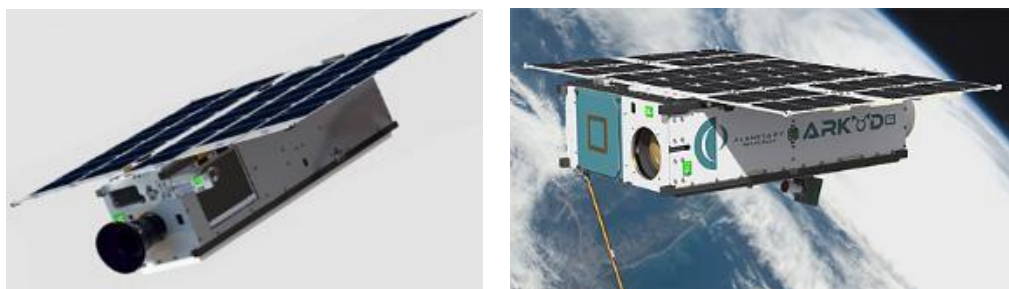


図 1.4.3.4-1 Arkyd 3 と Arkyd 6 の CAD 図 [1-338] [1-339]

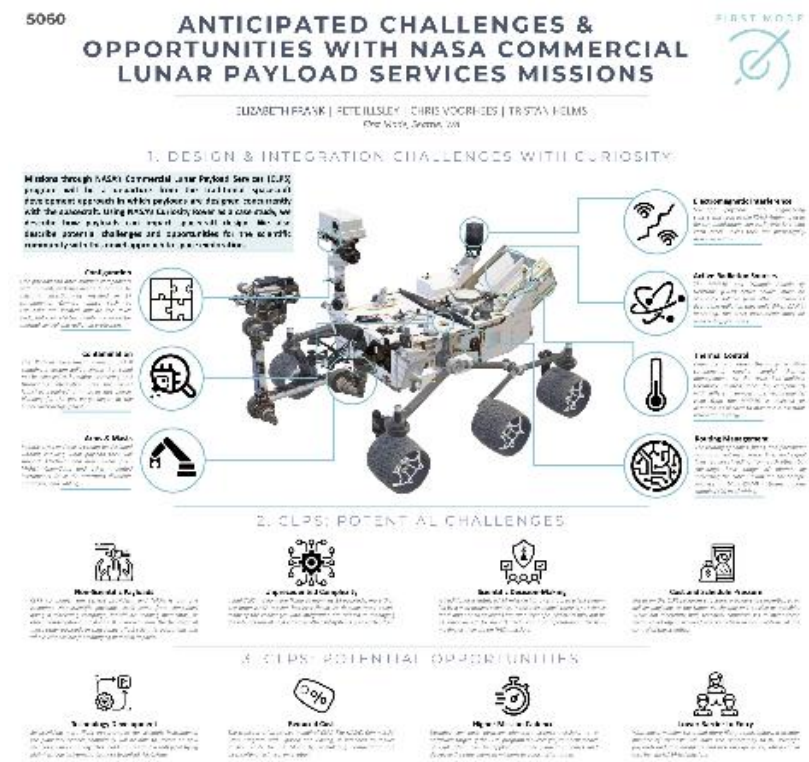


図 1.4.3.4-2 First Mode 社の月探査ローバーの紹介図 [1-340]

1.4.3.5 Asteroid Mining Corporation

英国の Asteroid Mining Corporation は、2016 年 3 月に立ち上げられた会社で 2028 年までに地球近傍の小惑星を見つけて探査機を送り、20t のプラチナを採掘して地球に持ち帰る事を最終目標にしている。その前段階として、2020 年に APS-1 という超小型分光観測衛星を打ち上げて 5000 個までの NEA を見つけ、2023 年には AEP-1 と呼ばれるソーラセールを搭載した超小型衛星を目標の小惑星まで送るという計画を立てている。ただ、実際に衛星の開発がどこまで進んでいるのかは不明である。

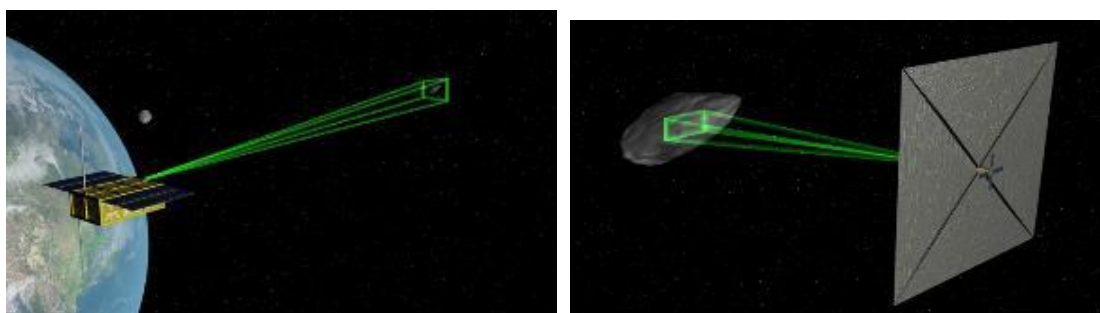


図 1.4.3.5-1 APS-1 と AEP-1 衛星の CAD 図 [1-341]

1.4.3.6 Offworld 社の小型ローバー

米国のスタートアップ企業の Offworld 社は、月、火星、小惑星に自社の小型ローバーを送って資源の探査と採掘作業をする計画を発表している。

有人探査ミッションでは安全性が常に課題であるが、この約 53kg のローバーを遠隔操作することで安全性を高めることができると説明している。このローバーの開発のために、25 人程度のチームがロボットの開発とロボットの自律作業に必要な人工知能システムの開発作業を進めている。Offworld 社によると、このローバーは資源探査だけではなく、厳しい宇宙環境での作業を宇宙飛行士の代わりにすることが可能で、宇宙利用・探査のリスクを大幅に下げることができると言っている。他の作業にも柔軟に対応する為に、ローバーはモジュール化をベースに設計されている。ただ、具体的な開発状況はまだ公開されていない状況である。



図 1.4.3.6-1 Offworld 社の作業用ローバー [1-342]

1.4.3.7 NASA の CLPS プログラム

NASA の CLPS プログラムは、様々なペイロードを月表面まで送る事を民間に委託することによって、有人月探査ミッションの Artemis プログラムを支援しようとするものである。2018 年 11 月から始まったこのプログラムで、1 回目に月までペイロードを送る月探査機を開発する会社として、Peregrine 探査機の Astrobotic 社と Nova-C 探査機の Intuitive Machines 社が 2019 年 5 月に選ばれた。この 2 社は、2021 年 7 月に月探査機を送る契約を NASA と結んでその開発作業に取り込んでいる。自力で月までの軌道制御を行い月表面に着陸する機能を持つ為に、Astrobtic 社の Peregrine 探査機は 1,283kg、Intuitive Machines 社の Nova-C は 1,500kg の重さの大型探査機となっている。そのため、CLPS プログラム自体は超小型月探査機とは言い難いが、超小型月探査機に相乗りの機会を提供するために、大型

探査機を支援する超小型探査機の開発に大きく関連している。NASA はこの CLPS プログラムに関して、2028 年 11 月まで 26 億米国\$の予算を使う予定である。



図 1.4.3.7-1 CLPS プログラムの月ランダーの想像図 [1-343]

参考文献

- [1-1] Thinking Inside the Box Achieving Science with CubeSats
<https://www.nap.edu/catalog/23503/achieving-science-with-cubesats-thinking-inside-the-box>
- [1-2] NASA Strategic Plan 2018, https://www.nasa.gov/sites/default/files/6-nasa_2018_strategic_plan.pdf
- [1-3] NASA Small Spacecraft Strategic Plan,
<https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/smallsatstrategicplan.pdf>
- [1-4] <https://www.nasa.gov/feature/ames/nasa-selects-universities-for-collaborative-development>
- [1-5] CubeSat Launch Initiative, <https://www.nasa.gov/content/about-cubesat-launch-initiative>
- [1-6] B. Lal et al., Trends in Small Satellite Technology and the Role of the NASA Small Spacecraft Technology Program Final Update to the NASA Advisory Committee Technology, Innovation and Engineering Committee, (2017).
- [1-7] Trends in Small Satellite Technology and the Role of the NASA Small Spacecraft Technology Program,
https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nac_march2017_blal_ida_sstp_tagged.pdf
- [1-8] 2016 年 12 月 7 日付 NASA Press Release (<https://www.nasa.gov/press->

release/nasa-announces-first-geostationary-vegetation-atmospheric-carbon-mission)

- [1-9] R.M. Millan et al., Small satellites for space science A COSPAR scientific roadmap, *Advances in Space Research* 64 (2019) 1466–1517.
- [1-10] CYGNSS project, <https://www.nasa.gov/cygnss>
- [1-11] Rocket Lab will launch a satellite to the Moon for NASA to prepare for the Lunar Gateway, <https://techcrunch.com/2020/02/14/rocket-lab-will-launch-a-satellite-to-the-moon-for-nasa-to-prepare-for-the-lunar-gateway/>
- [1-12] STMD:Small Spacecraft Technology,
https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/small_spacecraft/index.html
- [1-13] Space Technology Mission Directorate,
<https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/home/index.html>
- [1-14] European Space Policy,
https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/European_Space_Policy
- [1-15] 2020 年度 ESA 予算配分,
https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/Funding
- [1-16] Technology CubeSats,
https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Technology_CubeSats
- [1-17] 欧州宇宙技術マスタープラン,
https://esamultimedia.esa.int/docs/technology/ESTMP_2019_Space19plus_brochure_edition.pdf
- [1-18] ESA Roadmap on Interplanetary CubeSats,
<https://icubesat.files.wordpress.com/2019/05/a.1.1.201905271140-walker.pdf>
- [1-19] <http://www.parabolicarc.com/2019/04/04/esa-sets-cubesat-central-smaller-space-missions/>
- [1-20] http://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/ESA_s_CubeSat_central_for_smaller_missions_into_space
- [1-21] <https://www.gov.uk/government/publications/national-space-policy>
- [1-22] <https://www.gov.uk/government/publications/uk-space-agency-corporate-plan-2019-20>
- [1-23] <https://www.sstl.co.uk/media-hub/latest-news/2013/uk%E2%80%99s-space->

- innovation-and-growth-strategy-2014-203
- [1-24] http://www.inaf.it/it/sedi/sede-centrale-nuova/consiglio-scientifico/archivio_verbali/2019/documento-visione-strategica/view
- [1-25] https://plataforma-aeroespacial.es/wp-content/uploads/2018/10/Agenda-Estrat%C3%A9gica-de-IDi-en-Espacio_versi%C3%B3n1.1.pdf
- [1-26] <https://www.cdti.es/index.asp?MP=6&MS=797&MN=3>
- [1-27] https://www.dlr.de/rd/en/Portaldata/28/resources/dokumente/Raumfahrtstrategie_en.pdf
- [1-28] https://www.dlr.de/rd/en/desktopdefault.aspx/tabid-8189/14005_read-35602/
- [1-29] <https://www.emi.fraunhofer.de/en/business-units/space/research/nanosatellite-space-technology.html>
- [1-30] <https://www.romsenter.no/eng?module=>
- [1-31] <http://bulgarianspace.online>
- [1-32] National Space Program in Bulgaria(2020-2025) “Space Research, Technology & Applications”, UNISEC Bulgaria, https://www.unisec-global.org/pdf/uniglo7/day2/2_regional_report/1_bulgaria.pdf
- [1-33] <https://www.spaceoffice.nl/en/activities/technology/roadmaps/>
- [1-34] <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.IAC-06-B5.6.13>
- [1-35] <https://www.spaceforum.com/prof-dr-shufan-wu-school-aeronautics-astronautics-shanghai-jiao-tong-university/>
- [1-36] <https://www.ictspring.com/site/assets/files/5301/spaceforum-swu-21052019.pdf>
- [1-37] <http://www.microsate.com/index.html>
- [1-38] <http://www.sast.spacechina.com/>
- [1-39] <https://spaceflightnow.com/2019/07/25/chinese-private-company-reaches-orbit-for-first-time/>
- [1-40] <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/cubesat/default.asp>
- [1-41] <https://www.keldysh.ru/events/ovch.pdf>
- [1-42] <https://tass.ru/kosmos/6944606>
- [1-43] <http://lib.tssonline.ru/articles2/sputnik/malye-sputniki-v-sovremennoy-kosmicheskoy-deyatelnosti>
- [1-44] <http://lib.tssonline.ru/articles2/sputnik/federalnoy-kosmicheskoy-programmy-rf-do-2026-g>

- [1-45] <http://lib.tssonline.ru/articles2/sputnik/malye-sputniki-v-sovremennoy-kosmicheskoy-deyatelnosti>
- [1-46] https://www.roscosmos.ru/media/img/2020/FEB/poradok.universat.27_12_2019.pdf
- [1-47] <https://www.roscosmos.ru/23836/>
- [1-48] Приказ генерального директора Госкорпорации «Роскосмос» от 27.12.2019 № 453, <https://www.roscosmos.ru/23836/>
- [1-49] 제 2 차 위성정보활용종합계획(2019~2023) 2019 년도 시행계획, 과학기술정보통신부 거대공공연구정책관 우주기술과、報道資料 (<http://dongascience.donga.com/news.php?idx=26192>)
- [1-50] <https://www.asiae.co.kr/article/2018030514305125363>
- [1-51] <https://www.kari.re.kr/kor.do>
- [1-52] 韓国の宇宙政策の概要，宇宙航空研究開発機構 調査国際部,2013 年 8 月 9 日
- [1-53] https://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?catelId=_policycom2&artId=2604905
- [1-54] <https://www.youtube.com/watch?v=jHSuWOGOa00>
- [1-55] 關係省庁合同,第 2 次衛星情報活用綜合計画 (2019~2023) 2019 年度施行計画、<http://www.korea.kr/common/download.do?tblKey=EDN&fileId=188558980>
- [1-56] http://satrec.kaist.ac.kr/e_02_09.php
- [1-57] http://satrec.kaist.ac.kr/03_08.php
- [1-58] https://www.yonsei.ac.kr/sc/intro/pressrel.jsp?article_no=170148&mode=view
- [1-59] <http://www.aeb.gov.br/espaco-educacao-e-tecnologia/serpens/>
- [1-60] 林と北陽、「南アフリカの科学技術情勢」、JST・CRDS 資料、2015 年 12 月
- [1-61] DST と SANSA の ANNUAL STRATEGIC PLAN 2015/2020
- [1-62] <https://www.narlabs.org.tw/en/xmdoc/cont?xsmsid=01160457997407279810&sid=0J063593242777706815>
- [1-63] <http://www.nspo.narl.org.tw/>
- [1-64] <https://www.narlabs.org.tw/en/xmdoc/cont?xsmsid=01160457997407279810&sid=0J063593242777706815>
- [1-65] <https://www.spaceworks.aero/wp-content/uploads/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-9th-Edition-2019.pdf>

- [1-66] Laboratory of Space Environment Interaction Engineering, LaSEInE, Kyushu Institute of Technology, Kyushu Institute of Technology Nano-Satellite Database, Kitakyushu, Japan, 2019.
- [1-67] EuroConsult, Prospects for the Small Satellite Market, 2019.
- [1-68] NASA, National Aeronautics and Space Administration, «CubeSats Overview,» 15 February 2018. https://www.nasa.gov/mission_pages/cubesats/overview. [Consultato il giorno 16 January 2020].
- [1-69] Polytechnic University of California San Luis Obispo, Cal Poly, «Poly sat,» , <http://www.polysat.org/>. [Consultato il giorno 16 January 2020].
- [1-70] University of Michigan, «The Michigan eXploration Laboratory,» https://exploration.engin.umich.edu/blog/?page_id=4. [Consultato il giorno 16 January 2020].
- [1-71] European Space Agency, “ESA Space19+ Ministerial Council - Budget Charts,” November 2019. [Online]. Available: https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/Space19plus_charts.pdf. [Access: 21 February 2020].
- [1-72] European Space Agency, “Technology CubeSats,” [Online]. Available: https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Technology_CubeSats. [Access: 18 12 2019].
- [1-73] European Space Agency, ESA, “The ESEO Mission,” [Online]. Available: http://www.esa.int/Education/ESEO/The_ESEO_Mission. [Access: 15 January 2020].
- [1-74] “Clyde Space has been acquired by AAC Microtec,” [Online]. Available: <https://www.livingstonepartners.com/en-us/transactions/clyde-space-acquired-aac-microtec/>.
- [1-75] “UKube-1,” [Online]. Available: <http://spaceflight101.com/spacecraft/ukube-1/>.
- [1-76] L. O. F. P. a. E. S. A. M. De Maria, “Italy in Space 1946-1988,” 3 2003. [Online]. Available: https://www.esa.int/esapub/hsr/HSR_30.pdf. [Access: 14 1 2020].
- [1-77] Italian Space Agency, “Provisional budget for 2019,” [Online]. Available: <https://trasparenza.strategicpa.it/asi/archivio/23945-anno-2019/doc/1940>. [Access: 21 2 2020].

- [1-78] European Space Agency, "ESA Space19+ Ministerial Council - Budget Charts," 11 2019. [Online]. Available:
https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/Space19plus_charts.pdf.
- [1-79] European Space Agency, "Space19plus," [Online]. Available:
https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/Space19plus_charts.pdf. [Access: 7 1 2020].
- [1-80] Xataka, "España aportará 1.543 millones de euros en la Agencia Espacial Europea con el mayor presupuesto de la historia," [Online]. Available:
<https://www.xataka.com/espacio/espana-invertira-1-543-millones-euros-agencia-espacial-europea-proximos-seis-anos-586-millones-esperado>. [Access: 7 1 2020].
- [1-81] Efe, "España aportará 1.543 millones a la Agencia Espacial Europea," [Online]. Available: <https://www.efe.com/efe/espana/efefuturo/espana-aportara-1-543-millones-a-la-agencia-espacial-europea/50000905-4106321>. [Access: 7 1 2020].
- [1-82] Aistechspace, "aistechspace homepage," [Online]. Available:
<https://aistechspace.com/>. [Access: 19 3 2020].
- [1-83] GOMSpace, "GOMSpace.com," [Online]. Available:
<https://GOMSpace.com/aistech.aspx>.
- [1-84] <https://www.dlr.de/rd/en/desktopdefault.aspx>
- [1-85] Norwegian Space Agency, "Norway's Satellites," [Online]. Available:
<https://www.romsenter.no/eng/Norway-in-Space/Norway-s-Satellites>. [Access: 15 1 2020].
- [1-86] Norwegian Space Agency, "A Brief Overview," [Online]. Available:
<https://www.romsenter.no/eng/Norway-in-Space/A-Brief-Overview>. [Access: 15 1 2020].
- [1-87] Norwegian Space Agency, "Spaceport Norway 2017: the Norwegian Space Center Role," [Online]. Available:
<https://business.esa.int/sites/default/files/Spaceport%20Norway%20Conference%20-%20Norwegian%20Space%20Centre.pdf>. [Access: 15 1 2020].
- [1-88] European Space Agency, "ESA Space19+ Ministerial Council - Budget Charts," 11 2019. [Online]. Available:
https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/Space19plus_charts.pdf. [Access: 21 2 2020].

- [1-89] *China's booming private aerospace industry*,
http://www.china.org.cn/opinion/2019-09/04/content_75170364.htm Accessed January 18, 2020.
- [1-90] *Chinese satellite startups Galaxy Space, MinoSpace secure new funding*,
<https://spacenews.com/chinese-satellite-startups-galaxy-space-minospace-secure-new-funding/> Accessed January 18, 2020.
- [1-91] <http://en.spacety.com/86-392.html> Accessed January 19, 2020.
- [1-92] <https://unofficialchina.blog/china-successfully-launches-six-satellites-in-one-launch/> Accessed January 19, 2020.
- [1-93] http://www.xinhuanet.com/english/2019-07/03/c_138195322.htm Accessed January 19, 2020.
- [1-94] <http://www.spacetecheexpo.eu/resources/news-and-editorial/news-container/2018/12/11/staying-ahead-of-the-trends-in-the-private-aerospace-industry-in-china/> Accessed January 19, 2020.
- [1-95] <http://www.cubesatgarage.com/#section-1> Accessed January 19, 2020.
- [1-96] <https://www.crunchbase.com/organization/guoxing-aerospace> Accessed January 19, 2020.
- [1-97] http://www.charmingglobe.com/EWeb/about_tw.aspx?id=9 Accessed January 19, 2020.
- [1-98] <https://www.insightsonindia.com/2019/01/01/space-activities-bill-2017/>.
- [1-99] N. Goswami and P. Garretson, "Critical Shifts in India's Outer Space Policy," *The Diplomat*.
- [1-100] "Budget 2019: ISRO open for business, new commercial arm to harness economic benefits of ISRO."
- [1-101] "CANX-1: CANADA'S FIRST NANOSATILLITE," University of Toronto Institute for Aerospace Studies, 25 Jan 2014. [Online]. Available: https://www.utias-sfl.net/?page_id=393. [Accessed 3 Mar 2020].
- [1-102] "About SFL: History and Highlights," University of Toronto Institute for Aerospace Studies, [Online]. Available: https://www.utias-sfl.net/?page_id=252. [Accessed 3 Mar 2020].
- [1-103] "Organization: Canadian Space Agency," Canadian Space Agency, 28 Feb 2018. [Online]. Available: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/about/csa-organization.asp>. [Accessed 03 Mar 2020].

- [1-104] "Canadian CubeSat Project," Canadian Space Agency, 05 12 2018. [Online]. Available: <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/cubesat/what-is-the-canadian-cubesat-project.asp>. [Accessed 3 Mar 2020].
- [1-105] H. J. Kramer, "BRITE Austria," eoPortal, [Online]. Available: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/brite-austria>. [Accessed 05 Mar 2020].
- [1-106] O. Koudelka, G. Egger, B. Josseck, N. Deschamp, C. Cordell Grant, D. Foisy, R. Zee, W. Weiss, R. Kuschnig, A. Scholtz, W. Keim, "TUGSAT-1/BRITE-Austria—The first Austrian nanosatellite," *Acta Astronautica*, vol. 64, no. 11-12, pp. 1144-1149, 2009.
- [1-107] European Space Agency, "ESA Space19+ Ministerial Council - Budget Charts," November 2019. [Online]. Available: https://esamultimedia.esa.int/docs/corporate/Space19plus_charts.pdf. [Accessed 21 February 2020].
- [1-108] Finland's Ministry of Employment and Economy, "The National Strategy for Finland's Space Activities in 2013-2020 - to space through Europe, Global Benefits and Prosperity to Finland from space activities," October 2014. [Online]. Available: <https://tem.fi/documents/1410877/3437254/Finlands+Space+Strategy+for+years+2013+2020+27102014.pdf>. [Accessed 14 January 2020].
- [1-109] <https://www.sscspace.com/about-ssc/finances/>
- [1-110] https://www.rymdstyrelsen.se/contentassets/2cc9303ee44745af92ac6804b4d78a3a/svenska_satellitregistret_2017_juni.pdf
- [1-111] <http://www.space.aau.dk/cubesat/mission1.html> Accessed: January 4, 2020.
- [1-112] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/dtusat.htm Accessed: January 4, 2020.
- [1-113] <http://GOMSpace.com/the-story.aspx> Accessed: January 4, 2020.
- [1-114] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aausat3> Accessed: January 5, 2020.
- [1-115] <http://www.space.aau.dk/aausat6/index.php?n=Main.Proposals> Accessed: January 5, 2020.
- [1-116] <https://projects.au.dk/ausat/delphini1/whatisdelphini-1/> Accessed: January 5, 2020.

- [1-117] <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/gatoss> Accessed: January 5, 2020.
- [1-118] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/gomx-2.htm Accessed: January 5, 2020.
- [1-119] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/gomx-3> Accessed: January 5, 2020.
- [1-120] http://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Tiny_CubeSat_tracks_worldwide_air_traffic Accessed: January 5, 2020.
- [1-121] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/gomx-4> Accessed: January 5, 2020.
- [1-122] http://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Technology_CubeSats Accessed: January 5, 2020.
- [1-123] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/gomx-5.htm Accessed: January 5, 2020.
- [1-124] <https://news.cision.com/GOMSpace-a-s/r/GOMSpace-and-esa-sign-contract-to-initiate-work-on-new-gomx-mission,c2704823> Accessed: January 5, 2020.
- [1-125] <https://GOMSpace.com/the-story.aspx> Accessed: January 5, 2020.
- [1-126] [https://GOMSpace.com/about-GOMSpace-\(1\).aspx](https://GOMSpace.com/about-GOMSpace-(1).aspx) Accessed: January 5, 2020.
- [1-127] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/aistechsatsat-1.htm Accessed: January 5, 2020.
- [1-128] <https://GOMSpace.com/aistech.aspx> Accessed: January 5, 2020.
- [1-129] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/hydra-1.htm Accessed: January 5, 2020.
- [1-130] <https://www.satellitetoday.com/mobility/2019/08/30/GOMSpace-delivers-for-maritime-surveillance-customer/> Accessed: January 5, 2020.
- [1-131] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/starling.htm Accessed: January 5, 2020.
- [1-132] <http://www.space.aau.dk/cubesat/> Accessed: January 5, 2020.
- [1-133] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aausat-2> Accessed: January 5, 2020.
- [1-134] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/dtusat-2> Accessed: January 5, 2020.
- [1-135] <http://www.space.aau.dk/aausat5/> Accessed: January 5, 2020.
- [1-136] <http://www.space.aau.dk/aausat4/> Accessed: January 5, 2020.
- [1-137] *RESEARCH2025 (promising future research areas) catalogue*, Danish Agency for Science and Higher Education, July 18, 2018.

https://ufm.dk/en/publications/2018/filer/forsk25_katalog_eng_enkelt.pdf Accessed:

December 30, 2019.

- [1-138] <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/210296/1/PresentationOUFTI2-FYS-20170503.pdf>
- [1-139] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/brite-austria>
- [1-140] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/unibrite.htm
- [1-141] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/pegasus_qb50.htm
- [1-142] <https://spaceteam.at/cubesats/cubesat/?lang=en>
- [1-143] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cubebel-1.htm
- [1-144] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/oufti-1.htm
- [1-145] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/o/oufti-1>
- [1-146] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/qb50p1.htm
- [1-147] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/qb50p2.htm
- [1-148] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/endurosat-a.htm
- [1-149] <https://www.spaceedu.net/#filter=.about>
- [1-150] <https://www.spaceedu.net/#filter=.curriculum>
- [1-151] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/vzlusat-1.htm
- [1-152] <http://vzlusat1.cz/en/about-vzlusat-1/6/a/>
- [1-153] <http://vzlusat1.cz/en/mission/>
- [1-154] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/estcube-1.htm
- [1-155] <https://www.ttu.ee/projects/mektory-eng/satellite-programme-3/>
- [1-156] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/ttu100.htm
- [1-157] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lambdasat>
- [1-158] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/lambdasat.htm
- [1-159] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/duthsat.htm
- [1-160] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/upsat.htm
- [1-161] <https://upsat.gr/>
- [1-162] https://www.esa.int/About_Us/Corporate_news/Hungary_accedes_to_ESA_Convention2
- [1-163] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/masat-1.htm
- [1-164] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/masat-1>
- [1-165] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/smog-p.htm
- [1-166] <https://www.nanosats.eu/sat/smog-p>

- [1-167] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/venta-1.htm
- [1-168] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/venta-1>
- [1-169] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/lituanicasat-1.htm
- [1-170] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lituanicasat-1>
- [1-171] <https://nanoavionics.com/projects/lituanicasat-1-satellite-mission/>
- [1-172] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/litsat-1.htm
- [1-173] <http://www.litsat1.eu/en/about-project/litsat-1/>
- [1-174] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/lituanicasat-2.htm
- [1-175] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lituanicasat-2>
- [1-176] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/delfi-c3.htm
- [1-177] <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/d/delfi-c3>
- [1-178] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/delfi-next.htm
- [1-179] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/delfi-n3xt>
- [1-180] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/brite-pl.htm
- [1-181] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/brite-poland>
- [1-182] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/pw-sat-1.htm
- [1-183] <https://pw-sat.pl/pw-sat/>
- [1-184] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/pw-sat-2.htm
- [1-185] <https://pw-sat.pl/projekt/>
- [1-186] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/kraksat.htm
- [1-187] <https://www.kraksat.pl/space/>
- [1-188] <https://spacenews.com/satrevolution-to-launch-polands-first-satellite-plant/>
- [1-189] <https://satrevolution.com/projects/kraksat/>
- [1-190] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/goliat.htm
- [1-191] <http://web.rosa.ro/index.php/en/news-menu/eventimente/537-launch-of-goliat-nanosatellite>
- [1-192] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/goliat>
- [1-193] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/skcube.htm
- [1-194] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/skcube>
- [1-195] <http://www.skcube.sk/skcube/>
- [1-196] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/swisscube.htm
- [1-197] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/swisscube>
- [1-198] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/tisat-1.htm

- [1-199] <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/tisat-1>
- [1-200] <http://www.spacelab.dti.supsi.ch/tiSat1.html>
- [1-201] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/polyitan-1.htm
- [1-202] <http://www.cubesat.org.ua/en/nano-satellites/polyitan-1>
- [1-203] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/polyitan-2-sau.htm
- [1-204] <https://luxspace.lu/> Accessed January 17, 2019.
- [1-205] <https://luxspace.lu/value-chain-and-positioning/> Accessed January 17, 2019.
- [1-206] <https://luxspace.lu/vesselsat-1-2-3-years-in-orbit-mission-completed-still-counting/> Accessed January 17, 2019.
- [1-207] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/vesselsat-1.htm
- [1-208] <https://luxspace.lu/luxspace-and-orbcomm-awarded-with-multi-year-contract-by-european-maritime-safety-agency/> Accessed January 17, 2019.
- [1-209] [Maritime microsatellite ESAIL to test the waters as launch contract is signed
https://luxspace.lu/maritime-microsatellite-esail-to-test-the-waters-as-launch-contract-is-signed/](https://luxspace.lu/maritime-microsatellite-esail-to-test-the-waters-as-launch-contract-is-signed/) Accessed January 17, 2019.
- [1-210] [PEASSS in Space – PiezoElectric Assisted Smart Satellite
https://www.tno.nl/en/focus-areas/industry/roadmaps/space-scientific-instrumentation/space-based-astronomy/peasss-in-space-piezoelectric-assisted-smart-satellite/](https://www.tno.nl/en/focus-areas/industry/roadmaps/space-scientific-instrumentation/space-based-astronomy/peasss-in-space-piezoelectric-assisted-smart-satellite/) Accessed January 17, 2019.
- [1-211] <https://www.space4p.com/> Accessed January 17, 2019.
- [1-212] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/dido-1.htm
- [1-213] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/dido-3.htm
- [1-214] <https://business.esa.int/news/hiber-%E2%80%93-how-pie-sky-became-reality>
Accessed January 17, 2019.
- [1-215] <https://www.isispace.nl/news/isis-selected-provide-two-6-unit-cubesats-dutch-iot-service-provider-hiber/>
- [1-216] <https://www.isispace.nl/> Accessed January 17, 2019.
- [1-217] <https://www.isispace.nl/about-us/history/> Accessed January 17, 2019.
- [1-218] <https://www.astrocast.com/company/?mobile=0> Accessed January 17, 2019.
- [1-219] <https://www.astrocast.com/products-astronode-s/#> Accessed January 17, 2019.
- [1-220] <https://nanoavionics.com/about/> Accessed January 17, 2019.

- [1-221] <https://nanoavionics.com/news/nanoavionics-supports-education-upcoming-space-explorers-providing-components-esa-funded-cubesat-project-vilnius-gediminas-technical-university/> Accessed January 17, 2019.
- [1-222] <https://en.wikipedia.org/wiki/NanoAvionics> January 17, 2019.
- [1-223] <https://www.linkedin.com/company/nanoavionika-uab> January 17, 2019.
- [1-224] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/m6p.htm
- [1-225] <https://nanoavionics.com/news/nanoavionics-expands-global-business-by-opening-an-office-in-the-usa-and-making-strategic-hires/> January 17, 2019.
- [1-226] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/bluewalker-1.htm January 17, 2019.
- [1-227] <https://satrevolution.com/about-us/> January 17, 2019.
- [1-228] <https://satrevolution.com/projects/kraksat/> January 17, 2019.
- [1-229] <https://satrevolution.com/rec/#milestones> January 17, 2019.
- [1-230] <https://www.csug.fr/main-menu/projects/amical-sat-project/> January 17, 2019.
- [1-231] <https://www.lucky7satellite.org/mission>
- [1-232] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/at1-1.htm
- [1-233] <https://www.skyfoxlabs.com/about> January 17, 2019.
- [1-234] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/lucky-7.htm
- [1-235] <https://www.nanosats.eu/sat/at1-1>
- [1-236] <https://nanoavionics.com/nanosatellite-buses/6u-nanosatellite-bus-m6p/>
- [1-237] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/4m.htm
- [1-238] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/hiber-1.htm
- [1-239] <https://hiber.global/>
- [1-240] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/peasss.htm
- [1-241] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/swiatowid.htm
- [1-242] <https://satrevolution.com/projects/swiatowid/>
- [1-243] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/astrocast-0.htm
- [1-244] <https://www.astrocast.com/blog-astrocast/astrocast-in-the-news/>

- [1-245] SaTReC Initiative, <https://www.satrecei.com/>
- [1-246] CINEMA 1, 2, 3, 4(KHUSAT 1, 2), https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cinema.htm
- [1-247] SNUSAT 1, 1b (QB50 KR02, 03), https://space.skyrocket.de/doc_sdat/snusat-1.htm

- [1-248] Korea Aerospace Research Institute, Announcement of CubeSat contest
https://www.kari.re.kr/cop/bbs/BBSMSTR_000000000001/selectBoardArticle.do?bbsId=&nttId=7211&isExpired=
- [1-249] <https://brazilianspace.blogspot.com/2016/10/unosat-1-o-primeiro-nanosatelite.html>
- [1-250] [https://en.wikipedia.org/wiki/UNOSAT_\(satellite\)](https://en.wikipedia.org/wiki/UNOSAT_(satellite))
- [1-251] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nanosatc-br1>
- [1-252] https://pt.wikipedia.org/wiki/NanoSatC-Br_1
- [1-253] <https://en.wikipedia.org/wiki/AESP-14>
- [1-254] <https://pt.wikipedia.org/wiki/AESP-14>
- [1-255] <http://spacelab.ufsc.br/en/serpens/>
- [1-256] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/serpens.htm
- [1-257] <https://en.wikipedia.org/wiki/Tancredo-1>
- [1-258] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/itasat-1.htm
- [1-259] <https://www.nanosats.eu/sat/itasat-1>
- [1-260] <https://floripasat.ufsc.br/>
- [1-261] <https://pt.wikipedia.org/wiki/FloripaSat-1>
- [1-262] <https://allafrica.com/stories/201812270394.html>
- [1-263] http://www.engineeringnews.co.za/article/south-africa-could-have-its-own-satellite-constellation-if-it-has-the-will-2019-10-22/rep_id:4136
- [1-264] H.-C. Lin and J.-C. Juang, "5th UNISEC-Global meeting," 2 Dec 2017. [Online]. Available: http://www.unisec-global.org/pdf/uniglo5/day1/4.POC_presentation/2_POC_Taiwan.pdf. [Accessed 6 Mar 2020].
- [1-265] "FormoSat-3 / COSMIC (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate)," eoPortal, [Online]. Available: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/formosat-3>. [Accessed 6 Mar 2020-03-0].
- [1-266] "FormoSat-5," eoPortal, [Online]. Available: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/formosat-5>. [Accessed 6 Mar 2020].
- [1-267] "FormoSat-7 / COSMIC-2 (Constellation Observing System for Meteorology, Ionosphere and Climate)," eoPortal, [Online]. Available:

- <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/formosat-7>.
[Accessed 6 Mar 2020].
- [1-268] "PACE (Platform for Attitude Control Experiments)," eoPortal, [Online]. Available: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/pace>. [Accessed 6 Mar 2020].
- [1-269] "PACE," Gunter's Space Page, [Online]. Available: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/pace.htm. [Accessed 6 Mar 2020].
- [1-270] "Phoenix (QB50-TW01)," WEEBAU SPACE ENCYCLOPEDIA, [Online]. Available: <http://weebau.com/satellite/P/phoenix.htm>. [Accessed 6 Mar 2020].
- [1-271] "Our mission," ODYSSEUS, [Online]. Available: <https://www.odysseus.space/eng/about-us/>. [Accessed 06 Mar 2020].
- [1-272] Euroconsult, "Prospects for The Small Satellite Market 2019 - satellite forecast database," Paris, France, 2019.
- [1-273] Euroconsult, "Prospects for small satellite market, A global supply and demand analysis of government and commercial satellites up to 500 kg," Paris, France, 2019.
- [1-274] Bryce Space and Technology, "Smallsats by the numbers 2019," Alexandria, VA, U.S.A., 2019.
- [1-275] Euroconsult, "Prospects for small satellite market," Paris, France, 2017.
- [1-276] SpaceWorks, "Nano/microsatellite markt forecast, 9th edition," 2019.
- [1-277] <https://www.cnbc.com/2019/11/09/how-to-invest-in-space-companies-complete-guide-to-rockets-satellites-and-more.html>.
- [1-278] State of Satellite Industry Reports, 2019, by Bryce Space and Technology
- [1-279] State of Satellite Industry Reports, 2018, by Bryce Space and Technology
- [1-280] State of Satellite Industry Reports, 2017, by Bryce Space and Technology
- [1-281] State of Satellite Industry Reports, 2016, by Bryce Space and Technology
- [1-282] https://tracxn.com/a/companies/KufhhQnQsXs45mR1kZobt_BSFKfC0sULbivBuq5-0Bs/planet.com
- [1-283] <https://techcrunch.com/2015/04/13/planet-labs-rockets-to-118-million-in-series-c-funding-to-cover-the-earth-in-tiny-satellites/>
- [1-284] <https://tracxn.com/a/companies/3XDvgrNk88U50AHbL97v7LkEXJvIvrTft6cjKC8649E/spaceflight.com>

- [1-285] https://www.crunchbase.com/search/funding_rounds/field/organizations/funding_total/spaceflight
- [1-286] <https://tracxn.com/a/companies/Jj9A-6K1NVRnspRFPeuDPS5A2nxBb2XoHgxAxxqP2Q/spire.com>
- [1-287] https://www.crunchbase.com/search/funding_rounds/field/organizations/funding_total/spire
- [1-288] <https://tracxn.com/a/companies/tPqXwZDr8BvmUwyL7tX78OjDLPDYqgdxbNIC8Ofb6eY/onespacechina.com>
- [1-289] <https://spacenews.com/chinese-rocket-maker-onespace-secures-44m-in-funding-expace-prepare-for-commercial-launch/>
- [1-290] <https://tracxn.com/a/companies/bOhfXx8ikrpUcPICnXnzEr-dgRaBV36vhzoWMC-pKT8/capellaspace.com>
- [1-291] <https://tracxn.com/a/companies/lxSIGUYsJEzPCOTUEmp2Msr0qBve0UIGyXygtguBupk/axelspace.com>
- [1-292] <https://tracxn.com/a/companies/ljPj3pwEGe0oAoUo6Ksk9T-D8Wvy8jIEYRD5dscKViE/satellogic.com>
- [1-293] <https://tracxn.com/a/companies/KanZXS-vpjgKklfqcSR3hZ7v1P9jeXCbovFVDgNyTcM/astrodigital.com>
- [1-294] https://tracxn.com/a/companies/IsnqyKbkHrFze6SHyVL0vXZ78Cp_mRAM92J1XTkbs4Q/tyvak.com
- [1-295] <https://spacenews.com/terran-orbital-series-b/>
- [1-296] https://tracxn.com/a/companies/PBG_t2Giit1p5yFXEdmpqXk5beSw1FSJUec4oSgyuZg/ouraring.com
- [1-297] <https://tracxn.com/a/companies/bdRKAdFVryFdfhHLI0tIWk1geSep2E89nnqHQ4SPiNA/pldspace.com>
- [1-298] https://tracxn.com/a/companies/AefaRx3MXpv2qqyY3lyjWvGf5_JCgXRmudg0TZsHNfs/akashsystems.com
- [1-299] <https://pitchbook.com/profiles/company/267897-43>
- [1-300] <https://twitter.com/TaliesinSpace/status/1136255326519529473?s=20>
- [1-301] <https://tracxn.com/a/companies/Uj6cDSRRQkBve8ZSSd95oh3FNPVqbtsaGji0kQVULkM/clyde.space>
- [1-302] <https://www.nslcomm.com/single-post/2017/08/03/Israeli-space-startup-SkyFi-raises-3-million-to-spread-internet-worldwide>

- [1-303] <http://www.geektime.com/2016/02/25/israeli-startup-skyfi-raises-3-million-to-spread-internet-worldwide/>
- [1-304] <https://presse.bpifrance.fr/defininvest-nexeya-et-breizh-up-placent-en-orbite-unseenlabs-la-start-up-rennaise-qui-surveille-les-mers-depuis-lespace/>
- [1-305] https://tracxn.com/a/companies/N8kUUuXRVWsVKKXhRWV0J8lwiP_y_ovzkTj-R6lulsc/open-cosmos.com
- [1-306] <https://twitter.com/TaliesinSpace/status/1087759342760284160>
- [1-307] <https://www.itnews.com.au/news/unsu-canberra-space-spin-off-to-build-air-traffic-control-constellation-530907>
- [1-308] <https://twitter.com/TaliesinSpace/status/1136253928545427456?s=20>
- [1-309] https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/insight/assets/images/appendix/appendix_marco_03-full.jpg
- [1-310] https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/insight/assets/images/appendix/appendix_marco_02-full.jpg
- [1-311] https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/images/largesize/PIA22317_hires.jpg
- [1-312] https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/images/largesize/PIA22833_hires.jpg
- [1-313] <http://en.hit.edu.cn/m/news/3117>
- [1-314] <https://www.planetary.org/blogs/guest-blogs/2019/longjiang-2-impacts-moon.html>
- [1-315] http://www.esa.int/Safety_Security/Hera/Hera_s_CubeSat_to_perform_first_radar_probe_of_an_asteroid
- [1-316] http://www.esa.int/Safety_Security/Hera/Hera_s_CubeSat_to_perform_first_radar_probe_of_an_asteroid
- [1-317] http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2017/06/M_Argo
- [1-318] <https://www.jpl.nasa.gov/cubesat/images/inspire/inspire2.jpg>
- [1-319] https://www.jpl.nasa.gov/cubesat/images/inspire/inspire_ops1.png
- [1-320] https://spacebit.com/spacebit_is_testing_asagumo_rover_in_the_komokado_kazana_in_japan
- [1-321] <https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/artemis-1-update.jpg>
- [1-322] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/img_3329_1.jpg
- [1-323] <https://www.jpl.nasa.gov/missions/web/neascout.jpg>

- [1-324] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/biosentinel_in_space.png
- [1-325] <https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/lunarflashlight-southpole.jpeg>
- [1-326] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/ice_cube-design.png
- [1-327] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/moon-southern_region-w-shadow-lf.png
- [1-328] <https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/skyfire-concept-lmco.jpg>
- [1-329] <https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/cubegif31-1041.gif>
- [1-330] <https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/lunah-map.jpg>
- [1-331] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/photo_1_isometric1.jpg
- [1-332] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/cue3_prototype.jpg
- [1-333] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/miles_with_solar_panels_square_0.jpg
- [1-334] <http://www.argotec.it/online/what-we-do/small-satellite-unit/#tab-3>
- [1-335] <https://www.jpl.nasa.gov/missions/web/iris.jpg>
- [1-336] <https://www.sstl.co.uk/getmedia/8a1c6876-50b4-4357-b3ce-66f990c20691/Lunar-Handout-November-2019.pdf>
- [1-337] <https://www.bradford-space.com/products-xplorer.php#>
- [1-338] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/arkyd-3.htm
- [1-339] https://space.skyrocket.de/doc_sdat/arkyd-6.htm
- [1-340] <https://firstmode.com/blog/2019/10/31/anticipated-challenges-and-opportunities-with-nasa-commercial-lunar-payload-services-clps-missions>
- [1-341] <https://asteroidminingcorporation.co.uk/our-missions>
- [1-342] <https://www.offworld.ai/>
- [1-343] <https://www.nasa.gov/feature/first-commercial-moon-delivery-assignments-to-advance-artemis>

2 超小型衛星の運用成果

表 0 の超小型衛星データベースには、2009 年以降に打ち上げられた 50kg 以下の衛星について、運用結果を 5 段階で表示している。5 段階については、表 2-1 の通り。2009 年以前のものについても、CubeSat を中心として、できる限り運用結果を記載している。

表 2-1 衛星運用成果のレベル分け [2-1]

レベル	成果	内容
1	Launched	打ち上げ確認済み
2	Deployed	ロケットからの分離または ISS からの放出を確認済み
3	Commissioning	衛星は少なくとも 1 回のアップリンクとダウンリンクに成功（またはビーコン信号を地上で受信）
4	Primary operations	主要なミッションの成功を達成するために、行動をしている
5	Mission Success	主要なミッションが成功した

上記のレベル分けは”University-Class Spacecraft by the Numbers: Success, Failure, Debris. (But Mostly Success), M. Swartwout, Clay Jayne, SLU, 30th Small Satellite Conference, Utah, USA, 2016” [2-1]に、準拠している。

以下、打ち上げ失敗(レベル 1)並びに、Spire と Planet に属する衛星を除いた 754 基についての運用成功率の分析を行う。

図 2-1 に 754 基の衛星の運用成功率を示す。図 2-2 に衛星質量別に運用成功率を 5 段階に分けたものを示す。超小型衛星全体としての運用成功率（レベル 5 とレベル 4 の合計）は大体 6 割程度である。質量別では、2kg 以下（ほとんどが 1U の CubeSat）では成功率は 5 割で 25%がレベル 2、すなわち衛星との通信を確立できないでいる。衛星サイズが大きくなると成功率はあがり、2~5kg（ほとんどが 2~3U の CubeSat）で 60%、5kg 以上（ほとんどが CubeSat ではない）で 70~75%の成功率となっている。この質量別の傾向は、衛星サイズが小さいほど、各機関の初号機の割合が増えるために、衛星開発の経験の浅さがでていられると思われる。

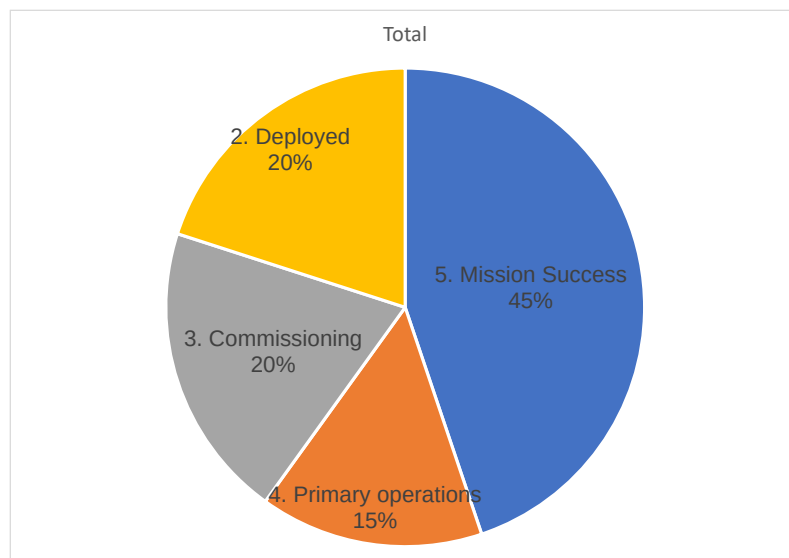


図 2-1 754 基の超小型衛星の運用成功率

「6 超小型衛星の試験の章」でも述べるが、低価格と短納期を追求する超小型衛星の信頼性（運用成功率）を如何に向上させるかという課題は、超小型衛星の更なる発展のためにはどうしても避けて通れない課題である。本報告では、超小型衛星を 50kg 以下の衛星と一律にサイズで定義しているが、本来超小型衛星とは、その開発・管理手法の哲学で語られるべきである。2017 年に International Academy of Astronautics（IAA）が出版した調査専門委員会 4.18 “Definition and Requirements of Small Satellites Seeking Low-Cost and Fast-Delivery”のレポート[2-2]で、“Lean Satellite（リーン衛星）”という概念が提唱された。Lean Satellite とは、「衛星の生み出す価値をできるだけ早く、低コストで顧客に届けるために、従来とは異なったリスク許容型の開発・管理アプローチをとる衛星」である。衛星のサイズが小さくなるのは、大きな衛星では高価すぎてリスク許容ができないからであり、衛星を安く・早く作ろうとした結果である。リーン衛星では、無駄を削ぎ落とした開発・管理を行うが、試験や検証をどこまで徹底的に行うか、信頼度を上げるために効果のある試験・検証とは何かといった観点から、従来の衛星開発で用いられてきたシステム工学手法を見直す必要がある。

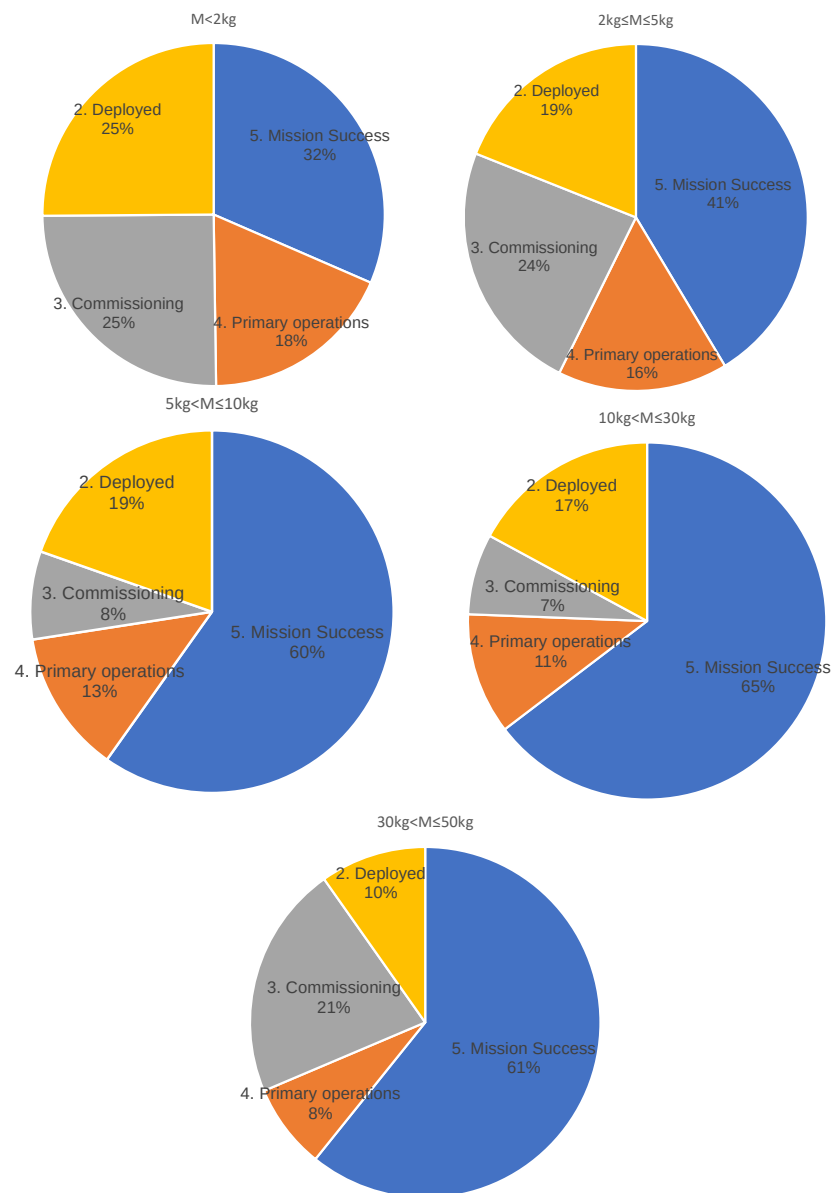


図 2-2 衛星質量別に分けた超小型衛星の運用成功率

打ち上げ手段別に運用成功率を分類したものを図 2-3 に示す。ロケット放出は、CubeSat の ISS 放出が始まった 2013 年 11 月より前のものと、それ以降のものに分けている。いずれにせよ、成功率に顕著な差は見られない。

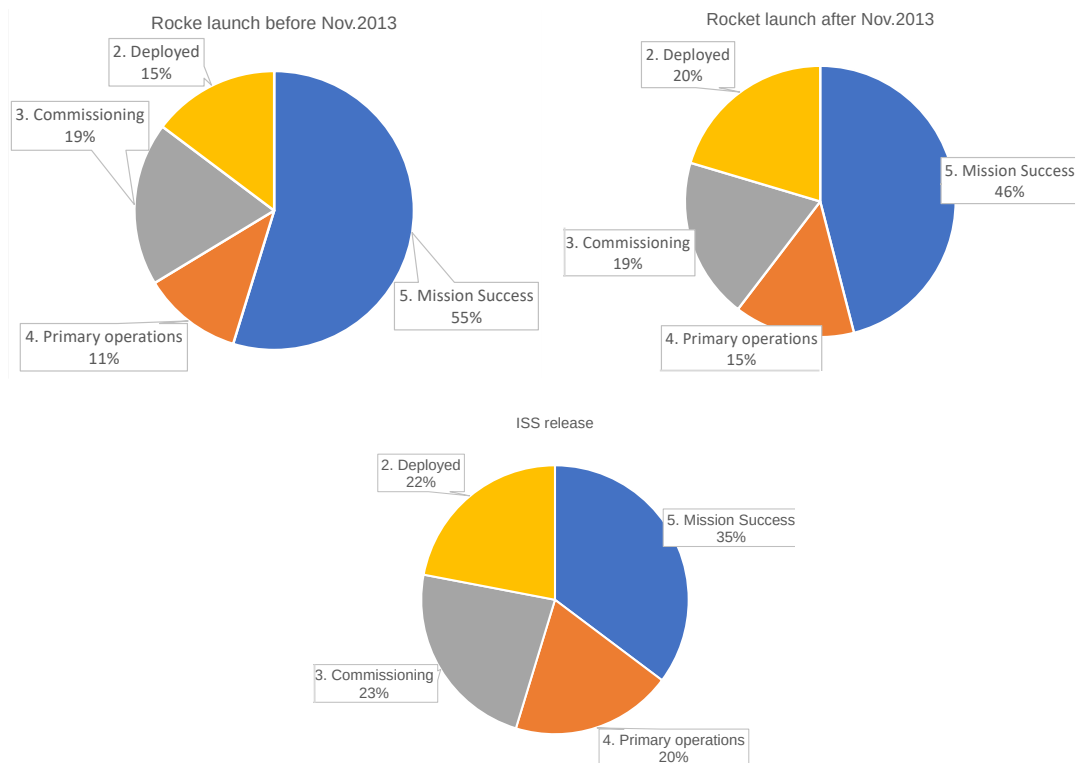


図 2-3 打ち上げ手段別の超小型衛星の運用成功率

衛星開発機関別（Academic（大学・教育機関）とそれ以外）に運用成功率を分類したものを、図 2-4 に示す。学生等が開発する Academic の衛星よりも、給料をもらって作っている Non-academic の成功率の方がある程度高いと予想していたが、両者に大きな差がないのは、ある程度驚きである。Non-academic がレベル 5 の割合が若干大きい、Non-academic の方がレベル 2 の割合が大きいのも驚きである。尚、分析した衛星の数は Non-Academic が 369 機、Academic が 385 機とほぼ同数である。

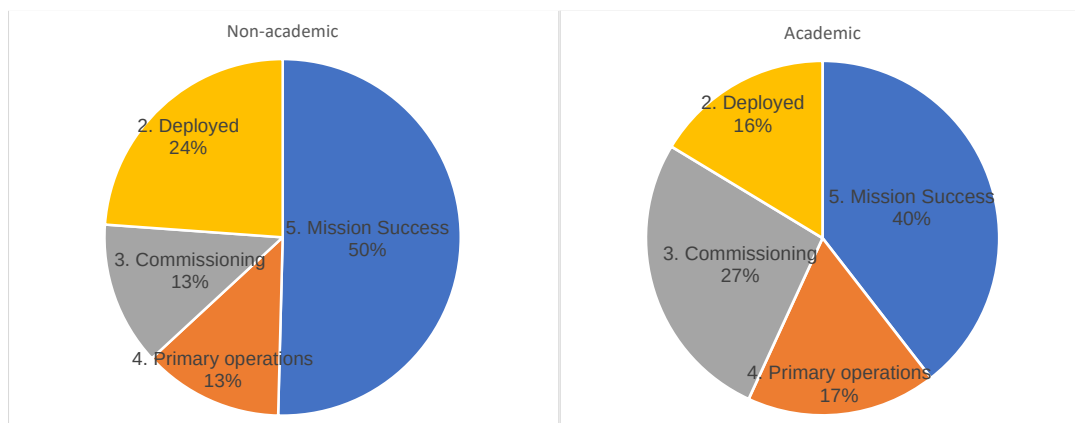


図 2-4 衛星開発機関別の超小型衛星の運用成功率

この理由は、非学術機関（特に商業衛星）の場合、ミッション結果を積極的に公開していない、または公開までに時間を要することにあると思われる。単に打ち上げられたニュースだけが公開されていて、その後のミッションの成果の公開までには時間を要している。これは、非学術機関衛星の場合、アマチュア無線帯を使用する衛星の割合が低いことにも起因すると思われる。調査対象とする衛星を 2012 年から 2016 年の 5 年間に絞り込んで、図 2-4 と同様に運用成功率をプロットしたものを図 2-5 に示す。衛星の数は、非学術衛星が 130 機、学術衛星は 161 機である。

学術機関の衛星は、対象とする期間を 2016 年までに絞り込んでも運用成功率に大差はない（これも問題といえば問題である。学術機関の衛星の成功率が向上していないのは、初号機を打ち上げる New Comer が増えてきているためとも思われる）。非学術機関の衛星の場合、図 2-4 に比べて、“2. Deployed”の割合が大きく減っており、成功率（4 と 5 の和）は 70%に達している。

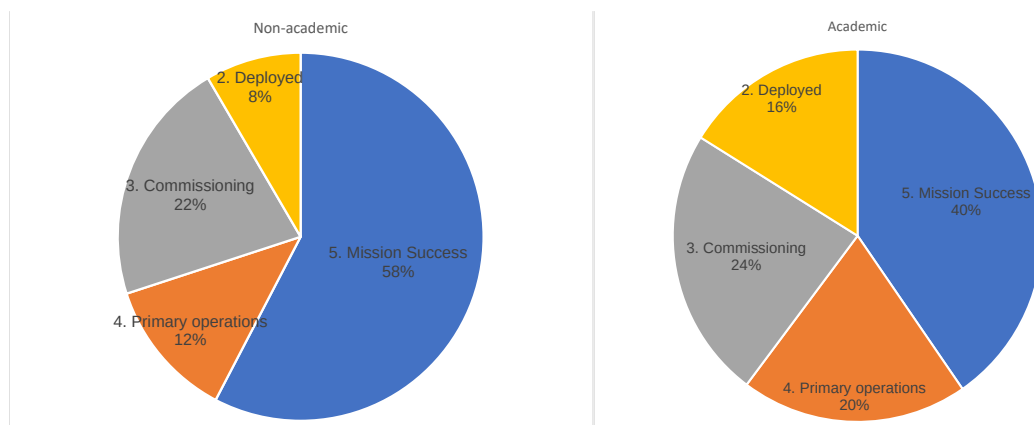


図 2-5 衛星開発機関別の超小型衛星の運用成功率
(2012-2016 年に打ち上げられた衛星のみ)

国別の超小型衛星の運用成功率について調べた。20 機以上のサンプルがある、米国、中国、日本、ドイツ、ロシアについて、国別の成功率をグラフにしたものを図 2-6 に示す。各国で成功率（レベル 4 とレベル 5 の和）に大きな違いはなく、いずれも 60%前後である。



図 2-6 国別の超小型衛星の運用成功率

最後に宇宙新興国の超小型衛星の運用成功率を図 2-7 に示す。2019 年のデータまで含めているので、まだ結果が明らかになっていない衛星もあるが、先進国に比べて成功率が低いのがわかる。図 2-7 に含んだ国は、アルジェリア、ベラルーシ、コスタリカ、エクアドル、エジプト、イラク、カザフスタン、マレーシア、メキシコ、パキスタン・イスラム、ペルー、タイ、ベトナムである。宇宙先進国がかなりコミットした国（BIRDS の各国やケニア）は除いている。

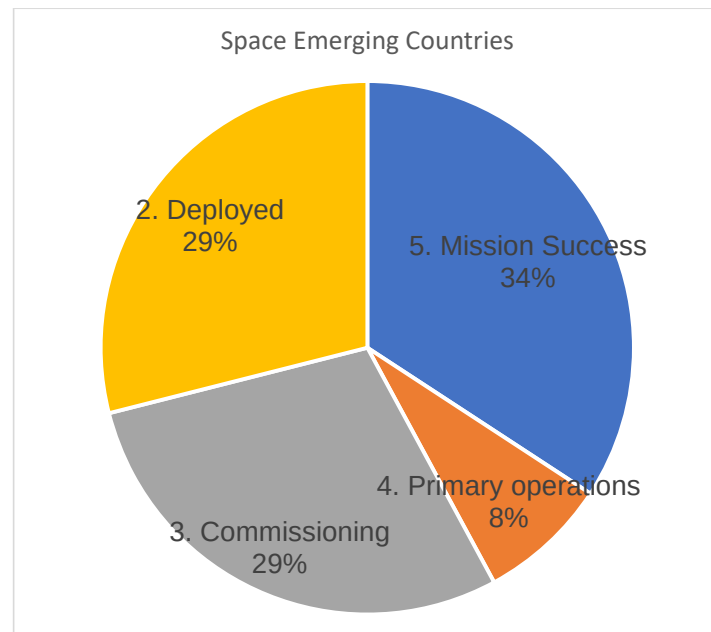


図 2-7 宇宙新興国の超小型衛星の運用成功率

参考文献

- [2-1] University-Class Spacecraft by the Numbers: Success, Failure, Debris. (But Mostly Success), M. Swartwout, Clay Jayne, SLU, 30th Small Satellite Conference, Utah, USA, 2016
- [2-2] <https://lean-sat.org/nsat/pdf/sg418finalreport.pdf>

3 超小型衛星の技術トレンド

昨今の急速な超小型衛星技術の発展を鑑み、最近の発表論文、具体的には以下の国際会議における 2017 年～2019 年の過去 3 年間の発表論文（4S Symposium については 2018 年のみ）の内、超小型衛星（50kg 程度以下の衛星）の技術に関する 798 件の発表（打ち上げ機や衛星放出機構に関するもの、並びに、教育に関するもの以外の発表）を調査した。また、米国・欧州の超小型衛星の動向を調査している専門家からの聞き取り調査も行った。

- Small Satellite Conference（毎年 8 月に Utah State University にて開催）[3-1]
- CubeSat Developers Workshop（毎年 4～5 月に California Polytechnic State University にて開催）[3-2]
- Interplanetary CubeSat Symposium（毎年開催）[3-3]
- The 4S Symposium（2 年に一度、5～6 月に欧州にて開催）[3-4]
- European CubeSat Symposium（毎年、欧州にて開催）[3-5]

以下、3.1～3.4 項では調査結果の具体的な内容を示し、3.5 項にて超小型衛星ミッションに関する今後の見通し等をまとめる。

3.1 超小型衛星によるミッション（深宇宙を含む）のトレンド

まず、超小型衛星ミッションに関連した発表件数を表 3.1-1 に示す。この表からわかる通り、従来の光学系や SAR などによる地表観測関連の発表から、気象観測、深宇宙探査、天文観測に関連した発表が多くなっている。また、光通信や量子暗号通信、IoT（地上のセンサからのデータ収集）に関する発表も増えてきている。更には、宇宙ゴミや安全保障に関連して、STM や SSA、そして超小型衛星を同時に大量に打ち上げ・放出する場合の各衛星へのタグ付け技術に関連した発表が、多くなっていることが分かる。

深宇宙に関しては、月や火星が多いが、エウロパなど更に遠方を目指すミッションも提案されている。また、小惑星探査ミッションの提案が一気に増えてきている。

天文観測については、X 線による観測や様々な波長帯での系外惑星観測が目立っているが、この他にも様々なミッションが観測機器と合わせて提案されている。

個々の要素技術（サブシステム技術、システム技術）の実証ミッションに関しては、3.2 節で詳しく述べるが、姿勢制御系、推進系、バス系プラットフォームに関する発表が圧倒的に多い。これは、これらの技術が先進的なミッションに不可欠な技術であり、特に技術向上が望まれている分野であることを反映している。

尚、衛星のサイズは様々で、ミッション内容や性能に応じて適切なサイズが選択されていると考えられる。

表 3.1-1 発表された超小型衛星ミッション・要素技術実証ミッション・その他

ミッション	衛星サイズ (記載があったもの)	発表件数	打ち上げ 済み
1. 通信関連			
通信（光通信、量子暗号通信を除く）	3U、6U	14	2
光通信（衛星間、及び衛星-地上間）	1.5U、3U、6U	22	1
量子暗号通信	3U	4	0
2. 理学観測関連			
宇宙天気・電磁場観測関連	2U、3U、6U、 マイクロ	17	3
電離層観測・大気観測関連（マイクロ波放射、赤外、分光計測）	1.5U、3U、6U、 12U、24U、27U	45	6
その他地表周辺理学観測関連（放射線、ダスト、地上ガンマ線フラッシュ、メテオロイド等）	1U、3U、6U	12	1
3. 地表観測関連			
光学観測	1U、1.5U、2U、 3U、6U、12U	41	4
電波、赤外、SAR 等観測	6U、12U、25kg 級	8	2
4. IOT 関連		5	0
5. 情報収集関連			
SIGINT	12U	3	0
GEOINT		1	0
監視（海洋、AIS、VDES、ADS-B 等）	3U	5	3
6. 測位関連	3U、25kg	9	2
7. STM、SSA、デブリ関連			
STM、SSA、タグ付け		18	2
デオービット	3U	8	3
8. 深宇宙関連			
主に月	6U、12U、50kg 級	23	0

主に火星	6U、12U、15U、 16U、30kg 級、 マイクロ	17	2
主に月、火星以外	3U、6U、pocket	12	1
小惑星	1U、3U、6kg、 6U、12U、50kg	20	0
その他、その場観測		2	0
9. 天文観測関連			
X 線天文	6U、12U、マイク ロ	7	1
系外惑星	6U、12U	7	1
深宇宙天文（L2 での観測）	27U	1	0
その他、天文観測	3U、6U、1～10kg	21	1
10. その他、理学ミッション	6U、マイクロ	2	1
11. 要素技術・システム技術関連			
通信系	3U、6U	14	1
アンテナ	1U、6U、24U	15	1
姿勢決定・制御	2U、3U、6U、マイ クロ	35	6
推進系	1U、2U、3U、 6U、25kg 級、 マイクロ	52	7
軌道関連		2	0
電源系		3	0
太陽電池アレイ	6U	7	0
熱制御系	1U、6U、12U	9	0
ランデブ・ドッキング	6U	6	0
リエントリ	2U、3U	7	1
スウォーム・コンステレーション	3U、6U、55kg	7	3
技術実証全般・バス系プラットフォーム実証	1/3U、pocket、 1U、2U、3U、 6U、16kg、20kg、 マイクロ	31	19
C&DH 系・OBC		10	2
耐放射線技術	1U、3U	21	2
衛星アーキテクチャ・オンボードソフト関連	3U	16	1

軌道上サービス・ロボット関連	3U	4	0
展開構造	3U	3	2
その他のコンポーネント・部品等	1U	14	2
AI 関連		3	0
軌道上製造	1U	1	0
12. 深宇宙要素技術関連			
通信系	6U	11	0
太陽電池アレイ		1	0
航行技術	1～3U、6U、12U	5	0
理学観測機器		8	1
13. 地上運用系			
運用技術	3U	25	2
運用設備		9	0
運用サービス		7	0
14. データ解析・データ利用		13	1
15. その他のミッション	3U	1	0
○ 設計・製造・開発・試験手法関連			
製造方法（3D プリンティング等）	12U	6	0
信頼性向上	3U	6	0
その他（ミッション・アシュアランス、開発環境、開発手法、試験手法等）		44	2
○ 深宇宙用設計・製造・開発・試験手法		2	0
○ 統計・分析		8	-
○ 各種プログラム、将来構想等			
深宇宙に特化したもの		14	-
それ以外		49	-
○ 政策・法的規制関連		5	-

以下に、上述の特徴的な傾向について分析すると共に、いくつかミッション例を示す。

(1)気象観測関連

気象観測が注目されている理由としては、

- 放射計関連のセンサ技術（小型化技術）が発展していること
- それほど高い地上分解能や時間分解能を必ずしも必要としないことと、それにより、コンステレーションをせずとも、1機でも価値のあるデータを得ることができること
- コンステレーションにより、更に価値の高いデータを得ることができること

といった点が挙げられる。

具体的には、小型のマイクロ波放射計を使った電離層や大気の観測ミッションが多く、その他にも赤外線放射計や分光計を用いるものなど、センサ技術とセットでミッションが提案/実施されている。センサの小型化（高性能化）の流れはこれからも続くはずで、地球周回の超小型衛星による地球観測については、必ずしも時間分解能が高くなくても優れた成果を挙げられるミッションに今後も注目が集まると考えられる。

また、別の視点でこれらの研究を見ていると、大気や電離層の状態（温度、圧力、密度等）を知ることは、GPS の精度の超高精度化につながる。実際、大気や電離層の影響により GPS の電波遅延が起こることは古くから知られており、例えば、GPS の精度を例えばミリメートルオーダーにしようとする、GPS の機数を増やしても無駄であって、大気や電離層の状態を詳細に調べる必要があると言われている。従来、この逆のアプローチ、すなわち GPS 電波の遅延から大気重力波を調べるなど[3-6]「GPS 気象学」が発展してきているが、現在では欧米を中心に大気の状態の観測から GPS 電波の遅延を予測し、GPS の精度を向上させようとする流れができていく（実際、米軍は各地域での大気の状態を調べることで、地域によって補正をかけることによって GPS を高精度化していると言われている）。そして、CubeSat 級でそういった観測をし、且つ CubeSat に搭載可能な高精度原子時計を開発することで、極めて小さな GPS モジュール（小型の電子デバイスサイズまでの小型化を目指していると言われている）を開発し、CubeSat による測位網を構築しようという流れが欧米にはある。それが、こういった研究発表の増加に如実に表れている。中国も、GPS 網「北斗」を展開しているが、同様の高精度化・小型化の流れを追従してくると考えられる。

GPS に限らず、インフラを超小型化、及びスウォーム/コンステレーション化できれば、分解能や精度の向上、ならびに故障時の衛星の置き換え等も含めた維持コストの大幅削減を実現できる可能性が高い。そこで、この例も含め、何らかの技術の向上・超小型化を目指す機関と、理学の研究者の双方にメリットがある挑戦的な研究・開発をすることが、欧米の

CubeSat では主流になってきている。この流れは、今後、深宇宙探査や天文観測等にも強く表れてくると考えられる。

尚、原子時計についても、深宇宙では NASA の STMD プログラムの一環として JPL が開発し、2019 年に Space-X の Falcon Heavy で打ち上げた Deep Space Atomic Clock (DSAC) があり[3-7][3-8]、LEO の CubeSat に搭載可能なものとしては、Microchip 社の CSAC (Chip Scale Atomic Clock) がある[3-9]。CSAC は 40mm x 35mm x 12mm、35g と超小型の原子周波数発振器である。尚、日本でもリコー・東工大・産総研が内寸 33 mm x 38 mm x 9 mm の超小型原子時計 ULPAC を 2019 年に開発している[3-10]。図 3.1.1-1 にこれらの写真を示す。

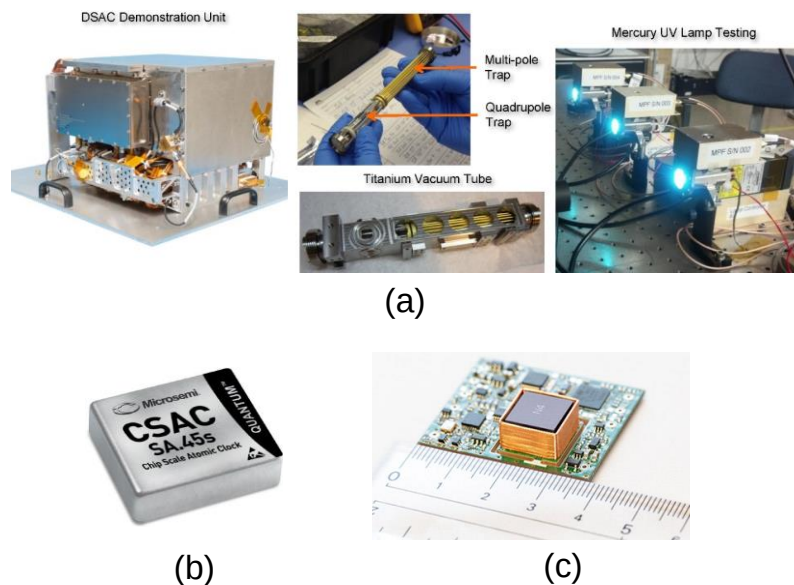
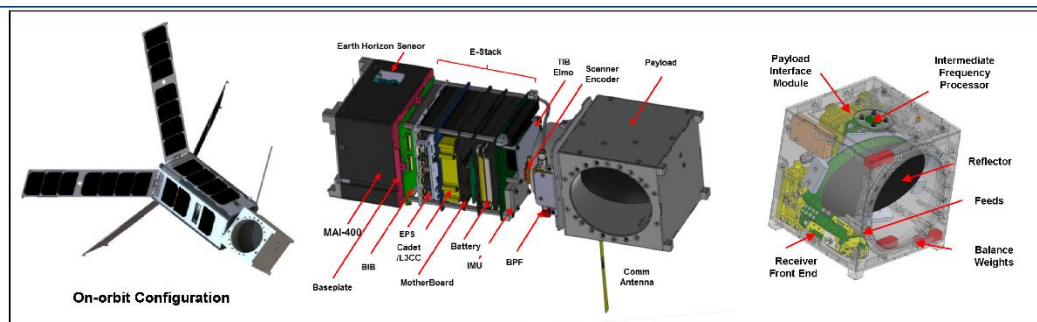


図 3.1.1-1 原子時計 (a) DSAC の技術実証モデル[3-8]、(b)CSAC[3-9]、(c)ULPAC[3-10]

最後に、ミッション例を 2 つ示す。

【例 1】マイクロ波放射計による気象観測ミッション MicroMAS-2 [3-11]

図 3.1.1-2 に示す通り、MIT の MicroMAS-2 は、マイクロ波放射計を搭載した 3U の CubeSat であり、2018 年 1 月 12 日に PSLV-C40 で高度約 500km の SSO に打ち上げられた。図 3.1.1-3 は MicroMAS-2 (左側) と、2.3t の大型衛星 NOAA-20 (右側) が取得データを比較したものであり、MicroMAS-2 のデータが妥当であることを示している。このように、従来は大型衛星で行っていたことを超小型衛星で置き換える流れがスタンダードになっている。実際、理論的に小型化が不可能であるとわかっているもの以外は、(超)小型化に向かっている。



Spacecraft		Payload (89, 118, 183 GHz)	
Size	3U (107 x 107 x 341 mm ³)	Size	1U (100 mm) ³
Mass	4.28 kg	Mass	922 g
Energy	18.4 W-hr OA generated	Power	5.4 W
Data	50 kbps max spacecraft	Data rate	19.2 kbps
Attitude	0.5° roll, pitch; 2.0° yaw simulation	Channels	1, 5, 3
Scanner	30 rpm, 0.1° knowledge	Beam Width	3.0, 2.7, 1.6 °
		NEdT	2.7, 1.7, 1.0 K

図 3.1.1-2 MicroMAS-2 の概要 [3-11]

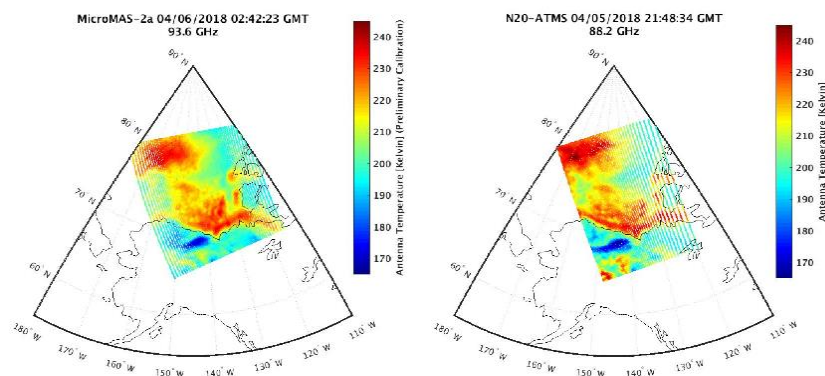


図 3.1.1-3 観測結果の比較 [3-11]

【例 2】ヘテロダイン干渉計による高層大気の大気光観測ミッション AtmoCube A1[3-12]

ベルギーの University of Wuppertal らのグループは、6U の CubeSat “AtmoCube A1” (図 3.1.1-4) を用いて、高層大気の温度、及び大気重力波（大気中の浮力を復元力とする波）を調べることを計画している。具体的には、大気の発光（大気光、airglow）を高い空間分解能で観測し（図 3.1.1-5）、温度等の分布を明らかにする計画である。その第一段階として、観測機器 AtmoSHINE を 2018 年 12 月に中国の衛星のホステッド・ペイロードとして打ち上げて成功している。上述の通り、この研究は理学的成果のみならず、GPS の精度向上に資する成果を目指したのであると予想される。

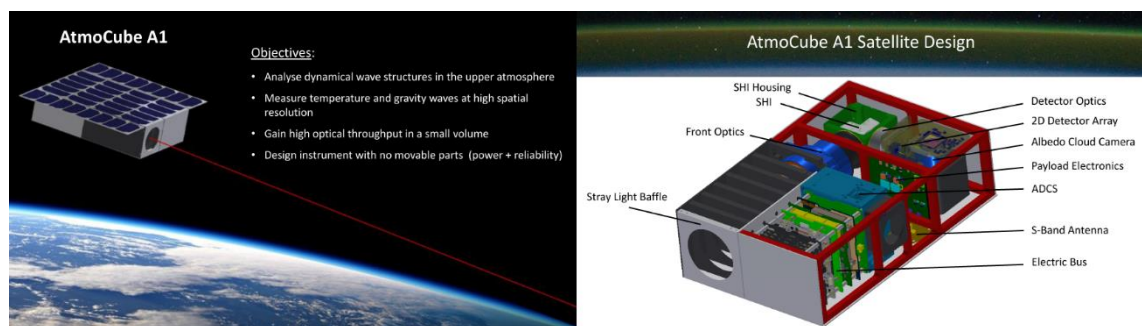


図 3.1.1-4 AtmoCube A1 [3-12]

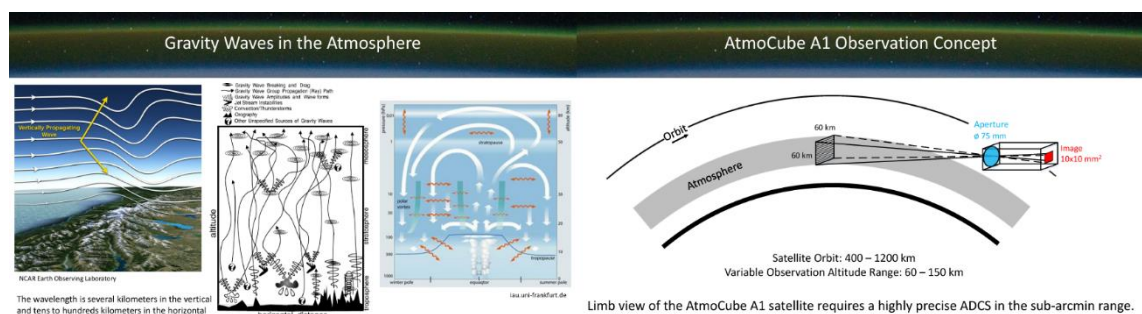


図 3.1.1-5 大気重力波（左）とその計測概念（右） [3-12]

(2) 深宇宙探査関連

次に、深宇宙探査に関しては、月、及び火星周辺の探査が提案/実施されている。この理由としては、米国を中心とした月ゲートウェイ計画が進んでいることや、NASA が 6U の CubeSat による深宇宙探査を推進していることもあるが、中型・大型機による探査の機会が減っていることも影響していると思われる。3.2 項でも述べる通り、深宇宙用の通信技術（衛星搭載通信機やアンテナ、及び地上系技術）の研究や熱制御技術の研究が進んでいることから、今後はこれらの技術の発展により「より遠く」への超小型探査が可能となり、そういったミッションが実施されていくと考えられる。

小惑星探査については、自力でフライバイするものも提案されてはいるが、親衛星から分離されて探査を行い、探査データを親衛星に送る 6U 級の CubeSat の提案が多い[3-13]-[3-23]。これは、主に質量と推進系の制約によるものであるが、このような**プローブとしての CubeSat の利用は、今後中型・大型の深宇宙探査ミッションのサブミッション、或いは主要な観測ミッションの 1 つとして位置付けられていくと考えられる。**

現在までに超小型衛星で深宇宙探査を実現したのは、UNISEC「しんえん」、東大の「プロキオン」、九工大の「しんえん 2」、JPL の MarCO、ハルビン工業大学が開発し、月面探査機 Chang'e 4（嫦娥 4 号）の相乗りで打ち上げた、天文衛星 DSLWP A1、A2（竜江一号、二号）ぐらいであるが、中国は、嫦娥 4 号に CubeSat 用の通信機器（伸展アンテナ、

ロー・ノイズ・アンプ、受信機)を搭載し、その動作実証を行っている[3-25]。実際の開発は CubeSat 用コンポーネントの販売等を行って生きた ISIS 社が請け負っている。3.3 節でも述べるが、海外ではこの他にも、GOMSpace 社や Tyvak 社など、コンポーネント販売を行っていたベンチャー企業が成長し、衛星システムや新規サブシステム・コンポーネントを受注して開発するケースが多くなってきている[3-26] [3-27]。

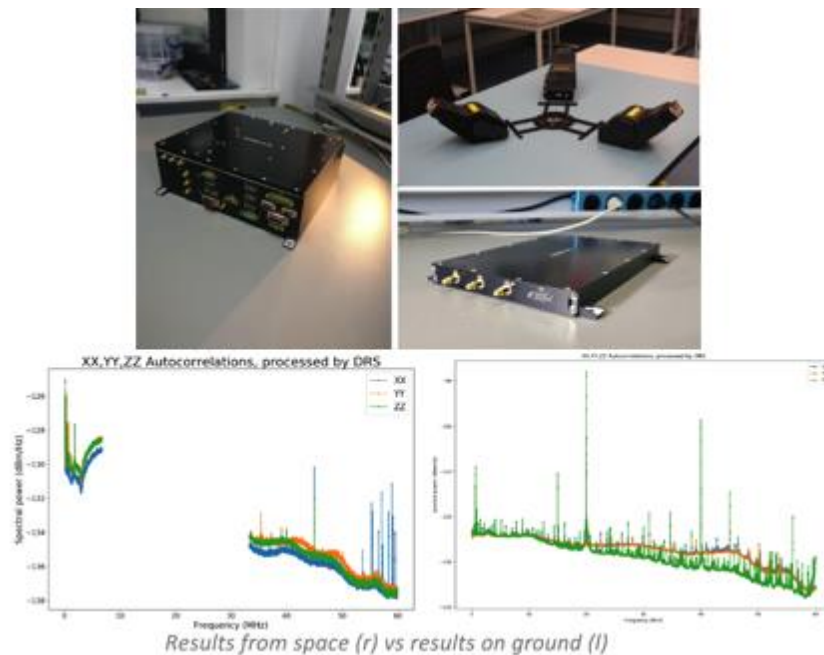


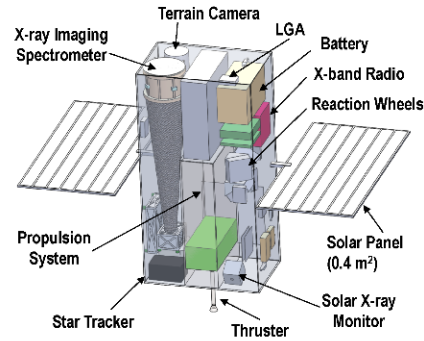
図 3.1.2-1 中国が深宇宙軌道上で実証した通信機器と通信データ [3-25]

最後に、深宇宙探査ミッションの例を 3 つ挙げる。

【例 1】X 線望遠鏡による月探査ミッション CubeX [3-28]

NASA/Ames が検討中の CubeX は、NASA の Planetary Science Deep Space SmallSat Studies (PSDS3) プログラムの 1 つに選ばれたミッションで、5.8kg で焦点距離が 50cm の X 線望遠鏡を搭載した 43kg の Microsat で、太陽からの X 線が月表面で反射したものを X 線望遠鏡で受光することによる月地表の形状の精密観測を目指している。X 線望遠鏡の小型化技術が進んだことで、こういったミッションの実現性が高まっている。

Resource	Current best estimate
Total launch mass	43 kg
Total power draw	72 W
S/C delta-V	300 m/s
S/C data storage volume	8 GB
Data rate	256 kbps
Pointing control & knowledge	30 arcseconds & 6 arcseconds
Mission lifetime (science operation)	1.5 yr (1 yr)

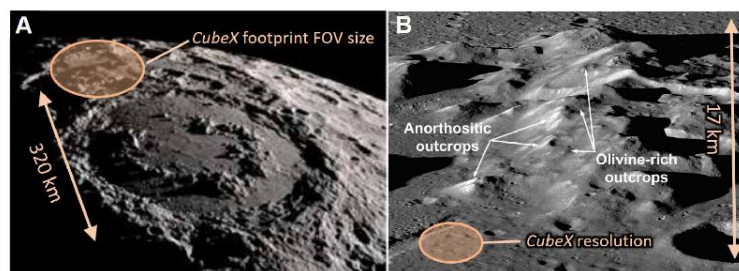


Total Vol: 35 x 23 x 68 cm

Total Mass: 43 kg

図 3.1.2-2 CubeX の概要 [3-28]

CubeX resolves outcrop features with high angular resolution (~2 – 3 km, 10x higher) while providing a large context with wide footprint (~110km).



(A) The morphology of a peak ring is evident in this view of the ~320-km-diameter Schrödinger basin on the Moon (NASA's Scientific Visualization Studio).

(B) A close-up view of a segment of the peak ring with rocks uplifted from mid- to lower-crustal levels by the impact event. LRO Camera image M1192453566 [Kring+16 & 17].

Anorthositic outcrops are generally considered to be from highlands, whereas olivine-rich outcrops are associated with the mantle or lower crust origin.

図 3.1.2-3 CubeX のミッション [3-28]

【例 2】CubeSat 複数機による火星イオン・大気散逸観測ミッション MISEN [3-29]

UC Berkeley、UCLA、コロラド大、Advanced Space 社、Tyvak 社が組んで進めているミッションで、CubeX と同様、NASA の PSDS3 プログラムの 1 つに選ばれている。3 機の超小型衛星を用いて、火星のイオン、電子、磁場を計測することで、火星のイオン散逸・大気散逸を調べようというものであり、複数機で観測することで太陽風が散逸に与える影響やその空間分布を調べることができる。惑星探査機を超小型にすることで空間分布を調べるなど、これまでの中型/大型機による惑星探査とは違うサイエンスが可能となることは散々言われてきたが、超小型探査機技術の発達によりそれが可能になりつつある。

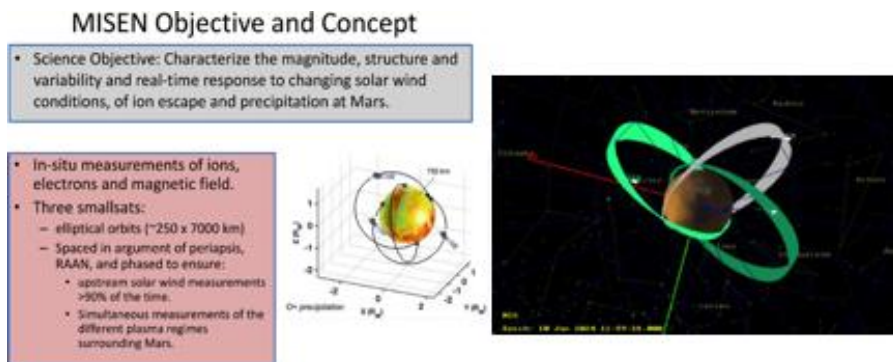
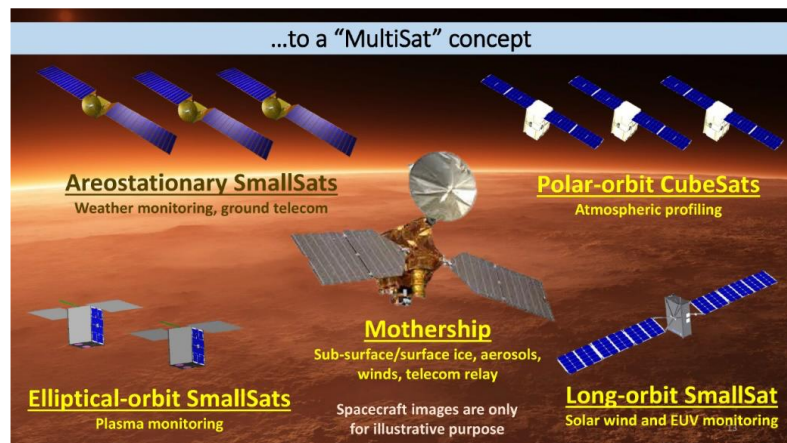


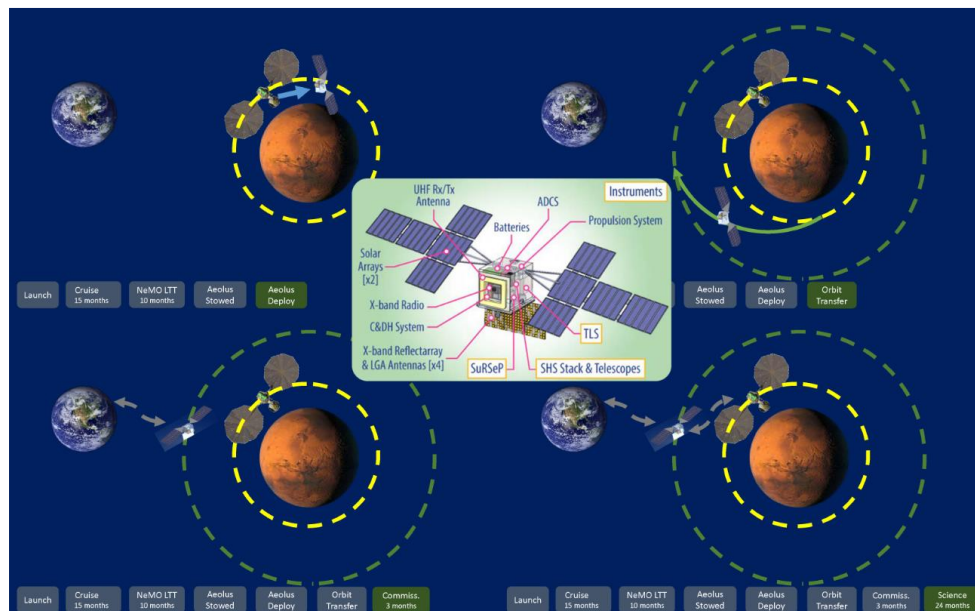
図 3.1.2-4 MISEN のミッション（左）と 3 機の超小型衛星の軌道（右） [3-29]

【例 3】子機 CubeSat と親機による小惑星探査ミッション

例 2 と同様、複数機での探査としては、末に述べた通り、親機から CubeSat サイズの子機を放出し、子機が探査を行うものが多く提案されている。そのいくつかを図 3.1.2-5 に示す。まず、図 3.1.2-5(a)は、米国 Space Science Institute が掲げている、“MultiSat”の概念を表している[3-15]。複数の子機が、それぞれ、①火星の天気観測、及び、地上探査ローバーとの通信、②大気観測、③プラズマ計測、④太陽風と極端紫外線の観測といったように異なるミッションを持ち、親機を中継して地球に観測データを送るというものである。図 3.1.2-5(b)は、NASA/AMES が検討中の火星の風観測ミッション Aeolus のミッション概念を示しており、親機から 45cm × 35cm × 52cm、38kg ほどのマイクロ衛星を放出し、観測を行って親機や地球と通信する。図 3.1.2-5(c)は、ESA の Lunar Cubesats for Exploration (LUCE) プログラムに選定された月面へのメテオロイド衝突を観測するミッション LUMIO の概念を示しており、月探査機から分離された 12U の LUMIO が分離され、LUMIO は地球-月系 L2 まで航行し、月へのメテオロイド衝突を観測するというものである[3-14]。最後に、図 3.1.2-5(d)は、ESA と NASA のジョイントプログラム (AIDA) の一部である ESA の AIM において、NASA の DART インパクタの小惑星 Didymos への衝突前後のダスト等を観測する、DustCube (3U) の運用概念を示している[3-19]。DustCube は、元々の AIM のコンセプトにおける観測と地球への通信の両立のリスクを低減すべく提案されたもので、観測は DustCube が行い、そのデータを親機に送り、親機は地球との通信を維持する[3-30]。このように、機能を超小型衛星に分散することで、深宇宙探査のリスクを低減する考え方は今後も増えていくであろう。

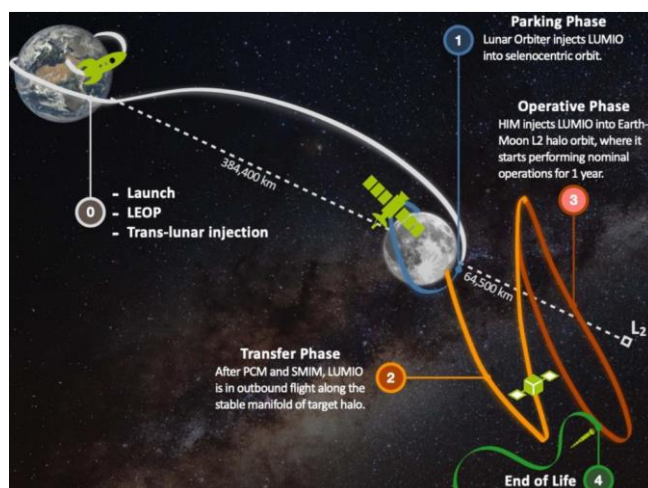


(a)



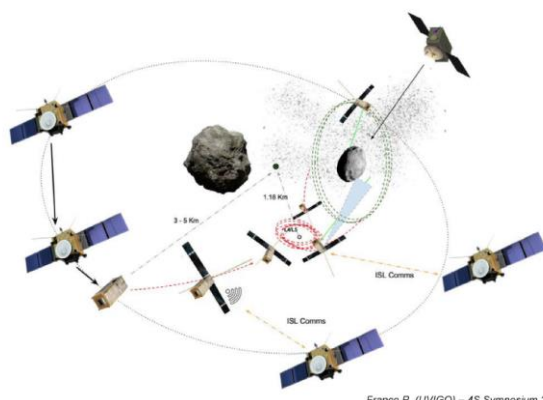
(b)

図 3.1.2-5 親機・子機による探査ミッション (a)MultiSat による火星探査 [3-15]、(b) 子機による火星大気観測ミッション Aeolus [3-17]



(c)

Mission Phase	Duration	Target Orbit
Birthing	709 days	Deep space trajectory inside AIM S/C
Ephemerides update	1 day	
Injection Phase	6 - 13 days	Release at 4km distance from barycenter
	~1 day	
	~1 day	
Pre-Impact Phase	~21 days	L4/L5 Trailing Orbits "Parking Orbit"
	~5 day	L4/L5 Trailing Orbits
Impact Phase	(TBD) hrs	Transfer Orbit
	24 days	DRO Around Didymos (200m or 180m Altitude)
Post-Impact Phase	(TBD) hrs	Transfer Orbit
	~20 days	L4/L5 Trailing
Disposal EOL extended OPS	(TBD) days	(TBD)
TOTAL	~90 days	



Franco P. (UVIGO) - 4S Symposium 2011

(d)

図 3.1.2-5 親機・子機による探査ミッション（つづき）
 (c) 月へのメテオロイド衝突観測ミッション LUMIO [3-14]、
 (d) 小惑星インパクトミッションの観測衛星 DustCube [3-19]

(3) 天文関連

天文観測が注目されているのも、中型・大型機による観測ミッションのコスト増大に伴う打ち上げ機会の減少が背景にあると考えられる。また、これまで将来の中型・大型機による観測ミッションの実現に向けたパスファインダーとして、超小型衛星は期待されてきていたが、バス系の小型化技術、ならびに観測技術がミッション要求を満たすレベルにまで発展したことで、必然的に超小型科学ミッションが増えている。実際、今回の調査では、X線望遠鏡による太陽や天体の観測ミッションが数多く提案されている。これは、X線観測技術の小型化が進んだからに他ならない。また、例えば現在、日本でもこれまでとは異なる方式の超小型で高性能な X線望遠鏡技術の研究が進められており、更なる発展が見込まれる。こ

ういったことから、超小型深宇宙探査を推進するには、理学観測機器の小型高性能化を促進することが重要となることがわかる。この他にも、昨今注目されている系外惑星観測についても、超小型衛星を用いたミッションが提案され始めており、これも同様の理由によると考えられる。

現在、国内でも超小型衛星を用いた理学ミッションを検討している研究者は増加しており、超小型衛星関連のシンポジウムでは工学の研究者と理学の研究者との議論が活発になってきている。理学の研究者による斬新な観測手法のアイデアを、理学の研究者自身が、或いは企業や工学の研究者が支援して実現することで、最先端の研究成果を挙げることが可能となり、またその技術を地球観測や地上利用等にスピンオフさせることで、国際競争力をもった製品の開発・ビジネス展開が可能となるのではないかと考えられる。

最後に、ミッション例を2つ示す。

【例1】 X線検出器による銀河ハロー観測ミッション HaloSat [3-31]

Lowa 大学と NASA のチームは、2018 年に ISS から放出した 6U の CubeSat “HaloSat”(図 3.1.3-1)は、天の川銀河ハローのホットプラズマからの軟 X 線を検出する衛星であり、成果を挙げている[3-32]。HaloSat のバスは、姿勢制御系コンポーネント XACT で有名な Blue Canyon Technologies, Inc.が提供している。やはり、CubeSat の姿勢制御技術が向上したことで、このようなミッションが可能になったといえる。

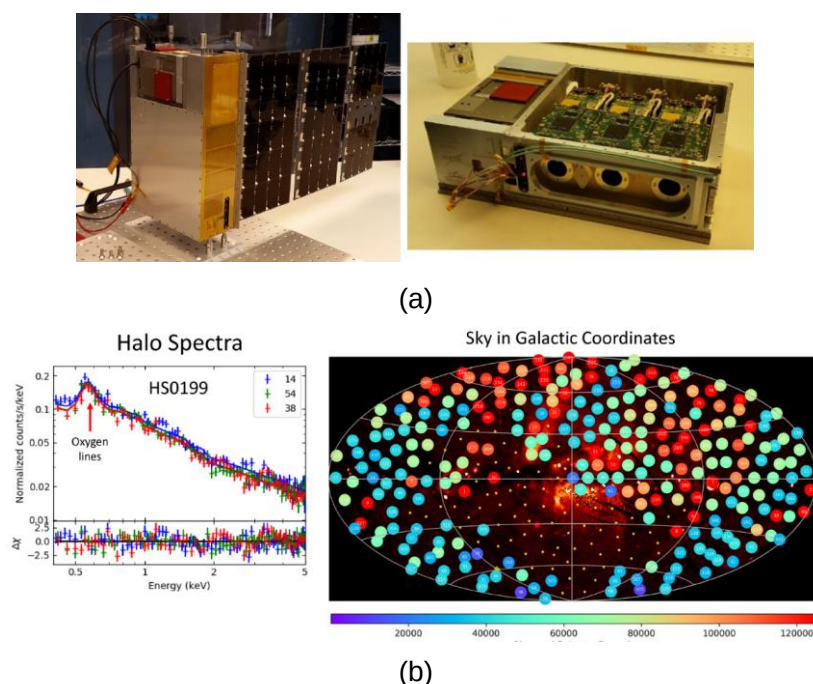


図 3.1.3-1 銀河ハロー観測衛星 HaloSat とその成果 [3-31] (a) HaloSat の外観、及び内部、(b) 得られた観測データの例（左）と観測マップ（右）

【例 2】赤外干渉計による系外惑星撮像ミッション [3-33]

ベルギーの University of Liege らのグループは、ESA が 2035～2050 年頃の実現を検討している系外惑星観測ミッション（LIFE）の基礎技術実証ミッションを 12U の CubeSat で行うことを計画している[3-33]。この計画では、図 3.1.3-2 のように 3U の CubeSat を折りたたんで 12U サイズにしておき、軌道上で展開することで、2 つの赤外線望遠鏡を 1.2m 離すことで干渉観測ができるようにしている。これを、X 線天文衛星 XMM-Newton と同じ軌道傾斜角 40° の長楕円軌道に投入することで、プロキシマ・ケンタウリ b を観測することを検討している。系外惑星観測による惑星形成論等の発展は、2019 年にノーベル物理学賞が授与されたことから分かる通り、重要なサイエンス目標の一つであり、最近でも TESS が打ちあがるなど間接観測が精力的に行われている。今後は、この例や、スタンフォード大の mDOT ミッション[3-34]のように、直接観測を目指した挑戦的なミッションを超小型衛星で実施しようとする流れも出てくるであろう。

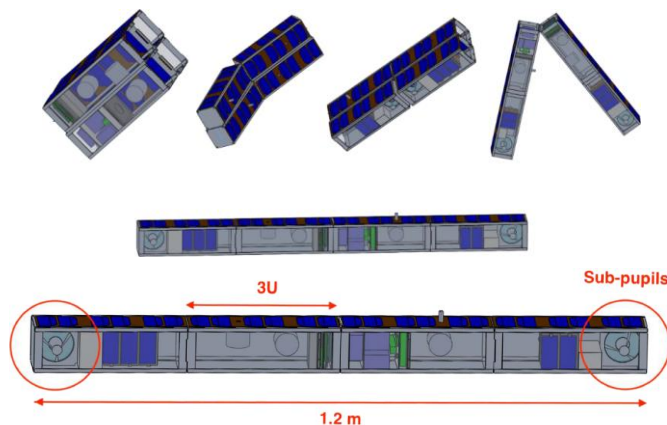


図 3.1.3-2 展開式赤外干渉計衛星 [3-33]

3.2 各サブシステムの最新技術

本節では、発展が著しい、姿勢決定・制御系、推進系、通信系について述べるとともに、今後、発展が見込まれる、ランデブ・ドッキング技術、リエントリ技術についても触れる。

3.2.1 姿勢決定・制御系

個々の機器（例えば、太陽センサ、スタートラッカー、磁気トルカ、リアクションホイール等）を購入し、姿勢決定・制御系機器として組み上げる形で開発しているグループも少なくないが、姿勢決定・制御系機器として開発している有力な機関（企業・大学等）としては、

表 3.2.1-1 に示す 4 機関が挙げられる。どの製品も、サンセンサ、スタートラッカー、リアクションホイール、磁気トルカの組み合わせをベースとしたシステムとなっている。

この表から明らかな通り、フライト実績、及び性能で他を圧しているのが、米国の Blue Canyon Technologies, Inc. (BCT) の XACT-15（及び XACT-50）である[3-35] [3-36]。特に、XACT は JPL の ASTERIA ミッション（6U、2017 年に ISS から放出）において、ノミナルで 10 秒角以下のポインティング精度を達成し、JPL によるピエゾを用いた調整機構により 0.5 秒角以下を 20 分間以上維持することに成功した[3-37]。また、2018 年に JPL が打ち上げた火星探査機 MarCO にも搭載し成功させたことで、深宇宙探査にも適用できることを示した。更に、BCT は JPL と共同で XACT を高性能化した HyperXACT を NASA の Pathfinder Technology Demonstrator(PTD) プログラムで実証予定である。

この他、米国 Adcole Maryland Aerospace の MAI シリーズ[3-38]は、早くから軌道上実証を行っているが、性能面で XACT に劣ることから、姿勢精度要求が高いミッションには向いていない。また、オランダの Hyperion Technologies 社の iADCS シリーズ[3-39] [3-40]も、性能はよいが、軌道上での成功実績の面で XACT には劣る。KU Leuven は大学ながら製品を販売しており[3-41]、まだフライト実績はないものの、計画はしている。図 3.2.1-1 にこれらの機器の外観を示す。

表 3.2.1-1 姿勢決定・制御系の海外開発機関

機関	製品名	仕様	性能	フライト実績	深宇宙実績
Blue Canyon Technologies	XACT-15	ポインティング: 0.003deg (2 軸), 0.007deg (3 軸). 容量: 15mNms, 0.91kg, 0.5U	◎	◎	◎
	XACT-50	ポインティング: 0.003deg (2 軸), 0.007deg (3 軸). 容量: 50mNms, 1.23kg, 0.75U	◎	◎	
Adcole Maryland Aerospace	MAI-500	ポインティング: 0.1deg (LVLH 座標系), 0.008deg (ECI 座標系). 容量: 11.076mNms, 1.049kg, 0.6U	△	○	
Hyperion Technologies	iADCS200	ポインティング: <<1deg (姿勢決定: 0.00833deg). 容量: 6.0mNms, 0.4kg, 0.32U	○	△	
	iADCS400	ポインティング: <<1deg (姿勢決定: 0.00833deg). 容量: 50mNms, 1.7kg, 0.7U	○	△	
KU Leuven (ルーベン・カトリック大学、ベルギー)	KU Leuven ADCS	ポインティング: 0.1deg, 容量: 4mNms, 0.715kg, 0.5U,	△		

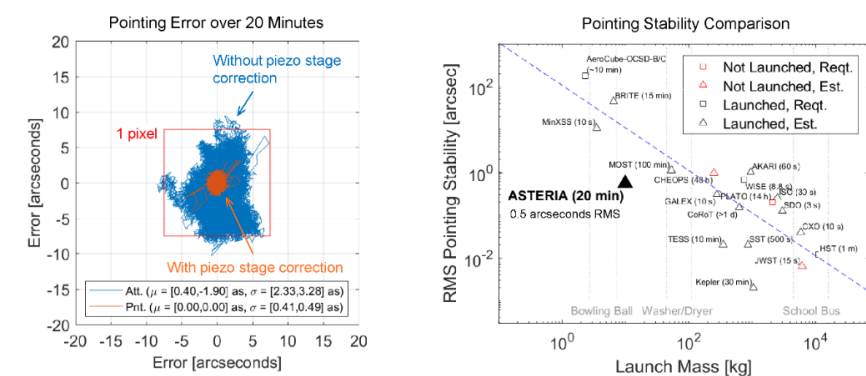


図 3.2.1-6 ASTERIA ミッションでの XACT の姿勢制御精度 [3-37]

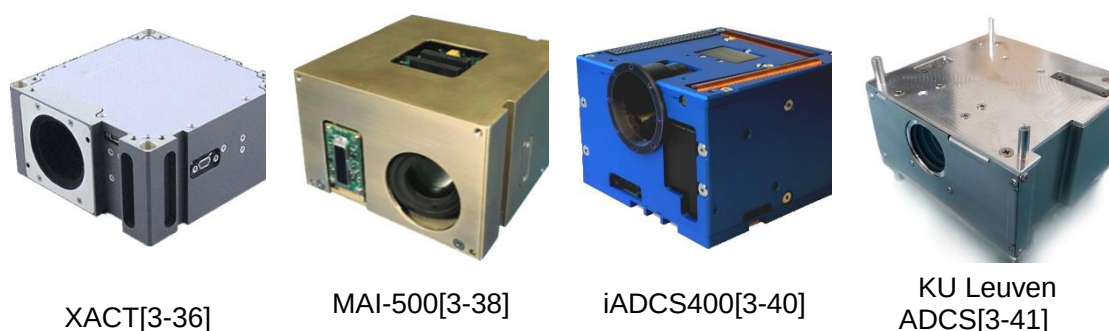


図 3.2.1-2 主な姿勢決定・制御系機器

3.2.2 推進系

超小型衛星用の推進系としては、現状ではコールドガスジェットと電気推進が主流である。日本では、東大・小泉研によるイオンスラスタ MIPS が、ほどよし 4 号、及びプロキオンで実証し、水レジストジェットスラスタ AQUARIUS も実証しているが、海外では、SSTL や UTIAS/SFL といった“老舗”を含め、表 3.2.2-1、表 3.2.2-2 に示す各社が有力である。

米国の VACCO 社はコールドガスジェットタイプのスラスタで深宇宙を含めて実績があり、最も有力である[3-43] [3-44]。また、スウェーデンの Bradford ECAPS 社は、Planet の 120kg 級衛星 SkySat でグリーンプロペラントの推力 1N のスラスタを実証しており、これを CubeSat 向けにしたものを既に開発している[3-45]。

電気推進タイプでは、フライト実績のあるものとしてオーストリアの Enpulsion 社[3-46] [3-47]と米国の Busek 社が挙げられる。Busek 社はコロイドスラスタと呼ばれる μ スラスタを開発しており、NASA の LISA Path Finder に搭載して実証している[3-48]。現在は CubeSat 向け、ならびにマイクロ衛星向けにいくつかのラインナップを揃えており[3-49]、

宇宙実証も控えていて、今後が期待される。フライト実績はないが、計画中のものとしては、イタリアの T4i 社が挙げられる。図 3.2.2-1 にこれらの機器の外観を示す。

尚、推進系に関しては、この他にも様々な企業・大学が開発を進めている。

表 3.2.2-1 コールドガスジェット系の海外開発機関 [3-50]

製造機関	製品名	推進剤	推力	比推力 (sec)	その他、仕様	フライト 実績	深宇宙 実績
VACCO	CPOD	R134a	25mN	40	トータルインパルス : 180N-sec. 5W, 1.244kg, 1U	○	
	MarCO Micro Propulsion System	R23fa	25mN	40	トータルインパルス : 755 N-sec. 3.49kg, 20cm×15cm×8.3cm	○	○
	MiPS Cold Gas	ブタン	53mN	40	トータルインパルス : 44N-sec. 0.51kg, 0.3U		
Bradford ECAPS	100mN HPGP	LMP-103S	0.1N		0.04kg (dry)		
	1N HPGP	LMP-103S	1N		0.38kg (dry)	○	
GOMSPACE	NanoProp 3U	ブタン	0.01-1mN	60-110		○	
	NanoProp 3U	ブタン	4-40mN	60-110		○	
Matota	Micro Thruster	窒素	0.05-2.36N	65		○	
UTIAS/SFL	CNAPS	Sulfur Hexafluoride	12.5-40mN	40		○	
SSTL	Butane Propulsion System	ブタン	0.5N	80		○	

表 3.2.2-2 電気推進系の海外開発機関

製造機関	製品名	推力	比推力 (sec)	その他、仕様	フライト 実績	深宇宙 実績
Enpulsion	IFM Nano Thruster	0.01mN-0.4mN	2000 - 6000	Total impulse: > 5000N-sec, 40W, 0.9kg, 0.83U	○	
Busek	CMNT	0.005mN-0.03mN			○	
	BIT-3	0.7-1.2mN	1400-2160	Total impulse: > 3100N-sec, 2.9kg, 1.6U		
T4i	REGULUS	0.25~0.65mN,		Total impulse: 3000N-sec, 20-60W, 2.5kg, 1.5U		

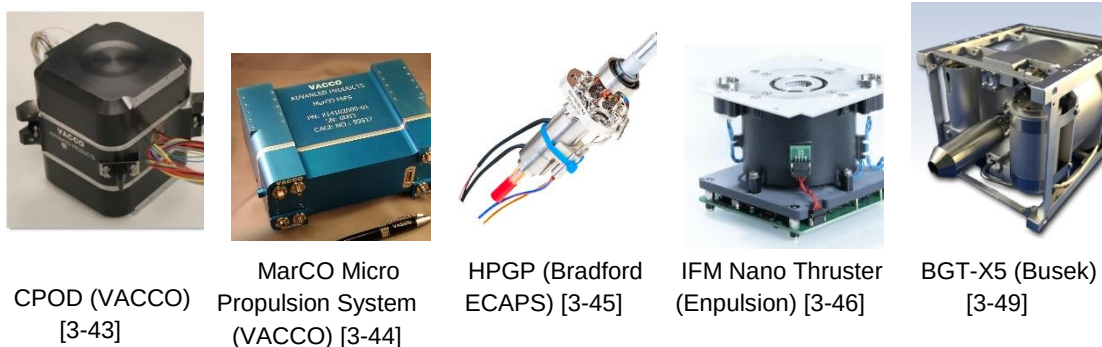


図 3.2.2-1 主なスラスト

3.2.3 電波通信

最近は光通信技術による高速通信の研究・開発が本格化しているが、電波による通信も、Xバンドにより高速化されている。

例えば、Planet 社の Dove (3U) の送信機は、2017 年時点で 280Mbps (シンボルレート 70M) の QPSK 変調、アンテナゲインは 12dBi であり、1 パス (7 分～8 分の通信時間) で 13～15GB、1 日に 5TB のデータをダウンリンクできている[3-51]。

また、最近では Ka バンドによる通信も可能となっており、Astro Digital 社は、2018 年 12 月に打ち上げた Corvus BC4 (6U) で、320Mbps の通信を行っており、近い将来、1 パスで 100GB を超える通信を目標としている[3-52]。当然のことながら、周波数帯が上がると、衛星に対する姿勢制御要求も厳しくなるため、通信の高速化は姿勢制御の高性能化とセットで進められることとなるであろう。

また、通信の高速化には電力の確保 (ソーラーアレイの大面积化)、送信機の温度制御、衛星搭載アンテナの高性能化も必要となってくる。特に、アンテナの高性能化は重要な技術課題であり、JPL が 2018 年 7 月に打ち上げた 6U のレーダー衛星 RainCube (図 3.2.3-1) に搭載された Ka バンドアンテナ KaPDA は展開式で直径 0.51m のパラボラアンテナであり、42.6dBi とゲインが大きく、レーダー性能を実証した[3-53]。KaPDA は米国 TENDEG 社がライセンス生産をしている[3-54]。TENDEG 社は 3U に搭載可能な展開トラス型の Ka バンド帯パラボラアンテナも開発している[3-55]。昨今の S バンド、及び X バンドの混雑状況から、今後は Ka バンドの展開パラボラアンテナでの通信も増えてくると予想される。

表 3.2.3-1 通信系の海外開発機関

機関	衛星名	性能
Planet	Dove	X バンド。QPSK 変調。280Mbps。アンテナ: 12dBi。データ量: 5TB/day
Astro Digital	Corvus Bc4	Ka バンド。320Mbps。
JPL	RainCube	Ka バンド。レーダー。アンテナ: 42.6dBi

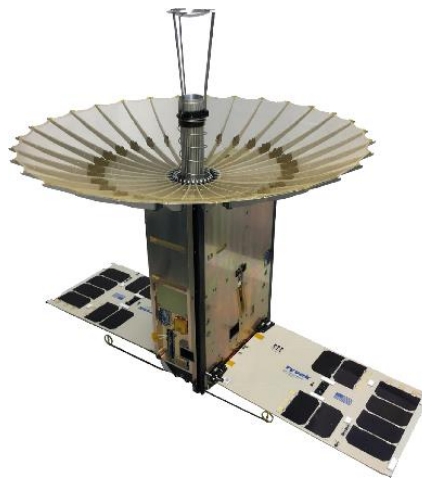


図 3.2.3-1 RainCube[3-53]のパラボラアンテナ KaPDA[3-53]

3.2.4 量子暗号通信

超小型衛星による量子暗号通信については、2017 年に NICT が AES 社の 50kg 級衛星 SOCRATES に搭載した小型光通信機器 SOTA を用いて量子通信の実証実験に成功しているが[3-56]、現在、中型衛星以上については、中国が世界をリードしていると言われている。

一方、超小型衛星による量子暗号通信の現在の状況は以下の通りである。但し、これらの機関の技術レベルの評価は難しく、どこがいち早く超小型衛星で量子暗号通信を成功させるかはわからない状況にある。その意味で、日本（NICT）が世界に先んじて量子暗号通信の実用化に成功することが期待される。

シンガポール：シンガポール国立大学からスピンアウトした S15 Space Systems 社が SpooQy-1（3U）を 2019 年に ISS から放出。ミッションの結果はまだ明らかにされていない[3-57] [3-58]。

カナダ：Waterloo 大学が 70kg 級バスの衛星 QEYSSat を検討中[3-59]

- ドイツ : ZFT 社が QUBE (3U) の打ち上げを計画中[3-60]
- フランス : Grenoble University Space Center が NanoBob (12U) を検討中[3-61]

3.2.5 光通信

超小型衛星の衛星間、或いは地上-衛星間の光通信に関する研究・開発状況は以下の通りである。開発状況から、現時点では、JPL の ISOC が最も有力であると考えられる。

- 日本 : 2017 年に NICT が AES 社の 50kg 級衛星 SOCRATES に搭載した小型光通信機器 SOTA で地上-衛星間の通信を成功[3-56]。
- 米国 : Aerospace Corporation が、衛星間光通信の実現に向けて、AeroCube-7B と 7C (1.5U) が地上と 100Mbps の光通信を 2018 年に成功させた[3-62]。また、AeroCube-7A (1.5U) からレーザーを出して ISARA (3U) に当てる実験を 2019 年に成功させた[3-63]。これは、NASA の光通信技術 (OCSD) ミッションの一環として行われた。
- 米国 : BridgeComm Inc.が 2U サイズの光通信コンポーネントを研究中[3-64]。
- 米国 : MIT とフロリダ大学が 1.2U の CLICK-A と地上との光通信を研究中。ペイロードは 0.8kg、15W 以下で、10~43Mbps。また、1.5U の CLICK-B と CLICK-C の衛星間光通信も研究中。こちらは、1.7kg、25W 以下で、25~50Mbps[3-65]。
- 米国 : JPL が、無指向の衛星間光通信ターミナル ISOC を研究中 (図 3.2.5-1、図 3.2.5-2) [3-66]。
- 米国 : フロリダ大や NASA のグループが 2018 年 12 月に打ち上げた CHOMPTT (3U) で、地上との光通信ミッションを進めている (まだ成功していないと思われる) [3-67]。
- 米国 : MIT が 3U の CubeSat を用いた地上-衛星間光通信実験 NODE を研究中 [3-68]。
- イタリア : パドヴァ大学が 3U 用の光通信コンポーネント LaseCube を研究中[3-69]。



図 3.2.5-1 JPL の無指向光通信ターミナル ISOC [3-66]

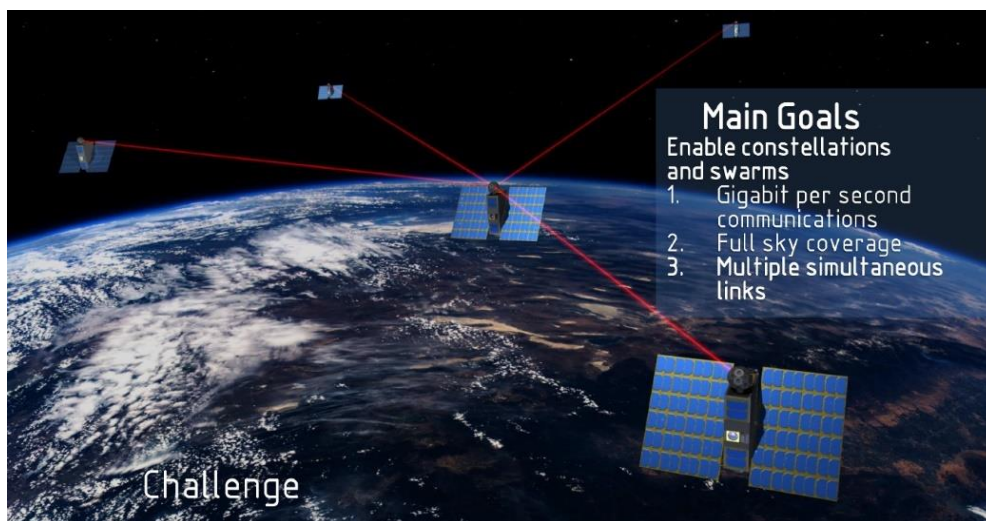


図 3.2.5-2 JPL の ISOC の技術実証ミッション [3-66]

3.2.6 深宇宙通信系

深宇宙通信については、マイクロ衛星ではプロキオンが実証しており、6U サイズでは JPL の MarCO（図 3.2.6-1）が実証している[3-70]。特に、MarCO の場合、X バンドのハイゲインアンテナがキー技術となっており、これは、JPL の 3U の CubeSat “ISARA”で実証した、表面が太陽電池、裏面が Ka バンドのアレイアンテナとなったパネル技術から派生したものである（図 3.2.6-2） [3-71]。このアレイアンテナはコロラド大の深宇宙 CubeSat “CU-E³”をはじめ、いくつかのアンテナにスピノフしている。このように、JPL は、宇宙実証したコンポーネントを他のミッションにスピノフさせることを戦略的に実施している。

また、ESA が計画中の小惑星探査機 M-ARGO[3-72]も MarCO と同様の平面アンテナを採用している（図 3.2.6-3）。

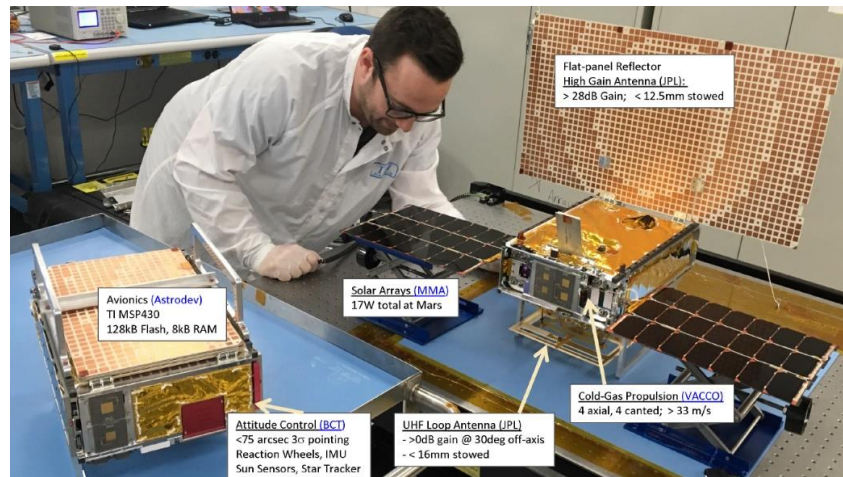


図 3.2.6-1 JPL の火星探査機 MarCO[3-70]

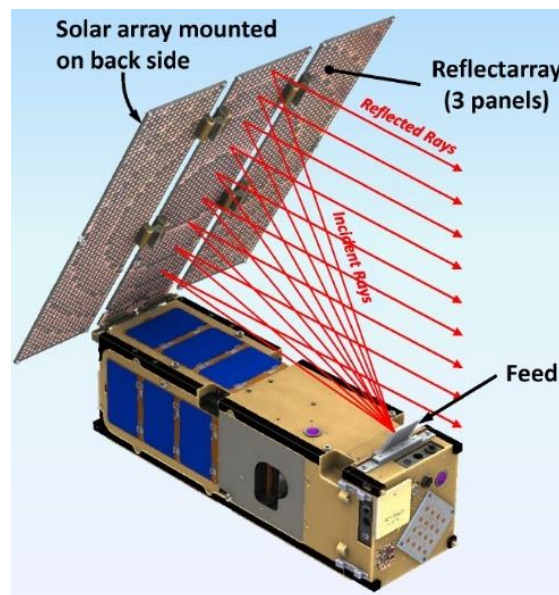


図 3.2.6-2 ISALA [3-71]

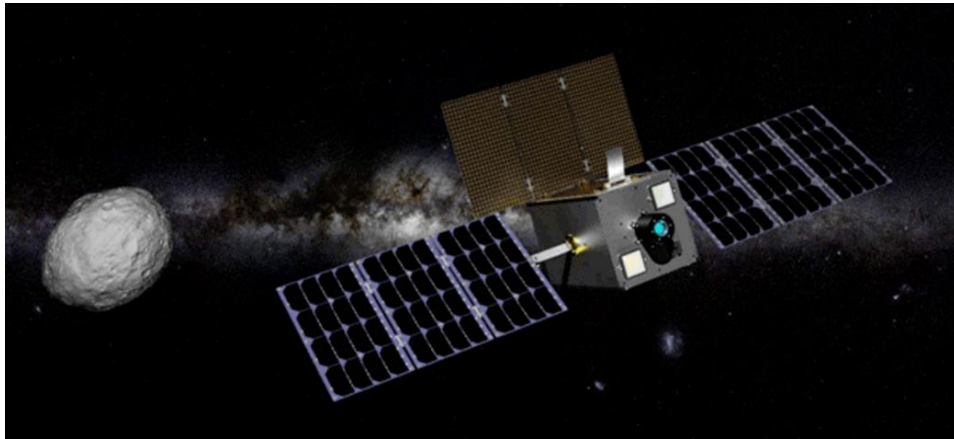


図 3.2.6-3 M-ARGO [3-72]

この他、探査機が深宇宙にいる間は高速通信をせず、探査機が地球に戻ってきてフライバイする際に高速通信を行ってデータを大量に取得するというアイデアや[3-73]、データをカプセルに入れて、地球に再突入させて回収するというアイデア[3-74]も提案されている。また、JPL は光通信ターミナル ISOC を深宇宙通信の中継器として利用するアイデアも出している（図 3.2.6-4）。

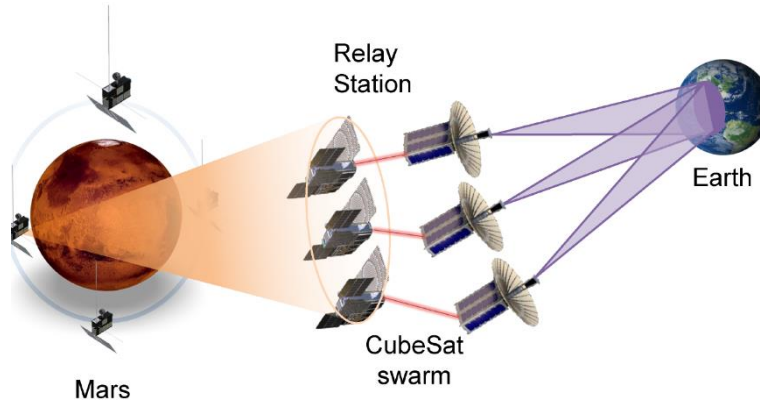


図 3.2.6-4 JPL が検討中の深宇宙通信 [3-66]

3.2.7 ランデブ・ドッキング

ランデブ・ドッキング（RVD）技術の状況は以下の通りである。NASA を除いてまだ構想段階に近い状況であるが、NASA が軌道上実験を実施・成功させると、各国で追従し始めるのではないと思われる。日本では CubeSat 級での RVD ミッションは見当たらない。

- 韓国 : KARI が 6U の CubeSat を 2 機用いた RVD ミッションを検討している（シミュレーションの段階）[3-75]。
- ESA : 6U の CubeSat を 2 機用いた RVD ミッションを検討中（シミュレーションとコンポーネントの設計の段階）[3-76]。
- イタリア : パドヴァ大学が検討中（BBM によるフラットテーブルや航空機を用いた微小重力下での RVD 実験を実施している段階）[3-77]。
- NASA : 3U の CubeSat “SEEKER”と“KENOBI”を Cygnus から放出して RVD を行う実験を計画中（図 3.2.7-1）[3-78]。
- NASA : 3U の CubeSat “CPOD A”と“CPOD B”を RVD させることを検討中。衛星は Tyvak 社が製作。2020 年末頃に打ち上げを計画しているとされている[3-79]。



図 3.2.7-1 NASA が検討中の RVD 実験用 CubeSat [3-78]

3.2.8 リエントリ技術

リエントリ技術については、日本では東大がインフレータブルのエアロシェルを展開してリエントリさせる EGG ミッションを成功させ、BEAK ミッションを準備中である。また、火星へのリエントリ、及び探査ミッション SPUR を検討中である。これに対して、海外では次のような状況であり、まだこれからという段階である。

- ベルギー : The von Karman Institute for Fluid Dynamics が 3U のリエントリミッション QARMAN を検討中（まだ設計、及び BBM での実験段階）[3-80]。
- フランス : ISAE-SUPAERO がリエントリして燃え尽きる間のデータを取得する EnrtySat（3U）を 2019 年 4 月に打ち上げた（結果は明らかになっていない）[3-81] [3-82]。

イタリア : D-ORBIT 社が 2017 年 6 月にリエントリ機 D-Sat を打ち上げたが、正常に動作しなかった[3-83]。

NASA : 火星にリエントリする 3U、及び 12U の CubeSat (ADEPT 3U、及び 12U) を検討中。図 3.2.8-1 は ADEPT 3U の BBM の実験の様子をしているが、東大の SPUR とほぼ同様の形状をしている[3-84]。

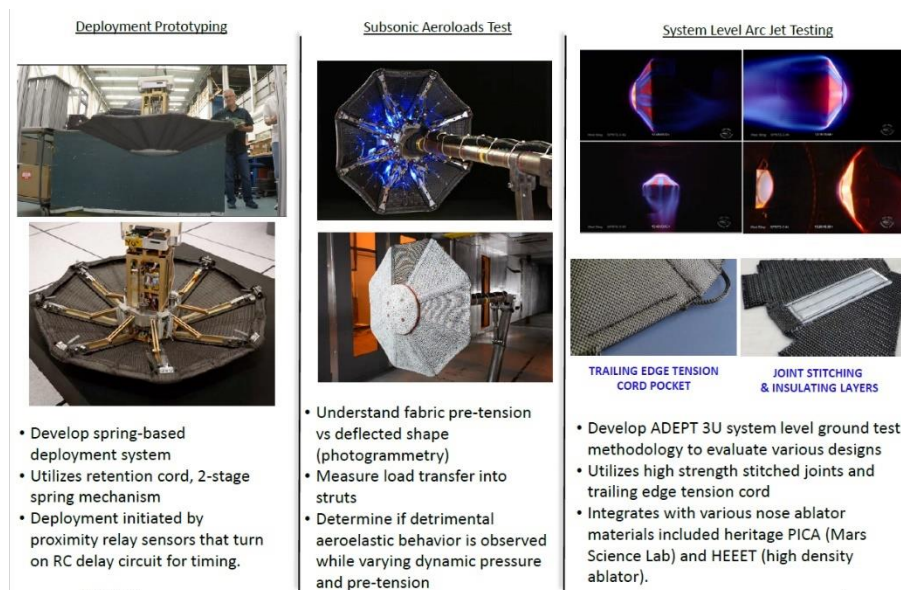


図 3.2.8-1 NASA が検討中の火星リエントリ機 ADEPT 3U [3-84]

3.2.9 その他（戦略的な超小型衛星用サブシステム・コンポーネント開発）

先述の通り、JPL は超小型衛星用の機器を戦略的に開発してきており、ミッションもそれに合わせたものにしてきた[3-85]（図 3.2.9-1）。その結果、2012 年頃には困難/不可能といわれていた技術を可能とした（図 3.2.9-2）。この表の右端の列は、技術を可能とした実証ミッションが示されており、このことから獲得したい技術の実証と実際のミッションとが連動していることがよくわかる。

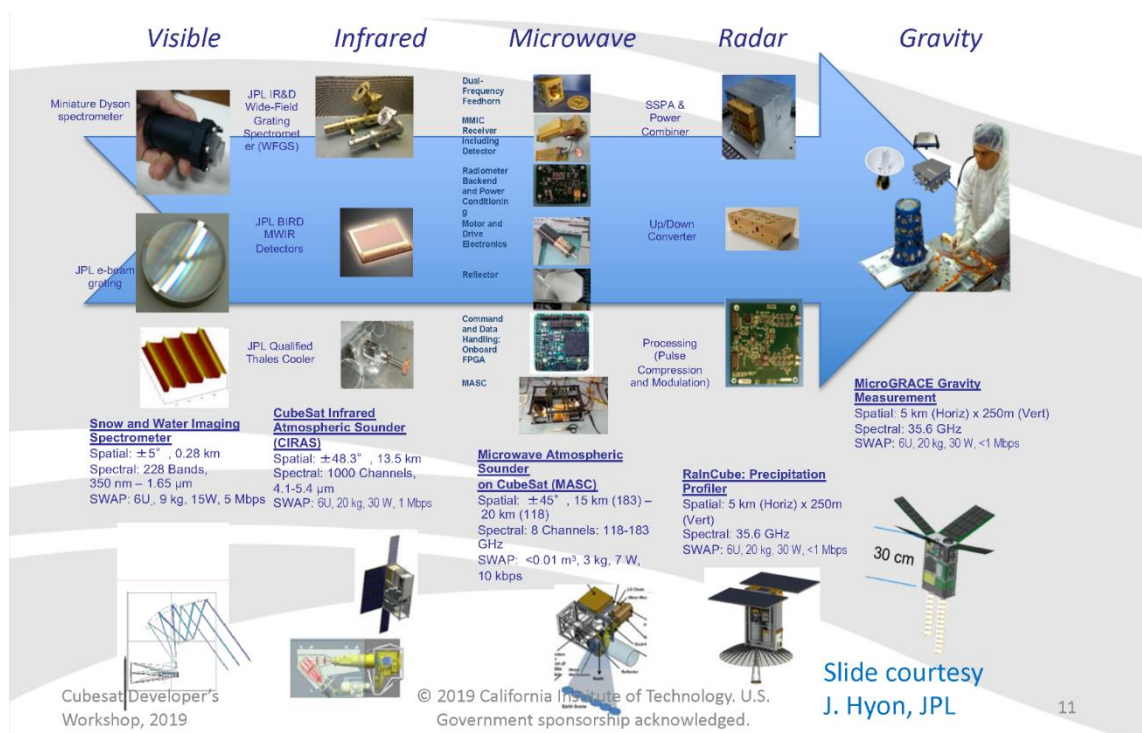


図 3.2.9-1 JPL の開発戦略 [3-85]

Technology	Selva* and Krejci, 2012	Freeman 2019	Justification
Atmospheric Chemistry Instruments	Problematic	Feasible	PICASSO, IR sounders
Atmos Temp and Humidity Sounders	Feasible	Feasible	CiRAS
Cloud Profile and rain radars	Infeasible	Feasible	RainCube
Earth Radiation Budget radiometers	Feasible	Feasible	SERB, RAVAN
Gravity Instruments	Feasible	Feasible	Need a demo mission
Hi-res Optical Imagers	Infeasible	Feasible	Planetlabs
Imaging microwave radars	Infeasible	Feasible	Ka-Band 12U design
Imaging multi-spectral radiometers (Vis/IR)	Problematic	Feasible	AstroDigital
Imaging multi-spectral radiometers (μWave)	Problematic	Feasible	TEMPEST-D, TROPICS
Lidars	Infeasible	Feasible	Lunar Flashlight
Lightning Imagers	Feasible	Feasible	RaioSat
Magnetic Fields	Feasible	Feasible	InSPIRE
Multiple direction/polarization radiometers	Problematic	Feasible	HARP Polarimeter
Ocean color instruments	Feasible	Feasible	SeaHawk
Precision orbit	Feasible	Feasible	CanX-4, -5
Radar altimeters	Infeasible	Feasible	SNoOPI
Scatterometers	Infeasible	Feasible	GNSS refl. (CyGNSS)

図 3.2.9-2 可能となった技術 [3-85]

そもそも、NASA は 4 つの部門、すなわち、航空機部門（RMD）、HEOMD、SMD、STMD の内、STMD が表のように多様なプログラムを進めている。

表 3.2.9-1 NASA STMD のプログラム

1. CENTER INNOVATION FUND	9. THE SMALL BUSINESS INNOVATION RESEARCH (SBIR) AND SMALL BUSINESS TECHNOLOGY TRANSFER (STTR)
2. EMERGING SPACE	
3. FLIGHT OPPORTUNITIES	
4. GAME CHANGING DEVELOPMENT (GCD)	10. SMALL SPACECRAFT TECHNOLOGY
5. LUNAR SURFACE INNOVATION INITIATIVE	11. SPACE TECHNOLOGY RESEARCH GRANTS (STRG)
6. NASA INNOVATIVE ADVANCED CONCEPTS (NIAC)	
7. NASA iTech	12. TECHNOLOGY DEMONSTRATION MISSIONS (TDM)
8. PRIZES AND CHALLENGES	13. TECHNOLOGY TRANSFER

この中でも特に超小型衛星に関係が深いものは、「10. SMALL SPACECRAFT TECHNOLOGY」と「12. TECHNOLOGY DEMONSTRATION MISSIONS (TDM)」であろう。

10 の Small Spacecraft Technology Program (SSTP) では、既出の通り、OCSD や ISARA（ソーラーアレイとアンテナの統合型パネル技術ミッション）、EDSN（衛星間通信を含む CubeSat による swarm 技術ミッション）等を実施し、現在はランデブードッキングミッション CPOD や PTD ミッションが進められている。また、大学との連携プログラム (Smallsat Technology Partnerships) も進めている。

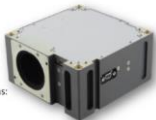
PTD[3-86]は、その名の通り将来の NASA のミッションに必要となる技術を、6U を用いて軌道上実証しようとするプログラムで、2020 年度より 1 年に 2 機の打ち上げを予定している。すでに、PTD-1 から PTD-3 まではミッションが決まっており、PTD-1 は Tethers Unlimited 社の水スラスト[3-87]を、PTD-2 は Blue Canyon Technologies 社の HyperXACT を、PTD-3 は Lincoln 社の光通信機[3-88]を実証する。また同時に、商用の GlobalStar との通信も実施する（図 3.2.9-3）。PTD のバスは Tyvak 社が提供しており、図 3.2.9-4 に示す通り、2.4U 分のペイロード搭載部を用意し、ここにそれぞれのミッション部が搭載されるようになっている。Tyvak 社はこのバスを市販している。

日本で PTD に対応したプログラムとしては、JAXA の革新的衛星技術実証プログラムが挙げられる。革新プログラムが 2 年に一度、数百 kg の小型衛星とマイクロ衛星 3 機、CubeSat が 6U 程度を打ち上げるのに対し、PTD は 2 年で 4 機の 6U を打ち上げるということで、規模は革新プログラムの方が大きい打ち上げ頻度の点では PTD が上回っている。今後は、日本も CubeSat、或いはマイクロ衛星程度までの衛星を高頻度に打ち上げて、スピーディー且つ戦略的に技術実証を進めることもあり得るのではないかと。またその際、PTD と同様にバス系は提携した企業が製造・標準化し、それを市販もすることもあり得るのではないかと。日本でも、宇宙研が数百 kg 級小型衛星用の標準バスを開発し、企業に技術移転をした例が過去にあるが、衛星が大きすぎて様々なミッションに対応できる標準バスを設計することが難しかったように思われる。これに対し、CubeSat 級であれば、ミッション部とバス部とのインターフェースはそれほど多様なものにはならない（ある程度、範囲が限定される）と予想され、標準化は可能なのではないかとと思われる。

Metric	Accommodation Interface Goal
Thrust	1 N
I_{sp}	300s
Power	7 W Orbit Averaged Power
Mass	1 kg (Dry)
Volume	1000 cc (1U)
Conditioning	6-36V unregulated DC
Communications	RS422 / SpaceWire
Environment	Qualified to GEV5
Location	Face Mounted / CG-Aligned



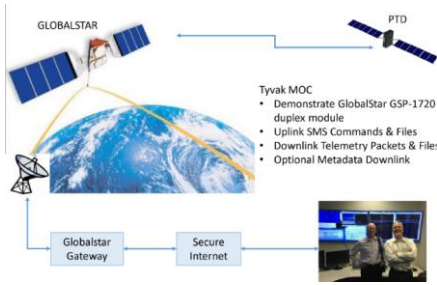
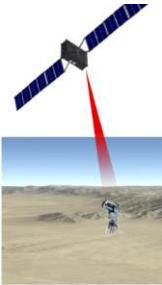
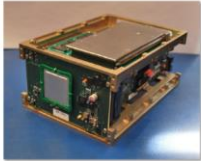
- Extension of XACT ADCS module capabilities to higher performance, lower risk posture missions requiring low jitter 3-axis reaction wheel control
- HyperXACT sensor/actuator suite
 - 4 Nano Star Tracker
 - 3-4 Reaction wheels
 - 3 Torque rods
 - 1 Magnetometer
 - 1 IMU
 - 1-4 Quad-diode coarse sun sensor packages
- Major enhancements from baseline XACT in the following areas:
 - Improved attitude determination error, attitude control error
 - Improved high frequency jitter performance
 - Enhanced lifetime: radiation sensitivity and mitigation
 - Multi-layer fault protection
 - Mission life
- Performs high-level commanded behaviors including multiple pointing reference frames: Inertial, U/LH, Earth-Fixed Target Tracking, Solar, Moon, etc.



(a) HYDROS

(b) HyperXACT

Metric	Target
Form-factor	CubeSat
Data Rate	200 Gbps
Daily Data Rate	5-10 TB/day
Ground Station	Low cost 30 cm terminal
High rate buffer & transceiver electronics	



(c) TBIRD

(d) GlobalStar通信

図 3.2.9-3 PTD ミッション[3-86]

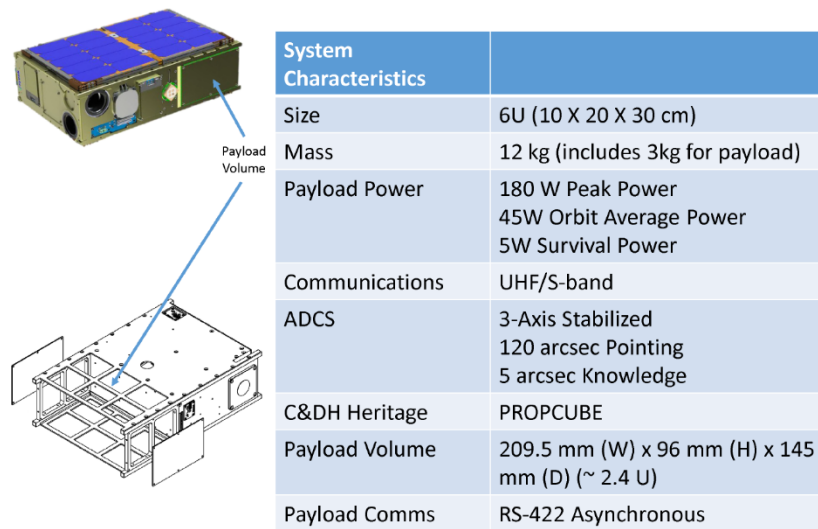


図 3.2.9-4 PTD のバス[3-86]

次に、表の「12. TECHNOLOGY DEMONSTRATION MISSIONS (TDM)」[3-89]は、サイエンスミッションが必要とする技術と工学技術とのギャップを埋めるための技術実証プログラムであり、2019年に打ち上げたDSAC[3-7]、2022年の小惑星探査機Psycheにて実証予定の深宇宙光通信(DSOC)[3-90]、2019年に打ち上げた180kgのグリーン推進剤ミッション衛星(GPIM)、2020年に米国空軍が打ち上げ予定のSpace Test Program Satellite 6(STPSat-6)に搭載されて実証予定の光通信中継ミッション(LCRD)、火星へのEDL技術の獲得を目指して2020年にLEOで実施を計画中の1.2t級宇宙機による減速技術実証ミッション(LOFTID)[3-91]などを進めてきている。上述の通り、多くは小型以上の宇宙機を対象としたものであるが、DSACなど、マイクロ級或いはCubeSat級の深宇宙探査機にも展開可能なものも含まれている。実際、TDMのほとんどが深宇宙を想定したものである。日本においても、古くは宇宙研が工学ミッションシリーズ(MUSES)を実施し、現在でもJAXAが技術試験衛星シリーズ(ETS)の打ち上げを続けているが、TDMのように深宇宙を想定して地球周回軌道で技術実証ミッションを直接行うプログラムは無い。あるとすれば革新プログラムによる実証であるが、今後はETSのミッションの中でも深宇宙も含めたサイエンスミッション用のコンポーネントの技術実証を、ホステッド・ペイロードの形で行えるようにすることもあり得るのかもしれない。

さて、当然のことながら、深宇宙探査を含む宇宙科学に関しては、SMD[3-92]との連携も重要なはずである。SMDには地球科学(ESD)、惑星科学(PSD)、太陽化学(Heliophysics Division)、天体物理学(Astrophysics)の4つの部局があるが、実際どの部局もCubeSatを用いた科学を進めており、主にJPLがその技術を担っている[3-93]。実際、NASAの最新のサイエンス戦略[3-94]においても、「NASA is also expanding the use of lower-cost

CubeSats and SmallSats to accomplish our science goals.」 、「KSC procures all classes of commercial launch services for NASA's science and robotic missions, ranging from Venture Class for the smallest and lightest CubeSat satellites to Heavy Class for the largest and most massive space telescopes. 」 といった記述があり、CubeSat をサイエンスミッションに使用する立場を明確にしている。日本では、宇宙研が工学と理学が融合した形で研究・開発・プロジェクト実施の全てを行っており、6U の EQUULEUS、及び OMOTENASHI の打ち上げを予定しているが、6U（や 12U）をサイエンスミッションに使用することをそろそろ本格的に実施する時期に来ているのではないかと思われる。

また、2017 年に始まった Small Spacecraft Virtual Institute (S3VI) [3-95]は、ネット上のバーチャルな組織で STMD と SMD が連携して運営している。具体的には、ポータルサイト[3-98]の運営の他、「Small Satellite State of the Art Report」[3-50]の発行や、ウェビナーの開催[3-99]等を行っている。日本でも同様の活動を、宇宙研が行っている。尚、この S3VI や HEOMD 内の CSLI[3-96]、ELaNa[3-97]が、新規に衛星（CubeSat）開発を始めようとする教育機関や企業等の技術的支援や予算の支援をしているが、日本は海外に対してはもとより、国内に対してもそういった支援は弱いと言わざるを得ない。

この他、深宇宙に関しては、NASA は 2016 に PSDS3 を発表しコンセプト・スタディの公募を行い、2017 年には金星、月、小惑星、火星、その他を対象とした CubeSat から 180kg 程度以下の探査機ミッション 10 個を選定した（それらのスタディの 2018 年 3 月時点での状況は、ウェブサイト[3-100] [3-101]にて確認ができる）。また、NASA はこれと並行して、Lucy や Psyche 等の深宇宙探査機との相乗りミッションとして、Small Innovative Missions For Planetary Exploration（SIMPLEx）を進めており、2019 年 6 月には 3 つのミッション（小惑星探査ミッション Janus[3-102]、火星大気探査ミッション EscaPADE[3-103]、月の水・地質探査ミッション Lunar Trailblazer[3-104]）まで絞り込んでおり、EscaPADE は 2022 年 7 月に打ち上げ予定とされている。

こうしてみると、NASA には様々な手厚いプログラムがある反面、複雑なものとなっている感はある。これに対し日本は、よりシンプルで“わかりやすい”プログラムを進める方がよいように思われる。そして、アジア等への支援という観点では、以下の点を考慮する必要があると考えられる。即ち、日本が経験的及び技術的優位性をもって、アジア等への深宇宙探査を含む宇宙科学に関する Win-Win な支援につなげるためには、言うまでもなくまずは、日本国内において、より効果的に深宇宙探査を含む宇宙科学を推進していく必要がある。また、それに必要となる技術開発を着実に実施することが肝要となる。そのためにできることとしては、例えば CubeSat 級からマイクロ級までの超小型探査機のライドシェアによる深宇宙探査へのイプシロンロケットの活用や、革新プログラム等での戦略的な深宇宙探査機

器の技術実証、そして、そのハブとなる組織（例えば宇宙研内、或いは宇宙研を含む JAXA 内での部署、或いは宇宙研と大学を中心とした組織）の立ち上げ、及びその組織の独立性・中立性を保つ方策（例えば、国からその組織への直接的支援）などが考えられる。そうやって、日本国内のレベルアップをして初めて、アジア等への深宇宙探査を含む宇宙科学分野での効果的な支援が可能となると考えられる。また、場合によっては、日本によるキャパビルにより技術力を高めたアジア等の技術者・研究者を、上述のハブ組織に（相手側の予算で）受け入れることで、先進的な衛星/探査機を協力して開発することも可能となると思われ、日本と相手国側の双方にとってメリットのある協力関係を構築できると思われる。端的に言えば、日本国内からもアジア等からも、「日本のあの組織に行けば、より先端的で優れた衛星/探査機を開発できる」と思われるような、分かりやすい組織をつくる（或いは、既存の組織をそういった分かり易いものとする）ことが重要であると考えられる。

さて、一方 ESA も、サイエンス全体としては Cosmic Vision プログラムの下でプロジェクトが進められているが、深宇宙探査に特化したロードマップも発表している（図 3.2.9-5）[3-105]。そして、JPL ほど整理がされている感はないが、コールドガススラスタ、スタートラッカー、衛星間通信機、高出力ソーラーアレイドライバ、ハイゲインアンテナ、自律型オンボードコンピュータ、姿勢制御用スラスタ、深宇宙用 X バンド送信機、高比推力イオンエンジン、観測機器など、必要なコンポーネントの開発・実証を行いつつある。このような、技術 oriented なミッション策定も重要な戦略の 1 つであろう。

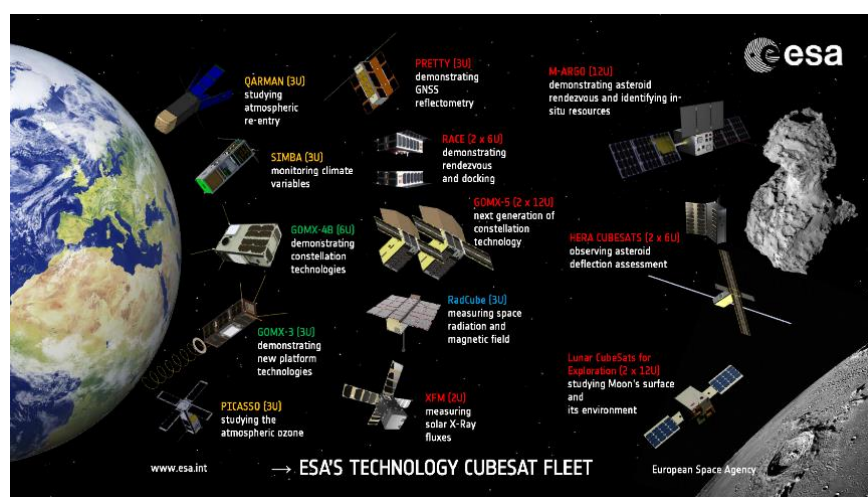


図 3.2.9-5 ESA の CubeSat による深宇宙探査ロードマップ[3-105]

3.3 製造・開発方法の最新技術

製造方法の新しい流れとしては、以下のようなものが挙げられる。

- やはり、3D プリンタを用いた製造は増えている。衛星構体を 3D プリンタで製造するだけでなく、パッチアンテナなど、コンポーネントを製造するようになっている。特に、アンテナの場合、特殊な形状を 3D プリンタで製造可能となったことで、性能の高いアンテナを製造できるようになった[3-106]。
- 推進系のタンクも 3D プリンタで作るものが出てきている。
- 構体にヒートパイプやラジエタを 3D プリンタで積層することで、より熱効率のよい熱制御が可能となっている（図 3.3-1）。
- ミッション機器の部品を、3D プリンタで製造した支持台に直接固定して余計な筐体をなくすことで、容積、及び重量を削減できるようになっている（図 3.3-1）。
- 更に、3D ではなく、まだ 1D プリンティングではあるが、軌道上で部材を製造する技術の実証ミッションを 1U の CubeSat で行うことも検討され始めている[3-107]。



(a)ラジエタ



(b)カメラの支持台

図 3.3-1 3D プリンタによる製造 [3-108][3-109]

この他、Model Based Systems Engineering（MBSE）による開発や、オープンソースの開発環境の利用、設計支援ツールの利用、低コスト高リスクミッションに対する SE、超短期間（8 週間）での衛星開発手法の提案など、設計工学分野で進められているものが超小型衛星開発にもごく普通に適用されてきている。これは、超小型衛星利用の拡大、コンステレーションの発展などによる衛星やコンポーネントの大量生産化が本格的になってきたことや、超小型衛星が高機能化・複雑化してきたことによるものと思われる。また、放射線対策手法に関する研究が盛んになってきており、これも、宇宙利用の拡大に伴う、搭載機器の信頼性向上の要請からきていると思われる。

最後に、これは製造・開発方法とは直接は関係ないことであるが、先述の通り、例えば GOMSPACE 社が ESA の、Tyvak 社が NASA の超小型衛星の設計から製造までをそれぞれ請け負うなど、ベンチャー企業がプライムとなって超小型衛星開発を行う流れが目立ってきている。また、JPL のように、姿勢決定・制御系、推進系、通信系、C&DH 系など、各コンポーネントを企業と共同開発し、それを企業に技術移転していく流れも明確にできている。

3.4 運用方法の最新技術

運用方法は、やはり、

- 運用作業の自動化
- コンステレーション運用の際の運用スケジュールの最適化
- 地上局のモバイル化（簡素化）
- 地上局のシェア
- 運用ソフトのオープンソース化

が重要なテーマとなっており、ソフトウェアの提案や運用サービスの提案が数多くなされている。特に目新しいものは見当たらないが、衛星の運用はミッションの内容に大きく依存するので、当然ながらどのような場合にも対応できる、柔軟性のあるものが残っていくものと思われる。

コンステレーションや深宇宙探査といったミッションが盛んになるにつれて問題となるのが、地上局の配置である。特に、大学等がそういったミッションを実施する場合、日本にしか自局をもたないのは極めて不利であり、一方で海外の商用局を常時利用するのは費用負担の面で厳しい。そこで例えば、地上局をアジア等の支援先に設置し、支援先に地上局運用も含めたキャパビルを実施しつつ、その地上局を日本側が無償で利用できるような枠組みをつくると、支援先と日本とで Win-Win な関係を築くことができると考えられる。また、その局を日本企業にも低価格で利用できるような枠組みをつくることも可能であろう。実際、国内の大学等が海外の大学等と共同研究等の連携関係にある場合、その大学に地上局を設置して共用することは十分に可能である。そして、昨今の宇宙ビジネスの発展を鑑みるに、地上局の需要は高まると予想され、地上局のメンテナンス費用は企業等の有償利用による収入で賄うことも可能であると考えられる。その意味で、地上局をアジア等の支援に上手に利用することができれば、効果的かつ有意義な支援になると考えられる。

3.5 まとめ

以下に、調査結果をまとめる。

① 超小型衛星ミッションの状況は以下の通りである。

- 地球観測に関しては、従来の光学系や SAR 等による地表観測だけでなく、マイクロ波放射計や赤外干渉計、分光計などを用いた高層大気・電離層観測ミッションが増加している。これは、そういった観測を研究対象とする研究者と、GPS の高精度化を目指す機関との連携によるものと予想される。
- それに加えて、宇宙天気を含む磁場観測など、理学観測ミッションが増えている。
- 天文観測ミッションも、X 線天文や系外惑星探査などを中心に増加している。ここでは、新たな観測センサや観測手法により、超小型衛星では困難であった観測を可能にしたものが多い。
- 深宇宙探査については、月・火星だけでなく、小惑星探査ミッションが増加している。また、打ち上げ機から放出された超小型探査機が直接、探査に行く場合だけでなく、中型/大型の探査機に搭載され、野生や小惑星等の目的地付近で分離され、探査を行うプローブとして、超小型探査機を用いるミッションの提案が多く見受けられる。
- IOT ミッションが出始めている。

② 超小型衛星の要素技術に関する海外の状況は以下の通りである。

- 姿勢決定・制御系については、性能・実績の両面で Blue Canyon Technologies 社の 1 強状態にあるが、その他にも、Adcole Maryland Aerospace 社、Hyperion Technologies 社、そして KU Leuven（ルーベン・カトリック大学）が研究・開発・実証を進めている。
- 尚、姿勢決定・制御系については、日本の企業は見当たらない（個々のセンサやアクチュエータについては日本でも販売されているが、それらを統合したサブシステムを販売している企業は見当たらない）

- 推進系については、コールドガスジェットタイプについては、SSTL や UTIAS/SFL といった“老舗”の他に、最近では VACCO 社が地球周回、及び深宇宙での実績面で一歩抜きんでているが、Bradford ECAPS 社、GOMSpace 社も開発・実証をしている。電気推進タイプについては、Enpulsion 社、Busek 社が軌道上実績を有し、T4i 社がこれに続こうとしている。
- 尚、推進系については、日本にも、コールドガスジェットタイプであればパッチドコニックス社が、電気推進タイプであれば東大・小泉研（及び、小泉研のベンチャー企業）が開発しており、後者は地球周回・深宇宙での実績も有している。
- 電波による高速通信に関しては、X バンドだけでなく、Ka バンドも用いられるようになってきている。また、X バンドであっても 280Mbps 相当で、低軌道周回衛星で 5TB/day が実現している。Ka バンドでも 320Mbps が実現している。周波数が高くなることで、衛星の姿勢精度やアンテナゲインに対する要求が厳しくなるが、Ka バンドのハイゲインアンテナについては、JPL が 6U に搭載可能な展開型アンテナを実証している。
- 尚、通信機については、日本でもアドニクス社などが実績を有しているが、アンテナについては、まだ特に目だった企業は見当たらない。
- 量子暗号通信については、まだ宇宙実績は見当たらず（公開されておらず）、研究・開発がなされている段階である。
- 尚、量子通信については、マイクロ衛星で NICT が実績を有している。
- 光通信についても、まだ宇宙実績は見当たらない。但し、JPL が無指向性の光通信ターミナルを開発中で、近いうちに宇宙実証がなされると予想される。
- 尚、光通信についても、NICT はマイクロ衛星で既に実績を有している。
- IoT 技術については、LoRa 通信を利用したものが開発中である。

- 尚、LoRa 通信による IoT 技術は東大の Tricomm-1R（たすき）が既に宇宙実績を有している。
- 深宇宙に関しては、特に通信が問題となるが、CubeSat 級では JPL の MarCO（6U）が唯一、実績を有している。そこでは、平面のハイゲインアンテナがキーとなっており、これは地球周回の 6U 衛星 ISARA で実証したものをスピノフさせたものであった。この成功を受けて、欧州で民間企業でも同様のハイゲインアンテナを利用しようとしている。
- 尚、マイクロ衛星では東大のプロキオンが深宇宙通信の実績を既に有している。
- RVD 技術については、まだどこも実績を有していないが、NASA がエンジニアリングモデルを既に開発しており、宇宙実証に最も近い位置にある。
- 尚、日本で超小型衛星用の RVD 技術の開発を行っている企業は見当たらない。
- リエントリ技術についても、まだどこも実績がない（打ち上げは行われているが、ミッションが失敗に終わっている）。火星へのリエントリについては NASA が検討中である。
- 尚、日本では東大が、エアロシエルの展開によるリエントリ実験 EGG を既に成功させており、その後継機 BEAK の宇宙実験を予定している。また、火星探査ミッション SPUR も検討中である。
- JPL は、深宇宙探査に必要となるコンポーネント技術を戦略的に開発し、軌道上実証を進めている。そして、その技術を企業に移転している。これにより企業が成長しつつ、超小型衛星による深宇宙探査が可能となってきている。
- 尚、このような戦略的な開発、及び技術移転は、日本では十分には行われていない（東大が福井県との連携を進め、その一環として TRICOMM-1R の技術を福井県に移転している、というような個別の事例はあるが、国としては行われていないように見える）。

- NASA は PTD プログラムにより、1 年に 2 回、6U を用いた技術実証を 2020 年度より行う予定である。そして、その衛星バスは Tyvak 社が請け負っており、研究者は、ミッション部の開発に注力することができる。
 - 尚、日本には、現在、定期的な技術実証のプラットフォームとして、イプシロンロケットを用いた革新的衛星技術実証プログラムがあり、主衛星の他に計 6U までの CubeSat と 3 機までのマイクロ衛星を打ち上げることが可能であるが、打ち上げは 2 年に 1 度しかない。また、標準バスのようなものは存在しない。その代わり、コンポーネントの研究・開発者は、それを主衛星に搭載することが可能である（コンポーネントの研究・開発者は、バス部の製造や衛星の運用をする必要はない）。
- ③ 製造・開発方法に関する海外の状況は以下の通りである。
- 3D プリンタの技術で衛星構体はもとより、推進系やアンテナ、搭載機器の支持部材など、様々なコンポーネント・部品が作られるようになっている。最適設計で得られた形状のものを製造しやすい 3D プリンティング技術は重量や容積の制約が強い超小型衛星の製造に向いており、今後も発展が見込まれる。
- ④ 運用方法に関する海外の状況は以下の通りである。
- やはり、運用作業の自動化、コンステレーション運用の際の運用スケジュールの最適化、地上局のモバイル化（簡素化）に関する研究・開発が盛んであり、実際、Planet などコンステレーション運用を実際に行っている企業が先んじている。
 - 日本でも、地上局のシェアについてはインフォステラ社が行っている。
- ⑤ 以上の状況を踏まえた上で、日本の状況をみると、以下のような課題、及び解決策が見えてくる。
- 競争力のある最先端技術/製品の開発のシーズとなるのが理学ミッション機器である（実際、シーズの宝庫といえる）。現在、理学の研究者も超小型衛星を利用した研究を始めており、そこで出たアイデアを日本として伸ばしていくことが重要であると考えられる。
 - 実際、海外における大気・電離層観測ミッションの増加にみられるように、ある特定のデータを必要とする機関・企業等と、研究者が研究目的で必要とするデータとが合

致すれば、そのデータを取得するためのミッションを実施することで、双方にとってメリットがある、価値の高い成果を得ることができる。

- そして、そういったミッションを行い、そのデータをアジア等の研究者、或いは機関・企業等とも共有することができれば、それは効果的な支援となると考えられる。つまり、キャパビルのような「能力を高める」という一方的な支援だけでなく、「価値の高いものを共有する」という形の“支援”をすることも、アジア等との良好な関係を築くためには必要と考えられる。
- 日本は、姿勢決定・制御系の統合システムの開発（製品化）が遅れている。
- CubeSat 級の深宇宙探査に関しては、通信が特に問題となると考えられるが、ハイゲインアンテナの研究・開発が遅れている。
- 日本には、光通信（量子通信を含む）、LoRa 通信、再突入技術、電気推進系など、世界に先んじて宇宙実証をした技術が多くあるが、それを企業に技術移転することで着実に製品化していくことや、それらの技術を日本として更に伸ばしていくことをしないとすぐに世界に追い越され、取り残されていく懸念がある。
- JPL が深宇宙探査を含む宇宙科学ミッションの実施・成功に向けて、戦略的に技術開発、及び軌道上実証を進めていること、ならびに NASA や ESA が CubeSat を含む超小型衛星を、宇宙科学を含む宇宙開発・利用のプラットフォームとしてきていることから、日本でもそういった戦略的な研究・開発・軌道上実証・ミッション遂行を行う枠組みをつくるが必要となってくると考えられる。実際、そういった枠組みをつくって、研究・開発を推進し日本のレベルを上げない限り、アジア等にとって、深宇宙探査を含む宇宙科学という点で、日本は魅力的な支援国とはならないと思われる。
- そういった枠組みをつくる場合には、現在の枠組み（宇宙研、及び JAXA 全体、大学等の学術機関、ベンチャー企業等）と効果的に連携でき、且つ、予算的にも独立して活動できるようにすることが望ましい。
- そういった枠組みを作った場合、アジアからの優秀な技術者・研究者（例えば、日本によるキャパビル支援を受けた技術者・研究者）をその枠組みで受け入れ、日本と共

同で先進的な宇宙機を開発することで、日本と相手側の双方にとってメリットのある協力関係を築くことが可能となると考えられる。一言で言えば、アジア等から見て、「日本のあの組織に行けば、より先端的で優れた衛星/探査機を開発できる」と思われるような組織（枠組み）をつくることができれば、従来のキャパビルを越えた、効果的な支援が可能となると考えられる。

- また、枠組みをつくったとしても、打ち上げ機会が増えなければ、超小型衛星のメリットを活かすことはできない。現在、超小型衛星/探査機に関連した技術の実証機会は、日本では2年に1度の革新的衛星技術実証プログラムしかない。そこで、この打ち上げ機会を増やす、或いは2年に1度であっても打ち上げる衛星をマイクロ衛星以下にして、多数機のライドシェアで打ち上げることができれば、効果的な技術実証が可能となる。
- 更に、これを深宇宙探査にも拡張し、定期的に深宇宙探査用のイプシロンロケット打ち上げを進めることができるようにして、打ち上げスロットの一部をアジア等にも提供することができれば、効果的な支援となると考えられる。
- 一方で今後、企業や研究者等の衛星/探査機運用の需要が増えることを考えると、世界中により多くの地上局を配置することが必要となると考えられる。その場合に問題となるのは、運用人員の確保と人件費、及び地上局の維持費の確保である。そこで、地上局をアジア等に設置し、地上局運用技術を供与し、その見返りとしてその地上局を日本側の学術機関等が無償で利用できるようにし、民間企業には有償利用とするという形の支援が可能であると考えられる。これにより、運用者は現地の方々と、維持費は民間企業から得る地上局利用料で賄うことができると思われる。
- 尚、日本では、LEO 衛星の管制を固定地上局ではなく移動地上局で行うことで、台風等による地上局の被害を回避したり、より通信環境の良い場所で運用したりすることを可能とする動きも出てきている。このような、移動可能な地上局の運用技術の供与をキャパビルに利用し、同時にその移動地上局を日本側が利用できるようにすることも、効果的な支援となるであろう。
- 更に踏み込むとすると、例えば、衛星バスとその衛星を運用可能な地上局（ソフトウェアも含む）のセットを、低価格、又は無償で提供するという支援も考えられる。そ

うすることで、日本の衛星バスと地上局をデファクト・スタンダードにしてしまい、アジア等の技術者・研究者・衛星ユーザーはミッション部の開発にのみ注力すればよい、という状況をつくってしまうことも考えられる。

- 以上のような方策を実現することを考えると、日本には CubeSat の開発メーカー・統合メーカーがほぼ存在せず、マイクロ衛星についてもわずかな企業しか存在していないことは、アジア等への効果的な支援という点でネックとなる。その意味で、国がアジア等に支援をする場合、複数の衛星/探査機の日本国内開発メーカーの育成（技術移転を含む）も課題となる。
- そういった課題を解決しつつ、①宇宙開発・利用のきっかけを与える機会の提供（例えば、UNISEC による HEPTA-Sat トレーニング等）、②衛星開発のキャパビルの機会の提供（例えば、九工大による大学院教育課程内での CubeSat 開発や、東北大による技術者受け入れによる地球観測衛星開発）、③自国での衛星利用機会の提供（例えば、東大、及び連携企業による TRICOMM-1R ベースの衛星の販売、及び開発・利用支援）、④深宇宙探査を含む宇宙科学の共同ミッションの機会の提供（例えば、上述のような、超小型深宇宙探査機／超小型科学衛星の開発組織への技術者・研究者の受け入れ）、⑤上述のような、地上局の技術供与を核とした支援、という一連の流れを支援メニューとしてアジア等に示すことで、より効果的で、且つ Win-Win な支援が可能となると考えられる。

参考文献

- [3-1] Small Satellite Conference archive site,
<https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2017/>,
<https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/>,
<https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/>
- [3-2] CubeSat Developers Workshop archive site,
<http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2017/>,
<http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2018/>,
<http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2019/>
- [3-3] Interplanetary CubeSat Symposium site,

- <https://icubesat.org/archive/2017-2/icubesat-program-2017/>,
<https://icubesat.org/archive/2018-2/icubesat-program-2018/>,
<https://icubesat.org/archive/2019-2/icubesat-program-2019/>
- [3-4] The 4S Symposium Proceedings site,
<https://www.dropbox.com/s/irxt4i8imhc4iqe/4S%20Final%20Proceedings.zip?dl=1>
- [3-5] European CubeSat Symposium archive site,
https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=13:9thecs-presentations&Itemid=1292&lang=en
https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=16:10th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en
https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=17:11th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en
- [3-6] 津田, GPS データを活用した大気重力波の研究 (2003 年度日本気象学会賞受賞記念講演), 天気, Vo.53, No.1, pp.19-29, 2003.
https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2006/2006_01_0019.pdf.
- [3-7] Deep Space Atomic Clock (DSAC) Overview, NASA website,
https://www.nasa.gov/mission_pages/tadm/clock/overview.html.
- [3-8] T. Ely, Mission Countdown for Deep Space Atomic Clock, December 2018,
<https://www.gps.gov/governance/advisory/meetings/2018-12/ely.pdf>.
- [3-9] Microchip company website, Chip Scale Atomic Clock (CSAC) SA.45s,
<https://www.microsemi.com/product-directory/clocks-frequency-references/3824-chip-scale-atomic-clock-csac>.
- [3-10] 産総研ウェブサイト, 超省エネ・小型の原子時計の開発に成功, 2019 年 2 月,
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190219/pr20190219.html
- [3-11] W. Blackwell, K. Clark, D. Cousins, D. Crompton, A. Cunningham, M. Diliberto, L. Fuhrman, R. Leslie, I. Osaretin, and S. Michael, New Capabilities for All-Weather Microwave Atmospheric Sensing Using CubeSats and Constellations, 31st Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, SSC18-UU-07,
<https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/262/>
- [3-12] F. Olschewski, M. Kaufmann, K. Mantel, T. Neubert, H. Rongen, M. Riese, and R. Koppmann, A Small Satellite Payload for Airglow Measurements in the Upper Atmosphere by Spatial Heterodyne Interferometry,
<https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/82/>

- [3-13] D. Masutti, et al., MoonCORE: CubeSat for the Analysis of the Radiation Environment on the Moon, 2017 European CubeSat Symposium, <https://www.dropbox.com/s/irxt4i8imhc4iqe/4S%20Final%20Proceedings.zip?dl=1%20Proceedings%202018%20Programme%20CubeSat%20Workshop%20Tuesday%20CubeSat%20Plenary%20Session%2087-159-Masutti-Davide-presentation.pdf>
- [3-14] F. Topputo and the LUMIO Team, LUMIO CubeSat: Toward a Lunar Situational Awareness, iCubeSat 2019, <https://icubesat.org/papers/2019-2/2019-a-2-2-lumio-cubesat-toward-a-lunar-situational-awareness/>.
- [3-15] B. Cantor, et al., Monitoring Mars' Atmospheric Dynamics: From an Areostationary SmallSat Concept to a "MultiSat" Concept, iCubeSat 2019, <https://icubesat.org/papers/2019-2/2019-a-2-5-monitoring-mars-atmospheric-dynamics-from-an-areostationary-smallsat-concept-to-a-multisat-concept/>.
- [3-16] E. Chassefière, MPVIEW : A multi-satellite mapping system to fully monitor and characterize waves in Venus' atmosphere, iCubeSat2018, <https://icubesat.org/papers/2018-2/2018-a-2-1-mpview-a-multi-satellite-mapping-system-to-fully-monitor-and-characterize-waves-in-venus-atmosphere/>.
- [3-17] D. Maruro, The Aeolus Mission Concept, an Innovative Mission to Study the Winds and Climate of Mars, 31st Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, SSC18-V-06, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/285/>.
- [3-18] D. Gaudin, and M. Blanc, Europa Plume Investigation by Cubesat (EPIC), 2018 European CubeSat Symposium, : <https://icubesat.org/papers/2018-2/2018-a-3-4-europa-plume-investigation-by-cubesat-epic/>.
- [3-19] F. Perez, DustCube, a Nanosatellite Mission study to Binary Asteroid 65803 Didymos, The 4S Symposium 2018, <https://www.dropbox.com/s/irxt4i8imhc4iqe/4S%20Final%20Proceedings.zip?dl=1%20Proceedings%204S%202018%20Programme%20CubeSat%20Workshop%20Tuesday%20CubeSat%20Plenary%20Session>.
- [3-20] M. Agnan, B. Segret, G. Quinsac, and the BIRDY Team, BIRDY: an interplanetary CubeSat to Small Solar System Bodies, iCubeSat 2019, <https://icubesat.org/papers/2019-2/2019-a-3-2-birdy-an-interplanetary-cubesat-to-small-solar-system-bodies/>.

- [3-21] B.G. Gutierrez, ESA's Hera Cubesats Missions to Asteroid Didymos, iCubeSat 2019, <https://icubesat.org/papers/2019-2/2019-a-4-1-esas-hera-cubesats-missions-to-asteroid-didymos/>.
- [3-22] H. Chen, et al., CubeSat complemented Radio science Small body exploration: Survey of Phobos and HO3, iCubeSat 2019, : <https://icubesat.org/papers/2019-2/2019-a-3-4-cubesat-complemented-radio-science-small-body-exploration-survey-of-phobos-and-ho3/>.
- [3-23] C. Snodgrass, The CASTAway mission – opportunities for CubeSats in the asteroid belt, iCubeSat 2017, <https://icubesat.org/papers/2017-2/2017-a-3-5-the-castaway-mission-opportunities-for-cubesats-in-the-asteroid-belt/>.
- [3-24] P. Bambach, et al., ESA F-Class mission candidate AI3: A mothership/daughters concept to deliver CubeSats to an asteroid, iCubeSat 2019, : <https://icubesat.org/papers/2019-2/2019-a-3-5-esa-f-class-mission-candidate-ai3-a-mothership-daughters-concept-to-deliver-cubesats-to-an-asteroid/>.
- [3-25] E. Bertels, et al., Conquering the solar system with CubeSat Technology –first results of CubeSat hardware beyond low Earth orbit, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/278/>
- [3-26] H. Goldberg, and O. Karatekin, Development of the Juventas CubeSat for Hera, iCubeSat 2019, <https://icubesat.org/papers/2019-2/2019-a-4-2-development-of-the-juventas-cubesat-for-hera/>.
- [3-27] J. Hanson, Pathfinder Technology Demonstrator “Demonstrating Advanced Technologies for Advanced Missions”, 2017 CubeSat Developers Workshop, http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2017/Spring/Day%201/Session%202/1_JohnHanson.pdf.
- [3-28] J. Stupl, J. Hong, and the CubeX team, CubeX: A compact X-Ray Telescope Enables both X-Ray Fluorescence Imaging Spectroscopy and Pulsar Timing Based Navigation, 31st Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, SSC18-V-05, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/284/>
- [3-29] R. Lillis, et al., Mars Ion and Sputtering Escape Network, iCubeSat 2018, <https://icubesat.org/papers/2018-2/2018-a-2-5-mars-ion-and-sputtering-escape-network/>

- [3-30] F. Perez, et al., DustCube, a nanosatellite mission to binary asteroid 65803Didymos as part of the ESA AIM mission, *Advances in Space Research*, Vol.62, pp.3335-3356, 2018, DOI: 10.1016/j.asr.2018.06.019.
- [3-31] P. Kaaret, et al., First Results from HaloSat – A CubeSat to Study the Hot Galactic Halo, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/277/>
- [3-32] P. Kaaret, et al., HaloSat: A CubeSat to Study the Hot Galactic Halo, *The Astrophysical Journal*, Vol. 884, No.2, 2019 October 20. DOI: 10.3847/1538-4357/ab4193
- [3-33] C. Dandumont, D. Defrere, A. Bichet, S. Dibartolomeo, and Prof. J. Loicq, Feasibility study of an interferometric CubeSat for exoplanet science, https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=17:11th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en, 11thECS_Final_Presentations¥ECS19-11092019¥Session_01¥ID38_Dandumont2.pdf.
- [3-34] S. D'Amico, et al., System Design of the Miniaturized Distributed Occulter/Telescope (mDOT) Science Mission, 2019 Small Satellite Conference, : <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/81/>.
- [3-35] C. Lamkin, Recent Flight Experiences of Blue Canyon Technologies Spacecraft and Components, CubeSat Developers Workshop 2019, <http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2019/Spring/Day%201/Session%201/CorrieLamkin.pdf>.
- [3-36] XACT data sheet, : https://storage.googleapis.com/blue-canyon-tech-news/1/2019/10/BCT_DataSheet_Components_ACS_F2.pdf.
- [3-37] M.W. Smith, et al., On-Orbit Results and Lessons Learned from the ASTERIA Space Telescope Mission, 2018 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/255/>
- [3-38] MAI-500 data sheet, : <https://www.adcolem.ai.com/wp-content/uploads/2019/02/AMA-MAI-500-Datasheet.pdf>.
- [3-39] iADCS200 data sheet, : https://hyperiontechnologies.nl/wp-content/uploads/2019/11/HT_iADCS200.pdf.
- [3-40] iADCS400 data sheet, : https://hyperiontechnologies.nl/wp-content/uploads/2015/07/HT_iADCS400_v2.1-flyer.pdf.

- [3-41] CubeSatShop website, KU Leuven ADCS, <https://www.cubesatshop.com/product/kul-adcs/>.
- [3-42] K. Devaraj, et al., Dove High Speed Downlink System, 2017 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2017/TS7AdvTech2/8/>
- [3-43] NASA C-POD Micro CubeSat Propulsion System web site, : <https://www.cubesat-propulsion.com/reaction-control-propulsion-module/>. Data sheet: <https://www.cubesat-propulsion.com/wp-content/uploads/2015/10/Reaction-control-propulsion-module.pdf>
- [3-44] JPL MarCO Micro CubeSat Propulsion System web site: <https://www.cubesat-propulsion.com/jpl-marco-micro-propulsion-system/>. Data sheet: https://www.cubesat-propulsion.com/wp-content/uploads/2015/11/X14102000-01_2019update.pdf.
- [3-45] HPGP Thrusters web site: : <https://www.ecaps.space/products-overview-ecaps.php>.
- [3-46] IFM Nano Thruster series data sheet, : <https://www.enpulsion.com/wp-content/uploads/ENP2018-001.F-IFM-Nano-Thruster-Product-Overview.pdf>
- [3-47] IFM Micro Thruster series data sheet, : <https://www.enpulsion.com/wp-content/uploads/ENP2018-002.G-IFM-Micro-Thruster-Product-Overview.pdf>
- [3-48] G. Anderson, et al., Experimental results from the ST7 mission on LISA Pathfinder, Phys. Rev. D, Vol. 98, 102005 (2018), DOI: 10.1103/PhysRevD.98.102005
- [3-49] Propulsion for CubeSats and NanoSats, Busek website, http://busek.com/technologies__cubesatprop.htm.
- [3-50] NASA/TP—2018–220027, State of the Art: Small Spacecraft Technology, <https://sst-soa.arc.nasa.gov/download/1780/>.
- [3-51] K. Devarai, et al., Dove High Speed Downlink System, 2019 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2017/TS7AdvTech2/8/>.
- [3-52] K. Leveque, et al., Unlocking the Next Generation of Nano-Satellite Missions with 320 Mbps Ka-Band Downlink: On-Orbit Results, 2019 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/110/>.
- [3-53] E. Peral, et al., RainCube, the First Spaceborne Precipitation Radar in a 6U CubeSat, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/78/>.
- [3-54] TENDEG website, <https://www.tendeg.com/products>.

- [3-55] KaTENna data sheet, https://85f2c62a-b345-48a7-8394-fe93e1395d10.filesusr.com/ugd/c5273f_0081c8a108f5424683ac6fd36d0025fe.pdf.
- [3-56] NICT ウェブサイト, 「超小型衛星による量子通信の実証実験に世界で初めて成功～宇宙と地上を結ぶ超長距離・高秘匿な衛星通信網の構築に向けた大きな一歩～」, 2017 年 7 月 11 日, <https://www.nict.go.jp/press/2017/07/11-1.html>.
- [3-57] X. Bai, et al., Validating an Entangled Photon Light Source in Space with the SpooQy-1 CubeSat, 2018 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/260/>.
- [3-58] SpooQy-1: The Quantum Nanosatellite, The SpooQy Lab website, <https://sites.google.com/site/phylej/projects-1/spooqy-1>.
- [3-59] T. Jennewein, et al., QEYSSAT: A mission proposal for a quantum receiver in space, Proc. SPIE 8997, Advances in Photonics of Quantum Computing, Memory, and Communication VII, 89970A, February 2014, DOI: 10.1117/12.2041693.
- [3-60] R. Haber, et al., Qube - A CubeSat for Quantum Key Distribution Experiments, 2018 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/269/>.
- [3-61] E. Kerstel, NanoBob: Quantum Secure Communication with a CubeSat, 2018 European CubeSat Symposium, https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=16:10th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en, 10ECS_presentations¥2018_12_06¥PM¥B3-Kerstel_Com_Exp_NanoBob.pdf.
- [3-62] D. Rowen, et al., The NASA Optical Communications and Sensor Demonstration Program: Proximity Operations, 2018 Small Satellite Conference, : <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/254/>.
- [3-63] R.P. Welle, CubeSat Laser Communication Crosslink Pointing Demonstration, 2019 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/103/>.
- [3-64] R. Sanford, FREE SPACE OPTICAL COMMUNICATIONS TO EXPAND THE CAPABILITIES OF SMALLSATS, The 4S symposium 2018, <https://www.dropbox.com/s/irxt4i8imhc4iqe/4S%20Final%20Proceedings.zip?dl=1> ¥Proceedings¥4S 2018 Programme¥4S Symposium¥Thursday¥New Technologies 2¥1_15-66-Matsumori-Barry_presentation.pdf.

- [3-65] P. Serra, et al., Optical Communications Crosslink Payload Prototype Development for the Cubesat Laser Infrared Crosslink (CLICK) Mission, 2019 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/109/>.
- [3-66] J. Verazco, Inter-satellite Omnidirectional Optical Communicator for CubeSat Swarms, 2019 CubeSat Developers Workshop, : <http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2019/Spring/Day%203/Session%202/JoseVelazco.pdf>.
- [3-67] J.W. Conklin, et al., Preliminary Results from the CHOMPTT Laser Time-Transfer Mission, 2019 Small Satellite Conference, : <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/108/>.
- [3-68] E. Clements, et al., Integration and Testing of the Nanosatellite Optical Downlink Experiment, 2017 CubeSat Developers Workshop, : http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2017/Spring/Day%201/Session%201/4_EmilyClements.pdf.
- [3-69] F. Sansone, et al., LaserCube: an optical communication system for miniature satellites, The 4S Symposium 2018, <https://www.dropbox.com/s/irxt4i8imhc4iqe/4S%20Final%20Proceedings.zip?dl=1>, 4S 2018 Programme 4S Symposium Thursday Telecom 2_227-332-Sansone-Francesco_presentation.pdf.
- [3-70] A.T. Klesh, et al., MarCO: Flight Review and Lessons Learned, 2019 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/276/>.
- [3-71] R. Hodges, et al., The ISARA Mission - Flight Demonstration of a High Gain Ka-Band Antenna for 100Mbps Telecom, 2018 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/292/>.
- [3-72] R. Walker, et al., Miniaturised Asteroid Remote Geophysical Observer (M-ARGO): a stand-alone deep space CubeSat system for low-cost science and exploration missions, iCubeSat 2017, <https://icubesat.org/papers/2017-2/2017-a-3-1-miniaturised-asteroid-remote-geophysical-observer-m-argo-a-stand-alone-deep-space-cubesat-system-for-low-cost-science-and-exploration-missions/>
- [3-73] J. Dalbins, Alternative communications approach to deep space missions, iCubeSat 2019, <https://icubesat.org/papers/2019-2/2019-b-2-1-alternative-communications-approach-to-deep-space-missions/>

- [3-74] F. Cray, Corona II: Returning Large Amounts of Data to Earth, iCubeSat 2018, <https://icubesat.org/papers/2018-2/2018-b-4-3-corona-ii-returning-large-amounts-of-data-to-earth/>
- [3-75] M.K. Kim and J.S. Kim, Conceptual Design and Guidelines of Electromagnetic Docking Devices for Rendezvous Docking Mission, 2019 European CubeSat Symposium, https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=17:11th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en%26%3B11thECS_Final_Presentations%26%3BECS19-13092019%26%3BSession_08%26%3BID11_ConceptualDesignandGuidelinesofElectromagneticDockingDevices.pdf.
- [3-76] C. Pirat, et al., Guidance Navigation and Control for Autonomous Cooperative Docking of CubeSats, The 4S symposium 2018, https://www.dropbox.com/s/irxt4i8imhc4iqe/4S%20Final%20Proceedings.zip?dl=1%26%3BProceedings%26%3B4S%202018%20Programme%26%3BCubeSat%20Workshop%26%3BWednesday%26%3BGuidance,NavigationandControl%26%3B1_16-26-Pirat-Camille_presentation.pdf
- [3-77] L. Olivieri, et al., Laboratory validation of close navigation, rendezvous and docking technologies for nanosats, The 4S symposium 2018, https://www.dropbox.com/s/irxt4i8imhc4iqe/4S%20Final%20Proceedings.zip?dl=1,%26%3BProceedings%26%3B4S%202018%20Programme%26%3B4S%20Symposium%26%3BTuesday%26%3BMissionandSystemAnalysis%26%3B1_DistributedMissionConcepts%26%3B1_103-51-Olivieri-Lorenzo_presentation.pdf.
- [3-78] B. Banker and S. Askew, Seeker 1.0: Prototype Robotic Free Flying Inspector Mission Overview, 2019 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/151/>.
- [3-79] NASA website "Cubesat Proximity Operations Demonstration (CPOD)", https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/small_spacecraft/cpod_project.html, Fact sheet: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/factsheet_cpod_19_july2018-508.pdf, 2018.
- [3-80] I. Sakraker, et al., QARMAN: An Atmospheric Entry Experiment on CubeSat Platform, 2019 European CubeSat Symposium, https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=17:11th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en,

- 11th ECS_Final_Presentations/ECS19-11092019/Session_02/ID83_QARMANCubeSat/asAtmosphericReentryVehicle2.pdf.
- [3-81] A. Cadu, et al., EntrySat, a 3U CubeSat to Study Atmospheric Reentry, 2018 European CubeSat Symposium, https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=16:10th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en, ECS_presentations/2018_12_05/PM/A1-Cadu_Space_Missions_EntrySat_ISAE-SUPAERO.pdf.
- [3-82] ISAE-SUPAERO website, "EntrySat: The first 3U CubeSat to study satellite re-entry," <https://websites.isae-supaero.fr/entrysat/>.
- [3-83] S. Antonetti, D-Sat Mission: an In-Orbit Determination of Satellite Controlled Re-entry, 2017 European CubeSat Symposium, https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=13:9thecs-presentations&Itemid=1292&lang=en, ECS_presentations/ECS-Fri01-morning/antonetti.pdf.
- [3-84] A.M. Cassel, et al., ADEPT, A Mechanically Deployable Re-Entry Vehicle System, Enabling Interplanetary CubeSat and Small Satellite Missions, 2019 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/265/>
- [3-85] T. Freeman, 28 and Counting: JPL's Involvement in Cubesat Missions, 2019 CubeSat Developers Workshop, <http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2019/Spring/Day%201/Session%202/AnthonyFreeman.pdf>.
- [3-86] J. Hanson, et al., Pathfinder Technology Demonstrator "Enabling the Next Generation of CubeSat Missions", 2019 CubeSat Developers Workshop, <http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2019/Spring/Day%201/Session%202/JohnHanson.pdf>.
- [3-87] K. James, et al., Performance Characterization of the HYDROS™ Water Electrolysis Thruster, 2015 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2015/all2015/75/>.
- [3-88] C. Schieler, et al., NASA's Terabyte Infrared Delivery (TBIRD) Program: Large-Volume Data Transfer from LEO, 2019 Small Satellite Conference, <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/107/>.

- [3-89] NASA Technology Demonstration Missions fact sheet, <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/tdmfactsheet-2018.pdf>.
- [3-90] A.Biswas et al., "Status of NASA's deep space optical communication technology demonstration," 2017 IEEE International Conference on Space Optical Systems and Applications (ICSOS), Naha, 2017, pp. 23-27.
- [3-91] NASA LOTID fact sheet, https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/loftid_fact_sheet_june2019.pdf.
- [3-92] NASA SMD website, "NASA's Science Vision", <https://science.nasa.gov/about-us/smd-vision>.
- [3-93] S.P. Neek, Small Satellites for NASA Earth Science, 12th IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation, May 2019, <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20190025151.pdf>.
- [3-94] NASA 2018 Strategic Plan, : https://science.nasa.gov/science-red/s3fs-public/atoms/files/nasa_2018_strategic_plan_0.pdf.
- [3-95] B.D. Yost, Small Spacecraft Systems Virtual Institute Status Update, 2019 CubeSat Developers Workshop, <http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2019/Spring/Day%201/Session%202/BruceYost.pdf>.
- [3-96] CubeSat Launch Initiative website, https://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats_initiative.
- [3-97] Educational Launch of Nanosatellites website, https://www.nasa.gov/mission_pages/smallsats/elana/index.html.
- [3-98] Small Spacecraft Virtual Institute website, <https://www.nasa.gov/smallsat-institute>.
- [3-99] Small Spacecraft Virtual Institute website, "Small Spacecraft Community of Practice", <https://www.nasa.gov/smallsat-institute/small-spacecraft-community-of-practice>.
- [3-100] The Planetary Science Deep Space SmallSat Mission Concepts meeting program, https://www.hou.usra.edu/meetings/smallsat2018/smallsat_program.pdf.
- [3-101] C. Mercer, Planetary Science Deep Space SmallSatStudies, Planetary Science Deep Space SmallSat Mission Concepts meeting, https://www.hou.usra.edu/meetings/smallsat2018/pdf/00_Mercer.pdf.

- [3-102] D.J. Scheeres, et al., Janus: A mission concept to explore two NEO Binary Asteroids,
<https://www.lpi.usra.edu/sbag/meetings/jun2019/presentations/Hartzell.pdf>.
- [3-103] PARABOLIC ARC website, "Small Satellites to Study Martian Atmosphere",
<http://www.parabolicarc.com/2020/03/01/small-satellites-to-study-martian-atmosphere/>.
- [3-104] Caltech Lunar Trailblazer website, <http://trailblazer.caltech.edu/>.
- [3-105] R. Walker, ESA Roadmap on Interplanetary CubeSats, iCubeSat 2019, :
<https://icubesat.org/papers/2019-2/2019-a-1-1-esa-roadmap-on-interplanetary-cubesats/>.
- [3-106] B. Byrne, and N. Capet, Compact 3D Printed Antenna Technology for Cubesat Applications, 2019 European CubeSat Symposium.
https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=file&id=17:11th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en,¥11thECS_Final_Presentations¥ECS19-12092019¥Session_06/ID30_Compact3DPrintedAntennaTechnologyforCubesatApplications.pdf.
- [3-107] J. Quintana, Orbital Factory 2: A 1U CubeSat for Additive Manufacturing Tasks in Low Earth Orbit, 2019 Small Satellite Conference,
<https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2019/all2019/155/>
- [3-108] L. Anderson, et al., The Active CryoCubeSat Project: Testing and Preliminary Results, 2018 Small Satellite Conference:
<https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/461/>.
- [3-109] M. Schimmerohn, et al., Additive Manufactured Structures for the 12U Nanosatellite ERNST, 2018 Small Satellite Conference:
<https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2018/all2018/462/>.

4 宇宙新興国へのキャパシティビルディング支援

4.1 宇宙新興国へのキャパシティビルディング支援

4.1.1 宇宙先進国のキャパシティビルディング活動の動向と課題

4.2 節で宇宙先進国各国及び地域が行なっているキャパビル活動を個別に紹介しているが、本項では総論を述べる。

表 4.1.1-1 に、個別の衛星開発と連動する形で宇宙先進国が行った、キャパビル活動の主たるものを示す。データは 2003 年以降に打ち上げられた衛星について、非宇宙先進国の技術者・学生に対して何らかの技術提供があったものを示している。尚、備考欄に x がついているものは、ミッション（地球観測）と衛星のサイズから、何らかのトレーニングが衛星製造国において実施されたと思われるものである。

主なプレーヤーとしては、CAST（中国）と CAST 傘下の国営企業 DFH Satellite Co. Ltd. と Shenzhen DFH HIT、ウクライナの Yuzhnoye SDO があり、大型衛星のプライムメーカーとして三菱電機（日本）、Thales-Alenia（欧州）、Airbus（欧州）がある。小型衛星メーカーとしては SSTL（英国）、SatRec-i（韓国）、Berlin Space Technology（ドイツ）がある。大学では日本の九工大、東北大、北海道大、東大、慶応大、イタリアのローマ・ラ・サピエンツァ大学、ドイツのベルリン工科大学がある。

衛星開発と連動する形のキャパビルは、主として以下の 3 つのカテゴリーに分けられる。

- 大型の静止通信衛星や地球観測衛星に関しての技術供与
- 300kg 程度までの小型の地球観測衛星に関しての技術供与
- 50kg 以下の超小型衛星

表 4.1.1-1 衛星開発を伴うキャパビル活動の例

衛星名	重量 (kg)	打ち上げ日	衛星保有国	支援国	支援者	衛星保有者	衛星保有者の 種類	衛星ミッション	軌道	備考
VeneSat 1	5,100	2008/10/29	Venezuela	China	CAST	Ministry of Science and Technology	Government	Communications	GEO	
NigComSat-1R	5,150	2011/12/17	Nigeria	China	CAST	NigComSat	Commercial	Communications	GEO	
VRSS-1	880	2012/09/28	Venezuela	China	CAST	Bolivarian Agency for Space Activities	Government	Earth Observation	LEO	
TKSat-1	5,000	2013/12/20	Bolivia	China	CAST	Bolivia Aerospace Bureau	Government	Communications	GEO	
LaoSat-1	3,800	2015/11/20	Laos	China	CAST	Laos National Authority for Science and Technology	Government	Communications	GEO	
VRSS-2	1,000	2017/10/09	Venezuela	China	CAST	Bolivarian Agency for Space Activities	Government	Earth Observation	LEO	
Alcomsat	5,225	2017/12/10	Algeria	China	CAST	Algerian Space Agency (ASAL)	Government	Communications	GEO	
PakTES-1a	285	2018/07/09	Pakistan	China	CAST/DFH Satellite Co. Ltd.	SUPARCO	Government	Earth Observation	LEO	x
PRSS-1	1,200	2018/07/09	Pakistan	China	CAST/DFH Satellite Co. Ltd.	SUPARCO	Government	Earth Observation	LEO	x
SRSS 1	100	2019/11/03	Sudan	China	Shenzhen DFH HIT	Sudan government	Government	Military	LEO	
KazEOSat-1	830	2014/04/30	Kazakhstan	France	Airbus	Kazcosmos	Government	Earth Observation	LEO	x
PeruSat-1	430	2016/09/16	Peru	France	Airbus	Peruvian SpaceAgency	Government	Earth Observation	LEO	x
SSOT	117	2011/12/17	Chile	France	Astrium	Chilean Air Force	Government, Military	Earth Observation	LEO	x
THEOS	750	2008/10/01	Thailand	France	EADS Astrium	GISTDA	Government	Earth Observation	LEO	
VNREDSat 1A	115	2013/05/07	Vietnam	France	EADS Astrium	Space Technology Institute-Vietnam Academy of Science and Technology (STI-VAST)	Government	Earth Observation	LEO	x
Bangabandhu 1	3500	2018/05/11	Bangladesh	France, Belgium, Spain, Italy	Thales Alenia Space	Bangladesh Telecommunication Regulatory Commission (BTRC)	Government	Communications	GEO	
Alsat 2B	117	2016/09/26	Algeria	France, UK, Germany, Spain	Airbus	Algerian Space Agency (ASAL)	Government	Earth Observation	LEO	x
Alsat-2A	130	2010/07/12	Algeria	France, UK, Germany, Spain	EADS Astrium	Algerian Space Agency (ASAL)	Government	Earth Observation	LEO	x

Mohammed VI-A	1,110	2017/11/08	Morocco	France, UK, Germany, Spain/, taly	Thales/Alenia and Airbus	Kingdom of Morocco	Government	Earth Observation	LEO	x
Mohammed VI-B	1,110	2018/11/21	Morocco	France, UK, Germany, Spain/, taly	Thales/Alenia and Airbus	Kingdom of Morocco	Government	Earth Observation	LEO	x
LAPAN-Tubsat	60	2007/01/10	Indonesia	Germany	Technical University Berlin	LAPAN	Government	Earth Observation/Tech nology Development	LEO	
Kent Ridge 1	78	2015/12/16	Singapore	Germany	Berlin Space Technology/ TU Berlin	National University of Singapore	University	Earth Observation	LEO	
1KUNS-PF	1	2018/04/02	Kenya	Italy	Univ. Rome Sapienza	University of Nairobi	University	Technology	ISS	
Diwata 1	50	2016/03/23	Philippines	Japan	DOST	DOST	Government	Earth observation	ISS	
PicoDragon	1	2013/11/19	Vietnam	Japan	東大	VNSC	Government	Technology	ISS	
RWASAT-1	4	2019/09/24	Rwanda	Japan	東大	RURA	Government	Technology, education	ISS	
Microdragon	50	2019/01/18	Vietnam	Japan	北海道大/東北大/東京 大/慶応大/九工大	VNSC	Government	Remote sensing	LEO	
Turksat 4A	4,869	2014/02/14	Turkey	Japan	三菱電機	Turksat	Commercial	Communications	GEO	
Turksat 4B	5,000	2015/10/16	Turkey	Japan	三菱電機	Turksat	Commercial	Communications	GEO	
BRAC Onnesha	1	2017/06/03	Bangladesh	Japan	九工大	Brac Univ.	University	Technology	ISS	
GhanaSat-1	1	2017/06/03	Ghana	Japan	九工大	All Nations Univ.	University	Technology	ISS	
Mazaalai	1	2017/06/03	Mongolia	Japan	九工大	National Univ. Mongolia	University	Technology	ISS	
Nigeria EduSat-1	1	2017/06/03	Nigeria	Japan	九工大	FUTA	University	Technology	ISS	
Bhutan-1	2	2018/08/10	Bhutan	Japan	九工大	Ministry of Information and Communications	Government	Earth Observation	ISS	
UiTMSAT-1	1	2018/08/10	Malaysia	Japan	九工大	UiTM	University	Earth Observation	ISS	
Maya-1	1	2018/08/10	Philippines	Japan	九工大	UPD	University	Earth Observation	ISS	
NepaliSat-1	1	2019/06/17	Nepal	Japan	九工大	NAST	Government	Earth Observation	ISS	
Raavana-1	1	2019/06/17	Sri Lanka	Japan	九工大	ACCIMT	Civil	Earth Observation	ISS	

Diwata-2B	56	2018/10/29	Philippines	Japan/Philippine	東北大/北海道大/UPD	DOST	Government	Earth Observation	LEO	
Razaksat	180	2009/07/14	Malaysia	South Korea	SaTReC-i	Government	Government	Remote sensing	LEO	
DubaiSat 1	190	2009/07/29	UAE	South Korea	SaTReC-i	EIAST	Government	Remote sensing	LEO	
DubaiSat-2	300	2013/11/21	UAE	South Korea	SaTReC-i	EIAST	Government	Earth Observation	LEO	
KHALIFASAT	330	2018/10/29	UAE	South Korea	SaTReC-i	EIAST	Government	Earth Observation, Technology	LEO	
Bilsat 1	130	2003/09/27	Turkey	UK	SSTL	DMC	Government	Remote sensing	LEO	
NigeriaSat-2	300	2011/08/17	Nigeria	UK	SSTL	NASRDA	Government	Earth Observation	LEO	
Nigeriasat-X	100	2011/08/17	Nigeria	UK	SSTL	NASRDA	Government	Earth Observation/Tech nology Development	LEO	
KazEOSat-2	185	2014/06/19	Kazakhstan	UK	SSTL	Kazcosmos	Government	Earth Observation	LEO	
Alsat-1B	103	2016/09/26	Algeria	UK	SSTL	ASAL	Government	Earth Observation	LEO	
AlSat-1N	10	2016/09/26	Algeria	UK	SSTL	ASAL	Government	Technology Development	LEO	
KazSTSAT	100	2018/12/03	Kazakhstan	UK	SSTL	Gharam LLP	Commercial	Earth Observation	LEO	
Egyptsat 1	100	2007/04/17	Egypt	Ukraine	KB Yuzhnoye	NARSS	Government	Remote sensing	LEO	

4.1.1.1 大型衛星に関する技術供与

このカテゴリーは中国、欧州（Thales-Alenia、Airbus 等）、三菱電機などのいわゆる衛星プライムメーカーや宇宙機関がおこなっている。内容は、宇宙工学全般の座学、衛星の運用、データ解析等で、衛星開発のハンズオンや On-the-Job Training（OJT）を含むものは稀である。技術提供を受ける側は、契約の中で衛星の設計を閲覧することが認められている場合は設計情報を入手することができ、試験への立会いは発注者側として当然可能である。しかしながら、発注者という「お客」ととどまり、衛星の開発・組み立て・試験に実際にハンズオンで参加することは殆どない。これは対象としている衛星が初心者のハンズオンでできる範疇を超えているせいもある。また、トレーニングの内容が衛星運用に限られていたりして、衛星システムライフサイクルの最初から最後までを学ぶ内容になっていない場合も多々ある。

中国は大型衛星のセールスに伴い、技術者を 1 年から 1 年半程度の長期間に亘って受け入れ、相手国技術者への教育を行っている。しかしながら、教える側の英語能力の問題もあり、実際に中国の現場で研修をうけた技術者には好評とは言い難い。

静止衛星の技術を自前で持つのは極めて難しく、衛星開発の経験が乏しい国が静止衛星の購入をキャパビルの一環として捉えること自体が間違っている。しかしながら、衛星購入の決定権をもつ新興国の政府高官が、静止衛星の技術と超小型衛星の技術の差を理解しているかどうかは疑わしく、それを正しく政府上層部に具申できる専門家集団も国内には少ない。静止衛星を売る側にも、その現実には十分に分かっているはずであるが、契約が優先であり、そのあたりを曖昧にしたまま契約が結ばれる。その結果、宇宙分野の仕事に携わる意欲に燃え、先進国での研修に過度の期待をもった技術者が研修内容に失望し、政府上層部との間での認識のギャップが生まれる。派遣技術者に対して、一定期間職にとどまる Binding 条項をもった誓約書を交わしていない場合、失望した技術者は帰国後により給料のよい仕事に移り、折角の国費を投入して構築した人的資源を喪失してしまうことになる。

また、大型衛星メーカーや国家宇宙機関は教育機関ではなく、違う文化圏の人間に物事を教えるという経験に乏しい。研修プログラムを何度にも亘って繰り返し、ノウハウを蓄積しなければ同じような失敗が繰り返されることになる。

大手企業・宇宙機関でのキャパビル活動から読み取れる教訓は、「ハンズオンや衛星システムライフサイクルの最初から最後までを通じた OJT」が重要であるという点である。

4.1.1.2 小型地球観測衛星に関する技術供与

このカテゴリーは主として SSTL と SatRec-i が行っている。それ以外に、ウクライナの国家機関 KB Yuzhnoye が、エジプトの最初の地球観測衛星 Egyptsat1 に技術供与を行った。発注元の国立リモートセンシング協会（NARSS）は多くのエンジニアを 4、5 年の長期に亘りウクライナに派遣した。Egyptsat1 は 2007 年に打ち上げられたが、エジプトの宇宙プログラムはその後長期の停滞期に入った。SSTL は小型衛星分野での非宇宙先進国への技術移転のパイオニアであり、Know How Transfer and Training（KHTT）プログラムをサリー大学と共同で進めてきた[4-1]。1984 年にパキスタンの BADR-1 衛星の支援をして以来、18 のプログラムにおいて 16 カ国から技術者を受け入れ、100kg～300kg 級の地球観測衛星を作っている。その中には、南アフリカ、韓国、シンガポール、トルコなど後々宇宙プログラムを大きく発展させた国々が含まれている。ただ、中にはマレーシアやタイのように、その後のプログラムへの連続性が失われてしまったものもある。SatRec-i は SSTL でトレーニングを受けた韓国の KAIST の技術者達が スピンアウトして作った企業で、マレーシアと UAE に対して SSTL が行ったような技術者の長期研修と衛星開発を行った。その内 UAE については、2006 年に DubaiSat-1 の契約を始めて以来、長期に亘り協力関係を維持しており、UAE の Mohammed bin Rashid 宇宙センター（MBRSC）の技術者は数年韓国に滞在して衛星開発の最初から最後までを学んでいる。このように小型の地球観測衛星においては、キャパビルとして成功した例が多々ある。

成功した国に共通しているのは、国家の宇宙プログラムに対する長期的なコミットメントがあることである。南アフリカ、韓国、シンガポール、トルコ、UAE はどれも政治が安定（韓国の場合、政権交代はあるものの科学技術政策は安定している）しており、宇宙プログラムの予算が大きく変動することはない。そのおかげで、長期的ビジョンに沿った人的投資をはかりやすく、せっかく育てた人材が流出することを防げる。100kg～300kg 級の小型衛星の場合、1 つのプロジェクトで数 10 億円の資金が必要となり、国家が安定的に資金を提供しなければ継続は不可能である。反対にマレーシアの場合は、宇宙プログラムの予算変動が激しく、人材を維持することができなかった。キャパビルにとって最も大事なものは人材を育てることである。折角育てた人材が宇宙セクターを離れてしまえば、そのキャパビル活動は失敗である。

小型衛星を対象とした企業でのキャパビル活動から読み取れる教訓は、**「プロジェクト終了後の持続性」が重要**であるという点である。

4.1.1.3 超小型衛星に関する技術供与

このカテゴリーは主として大学が行っており、日本の活動が突出している。それ以外には、ドイツ（TU Berlin と Berlin Space Technology）とイタリア（ローマ・ラ・サピエンツァ大学）がある。活動は LAPAN-Tubsat（インドネシア）、Kent Ridge 1（シンガポール）、MicroDragon（ベトナム）、DIWATA（フィリピン）のような 50kg 衛星を対象としたものと、BIRDS、RWASAT（ルワンダ）、UNS-PF（ケニヤ）のように CubeSat を対象としたものに別れる。50kg 級衛星は、プロジェクト費用が数億円になるため、スポンサーは国となる。CubeSat は、数千万円（BIRDS-1 は各国の負担が打ち上げ費用込みで 1,200 万円であった）程度しかかからないため大学でも負担できる。CubeSat であれば、衛星初心者であっても十分にハンズオンで開発に携わることが可能であり、BIRDS では 2 年間でミッション定義から運用に至るまで、衛星システムライフサイクルの全てを体験させることができる。そのため、大学の正規の教育カリキュラムに各国から技術者を受け入れ、修士又は博士の教育を行いながら同時に、衛星開発と運用を学ばせることができる。

BIRDS の場合を例にとると、各国は最低でも 2 名（通常は 3 名）の技術者を九工大の宇宙工学国際コースの正規の大学院生（修士課程又は博士課程）として派遣する。衛星プロジェクトは入学と同時の 10 月に開始し、最初の 3 ヶ月はミッション設計、次の 1 年程度で衛星のハード・ソフトの開発と試験を行う。衛星はプロジェクト開始から 1 年半程度（修士学生の場合は 2 年目の後半に相当）で ISS から放出されるので、残りの半年程度を衛星の運用に費やす。人材育成プログラムとしては、衛星システムライフサイクルの全ての過程における様々な決定（ミッションの取捨選択、ミッション設計、部品・コンポの選定、試験・検証戦略、リスクマネジメント、試験評価、運用プラン等々）を体験させ、本国に戻った時に衛星開発する上での勘どころを、身をもって理解させることに重点を置いている。また、衛星設計、試験、運用は全て学生が担い、大学ならではのハンズオンと OJT を徹底している。

BIRDS の場合、多国籍のコンステレーションであることも 1 つの特徴で、BIRDS-1 で 5 カ国、BIRDS-2 から BIRDS-4 は 3 カ国が衛星を保有する。この多国籍チームは、ミッション定義終了後から衛星の納入までの 1 年強を 1 つの部屋で過ごす。このことで、帰国後は日本とだけではなく、プロジェクトに関わった他の国とのネットワークも続く。BIRDS の場合、すでに 10 カ国以上の国・地域が BIRDS ネットワークとして繋がり、衛星の共同運用や年 2 回のワークショップを行なっている。

同様に、正規に大学院生を受け入れるやり方として、MicroDragon にて北大、東北大、東大、慶応大、九工大の 5 大学が連携し、3 期に亘り 36 人の学生（主として修士課程）をベトナム国家衛星センター（VNSC）から受け入れた。また、DIWATA プログラムでも東北大、

北大がフィリピン科学技術省（DOST）/フィリピン大学（UPD）からの学生を受け入れている。卒業生は現在、VNSC と DOST/UPD で衛星開発に従事している。

また、表 4.1.1-1 にはないが、九工大ではコスタリカ（Irazu）とエジプト（NARSSCUBE-1）の衛星の試験と ISS からの放出に伴う安全設計並びに安全審査の支援を行なった。Irazu の場合は、九工大に留学中に 2 名のコスタリカ人学生が試験に従事し、NARSSCUBE-1 の場合は、九工大で博士号を取得し NARSS に復職した元留学生が試験に従事した。九工大の超小型衛星試験センターというインフラが効果を発揮した例でもある。東大もルワンダ、カザフスタン、ベトナムなどに対して、衛星試験や打ち上げなどの支援を行なっている。

大学で正規の留学生としてキャパビルを行う場合の強みとして、以下のことがあげられる。

- ① 大学は教育のプロであり、人材育成、特に留学生教育に対するノウハウやインフラが企業・宇宙機関よりも整っている
- ② 日本と派遣国の 2 国間だけでなく、同時に留学している他国の学生達との交流を通じて多国間のネットワーク形成が可能になる
- ③ 設計や試験に関する実用的な知識だけでなく、講義等を通じて、その理論的背景を知ることができる
- ④ 日本の大学は、留学生にとっては「母校」であり、単に契約で出会っただけとは異なる深い関係を留学生と大学の間で構築できる。そのような関係は、留学生が各国の宇宙プログラムで中枢に就いた時に効果を発する。大学側からも、元留学生に対して、各国が持続的な宇宙プログラムを進めていくためのアドバイスを損得抜きでできる。
- ⑤ ネットワークの効果

大学でのキャパビルの課題としては、以下のことがある。

- ① 教える側に知識とノウハウが継承される必要があるが、それを確実に為すのが難しい。キャパビルのために専属のスタッフを雇用しようとしても、日本の大学の場合、各プロジェクトから得られる外部資金が原資となる。プロジェクト経費が終了すると、次のプロジェクトが立ち上がるまでの端境期の雇用が難しく、教育人材の流出を招く。別経費での雇用による綱渡りや、自転車操業的に次々とプロジェクトを続ける、テニユアをもつ教員に知識・ノウハウを蓄積させる等々、かなりの無理がある。この問題は、対象とする衛星が複雑になるほど深刻化する。

SSTL のように大学からスピンアウトする形で企業化するのが一つの解決策である。しかし、企業で行う場合、会計・契約・輸出管理等々の様々な管理部門やオフィスの維持等、大学が行なっている時には表面化しなかった経費を賄うため、ある程度の収益が必要となる。そうすると「利幅」の小さい CubeSat では難しく、結果として衛星が大きくなり、顧客層が国家機関等に限られてくるというジレンマがある。

- ② 衛星開発を通じて、OJT により人材育成をしようとした場合に資金確保が難しい。大学であるので、衛星プロジェクトに従事させなくとも留学生を受け入れて、宇宙工学を専攻させ、修士号なり博士号なりを取得させて本国に返すことは可能である。九工大では、宇宙先進国の大学で修士号を取得し、博士課程から国際コースに入学してきた新興国の留学生を何名か見てきたが、衛星開発プロジェクトに入れてみても全く戦力にならない例をいくつも見てきている。個人的性格や文化にもよるが、外国での学位を持っているというステータスを振りかざし、権威主義的に振る舞うところが多々ある。そのような学生が本国に帰り、宇宙プログラムの指導層に入った場合は、注意が必要である。そのようなことを考えると、大学でのキャパビルは衛星プロジェクトと連動させるのが必須である。

衛星プロジェクトを行うには当然原資が必要であり、通常は技術者を派遣する側が負担する。共同研究契約を相手側と結ぶのが普通であるが、営業・契約・会計・輸出管理といった作業は大学の教員にとっては無縁のものである。営業以外は大学の事務部門の助けを得ることができるが、特に国際契約に関してはノウハウをもつ大学は少なく、相手が新興国であるので契約締結・入金は一筋縄ではいかない。特に営業に関しては、国際会議だけでなく、直接現地に乗り込んで英語で交渉する力が必要であり、大学教員に求められる力量の範囲を超えている。ここでも、①と同様に、特定の業務についての適性と経験をもつ人材の確保・維持が課題である。

自前の衛星プロジェクトに留学生を参加させる場合は、そのような対外的な人材を必要としないが、その衛星プロジェクト自体の資金確保の問題は常にある。九工大は、鳳龍四号、しんえん-2、てんこう、SPATIUM-I、AOBA VELOX-IV などのプロジェクトに留学生が参加した。一緒にプロジェクトを実施する日本人学生にとっても大きな刺激となるが、このような自前の衛星プロジェクトに対して、純粋な教育プロジェクトとして大学執行部から支援を引き出すには、かなりの工夫を要する。衛星プロジェクトに対する大学執行部からの支援は、学生がシステム工学・プロジェクトマネジメント力を身につけるという教育効果を念頭においてのことが多い。国際協働プロジェクトとして、日本人学生に国際的な素養を身につけさせるという教育効果

を追加することはできる。但し、その場合は、あまりにも多くのものを追いすぎて、プロジェクトの運営方針が定まらなくなる危険性がある。

- ③ 日本の大学が国際化する必要がある。留学生を受け入れ、衛星プロジェクトを行わせるだけであれば、1研究室の中で閉じるので研究室の教員・スタッフに国際性が伴っていればなんとかなる。しかしながら、正規の大学院の教育課程と連動させた場合、大学全体が国際化しなければ多くの問題が発生する。学生と接する大学の事務職員の英語力、教務・生活関連の情報や書類の英語化が必要である。また、修士課程に学生を受け入れると、講義を英語化する必要がある。数人の単位であれば、個別に指導することでなんとかなるが、5人、10人と留学生の集団が形成されてくると、それでは間に合わない。事務関係については大学の執行部の理解と支援を必要とし、講義については学内の他教員の理解と協力が必要である。更に、講義を英語で行う場合、個々の教員の英語力が問われるのは無論のことである。

大学の国際化は、課題であるとともにチャンスでもある。九工大では、2013年に大学院に宇宙工学国際コースを設置し、英語だけで学位をとれるシステムを作った。それまでの学内での留学生対応は、日本語がある程度できるアジアからの留学生を念頭においていた。しかし、日本語を全く話さないアフリカや中南米からの学生が来るにあたり、大きな意識改革が必要となった。一朝一夕に学内の国際化が進むわけではないが、着実に進歩はしている。日本の大学は、国際大学ランキング等でも、国際化のジャンルでポイントが極めて低く、英語で全ての業務をおこなっているシンガポール等の大学に負けている（シンガポールでは、中国系スタッフは日常の会話は中国語も使っているが、学内の手続きは全て英語で、非中華圏の学生・スタッフには当然英語で対応する）。宇宙キャパビルのように、これまでは付き合いの無かったアフリカ、中南米、中東等から留学生が大学してやってくることで、大学を国際化する刺激にもなっている。

- ④ 大学のキャパビル活動は一匹狼的になりがちである。大学は担当教員の自由裁量が大きい。これは欠点でもあり、利点でもある。特に、キャパビルの資金が外国からでている場合、教員の活動を縛るものはあまりない。大学は、国に対して安全保障輸出管理や宇宙活動法といった法令を遵守するという責任はあるものの、基本的に行動は自由である。国が資金を出す場合でも、国側は大枠の方針を提示するだけで、活動内容は大学側の提案に基づき、細かな実施内容は大学の裁量に任せている。これは、担当教員の自由な発想と創意工夫に基づいてキャパビル活動が行われるということ

で大きな利点でもあるが、大学間の調整や大学と企業の連携を誰かが行わない限り、各大学が個別にキャパビル活動を行うことになる。

競争と協調のバランスの取り方は難しい。MicroDragon でのベトナムに対するキャパビルは、JICA の円借款が原資であり、且つ JICA と大学の間に入った団体が最初の枠組みをしっかりと作ったこともあって、大学間の連携を保ち 36 名ものベトナム技術者の教育をすることができた。その後は、各大学はいわば勝手にキャパビル活動を推進してきたが、その競争がこれまでの日本の大学の実績につながっているとも言える。しかしながら、海外への宇宙システム輸出を企図する国内企業と大学では競争する必要がないので、積極的な協調が望まれる。両者の間に普段からの情報交換はあまりなく、案件毎に Ad-hoc なチームが結成されているのが実情である。どの大学がどの国とどのようなことをやっているかを常に把握し、必要に応じて企業と大学のマッチングを行うことが、国策として超小型衛星のキャパビルを推進しようとした際に重要と思われる。

- ⑤ 大学単独では、アフターケアが難しい。大学でトレーニングを受けた後、留学生達が帰国し、宇宙プログラムを立ち上げ、継続、発展させようとした際、大学では対処しきれない様々な支援のニーズがある。九工大の元留学生が助けをもとめて連絡をしてくる事例として、衛星の組み立て・統合・試験のためのインフラ整備や衛星用部品の調達が多い。その都度助言を与えることはしているが、実際の調達については大学の業務の範疇を超えている。それ以外にも、地上局整備・周波数調整・打ち上げ仲介など、大学がやるよりも企業が行った方がふさわしく、且つ効率的に行える支援が多々あり、それらは企業のビジネスにもなり得る。新興国の宇宙プログラム全般に対して、痒いところに手がとどくような支援を行えるよう、企業と大学が連携することが望ましい。

日本以外の国での、実際の衛星プロジェクトと連動させた大学でのキャパビル活動としては、北京航空航天大学(Beihang University)等で APSCO が支援して行なっている「APSCO 学生小型衛星 (SSS) プロジェクト」[4-2]などがある。北京航空航天大学は修士課程のカリキュラム (MASTA) と連動しており、APSCO から奨学金を得た世界各国の学生 (最大 50 名) が MASTA に在籍している。Beihang University のプログラムは 2 国間というよりは、多数の国を対象とするものであり、資金源は中国政府である点が日本との違いである。一時期、ロシアのサマラ大学とスリランカのアーサーC・クラーク現代技術研究所 (ACCIMT) との間で 50kg 級衛星の開発に向けた動きがあった。これは日本が行なっている 2 国間連携に近い。サマラ大学で

はこれ以外にも、2 週間のサマースクールを毎年開催しており、40 名程度の学生を世界中から集めている。中国やロシアの場合、日本と同様に国際化（英語による対応）という課題がある。

欧州ではローマ・ラ・サピエンツァ大学がケニア初の人工衛星 UNS-PF に協力した。英語対応という面では問題なく、イタリア宇宙機関からの財政援助もある。ドイツのベルリン工科大学（TU Berlin）はインドネシアの LAPAN-Tubsat を支援し、現在では Berlin Space Technology というスピンアウトが TU Berlin と共同でキャパビル事業を展開している。対象とする衛星は 50kg~100kg の地球観測衛星で、SSTL の KHTT と似たトレーニングプログラムである[4-3]。シンガポール国立大学(NUS)や NARSS と連携している。NUS はシンガポール経済開発庁（EDB）の資金援助を受けてハイパースペクトラルカメラを搭載した Kent Ridge 1 衛星（80kg）を 2015 年に打ち上げている。画像のダウンロードに成功したという話は聞こえてこないが、少なくともトレーニングを受けた数名は NUS の教員等としてシンガポールの宇宙セクターで活動している。NARSS については、NExSAT と呼ばれる 65kg の地球観測衛星(7.5mGSD)についての協力が 2015 年から始まったが、現在のプロジェクトの状況は不明である。

衛星プロジェクトに連携しない形では、欧州の Space Masters や南アフリカのケープ半島工科大学などで、新興国からの留学生を奨学金付きで受け入れている。

4.1.1.4 大学以外で行われる衛星開発に連動しないキャパビル活動

大学以外で行われるキャパビル活動としては、UNISEC の CanSat Leasder Training Program (CLTP) や国連宇宙部（UNOOSA）の Regional Centres for Space Science and Technology Education、各国宇宙機関が行う短期研修プログラムがある。

4.1.1.4.1 大学宇宙工学コンソーシアム（UNISEC）

UNISEC は、CLTP を、2011 年から実施している。CLTP は研究者及び教育者向けのトレーニングコースで、UNISEC と UNISEC 加盟大学が共同で開催する、宇宙技術の国際能力開発プログラムの 1 つである。CLTP は、宇宙工学及び超小型衛星開発に関する座学と、CanSat を使った超小型衛星の設計、製造、テスト、打ち上げ、データ解析など、衛星開発の全サイクルを学べるプログラムとなっている。参加者は帰国後、自国の学生に教えることを期待されている。

2017 年からは、CubeSat のトレーニングキットである「HEPTA-Sat」を使用してのハンズオントレーニングを同プログラムで提供している。HEPTA-Sat は、10 cm 角の CubeSat を模したトレーニングキットで、衛星のサブシステムを一つずつ理解し、システムの統合を行い、更に自分で考えたミッションを実現していくプロセスの間に、衛星システム開発の設計思想（要素から設計解に至るまでの哲学、過程）をハンズオンと連動して理解することができる。また、衛星キットの組立をしながら、システムズエンジニアリングやプロジェクトマネジメントといった実践的な理論も体験しながら学習できる。HEPTA-Sat は、国連のワークショップや国際宇宙大学でも採用され、すでに世界 10 か国で、約 50 か国から 400 名を超える参加者にトレーニングを提供している。CLTP においては、主に宇宙業界で働く多様なバックグラウンドを持つ方々を生徒役とした「教育実習」を最後に経験することができ、学びを深く定着させるとともに、日本の宇宙業界とのネットワークを作ることにもできる。

このプログラムを通じて、参加者は、日本を含む世界各国からの参加者とのネットワークを形成するとともに、宇宙工学の実践的教育方法を学び、母国で宇宙技術開発や教育のリーダーとなる素養を修得することができる。

表 4.1.1.4.1-1 過去の CLTP 開催についての場所と参加国、参加人数

回	場所	期間	参加者数	国数	参加者出身国
1	和歌山大学	2 ヶ月	12	10	Algeria, Australia, Egypt, Guatemala, Mexico, Nigeria, Peru, Sri Lanka, Turkey (3), Vietnam.
2	日本大学	2 ヶ月	10	10	Indonesia, Malaysia, Nigeria, Vietnam, Ghana, Peru, Singapore, Mongolia, Thailand, Turkey.
3	首都大学東京	2 ヶ月	10	9	Egypt (2), Nigeria, Namibia, Turkey, Lithuania, Mongolia, Israel, Philippines, Brazil.
4	慶應大学	2 ヶ月	9	6	Mexico(4), Angola, Mongolia, The Philippines, Bangladesh, Japan.
5	北海道大学	2 週間	7	5	Korea (2), Peru, Mongolia, Mexico (2), Egypt.
6	北海道大学	2 週間	8	8	Angola, UN(Austria), New Zealand, Tunisia, Turkey, Egypt, Bangladesh, Mexico
7	北海道大学	2 週間	8	7	Egypt, Myanmar, Peru, Nepal (2), Mongolia, Serbia, Dominican Republic.
8	日本大学	2 週間	8	7	Egypt, Turkey, Bolivia, El-Salvador, Malaysia, Japan (3), Nepal.
9	日本大学	2 週間	12	6	Japan (6), India, Mongolia, Malaysia, UAE, and Argentina
10	日本大学	2 週間	15	11	Australia, Bhutan(2), Bulgaria, Cambodia, Colombia, Kenya, Morocco, Myanmar, Peru(2), Rwanda(3), Zimbabwe

今回の調査に際して、過去の CLTP の参加者に対して電子メールにてアンケートを行ない、約半数の 40 名から回答を得た。第 1 回が 10 年前であることを考えると、回収率は非常に高く、CLTP 参加者たちの繋がりが深いことが伺える。

回答者の 8 割以上が大学等で宇宙関係のプログラムに携わっており、40 名中 16 名が CanSat を自国で始めたと言っている。また、衛星プロジェクトに参加している回答者が 15 名いる。CanSat は何もないところから宇宙プログラムを始める上での最初の一步となるものであり、また高校生・大学生を宇宙分野に引き込むアウトリーチの手段としても優れている。CLTP は教師を対象としたプログラムで、自国・地域で CanSat を教える側を育て、CanSat の活動を各国・地域で再生産することを狙っている。今回の回答を見る限り、一定の成功を収めている。

CanSat は日本ではすでに 20 年以上の歴史があり、多くの大学生が宇宙活動を始めるときかけとなってきた。今では高校生向けの CanSat 大会から大学院生が参加する国際大会まで多くの競技会が国内外で開催されている。CanSat の普及自体は望ましいことであるが、最近日本で見られる兆候として、CanSat をロボコンと同様のものとして捉え、競技会への出場が最終目標となってしまっている例が多々見られる。CanSat は、本来は衛星開発に進むためにシステム工学とプロジェクトマネジメントを学習するための登竜門であるが、それが忘れられ、電子・機械工作の優劣を競うコンペの手段と捉える学生が少なからずいる。新興国においては、CanSat は衛星を作る基盤がまだないために最初の一步として行なっているという気持ちが強く、逆に CanSat をやっていることで自分が宇宙プログラムに参加しているという錯覚を覚える学生までいる。CubeSat のキット化が進み、単一のベンダーから全てのバス機器を購入することが可能になっており、CanSat から CubeSat に移行する障壁は年々低くなっている。

CLTP は、日本のキャパビル活動への入り口として大きな貢献をしている。例えば、今回の回答者のうち 10 名が九工大の国際コースに応募し、うち 6 名が入学している。CLTP は、新興国における潜在的なキャパビル需要を掘り起こし、CubeSat 並びにその先の更に大きな衛星にいたる協力関係を構築していく上で重要な貢献を果たしていると言える。

CanSat から CubeSat に移行する上で問題となる第 1 は資金であるが、それ以外の、部品・コンポの選定・調達、ミッション機器の設計・製作、試験、地上局設置、打ち上げ等々といった課題のうちのいくつかは工夫次第では直接・間接的に支援することは可能である。

日本の超小型衛星黎明期には、UNISEC を通じて国内の大学が上記のような課題について情報を共有しあい、時には切磋琢磨しながら、課題を克服していった。UNISEC の活動を世界に広げ、実践的な宇宙プロジェクトに学生が参加できる状況を世界中の大学で作ることを目指し、UNISEC-Global が 2013 年に発足した。現在では 19 の支部 (Bangladesh、

Bulgaria、Egypt、Germany、India、Italy、Japan、Lithuania、Nigeria、Malaysia、Mongolia、Mexico、Peru、Philippines、Samara、SAR（Southern Africa Region）、Taiwan、Tunisia、Turkey）を持ち、それ以外にも 53 人の Point-of-Contact が世界中にいる。2017 年には国連の宇宙空間平和利用委員会（UNCOPUOS）のパーマネントオブザーバーのステータスを獲得した。UNISEC-Global の活動は、UNISEC で国内の大学が行なったような協調と競争には未だ至っていないが、毎年開催している UNISEC-Global Meeting において、各国・地域の状況を報告しあい、各国の学生が参加する Mission Idea Contest など、着実に成長を続けている。

4.1.1.4.2 国連宇宙部（UNOOSA）

UNOOSA では、加盟国からのキャパビル支援の要請に応える形で、主として宇宙利用（Space Application）課が担当する形で、キャパビル活動を行っている。UNOOSA 自体が大きな予算をもっているわけではないので、キャパビル実施を行う加盟国からの In-kind Contribution が原資である。尚、宇宙利用課は、元 JAXA 宇宙飛行士の土井隆雄氏が 2009 年から 6 年間に亘って課長を務め、日本からの貢献が大であった。キャパビル活動が行われている。主なキャパビル活動としては、国費留学生（PNST）、KiboCUBE、Regional Centre である。

PNST は日本（九州工業大学）と UNOOSA の連携事業として、2011 年に開始された。最初の 2 年間は Doctorate on Nano-Satellite Technology（DNST）という名称で、九州工業大学の博士課程に毎年 2 名の学生を受け入れるというものであった。学生の授業料と生活費は九工大が負担した。2013 年からは、文部科学省の国費留学生優先配置プログラムに採択されたのを受けて Post-graduate program on Nano-Satellite Technology に名称変更し、現在では、毎年修士課程 3 名、博士課程 3 名の学生を受け入れている。DNST と合わせてすでに 10 期を経ており、表 4.1.1.4.2-1 に示すようにほとんどの年で 10 倍から、時には 20 倍近い高い競争率を維持している。世界に広がる国連のネットワークを使って広報・募集を行なっているため、多くの国からの応募があり、書類提出の前段階の Web 登録では 50 から時には 100 カ国近い国からの応募がある。

表 4.1.1.4.2-1 PNST の応募者の推移

入学年度	受け入れ枠		Web 登録者数	Web 登録者国数	書類提出者数
	修士	博士			
2011	0	2	N/A	18	36
2012	0	2	N/A	25	39
2013	2	4	N/A	28	83
2014	2	4	509	55	69
2015	2	4	156	44	45
2016	2	4	386	52	71
2017	2	4	1439	98	128
2018	3	3	338	55	94
2019	3	3	509	67	109
2020	3	3	1164	87	86

KiboCUBE は、ISS の「きぼう」日本実験棟からの超小型衛星放出を無償で行う制度である。2015 年に JAXA と UNOOSA の連携協力として始まった。国連に加盟する新興国の教育・研究機関からの応募を受け付け、毎年 1 機の 1UCubeSat を選定している。これまでにケニア、グアテマラ、モーリシャス、モルドバからの衛星が選定され、ケニアの 1 号機の 1KUNS-PF は、2018 年 4 月に ISS から放出された。KiboCUBE では、選定されたとしても、JAXA から受ける支援は基本的に衛星放出にかかる費用のみである。衛星設計・開発・試験・運用については、選定された機関が責任をもたなければならない。選定された各機関は、それぞれ自前で先進国のパートナーを見つけている。例えば、1KUNS-PF を開発したケニアのナイロビ大学は、イタリアのローマ・ラ・サピエンツァ大学が技術支援を行なった。ローマ・ラ・サピエンツァ大学の技術支援にはイタリア宇宙機関が財政的支援を行なった。

Regional Centres for Space Science and Technology Education は、UNOOSA と連携する形でいくつかの加盟国に置かれており、各地域での教育を行っている。現在、Regional Centre は、メキシコ、ブラジル、モロッコ、ナイジェリア、ヨルダン、インド、中国に置かれている。インドに 1995 年に設置されたセンターが第一号である。リモートセンシングと GIS、衛星通信、気象観測、宇宙大気科学といった応用的な科目でのカリキュラムが作られているが、活動レベルは各国で大きく異なっている。

4.1.1.4.3 各国宇宙機関の行う短期研修

各国の宇宙機関でも、キャパビルを想定した様々な短期研修プログラムが開かれている。ISRO は 2019 年に UNISpace Nanosatellite Assembly & Training by ISRO (UNNATI) というプログラムを立ち上げ、第 1 回は 17 カ国から 30 名が参加し、2 ヶ月間で衛星技術の基礎や超小型衛星についての講義、更に超小型衛星の組み立て・統合・試験に関するハンズオン研修を受けた[4-4]。

KARI は、KARIST という 2 週間の短期研修プログラムを 2010 年から行っている。参加者は、宇宙新興国から各国から 2 名ずつで、毎年計 20 名ほどである。2019 年までの 10 年間に 34 カ国から 245 名を受け入れた。毎年 8 月ごろに韓国大田にある KARI にて、セミナー形式の講義を受ける。ハンズオン研修はなく、宇宙関連企業への見学ツアーなどがある。週末には文化体験イベントが催されている[4-5]。

4.1.2 宇宙新興国のキャパシティビルディングのニーズ

4.3 節で宇宙新興国の各国がもつキャパビルに対するニーズを個別に紹介しているが、本項では、総論を述べる。この総論の中には、これまで先進国でのキャパビル活動への参加者のインタビュー、九工大関係者がこれまでの宇宙工学国際コースの運営や新興国各国の訪問で得てきた所感等も含まれている。

宇宙新興国の宇宙プログラムの状況は、概ね 4 つの段階に分類することができる。

1. Preparatory (準備)
2. Launch (立ち上げ)
3. Sustain (持続)
4. Advanced (先端)

1 は、政府において宇宙開発利用への認識がない、または認識があっても投資がなされていない状態で、一部の大学や非政府機関で宇宙開発利用を立ち上げようと模索が始まっている段階である。地域的にはアフリカ、中米、太平洋諸国に多い。

2 は、政府の初期投資や大学等の自助努力により、最小の投資がなされ、CubeSat 等によって 1 号機を開発し、運用しようとしている段階である。地域的には、アフリカ、中米、一部の東南アジアに多い。

3 は、1 号機の打ち上げが終わり、国民の間でも国内で宇宙活動が始まっていることが認知され、政府機関でも宇宙開発利用の必要性和国・地域内でのポテンシャルが認識され、2 号機以降の計画が策定、実施されている段階である。この段階は、宇宙プログラムが持続するかどうかの瀬戸際となる。地域的には、アフリカ、アジア、東南アジア、南アジア、中米、南米に多い。

4 は、政府機関・大学・企業（国営または私有）といったプレーヤーが国・地域内に生まれ、各者が連携しあって宇宙利用に対する国・地域内のニーズを吸い上げ、それらの課題を解決する実用的な小型・超小型衛星が定常的に打ち上げられつつある段階である。技術的には 100kg 程度の複雑な小型衛星でも、自前で設計・運用できる能力を国・地域内に有する段階にある。宇宙技術を更に進化させるため、深宇宙などの先端的なミッションを求めているが、それらを全て自前で成し遂げるだけの技術力・インフラはまだなく、宇宙先進国との対等な関係での国際協力を求めている。シンガポール、台湾、UAE、トルコ、南アフリカなどが、これらの国・地域に相当する。これらの国・地域は、1-3 の段階にある各国・地域に対してキャパビル提供国ともなりうる。

1 の段階でのキャパビルのニーズとしては、**STEM 教育、アウトリーチ活動、CanSat 活動などへの支援**があげられる。これらは新興国内で中高生から大学生まで幅広い層を対象としたものである。またアウトリーチ活動には、若年層を対象にしたものだけでなく、政府方針策定に影響力をもつ各層（大人）に対して宇宙開発利用が、国民生活にもたらす恩恵を粘り強く説明する活動も含まれる。

それらのニーズに対しては、UNISEC の CLTP が行なっているような教師層の育成や、宇宙開発利用や CanSat に関する教材提供等が効果的と思われる。2、3、4 の段階に比べてキャパビルにかかるコストは低い。JICA の現地事務所等を活用することも考えられる。もちろん、UNOOSA や UNESCO 等の国際機関との連携も効果的である。

2 の段階でのキャパビルのニーズとしては、**CubeSat の設計・開発・運用における技術的支援、衛星試験、UHF/VHF 地上局の設営への技術的支援、安価な（または無償の）打ち上げ手段**である。それらのニーズに応えるものとしては、九工大の BIRDS プログラムや JAXA の KiboCUBE がある。CubeSat 開発では、BIRDS のように宇宙先進国に技術者を派遣して行うのが 1 号機を実現するまでの時間を短縮する上で有効である。その際、2 号機以降を自国内で作れるように、衛星開発の最初（ミッション定義）から最後（運用・廃棄）までを経験させることが重要である。また、次の衛星開発・運用を速やかに行えるように、トレーニングに使う衛星バスや運用のためのハード・ソフトが標準化されていることも重要である。

技術的支援は、なにも BIRDS プログラムのような学位と連携したプログラムである必要はなく、短期間(10 日間、1 ヶ月、3 ヶ月、6 ヶ月、1 年)研修の様々なメニューがあってもよい。重要なのは、宇宙先進国で研修が行われるとしたら、先進国のインフラを実際に触るハンズオントレーニングが含まれるべきである。研修プログラムでは、文化行事や施設見学がかなりの比重を占めているものが多々ある。特に 1 週間～2 週間の短期間研修の場合は、多々ある。営業活動ではなく、技術支援が目的であるならば、ハンズオンの時間をより重視すべきである。

また、1 号機の開発が実際にスタートし始めた頃には、持続的な宇宙プログラムのための戦略立案が必要となってくる。衛星を作る技術者は宇宙開発のパイオニアとして、帰国後に自国の宇宙プログラムをどうするかというビジョンをもっておく必要がある。もちろん、彼らの多くはまだ若く、帰国後すぐに国の宇宙政策立案の中核に入るわけではない。しかし、宇宙政策を立案する上で、上層部から提示されるアイデアが技術的な健全性をもっているかどうかの判断や、そのアイデアを実現するために必要な技術リソースの特定などをできる技術者・知識集団として期待は大きい。その際に、純粋な技術的検討だけでなく、国全体の政策と関連づけた提言ができるようにトレーニングを積んでおくことが重要である。九工大ではそのようなことを考慮して、自国の宇宙ビジョンを描かせるトレーニングを BIRDS プログラムで衛星を作っている学生を対象として行なっている[4-6]。

2 の段階では、コスタリカのように自国で 1 号機を開発する道をとる国もあるが、その場合でも、衛星プロジェクトの進め方、部品・コンポの調達方針、安全設計、周波数調整、地上局整備等々の様々な面での助言を必要とし、実際に九工大がそれらについてコスタリカに対して様々なアドバイスを与えた。また、衛星試験や打ち上げに關しての支援は、自国内開発であっても必要となる。

3 の段階でのキャパビルのニーズとしては、安価で確実な打ち上げ手段の提供、衛星試験の実施、試験施設の立ち上げ・コンポーネントの調達・大型地上局の整備等に関する技術支援がある。また、持続的な宇宙プログラムを作っていく上での、宇宙政策を立案・実施する人材の育成、大学における宇宙開発・利用に関するカリキュラムの作成と実施、宇宙法など技術面以外での専門家育成、といった面での、ソフト面での支援も必要としている。前者のニーズは、額は小規模（大きくても 10～20 億円/件程度）であるものの、宇宙システム輸出のビジネスとなる可能性がある。後者は、ビジネスというよりは外交に資する意味合いが強い。

新興国・地域の宇宙プログラムが持続的なものとなるかどうかは、宇宙政策を立案し、政策実施をマネジメントする人材がいるかどうかを鍵にぎっている。想定される人材とは、政府上層部とのチャンネルを持ちながらも政権交代によって変わる可能性の少ない恒

常的なポジションに就いている、即ち政府宇宙部門のプロパー職員のトップクラス、にいながら、政策立案に責任をもっている人達である（注：政策の承認者ではない）。国内関係機関（例えば環境、情報通信、災害、農業等を所管する省庁）と調整しながら国民生活の課題を宇宙利用によって解決するための道筋をたてるための調整力が必要である。宇宙利用によってその課題を解決できるかどうかを論理的に判断できる工学的な基礎知識も必要である。宇宙利用でそれらの課題を解決するとして、そのリソースを国外に求めるのか国内で調達するのかどうか、などについての論理的な判断を下し、課題解決に向けた工学的な基礎知識と長期的なプロジェクトを運営していくだけのマネジメント力も必要である。このような政策立案・マネジメント人材がいなければ、せっかく宇宙プログラムが立ち上がったとしても、早々に暗礁に乗り上げてしまうことが予想される。このような人材の育成に対するニーズがあるが、それに応えるためには、先進国の宇宙機関の中核に近いところでのインターンシップや、先進国側からの経験豊富なシニア人材の長期間派遣、新興国が先進国に短期招聘した上での Crush Course の開催などがある。いずれにせよ、講師やメンター側の英語力や経験などの力量が問われる。

4 の段階はすでにキャパビルの範疇を超えつつあるが、放射線試験など特殊な試験の実施や、衛星打ち上げ等で、その国がもっていないリソースを、対等なパートナーとしてフェアな価格で提供してもらいたいというニーズはある。また、深宇宙ミッションなどの先端的ミッションの共同実施などのニーズもある。そこでは、打ち上げ手段や深宇宙用追跡・運用局など、新興国がもっていないものを先進国側が提供できる。それに対して、新興国側は、観測機器や一部バス機器を提供し、プロジェクトコストの一部を応分負担するなどして、パートナーとしての対価を支払う。探査で得られた知見などは、両方で共有し、さらなる高度な宇宙協力への土台にできる。深宇宙探査は国民的関心も高く、国際共同で行うことは、新興国に対する露出も増え、外交に大きく貢献できる。

最後に 2、3、4 の段階に共通するニーズとしては、大学院での学位取得を前提とした留学生の長期受け入れとネットワーキングがある。新興国が自前で宇宙プログラムを持続していくためには、先進国で得た実用的知識のコピーだけでなく、自らで応用・創造していく力が必要である。そのためには、実用的知識の理論的背景について理解する必要がある、それらは大学院の講義や研究などを通じて自ら勉強することで得られる。このニーズに応えるためには、英語で行われる教育カリキュラムを用意する必要があり、留学生を受け入れるサポート体制もなければいけない。また、財政基盤の弱い新興国からの留学生を受け入れるには、留学生向け奨学金の準備も必要である。九工大が UNOOSA と連携して実施する PNST/SEIC プログラムは、英語のみで学位（修士、博士）が取得可能なプログラムである。PNST/SEIC は、2017 年の第 3 回宇宙開発利用大賞（外務大臣賞）や IAF の教育賞である

Frank J. Malina Astronautics Medal を 2019 年に受賞するなど、国内外から高い評価を受けている。PNST/SEIC では、毎年 6 名を新興国から文部科学省の国費留学生として受け入れているが、競争率はコンスタントに 10 倍を超えている。国費留学生以外の留学生も、毎年同数以上が PNST/SEIC に入学しており、大学院での専門教育に対するニーズは非常に高い。

学位取得を前提とした留学生の長期受け入れにおいては、数を追求しすぎず、質の保証に留意することが大事である。そのためには、一大学で受け入れ可能な数字には自ずと限界があり、九工大が受け入れている現在の数字は、ほぼ上限に達している。中国の Beihang 大学では最大 50 名の留学生を受け入れているが、同じことを日本の大学が行っても、到底質的保証はできない。

また、留学生の受け入れにあたって、彼らが学びたいと思っていることを教えることが、当たり前ではあるが、大事である。それは、必ずしも技術的なものではない。九工大では、様々なゲストレクチャーを国外から招聘し、宇宙工学国際コースで教えてもらっているが、非常に人気が高かったのは、” *Building a space industry in your country from Ground Zero - A look at the role of capacity building* ” というセミナーで、タイのスタートアップ企業である Asrtoberry 社の CEO に、タイでキャパビルに関連した宇宙ビジネスを立ち上げた経験を話してもらったものである。学生たちは、日本で衛星を作ってはみたものの、母国に帰って宇宙プログラムを立ち上げようとした時に多くの試練に直面する。何もないところから宇宙プログラムを立ち上げようとした時に、そのロールモデルが存在せず、途方にくれる場合がある。広義の Entrepreneurship のような科目へのニーズがある。もちろん、各国・地域で状況が異なり、特に先進国のやりかたが常に新興国でも通用するわけでもないので、注意が必要であるが、”How to get things started” についての指南が求められている。Entrepreneurship 以外にも、様々な非技術的なニーズがあるが、それらを習得する上でも、長期間の留学は有効である。

ネットワーキングは、新興国が単独で宇宙プログラムを続けられない以上、必ず必要となるものである。政府間、大学間の MoU 等に基づいたフォーマルなネットワークではなく、人と人のつながりによるネットワークである。九工大の BIRDS ネットワークは九工大関係者と BIRDS 参加国・地域の主として大学関係者、それも卒業生が中心となったネットワークである。各自の情報交換だけでなく、地上局をシェアしあうという実際の恩恵もある。UNISEC-Global のネットワークはもっと広く、宇宙先進国・新興国を問わず、大学関係者が集うネットワークで、情報交換だけでなく、宇宙デブリ対策への提言など、超小型衛星コミュニティ全体にとっての活動も可能にしている。新興国にとっては、そのようなネットワークに参加することで、刺激と情報を得ることができる。先進国・地域にとっても、キャパ

ビル活動の成果の継続を人のつながりということで担保することができる。ネットワーキングで大事なのは、実際に顔をつき合わせて話をすることである。SNS 等のネット利用はまだそれほど効果を発揮していない。実際に顔を合わせる機会としては、BIRDS ネットワークや UNISEC-Global ミーティング以外にも、UNOOSA や IAF が開催するワークショップなどがある。

尚、宇宙先進国・地域の側でも技術供与や国際協力に対するニーズはある。UNISEC-GLOBAL で、「貴国または地域は、他の国または地域からの能力開発への支援を必要としているか？ 支援を必要とする場合、どのようなニーズがあるか？」といった質問を宇宙先進国・地域の参加者にしてみたところ、以下のような「ニーズがある」という回答があった。

○英国

打ち上げ機に関するキャパビルである。（英国は、技術、ミッション、データ処理、運用、法律など、宇宙開発のすべての要素で世界中の国をサポートしているが、例外は、打ち上げ機である。）

○ノルウェー

ペイロード／宇宙機の AIT 運用、オペレーション・コントロールセンターの設営、マネージメントに対するキャパビルのニーズはある。

○ブルガリア

以下の課題を解決するためのサポートがあれば有難い。

- ブルガリアから ESA に入ったが学生が少なく Collaboration の機会が少ない。ESA のプロジェクトをとるためにはレベルアップが必要。その基礎を早急につくりたい。
- 通常の技術はクオリティを上げると小型化するのが当たり前だが、これができるいない。

○インド

費用対効果の高い宇宙システム、サブシステム、コンポーネント、トレーニング、テスト、打ち上げの機会などの提供支援は受けない

尚、UNISEC の、小型の人工衛星のトレーニングキットである HEPTA Sat (Hands-on Education Program for Technical Advancement) は、インドにとっては少し高価である。しかし、HEPTA Sat のインドでのニーズは高いと予想される。UNISEC-India と協力して再設計をしてほしい。

○トルコ

「宇宙へのアクセス」及び「地球観測と通信のための商用ペイロード」に関する支援が必要。但し、これはキャパビルというよりも、相互利益の観点からの国際協力の中で論議されるべきものと言える。

○ブラジル

- 大学院生がブラジルで博士課程を開始し、1年間海外で研修。そしてブラジルに戻り博士号取得といった留学プログラムの実施（ブラジルでは「サンドイッチプログラム」とよぶ）における学生の受け入れを実施してほしい。特に、特定の分野（微小重力、姿勢制御、姿勢決定など）では多くの教育ニーズがある。ブラジルにとって資金援助よりも優れた海外パートナーを見つけることが重要である。
- 海外の民間企業がブラジルのエンジニアを招聘しプロジェクトに参加させる機会が欲しい。

○南アフリカ

現在、政府からの支援は明確ではなく、持続可能ではない。学生が経済的支援を受けて留学する機会を提供して欲しい。実際の衛星プロジェクトは、“Do it yourself”の考え方でやりたいので、教育の機会提供が最重要である。

○台湾

月や火星も含め、深宇宙探査技術を取得したい。ジョイント・プログラムの実施やパッケージの搭載機会提供でも構わない。

4.2 宇宙先進各国におけるキャパシティビルディング活動

キャパビル提供国について、国の関与や提供機関について、APRSAF や UNISCE-Global 等の機会を利用して調査票を使いながら関係者への聞き取りやメールでの問い合わせを行って調査した。

4.2.1 宇宙先進国（米、欧、中、インド等）の調査

4.2.1.1 米国

米国のキャパビル活動は国内での実施が主体であるが、米国外から参加者に解放されているものも多い。以下、主要な活動について紹介する。

(1) 宇宙探査のための NASA エイムズアカデミー[4-7]

能力のある学生が航空宇宙プログラムのリーダーになるための育成機会として実施されている。主な目的は以下の通り。

- 1) 学部上級生、大学院一年生に、NASA の科学者、エンジニア、教育者で行う最先端の研究機会の提供
- 2) リーダーシップの育成、チームワーク、関係構築の機会を提供
- 3) 特定のプロジェクトとアウトリーチの取り組みを通じて、代表的な学生集団の下で、様々な場所の教育関連のコミュニティとの連携
- 4) アカデミーの卒業生に対し、NASA 内や宇宙プログラムでの将来の雇用機会創出

(2) SERVIR （Connecting Space to Village）[4-8]

NASA と米国国際開発庁（USAID）の共同開発イニシアチブである SERVIR は、世界中の主要な地域組織と協力して、気候変動リスクと土地利用を管理するために地球観測衛星と地理空間技術によって提供される情報を発展途上国（南アメリカ、西アフリカ、東アフリカ、及び南部アフリカ、ヒンドークシュヒマラヤ、及び低メコン地域等）が利用するのを支援している。災害、農業、水、生態系、土地利用などの問題にローカルで対処するためのツール、製品、サービスを提供している。SERVIR は 45 か国以上で活動しており、すでに 70 以上のカスタムツールを開発し、250 以上の機関と協力し、3000 人以上の個人をトレーニングして、ローカルソリューションの開発能力を向上させている。

特に、トレーニングは SERVIR の重要な重点事項であり、ワークショップ、トレーニングイベント、及びその他の能力開発活動を通じて、地球観測、及び地理空間技術をその意思決定に組み込む政府及びその他の開発関係者の能力を強化している。地域との協力拠点であるハブ組織、NASA、及びその他の協力機関の SERVIR チームメンバーは、全国、及び地域のワークショップ、青少年教育イベントの開催や、オンライントレーニングを提供している。[4-9]

(3) NASA 国際インターンシップ (NASAI²) プログラム[4-10]

国際留学生のためのインターンシップ（職業経験）やフェローシップ（特別研究員）の制度である NASA I-squared (NASAI²) は、すべての学生がグローバルな環境、及び多文化国際ミッションで働くための能力を向上させることを目指している。将来的には、多国籍環境に精通し、そのような環境で経験を積んだ科学者、エンジニア、及びその他の専門家からの貢献を、NASA や各国は受けることができる。

インターンシップセッションは、各年度に3回（春期、夏期、秋期）のセッションで構成されている。

このプログラムの協定に参加している国は、現在以下の国/機関である。

- ・ オーストラリア : ビクトリア州宇宙科学教育センター (VSSEC)
- ・ ブラジル : ブラジル宇宙機関 (AEB)
- ・ カナダ : カナダ宇宙機関 (CSA)
- ・ ヨーロッパ : 欧州宇宙機関 (ESA) — 保留中のプログラム
- ・ イスラエル : イスラエル宇宙局 (ISA)
- ・ ヨルダン : 皇太子基金
- ・ リトアニア : 科学技術革新庁 (MITA)
- ・ メキシコ : メキシコ宇宙庁 (AEM)
- ・ ニュージーランド : 経営、雇用、雇用省 (MBIE)
- ・ ノルウェー : ノルウェー宇宙センター (NSC)
- ・ ポルトガル : 科学技術財団 (FCT)
- ・ 韓国 : 韓国航空宇宙研究所 (KARI)
- ・ スウェーデン : スウェーデン国立宇宙機関 (SNSA)
- ・ トリニダード・トバゴ : 国立高等教育研究所、科学技術 (NIHERST)
- ・ UAE : UAE 宇宙庁 (UAESA)

(4) スペースキャンプ[4-11]

US Space & Rocket Center がアラバマ州ハンツビルで実施する青少年の教育プログラムである。1 週間の間、生徒は、NASA の宇宙のハードウェア等についての学習や、モデルロケットの打ち上げ等を通して、宇宙関係の世界を体験する。[4-12]

スペースキャンプへの参加者は 150 ヶ国に及ぶ。モロッコでは、15～18 歳の生徒を対象に参加者の国内選考予選が行われ、数百の応募の中からビデオプレゼン等に基づいて 5 人の参加者が選ばれている。

(5) ロスアラモス宇宙天気サマースクール[4-13]

このプログラムは、宇宙物理学、惑星科学、航空宇宙工学、または関連分野の米国及び海外の博士課程の学生を対象としたもので、宇宙科学分野の優秀な学生をロスアラモス国立研究所の国際的研究者の下で教育・協業するプログラムである。トップランクの学生には 10,000\$ 相当のフェローシップが支給される。

プログラムの期間中、学生はロスアラモス国立研究所のメンターと協力して、宇宙物理学の未解決の科学的問題に取り組む。学生は技術的なトレーニングと講義を受けるだけではなく、レポート執筆や口頭でのプレゼンテーション等を通しコミュニケーションスキルを伸ばす機会も与えられる。

(6) 衛星観測と気候モデルに関する NASA サマースクール[4-14]

JPL 気候科学センター (JPL Center for Climate Sciences) とケック宇宙科学研究所 (Keck Institute for Space Studies : カリフォルニア工科大学と JPL の合同機関) が主催するサマースクールである。このサマースクールでは、毎年、世界各国から約 24 人の大学院生とポスドクからなる次世代の気候科学者を集めて、最高の気候科学者の指導を受けられる機会を提供している。

「衛星観測を使用して気候モデルを改良する」というトピックに焦点を当てており、参加学生は、衛星観測データを利用して気候モデルの評価、並びに改良方法を検討するとともに、気候モデルや衛星リモートセンシングについて様々な講演者から話を聞くことができる。

参加可能な学生数は 24 名と限定されているが、JPL 気候科学センターが全ての学生の旅費及び宿泊費を負担する。

(7) ヘリオフィジックス (Heliophysics : 太陽圏の物理学 (太陽物理学及び太陽の影響を受ける太陽系環境科学)) サマースクール[4-15]

コロラド州ボルダーの UCAR が NASA と協力 (NASA の科学ミッション総局の太陽物理学部門の The Living With a Star プログラムが後援) して実施しているサマースクールである。

太陽物理、地球大気、電離層、磁気圏、及び太陽系全体の他の惑星への太陽の影響等、太陽系全体の宇宙天気イベントの物理学に焦点を当てている。世界的研究者が招聘され、学生

の指導にあたる。参加学生は、選考過程を経て、約 35 人が選ばれる。サマースクールは 8 日間実施される、参加者には航空券、宿泊費、日当の費用が支給される。

(8) NASA 宇宙放射線サマースクール (NSRSS) [4-16]

NASA の宇宙放射線研究の主な目標は、許容可能なリスクの範囲内で人間が宇宙を探索できるようにすることである。銀河宇宙線と太陽粒子イベントからの宇宙放射線は、非常に高エネルギーの陽子と重イオン、及び遮蔽物等で生成される二次放射線で構成されるため、一般的な地上の放射線とは異なっている。また、懸念される宇宙放射線リスクには、発癌、中枢神経系の急性及び晩発性リスク、心臓病や白内障などの変性リスク、及び急性放射線症候群が含まれる。これらの学際的な研究に資するため、米国エネルギー省 (DOE) ブルックヘブン国立研究所で毎年開催される NSRSS は、宇宙探査ミッションで旅行する人間への有害な放射線被曝の課題に取り組む研究者間の「パイプライン」を提供するように企画されている。

3 週間のコースは、国際的に開かれ、申請プロセスを通じて、2017 年は 16 名が選ばれている。2011 年と 2012 年の学生は、米国、ブルガリア、カナダ、エジプト、ドイツ、インド、イタリア、日本、パキスタン、ポーランド、ポルトガル、英国からの参加であるが、バングラデシュ、ベラルーシ、ブラジル、中国、エクアドル、フランス、ハンガリー、アイルランド、マレーシア、モロッコ、ナイジェリア、フィリピン、ルーマニア、ロシア、スロベニア、スペイン、スウェーデン、タイからも参加申請があったとのことである。

指導は、主に NASA 宇宙放射線研究に従事する、約 30 人の大学や国立研究所の生物学者と物理学者、及び重イオン実験と技術の専門家等によって行われる。

(9) NASA 惑星科学サマースクール[4-17]

JPL が主催する惑星科学サマースクール (Planetary Science Summer School) [4-18]は、次世代の惑星科学及び工学ミッションリーダーの育成のための 3 ヶ月間のキャリア開発プログラムである。参加者は、ミッション設計、ライフサイクル、コスト、スケジュール、及びそれぞれに固有のトレードオフを詳細に学習し、「コンカレントエンジニアリング」環境で仮説を立ててそれを検証する仮説駆動型研究 (hypothesis-driven) でのロボット宇宙ミッションを開発するプロセスを学習する。

博士課程の学生、博士号を取得したばかりの学生、ポスドク、若手教員、修了後 6~9 か月以内に博士号取得を計画していない修士レベルの学生を参加対象としている。参加は米国市民、法定永住者が主体で、申請時とスクール実施期間中に米国内に居住する限られた数の外国人も応募できる (米国市民と法定永住者が優先)。参加者は、外国の機関に雇用され

たり、外国の機関に参加したりすることはできない。また、米国国務省指定国の市民は応募資格がない。

サマースクールへの参加費用はかからない。要件を満たす参加者には旅行と宿泊費が一部サポートされる。

(10) NOAA-NASA 衛星気象サマースクール[4-19]

NOAA 環境衛星データ及び情報サービス (NESDIS) と NASA 地球科学部門 (ESD) が共同で、衛星気象サマースクールを行っている。その目的は、次世代の衛星気象学者の教育を促進し、最新の衛星ミッションからの観測データの利用を促進することである。

衛星気象学、数値気象予報、放射伝達理論等の分野から国際的な専門家が招聘され学生の指導にあたる。博士課程の大学院生、ポスドク(2 年以下)等が対象で、参加人数は最大 25 名。うち最大 15 名が旅費の支援を受けられる。[4-20]

(11) CanSat 競技会 (CanSat Competition) [4-21]

米国宇宙航行学会 (AAS) が行う CanSat の競技会である。学生に、概念設計から統合とテスト、システムの実際の操作、そしてポストエンドまでの一連のエンジニアリングプロジェクトを経験させることを目的としている。

参加は大学 (University 及び Collage) 単位の学生チームで、2019 年には世界各国から 60 チーム以上が参加し、トルコ、ポーランド、ギリシャの大学が上位に入っている。

尚、旅費・宿泊費は支給されない。次回は 2020 年 6 月 11-14 日に開催される。打ち上げ場所はバージニア工科大学ブラックスバークである。

4.2.1.2 欧州 (ESA)

ESA のキャパビル活動であるが、これまでのところ、超小型衛星に関連した宇宙新興国への支援はみられない。ESA は、コペルニクス衛星やその他の衛星による地球観測データの利用に関するキャパビルに焦点を当てている。ESA によって近年実施された主要なキャパビルに関するプログラムとして、以下の 2 つが挙げられる。

- ・ 東アフリカの水資源管理を支援する TIGER イニシアチブにおけるキャパビル
- ・ 中国と共同で開発した DRAGON・トレーニングプログラム

(1) TIGER [4-22]

TIGER イニシアチブは、アフリカにおける統合水資源管理（IWRM）の改善のために、地球観測衛星データを利用することを促進するものである。2002年に、南アフリカのヨハネスブルグで開催された「持続可能な開発に関する世界サミット」（WSSD）で重点化されたアフリカ諸国の水管理の緊急ニーズへの対応として設立された。

このイニシアチブの全体的な目的は、地球観測技術の特性を活用することによって、水関連の地理情報の収集、分析、及び水利用で直面する問題を克服できるよう、アフリカ諸国を支援することある。この支援により、全国規模から地域規模にわたり、効果的で持続可能な水資源管理に関連する情報を取得し、アフリカの広範な水不足を緩和することが可能となる。

TIGER は、国際運営委員会の指揮の下、アフリカ 42 カ国、150 の水資源管理機関や研究機関（水道局、大学、技術センター等）のキャパビルを支援している。予算は 11M€（12 億円）以上と言われている。

TIGER は関係する多くの戦略的パートナーとともに、地球観測衛星委員会（CEOS）との連携の中で設立されている。

TIGER でのキャパビルでは、アフリカのプロジェクトパートナー（水道当局、技術センター、大学等）が、地球観測技術を活用する独立した能力をもち、水資源や気候変動に関する知識を改善していくための支援を行っている。

TIGER のキャパビルの実際的な活動は 2006 年に設立された TIGER キャパビルファシリティ（TCBF）によって組織されている。TCBF は 19 のトレーニングセッションを開催し、20 の研究プロジェクトをサポートし、26 のアフリカ諸国から 200 人以上が参加した。

(2) DRAGON [4-23]

DRAGON は、ESA と中華人民共和国科学技術省（Ministry of Science and Technology）との協力を促進し、両機関による衛星コミュニケーションからの地球観測データのより良い利用を行うことを目的としたプログラムある。

プログラムは 2004 年に開始され、少なくとも 2020 年末まで継続される。DRAGON1（2004-2008）、DRAGON 2（2008-2012）、DRAGON 3（2012-2016）、DRAGON 4（2017-2020）の 4 つのフェーズに分かれている。DRAGON の全てのフェーズで、特に中国では、地球観測データを活用するための若い科学者や人材を訓練することも目的に含めており、キャパビルとしての利用が行われていると推定される。4 つの DRAGON のフェーズのすべてで、高度なトレーニングコースが毎年中国で開催され、中国の要員が衛星データの利用と分析についてトレーニングされている。

(3)その他の活動

ESA は、6 歳から 28 歳までの若いヨーロッパ人が科学技術に興味をもたせることを目的とした多数の教育プログラムを実施している。これは、知識に基づいた社会の構築に貢献し、宇宙活動における欧州の継続的なリーダーシップを確保するための有能な人材を確保するという長期的な目標に立って実施されている。[4-24]

実施された活動の中には、「Fly Your Satellite!」のような、超小型衛星（CubeSat）の開発、打ち上げ、運用を行うプログラムもある。このプログラムは 2012 年に開始され、現在第 3 回目を実施している[4-25]。このプログラムでは、超小型衛星の開発のために欧州の大学の衛星チームをサポートし、打ち上げの機会を提供する。また、衛星関連の開発分野のトレーニングや学習機会は数多く用意されている。例えば、コンカレントエンジニアリングコースや CubeSats ハンズオントレーニングアクティビティ、COSPAR や IAC 等の国際会議への学生派遣等である。

4.2.1.3 英国

英国政府は産業戦略を主体に国際協力を主体としたキャパビルに取り組んでいる。

しかし、実際の活動は組織毎に分断されており、UKRI、UKSA、DSTL などの「チャンピオン」に依存しており、通常は産業界がスポンサーになることが期待されている。

宇宙のための国際パートナーシッププログラム（IPP）は、より広い国際開発予算の一部として実行されている[4-26]。IPP の主目的は、開発途上国と協力して宇宙ソリューションを使用して特定の開発課題を解決し、その能力を向上させることにより、開発途上国の人々の生活に対する実質的な影響を最大化することである。副次的な目的は、英国の宇宙部門の継続的な強化に貢献することである。IPP 内のプロジェクトは、幅広いテーマに及ぶ。これには、CubeSat ミッションや技術移転に関連する多くのプロジェクト及び宇宙技術の派生利用が含まれ、森林破壊の削減、災害対応、土地利用の監視、海事問題の削減、再生可能エネルギーの導入なども含まれる。

UKSA は、発展途上国のエンドユーザーに実用的で測定可能な効果を提供する 5 年間のプログラムを通じてプロジェクトを実行する組織に 50～100%の助成金（設立の規模と種類に応じて）を提供している。この 5 年間で 152M£（約 217 億円）が投資されている。

尚、英国の機関（政府、非政府に関わらず）提供するキャパビルのサービスプログラムの例として以下のようなものがある。

- SE (Scottish enterprise) investments
- SatApps IOD program
- UKcube 1 and AISatNano
- UKSA funded GSTP and NSTP activities
- CEOI funded activities

民間企業では、SSTL、Clyde Space 社、及びその他多くの組織がキャパビルのための製品、及びサービスを有する。SSTL はキャパビルのパイオニアである、中国、ナイジェリアなどをサポートするサービスや技術移転を行ってきている。例えば、災害監視の衛星コンステレーションが挙げられる。

Clyde Space 社は、CubeSat 開発を国際的にサポートするために NANOBED（超小型衛星開発キット）を開発した。また、同社は上記の UKSA の IPP でアフリカのチーム（南アフリカ、ケニア、ナミビア）に「FireSat」（火災検知を目的とした超小型衛星）を納入した。これは、衛星の開発だけでなく、Missions Lab というサブシステムを組み、テストやシミュレーションができるセットも提供して、Satellite Applications Catapult 社がトレーニングコンテンツを作って現地で教育セッションを行った。また、Clyde Space 社は国連の（「きぼう」からの衛星放出）プログラムに選ばれたモーリシャスの衛星を製造しているが、プロジェクト内容には人員トレーニングといった、キャパビルの要素も含まれている。

4.2.1.4 イタリア

イタリアはアルゼンチン、ブラジル、メキシコ等の宇宙新興国との協力を結んでいるが、キャパビルとして注力しているのはケニアに対してである。

イタリア政府は 1964 年にケニアとの協力関係を構築し、ケニアへキャパビルを行っている。

ケニアのマリンディの「L.Broglio」宇宙センター（BSC）は 2004 年から ASI が管理・運営しており、ASI のイタリア領土外の唯一の ASI 基地となる。BSC は赤道に位置するため、戦略的に極めて重要と ASI は考えている。2016 年 10 月 24 日にイタリアとケニアで政府間に新たな協力協定が締結され、ASI による地球観測、遠隔医療、リモートセンシングデータの活用、科学機器の開発、人員育成などに関するケニア宇宙機関への支援が行われている。

（尚、BSC は 1967 年～1988 年射場として用いられたが、現在は衛星用の地上局のみである。）

また、ローマ・ラ・サピエンツァ大学（University of Rome）はケニアに特化した能力開発イニシアチブをコーディネートしている。大学院に「宇宙工学のキャパシティビルディング」課程を設置し、宇宙関連活動の発展に関しケニア大学（Kenya university）を支援している。ローマ・ラ・サピエンツァ大学はケニアの MALINDI でスペースデブリの観測協力を行っている。加えて、ケニアの最初の衛星 1KUNS-PF（1st Kenyan University Nano Satellite-Precursor Flight。ナイロビ大学が中心）を支援してきている。

尚、1KUNS-PF は第 1 回 KiboCUBE として選定され、2018 年 5 月 11 日、「きぼう」日本実験棟より放出された。

4.2.1.5 スペイン

スペインは宇宙機関がなく、国としてまとまったキャパビルは行っていない。

大学レベルでは、システムエンジニアリングに関し、各国大学への教育のサポートは行っており、トルコ、レバノン（ベイルート）、ブラジル、メキシコ、モロッコ、チュニジアに対して行っている。レバノンからは資金がサポートされている。

更に、いくつかの大学（ビーゴ大学、マドリード工科大学、カタルーニャ工科大学）は、学士号に加えて、宇宙活動と宇宙システム工学に焦点を当てた修士号と博士号プログラムを提供している。

また、ビーゴ大学のスピンオフ企業である AlénSpace は、システムエンジニアリング、オンボード並びに地上セグメントのソフトウェア、及びその人工衛星ソリューションの運用に焦点を当てた、宇宙ミッションに関連するトレーニングプログラムを提供している。

企業では、エアバス（スペイン政府が一部資本参加（4.17%））のように、商業契約に関連して、キャパビルに関するサービスを提供している。

4.2.1.6 ドイツ

ドイツ国外へのキャパビルはドイツ政府によって行われているが、衛星技術関連に関するキャパビルは殆ど含んでいない。

ドイツで国外に対してキャパビルを行う機関として Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit（GIZ）がある（JICA と同様の機関）。この機関による活動は、教育機関同士の協力促進や官民パートナーシップによる市場へのアクセス支援といった活動よりも、ドイツ政府によるキャパビル活動を行うことが主体である。但し、上記のように、衛星技術のようなハイテク技術に関するキャパビルは殆ど行われていない。

尚、政府は、国内向けキャパビルの一環として、教育用超小型衛星プロジェクトをサポートしている。標準化された試験施設、太陽電池等について、大学が割引価格で製品を受け取ることができるように支援策が行われている。

4.2.1.7 ノルウェー

キャパビルは、主として国内（及び他国からの留学生）への教育活動である。

宇宙関連教育機関として、Norwegian center for space-related education（NAROM）がある。

NAROM は非営利法人で、Andøya Space Center（ASC）の子会社である。尚、ASC は Kongsberg Defence & Aerospace が 10%を所有し、90%を貿易水産省（NFD）が所有する企業である。

MOAORM は、学生と宇宙のための能力開発の教師の両方のためのコースを開催している。宇宙技術（CanSat、ロケット、ドローンを含む）、宇宙物理学、大気、天体物理学、気候、環境に関連するさまざまな活動、セミナー、会議を実施して、能力開発を行っている。現時点では超小型衛星に特化した教育・訓練は行っていないが、学生の衛星運用の知識を高めるために、個別の学生衛星プログラムを通じて、大学と協力している。他国からはフィンランド、エクアドルの研修生がいる。

NAROMに加えて、ノルウェーのいくつかの大学にはキャパビルプログラムがある。オスロ大学には、4DSpace と呼ばれるグループがあり、宇宙での基礎研究と応用研究を行っている。また、産業界との協力により mNLP ペイロードを開発した。これは、いくつかの小型衛星と ISS で使用されている。また、ベルゲン大学は放射線モニタリングに焦点を合わせており、このためのセンサを開発した。

ノルウェー科学技術大学は、ASC からのロケット打ち上げを含む 10 年以上にわたって宇宙技術のコースを提供している。また、CubeSat のサブシステムも開発したが、現在まで成功していない。現在、2 つの CubeSat が制作されておる。また、Spaceport America に参加している学生組織もある

4.2.1.8 ブルガリア

キャパビルは、国内向けで小規模である。

超小型衛星の分野では、衛星通信の実践的な訓練のための学生用地上局の建設に関連したキャパビルに対する政府の支援がある。現在のところ、超小型衛星の開発に関するキャパビルに対する政府の支援に関する情報はない。

現在、ブルガリアの大学には、超小型衛星の分野での本格的なキャパビルのための十分な資金がない。しかし、ブルガリアの一部の企業は衛星追跡用に2つの地上局を建設し、1社が最初の超小型衛星「Endurosat 1」（2018）を打ち上げており、超小型衛星関連技術について、国内に一定の能力は有していると考えられる。

4.2.1.9 オランダ

オランダ政府内には、宇宙関係のキャパビルに関するプログラムは存在しない。

政府はキャパビルのための二国間協定を仲介するが、仕事自体は研究機関や企業によって行われる。

トゥエンテ大学（University of Twente）には、リモートセンシング能力構築プログラムがある。また、デルフト大学（University of Delft）には学生向けの超小型衛星プログラムがある。他の大学も同様のプログラムの実施を検討している。

民間企業では、ISIS 社（Innovative Solutions In Space）が超小型衛星に関するキャパビルプログラムを提供してきている。

4.2.1.10 中国

中国は自国が主導する APSCO の枠組みを活用したキャパビルを積極的に行っている。

(1) APSCO を中心としたキャパビル

超小型衛星の国際教育プログラムとして衛星開発トレーニングプログラム「APSCO 学生小型衛星（SSS）プロジェクト」を実施している[4-27] [4-28]。中国からは、ハルビン工業大学、北京航空航天大学、上海科技大学、上海交通大学などが参加している。2016 年 12 月にキックオフが行われ、2017 年～2018 年に衛星開発スタート。3 機の超小型衛星、CubeSat を開発している。打ち上げサービスは中国国家航天局（CNSA）より提供される。

3 機中 2 機は北京航空航天大学、上海交通大学が APSCO より開発を受託していることから、実質的に中国から APSCO 参加国への衛星開発人材育成プログラムといえる。中国以外の参加国はバングラデシュ、モンゴル、イラン、パキスタン、ペルー、タイ、トルコ（3 機目の衛星はトルコが開発）である。Leading University として北京航空航天大学が指定されている。

3 機の超小型衛星の開発経緯は次の通り。2017 年、超小型衛星 SSS-1（図 4.2.1.10-1）を APSCO 委託により北京航空航天大学が開発、イラン、パキスタンの学生が参加[4-29]。2017 年、3UCubeSatSSS-2A（図 4.2.1.10-2）を APSCO 委託により上海交通大学が開発、

パキスタンの学生が参加。2018 年、3UCubeSatSSS-2B（図 4.2.1.10-3）を APSCO 委託によりトルコ宇宙技術研究機関が開発、タイの学生が参加。そのほか APSCO 国際宇宙教育センターにて学生向け教育プログラムを開催。これまでの海外学生受け入れは 100 名以上、衛星開発、試験、運用やリモートセンシング、衛星通信、航法衛星などのコースを受講可能である。

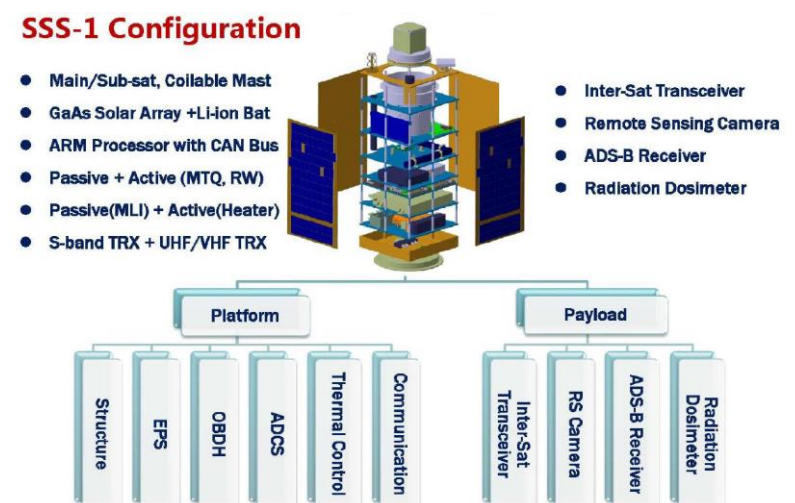


図 4.2.1.10-1 SSS-1 の概念図 [4-30]

SSS-2A Configuration

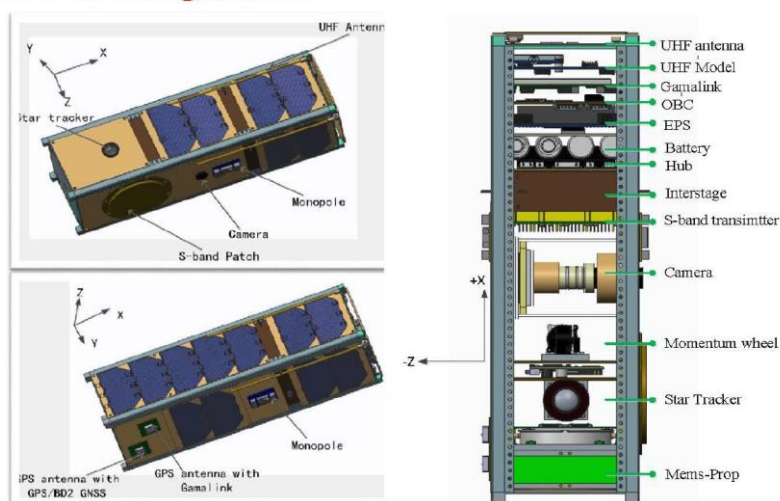


図 4.2.1.10-2 SSS-2A の概念図[4-30]

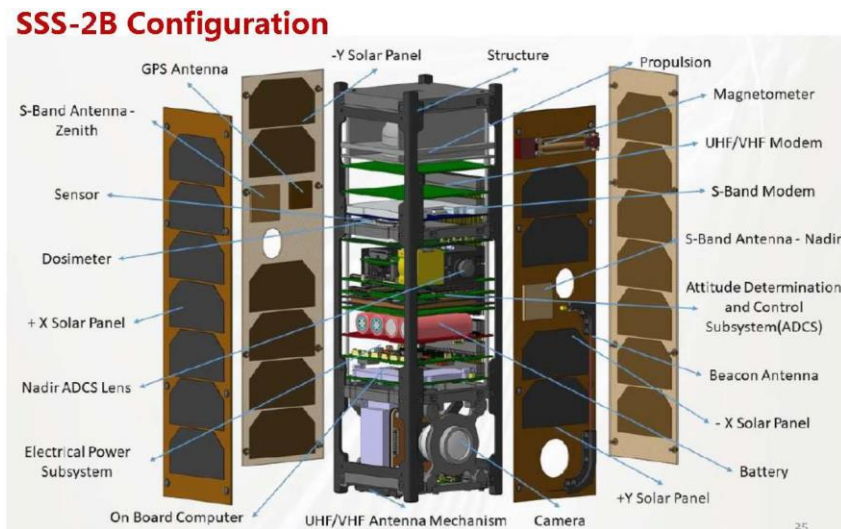


図 4.2.1.10-3 SSS-2B の概念図[4-30]

(2) 国内機関・大学によるキャパシティビルディング

(2)-1 中科院微小衛星創新研究院/上海微小衛星工程中心（IAMCAS/SECM）[4-31]

・ 博士課程

修士号を持つ海外の学生受け入れの記載がある。教育省の Chinese Service Center for Scholarly Exchange (CSCSE) による学位証明が必要とのこと。

・ 修士課程

留学生向けの受け入れ情報なし。中国国内の学部生 3 年生向けに 50 名規模のサマーキャンプを実施。望ましい専攻は通信、エレクトロニクス、コンピューター、構造システム、熱制御、リモートセンシング、航行宇宙など。

・ 指導者

Supervisor：通信衛星部門 13 名、ソフトウェア部門 1 名、航空宇宙部門 2 名

(2)-2 西北工業大学[4-32]

学内に SELM[4-33]を有する。2017 年、2UCubeSatAoxiang-1 を ISS から放出。2018 年 11 月、第 1 回中国小型衛星シンポジウムを開催。交換留学生プログラムに航空宇宙エンジニアリングコースが存在することから、宇宙分野の留学生受け入れ可能であると考えられる。

4.2.1.11 インド

インド政府は、社会的責任（CSR）及び ISRO の「将来の顧客」に対する国際的な親善と PR を目的として、積極的にキャパビルに取り組んでいる。

ISRO は、UNOOSA と協力して、ISRO による国連超小型衛星組み立て及び訓練プログラム（UNNATI）を実施している[4-34]。このプログラムは 2018 年 6 月に発表され、2019 年 1 月 17 日に正式に発足した。独自の宇宙プログラムを持たない国からの参加を含む 3 か月間のプログラムで、初回は、2019 年 1 月 15 日から 3 月 15 日に実施され、17 ヶ国から 30 人は参加した（アフリカの多くの小国やスリランカ等から参加）。第 2 回は 2019 年 10 月から実施され、第 3 回は 2020 年 10 月に実施予定である。

政府と民間の両方の個々の学術機関と多くのスタートアップ企業がキャパビルアクティビティに参加している。UNISEC インドも専門機関や学術機関と連携して、キャパビルに向けて独自の分野で活動を行っている。

2022 年のインド独立 75 周年を記念して、大学が構築した 75 個の超小型衛星を打ち上げる予定である。大部分の衛星は打ち上げ費を含め自己資金であるが、無料や割引の打ち上げ枠も用意されている。また、イスラエルは、このプログラムに対して 1%の金利でローンを提供している。インドの多くの大学はこのプログラムに参加する計画を立てている。

4.2.1.12 カナダ

CSA には大学 CubeSat プログラムがあり、その目的の 1 つは国内対象のキャパビルである。

CSA は、政府が設立した非営利組織である Canadian Satellite Design Challenge Management Society Inc.が主催するサテライトデザインチャレンジ（CSDC）も支援している。これは、大学の CubeSat コンペティションを通じてキャパビルを行うものである。

4.2.2 今後日本の競争相手として注目されるべき新興国及び地域

4.2.2.1 韓国

4.1.4.3 の項で記したように、KARI が KARIST という 2 週間の短期研修プログラムを 2010 年から行っている。2019 年までの 10 年間に 34 カ国から 245 名を受け入れた。

4.2.2.2 トルコ

トルコはチュニジア、レバノン、スリランカ、パキスタンに対し、人材育成指導を行っている。主として大学院生やエンジニアの指導である。学校、学界、企業へのさまざまな支援を通じたキャパビルを行っている。

例えば、ITU はトルコ内外のあらゆるレベルの学校、社会組織、企業に対し、教育や実践トレーニング、セミナー等、継続的に宇宙分野のキャパビルの支援を提供している。他にも、殆ど全ての宇宙関連のトピックスに関し、キャパビルを提供する政府機関または非政府機関が数多く存在する。

4.2.2.3 ブラジル

キャパビルは国内の教育が主体である。

衛星工学におけるキャパビルの中核は INPE であり、宇宙工学部による宇宙工学の修士号と博士号のプログラムがある。

毎年およそ 60 名の宇宙関連の修士レベルの学生に奨学金が提供される。奨学生は ITA、INPE、サンカルロス大学で教育される。

キャパビルを実施しているのは次の機関である。

- ITA：航空学部門--工学の学部、修士、及び博士（航空、及び宇宙工学）
- INPE：工学の修士と博士（航空工学、及び宇宙工学）
- サンカルロス大学：航空学科-学部、修士、博士
- UFMG ベロオリゾンテ連邦大学：航空宇宙の学部
- Uberlandia 連邦大学：航空宇宙の学部
- イタジュバ連邦大学：航空宇宙の学部
- ヨエンビル連邦大学：航空宇宙の学部

プログラムレベルでは、工学教育目的のための超小型衛星利用に関するプログラムが実施された。このプログラムは SERPENS と呼ばれ、学生の実地訓練を通じたキャパビルを行っている。このプログラムで 2 機の超小型衛星が製作された。1 機はブラジリア大学（JAXA が支援）がコーディネートし、もう 1 機はサンタカタリーナ大学がコーディネートした。

他の取り組み例は、ITA SAT プログラムで、ITA の修士、及び博士課程の学生のために実施された。宇宙機関の支援で行われた他のプロジェクトには、サンタマリア大学の学部生によって行われた NanoSatBR1 がある。

4.2.2.4 南アフリカ

2009 年 3 月に施行された南アフリカ国家宇宙政策（South Africa's Space Policy）では、主として国内のキャパビルに重点が置かれており、大学の研究コミュニティと研究機関との協力による、ターゲットを絞った研究開発プログラムの提供、ならびに、国の宇宙能力の確立と維持に不可欠な多くの宇宙科学、工学、運用分野の宇宙専門家の育成を政策目標としている。その一方、南アフリカの国内、及び外交政策の目標をサポートするために、適切かつ適切な宇宙能力の提供を促進する、として外務省は関連するライン部門と連携して、国際的な宇宙関連の活動を支援、及び促進することも定めており、外交目標としてキャパビル活用の可能性も示唆している。

キャパビルは国内及び南アフリカに留学するアフリカの大学生に対して行われている。修士、及び博士課程の学生のための奨学金が提供される。

主な大学は、CPUT、ケープタウン大学、ステレンボッシュ大学である。

4.3 宇宙新興各国の宇宙プログラムの状況、課題、キャパビルのニーズ

超小型衛星におけるキャパビル（能力開発）のニーズという観点から、宇宙新興国をより良く理解するために、新興国を対象とした調査を実施した。今回の調査を実施するにあたり、調査地域を以下の 3 地域に分類した。

- アジア
- 中東アフリカ
- 米国

本件調査の実施手法を説明する前に、九州工業大学の SEIC について若干説明したい。SEIC の学生は以下の 3 つの参加形態からなる。

- ① 国費留学生 (PNST)
- ② JICA 奨学生 (ボリビア宇宙庁 (ABE)、SDG 等)
- ③ 自己負担：参加費（授業料、生活費等）は自己負担又は出身国から調達。

これら 3 つの形態から参加する SEIC 学生は、通常 40 名～60 名の留学生在籍している。SEIC に在籍している留学生在籍が、本件調査に協力した。

- アジア地域は 11 名の SEIC 学生が協力した。協力学生の出身国は、次のとおり：
バングラデシュ、ブータン、ラオス、マレーシア、モロッコ、ミャンマー、ナイジェリア、ネパール、フィリピン、スリランカ、タイ
- 中東アフリカ地域は次の 11 名の SEIC 学生が協力した：
アルジェリア、エジプト、エチオピア、ケニヤ、モロッコ、ナミビア、ナイジェリア、ルワンダ、スーダン、ウガンダ、ジンバブエ
- アメリカ地域は次の 4 名の SEIC 学生が協力した：
コロンビア、コスタリカ、メキシコ、パラグアイ

これらの学生は、自身の経験、インターネット、大学図書館、仲間達、友人、本国の教授等教育関係者等を使って、情報を収集した。

本項で述べる各国についての基本情報を表 4.3.1～表 4.3.3 に示す。

表 4.3-1 アジアの宇宙新興諸国の概要

	国名	人口 (百万)	一人あたり GDP(US\$)	宇宙機関名	年間宇宙 予算 (MUS\$)	衛星数	UN COPUOS Member
1	ネパール	28 (^{'18})	1,000 (^{'18})	No	N/A	1 ^{*1}	No
2	マレーシア	32.4 (^{'18})	11,400(^{'18})	マレーシア宇宙庁 (MYSA)	N/A	11 ^{*2}	Yes
3	ブータン	0.74 (^{'18})	3,440 (^{'17})	情報通信省情報技術通信 局 (DITT)通信宇宙課	0.2	1 ^{*3}	Yes
4	バングラデシュ	161 (^{'18})	9,690 (^{'19})	バングラデシュ宇宙研究 リモートセンシング機関 (SPARRSO)	40.2 (推定値)	2 ^{*4}	No
5	パキスタン	197 (^{'17})	1,550 (^{'17})	パキスタン宇宙上層大気 研究委員会 (SUPARCO)	39 (^{'19})	2 ^{*5}	Yes
6	ラオス	7.3 (^{'20})	2,670 (^{'19})	郵政省が兼務	N/A	1 ^{*6}	No
7	フィリピン	109 (^{'20})	2,951 (^{'18})	フィリピン宇宙庁 (PhilSA)	N/A	3 ^{*7}	Yes
8	タイ	66.6 (^{'19})	7,908 (^{'18})	タイ地理情報・宇宙技術 開発機関 (GISTDA)	65 (^{'19})	3	Yes

9	ベトナム	96 ('19)	2,567 ('19)	宇宙技術研究所 (VAST)/ ベトナム国立宇宙センター (VNSC)	7 ('17)	6	No
10	シンガポール	5.8 ('20)	64,830('20)	シンガポール宇宙技術協会 (SSTA)	N/A	20	Yes
11	インドネシア	270 ('19)	3,894 ('19)	インドネシア国立航空宇宙研究所 (LAPAN)	61 ('19)	18	Yes
12	ミャンマー	53.4 ('17)	1,326 ('19)	ミャンマー宇宙庁 (予定)	N/A	0	No
13	カンボジア	16 ('17)	1,384 ('17)	No	N/A	0	No

*1 BIRDS-3、*2 内 1 機は BIRDS-2、*3 BIRDS-2、*4 内 1 機は BIRDS-1、

*5 内 1 機は CubeSat、*6 費用は 255 MUS\$、*7 内 1 機は BIRDS-2

表 4.3-2 中東アフリカの宇宙新興諸国の概要

	国名	人口 (百万)	一人あたり GDP(US\$)	宇宙機関名	年間宇宙 予算 (MUS\$)	衛星数	UN COPUOS Member
1	スーダン	40.5('17)	2,900 ('17)	スーダン国立宇宙委員会 (SNCS)	N/A	1	Yes
2	モロッコ	37 ('20)	3,464 ('20)	王立宇宙通信センター (CRTS) 王立宇宙研究センター (CRERS)	N/A	5	Yes
3	レバノン	6.8 ('20)	10,043('20)	No	N/A	0	Yes
4	チュニジア	11.8('20)	3,328 ('20)	国立マッピング・リモート センシング・センター (CNCT)	N/A	1	Yes
5	クウェート	4.2 ('20)	30,437('18)	No	N/A	0	No
6	アラブ首長国連 邦(UAE)	9.8 ('20)	44,516('18)	UAE 宇宙庁 (UAESA)	46.55	9	Yes
7	ヨルダン	10 ('20)	4,102 ('18)	No	N/A	1 ^{*1}	Yes
8	エジプト	101 ('20)	2,493 ('17)	エジプト宇宙庁	N/A	9	Yes
9	ナイジェリア	193 ('16)	2,028 ('18)	ナイジェリア国立宇宙研究 開発庁 (NASRDA)	59 ('20)	6	Yes
10	アルジェリア	43 ('19)	4,815 ('18)	アルジェリア宇宙庁 (ASAL)	N/A	6	Yes
11	エチオピア	114 ('18)	570 ('18)	エチオピア宇宙科学技術機 関(ESSTI)	N/A	1	Yes
12	ケニヤ	48 ('19)	1,710 ('18)	ケニア宇宙庁 (KSA)	N/A	1 ^{*2}	Yes
13	アンゴラ	33 ('20)	2,900 ('20)	宇宙計画管理局(GGPEN)	N/A	2	No
14	マラウイ	19 ('20)	385 ('20)	No	N/A	0	No

15	モーリシャス	1.3 ('20)	11,720('20)	No	N/A	0	Yes
16	ウガンダ	40 ('19)	878 ('19)	No	N/A	0	No
17	コートジボワール	26 ('20)	1,693 ('18)	No	N/A	0	No
18	ガーナ	30 ('19)	1,807 ('18)	ガーナ宇宙科学技術センター(GSSTC)	N/A	1 ^{*3}	Yes
19	ルワンダ	12.8('19)	826 ('18)	No	N/A	1	No
20	タンザニア	57.3('17)	957 ('18)	No	N/A	0	No
21	ナミビア	2.7 ('17)	5,931 ('18)	No	N/A	0	No
22	ジンバブエ	14.6('19)	1,079 ('17)	ジンバブエ国立地理空間宇宙庁(ZINGSA)	N/A	0	No

*1 大学衛星、*2 KiboCUBE、*3 BIRDS-1

表 4.3-3 中南米の宇宙新興諸国の概要

	国名	人口 (百万)	一人あたり GDP(US\$)	宇宙機関名	年間宇宙予算 (MUS\$)	衛星数	UN COPUOS Member
1	アルゼンチン	44.3('17)	11,683('18)	国立宇宙活動委員会 (CONAE)	48 (('19)	13	Yes
2	ボリビア	11 ('18)	3,549 ('18)	ボリビア宇宙庁(ABE)	10	1	Yes
3	チリ	19 ('18)	15,923('18)	デジタル・宇宙開発閣僚 評議会 (CMDSD)	N/A	4	Yes
4	コロンビア	48 ('18)	6,668 ('19)	No	N/A	2	Yes
5	ドミニカ共和国	11 ('18)	8,051 ('18)	No	N/A	0	No
6	エクアドル	17 ('18)	6,345 ('18)	エクアドル宇宙庁(EXA)	N/A	4	Yes
7	グアテマラ	17 ('18)	4,549 ('18)	No	N/A	0	No
8	パナマ	4.2 ('18)	15,575('18)	No	N/A	0	No
9	ペルー	32 ('18)	6,941.2('18)	ペルー航空宇宙庁 (CONIDA)	N/A	4	Yes
10	ウルグアイ	3.5 ('18)	17,278 ('18)	No	N/A	1	Yes
11	ベネズエラ	29 ('18)	16,000 ('14)	ボリバル宇宙活動庁 (ABAE)	N/A	3	Yes
12	メキシコ	126.2 (('17)	9,673 ('18)	メキシコ宇宙庁(AEM)	3.5 (('19)	16	Yes
13	コスタリカ	5 ('20)	16,900 ('17)	No	N/A	1	Yes
14	パラグアイ	6.9 ('18)	5,822 ('18)	パラグアイ宇宙庁(AEP)	0.716 (('19)	0	Yes

4.3.1 アジア地域

4.3.1.1 ネパール王国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 情報通信省（MoICT）は、2022 年までに自国の宇宙へのアクセスを確保する目的で、“National Space Policy-2076”の素案を策定した。
- 最初の衛星“NepaliSat-1”が、2019 年 4 月 17 日に打ち上げられた。これは、九工大の BIRDS-3 プロジェクトの下で、開発された衛星で、政府のネパール科学技術アカデミー（NAST）が資金供与を行った。
- 例年、教育科学省及び NAST は、民間機関と協力して、宇宙関連セミナーや科学展示会、及び CanSat プログラムを実施している。
- 2018 年以降、毎年、“National Space Meet of Nepal”を開催して、全国から集まった宇宙ファン達に最新の宇宙情報を提供して、宇宙に関する知識の涵養に努めた。
- Orion Space Nepal 社は、“NEPAL-PQ1”という最初のピコ衛星を開発し、そのサブシステムを訓練用にネパールで提供している。

(2) 課 題

- 超小型衛星の開発にあたっては、NAST が 2011 年 5 月に“Report on Initiatives taken for Preliminary Setup of Space Technology Research Center at NAST”を作成して、同国における宇宙計画の策定を目指したものの、NAST 自身の専門知識、予算、管理能力等の欠如により断念している。

(3) キャパビルのニーズ

- ネパールにおいては、訓練プログラムは衛星データを活用し得る人材を確保する上で不可欠。
- 指導者養成計画は、ネパールの宇宙関係指導者による一般大衆に対する、より良いアウトリーチ（普及啓発）活動を実施するために宇宙先進国からの更なる支援が必要である。
- 海外の航空宇宙関係大学との連携協定は、ネパールの学生が自国の宇宙産業の育成に寄与するための技術の習得を支援する観点から、更なる推進を図るべき。

- ネパールの宇宙分野の専門家が、海外において、有意義な勤務経験を習得するようなプログラムを開発すべきで、そうすれば、当該専門家は自国に帰国した暁には、習得した技術を活用して、自国の発展につなげられる。

4.3.1.2 マレーシア

(1) 宇宙プログラムの状況

- 政府は、2017 年 2 月に“National Space Policy 2030”を導入した。その趣旨は、国家の安全保障や経済発展に資するために宇宙分野の能力向上を図ること、及びマレーシア宇宙法の策定根拠や国際条約締結の準拠となること、更に他の法律を補足する意味合いがある。
- 主な宇宙活動としては、1996 年通信衛星“MEASAT-1 & -2”の打ち上げ、2002 年国立宇宙機関の設立、2007 年マレーシア最初の宇宙飛行士誕生、2009 年地球観測衛星“Razaksat”及び“MEASAT-3a”の打ち上げ、2017 年 “National Space Policy”の制定、2018 年“UiTMSAT-1”及び“INNOSAT-2 “（CubeSat）の打ち上げ、2019 年国立宇宙機関とマレーシア・リモートセンシング機関が統合し、マレーシア宇宙庁（MYSA）が誕生した。

(2) 課 題

- 超小型衛星の開発については、特段明記されてはいないものの、リモートセンシング衛星の開発関係で議論されている。
- 数 100kg までの衛星に対応できる衛星試験センターがあるが、有効活用されていない。

(3) キャパビルのニーズ

- 更なる高能力衛星の開発を行う上で、人材プールを構築する。
- 独自の宇宙アクセスを確保するためのロケット開発。
- リモセンデータをマレーシア経済の改革に資するために必要となる技術の訓練を幅広く実施する。

4.3.1.3 ブータン王国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発や利用、及び超小型衛星の役割について、それらを明記した政策は特段存在しない。
- 最初の衛星は、2018 年 8 月 10 日、BIRDS-2 CubeSat コンステレーションプロジェクトの一環として、“Bhutan-1”が打ち上げられた。
- 今後の衛星計画として、リモートセンシング技術の利用を推進する計画である。

(2) 課 題

- 九工大でトレーニングを受けた 3 名が情報通信省情報技術通信局通信宇宙課に所属しているが、情報通信省やその他の政府機関において、その 3 名以外は、衛星に関するミッションの定義、及び概念について理解しておらず、更にペイロードに関する知識もなく、かつ調達先についての情報も持っていない。
- 担当課には、衛星開発に関する実験機材や計測機器が備わっていない。

(3) キャパビルのニーズ

- 担当課の技術者に対し、より大型の衛星に関するミッションや概念に関するワークショップの開催、ハンズオン・トレーニングの実施。政策決定者に向けてのガイダンスの提示が必要。特に、リモセン分野では、人材育成の重要度が増している。また、関連する職員全員を対象とした人材育成が望まれる。
- 実験機材や計測機器についての選定や調達先等に関する技術支援が必要。

4.3.1.4 バングラデシュ人民共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発や利用、及び超小型衛星の役割について、それらを明記した政策は特段存在しない。
- 最初の衛星としては、2017 年の九工大に留学しているバングラデシュの学生による Cube-Sat の打ち上げである。
- 2017 年、APSCO 主催の 21 日間のサマーキャンプにダッカ大学から 5 名の学生が参加した。

- 最初の静止軌道衛星として、2018 年 5 月 11 日に通信放送衛星”Bangabandhu Satellite-1”が、米スペース X 社の Falcon 9 ロケットで打ち上げられた。同衛星の運用はバングラデシュ電気通信規制委員会（BTRC）によって行われている。
- 政府は、”Bangabandhu Satellite-1”の予備機として、”Bangabandhu Satellite-2”の開発を計画しており、フランスとロシアがその開発に興味を示している。

(2) 課 題

- 超小型衛星については、特段の方策は有していない。
- 航空宇宙工学課程を有している大学はあるものの、系統だてたカリキュラムは存在しない。

(3) キャパビルのニーズ

- バングラデシュ政府は、通信衛星 Bangabandhu-2 の開発を積極的に進めており、その関連での支援は求めているものの、超小型衛星では特段の予定はない。

4.3.1.5 パキスタン・イスラム共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発・利用に係る政策はない。
- 2 機の衛星を有し、1 機は CubeSat である。
- 国際関係では、COPUOS には 1973 年に加盟、また、APSCO 及び APRSAF のメンバー国でもある。

(2) 課 題

該当なし。

(3) キャパビルのニーズ

- 軍事部門に力点を置いているので、キャパビルは必要ない。

4.3.1.6 ラオス人民民主共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発・利用に係る政策はない。
- 2016 年 2 月に中国から軌道上で引き渡されたラオス最初の通信衛星 LaoSat-1 を運用している。

- 現在は、同衛星の通信サービス以外に、ブロードバンドのインターネットや衛星放送 DTH テレビのサービスに焦点を当てている。

(2) 課 題

- 超小型衛星に関する政策・方針等は存在していない。
- ラオスの衛星技術者のレベルアップの必要性はあるものの、資金的制約のためなかなか実現できていない。

(3) キャパビルのニーズ

- 技術者を宇宙先進国に送り、衛星利用分野において修士、博士課程を習得させ、人材のレベルアップを図る。

4.3.1.7 フィリピン共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2019 年の宇宙法施行によりフィリピン宇宙庁 (PhilSA) が設立された。
- また同時にフィリピン宇宙政策が作成された。その中核は以下の 6 つ。
 - ・ 国家の安全保障と開発 ・ 危機管理と気候調査 ・ 宇宙の研究開発
 - ・ 宇宙産業の能力強化 ・ 宇宙の教育と認知 ・ 国際協力
- 超小型衛星については特に規定はないが、DOST 関連のプログラムの中で、2015 年～2020 年の期間において、1U の CubeSat である Maya-1 から Maya-5 までの開発・打ち上げ計画を作成している。
- 東北大学と北海道大学の協力を得て、2016 年に地球観測衛星 Diwata-1、2018 年 Diwata-2 をそれぞれ打ち上げた。
- 1UCubeSat である Maya-1 は、九工大のイニシャティブの下で、同大学に留学中のフィリピン留学生によって設計、製作されたもので、2018 年に打ち上げられた。
- UPD は、この九工大の「BIRDS」プロジェクトのようなプロジェクトを同国国内で、九工大の協力を得て実施することになった。このプロジェクトを「BIRDS-2S」プロジェクトと呼び、DOST と UPD は、参加者を UPD 以外にも募り、8 名が参加することになった。2 機の 1U CubeSat の製作に取り組んでいる。

- 「BIRDS-2S」は、フィリピン留学生が九工大の「BIRDS-2」で学んだ衛星の know-how を自国に持ち帰り、自国でその技術を伝播するものである。
- フィリピンは九工大の「BIRDS-4」プロジェクトに参加して、次期 1UCubeSat、Maya-2 の製作に取り組んでおり、2020 年 ISS からの放出を目指している。

(2) 課 題

- フィリピンの宇宙計画において、産学官の連携の下での自国宇宙産業の活力と成長性の維持を図ることは、経験不足もあり、大きなチャレンジとなっている。
- 環境監視や災害緩和の観点及び離島間の通信需要、リモートセンシングデータに対するニーズから、超小型衛星の一層の開発が求められている。
- 宇宙庁についても、その設立時期が浅いために、同機関に対する行動規範の作成や宇宙計画の具体的目標・戦略の設定を検討中である。

(3) キャパビルのニーズ

自国の宇宙活動を支え、強化する上で、国際協力の重要性は認識されており、特に人材育成について次のようなニーズがある。

- 宇宙科学・宇宙工学についての客員教授による講義
- 宇宙科学・宇宙工学に関する短期・長期の研修
- 学位レベルのプログラムや教材の策定支援、可能ならば既存の訓練用教材の利用
- 外国の大学にある衛星の開発装置や試験設備へのアクセス
- 衛星開発における実践の最適化や深い知識の習得を目指す協同開発。この共同開発には、関係者間ですべての情報やソースコード等の共有を含む。

4.3.1.8 タイ王国

(1) 宇宙プログラムの状況

- タイの宇宙活動の中核を担うのがタイ地理情報宇宙技術機関 (GISTDA)で、2000 年 11 月 3 日に設立された。
- GISTDA は宇宙政策マスタープランを策定した。これは、宇宙技術の開発に係る役割の明確化や宇宙技術を利用した宇宙産業の育成を目指したもので、2017 年 - 2036 年を対象期間としている。
- 最初の通信衛星、Thaicom-1 が 1993 年に打ち上げられて以来、8 機目の同種の衛星が 2016 年、スペース X 社から打ち上げられた。

- 1997 年に英国サリー大学に留学しているタイ人留学生によって開発されたマイクロ・サテライト、THAIPAT が打ち上げられた。
- 2008 年には、初めての地球観測衛星 THEOS がロシアのヤスニから打ち上げられた。
- タイ・キングモンクット工科大学北バンコック校（KMUTNB）で 1U CubeSat が開発され、2018 年に打ち上げられた。
- 高校生による最初の CubeSat 衛星、BCCSAT-1 が製作されており、2020 年第 3 四半期の打ち上げを予定している。
- Thai-IOT 3U 衛星の開発が軍を中心として進められており、ストアアンドフォワードのミッションを計画し、2021 年に打ち上げ予定。

(2) 課 題

- タイはいまだ宇宙環境の試験設備、例えば、真空環境試験、放射線試験、電磁両立性試験等の設備が不足している。

(3) キャパビルのニーズ

- 衛星開発を支える上で、無償の打ち上げや打ち上げ費用の割引は非常に有意義（同じような事例として KiboCUBE プログラムがある）。
- 日本の大学との衛星共同研究が挙げられる。これは、タイ政府に対して、衛星プロジェクトへの資金供与を促す一助となる。
- 宇宙インフラ開発への資金的支援。JICA は、財政的支援をタイ政府に供与して、多くの公共交通網の整備に尽力している。
- ASEAN 諸国に対し、宇宙工学分野における MEXT スカラーシップの一層の充実。

4.3.1.9 ベトナム社会主義共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2006 年に「2020 年までのベトナムにおける宇宙技術開発のマスタープラン」を採択。同計画では、宇宙技術の習得と小型地球観測衛星の設計、生産、及び運用に係るインフラの整備を規定し、また、人材の育成、ロケット技術の研究、生活の質的向上に資する宇宙技術の利用を明示している。
- 上述の計画によると、小型衛星については、2006 年～2010 年の期間で技術移転プロジェクトに参加し、2011 年～2020 年でその技術開発に務めると記している。
- 1980 年、ベトナム人宇宙飛行士が軌道上実験や自国の撮影を実施した。

- 仏との協力で、2013 年 VNREDSAT-1 を打ち上げた。
- 2017 年、VNSC は、日本と衛星開発に関する長期協力に関する協定を締結。
- 2019 年、地球観測用の 50kg の Micro Dragon 衛星を内之浦から打ち上げた。
- 更に、もう 2 機の 500kg 級の地球観測衛星ロータスサット-1、-2 が現在開発中。

(2) 課 題

- ベトナムでは、二酸化酸素の観測や農業観察を支える目的で衛星データ・ツールを集積する“Vietnam Data Cube Project”を実施しており、最近では、日本と同プロジェクトへの貢献に係る協定を締結した。同プロジェクトの最大の懸案は、人材育成を通じた同プロジェクトの維持発展である。
- 災害監視や気候変動対策としての SAR 技術を活用する必要がある。
- VNSC は、リモセン技術の開発について日本との協力拡大に加え、米国との関係強化を模索している。
- 2022 年までにメイドイン・ベトナム衛星を開発するとの目標を実現するために、衛星の製作・組立・試験に係る技術インフラの取得に向けた資金注入を模索している。

(3) キャパビルのニーズ

- 人材の質・量の確保は、ベトナムの研究・宇宙応用の分野における膨大なニーズを満たす上で、大きな懸案となっている。特に、宇宙技術の応用、技術移転、宇宙科学・天体物理、宇宙情報の流通という分野が研究対象として関心がある。

4.3.1.10 シンガポール共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発や利用、及び超小型衛星の役割について、それらを明記した政策は特段存在しない。しかしながら、小型衛星については、教育機関等で既に、多くの開発実績を有している。
- 以下は、衛星の打ち上げ実績である。
 - (i) “X-Star” : 2011 年 4 月（インド）打ち上げのリモセンの超小型衛星、ナンヤン工科大学 (NTU) と DSO 国立研究所（軍地研究機関）との共同事業
 - (ii) “POPSAT-HIP 1” : 2014 年 6 月(ロシア)打ち上げの 3U CubeSat、光学・推進系の試験を目的、Microspace Rapid Pte 社の開発

- (iii) “VELOX 1” : 2014 年 6 月 (インド) 打ち上げの地球観測のピコサテライト、NTU で開発
 - (iv) “Kent Ridge 1” : 2015 年 12 月(インド)打ち上げのハイパースペクトラルの超小型衛星、NUS とベルリン宇宙技術 (BST) との共同事業
 - (v) “VELOX-C1” : 上記(iv)と同時打ち上げの重量 123kg の無線の掩蔽 (えんぺい) 現象を観察する超小型衛星、NTU の開発事業
 - (vi) “TeLEOS 1” : 上記(iv)、(v)と同時打ち上げの 400kg の商業用赤道近傍軌道の衛星、災害監視、海洋監視等を目的、ST エレクトロニクス社で開発。また、同時に”VELOX 2”という教育用の 6U CubeSat も打ち上げられた
 - (vii) “Kent Ridge 1” : 2015 年 12 月 (インド) 打ち上げのハイパースペクトラルの超小型衛星、NUS と BST との共同事業
 - (viii) “AOBA-VELOX 3” : 2017 年 1 月 ISS から放出、プラズマパルスのミニ推進力の試験と無線通信システムの試験を目的とした 2U CubeSat、NTU と九工大の共同事業
 - (ix) “SPATIUM1” : 2018 年 9 月 ISS から放出、科学教育用の 2U CubeSat、NTU と九工大の共同事業
 - (x) “AOBA-VELOX 4” : 2019 年 1 月内之浦から打ち上げ、月からの発光体の観察等を目的とした 2U CubeSat、NTU と九工大の共同事業
 - (xi) “SpooQy” : 米国経由 2019 年 7 月 ISS から放出、極性関係の試験を目的とした 3U CubeSat、NUS が開発
- シンガポールの宇宙機関としては、シンガポール宇宙技術協会 (SSTA) が産学官の連携拠点となっている。また、同協会は、JAXA、APRSAF、Global Apace and Technology Conference (GATC) 等でシンガポールの対外的機能を担っている。
 - EDB の元に Office for Space Technology and Industry (OSTIN) が 2013 年に設置され、商業化につながる宇宙技術の開発支援や海外宇宙企業の誘致などを行なっている。しかしながら、人員は数名しかおらず、且つシンガポールの場合公務員は同じ部署に長らくとどまらないために、連続性に難がある。
 - シンガポール国防省 (Ministry of Interior and Defense) の傘下に DSO National Laboratory という防衛関係の研究所があり、防衛の観点から小型衛星技術等の開発支援を行なっている。

(2) 課 題

- ST エレクトロニクスという Private Sector、NTU や NUS という大学、DSO や OSTIN という Funding Agency が揃い、宇宙プログラムのエコシステムができつつあるが、未だ国としての宇宙プログラムの戦略をたてられていない。宇宙戦略の立案を行う部署が明確でなく、国内ステークホルダーを調整する機関もない。それぞれのプレーヤーが国の財政支援を得て独自に研究開発を行なっているのが現状である。宇宙分野は後発であるために、大型衛星等の技術で競争するよりも、小型衛星・超小型衛星分野で国際競争力をつけようという認識を関係者は共有している。また国土が小さいために、東南アジア全域、またはグローバルな規模での衛星データ利用が必要であるといった認識も共有されている。しかしながら、それらの認識を戦略並びにそれに基づいた施策に具現化するところに至っていない。
- 大学関係のプロジェクトについては、大部分、既に完全に開発できているところである。しかし、大型衛星の打ち上げは仏ギアナ宇宙センター、インドでは PSLV ロケットによる打ち上げ、米国しかり、またロシアでは2つの衛星の打ち上げ、更に日本についていえば、九工大との CubeSat プロジェクトがあった、というように打ち上げについては現在でもこのような国々に依存している。しかし、今後射場さえ確保されれば、シンガポールにとって、このような問題は解消されるであろう。
- 数百 kg までの衛星開発能力は既に達成しているところであるも、シンガポールはいまだ、放射線の試験設備が欠如している。このことが、高信頼性を求める宇宙産業への進出の制約要因となっている。

(3) キャパビルのニーズ

- 宇宙のインフラや技術がたとえ確立していても、宇宙へのアクセス・ニーズがある限り、キャパビルのニーズは存在する。

4.3.1.11 インドネシア共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2013 年にインドネシア国立宇宙法が制定された。同法の中核は、宇宙活動の自律性と競争力の確保にある。
- Nano-Satellite（超小型衛星）については、Satellite に含まれるものと解される。尚、超小型衛星には 100 kg までを含むとしている。

- これまでの打ち上げは、18 機に及ぶ。具体的には、2007 年 LAPAN-TUBSAT/A1 (57 kg)、2013 年 LAPAN-ORARI (75 kg)、2014 年 LAPAN-IPB (80 kg)、2017 年 LAPAN-A4 (100 kg)、また今後は LAPAN-CHIBA/A5 (100 kg) を予定している。
- LAPAN はリモセンデータの構築に努めており、また、政府機関に限らず、すべての団体にリモセンデータを開放している。
- 今後の計画としては、自国内の宇宙部品の開発を推進するとともに、国内外との協力関係を一層強化することである。

(2) 課 題

- マレーシアと同様に 300kg までの衛星に対応できる試験センターがあるが、有効活用されているか疑問である。

(3) キャパビルのニーズ

- 能力開発のニーズは、技術開発、人材育成、及びインフラ開発の 3 部門が中核となっている。
- LAPAN では、衛星の製作・組立・試験 (AIT) 及び小型衛星のオペレーションにおける実地体験を通じて、技術移転を図ることにしている。
- 人材の開発については、APRSAF や UN の後援の下での訓練プログラムや国内のプログラムを通じて、積極的に推進している。
- LAPAN は、また、国際協力を通じた知識・技術の移転、人材開発、技術の利用を図っている。
- リモセンデータの利用能力向上、ASEAN 諸国との技術プロジェクト協力の推進、衛星コンステレーションの協同開発、データ共有プラットフォームの開発が想定される。

4.3.1.12 ミャンマー連邦

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策や超小型衛星に関する方針はない。
- ミャンマー政府は、現在、地球観測衛星の開発を進めている。これは、ミャンマー航空宇宙工科大学 (MAEU) と東北/北海道大学との協力プロジェクトで、2020 年 11 月の打ち上げを予定している。

(2) 課 題

- ミャンマーは第 2 次大戦後、長らく鎖国政策をとっていたため、STEM 教育の遅れは深刻である。そのため、人材不足がいたるところで生じている。

(3) キャパビルのニーズ

- 宇宙先進国は、講師、エンジニア、研究員をミャンマーに派遣して、若い世代との交流を推進すべき。
- また、ミャンマーの若い世代に対して、セミナーへの出席、スカラーシップの授与、訓練プログラムへの参加、国際会議の参加等の支援を行うことである。

4.3.1.13 カンボジア王国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策や超小型衛星に関する方針はない。
- 現在、中国の支援を受けて、最初の通信衛星の開発、打ち上げを計画。

(2) 課 題

該当なし。

(3) キャパビルのニーズ

- カンボジアの若者に対する宇宙技術の利用を紹介するためには、宇宙教育セミナーや学校、コンテスト、イベントは極めて重要。
- 宇宙分野の発展のためには、若い時から、いろいろなツールを使って、教育し、夢を与えることが必要となる。

4.3.1.14 スリランカ民主社会主義共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策や超小型衛星に関する方針はない。
- 2016 年に ACCIMT はロシア・サマラ大学と宇宙技術開発プログラムを開始し、超小型衛星の開発を進めていたが、スリランカ側の事情で無期限中止となった。
- 他方で、ACCIMT は、九工大の BIRDS-3 プロジェクトに参加して、スリランカ初の CubeSat 衛星 Raavana-1 を、2019 年 4 月にネパールや日本の衛星とともに打ち上げた。

(2) 課 題

- 宇宙プログラムが政権交代の影響を受けやすい。

(3) キャパビルのニーズ

- 国外においての学位取得のためのスカラーシップ
- 宇宙工学に関連する短期の訓練コース
- 衛星試験設備へのアクセス
- 海外機関との共同プロジェクトへの参画
- 低価格の打ち上げ費用の利用

4.3.1.15 モンゴル国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発・利用、及び超小型衛星については、それらを特段明記したものはない。各政府機関は、それぞれのニーズに基づき、政策を立案・遂行している。
- 通信情報技術機関（The Communications and Information Authority）は、通信衛星の開発を計画しているも、これは超小型衛星ではない。
- モンゴリア気象庁の傘下にある国立リモートセンシング・センター（NRSC）は、MODIS、NOAA 及び FY の各衛星データの保管システムを運用している。
- 今までの実績としては以下のとおり。
 - (i) 1965 年から近代的な宇宙技術研究が開始。
 - (ii) 1970 年、衛星放送の受信、世界気象衛星データの受信。
 - (iii) 1981 年、モンゴル人宇宙飛行士の誕生。
 - (iv) 2017 年、九工大の BIRDS-1 の下で、モンゴル国立大学 (NUM) はモンゴル初の衛星を打ち上げた。これは、同校に留学しているモンゴル人留学生によって開発された。
- 上記機関は、中国の APSCO と協力して、通信衛星の開発を進めている。

(2) 課 題

- 宇宙プログラムが政権交代の影響を受けやすい。

(3) キャパビルのニーズ

- 宇宙分野におけるキャパビルへの支援は必要である。特に、上述の NUM の最初の衛星打ち上げ以来、環境問題や資源管理に関する衛星データについて、その重要性の認識が高まっている。
- 超小型衛星がモンゴルの国益に資するものとして、認知度が上がってきている。

4.3.2 アフリカ・中東地域

4.3.2.1 スーダン共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発や利用、及び超小型衛星の役割について、それらを明記した政策は特段存在しない。
- 宇宙機関としては、スーダン国立宇宙委員会（SUNACS）がある。
- VHF/UHF/S band/X band 受信用の地上局を有している。
- 2019 年 11 月に最初の衛星が打ち上げられた。

(2) 課 題

- スーダンは組織作り、インフラ整備を始めたばかりで、宇宙に特化した研究所や宇宙機器・機材、宇宙関連企業が欠如している。

(3) キャパビルのニーズ

- 次世代のエンジニアを育てるような指導者や監督者の養成が必要となる。
- 国家的な宇宙プロジェクトやプログラムを指導するような管理能力者の育成も必要。

4.3.2.2 モロッコ王国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 現在、モロッコ宇宙法を策定中。国連の宇宙条約は批准済み。
- モロッコで最初の超小型衛星プロジェクトは英国 KSF 宇宙基金とモロッコの大学間との共同事業として行われた。
- 2001 年 12 月、モロッコ初の衛星として、47kg の超小型衛星”Zarkae Al Yamama”がロシアから打ち上げられた。これは、ドイツとの共同事業で、地球観測ミッションを行った。

- 2018 年 8 月、オゾン層調査や熱排出の研究を目的とした小型衛星がメキシコから打ち上げられた。
- 現在、2 つの超小型衛星が製作中で、1 つは Private University of Fez (UPF) の学生グループ、もう 1 つは Rabat の National School of Computer Science and Systems Analysis の学生が担当している。
- 2020 年 1 月、モロッコの学生と ISS の宇宙飛行士間で、テレビ会議が行われた。

(2) 課 題

- 打ち上げに対するニーズは常に存在する。

(3) キャパビルのニーズ

- 地理情報データの主要産出国になるような支援。
- 地球観測分野における研究開発・人材育成支援。
- リモセン・ツールの利用促進を図るような支援。

4.3.2.3 レバノン共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙法は無いが、国連の宇宙条約は批准済み。宇宙機関は無い。
- 2019 年 4 月に "CubeSat Technology :Towards Developing the First Lebanese Nanosatellite" が作成された。同プロジェクトは、主として EU からの支援を得て、外部国際専門家を招聘して、管理・技術的な訓練の実施を通じて、人材の育成を図るものである。
- レバノンの宇宙プログラムは、1960 年のレバノン・ロケット協会 (LRS) の "Cedar Rocket" の開発から始まる。資金的な支援を大統領や軍関係から受け、1963 年に発射された "Cedar-4" は上空 145km (LEO 近く) までに達した。1966 年を最後の打ち上げとし、その後は事故や政治的な要因により、全ての活動を停止した。
- 現在、レバノン初の 1U CubeSat (10cm x 10cm x 10cm) が学生主導で進められている。

(2) 課 題

- CubeSat プロジェクトは、EU からの宇宙専門家による指導により進められてきているが、部品等の資金繰りの関係で (30 万 US\$ が必要)、ニーズが低下している。

(3) キャパビルのニーズ

- 金銭的な問題を除けば、人材育成は EU からの支援でカバーされている。

4.3.2.4 チュニジア共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発や利用、及び超小型衛星の役割について、それらを明記した政策は特段存在しない。国連の宇宙条約については批准済み。
- 宇宙機関としては、National Mapping and Remote Sensing Center がある。
- 政府の宇宙関連成果としては、2018 年 4 月に中国の北斗衛星測位システムセンターを首都のチュニスに開設したことである。
- チュニジアを拠点とするアラブ情報通信技術機構と中国測位機関との協力により、アラブ諸国に人的訓練や技術研究の支援を期待できるとともに、衛星測位研究者の養成やデジタル経済の発展に寄与することが想定される。
- 2017 年、最初の民間による宇宙投資として、Sfax Technopole 社、Telenet 社、Aerospace Valley Toulouse/Airbus Safran Launchers 社の共同事業として、Sfax Technopole 社を超小型衛星の設計、製造、組立及び試験設備を備えた宇宙の拠点とするために設立した。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- より高度な技術力の構築
- 地上局インフラに係る機器の取得
- CanSat や CubeSat のワークショップのようにスペース・エンジニアリングに対するアクセスや実現可能性を示すような経験をベースとした会議の開催。
- 宇宙技術やその利用に関する新たな教育的テーマの開発
- 産業界と協力して、経済的社会的な利用の開拓

4.3.2.5 クウェート国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発やその利用に係る宇宙政策や超小型衛星の役割について、それらを明記した政策は特段存在しない。
- 1963 年の ITU による衛星通信の国際会議がクウェートで開催されたのを契機として、5 年後に Um Alaish 地上局を建設した。
- 2016 年に政府は、衛星の経済的ニーズを検討する衛星プロジェクト委員会を立ち上げた。
- 数年前まで、クウェート政府は、宇宙協力についてインド、中国と話し合いを進めてきたものの、現在では頓挫している模様。
- クウェート大学は、NASA の Soil Moisture Active Passive (SMAP) イニシャティブに参加し、これからより正確な気象予報や旱魃・洪水のモニタリング改善に関するデータの提供を受けている。その他、例えばクウェート科学研究所 (Kuwait Institute of Scientific Research) は、NASA/JPL と協力関係にある。
- 2018 年、中東で最初の民間企業である Orbital Space 社が設立され、衛星の設計、製造を目指し、また若者に Hands-on を通じた実践教育を提供することを計画している。2022 年に "Kuwait Orbital Space CubeSat" の打ち上げを予定。

(2) 課 題

- リモセンデータは国外の事業者経由で入手しており、衛星から直接自国で入手するには至っていない。

(3) キャパビルのニーズ

- セミナー、ワークショップ、レクチャー、サマースクールその他の教育事業プログラムは、若い世代に夢と希望を与えるもので、極めて重要。

4.3.2.6 アラブ首長国連邦 (UAE)

(1) 宇宙プログラムの状況

- 超小型衛星については特段明記していないものの、宇宙政策については、2016 年に策定された。その骨子は次のとおり。
 - (i) 国民の生活水準の向上
 - (ii) 国益の支持

- (iii) 自国の経済と多用性への支援
- (iv) 国際協力の推進と自国ステータスへの支援
- (v) 国際法や国際的取決めの遵守
- 2006 年、MBRSC の設立
- 2014 年、UAE 宇宙庁の設立。
- 現在までのところ、6 機以上の衛星の所有と運用を行っている。近々10 機になる見込み。例として、2017 年 2 月にインドから 1U の超小型衛星”Nayif-1”を打ち上げた。これは、MBRSC と American University of Sharjah との共同事業。また、2018 年には Khalifa University of Science and Technology が開発した教育用及び植生観測のミッションを有した超小型衛星”MYSAT-1/MYSAT-2”を打ち上げた。
- 今後は、大気中の二酸化炭素やメタンガスを測定する”MeznSat”やガンマ線関係の TGF flash を調査する衛星”RAADSat”を開発中である。
- 大型の衛星を MBRSC、小型の衛星を UAE 宇宙庁、CubeSat を大学が開発するという棲み分けができていようである。UAE 宇宙庁は、国内の小型衛星の開発支援を行うために、200kg 程度までの衛星の組み立て・統合・試験に対応できる National Space Science and Technology Center (NSSTC) を UAE 大学内に設置すべく、準備を行なっている。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- 相互利益を確保する観点から、パートナーシップや協力関係を結ぶ相手先を模索中である。

4.3.2.7 ヨルダン・ハシミテ王国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発やその利用に係る宇宙政策や超小型衛星の役割について、それらを明記した政策は特段存在しない。
- 当面は、Crown Prince Foundation (CPF) が宇宙技術の開発を推進している。
- 2018 年 12 月、ヨルダン初の衛星、JY1Sat がスペース X 社によって打ち上げられた。同衛星は 1U CubeSat で、同国の様々な大学から集められた学生たちによって製

作されたもので、CPF が資金支援した。また、ピコ衛星”SunewnewSat”も学生らによって開発が進められている。

- 米国 NASA との協力により、工学系の学生が 10 週間のインターン・シップ・プログラムに参画している。
- 天文宇宙科学研究所（IASS）では、各種宇宙関係の研究活動を行うとともに、宇宙教育も実施している。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- より良い STEM 教育を必要としている。特に、宇宙エンジニアリングの困難な部分を処理できるような学生の育成が必要。その他、宇宙に興味を抱かせるようなアウトリーチ活動を増やすことである。

4.3.2.8 エジプト・アラブ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2018 年 1 月、エジプト宇宙庁の設立に関する法律が成立・施行された。
- 1998 年、アラブ諸国として初めての通信衛星”NileSat 101”が打ち上げられ、2000 年に同”NileSat 102”が続いた。
- 2007 年、エジプト初のリモートセンシング衛星”EgyptSat-1”が打ち上げられた。これは、NARSS とウクライナの”Yuzhnoye State Design Office”との共同事業である。
- 2019 年に NARSSCube-1、NARSSCube-2 の 2 つの 1UCubeSat が ISS、及び Cygnus 宇宙船から放出された。試験は九工大が支援をした。現在、3UCubeSat である NARSSCube-3 の開発を行なっている。
- 2019 年にアフリカ宇宙機関の本部をエジプトに設置することが決まった。
- アフリカ各国で技術を持ち寄り、超小型衛星を開発しようというイニシアチブを取っており、2019 年から準備を始めている。2019 年 8 月に横浜で開催された TICAD で構想が発表され、日本への支援が要請されている。
- 中国の支援を受けた衛星試験センターを建設中である。

(2) 課 題

- 2007 年の EgyptSat-1 から 2019 年の NARSSCube-1 まで 12 年の空白期間があった。リモートセンシングを所管する NARSS が宇宙機関としての役割を果たしていたために、総合的な宇宙戦略を立てられていなかった。エジプト宇宙庁が設立されたことから、その点は今後改善されると思われる。

(3) キャパビルのニーズ

- 人的資源の向上を図るために、更なる支援を必要としている。若いエジプト人を宇宙先進国で勉強させる機会（スカラシップの有無に関係なく）は大変貴重である。

4.3.2.9 ナイジェリア連邦共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 1999 年、ナイジェリアの宇宙機関、国立宇宙研究開発庁（NASRDA）が設立され、2001 年に宇宙政策が承認された。尚、超小型衛星は政策に明示されていない。
- 今後の 25 年間の予定は、次のとおり。
 - ・ 2015 年までにナイジェリア人宇宙飛行士を養成
 - ・ 2018 年－2030 年間にナイジェリア製の人工衛星を製作
 - ・ 2026 年に宇宙関連産業を創出
 - ・ 2030 年に打ち上げ場を整備
 - ・ 2030 年までに宇宙飛行士を月面に着陸
- 主な打ち上げ実績は、以下のとおり。
 - (i) 2003 年 "NigeriaSat-1"
 - (ii) 2007 年 "NigComSat-1"（軌道上不具合）
 - (iii) 2011 年 "NigComSat1-R"（"NigComSat-1"の代替機）
 - (iv) 2011 年 "NigerianSat-2"、同年 "NigerianSat-X"
 - (v) 2017 年 "Nigerian EduSat-1"（1U-CubeSat released from ISS）
- 科学技術省傘下の NASRDA は、宇宙政策、宇宙計画を遂行する他、600 人程の大学院生に宇宙教育支援を実施している。また、宇宙分野の技術格差を是正するために、宇宙科学技術研究所（ISSE）を最近スタートさせた。

(2) 課 題

- 海外の大学等にて多くの技術者が訓練を受けているが、未だに自国内で衛星開発をできる段階に達していない。

(3) キャパビルのニーズ

- ナイジェリア宇宙政策の基本事項の 1 つに、宇宙科学技術分野における必要最小限の人員の確保がある。これは、国内の各センターでの教育訓練を通じて、また国際的には協力プロジェクトの技術移転を通じて達成する。
- 衛星組立てや試験能力の向上
- 災害の予知、監視、緩和に向けた宇宙技術の利用

4.3.2.10 アルジェリア民主人民共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2002 年 1 月アルジェリアの宇宙機関、アルジェリア宇宙庁 (ASAL) が設立された。
- ASAL は、2020 年～2040 年をターゲットとした新たな宇宙計画 (PNS) を策定している。以下の 4 項目を優先事項としている。
 - (i) 地球観測及び通信システムプロジェクトの遂行と国際的な衛星コンステレーション・プロジェクトへ参画する。
 - (ii) 自国の宇宙活動の持続性を確保するために関連する地上インフラを整備する。
 - (iii) 経済社会の開発と主権の強化を図る観点から、宇宙システムの利用とサービスを習得する。
 - (iv) 自国宇宙活動の持続性を保証するような人材の育成、材料の開発、インフラの整備を図る、及びこれらを統合して情報社会の実現を目指す。
- アルジェリアは COPUOS の加盟国であり、国連の宇宙 3 条約を批准している。
- 現在、自国の宇宙法を策定中。
- 現在までの所、6 機の衛星を打ち上げている。その内、4 機が地球観測衛星である。
 - (i) Alsat-1、2002 年打ち上げの地球観測衛星
 - (ii) Alsat-2A、2010 年打ち上げの地球観測衛星
 - (iii) Alsat-2B、2016 年打ち上げの地球観測衛星で(ii)の衛星とペアリング
 - (iv) Alsat-1B、2016 年打ち上げの地球観測衛星で(i)の後継機
 - (v) Alsat-1N、2016 年打ち上げの科学研究技術開発用の超小型衛星
 - (vi) Alcomsat-1、2017 年打ち上げの通信衛星

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- アルジェリアは、宇宙先進国と非宇宙先進国の双方との国際協力を今後とも推進する必要がある。

4.3.2.11 エチオピア連邦民主共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2016年に設立されたエチオピア宇宙科学技術研究所（ESSTI）は、2018年に宇宙計画を策定し承認された。
- 2019年12月、エチオピア初の地球観測衛星 ETRSS-1 を中国から打ち上げた。費用は約 600 万 US\$ かった。

(2) 課 題

- 上記地球観測衛星の開発には、多数のエチオピア人エンジニアが参加したところであるが、キャパビルへの貢献に疑問を呈する意見が ESSTI にある。
- 採択された宇宙計画では、宇宙の各分野において広く技術・経験不足が指摘されている。

(3) キャパビルのニーズ

- 衛星の設計から始まるあらゆる段階での技術不足、人材不足が大きなチャレンジとなっている。

4.3.2.12 ケニア共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2017年12月に、ケニア宇宙庁（Kenya Space Agency）が防衛省の下に設立された。
- 同時にケニア宇宙政策、及び宇宙戦略が採択された。政策面に関しては、宇宙関連業務の調整と規制を行う他、宇宙政策の遂行や人材の育成、更に宇宙政策、宇宙計画等の推進が挙げられている。
- 1960年前半に Broglia Space Center がケニア Malindi に建設されたが、現在は政府間取り決めにより、イタリアの宇宙機関が運用している。

- ナイロビ大学は、UNOOSA と JAXA との連携協力（KiboCUBE）による最初の受益者で、2018 年 5 月最初のケニヤ大学衛星”1KUNS”が ISS から放出された。

(2) 課 題

- ケニヤ宇宙庁は、設立から間もないこともあり、総合的な宇宙開発計画を展開しきれていない。

(3) キャパビルのニーズ

- 既述の連携協力により習得した技能を、更に強固にする必要がある。
- 超小型衛星技術の開発についてのキャパビルのニーズは存在する。

4.3.2.13 アンゴラ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- アンゴラは主として、アフリカ・ユニオンの宇宙政策を踏襲している。
- その骨子は次のとおり。
 - (i) ユーザーニーズに応えること：アフリカの経済社会的な機会と課題に対応するような宇宙科学技術の潜在力を利用する。
 - (ii) 宇宙サービスへアクセスすること：宇宙のデータ、情報サービス、及び生産物へのアクセスを最適化するために、宇宙技術の活用を強化する。
 - (iii) 地域的・国際的マーケットを開拓すること：アフリカ大陸のニーズに応えるような骨太の宇宙産業を育成する。
 - (iv) 適切な運営と管理を採用すること：アフリカ大陸の国家間の調整を図るために最善の方途と企業運営を実施する。
- 当面の最大の宇宙プロジェクトは、AngoSat プロジェクトである。
- AngoSat-1 は最初のロシア製通信衛星で、2017 年 12 月ロシアから打ち上げられたが、軌道上で不具合が発生。後継機として、AngoSat-2 が開発中。
- 近々、国連 COPUOS への加盟申請を行う予定。

(2) 課 題

- 今まではアンゴラは宇宙技術の利用者、即ちお客であった。3 つの通信衛星のチャンネルは所有しているが、衛星自体は外国政府が運用している。

(3) キャパビルのニーズ

- アンゴラは外国からの投資を必要としている。

4.3.2.14 マラウイ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策や超小型衛星に関する方針は無い。
- 2018 年に九工大の BIRDS プロジェクトへの参加を検討したが、結局参加しないことになった。
- 2000 年前半に「国際災害チャータ」の登録国になった。

(2) 課 題

- 最貧国のため、これといった宇宙活動は行っていない。

(3) キャパビルのニーズ

- 科学技術的な思考マインドを養成するために STEM 教育が重要。

4.3.2.15 モーリシャス共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策や超小型衛星に関する方針はない。
- 2019 年に UNOOSA と JAXA との連携協力（KiboCUBE）による 3 番目の受益国となった。同国の研究評議会（MRC）が中核となって“MirSat-1”を開発する。長波赤外線カメラを搭載して、熱赤外線画像としての自国や自国周辺の画像の取得を計画。その他、衛星通信機能の試験も行う予定。

(2) 課 題

- インド宇宙機関の ISRO と包括的な宇宙協力を締結し、宇宙知識の共有を図っている。しかし、打ち上げ技術の共有は別問題との指摘もある。

(3) キャパビルのニーズ

- ある講演会（African Space Generation Workshop）において、同国で著名な生物学者 Hansley Noruthun は、若い世代に対し産学官の幅広い層との交流機会、学習機会を提供することや科学技術に限らず、法律やビジネス、芸術等にも焦点を合わせた取

組みをすること、このようなことを通じて人材育成を行うことが必要であると強調している。

4.3.2.16 ウガンダ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策や超小型衛星に関する方針は無い。
- 宇宙活動については、特記すべき事項はないが、2020 年 4 月から開始予定の九工大の”BIRDS-5”プロジェクトに参加を希望。
- 自国の宇宙プログラムは、現在検討中。

(2) 課 題

- 教育分野、特に初等、中等、高等教育分野における更なる投資が必要。

(3) キャパビルのニーズ

- 宇宙先進国から専門家にもっと来てもらいたい。

4.3.2.17 コートジボワール共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策や超小型衛星に関する方針は無い。
- 宇宙活動については、貧困国なので政府レベルでは無い。
- 2015 年に通信大臣は、ギニア湾における海賊の取締りやテロ対策として、衛星の打ち上げを検討している旨、発言。
- 大統領は、2020 年に衛星を調達する旨の Airbus Defense and Space 社との契約を承認した。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- 宇宙先進国からの教育、特に STEM 教育が必要。

4.3.2.18 ガーナ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 国家宇宙政策は、2011 年 - 2015 年を目標年次とした国家科学技術イノベーション政策開発計画（NSTIP）の中に組み込まれている。
- ガーナの宇宙政策の根幹は、社会経済の発展に結びつく強い科学技術イノベーション基盤の創出である。
- 超小型衛星に関する特別な施策はないが、私立大学である ANUC は超小型衛星の製造、組立、試験について積極的な施策等を講じている。ANUC の学生達によって、2013 年 9 月にガーナ初のアマチュアの VHF/UHF 無線地上局が設置された。2017 年 7 月、九工大の BIRDS-1 プロジェクトの下で製作された GhanaSat-1 が ISS から放出された。

(2) 課 題

- ガーナの宇宙開発は、隣国との協力、特に南アフリカやナイジェリアの宇宙機関との協力が大きな意味を持つ。
- 違法採掘や油田管理などの天然資源・環境管理などの分野で衛星データ利用へのニーズがあるが、それらのニーズを宇宙プログラムに流し込むことのできる人材が不足している。

(3) キャパビルのニーズ

- 国際協力、特にアフリカ諸国との緊密な協力が今後とも重要。

4.3.2.19 ルワンダ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策や超小型衛星に関する方針は無い。
- 宇宙活動については、2019 年東京大学と協力して、通信機器（ストアアンドフォワード機能）搭載の 3UCubeSat “RWASat-1”を打ち上げた。
- 衛星通信会社 OneWeb と連携して、6 機の衛星をコンステレーションとして打ち上げ、ブロードバンドのインターネットサービスを提供する予定。その 1 機目“Icyerekezo”が 2019 年打ち上げられた。残りは、すべて 2021 年半ばまでに打ち上げられる予定。

- 2020 年 4 月に開始する九工大の BIRDS-5 プロジェクトに参画する予定で現在協議が進められている。
- 国連 COPUOS への加盟を申請中。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- 政府としては、宇宙先進国からの支援は歓迎するものの、基本的には宇宙分野の開発については自己資金を充当するとの立場である。例えば、自国人の海外研修には政府資金を充てるとのこと。

4.3.2.20 タンザニア連合共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策や Nano-Sat に関する方針は無い。
- 宇宙活動についても、特記すべき事項は無い。
- 宇宙 5 条約のうち、「宇宙損害責任条約」のみ批准。
- タンザニアは“Vision 2025”を作成した。その中で経済開発は市場指向経済と合致し、技術的成果を享受するものでなければならない、と明記。

(2) 課 題

- タンザニアは、宇宙分野について地域間、国際間での協力関係を有していないため、今後改善していく必要がある。

(3) キャパビルのニーズ

- “Africa regional Data Cube”に参画し、最新の地球観測データを入手して自国の食糧安全保障に資している。国民の福祉向上に向けて、更なるデータの入手を追求する。

4.3.2.21 ナミビア共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発に係る国としての宇宙政策は無い。但し、ナミビア科学技術大学内に設置された The Namibian Institute of Space Technology (NIST) が宇宙技術促進の任務を負っている。
- ナミビア国立研究科学技術委員会 (NCRST) は、国立宇宙科学評議会 (NSSC) を設置して、宇宙科学をあらゆる分野で促進させることになった。
- 宇宙 5 条約のうち、「宇宙損害責任条約」のみ批准。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- 超小型衛星の設計、製作、試験等、あらゆるフェーズにおいて、キャパビルを必要としている。これには、宇宙政策や宇宙法も含まれる。

4.3.2.22 ジンバブエ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 特に、宇宙政策超小型衛星に関する方針は無い。
- 宇宙活動についても、特記すべき事項は無い。
- 2018 年にジンバブエの宇宙庁 (ZINGSA) が設置され、現在その長官を探し求めている。
- 2020 年 4 月にスタートする九工大の「BIRDS-5」プロジェクトに参画する。3 人の留学生を派遣し、修士課程の習得と衛星作りを期待されている。
- その他、2019 年 8 月に UNISEC と日本大学共催の CLTP に派遣して、ハンズオンの手作り衛星、HEPTA-Sat の研修を受講させた。この研修生は、上記「BIRDS-5」プロジェクトへ派遣される一員となっている。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- 人材の育成が最重要事項で、そのために「BIRDS-5」プロジェクトに参加させることになった。

4.3.3 中南米地域

4.3.3.1 アルゼンチン共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 「国家宇宙計画 2016-2027 年」が提案されたが、未採択となった。
- 超小型衛星については、上記計画に特段明記されていない。
- 政府は、250kg 級の大型衛星に関心を示している。超小型衛星については、むしろ民間企業主導で行われている。
- 特に、2010 年設立された”Satellogic”社は、2013 年 2 つの CubeSat を打ち上げ、2014 年に地球観測用のペイロードを搭載した”BugSat-1”（重さ 22kg）を打ち上げた。同社は、2016 年、最初の地球観測衛星”NuSat-1”を打ち上げて以来、2018 年までに 5 機の同種衛星を打ち上げてきた。2020 年には、16 機の打ち上げを予定しているとの発表がなされた。
- 政府レベルでは、190 kg～3,000 kg 級の次のような衛星を打ち上げてきた。
 - (i) SAC-B (1996))
 - (ii) SAC-A (1998)
 - (iii) SAC-C (2000)
 - (iv) SAC-D/Aquarius (2011)
 - (v) SAOCOM-1A (2018)

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- アルゼンチンは、外国からのキャパビル支援はそれほど必要としていない。寧ろ、他の中南米諸国に対して、主として、アルゼンチンの宇宙機関である国立宇宙活動委員会（CONAE）の大学院プログラム等を通じて、衛星技術の習得支援を行っている。

4.3.3.2 ボリビア共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発利用に関する政策、及び超小型衛星の役割を明記した政策は特段存在しない。
- ABE は 2010 年に設立。設立と同時に、中国の開発銀行と 3 億 200 万 US\$ のボリビア通信衛星の開発契約を締結した。
- この衛星、“Tupac Katari”は、2013 年に打ち上げられ、インターネット、電話、TV 放送のサービスをボリビア国民に提供している。特に辺境の地域にもこのようなサービスを提供している。

(2) 課 題

- 中国への返済に当てるために、同衛星によるサービスの商業化を検討している。
- 政府は、地球観測衛星の導入にも関心を持っているが、現在の経済状況では、難しい。

(3) キャパビルのニーズ

- 宇宙分野におけるキャパビルのニーズは大きい。いくつかの大学は CubeSat の開発に興味をもっているので、人材育成は重要である。また、打ち上げ機会も必要になる。

4.3.3.3 チリ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 「国家宇宙計画 2014－2020」が存在する。
- 超小型衛星については、明記した政策は特段存在しない。
- チリにおける衛星開発は、主として空軍や防衛省を中心に推進されてきている。
- チリは、1990 年に英国のサリー・テクノロジー社と契約を締結して、リモセン衛星の開発を進めた。1995 年に最初のチリ衛星“FASAT-ALFA”が打ち上げられたが、展開機構の不具合により失敗した。
- 2 機目の衛星“FASAT-BRAVO”が、1998 年に打ち上げられ、成功裏に運用した。
- 3 機目の衛星“FASAT-CHARLIE”が 2008 年に EADS 社と契約し、2011 年に成功裏に打ち上げられた。
- 最初の CubeSat は 2017 年に打ち上げられた。これは、チリ大学の 1U の衛星で、“SUCHAI-1”と命名された。
- 国立研究機関（CONICYT）は、“SUCHAI-1”に続く CubeSat として、2 機の開発資金を承認した。このプロジェクトはチリ大学宇宙惑星探査研究所（SPEL）が推進機関

として、ブラジルの INPE、及びペルーの地球物理研究所（IGP）との連携しながら進めていく。

(2) 課 題

- チリの宇宙機関、チリ宇宙庁は、予算不足により、2011 年解散させられた。

(3) キャパビルのニーズ

- チリで特にキャパビルが必要なのは、地球観測衛星やコンステレーションの開発に係る技術の移転を司る人材の育成である。

4.3.3.4 コロンビア共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発や利用に係る政策は 2017 年に作成されるも、いまだ公表されていない。また、超小型衛星の役割を明記した政策は特段存在しない。
- しかしながら、超小型衛星では、チリ空軍（FAC）は、デンマークの GOMSpace 社との契約の下、2018 年 11 月、3U の地球観測 CubeSat “FACSAT-1”を打ち上げた。更に解像度を改良した“FACSAT-2”も、2020 年の打ち上げを予定している。

(2) 課 題

- 基本的に、衛星開発は FAC 主導のもとに進められている。大学による CubeSat 開発は、時間がかかりすぎるとの指摘がある。
- 一般的に政府の宇宙開発に対する姿勢は弱く、他方で、空軍は宇宙プログラムに関心を示しているも、キャパビルについては熱意が無い。ターンキーソリューション(出来合いの製品)で満足している。

(3) キャパビルのニーズ

- 大学の衛星開発には時間がかかりすぎるどころ、大学と連携する宇宙先進国の協力の相手方がこの問題の解決のキーとなる。
- その他必要な支援としては、打ち上げ支援である。超小型衛星の開発は打ち上げ期限が設定されないままスタートしてきたため、開発計画の終了が明記されてこなかった事情がある。

4.3.3.5 ドミニカ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発利用に関する政策、及び超小型衛星の役割を明記した政策は特段存在しない。
- 特に活動実績も無いものの、2018 年 11 月にサント・ドミンゴ工科大学の副学長による米国科学アカデミーとの衛星分野での協力について発表があった。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- STEM 教育に対する更なる支援が必要。

4.3.3.6 エクアドル共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発・利用に係る政策については、エクアドル宇宙庁で作成されているものの、いまだドラフト段階にある。
- 超小型衛星については、特段明記されていない。
- しかし、超小型衛星の開発はエクアドルの宇宙庁（EXA）の下で進められた。2013 年 4 月に、エクアドル最初の衛星である CubeSat の“NEE-01 Pegaso”が中国から打ち上げられた。続いて、2013 年 11 月には、2 機目の CubeSat “NEE-02 Krysaor” がロシアから打ち上げられた。
- 2017 年、エクアドルの大学“Universidad Tecnológica Equinoccial”によって製作された 1U の CubeSat “Ecuador-UTE-YuZGU”が、ロシアから打ち上げられた。同じように、同大学の 2 機目の 3U CubeSat、“Ecuador-UTE- 2” が 2019 年ロシアから打ち上げられた。
- EXA はこれら一連の打ち上げ後、超小型衛星部品の他国への販売に力を入れている。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

該当なし

4.3.3.7 グアテマラ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発・利用に係る政策は無い。また、超小型衛星に係る施策も無い。
- グアテマラ最初の衛星である “Quetzal-1” は、同国大学、“Universidad del Valle Guatemala (UVG)” によって 4 年の年月かけて開発された 1U CubeSat である。同衛星は、2017 年、UNOOSA/JAXA の連携協力 (KiboCUBE) プロジェクトに選定された。2020 年 3 月頃、ISS から放出される予定。

(2) 課 題

- 国際協力による衛星関連プロジェクトへの資金提供。

(3) キャパビルのニーズ

該当なし

4.3.3.8 パナマ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発・利用に係る政策は無い。また、超小型衛星に係る施策も無い。
- 特記すべき宇宙活動の実績は無い。
- 最近ようやく人材育成計画がスタートし、13 名の学生をアルゼンチンの宇宙機関である CONAE の大学院プログラムに留学させている。

(2) 課 題

- パナマは、宇宙にあまり興味を持っていない。

(3) キャパビルのニーズ

該当なし

4.3.3.9 ペルー共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発・利用に係る政策は無い。また、超小型衛星に係る施策も無い。
- しかしながら、ペルーは今まで大学衛星である 3 つの CubeSat と 1 つの超極小衛星 (Femto Satellite) を打ち上げてきた。

- 具体的には、Pontifica Universidad Católica del Perú (PUCP) によって開発された最初の CubeSat 衛星 “PUCPSat-1” 及び超極小衛星 “Pocket PUCP” が 2013 年に打ち上げられた。
- 2014 年には、ペルー国立工科大学が開発した “Chasqui-1” が ISS から放出された。更に、同じ年に “Universidad Alas Peruanas” の CubeSat 衛星が米国オービタル・サイエンシズ社のアンタレスロケットで打ち上げられた。
- 宇宙機関であるペルー航空宇宙庁 (CONIDA) は、2017 年に設立。同庁は、Airbus 社から購入した地球観測衛星 “Peru-Sat 1” を 2016 年、仏ギアナから打ち上げた。同購入契約には、地上局 (CNOIS) のリマ市での建設も含まれていた。
- 同国はまた、ロケット開発も進めており、2013 年に初のサウンディング・ロケット (観測用ロケット) “Paulet-1B” を打ち上げた。
- キャパビルの一環として、学生を中国の APSCO を通じて、北京航空航天大学の修士コースに派遣している。

(2) 課 題

- 更なる打ち上げ機会が必要となっている。

(3) キャパビルのニーズ

- ペルーでは既に大学を通じた CubeSat の開発を行ってきているところではあるが、今後は国際協力を通じた超小型衛星のミッションの開発を行い、ペルーが直面する特定の課題の解決に向けたミッションの活用を図りたい。

4.3.3.10 ウルグアイ東方共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 宇宙開発・利用に係る政策は無い。また、超小型衛星に係る施策も無い。
- ウルグアイの大学 “Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República” は、2U CubeSat、 “ANTELSAT” を開発し、2014 年にドニエブルロケットで打ち上げられた。

(2) 課 題

- “ANTELSAT”以降、特段の衛星開発は行われていない。

(3) キャパビルのニーズ

- ウルグアイは外部からの更なる支援を必要としている。

4.3.3.11 ベネズエラ・ボリバル共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2007 年に科学技術省の下にベネズエラの宇宙機関であるボリバル宇宙活動庁 (ABAE) が設置された。その主な活動分野は次の 3 つ。
 - (i) テレコミュニケーション
 - (ii) 地球観測
 - (iii) 研究開発
- 超小型衛星については、上記研究開発の分野において、国の科学技術、イノベーション基盤強化や学会・産業界の支援に向けて、活用されるべきと指摘している。
- ベネズエラ最初の衛星は、中国によって開発された通信衛星“Venesat-1”で、2008 年に打ち上げられた。70 名ほどのベネズエラ人が研修として中国に派遣された。引き続き中国の支援を受けて、2 機目の衛星としてリモートセンシング衛星 “VRSS-1”又は“Miranda”が 2012 年に打ち上げられた。2017 年に後継機 “VRSS-2”が打ち上げられた。
- 今後は、宇宙インフラに向けた開発を促進している。

(2) 課 題

- ベネズエラは現在極めて政治的に厳しい状況に直面している。

(3) キャパビルのニーズ

該当なし

4.3.3.12 メキシコ合衆国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2010 年に AEM が設立されと同時に宇宙政策も公表された。同政策の骨子は、
 - (i) 他の政府機関と連携して、メキシコ国民の生命と財産を守ること
 - (ii) 国際協力や国際約束を強化、促進すること
 - (iii) メキシコの競争力強化に向けた学会・産業界との調整機能を強化すること。
- 超小型衛星については、宇宙政策には明記されていない。

- 最近、2つの CubeSat が開発、打ち上げられた。1機は軍事目的で、他の1機は技術実証を目的としている。両衛星とも、メキシコ人技術者によって開発されたものである。

(2) 課 題

- 最近の趨勢として、政府機関の配布予算が削減されていることであり、特に宇宙庁の予算削減は厳しく、世界一貧しい宇宙機関ともいわれている。

(3) キャパビルのニーズ

- メキシコの宇宙技術者は、厳しい状況の中でも、宇宙利用の技術開発にここ数十年精進してきている。宇宙先進国からのモラルサポートを必要としている。

4.3.3.13 コスタリカ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- 2010年、科学技術通信省（MICITT）の諮問機関として、航空宇宙研究開発評議会が設置された。航空宇宙研究開発評議会は、産学官の代表からなり、2014年に「宇宙の開発と利用」政策を発表した。
- この政策の骨子としては、国家にとって有益となるような航空宇宙における R&D 分野、経済の発展に資する航空宇宙産業のメリット、及び政府による航空宇宙活動の活性化対策、をそれぞれ列記している。
- 超小型衛星関係については、災害関係や大気汚染の予知・監視用としての活用が明記されている。
- 航空宇宙研究開発評議会の活動が縮小されるにつれ、宇宙機関の創設に向けた動きが活発化してきている。
- 以下に、主要な宇宙活動実績を記す。
 - (i) 2005年、Ad Astra Rocket 社の設立（NASA からのスピンオフ）
 - (ii) 2009年、中央米国航空宇宙協会（ACAE）の設立
 - (iii) 2012年、国連 COPUOS に加盟
 - (iv) 2016年、コスタリカの航空宇宙の企業連合、CRAC を立上げ
 - (v) 2018年、最初の CubeSat（1U）衛星 “Irazu”（日本でいう富士山のような山の名前）の打ち上げ。このプロジェクトは、ACAE とコスタリカ技術研究所（TEC）の共同事業。九工大が試験と打ち上げ仲介を行なった。

(vi) 2019 年、議会に宇宙庁設置法案が提出。

- 現在、2 つの超小型衛星プロジェクトが計画中である。
 - 1 つは、TEC と米国ジョージ・ワシントン大学との共同事業で、3U CubeSat の開発で、推進系の試験とコスタリカの湿地のモニターである。
 - 2 つ目は、超小型衛星の開発を目指す “Morazan” プロジェクトで、グアテマラ、ホンジュラス、及びコスタリカの共同プロジェクト。この衛星は防災システムの研究を図る。

(2) 課 題

- 2018 年の最初の Irazu 衛星の打ち上げ以降、更なる衛星開発の予算措置が取られていない。この点でも、早急な宇宙庁の設置が望ましい。
- Irazu プロジェクトは、技術者の養成に貢献したものの、いまだに宇宙、衛星に関する知識と実際の宇宙関連機器の開発とにギャップが存在する。

(3) キャパビルのニーズ

- 大気中の二酸化炭素を測定するセンサの開発というようなセンサ技術の開発に対するニーズがある。
- 衛星から漁業の不法操業の取り締まりを図るような赤外線感知器の開発に係る人材の育成も必要になっている。

4.3.3.14 パラグアイ共和国

(1) 宇宙プログラムの状況

- パラグアイの宇宙政策（PEP）は、「Training and use of space technology」の項の中で次のとおり述べている：
- 「航空宇宙分野において、専門的、科学技術的知識の利用や活用は、起業家、一般国民、及び民間企業によって、奨励されるべきである。その際は、国際的な取決めに沿った知的所有権に留意すべきである」
- 超小型衛星については、特に言及されていない。
- パラグアイ初の衛星は、パラグアイ宇宙庁（AEP）の 2 名の技術者によって、BIRDS-4 の一つとして開発された。同衛星は 2020 年後半に ISS から放出される予定。
- その他、Asuncion 国立大学では、CanSat や Sugar Rocket のプログラムを実施している。

(2) 課 題

該当なし

(3) キャパビルのニーズ

- AEP は、国際協力の重要性から、宇宙探査・利用を推進するために必要な努力を払っている。また、相手国との知識や技術の交流を推進する。

参考文献

- [4-1] “Lessons Learned from three Decades of Collaborative Space Mission Capacity Building Projects”, Alex DaSilva Curiel, Susan Jason, Kasia Wisniewska, Faiza Price, Guigleilmo Aglietti, Martin Sweeting, IAC-17-B4.1.4, IAC, Adelaide, Australia, 2017.
- [4-2] “The Successful Experience of International Master Program on Space Technology and Application”, YI XIAOSU, WENG JINNONG, GUO YUANYUAN, SU LI, IAC-19-E1.4.2x48906, IAC, Washington DC, USA, 201.
- [4-3] “THE 3 LEVELS OF SMALL SATELLITE CAPACITY BUILDING. EXPLAINED WITH REAL WORLD EXAMPLES”, Tom Segert, Narayan Prasad Nagendra, IAC-16,B4,1,2,x34771, IAC, Guadalajara, Mexico, 2016.
- [4-4] <https://www.isro.gov.in/unispace-nanosatellite-assembly-training-isro-unnati>
- [4-5] https://www.kari.re.kr/eng/sub06_04.do#link
- [4-6] Pauline Faure, Mengu Cho, George Maeda, “Establishing Space Activities in Non-space Faring Nations: An Example of University-based Strategic Planning”, Acta Astronautica, Volume 148, July 2018, Pages 220-224
- [4-7] <https://academy.arc.nasa.gov/>
- [4-8] <http://servirglobal.net/>
- [4-9] https://www.nasa.gov/mission_pages/servir/overview.html
- [4-10] <https://www.nasa.gov/stem/international-internships-for-students.html>
- [4-11] <https://www.spacecamp.com/space/camp>
- [4-12] <https://www.gistnetwork.org/content/five-moroccan-students-take-part-space-camp-program-usa-0>
- [4-13] <https://www.lanl.gov/projects/national-security-education-center/space-earth-center/space-weather-school/about.php>

- [4-14] <https://climatesciences.jpl.nasa.gov/events/summer-school/about/>
- [4-15] <https://cpaess.ucar.edu/heliophysics/summer-school>
- [4-16] Goodhead, et al., NASA SPACE RADIATION SUMMER SCHOOL FOR RESEARCH.
In: 63rd International Astronautical Congress 2012 (IAC 2012). (International Astronautical Federation, Paris), Vol 1, pp 237-242 (2012). ISBN: 978-1-62276-979-7. <https://www.nasa.gov/analogs/nsrl/nasa-space-radiation-school>
- [4-17] <https://pscischool.jpl.nasa.gov/>
- [4-18] https://www.lpi.usra.edu/planetary_news/2020/03/02/2020-nasa-planetary-science-summer-school-applications-open/
- [4-19] <https://www.unidata.ucar.edu/blogs/news/entry/noaa-nasa-satellite-meteorology-summer>
- [4-20] <https://www.cira.colostate.edu/conferences/satellite-meteorology-summer-workshop/>
- [4-21] <http://www.CanSatcompetition.com/index.html>
- [4-22] <http://www.tiger.esa.int>
- [4-23] <http://dragon4.esa.int/>
- [4-24] https://www.esa.int/Education/ESA_at_the_forefront_of_space_education
- [4-25] https://www.esa.int/Education/CubeSats_-_Fly_Your_Satellite/Fly_Your_Satellite!_programme
- [4-26] <https://www.gov.uk/government/collections/international-partnership-programme>
- [4-27] <http://www.apsco.int/html/comp1/content/HandsTraining/2018-07-05/65-179-1.shtml>
- [4-28] <https://www.spacerl.com/wp-content/uploads/2018/07/3rd-meeting.pdf>
- [4-29] http://www.unoosa.org/documents/pdf/psa/activities/2018/Symposium_Brazil_BSTI/presentations/oral/S12_01_Wang_Xinsheng_APSCO_SSS_Project_and_Space_Education_for_BR_Cooperationssubmit.pdf
- [4-30] M. E. Seyedabadi, Education and Training Activities APSCO Student Small Satellite Project, Fifty-sixth session of Scientific and Technical Subcommittee, Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, United Nations, (2019).
- [4-31] <http://www.microsate.com/index.html>
- [4-32] <http://en.nwpu.edu.cn/>
- [4-33] <http://www.selmsat.cn/en/>
- [4-34] <https://www.isro.gov.in/unispace-nanosatellite-assembly-training-isro-unnnati>

5 国内におけるキャパシティビルディング活動の現状

5.1 国内の現状

国内の大学、企業における、超小型衛星の開発状況と打ち上げ済みの場合はその運用結果、キャパビルの状況について、関係者へのメールによる問い合わせや聞き取り調査を行った。

国内大学に関しては、UNISEC 加盟の 53 大学及び和歌山大学へのメールによる問い合わせや聞き取り調査を行い、主要な成果を抽出した。企業については、海外キャパビルを行っている企業を対象に調査を行った。現時点で超小型衛星やキャパビルについて顕著な活動実績を有すると推定できる以下の機関について、詳細調査結果を示す。

【大学】（アイウエオ順）

- 1)大阪府立大学
- 2)九州工業大学
- 3)静岡大学
- 4)東京大学
- 5)東京工業大学
- 6)東北大学
- 7)千葉工業大学
- 8)日本大学
- 9)和歌山大学

【企業】

- 1) 株式会社スペースエッジラボ

5.1.1 大阪府立大学

(1) 超小型衛星の開発状況

超小型衛星「OPUSAT（こすもず）」を開発・打ち上げ、更に 1 機を開発中である（表 5.1.1-2）。OPUSAT は、大阪府立大学の学生が主体となって開発した 1U サイズの CubeSat であり、リチウムイオンキャパシタを用いた電源システムの宇宙実証と太陽電池パドル展開、太陽指向制御実験が主なミッションである。

(2) 超小型衛星の運用結果

超小型衛星 1 機（OPUSAT）を 2014 年 2 月に打ち上げ、同年 7 月に大気圏突入し、運用を終えた（表 5.1.1-1）。ミッション達成度は下記の通りであり、太陽電池パドル展開以外のミッションは成功した。

表 5.1.1-1 ミッション達成度[5-1]

Minimum	モールス信号によるデータ受信	達成
	AFSKによるデータ受信	達成
Full	リチウムイオンキャパシタの軌道上での充放電確認	達成
	太陽電池パドル展開前の太陽指向制御	達成
	太陽電池パドルの展開	未達成
Extra	LIB-LIC複合電源による運用（FMモード）	達成
	太陽電池パドル展開後の太陽指向制御	未達成
	GFSKによるデータ受信	達成

○衛星運用の成否

上記の通り、超小型衛星「OPUSAT」は、太陽電池パドル展開以外のミッションは成功した。

(3) キャパビルの状況

現在、実施していない。

表 5.1.1-1 大阪府立大学の超小型衛星実績（大阪府立大学提供）

衛星詳細		主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称	こすもず(OPUSAT)	日付	2014年2月28日
	団体	大阪府立大学	打ち上げ機	H-IIA-23
	質量	1.52kg	国	日本
	状態	運用終了	射場	種子島
	名称	ひろがり(OPUSAT-II)	日付	未定(2020年)
	団体	小型宇宙機システム研究センター(SSSRC)	打ち上げ機	
	質量	2.3kg	国	
	状態	開発中	射場	

(4) 提言など

○教訓、課題

技術的な教訓として、展開機構の宇宙環境での状態変化の評価が挙げられる。太陽電池パドルの展開は打ち上げ 3 か月後に実施予定であったが、展開機構の宇宙環境での状態変化を予測していなかった。太陽電池パドル展開の失敗に関して、開発時における評価・確認に関する知見が得られた。

研究・開発体制の不備のために、開発が予定通りに進まなかった。システムズエンジニアリング手法の重要性を認識する教訓となり、開発への導入と学生への教育のきっかけとなった。

○継続的な仕組みの構築

以下の経緯でプロジェクトを進めてきており、衛星バスの標準化、及びシステムズエンジニアリングを中心とした教育体制の確立や産学連携によって、プロジェクト運営と人材育成を継続的に行うことが可能な仕組みとなっている。

OPUSAT の成功は、大阪府立大学で学生が継続的な超小型衛星開発のきっかけとなった。

OPUSAT での成功を受け、バス部を OPUSAT-KIT として標準バスシステムのキット化を行った。[5-2]

現在は、2 号機となる「ひろがり (OPUSAT-2)」を室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センターと共同開発を進めており、2020 年度に J-SSOD からの放出を予定している。[5-3]

大阪府立大学で超小型衛星プロジェクトを率いてきた南部陽介助教が中心となって、遠隔でシステムモデル構築を進めることができる WEB ソフト「Balus」を開発した。現在は、超小型衛星にこの WEB ソフトを利用することで、システムズエンジニアリングに基づいた衛星開発を進めている。

現在、南部は、鳥取大学の三浦政司助教らと共に、この WEB ソフト「Balus」を開発販売する株式会社レヴィを立ち上げ CEO として活躍している。[5-4]

「ひろがり (OPUSAT-2)」は、システムズエンジニアリングに基づいた衛星開発を遂行するにあたり、株式会社レヴィ及び鳥取大学とも共同開発を行っている。

更に、システムズエンジニアリングに基づく超小型衛星開発を通じた学生への教育体制を確立するため、文部科学省宇宙航空人材育成プログラムに応募した。「超小型衛星開発とアントレプレナーシップ教育を通じた宇宙システム活用人材の育成」（平成 30 年度-令和 2 年度）として採択され、宇宙ビジネスを念頭に置いた宇宙システムを活用できる人材育成と超小型衛星開発を継続するための教育体制の確立をめざしている。[5-5]

○キャパビルに貢献できるシーズ

上記のシステムズエンジニアリングに基づく教育、大阪府立大学と共同研究開発を行っている株式会社レヴィ及び鳥取大学が貢献できるシーズとして考えられる。また、その実践ツールとしては、株式会社レヴィが開発したツール BALUS が有用である。

更に、株式会社レヴィはシステムズエンジニアリング教材を英語化し、三浦(鳥取大学)が 2020 年にケニアにてキャパビルを行うことを予定している。将来は、超小型衛星におけるシステムズエンジニアリング教育をキャパビルとして貢献することができる。

5.1.2 九州工業大学

(1) 超小型衛星の開発状況

これまで、19 機の超小型衛星の開発実績・打ち上げ・運用実績を有する(表 5.1.2-1)。

(2) 超小型衛星の運用結果

軌道投入した超小型衛星 19 機のうち、BIRDS-2 以降の衛星を運用中である(表 5.1.2-1)。

(3)キャパシティビルディングの状況

主に以下の 4 項目のキャパビルに取り組んでいる。

(3)-1 宇宙工学国際コース

2013 年から英語で提供される大学院のアカデミックプログラムである宇宙工学国際コース(SEIC)を設置し、31 ヶ国から 96 人の留学生を受け入れている(図 5.1.2-1)。また、2011 年以降、国連と連携したフェローシッププログラム(PNST)を実施している。宇宙分野の開発途上国から毎年 3 人の修士課程の大学院生と 3 人の博士課程の大学院生が選択され、SEIC に参加するための奨学金が得られるプログラムである。[5-6]

(3)-2 CubeSat プログラム(BIRDS プロジェクト)

キャパビルを目的として、アジア・アフリカ諸国と、2 年間で CubeSat を開発し運用する BIRDS プロジェクトを進めている。海外参加国・地域は初回の Birds-1(2015 年~2017 年)にガーナ、モンゴル、バングラデシュ、ナイジェリア、タイ、台湾が参加し、以降 Birds-2(2016 年~2018 年)にブータン、マレーシア、フィリピンが参加、Birds-3(2017 年~2019 年)にスリランカ、ネパールが参加、BIRDS-4(2018 年~2020 年)にフィリピン、パラグアイが参加している。これまで、日本を含め合計 13 ヶ国・地域となっている。また、Birds-5 を 2020 年 4 月に開始予定である。

(3)-3 衛星試験と短期トレーニング

これまで、シンガポール、フィリピン、ベトナム、マレーシア、タイ、フィンランド、エジプト、アラブ首長国連邦、韓国、スーダンからの衛星の試験や短期研修を行なっている。

(3)-4 衛星コンサルタントと打ち上げのコーディネイト

これまで、コスタリカ、エジプト、フィリピンに対し実施している。

(4) 提言など

(他大学の提言と併せて、「8 支援策の提案」にまとめて記述する。)

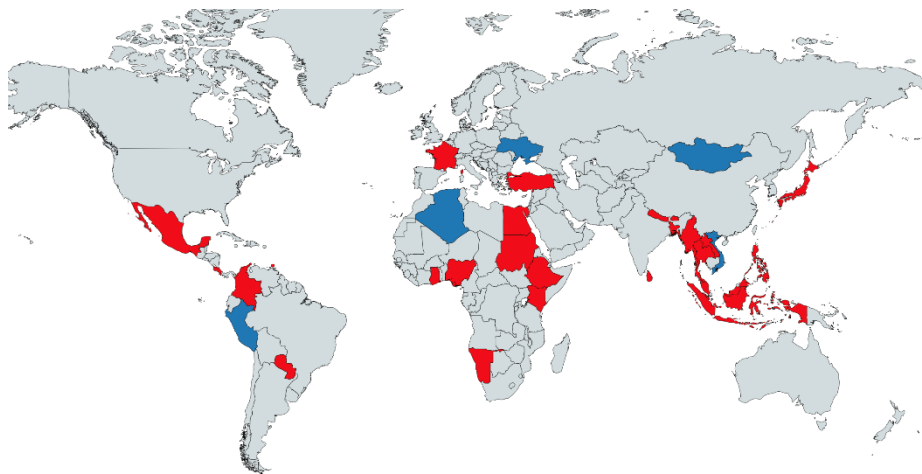


図 5.1.2-1 SEIC プログラムでのこれまでの留学生受け入れ国

表 5.1.2-1 九州工業大学の衛星実績(1/2) (九州工業大学提供)

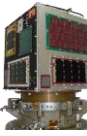
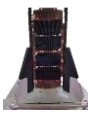
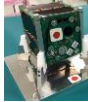
衛星詳細	主なミッション・特徴など	打ち上げ	結果(成果)
 名称 HORYU-II 団体 九州工業大学 質量 7kg 状態 運用停止	1.九州工業大学の正統後継の大学院教育プログラムとしての実施 システム工学に沿った11からのシステムの開発や、学生によるプロジェクト管理を行う事で、将来のプロジェクトリーダーを育成するプログラム 2.風龍一号で開発してきたバス機器の実証 3.世界初の300V発電 中・大型衛星では他のミッション機器に多大な影響を与える可能性があるが、小型衛星ではそのリスクが小さく大型衛星ではなかなか出来ない実験を行う事ができる 4.地域貢献、衛星データ利用のために人材育成プログラム 宇宙クラブ(小中学生向けの宇宙利用講座) 画像処理講座入門(高～社会人向け) 宇宙ベンチャー創生塾(高～社会人向け)	日付 2012年5月18日 打ち上げ機 H-2A 国 日本 射場 種子島	宇宙太陽光発電の世界最高電圧(350V)を達成 査読付き学術雑誌論文11編を発表
 名称 しんえん2 団体 九州工業大学/鹿児島大学 質量 17.8kg 状態 運用停止	深宇宙通信技術の確立、超軽量衛星構造の開発技術確立を目的とした50cm級の小型探査機 (奥山研究室が開発) ミッション 月軌道周辺にある超小型宇宙機と地上との通信技術確立 超軽量衛星構造の開発技術確立 地球周回から「V」アレン帯を越えて月軌道に至るまでの宇宙放射線の空間分布の計測 直径約500mmの楕球形状であり、周囲は太陽電池で覆われている。実験機は、構造部、熱制御部、衛星制御部、通信部、電源部のバス系、およびミッション部から構成される。	日付 2014年12月3日 打ち上げ機 H-2A 国 日本 射場 種子島	
 名称 HORYU-IV 団体 九州工業大学 質量 10kg 状態 運用中	1.放電抑制実験(Discharge) - DIS (メインミッション) 2.放電抑制実験(High voltage solar array) - HVSA 3.放電劣化実験(Solar cells performance degradation due to arcing)-DEG 4.プラスミダ密度計測(Double Langmuir probe) - DLP 5.真空アークスラスタ(Vacuum arc thruster) - VAT 6.あふり出し(Secret ink) - INK 7.光電子電流計測(Photo-electrons current measurement) - PEC 8.地球撮影(Camera for Earth photography) - CAM 9.デジシンガー(Digi-singer) - SNG	日付 2016年2月17日 打ち上げ機 H-2A 国 日本 射場 種子島	
 名称 AOBA VELOX-III 団体 九州工業大学/シンガポール(NTU) 質量 2kg 状態 大気圏突入により運用停止	1. PPT(Pulsed Plasma Thruster)の軌道上実証 2. MCU(Micro Computer Unit)放射線耐久試験 メインミッションであるPPTの軌道上実証はシンガポールの南洋理工大學からの提供であり、軌道上で実証を行うことにより今後の衛星の軌道寿命延長を目指す。MCU放射線耐久試験では、H8等のMCUの放射線耐性及び列挙を検討。 衛星の開発を学部1年から4年で実施。また、シンガポールの南洋理工大學との共同開発を行っている。	日付 2017年1月26日 打ち上げ機 HTV6 国 日本 射場 種子島	
 名称 MicroDragon 団体 東京大学、慶応大学、北海道大学、東北大学、九州工業大学、VNSO 質量 50kg 状態 運用中	ベトナム(VNSO)研究員の衛星開発教育、ベトナム海岸線の撮像 (九工大からは趙研究室・奥山研究室が参加)	日付 2019年1月18日 打ち上げ機 イプシロン 国 日本 射場 内之浦	VNSOの研究者36名が6大学に分かれて修士課程を修了し、衛星も完成。 打ち上げ後、正常動作確認、姿勢制御も行って、3日後に画像取得
 名称 TOKI 団体 九州工業大学 質量 1kg 状態 大気圏突入により運用停止	5機の1UのCubeSat (1kg, 10cm 立方)。 発展途上国のための衛星開発。 九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト 参加国: 日本、ガーナ、モンゴル、ナイジェリア、バングラデシュ、タイ、台湾。 バスシステムは宇宙で実証済みの風龍2号のものを使用。 世界中の7箇所の地上局で運用 ガーナ、モンゴル、バングラデシュは国で初めての衛星	日付 2017年7月7日 打ち上げ機 SoX-11 国 アメリカ 射場 ケネディ宇宙センター	衛星からのビーコン信号を受信
 名称 GhanaSat1 団体 九州工業大学/ガーナ(ANU) 質量 1kg 状態 大気圏突入により運用停止	5機の1UのCubeSat (1kg, 10cm 立方)。 発展途上国のための衛星開発。 九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト 参加国: 日本、ガーナ、モンゴル、ナイジェリア、バングラデシュ、タイ、台湾。 バスシステムは宇宙で実証済みの風龍2号のものを使用。 世界中の7箇所の地上局で運用 ガーナ、モンゴル、バングラデシュは国で初めての衛星	日付 2017年7月7日 打ち上げ機 SoX-11 国 アメリカ 射場 ケネディ宇宙センター	ガーナ初の衛星として軌道上での生存を確認 衛星からのビーコン信号を受信
 名称 Mazaalai 団体 九州工業大学/モンゴル(モンゴル国立大学) 質量 1kg 状態 大気圏突入により運用停止	5機の1UのCubeSat (1kg, 10cm 立方)。 発展途上国のための衛星開発。 九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト 参加国: 日本、ガーナ、モンゴル、ナイジェリア、バングラデシュ、タイ、台湾。 バスシステムは宇宙で実証済みの風龍2号のものを使用。 世界中の7箇所の地上局で運用 ガーナ、モンゴル、バングラデシュは国で初めての衛星	日付 2017年7月7日 打ち上げ機 SoX-11 国 アメリカ 射場 ケネディ宇宙センター	モンゴル初の衛星として軌道上での生存を確認 衛星からのビーコン信号を受信
 名称 BRC Ohnasha 団体 九州工業大学/バングラデシュ(BRAC大学) 質量 1kg 状態 大気圏突入により運用停止	5機の1UのCubeSat (1kg, 10cm 立方)。 発展途上国のための衛星開発。 九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト 参加国: 日本、ガーナ、モンゴル、ナイジェリア、バングラデシュ、タイ、台湾。 バスシステムは宇宙で実証済みの風龍2号のものを使用。 世界中の7箇所の地上局で運用 ガーナ、モンゴル、バングラデシュは国で初めての衛星	日付 2017年7月7日 打ち上げ機 SoX-11 国 アメリカ 射場 ケネディ宇宙センター	バングラデシュ初の衛星として軌道上での生存を確認 衛星からのビーコン信号を受信
 名称 Nigeria EduSat1 団体 九州工業大学/ナイジェリア(連邦工科大学アカレ校) 質量 1kg 状態 大気圏突入により運用停止	5機の1UのCubeSat (1kg, 10cm 立方)。 発展途上国のための衛星開発。 九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト 参加国: 日本、ガーナ、モンゴル、ナイジェリア、バングラデシュ、タイ、台湾。 バスシステムは宇宙で実証済みの風龍2号のものを使用。 世界中の7箇所の地上局で運用 ガーナ、モンゴル、バングラデシュは国で初めての衛星	日付 2017年7月7日 打ち上げ機 SoX-11 国 アメリカ 射場 ケネディ宇宙センター	衛星からのビーコン信号を受信

表 5.1.2-1 九州工業大学の衛星実績(2/2) (九州工業大学提供)

衛星詳細		主なミッション・特徴など	打ち上げ		結果(成果)
	名称 BHUTAN-1	3機の1U のCubeSat (1kg, 10cm 立方). 発展途上国のための衛星開発	日付	2018年8月10日	衛星からのUHF、VHFビーコン信号を受信 プータン初の衛星として軌道上での生存を確認
	団体 九州工業大学/プータン	九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト メインミッション: ストア & フォワード (Store & Forward) 参加国: 日本, フィリピン, プータン, マレーシア. バスシステムは宇宙で実証済みのBIRDS-1のものを使用. 世界中の10箇所の地上局で運用 プータンは国で初めての衛星	打ち上げ機	SpX-15	
	質量 1kg		国	アメリカ	
	状態 運用中		射場	ケネディ宇宙センター	
	名称 MAYA-1	3機の1U のCubeSat (1kg, 10cm 立方). 発展途上国のための衛星開発	日付	2018年8月10日	衛星からのUHF、VHFビーコン信号を受信
	団体 九州工業大学/フィリピン	九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト メインミッション: ストア & フォワード (Store & Forward) 参加国: 日本, フィリピン, プータン, マレーシア. バスシステムは宇宙で実証済みのBIRDS-1のものを使用. 世界中の10箇所の地上局で運用	打ち上げ機	SpX-15	
	質量 1kg		国	アメリカ	
	状態 運用中		射場	ケネディ宇宙センター	
	名称 UITSAT-1	3機の1U のCubeSat (1kg, 10cm 立方). 発展途上国のための衛星開発	日付	2018年8月10日	衛星からのUHF、VHFビーコン信号を受信 衛星との通信を確立
	団体 九州工業大学/マレーシア	九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト メインミッション: ストア & フォワード (Store & Forward) 参加国: 日本, フィリピン, プータン, マレーシア. バスシステムは宇宙で実証済みのBIRDS-1のものを使用. 世界中の10箇所の地上局で運用	打ち上げ機	SpX-15	
	質量 1kg		国	アメリカ	
	状態 運用中		射場	ケネディ宇宙センター	
	名称 Spatium	1.CSAC(チップスケール原子時計)の軌道上での実証. 2.クロックソースとしてCSACを使用したSS実験467MHz Txの軌道上でのデモ. 3.第2のUHF帯域に対する400MHzのTxおよびRxの軌道上での実証. 4.地上でのシスベラム拡散信号の復調. 5.複数の地上局の時間同期. 6.単一衛星の搬送波位相(400MHzおよび467MHz)を読み取る.	日付	2018年10月6日	衛星との通信を確立 超小型原子時計の動作を確認 UHF基準電波信号を受信
	団体 九州工業大学/シンガポール (NTU)	シンガポール・南洋理工科大学 (NTU) との共同プロジェクトとして開発	打ち上げ機	HTV7	
	質量 2kg		国	日本	
	状態 運用中		射場	種子島	
	名称 てんこう	低軌道上の様々な環境観測を行い、次世代の衛星開発や現在運用中の衛星にも有益なデータを提供することを 主な目的とした超小型人工衛星 (奥山研究室が開発)	日付	2018年10月29日	衛星との通信を確立 各種実験データを取得
	団体 九州工業大学	ミッション 通信技術を用いた社会・世界貢献 低軌道上の放射線、磁束密度、電子密度の空間分布測定 先端材料の手首環境変化具合の観測	打ち上げ機	H-2A	
	質量 22.3kg		国	日本	
	状態 運用中		射場	種子島	
	名称 AOBA VELOX-IV	1. PPTによる姿勢制御と軌道維持の確認 2. 高感度カメラによる地平線上空大気雲(ひ)に夜間の撮影 ルーナーホライズンロー(LHO)撮影を目指した、パルスプラズマスラスタ(PPT)によるCubeSatの姿勢・軌道制御と超高解大気撮像高感度カメラの実証を目的とした人工衛星 シンガポール・南洋理工科大学 (NTU) との共同プロジェクトとして開発	日付	2019年1月18日	衛星との通信を確立 高感度カメラの撮影画像を取得 軌道上制御データを取得
	団体 九州工業大学/シンガポール (NTU)		打ち上げ機	イプシロン4号機	
	質量		国	日本	
	状態 運用中		射場	内之浦	
	名称 Uguisu	3機の1U のCubeSat (1kg, 10cm 立方). 発展途上国のための衛星開発	日付	2019年4月18日	衛星との通信を確立 CPLD基板の動作確認 地球撮影画像を取得 LoRa基板の動作確認 姿勢制御データを取得
	団体 九州工業大学	九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト メインミッション: ADCSミッション, CPLDを用いたソフトウェア定義のバス基板, LoRa基板実証 参加国: 日本, スリランカ, ネパール. 世界中の12箇所の地上局で運用	打ち上げ機	シグナス-11(NG-11)	
	質量 1kg		国	アメリカ	
	状態 運用中		射場	バージニア州 NASAワロ	
	名称 Raavana-1	3機の1U のCubeSat (1kg, 10cm 立方). 発展途上国のための衛星開発	日付	2019年4月18日	スリランカ初の衛星として軌道上での生存を確認 衛星との通信を確立 地球撮影画像を取得 LoRa基板の動作確認 姿勢制御データを取得
	団体 九州工業大学/スリランカ	九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト メインミッション: ADCSミッション, LoRa基板実証 参加国: 日本, スリランカ, ネパール. 世界中の12箇所の地上局で運用 スリランカは国で初めての衛星	打ち上げ機	シグナス-11(NG-11)	
	質量 1kg		国	アメリカ	
	状態 運用中		射場	バージニア州 NASAワロ	
	名称 NepalSat-1	3機の1U のCubeSat (1kg, 10cm 立方). 発展途上国のための衛星開発	日付	2019年4月18日	ネパール初の衛星として軌道上での生存を確認 衛星との通信を確立 地球撮影画像を取得 LoRa基板の動作確認 姿勢制御データを取得
	団体 九州工業大学/ネパール	九州工業大学の大学院生によって行われるプロジェクト メインミッション: ADCSミッション, LoRa基板実証 参加国: 日本, スリランカ, ネパール. 世界中の12箇所の地上局で運用 ネパールは国で初めての衛星	打ち上げ機	シグナス-11(NG-11)	
	質量 1kg		国	アメリカ	
	状態 運用中		射場	バージニア州 NASAワロ	

5.1.3 静岡大

(1)超小型衛星の開発状況

これまで3機の超小型衛星（「はごろも（STARS-C）」、「STARS-Me」、「Stars-AO」）を打ち上げ、現在、運用中である。また、2020 年下期打ち上げ（ISS からの放出）を目指し「STARS-Me2」を開発中である（表 5.1.3-1）。

(2)超小型衛星の運用結果

(1)項の3機の超小型衛星を運用中である（表 5.1.3-1）。

○衛星運用の成否

表 5.1.3-1 に示した3機のうち、STARS-C は部分的成功。Stars-AO、及び STARS-Me は運用中、但しミッションは未実施。

(3)キャパシティビルディングの状況

インド人 2 名の修士課程の大学院生を教育し卒業させた。また、バングラデシュの修士課程の1年生を1名受入れ、教育中である。

(4)提言など

深宇宙探査とキャパビルとのリンクは、積極的に取り組みたい。現状では、静岡大学での単独のミッションが難しいため、JAXA との共同研究等が必要である。東京大学の活動などを参考に今後の戦略を考えていきたい。

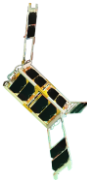
○課題

衛星を担当した学生・院生間の業務の引継が課題。学生・院生が卒業してしまうと、資料に記載がないことを聞くのが難しくなる。

○継続的な仕組みの構築

静岡大学には留学生が毎年入学してくる制度があり、優秀な学生の確保が可能となっている。

表 5.1.3-1 静岡大学の超小型衛星実績（静岡大学提供）

衛星詳細		主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称	・親子衛星の分離および100[m]のテザー伸展 ・テザー伸展挙動に関するデータ取得 ・重力傾斜安定によるテザー伸展維持 ・リール機構による張力制御	日付(放出日)	2016年12月19日
	団体		打ち上げ機	H-IBBロケット6号機
	質量		国	日本
	状態		射場	種子島
	名称	・軌道エレベーターの小規模デモ ・2機体衛星+クライマーの構成の実証評価 ・コンベックステザー伸展 ・クライマー移動	日付	2018年9月23日
	団体		打ち上げ機	H-IBB
	質量		国	日本
	状態		射場	種子島
	名称	・軌道上宇宙撮影/天体観測 ・大容量撮影画像データの高速ダウンリンク通信	日付	2018年10月29日
	団体		打ち上げ機	H-IIA
	質量		国	日本
	状態		射場	種子島
	名称	・軌道エレベーターの小規模デモ ・IU CubeSatにクライマー収納 ・コンベックステザー伸展 ・クライマー移動	日付	2020年下期
	団体		打ち上げ機	未定 (ISS放出)
	質量		国	日本
	状態		射場	きぼう

5.1.4 東京大学

(1) 超小型衛星の開発状況

これまで、14 機の超小型衛星の開発実績を有し、2 機を開発中である（表 5.1.4-1）。

(2) 超小型衛星の運用結果

すでに 11 機の打ち上げ運用に成功し、大気突入などで運用終了した衛星を除き、現在 9 機の超小型衛星を運用中である。それに加えて 1 機は打ち上げ機の失敗により、軌道に到達していない。（表 5.1.4-1）尚、初号機（世界初の CubeSat の 1 つ）は 16 年半運用を行っている。

○ 衛星運用の成否

軌道上に上がって衛星はすべて運用に成功し、ミッション・サクセスしている。軌道に届かなかった TRICOM-1 は、軌道上運用できなかったが、ロケットからの分離後、海面に落ちるまでの 300 秒間、運用に成功している。

(3) キャパシティビルディングの状況

「教育事業」と「海外プロジェクト支援」のキャパビルの実績を有する。

(3)-1 教育事業

- i) 研究室で短期に受け入れし、衛星開発などの教育した学生数
カザフスタン：10名、チリ：6名、ルワンダ：7名、フランス：5名、
ベトナム：4名、トルコ：1名、フィンランド：1名、オーストラリア：1名
- ii) 国費留学生などで長期（修士、博士など）受け入れ衛星教育をした学生
フランス：1名、スーダン：1名、英国：1名、ブラジル：1名、タイ：1名、
フィリピン：1名、カナダ：1名

(3)-2 海外衛星プロジェクト支援

- ・ カザフスタン（2011年～2015年）

東京大学は、アルマトウイ（Almaty）で大学生に衛星の開発方法の基礎を教え、2機の衛星打ち上げを支援した。

- ・ ベトナム(2013年～2016年)

東京大学を含む国内5大学がVNSCの若手宇宙技術者を修士課程の学生として受け入れ、「Micro Dragon」衛星を開発（図 5.1.4-1）し、打ち上げと運用を成功させた。

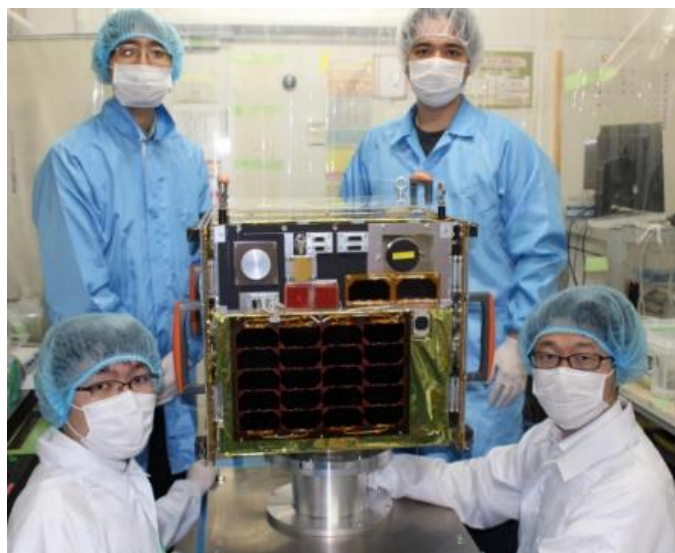


図 5.1.4-1 開発中の超小型衛星「Micro Dragon」（写真：東京大学提供）

- ルワンダ（2017 年～2019 年）

ルワンダからの研修生（上記(3)-1 の i）参照）を受け入れ、超小型衛星「RWASAT-1」開発を指導した（図 5.5.1.4-2）。同衛星は、ISS から軌道に投入された。[5-7]



図 5.1.4-2 開発中の超小型衛星「RWASAT-1」（写真：東京大学提供）

(4)提言など

キャパビルは宇宙新興国からの日本への期待が非常に大きく、将来日本が宇宙で国際連携する際に「日本を師として仰ぐ」国を増やす意味で極めコストパフォーマンスのいい投資であり、より多くの国に良質の教育支援ができる枠組みを、UNISEC などを中心に整備すべく、予算の支援をぜひお願いしたい。

○教訓、課題

衛星開発は長期になるので、その期間、学生が継続して高いモチベーションと健康を維持しながら衛星開発を進めることが大事で、そのためには「ずっとは無理をしない（ところどころで、なら良いが）」ことが大切である、といった教訓を得ている。

課題としては、国からの超小型衛星への継続的な研究開発投資がないことである。現在、米国では年間 300 億円、ヨーロッパでも近年年間 20 億円相当が CubeSat サイズの基礎研究開発とミッション費用に政府投資されている。そのため、このままだと短期で彼我の差が拡大する。また、衛星バスなども各大学やベンチャーがばらばらに開発し、そこで苦労しているという、非常に勿体ない状況である。日本で超小型衛星のバスを開発する機関（大学や企業）を 2 機関くらいにして、そこを「拠点」としてバスを提供するような環境にするべき

である。これも民間だけで進めるのは困難であり、政府投資を一つの「インセンティブ」にして、しっかりした TOP DOWN の戦略を作る必要がある。

○継続的な仕組みの構築

上記で述べた通り、政府からの超小型衛星への継続した投資がなく、大学が取れるのは科研費などの競争的資金しかないので、継続して研究開発を進める人を抱えられないという問題が大きい。

また、上記の様な「拠点」に継続して研究開発を進める人を集中させ、そこで衛星の作り方、アーキテクチャ、コンポ、などの研究開発への集中的投資を行い、今後使う超小型衛星を各省庁からとりまとめ、そこで開発した成果を皆で（大学、ベンチャーなど）で使うというエコシステムを回す必要がある。

○キャパビルに貢献できるシーズ

衛星開発・利用につながる、基礎的な学術の教育（テキストや e-learning などを使って）から始まり、CanSat でハンズオンのトレーニングを実施し、更に CubeSat で衛星を打ち上げ、そこで終わらないで、そのあとどうやれば衛星が社会問題解決につながるかのコンサルテーション、宇宙開発の進め方の指導、更にはそのための少しレベルの高い衛星の開発の指導まで、全ての流れを東京大学中須賀・船瀬研究室や関連する教員は経験しており、それを日本として、組織的にノウハウを維持する必要がある。

つまり、このようなキャパビルができる継続的な組織を日本に作り、そこに政府資金を投資して継続的に人を維持できるようにし、キャパビル経験者が持つノウハウを、その組織に残しておく、それをその組織の人が実践して身につけていく、という「継続性」の担保が重要となる。これはそんなに大きな投資でなくても可能なので、文部科学省並びに政府には、このような組織の実現ぜひ考えて頂きたい。

表 5.1.4-1(1/2) 東京大学の超小型衛星実績（東京大学提供）

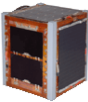
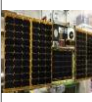
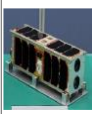
衛星詳細			主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称	XI-IV	衛星バス技術の実証と地球画像の取得	日付	2003年6月30日
	団体	東京大学		打ち上げ機	ロケット+Breeze-KM
	質量	1.00kg		国	ロシア
	状態	後期運用中		射場	プレセツク
	名称	XI-V	ミッション1: CIGS太陽電池セルなど、新規太陽電池の軌道上実証実験 ・新型のCIGS (CuInGaSe ₂)太陽電池セルを搭載し、軌道上での発電量をモニター。 ・CIGSセルは放射線による劣化が少ないと考えられており、XI-Vで長期的にデータを取得することによって劣化の傾向を評価。 その他XI-Vでは、次期衛星PRISMに搭載予定のGaAs太陽電池セルも搭載し、その性能を評価。 ミッション2: 地球の撮影 ・より美しい地球画像を取得すべく、XI-IVで搭載したカメラ制御用ソフトウェアを変更し、XI-IVの倍のサイズの画像の取得や、最短0.2秒周期の連続撮影モード(衛星の姿勢運動推定用)などが可能。 ミッション3: メッセージ送信 ・XI-VではXI-IVの機能を拡張し、保存するメッセージを地上からのコマンドによって書き換える機能と、FMパケットとCW信号の両方でメッセージを送信する機能を実現。	日付	2005年10月27日
	団体	東京大学		打ち上げ機	COSMOS-3M(ヨーロッパの学生衛星SSETI-EXPRESSがロケットから放出された後、その衛星内PODから放出)
	質量	1.00kg		国	ロシア
	状態	後期運用中		射場	プレセツク
	名称	PRISM (ひとみ)	・柔らかな「伸張ブーム」を鏡筒に用いた望遠鏡による画像取得技術試験と実証 ・民生品を利用した超小型衛星用要素の技術試験・実証 ・アマチュア無線サービスの実施	日付	2009年1月23日
	団体	東京大学		打ち上げ機	H-IIA-15
	質量	8.5kg		国	日本
	状態	後期運用中		射場	種子島
	名称	ARTSAT1: INVADER	・衛星データ(テレメトリ)の芸術利用 ・衛星データ活用のためのオープン・プラットフォーム「ARTSAT API」(http://api.artsat.jp/)の設計と多摩美地上局上での実証 ・衛星をメディアとしたインタラクティブ作品の制作 ・Arduino互換MissionOBC「Morikawa」搭載 ・地上からのコマンドによる音声や音楽の生成 ・ElizaベースのChatterbotによる衛星との会話 ・INVADER VMの搭載による軌道上リブプロの実現 ・芸術作品を通じたアウトリーチの展開・衛星芸術に関連した展覧会やイベントの開催 Web (Basic Information): http://artsat.jp Facebook (Latest Information): http://www.facebook.com/artsat Twitter (Reception Report List): http://twitter.com/INVADERARTSAT GitHub (Morikawa and TamabiGS software): https://github.com/ARTSAT/	日付	2014年2月28日
	団体	多摩美術大学 × 東京大学		打ち上げ機	H-IIA-23
	質量	1.8 kg		国	日本
	状態	運用中		射場	種子島
	名称	UNIFORM-1	・可視カメラおよび熱赤外カメラによる地球観測 ・ほどよし衛星で培われた技術のスピノフ ・海外諸国に50kg級の衛星の製造・運用を教えるためのベース機	日付	2014年5月24日
	団体	UNIFORMプロジェクト (代表: 和歌山大学)		打ち上げ機	H-IIA 24号機
	質量	50kg		国	日本
	状態	運用中		射場	種子島
	名称	Hodo-yoshi-3 ほどよし3号	ほどよしプロジェクトの各種成果実証 ・高精度姿勢制御 ・ほどよしバスおよびその機器の実証 ・40m、240m分解能カメラの実証 ・レンタルスペース ・Store & Forward	日付	2014年6月19日 (日本時間20日)
	団体	東京大学		打ち上げ機	DNEPR(ドニエプル)
	質量	60kg		国	ロシア
	状態	後期運用中		射場	ヤスネ(YASNY)
	名称	Hodo-yoshi-4 ほどよし4号	ほどよしプロジェクトの各種成果実証 ・高精度姿勢制御 ・ほどよしバスおよびその機器の実証 ・6m分解能カメラの実証 ・レンタルスペース ・イオン推進実験 ・高速Xバンドダウンリンク実験	日付	2014年6月19日 (日本時間20日)
	団体	東京大学		打ち上げ機	DNEPR(ドニエプル)
	質量	66kg		国	ロシア
	状態	後期運用中		射場	ヤスネ(YASNY)
	名称	ほどよし1号	リアクションホイール、スターセンサ、MEMSジャイロ、GPS受信機などが搭載されており高度な3軸姿勢制御を行うほか、新規開発された過酸化水素水を推進剤とする推進装置による軌道制御の実証も行う。ミッション機器として、地上分解能6.7m、観測幅約28kmの画像を取得できる光学センサが搭載され、高度500kmの太陽同期軌道から地球を観測する。RGBとNIRの合計4波長でのプッシュブルーーム撮像を行う。	日付	2014年11月6日
	団体	東京大学		打ち上げ機	ドニエプル
	質量	60kg		国	ロシア
	状態	運用中		射場	ヤスネ

表 5.1.4-1(2/2) 東京大学の超小型衛星実績（東京大学提供）

衛星詳細		主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称 深宇宙彫刻 「ARTSAT2.DESPATCH」	・深宇宙彫刻の実現（3Dプリンタ造形物の宇宙機搭載実証） ・宇宙生成詩の創作（各種センサーデータから搭載プログラムが生成したテレメトリ送信） ・ソーシャルネットワークを用いたテレメトリ共同受信（協調ダイバシティ通信実験） http://despatch.artsat.jp http://artsat.jp	日付	2014年12月3日
	団体 多摩美術大学×東京大学 ARTSAT:衛星芸術プロジェクト		打ち上げ機	H-IIA 26号機
	質量 33kg		国	日本
	状態 運用終了		射場	種子島
	名称 PROCYON	・深宇宙における航法誘導制御・通信技術実証、サイエンスミッション	日付	2014年12月3日
	団体 東京大学		打ち上げ機	H-IIA 26号機
	質量 65kg		国	日本
	状態 交信終了		射場	種子島宇宙センター
	名称 TRICOM-1	・3Uサイズのバスの実証とStore and Forward機能、民生デバイスによるカメラの実証	日付	2017年1月15日
	団体 東京大学		打ち上げ機	SS-520-4
	質量 3.2kg		国	日本
	状態 ロケットの失敗で軌道投入できず		射場	内之浦
	名称 TRICOM-1R	・3Uサイズのバスの実証とStore and Forward機能、民生デバイスによるカメラの実証、自律機能による即時観測の実証	日付	2018年2月3日
	団体 東京大学		打ち上げ機	SS-520-5
	質量 3.2kg		国	日本
	状態 6か月半後大気突入		射場	内之浦
	名称 MicroDragon	・ベトナム（VNSC）研究員の衛星開発教育、ベトナム海岸線の撮像	日付	2019年1月18日
	団体 東京大学、慶応大学、北海道大学、東北大学、九州工業大学、VNSC		打ち上げ機	エプシロン
	質量 50kg		国	日本
	状態 運用中		射場	内之浦
	名称 RWASAT-1	・ルワンダへの教育支援とStore and Forward機能の実証、カメラ機能の実証	日付	打ち上げ 2019/9/24 放出 2019/11/20
	団体 東京大学、株式会社スペースエッジラボ、ルワンダ		打ち上げ機	H-11B、ISS放出
	質量 3.2kg		国	日本
	状態 運用中		射場	種子島
	名称 G-Satellite	2020年3月にISSに輸送し、4から5月ごろ放出予定。 ガンダムとザクのフィギュアを載せ、電光掲示板のメッセージとともに宇宙空間でその撮像を行ってダウンリンクし、オリンピックを応援することを目的とした衛星。	日付	2020年4～5月予定
	団体 東京大学		打ち上げ機	
	質量 3kg		国	
	状態		射場	
	名称 EQUULEUS	NASAの新型有人ロケットの初号機に13機の6U衛星が相乗りするうちの1機として2020年～2021年に打ち上げ予定。スイングバイを繰り返して地球—月のラグランジュ点に向かう工学実証がメインミッションで、複数の宇宙科学ミッションも搭載	日付	2020年～2021年予定
	団体 東京大学		打ち上げ機	
	質量 11kg 6Uサイズ		国	
	状態		射場	

5.1.5 東京工業大学

(1) 超小型衛星の開発状況

これまで4機の超小型衛星の開発・打ち上げ・運用を行い、1機を開発中である(表 5.1.5-1)。また、M-V ロケット6号機に搭載した「分離機構」(2005年7月)、イプシロン4号機で打ち上げた「深層学習姿勢センサ(DLAS)」(2019年1月)の開発・打ち上げも行った。

(2) 超小型衛星の運用結果

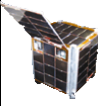
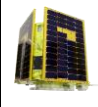
打ち上げた4機の超小型衛星のうち、2機が稼働中である(表 5.1.5-1)。尚、初号機(世界初の CubeSat の1つ)の CUTE-I は17年間稼働している。また、2号機の Cute-1.7 + APD は高性能計算機を衛星に乗せてバス部を多機能化してミッション部を増設するという発想の CubeSat 実証例であり、1か月間の運用後、通信が途絶した。その失敗原因を素早く究明して開発した改良版である3号機の Cute-1.7 + APD II は、全球の低エネルギー粒子観測を行い、CubeSat 級でも科学観測ミッションが可能であることを実証して、現在でも稼働中である。4号機の50kg級衛星TSUBAMEは、コントロールモーメントジャイロ(CMG)による高速姿勢変更制御、硬X線偏光天体観測、地球の可視光観測を主ミッションとするこのクラスでは世界最高性能レベルを目指した高度に挑戦的な衛星であったが、3か月間の運用後に通信が完全に途絶した。徹底的な原因究明と地上検証試験を行い、通信系とCDH系間のインターフェイス部での放射線障害による不具合であることを確定して、そこで得られた知見を公開している。

姿勢センサDLASは、スタートラッカ、及び光学地球センサとしての機能を持つ衛星搭載機器であり、機械学習による画像認識を用いた姿勢決定と軌道上コンパイルを含むソフトウェア定義機能を軌道上で実証した。

また、上記で得られた技術と知見を援用して、現在は、可変形状機能を本格的に衛星に応用して、太陽電池パネルを手足(羽)のように動かすことによる姿勢制御の新しい方法を軌道上実証するための40kg級衛星ひばりを開発中であり、JAXAの革新的衛星技術実証プログラム 小型実証衛星2号機の中の小型衛星として採用されて、2021年度のイプシロンロケットによる打ち上げを予定している。

以上のように、東京工業大学の松永研究室では、20年間近くに渡り、世界を先導するような挑戦的な超小型衛星、及び関連機器の設計、開発、運用を継続的に行っている。

表 5.1.5-1 東京工業大学の超小型衛星実績（東京工業大学提供）

衛星詳細		主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称 CUTE-I	[通信ミッション] ・CW送信機によりCWテレメトリ(モジュール信号)を送信、地上局で受信する。 ・FM送信機によりFMテレメトリを2つの異なるプロトコル (Ax25, SRLL(Simple Radio Link Layer protocol)) により地上局へ送信する。 ・地上局からのコマンドにより、通信プロトコルを変更する。 ・CWテレメトリ および FMテレメトリデータの公開 [センシングミッション] ・各種センサにより、衛星の加速度、角速度、温度、姿勢を測定し、各データをメモリに保存、および地上へ送信する。 [展開機構実証ミッション] ・軌道投入後、3本の通信アンテナおよび一枚の太陽電池パドルを展開する。	日付	2003年6月30日
	団体 東京工業大学		打ち上げ機	ロケット+Breeze-KM
	質量 1.00kg		国	ロシア
	状態 後期定常運用フェーズ		射場	プレソツク
	名称 Cute1.7+APD	・PDAなどの民生品を用いて宇宙環境下での動作を保障した衛星バス機器の軌道上実証 ・APD (Avalanche Photo Diode)を放射線検出器として初めて軌道上で実証(理学ミッション)。なおAPDは次世代X線天文衛星NeXTに搭載が予定されている。 ・3軸姿勢決定と磁気トルカを用いた超小型衛星の姿勢制御実験の遂行。ジャイロセンサ、磁気センサ、太陽センサを用いて衛星の姿勢推定を行い、搭載磁気トルカを用いた姿勢制御実験 ・将来の非デブリ化を目的とした衛星軌道離脱のための超小型テザー伸展機構の基礎的技術の軌道上実証を行う。今回はテザーを伸展させる機構部分のみの軌道上実証実験 ・世界中のアマチュア地上局を複数用いた広範囲データ取得実験の遂行 ・世界中のアマチュア無線家へのアマチュア無線サービスの提供。衛星を中継器として用いたデジタル・リピータ・サービスを予定している。 ・超小型衛星用分離機構システムの軌道上実証	日付	2006年2月22日
	団体 東京工業大学		打ち上げ機	M-Vロケット
	質量 3.60kg		国	日本
	状態 運用終了		射場	内之浦
	名称 Cute1.7+APDII	・PDAなどの民生品を用いて宇宙環境下での動作を保障した衛星バス機器の軌道上実証 ・APD (Avalanche Photo Diode)を放射線検出器として初めて軌道上で実証(理学ミッション)。なおAPDは次世代X線天文衛星NeXTに搭載が予定されている。 ・3軸姿勢決定と磁気トルカを用いた超小型衛星の姿勢制御実験の遂行。ジャイロセンサ、磁気センサ、太陽センサを用いて衛星の姿勢推定を行い、搭載磁気トルカを用いた姿勢制御実験 ・将来の非デブリ化を目的とした衛星軌道離脱のための超小型テザー伸展機構の基礎的技術の軌道上実証を行う。今回はテザーを伸展させる機構部分のみの軌道上実証実験 ・世界中のアマチュア地上局を複数用いた広範囲データ取得実験の遂行 ・世界中のアマチュア無線家へのアマチュア無線サービスの提供。衛星を中継器として用いたデジタル・リピータ・サービスを予定している。 ・超小型衛星用分離機構システムの軌道上実証	日付	2008年4月28日
	団体 東京工業大学		打ち上げ機	PSLVロケット
	質量 3.00kg		国	インド
	状態 運用中		射場	サティシュダワン
	名称 TSUBAME	1. 挑戦的な先端ミッションの早期実証 ・超小型CMGによる高速姿勢変更技術の実証 ・超小型光学カメラによる高分解能撮像の実証 2. 超小型衛星による宇宙科学分野での成果獲得 ・X線撮像装置を用いたガンマ線バーストの観測 3. 高機能小型衛星バスの開発技術の獲得 ・参画機関との技術協力関係の構築 ・ポイントを押さえた信頼性確認方法の確立 (高速姿勢変更+高精度観測) 用衛星バスシステムの提供	日付	2014年11月6日
	団体 JAXA/ISAS 松永研究室		打ち上げ機	Dnepr
	質量 48.5 kg		国	ロシア
	状態 運用中		射場	ヤスネ
	名称 ひばり	・可変形状機能の軌道上実証 ・可変形状機能を用いた迅速姿勢制御の実証 ・パドルモニタカメラによる地球画像を用いた姿勢決定実験 ・紫外線カメラの実証 ・民生品カメラの実証 ・地上とのリアルタイム通信の実証 ・超小型衛星バスの開発・実証 などを目指す。 現在、EM開発フェーズにある。	日付	2021年度を予定
	団体 東京工業大学		打ち上げ機	イブシロンロケット
	質量 40kg程度		国	日本
	状態 開発中		射場	内之浦

(3) キャパシティビルディングの状況

国外から衛星に係る研究を行っている留学生を受け入れ、教育している。現在、姿勢力学分野に関し中国から修士課程 2 年生の大学院生を一名、衛星利用分野に関し英国から修士課程 2 年生の大学院生を一名、受け入れて指導している。

東京工業大学の松永研究室では、単なる普通の超小型衛星の開発ではなく、その時点において、世界を先導する高度で挑戦的な超小型衛星・宇宙機を実現することを目指しており、そのような人材の育成に努めている。そこでは、諦めずに最後まで成し遂げんとする意志を持続できる人材であることが基本である。

(4) 提言など

経済産業省（及び内閣府）の安全保障貿易管理の厳格化に伴い、高度技術を要する衛星開発に係る研究を行う場合、優秀な留学生の受け入れが煩雑かつ困難になっている。また、衛星・宇宙機の高度な技術研究・開発、及び教育を実施するだけでも大変な労力と時間を要するが、それに加えて、宇宙ビジネス創出・支援、その拠点形成、更には、実施予算がなくても維持する仕組みを提示して実施せよ、という外部からの要請がまかり通っているように見受けられる。これは、衛星設計に例えれば、体制、日程、予算等がまったく足りていないのにも関わらず、それらを無視して高度な要求仕様のみが強制される状態であって、ほぼ間違いなく失敗に終わる典型例に似ていると考えられる。いわば、性能、信頼性、コストという３つのバランスが成功の肝であり、このバランスを保つような企画作りが重要である。

文部科学省殿には、これらの交通整理を強力に行ってほしい。

5.1.6 東北大学

(1) 超小型衛星の開発状況

これまで 12 機の超小型衛星を開発してきており、このうち、7 機は国内大学や他国との共同プロジェクトとして、また 4 機は企業との共同プロジェクトとして開発してきている（表 5.1.6-1）。

(2) 超小型衛星の運用結果

12 機の超小型衛星のうち、11 機が打ち上げられ、8 機が運用中、3 機が運用を終了している（表 5.1.6-1）。

○衛星運用の成否

以下、DIWATA プロジェクト[5-8]について特記する。

DIWATA-1(2016/4～)、DIWATA-2(2018/10～)の両衛星とも、2020/2 現在において、定常観測運用を継続している。運用計画の立案、及び衛星データ通信の双方は、フィリピン国内にて実施され、自律的に衛星運用する技術を習得している。

当初の目標に掲げた、フィリピン国の定常的な資源観測を達成し、一部はホームページにて成果を公開している。得られた観測結果は、農作物の病気検出、積乱雲の立体観測、海洋汚染の定期観測、火山噴火や河川氾濫後の迅速な観測、などである。単なる可視撮像ではな

く多波長観測を特徴としており、目視以上の様々な情報が得られる。本成果をもとに、フィリピン、日本の双方において、ビジネス活動も開始している。

国民が参加できるサービスとして、DIWATA-2 ではアマチュア無線リピータを搭載し、通信サービスを継続して提供している。[5-9]

フィリピン政府は 2020 年の国連宇宙平和利用委員会・科学技術小委員会で、同国のステートメントで DIWATA プロジェクトについて言及するとともに、テクニカルプレゼンテーションにおいて、DIWATA プロジェクトの成果を紹介した。

(3) キャパシティビルディングの状況

東北大学と北海道大学は、9 ヶ国 16 機関が参加するアジア超小型衛星コンソーシアム（AMC）に対し、新しい超小型衛星のプロジェクトと教育の機会を提供している。現在まで、フィリピンから 13 名、ベトナムから 12 名、ミャンマーから 4 名、モンゴルから 2 名、インドネシアから 2 名の学生を受け入れ、教育している。2019 年にミャンマー及びマレーシアと新しいプロジェクトを開始した。

フィリピンと 2 機の超小型衛星及び 1 基の地上局を共同開発し運用している。超小型衛星は DIWATA-1（重量 52kg、2016 年に「きぼう」より放出）と DIWATA-2（図 5.1.6-1。重量 57kg、2018 年に H-IIA ロケットにより SSO に投入）である。プロジェクトを通して教育した学生は、フィリピン大学または国所属の研究機関において、フィリピン国の企業と連携して、自国産の衛星開発の達成を目指し研究開発を継続している。

このプロジェクトを通して教育した学生は、次の世代の学生に、自らの知見を教える立場として活躍している。また、DIWATA プロジェクトリーダーの Joel Joseph Marciano, Jr. 氏は、Philippine Space Agency の初代長官になることが内定している（2020 年 2 月 5 日現在の肩書は「暫定長官（Director General ad interim）」）。そのため、後続の衛星開発も、期待がもてる。[5-10] [5-11]



図 5.1.6-1 : DIWATA-2 衛星（東北大学・北海道大学提供）

(4)提言など

○教訓、課題

DIWATA-1 及び DIWATA-2 は、予想された以上に成功したプロジェクトである。これは、日本に来訪した留学生の育成だけにとどまらず、フィリピン国における活発なローカル活動が貢献している。DIWATA プロジェクトはフィリピン国の 100%出資であり、同国民の理解を得るために大きな責任をもって、プロジェクト参加メンバーが活動した結果である。また、国民への広報や子供たちへの普及教育活動も活発である。この活動を通して得られた成果は、チームの大きな自信につながったと考える。

成功した要因は多岐にわたる。十分な予算額と予算執行の自由度、優秀な学生、英語のコミュニケーション力、政府の理解と支援、フィリピン国政府と北大・東北大との信頼関係など。衛星の成功、宇宙開発の成功のために、限られたスケジュールの中、一丸となって取り組んだ結果が成功につながっている。

○継続的な仕組みの構築

フィリピン国と北大・東北大は、JST/JICA による SATREPS 事業において、地上と宇宙を含むリモセンデータ収集と応用利用を目的とした、共同研究事業を引き続き継続している。また、フィリピンと北海道大学との間で、次号機衛星に向けたペイロード機器の開発も継続している。

衛星だけでなく、地上設備にも技術協力をしている。日本からは、衛星追跡アンテナシステム、運用ソフトウェアを輸出している。DIWATA 衛星をきっかけとして、フィリピン国内に 3 基の地上局が誕生している。安定した衛星運用体制が確立し、今後、フィリピン国は、日本を含め、他国への運用協力を提供できる。

また、大学で試験的に使用する、評価用衛星も日本から輸出している。地上系の輸出合わせて、衛星関連機器、及びシステムの輸出実績に貢献している。

フィリピン事業で得られた成果をモデルとして、北大・東北大ではミャンマー国の衛星を共同開発中である。3 国間における衛星、及び地上局の相互利用も念頭にし、より大きな相乗効果が期待できる。

○キャパビルに貢献できるシーズ

早期に初衛星・初地上局・初運用までを実現するパッケージ(技術とスケジュール管理能力)が確立している。衛星運用の成功に導くための環境試験・電気試験のノウハウ、姿勢制御シミュレータ環境、運用シミュレータ環境が確立している。複数の衛星開発ラインを持ち、1

つの衛星が完成する前に、別の衛星の運用成果を反映できる、技術アップデートの加速がめざましい。

DIWATA-1 では、全てを学ぶには十分な時間ではなかったが、1 年半未満での衛星完成と運用開始により、参加メンバーが衛星システムの全体像を理解することができた。これが、DIWATA-2 におけるフィリピン主導のミッション提案、新規機器の開発力につながっている。1 号機の運用を実施しながら、2 号機の開発に時間をかけて携わることが、彼らの総合技術力を高めることにつながっている。

○東北大の活動の特徴、及び文部科学省殿への提言

東北大が北大と協力して行っている海外向けキャパビルの場合、ODA に頼らない、相手国の 100%出資を実現している。フィリピン、及び 2019 年 9 月からのミャンマーでのキャパビルはその実例である。

相手国が本気で取り組む、相手国にとって大切な精鋭たちをチームに投入してもらう、そのことで、教育した若手が、次の世代のリーダーとして活躍することが期待できる、という好循環が実現できている。

【特記事項】文部科学省殿に対する今後の提言

文部科学省殿に対する今後の提言として以下の 2 項目があります。

1)「打ち上げ機会の確保」について

これまで、東北大学、及び北海道大学が開発した多くの衛星は、JAXA が提供する無料または有償打ち上げ機会を利用してきました。DIWATA-1, DIWATA-2 はそれぞれ、ISS 放出、H-IIA 相乗り機会をいずれも有償で活用しました。現状は打ち上げ需要が供給を上回る状況であり、要するコストも上昇を継続しています。今後も打ち上げ機会の獲得とコストは大きな課題となります。

本報告書で示したように、海外キャパビルは単なる大学衛星の域にとどまらず、国家的かつ継続的な宇宙開発技術の発展に貢献できることが示されました。現状、無償で打ち上げられる機会はイプシロンに限られますが、日本国の技術を向上させる衛星を限定的に採用されています。有償でも構いませんので、ぜひ、海外キャパビル優先枠といったものも提供いただけるように望みます。

現状では、有償枠であっても、海外の商用打ち上げ機会を独自に調達することに比べると、安価かつ交渉の負担が大変小さいと考えております。自由競争のみで打ち上げ機会を提供すると、どうしても海外の商用衛星サービスの資金力には負けてしまうことになります。エ

学研究、理学研究、キャパビルなど、用途を絞って優先枠を用意することは重要であると考えております。

2)「海外調査費用、海外候補者の Invite など」について

今後も海外調査費用や海外候補者の招聘、及び 세미나 開催などに使用できる補助金を継続的に供給いただけることを望みます。我々は 2014 年秋に、JST のさくらサイエンスプランを活用し、日本国内での短期セミナー・ツアーに 20 名規模のフィリピン関係者を招待しました。その直後にフィリピンが衛星開発を決断し、2014 年冬から 1 年 2 か月程度で DIWATA-1 の完成に至りました。

また、何度も現地へ渡航し、単なるミーティングにとどまらず、農地や河川などのフィールド調査を共同実施して技術力をデモンストレーションすることも、相手国の信頼を得るために必要な作業です。特に衛星データは地上計測データとの相関をとることが重要となり、衛星が打ちあがった後でも、フィールド調査は継続して実施されます。我々は JST/JICA の SATREPS 事業にて、フィリピン国との共同研究を継続しております。

交渉した国がすべて、衛星開発プロジェクトまで決断するとは限りません。すぐには予算のめどが立たず、実現は 5 年後、10 年後になることもあります。衛星開発は多大な予算と覚悟を必要とするものですから、実現までは、粘り強い、継続的な交渉が必要となります。衛星運用の実現だけが成果ではなく、相手国の若手研究者との交流を継続的に深めることだけでも、大きな成果と言えます。

また、文科省の「平成 21 年度地球観測衛星開発費補助金」にて開発し、JAXA の H-IIA 相乗り無償枠にて 2014 年に無事打ち上げられた「RISING-2」の成果が、フィリピン国からの信頼を勝ち取る大きな要因でありました。文科省のご担当者様とは、開発の進行や予算の使用法について、何度も電話でご相談いたしました。親身に協力いただいたことに、深く感謝申し上げます。また、補助金事業において、申請者と、省庁ご担当者様が、直接相談できる機会は非常に重要であり、予算の使用においても、事前に決められたルールにとらわれずに、より良い成果を出すために、柔軟にルールを改善していく過程も重要であると考えております。おそらく、中間に代行者を挟んでしまうと、迅速な議論や方針修正は大変困難なことになります。今後も研究開発や教育において、より良い成果を達成するために、一丸となって取り組める補助金事業を企画いただけることを期待申し上げます。

表 5.1.6-1(1/2)東北大学の超小型衛星実績（東北大学提供）

衛星詳細			主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称	雷神(SPRITE-SAT)	スプライト等の超高層大気発光現象を宇宙空間から真下に見下ろすように観測し、その水平構造および全球分布を明らかにする。 雷ノスプライト等と地上起因ガンマ線放射との関係を明らかにする。	日付	2009年1月23日
	団体	東北大学		打ち上げ機	H-IIA-15
	質量	50.00kg		国	日本
	状態	運用中		射場	種子島
	名称	RAIKO	膜展開による軌道降下実験・魚眼カメラによる地球撮像等 サクセスレベル等、衛星詳細その他:2Uサイズの衛星。今後の超小型衛星開発に必要な技術やノウハウの実証等を行う。	日付 (打上/放出)	打上:2012年7月21日 放出:2012年10月5日
	団体	和歌山大学・東北大学		打上/放出機	HTV3号機(H2B打上) 放出:ISS「きぼう」
	質量			国	日本
	状態	運用終了(2013年8月6日 に高度150kmに達し、その後 大気圏に突入し消失)		射場	種子島
	名称	雷神2 (RISING-2)	・多波長望遠鏡による高解像度地球観測 口径10cm、焦点距離1m、解像度5mの超小型衛星搭載用望遠鏡を新規開発。 カラー画像に加え、液晶波長可変フィルタによる波長切替で、650-1050nmの任意の波長を観測。 ・近赤外ポロメータレイセンサによる積乱雲の雲頂高度観測 ・高精度三軸姿勢制御による定地点連続撮像 ・積乱雲の高解像度ステレオ撮像 ・スプライトなどの高高度放電発光現象観測	日付	2014年5月24日
	団体	東北大学・北海道大学		打ち上げ機	H-IIA-24号機
	質量	43kg		国	日本
	状態	運用中		射場	種子島
	名称	S-CUBE	可視カメラと紫外線センサによる流星観測	日付 (打上/放出)	打上:2015年8月19日 放出:2015年10月17日
	団体	千葉工業大学／東北大学		打上/放出機	打上:H-II B 5号機 放出:HTV5「こうのとり」
	質量	4kg		国	日本
	状態	2016年11月23日 軌道 離脱(大気圏突入)		射場	種子島宇宙センター
	名称	MicroDragon	ベトナム(VNSC)研究員の衛星開発教育、ベトナム海岸線の撮像	日付	2019年1月18日
	団体	東京大学、慶応大学、北海道大学、東北大学、九州工業大学、VNSC		打ち上げ機	エプシロン
	質量	50kg		国	日本
	状態	運用中		射場	内之浦
	名称	DIWATA-1	[開発体制] ・フィリピン共和国 初の国産衛星 ・JAXA初の50kg級衛星のISS放出 ・フィリピン大学ディリマン校からの留学生(修士課程)を中心とした衛星開発 ・開発期間約1年間 [ミッション] ・高解像度4バンド望遠鏡(GSD約3m)による自然災害調査 ・590バンドマルチスペクトルカメラ(GSD約10m)による植生・海洋観測 ・モノクロ魚眼カメラ(GSD約7km)による気象観測	日付	2016年4月27日
	団体	東北大学/北海道大学/ フィリピン科学技術省 先端科学研究所 (DOST-ASTI)/ フィリピン大学ディリマン校		打ち上げ機	ISS放出
	質量	52.4 kg		国	N/A
	状態	定常運用中		射場	N/A

表 5.1.6-1(2/2)東北大学の超小型衛星実績（東北大学提供）

衛星詳細		主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称	FREEDOM [ミッション] ・膜展開式軌道離脱機構(DOM)の実証実験	日付	2017年1月16日
	団体		打ち上げ機	ISS放出
	質量		国	N/A
	状態		射場	N/A
	名称	DIWATA-2 [開発体制] ・DIWATA-1の後継機 ・フィリピン大学ディリマン校からの留学生(修士課程)を中心とした衛星開発 [ミッション] ・高解像度4バンド望遠鏡(GSD約5m)による自然災害調査 ・590バンドマルチスペクトルカメラ(GSD約10m)による植生・海洋観測 ・モノクロ魚眼カメラ(GSD約7km)による気象観測 ・アマチュア無線中継	日付	2018年10月29日
	団体		打ち上げ機	H-IIA F40
	質量		国	日本
	状態		射場	種子島宇宙センター
	名称	RISESAT [ミッション] ・高解像度630バンドマルチスペクトル望遠鏡(GSD約4m)による地球観測・天文観測 ・4バンド海洋観測カメラ(GSD約70m)による海洋観測 ・上層大気における雷放電観測 ・軌道上の放射線環境測定 ・広角カラーカメラによる衛星全周撮影 ・衛星-地上間レーザー通信技術の実証 ・膜展開式軌道離脱機構(DOM)の実証	日付	2019年1月19日
	団体		打ち上げ機	イプシロンロケット F4
	質量		国	日本
	状態		射場	内之浦宇宙空間観測所
	名称	ALE-1 [ミッション] ・世界初の人工流れ星の生成 ・分離型膜展開式軌道離脱機構(SDOM)を用いた軌道制御実験	日付	2019年1月19日
	団体		打ち上げ機	イプシロンロケット F4
	質量		国	日本
	状態		射場	内之浦宇宙空間観測所
	名称	ALE-2 [ミッション] ・世界初の人工流れ星の生成 ・コールドガスジェットスラスターを用いた軌道制御実験	日付	2019年12月6日
	団体		打ち上げ機	Electron F10
	質量		国	ニュージーランド
	状態		射場	LC-1
	名称	IHI-SAT [ミッション] ・(株)IHI開発の高性能自動船舶識別装置(AIS)の軌道上実証	日付	TBD
	団体		打ち上げ機	TBD
	質量		国	TBD
	状態		射場	TBD

5.1.7 千葉工業大学

(1) 超小型衛星の開発状況

現在、2号機となる3UCubeSatを開発している。目的は、独自開発の粒子検出器（ダストセンサ）の技術実証とこのセンサを用いた宇宙塵と微小スペースデブリの観測である。イプシロンロケットによって2020年度内に地球周回軌道に打ち上げられる予定である。並行して深宇宙を含めた将来機の検討を進めている。

(2) 超小型衛星の運用結果

千葉工業大学の1号機（S-Cube）についての運用結果は以下の通り。

2015年8月19日 種子島宇宙センターにおいてS-CUBEを搭載したH-II Bロケット5号機が打ち上げに成功

2015年9月17日

ISSの日本の実験棟「きぼう」から、地球周回軌道に放出

2015年9月19日 千葉工大地上局においてS-CUBEからの電波の受信に初めて成功。その後の地上局の調整により、安定したコマンド・テレメトリ通信を確立。

2016年11月23日 軌道離脱により運用終了。打ち上げから軌道離脱に至るまで1年以上に亘って運用し、衛星システムの基本的な機能である電源系・通信系が正常に動作したことを確認。

(3) キャパシティビルディングの状況

千葉工業大学の超小型衛星関連では、宇宙新興国に向けた支援を実施した実績はない（これまで開発してきた衛星は国内の大学とメーカーで開発）。

(4) 提言など

現状のところ提言はない。

5.1.8 日本大学

(1) 超小型衛星の開発状況

これまで4機の超小型衛星を開発し、打ち上げ機の失敗により軌道不達の1機を除き、3機の打ち上げ・運用に成功している（表5.1.8-1）。

(2) 超小型衛星の運用結果

2 機の超小型衛星を運用中である（表 5.1.8-1）。

(3) キャパシティビルディングの状況

(3)-1 HEPTA-Sat

HEPTA-Sat プログラムを 2012 年より開始している。HEPTA-Sat は日本大学の山崎助教によって開発された、CubeSat トレーニングキットで、6 つのサブシステムからなる HEPTA-Sat を組み立てて、プログラミングをし、動作試験を行っていくことによって、人工衛星の各サブシステムの役割を学び、更にそれらがどのように一つの人工衛星として統合されているのかということを体系的に学ぶことができるものである。2017 年～2019 年の 2 年間で、37 ヶ国でキャパビルに活用されている。

(3)-2CLTP

UNISEC が主催する CLIP を、2017 年～2019 年に日大が行った。2017 年は 11 ヶ国（15 名）、2018 年と 2019 年は 7 ヶ国（8 名）が参加した。CLTP は主として海外の大学教員を対象とした研修プログラムで、CanSat の製作・打ち上げ実証実験を修得し、自分の国で CanSat の指導ができることようにすること、また、大学教員間の国際的ネットワークを形成することを目的としている。

(3)-3 国際機関と協力してのキャパシティビルディング

国際宇宙大学（ISU）と協力しての南半球スペース・スタディ・プログラム（SHSSP）等で教育活動、UAE University、Sofia University 等での教育活動、UNOOSA との共同での南アフリカでの国際ワークショップ（2017 年）開催など、多くのキャパビル活動を行っている。

(4) 提言など

今後は、宇宙分野の発展途上国のレベル向上やそれによる日本のプレゼンス拡大、日本の宇宙ビジネスの対象国拡大などの視点だけでなく、深宇宙探査や宇宙科学等に関する日本のレベル向上も視野に入れてキャパビルを進められるとよいのではないか。

例えば、赤道付近に地上局が複数あれば、極域の商用地上局を頼らずとも大容量のデータをダウンリンクできるようになり、データ利用はもとより、例えば超小型衛星を用いた宇宙科学ミッションの拡大にもつながる。その意味で、例えば、赤道付近の国々のキャパビルの一環として、地上局を（相手国の予算で）設置し、日本もそれらの地上局を遣えるようにす

のようなことも考えられるのではないかと。或いは、そういった地上局を設置しようとする民間企業がいった場合、相手国や日本の研究者もそれらの地上局を使えるようにするという条件で民間企業を国が支援することも考えられるのではないかと。

深宇宙探査に関しても、現状、日本国内の大学としては、東京大学が進めているくらいであるが、海外で深宇宙探査に興味を持っている国があれば、その国と日本国内の大学とをマッチングしてプロジェクトを立ち上げ、その国と日本の両者がそのプロジェクトを支援することで、相手国にとってプラスになるだけでなく、日本国内の大学における深宇宙探査も拡大する可能性がある。実際、こういったことをきっかけに、日本国内の大学における深宇宙探査研究を拡大し、国内全体のレベルアップにつなげることも考えられるのではないかと。

もちろん、日本国内で拡大するよりも、例えば、東京大学や東北大学、九州工業大学など、実績のある大学を集中的に支援した方がキャパビルによるアウトカムが大きいということも考えられるので、このあたりのドライブを国にお願いしたい。

いずれにしても、まだ深宇宙探査や宇宙科学ミッションに関してキャパビルを本格的にやっている国は少ないのではないかとわれ、また、宇宙分野の発展途上国の中には、他国に対する優位性という意味で興味を持つ国もあると思われ、日本の国際的プレゼンスを上げるためのターゲットにあり得るのではないかと考えられる。

表 5.1.8-1 日本大学の超小型衛星実績(日本大学提供)

衛星詳細			主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称	SEEDS (FM1)	民生品を用いた衛星のバス技術実証 デジトーカによるアマチュア無線サービス	日付	2006 年 7 月 27 日
	団体	日本大学		打ち上げ機	ドニエブル
	質量	1.00kg		国	ロシア
	状態	ロケット失敗により軌道不到達		射場	バイコヌール
	名称	SEEDS (FM2)	民生品を用いた衛星のバス技術実証 デジトーカ・SSTVによるアマチュア無線サービス マイクロフィルム搭載によるアウトリーチ	日付	2008 年 4 月 28 日
	団体	日本大学		打ち上げ機	PSLV-C9
	質量	1.00kg		国	インド
	状態	運用中		射場	サティシュダワン
	名称	SPROUT	複合膜面構造物展開の宇宙実証と設計手法の検証 数 kg 級衛星用姿勢決定・制御技術の実証	日付	2014 年 5 月 24 日
	団体	日本大学		打ち上げ機	H-IIA-24

	質量	7.1kg	複合膜面構造物による軌道降下率変化の予測 アマチュア無線家によるカメラ撮影等の衛星利用	国	日本
	状態	運用終了		射場	種子島
	名称	NEXUS	超小型送信機の技術実証 CubeSat 用トランスポンダの技術実証 超小型カメラシステムの技術実証 定常運用終了後はアマチュア無線家による衛星運用を予定（衛星の民間利用）	日付	2019 年 1 月 18 日
	団体	日本大学		打ち上げ機	イプシロン 4 号機
	質量	1.24kg		国	日本
	状態	運用中		射場	内之浦

5.1.9 和歌山大学

(1) 超小型衛星の開発状況

現在、超小型衛星の開発は行っていない。過去においては、文部科学省助成事業である UNIFORM プロジェクト（2010 年度～2014 年度の 5 年間予算総額：約 14 億円（各年度約 3 億円 × 5 年間）の代表機関をつとめた（表 5.5.1.9-1）。参加は和歌山大学その他、北海道大学、東北大学、次世代宇宙システム技術研究組合（NESTRA）、東京大学、東京理科大、首都大学東京である。

UNIFORM プロジェクトは『確実に動作し、今後多くの大学が汎用的に利用できる超小型衛星バス・運用システムを確立する』『衛星開発プロセスを標準化し、キャパビル手法に発展させる』『キャパビルを海外の大学・企業に適用し、人脈形成を通じた海外市場の獲得を目指す』ことを目的とした。

UNIFORM プロジェクトでは、「RAIKO」（大きさ：100mm×100mm×200mm の超小型衛星(2U CubeSat)及び「ほどよし」衛星をベースとして、UNIFORM 衛星 1 号機～3 号機を開発した。「RAIKO」の開発は東北大学が、UNIFORM 衛星は東大と NESTRA が行った。

「RAIKO」は 2012 年 10 月 4 日に「きぼう」から放出され、UNIFORM 衛星 1 号機は 2014 年 5 月 24 日、H-IIA ロケット 24 号機によって打ち上げられた。

尚、UNIFORM プロジェクトでは、これらの衛星の運用のため、和歌山大学に地上局を開発・建設した。これは、キャパビルでの地上局建設に応用できるよう、低廉での建設やメンテナンスを可能にすることを目的とし、和歌山大学地元の非宇宙系の中小企業を活用して建設した。

(2) 超小型衛星の運用結果

「RAIKO」は一部太陽電池パドルの展開に不具合はあったものの、機能損失等なく運用を続け、運用期間中の10か月間に63枚の写真を撮影した後に2013年8月6日に高度150kmの大気圏に突入し運用を終了した。UNIFOR 衛星1号機の定常運用期間は終了したが、現在も問題無く運用中である。

「RAIKO」は東北大学をメインに和歌山大学がサブで運用を行った。UNIFOR 衛星1号機は和歌山大学をメインで、産業総合研究所をサブで運用を行っている。

(3) キャパシティビルディングの状況

現在は実施していない。

UNIFORM プロジェクトにおいては、UNIFOR 衛星2号機、3号機、地上局の開発、UNIFOR 衛星1号機の運用を通して、カザフスタン、フィリピン、ベトナム等からの留学生に対し実線的教育を行った。

(4) 提言など

UNIFOR 衛星1号機のようにノミナル運用終了時においても問題なく運用している衛星については、これを用いて衛星運用の教育プログラムを行うことが考えられる。例えば、このような文部科学省予算で研究開発した衛星については、ノミナル運用完了後、資産を文部科学省予算に移管して、運用と教育を大学に再度委託することによってキャパビル用衛星として活用することも一案である。

これまで文部科学省予算で得られたインフラ（地上局・衛星）を使って衛星運用やデータ取得・解析に関する教育を留学生に行える仕組み創りを文部科学省には主導し頂きたい。各国の留学生が一緒に学ぶことにより、同じ「日本の」ツール・知見・方法等を使って共通・共同で衛星運用を行えるような教育スタイルが望ましい。また国際的な人的ネットワークは電波利用申請調整時にもメリットがあると考ええる。

表 5.1.9-1 和歌山大学和歌山大学の超小型衛星実績（和歌山大学提供）

衛星詳細		主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称 RAIKO	膜展開による軌道降下実験・魚眼カメラによる地球撮像等 サクセスレール等、衛星詳細その他:2Uサイズの衛星。今後の超小型衛星開発に必要な技術やノウハウの実証等を行います。	日付 (打上/放出)	打上:2012年7月21日 放出:2012年10月5日
	団体 和歌山大学/東北大学		打上/放出機	HTV3号機(H2B打上) 放出:ISS「きぼう」
	質量		国	日本
	状態 初期運用中 (2012/10/11現在)		射場	種子島
	名称 UNIFORM-1	可視カメラおよび熱赤外カメラによる地球観測 ほどよい衛星で培われた技術のスピノフ衛星 海外諸国に50kg級の衛星の製造・運用を教えるためのベース機として製造・運用を行っている	日付	2014年5月24日
	団体 UNIFORMプロジェクト (代表:和歌山大学)		打ち上げ機	H-IIA 24号機
	質量 50kg		国	日本
	状態 運用中		射場	種子島

5.1.10 株式会社スペースエッジラボ

(1) 超小型衛星の開発状況

東京大学、ルワンダ共和国と共同で RWASAT-1 を開発した（表 5.5.1.10-1）。また、現在、3U の超小型衛星 2 機を開発中で、うち 1 機は経済産業省からの補助金を受けている。

(2) 超小型衛星の運用結果

RWASAT-1 は 2019 年 11 月 20 日に ISS より放出・軌道投入された。現在、運用中であり、同社は運用支援を行っている。

(3) キャパシティビルディングの状況

低軌道超小型キューブ衛星と地上送信機を活用した、低コスト・低容量による農業や災害、海洋管理等の実現を目指し、アフリカを中心とした開発途上地域やアジア海洋地域において、人材育成プログラム、ソリューションの開発等を進めている。

2018 年 5 月 9 日 スマートアフリカ事務局やルワンダ公共規制局 (RURA)と東京大学との間で覚書を締結し、共同開発衛星 RWASA-1 の開発を進めた。

ルワンダ政府との間では人材育成プログラムも実施している。2017 年から延べ約 20 名の研修生を受け入れ、宇宙開発に関する座学からハンズオン研修に至るまで多岐に渡る研修を東京大学とともに実施している。

ルワンダ現地においては、日本大学や UNISEC と共同で、HEPTA-Sat プログラムによる研修、リモートセンシング実習、宇宙 IOT に関する研修等を行っている。この研修は国連開発計画（UNDP）のイノベーションソリューション事業の一環として行っている。

また、2019 年にベトナムによる超小型衛星「Micro Dragon」の初期運用支援を行った。これまで、同衛星用の地上局の整備、運用研修支援等を実施してきている。

(4) 提言など

各大学、研究機関等で個別に行っている留学生受け入れ・人材育成については、all Japan で受け入れる体制を整備することが、より効果的なキャパビルを行う上で必要であると考ええる。これによって、相手国の要望やレベルに応じたメニューを揃えることが可能となる。例えば、研修生の能力に応じた適切な教育機関の選定や、分野やレベルに応じて連続した教育を行うことができる。

日本で教育を受けた留学生の国際的な人的ネットワークを、国主導で構築して頂きたい。それにより、日本の宇宙開発の国際的な影響力を高めることができると想定される。また、欧州はアフリカ、アジア、南米諸国へアドバイザーとして自国の専門家を現地宇宙機関に送り込んでおり、日本が同様な支援を行うことも国際的な影響力を高める上で重要である。

表 5.1.10-1 株式会社スペースエッジラボの超小型衛星実績(写真は東京大学提供)

衛星詳細		主なミッション・特徴	打ち上げ	
	名称	ルワンダへの教育支援とStore and Forward機能の実証、カメラ機能の実証	日付	打ち上げ 2019/9/24 放出 2019/11/20
	団体		打ち上げ機	H-IIA、ISS放出
	質量		国	日本
	状態		射場	種子島

5.2 日本の大学衛星の打ち上げ数の推移

日本の大学衛星の打ち上げ数の推移を図 5.2-1 に示す。総体としては、着実に増えてきているものの、東北大、日大、東工大、東大、九工大という多くの衛星を打ち上げている五大学以外の衛星の数がそれほど伸びていないのがわかる。図 5.2-2 に超小型衛星を初めて打ち上げた日本の大学の数の累計の変化を示す。JAXA が 2010 年の H-IIA 相乗りを開放して以来、超小型衛星打ち上げや ISS からの放出は無償であったが、それらの有償化が 2014 年に始まった。当時は、まだ 1U の CubeSat の ISS 放出が 300 万円と普通の大学にも手の出せる金額であったが、2018 年には、ISS 放出が民間事業者に委託され、ほとんどの大学にとっては、ISS 放出にかかる価格が大きく上がった。ロケットへの相乗りについては、JAXA の H-IIA 無償相乗りが、2018 年の 10 月のいぶき 2 号の相乗りを最後に途絶え、その後は革新衛星技術実証プログラムによりイプシロンロケットでの無償相乗りがメインとなった。しかし、1 号機に選定された大学の超小型衛星は、東工大、日大、九工大であった（注：東北大学、慶應大学も選定されたが、質量が 50kg をわずかに上回っている）。現在のところ、大学等が無償または安価な打ち上げ機会を探そうとすると、2 年（または 3 年近い）に 1 回程度の革新衛星技術実証プログラムしかない。そのため、2010 年代前半にあった、国内大学の超小型衛星参入の動きが大きく鈍り、大学における超小型衛星研究の底上げが難しい状況になっている。この間、中国は急速に超小型衛星の打ち上げを伸ばし、2014 年以前に打ち上げられた中国の超小型衛星の基数は 6 基のみであったのが、2015 年以降に急速に数を伸ばし、2015 年～2019 年の間に 89 基の超小型衛星が打ち上げられた。これはすでに日本が 2003 年から 18 年かけて培ってきた総数 71 基（大学、企業を全て合わせた数字）という数を 5 年で抜きさったことになる。

実は、東北大、東大、九工大の衛星もかなりの部分が、JAXA と結んだ「ISS『きぼう』日本実験棟からの超小型衛星放出における包括的な連携協力の推進に関する協定」によって、キャパビル推進ということで、海外の衛星（フィリピン、ルワンダ、モンゴル、ガーナ、ナイジェリア、マレーシア、ブータン、スリランカ、ネパール）をキャパビルの一環として打ち上げた衛星が主である。この協定は、確かに日本がキャパビル分野、とりわけ CubeSat を用いたキャパビル、において世界をリードするのに多大な役割を果たしてきた。そのため、この協定を継続し、またキャパビルに興味を示す他大学にもこの協定の枠を拡大していくべきである。しかし、キャパビルとは関係なしに衛星を開発しようとする大学（そのような大学がほとんどである）に対してなんの措置も講じないでいいわけではない。これまで、日本の超小型衛星研究は、まがりなりにも諸外国と拮抗した競争力を有してきたが、無償または安価な打ち上げ機会の減少が、競争力を徐々に脅かしている。キャパビル枠で海外の大学

の衛星は安価な打ち上げ機会をもっているのに、国内の大学がそのような機会が減っているという事態がおきている。国内と海外のどちらを優先せよというわけではないが、日本の超小型衛星研究の競争力の源泉であった大学での超小型衛星研究の拡がりの芽を摘むのは得策ではない。

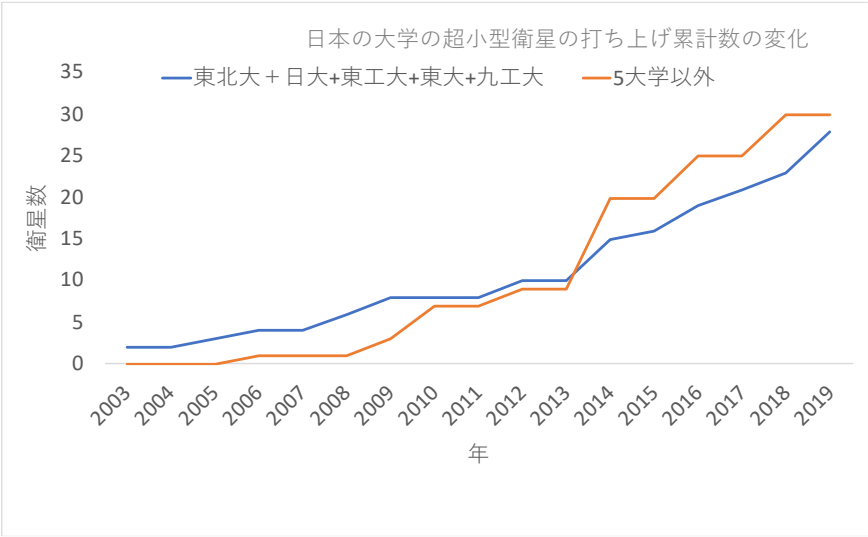


図 5.2-1 日本の大学衛星の打ち上げ数の累計数の推移

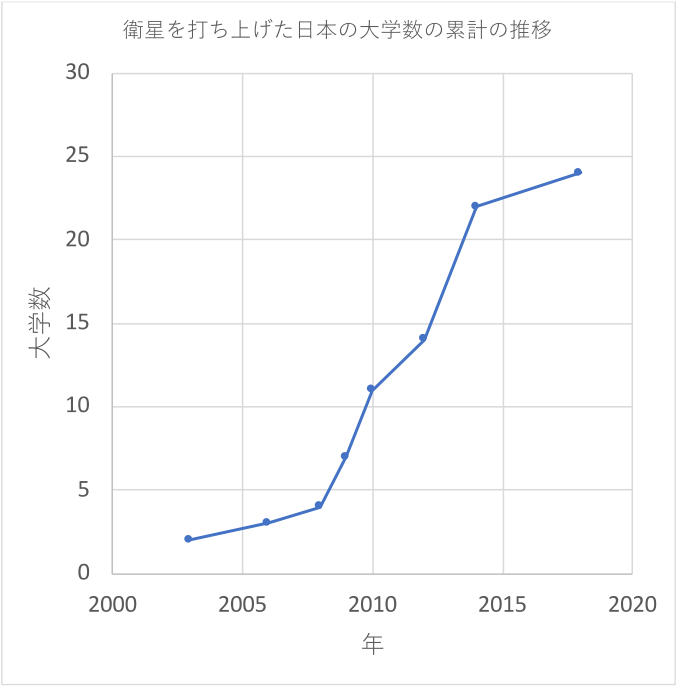


図 5.2-2 超小型衛星を打ち上げた日本の大学の累計数の推移

参考文献

- [5-1] <http://www.sssrc.aero.osakafu-u.ac.jp/activity/opusat/>
- [5-2] <http://www.sssrc.aero.osakafu-u.ac.jp/activity/opusat-kit-project/>
- [5-3] <http://www.sssrc.aero.osakafu-u.ac.jp/activity/opusat-ii-project/>
- [5-4] <https://levii.co.jp/>
- [5-5] <http://www.perseus.21c.osakafu-u.ac.jp/>
- [5-6] <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/bsti/fellowships.html>
- [5-7] 在ルワンダ日本大使館記者会見 2019 年 10 月 8 日 ,https://www.rw.emb-japan.go.jp/itprtop_ja/00_000496.html
- [5-8] DIWATA 衛星観測成果のポータルサイト <https://blog.phl-microsat.upd.edu.ph/>
- [5-9] <https://www.youtube.com/watch?v=huqUw9EErqk>
- [5-10] <https://cnnphilippines.com/news/2020/1/7/duterte-presidential-adviser-space-matters-philippine-space-agency.html>
- [5-11] <https://news.abs-cbn.com/news/01/07/20/duterte-names-head-of-ph-space-agency>

6 超小型衛星向け試験施設の現状

本章では、超小型衛星試験の現状について記す。2章に示すように、超小型衛星の運用成功率は未だ低い。成功率をあげるには様々な方策があるが、地上試験の徹底化もその1つである。しかしながら、やみくもに試験時間や試験項目を増やしていたのでは、低コスト・短納期という超小型衛星の利点を活かさない。効率的な試験の実施が望まれる。2017年に発行された ISO-19683 “Space systems — Design qualification and acceptance tests of small spacecraft and units”は、超小型衛星の試験方法を記述した国際標準規格である。打ち上げ前に行っておくべき、最低限の試験とその条件を記述している。

超小型衛星の開発者は、大学やスタートアップ企業など、人工衛星の試験に必要な試験インフラをもたない機関が多い。また、元々が航空宇宙企業であっても、自社の試験設備が大きすぎて使いづらい、または運転コストがかかりすぎる場合もある。超小型衛星コンステレーションのために衛星を毎月のように出荷しないといけないような企業の場合は、外部利用に伴うロジスティクスにかかる時間を短縮するため、製造ラインの最後に試験設備を自社で備えることがある。しかし、それ以外の大学・研究機関・企業では、試験インフラを自前でもつことは財政的に正当化できず、外部の試験施設を借用しての試験となる。本項では、外部利用者が試験設備を利用できる国内外の施設について述べた上で、国内外の比較や施設を宇宙新興国への支援策に用いる際の課題について述べる。

6.1 国内の超小型衛星試験施設

国内の超小型衛星の試験が可能な施設、設備等について述べる。衛星試験に対する知見を有し、且つ料金表を公開した上で外部機関による試験設備利用を推進している施設としては、現状では九州工業大学の超小型衛星試験センターと福井県工業技術センターの2つにとどまる。

九州工業大学超小型衛星試験センターは2010年発足以来、300件を超える外部利用試験を実施し、試験に携わった衛星は国内の超小型衛星の2/3を超え、シンガポール、フィリピン、エジプト等々の海外の衛星の試験の実績もある。ISO-17025（振動試験）を取得済みである。福井県工業技術研究センターは2019年以来、外部からの試験依頼を受けている。福井県民衛星などの試験を実施している。その他にも、明星電気株式会社が自社のもつ試験設備を外部利用に供する旨をWebページ等で公開しているが、利用料金表も公開されておらず、利用についてのユーザからわかりにくい。

JAXA の環境試験設備は、これまでも外部利用に供されてきたが、設備が比較的大きく、超小型衛星向けの試験設備は数が限られてきた。それら超小型衛星用も含め、環境試験設備

の効率的な維持と利用拡大のために、PPP（官民連携）的手法による維持・運営を行う民間事業者の募集を 2019 年 12 月に開始した[6-1]。

上記 4 者以外にも、各地の工業試験所や大学などで超小型衛星向けの試験は実施可能であるが、利用に関する情報が限られている。そこで、海外試験設備で述べる TriasRnD[6-2]のような環境試験設備のポータルサイトを作るアイデア[6-3]がでてきてはいるものの、実現には至っていない。ポータルサイトを実現するためには、サイトを利用するユーザにインタビューするなど、ユーザのニーズ解析を十分に行うことが重要である。

九州工業大学超小型衛星試験センターと福井県工業技術研究センターの利用料金表を付録として掲載する。

超小型衛星の放射線試験については、非常に需要が高い。特にシングルイベント試験は超小型衛星の信頼性向上のために重要であるが、施設が限られており、各設備のマシントイムも限られている。また、新興国が加速器を保有することはなく、シングルイベント試験に関しては、国外機関に頼るしかない。しかしながら、セキュリティ並びに放射線関連の法規上の問題から、海外ユーザーに対して国内の放射線試験施設のハードルは非常に高い。シンガポールなどは、放射線試験を実施するのに、米国の Brook Heaven 研究所を使用したりしている。同研究所は、海外からの試験依頼に慣れており、日本企業も国内設備を使わずにわざわざ米国に出向いて試験を行なったりしている。表 6.1-1 に国内で放射線試験が可能な施設・設備の一覧を示す。表の作成にあたっては、日本加速器学会の Web ページ[6-4]を参照した。

表 6.1-1 国内放射線試験施設・設備一覧

機関・所属	加速器の名称(種類)	加速粒子:エネルギー	所在地
群馬大学 重粒子線医学センター[6-5]	炭素線治療装置 (線形加速器, シンクロトロン, 最終収束系の複合システム)	C:140-400 MeV/u	群馬県
量子科学技術研究 開発機構 高崎量子応用研究 所[6-6]	AVF サイクロトロン (サイクロトロン)	H から Os まで H:5-90 MeV 重イオン:2.5M-110*Q*Q/M MeV (M は質量数)	群馬県
イオン照射研究施設(TIARA)[6-7]	3MV タンデム加速器 (タンデム)	H から Au まで H:0.8-6.0 MeV O:0.8-15.0 MeV Au:0.8-18.0 MeV	
	3MV シングルエンド加速器 (コッククロフト)	H, D, He, e:0.4-3.0 MeV	
	400kV イオン注入装置 (コッククロフト)	H から Bi:20-380 keV	
J-PARC	J-PARC 3GeV Rapid Cycling Synchrotron (RCS)	p:0.4-3 GeV	茨城県

(日本原子力研究開発機構／高エネルギー加速器研究機構)[6-8] (日本原子力研究開発機構／高エネルギー加速器研究機構)	(シンクロトロン)		
	J-PARC Main Ring Synchrotron (MR) (シンクロトロン)	p:30 GeV	
	J-PARC Linac (RF 線形加速器)	H ⁺	
日本原子力研究開発機構(東海) 原子力科学研究所 [6-9] タンデム加速器施設[6-10]	原子力機構-東海タンデム (タンデム)	H から Bi:5-500 MeV (1-10 MeV/u) [加速電圧:3-18 MV] 原子クラスター:3-18 MeV	茨城県
	超伝導ブースター (超伝導線形加速器)	C から Bi:100-1200 MeV (3-20 MeV/u) [加速電圧:0~30 MV]	
	probeat-tsukuba シンクロトロン)	p:最大 250 MeV	
	PASTA&SPICE (タンデム)	p:3.4 MeV He:5.1 MeV	
	NASBEE (タンデム)	D:4 MeV	
量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所[6-12]	HIMAC (線形加速器, シンクロトロン, 最終収束系の複合システム)	重イオン:800 MeV/u	千葉県
	AVF930 (サイクロトロン)	H, He, C, O H:8-90 MeV He:25-100 MeV C:50-140 MeV	
	HM-18 (サイクロトロン)	H:18 MeV D:9 MeV	
	炭素線治療装置 (線形加速器, シンクロトロン, 最終収束系の複合システム)	C:140-430 MeV/u	
	200 kV マイクロ波イオン源イオン注入装置 (コッククロフト)	N ⁺ , O ⁺ , Ar ⁺ , Kr ⁺ など:200 keV	
	5 MV タンデム加速器 (タンデム)	H:10 MeV He:15 MeV C:25 MeV	
	200 MeV 陽子シンクロトロン (シンクロトロン)	H:200 MeV He, C:55 MeV/u	
神奈川県立がんセンター[6-13]	L バンド電子線型加速器 (RF 線形加速器)	e:7 MeV-46 MeV	神奈川県
	KUCA 付設パルス状中性子発生装置 (コッククロフト)		
	FFAG 陽子加速器 (FFAG シンクロトロン)	p:11-150 MeV	
	FFAG ブースター (FFAG シンクロトロン)	p:2.5-20 MeV	
	イオンペータ (FFAG 誘導型加速器)	p:0.1-2.5 MeV	
	負水素イオン (陽子) リニアック	H ⁺ , H ⁻ :11 MeV	
京都大学複合原子力科学研究所[6-15]			大阪府

	(RF 線形加速器)		
	ERIT(エミッタンス回復型内部標的)リング (FFAG シンクロトロン)	p:11 MeV	
大阪大学核物理研究センター[6-16]	AVF サイクロトロン (サイクロトロン)	p:10-80 MeV 重イオン:1-35 MeV/u	大阪府
	リングサイクロトロン (サイクロトロン)	p:100-400 MeV 重イオン:4-100 MeV/u	
九州大学加速器・ビーム応用科学センター[6-17]	150 MeV FFAG (FFAG シンクロトロン)	H:125 MeV	福岡県
	ベビーサイクロ (サイクロトロン)	H:10 MeV	
	コバルト 60 ガンマ線照射装置	Co-60 最大線量率 2,447Gy/h 線源強度 : 34TB q	
大阪府立大学 地域連携研究機構 放射線研究センター[6-18]	コバルト 60 ガンマ線照射施設	Co-60 最大線量率 : 50,000Gy/h 線源強度 : 1,623TB q	大阪府
独立行政法人日本 原子力研究開発機構高崎量子応用 研究所[6-19]	コバルト 60 照射施設	Co-60 最大線量率 : 15,000Gy/h 線源強度 : 10,453TB q	群馬県
大阪大学産業科学 研究所附属放射線 実験所[6-20]	コバルト 60 ガンマ線照射装置	Co-60 最大線量率 : 55Gy/h(距離 1m での値) 線源強度 : 179TB q	大阪府
東京工業大学放射 線総合センター[6- 21]	コバルト照射施設	Co-60 最大線量率 : 6,704Gy/h 線源強度 : 94TB q	神奈川県
京都大学原子炉実 験所[6-22]	コバルト 60 ガンマ線照射装置	Co-60 最大線量率 : 12,271Gy/h 線源強度 : 140TB q	大阪府
国立研究開発法人 産業技術総合研究 所放射線標準研究 グループ[6-23]	γ線照射施設	Co-60 最大線量率 : 公開情報無し 線源強度 : 121TB q	茨城県
名古屋大学[6-24]	コバルト 60 照射室	Co-60 最大線量率 : 1,937Gy/h 線源強度 : 情報無し	愛知県
長崎大学先端生命 科学研究支援セン ター[6-25]	ガンマ線照射装置	Cs-137	長崎県
産業医科大 アイソトープ実験 施設[6-26]	ガンマ線照射装置	Cs-137, 36 Gy/h(線量は固定)	福岡県

6.2 海外の超小型衛星試験施設

海外の超小型衛星の試験が可能な施設、設備等について述べる。TriasRnD という Web Site に外部向けに衛星試験サービスを提供する施設・設備の一覧がある。その Web サイトから各試験設備を抽出したものを表 6.2-1 に示す。また、TrisRnD 以外から収集した情報を表 6.2-2 に示す。国別の試験設備の数を図 6.2-1 に示す。ドイツが多いが、米国は全てを調査できていないので、実数は米国の方が多いと思われる。

超小型衛星の試験については、上記にあげたほとんどの設備がオーバースペックである。TriasRnD で最大 200kg の供試体で振動試験装置を検索すると、7 箇所しかでてこない。最大 500mm の供試体で熱真空試験装置を検索すると、9 箇所しかでてこない。欧州の CubeSat については、ESA/ESTEC や INTESPACE のような試験センターで試験を行うことが多い。ClydeSpace や ISIS のような CubeSat ベンダーも小規模ではあるが、振動試験装置程度はもっており、最低限の試験が実施できるようになっている。米国では、自前で簡単な装置をもつか、近隣の航空宇宙企業の設備の空きを使って、試験を実施している。九工大のように超小型衛星専用に試験サービスを展開しているところはない。フランスのモンペリエ大学などが、同種のサービス提供に興味を示していたが、未だ立ち上がっていない。

キャパビルの観点で言うと、新興国の衛星開発支援を請け負った機関が試験も含めて対応している。ケニアの 1KUNS-PF の試験はローマ・ラ・サピエンツァ大学で実施された。試験研修は、INTESPACE などがマレーシア宇宙機関（ANGKASA）向けに実施した例などがある。新興国の側からの使い勝手を調べるために、Triasrnd に掲載されている施設にランダムに問い合わせをなげかけてみた。LATECOERE という熱真空試験サービスを提供している会社に問い合わせたところ、3UCubeSat の熱真空試験 4 日間で 120 万円程度であった。返事は 3 日くらいで帰ってきており、レスポンスはそれほど悪いわけではない。価格は、日本で九工大や福井県工業技術センターが提供している価格に比べると高い。

表 6.2-1 試験サービス提供施設（TrisRnD 掲載）

施設名	国	試験内容	リンク
Fretech Aerospace s.r.o.	Czech Republic	Thermal testing TVAC testing	Website[6-28]
University of Tartu	Estonia	Thermal vacuum testing Shock testing Vibration testing	Website[6-29]
Exterior Labs	USA	Thermal vacuum testing Shock testing Vibration testing	Website[6-30]
TechnoLab GmbH	Germany	Priceless Icing test Vibration testing	Website[6-31]

DLR Mobile Rocket Base	Germany	Thermal Vacuum Chamber MOROBA Sounding Rocket Flight Experiments Mobile Telemetry Station Tracking Radar	Website[6-32]
Bertrandt	Germany	Vibration Environmental Simulation thermal test	Website[6-33]
Berlin Space Technologies GmbH	Germany	Thermal Vacuum Chamber	Website[6-34]
Exotrail	France	Thermal Vacuum Chamber	Website[6-35]
NLR	Netherlands	Hydrogen test facility Thermal Chamber EMC Facility Thermal Vacuum /Altitude Chamber Vibration & Shock Testing	Website[6-36]
CIRA Italian Aerospace Res.Ce.	Italy	Vibration Testing Thermal Vacuum Chamber Environmental Chamber Thermal Shock Chamber	Website[6-37]
Centre Spatial de Liege	Belgium	Vibration Testing TVAC Chamber	Website[6-38]
TS-Space Systems	UK	Vacuum UV (VUV) Test Facility Thermal Vacuum Bakeout Outgassing Testing (ECSS-Q-ST-70-02) TVAC Cycling	Website[6-39]
V2i	Belgium	Vibration Testing Climate chamber	Website[6-40]
ZARM Test Center	Germany	Medium-Sized Thermal Vacuum Chamber Large-Scale Centrifuge Thermal Cycling Chamber Large-Sized Thermal Vacuum Chamber Vibration Testing	Website[6-41]
DLR Institute of Space Systems	Germany	EMC Test Facility Space Simulation Chamber (TVAC) FT-IR Spectrometer (ECSS-Q-ST-70-09C) Complex Irradiation Testing Ultra High Vacuum Test Facility Micro VCM Test Facility (ECSS-Q-ST-70-02) Climate Chamber WEISSClimate Chamber WEISSStandard Service Sun Simulation Chamber (TVAC) Pyroshock Test Facility Vibration Testing	Website[6-42]
Lapan-Indonesia	Indonesia	Vibration Testing Thermal Vacuum Chamber (TVC) Climatic Test	Website[6-43]
Ghulam	Kazakhstan	Thermal vacuum testing Vibration testing	Website[6-44]
RUAG Space Switzerland	Switzerland	Electrical Conductivity (SIGMATEST) X-ray Fluorescence Ultrasonic and Acoustic Test Thermal Cycling Testing	Website[6-45]

		Shock Testing Climatic chamber Pyroshock Test Centrifuge Testing Vibration Testing Climatic chamber	
Callisto	France	Cryogenic Thermal Vacuum Cycling	Website[6-46]
KRP Mechatec GmbH	Germany	Thermal vacuum chamber Wide Range Shock Table	Website[6-47]
SpaceTech GmbH	Germany	Clima Chamber Shock System Vibration Testing Thermal Cycling Chamber - TCC Medium Thermal Vacuum Chamber - MTV Large Thermal Vacuum Chamber - LTV	Website[6-48]
Astro- und Feinwerktechnik	Germany	Vibration Testing Pyroshock Testing Thermal Vacuum Chamber Thermal Chamber	Website[6-49]
Active Space Technologies	Portugal	Vibration Testing Services Thermal Vacuum Chamber Cleanroom	Website[6-50]
Azimut Space GmbH	Germany	Medium Thermal Vacuum Chamber	Website[6-51]
MTA EK	Hungary	T-VAC Chamber Vibration Facility Nuclear Research Reactor Cleanroom Climate Chamber	Website[6-52]
ESA ESTEC MSL	Netherlands	Fast Thermal Vacuum Vibration Testing Large Vacuum Facility Medium Vacuum Facility Little Vacuum Facility	Website[6-53]
FOTEC GmbH	Austria	Vacuum chamber Vibration System	Website[6-54]
MPBC Space	Canada	Dusty Thermo-Vacuum Facility (DTVAC)	Website[6-55]
Alter Technology	Spain	Destructive Physical Analysis (DPA) TID Test, Vibration and Mechanical Tests CSAM - Inspection	Website[6-56]
Mecano I.D.	France	ISO5 Vibration testing	Website[6-57]
PT Sonaca Belgium	Belgium	Controlled erosion tribometer Rain Erosion Test Bench Drop-Weight Impact Tensile Testing Shop Mechanical Testing Services	Website[6-58]
ArianeGroup	France	Chemical Thruster Firing Testing Cleanliness for space components Propellant loading services Electrical Propulsion Testing Space Fuel Compatibility Testing	Website[6-59]

		Simulation Fluid Loading and Drying Propellant Provision	
HCM SYSTREL	France	PIND TEST Microelectronics assembly services Thick films production Wafer sawing Dice visual inspection Column attachment services	Website[6-60]
G. Vekinis, NCSR	Greece	Burst testing of thin laminar materials Drop weight instrumented 20J Cavitation erosion Salt corrosion to ASTM B117 Erosion wear testing Flame spray coatings Flammability tests Aging of polymers and composites Creep Testing Mechanical testing Breadboard manufacturing Mechanical tests to 100kN Mechanical tests at high temperature Cryogenic mechanical tests	Website[6-61]
Tesat Spacecom GmbH	Germany	Vibration testing	Website[6-62]
Space Structures GmbH	Germany	Thermal analysis and design Structure analysis and design Static tension/compression tests	Website[6-63]
LMI Aerospace	USA	—	Website[6-64]
Malaysia Space Centre	Malaysia	Vibration testing	Website[6-65]
ISQ	Portugal	Vibration testing	Website[6-66]
DTU Nunetech	Denmark	Cobalt-60 gamma free field E-beam Irradiation facility Gamma Irradiation facilities	Website[6-67]
Fraunhofer INT	Germany	Cobalt-60 Total Ionizing Dose Tests (TID), Displacement Damage Irradiation of Optical Materials, Fibers, and FBGs	Website[6-68]
Madrid Space	Spain	Structural analysis, design and optimization Thermal design and analysis	Website[6-69]
LATECOERE	France	Thermal vacuum testing	Website[6-70]

表 6.2-2 試験サービス提供施設（TrisRnD 非掲載）

施設名	国	試験内容	リンク	備考
National Satellite Test Facility	UK	Large satellite preparation and solar array deployment Vibration and pyro-shock Acoustic testing Large satellite test chamber Electromagnetic compatibility and antenna test	Website[6-71]	大型衛星用
KARI Space Test Center	South Korea	Assembly & Precision alignment Test Lab Launch Environment Test Lab Orbit Environment Test Lab Electromagnetic Wave Environment Test Lab Electric Device Verification Lab	Website[6-72]	大型衛星用
NTS	USA	-	Website[6-73]	大型衛星用
AIT CENTER	Turkey	Compact Antenna Test System Electromagnetic Compatibility Test System 6M Thermal Vacuum Test System Acoustic Test System Vibration Test System Mass Properties Measurement System Solar Array Deployment Test System Airlock Clean Room and Integration High-Bay	Website[6-74]	大型衛星用
U R Rao Satellite Centre	India	Clean room facilities 66.5 Metre thermo vacuum chamber 29 Ton vibration facility Compact Antenna Test Facility Acoustic test facility	Website[6-75]	大型衛星用
AITC	Australia	Cleanroom Facilities Thermal & Vacuum Test Facilities Vibration and Shock Test Facilities EMC Chamber Mass Properties Measurement	Website[6-76]	大型衛星用
ISS-Reshetnev	Russia	-	Website[6-77]	
Boeing's Space Environmental Test Facility	USA	-	Website[6-78]	大型衛星用
Airbus AIT	France	Mechanical Tests (vibration, acoustic, shock and physical properties measurement), Thermal Tests (thermal vacuum, climatic, sun simulation, etc.) EMC/RF Tests	Website[6-79]	大型衛星用
IABG	Germany	Acoustic tests Vibration and shock tests Mass characteristic measurement Thermal vacuum Thermal vacuum	Website[6-80]	大型衛星用

		EMC tests		
European Test Services	Netherlands	Cleanroom Thermal & Vacuum Test Vibration and Shock Test EMC Facility	Website[6-81]	
Intespace	France	Mechanical Tests Thermal Tests EMC-RF Tests	Website[6-82]	
David Florida Laboratory	Canada	Radio Frequency Qualification Facilities Thermal Qualification Facilities Structural Qualification Facilities(Vibration and shock)	Website[6-83]	大型衛星用
Johnson Space Center	USA	-	Website[6-84]	大型衛星用
Goddard Space Flight Center	USA	-	Website[6-85]	
ISIS	Netherlands	Thermal cycling, Thermal vacuum testing Mechanical shock testing, Vibration testing	Website[6-86]	
CubeSat Support Facility	Belgium	Thermal Vacuum Chamber 20 kN Electrodynamics Shaker system, to perform vibration tests on CubeSats.	Website[6-87]	
Space Science Center at MSU	USA	Vibration Analysis System Helmholtz Coil , Sun Simulator T-Vac System, Residual Gas Analysis	Website[6-88]	
Nara Space Technology	South Korea		Website[6-89]	
Maxar SSL	USA	Thermal Vacuum Cycling Thermal Cycling Sine/Random Vibration Antenna Test Facility Outgassing (ASTM E595)	Website[6-90]	
MOOG	USA	Vibration Testing	Website[6-91]	
SPUTNIX	Russia	Acceleration Resonance survey Sine vibrations Random vibrations Shock Thermal Vacuum qualification tests	Website[6-92]	
Higgs Centre for Innovation	UK	EMC Vibration Thermal vacuum	Website[6-93]	

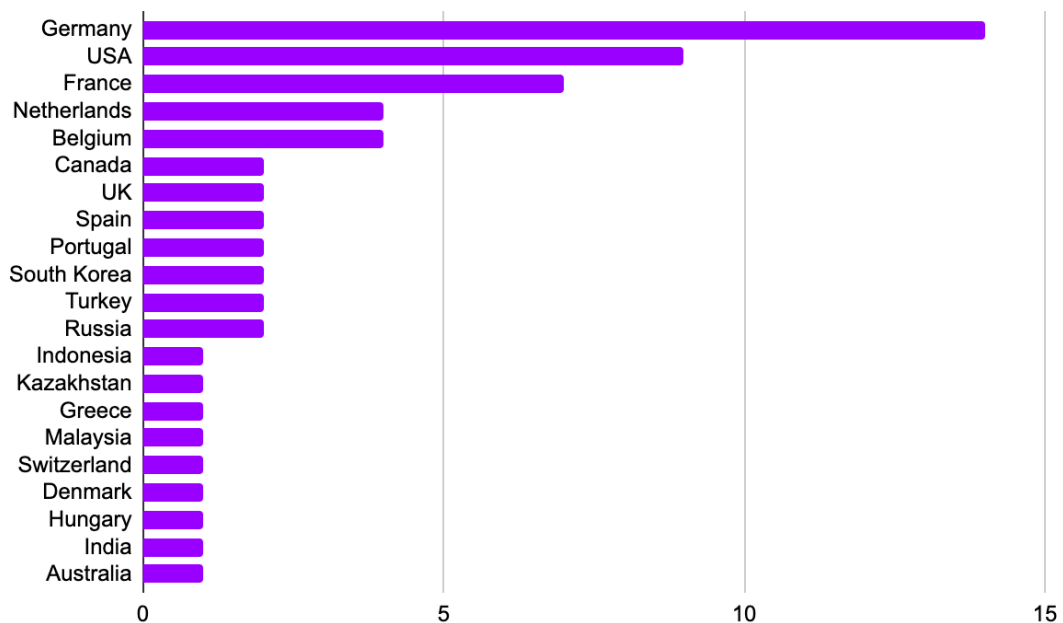


図 6.2-1 国別試験施設数

6.3 超小型衛星試験施設の課題と宇宙新興国向け支援策

超小型衛星に特化した形で、広く外部ユーザに対して試験サービスを提供し、実績を有しているのは、世界を見渡しても、今のところ九工大以外に見受けられない。超小型衛星向け試験サービスの特徴としては、ユーザ側に衛星環境試験に対する基礎的知識、なぜ試験をしないといけないのか、どのような試験をしないといけないのか、といったものが乏しいことがある。特に相手が大学、またはスタートアップ企業の場合にその傾向が顕著である。そのようなユーザに対して、試験センター側は、基本的事項からコンサルティングを行う必要があり、そのためには、衛星試験に対するノウハウの蓄積が欠かせない。また、九工大は自らも超小型衛星を開発していることもあり、開発者側の視点にたったコンサルティング、特に試験項目の優先順位づけやスケジュール等、を行うことができる。更には、Launcher 側からの安全要求を満たすための試験項目についても、アドバイスを与えることができる。このようなことは、例えば日本の各自治体にあるような工業試験所（振動試験装置などを外部利用に供している）では不可能であり、衛星開発者側にある程度の知見がなければ、試験の準備や結果の解析に大きく手間取ると共に、設計・製造の不具合を効果的に見つけられなくなる。

H-IIA の相乗りサービスが始まった頃（2010 年頃）に JAXA が相乗りに選定された機関に対して個別にアドバイスを与えていたように、欧州でも、大学の CubeSat の試験を行な

っている ESA/ESTEC 等では、そのようなアドバイスを与えていると思われる。しかしながら、超小型衛星の開発者が多くなった今、以前のように細かな指導をすることは不可能になっている。

ここで述べたような試験センターのノウハウは、宇宙新興国への支援策に利用できる。一つには、衛星試験に関する研修等の実施である。九工大ではこれまでに、韓国、フィリピン、UAE、マレーシア、スーダン並びに国内企業の技術者に対して、超小型衛星試験に関する研修を実施している。研修では、振動、衝撃、熱、放射線といった各試験がなぜ必要なのかといった座学と、超小型衛星試験センターの設備を使った衛星試験のハンズオンで構成されている。衛星試験の研修は、INTESPACE（フランス）がマレーシアの技術者に行ったり、イスタンブール工科大学が2日間の研修を行ったりするなど、欧州でも実施されている。九工大の研修の特徴は、座学とハンズオンの組み合わせで行われていることと、ユーザが実際に開発している衛星（通常はエンジニアリングモデル）を持ち込んで、衛星プロジェクトの中の試験の一環として行える点にある。

もう1つは、宇宙新興国での試験センターの立ち上げの支援である。新興国で宇宙プログラムが立ちあがると、各国ではまず試験センターを作ろうという声があがる。宇宙プログラムの進展と歩調を合わせて、試験インフラ構築のコストに見合うだけの需要が高まってから施設を整備するべきなのであるが（シンガポールは実際にその戦略をとっている）、政治的な理由から、ハコモノを欲する国が多いのも事実である。その際に、宇宙プログラムの戦略（今後10年間程度の衛星開発計画）に合わせた試験設備の選定、調達、据付、立ち上げ、運転、維持の支援に対する需要は高い。特に運転、維持を担当する要員のトレーニングが重要であるが、実際の衛星試験を通じたOJTがもっとも効率的である。試験センター要員に求められるのは、単なる機器の運転やメンテナンスなどの技術スキルだけでなく、国内の衛星開発者が試験センターを利用しようとしたときに、試験に関するコンサルティングを行えるだけの知見も必要である。その知見は、1週間や10日の短期研修で身につくものではない。衛星試験を頻繁に行なっている国外の試験センターで半年から1年程度の長期的なインターンシップや、九工大等の衛星試験を専門に学べる大学への長期留学などを経て、ようやく身につくものである。それらの機会提供も宇宙新興国への支援策の一つとして考えられる。

参考文献

[6-1] <http://stage.tksc.jaxa.jp/compe/jouhou/FY30-0120.pdf>

[6-2] <https://triasrnd.com/>

- [6-3] <https://aerospacebiz.jaxa.jp/topics/news/s-booster2019/>
- [6-4] <https://www.pasj.jp/facilities.html>
- [6-5] <https://heavy-ion.showa.gunma-u.ac.jp/>
- [6-6] <https://www.qst.go.jp/site/research/>
- [6-7] <https://www.qst.go.jp/site/taka/>
- [6-8] <http://j-parc.jp/c/index.html>
- [6-9] https://www.jaea.go.jp/04/ntokai/results/journal_03.html
- [6-10] <https://ttandem.jaea.go.jp/koumoku-02/kasokuki.html>
- [6-11] <http://www.pmrc.tsukuba.ac.jp/research/index.html>
- [6-12] <https://www.nirs.qst.go.jp/rd/ace/index.html>
- [6-13] <http://kcch.kanagawa-pho.jp/>
- [6-14] <http://www.werc.or.jp/outline/shisetsu/kasokuki/>
- [6-15] <https://www.rri.kyoto-u.ac.jp/>
- [6-16] <http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/>
- [6-17] <http://www.cabas.kyushu-u.ac.jp/home/ja>
- [6-18] <http://www.riast.osakafu-u.ac.jp/>
- [6-19] <https://www.qst.go.jp/site/taka/>
- [6-20] <https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/rl/>
- [6-21] <http://www.ric.titech.ac.jp/>
- [6-22] <http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/gamma/index.html>
- [6-23] <https://unit.aist.go.jp/rima/ioniz-rad/study/apparatus/gamma.htm>
- [6-24] <http://co60.nucl.nagoya-u.ac.jp/about.html>
- [6-25] <https://www-sdc.med.nagasaki-u.ac.jp/nuric/yoyaku/equipment/index.html>
- [6-26] <https://www-sdc.med.nagasaki-u.ac.jp/nuric/yoyaku/equipment/index.html>
- [6-27] https://triasrnd.com/en/infos/how_to_use
- [6-28] <https://triasrnd.com/en/pavels>
- [6-29] <https://triasrnd.com/en/maria>
- [6-30] <https://triasrnd.com/en/experiordebbie>
- [6-31] https://triasrnd.com/en/technolab_berlin
- [6-32] <https://triasrnd.com/en/moraba>
- [6-33] https://triasrnd.com/en/christine_bchir
- [6-34] <https://triasrnd.com/en/bst>
- [6-35] <https://triasrnd.com/en/jlm>

[6-36] <https://triasrnd.com/en/nlr>
[6-37] https://triasrnd.com/en/ferrigno_cira
[6-38] <https://triasrnd.com/en/csl>
[6-39] <https://triasrnd.com/en/billw>
[6-40] <https://triasrnd.com/en/chloffet>
[6-41] <https://triasrnd.com/en/zarm>
[6-42] https://triasrnd.com/en/dlr_space_systems
[6-43] <https://triasrnd.com/en/whasbi>
[6-44] <https://triasrnd.com/en/taskozha>
[6-45] https://triasrnd.com/en/ruag_space_ch
[6-46] <http://www.callisto-space.com/en/>
[6-47] <https://triasrnd.com/en/reindl>
[6-48] <https://triasrnd.com/en/spacetectest>
[6-49] <https://triasrnd.com/en/gluecypher>
[6-50] <https://triasrnd.com/en/ast>
[6-51] <https://triasrnd.com/en/rnadalinisonaca>
[6-52] <https://triasrnd.com/en/zabori>
[6-53] https://triasrnd.com/en/estec_tec_mtv
[6-54] <https://triasrnd.com/en/fotec>
[6-55] https://triasrnd.com/en/mpbc_space_photonics
[6-56] <https://triasrnd.com/en/gonza>
[6-57] <https://triasrnd.com/en/vgm>
[6-58] <https://triasrnd.com/en/testcentersona>
[6-59] <https://triasrnd.com/en/andreasknapp>
[6-60] <https://triasrnd.com/en/mleveque>
[6-61] <https://triasrnd.com/en/gvekinis>
[6-62] <https://triasrnd.com/en/kir7bk>
[6-63] <https://triasrnd.com/en/spacestructures>
[6-64] <https://triasrnd.com/en//277-integrated-technologies-inc>
[6-65] <https://triasrnd.com/en/norasnilawatis>
[6-66] <https://triasrnd.com/en/pedroa>
[6-67] <https://triasrnd.com/en/risoehdrl>

- [6-68] https://www.int.fraunhofer.de/de/geschaeftsfelder/nukleare_effekteinelektronikundoptik.html
- [6-69] <https://triasrnd.com/en/davidorgaz>
- [6-70] <https://triasrnd.com/en/guilhemp>
- [6-71] <https://www.ukri.org/innovation/industrial-strategy-challenge-fund/national-satellite-test-facility/>
- [6-72] https://www.kari.re.kr/eng/sub03_02_05.do
- [6-73] <https://www.nts.com/industries/aerospace/space-satellites/>
- [6-74] <https://www.tusas.com/en/product/ait-center>
- [6-75] <https://www.isro.gov.in/about-isro/u-r-rao-satellite-centre-urisc>
- [6-76] <https://rsaa.anu.edu.au/aitc/capabilities/pre-launch-satellite-testing>
- [6-77] www.iss-reshetnev.com/capabilities/experimental-base
- [6-78] <https://www.boeing.com/company/key-orgs/boeing-technology-services/environmental.page>
- [6-79] <https://www.airbus.com/space/Services/test-services.html>
- [6-80] <https://www.iabg.de/en/business-fields/space/>
- [6-81] <https://www.european-test-services.net>
- [6-82] www.intespace.net/en/tests/intespace-tests.html
- [6-83] <https://www.asc-csa.gc.ca/eng/laboratories-and-warehouse/david-florida/default.asp>
- [6-84] https://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/639595main_EA_Test_Facilities_Guide.pdf
- [6-85] <https://www.nasa.gov/image-feature/testing-satellite-servicing-technologies>
- [6-86] <https://www.isispace.nl/rd-services/rd-environmental-testing/>
- [6-87] https://www.esa.int/Education/CubeSats_-_Fly_Your_Satellite/CubeSat_Support_Facility
- [6-88] <https://www.moreheadstate.edu/College-of-Science/Physics-Earth-Science-and-Space-Systems-Engineer/Space-Science-Center/Spacecraft-Environmental-Testing-Services>
- [6-89] <https://www.naraspacetechnology.com/services/>
- [6-90] www.sslmda.com/html/subsystems_services.php#environmental
- [6-91] <https://www.csaengineering.com/capabilities/shock-vibration-other-products.html>
- [6-92] <https://sputnix.ru/en/>
- [6-93] <https://www.roe.ac.uk/higgscentre/laboratory-facilities/>

7 超小型衛星の打ち上げ

7.1 打ち上げ方式

2003 年以降、2019 年 12 月迄に打ち上げられた 50kg 以下の衛星 1348 機の国別の打ち上げ数については、表 7.1-1 の通り。各打ち上げの詳細を表 7.1-2～7.1-10、各打ち上げ機のスペックと相乗りに関するサイズ・機数を表 7.1-11 に示す。

最近の傾向として

- PSLV、Falcon-9、Soyuz などが一度に 50 個を超える大量の超小型衛星を打ち上げや、Electron のような小型ロケットによる打ち上げが始まった。
- 中国は大量のペースで打ち上げている。しかし、一回の打ち上げでの相乗り機数は限られている。
- ISS からの CubeSat 放出が大きな役割を占める（2013 年以降に 150 機以上）と言ったことがある。

表 7.1-1 超小型衛星の国別打ち上げ数

国 (launcher)	ロケット種別数	ロケット打ち上げ回数	超小型衛星打ち上げ数
USA	27	55	522
ESA	3	3	10
UKRAINE	1	9	91
NEW ZEALAND	2	9	44
JAPAN	5	19	88
CHINA	14	37	99
RUSSIA (USSR)	16	26	199
INDIA	5	22	292
IRAN	3	3	3

表 7.1-2 米国ロケットの超小型衛星打ち上げ実績

USA		
Launcher	Date	No. of nanosat
Antares-110	04/21/2013	4
Antares-120	09/01/2014	33
	07/13/2014	40

Antares-130	10/28/2014	29
Antares-230	10/17/2016	4
	12/11/2017	16
	05/21/2018	15
	11/17/2018	3
	04/17/2019	27
	09/16/2019	2
Atlas-5(401)	09/13/2012	3
	08/10/2015	13
	06/12/2015	20
	03/23/2016	30
	11/11/2016	7
	04/18/2017	38
	05/05/2018	2
Atlas-5(501)	06/12/2013	12
	05/20/2015	10
Atlas-5(551)	08/08/2019	1
Delta IV Heavy	12/21/2004	2
Delta-7320-10C	01/31/2015	4
Delta-7420-10C	09/15/2018	4
Delta-7920-10C	11/18/2017	5
Delta-7925	01/29/2003	1
Falcon Heavy (Block 5)	06/25/2019	12
Falcon-1	03/24/2006	1
Falcon-9 v1.0	08/12/2010	1
Falcon-9 v1.1	09/29/2013	5
	04/18/2014	5
	10/01/2015	3
	04/14/2015	16
Falcon-9 v1.2	03/06/2017	5
	08/14/2017	3
	08/26/2017	1
	02/04/2018	3
Falcon-9 v1.2 (Block 5)	11/17/2018	2

	11/30/2018	1
	03/12/2018	56
	05/12/2018	5
	04/17/2019	3
	07/25/2019	2
Falcon-9 v1.2(ex)	06/29/2018	6
Minotaur-1	12/16/2006	1
	05/19/2009	4
	11/19/2013	27
Minotaur-4 HAPS	11/20/2010	2
Minotaur-4 Orion-38	08/26/2017	3
Minotaur-C-3210	10/31/2017	4
Pegasus XL 38	03/22/2006	3
Pegasus-XL	12/15/2016	8
Shuttle	12/10/2006	2
	11/15/2008	1
	08/07/2011	1
Super Strypi (SPARK)	04/11/2015	11

表 7.1-3 ESA ロケットの超小型衛星打ち上げ実績

ESA		
Launcher	Date	No. of nanosat
Ariane 5G+ V-165	08/12/2004	1
Vega (VV-02)	07/05/2013	1
Vega 1	2013/2012	8

表 7.1-4 ウクライナロケットの超小型衛星打ち上げ実績

UKRAINE		
Launcher	Date	No. of nanosat
Dnepr 1	04/17/2007	1

Dnepr 4	06/29/2004	7
Dnepr 8	04/17/2007	11
Dnepr 13	07/29/2009	3
Dnepr 15	06/15/2010	1
Dnepr 17	08/17/2011	3
Dnepr 19	11/21/2013	28
Dnepr 20	06/19/2014	33
Dnepr 21	06/11/2014	4

表 7.1-5 ニュージージーランドロケットの超小型衛星打ち上げ実績

NEW ZEALAND		
Launcher	Date	No. of nanosat
Electron	05/25/2017	1
Electron KS	01/21/2018	4
	11/11/2018	7
	12/16/2018	14
	05/05/2019	2
	06/29/2019	6
	08/19/2019	3
	10/17/2019	1
	06/12/2019	6

表 7.1-6 日本ロケットの超小型衛星打ち上げ実績

JAPAN		
Launcher	Date	No. of nanosat
Epsilon2CLPS	01/18/2019	3
H-IIA-202	01/23/2009	6
	05/21/2010	4
	05/17/2012	2
	02/27/2014	7
	05/24/2014	4
	03/12/2014	2
	02/17/2016	3
	10/29/2018	4
	07/21/2012	5

H-IIB-304	11/19/2013	4
	08/19/2015	18
	09/12/2016	15
	09/22/2018	4
	09/24/2019	3
M-5 (2)	09/22/2006	1
M-V-#8	02/21/2006	1
SS-520 (3 stg)	01/14/2017	1
	03/02/2018	1

表 7.1-7 中国ロケットの超小型衛星打ち上げ実績

CHINA		
Launcher	Date	No. of nanosat
Hyperbola-1	07/25/2019	1
Kuaizhou-1A	09/01/2017	2
	08/30/2019	2
Long March 1	10/05/2012	1
Long March 11	09/25/2015	3
	09/11/2016	5
	01/19/2018	4
	01/21/2019	2
Long March 118	12/14/2009	1
Long March 2C	04/18/2004	1
	01/25/2018	1
	10/29/2018	6
Long March 2D	09/22/2010	2
	04/26/2013	3
	08/15/2016	1
	12/21/2016	3
	12/28/2016	1
	02/02/2018	6
	02/06/2018	1
	11/19/2018	5
	07/12/2018	9
Long March 2F	09/15/2016	1
Long March 3	09/11/2011	1
	09/01/2012	1
Long March 3C	10/24/2014	1
	08/19/2014	1

Long March 4B	05/30/2016	2
	06/15/2017	3
	10/24/2018	1
	12/09/2019	2
	03/11/2019	1
Long March 4C	11/14/2017	1
	10/04/2018	1
	05/20/2018	2
Long March 6	09/19/2015	19
Long March 7	06/25/2016	1
	04/20/2017	1

表 7.1-8 ロシアロケットの超小型衛星打ち上げ実績

RUSSIA		
Launcher	Date	No. of nanosat
Kosmos-3M 431	09/27/2003	2
Kosmos-3M 434	01/20/2005	1
Kosmos-3M 435	10/27/2005	3
Kosmos-3M 442	06/19/2008	5
Rockot-KM	12/25/2013	1
	12/28/2013	2
	05/23/2014	1
	03/31/2015	1
Rockot 9	06/30/2003	5
Rockot 14	05/23/2008	1
Soyuz-2.1b/Fregat	09/17/2009	2
Soyuz-2-1a	04/19/2013	6
	03/31/2016	1
	06/14/2017	4
	02/13/2018	2
	09/07/2018	2
Soyuz-2-1a Fregat-M	07/14/2017	71
	01/02/2018	9
	12/27/2018	25
Soyuz-2-1a Volga	04/28/2016	1
Soyuz-2-1b	08/07/2014	3
	11/28/2017	16

Soyuz-2-1b Fregat-M	05/07/2019	30
Soyuz-2-1v Volga	05/12/2015	1
Soyuz-STA Fregat-M	04/25/2016	3
Soyuz-U	05/02/2014	1

表 7.1-9 インドロケットの超小型衛星打ち上げ実績

INDIA		
Launcher	Date	No. of nanosat
PSLV-CA C12	04/20/2009	1
PSLV-CA C14	09/23/2009	4
PSLV-CA C15	12/07/2010	3
PSLV-CA C18	12/10/2011	3
PSLV-CA C20	02/25/2013	4
PSLV-CA C21	09/09/2012	1
PSLV-CA C23	06/30/2014	5
PSLV-CA C29	12/16/2015	3
PSLV-CA C43	11/29/2018	29
PSLV-CA C6	05/05/2005	1
	10/01/2007	1
PSLV-CA C9	04/28/2008	8
PSLV-DL C44	01/24/2019	1
PSLV-G(3) C35	09/26/2016	5
PSLV-QL C45	01/04/2019	28
PSLV-XL C28	10/07/2015	1
PSLV-XL C30	09/28/2015	5
PSLV-XL C34	06/22/2016	16
PSLV-XL C37	02/15/2017	103
PSLV-XL C38	06/23/2017	30
PSLV-XL C40	12/01/2018	27

PSLV-XL C47	11/27/2019	13

表 7.1-10 イランロケットの超小型衛星打ち上げ実績

IRAN		
Launcher	Date	No. of nanosat
Safir-1	02/02/2009	1
Safir-1A	06/15/2011	1
Safir-1B	03/02/2012	1

表 7.1-11 打ち上げ機スペック

打ち上げ機	スペック・制約
Antares230	LEO へ最大積載量 7t。SSO へ最大積載量 5.6t。 Cygnus 輸送用。Cygnus の最大積み込み量 3.35t の内、必要物資を除いた重量分の、1U-6U の CubeSat、50kg 級。
Atlas V	LEO へ最大積載量 18.8t。GTO へ最大積載量 8.9t。 100kg 級 x4 機。100kg 級を PPOD (3UPODx8 式の 24U) に変換可能。
Falcon9	LEO へ最大積載量 22.8t。GTO へ最大積載量 8.3t。 Dragon 輸送用。Dragon の最大積み込み量 6.0t の内、必要物資を除いた重量分の、1U-6U の CubeSat、50kg 級。 もしくは ESPA 使用時、150kg 級 x12 機、300kg 級 x8 機。
Minotaur	LEO へ最大積載量 0.58t。SSO へ最大積載量 0.33t。 180kg 級 x1 と 1-3U の CubeSat 48U。
Dnepr	LEO へ最大積載量 4.5t。SSO へ最大積載量 2.3t。 300kg 級 x1 機、100kg 級 x1 機、50kg 級 x9 機、クアッドパック(3Ux4)x5 式。
Electron	LEO へ最大積載量 0.4t。SSO へ最大積載量 0.1t。 CubeSat 放出機構 3U サイズ x15 式
Epsilon	LEO へ最大積載量 1.5t。SSO へ最大積載量 0.59t。 50kg 級 x3 機、CubeSat 放出機構 3U サイズ x2 式。
H-IIA	LEO へ最大積載量 10t。SSO へ最大積載量 3.3t。 50kg 級 x4 機、50kg 級 1 機を 4 機の J-POD(1U)に交換可能。
H-IIB	LEO へ最大積載量 19t。GTO へ最大積載量 8t。 HTV 輸送用。HTV の最大積み込み量 5.2t の内、必要物資を除いた重量分の、1U-6U の CubeSat、50kg 級。
Hyperbola	LEO へ最大積載量 0.28t。SSO へ最大積載量 0.3t。 50kg 級 x18 機、もしくは 1UCubeSatx30 機に交換可能。
Long March	LEO へ最大積載量 25t。GTO へ最大積載量 14t。
Rocket	LEO へ最大積載量 1.95t。GTO へ最大積載量 1t。
Soyuz	LEO へ最大積載量 7.8t 50kg 級 x3 機、合計 82U の CubeSat。
PSLV	LEO へ最大積載量 3.25t。SSO へ最大積載量 1.6t。 100kg 級 x4 機、3UCubeSatx16 機、1UCubeSatx3 機。
Safir	LEO へ最大積載量 0.05t。

打ち上げ費用に関して、各ロケット打ち上げ費機関で相乗り衛星の詳細価格は掲示されていないが、相場として相乗り衛星では 1U 1000 万円、3U 3000~4000 万円、6U 5000 万

円、50kg 級は 1～2 億と言われている。また、ISS からの衛星放出サービスを行う一部業者は概算を示しており、Nanorack は 1U で\$85,000、SpaceFlight では 3U で\$295,000、50kg は\$1,750,000 となっており、ロケットによる標準的な打ち上げ費用は 330 万円/kg と言われている。

また、従来の主衛星搭載後の余剰空間を利用した PiggyBack 衛星ではなく、複数の小型衛星でロケットをシェアするライドシェア型のサービスが最近提供され始めた。これは SpaceX 社によるものであるが、SSO に 150kg 衛星を打ち上げる費用が概算で\$2,250,000 程度である。従来の PiggyBack 衛星と価格的には大きくは違わないが、主衛星に対するサブ衛星の立ち位置ではなく、ライドシェア衛星は全てが対等の関係になるため、衛星に対して過剰な要求がくる可能性は減るメリットがある。他にも、ライドシェア打ち上げとしては、アリアンスペース社がすでに発表している。

小型高性能な超小型衛星が作成可能になってきたことから、コンステレーションによる超小型衛星の運用頻度が増える可能性があり、効率よく超小型衛星を打ち上げるサービスが今後より展開されることが期待されている。主衛星に影響されず複数機の超小型衛星を放出するライドシェアサービスが打ち上げサービスとして今後拡大していく可能性がある。

小型衛星に特化した小型ロケットの開発が世界的に進んでいるが、Electron が 33KUS\$/kg、中国の Kuaizhou (快舟)1A が 57KUS\$/kg、インドの SSLV が 12KUS\$/kg と言われている。[7-1]

7.2 打ち上げサービス及び射場

7.2.1 国内射場

表 7.2.1-1 国内射場

Spaceport	Location	Access
大樹町射場	〒089-2115 北海道広尾郡大樹町美成 169 番地	飛行機、電車、船＋車
串本町射場	〒649-4112 和歌山県東牟婁郡串本町田原地区	飛行機、電車＋車
内之浦宇宙空間観測所	〒893-1402 鹿児島県肝属郡肝付町南方 1791-13	飛行機もしくは電車＋車
種子島宇宙センター	〒891-3793 鹿児島県熊毛郡南種子町大字荃永字麻津	飛行機もしくは船＋車

○大樹町射場

場所：

北海道大樹町は 816.4km²、人口 5742 名。

1984 年から「航空宇宙産業基地」の候補地とされ、官民一体となって「宇宙のまちづくり」を進めている。

2003 年と 2008 年に JAXA 大気航空宇宙実験場が整備されてからは、JAXA による大気球実験をはじめ各種実験が行われている。また、町内で起業した宇宙ベンチャーであるインターステラテクノロジズ株式会社は、ロケット開発、打ち上げを繰り返し実施中であり、HASTIC も CAMUI ロケットの打ち上げ実験を行っており、宇宙利用の活動が活発化している[7-2]。

通常、静止軌道へ人工衛星の投入する場合は、赤道に近い射場から真東へのロケットを打ち上げが高効率であるが、地球観測衛星に用いられる SSO などへの打ち上げを考える場合、ロケット発射方向は南南西へ打ち上げることが望ましい。大樹町の発射可能方位角は 80～170°と見込まれており、真東にも打ち上げが可能な上、南方向にも既存の射場よりも広い範囲で打ち上げることが可能であるため、SSO については、他の射場よりも効率よく打ち上げが可能である。HASTIC の試算では、大樹町の射場から SSO へ人工衛星を投入する場合、打ち上げ能力は種子島や内之浦の各々 2 倍、1.4 倍であるとされている。

大樹町沿岸は東と南側に海が広がり、平坦な地形が約 30km も続くため、ロケットエンジンの切り離しや打ち上げに失敗した時、人的被害を出さないで済む可能性が高く、ロケット打ち上げや航空機・宇宙機のフライトセンターに適した世界有数の地勢を有している。また、まだ広大な後背地を有しており、現在の射場面積は 0.7km² であるが、種子島宇宙センターの約 7 倍以上となる 60km² 以上の敷地を確保可能とされており、将来的な発展性を秘めている[7-3]。人口密度は 7.06 人/km² と種子島などに比べても低く、人口密集地である帯広市中心までの距離は 70km と保安距離確保の点でも良い。

気候：

また、大樹町は晴天が多く、冬季でも雪が比較的に少なく、風が弱い。一方、平均気温は 5.4℃、最高気温は 23.4℃、最低気温は -16.9℃と寒暖差は激しい。

アクセス：

射場は、JR 帯広駅から約 65km、車で 70 分ほど、帯広空港から約 50km、車で 50 分ほど、十勝港から約 30km、車で 40 分ほどの距離にある。

展望場所：

大樹町多目的航空公園、大樹町晩成ロケット見学場 SKY HILL

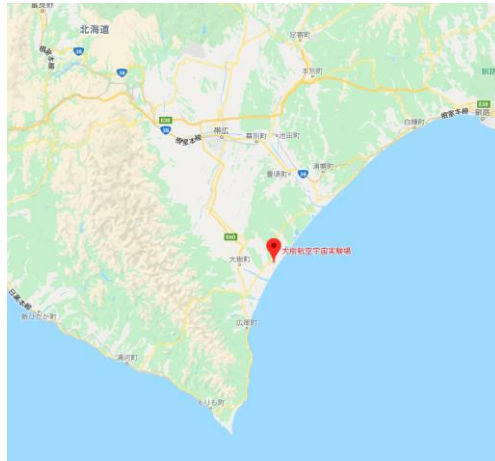


図 7.2.1-1 大樹町射場位置(@google)[7-4]

○串本町射場

場所：

射場が建設予定の和歌山県串本町は 135.8km² の広さで人口 16,240 人。

2019 年スペースワン株式会社が小型ロケットによる商業輸送サービスを提供することを目的として選定。約 150kg の小型衛星を搭載し、高度 500km の SSO まで、約 250kg の人工衛星を高度 500km の LEO へ輸送することを予定している。目標は年間 20 機の打ち上げである。

串本町射場は、東にも南方向にも海が広がっており、打ち上げることが可能である。現在建設している射場面積は 0.15km² である。

気候：

温暖な気候であり、平均気温 17.9℃、最高気温 29.4℃、最低気温 5.7℃、高い晴天率を誇る。

アクセス：

射場は、南紀白浜空港から約 70km、車で 80 分ほど、名古屋駅から約 240km、車で 210 分ほどの距離になる予定。今後の開発による。

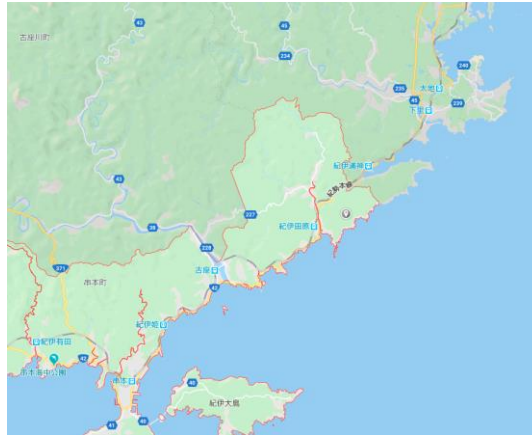


図 7.2.1-2 串本町射場位置(@google)[7-5]

○内之浦宇宙空間観測所

場所：

射場がある鹿児島県肝付町は 308.1km² の広さで人口 15,170 人。

射場の敷地面積は、0.71km² であり、世界でも珍しい山地のロケット発射場である。1962 年より使用されており、種子島宇宙センターより起伏の大きい台地に建設された。内之浦は、山間地であるため、市街地から離れ、物資輸送は便利であり、東側、及び南側が開けており、国内のロケット射場施設としては種子島に並ぶ存在である。

国内で打ち上げを行う射場としては、比較的南(北緯 31 度)にあり、高効率に衛星を打ち上げることができる。

KS 台地、ミュー台地と 2 箇所の射場があり、計 400 機を超える固体燃料ロケットを打ち上げている。KS 台地は主に小型観測ロケットの打ち上げを行なっている。一方、ミュー台地は、イプシロンロケットなどの中型ロケットの規模である。

内之浦宇宙センターは山間地であるため、安全距離を十分に取れる。また射場から東、南方向に対しては海が広がっており、ロケット打ち上げに適している地形である。

気候：

温暖な気候であり、平均気温 18.1℃、最高気温 31.7℃、最低気温 1.7℃、高い晴天率を誇る。

アクセス：

射場は、鹿児島空港から約 110km、車で 110 分ほど、鹿児島中央駅から約 130km、車で 130 分ほどの距離にある。

展望場所：

宮原ロケット見学所、内之浦漁港、岸良海岸



図 7.2.1-3 内之浦射場位置 (@google) [7-6]

○種子島宇宙センター

場所：

鹿児島県種子島は 445km²、人口 33,177 名（2016 年）。

静止軌道へ人工衛星を投入するためにロケットを打ち上げる際、効率的に打ち上げるには、より赤道側に打ち上げる必要があり、種子島は国内で打ち上げを行う射場としてはもっとも南(北緯 30 度)にあり、高効率に静止軌道へ衛星を打ち上げることができる。打ち上げに必要なエネルギーが少なくて済むため、より重いものを打ち上げることが可能になる。

種子島は 3 つの射場を有している。種子島に宇宙センターを作ることが決まったのは 1966 年、竹崎射場で小型ロケットによる打ち上げが 1968 年から始まり、並行して大崎射場に中型ロケット射場を整備し、1974 年から打ち上げを行なっている。竹崎射場からの打ち上げは 1998 年までの 30 年で 94 機、大崎射場からは 27 機が打ち上げられている。その後、大型ロケット発射場として吉信射場が新たに増設され、2015 年までに H—IIA、H—IIB で計 35 機が打ち上げられた。

種子島宇宙センターは射場面積 9.7km² と広い敷地を有しており、安全距離を十分に取れる。また射場から東、南方向に対しては海が広がっており、ロケット打ち上げに適している地形である。

中型ロケットに対しては、固定発射台方式を使用する。移動整備塔によりロケットの組み立て・点検整備などを行い、打ち上げ時にレール走行により 100m ほど離れて打ち上げを行う。大型ロケットの場合、組立棟で組み上げられたロケットを 500m 離れた射点に運搬台車により運ばれ打ち上げられる、移動発射台方式である。

氣候：

気候は亜熱帯気候で、年平均気温は 19.6℃、最高気温 30.6℃、最低気温 8.5℃、高い晴天率を誇る。

アクセス :

射場は、種子島空港から約 30km、車で 40 分ほどであり、西之表港から約 50km 車で 70 分の距離にある。

展望場所：

公式の打ち上げ見学場は、恵美之江展望公園、長谷展望公園、宇宙ヶ丘公園、南種子町営陸上競技場。

図 7.2.1-4 種子島射場位置 (@google) [7-7]

7.2.2 国内ロケットサービス

表 7.2.2-1 国内ロケットサービス一覧

Organization	Products and Services	Vehicle	Website
インターステラテクノロジー株式会社	Launcher	MOMO	<u>Website[7-8]</u>
インターステラテクノロジー株式会社	Launcher	ZERO	<u>Website[7-9]</u>
三菱重工	Launcher	H-IIA	<u>Website[7-10]</u>
三菱重工	Launcher	H-IIB	<u>Website[7-10]</u>
三菱重工	Launcher	H-III	<u>Website[7-10]</u>

IHI エアロスペース・JAXA	Launcher	Epsilon	<u>Website[7-11]</u>
スペースワン	Launcher	開発中	<u>Website[7-12]</u>
PD エアロスペース	Launcher	開発中	<u>Website[7-13]</u>
SPACE WALKER	Launcher	開発中	<u>Website[7-14]</u>
Space BD	PiggyBack	H-IIA	<u>Website[7-15]</u>
Space BD	PiggyBack	H-III	<u>Website[7-15]</u>
Space BD	CubeSat Deployer (ISS)	HTV (H-IIB), Cygnus (Antares230), Dragon (Falcon9)	<u>Website[7-15]</u>
三井物産エアロスペース	CubeSat Deployer (ISS)	HTV (H-IIB), Cygnus (Antares230), Dragon (Falcon9)	<u>Website[7-16]</u>

○インターステラテクノロジズ株式会社

- MOMO

打ち上げ費用：5000 万程度

ペイロード重量：20kg

高度：120km

- ZERO

打ち上げ費用：6 億以下

ペイロード重量：100kg

ペイロードサイズ：1300mm x 1200mm x 1200mm or Customizable

高度：500km（LEO）

○三菱重工

- H-IIA

打ち上げ費用：108 億

➤ ペイロード重量：5,950kg

高度：36,226km(標準静止トランスファ軌道)

➤ ペイロード重量：4,820kg

高度：36,226km(ロングコースト静止トランスファ軌道)

➤ ペイロード重量：3,300kg

高度：800km（SSO）

- ペイロード重量：10,000kg
高度：300km（LEO）
- H-IIB
 - ペイロード重量：16,500kg
高度：350-460km（HTV 軌道）
- H-III
 - ペイロード重量：4,000kg 以上
高度：500km（SSO）
 - ペイロード重量：6,500kg 以上
高度：2,700km（ロングコースト静止トランスファ軌道）

○IHI エアロスペース・JAXA

- イプシロンロケット
打ち上げ費用：45 億
 - ペイロード重量：590kg 以上、1,500kg
高度：500km（SSO）
 - ペイロード重量：365kg 以上
高度：500km（長楕円軌道）

○スペースワン

- ペイロード重量：150kg
高度：500km(SSO)
- ペイロード重量：250kg
高度：500km（LEO）

○OPD エアロスペース

高度 100km へ到達可能な完全再使用型サブオービタル宇宙飛行機の開発と利用サービス。

- 無人飛行機（微小重力実験、高高度大気観測）
 - ペイロード重量：100kg
高度：110km
- 無人飛行機（空中発射母機、衛星軌道投入、ISS 物資輸送など）
 - ペイロード重量：6,000kg
高度：110km

- 有人飛行機（宇宙旅行）
 - ペイロード重量：6+2 名（パイロット）
 - 高度：110km

○SPACE WALK

日本初発の有人宇宙飛行を目指し、高度 100km に到達可能な LNG ロケットエンジンによる弾道飛行用のスペースプレーンを開発。また、高度 40km に到達可能な再利用可能なスペースプレーンに、使い捨て小型ロケットを搭載し、小型衛星打ち上げを予定している。

高度 100km へ到達可能な完全再使用型サブオービタル宇宙飛行機の開発と利用サービス。

- 無人飛行機+小型ロケット
 - ペイロード重量：100kg
 - 高度：700km SSO
- 有人飛行機（宇宙旅行）
 - ペイロード重量：6+2 名（パイロット）
 - 高度：100km

○Space BD

ミッション策定、打ち上げ機会確保、技術調整、安全審査、環境試験、官辺手続き、打ち上げ、運用までトータルサポート。

- ISS からの衛星放出サービス
 - ペイロードサイズ：1U-6U サイズ 1U あたり 0.13kg 以上 1.33kg 以下、W6U サイズ 14kg 以下、50cm 級（550mm x 350mm x 550mm）50kg 以下
 - 高度：400km（ISS 軌道）
- H-IIA 相乗り
- H-III 相乗り

○三井物産エアロスペース

米国のスペースフライト社に出資しており、スペースフライト社は民間ロケットの空いたスペースに小型衛星をのせるマッチングサービスを展開している。三井物産もこのマッチング先となる販路を開拓しており、ISS からの放出にサービスに関するサービスを行なっている。

- ISS からの衛星放出サービス

- ペイロードサイズ：1U-6U サイズ 1U あたり 0.13kg 以上 1.33kg 以下、W6U サイズ 14kg 以下、50cm 級（550mm x 350mm x 550mm）50kg 以下

高度：400km（ISS 軌道）

7.2.3 海外射場

表 7.2.3-1 は、運用中もしくは建設中の超小型衛星打ち上げ射場を示す。情報の大部分は参考文献[7-17]から取得され、追加情報は参考文献[7-18] [7-19]、そして[7-20]から取得した。

表 7.2.3-1 世界の超小型衛星打ち上げ射場

射場	国・地域	場所	交通手段
Woomera Test Range[7-21]	Australia	Woomera Prohibited Area	Public
Centro de Lançamento de Alcântara[7-22]	Brazil	Alcântara, Maranhão	Public
Centro de Lançamento da Barreira do Inferno[7-23]	Brazil	Parnamirim, Rio Grande do Norte	Public
Jiuguan Satellite Launch Center[7-24]	China	Inner Mongolia Region	Public
Taiyuan Launch Center[7-25]	China	Shanxi Province	Public
Wenchang Launch Center[7-26]	China	Hainan Island	Public
Xichang Launch Center[7-27]	China	Sichuan Province	Public
Haikou Space Center	China	Hainan Island	
Guiana Space Centre[7-28]	Europe (ESA)	Kourou, French Guiana	Public
Satish Dhawan Space Centre[7-29]	India	Sriharikota Range	Public
Thumba Equatorial Rocket Launch Station[7-30]	India	Thiruvananthapuram	Public
Pameungpeuk Spaceport[7-31]	Indonesia	Biak island	Public
Imam Khomeini Spaceport[7-32]	Iran	Semnan Province	Public
Palmachim Air Force Base[7-33]	Israel	Rishon LeZion	Public
Spaceport Malaysia[7-34]	Malaysia	Malacca	Private
Sea Launch Odyssey - Kiritimati Launch Area[7-35]	Multinational	Equatorial Pacific, South of Hawaii	Public
Rocket Lab Launch Complex 1, New Zealand[7-36]	New Zealand	Wairoa	Public

<u>Sohae Satellite Launching Station[7-37]</u>	North Korea	Cholsan	Public
<u>Tonghae Satellite Launching Ground[7-38]</u>	North Korea	Musudan-ri	Public
<u>Andøya Space Center[7-39]</u>	Norway	Andøya	Public
<u>Baikonur Cosmodrome[7-40]</u>	Russia	Baikonur, Kazakhstan	Public
<u>Dombarovsky Missile Base[7-41]</u>	Russia	Yasny	Public
<u>Kapustin Yar[7-42]</u>	Russia	Near Volgograd	Public
<u>Plesetsk Cosmodrome[7-43]</u>	Russia	Plesetsk	Public
<u>Vostochny Cosmodrome[7-44]</u>	Russia	Svobodny region	Public
<u>Naro Space Center[7-45]</u>	South Korea	Naro Island	Public
<u>Esrang Space Center[7-46]</u>	Sweden	Northern Sweden near Kiruna	Public
<u>Blue Origin Launch Site[7-47]</u>	United States	West Texas	Private
<u>Camden Spaceport[7-48]</u>	United States	Camden County, Georgia	Public
<u>Cape Canaveral Air Force Station[7-49]</u>	United States	Cape Canaveral, Florida	Public
<u>Cecil Spaceport[7-50]</u>	United States	Jacksonville, Florida	Private
<u>Edwards Air Force Base[7-51]</u>	United States	Edwards, California	Public
<u>Kennedy Space Center[7-52]</u>	United States	Cape Canaveral, Florida	Public
<u>Houston Spaceport[7-53]</u>	United States	Houston, Texas	Public
<u>Mid-Atlantic Regional Spaceport[7-54]</u>	United States	Midland, Texas	Public
<u>Mojave Air and Space Port[7-55]</u>	United States	Mojave, California	Public
<u>Pacific Missile Range Facility, Barking Sands[7-56]</u>	United States	Barking Sands, Kauai, Hawaii	Public
<u>Pacific Spaceport Complex – Alaska[7-57]</u>	United States	Kodiak Island, Alaska	Public
<u>Poker Flat Research Range[7-58]</u>	United States	Near Fairbanks, Alaska	Public
<u>SpaceX Texas Launch Site[7-59]</u>	United States	Brownsville, Texas	Public
<u>Spaceport America[7-60]</u>	United States	Truth or Consequences, New Mexico	Public
<u>Ronald Reagan Ballistic Missile Defense Test Site[7-61]</u>	United States	Marshall Islands	Public
<u>Vandenberg Air Force Base[7-62]</u>	United States	Near Lompoc, California	Public
<u>Wallops Flight Facility[7-63]</u>	United States	Wallops Island, Virginia	Public
<u>White Sands Space Harbor[7-64]</u>	United States	Southern New Mexico	Private

47 箇所の射場の統計情報を図 7.2.3-1 と 7.2.3-2 に示す。ロケット射場の 40.1%は米国にあり、続いてロシアと中国が 11.4%ある。ブラジル、インド、そして北朝鮮は 4.5%、インドネシア、マレーシア、ノルウェー、韓国、ESA、スウェーデン、オーストラリア、イスラエル、イラン、ニュージーランドはそれぞれ 2.3%である。

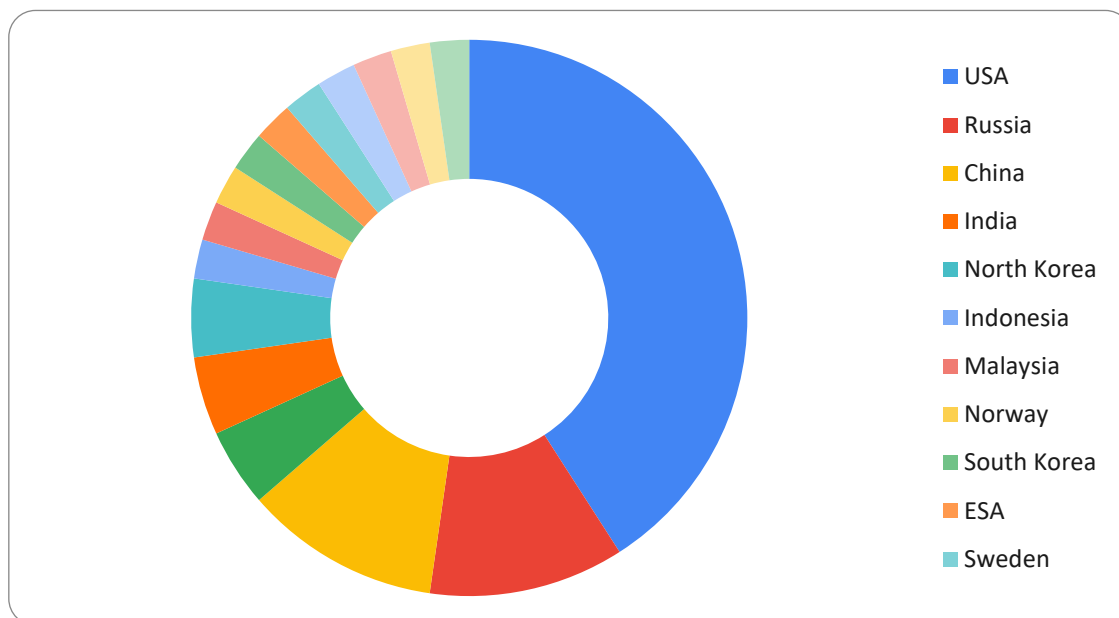


図 7.2.3-1 世界の超小型衛星打ち上げ射場の割合

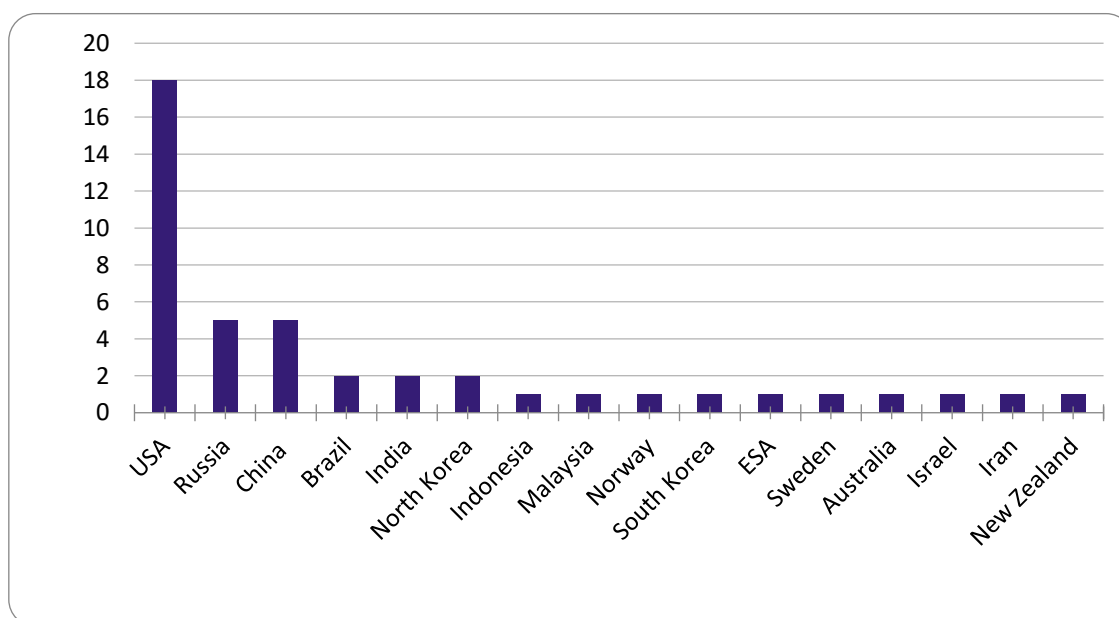


図 7.2.3-2 各国・地域の超小型衛星打ち上げ射場の数

7.2.4 海外ロケットサービス

7.2.4.1 超小型衛星打ち上げ業者

表 7.2.4.1-1 に海外の超小型衛星の打ち上げ業者を示す。データの大部分は、参考文献[7-65]から供給されます。2018 年以降に開発された打ち上げ業者は参考文献[7-66] [7-67]から得た。

表 7.2.4.1-1 海外の超小型衛星の打ち上げ業者

企業	サービス	打ち上げ機	国	Website
ABL Space Systems[7-68]	Launcher (Dedicated)	RS1	US	Website[7-69]
Advanced Rockets Corporation[7-70]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-71]
Aerojet Rocketdyne[7-72]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-73]
Aevum[7-74]	Launcher (Dedicated), Launch Provider	Ravn	US	Website[7-75]
Agnikul Cosmos[7-76]	Launcher (Dedicated)		India	Website[7-77]
Aphelion Orbitals[7-78]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-78]
ARCA Space[7-79]	Launcher (Dedicated)	Haas 2C	US, Romania	Website[7-80]
Arianespace	Piggyback	Ariane 5	ESA	Website[7-81]
Arianespace	Piggyback	Soyuz	ESA	Website[7-82]
Arianespace	Piggyback	Ariane 6	ESA	Website[7-83]
Arianespace	Piggyback	Vega C	ESA	Website[7-84]
ASRI	Launcher (Dedicated)	AUSROC-Nano	Australia	Website[7-85]
Astra Space (Stealth Space Company) [7-86]	Launcher (Dedicated)	Astra	US	Website[7-87]
Avio[7-88]	Launcher (Dedicated)	Vega	Italy	Website[7-89]
B2Space[7-90]	Launcher (Dedicated)		UK	Website[7-91]
Bagaveev Corporation[7-92]	Launcher (Dedicated)	Demo	US	Website[7-93]
Bellatrix Aerospace[7-94]	Launcher (Dedicated)	Chetak	India	Website[7-95]
Beyond Earth	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-96]
Black Arrow[7-97]	Launcher (Dedicated)	Black Arrow-2	UK	Website[7-98]
BlackSky	Launcher (Dedicated)		Australia	Website[7-99]
bluShift Aerospace[7-100]	Launcher (Dedicated)	Red Dwarf	US	Website[7-101]

CASIC / ExPace	Launcher (Dedicated)	Kuaizhou	China	Website[7-102]
China Academy of Launch Vehicle Technology	Piggyback	CZ-4B	China	Website[7-103]
China Academy of Launch Vehicle Technology	Piggyback	CZ-2D	China	Website[7-104]
Celestia Aerospace	Launcher (Dedicated)	Sagittarius	Spain	Website[7-105]
CloudIX (Nine) [7-106]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-107]
Comisión Nacional de Actividades Espaciales	Launcher (Dedicated)	Tronado	Argentina	Website[7-108]
Cubecab[7-109]	Launcher (Dedicated)	CubeCab	US	Website[7-110]
Dawn Aerospace[7-111]	Launcher (Dedicated)		Netherlands, New Zealand	Website[7-112]
Earth to Sky[7-113]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-114]
Eclipse Orbital[7-115]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-116]
EPIC Aerospace[7-117]	Launcher (Dedicated)		Argentina	Website[7-118]
Equatorial Space Industries[7-119]	Launcher (Dedicated)		Singapore	Website[7-120]
Exos Aerospace[7-121]	Launcher (Dedicated)	Sarge	US	Website[7-122]
Eurockor Launch Services	Piggyback	Rokot	Russia	Website[7-123]
Firefly[7-124]	Launcher (Dedicated)	Firefly α	US	Website[7-125]
Frontier Astronautics[7-126]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-127]
Galactic Energy	Launcher (Dedicated)	Pallas-1	China	Website[7-128]
Generation Orbit[7-129]	Launcher (Dedicated)	Go_Launcher	US	Website[7-130]
Gilmour Space[7-131]	Launcher (Dedicated)	Eris NLV	Australia	Website[7-132]
Heliag[7-133]	Launcher (Dedicated)	ALV-2	Australia	Website[7-134]
HyImpulse[7-135]	Launcher (Dedicated)		Germany	Website[7-136]
Iran Space Agency	Piggyback	Safir 2	Iran	Website[7-137]
ISRO	Piggyback	PSLV	India	Source[7-138]
i-space	Launcher (Dedicated)	Hyperbola-1	China	Website[7-139]
Independence-X[7-140]	Launcher (Dedicated)	DNLV	Malaysia	Website[7-141]
Interorbital Systems	Launcher (Dedicated)	Neptune	US	Website[7-142]
ISC Kosmotras	Piggyback	Dnepr	Russia	Website[7-143]
Isar Aerospace[7-144]	Launcher (Dedicated)	Spectrum	Germany	Website[7-145]
Israel Aerospace Industries	Launcher (Dedicated)	Shavit	Israel	Website[7-146]
LandSpace[7-147]	Launcher (Dedicated)	LandSpace ZQ-1	China	Website[7-148]

Lapan	Launcher (Dedicated)	RPS-01	Indonesia	Website[7-149]
Laros	Launcher (Dedicated)	LAROS - RN1	Russia	Website[7-150]
LAUNCHER Space[7-151]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-152]
Leaf Space[7-153]	Launcher (Dedicated)		Italy	Website[7-154]
Lin Industrial[7-155]	Launcher (Dedicated)	Taimyr NLV	Russia	Website[7-156]
Link Space (Linkspace) [7-157]	Launcher (Dedicated)	NewLine-1 rocket	China	Website[7-158]
Mishaal	Launcher (Dedicated)	M-OV	US	Website[7-159]
Nammo Raufoss AS	Launcher (Dedicated)	NorthStar NLV	Norway	Website[7-160]
NewSpace India Ltd	Launcher (Dedicated)	SSLV	India	Website[7-161]
Northrop Grumman	Launcher (Dedicated)	Pegasus	US	Website[7-162]
Northrop Grumman	Launcher (Dedicated)	Minotaur	US	Website[7-163]
OHB Cosmos Launch Services[7-164]	Launcher (Dedicated), CubeSat Deployer / Dispenser		Germany	Website[7-165]
One Space[7-166]	Launcher (Dedicated)	Onespace OS-X	China	Website[7-167]
Orbex Space[7-168]	Launcher (Dedicated)	Prime	UK	Website[7-169]
Orbital Sciences	Launcher (Dedicated)	Pegasus	US	Website[7-170]
Orbital Access[7-171]	Launcher (Dedicated)		UK	Website[7-172]
Pangea Aerospace[7-173]	Launcher (Dedicated)	Meso	Spain	Website[7-174]
PLD Space	Launcher (Dedicated)	Arion-2	Spain	Website[7-175]
Relativity space	Launcher (Dedicated)	Terran 1	US	Website[7-176]
Rocket Lab[7-177]	Launcher (Dedicated)	Electron Rocket	New Zealand	Website[7-178]
Rocketcrafters[7-179]	Launcher (Dedicated)	Intrepid-1	US	Website[7-180]
RocketStar[7-181]	Launcher (Dedicated)	Starlord	US	Website[7-182]
Rocketsan	Launcher (Dedicated)	Burak NLV	Turkey	Website[7-183]
Sandia National Lab	Launcher (Dedicated)	Super Strypi	US	Website[7-184]
Scorpius Space Launch Company	Launcher (Dedicated)	Demi-Sprite	US	Website[7-185]
Skyroot Aerospace[7-186]	Launcher (Dedicated)	Vikram-1	India	Website[7-187]
Skyrora[7-188]	Launcher (Dedicated)	Skyrora-XL	UK, Ukraine	Website[7-189]
Space Ops[7-190]	Launcher (Dedicated)		Australia	Website[7-191]
SpaceDarts[7-192]	Launcher (Dedicated)		US, Spain, Russia	Website[7-193]
SpaceForest	Launcher (Dedicated)	PERUN	Poland	Website[7-194]

Space Launch Services	Launcher (Dedicated)	Prometheus-1	UK	Website[7-195]
SpaceRyde (Loonify) [7-196]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-197]
Space Transportation	Launcher (Dedicated)	Jiageng-1	China	Website[7-198]
Space X	Rideshare	Falcon 9	US	Website[7-199]
SpinLaunch[7-200]	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-201]
Stratolaunch	Launcher (Dedicated)		US	Website[7-202]
Swedish Space Corporation	Launcher (Dedicated)	SmallSat Express,	Sweden	Website[7-203]
Swiss Space Systems	Launcher (Dedicated)	SOAR	Switzerland	Website[7-204]
TiSpace	Launcher (Dedicated)	Hapith	Taiwan	Website[7-205]
ULA	Rideshare	Atlas V	US	Website[7-206]
ULA	Rideshare	Delta II	US	Website[7-207]
ULA	Rideshare	Delta IV	US	Website[7-208]
Virgin Orbit / VOX Space[7-209]	Launcher (Dedicated)	LauncherOne	US	Website[7-210]
XCOR Aerospace	Launcher (Dedicated)	Lynx Mark III	US	Website[7-211]
Zero 2 Infinity[7-212]	Launcher (Dedicated)	Bloostar	Spain	Website[7-213]

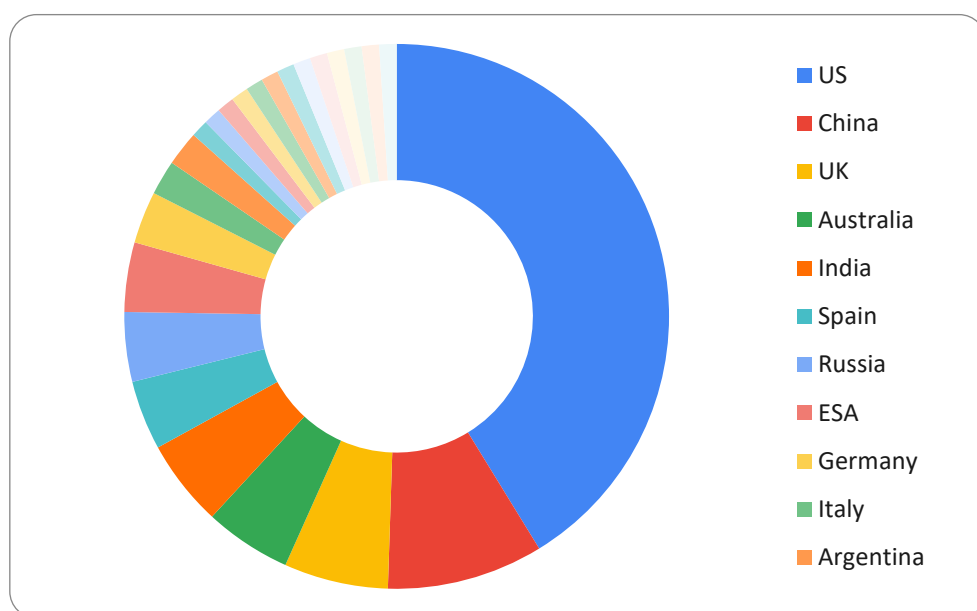


図 7.2.4.1-1 超小型衛星打ち上げ企業

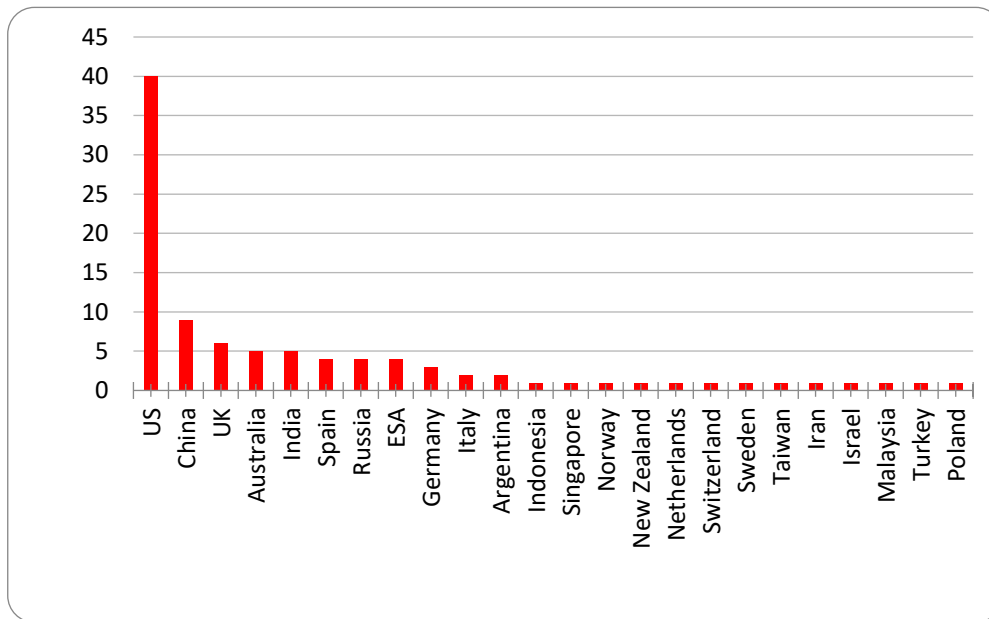


図 7.2.4.1-2 各国・地域の超小型衛星打ち上げ企業数

図 7.2.4.1-1 と図 7.2.4.1-2 は各国・地域の打ち上げ業者の割合、及び数を示す。打ち上げ業者の 41.2%は米国、9.3%は中国、6.2%は英国である。続いて、オーストラリアとインドが 5.2%、ESA、スペイン、ロシアは 4.1%、ドイツは 3.1%、イタリアとアルゼンチンは 2.1%、残りはインドネシア、ニュージーランド、シンガポール、ノルウェー、オランダ、スウェーデン、スイス、台湾、イラン、イスラエル、マレーシア、トルコ、ポーランドである。

7.2.4.2 打ち上げブローカー

表 7.2.4.2-1 は超小型衛星の打ち上げブローカーを示す。データの大部分は参考文献[7-214]から得た。図 7.2.4.2-1 と図 7.2.4.2-2 から、ブローカーの 41.4%が米国で生まれていることが分かる。英国は 20.7%で 2 番目である。ドイツとイタリアは各々10.3%、6.9%であり、続いてドバイ、カナダ、インド、リトアニア、ロシア、オランダが各々3.4%を占めている。

表 7.2.4.2-1 打ち上げブローカー

企業	サービス	国	Website
Adaptive Launch Solution	Mission integration, analysis, and testing on Atlas V and Delta IV launch vehicles	US	Website[7-215]

Alba Orbital	PocketQubes rideshare	UK	Website[7-216]
Astrobotic[7-217]	Launch Provider / Brokerer, Visual Navigation System	US	Website[7-218]
Circle Aerospace[7-219]	Launch Provider / Brokerer, CubeSat Bus/Platform	Dubai	Website[7-220]
Commercial Space Technologies (CST)	Launch Provider / Brokerer	UK, Moscow	Website[7-221]
D-Orbit	Launch Service Provider	Italy	Website[7-222]
Earth2Orbit	Launch Broker for Antrix	India	Website[7-223]
ECM	Launch Service Provider	Germany	Website[7-224]
Exolaunch[7-225]	CubeSat Deployer / Dispenser, Launch Provider / Brokerer	Germany	Website[7-226]
GAUSS	Rideshare	Italy	Website[7-227]
German Orbital Systems	Launch service provider	Germany	Website[7-228]
GK Launch Services (Glavkosmos) [7-229]	Launch Provider / Brokerer, Shop / Marketplace	Russia	Website[7-230]
Goonhilly Earth Station[7-231]	Ground Station Network, Launch Provider / Brokerer	UK	Website[7-232]
ISILAUNCH	Dedicated, Rideshare, Special Orbits, Constellation roll-out	Netherlands	Website[7-233]
KSF Space Foundation	launch opportunities for Nanosatellites	UK	Website[7-234]
LaMont Aerospace[7-235]	Launch Provider / Brokerer	US	Website[7-236]
Maxar Space Systems Loral (SSL)	Ride Shares to Launch	US	Website[7-237]
Nanoavionics		Lithuania	Website[7-238]
NanoRacks[7-239]	Launch Provider / Brokerer	US	Website[7-240]
Open Cosmos	Dedicated, Rideshare, Integration	UK	Website[7-241]
Precious Payload[7-242]	Launch Provider / Brokerer, Insurance Service	US	Website[7-243]
Qinetiq Space	Launch Provider / Brokerer	US	Website[7-244]
SEOPS (Satellite & Extraterrestrial Operations & Procedures)	Launch Provider / Brokerer	US	Website[7-245]
SkyCorp (Raptor Space Services) [7-246]	Launch Provider / Brokerer	US	Website[7-247]
Space Flight Laboratory (SFL) [7-248]	CubeSat Bus/Platform, Launch Provider / Brokerer, CubeSat Deployer / Dispenser,	Canada	Website[7-249]

Spaceflight[7-250]	Launch Provider / Brokerer, Insurance Service,	US	Website[7-251]
Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL)		UK	Website[7-252]
TriSept[7-253]	Launch Provider / Brokerer	US	Website[7-254]
Tyvak Systems	Nanosatellite Launch	US	Website[7-255]

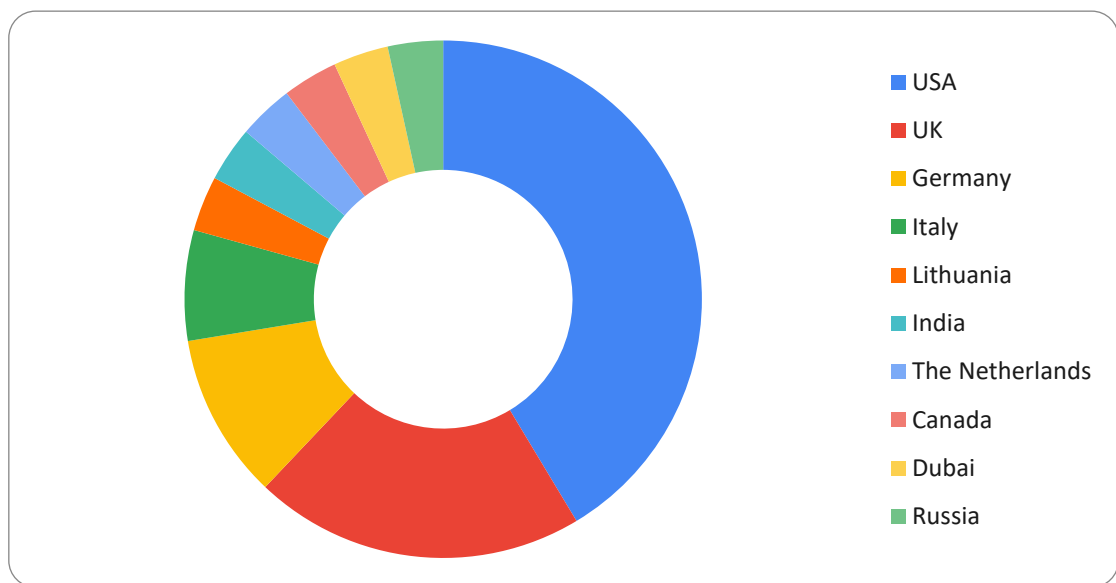


図 7.2.4.2-1 超小型衛星打ち上げブローカー

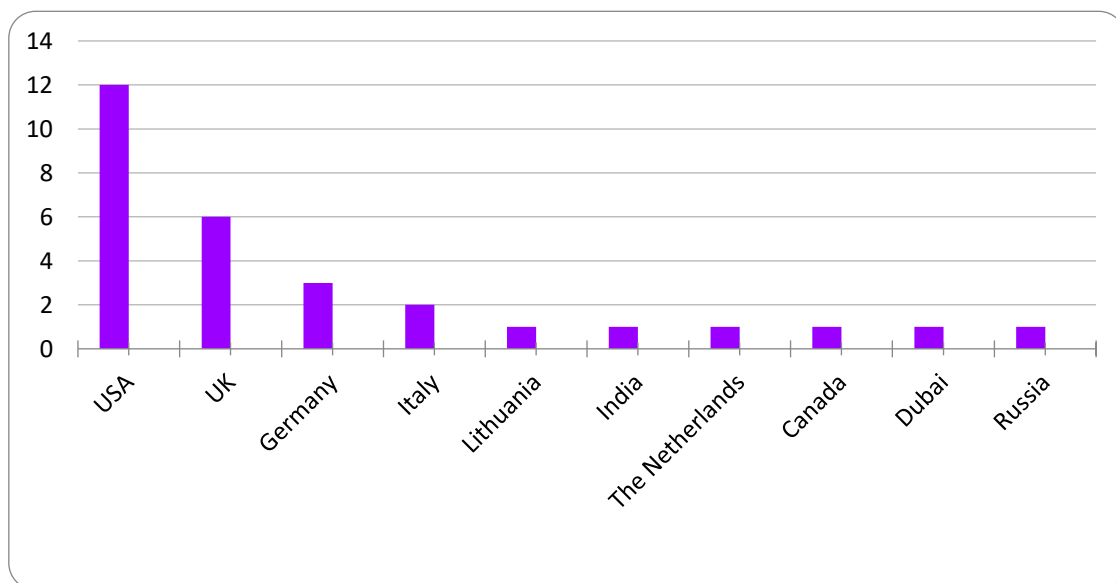


図 7.2.4.2-1 各国・地域の超小型衛星打ち上げブローカー数

7.2.5 聞き取り調査

海外の射場・打ち上げサービスを利用・見学した国内関係者への聞き取り調査を行った結果を以下に示す。

表 7.2.5-1 聞き取り調査結果

PSLV	Soyuz	Electron
射場環境 ・暑い、日中は、日陰以外は歩けない。 ・打ち上げ施設は空港・街から遠い。 - 片道4～6時間。 ・検問が多い。(打ち上げ施設のある集落に入る際、打ち上げ施設に入る際、建物に入る際、クリーンルームに入る際) ・打ち上げ施設に入る際に、PCやカメラの持ち込みをチェックされる。(禁止というわけではない、チェックも結構緩い)。 ・クリーンルームは十分に広く、特に作業性に事欠くことはない。 ・電源電圧やプラグ形状が異なる。 ・電源は常時供給と夜間 OFF がある。 ・施設の方はクリーンルームにマスク無し・裸足で入室したりする。 ・各人が自分の仕事のスペシャリストである。逆に言えば自分の仕事以外には関心がないように感じた。	射場・作業環境 ・組織ごとに部屋が用意されており、プリンタやインターネットなどもあり、オフィスとしても使用可能。 ・作業エリアは、組織ごとにパーティションで仕切られており、個別に施錠も可能。 ・事前に必要電力量、コンセント数、作業机や椅子の数など調整した内容で準備しており、可能な範囲で追加の物などの準備も対応して貰える。	射場・作業環境 ・設備が新しく、綺麗 ・個室で最終調整、インテグレーションができるようになっている。 ・専用のコンソールを見ながら打ち上げの状況をモニタできる。 ・射場が半島の先端にあり、半径5km 程度は道路が完全には舗装されておらず、衛星の輸送時は注意が必要。 ・舗装されていない道中では携帯電話がつながりにくい。
サービス ・現地での移動はすべて送迎してもらえる。 ・専任で1人担当してもらえ、業務的なことから日常生活まで基本的にこの方に案内してもらえる。 ・基本英語で話してもらえる。 ・専任の方以外の現地人も英語だが、訛りが強く、非常に聞き取りづらい。 ・集落内にあるアパート的ところが拠点となり、一人一部屋鍵付きの部屋が支給される。	サービス ・衛星のフェアリング搭載など、現地作業員と作業する際には、英語の通訳を行ってくれ、特に問題なく意思疎通は可能。 ・衛星搭載に関しての様々な事に真摯に対応してくれ、可能な範囲で要望などに柔軟に対応して貰える。 ・事前に射場の作業エリア見学などのサイトサーベイの実施してくれる。 ・現地滞在中の週末に街の案内などを行ってくれる。	サービス ・射場の近くに宿泊設備があり、海辺にあって景色が綺麗 ・射場近くには売店やレストランが十分にはない

・部屋はベッドが2つあっても窮屈さを感じないほどに十分に広い。 ・トイレ、TV、エアコン、冷蔵庫もある。 ・ネットワークとしては Wifi が整備されている。 ・停電が頻繁に起こる。 ・風呂場もあるが、シャワーの出が悪く、温度調節もできない。 ・洗濯機はない。 ・部屋に洗濯用の籠があり、そこに洗濯したいものを入れておけば多分対応してもらえる(使用しなかった)。 ・たまに知らない人が訪ねてきたりするため、プライバシーは低い。 ・外出時は鍵をフロントに預けるため、貴重品の管理はしっかりとしたほうが良い。 ・集落には売店等があるが、買い物や観光ができるような場所ではない。 ・唯一の観光施設としてロケットミュージアムがある(開館時間的に入れなかった)。 ・集落内には病院もあり、怪我や病気にかかった時には夜間でも対応してもらえる。 ・犬や牛がそこら辺を普通に歩いている。 ・虫はそこまで多くない。 ・食事は食堂的なところでふるまわれる。 ・水はペットボトルのものが十分に支給される。 ・食事は3食、朝は軽くだが、昼・夜は前菜・メイン・デザートまでふるまわれる。 ・油を使った料理が多い、またパクチー臭が強い。 ・衛生面はちゃんとしている。 ・サラダなどで生野菜が出てくるが、食べても当たることはない。 ・拠点から打ち上げ施設までも距離があり、毎日送迎してもらえる。 ・昼食は食堂で食べるため、その都度拠点まで戻ることとなる。		

参考文献

- [7-1] <https://www.spaceworks.aero/wp-content/uploads/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-9th-Edition-2019.pdf>
- [7-2] 「宇宙で変わる北海道の未来、日本の未来」,北海道経済連合会, 2019
- [7-3] JAXA Note 2008, (財)日本宇宙フォーラム, 宇宙航空研究開発機構, pp.418-419.
- [7-4] https://www.google.com/maps?sxsrf=ALeKk02WwnOefltp2mh5ymxUoVIPU2jXcA:1585015550138&q=%E5%A4%A7%E6%A8%B9%E7%94%BA%E5%B0%84%E5%A0%B4&uact=5&um=1&ie=UTF-8&sa=X&ved=2ahUKewjr-42Hg7LoAhViG6YKHSapA9MQ_AUoAXoECGcQAw
- [7-5] <https://www.google.com/maps/place/%E5%92%8C%E6%AD%8C%E5%B1%B1%E7%9C%8C%E6%9D%B1%E7%89%9F%E5%A9%81%E9%83%A1%E4%B8%B2%E6%9C%AC%E7%94%BA/@33.5106064,135.6908915,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x60063a87c7b7906d:0x5c43c55ae70458ed!8m2!3d33.4725476!4d135.7814691>
- [7-6] <https://www.google.com/maps/place/JAXA+%E5%86%85%E4%B9%8B%E6%B5%A6%E5%AE%87%E5%AE%99%E7%A9%BA%E9%96%93%E8%A6%B3%E6%B8%AC%E6%89%80/@31.2533739,130.9703928,10.11z/data=!4m5!3m4!1s0x353ebadf2bdfdd6b:0x2f00b2429bd29380!8m2!3d31.2512358!4d131.0761107>
- [7-7] <https://www.google.com/maps/place/%E7%A8%AE%E5%AD%90%E5%B3%B6%E5%AE%87%E5%AE%99%E3%82%BB%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%BC+%E5%AE%87%E5%AE%99%E7%A7%91%E5%AD%A6%E6%8A%80%E8%A1%93%E9%A4%A8/@30.5421136,130.6357692,9.53z/data=!4m8!1m2!2m1!1z56iu5a2Q5bO25bCE5aC0!3m4!1s0x0:0xe41d40b31890ec74!8m2!3d30.3748005!4d130.9577179>
- [7-8] <http://www.istellartech.com/technology/momo>
- [7-9] <http://www.istellartech.com/technology/zero>
- [7-10] https://www.mhi.com/jp/products/space/launch_service.html
- [7-11] http://www.jaxa.jp/projects/rockets/epsilon/index_j.html
- [7-12] <https://www.space-one.co.jp/>
- [7-13] <https://pdas.co.jp/>
- [7-14] <https://www.space-walker.co.jp>
- [7-15] <https://space-bd.com/>
- [7-16] <http://aerospace.mitsui.co.jp/>

- [7-17] Spaceports: The Space Report 2017, <https://www.thespacereport.org/>
- [7-18] <https://space.skyrocket.de/directories/launchsites.htm>
- [7-19] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_rocket_launch_sites
- [7-20] Bryce Report, Orbital and Suborbital Launch Sites of the World (2019)
- [7-21] <https://www.defence.gov.au/woomera/about.htm>
- [7-22] <http://www2.fab.mil.br/cla/>
- [7-23] <http://www.fab.mil.br/organizacoes/mostra/74/CENTRO%20DE%20LAN%C3%87A%20MENTO%20DA%20BARREIRA%20DO%20INFERNO>
- [7-24] <https://www.nti.org/learn/facilities/71/>
- [7-25] <http://www.cgwic.com/LaunchServices/LaunchSite/TSLC.html>
- [7-26] https://en.wikipedia.org/wiki/Wenchang_Spacecraft_Launch_Site
- [7-27] <http://www.cgwic.com/LaunchServices/LaunchSite/XSLC.html>
- [7-28] <https://www.arianespace.com/spaceport-facility/>
- [7-29] <https://www.isro.gov.in/about-isro/satish-dhawan-space-centre-sdsc-shar>
- [7-30] https://en.wikipedia.org/wiki/Thumba_Equatorial_Rocket_Launching_Station
- [7-31] https://en.wikipedia.org/wiki/National_Institute_of_Aeronautics_and_Space#Biak_Spaceport
- [7-32] https://en.wikipedia.org/wiki/Imam_Khomeini_Spaceport
- [7-33] https://en.wikipedia.org/wiki/Palmachim_Airbase
- [7-34] <http://spaceportmalaysia.com/V3/>
- [7-35] <http://s7space.ru/en/launch-sea/>
- [7-36] https://en.wikipedia.org/wiki/Rocket_Lab_Launch_Complex_1
- [7-37] https://en.wikipedia.org/wiki/Sohae_Satellite_Launching_Station
- [7-38] https://en.wikipedia.org/wiki/Tonghae_Satellite_Launching_Ground
- [7-39] <https://www.andoyaspace.no/>
- [7-40] https://www.nasa.gov/mission_pages/station/structure/elements/baikonur.html
- [7-41] https://en.wikipedia.org/wiki/Dombrovsky_Air_Base
- [7-42] https://en.wikipedia.org/wiki/Kapustin_Yar
- [7-43] <http://www.russianspaceweb.com/plesetsk.html>
- [7-44] <http://www.russianspaceweb.com/svobodny.html>
- [7-45] https://www.kari.re.kr/eng/sub03_03_04.do
- [7-46] <https://www.sscspace.com/ssc-worldwide/esrange-space-center/>
- [7-47] <https://www.blueorigin.com/>

- [7-48] <https://spaceportcamden.us/>
- [7-49] <http://afspacemuseum.org/ccafs/>
- [7-50] <https://www.bizjournals.com/jacksonville/news/2019/09/18/cecil-spaceport-moves-one-step-closer-to-space.html>
- [7-51] <https://www.edwards.af.mil/>
- [7-52] <https://www.nasa.gov/centers/kennedy/home/index.html>
- [7-53] <https://www.fly2houston.com/spaceport/>
- [7-54] <https://www.vaspace.org/>
- [7-55] <https://www.mojaveairport.com/>
- [7-56] https://www.cnmc.navy.mil/regions/cnrh/installations/pacific_missile_range_facility_barking_sands.html
- [7-57] <https://akaerospace.com/capabilities/pacific-spaceport-complex-alaska-psca>
- [7-58] <https://www.pfrr.alaska.edu/content/welcome-poker-flat>
- [7-59] <https://www.sopadre.com/spacex/>
- [7-60] <https://www.spaceportamerica.com/>
- [7-61] https://en.wikipedia.org/wiki/Ronald_Reagan_Ballistic_Missile_Defense_Test_Site
- [7-62] <https://www.vandenberg.af.mil/>
- [7-63] <https://www.nasa.gov/centers/wallops/home>
- [7-64] <https://www.nasa.gov/centers/wstf/about/history/WSSH.html>
- [7-65] Carlos Niederstrasser. "Small Launch Vehicles – A 2018 State of the Industry Survey". *Proceedings of the 32nd Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites*. Logan, UT.
- [7-66] <http://www.parabolicarc.com/2015/10/04/updated-list-smallsat-launch-vehicles/>
- [7-67] <https://forum.nasaspaceflight.com/index.php?topic=38583.0>
- [7-68] <https://www.nanosats.eu/org/abl-space-systems.html>
- [7-69] <https://www.ablspacesystems.com/>
- [7-70] <https://www.nanosats.eu/org/advanced-rockets-corporation>
- [7-71] <https://airbreathing.space>
- [7-72] <https://www.nanosats.eu/org/aerojet-rocketdyne>
- [7-73] <https://www.rocket.com/>
- [7-74] <https://www.nanosats.eu/org/aevu>
- [7-75] <https://www.aevumspace.com/>
- [7-76] <https://www.nanosats.eu/org/agnikul>

- [7-77] <http://www.agnikul.in/#space>
- [7-78] <https://www.nanosats.eu/org/aphelion-orbitals>
- [7-79] <https://www.nanosats.eu/org/arca-space>
- [7-80] www.arcaspace.com
- [7-81] <https://www.arianespace.com/vehicle/ariane-5/>
- [7-82] <https://www.arianespace.com/vehicle/soyuz/>
- [7-83] <https://www.arianespace.com/ariane-6/>
- [7-84] <https://www.arianespace.com/vega-c/>
- [7-85] http://www.b14643.de/Spacerockets_3/ASRI-RMITU/Description/Frame.htm
- [7-86] <https://www.nanosats.eu/org/astra-space>
- [7-87] <https://www.linkedin.com/company/astraspace/about/>
- [7-88] <https://www.nanosats.eu/org/avio>
- [7-89] <https://www.avio.com/vega>
- [7-90] <https://www.nanosats.eu/org/b2space>
- [7-91] <http://www.b2-space.com/>
- [7-92] <https://www.nanosats.eu/org/bagaveev-corporation>
- [7-93] <http://bagaveev.com/>
- [7-94] <https://www.nanosats.eu/org/bellatrix-aerospace>
- [7-95] <http://www.bellatrixaerospace.com/>
- [7-96] <http://www.bellatrixaerospace.com/>
- [7-97] <https://www.nanosats.eu/org/black-arrow>
- [7-98] <https://blackarrow-space.uk>
- [7-99] <https://bsaero.space/>
- [7-100] <https://www.nanosats.eu/org/blushift-aerospace>
- [7-101] <https://blushiftaerospace.com>
- [7-102] <https://www.asianscientist.com/2016/09/columns/final-frontiers-expace-chinas-version-spacex-casic/>
- [7-103] [https://en.wikipedia.org/wiki/Long_March_\(rocket_family\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Long_March_(rocket_family))
- [7-104] https://en.wikipedia.org/wiki/Long_March_2D
- [7-105] <https://celestiaaerospace.com>
- [7-106] <https://www.nanosats.eu/org/cloudix>
- [7-107] www.cloudix.space
- [7-108] https://space.skyrocket.de/doc_lau/tronador-2.htm

- [7-109] <https://www.nanosats.eu/org/cubecab.html>
- [7-110] <http://cubecab.com/>
- [7-111] <https://www.nanosats.eu/org/dawn-aerospace>
- [7-112] <https://dawnaerospace.com>
- [7-113] <https://www.nanosats.eu/org/earth-to-sky>
- [7-114] <https://earthtosky.com>
- [7-115] <https://www.nanosats.eu/org/eclipse-orbital>
- [7-116] <https://www.f6s.com/eclipseorbital>
- [7-117] <https://www.nanosats.eu/org/epic-aerospace>
- [7-118] <http://epic-aerospace.com/>
- [7-119] <https://www.nanosats.eu/org/equatorial-space-industries>
- [7-120] <https://www.equatorialspace.com/>
- [7-121] <https://www.nanosats.eu/org/exos-aerospace>
- [7-122] <https://exosaero.com/>
- [7-123] <http://www.russianspaceweb.com/rockot.html>
- [7-124] <https://www.nanosats.eu/org/firefly>
- [7-125] <https://firefly.com/>
- [7-126] <https://www.nanosats.eu/org/frontier-astronautics>
- [7-127] <http://frontierastronautics.com/>
- [7-128] <https://gbtimes.com/chinese-rocket-company-galactic-energy-sets-sights-on-pallas-1-medium-lift-launch-vehicle>
- [7-129] <https://www.nanosats.eu/org/generation-orbit.html>
- [7-130] <http://generationorbit.com/>
- [7-131] <https://www.nanosats.eu/org/gilmour-space-technologies>
- [7-132] <https://www.gspacetech.com>
- [7-133] <https://www.nanosats.eu/org/heliaq>
- [7-134] <https://www.heliaq.com/>
- [7-135] <https://www.nanosats.eu/org/hyimpulse>
- [7-136] <http://www.hyimpulse.de/en/>
- [7-137] [https://en.wikipedia.org/wiki/Safir_\(rocket\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Safir_(rocket))
- [7-138] <https://spaceflightnow.com/2019/08/19/launch-providers-announce-rideshare-missions-large-and-small/>

[7-139] <https://spacenews.com/chinese-ospace-achieves-orbit-with-historic-private-sector-launch/>

[7-140] <https://www.nanosats.eu/org/independence-x>

[7-141] <http://www.independence-x.com/>

[7-142] <https://www.interorbital.com/>

[7-143] <http://www.russianspaceweb.com/dnepr.html>

[7-144] <https://www.nanosats.eu/org/isar-aerospace>

[7-145] <https://www.isaraerospace.com/spectrum.php>

[7-146] <https://www.iai.co.il/p/shavit>

[7-147] <https://www.nanosats.eu/org/landspace.html>

[7-148] <http://www.landspace.com/>

[7-149] http://www.b14643.de/Spacerockets_3/LAPAN/Description/Frame.htm

[7-150] <https://laros.ru/news/453/uspeshnye-peregovory-kb-laros-i-npp-zvezda/>

[7-151] <https://www.nanosats.eu/org/launcher-space>

[7-152] <https://launcherspace.com/>

[7-153] <https://www.nanosats.eu/org/leaf-space.html>

[7-154] <https://leaf.space>

[7-155] <https://www.nanosats.eu/org/lin-industrial>

[7-156] <https://en.spacelin.ru/>

[7-157] <https://en.spacelin.ru/>

[7-158] <https://linkspace.com.cn/>

[7-159] <https://www.mishaalaerospace.com/home>

[7-160] <http://www.mynewsdesk.com/no/nammo/pressreleases/nammo-ready-to-launch-norways-first-space-rocket-2572034>

[7-161] https://en.wikipedia.org/wiki/Small_Satellite_Launch_Vehicle

[7-162] <https://www.northropgrumman.com/space/pegasus-rocket/>

[7-163] <https://www.northropgrumman.com/space/minotaur-rocket/>

[7-164] <https://www.nanosats.eu/org/ohb-cosmos>

[7-165] <https://www.ohb-cosmos.de>

[7-166] <https://www.nanosats.eu/org/one-space.html>

[7-167] <http://www.onespacechina.com/en/>

[7-168] <http://www.onespacechina.com/en/>

[7-169] <https://orbex.space/#vehicle>

[7-170] <https://sst-soa.arc.nasa.gov/10-integration-launch-and-deployment>

[7-171] <https://www.nanosats.eu/org/orbital-access.html>

[7-172] <https://www.orbital-access.com>

[7-173] <https://www.nanosats.eu/org/pangea-aerospace>

[7-174] <https://www.pangeaaerospace.com/meso-rocket>

[7-175] <http://pldspace.com/new/>

[7-176] <https://www.relativityspace.com/>

[7-177] <https://www.nanosats.eu/org/rocket-lab>

[7-178] <https://www.rocketlabusa.com>

[7-179] <https://www.nanosats.eu/org/rocketcrafters.html>

[7-180] <http://www.rocketcrafters.com/>

[7-181] <https://www.nanosats.eu/org/rocketstar.html>

[7-182] <https://rocketstar.nyc/>

[7-183] http://www.b14643.de/Spacerockets_3/Rocketsan/Description/Frame.htm

[7-184] http://www.b14643.de/Spacerockets_3/Sandia-Lab/Description/Frame.htm

[7-185] <https://sst-soa.arc.nasa.gov/10-integration-launch-and-deployment>

[7-186] <https://www.nanosats.eu/org/skyroot>

[7-187] <https://skyroot.in/>

[7-188] <https://www.nanosats.eu/org/skyrora>

[7-189] <https://www.skyrora.com>

[7-190] <https://www.nanosats.eu/org/spaceops>

[7-191] <https://spaceops.com.au/>

[7-192] <https://www.nanosats.eu/org/spacedarts>

[7-193] <https://spacedarts.space>

[7-194] <https://spaceforest.pl>

[7-195] <http://www.spacels.com/>

[7-196] <https://www.nanosats.eu/org/spaceryde>

[7-197] <https://www.spaceryde.com/>

[7-198] http://www.b14643.de/Spacerockets_3/Space-Transportation/Description/Frame.htm

[7-199] <https://www.spacex.com/falcon9>

[7-200] <https://www.nanosats.eu/org/spinlaunch>

[7-201] <https://www.spinlaunch.com/>

- [7-202] <https://www.spinlaunch.com/>
- [7-203] <https://www.sscspace.com/services/science-and-launch-services/small-satellite-launches/>
- [7-204] <https://forum.nasaspaceflight.com/index.php?topic=31278.0>
- [7-205] http://www.b14643.de/Spacerockets_3/TiSpace/Description/Frame.htm
- [7-206] <https://www.ulalaunch.com/rockets/atlas-v>
- [7-207] <https://www.ulalaunch.com/rockets/atlas-v>
- [7-208] <https://www.ulalaunch.com/rockets/atlas-v>
- [7-209] <https://www.nanosats.eu/org/virgin-orbit>
- [7-210] <https://virginorbit.com/>
- [7-211] https://en.wikipedia.org/wiki/XCOR_Aerospace
- [7-212] <https://www.nanosats.eu/org/zero2infinity>
- [7-213] <http://www.zero2infinity.space/>
- [7-214] <https://www.nanosats.eu/companies>
- [7-215] <https://adaptivelaunch.com>
- [7-216] <http://www.albaorbital.com/launch>
- [7-217] <https://www.nanosats.eu/org/astrobotic>
- [7-218] <https://www.astrobotic.com/>
- [7-219] <https://www.nanosats.eu/org/circle-aerospace>
- [7-220] <https://www.circle.space>
- [7-221] <https://commercialspace.co.uk/services/>
- [7-222] <https://www.cubesat.org/new-index>
- [7-223] <http://www.earth2orbit.com/about.php>
- [7-224] <https://www.ecm.space/>
- [7-225] <https://www.nanosats.eu/org/exolaunch>
- [7-226] <https://www.ecm-space.de>
- [7-227] <https://www.gaussteam.com/satellite-launches/>
- [7-228] <https://www.cubesat.org/new-index>
- [7-229] <https://www.nanosats.eu/org/gl-launch-services.html>
- [7-230] <http://gklaunch.ru/en/news/production-of-soyuz-2-1a-with-a-fairing-for-a-commercial-mission-operated-by-gk-launch-services-is-completed/>
- [7-231] <https://www.nanosats.eu/org/goonhilly-earth-station>
- [7-232] <https://www.goonhilly.org/lunar>

[7-233] <https://www.isilaunch.com>
[7-234] <https://www.ksf.space>
[7-235] <https://www.nanosats.eu/org/lamont-aerospace>
[7-236] <https://www.lamontaerospace.org>
[7-237] http://www.sslmda.com/html/access_to_space.php
[7-238] <https://nanoavionics.com>
[7-239] <https://www.nanosats.eu/org/nanoracks.html>
[7-240] <https://nanoracks.com/>
[7-241] <https://open-cosmos.com>
[7-242] <https://www.nanosats.eu/org/precious-payload>
[7-243] <https://www.preciouspayload.com>
[7-244] <https://www.qinetiq.com/Solutions>
[7-245] <https://seopsllc.com>
[7-246] <https://www.nanosats.eu/org/skycorp>
[7-247] <http://www.skycorpinc.com/>
[7-248] <https://www.nanosats.eu/org/space-flight-laboratory>
[7-249] <https://www.utias-sfl.net>
[7-250] <https://www.nanosats.eu/org/spaceflight>
[7-251] <https://spaceflight.com/>
[7-252] <https://sst-soa.arc.nasa.gov/10-integration-launch-and-deployment>
[7-253] <https://www.nanosats.eu/org/trisept-corp>
[7-254] <https://www.trisept.com>
[7-255] <https://www.tyvak.com>

8 超小型衛星を活用したアジア等の宇宙新興国向けの支援策に係る提案

本項では、本調査研究報告書のまとめとして、超小型衛星研究開発に係る宇宙新興国に向けた支援について提言する。宇宙新興国の支援は、宇宙基本計画（平成 28 年 4 月）において述べられている「4 宇宙外交の推進及び宇宙分野に関連する海外展開戦略の強化」という具体的取組の一環として捉えることができ、

1. 国際的な枠組みを通じた宇宙空間の平和利用によって世界的課題の解決にあたり、世界の平和と人類の発展に貢献する
 2. 良好な二国間関係を維持・発展させ、日本の外交に資する
 3. 宇宙システムの輸出等につなげ、国内宇宙産業に恩恵をもたらす
 4. 日本の超小型衛星技術・利用の維持・向上につながる
- といった成果につながると考えられる。

この基本的考えに沿って、支援策を提言する前に、まず超小型衛星や宇宙新興国を取り巻く内外の状況について調査した結果を簡単に振り返る。

8.1 世界の状況

8.1.1 超小型衛星全体をとりまく状況

超小型衛星に対する政策としては、世界的に各国とも超小型衛星を対象とした特定の政策はない（少なくとも公開されていない）と推定される。しかし、各国ともに CubeSat を含む超小型衛星は、宇宙機器の軌道実証や宇宙探査のための廉価で有用なツールとしての有用性・重要性は認識しており、有用な「ツール」として学術・産業戦略に取り込まれているように見受けられる。打ち上げ手段を有する宇宙先進国では、研究機関や大学・企業等での自由な研究開発を促進し、無償の打ち上げ機会を提供して、超小型衛星技術や利用を進捗させる方向にある。自国で十分な打ち上げ機や大型衛星システムの開発技術を持たないような国に関しては超小型衛星を重要なツールとして位置付けられている。

ロケットの供給状況にもよるが、毎年 150 機～300 機の超小型衛星が世界で打ち上げられており、宇宙先進国では、大学・企業での CubeSat 開発が非常に活発に行われている。超小型衛星の従来の目的は、教育・技術実証・科学観測がメインであったが、超小型衛星を用いたデータビジネスに対する投資がなされ、欧米を中心に多くのスタートアップ企業が生まれている。また、大型衛星を製造してきた企業が参入する動きもある。Planet に代表される地球観測だけでなく、IoT/M2M などの情報収集分野でもビジネス化が期待されている。今後、超小型衛星コンステレーションによる超小型衛星の利点・機能の最大化が進めば、超

小型衛星市場が更に拡大する可能性がある。EuroConsult 等の調査によれば、今後 10 年間で超小型衛星関連の市場規模は 23 億米\$程度にまで拡大し、これまでの 10 年間の 2.3 倍の規模になる可能性がある。

また、NASA 等でも認識されているように、多地点同時観測のように宇宙科学分野にて、Game-Changing となる全く新たな展開を見せる可能性がある。マイクロ波放射計のような受動センサによる高層大気・電離層観測や天文観測分野でも貢献が期待されており、そのための衛星バス並びに小型観測機器の技術が日進月歩の進歩を見せている。

商用・民生・科学を問わず高度なミッションを支えるための姿勢決定・制御系、推進系、通信系に関する研究開発が大学・研究機関・企業でなされている。各技術を速やかに軌道上実証するために、CubeSat を出来合いの実証プラットフォームとする動きが出始めている。GOMSpace や Clyde Space などのメーカーは、迅速な軌道上技術実証を求める顧客のために実証プラットフォームとしての 3U や 6U の CubeSat を提供している。

超小型衛星コンステレーションが実現する中で、衛星の大量生産と試験、自動運用といった課題の解決が切実なものとなってきている。また、単発の超小型衛星プロジェクトのミッション成功率が未だ 60%程度しかない(大学衛星を除いても 70%程度)事実を考慮すると、低価格・短納期という超小型衛星の利点を保持したままミッション成功率を向上させるための試験・検証のあり方等、リーン衛星のコンセプトを追求する研究が必要となっている。超小型衛星に特化した試験施設は、ごく限られたものしかなく、1 週間に数個のペースで作られるコンステレーションに対応できるものはない。コンステレーションに使う衛星の設計・製造を全て自社内で閉じて行う垂直統合型か、各企業の得意分野を活かす水平分業型か、コンステレーション生産アーキテクチャの枠組みも問われている。

超小型衛星の先進的ミッションとして深宇宙探査が注目されており、NASA/JPL の MarCO による火星探査ミッションの成功もあって、多くの深宇宙探査ミッションが提唱されている。また、深宇宙探査ミッションを支える推進系、通信系、航法などの要素技術についても、研究開発が活発になされている。NASA は、Aremis-1、及び Artemis-2 といった月探査ミッションに 6U/12U の CubeSat の相乗りを認め、超小型衛星による深宇宙探査を推進しようとしている。また、地球周回軌道を用いた深宇宙探査技術の軌道上実証も行っている。米国だけでなく、欧州、中国など深宇宙への打ち上げ手段を持つ宇宙先進国でも、超小型衛星による深宇宙探査が本格的に検討、またはすでに一部実施されている。

超小型衛星の打ち上げは、米国、ESA、ウクライナ、ニュージーランド、日本、中国、ロシア、インド、イランなどが行なっている。宇宙先進国の大学は各国宇宙機関が用意する無償打ち上げの機会を利用することができるが、それ以外は、概算で 1U 1000 万円、3U 3000 ~4000 万円、6U 5000 万円、50kg 級は 1~2 億円の打ち上げ価格と言われている。Electron

などの小型ロケットが登場したが、価格的にはそれほど安くない。超小型衛星の打ち上げ需要を満たすだけのロケットが供給されているとは言い難いのが現状である。

8.1.2 宇宙新興国を取り巻く状況

宇宙新興国の宇宙プログラムの状況は、概ね 4 つの段階に分類することができる。

1. Preparatory（準備）
2. Launch（立ち上げ）
3. Sustain（持続）
4. Advanced（先端）

1 は、衛星プロジェクトが始まっていない段階である。2、3 の段階において、超小型衛星は各国の宇宙プログラムのメインドライバとなる。4 の段階に移行すると、超小型衛星を超える、より高機能で複雑な衛星への取り組みが始まっている。1、2、3 においては、キャパビルの需要が高い。

CubeSat のキット化並びに ISS からの放出が拡大する中で、より多くの国々が CubeSat によって宇宙参入を図ろうとしている（2. Launch ステージ）。中南米、中東、アジアにおいては、CubeSat による 1 号衛星をほぼ達成し、2 号機にむけて各国・地域で、宇宙プログラムを持続可能なものとするための模索が続いている（3. Sustain ステージ）。アフリカでは、1 号衛星の波がちょうど現れつつある。衛星開発を伴うキャパビルは、SSTL や SatRec-i が手がけるような 100kg 超の小型衛星を主流としたものから、CubeSat を使ったものに移行しつつある。**キャパビル衛星の Commodity 化**とも言える。

シンガポール、台湾、UAE、トルコ、南アフリカなどは、キャパビルの受益者の立場を卒業している（4. Advanced ステージ）。しかし、自前の打ち上げ手段をもたないため、打ち上げ手段をもつ宇宙先進国との協力は欠かせない。しかし、その場合でも対等な関係での国際協力を求めている。その中で、宇宙技術を更に進化させるため、深宇宙探査などの先進的なミッションを共同で行うことも要望している。

8.2 日本の立ち位置

8.1 で述べたような世界的な情勢の中で、超小型衛星に関して、日本の世界の中における立ち位置を、日本が高い競争力をもつ分野、日本が諸外国と拮抗している分野、日本が諸外国に対して遅れている分野に3つに分けて分析する。

8.2.1 日本が世界に対して高い競争力を持つ分野

超小型衛星分野、特に CubeSat、でのキャパビルにおいては、大学を中心として日本が世界をリードしている。

要因としては、

- ISS 放出という打ち上げ手段を JAXA が低価格で提供できたこと
- 国内での超小型衛星開発の実績が 2000 年代から蓄積されていたこと
- UNISEC などを通じて大学間の互惠精神が養われてきたこと
- UNISEC による CLTP、九工大による PNST/SEIC など、キャパビルを視野に入れた国際的な活動が 2010 年代当初から立ち上がっていたこと

などがあげられる。それにより、

- 大学等でハンズオン・OJT による実践的な人材開発をできる仕組みがある
- 宇宙新興国が参加する国際ネットワークにおいて日本の存在感が高い

といった状況が生まれている。キャパビル分野での競争力を維持するうえでの課題としては、5.4.1.1 であげたように以下のものがある

- キャパビルを実施する教育・営業人材の確保・維持（課題 1-1）
- 日本のキャパビル活動への呼び込み（課題 1-2）
- 大学と海外宇宙システム輸出を企図する企業との間の情報交換（課題 1-3）
- キャパビル後のアフターケアにおける大学と企業の連携（課題 1-4）
- 低価格での打ち上げ手段の提供の継続（課題 1-5）
- 日本で教育・訓練を受けた人材をつなぐネットワークの維持（課題 1-6）
- 人材育成以外の新興国が抱える様々な課題の解決への支援（課題 1-7）

- 大学等でのキャパビル活動の効率化（課題 1-8）

8.2.2 日本が諸外国と拮抗している分野

超小型衛星の技術と実績については、深宇宙探査（プロキオンなど）を含め、日本は諸外国と拮抗していると言える。要因としては、

- 日本が独自の打ち上げ手段を有し、JAXA が H-IIA、イプシロン、ISS などでも無償または低価格の打ち上げ・放出機会を提供してきた
- 大学での超小型衛星開発が活発に行われ、UNISEC などを通じて大学間の競争と協調が行われてきた

などが挙げられる。それにより、先に挙げたキャパビルでの優位性確保のみならず、

- 超小型衛星関連の New Space 企業が立ち上がり、少なからぬ投資を獲得している
- 宇宙先進国・新興国の双方から、深宇宙を含む先進的な超小型衛星ミッションに関する国際連携を打診される
- 超小型衛星試験や国際標準などで世界をリードする

といった状況が生まれている。

競争力を維持・向上させていくための課題としては、

- 高頻度・低価格の打ち上げ機会の提供。5 章で述べたように、2019 年に ISS 放出が民間に移管されたことにより価格が上昇し、国内大学の超小型衛星の打ち上げ数は、低価格で打ち上げられるキャパビル枠での打ち上げは維持されているもの、それ以外の大学の打ち上げ数が頭打ちになってきている。イプシロンによる無償打ち上げの機会は残されているものの 2 年に 1 回程度である。一方で、中国は 2015 年以降急速に超小型衛星の打ち上げ数を伸ばし、あっという間に日本を追い抜いた。以前に比べると、日本では多様な大学・研究機関が低価格で打ち上げる機会が減っており、日本が超小型衛星分野で有する競争力の地盤が崩れつつある（課題 2-1）
- 理学と工学関係者のコラボによる深宇宙を含む先進的な宇宙科学ミッションの実施。日本の超小型衛星開発、とりわけ大学衛星、においては、工学系の「ものづくり」の

要素が強すぎ、教育と技術実証に重点がおかれてきた。科学観測をミッションとしてくわえていくことで、更なる技術の進化が期待できる（課題 2-2）

- 深宇宙探査という魅力的なテーマの提示。地球周回軌道への超小型衛星打ち上げが一般化してきた中、月・火星・小惑星のような魅力ある目的地を超小型衛星開発者に提示し、競争を喚起することで、超小型衛星技術の研究開発意欲を一層刺激することができる（課題 2-3）
- 軌道上実証された超小型衛星技術の事業化を支援する仕組み。3 章で触れたように、光通信、LoRa 通信、再突入技術、電気推進系など世界に先駆けて宇宙実証した技術があるものの、製品化できずに、単なる「実験」に終わってしまっている（課題 2-4）
- 大学等での超小型衛星技術研究にかかる研究費の確保（課題 2-5）
- 日本が主導する形での国際プロジェクト提案を支援する仕組み（課題 2-6）
- 超小型衛星ビジネスを進化させるために、データサイエンス関係者との協力により、衛星が取得したデータの加工と情報抽出についての研究開発を行う（課題 2-7）

といったことが求められている。

8.2.3 日本が諸外国に比べて遅れている分野

CubeSat のシステムインテグレーションを行える企業が日本に存在しない。要因としては、

- 超小型衛星の打ち上げ実績は多いが、バスを各衛星プロジェクトで独自開発してきたために、CubeSat 用コンポーネントの国内ベンダーが育たなかった
- 超小型衛星用機器を作る会社の規模が小さいがために海外展開が難しく、ビジネスとしての成立性が低かった

それにより、

- 超小型衛星ビジネスの主流となりつつある CubeSat を用いた宇宙ビジネス（特にコンステレーション）が生まれない

といった状況に陥っている。CubeSat の各コンポーネントを作るのに必要な産業基盤は全て国内に存在しており、純国産の CubeSat を作るのには技術的問題はない。また、CubeSat インテグレーションの経験をもつ人材も、大学衛星経験者などが国内にいる。この分野での競争力を回復していくための課題として、以下のような事項がある。

- CubeSat の場合、個々の利幅が小さいがため、ビジネスとして成立するには海外展開を図る必要があるが、それに必要な国際性をもった人材が少ない（課題 3-1）
- CubeSat 向けに統合された姿勢制御・決定系を提供するメーカーが国内にない。（課題 3-2）

8.3 宇宙新興国の支援のためのシーズ

宇宙新興国の超小型衛星研究開発について、支援策を検討する上で、日本が現在もつシーズは以下のように要約される。

- 宇宙先進国としてのシーズ
 - ISS 放出・ロケットという打ち上げ手段並びに射場（内之浦、種子島）
 - JAXA や衛星プライムメーカー（主契約企業）がもつ従来型衛星向け技術・管理手法と実績
 - 宇宙戦略立案、宇宙関係諸法規の制定、宇宙機関立ち上げ・運営等の実績
 - ISS、UNCOPUOS、ISO などの国際的枠組みでの活動実績
- 超小型衛星の先進国としてのシーズ
 - CubeSat から 50kg 級衛星に至る超小型衛星の技術と実績
 - 超小型衛星技術を支える国内産業基盤
 - 超小型衛星に特化した試験設備と経験、放射線試験施設
- キャパシティビルディングに関するシーズ
 - UNISEC とその参加大学が培ってきた CanSat やアウトリーチ活動のノウハウ
 - UNISEC や各大学がもつ新興国との草の根ネットワーク並びに国連宇宙部や ISU といった国際的機関との連携関係
 - APRSAF 等を介して培われてきた宇宙機関・政府間の連携関係
 - 海外からの留学生を大学院正規課程で受け入れ、学位取得に向けて教育できる体制

➤ 文部科学省国費留学生や JICA などの留学生向け奨学金制度

宇宙新興国を支援する上で日本が抱える課題としては、4.1.1 項や 8.2 節であげたように、以下のものがある。

- キャパビルを実施する教育・営業人材の確保・維持
- 日本の大学教育の国際化
- 宇宙新興国支援に関しての大学と企業間の情報交換や連携
- 高頻度・低価格の超小型衛星の打ち上げ機会の減少
- 日本の超小型衛星技術をさらに磨いていく仕組み（先進的宇宙科学ミッション、深宇宙探査、大学の研究費）が不十分
- ビジネスを海外展開できる国際性をもった人材の不足
- 外国に販売できる CubeSat システムがない
- 超小型衛星関連ビジネスのさらなる発展

8.4 宇宙新興国側からの支援ニーズ

4.1.2 項で述べたように各国の宇宙プログラムの段階に応じて、表 8.4-1 に示すように、様々なニーズが存在する。

表 8.4-1 宇宙新興国からの支援ニーズ

宇宙プログラムの段階	ニーズ
1. Preparatory (準備)	1.1 STEM 教育 1.2 アウトリーチ 1.3 CanSat 活動の支援
2. Launch (立ち上げ)	2.1 CubeSat の設計・開発・運用技術の支援 2.2 衛星試験の実施 2.3 UHF/VHF 地上局の設営 2.4 安価な（又は無償の）打ち上げ手段の提供
3. Sustain (持続)	3.1 安価で確実な打ち上げ手段の提供 3.2 衛星試験の実施 3.3 試験施設の立ち上げ・コンポーネントの調達・大型地上局の整備

	3.4 宇宙政策を立案・実施する人材の育成 3.5 大学における宇宙開発・利用に関するカリキュラムの作成と実施 3.6 宇宙法など技術面以外での専門家育成
4. Advanced (先端)	4.1 放射線試験など特殊な試験の実施 4.2 打ち上げ手段のフェアな価格での提供 4.3 深宇宙ミッションなどの先端的ミッションの共同実施
2、3、4 共通	5. 大学院での学位取得を前提とした留学生の長期受け入れ 6. ネットワーキング

1、2、3の段階においては、新興国側のニーズは主としていわゆるキャパビルに関するニーズである。4の段階においては、キャパビルというよりは、宇宙プログラムを更に発展させるために、足りないところを補いあう対等なパートナーとして国際連携のニーズと捉えることができる。

8.5 支援策の提案

宇宙新興国での超小型衛星研究開発の支援をしていく上で、日本の超小型衛星とそれを取り巻く状況を、新興国側に魅力のあるもの、すなわち国際競争力のあるもの、にすることが、まず必要である。これまでの日本の宇宙基本計画では、超小型衛星は、産業基盤・科学技術基盤の強化の枠組みの中で、宇宙への新規参入や技術実証の手段として位置付けられてきた。しかしながら、NASA 等では、将来的に宇宙科学やビジネスにおいて Game Changing な利用を生み出すものとして捉えた戦略的な取り組みを始めており、日本でもそのような戦略的な取り組みを始めるべきところに来ている。

そのためには、日本の宇宙戦略における超小型衛星の現在の位置づけを、国が計画する宇宙ミッションにおいても役割を果たせるものへ格上げし、戦略的に超小型衛星の研究・開発・軌道上実証・ミッション遂行を行う枠組みを作ることが必要と考える。リスクをとることのできる超小型衛星の利点を活かし、深宇宙や宇宙科学等での先端的・挑戦的ミッションを国が提示し、それに向けて国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させる戦略的取り組みが求められている。

国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させ、宇宙新興国の超小型衛星開発への支援を更に効果的なものとするため以下が必要である。

- ・ 世界に対して高い競争力をもつ分野（8.2.1 項）の更なる強化
- ・ 諸外国と拮抗している分野（8.2.2 項）の競争力を向上
- ・ 諸外国に対して遅れている分野（8.2.3 項）のキャッチアップ

以下、具体的な施策を提案する。

8.5.1 国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させる戦略的取り組みの提案

まず、8.2.2 項、8.2.3 項にある課題に対応するため、以下を提案する。そのために、以下の戦略が重要である。

A)先端化

先端的な超小型衛星ミッションを実施できる技術基盤を国内で保持し、日本と組めば魅力的なミッションを実施できる

この戦略に対応するものとして、以下がある。

1. 宇宙戦略における超小型衛星の現在の位置づけを宇宙への新規参入や技術実証の手段から、国が計画する宇宙ミッションにおいても役割を果たせるものへ格上げし、戦略的に超小型衛星の研究・開発・軌道上実証・ミッション遂行を行う枠組みを作る。
2. 深宇宙や宇宙科学等での先端的・挑戦的ミッションを国が提示し、それに向けて国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させる戦略的取り組みへの予算措置を行う。
3. 国内大学の超小型衛星研究のレベルを維持・発展させるための、深宇宙や宇宙科学などでの先端的ミッションを支える超小型衛星研究開発への継続的な財政的支援と軌道上実証のための無償または安価で頻繁な打ち上げ機会の提供。
4. 提案の 15 とも関連し、CubeSat システムを供給可能な企業を育成する。先端ミッションにも耐える高機能な実証プラットフォームを提供できるメーカーを育て、新興国との共同ミッションで採用できるようにする。そのために、欧州等で行われているように、技術力と発想力に優れた大学発ベンチャーを支援する。また、姿勢制御・決定系のようなキーコンポーネントの開発を、深宇宙ミッション等とも絡めて支援する。そして、国内の大学・研究機関等が CubeSat を使ったミッションを行う際に、このバスを使うよ

う推奨する。また、この企業が、地上局システムもセットで合わせて販売できるように成長すれば（あるいは提案 10 にあるような商社との連携でも構わない）、より幅広い支援が可能になる。

5. Artemis-2 の CubeSat 相乗りにおける JAXA 国際枠の確保とコンペの実施。コンペで選定されたプロジェクトへの支援。
6. イプシロンロケットによる月周回軌道への超小型衛星投入ミッションの実施。新興国にも、打ち上げスロットの一部を提供する、または新興国との共同ミッションに優先枠を与える。
7. 新興国との共同プロジェクトの提案と実施。お互いを対等なパートナーとして、当該国または地球規模の課題解決につながるミッションを、各国のリソースを持ち寄って実施する。運用を各国で協力しあって行い、データを共有する。共同運用の経験を積みながら、当該ミッション以外でも地上局を共同使用できる枠組みを作っていく。
8. 日本の超小型衛星（や関連技術。例えば観測センサー）を活用した、観測データのサイエンス研究や実利用（リモートセンシングでの災害監視等）での新興国との協働を推進する。
9. 深宇宙への新興国の関心を喚起し、日本との協力を志向するよう、深宇宙を対象としたシンポジウムやミッションコンペを定期的に行う。これまでに UNISEC-Global が行なってきた Mission Idea Contest 等で培われてきたノウハウを利用できる。提案 6 とも絡めて、鹿児島県肝付町（内之浦射場）で毎年実施することも考慮に値する。ミッションアイデアコンテストでは、同時にジュニアの部（高校生）の部を作り、優勝者を提案 23 のサマースクールへ招待するなどの仕掛けもある。

8.5.2 宇宙新興国の市場開拓等を見据えた提案

キャパビルだけでなく、宇宙プログラムが 3（Sustain）または 4（Advanced）の段階にある国は、今後日本の宇宙システムにとっての市場開拓の対象ともなりうる。それらの国々との良好な関係を築いていくための方策として、以下の戦略がある。

B) トータルパッケージ

人材育成だけでなく、新興国が抱える様々な課題を解決する

この戦略に対応するものとして、以下がある。

10. 宇宙商社の育成。宇宙新興国が宇宙プログラムを進化させていく上で発生する様々なニーズに応えるには、大学でのキャパビル活動だけでは不十分であり、痒いところに手がとどくような総合サービスが必要である。例えば、提案 14 であげたような KiboCUBE 選定プロジェクトの支援を大学と企業が連携して取り組めるような仕組みがあってもよい。また下記の提案 11 のインフラ輸出の政府の支援も有用である。
11. 新興国における試験設備・地上局等の宇宙インフラ構築の支援。日本は超小型衛星試験については世界をリードしている。振動、熱真空、電波暗室などの基本的試験設備は国産で対応でき、地上局も同様である。施設の建設、設備調達、据付、訓練、維持など、大学や単一の企業だけで対応することは難しいが、日本の総合商社がやるようなコンソーシアム形式できめ細かい対応ができる。中国等に比べて、日本の場合は意思決定に時間がかかり、各企業がリスクに対して極めて慎重である。本提案は、まさに宇宙システム輸出であり、政府の支援も受けた上で進めるのが望ましい。
12. 新興国からの放射線試験の受け入れ。宇宙新興国で放射線試験設備を持っているところは殆どない。超小型衛星ミッションが進化していくにつれて、放射線試験のニーズが高まるが、新興国は国外で試験する以外にない。日本には放射線試験を実施できる施設が複数存在するが、超小型衛星で特に重要となる陽子線のシングルイベント試験を実施できる場所は、マシンタイムも限られ、放射線関連施設ということもあり、外国ユーザに対して門戸を開いているかどうか不明である。外国ユーザが放射線試験設備を使用できる仕組みを作れば、特に近隣の東南アジア諸国にとっては大きな助けとなる。

8.5.3 キャパビルに関する支援策の提案

CubeSat によるキャパビルが Commodity 化する中で、キャパビル活動において引き続き日本がリードしていくためには、8.2.1 項の課題を解決しつつ、他国との差別化を図る必要がある。そのためには、

C) 打ち上げ手段

日本と組めば、安価に且つ待たされることなく衛星を軌道投入できる

D) 標準化

キャパビルに用いる CanSat や衛星を標準化し、日本と組めば効率よくキャパビルが行える

E) 即応性

支援を必要とする国を、速やかに支援を行える

F) ネットワーク化

単なる契約による一時的な協力ではなく、損得抜きに協力し合える関係を築くことができ、日本との関係を通じてその他の国との関係も築くことができる

の4つの戦略が重要と思われる。

そこで、宇宙新興国に向けたキャパビルを、現状の課題を克服しつつ、日本のシーズを利用して強みを更に活かすために以下の事項を提案する。

(C)「打ち上げ手段」の戦略に対応するものとして、以下が挙げられる。

13. キャパビル活動を推進するために、国内のいくつかの大学が JAXA と結んでいる「国際宇宙ステーション『きぼう』日本実験棟からの超小型衛星放出における包括的な連携協力の推進に関する協定」で行なっているような、新興国向けの低価格の打ち上げ手段を提供する枠組みを維持すると共に、そういった枠組みをキャパビルに意欲をもつ他大学にも拡大する。このような枠組みがなくなると、日本が諸外国に対してもつキャパビルでの優位性を喪失する、極めて大きな問題である。

14. KiboCUBE で選定された衛星プロジェクトに対して、日本国内の大学または企業がパートナーとなって支援できるようなマッチングを国や JAXA が行う。

(D)「標準化」の戦略に対応するものとして、以下が挙げられる。

15. CanSat、1~3U CubeSat、6~12U CubeSat、50kg 級といったそれぞれのクラスで、キャパビルを実施する拠点機関を選定し、それぞれの機関が開発済みのキャパビル向けのバスを標準バスとして製品維持・輸出するためのシステムを作る。その標準バスを国

内大学でも自由に利用可能にする。

16. 国の超小型研究開発支援のレガシーを後々にキャパビルの道具として 2 次利用、3 次利用が可能となるように、衛星運用などを標準化する仕組みを作る。また、あるキャパビルプロジェクトで作られた資産（例えば相手国に設置された地上局）を、後日に日本の衛星が使用できるような仕組みを作る。そのためには、標準的な作りがされていなければならない。
 17. 日本発標準の活用。超小型衛星に活用可能な JAXA 宇宙機（衛星）設計標準、日本で開発した ISO 標準、関連する JIS 規格等を実践教育の「テキスト」として用いることにより、日本の手法を新興国の手法として定着させ、新興国が、日本の製品・技術を、他国の製品・技術に比べて、より積極的・優先的に活用する／活用しやすい風土・環境を形成する。
- (E)「即応性」の戦略に対応するものとして、以下がある。
18. キャパビル拠点機関を選定し、その機関が継続して活動を実施できるように、主として人材維持に使うための財政支援を行い、国内のキャパビル基盤を維持し、外国から支援要請があった時に速やかに応えられる体制を維持する。
- (F)「ネットワーク化」の戦略に対応するものとして、以下がある。
19. 衛星プロジェクトを通じた実践的宇宙工学教育プログラムを実施する大学に対して、文部科学省国費留学生奨学金や JICA 奨学金を優先的に配置する。
 20. 日本で教育を受けた後に帰国して宇宙プログラムに従事する人材を束ねるネットワーク作業への国の支援。例えば、UNISEC-Global に元留学生達を招待するための旅費を支援する。
 21. 衛星開発・運用だけでなく、政策立案、宇宙機関マネジメント、国際法規といった宇宙プログラムを立ち上げるために必要な総合的な支援。特に、宇宙機関の経営層に対する人材育成。例えば、Space Executive Course のような 1 週間ほどの Crash Course を日本で定期的に開催する。その際、日本のキャパビルインフラ（射場や試験施設等）に隣接する場所などで開催すれば、新興国の宇宙機関幹部に日本の支援能力を売り込む良い機会となる。講師陣としては、英語に堪能で超小型衛星の活用と宇宙プログラムの運営に造詣の深い国内宇宙機関・企業 OB や有識者、UNISEC の持つ国際宇宙大学 (ISU) や IAA などとのネットワークを利用した海外講師などを招聘すればよい。

22. 国内で宇宙関連の教育を受けている新興国の留学生を集め、1 週間程度の Space Vision Workshop を開催する。母国での宇宙プログラムの立ち上げ・発展のための戦略や、如何にして個別プロジェクトを立ち上げるかという戦術について議論し合う。そのために、国内外から専門家を招聘する。
23. 夏休み等に、世界の優秀な高校生・大学生を集め、サマースクールを開催する。HEPTA-Sat 等を使って、1 週間程度で衛星のサブシステムと統合を理解できるカリキュラムを作る。毎年、同じ場所で開催できる体制を、資金面・人材面を含めて作る。CLTP が日本留学への糸口となったように、サマースクール経験者を国内大学や大学院に呼び込む。

8.5.4 支援策と広報活動についての提案

様々な宇宙新興国への支援策を述べたが、それらを新興国に知ってもらわなければ意味がない。よって、最後に提案 24 として以下を提案する。

24. 宇宙新興国に上記のような支援メニューを広報する活動。それには、APRSAF や UNCOPUOS などの国際機関での活動や、IAC 等の国際会議を利用する。また、文科省・外務省・JAXA・大学等のあらゆる関係者が諸外国を訪問する時に、資料提供等で個別の広報活動ができるような支援を行う。そして、日本の支援策全体を日本ブランドとしての統一的なイメージを浸透させる。

8.5.5 支援策と課題の対応

8.5.1 から 8.5.4 に掲げられた各提案が 8.2 節で述べた各課題にどう対応するかを表 8.5.5-1 にまとめる。

各課題を簡潔に再掲しておく。

- (1) 「日本が世界に対して高い競争力を持つ分野」における課題【8.2.1 項】

- キャパビルを実施する教育・営業人材の確保・維持（課題 1-1）
- 日本のキャパビル活動への呼び込み（課題 1-2）
- 大学と海外宇宙システム輸出を企図する企業との間の情報交換（課題 1-3）

- キャパビル後のアフターケアにおける大学と企業の連携（課題 1-4）
- 低価格での打ち上げ手段の提供の継続（課題 1-5）
- 日本で教育・訓練を受けた人材をつなぐネットワークの維持（課題 1-6）
- 人材育成以外の新興国が抱える様々な課題の解決への支援（課題 1-7）
- 大学等でのキャパビル活動の効率化（課題 1-8）

(2)「日本が諸外国と拮抗している分野」における課題【8.2.2 項】

- 大学の低価格打ち上げ機会の減少による競争力の地盤が崩れつつある（課題 2-1）
- 深宇宙を含む先進的な宇宙科学ミッションの実施（課題 2-2）
- 深宇宙探査という魅力的なテーマの提示（課題 2-3）
- 軌道上実証された超小型衛星技術の事業化を支援する仕組み（課題 2-4）
- 大学等での超小型衛星技術研究にかかる研究費の確保（課題 2-5）
- 日本が主導する形での国際プロジェクト提案を支援する仕組み（課題 2-6）
- 衛星がデータの加工と情報抽出についての研究開発（課題 2-7）

(3)「日本が諸外国に比べて遅れている分野」における課題【8.2.3 項】

- CubeSat ビジネスに必要な国際性を持った人材が少ない（課題 3-1）
- CubeSat 向けに姿勢制御・決定系を提供するメーカーが国内に無い（課題 3-2）

表 8.5.5-1 各提案内容と対応する日本の超小型衛星の課題との対応

番号	提案内容	課題 1-								課題 2-							課題 3-	
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	1	2
1	超小型衛星位置づけ格上げ									x	x	x	x	x	x	x		
2	超小型衛星戦略的取り組み									x	x	x	x	x	x	x		
3	国内大学衛星支援									x				x				
4	CubeSat システム企業												x				x	x
5	Artemis-2											x						
6	イプシロン月周回ミッション											x			x			
7	共同プロジェクト										x	x			x			
8	データサイエンス研究															x		
9	深宇宙シンポジウム・ミッションコンペ											x			x			
10	宇宙商社の育成			x	x			x										
11	宇宙インフラ構築支援			x	x			x										
12	放射線試験							x										

13	「きぼう」放出連携協定の継続と拡大		x			x												
14	KiboCUBE のマッチング		x			x											x	
15	キャパビル標準バス								x								x	x
16	レガシーの利用								x									
17	日本発標準の活用								x									
18	国内拠点機関人材維持支援	x																
19	奨学金		x															
20	帰国者ネットワーク				x		x											
21	Space Executive Course				x			x										
22	Space Vision Workshop				x		x	x										
23	サマースクール		x															
24	広報戦略		x	x			x									x		

8.5.6 支援策と新興国宇宙プログラムの対応

8.5.1 から 8.5.3 に掲げられた各提案が、新興国側の宇宙プログラムのどの段階に適應するかを表 8.3 に示す。

表 8.5.6-1 各提案内容と対応する宇宙プログラムの段階

番号	提案内容	新興国の宇宙プログラムの段階			
		1 (preparatory)	2 (launch)	3 (sustain)	4 (advanced)
1	超小型衛星位置づけ格上げ		x	x	x
2	超小型衛星戦略的取り組み		x	x	x
3	国内大学衛星支援		x	x	x
4	CubeSat システム企業			x	x
5	Artemis-2				x
6	イプシロン月周回ミッション				x
7	共同プロジェクト			x	x
8	データサイエンス研究			x	x
9	深宇宙シンポジウム・ミッションコンペ				x
10	宇宙商社の育成			x	x
11	宇宙インフラ構築支援			x	x
12	放射線試験				x
13	「きぼう」放出連携協定の継続と拡大		x	x	
14	KiboCUBE のマッチング		x		
15	キャパビル標準バス	x	x	x	
16	レガシーの利用		x	x	
17	日本発標準の活用	x	x	x	x
18	国内拠点機関人材維持支援		x	x	

19	奨学金		X	X	X
20	帰国者ネットワーク			X	
21	Space Executive Course			X	
22	Space Vision Workshop			X	
23	サマースクール	X			
24	広報戦略	X	X	X	X

8.6 支援策の実施主体・実施方法

8.5 で述べた支援策を実施する方法としては、以下の5つの形態が考えられる。

- 日本国政府による新興国への直接支援（ODAのようなイメージ）
- 国際機関を通じた支援（KiboCUBEのイメージ）
- JAXAを通じた支援（APRSAFのイメージ）
- 日本の大学等（NPO法人を含む）を通じた支援（BIRDSのイメージ）
- 日本の企業を通じた支援（英国のSSTLのイメージ）

表 8.4 に各提案内容とその支援策の実施主体の関係を示す。xx が付いているのが、主導すべきところである。

表 8.4 各提案内容とその支援策の実施主体の関係

番号	提案内容	実施主体				
		政府	国際機関	JAXA	大学	企業
1	超小型衛星位置づけ格上げ	xx				
2	超小型衛星戦略的取り組み	xx		X	X	X
3	国内大学衛星支援	X		X	xx	
4	CubeSat システム企業	X			X	xx
5	Artemis-2			xx		
6	イプシロン月周回ミッション			xx		
7	共同プロジェクト				xx	X
8	データサイエンス研究	X		X	xx	X
9	深宇宙シンポジウム・ミッションコンペ	X			xx	
10	宇宙商社の育成	X				xx
11	宇宙インフラ構築支援	X			X	xx
12	放射線試験				xx	X
13	「きぼう」放出連携協定の継続と拡大			xx		
14	KiboCUBE のマッチング		X	xx	X	X
15	キャパビル標準バス	X			xx	X
16	レガシーの利用	X			xx	X
17	日本発標準の活用			X	xx	
18	国内拠点機関人材維持支援	X			xx	
19	奨学金	xx	X		X	

20	帰国者ネットワーク	x			xx	
21	Space Executive Course	x	x	x	xx	x
22	Space Vision Workshop	x		x	xx	x
23	サマースクール	x			xx	
24	広報戦略	xx	x	x	x	x

8.7 期待される成果との整合性

本章の冒頭にあげた宇宙新興国の支援から期待される、以下の4つの成果

1. 国際的な枠組みを通じた宇宙空間の平和利用によって世界的課題の解決にあたり、世界の平和と人類の発展に貢献する
2. 良好な二国間関係の維持・発展させ、日本の外交に資する
3. 宇宙システムの輸出等につなげ、国内宇宙産業に恩恵をもたらす
4. 日本の超小型衛星技術・利用の維持・向上につながる

と、各提案内容の整合性をまとめたものを表 8.7-1 に記す。

表 8.7-1 支援策の提案と期待される成果の整合性

番号	提案内容	期待される成果			
		1	2	3	4
1	超小型衛星位置づけ格上げ				x
2	超小型衛星戦略的取り組み				x
3	国内大学衛星支援				x
4	CubeSat システム企業			x	x
5	Artemis-2				x
6	イプシロン月周回ミッション	x			x
7	共同プロジェクト	x			x
8	データサイエンス研究	x		x	x
9	深宇宙シンポジウム・ミッションコンペ	x			x
10	宇宙商社の育成			x	
11	宇宙インフラ構築支援		x	x	
12	放射線試験		x	x	
13	「きぼう」放出連携協定の継続と拡大	x	x		
14	KiboCUBE のマッチング	x	x		
15	キャパビル標準バス	x	x		x
16	レガシーの利用	x	x		x
17	日本発標準の活用				x
18	国内拠点機関人材維持支援		x		x

19	奨学金	x	x		
20	帰国者ネットワーク	x	x		
21	Space Executive Course	x	x		
22	Space Vision Workshop	x	x		
23	サマースクール	x	x		
24	広報戦略	x	x	x	

8.8 日本の超小型衛星に対するあるべき施策

欧米中露等の宇宙先進国の超小型衛星の動向を俯瞰すると、「超小型衛星」は従来の「教育ツール」「技術実証ツール」といった基礎的な利用から、最先端の「深宇宙探査」や市場開拓の「実利用」（例えば、リモートセンシング、船舶監視、気象予報利用）へ、その存在意義を拡張している。また、超小型衛星には、超小型化のための最先端の学術的知見が必要な一方で、大型衛星に対して極めて廉価に開発・打ち上げでき、システムも簡単であることから、自国の大学等を活用した宇宙新興国に対する「キャパビル」という外交ツールとしての重要性も一層増加している。

我が国においても、大学を中心として国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させ、宇宙先進国の地位を盤石なものとし、かつ、市場開拓等を見据えた展開が必要である。また、そのようなトップレベルの科学技術、市場開拓能力を有することが、宇宙新興国の超小型衛星開発への効果的な支援を可能にすることになる。以下具体的な重点施策案についてまとめる。

8.8.1 我が国全体の超小型衛星研究開発のレベル発展

まず、日本の超小型衛星とそれを取り巻く状況を国際競争力のあるものにすることが、必要である。そこで、以下の3つの提案が特に重点的、且つ早急に取り組むべき項目であると考えられる。

- 宇宙戦略における超小型衛星の現在の位置付けを宇宙への新規参入や技術実証の手段から、国が計画する宇宙ミッションにおいても役割を果たせるものへ格上げし、戦略的に超小型衛星の研究・開発・軌道上実証・ミッション遂行を行う枠組みを作る（提案1）。
- 深宇宙や宇宙科学等での先端的・挑戦的ミッションを国が提示し、それに向けて国全体の超小型衛星研究開発のレベルを発展させる戦略的取り組みへの予算措置を行う（提案2）。

- 国内大学の超小型衛星研究のレベルを維持・発展させるための、深宇宙や宇宙科学などでの先端的ミッションを支える超小型衛星研究開発への継続的な財政的支援と、軌道上実証のための無償または安価で頻繁な打ち上げ機会の提供（提案 3）。

8.8.2 宇宙新興国の市場開拓等を見据えた展開

宇宙新興国が抱える様々な課題を解決するための人材育成以外をも含むトータルパッケージを提供することが、日本の宇宙システムにとっての市場開拓等につながる。その先駆けとして、以下の項目について、重点的かつ早急に取り組むべきである。

- 新興国における試験設備・地上局等の宇宙インフラ構築を支援する（提案 11）。

8.8.3 宇宙新興国の超小型衛星開発への効果的な支援

上記 8.8.1 と 8.8.2 の施策を実施しつつ、以下の取組を行うことにより、宇宙新興国の超小型衛星開発への効果的な支援が可能となる。特に、日本が世界に対して高い競争力を持つキャパビル分野を更に強化する必要がある。その上で日本がもつ打ち上げ能力を活かすことが、最大の武器となる。更には、キャパビルに取り組む機関が即応性を持って効率的に新興国の要望に応えらえるように、その活動を支援することが大事である。また、単に衛星の 1 号機を支援するだけでなく、その後の持続的な宇宙プログラムの立ち上げに総合的な支援を行うことが大事であり、そのために更なる人材育成が必要ある。そこで、以下の項目が重点的かつ早急に取り組むべき項目として挙げられる。

- 「国際宇宙ステーション『きぼう』日本実験棟からの超小型衛星放出における包括的な連携協力の推進に関する協定」で行なっているような、新興国向けの低価格の打ち上げ手段を提供する枠組みの維持と拡大（提案 13）。
- 国内各機関が培ってきたキャパビル向けのバスを標準バスとして製品維持・輸出するためのシステムを作る（提案 15）。
- キャパビル拠点機関を選定し、その機関が継続して活動を実施できるように、ノウハウをもった人材を維持するために財政支援を行う（提案 18）。
- 衛星開発・運用だけでなく、政策立案、宇宙機関マネジメント、国際法規といった宇宙プログラムを立ち上げるために必要な総合的な支援をするために、Space Executive Course のような幹部養成研修プログラムを立ち上げる（提案 21）。

付録 A 略語集

AAC	: American Astronautical Society
AAU	: Aalborg University
ABAE	: Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales
ABE	: Agencia Boliviana Espacial
ACAE	: Academia Centroamericana de Aeronáutica y del Espacio
ACCIMT	: Arthur C Clarke Institute for Modern Technologies
ADS-B	: Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
AEB	: Agência Espacial Brasileira
AEM	: Agencia Espacial Mexicana
AEP	: Agencia Espacial del Paraguay
AIDA	: Asteroid Impact and Detection Assessment
AIM	: Asteroid Impact Mission
AIS	: Automatic Identification System
AMC	: Asian Micro-satellite Consortium
ANUC	: All Nations University College
APRSAF	: Asia-Pacific Regional Space Agency Forum
APSCO	: Asia-Pacific Space Cooperation Organization
ARMD	: Aeronautics Research Mission Directorate
ASAL	: Algerian Space Agency
ASI	: Agenzia Spaziale Italiana
AU	: Aarhus University
AWSS	: Autonomous Wireless Sun Sensor
BCT	: Blue Canyon Technologies, Inc.
BEIS	: Department for Business, Energy & Industrial Strategy
BRITE	: BRiight Target Explorer
BSC	: Broglio Space Center
BST	: Berlin Space Technologies
BTRC	: Bangladesh Telecommunication Regulatory Commission
CalPoly	: California Polytechnic State University
CAMSAT	: Chinese Amateur Satellite Organization
CanX	: Canadian Advanced Nanospace eXperiment
CAPSTONE	: Cislunar Autonomous Positioning System Technology Operations

and Navigation Experiment

CAS	: Chinese Academy of Sciences
CASC	: China Aerospace Science and Technology Corporation
CAST	: China Academy of Space Technology
CCP	: Canadian CubeSat Program
CDTI	: Centre for the Development of Industrial Technology
CEOS	: Committee of Earth Observation Satellites
CHEOPS	: CHaracterising ExOPlanet Satellite
CLPS	: Commercial Lunar Payload Services
CLTP	: CanSat Leader Training Program
CNES	: Centre National d'études Spatiales
CMG	: Control Moment Gyroscope
CNOIS	: Centro Nacional de Operaciones de Imágenes Satelitales
CNSA	: China National Space Administration
CONAE	: National Commission for Space Activities
CONICYT	: Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica
CONIDA	: Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial
COTS	: Commercial off-the-shelf
CPF	: Crown Prince Foundation
CPUT	: Cape Peninsula University of Technology
CSA	: Canadian Space Agency
CSCSE	: Chinese Service Center for Scholarly Exchange
CSDC	: Canadian Satellite Design Challenge
CSLI	: CubeSat Launch Initiative
CYGNSS	: Cyclone Global Navigation Satellite System
DALO	: Danish Defense Acquisition and Logistics Organization
DLR	: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DLAS	: Deep Learning Attitude Sensor
DNST	: Doctorate on Nano-Satellite Technology
DOD	: Department of Defence
DOE	: Department of Energy
DOST	: Department of Science and Technology
DSAC	: Deep Space Atomic Clock

DSAD	: Diretoria de Satélites, Aplicações e Desenvolvimento
DSI	: Deep Space Industries
DSN	: Deep Space Network
DSOC	: Deep Space Optical Communications
DST	: Department of Science and Technology
DSTL	: Defence Science and Technology Laboratory
DTI	: Department of Trade and Industry
DTU	: Technical University of Denmark
DVS	: Documento di visione strategica
ECSS	: European Cooperation for Space Standardization
EDB	: Economic Development Board
EMSA	: European Maritime Safety Agency
ESA	: European Space Agency
ESD	: Earth Science Division
ESEO	: European Student Earth Orbiter
ESPA	: EELV Secondary Payload Adaptor
ESSTI	: Ethiopian Space Science and Technology Institute
ESTEC	: European Space Research and Technology Centre
ESTMP	: European Space Technology Master Plan
EU	: European Union
EXA	: Ecuadorian Civilian Space Agency
F'SATI	: French South African Institute of Technology
FAC	: Fuerza Aérea de Chile
FFG/ALR	: Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH/ Agentur für Luft- und Raumfahrt
GATC	: Global Apace and Technology Conference
GDP	: Gross Domestic Product
GEO	: Geostationary Orbit
GIS	: Geographic Information System
GISTDA	: Geo-Informatics and Space Technology Development Agency
GIZ	: Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GLONASS	: Global Navigation Satellite System
GNB	: Generic Nanosatellite Bus

GNP	: Gross National Product
GOS	: German Orbital System
GPIM	: Green Propellant Infusion Mission
GSTP	: General Support Technology Program
HEOMD	: Human Exploration and Operations Mission Directorate
IAA	: International Academy of Astronautics
IAMCAS	: Innovation Academy for Microsatellites of CAS
IASS	: Institute of Astronomy and Space Sciences
IGP	: Instituto Geofísico del Perú
IMU	: Inertial Measuring Unit
INPE	: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INTA	: Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
IOD	: In-Orbit Demonstration
IOD/IOV	: In-Orbit Demonstration/In-Orbit Validation
IoT	: Internet of Things
IPP	: International Partnership Programme
IS3	: Innovation Strategy for Smart Specialization
ISA	: Israel Space Agency
ISL	: Intersatellite Link
ISRO	: Indian Space Research Organisation
ISS	: International Space Station
ISSE	: Institute of Space Science and Engineering
ITA	: Instituto Tecnológico de Aeronáutica
ITAR	: International Traffic in Arms Regulations
ITU	: Istanbul Technical University
IWRM	: Integrated Water Resources Management
JPL	: Jet Propulsion Laboratory
JST	: Japan Science and Technology agency
KACST	: King Abdulaziz City of Science and Technology
KAI	: Korea Aerospace Industries, Ltd.
KAIST	: Korea Advanced Institute of Science and Technology
KARI	: Korea Aerospace Research Institute
KARIST	: KARI International Space Training

KHTT	: Know How Transfer and Training
KMUTNB	: King Mongkut's University of Technology North Bangkok
L2	: Lagrange 2
LCRD	: Laser Communications Relay Demonstration
LEO	: Low Earth Orbit
LIFE	: Large Interferometer For Exoplanets
LOFTID	: Low-Earth Orbit Flight Test of an Inflatable Decelerator
LRS	: Lebanese Rocket Society
LSP	: Launch Services Program
LUCE	: Lunar Cubesats for Exploration
M-Argo	: Miniaturised Asteroid remote Geophysical Observer
M2M	: Machine-to-Machine
MarCO	: Mars Cube One
MASTA	: Master Program on Space Technology and Application
MBRSC	: The Mohammed bin Rashid Space Centre
MBSE	: Model Based Systems Engineering
MEMS	: Micro-Electro Mechanical Systems
MICITT	: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones
MITA	: Agency for Science, Innovation and Technology
MoICT	: Ministry of Information and Communications. Technology
MOST	: Ministry of Science and Technology
MoU	: Memorandum of Understanding
MPS	: Multifunctional Particle Spectrometer
MRC	: Mauritius Research Council
MSFC	: Marshall Space Flight Center
MSIP	: Ministry of Science, Ict & future Planing.
MSIT	: Ministry of Science and ICT
NAROM	: Norwegian center for space-related education
NARSS	: The National Authority for Remote Sensing
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NASRDA	: National Space Research and Development Agency
NAST	: Nepal Academy Of Science And Technology
NCKU	: National Cheng Kung University

NCRST	: National Commission on Research, Science and Technology
NCU	: National Central University
NEA	: Near Earth Asteroid
NEO	: Near Earth Object
NESDIS	: NOAA National Environmental Satellite
NESTRA	: Next generation Space system Technology Research Association
NFU	: National Formosa University
NIHERST	: National Institute of Higher Education, Research, Science and Technology
NIST	: The Namibian Institute of Space Technology
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric
NOSA	: Norwegian Space Agency
NPO	: Non-Profit Organization
NPU	: Northwestern Polytechnical University
NRSC	: Mongolia's National Remote Sensing Centre
NSC	: Norwegian Space Centre
NSEP	: National Space Engineering Programme
NSF	: National Science Foundation
NSIL	: New Space India Ltd.
NSO	: Netherlands Space Office
NSPO	: National Space Organization
NSRSS	: NASA Space Radiation Summer School
NSSC	: National Space Science
NSSTC	: National Space Science and Technology Center
NSTIP	: National Science, Technology and Innovation Policy and Development Plan
NTNU	: Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet
NUDT	: National University of Defense Technology
OCSD	: Optical Communications and Sensor Demonstration
OFCOM	: Office of Communications
OJT	: On-the-Job Training
OSTIN	: Office for Space Technology and Industry
PEASSS	: Piezo Electric Assisted Smart Satellite Structure

PNST	: Post-graduate study on Nano-Satellite Technologies
PSD	: Planetary Sciences Division
PSDS3	: Planetary Science Deep Space SmallSat Studies
PSLV	: Polar Satellite Launch Vehicle
PTA	: Three years Activities Plan
PTD	: Pathfinder Technology Demonstrator
RMD	: Aeronautics Research Mission Directorate
ROSA	: Romanian Space Agency
RURA	: Rwanda Utility Regulatory Authority
RVD	: RendezVous Docking
S3VI	: Small Spacecraft System Virtual Institute
SAC	: Satellite Applications Catapult
SADA	: Solar Array Drive Assembly
SANSA	: South African National Space Agency
SAR	: Synthetic Aperture Radar
SaTReC	: KAIST Satellite Technology Research Center
SDR	: Software-defined radio
SECM	: Shanghai Engineering Center for Microsatellites
SEIC	: Space Engineering International Course
SELM	: Shaanxi Engineering Laboratory for Microsatellites
SERPENS	: Sistema Espacial para Realização de Pesquisa e Experimentos com Nanossatélites
SF-1	: Sun Flower satellite
SFL	: Space Flight Laboratory at the University of Toronto
SHSSP	: Southern Hemisphere Space Studies Program
SIMPLEx	: Small Innovative Missions For Planetary Exploration
SLS	: Space Launch System
SMAP	: Soil Moisture Active Passive
SMD	: Science Mission Directorate
SNSA	: Swedish National Space Agency
SOSA	: Slovak Organisation for Space Activities
SPEL	: Space and Planetary Exploration Laboratory
SSA	: Space Situational Awareness

SSC	: Swedish Space Corporation
SSDTL	: Space Systems Design and Test laboratory
SSLC	: Small Satellite Launch Complex
SSLV	: Small Satellite Launch Vehicle
SSMS	: Vega Small Satellite Mission Service
SSO	: Sun-synchronous orbit
SSTA	: Singapore Space and Technology Association
SSTL	: Surrey Satellite Technology
STSP	: Small Spacecraft Technology Program
STEDiA	: Science Technology Education Development in Academia
STEM	: Science, Technology, Engineering, Mathematics
STM	: Space Traffic Management
STMD	: Space Technology Mission Directorate
STPSat-6	: Space Test Program Satellite 6
SUNACS	: Sudanese National Committee for Space
TCBF	: TIGER Capacity Building Facility
TDM	: Technology Demonstration Missions
TFSC	: Thin Film Solar Cell
TICAD	: Tokyo International Conference on African Development
TSIDA	: Taiwan Space Industry Development Association
TUA	: Turkish Space Agency
UAE	: United Arab Emirates
UAESA	: UAE Space Agency
UCAR	: University Corporation for Atmospheric Research
UFSC	: Universidade Federal de Santa Catarina
UFSM	: Universidade Federal de Santa Maria
UKRI	: UK Research & Innovation
UKSA	: UK Space Agency
UnB	: Universidade de Brasília
UNCOPUOS	: United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space
UNDP	: United Nations Development Programme
UNISEC	: University Space Engineering Consortium
UNNATI	: UNISpace Nanosatellite Assembly & Training by ISRO

UNOOSA	: United Nations Office for Outer Space Affairs
UPD	: University of the Philippines
USAID	: United States Agency for International Development
UTIAS	: University of Toronto Institute for Aerospace Studies
VNSC	: Vietnam National Space Center
VSSEC	: Victorian Space Science Education Centre
WP	: Work Package
WSSD	: World Summit on Sustainable Development
ZINGSA	: Zimbabwe National Geospatial and Space Agency
アルジェリア	: アルジェリア民主人民共和国
アルゼンチン	: アルゼンチン共和国
アンゴラ	: アンゴラ共和国
イスラエル	: イスラエル国
イタリア	: イタリア共和国
イラク	: イラク共和国
ウガンダ	: ウガンダ共和国
ウルグアイ	: ウルグアイ東方共和国
エクアドル	: エクアドル共和国
エクアドル	: エクアドル共和国
エジプト	: エジプト・アラブ共和国
エストニア	: エストニア共和国
エチオピア	: エチオピア連邦民主共和国
オランダ	: オランダ王国
カザフスタン	: カザフスタン共和国
ガーナ	: ガーナ共和国
クウェート	: クウェート国
キャパビル	: キャパシティビルディング
ギリシャ	: ギリシャ共和国
グアテマラ	: グアテマラ共和国
ケニア	: ケニア共和国
コスタリカ	: コスタリカ共和国
コートジボワール	: コートジボワール共和国
コロンビア	: コロンビア共和国

シンガポール	: シンガポール共和国
ジンバブエ	: ジンバブエ共和国
スイス	: スイス連邦
スウェーデン	: スウェーデン王国
スーダン	: スーダン共和国
スペイン	: スペイン王国
スロバキア	: スロバキア共和国
スロベニア	: スロベニア共和国
タイ	: タイ王国
タンザニア	: タンザニア連合共和国
チェコ	: チェコ共和国
チュニジア	: チュニジア共和国
チリ	: チリ共和国
デンマーク	: デンマーク王国
ドイツ	: ドイツ連邦共和国
ドミニカ	: ドミニカ共和国
トリニダード・トバゴ	: トリニダード・トバゴ共和国
トルコ	: トルコ共和国
ナイジェリア	: ナイジェリア連邦共和国
ナミビア	: ナミビア共和国
ニュージーランド	: ニュー・ジーランド
ネパール	: ネパール王国
ノルウェー	: ノルウェー王国
パキスタン	: パキスタン・イスラム共和国
パナマ	: パナマ共和国
パラグアイ	: パラグアイ共和国
ハンガリー	: ハンガリー共和国
バングラデシュ	: バングラデシュ人民共和国
フィンランド	: フィンランド共和国
ブータン	: ブータン王国
ブラジル	: ブラジル連邦共和国
フランス	: フランス共和国
ブルガリア	: ブルガリア共和国

ベトナム	: ベトナム社会主義共和国
ベネズエラ	: ベネズエラ・ボリバル共和国
ベラルーシ	: ベラルーシ共和国
ペルー	: ペルー共和国
ベルギー	: ベルギー王国
ポーランド	: ポーランド共和国
ボリビア	: ボリビア共和国
マラウイ	: マラウイ共和国
ミャンマー	: ミャンマー連邦
メキシコ	: メキシコ合衆国
モーリシャス	: モーリシャス共和国
モロッコ	: モロッコ王国
ヨルダン	: ヨルダン・ハシミテ王国
ラオス	: ラオス人民民主共和国
ラトビア	: ラトビア共和国
リトアニア	: リトアニア共和国
ルクセンブルク	: ルクセンブルク大公国
レバノン	: レバノン共和国
ロシア	: ロシア連邦
英国	: グレートブリテン及び北部アイルランド連合王国
韓国	: 大韓民国
国家宇宙計画	: 宇宙研究、技術及び応用国家科学プログラム
中国	: 中華人民共和国
南アフリカ	: 南アフリカ共和国
米国	: アメリカ合衆国

付録 B 表 0 衛星データベース

表 0 2003 年以降に打ち上げられた 50kg 以下の衛星 1349 機のデータベース

Year	Designation ID/COSPAR	Name	Weight [kg]	Launched Date	Altitude (km)	Inclination (deg.)	Country	Mission	Launcher	Contractor	User	On-orbit	Form Factor	Mission Status	Success Level	Reference	Reference 2	Reference 3	Reference 4	
2003	27664/03005B	XSS 10	28,00	29-Jan-2003	518/805	39,7	USA	Technology	Delta-7925	US Air Force Research Lab		Y	Micro	Full Success	5	http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1767&context=mailsat				
2003	27847/03031H	CanX 1	1,00	30-Jun-2003	820 (SSO)		Canada	Technology	Rokot 9	University of Toronto	University of Toronto	Y	1U	No signal from Orbit, First satellite experience	2	https://www.ufas-sf.net/?page_id=393 https://en.wikipedia.org/wiki/Canada_n_Advanced_Nanospace_eXperiment_Program				
2003	27846/0303	AAU Cubesat	1,00	30-Jun-2003	820 (SSO)		Denmark	Technology	Rokot 9	Aalborg University		Y	1U	Satellite lasted for 2,5 months after launch, Low signal, Few downlinks	3	http://vbn.aau.dk/en/projects/aaucubesat/42d9716b-0c41-42-8d7f-d79127b93.html				
2003	2003-031J	XI-IV	1,00	30-Jun-2003	816/831	98,72	Japan	Technology	Rokot 9	University of Tokyo	University of Tokyo	Y	1U	Still functioning	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/xi-4.htm				
2003	27844/03031E	Cute 1	1,00	30-Jun-2003	816/831	98,72	Japan	Technology	Rokot 9	Tokyo Institute of Technology	Tokyo Institute of Technology	Y	1U	Operated more than 8 years without much trouble	5	http://iss.jmes.itech.ac.jp/ssp/cubesat/index_e.html http://iss.jmes.itech.ac.jp/ssp/cubesat/index_e.html				
2003	27842/0303	DTUsat	1,00	30-Jun-2003	820 (SSO)		Denmark	Technology	Rokot 9	Technical University of Denmark	Technical University of Denmark	Y	1U	No communications established	2	http://dtusat1.dtu.dk/group.php?c_gid=1 https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cubesat-launch-1				
2003	27845/03031U	Quakesat	3,00	30-Jun-2003	820 (SSO)		USA		Rokot 9	Stanford University + Quakesat LLC		Y	3U							
2003	27940/03042B	Rubin 4	45,00	27-Sep-2003	681/742	98,2	Germany	Technology	Kosmos-3M 431			Y	Micro	Full Success	5	http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2006/october/i_id602.pdf				
2003	27944/03042F	Larets	21,00	27-Sep-2003	675/696	98,2	Russia	Scientific (geodesy)	Kosmos-3M 431			Y	Micro		3	https://www.facebook.com/pg/CajunAdvancedPicosatelliteExperiment/about/?ref=page_internal				
2004	28221/04012B	Nazing 1	25,00	18-Apr-2004	599/615	97,7	China	Technology	Long March 2C	Tsinghua University	Elite Qinghua University and the Aerospace Qinghua Satellite Technologies Co., Ltd,	Y	Micro			https://www.jbs-satellite.com/tse/online/sat_nazing_1.html				
2004	28371/04025F	Saudisat 2	35,00	29-Jun-2004	700	98,3	Saudi Arabia	Telecommunications	Dnepr 4			Y	Micro	Magnetometer issue, Full success	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/u/unisat				
2004	28372/04025G	Aprizesat 1	12,00	29-Jun-2004	687/753	98,3	Argentina	Telecommunications	Dnepr 4	Aprize Satellite	Commercial	Y	Micro			https://en.wikipedia.org/wiki/AprizeSat				
2004	28366/04025A	Aprizesat 2	12,00	29-Jun-2004	673/699	98,3	Argentina	Telecommunications	Dnepr 4	Aprize Satellite	Commercial	Y	Micro			https://en.wikipedia.org/wiki/AprizeSat				
2004	28375/04025K	Oscar Echo	12,00	29-Jun-2004	700	98,3	USA	Telecommunications	Dnepr 4			Y	Micro							
2004	28369/04025D	Saudicomsat 1	12,00	29-Jun-2004	700	98,3	Saudi Arabia	Technology	Dnepr 4	Space Research Institute, King Abdulaziz City for Science and Technology	Commercial	Y	Micro	Battery issue are 2011, Full Success	5	https://www.japrc.org/pdf/DCC2003-OSCAR-Echo-SDR1000-FSK-AB2KT-N4HY.pdf				
2004	28373/04025H	Unisat 3	12,00	29-Jun-2004	700	98,3	Italy	Technology	Dnepr 4	La Sapienza University of Rome	Civil	Y	Micro		4	http://www.swpc.noaa.gov/sites/default/files/images/u33/ALTWAUIRY%20S-WW%202010.pdf				
2004	28370/04025E	Saudicomsat 2	12,00	29-Jun-2004	700	98,3	Saudi Arabia	Technology	Dnepr 4	Space Research Institute, King Abdulaziz City for Science and Technology	Commercial	Y	Micro		4	http://www.swpc.noaa.gov/sites/default/files/images/u33/ALTWAUIRY%20S-WW%202010.pdf				
2004	28493/04049B	Nanosat	20,00	18-Dec-2004	657/666	98,1	Spain	Technology	Ariane 5G+ V-165	INTA		Y								
2004		3CS 1 (Sparkie)	16,00	21-Dec-2004			USA	Technology	Delta IV Heavy	Arizona State University		N (launch failure)	Micro	Launch Failure	1	https://www.researchgate.net/publication/268359920_The_Three_Corner_Satellite_Mission				
2004		3CS 2 (Ralphie)	16,00	21-Dec-2004			USA	Technology	Delta IV Heavy	University of Colorado		N (launch failure)	Micro	Launch Failure	1	https://www.researchgate.net/publication/268359920_The_Three_Corner_Satellite_Mission				
2005	28523/05002C	Tatiana	30,00	20-Jan-2005	912/967	83	Russia	Technology	Kosmos-3M 434	Lomonosov University		Y (out of service since March 6, 2007)								
2005	28650/05017B	Hamsat	42,50	5-May-2005	660 (SSO)	97,8	India	Telecommunications	PSLV-CA C6	Indian amateurs		Y								
2005	28895/05043F	Cubesat XI-V	1,00	27-Oct-2005	682/709	98,18	Japan	Technology	Kosmos-3M 435	University of Tokyo	University of Tokyo	Y								
2005	28897/05043H	Ncube 2	1,00	27-Oct-2005	680 (SSO)		Norway	Technology	Kosmos-3M 435			Y (Did not transmit, might not have ejected from SSETI Express -> debris)								
2005	28892/05043C	UWE 1	1,00	27-Oct-2005	680 (SSO)		Germany	Technology	Kosmos-3M 435	University of Wuerzburg		Y								
2006	28941/06005C	Cute 1,7	3,00	21-Feb-2006	300/711	98,2	Japan	Technology	M-V-#8	Tokyo Institute of Technology	Tokyo Institute of Technology	N (decay October 2009)								
2006	28980/06008A	ST5 A	25,00	22-Mar-2006	300/4570	105,6	USA	Technology	Pegasus XL 38	NASA		Y (out of service since June 30, 2006 (end of mission))								
2006	28981/06008B	ST5 B	25,00	22-Mar-2006	300/4570	105,6	USA	Technology	Pegasus XL 38	NASA		Y (out of service since June 30, 2006 (end of mission))								
2006	28982/06008C	ST5 C	25,00	22-Mar-2006	300/4570	105,6	USA	Technology	Pegasus XL 38	NASA		Y (out of service since June 30, 2006 (end of mission))								
2006	n/a	Falkonsat 2	19,50	24-Mar-2006	400/500	39	USA	Technology	Falcon-1	DARPA		N (launch failure)								
2006	29480/0604	Hi-Sat	2,70	22-Sep-2006	250/600	97,79	Japan	Telecommunications	M-5 (2)	Hokkaido Institute of technology	Hokkaido Institute of technology	N (decay June 18, 2008)								
2006	29680/06055B	Mepsat 2A	1,50	12-Oct-2006			USA	Technology	Shuttle	Aerospace Corp,		N (decay March 8, 2007)								
2006		Mepsat 2B	1,50	12-Oct-2006			USA	Technology	Shuttle	Aerospace Corp,		N (decay March 8, 2007)								
2006	29684/06058B	Genesat 1	4,50	16-Dec-2006	413/420	40	USA	Technology	Minotaur-1	NASA		N (decay August 4, 2010)								
2007	29712/07001D	Pehuensat 1	6,10	10-Jan-2007	621/641	98	Argentina	Telecommunications	PSLV-CA C6			Y								
2007	31122/07012F	Aerocube 2	1,00	17-Apr-2007	646/793	98,1	USA	Technology	Dnepr 8	American Aerospace Corporation		Y	1U							
2007	31130/07012P	Cape 1	1,00	17-Apr-2007	646/793	98	USA	Technology	Dnepr 8	University of Louisiana	University of Louisiana	Y	1U							
2007		CSTB1	1,00	17-Apr-2007	745	98	USA	Technology	Dnepr 1	Boeing		Y	1U							
2007	31126/07012K	Mast	1,00	17-Apr-2007	647/782	98	USA	Technology	Dnepr 8	Stanford University		Y (Tether failed to deployed)	1U							
2007	31129/07012N	Polysat CP3	1,00	17-Apr-2007	646/793	98	USA	Technology	Dnepr 8	California Polytech		Y	1U							
2007	31125/07012J	Saudicomsat 3	12,00	17-Apr-2007	650	98,1	Saudi Arabia	Telecommunications	Dnepr 8	Space Research Institute, King Abdulaziz City for Science and Technology	Commercial	Y	Micro							
2007	31127/07012L	Saudicomsat 4	12,00	17-Apr-2007	650	98,1	Saudi Arabia	Telecommunications	Dnepr 8	Space Research Institute, King Abdulaziz City for Science and Technology	Commercial	Y	Micro							
2007	31124/07012H	Saudicomsat 5	12,00	17-Apr-2007	650	98,1	Saudi Arabia	Telecommunications	Dnepr 8	Space Research Institute, King Abdulaziz City for Science and Technology	Commercial	Y	Micro							
2007	31121/07012E	Saudicomsat 6	12,00	17-Apr-2007	650	98,1	Saudi Arabia	Telecommunications	Dnepr 8	Space Research Institute, King Abdulaziz City for Science and Technology	Commercial	Y	Micro							
2007	31119/07012C	Saudicomsat 7	12,00	17-Apr-2007	650	98,1	Saudi Arabia	Telecommunications	Dnepr 8	Space Research Institute, King Abdulaziz City for Science and Technology	Commercial	Y	Micro							
2007	31128/07012M	Libertad 1	1,00	17-Apr-2007	646/792	98	Colombia	Technology	Dnepr 8	Sergio Arboleda University	Sergio Arboleda University	Y								
2007	31132/07012Q	Polysat CP4	1,00	17-Apr-2007	646/793	98	USA	Technology	Dnepr 8	California Polytech		Y								
2008	32788/08021U	AAUsat 2	1,00	28-Apr-2008	633 (SSO)	98	Denmark		PSLV-CA C9	Aalborg University	Aalborg University + Danish National Space Center	Y	1U							
2008	32791/0802	Seeds 2	1,00	28-Apr-2008	633 (SSO)	98	Japan		PSLV-CA C9	Nihon University		Y	1U							
2008	32785/0802	CanX 2	3,50	28-Apr-2008	633 (SSO)	98	Canada	Technology	PSLV-CA C9	University of Toronto Institute for Aerospace Studies	University of Toronto Institute for Aerospace Studies	Y	3U							
2008	32792/0802	Rubin 8	8,00	28-Apr-2008	619/662	98,9	Germany	Technology	PSLV-CA C9	ESA		Y	Nano							
2008	32784/0802	CanX 6	6,50	28-Apr-2008	633 (SSO)	98	Canada	Technology	PSLV-CA C9	University of Toronto	University of Toronto	Y								
2008	32797/08021L	Cute 1,7 II	3,00	28-Apr-2008	633 (SSO)	98	Japan	Technology	PSLV-CA C9	Tokyo Institute of Technology	Tokyo Institute of Technology	Y								
2008	32789/0802	Delfi C3	2,20	28-Apr-2008	633 (SSO)	98	Netherlands		PSLV-CA C9	Technical University of Delft	Technical University of Delft	Y								
2008	32787/08021E	Compass 1	1,00	28-Apr-2008	633 (SSO)	98	Germany	Technology	PSLV-CA C9		Aachen University of Applied Sciences	Y								
2008	32953/08025A	Yubileiy	48,00	23-May-2008	1500	82,5	Russia	Telecommunications	Rokot 14	JSS Reshetnev (formerly NPO PM)		Y	Micro							
2008	33064/08031E																			

2008	3306L0803	Orbcomm Fm 41	40.00	19-Jun-2008	670	48	USA	Telecommunications	Kosmos-3M 442	OSC		Y	Micro						
2008	33445/08059B	PSSC 1	7.00	15-Nov-2008			USA	Technology	Shuttle	Aerospace Corp.		N (decay February 17, 2010)	Nano	Full Success	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/plpsct		Space Shuttle Picosatellite Launcher	
2009	33496/09002E	Sohla 1	50.00	23-Jan-2009	680	98	Japan	Technology	H-2A-202	Space Oriented Higashiosaka Leading Association (SOHLA)		Y	Micro	Full Success (Nominal operation)	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/ssohla			
2009	33494/09002C	SpriteSat	50.00	23-Jan-2009	680	98	Japan	Technology	H-2A-202	Tohoku University	Tohoku University	Y	Micro	Failed after mast deployment	3	http://www.astro.mech.tohoku.ac.jp/SPRITE-SAT20081210.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/spritesat		
2009	33498/09002G	Stars	7.00	23-Jan-2009	680	98	Japan	Technology	H-2A-202	Kagawa University		Y	Nano	Operational with many anomalies	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/stars			
2009	33493/09002B	Prism	5.00	23-Jan-2009	680	98	Japan	Technology	H-2A-202	University of Tokyo		Y	Nano	Full Success (Nominal operation)	5	http://www.space.tu-tokyo.ac.jp/prism/en/about.html	https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/p/prism	https://www.dlr.de/iaa/symp/Portaldata/4/9/Resources/dokumente/archiv/5/0605_Enockuchi.pdf	
2009	33499/09002H	KKS 1	3.00	23-Jan-2009	680	98	Japan	Technology	H-2A-202	Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology	Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology	Y	Nano	Communications failure after 3 days	3	https://ja.wikipedia.org/wiki/KKS-1	http://www.spaceref.co.jp/news/2Tues/2009_08_t.html		
2009	33495/09002D	Kagayaki	20.00	23-Jan-2009	680	98	Japan	Technology	H-2A-202	Sorun Corporation		Y		No signal received	2	https://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/6.2008-3380	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/kagayaki.htm		
2009	33506/09004A	Omid	26.00	2-Feb-2009	245/378	55.6	Iran	Technology	Safir-1			N (out of service March 19, 2009; decay April 24, 2009)	Micro	Full Success	5	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sys.21201.pdf	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/omid.htm	https://en.wikipedia.org/wiki/Omid	
2009	34808/09019B	Anusat	40.00	20-Apr-2009	550	41	India	Technology	PSLV-CA C12			N (decay April 18, 2012)	Micro	Full Success (Nominal operation)	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/anusat			
2009	35005/09028E	Aerocube 3	1.00	19-May-2009	435/473	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	American Aerospace Corporation		N (decay January 6, 2011)	1U	Full Success	5	http://www.aerospace.org/crosslinkmag/summer-2009/building-miniature-spacecraft-at-the-aerospace-corporation/		Poly-Picosatellite Orbital Deployer	
2009	35003/09028C	Hawksat	1.00	19-May-2009	440/467	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Hawk Institute for Space Sciences/Pumpkin	Civil	N (decay September 4, 2011)	1U	No signal received	2	http://www.hawkspace.org/history.php	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/hawksat-1.htm		
2009	35002/09028B	Pharmasat	4.50	19-May-2009	436/473	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	NASA		N (decay August 14, 2012)		Full success	5	https://www.nasa.gov/pdf/331108main_pharmasat_Fact%20Sheet_FINAL.pdf	https://en.wikipedia.org/wiki/PharmaSat		
2009	35004/09028D	Polysat CP6	1.00	19-May-2009	433/473	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	California Polytech		N (decay October 6, 2011)			4	http://www.polysat.org/launched/	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/cp-3.htm	http://mst.atl.calpoly.edu/~bkofas/Presentations/SummerWorkshop2009/Sun_1450_PolySat%20Presentation.p	
2009	35685/09041E	Nanosat	22.00	29-Jul-2009	661	98.2	Spain	Technology	Dnepr 13	INTA		Y	Micro	Full Success (Nominal operation)	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nanosat	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/nanosat-01.htm		
2009	35686/09041U	Apri zesat 3	13.00	29-Jul-2009	700	98.3	USA	Telecommunications	Dnepr 13			Y	Micro	Full Success (Nominal operation)	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/apri zesat-3-4	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/apri zesat-1_latinsat-1.htm		
2009	35684/09041D	Apri zasat 4	13.00	29-Jul-2009	700	98.3	USA	Telecommunications	Dnepr 13			Y	Micro	Full Success (Nominal operation)	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/apri zesat-3-4	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/apri zesat-1_latinsat-1.htm		
2009	35669/09049E	Ugatusat	35.00	17-Sep-2009	823	98.8	Russia	Technology	Soyuz-2.1b/Fregat	Ugato (Ona State Aviation Technical University)		Y	Micro		2				
2009	35871/09049G	Blits	7.50	17-Sep-2009	825/829	98.8	Russia	Scientific (geodesy)	Soyuz-2.1b/Fregat	FSUE IPIE		Y	Nano	Spin parameters not stable	4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/blits	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/blits.htm		
2009	35934/09051D	UWE 2	1.00	23-Sep-2009	718/729	98.2	Germany	Technology	PSLV-CA C14	University of Wuerzburg		Y	1U	No signals received	2	http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016412413	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/u/uwe-2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/uwe-1.htm	
2009	35932/0905	SwissCube	1.00	23-Sep-2009	720/731	98.3	Switzerland	Technology	PSLV-CA C14	Ecole Polytechnique Federale de Lausanne		Y	1U	more than 250 images in more than 4 years	4	http://swisscube.epfl.ch/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/swisscube		
2009	35933/0905	Beesat	1.00	23-Sep-2009	718/729	98.3	Germany	Technology	PSLV-CA C14	Technical University of Berlin		Y	1U	Full Success (Nominal operation)	5	http://www.tu-berlin.de/?15027	https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/b/beesat-1	Single Picosatellite Launcher	
2009	35935/090515	itu-psat 1	1.00	23-Sep-2009	719/732	98.2	Turkey	Technology	PSLV-CA C14			Y	1U	Modem failure after launch. Only beacon for >7 years.	3	http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/spaceworkshop/presentation/s/Aslan.Rustem.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tupsat-1		
2009	36122/09072B	XiWang 1	50.00	14-Dec-2009	1200	100.5	China	Technology	Long March 118			Y	Micro			https://www.tbs-satellite.com/tse/online/sat_xiawang_1.html			
2010		Negai	1.00	21-May-2010			Japan	Education	H-2A-202	Soka University		N (decayed)	1U		5				
2010	36573	KSAT	1.00	21-May-2010			Japan	Technology	H-2A-202	Kagoshima University		N (decayed)	1U	Communication not established	2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/ksat.htm			
2010		Waseda-SAT2	1.00	21-May-2010			Japan	Education	H-2A-202	Waseda University		N (decayed)	1U	No contact established	2	http://www.miyashita.mmech.waseda.ac.jp/Waseda-Sat2/sub3.html	http://ameblo.jp/killerreye/archive/1-200903.html		
2010		UNITEC-1	15.00	21-May-2010			Japan	Education	H-2A-202	UNISEC		N (gone to Venus)	Micro	Contact lost shortly after launch	2	http://www.unisec.jp/unitec-1/en/about_unitec-1.html	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/unitec-1.htm		
2010	36827/10028F	Prisma Tango	50.00	15-Jun-2010	730	98.3	Sweden	Technology	Dnepr 15	SSC (Swedish Space Corporation)		Y	Micro	Successful operation/demonstration	5	http://elib.dlr.de/46839/1/ESA45_06_10a.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/prisma-prototype		
2010	36796/10035B	Studsat	1.00	12-Jul-2010	633 (SSO)	98	India	Technology	PSLV-CA C15	Seven engineering colleges from Karnataka and Andhra Pradesh		Y	1U	Beacon for 1 month. Failed to decode data	3	http://www.teamstudsat.in/	https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/s/studsat-1		
2010	36799/10035E	Tisat 1	1.00	12-Jul-2010	633 (SSO)	98	Switzerland	Technology	PSLV-CA C15	University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland	Civil	Y	1U	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tisat-1			
2010	36797/10035C	Aissat 1	6.00	12-Jul-2010	633 (SSO)	98	Norway	Technology	PSLV-CA C15	Norwegian Space Centre/UTIAS/SFL	Norwegian Defence Research Establishment (FFI)	Y	Nano	Successful demonstration	5	https://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/AISSAT-1_Norways%20firs%20observation%20satellite.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aisat-1-2		
2010	37166/10047B	Zhedaxi ping -1	3.50	22-Sep-2010	617/629	98.7	China	Remote sensing	Long March 2D	Zhejiang University		Y	Nano	Successful operation	5	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/zdps-1.htm			
2010	37167/10047C	Zhedaxi ping -2	3.50	22-Sep-2010	617/629	98.7	China	Remote sensing	Long March 2D	Zhejiang University		Y	Nano	Successful operation	5	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/zdps-1.htm			
2010	37224/10062C	O/Oreos	5.00	20-Nov-2010	650		USA	Technology	Minotaur-4 HAPS	Stanford University		Y	3U	Successful experiment	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/o/oreos			
2010	37223/10062B	RAX	3.00	20-Nov-2010	650		USA	Technology	Minotaur-4 HAPS			Y	3U	Premature end due to Power system anomaly	4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/rax			
2010	37252/10066J	Mayflower-Caerus	5.00	8-Dec-2010			USA	Technology	Falcon-9 v1.0	Northrop Grumman + University of Southern California + Pumpkin Inc. (Caerus)		N (decay December 8, 2010)	3U	No signals received	2	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1124&context=smallsat			
2011	37675/11025A	Rasad 1	13.50	15-Jun-2011	236/299	55.7	Iran	Technology	Safir-1A			N (decay July 6, 2011)	Micro	Successful operation	5	http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sys.21201.pdf	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/rasad-1.htm		
2011	37752/1103	PSSC 2	4.00	9-Jul-2011			USA	Technology	Shuttle	Aerospace Corp.		N (decay December 8, 2011)	Nano	operation with minor anomalies	4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/plpsct-2			
2011	37792/11044E	Apri zesat 5	14.00	17-Aug-2011	618/704	98.3	USA	Telecommunications	Dnepr 17	SpaceQuest		Y	Micro	Nominal operation	5	https://en.wikipedia.org/wiki/AprizeSat			
2011	37793/11044F	Apri zesat 6	14.00	17-Aug-2011	635/704	98.3	USA	Telecommunications	Dnepr 17	SpaceQuest		Y	Micro	Nominal operation	5	https://en.wikipedia.org/wiki/AprizeSat			
2011	37788/11044A	Edusat	10.00	17-Aug-2011	674 (SSO)	98.3	Italy	Remote sensing	Dnepr 17	Sapienza University in Rome	Sapienza University in Rome	Y	Micro		4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/e/edusat			
2011	37839/11058B	Jugnu	3.00	12-Oct-2011	867	20	India	Remote sensing	PSLV-CA C18			Y	3U	Nominal operation	5	http://www.iitk.ac.in/meold/jugnu/index.htm	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/j/jugnu		
2011	37840/11058C	Vesselsat 1	29.00	12-Oct-2011	847/868	19.97	Luxemburg	Telecommunications	PSLV-CA C18	LuxSpace	Commercial	Y	Micro	Successful operation beyond design life	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-v-x-y-2/vesselsat			
2011	37841/11058D	SRMsat	10.90	12-Oct-2011	867	20	India	Remote sensing	PSLV-CA C18			Y	Micro	Alive for more than design life	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/srmsat			

2011	37874/11066A	Dong Fang Hong 103	35.00	9-Nov-2011	479/489	97.4	China	Scientific and Technology (Shjian)	Long March 3	Nanjing University of Aeronautics and Astronautics	Civil	Y	Micro			https://www.fbs-satellite.com/tse/online/sat_dfh_103.htm			
2012	38047/1200	Vesselsat 2	28.00	9-Jan-2012	500	97.5	Luxemburg	Telecommunications	Long March 3	LuxSpace		Y	Micro	Successful operation beyond design life	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/vesselsat			
2012	38075/12005A	Navid	50.00	3-Feb-2012	276/363	56	Iran	Technology	Safir-1B	Elm-o San'at University (Iran University of Science & Technology)		N (decay April 2, 2012)	Micro			http://space.skyrocket.de/doc_sdat/navid-1.htm			
2012	38079/12006C	e-Star	1.00	13-Feb-2012	314/1445	69.5	Italy	Technology	Vega 1	Politecnico di Torino		Y	1U	CW reception but failure in decoding, Low Power	3	http://www.cubesatteam-polito.com/missions/e-star-ii/	https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/e-e-star		
2012	38080/12006D	Goliat	1.00	13-Feb-2012	316/1445	69.5	Romania	Technology	Vega 1	University of Bucharest	University of Bucharest	Y	1U	Intermittent communications	3	http://www.goliat.ro/index.php/mission/project-history	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/goliat		
2012	38081/12006E	MaSat 1	1.00	13-Feb-2012	314/1445	69.5	Hungary	Technology	Vega 1	Budapest University of Technology and Economics	Budapest University of Technology and Economics	Y	1U	Nominal operation	5	http://cubesat.bme.hu/en/projektek/masat-1/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/masat-1		
2012	380XX/12006X	Pwsat 1	1.00	13-Feb-2012	314/1445	69.5	Poland	Technology	Vega 1	Warsaw University of Technology	Warsaw University of Technology	n/a	1U	Issue with Deorbit system and Power	3	http://pw-sat.pl/pw-sat_radio_amateur/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/pw-sat		
2012	380XX/12006X	Robusta	1.00	13-Feb-2012	314/1445	69.5	France	Technology	Vega 1	University of Montpellier 2	University of Montpellier 2	n/a	1U	Faint signals after launch which soon stopped	3	https://robusta.cnes.fr/en/ROBUSTA/index.htm	https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/r/robusta	http://csu.edu.umontpellier.fr/en/completed-and-ongoing-projects/	
2012	380XX/12006X	Unicubesat	1.00	13-Feb-2012	316/1445	69.5	Italy	Technology	Vega 1	University of Rome		n/a	1U	Communication stop after 1-2 weeks	3	https://www.gaussteam.com/satellites/before_gauss_sr/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/u/unicubesat-99	http://mst.at.cai.poly.edu/~bkolas/Pre-sentations/DevelopersWorkshop2010/34_Cappelletti_UniCubeSat.pdf	
2012	38082/12006F	Xatcobeo	1.00	13-Feb-2012	314/1445	69.5	Spain	Technology	Vega 1	University of Viga + INTA		Y	1U	Proper functioning with slight tumbling	5	https://www.xatcobeo.com/cms/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=2&Itemid=12&limitstart=10	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/xatcobeo		
2012	38078/12006B	Almasat 1	12.50	13-Feb-2012	322/1447	69.5	Italy	Technology	Vega 1	University of Bologna		Y	Micro	Power failure after few days	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/almasat-1			
2012	38258/1202	Dong Fang Hong 112	9.30	10-May-2012	475	97.2	China	Experimental	Long March 1	National University of Defense Technology	Government	Y	Nano			https://www.fbs-satellite.com/tse/online/sat_dfh_112.htm			
2012	38339/12025C	SOS4	50.00	17-May-2012	680	98	Japan	Technology	H-2A-202	JAXA		Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/sds-4			
2012	38340/12025D	Horyu 2	7.00	17-May-2012	680	98	Japan	Technology	H-2A-202	Kyushu Institute of technology	Kyushu Institute of Technology	Y	Nano	Successful demonstration	5	http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2984&context=smallsat	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/h/horyu-2		
2012		FITSAT-1	1.00	21-Jul-2012	400(ISS)		Japan	Education	H-2B-304	Fukuoka Institute of Technology	Fukuoka Institute of Technology	Y	1U	Slight issue with the Tx	5	http://www.fit.ac.jp/~tanaka/fitsat.shtml	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/fitsat-1	http://www.fit.ac.jp/~tanaka/FITSAT/Keita.pdf	
2012		We wish	1.00	21-Jul-2012	401(ISS)		Japan	Education	H-2B-304	Meisei Denki	Meisei Denki	Y	1U	No signal after release	2	http://www.meisei.co.jp/news/2011/05/17_622.html	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/we-wish.htm		
2012		TechEdSat	1.00	21-Jul-2012	403(ISS)		USA	Education	H-2B-304	San Jose State University	San Jose State University	Y	1U	Successful demonstration	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/techdsat			
2012		F-1	1.00	21-Jul-2012	404(ISS)		Vietnam	Education	H-2B-304	FPT university	FPT university	Y	1U	No communications established	2	http://thi.fpt.edu.vn/?page_id=179	https://en.wikipedia.org/wiki/F-1_(satellite)		
2012		RAIKO	3.00	21-Jul-2012	402(ISS)		Japan	Education	H-2B-304	Tohoku University / Wakayama University	Tohoku University / Wakayama University	Y	2U	Successful operation for 10 months	5	http://www.astro.mech.tohoku.ac.jp/R/RAIKO/RAIKO-report-Japanese.pdf			
2012	38756/12047B	Proteres	15.00	9-Sep-2012	646/665	98.3	Japan	Technology	PSLV-CA C21	Osaka Institute of technology	Osaka Institute of technology	Y	Micro	Nominal operation	5	http://www.oit.ac.jp/japanese/proterese/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/proteres		
2012	38769/12048M	Aerocube 4	1.00	13-Sep-2012			USA	Technology	Atlas-5(401)			Y	1U	Successful operation beyond design life	5	http://www.aerospacemag.com/news/highlights/sometimes-smaller-is-better/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aerocube-4		
2012	38767/12048K	Aerocube 4.5A	1.00	13-Sep-2012			USA	Technology	Atlas-5(401)			Y	1U	Successful operation beyond design life	5	http://www.aerospacemag.com/news/highlights/sometimes-smaller-is-better/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aerocube-4		
2012	38768/12048L	Aerocube 4.5B	1.00	13-Sep-2012			USA	Technology	Atlas-5(401)			Y	1U	Successful operation beyond design life	5	http://www.aerospacemag.com/news/highlights/sometimes-smaller-is-better/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aerocube-4		
2013	39087/13009B	AAUSat 3	1.00	25-Feb-2013	775(SSO)	98.6	Denmark	Technology	PSLV-CA C20	Aalborg University,	Aalborg University	Y	1U	Operated nominally until power production started reducing	5	http://www.space.aau.dk/aausat3/index.php?n=Tech_AAUSAT3InDetails	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aausat3		
2013	39090/13009E	STRAND 1	4.30	25-Feb-2013	775(SSO)	98.6	UK	Technology	PSLV-CA C20	University of Surrey	Surrey Space Centre	Y	3U	Operational but communications stop midway	4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/strand-1			
2013	39091/13009F	TUGSat-1	7.00	25-Feb-2013	775(SSO)	98.6	Austria	Scientific (study of stars)	PSLV-CA C20	University of Toronto	Graz University of Technology	Y	Nano	Successful operation	5	http://www.tugsat.tugraz.at/project	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tugite-austria		
2013	39092/13009G	CanX-3a	6.50	25-Feb-2013	775(SSO)	98.6	Canada	Scientific (Star observation)	PSLV-CA C20	University of Toronto	University of Montreal/ University of Viena	y		Nominal operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/brite-austria			
2013	39131/13015B	OSSI-1	1.00	19-Apr-2013	258/549	64.9	South Korea	Technology	Soyuz-2-1a	Hojun Song	Civil	Failed to operate	1U	No signal transmission	2	http://opensat.cc/diysatellite.html	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/ossi-1.htm		
2013	39134/13015E	BeeSat-3	1.00	19-Apr-2013	554/581	64.9	Germany	Technology	Soyuz-2-1a	Technical University of Berlin	Technical University of Berlin	Y	1U	Heard after more than 4 years	2	https://www.raumfahrttechnik.tu-berlin.de/menue/forschung/aktuelle_projekte/beesat_3/	https://www.raumfahrttechnik.tu-berlin.de/zielgruppen/aktuelle/news/		
2013	39135/13015F	SOMP	1.00	19-Apr-2013	555/580	64.9	Germany	Scientific (Oxygen Measurement)	Soyuz-2-1a	Technical University of Dresden	Technical University of Dresden	Y	1U	Operational but no info on success	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/somp	https://phweb.tu-dresden.de/stard/SOMP/?page_id=19		
2013	39136/13015G	BeeSat-2	1.00	19-Apr-2013	555/579	64.9	Germany	Technology	Soyuz-2-1a	Technical University of Berlin	Technical University of Berlin	Y	1U	operational	4	http://www.dglr.de/publikationen/2016/420270.pdf			
2013	39132/13015C	Dove-2	5.80	19-Apr-2013	558/582	64.9	USA	Technology	Soyuz-2-1a	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Achieved the objectives	5	https://en.wikipedia.org/wiki/Planet_Labs	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/dove		
2013	39133/13015D	AISt 2	39.00	19-Apr-2013	558/582	64.9	Russia	Scientific (Earth magnetic field study)	Soyuz-2-1a	Samara State Aerospace University	Samara State Aerospace University	Y	Micro		4				
2013	39142/13016A	Phonesat 2.0a	1.20	21-Apr-2013	237/260	51.6	USA	Technology	Antares-110	NASA Ames Research Centre	NASA	Burn up in the earth atmosphere on 27th April 2013	1U	Successful mission	5	https://www.nasa.gov/centers/ames/eengineering/projects/phonesat.html	https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/small_spacecraft/phonesat.html		
2013	39144/13016C	Phonesat 1.0a	1.20	21-Apr-2013	280	51.6	USA	Technology	Antares-110	NASA Ames Research Centre	NASA	Burn up in the earth atmosphere on 27th April 2013	1U	Successful mission	5	https://www.nasa.gov/centers/ames/eengineering/projects/phonesat.html	https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/small_spacecraft/phonesat.html		
2013	39146/13016E	Phonesat 1.0b	1.00	21-Apr-2013	280	51.6	USA	Technology	Antares-110	NASA Ames Research Centre	NASA	Burn up in the earth atmosphere on 27th April 2013	1U	Successful mission	5	https://www.nasa.gov/centers/ames/eengineering/projects/phonesat.html	https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/small_spacecraft/phonesat.html		
2013	39143/13016B	Dove 1	5.00	21-Apr-2013	280	51.6	USA	Technology	Antares-110	Planet Labs	Planet Labs	Burn up in the earth atmosphere on 27th April 2013	3U	Achieved the objectives	5	https://en.wikipedia.org/wiki/Planet_Labs	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/dove		
2013	39152/13018C	NEE-01 Pegasus	1.26	26-Apr-2013	629/653(SSO)	98.1	Ecuador	Technology	Long March 2D	Ecuadorian Space Agency	Ecuadorian Space Agency	Y	1U	Met the objectives	5	https://en.wikipedia.org/wiki/NEE-01_Pegasus	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nee-01-pegasus		
2013	39153/13018D	Cubebug 1	2.00	26-Apr-2013	629/653	98.1	Argentina	Technology	Long March 2D	Argentinian Ministry of Science, Technology and Productive Innovation (INAP)	Argentinian Ministry of Science, Technology and Productive Innovation (INAP)	Y	2U	Confirmed beacon	3	https://www.itu.int/en/ITU-R/space/workshops/2017-Bariloche/Presentations/30%20-%20Adrian%20Sinclair-%20Satellogic.pdf	http://cubebug-1.tumblr.com/		

2013	39152/13018C	Turksat-3USAT	4.00	26-Apr-2013	629/654 (SSO)	98.1	Turkey	Technology	Long March 2D	Istanbul Technical University	Istanbul Technical University	Y	3U	Went silent after a day	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/turksat-3usat			
2013	39161/1302	EstCube 1	1.30	7-May-2013	705 (SSO)	98.7	Estonia	Scientific (Astronomy)	Vega (VV-02)	University of Tartu	University of Tartu	Y	1U	missions achieved	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/estcube-1			
2013	39267/13055C	DANDA	50.00	29-Sep-2013	325	81	USA	Scientific/ Technology	Falcon-9 v1.1	University of Colorado	University of Colorado	Y	Micro	Lost communications	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/ddande			
2013	39266/13055B	CUSat 1	40.80	29-Sep-2013	325	81	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Cornell University/AFRL	Cornell University	Y	Micro	Operation for 18 days. Contact lost	3	https://en.wikipedia.org/wiki/Cornell_University_Satellite			
2013	39270/13055F	POPACS 3	2.00	29-Sep-2013	325	81	USA	Scientific (Atmospheric density)	Falcon-9 v1.1	Utah State University, Gil Moore, Drexel University, Space X, Analytical Graphics Inc.	Utah State University, Gil Moore, Drexel University, Space X, Analytical Graphics Inc.	Y	Nano	Experiments conducted successfully	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/pipopacs	http://mstl.atl.calpoly.edu/~bklofas/Pre-sentations/SummerWorkshop2012/WIwert_POPACS.pdf		
2013	39269/13055E	POPACS 2	1.50	29-Sep-2013	325	81	USA	Scientific (Atmospheric density)	Falcon-9 v1.1	Utah State University, Gil Moore, Drexel University, Space X, Analytical Graphics Inc.	Utah State University, Gil Moore, Drexel University, Space X, Analytical Graphics Inc.	Y	Nano	Experiments conducted successfully	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/pipopacs	http://mstl.atl.calpoly.edu/~bklofas/Pre-sentations/SummerWorkshop2012/WIwert_POPACS.pdf		
2013	39268/13055D	POPACS 1	1.00	29-Sep-2013	325	81	USA	Scientific (Atmospheric density)	Falcon-9 v1.1	Utah State University, Gil Moore, Drexel University, Space X, Analytical Graphics Inc.	Utah State University, Gil Moore, Drexel University, Space X, Analytical Graphics Inc.	Y	Nano	Experiments conducted successfully	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/pipopacs	http://mstl.atl.calpoly.edu/~bklofas/Pre-sentations/SummerWorkshop2012/WIwert_POPACS.pdf		
2013		Prometheus 2B	2.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Los Alamos National Laboratory	Los Alamos National Laboratory	Y	1.5U	Successful	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/piprometheus			
2013		Prometheus	2.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Los Alamos National Laboratory	Los Alamos National Laboratory	Y	1.5U	Successful	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/piprometheus			
2013		Prometheus	2.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Los Alamos National Laboratory	Los Alamos National Laboratory	Y	1.5U	Successful	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/piprometheus			
2013		Prometheus 2A	2.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Los Alamos National Laboratory	Los Alamos National Laboratory	Y	1.5U	Successful	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/piprometheus			
2013		Prometheus 3A	2.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Los Alamos National Laboratory	Los Alamos National Laboratory	Y	1.5U	Successful	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/piprometheus			
2013		Prometheus 3B	2.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Los Alamos National Laboratory	Los Alamos National Laboratory	Y	1.5U	Successful	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/piprometheus			
2013		Prometheus 4A	2.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Los Alamos National Laboratory	Los Alamos National Laboratory	Y	1.5U	Successful	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/piprometheus			
2013		Prometheus 4B	2.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Los Alamos National Laboratory	Los Alamos National Laboratory	Y	1.5U	Successful	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/piprometheus			
2013	39396/13064S	ORS Tech 2	5.00	19-Nov-2013	498	40.9	USA	Technology	Minotaur-1	John Hopkins University	John Hopkins University	Y	3U	Nominal operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/olors-tech-1-2			
2013		Firefly	3.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Scientific (Magnetospheric research)	Minotaur-1	Goddard Space Flight Center	Goddard Space Flight Center	Y	3U	Nominal operation achieved	5	https://firefly.gsfc.nasa.gov/NewsEvents/index.html	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/firefly		
2013	39382/13064C	CAPE-2	1.30	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	University of Louisiana	University of Louisiana	Y	1U	Beacon heard actively	3	https://www.louisiana.edu/news-events/news/20131119/cape-2-satellite-hitch-ride-nasa-rocket	https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6979503/	http://www.dk3wn.info/sat/atu/sat_cap_e.shtml	
2013	39412/98067DA	ArduSat 1	1.00	19-Nov-2013	410	51.7	France	Technology	H-2B-304	ISU	Public	Y	1U	No info of beacon reception	2	https://en.wikipedia.org/wiki/ArduSat	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/ardusat-1.htm		
2013	39413/98067DB	PicoDragon	1.00	19-Nov-2013	410	51.7	Vietnam	Technology	H-2B-304	Vietnam National Satellite Center	VNSC	Y	1U	Met the objectives	5	http://www.nanosat.jp/images/report/dfNSS-05-0402.pdf	https://vnsc.org.vn/en/projects/profile-of-the-picodragon-satellite/		
2013	39414/98067DC	ArduSat X	1.00	19-Nov-2013	410	51.7	France	Technology	H-2B-304	ISU	Public	Y	1U	No info of beacon reception	2	https://en.wikipedia.org/wiki/ArduSat	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/ardusat-1.htm		
2013	39381/13064B	PhoneSat 2.4	1.00	19-Nov-2013	499/508	40.5	USA	Scientific/ Technology	Minotaur-1	NASA	NASA	Y	1U	Achieved primary objective	5	https://en.wikipedia.org/wiki/PhoneSat	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/phonesat-2-5		
2013	39384/13064E	KySat-2	1.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	University of Kentucky	University of kentucky	Y	1U	Did not meet all objectives	4	http://ssl.engineering.uky.edu/mission/s/orbital/kysat-2/about-kysat-2/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/k/kysat-2		
2013		DragonSat-1	1.00	19-Nov-2013	410	40.5	USA	Scientific (Magnetospheric research)	Minotaur-1	Drexel University	Drexel University	Y	1U	No signal from orbit	2	http://mstl.atl.calpoly.edu/~bklofas/Pre-sentations/DevelopersWorkshop2013/Kang_DragonSat-1.pdf	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/dragsat-1.htm		
2013		Trailblazer 1	1.00	19-Nov-2013	410	40.5	USA	Scientific (Magnetospheric research)	Minotaur-1	University of New Mexico	University of New Mexico	Y	1U						
2013		ChargerSat-1	1.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	University of Alabama	University of Alabama	Y	1U	No signals received	2	http://space.uah.edu/chargersat1/index.php	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/chargersat-1.htm		
2013		Lunar Orbiter	1.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	Vermont Technical College	Vermont Technical College	Y	1U	Successful operation	5	http://www.cubesatlab.org/BasicLEO.jsp	http://vtlunar.blogspot.com/	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/vermont-lunar-cubesat-1.htm	https://www.chronicle.com/blogs/wiredcampus/vermont-tech-nanosatellite-is-among-11-rocketed-into-space/48527
2013		COPPER	1.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	St. Louis University	St. Louis University	Y	1U	No signal	2	http://astrolab.slu.edu/slu-01-copper			
2013		SwampSat	1.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	University of Florida	University of Florida	Y	1U	No signals received	2	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/swampsat	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/swampsat.htm		
2013		TJ ² Sat	1.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology/ Education	Minotaur-1	Thomas Jefferson High School	Thomas Jefferson High School	Y	1U	No signals received	2	https://www.jhst.edu/students/activities/tj3sat/	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/tj3sat.htm	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1342&context=smallsat	
2013		Black Knight 1	1.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	US Military Academy	Military	Y	1U	No signals received	2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/black-knight-1.htm			
2013		NPS-SCAT	1.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	USAF	Military	Y	1U		3	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1341&context=smallsat			
2013	39387/13064H	ORS Tech 1	5.00	19-Nov-2013	499	40.5	USA	Technology	Minotaur-1	John Hopkins University	John Hopkins University	Y	3U	Nominal operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/olors-tech-1-2			
2013	39388/13064J	SENSE SV1	4.00	19-Nov-2013	497	40.5	USA	Scientific (Space weather)	Minotaur-1	USAF	Military	Y	3U	Solar array deployment failure. Low power.	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/sense			
2013	39388/13064N	SENSE SV2	4.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Scientific (Space weather)	Minotaur-1	USAF	Military	Y	3U	Solar array deployment failure. Low power.	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/sense			
2013		STARE B	4.00	19-Nov-2013	500	40.5	USA	Technology (Space Surveillance)	Minotaur-1	Lawrence Livermore National Lab	Lawrence Livermore National Lab	Y	3U	In commissioning Phase	4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/stare			
2013		Ho'oponopono 2	3.50	19-Nov-2013	410	40.5	USA	Scientific (Radar calibration)	Minotaur-1	University of Hawai	University of Hawai	Y	3U	No signals received	2	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/h/hhooponopono	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/hhooponopono.htm		
2013	39415/98067DD	TechEdSat 3	3.00	19-Nov-2013	410	51.7	USA	Technology	H-2B-304	NASA/ San Jose State University/ University of Idaho	NASA	Re-entered the earth atmosphere on 16th Jan. 2014	3U		4				
2013	39417/13066B	ZACUBE-1	1.20	21-Nov-2013	594/683	97.8	South Africa	Technology	Dnepr 19	Cape Peninsula University of Technology	Cape Peninsula University of Technology	Y	1U	Successful operation	5	https://www.brandsouthafrica.com/investments-immigration/science-technology/nanosatellite-141113	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/zacube-1		
2013	39432/13066S	Icube-1	1.00	21-Nov-2013	590/639	97.8	Pakistan	Technology	Dnepr 19	Institute of Space Technology	Institute of Space Technology	Y	1U	No signals received	2	https://www.dawn.com/news/1057688/pakistan-s-first-cubesat-icube-1-launched-from-russia	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/icube-1.htm		
2013	39433/13066T	HumSat-D	1.00	21-Nov-2013	590/640	97.8	Spain	Technology	Dnepr 19	University of Vigo	University of Vigo	Y	1U	Successful first contact	4	https://www.humsat.org/cubesat/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/h/humsat		
2013	39438/13066Y	Velox-PH	1.00	21-Nov-2013	594/699	97.8	Singapore	Technology	Dnepr 19	Nanyang Technical University	Nanyang Technical University	Y	1U	All experiments performed except for one	4	http://www.eee.ntu.edu.sg/research/SaRC/Programmes/Pages/Home.aspx	https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/velox-pii		
2013	39439/13066Z	First-MOVE	1.00	21-Nov-2013	594/699	97.8	Germany	Technology	Dnepr 19	TU Munchen	TU Munchen	Y	1U	Malfunction of OBdH after a month	3	https://www.researchgate.net/publication/281621099_Results_and_lessons_learned_from_the_CubeSat_mission_First-MOVE	http://www.pe0sat.vgnet.nl/satellite/cube-nano-picosats/first-move/		
2013	39441/13066AB	NEE-02	1.00	21-Nov-2013	594/715	97.8	Ecuador	Technology	Dnepr 19	ExactEarth		Y	1U	Successful mission execution	5	http://exa.ec/index-en.html	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/nee-02-krysaor.htm		
2013	39442/13066AC	PUCPSat-1	1.00	21-Nov-2013	589/640	97.8	Peru	Technology	Dnepr 19	Pontificia Universidad Catolica del Peru	Pontificia Universidad Catolica del Peru	Y	1U	Successfully launched					

2013	39445/13066AF	HINCube	1.00	21-Nov-2013	593/684	97.8	Norway	Technology	Dnepr 19	Narvik University College	Narvik University College	Y	1U	Failed to operate	2	https://no.wikipedia.org/wiki/HINCube	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/hincube.htm		
2013	39446/13066AG	UWE-3	1.00	21-Nov-2013	594/700	97.8	Germany	Technology	Dnepr 19	University of Wurzburg	University of Wurzburg	Y	1U		4	https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/uwe-2			
2013	39430/13066Q	GATOSS	2.00	21-Nov-2013	593/819	97.8	Denmark	Technology	Dnepr 19	GOMSpace	GOMSpace	Y	2U	Operating nominally	5	https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/gatoss			
2013	39440/13066AA	CubeBug-2	2.00	21-Nov-2013	594/715	97.8	Argentina	Technology	Dnepr 19	Ministry of Science, Technology and Productive Innovation	Government	Y	2U	Confirmed beacon	3	https://www.itu.int/en/ITU-R/space/workshops/2017-Bariloche/Presentations/30%20-%20Adrian%20Sinclair-%20Satellogic.pdf	http://www.pe0sat.vgnet.nl/satellite/cube-nano-picosats/cubebug-2/		
2013	39429/13066P	Dove 3	5.20	21-Nov-2013	594/815	97.8	USA	Technology	Dnepr 19	Planet Labs		Y	3U	Failed to deploy from Unisat 5	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/flock-1			
2013	39424/13066J	KHUSAT-01	4.00	21-Nov-2013	594/731	97.8	South Korea	Scientific (Magnetosphere)	Dnepr 19	Kyung Hee University	Kyung Hee University	Y	3U	No signals received	2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/cinema.htm	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cinema		
2013	39426/13066L	KHUSAT-2	4.00	21-Nov-2013	594/747	97.8	South Korea	Scientific (Magnetospheric research)	Dnepr 19	CINEMA Consortium		Y	3U	No signals received	2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/cinema.htm	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cinema		
2013	39420/13066E	OPTOS	3.00	21-Nov-2013	594/797	97.8	Spain	Technology	Dnepr 19	INTA		Y	3U	Nominal operation	5	http://msti.atl.calpoly.edu/~bklofas/Presentations/DevelopersWorkshop2007/Lora_Ivan.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/o/optos		
2013	39427/13066M	Triton-1	3.00	21-Nov-2013	594/764	97.8	UK	Technology	Dnepr 19	ISIS-BV		Y	3U	Unclear on the success	3	http://www.ruimtevaart-nvr.nl/media/kv_1223/Website/Presentaties_evenementen/ISIS_Dutch_SAT_AIS_20130328.pdf	https://amsat-uk.org/tag/triton-1/		
2013	39428/13066N	Delfi-n3xt	3.00	21-Nov-2013	594/780	97.8	Netherlands	Technology	Dnepr 19	Technical University of Delft	Technical University of Delft	Y	3U	Achieved all missions	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/delfi-n3xt			
2013	39421/13066F	Unisat 5	28.00	21-Nov-2013	594/640	97.8	Italy	Technology	Dnepr 19	La Sapienza University of Rome	La Sapienza University of Rome	Y	Micro	most of deployment successful	5	https://www.gaussteam.com/satellites/Cappelletti_UniSat5_Lessons_Learned.pdf	http://msti.atl.calpoly.edu/~bklofas/Presentations/DevelopersWorkshop2014/Cappelletti_UniSat5_Lessons_Learned.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/u/unisat-5	
2013	39416/13066A	Apizesat 7	12.00	21-Nov-2013	594/653	97.8	USA	Communication	Dnepr 19	ExactEarth		Y	Micro	Nominal operation	5	https://en.wikipedia.org/wiki/ApizeSat	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/apizesat-1_latinsat-1.htm		
2013	39425/13066K	Apizesat 8	12.00	21-Nov-2013	594/669	97.8	Argentina	Communication	Dnepr 19	SpaceQuest		Y	Micro	Nominal operation	5	https://en.wikipedia.org/wiki/ApizeSat	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/apizesat-1_latinsat-1.htm		
2013	39423/13066H	WNI-Sat 1	10.00	21-Nov-2013	594/849	97.8	Japan	Remote Sensing	Dnepr 19	AXELSPACE		Y	Micro	Partial success. Could not continue (no business).	4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/wnisat-1			
2013	39431/13066R	BRITE-PL	10.00	21-Nov-2013	594/886	97.8	Poland	Scientific (Astronomy)	Dnepr 19	UTIAS	BRITE-PL Consortium	Y	Micro	Nominal operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/brite-poland			
2013	39437/13066X	Eagle 1	2.50	21-Nov-2013	598/640	97.8	USA	Technology	Dnepr 19	Morehead State University	Morehead State University	Y	Nano	Operation beyond design life	5	https://www.moreheadstate.edu/getattachment/College-of-Science/Earth-and-Space-Sciences/Space-Science-Center/Space-Missions/Eagle-1.pdf.aspx?lang=en-US	http://www.50dollarsat.info/		
2013	39436/13066W	Eagle 2	1.50	21-Nov-2013	596/639	97.8	USA	Technology	Dnepr 19	Morehead State University	Morehead State University	Y	Nano	Operation beyond design life	5	https://www.moreheadstate.edu/getattachment/College-of-Science/Earth-and-Space-Sciences/Space-Science-Center/Space-Missions/Eagle-1.pdf.aspx?lang=en-US	http://www.50dollarsat.info/		
2013	39443/13066AD	QBSout 1	0.40	21-Nov-2013	596/640	97.8	USA	Technology	Dnepr 19	University of Maryland, Baltimore County	University of Maryland, Baltimore County	Y	Pico		2	http://www.umbc.edu/window/nano_sat_2013.html			
2013	39447/13066H	Pocket PUCP	0.13	21-Nov-2013	600	97.8	Peru	Scientific (Astronomy)	Dnepr 19	Pontificia Universidad del Peru	Pontificia Universidad del Peru	Y	Pico	No info on signal reception	2	http://intras.pucp.edu.pe/en/proyectos/pucp-sat-1/	https://amsat-uk.org/tag/pocket-pucp/		
2013	39435/13066V	WREN	0.25	21-Nov-2013	593/640	97.8	Germany	Technology	Dnepr 19	StaKoDo UG	StaKoDo UG	Y							
2013	39463/13072B	FIREBIRD-A	2.00	6-Dec-2013	443/886	120.3	USA	Scientific (Astronomy)	Atlas-5(501)	Montana State University	Montana State University	Y	1.5U	Data for more than design life	5	http://msti.atl.calpoly.edu/~bklofas/NSF_comm/20091130_telecon/FIREBIRD_Overview_NSF_Telecon_113009.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/firebird		
2013	39464/13072C	FIREBIRD-B	2.00	6-Dec-2013	443/886	120.33	USA	Scientific (Astronomy)	Atlas-5(501)	Montana State University	Montana State University	Y	1.5U	Data for more than design life	5	http://msti.atl.calpoly.edu/~bklofas/NSF_comm/20091130_telecon/FIREBIRD_Overview_NSF_Telecon_113009.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/firebird		
2013	39465/13072D	Aerocube 5a	2.00	6-Dec-2013	443/886	120.3	USA	Technology	Atlas-5(501)	The Aerospace Corporation		Y	1.5U			https://www.nasa.gov/sites/default/files/5/0/5/051515main/Aerospace_PICOSAT_Capability_Status_2014.pdf			
2013	39466/13072E	Aerocube 5b	2.00	6-Dec-2013	443/886	120.3	USA	Technology	Atlas-5(501)	The Aerospace Corporation		Y	1.5U			https://www.nasa.gov/sites/default/files/5/0/5/051515main/Aerospace_PICOSAT_Capability_Status_2014.pdf			
2013	39472/13072L	SMDC-ONE 2.4	4.00	6-Dec-2013	443/886	120.3	USA	Communication	Atlas-5(501)	Milltec	Military	Y	3U						
2013	39474/13072N	SMDC-ONE 2.3	4.00	6-Dec-2013	443/886	120.3	USA	Communication	Atlas-5(501)	US Army SMDC	Military	Y	3U						
2013	39469/13072H	MCubed-2	1.00	6-Dec-2013	443/886	120.3	USA	Technology	Atlas-5(501)	University of Michigan	University of Michigan	Y	1U	Successful mission execution	5	http://exploration.engin.umich.edu/devblog/?page_id=1830	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/mcubed-2		
2013	39470/13072J	CUNYSat-1	1.00	6-Dec-2013	443/886	120.33	USA	Science (Ionosphere)	Atlas-5(501)	City University of New York	City University of New York	Y	1U	No signals received	2	http://www1.cuny.edu/forum/2013/11/14/medgar-eyers-college-set-to-launch-satellite-on-nasa-rocket/	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/cunysat-1.htm		
2013	39471/13072K	IPEX	1.00	6-Dec-2013	469/890	120.5	USA	Technology	Atlas-5(501)	NASA	Government	Y	1U	Mission completed successfully	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/ipex			
2013	39467/13072F	ALICE	5.00	6-Dec-2013	443/886	120.3	USA	Technology	Atlas-5(501)	Airforce Institute of Technology	Government	Y	3U			http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1148&context=s_mallsat			
2013	39468/13072G	SNaP-3-1	5.00	6-Dec-2013	443/886	120.3	USA	Technology	Atlas-5(501)	US Army SMDC	Military	Y	3U			http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3349&context=s_mallsat	http://ndiavc.org/images/downloads/SMDWG_26_March_2015/mdc_space_initiatives__26_march_2015_approved_for_public_release.pdf		
2013	39473/13072M	TacSat 6	5.00	6-Dec-2013	443/886	120.3	USA	Technology	Atlas-5(501)	US Army SMDC	Military	Y	3U			https://en.wikipedia.org/wiki/Tactical_Satellite_Program			
2013	13076E	Kosmos 2491 (RS 46)	50.00	25-Dec-2013	1481.1	82.5 °	Russia	Technology, amateur communication	Rokot-KM	ISS Reshetnev	?	Y	Micro			http://space.skyrocket.de/doc_sdat/kosmos-2491.htm			
2013	13078A	Kosmos 2492	50.00	28-Dec-2013	1481.1	82.5 °	Russia	Technology, amateur communication	Rokot-KM	ISS Reshetnev	?	Y	Micro			http://space.skyrocket.de/doc_sdat/skrif-756.htm			
2013	13078B	Kosmos 2493	50.00	28-Dec-2013	1481.1	82.5 °	Russia	Technology, amateur communication	Rokot-KM	ISS Reshetnev	?	Y	Micro			http://space.skyrocket.de/doc_sdat/skrif-756.htm			
2014	14003A	Flock-1 1	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	http://spaceflight101.com/flock/			
2014	14003A	Flock-1 2	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 3	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 4	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			

2014	14003A	Flock-1 5	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 6	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 7	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 8	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 9	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 10	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 11	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 12	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 13	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 14	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 15	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 16	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 17	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 18	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 19	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 20	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 21	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 22	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 23	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 24	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 25	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 26	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 27	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	Flock-1 28	5.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Earth Observation	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of CubeSats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm			
2014	14003A	SkyCube	2.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Technology, Education	Antares-120	Southern Stars Group LLC	Southern Stars Group LLC	N (reentered on 8 November 2014.)	1U	Very weak signal due to solar panel deployment failure	3	https://www.kickstarter.com/projects/80837561/skycube-the-first-satellite-launched-by-you/posts			
2014	14003A	LituanicaSAT 1	1.00	9-Jan-2014	410	51.66°	Lithuania	Technology, Education	Antares-120	Kaunas University Of Technology	Kaunas University Of Technology	N (reentered the atmosphere on 28 July 2014.)	1U	Completed missions with few anomalies	4	http://n-avionics.com/projects/lituanicasat1-satellite-mission/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/lituanicasat-1.htm		
2014	14003A	LiSat 1	1.00	9-Jan-2014	410	51.66°	Lithuania	Technology, Education	Antares-120	Lithuanian Space Association	Lithuanian Space Association	Y	1U	LiSat-1 successfully transponder tested	3	http://www.lisat1.eu/en/about-project/documentation/	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/lisat-1.htm	http://www.dk3nn.info/p/?p=42732	
2014	14003A	UAPSat 1	1.00	9-Jan-2014	410	51.66°	Peru	Technology, Education	Antares-120	Universidad Alas Peruanas (UAP)	Universidad Alas Peruanas (UAP)	N (no signals were received)	1U	No signals received	2	http://laprensa.peru.com/tecnologia-ciencia/noticia-nasa-envio-al-espacio-satellite-peruano-uap-sat-1-18596 http://space.skyrocket.de/doc_sdat/uapsat-1.htm			
2014	14003A	ArduSat 2	2.00	9-Jan-2014	410	51.66°	USA	Technology, Education	Antares-120	NanoSatsfl Inc.	NanoSatsfl Inc.	N (re-entered the atmosphere 1 July 2014.)	2U	Performance affected due to mishap by a partner. No signals heard	2	http://weebau.com/satellite/A/ardusat2.htm	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/ardusat-2.htm		
2014	14005A	Chasqui 1	1.00	5-Feb-2014	410	51.66°	Peru, Russia	Technology, Education	Soyuz-U	Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, SWSU	Universidad Nacional de Ingeniería del Perú, SWSU	N (no signals were received)	1U	No signals received	2	https://en.wikipedia.org/wiki/Chasqui_1	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/chasqui-1.htm		
2014	14009G	KSAT 2 (Hayato 2)	1.50	27-Feb-2014	316/295	65°	Japan	Technology	H-2A-202	Kagoshima University	Kagoshima University	N (DECAYED)	1U	operation only for 3 months	3	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/ksat-2.htm			
2014	14009F	INVADER (ARTSAT 1, CO 77, OSCAR 77)	1.50	27-Feb-2014	353/367	65°	Japan	Art, amateur communications	H-2A-202	ARTSAT project, Tama Art University	ARTSAT project, Tama Art University	N (DECAYED)	1U	Steady operation	5	http://artsat.jp/en/about			
2014	14009D	OPUSAT (CosMoz)	1.40	27-Feb-2014	341/361	65°	Japan	Technology	H-2A-202	Osaka Prefecture University (OPU)	Osaka Prefecture University (OPU)	N (DECAYED)	1U	Achieved most objectives	4	http://www.ssrc.aero.osakafu-u.ac.jp/opusat/	https://ja.wikipedia.org/wiki/KSAT2#%E5%A4%96%E9%83%A8%E3%83%AA%E3%83%B3%E3%82%AF		
2014	14009B	IFT 1 (Yui)	1.00	27-Feb-2014	332/352	65°	Japan	Technology	H-2A-202	University of Tsukuba	University of Tsukuba	N (no signals were received)	1U	No signals received	2	http://yui.kz.tsukuba.ac.jp/about_project/	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/ift-1.htm		
2014	14009A	ShindaSat	35.00	27-Feb-2014	369/389	65°	Japan	Technology	H-2A-202	Shinshu University	Shinshu University	N (DECAYED)	Micro	A visible light communication was uplink and downlink	3	https://www.shinshu-u.ac.jp/shindaisat/			
2014	14009E	TeikyoSat 3	20.00	27-Feb-2014	362/381	65°	Japan	Life science	H-2A-202	Teikyo University	Teikyo University	N (DECAYED)	Micro	Interference communications problem	3	http://aseine.ele.kyutech.ac.jp/hnews/img_news/teikyo3sat3-review_20140324.pdf	http://club.ucd.teikyo-u.ac.jp/~space_system_society/index.html		
2014	14009H	STARS 2 (Gennai)	7.00	27-Feb-2014	666	98°	Japan	Technology	H-2A-202	Kagawa University	Kagawa University	N (DECAYED)	Nano	Only beacon. Low power anomaly	3	http://stars.eng.shizuoka.ac.jp/stars2.html	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/stars-2		
2014	14022E	PhoneSat 2.5	1.00	18-Apr-2014	304/330	51.65°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	NASA Ames Research Center	NASA Ames Research Center	N (DECAYED)	1U	Operational and sending beacon	4	https://www.nasa.gov/centers/ames/engneering/projects/phonesat2.html	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/phonesat-2-5		
2014	14022C	TSAT (TestSat-Lite)	2.00	18-Apr-2014	304/330	51.65°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Taylor University	Taylor University	N (DECAYED)	2U	successfully data was collected	4	http://mstl.af.calpoly.edu/~bklofas/Presentations/DevelopersWorkshop2015/Voss_Globalstar.pdf		https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3005&context=smallsat	
2014	14022F	KickSat 1	5.50	18-Apr-2014	304/330	51.65°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Cornell University	Cornell University	N (reentered between 13 and 14 May 2014)	3U	Could not deploy the small satellites inside	3	https://en.wikipedia.org/wiki/KickSat			
2014	14022B	Sporesat 1	5.00	18-Apr-2014	304/330	51.65°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	NASA Ames Research Center, Purdue University	NASA Ames Research Center, Purdue University	N (DECAYED)	3U	deployed properly and stabilization of the nanostellite (6 days into missions)	4	http://mstl.af.calpoly.edu/~bklofas/Presentations/DevelopersWorkshop2014/Martinez_SPORESAT.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/sporesat		
2014	14022D	ALL-STAR/THEIA	4.00	18-Apr-2014	304/330	51.65°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Colorado Space Grant Consortium (CoSGC), Lockheed Martin	Colorado Space Grant Consortium (CoSGC), Lockheed Martin	N (deorbited on 26 May 2014)	3U	no communications with the ALL-STAR CubeSat have been yet	2				
2014	14028E	Kosmos 2499 (RS 47)	50.00	23-May-2014	1500	82.5 °	Russia	Technology, amateur communication	Rokot-KM	ISS Reshetnev	?	Y	Micro	the payload remains undisclosed	5	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/kosmos-2491.htm			
2014	14029D	Rising 2	50.00	24-May-2014	666	98 °	Japan	Earth observation	H-2A-202	Tohoku University	Tohoku University	Y	Micro	Nominal operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/rising-2			
2014	14029B	UNIFORM 1	50.00	24-May-2014	629/636	97.9°	Japan	Earth observation	H-2A-202	Wakayama University	Wakayama University	Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/u/uniform-1			
2014	14029C	SOCRATES	48.00	24-May-2014	625/635	97.9°	Japan	Earth observation	H-2A-202	AES	NICT	Y	Micro	Successful demonstration	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/article/socrates			

2014	14029E	SPROUT	7.00	24-May-2014	621/635	97.9°	Japan	Technology	H-2A-202	Nihon University	Nihon University	Y	Nano	Transmitted was sucessfully	4	http://sat.aero.cst.nihon-u.ac.jp/sprout-e/1-SPROUT-e.html		
2014	14033AM	AeroCube 6A	0.50	19-Jun-2014	619/708	98°	USA	Technology	Dnepr 20	The Aerospace Corporation	The Aerospace Corporation	Y	0.5U	Operating as expected but no further info	3	https://www.nasa.gov/sites/default/files/5/0/5/0_files/D_Hinkley-Aerospace_PICOSAT_Capability_Statu_2014.pdf	http://www.aerospace.org/news/highlights/aerocube-6-launches-aboard-russian-rocket/	
2014	14033AN	AeroCube 6B	0.50	19-Jun-2014	619/708	98°	USA	Technology	Dnepr 20	The Aerospace Corporation	The Aerospace Corporation	Y	0.5U	Operating as expected but no further info	3	https://www.nasa.gov/sites/default/files/5/0/5/0_files/D_Hinkley-Aerospace_PICOSAT_Capability_Statu_2014.pdf	http://www.aerospace.org/news/highlights/aerocube-6-launches-aboard-russian-rocket/	
2014	14033T	Flock- 1	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5	http://spaceflight101.com/flock/		
2014	14033V	Flock- 2	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033AH	Flock- 3	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033X	Flock- 4	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033AE	Flock- 5	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033AC	Flock- 6	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033S	Flock- 7	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033AG	Flock- 8	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033AB	Flock- 9	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033N	Flock- 10	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033Z	Flock- 11	5.00	19-Jun-2014	605/620	97.99°	USA	Technology	Dnepr 20	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Perfomed Earth Observation tasks	5			
2014	14033W	DTUSat 2	1.00	19-Jun-2014	611/631	98°	Denmark	Technology, education	Dnepr 20	Danmarks Tekniske Universitet	Danmarks Tekniske Universitet	Y	1U	Only beacon. No 2 way comm	3	http://www.dtu.sat.dtu.dk/index.php?tid=66	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/dtusat-2.htm	
2014	14033Q	NanoSatC-Br 1	1.00	19-Jun-2014	609/629	98°	Brazil	Science, magnetosphere	Dnepr 20	INPE Southern Regional Space Research Center (CRS/CCR/INPE-MCT) (prime); ISIS (bus)	INPE Southern Regional Space Research Center (CRS/CCR/INPE-MCT)	Y	1U	Nominal operation with low battery anomaly	5	http://brazilianspace.blogspot.jp/2009/06/nanosatc-br-o-primeiro-cubesat.html	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nanosatc-br1	
2014	14033AJ	PolyITAN 1	1.00	19-Jun-2014	616/705	98°	Ukraine	Technology	Dnepr 20	National Technical University of Ukraine – KPI	National Technical University of Ukraine – KPI	Y	1U	Data could get properly	4	https://ru.wikipedia.org/wiki/PolyITAN-1		
2014	14033M	Duchifat 1	0.86	19-Jun-2014	608/630	98°	Israel	Science, magnetosphere	Dnepr 20	Space laboratory of the Herzliya Science Center	Space laboratory of the Herzliya Science Center	Y	1U	Fully functional	5	https://www.researchgate.net/publication/265998437_THE_FIRST_ISRAELI_CUBESAT_-_DUCHIFAT-1_A_STUDENT_ADVENTURE_TO_OUTER_SPACE	http://www.h-space-lab.org/php/duchifat1-en.php	
2014	14033R	QB50P1	2.00	19-Jun-2014	609/630	98°	Belgium	Technology, thermospheric research	Dnepr 20	ISS Reshetnev	von Karman Institute	Y	2U	Fully operational	5	https://www.vki.ac.be/index.php/component/content/article/249-news/latest/1467-isis-delivers-the-first-two-qb50-satellites-as-part-of-the-eu-fp7-qb50-project	https://amsat-uk.org/tag/qb50p1/	
2014	14033Y	QB50P2	2.00	19-Jun-2014	609/630	98°	Belgium	Technology, thermospheric research	Dnepr 20	ISS Reshetnev	von Karman Institute	Y	2U	Fully operational	5	https://www.vki.ac.be/index.php/component/content/article/249-news/latest/1467-isis-delivers-the-first-two-qb50-satellites-as-part-of-the-eu-fp7-qb50-project	https://amsat-uk.org/2015/06/17/qb50p2-fm-transponder-tested/	
2014	14033P	PACE	2.00	19-Jun-2014	608/630	98°	Taiwan	Technology	Dnepr 20	National Cheng Kung University	National Cheng Kung University	Y	2U	No signals received	2	http://140.116.215.243:7777/en/home.htm	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/pace.htm	
2014	14033AA	ANTELSAT	2.00	19-Jun-2014	620/708	98°	Uruguay	Technology	Dnepr 20	Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (FING), ANTEL	Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (FING), ANTEL	Y	2U	Ceased Comm after 10 months of operation	4	https://es.wikipedia.org/wiki/AntelSat	https://lie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/fai/status.html	
2014	14033AL	Lemur 1	4.00	19-Jun-2014	616/705	98°	USA	Technology, earth observation	Dnepr 20	NanoSatsfl Inc.	NanoSatsfl Inc.	Y	3U	Served as prototype for Lemur-2 constellation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/lemur		
2014	14033U	POPSAT-HIP 1	3.00	19-Jun-2014	608/631	98°	Singapore	Technology	Dnepr 20	Microspace Rapid Pte Ltd.	Microspace Rapid Pte Ltd.	Y	3U	Conducted experiment	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/popsat-hip1		
2014	14033AK	Tigrisat	3.00	19-Jun-2014	616/705	98°	Iraq	Earth Observation	Dnepr 20	La Sapienza University of Rome	La Sapienza University of Rome	Y	3U	data received successfully	4	http://www.astetrasparenti.it/aerospazio/homeA2.html		
2014	14033AF	Perseus-M 1	10.00	19-Jun-2014	600	98°	USA	Maritime surveillance	Dnepr 20	Dauria Aerospace, Canopus Systems US	Dauria Aerospace	Y	6U	successsuary telemetry beacons were received and decoded by multiple	5	https://en.wikipedia.org/wiki/Perseus-M		
2014	14033AD	Perseus-M 2	10.00	19-Jun-2014	600	98°	USA	Maritime surveillance	Dnepr 20	Dauria Aerospace, Canopus Systems US	Dauria Aerospace	Y	6U	Successful deployment of all onboard cubesats and normal operation	5	https://en.wikipedia.org/wiki/Perseus-M		
2014	14033C	UniSat 6	26.00	19-Jun-2014	615/670	98°	Italy	Technology	Dnepr 20	GAUSS (La Sapienza University of Rome)	GAUSS	Y	Micro	Successful communication established after launched and until operational phase	5	https://www.gaussteam.com/satellites/	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/uni-sat-6.htm	https://www.gaussteam.com/unisat-6-cubesat-release-accomplished/
2014	14033H	TabletSat-Aurora	25.00	19-Jun-2014	583/617	98°	Russia	Technology, earth observation	Dnepr 20	SPUTNIX	SPUTNIX	Y	Micro	successfully succeeded in downloading the data	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/tabletsat-aurora.htm		
2014	14033E	BugSat 1 (Tia)	22.00	19-Jun-2014	576/624	98°	Argentina	Technology, earth observation	Dnepr 20	Satellogic S.A.	Satellogic S.A.	Y	Micro		5	https://en.wikipedia.org/wiki/BugSat_1		
2014	14033J	AprizeSat 9	12.00	19-Jun-2014	619/722	98°	Argentina	Communication	Dnepr 20	SpaceQuest	Aprize Argentina	Y	Micro	Made operational	5	https://en.wikipedia.org/wiki/AprizeSat		
2014	14033K	AprizeSat 10	12.00	19-Jun-2014	619/722	98°	Argentina	Communication	Dnepr 20	SpaceQuest	Aprize Argentina	Y	Micro	Made operational	5	https://en.wikipedia.org/wiki/AprizeSat		
2014	14033L	BRITE-CA 1 (BRITE-Toronto, CanX 3E)	10.00	19-Jun-2014	613 /738	97.9°	Canada	Astronomy/Technology	Dnepr 20	UTIAS	UTIAS (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies)	Y	Micro	Fully operational	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/brite-canada		
2014	14033??	BRITE-CA 2 (BRITE-Montreal, CanX 3F)	10.00	19-Jun-2014	613 /738	97.9°	Canada	Astronomy/Technology	Dnepr 20	UTIAS	UTIAS (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies)	N (Fald to separate)	Micro	Did not detach from Launch Vehicle	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/brite-canada		
2014	14034E	VELOX-P 3 (VELOX 1-PSAT)	1.00	30-Jun-2014	648/663	98.3°	Singapore	Technology	PSLV-CA C23	Nanyang Technological University, Singapore	Nanyang Technological University, Singapore	Y	1U	No proper info	1	http://www.sarc.eee.ntu.edu.sg/Programmes/usp/Pages/usp.aspx	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/velox-1	
2014	14034E	VELOX 1 (VELOX 1-NSAT)	4.25	30-Jun-2014	648/663	98.3°	Singapore	Technology	PSLV-CA C23	Nanyang Technological University, Singapore	Nanyang Technological University, Singapore	Y	3U	No proper info	3	http://www.sarc.eee.ntu.edu.sg/Programmes/usp/Pages/usp.aspx	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/velox-1	
2014	14034C	CanX 4	15.00	30-Jun-2014	648/668	98.3°	Canada	Technology	PSLV-CA C23	UTIAS (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies)	UTIAS (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies)	Y	Micro	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/canx-4-5		
2014	14034D	CanX 5	15.00	30-Jun-2014	648/668	98.3°	Canada	Technology	PSLV-CA C23	UTIAS (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies)	UTIAS (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies)	Y	Micro	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/canx-4-5		
2014	14034B	AlSat 1	14.00	30-Jun-2014	648/668	98.3°	Germany	Technology	PSLV-CA C23	DLR	DLR	Y	Micro	during first three months of operation, more than 80 images were transmitted back to earth	4	https://en.wikipedia.org/wiki/AlSAT-1		
2014	14037F	UKube 1	3.00	8-Jul-2014	635	98.4°	UK	Technology	Soyuz-2-1b	ClydeSpace	UK Space Agency	Y	3U	Achieved nominal mission	5	https://www.clyde.space/our-missions/2-ukube1		
2014	14037C	DX 1	27.00	8-Jul-2014	623.5 /634.4	98.4°	Russia	Technology, maritime surveillance	Soyuz-2-1b	Dauria Aerospace	Dauria Aerospace	Y	Micro	Operation for 6 months	5	http://eng.dauria.ru/platform-dx/		
2014	14037G	AlISat 2	6.50	8-Jul-2014	635	98.4°	Norway	Maritime surveillance	Soyuz-2-1b	UTIAS	UTIAS	Y	Nano	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aissat-1-2		
2014	1998-067FA	Flock- 1	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm		
2014	1998-067FB	Flock- 2	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5			
2014	?	Flock- 3	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	reaches into earth after 212 days from the ISS with out having achieved mission	1			
2014	?	Flock- 4	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	reaches into earth after 212 days from the ISS with out having achieved mission	1			
2014	?	Flock- 5	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5			
2014	?	Flock- 6	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5			
2014	1998-067FC?	Flock- 7	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5			
2014	1998-067FD?	Flock- 8	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5			
2014	?	Flock- 9	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5			

2014	?	Flock- 10	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	?	Flock- 11	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	?	Flock- 12	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	?	Flock- 13	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Reached into orbit after 212 days from the ISS with out having been released from the ISS	1			
2014	?	Flock- 14	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Reached into orbit after 212 days from the ISS with out having been released from the ISS	1			
2014	1998-067EY	Flock- 15	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	1998-067EZ	Flock- 16	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	1998-067FF	Flock- 17	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	1998-067FE	Flock- 18	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	?	Flock- 19	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Reached into orbit after 212 days from the ISS with out having been released from the ISS	1			
2014	?	Flock- 20	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Reached into orbit after 212 days from the ISS with out having been released from the ISS	1			
2014	?	Flock- 21	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	?	Flock- 22	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	1998-067EV	Flock- 23	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	1998-067EU	Flock- 24	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	1998-067EX	Flock- 25	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	1998-067EW	Flock- 26	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	?	Flock- 27	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	?	Flock- 28	5.00	13-Jul-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution sensors	5			
2014	?	GEARRSAT	5.00	13-Jul-2014	404	52°	USA	Technology	Antares-120	NearSpace Launch	NearSpace Launch	Y	3U	fully operational & experiments conducted	5	http://mstl.atl.calpoly.edu/~bklofas/Presentations/DevelopersWorkshop2015/Voss_Globalstar.pdf		
2014	?	Lambdasat	1.00	13-Jul-2014	403	52°	Greece	Technology	Antares-120	Lambda Team	Lambda Team	N	1U	No proper information	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/lambdasat		
2014	?	MicroMAS	5.50	13-Jul-2014	401	52°	USA	Earth observation, technology	Antares-120	Massachusetts Institute of Technology - Space Systems Laboratory (MIT SSL)	Massachusetts Institute of Technology - Space Systems Laboratory (MIT SSL)	N	3U	Transmitter fault after 2 weeks	5	https://cubesat.files.wordpress.com/2012/06/cubesat-org-2012-b-2-4-_presentation_blackwell_20120529235.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/micromas-1	
2014	?	TechEdSat 4 (TES 4)	4.00	13-Jul-2014	402	52°	USA	Technology, education	Antares-120	SJSU, University of Idaho, NASA Ames Research Center	SJSU, University of Idaho, NASA Ames Research Center	N	3U	Successful demonstration	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/techedsat-4		
2014	140498	BRITE-PL 2 (CanX 3D, Hewellusz)	10.00	19-Aug-2014	609/ 632"	98.0°	Poland	Astronomy/Technology	Long March 4B	UTIAS (bus)	BRITE-PL consortium	Y	Micro	Fully operational	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/brite-poland		
2014	140658	4M (Marked Memorial Moon Mission)	14.00	24-Oct-2014	1282/404729	30.47°	Luxembourg	Lunar fly-by, amateur communications	Long March 3C	LuxSpace	LuxSpace	N	Micro	Operated beyond design life.	5	https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi0moqW0sWAhUIGpQKHsZD0QFghEMAQ&url=http%3A%2F%2Fdigitalcommons.usu.edu%2Fcgj%2Fviewcontent.cgi%3Ffilename%3D0%26article%3D3200%26context%3Dsmallsat%26type%3Dadditional&usq=AFQjCNHmlEpyjJUOsg_-6Zmk9gOo0wA	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/4m.htm	
2014	14F02	Flock-1d 1	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 2	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1	http://spaceflight101.com/flock/		
2014	14F02	Flock-1d 3	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 4	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 5	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 6	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 7	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 8	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 9	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 10	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 11	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 12	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 13	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 14	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 15	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 16	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 17	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 18	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 19	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 20	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 21	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 22	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 23	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 24	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 25	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	Flock-1d 26	5.00	28-Oct-2014	400	52°	USA	Technology	Antares-130	Planet Labs	Planet Labs	N(Launch Failure)	3U	20 Flock-1d satellites were lost	1			
2014	14F02	GOMX 2	2.00	28-Oct-2014	403	52°	Denmark	Technology	Antares-130	GOMSpace	GOMSpace	N(Launch Failure)	2U	Launch failure	5			
2014	14F02	RACE	5.00	28-Oct-2014	402	52°	USA	Technology	Antares-130	University of Texas at Austin, JPL	University of Texas at Austin, JPL	N(Launch Failure)	3U	Launch failure	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/race		
2014	14F02	Arkyd-3 (A3)	4.00	28-Oct-2014	401	52°	USA	Technology	Antares-130	Planetary Resources	Planetary Resources	N(Launch Failure)	3U	Launch failure	1	https://en.wikipedia.org/wiki/Planetary_Resources		
2014	14070c	ChubuSat 1 (Kinshachi 1)	50.00	6-Nov-2014	511/532	97.5°	Japan	Technology	Dnepr 21	Nagoya University, Daido University	Nagoya University, Daido University	Y	Micro	Issue establishing contact. Only beacon	3	http://www.frontier.phys.nagoya-u.ac.jp/chubusat/Final%20Paper%20-%20Development%20of%20ChubuSat-1%20small%20satellite.pdf	https://www.frontier.phys.nagoya-u.ac.jp/en/chubusat/chubusat_satellite.html	
2014	14070D	QSAT-EOS (Tsukushi)	49.00	6-Nov-2014	510/561	97.5°	Japan	Technology, Earth observation	Dnepr 21	Kyushu University	Kyushu University	Y	Micro	Successfully provided the spire forecast data	4	https://www.facebook.com/pg/Qsat-Eos-Project-105478576258136/about/?ref=page_internal		
2014	14070E	Tsubame	49.00	6-Nov-2014	510/561	97.5°	Japan	Astronomy, X-ray	Dnepr 21	Tokyo Institute of Technology, Tokyo University of Science and JAXA	Tokyo Institute of Technology, Tokyo University of Science and JAXA	Y	Micro	Receiver failure	3	http://ss.mes.titech.ac.jp/sssp/tsubame/index_e.html	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tsubame	
2014	14070B	Hodoyoshi 1	50.00	6-Nov-2014	511/532	97.5°	Japan	Technology, Earth observation	Dnepr 21	University of Tokyo, NESTRA	University of Tokyo, NESTRA	Y	Micro	Full Success	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/h/hodoyoshi-1		
2014	14076C	DESPATCH (ARTSAT 2, FO 81, OSCAR 81)	32.00	3-Dec-2014	N/A(Deep Space)	N/A(Deep Space)	Japan	Art and Satellite communications	H-2A-202	Art and Satellite Project (ARTSAT), Tama Art University	Art and Satellite Project (ARTSAT), Tama Art University	Y	Micro	Successful operation	5			
2014	14076B	Shin'en 2 (FO 82, OSCAR 82)	15.00	3-Dec-2014	N/A(Deep Space)	N/A(Deep Space)	Japan	Technology, interplanetary	H-2A-202	Kyushu Institute of Technology (KIT), Kagoshima University	Kyushu Institute of Technology (KIT), Kagoshima University	Y	Micro	Prominent beacon signal	4	http://www.shin-en2.jp/submenu_received_E.html		

2015	?	Flock-1d 1	5.00	10-Jan-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	replacement satellites of constellation for earth observation	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	?	Flock-1d 2	5.00	10-Jan-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	replacement satellites of constellation for earth observation	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-67FM	AESP-14	1.00	10-Jan-2015	400	52°	Brazil	Science, magnetosphere	Falcon-9 v1.1	ITA, INPE	ITA, INPE	Y	1U	No signals received	2	http://brazilianspace.blogspot.jp/search?q=AESP-14 http://space.skyrocket.de/doc_sdat/aesp-14.htm				
2015	2015-003B	FIREBIRD FU3	2.00	31-Jan-2015	437.4/665.6	99.1 °	USA	Technology	Delta-7320-10C	Montana Space Grant Consortium	Montana Space Grant Consortium	Y	1.5U	Successful operation	5	https://ssel.montana.edu/firebird2.htm	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/firebird	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=3199&context=smallsat		
2015	2015-003C	FIREBIRD FU4	2.00	31-Jan-2015	437.4/665.7	99.1 °	USA	Technology	Delta-7320-10C	Montana Space Grant Consortium	Montana Space Grant Consortium	Y	1.5U	Successful operation	5	https://ssel.montana.edu/firebird2.htm	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/firebird	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=3199&context=smallsat		
2015	2015-003E	ExoCube (CP 10)	4.00	31-Jan-2015	438.7/667.1	99.1 °	USA	Science, atmosphere	Delta-7320-10C	NASA/JPL, Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	NASA/JPL, Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	Y	3U	Failed ant deployment. Low signal power	3	http://msst.at.calpoly.edu/~bklouas/Presentations/DevelopersWorkshop2013/Jorgensen_NSF_CubeSat_keynote.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/exocube			
2015	2015-003D	GRIFEX	4.00	31-Jan-2015	438.2/666.0	99.1 °	USA	Technology	Delta-7320-10C	JPL / CalTech	JPL / CalTech	Y	3U	Successful demonstration	5	https://lightopportunities.nasa.gov/media/uploads/pdf/earth-science-suborbital-jpl-workshop-june2012.pdf https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/grifex				
2015	2015-020D	Kosmos 2504	50.00	31-Mar-2015	1482	82.4°	Russia	Technology, Amateur communication	Rokot-KM	ISS Reshetnev	Military	Y	Micro	according to United states air forces stated that it may be a Satellite attack weapon	3	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/kosmos-2491.htm	https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B3%E3%82%B9%E3%83%A2%E3%82%B9%E8%A1%9B%E6%98%9E			
2015	1998-067GF	Flock-1e 1 (Dove 06)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GE	Flock-1e 2 (Dove 0610)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GH	Flock-1e 3 (Dove 0603)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GG	Flock-1e 4 (Dove 0606)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GL	Flock-1e 5 (Dove 0607)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GM	Flock-1e 6 (Dove 0608)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GJ	Flock-1e 7 (Dove 0609)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GK	Flock-1e 8 (Dove 0600)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GN	Flock-1e 9 (Dove 061U)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GP	Flock-1e 10 (Dove 0609)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GQ	Flock-1e 11 (Dove 061E)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GR	Flock-1e 12 (Dove 060A)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GS	Flock-1e 13 (Dove 0607)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GT	Flock-1e 14 (Dove 060F)	5.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067GV	Arkyd 3-Refight (A3R)	4.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Planetary Resources	Planetary Resources	Y	3U	successfully Data collected from Satellites	5	http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3273&context=smallsat	https://www.planetaryresources.com/missions/arkyd-301/			
2015	1998-067GU	Centennial 1	1.00	14-Apr-2015	400	52°	USA	Technology	Falcon-9 v1.1	Booz Allen Hamilton	Booz Allen Hamilton, Air Force Research Laboratory	Y	1U	Received the image capture data and measuring the laser range data	4	http://spacenews.com/first-booz-allen-satellite-will-observe-air-force-laser/				
2015	2015-025J	AeroCube 8A	3.00	20-May-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(501)	Aerospace Corporation	Aerospace Corporation	Y	1.5U	was operational condition	4	https://www.nasa.gov/sites/default/files/5/5files/D_Hinkley-Aerospace_PICOSAT_Capability_Status_2014.pdf				
2015	2015-025E	AeroCube 8B	3.00	20-May-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(501)	Aerospace Corporation	Aerospace Corporation	Y	1.5U	Partially operational	3	https://www.nasa.gov/sites/default/files/5/5files/D_Hinkley-Aerospace_PICOSAT_Capability_Status_2014.pdf				
2015	2015-025K	BRICSat-P	2.50	20-May-2015	LEO	?	USA	Technology, Communication	Atlas-5(501)	US Naval Academy Satellite Lab, George Washington University	US Naval Academy Satellite Lab, George Washington University	Y	1.5U	Successful demonstration	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/bricsat-p				
2015	2015-025D	PSAT A	2.50	20-May-2015	LEO	?	USA	Experimental Communication	Atlas-5(501)	US Naval Academy Satellite Lab	US Naval Academy Satellite Lab	Y	2U	Fully functional	5	http://aprs.org/psat-old.html	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/pjparkinsonsat			
2015	2015-025G	GEARRS2	5.00	20-May-2015	LEO	?	USA	Technology/Military	Atlas-5(501)	NearSpace Launch, Air Force Research laboratory (AFRL)	NearSpace Launch, Air Force Research laboratory (AFRL)	Y	3U	Successful operation	5	http://msst.at.calpoly.edu/~bklouas/Presentations/DevelopersWorkshop2015/Voss_Globstar.pdf	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3300&context=smallsat			
2015	2015-025L	LightSail A	5.00	20-May-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(501)	The Planetary Society	The Planetary Society	N	3U	Computer freeze but recovered and demonstrated successfully	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/lightsail	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/lightsail-1.htm			
2015	2015-025C	OptiCube 1	5.00	20-May-2015	LEO	?	USA	Calibration	Atlas-5(501)	Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	NASA Orbital Debris Program Office, US Air Force Starfire Optical Range	Y	3U	Passive on orbit target for calibration	4					
2015	2015-025F	OptiCube 2	5.00	20-May-2015	LEO	?	USA	Calibration	Atlas-5(501)	Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	NASA Orbital Debris Program Office, US Air Force Starfire Optical Range	Y	3U	Passive on orbit target for calibration	4					
2015	2015-025H	OptiCube 3	5.00	20-May-2015	LEO	?	USA	Calibration	Atlas-5(501)	Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	NASA Orbital Debris Program Office, US Air Force Starfire Optical Range	Y	3U	Passive on orbit target for calibration	4					
2015	2015-025B	USS Langley	5.00	20-May-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(501)	US Naval Academy, Pumpkin Inc. (bus)	US Naval Academy	Y	3U	No signals received	2					
2015	2015-F02	Flock-1U 1	5.00	28-Jun-2015	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Satellites were lost, due to the launch vehicle failed.	1	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	2015-F02	Flock-1U 2	5.00	28-Jun-2015	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Satellites were lost, due to the launch vehicle failed.	1					
2015	2015-F02	Flock-1U 3	5.00	28-Jun-2015	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Satellites were lost, due to the launch vehicle failed.	1					
2015	2015-F02	Flock-1U 4	5.00	28-Jun-2015	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Satellites were lost, due to the launch vehicle failed.	1					
2015	2015-F02	Flock-1U 5	5.00	28-Jun-2015	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Satellites were lost, due to the launch vehicle failed.	1					
2015	2015-F02	Flock-1U 6	5.00	28-Jun-2015	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Satellites were lost, due to the launch vehicle failed.	1					
2015	2015-F02	Flock-1U 7	5.00	28-Jun-2015	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Satellites were lost, due to the launch vehicle failed.	1					
2015	2015-F02	Flock-1U 8	5.00	28-Jun-2015	400	52°	USA	Technology	Antares-120	Planet Labs	Planet Labs	N	3U	Satellites were lost, due to the launch vehicle failed.	1					
2015	2015-032E	DeOrbitSail	3.00	10-Jul-2015	636	98.05°	UK	Technology	PSLV-XL C28	SSTL	SSTL	Y	3U	Failed to deploy sails	4	http://www.esastap.org.za/downloads/space01_2011_pres01.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/dedorbitsail			
2015	1998-067HB	Flock-2b 1 (Dove 0C70)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flock-1.htm				
2015	1998-067HC	Flock-2b 2 (Dove 0C18)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5					
2015	1998-067HD	Flock-2b 3 (Dove 0C53)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5					
2015	1998-067HE	Flock-2b 4 (Dove 0C72)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5					
2015	1998-067HF	Flock-2b 5 (Dove 0C73)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y</								

2015	1998-067HG	Flock-2b 6 (Dove OC69)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2015	1998-067HH	Flock-2b 7 (Dove OC66)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2015	1998-067HJ	Flock-2b 8 (Dove OC55)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2015	1998-067HL	Flock-2b 9 (Dove OC68)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2015	1998-067HK	Flock-2b 10 (Dove OC64)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2015	N/A	Flock-2b 11 (Dove OC71)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	not deployed due to problems with the deployer	1			
2015	N/A	Flock-2b 12 (Dove OC51)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	not deployed due to problems with the deployer	1			
2015	1998-067HM	Flock-2b 13 (Dove OC74)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2015	1998-067HN	Flock-2b 14 (Dove OC47)	5.00	19-Aug-2015	400	52°	USA	Technology	H-2B-304	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2015	1998-067HA	AALUSAT 5	1.00	19-Aug-2015	400	52°	Denmark	Technology	H-2B-304	Aalborg University Cubesat	Aalborg University Cubesat	Y	1U	not deployed due to problems with the deployer	3	http://www.space.aau.dk/lausat5/		
2015	1998-067GY	S-CUBE (S ³)	4.00	19-Aug-2015	400	52°	Japan	Tecnology	H-2B-304	(PERC/Chitech)/Tohoku University	(PERC/Chitech)/Tohoku University	Y	3U		2	https://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2014/pdf/1846.pdf		
2015	1998-067GZ	GOMX-3	2.00	19-Aug-2015	400	52°	Denmark	Tecnology	H-2B-304	GOMSpace	GOMSpace	Y	3U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/gomx-3		
2015	1998-067GX	SERPENS	4.00	19-Aug-2015	400	52°	Brazil	Tecnology	H-2B-304	SERPENS	SERPENS	Y		Signals received but no clarity and further info	3	http://msl.af.cafpoly.edu/~bklofas/Presentations/DevelopersWorkshop2014/Figueiro_SERPENS.pdf	http://amsat-br.org/sinais-do-cubesat-serpens-recebidos/	
2015	2015-049P	DCBB (CAS 3G)	3.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Educational/ Technology	Long March 6	Shenzhen Aerospace Dongfanghong HIT Satellite Ltd., CAMSAT	Shenzhen Aerospace Dongfanghong HIT Satellite Ltd., CAMSAT	Y	2U	was operational condition	4		https://www.nanosats.eu/sat/dcbb	
2015	2015-049C	XW 2A (CAS 3A)	25.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Education/Technology	Long March 6	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	Y	Micro	Operational	4	https://www.n2yo.com/satellite/?s=40903		
2015	2015-049	NS 2	20.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Technology	Long March 6	Tsinghua University	Tsinghua University	Y	Micro	Launched but not proper information about missions	3	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/ns-2.htm		
2015	2015-049D	ZDPS 2A (Zheda Pixing 2A)	12.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Educational/ Technology	Long March 6	Zhejiang University	Zhejiang University	Y	Micro	was operational condition	4	https://www.nanosats.eu/sat/zdps-1a		
2015	2015-049E	ZDPS 2B (Zheda Pixing 2B)	12.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Educational/ Technology	Long March 6	Zhejiang University	Zhejiang University	Y	Micro	was operational condition	4	https://www.nanosats.eu/sat/zdps-1a		
2015	2015-049K	LibeSat 2 (Zidongxiang 2, CAS 3B)	11.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Education/Technology	Long March 6	Harbin Institute of Technology	Harbin Institute of Technology, CAMSAT	Y	Micro	Operational	4	http://ilacsat.hit.edu.cn/wp/		
2015	2015-049N	XW 2B (CAS 3B)	10.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Education/Technology	Long March 6	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	Y	Micro	Operational	4	https://th.satopos.org/satellite/40911/		
2015	2015-049H	XW 2C (CAS 3C)	10.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Education/Technology	Long March 6	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	Y	Micro	Operational	4	https://www.nanosats.eu/sat/xw-2c		
2015	2015-049J	XW 2D (CAS 3D)	10.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Education/Technology	Long March 6	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	Y	Micro	Operational	4	https://www.nanosats.eu/sat/xw-2d	https://www.nanosats.eu/sat/ilacsat-2	
2015	2015-049L	XW 2E (CAS 3E)	1.50	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Communication/Technology	Long March 6	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	Y	Nano	Only beacon recived	3	https://www.nanosats.eu/sat/xw-2e		
2015	2015-049M	XW 2F (CAS 3F)	1.50	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Communication/Technology	Long March 6	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	DFH Satellite Co. Ltd, CAMSAT	Y	Nano	Beacons is reciving	3	https://www.n2yo.com/satellite/?s=40910		
2015	2015-049	ZJ 1 (Zijing 1)	1.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Technology	Long March 6	Tsinghua University	Tsinghua University and Xidian University	Y	Pico	Launched was success and no proper information about mission	3			
2015	2015-049	KJSY 1 (Kongjian Shiyuan 1)	1.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Technology	Long March 6	Tsinghua University	Tsinghua University	Y	Pico	Launched was success and no proper information about mission	3	https://www.nanosats.eu/sat/kjsy-1	https://www.nanosats.eu/sat/smart-nudi-phonesat	
2015	2015-049B	NUDT-PhoneSat (CAS 3i, Kaibuo)	1.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Technology	Long March 6	National University of Defense Technology (NUDT)	National University of Defense Technology (NUDT)	Y	Pico	Operational	4			
2015	2015-049	XC 1 (Xingchen 1)	1.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Technology	Long March 6	National University of Defense Technology (NUDT)	National University of Defense Technology (NUDT)	Y	Pico	Operational	4			
2015	2015-049	XC 2 (Xingchen 2)	1.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Technology	Long March 6	National University of Defense Technology (NUDT)	National University of Defense Technology (NUDT)	Y	Pico	Operational	4			
2015	2015-049	XC 3 (Xingchen 3)	1.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Technology	Long March 6	National University of Defense Technology (NUDT)	National University of Defense Technology (NUDT)	Y	Pico	Operational	4			
2015	2015-049	XC 4 (Xingchen 4)	1.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Technology	Long March 6	National University of Defense Technology (NUDT)	National University of Defense Technology (NUDT)	Y	Pico	Operational	4			
2015	2015-049	TT 3 (Luliang 1)	11.00	19-Sep-2015	520	97.5°	China	Technology	Long March 6	National University of Defense Technology (NUDT)	National University of Defense Technology (NUDT)	Y						
2015	2015-051D	Shangkeda 2 (TW , Tianwang)	2.00	25-Sep-2015	470	97.31°	China	Technology	Long March 11	Shanghai Engineering Center for Microsatellites (SECM)	Shanghai Engineering Center for Microsatellites (SECM)	Y	2U	Beacon heard	3	https://www.nasaspacelift.com/2015/09/china-debuts-long-march-11-lifting-tianwang-1-trio/		
2015	2015-05	NUJUST 2 (TW , Tianwang)	2.00	25-Sep-2015	470	97.31°	China	Technology	Long March 11	Nanjing University of Science and Technology	Nanjing University of Science and Technology	Y	2U	Beacon heard	3	https://www.nasaspacelift.com/2015/09/china-debuts-long-march-11-lifting-tianwang-1-trio/		
2015	2015-05	NJFA 1 (TW , Tianwang)	3.00	25-Sep-2015	470	97.31°	China	Technology	Long March 11	Shanghai Engineering Center for Microsatellites (SECM)	Shanghai Engineering Center for Microsatellites (SECM)	Y	3U	Beacon heard	3	https://www.nasaspacelift.com/2015/09/china-debuts-long-march-11-lifting-tianwang-1-trio/		
2015	2015-052G	Lemur-2 Chris (4)	4.00	28-Sep-2015	638	6°	USA	Earth Observation	PSLV-XL C30	Spire	Spire	Y	3U	Successfully provided the sspire forecast data	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/lemur		
2015	2015-052F	Lemur-2 Jeroen (3)	4.00	28-Sep-2015	638	6°	USA	Earth Observation	PSLV-XL C30	Spire	Spire	Y	3U	Successfully provided the sspire forecast data	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/lemur		
2015	2015-052D	Lemur-2 Joel (1)	4.00	28-Sep-2015	638	6°	USA	Earth Observation	PSLV-XL C30	Spire	Spire	Y	3U	Successfully provided the sspire forecast data	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/lemur		
2015	2015-052E	Lemur-2 Peter (2)	4.00	28-Sep-2015	638	6°	USA	Earth Observation	PSLV-XL C30	Spire	Spire	Y	3U	Successfully provided the sspire forecast data	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/lemur		
2015	015-052C	exactView 9 (EV 9)	5.50	28-Sep-2015	638	6°	Canada	Communication	PSLV-XL C30	UTIAS	exactEarth / COM DEV	Y	3U	Fully operational	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/e/ev-9		
2015	2015-058B	AeroCube 5C (AC 5-C)	2.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	The Aerospace Corporation	The Aerospace Corporation	Y	1.5U	partially mission sucesful	3	https://www.google.co.jp/url?sa=t&ct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjM8viQx9nVAHV8GpQKH8EDnwQFghKMAU&url=http%3A%2F%2Fdigitalcommons.usu.edu%2Fcg%2Fviewcontent.cgi%3Ffilename%3D0%26article%3D3178%26context%3Dsmallsat%26type%3Dadditional&usq=AFQjCNG6eUDryajn2r3HkVQeSWID_RobQ		
2015	2015-058F	OCSD A (AeroCube 7A) (ex IOGPS A)	3.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	The Aerospace Corporation	The Aerospace Corporation	Y	1.5U	operational with anomalies	4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aerocube-ocsd		
2015	2015-058C	ARC 1	1.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	Alaska Space Grant Program (ASGP)	Alaska Space Grant Program (ASGP)	Y	1U	Beacon failed,	2	https://news.uaf.edu/uaf-students-track-launch-satellite-build/	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/arc-1.htm	
2015	2015-058D	BisonSat	1.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	Salish Kootenai College	Salish Kootenai College	Y	1U	Beacons received but no uplink	3	https://www.facebook.com/pg/BisonSat/about/?ref=page_internal	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/bisonat.htm	
2015	2015-058E	Fox (Fox 1, AO 85 / AMSAT-OSCAR 85)	1.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology/Amature Communication	Atlas-5(401)	AMSAT	AMSAT-NA, Penn State	Y	1U	Beacon received around the world	3	https://www.amsat.org/fox-progress/		
2015	2015-058N	PropCube 1 (Flora)	1.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	Naval Postgraduate School (NPS)	Naval Postgraduate School (NPS)	Y	1U	Operational	3			
2015	2015-058K	PropCube 3 (Merryweather)	1.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	Naval Postgraduate School (NPS)	Naval Postgraduate School (NPS)	Y	1U	Operational	3			
2015	2015-058L	SINOD-D 1	2.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	SRI International (prime), Tyvak Nano-Satellite Systems Inc. (bus)	SRI International	Y	2U	Operational	3	https://in-the-sky.org/spacecraft.php?id=40974		
2015	2015-058P	SINOD-D 3	2.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	SRI International (prime), Tyvak Nano-Satellite Systems Inc. (bus)	SRI International	Y	2U	Operational	3	https://in-the-sky.org/spacecraft.php?id=40974		
2015	2015-058G	SNaP-3 ALICE	5.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	US Army SMDC	US Army SMDC	Y	3U	Contact lost and regained later	3	http://digitalcommons.usu.edu/cg/iviewcontent.cgi?article=3349&context=smallsat	http://ndiavc.org/images/downloads/SMDWG_26_March_2015/smdc_space_initiatives__26_march_2015_approved_for_public_release.pdf	

2015	2015-058J	SNaP-3 EDDIE	5.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	US Army SMDC	US Army SMDC	Y	3U	limited operational demonstration	4	http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3349&context=smallsat	http://ndiavc.org/images/downloads/SMDWG_26_March_2015/smdc_space_initiatives_26_march_2015_approved_for_public_release.pdf		
2015	2015-058M	SNaP-3 JIMI	5.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	US Army SMDC	US Army SMDC	Y	3U	limited operational demonstration	4	http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3349&context=smallsat	http://ndiavc.org/images/downloads/SMDWG_26_March_2015/smdc_space_initiatives_26_march_2015_approved_for_public_release.pdf		
2015	2015-058H	LMRSTsat	5.00	8-Oct-2015	LEO	?	USA	Technology	Atlas-5(401)	Jet Propulsion Laboratory (JPL) (prime); Pumpkin Inc. (bus)	Jet Propulsion Laboratory (JPL)	Y	3U	Not able to contact as of 2016	2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/lmrstsat.htm	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/lmrst-sat		
2015	2015-F03	EDSN 1	2.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	N	1.5U	Launch failure	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/eledsn	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/eledsn.htm		
2015	2015-F03	EDSN 2	2.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	N	1.5U	Launch failure	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/eledsn	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/eledsn.htm		
2015	2015-F03	EDSN 3	2.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	N	1.5U	Launch failure	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/eledsn	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/eledsn.htm		
2015	2015-F03	EDSN 4	2.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	N	1.5U	Launch failure	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/eledsn	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/eledsn.htm		
2015	2015-F03	EDSN 5	2.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	N	1.5U	Launch failure	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/eledsn	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/eledsn.htm		
2015	2015-F03	EDSN 6	2.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	N	1.5U	Launch failure	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/eledsn	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/eledsn.htm		
2015	2015-F03	EDSN 7	2.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	N	1.5U	Launch failure	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/eledsn	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/eledsn.htm		
2015	2015-F03	EDSN 8	2.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	N	1.5U	Launch failure	1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/eledsn	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/eledsn.htm		
2015	2015-F03	Argus (SLU 02)	2.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	St. Louis University	St. Louis University	N	2U	Launch failure	1	http://astrolab.slu.edu/slu-02-argus			
2015	2015-F03	STACEM	5.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	Space Dynamics Laboratory	Space Dynamics Laboratory	N	3U	Launch failure	1				
2015	2015-F03	Supernova-Beta	6.00	4-Nov-2015	470	94.7°	USA	Technology	Super Strypi (SPARK)	Pumpkin Inc.	Pumpkin Inc.	N	6U	Launch failure	1				
2015	2015-07	Kosmos 2511 (KYuA 1)	15.80	5-Dec-2015	700	97.7°	Russia	Radar calibration	Soyuz-2-1v Volga	NPO VNIEM	Roskosmos	N		successfully deployed	3	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/kyu-a-1.htm			
2015	TBD	Nodes 1	2.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	Not Launched yet from ISS	1.5U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nodes	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=3439&context=smallsat		
2015	TBD	Nodes 2	2.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	NASA Ames Research Center; Pumpkin (structure)	NASA Ames Research Center	Not Launched yet from ISS	1.5U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nodes	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=3439&context=smallsat		
2015	TBD	Flock-2e 1	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 2	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 3	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 4	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 5	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 6	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 7	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 8	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 9	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 10	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 11	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	Flock-2e 12	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Not Launched yet from ISS	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2015	TBD	STMSat 1	1.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Education	Atlas-5(401)	St. Thomas More Cathedral School	St. Thomas More Cathedral School	Not Launched yet from ISS	1U	limited signals heard	3	http://www.stmsat-1.org/press/	https://twitter.com/stmsat11?lang=en		
2015	TBD	Bevo 2	5.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	University of Texas at Austin	University of Texas at Austin	Not Launched yet from ISS	3U	Failed to activate	2	http://www.ae.utexas.edu/bevo-2-successfully-launched-into-space	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/bevo-2.htm		
2015	TBD	MinXSS (Helo 4)	4.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Research, Solar	Atlas-5(401)	University of Colorado at Boulder	University of Colorado at Boulder	Not Launched yet from ISS	3U	Fully operational	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/minxss			
2015	TBD	CADRE	4.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	University of Michigan	University of Michigan	Not Launched yet from ISS	3U	No signals received	2	https://www.facebook.com/pg/UMich.CADRE/about/?ref=page_internal	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/cadre.htm		
2015	1998-067HP	AggieSat 4	50.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	Texas A&M University	Texas A&M University	Not Launched yet from ISS	Micro	Received beacon. Satellite healthy	3	http://aggiesatweb.tamu.edu/index.php/projects/lab_projects/aggiesat4			
2015	TBD	SIMPL (HISat)	20.00	6-Dec-2015	400	52°	USA	Technology	Atlas-5(401)	NovaWorks	NovaWorks	Not Launched yet from ISS	Micro	Properly operational condition	5	https://spaceflightnow.com/2018/03/12/spacexs-most-recent-launch-carried-a-secret-military-funded-experiment/			
2015	2015-077E	Galassia	3.40	16-Dec-2015	540	15°	Singapore	Technology	PSLV-CA C29	National University of Singapore	National University of Singapore	Y	2U	Nominal operations	5	http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3089&context=smallsat	https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/galass-1		
2015	2015-077C	Athenoxat 1	5.00	16-Dec-2015	540	15°	Singapore	Technology	PSLV-CA C29	Microspace Rapid Pte Ltd.	Microspace Rapid Pte Ltd.	Y	3U	Successful operation	5	https://e27.co/startup/microspace-rapid-pte-ltd	http://mstf.atl.calpoly.edu/~bklofas/Presentations/SummerWorkshop2016/3_GuilioManzoni.pdf		
2015	2015-077F	VELOX 2	13.00	16-Dec-2015	540	15°	Singapore	Technology	PSLV-CA C29	Nanyang Technological University, Singapore	Nanyang Technological University, Singapore	Y	Micro	Completed all missions	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/velox-2	http://www.sarc.eee.ntu.edu.sg/Programmes/usp/Pages/fyp.aspx		
2016	2016-012B	CHUBUSAT-2	50.00	17-Feb-2016	558	31	Japan	Technology	H-2A-202	Nagoya University, Daido University	Nagoya University, Daido University	Y	Micro	Mostly beacon	3	https://www.frontier.phys.nagoya-u.ac.jp/en/chubusat/chubusat_satellit e2.html			
2016	2016-012C	CHUBUSAT-3	50.00	17-Feb-2016	558	31	Japan	Technology	H-2A-202	Nagoya University, Daido University	Nagoya University, Daido University	Y	Micro	Beacon with anomalies	3	https://www.frontier.phys.nagoya-u.ac.jp/en/chubusat/chubusat_satellit e2.html			
2016	2016-012D	HORYU-IV	10.00	17-Feb-2016	556	31	Japan	Technology	H-2A-202	Kyushu Institute of Technology (KIT)	Kyushu Institute of Technology (KIT)	Y	Micro	Successful operation	5				
2016	1998-067HZ	Flock-2e' 1 (Dove 0D05)	5.00	23-Mar-2016	402	92.57	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067JB	Flock-2e' 2 (Dove 0C)	5.00	23-Mar-2016	402	92.57	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067JA	Flock-2e' 3 (Dove 0D06)	5.00	23-Mar-2016	402	92.58	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067JC	Flock-2e' 4 (Dove 0C22)	5.00	23-Mar-2016	402	92.58	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067JR	Flock-2e' 5 (Dove 0C39)	5.00	23-Mar-2016	402	92.57	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067JS	Flock-2e' 6 (Dove 0C46)	5.00	23-Mar-2016	403	92.58	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067JT	Flock-2e' 7 (Dove 0C42)	5.00	23-Mar-2016	402	92.57	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067JU	Flock-2e' 8 (Dove 0C76)	5.00	23-Mar-2016	403	92.55	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067JZ	Flock-2e' 9 (Dove 0C19)	5.00	23-Mar-2016	406	92.57	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067KA	Flock-2e' 10 (Dove 0C65)	5.00	23-Mar-2016	403	92.57	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				
2016	1998-067KB	Flock-2e' 11 (Dove 0C27)	5.00	23-Mar-2016	403	92.56	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution images	5				

2016	1998-067KC	Flock-2e' 12 (Dove OC81)	5,00	23-Mar-2016	403	92,58	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	1998-067KH	Flock-2e' 13 (Dove OC45)	5,00	23-Mar-2016	408	92,62	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	1998-067KJ	Flock-2e' 14 (Dove OC56)	5,00	23-Mar-2016	408	92,62	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	1998-067KL	Flock-2e' 15 (Dove OC54)	5,00	23-Mar-2016	408	92,63	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	1998-067KK	Flock-2e' 16 (Dove OC08)	5,00	23-Mar-2016	409	92,63	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	1998-067KN	Flock-2e' 17 (Dove OC12)	5,00	23-Mar-2016	408	92,62	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	1998-067KM	Flock-2e' 18 (Dove OC38)	5,00	23-Mar-2016	408	92,62	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	1998-067KQ	Flock-2e' 19 (Dove OC62)	5,00	23-Mar-2016	408	92,62	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Planet Labs	5			
2016	1998-067KP	Flock-2e' 20 (Dove OC38)	5,00	23-Mar-2016	409	92,63	USA	Technology	Atlas-5(401)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Planet Labs	5			
2016	2016-019C	LEMUR-2-DRMUZZ	4,00	23-Mar-2016	348	51,6	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U	was operational condition	3	https://www.nanosats.eu/sat/lemur-2		
2016	2016-019B	LEMUR-2-BRIDGEMAN	4,00	23-Mar-2016	304	51,6	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U	was operational condition	3	https://www.nanosats.eu/sat/lemur-2		
2016	2016-019E	LEMUR-2-CUBECHIEESE	4,00	23-Mar-2016	309	51,6	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U	was operational condition	3			
2016	2016-019D	LEMUR-2-NATE	4,00	23-Mar-2016	301	51,6	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U	Was operational condition	3			
2016	N/A	Lemur-2 13 Beccadewey	4,00	23-Mar-2016			USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	N (Failed to deploy)	3U	deployment failure from cygnus OA-6	1			
2016	1998-067JF	Lemur-2 05 Theresacondor	4,00	23-Mar-2016	92,57	402	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U	Was operational condition	3			
2016	1998-067JJ	Lemur-2 07 Nick-Allan	4,00	23-Mar-2016	92,57	402	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U	Was operational condition	3			
2016	1998-067JK	Lemur-2 06 Kane	4,00	23-Mar-2016	92,56	400	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U	Was operational condition	3			
2016	1998-067JL	Lemur-2 08 Jeff	4,00	23-Mar-2016	92,56	400	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U	Was operational condition	3			
2016	1998-067HT	Diwata 1 1	50,00	23-Mar-2016	400	51,6	Philippines	Earth observation	Atlas-5(401)	DOST	DOST	Y	Micro	Successful operations	5	https://en.wikipedia.org/wiki/Diwata-1	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/diwata-1	
2016	TBD	Tomsk-TPU 120	5,00	31-Mar-2016	400	51,6	Russia	Technology	Soyuz-2-1a	Tomsk TPU	Tomsk TPU	Y	3U	Testing was success	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tomsk-tpu-120		
2016	2016-025E	E-ST@R-II	1,00	25-Apr-2016	437	98,2	Italy	Technology	Soyuz-STA Fregat-M	Politecnico di Torino	Politecnico di Torino	Y	1U	more than 1 year of operations	4	http://www.cubesatteam-polito.com/2014/03/11/one-step-closer-to-the-launch-readiness/		
2016	2016-025DS	AAUSAT 4	1,00	25-Apr-2016	439	98,2	Denmark	Technology	Soyuz-STA Fregat-M	Aalborg University Cubesat	Aalborg University Cubesat	Y	1U	Nominal operations	5	http://www.space.aau.dk/aausat4/		
2016	2016-025C	OUFIT-1	1,00	25-Apr-2016	437	98,2	Belgium	Technology	Soyuz-STA Fregat-M	Université de Liège; Pumpkin, Inc. (bus)	Université de Liège	Y		ground track repeat cycle: only 12 days (aest. success)	3			
2016	2016-026C	SAMSAT-218D	4,00	28-Apr-2016	459	97,3	Russia	Technology	Soyuz-2-1a Volga	Samara State Aerospace University	Samara State Aerospace University	Y	3U	Partially worked	3			
2016	2016-033B	NUSAT 1 (FRESCO)	37,00	30-May-2016	476	97,5	Argentina	Earth observation	Long March 4B	Satellogic S.A.	Satellogic S.A.	Y	Micro	continusly Operational	5	https://www.cubesat.com/satellites/satellogic-2016-033b-5776-42bf-9587-34f2381e5b8/		
2016	2016-033C	NUSAT 2 (BATATA)	37,00	30-May-2016	477	97,5	Argentina	Earth observation	Long March 4B	Satellogic S.A.	Satellogic S.A.	Y	Micro	continusly Operational	5			
2016	2016-040H	FLOCK 2P-6	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040K	FLOCK 2P-11	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040L	FLOCK 2P-2	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040M	FLOCK 2P-9	5,00	22-Jun-2016	496	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040N	FLOCK 2P-4	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040P	FLOCK 2P-10	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040Q	FLOCK 2P-8	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040R	FLOCK 2P-12	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040S	FLOCK 2P-7	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040T	FLOCK 2P-5	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040U	FLOCK 2P-1	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040V	FLOCK 2P-3	5,00	22-Jun-2016	495	97,5	USA	Technology	PSLV-XL C34	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Constellation of Cubesats dedicated to Earth Observation with high resolution	5			
2016	2016-040J	SWAYAM	1,00	22-Jun-2016	496	97,5	India	Technology	PSLV-XL C34	College of Engineering, Pune (COEP)	College of Engineering, Pune (COEP)	Y	1U	Records of beacon only	3	http://www.coep.org.in/cubsat/satellite_team	http://www.coep.org.in/csat/media/	
2016	2016-040W	BEEESAT-4	1,00	22-Jun-2016	497	97,5	Germany	Technology	PSLV-XL C34	TU Berlin	TU Berlin	Y	1U	Successful operation	5	http://www.raumfahrttechnik-ku-berlin.de/ziele/gruppen/aktuelles/news/	https://www.raumfahrttechnik-ku-berlin.de/menue/beesat_news/	
2016	2016-040B	SATHYABAMASAT	1,50	22-Jun-2016	496	97,5	India	Technology	PSLV-XL C34	Sathyabama University	Sathyabama University	Y	2U	mission data was collected	4	https://en.wikipedia.org/wiki/SathyabamaSat		
2016	2016-040D	GHGSAT-D	15,00	22-Jun-2016	498	97,5	Canada	Earth Observation	PSLV-XL C34	UTIAS Space Flight Laboratory (SFL)	GHGSat Inc.	Y	Micro	Successful operations	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/ghgsat-d		
2016	2016-042B	AX-1 (AOXIANG ZHIXING)	18,00	25-Jun-2016	169	40,8	China	Technology	Long March 7	Shaanxi Engineering Laboratory (SELM), Northwestern Polytechnical University (NPU)	Shaanxi Engineering Laboratory (SELM), Northwestern Polytechnical University (NPU)	N	Micro	Successful mission	5	https://www.researchgate.net/profile/Jian_Guo23/publication/311279434_Sat_of_Aoxiang_An_innovative_12U_CubeSat_to_demonstrate_polarized_light_navigation_and_microgravity_measurement/links/5840883308aed6968117ac7/Star-of-Aoxiang-An-innovative-12U-CubeSat-to-demonstrate-polarized-light-navigation-and-microgravity-measurement.pdf		
2016	2016-05	3CAT-2	7,00	15-Aug-2016	482	97,4	Spain	Technology	Long March 2D	Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	Y	6U	Some BPSK Packets data was ecived	3			
2016	2016-057H	BANXING-2	40,00	15-Sep-2016	369	42,8	China	Technology support	Long March 2F	Shanghai Academy of Spaceflight Technology (SAST)	Shanghai Academy of Spaceflight Technology (SAST)	Y	Micro	Operation was success	5			
2016	2016-059G	ALSAT 1U	4,00	26-Sep-2016	661	98,2	Algeria	Technology	PSLV-G (3) C35	Surrey Space Centre	ASAL, UK Space Agency	Y	3U	Operating successfully	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/alsat-nano	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/alsat-nano.htm	
2016	2016-059F	CANX-7	3,75	26-Sep-2016	661	98,2	Canada	Technology	PSLV-G (3) C35	UTIAS	UTIAS (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies)	Y	3U	Successful operation	5	https://space.library.utoronto.ca/bitstream/1807/33526/1/Shmuel_Barbara_201211_MASc_thesis.pdf	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c/canx-7	
2016	2016-059E	PATHFINDER 1	44,00	26-Sep-2016	661	98,2	USA	Earth Observation	PSLV-G (3) C35	Spaceflight Services (prime); Exelis (Imager)	BlackSky Global	Y	Micro	Successful demonstration	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/article/blacksky-constellation		
2016	2016-059A	PRATHAM	10,00	26-Sep-2016	661	98,2	India	Technology, Earth observation	PSLV-G (3) C35	IIT Bombay	IIT Bombay	Y	Micro	Successful mission	5	http://www.aerofit.ac.in/pratham/itmeline.php	https://yourstory.com/2017/10/iit-bombay-new-satellite/	
2016	2016-059B	PISAT	5,25	26-Sep-2016	661	98,2	India	Technology, Earth observation	PSLV-G (3) C35	Crucible of Research and Innovation Laboratory of PESIT	Crucible of Research and Innovation Laboratory of PESIT	Y	Nano	Met mission objectives	5	http://bangaloremirror.in/dialtimes.com/bangalore/others/after-pisat-pesit-university-to-launch-2-more-satellites/article/show/59258012.cms		
2016	2016-062C	LEMUR-2-XIAOQING	4,00	17-Oct-2016	497	51,6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U	Successful ly operation condition	5	http://www.astronautix.com/lissdeployed.html	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/lemur/mission-status	
2016	2016-062D	LEMUR-2-SOKOLSKY	4,00	17-Oct-2016	496	51,6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U	Successful ly operation condition	5			

2016	2016-062E	LEMUR-2-ANUBHAVTHAKUR	4.00	17-Oct-2016	497	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire		Y	3U	Successful ly operation condition	5			
2016	2016-062F	LEMUR-2-WINGO	4.00	17-Oct-2016	497	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire		Y	3U	Successful ly operation condition	5			
2016	2016-066E	CAS 2T & KS 1Q	2.00	9-Nov-2016	1029	98.78	China	remote sensing communication, technology	Long March 11	CAMSAT (CS 2T), Kechuang Aerospace Forum (KS 1Q)		Y	2U	Partially success	3			
2016	2016-066D	Xiaoxiang 1 (XX 1)	8.00	9-Nov-2016	511	97.4	China	Technology	Long March 11	Changsha Gaoxinqi Tianyi Research Institute, Hunan		Y	6U	Launched success and no proper information about mission	2			
2016	2016-066B	Lishui 1-01	3.00	9-Nov-2016	511	97.4	China	Technology	Long March 11	Zhejiang LITong Electronic Technology		Y	Nano	Launched success and no proper information about mission	4			
2016	2016-066F	Pina-2 01	3.00	9-Nov-2016	995	98.78	China	Technology	Long March 11	Zhejiang LITong Electronic Technology		Y	Nano	Launched success and no proper information about mission	2			
2016	2016-066G	Pina-2 02	3.00	9-Nov-2016	1034	98.79	China	Technology	Long March 11	Zhejiang LITong Electronic Technology		Y	Nano	Launched success and no proper information about mission	2			
2016	2016-067E	AEROCUBE 8D	3.00	11-Nov-2016	572	98	USA	Technology	Atlas-5(401)	Aerospace Corporation		Y	1.5U	successfully demonstration	5			
2016	2016-067F	AEROCUBE 8C	3.00	11-Nov-2016	571	98	USA	Technology	Atlas-5(401)	Aerospace Corporation		Y	1.5U	successfully demonstration	5			
2016	2016-067G	PROMETHEUS 2-1	2.00	11-Nov-2016	572	98	USA	Technology	Atlas-5(401)	Los Alamos National Laboratory (LANL)		Y	1.5U	Successfully operational	5	https://in-the-sky.org/spaccraft.php?id=41854		
2016	2016-067H	PROMETHEUS 2-3	2.00	11-Nov-2016	571	98	USA	Technology	Atlas-5(401)	Los Alamos National Laboratory (LANL)		Y	1.5U	successfully operational	5	https://in-the-sky.org/spaccraft.php?id=41854		
2016	2016-067D	OPTICUBE 04	3.00	11-Nov-2016	571	98	USA	Calibration	Atlas-5(401)	Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)		Y	3U	Successfully operational condition	5	https://in-the-sky.org/spaccraft.php?id=41851		
2016	2016-067C	CELTEE 1	1.44	11-Nov-2016	571	98	USA	Calibration	Atlas-5(401)	M42 Technologies		Y	1U	no information	1			
2016	2016-067B	RAVAN	5.00	11-Nov-2016	570	98	USA	Earth sciences, technology	Atlas-5(401)	Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory (JHU/APL); Blue Canyon Technologies (bus)		Y	3U	successfully demonstrating with operational	5	https://esto.nasa.gov/files/solicitations/INVEST_12/ROSES2012_INVEST_wards.html	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/ravan	
2016	TBD	Lemur-2 18	4.00	9-Dec-2016	400	51	USA	Earth observation	H-2B-304	Spire		Y	3U	successfully measured signals from GPS and enabled to tracked	5			
2016	TBD	Lemur-2 19	4.00	9-Dec-2016	400	51	USA	Earth observation	H-2B-304	Spire		Y	3U	successfully measured signals from GPS and enabled to tracked	5			
2016	TBD	Lemur-2 20	4.00	9-Dec-2016	400	51	USA	Earth observation	H-2B-304	Spire		Y	3U	successfully measured signals from GPS and enabled to tracked	5			
2016	TBD	Lemur-2 21	4.00	9-Dec-2016	400	51	USA	Earth observation	H-2B-304	Spire		Y	3U	successfully measured signals from GPS and enabled to tracked	5			
2016	1998-067KS	FREEDOM	1.00	9-Dec-2016	400	51.6	Japan	Technology	H-2B-304	Nakashimada Engineering Works, Tohoku University		Y	1U	Successful demonstration of membrane deployment orbit experiment	5	https://www.jstage.jst.go.jp/article/tast/14/ists3014_PL_61/_article	http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/14092_6_cubesa.html	
2016	1998-067KU	JFT 2	1.00	9-Dec-2016	400	51.6	Japan	Technology	H-2B-304	University of Tsukuba		Y	1U	Successful operation	5	http://yui.kz.tsukuba.ac.jp/about_project/	http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/14092_6_cubesa.html	
2016	1998-067KV	Waseda-SAT 3	1.00	9-Dec-2016	400	51.6	Japan	Technology	H-2B-304	Waseda University		Y	1U	performed the missions	5	http://ameblo.jp/waseda-sat3/entry-1196205842.html	http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/14092_6_cubesa.html	
2016	1998-067KR	STARS C	2.70	9-Dec-2016	400	51.6	Japan	Technology	H-2B-304	Kagawa University		Y	2U	Unclear on UL success	4	http://stars.eng.shizuoka.ac.jp/history.html	http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/14092_6_cubesa.html	
2016	1998-067KX	AOBA-VELOX 3	2.00	9-Dec-2016	400	51.6	Singapore, Japan	Technology	H-2B-304	Nanyang Technological University, Singapore; Kyushu Institute of Technology (Kyutech)		Y	2U	mostly only beacon	3			
2016	TBD	TechEdSat 5	4.00	9-Dec-2016	400	51	USA	Technology, education	H-2B-304	SJSU, University of Idaho, NASA Ames Research Center		Y	3.5U	Successful demonstration	5	http://digitalcommons.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3490&context=smallsat	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tchedsat-5	https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/goce/instruments/egg
2016	1998-067KW	EGG	4.00	9-Dec-2016	400	51.6	Japan	Technology	H-2B-304	University of Tokyo		Y	3U	measured the three components of the GGT (Gravity-Gradient Tensor) successfully	5			http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/14092_6_cubesa.html
2016	1998-067KY	TUPOD	3.50	9-Dec-2016	400	51.6	Italy	Technology	H-2B-304	Gauss Srl		Y	3U	Mission transmitting a morse code	3			
2016	N/A	EDT	20.00	9-Dec-2016			Japan	Technology	H-2B-304	Mitsubishi Electric (MELCO)		N Failed to deploy	Micro					
2016	1998-067KZ	OSNSAT 1	0.75	9-Dec-2016	400	51.6	USA	Technology, education	H-2B-304	Open Space Network (prime); Interorbital Systems (IOS) (bus)		Y	Pico	No signal received	2			
2016	1998-067KT	Tancredo 1 1	0.75	9-Dec-2016	400	51.6	Brazil	Technology, education	H-2B-304	Escola Municipal Presidente Tancredo de Almeida Neves, INPE (prime); Interorbital Systems (IOS) (bus)		Y	Pico	Was operation	5	http://www.tancredobatuba.com.br/tubabatas/index.php		
2016	2016-078A	CYGF05	18.00	15-Dec-2016	516	35	USA	Earth sciences	Pegasus-XL	Southwest Research Institute, Texas (satellite) Surrey Satellite Technology, Colorado (payload)		Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss		
2016	2016-078B	CYGF04	18.00	15-Dec-2016	516	35	USA	Earth sciences	Pegasus-XL	Southwest Research Institute, Texas (satellite) Surrey Satellite Technology, Colorado (payload)		Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss		
2016	2016-078C	CYGF02	18.00	15-Dec-2016	516	35	USA	Earth sciences	Pegasus-XL	Southwest Research Institute, Texas (satellite) Surrey Satellite Technology, Colorado (payload)		Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss		
2016	2016-078D	CYGF01	18.00	15-Dec-2016	516	35	USA	Earth sciences	Pegasus-XL	Southwest Research Institute, Texas (satellite) Surrey Satellite Technology, Colorado (payload)		Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss		
2016	2016-078E	CYGF08	18.00	15-Dec-2016	516	35	USA	Earth sciences	Pegasus-XL	Southwest Research Institute, Texas (satellite) Surrey Satellite Technology, Colorado (payload)		Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss		
2016	2016-078F	CYGF06	18.00	15-Dec-2016	515	35	USA	Earth sciences	Pegasus-XL	Southwest Research Institute, Texas (satellite) Surrey Satellite Technology, Colorado (payload)		Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss		
2016	2016-078G	CYGF07	18.00	15-Dec-2016	515	35	USA	Earth sciences	Pegasus-XL	Southwest Research Institute, Texas (satellite) Surrey Satellite Technology, Colorado (payload)		Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss		
2016	2016-078H	CYGF03	18.00	15-Dec-2016	516	35	USA	Earth sciences	Pegasus-XL	Southwest Research Institute, Texas (satellite) Surrey Satellite Technology, Colorado (payload)		Y	Micro	Successful operation	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss		
2016	2016-08	YULIAN	50.00	21-Dec-2016	689	98.2	China	Earth observation	Long March 2D	China Academy of Sciences' Shanghai Small Satellite Center		Y	Micro			https://www.tbs-satellite.com/tse/online/sat_dfh_163.html		
2016	2016-08	SPARK 1	43.00	21-Dec-2016	689	98.2	China	Earth observation	Long March 2D	China Academy of Sciences' Shanghai Small Satellite Center		Y	Micro	Successful operation	5	https://www.tbs-satellite.com/tse/online/sat_dfh_161.html		
2016	2016-08	SPARK 2	43.00	21-Dec-2016	690	98.2	China	Earth observation	Long March 2D	China Academy of Sciences' Shanghai Small Satellite Center		Y	Micro	Successful operation	5	https://www.tbs-satellite.com/tse/online/sat_dfh_162.html		
2016	2016-083C	BY70-1	2.00	28-Dec-2016	209	97.6	China	Technology, amateur communication	Long March 2D	CAST, Beijing Bayi High School		Y	2U	Operation was succesful	5	https://www.tbs-satellite.com/tse/online/sat_dfh_164.html		
2017	2017-002A	XY S 1	2.79	9-Jan-2017	656	97.5	China	Technology	Kuaizhou-1A	Northwestern Polytechnical University		Y	2U	no beacon reported	2	http://space.skyrockeLd/idoc_sdat/xy-s1.htm		
2017	2017-002C	kaidun 1	2.72	9-Jan-2017	656	97.5	China	Technology	Kuaizhou-1A	Beijing Kaidun Universal Technology Co., Ltd., Beijing MSI Technology Development Co., Ltd., Nanjing University of Technology		Y	2U	mostly telemetry report	3	http://space.skyrockeLd/idoc_sdat/kaidun-1.htm	http://www.dk3wrn.info/p/?cat=481	
2017	2017-F01	TRICOM 1	3.00	14-Jan-2017	2012	30.9	Japan	Technology	SS-620 (3 stg)	University of Tokyo, Ministry of education and Science (MEXT)		N (Failed to reach orbit)	3U	Failed to reach orbit	1	http://space.skyrockeLd/idoc_sdat/tricom-1.htm		
2017	2017-008C	FLOCK-3P 20	5.00	15-Feb-2017	509	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C37	Planet Labs		Y	3U		5	https://digitalcommons.sjsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3669&context=smallsat		
2017	2017-008D	FLOCK-3P 8	5.00	15-Feb-2017	509	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C37	Planet Labs		Y	3U		5			
2017	2017-008E	FLOCK-3P 51	5.00	15-Feb-2017	509	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C37	Planet Labs		Y	3U		5			

436

2017	2017-008BC	LEMUR 2 TACHIKOMA	4.00	15-Feb-2017	509	97.5	USA	Earth observation	PSLV-XL C37	Spire	Spire	Y	3U		5			
2017	2017-008BX	NAYIF (EO-88)	1.00	15-Feb-2017	507	97.5	UAE	Education, Technology	PSLV-XL C37	EIAST, American University of Sharjah (AUS)	EIAST, American University of Sharjah (AUS)	Y	1U	Operating nominally	5	http://satelliteprome.com/news/eiast-launches-uaes-first-cubesat-mission-nayif-1/	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/nayif-1.htm	https://amsat-uk.org/2017/03/03/nayif-1-status-report-and-new-dashboard/
2017	2017-008BW	AL-FARABI 1	2.00	15-Feb-2017	497	97.5	Kazakhstan	Education, Technology	PSLV-XL C37	Al-Farabi Kazakh National University	Al-Farabi Kazakh National University	Y	2U	no beacon reported	2	http://www.nanosat.jp/images/report04/NSS-05-0503.pdf	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/al-farabi-1.htm	http://www.unisec-global.org/pdf/uniglo4/day2/15_doszhan.pdf
2017	2017-008BD	BGUSAT	4.00	15-Feb-2017	506	97.5	Israel	Technology	PSLV-XL C37	Ben Gurion University	Ben Gurion University	Y	3U	Has image archive	5	https://en.wikipedia.org/wiki/BGUSAT	http://n.bgu.ac.il/en/Pages/news/BGU_SAT.aspx	
2017	2017-008BE	DIDO 2	4.00	15-Feb-2017	508	97.5	Israel, Switzerland	Micro-gravity research	PSLV-XL C37	SpacePharma	SpacePharma	Y	3U	no beacon reported	2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/dido-1.htm		
2017	2017-008BV	PEASSS	4.00	15-Feb-2017	504	97.5	Netherlands, Germany, Belgium, Israel	Technology	PSLV-XL C37	PEASSS consortium	PEASSS consortium	Y	3U	Performed experiments (but limited pass)	5	http://www.peasss.eu/index.php/project	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/peasss.htm	
2017	2017-008G	INS-1B	9.40	15-Feb-2017	508	97.5	India	Technology	PSLV-XL C37	ISRO	ISRO	Y	Nano	no beacon reported	2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/ins-1.htm	https://www.vssc.gov.in/VSSC/Images/Launchers_Brochures/PSLV-C37.pdf	
2017	2017-008B	INS-1A	8.40	15-Feb-2017	508	97.5	India	Technology	PSLV-XL C37	ISRO	ISRO	Y	Nano	no beacon reported	2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/ins-1.htm	https://www.vssc.gov.in/VSSC/Images/Launchers_Brochures/PSLV-C37.pdf	
2017	2017-019B	LEMUR 2 ANGELA	4.00	18-Apr-2017	500	51.6	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U		5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4086&context=smallsat		
2017	2017-019C	LEMUR 2 JENNYBARN	4.00	18-Apr-2017	500	51.6	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U		5			
2017	2017-019D	LEMUR 2 ROBMOORE	4.00	18-Apr-2017	500	51.6	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U		5			
2017	2017-019E	LEMUR 2 SPIROVISION	4.00	18-Apr-2017	500	51.6	USA	Earth observation	Atlas-5(401)	Spire	Spire	Y	3U		5			
2017	1998-067LL	KySat 3	1.00	18-Apr-2017	404	51.6	USA	Technology	Atlas-5(401)	Kentucky Space	Kentucky Space	Y	1U	no beacon reported	2	http://ssl.engineering.uky.edu/sat/satksat-3/	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/ky-sat-2.htm	
2017	1998-067LM	CXBN 2	2.60	18-Apr-2017	406	51.6	USA	Astronomy, X-ray	Atlas-5(401)	Morehead State University	Morehead State University	Y	2U	No signals	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cxbn.htm	https://airtable.com/shratfwXODMMKsRqU8idJoOBP5wINQjY?blocks=hide	
2017	1998-067MK	SUSat	2.00	18-Apr-2017	408	51.6	Australia	Technology, Atmosphere	Atlas-5(401)	University of Adelaide	University of Adelaide	Y	2U	no beacon reported	2	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/susat.htm	http://www.amsatuk.me.uk/iaru/finshed_detail.php?serialnum=325	https://www.eleceng.adelaide.edu.au/students/wiki/projects/index.php/Projects:2015s1-01_LaunchBox
2017	1998-067MA	UNSW-ECO	2.00	18-Apr-2017	408	51.6	Australia	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	University of New South Wales	University of New South Wales	Y	2U	Data downlink reported	4	http://www.acser.unsw.edu.au/QB50	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42723	
2017	1998-067ML	i-INSPIRE 2	2.00	18-Apr-2017	407	51.6	Australia	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	University of Sydney	University of Sydney	Y	2U	Telemetry received	3	http://space.skyrocket.de/doc_sdat/i-inspire-2.htm	https://www.peosat.vgnet.nl/2017/i-inspire-2-activated/	
2017	1998-067LU	ZA-AeroSat	2.00	18-Apr-2017	403	51.6	South Africa	Technology, Atmosphere	Atlas-5(401)	Stellenbosch University	Stellenbosch University	Y	2U	Telemetry received	3	https://www.researchgate.net/publication/287364436_An_attitude_control_system_for_ZA-aerosat_subject_to_significant_aerodynamic_disturbances	http://www.unisec.jp/mpj/pdf/Review_Meetings_Herman_Steyn.pdf	
2017	1998-067MF	nSIGHT 1	2.00	18-Apr-2017	406	51.6	South Africa	Technology, Atmosphere	Atlas-5(401)	SCS-Space	SCS-Space	Y	2U	Successful experiment	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/sight-1	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=3675&context=smallsat	
2017	1998-067ME	ILiAcSat 1	2.00	18-Apr-2017	403	51.6	China	Education, Amateur radio communication, Technology	Atlas-5(401)	Harbin Institute of Technology	Harbin Institute of Technology, CAMSAT	Y	2U	Successful experiment	5	http://ilicats.hit.edu.cn/wp/	https://amsat-uk.org/2017/05/19/ilicatsat-1-cubesat/	http://www.shuli.org/413.html
2017	1998-067MB	NJUST 1	2.00	18-Apr-2017	408	51.6	China	Technology, Atmosphere	Atlas-5(401)	Nanjing University of Science and Technology (NJUST)	Nanjing University of Science and Technology (NJUST)	Y	2U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42722		
2017	1998-067MQ	Aoxiang 1	2.00	18-Apr-2017	408	51.6	China	Education, Amateur radio communication, Technology	Atlas-5(401)	Shaanxi Engineering Laboratory (SELM), Northwestern Polytechnical University (NPU)	Shaanxi Engineering Laboratory (SELM), Northwestern Polytechnical University (NPU)	Y	2U	Data downlink reported	4	http://www.dk3wn.info/p/?cat=424		
2017	1998-067LH	SOMP 2	2.00	18-Apr-2017	406	51.6	Germany	Technology	Atlas-5(401)	TU Dresden	TU Dresden	Y	2U	No signals	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/somp-2.htm		
2017	1998-067MH	QBITO	2.00	18-Apr-2017	406	51.6	Spain	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	Universidad Politécnica de Madrid	Universidad Politécnica de Madrid	Y	2U	No signals	2	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/q/qbito	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/qbito.htm	
2017	1998-067MJ	Aalto 2	2.00	18-Apr-2017	406	51.6	Finland	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	Aalto University	Aalto University	Y	2U	Data downlink reported	4	http://spacecraft.aalto.fi/en/aalto2/	https://www.aalto.fi/en/news/the-space-journey-of-aalto-2-satellite-is-coming-to-an-end-its-trip-finishes-tomorrow-night	
2017	1998-067LQ	X-CubeSat	2.00	18-Apr-2017	403	51.6	France	Technology, Atmosphere	Atlas-5(401)	École polytechnique	École polytechnique	Y	2U	Telemetry received	3	https://xcubesat.wordpress.com/agen-da-2/	https://xcubesat.files.wordpress.com/2019/05/ab_2.4_201905241321-paper.pdf	
2017	1998-067LV	SpaceCube	2.00	18-Apr-2017	403	51.6	France	Technology, Atmosphere	Atlas-5(401)	Mines ParisTech	Mines ParisTech	Y	2U	Telemetry received	3	https://janus.cnes.fr/en/cubesat-and-spacecube-be-placed-orbit-iss-18th-may	http://www.dk3wn.info/p/?cat=426	
2017	1998-067MD	DUTHSat	2.00	18-Apr-2017	407	51.6	Greece	Technology	Atlas-5(401)	Democritus University of Thrace (DUTH) Space Research Laboratory	Democritus University of Thrace (DUTH) Space Research Laboratory	Y	2U	Beacon heard, Successful UL/DL	3	http://www.duthsat.gr/duthsat/duthsat-qb50/	http://www.duthsat.gr/news/	https://www.espa.gr/en/Pages/BestPracticesFS.aspx?item=1250
2017	1998-067LX	UPSat	2.00	18-Apr-2017	407	51.6	Greece	Technology	Atlas-5(401)	University of Patras, Libre Space Foundation	University of Patras, Libre Space Foundation	Y	2U	Telemetry received	3	https://upsat.gr/?page_id=9	https://lupsat.gr/?p=328	
2017	1998-067LZ	Hoopoe	2.00	18-Apr-2017	403	51.6	Greece	Technology	Atlas-5(401)	Space Laboratory of the Herzliya Science Center	Space Laboratory of the Herzliya Science Center	Y	2U	Telemetry received	3	https://spacewatchme.com/2017/04/is-raeli-high-school-students-build-duchifat-2-cubesat/	http://www.dk3wn.info/p/?cat=414&page=3	
2017	1998-067LV	LINK	2.00	18-Apr-2017	404	51.6	South Korea	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	KAIST	KAIST	Y	2U	Telemetry received	3	http://www.scienceandtechnologyresearchnews.com/kaists-nanosatellite-sends-signals-earth/	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42714	
2017	1998-067MG	SNUSAT 1b	2.00	18-Apr-2017	408	51.6	South Korea	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	Seoul National University	Seoul National University	Y	2U	Telemetry received	3	https://snusat.wordpress.com/about/	http://www.nanosat.jp/files/10thAM/Presentation_Hyochoong-Bang.pdf	
2017	1998-067MN	SNUSAT 1	2.00	18-Apr-2017	408	51.6	South Korea	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	Seoul National University	Seoul National University	Y	2U	No signals	2	https://snusat.wordpress.com/about/	http://www.nanosat.jp/files/10thAM/Presentation_Hyochoong-Bang.pdf	
2017	1998-067LR	qbee	2.00	18-Apr-2017	403	51.6	Sweden	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	Luleå Tekniska Universitet, Open Cosmos	Luleå Tekniska Universitet	Y	2U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42708		
2017	1998-067MR	BeEagleSat	2.00	18-Apr-2017	411	51.6	Turkey	Technology, Atmospheric science	Atlas-5(401)	Istanbul Technical University, Turkish Air Force Academy	Istanbul Technical University, Turkish Air Force Academy	Y	2U	Beacons heard	3	http://www.unisec-global.org/pdf/uniglo4/day2/16_uludag.pdf	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42736	
2017	1998-067LJ	HAVELSAT	2.00	18-Apr-2017	408	51.6	Turkey	Technology, Atmospheric science	Atlas-5(401)	HAVELSAT A.S., Istanbul Technical University	HAVELSAT A.S., Istanbul Technical University	Y	2U	Beacons heard	3	https://www.researchgate.net/publication/292784830_HAVELSAT_A_software_defined_radio_experimentation_CubeSat	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42701	
2017	1998-067LP	Phoenix	2.00	18-Apr-2017	403	51.6	Taiwan	Education, Amateur radio communication, Technology	Atlas-5(401)	National Cheng Kung University (NCKU)	National Cheng Kung University (NCKU)	Y	2U	Functional since release	4	http://www.unisec-global.org/pdf/uniglo5/day1/14_POC_presentation/2_POC_Taiwan.pdf	http://www.esep.pro/sites/esep/IMG/pdf/esep_day_phoenix.pdf	http://www.dk3wn.info/p/?cat=409&page=2
2017	1998-067MM	PolyITAN 2-SAU	2.00	18-Apr-2017	408	51.6	Ukraine	Technology	Atlas-5(401)	National Technical University of Ukraine – KPI	National Technical University of Ukraine – KPI	Y	2U	Telemetry received	3	http://uprom.info/en/news/space/pivrotku-na-orbit-istoriya-ukrayinskogo-nanosuputnika-polyitan-2-yourself/	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42732	
2017	1998-067MC	Challenger (QBUS 1)	2.00	18-Apr-2017	408	51.6	USA	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	University of Colorado Boulder	University of Colorado Boulder	Y	2U	Data downlink reported	4	https://www.colorado.edu/event/ppw2018/sites/default/files/attached-files/6_-_2018-06-09_palo_jppw_2a.pdf	https://cedarweb.vsp.ucar.edu/wiki/images/aa/2017CEDAR_Monday_Palo.pdf	
2017	1998-067MS	Atlantis (QBUS 2)	2.00	18-Apr-2017	409	51.6	USA	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	University of Michigan	University of Michigan	N	2U	Telemetry received	3	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/atlantis-2.htm	https://cedarweb.vsp.ucar.edu/wiki/images/aa/2017CEDAR_Monday_Palo.pdf	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42737
2017	1998-067LK	Columbia (QBUS 4)	2.00	18-Apr-2017	404	51.6	USA	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	Universidad del Turabo, Puerto Rico	Universidad del Turabo, Puerto Rico	N	2U	In commissioning Phase	3	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/columbia-4.htm	https://cedarweb.vsp.ucar.edu/wiki/images/aa/2017CEDAR_Monday_Palo.pdf	http://www.dk3wn.info/p/?cat=410&page=2

2017	1998-067LW	CSUNSat 1	2.00	18-Apr-2017	404	51.6	USA	Technology	Atlas-5(401)	California State University Northridge (CSUN)	California State University Northridge (CSUN)	Y	2U	In mission operation phase	4	http://www.csun.edu/cubesa/			
2017	1998-067MP	Ex-Alta 1	4.00	18-Apr-2017	408	51.6	Canada	Technology, Thermospheric research	Atlas-5(401)	University of Alberta	University of Alberta	Y	3U	Successful experiment	5	https://albertasat.ca/about-us/	https://www.ualberta.ca/science/news/2018/november/farewell-to-ex-alta-1	https://albertasat.ca/amateur-radio-information/	
2017	1998-067LN	IceCube	4.00	18-Apr-2017	404	51.6	USA	Earth Science	Atlas-5(401)	NASA Goddard Space Flight Center	NASA Goddard Space Flight Center	Y	3U	fully functional beyond life span.	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/icecube			
2017	1998-067LT	SHARC	8.00	18-Apr-2017	406	51.6	USA	Calibration	Atlas-5(401)	Air Force Research Laboratory (AFRL)	Air Force Research Laboratory (AFRL)	Y	5U	Execute the mission	4	https://www.sdl.usu.edu/media-events/news/press/2017/may29-sharc-launch-dn			
2017	1998-067LS	ALTAIR 1	14.00	18-Apr-2017	404	51.6	USA	Technology	Atlas-5(401)	Millennium Space Systems	Millennium Space Systems	Y	6U	No signals	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/altair-1.htm			
2017	2017-021U	SILKROAD 1	4.50	20-Apr-2017	395	42.8	China	Earth observation	Long March 7	SpaceStar Tech	Xiran Institute of Surveying and Mapping	Y	3U	No signals reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/silkroad-1.htm			
2017	2017-F02	Humanity Star	10.00	25-May-2017	500	83	New Zealand	Art	Electron	Rocket Lab	Rocket Lab	N (Failed to reach orbit)	Micro	Deorbit earlier than expected	4	https://www.theverge.com/2018/3/22/17144208/rocket-lab-humanity-star-satellite-new-zealand-astronomy			
2017	1998-067MU	Toki	1.00	3-Jun-2017	400	51.6	Japan	Technology	Falcon-9 v1.2	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	1U	No uplink, only beacon	3				
2017	1998-067MV	GhanaSat-1	1.00	3-Jun-2017	400	51.6	Ghana	Technology	Falcon-9 v1.2	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	1U	No uplink, only beacon	3				
2017	1998-067MW	Mazaalai	1.00	3-Jun-2017	400	51.6	Mongolia	Technology	Falcon-9 v1.2	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	1U	No uplink, only beacon	3				
2017	1998-067MX	BRAC Onnesha	1.00	3-Jun-2017	400	51.6	Bangladesh	Technology	Falcon-9 v1.2	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	1U	No uplink, only beacon	3				
2017	1998-067MY	Nigeria EduSat-1	1.00	3-Jun-2017	400	51.6	Nigeria	Technology	Falcon-9 v1.2	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	1U	No uplink, only beacon	3				
2017	1998-067NA	Tanyusha-YuZGU 1	4.80	14-Jun-2017	400	51.6	Russia	Technology, Communication	Soyuz-2-1a	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Y	3U	Beacon reported	3	http://www.dk3wn.info/p/?cat=445			
2017	1998-067NB	Tanyusha-YuZGU 2	4.80	14-Jun-2017	400	51.6	Russia	Technology, Communication	Soyuz-2-1a	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Y	3U	Beacon reported	3	http://www.dk3wn.info/p/?cat=445			
2017	1998-067NC	Sfera-53 2	13.00	14-Jun-2017	400	51.6	Russia	Atmosphere density	Soyuz-2-1a	Russian Space Agency (Russia)	Russian Space Agency (Russia)	Y	Micro	no beacon reported	2	http://www.ansat.it/canale_scienza_tecnica/notizie/spazio_astronomia/2017/08/17/oggi-passeggiata-spaziale-5-nanosatelliti-lanciati-in-orbita-come-palline_06b14387-830e-47f9-8756-ad5e6852c64c.html			
2017	1998-067ND	TNS 0-2	4.80	14-Jun-2017	400	51.6	Russia	Technology, Communication	Soyuz-2-1a	FSUE/RSIDE	RNII KP	Y	Nano	Successful experiment	5	https://www.researchgate.net/publication/328102767_Flight_Results_of_the_Mission_of_TNS-0_2_Nanosatellite_Connected_via_Global_Communication_System			
2017	2017-034B	ZHUHAI-1 02 (CAS 4B)	50.00	15-Jun-2017	550	43	China	Earth observation	Long March 4B	Zhuhai Orbita Control Engineering Ltd.	Zhuhai Orbita Control Engineering Ltd.	Y	Micro	Operational	5	https://www.obtdata.com/en/in-orbit.html			
2017	2017-034D	ZHUHAI-1 01 (CAS 4A)	50.00	15-Jun-2017	550	43	China	Earth observation	Long March 4B	Zhuhai Orbita Control Engineering Ltd.	Zhuhai Orbita Control Engineering Ltd.	Y	Micro	Operational	5	https://www.obtdata.com/en/in-orbit.html			
2017	2017-034C	NUSAT-3	37.00	15-Jun-2017	550	43	Argentina	Earth observation	Long March 4B	Satellogic S.A.	Satellogic S.A.	Y	Micro	Operational	5	https://pubs.usgs.gov/circ/c1455/cir1455.pdf			
2017	2017-036G	LEMUR 2 SHAINAJOHL	4.00	23-Jun-2017	517	97.4	USA	Earth observation	PSLV-XL C38	Spire	Spire	Y	3U		5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4086&context=smallsat			
2017	2017-036H	LEMUR 2 XUENITERENCE	4.00	23-Jun-2017	517	97.4	USA	Earth observation	PSLV-XL C38	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-036J	LEMUR 2 LUCYBRYCE	4.00	23-Jun-2017	517	97.4	USA	Earth observation	PSLV-XL C38	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-036K	LEMUR 2 KUNGFOO	4.00	23-Jun-2017	517	97.4	USA	Earth observation	PSLV-XL C38	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-036Q	LEMUR 2 LYNSEY-SYMO	4.00	23-Jun-2017	517	97.4	USA	Earth observation	PSLV-XL C38	Spire	Spire	Y	3U		5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4086&context=smallsat			
2017	2017-036R	LEMUR 2 LISASAURUS	4.00	23-Jun-2017	517	97.4	USA	Earth observation	PSLV-XL C38	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-036S	LEMUR 2 SAM-AMELIA	4.00	23-Jun-2017	517	97.4	USA	Earth observation	PSLV-XL C38	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-036T	LEMUR 2 MCPENAKE	4.00	23-Jun-2017	517	97.4	USA	Earth observation	PSLV-XL C38	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-036Z	SUCHAI	1.00	23-Jun-2017	515	97.4	Chile	Technology, Education	PSLV-XL C38	SPEL	SPEL	Y	1U	Met all objectives	5	http://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/sitsc2018/tech-27E.pdf	http://spel.ing.uchile.cl/suchai.html	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4295&context=smallsat	
2017	2017-036AA	SKCUBE	1.00	23-Jun-2017	512	97.4	Slovakia	Technology, Education	PSLV-XL C38	SOSA	SOSA	Y	1U	No image downlink found	4	http://www.skcube.sk/o-projekta/pribeh-skcube/	https://spectator.sme.sk/c/20577020/first-slovak-satellite-is-orbiting-earth-and-working-well.html		
2017	2017-036AD	ROBUSTA-1B	1.00	23-Jun-2017	512	97.4	France	Technology	PSLV-XL C38	University of Montpellier II	University of Montpellier II	Y	1U	Telemetry received	3	http://csu.edu.umontpellier.fr/en/completed-and-ongoing-projects/	http://www.dk3wn.info/p/?cat=88	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42792	
2017	2017-036A	UCLSAT	2.00	23-Jun-2017	513	97.4	UK	Technology, Atmosphere	PSLV-XL C38	MSSL, University College London	MSSL, University College London	Y	2U	Telemetry received	3	http://www.ucl.ac.uk/news/news-articles/0617/230617-UCLSat-launched	dk3wn.info/p/?cat=434		
2017	2017-036V	PEGASUS	2.00	23-Jun-2017	516	97.4	Austria	Technology, Thermospheric research	PSLV-XL C38	Fachhochschule Wiener Neustadt	Fachhochschule Wiener Neustadt	Y	2U	Successful experiment	5	https://de.wikipedia.org/wiki/Pegasus_(Satellit,_2017)	http://pegasus.fotec.at/updates/		
2017	2017-036Y	NUDTSAT	2.00	23-Jun-2017	515	97.4	China	Technology, Atmosphere	PSLV-XL C38	National University of Defense Technology (NUDT)	National University of Defense Technology (NUDT)	Y	2U	Telemetry received	3	http://www.dk3wn.info/p/?cat=431&paged=2			
2017	2017-036AB	VZLUSAT 1	2.00	23-Jun-2017	515	97.4	Czech Republic	Technology, Thermospheric research	PSLV-XL C38	VZLÚ	VZLÚ	Y	2U	Successful experiment	5	https://www.vzlu.cz/en/project-vzlusat-1-c370.html	https://opsience.iop.org/article/10.1088/1748-0221/13/11/C11010/meta	http://vzlusat1.cz/en/	https://www.czechspaceportal.cz/en/section/7/news/czech-nanosatellite-vzlusat-1-celebrates-500-days-on-the-orbit.html
2017	2017-036U	DIAMOND RED	6.00	23-Jun-2017	511	97.4	U.K., Israel, Australia	Communications	PSLV-XL C38	GOMSpace	Sky and Space Global	Y	3U	Started generating revenue	5	https://en.wikipedia.org/wiki/Sky_and_Space_Global	https://www.satellitetoday.com/business/2018/04/04/sky-and-space-global-exec-on-the-leo-first-mover-advantage/		
2017	2017-036W	DIAMOND GREEN	6.00	23-Jun-2017	511	97.4	U.K., Israel, Australia	Communications	PSLV-XL C38	GOMSpace	Sky and Space Global	Y	3U	Started generating revenue	5	https://en.wikipedia.org/wiki/Sky_and_Space_Global	https://www.satellitetoday.com/business/2018/04/04/sky-and-space-global-exec-on-the-leo-first-mover-advantage/		
2017	2017-036X	DIAMOND BLUE	6.00	23-Jun-2017	511	97.4	U.K., Israel, Australia	Communications	PSLV-XL C38	GOMSpace	Sky and Space Global	Y	3U	Started generating revenue	5	https://en.wikipedia.org/wiki/Sky_and_Space_Global	https://www.satellitetoday.com/business/2018/04/04/sky-and-space-global-exec-on-the-leo-first-mover-advantage/		
2017	2017-036AF	D-SAT	4.50	23-Jun-2017	516	97.4	Italy	Technology	PSLV-XL C38	D-Orbit	D-Orbit, GOMSpace	Y	3U	Successful experiment	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d0-sat	http://www.dk3wn.info/p/?cat=439		
2017	2017-036D	LITUANICASAT 2	4.00	23-Jun-2017	512	97.4	Lithuania	Technology, Education	PSLV-XL C38	Vilnius University (prime), JSC NanoAvionika (bus)	Vilnius University	Y	3U	Successful experiment	5	https://nanoavionics.com/projects/ltuanicasat-2-satellite-mission/			
2017	2017-036F	INFLATESAIL	4.00	23-Jun-2017	512	97.4	UK	Technology	PSLV-XL C38	University of Surrey, UK	University of Surrey, UK	Y	3U	Sailed deployed and sat deorbited	5	https://www.surrey.ac.uk/surrey-space-centre/missions/inflatesail	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/inflatesail	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0094576519303558	
2017	2017-036L	AALTO 1	4.00	23-Jun-2017	517	97.4	Finland	Technology, Earth observation	PSLV-XL C38	Aalto University	Aalto University	Y	3U	Successful experiment	5	http://spacecraft.aalto.fi/en/aalto1/	https://spacecraft.aalto.fi/en/aalto1/in-orbit_results/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aalto-1	
2017	2017-036N	COMPASS 2	4.00	23-Jun-2017	513	97.4	Germany	Technology	PSLV-XL C38	Fachhochschule Aachen	Fachhochschule Aachen	Y	3U	no beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/compass-2.htm			
2017	2017-036AG	TYVAK 53B	4.00	23-Jun-2017	516	97.4	USA	Technology	PSLV-XL C38	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc. (bus), Pacific Scientific Energetic Materials Company (PacSci EMC) (payload)	Pacific Scientific Energetic Materials Company (PacSci EMC)	Y	3U	no beacon reported	2	https://www.isro.gov.in/sites/default/files/flipping_book/PSLV-C38_Brochure/files/assets/common/downloads/PSLV-C38%20.pdf			
2017	2017-036M	URSA MAIOR	3.00	23-Jun-2017	512	97.4	Italy	Technology, Thermospheric research	PSLV-XL C38	University of Rome "LA SAPIENZA"	University of Rome "LA SAPIENZA"	Y	3U	Images downloaded	4	http://www.dk3wn.info/p/?cat=436&paged=2			
2017	2017-036AE	CICERO 6	10.00	23-Jun-2017	515	97.4	USA	Earth observation	PSLV-XL C38	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc.	GeoOptics Inc.	Y	6U	no beacon reported	2	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cicero	https://pdfs.semanticscholar.org/prestation/e84a92bc19550bed62a311e2ea698a39568ae025.pdf		

2017	2017-036E	CE-SAT 1	50.00	23-Jun-2017	517	97.4	Japan	Earth observation	PSLV-XL C38	Canon Electronics Space Technology Laboratory (prime), AxiSpace (bus)	Canon Electronics Space Technology Laboratory	Y	Micro	Successful mission	5	http://www8.cao.go.jp/space/seminar/f/y26-da1/hayakawa-2.pdf	https://global.canon/en/technology/fro/mier13.html		
2017	2017-036B	NIUSAT	15.00	23-Jun-2017	517	97.4	India	Earth observation	PSLV-XL C38	Noorul Islam University (NIU)	Noorul Islam University (NIU)	Y	Micro	Telemetry received	3	https://www.thebetterindia.com/106096/pdv-c38-cartosat-2-series-niusat-students-nano-sat/	http://www.dk3wn.info/p/?cat=441		
2017	2017-036P	MAX VALIER SAT	15.00	23-Jun-2017	516	97.4	Italy	Astronomy, X-Ray, Technology	PSLV-XL C38	Gewerbeoberschule "Max Valier" Bozen, Gewerbeoberschule "Oskar von Miller" Meran, Amateurastronomen "Max Valier"	Bozen, Gewerbeoberschule "Oskar von Miller" Meran, Amateurastronomen "Max Valier"	Y	Micro	Data downlink reported	4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/mmax-valier-sat	http://www.maxvaliersat.it/index		
2017	2017-036AC	VENTA 1	5.00	23-Jun-2017	508	97.4	Latvia	Technology	PSLV-XL C38	University of Applied Sciences Bremen	Ventspils University	Y	Nano	Beacon heard	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/venta-1	https://lv.wikipedia.org/wiki/Venta-1	https://eng.ism.lv/article/society/society/well-miss-you-latvias-first-satellite-near-end-of-life.a310336/	
2017	2017-042AB	FLOCK-2K 03	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AC	FLOCK-2K 04	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AD	FLOCK-2K 01	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AE	FLOCK-2K 02	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AF	FLOCK-2K 47	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AG	FLOCK-2K 48	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AH	FLOCK-2K 45	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AJ	FLOCK-2K 24	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AK	FLOCK-2K 46	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AL	FLOCK-2K 23	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AM	FLOCK-2K 21	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AN	FLOCK-2K 22	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AP	FLOCK-2K 07	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AQ	FLOCK-2K 08	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AR	FLOCK-2K 05	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AS	FLOCK-2K 40	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AT	FLOCK-2K 39	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AU	FLOCK-2K 37	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AV	FLOCK-2K 38	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AW	FLOCK-2K 31	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AX	FLOCK-2K 32	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AY	FLOCK-2K 29	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042AZ	FLOCK-2K 30	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BA	FLOCK-2K 44	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BB	FLOCK-2K 43	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BC	FLOCK-2K 41	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BD	FLOCK-2K 36	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BE	FLOCK-2K 35	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BF	FLOCK-2K 34	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BG	FLOCK-2K 33	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BH	FLOCK-2K 28	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BK	FLOCK-2K 27	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BL	FLOCK-2K 26	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BM	FLOCK-2K 25	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BN	FLOCK-2K 20	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BP	FLOCK-2K 19	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BQ	FLOCK-2K 18	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BR	FLOCK-2K 17	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BS	FLOCK-2K 16	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BT	FLOCK-2K 15	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BU	FLOCK-2K 13	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BV	FLOCK-2K 14	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BW	FLOCK-2K 12	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BX	FLOCK-2K 11	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BY	FLOCK-2K 10	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042BZ	FLOCK-2K 09	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-042CA	FLOCK-2K 06	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	N/A	FLOCK-2K 42	5.00	14-Jul-2017	470	97	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U	Unable to contact	2	https://geoawesomeness.com/biggest-satellite-industry-fails-2017/			
2017	2017-042N	LEMUR 2 GREENBERG	4.00	14-Jul-2017	610	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5	https://geoawesomeness.com/biggest-satellite-industry-fails-2017/			
2017	2017-042P	LEMUR 2 ANDIS	4.00	14-Jul-2017	610	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-042Q	LEMUR 2 MONSON	4.00	14-Jul-2017	610	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-042R	LEMUR 2 FURIAUS	4.00	14-Jul-2017	610	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-042S	LEMUR 2 PETERG	4.00	14-Jul-2017	610	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-042T	LEMUR 2 DEMBITZ	4.00	14-Jul-2017	610	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-042W	LEMUR 2 ZACHARY	4.00	14-Jul-2017	610	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-042BJ	LEMUR 2 ARTFISCHER	4.00	14-Jul-2017	610	97	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-042H	UTE-UESOR	1.00	14-Jul-2017	612	97.6	Ecuador, Russia	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	UTE, YuZGU	UTE, YuZGU	Y	1U	Only Beacon	3	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/ecuador-ute-yuzgu.htm			
2017	2017-042V	NANOACE	5.00	14-Jul-2017	602	97.6	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc.	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc.	Y	3U	All mission objectives were met	5	https://www.tyvak.com/our-journey/			
2017	2017-042F	MAYAK	4.00	14-Jul-2017	612	97.6	Russia	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	CosmosMayak	Your sector of space/ MSUME	Y	3U	Failed to deploy reflectors	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/mayak.htm	https://forums.radioreference.com/threads/investigating-mayak-satellite-status.357752/		
2017	2017-042U	Iskra-MAI-85	4.00	14-Jul-2017	604	97.6	Russia	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	MAI	MAI	Y	3U	Low power issue. But UL successful	3	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/iskra-mai-85.htm			
2017	2017-042C	CICERO 1	10.00	14-Jul-2017	602	97.6	USA	Earth observation	Soyuz-2-1a Fregat-M	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc.	GeoOptics Inc.	Y	6U	Failed on orbit	2	https://www.spacesymposium.org/sites/default/files/downloads/Williamson_Dave_GPS_Radio_Occultation_Talk-v1.pdf	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cicero.htm	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/cicero	
2017	2017-042M	CICERO 2	10.00	14-Jul-2017	602	97.6	USA	Earth observation	Soyuz-2-1a Fregat-M	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc.	GeoOptics Inc.	Y	6U	Failed on orbit	2	https://www.spacesymposium.org/sites/default/files/downloads/Williamson_Dave_GPS_Radio_Occultation_Talk-v1.pdf	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cicero.htm	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/cicero	
2017	2017-042AA	CICERO 3	10.00	14-Jul-2017	602	97.6	USA	Earth observation	Soyuz-2-1a Fregat-M	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc.	GeoOptics Inc.	Y	6U	Failed on orbit	2	https://www.spacesymposium.org/sites/default/files/downloads/Williamson_Dave_GPS_Radio_Occultation_Talk-v1.pdf	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cicero.htm	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/cicero	
2017	2017-042L	WNISAT-1R	40.00	14-Jul-2017	605	97.6	Japan	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	AXELSPACE	Weather News Inc.	Y	Micro	Images downloaded	5	https://global.weathernews.com/wp-content/uploads/2017/11/oicws2017_yamamoto.pdf			
2017	2017-042B	NORSAT 1	30.00	14-Jul-2017	608	97.6	Norway	Science, technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	UTIAS (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies) (bus									

2017	2017-042K	MKA-N 2	11.70	14-Jul-2017	612	97.6	Russia	Earth observation	Soyuz-2-1a Fregat-M	Dauria	Roskosmos	Y	Micro	No contact established	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdatmka-n.htm	https://geoawesomeness.com/biggest-satellite-industry-fails-2017/		
2017	2017-042X	CORVUS BC2	11.00	14-Jul-2017	600	97.6	USA	Earth observation	Soyuz-2-1a Fregat-M	Astro Digital (ex Aquila Space)	Astro Digital (ex Aquila Space)	Y	Micro	Failed shortly after release	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdatla-rdmapper-bc.htm	https://geoawesomeness.com/biggest-satellite-industry-fails-2017/		
2017	2017-042Y	CORVUS BC1	11.00	14-Jul-2017	600	97.6	USA	Earth observation	Soyuz-2-1a Fregat-M	Astro Digital (ex Aquila Space)	Astro Digital (ex Aquila Space)	Y	Micro	Failed shortly after release	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdatla-rdmapper-bc.htm	https://geoawesomeness.com/biggest-satellite-industry-fails-2017/		
2017	1998-067NH	ASTERIA	12.00	14-Aug-2017	405	51.6	USA	Technology	Falcon-9 v1.2	Massachusetts Institute of Technology - Space Systems Laboratory (MIT SSL); Jet Propulsion Laboratory (JPL)	Massachusetts Institute of Technology - Space Systems Laboratory (MIT SSL); Jet Propulsion Laboratory (JPL)	Y	6U	Met primary objectives	5	https://www.jpl.nasa.gov/cubesat/missions/asteria.php	https://en.wikipedia.org/wiki/ASTERIA_(spacecraft)	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/asteria	https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/dellinger-the-little-cubesat-that-could
2017	1998-067NJ	Dellinger	8.00	14-Aug-2017	405	51.6	USA	Technology, Heliophysics, Magnetospheric research	Falcon-9 v1.2	NASA Goddard Space Flight Center	NASA Goddard Space Flight Center, SwRI	Y	6U	functional with many anomalies	4	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/dellinger	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4556&context=smallsat		
2017	1998-067NE	Kestrel Eye 2M	50.00	14-Aug-2017	407	51.6	USA	Reconnaissance, Electro-optical	Falcon-9 v1.2	Maryland Aerospace, Inc. (ex IntelliTech Microsystems, Inc.)	US Army	Y	Micro	Providing images as expected	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/k/kestrel-eye			
2017	2017-050B	Prometheus-2.2	2.00	26-Aug-2017	610	24.5	USA	Technology	Minotaur-4 Orion-38	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Y	1.5U	no beacon reported	2	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3197&context=smallsat	http://www.planet4589.org/pipermail/jsr/2017-October/000115.html	https://www.seradata.com/peacekeeper-missile-derived-five-stage-minotaur-iv-launches-ors-5-situational-awareness-test-satellite-for-the-us-military-as-well-as-three-cubesats/	
2017	2017-050C	Prometheus-2.4	2.00	26-Aug-2017	610	24.5	USA	Technology	Minotaur-4 Orion-38	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Y	1.5U	no beacon reported	2	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3197&context=smallsat	http://www.planet4589.org/pipermail/jsr/2017-October/000115.html	https://www.seradata.com/peacekeeper-missile-derived-five-stage-minotaur-iv-launches-ors-5-situational-awareness-test-satellite-for-the-us-military-as-well-as-three-cubesats/	
2017	1998-067NL	OSIRIS-3U	4.00	26-Aug-2017	409	51.6	USA	Ionosphere	Falcon-9 v1.2	The Pennsylvania State University Department of Electrical Engineering	The Pennsylvania State University Department of Electrical Engineering	Y	3U	no beacon reported	2	http://php.scripts.psu.edu/dept/sspl/index.php?categories/8-OSIRIS-CubeSat	https://sites.psu.edu/sspl/osiris-3u/		
2017	2017-050D	DHFR	3.00	26-Aug-2017	610	24.5	USA	Technology	Minotaur-4 Orion-38	DARPA, SDL	DARPA, SDL	Y	3U	no beacon reported	2	https://www.seradata.com/peacekeeper-missile-derived-five-stage-minotaur-iv-launches-ors-5-situational-awareness-test-satellite-for-the-us-military-as-well-as-three-cubesats/			
2017	2017-068J	FLOCK-3M 1	5.00	31-Oct-2017	530	97.3	USA	Technology	Minotaur-C-3210	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulse/planet-doubles-sub-1-meter-imaging-capacity-with-successful-launch-of-6-skysats/			
2017	2017-068K	FLOCK-3M 3	5.00	31-Oct-2017	530	97.3	USA	Technology	Minotaur-C-3210	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-068L	FLOCK-3M 4	5.00	31-Oct-2017	530	97.3	USA	Technology	Minotaur-C-3210	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-068M	FLOCK-3M 2	5.00	31-Oct-2017	530	97.3	USA	Technology	Minotaur-C-3210	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2017	2017-071U	AEROCUBE 7B	3.00	12-Nov-2017	457	51.6	USA	Technology	Antares-230	Aerospace Corporation	Aerospace Corporation	Y	1.5U	Fully operational	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=2918&context=smallsat	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aerocubesat-ocsd-b-and-c		
2017	2017-07	AEROCUBE 7C	3.00	12-Nov-2017	457	51.6	USA	Technology	Antares-230	Aerospace Corporation	Aerospace Corporation	Y	1.5U	Fully operational	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=2918&context=smallsat	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aerocubesat-ocsd-b-and-c		
2017	2017-071E	LEMUR 2 ROCKET JONAH	4.00	12-Nov-2017	455	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-071H	CHEFSAT	4.00	12-Nov-2017	457	51.6	USA	Technology	Antares-230	Naval Research Lab (NRL)	Naval Research Lab (NRL)	Y	3U	Fully operational	5	https://edc.dgfi.tum.de/en/satellites/chefsa/			
2017	2017-07	LEMUR 2 YONGLIN	4.00	12-Nov-2017	455	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-07	LEMUR 2 KEVIN	4.00	12-Nov-2017	455	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-071L	LEMUR 2 BRIANDAVIE	4.00	12-Nov-2017	455	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-071M	LEMUR 2 ROMACOSTE	4.00	12-Nov-2017	455	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-071Q	LEMUR 2 MCCULLAGH	4.00	12-Nov-2017	455	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-07	LEMUR 2 DUNLOP	4.00	12-Nov-2017	455	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-071T	LEMUR 2 LIU-POU-CHUN	4.00	12-Nov-2017	455	51.6	USA	Earth observation	Antares-230	Spire	Spire	Y	3U		5				
2017	2017-07	FAUNA (PropCube 2)	1.00	12-Nov-2017	455	51.6	USA	Technology	Antares-230	Naval Postgraduate School (NPS) (prime); Tyvak Nano-Satellite Systems Inc. (bus)	Naval Postgraduate School (NPS)	Y	1U	no beacon reported	2	http://spaceflight101.com/cygnus-0a8/propcube-2/			
2017	2017-071U	ASGARDIA 1	2.80	12-Nov-2017	500	51.6	USA	Technology, Communications	Antares-230	Asgardia Space	Asgardia Space	Y	2U	Signal received	4	https://asgardia.space/en/news/Asgardia-1-Two-Years-in-Orbit			
2017	1998-067NK	TechEdSat 6 (TES 6)	3.60	12-Nov-2017	406	51.6	USA	Technology, education	Antares-230	SJSU, University of Idaho, NASA Ames Research Center	SJSU, University of Idaho, NASA Ames Research Center	Y	3.5U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4451&context=smallsat			
2017	2017-071P	ISARA	5.00	12-Nov-2017	458	51.6	USA	Technology	Antares-230	Jet Propulsion Laboratory (JPL), Pumpkin Inc. (bus)	Jet Propulsion Laboratory (JPL)	Y	3U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/isara	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/isara.htm	https://www.nasa.gov/directorate/space/tech/small_spacecraft/baa.html	
2017	1998-067NG	EcAMSat	10.40	12-Nov-2017	407	51.6	USA	Life science	Antares-230	NASA's Ames Research Center, Stanford University School of Medicine	NASA's Ames Research Center, Stanford University School of Medicine	Y	Micro	Primary mission complete. Sat operational	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/ecamsat.htm	http://ecamsat.engr.scu.edu/	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214552419301257	
2017	2017-072B	HEAD-1	45.00	14-Nov-2017	808	98.7	China	Traffic monitoring	Long March 4C	SAST	HEAD Aerospace	Y	Micro	Successful mission	5	https://www.noosa.org/documents/jpdfpsa/activities/2017/SouthAfrica/slides/Presentation34.pdf			
2017	2017-073D	MAKERSAT-0	1.00	18-Nov-2017	818	97.7	USA	Technology	Delta-7920-10C	Northwest Nazarene University	Northwest Nazarene University	Y	1U	Download data received	4	https://engineering.nnu.edu/about-the-program	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/makersat		
2017	2017-073E	FOX-1B (AO-91)	1.00	18-Nov-2017	818	97.7	USA	Amateur communication, Technology	Delta-7920-10C	AMSAT	AMSAT, Vanderbilt University	Y	1U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4354&context=smallsat			
2017	2017-073F	EAGLESAT-1	1.00	18-Nov-2017	818	97.7	USA	Education	Delta-7920-10C	Embry-Riddle Aeronautical University	Embry-Riddle Aeronautical University	Y	1U	Antenna did not deploy	2	http://slideplayer.com/slide/1051029/	http://www.spacedaily.com/reports/W hat_Happens_After_Launch_Two_NASA_Educational_CubeSats_999.html		
2017	2017-073C	MIRATA	5.50	18-Nov-2017	818	97.7	USA	Earth observation, Technology	Delta-7920-10C	Massachusetts Institute of Technology (MIT) - Lincoln Laboratory	Massachusetts Institute of Technology (MIT) - Lincoln Laboratory	Y	3U	Radio anomaly	4	https://space.skyrocket.de/doc_sdatm/rata.htm	http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2018/Spring/Day%203/Session%201/AngelaCrews.pdf		
2017	2017-073B	BUCCANEER RMM	4.00	18-Nov-2017	819	97.7	Australia	Technology	Delta-7920-10C	UNSW, DSTO, Pumpkin (bus)	UNSW, DSTO	Y	3U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4356&context=smallsat	https://www.unsw.adfa.edu.au/first-buccaneer-satellite-mission-success		
2017	2017-F05	(Lemur-2 58) Lemur-2 McGarvey	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1				
2017	2017-F05	(Lemur-2 59) Lemur-2 BenYehoh	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1				
2017	2017-F05	(Lemur-2 60) Lemur-2 Harvey	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1				
2017	2017-F05	(Lemur-2 61) Lemur-2 Matthew	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1				
2017	2017-F05	(Lemur-62) Lemur-2 Maxinille	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1				
2017	2017-F05	(Lemur-2 63) Lemur-2 Smilie-Face	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1				
2017	2017-F05	(Lemur-2 64) Lemur-2 NRE-Mets	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1				
2017	2017-F05	(Lemur-2 65) Lemur-2 CytonRaider	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1				
2017	2017-F05	(Lemur-2 66) Lemur-2 Ector	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1				

2017	2017-F05	(Lemur-2 67) Lemur-2 Craig	4.00	28-Nov-2017	600	97.6	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1			
2017	2017-F05	SEAM	4.00	28-Nov-2017	602	97.8	Sweden	Technology education, science (ionosphere)	Soyuz-2-1b Fregat-M	KTH, AAC Microtec, ECM, LEMI, Space BLE, GOMSpace, SSC, Kayser Italia	KTH, AAC Microtec, ECM, LEMI, Space BLE, GOMSpace, SSC, Kayser Italia	N (Failed due to upper stage problem)	3U	Launch failure	1	http://www.spp.ee.kth.se/seam/project/timeline.html	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/seam.htm	
2017	2017-F05	Landmapper-BC 3	5.00	28-Nov-2017	500	97.6	USA	Earth observation	Soyuz-2-1b Fregat-M	Astro Digital (ex Aquila Space)	Astro Digital (ex Aquila Space)	N (Failed due to upper stage problem)	6U	Launch failure	1	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/landmapper-bc.htm		
2017	2017-F05	Landmapper-BC 4	5.00	28-Nov-2017	500	97.6	USA	Earth observation	Soyuz-2-1b Fregat-M	Astro Digital (ex Aquila Space)	Astro Digital (ex Aquila Space)	N (Failed due to upper stage problem)	6U	Launch failure	1	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/landmapper-bc.htm		
2017	2017-F05	IDEA-OSG 1	22.00	28-Nov-2017	814	97.8	Japan	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	Astroscale	Astroscale	N (Failed due to upper stage problem)	Micro	Launch failure	1	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/idea-osg.htm		
2017	2017-F05	AISat 3	6.50	28-Nov-2017	602	97.8	Norway	Traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	UTIAS (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies) (bus); Kongsberg Seatex (payload)	Norsk Romsenter	N (Failed due to upper stage problem)	Nano	Launch failure	1	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/aisat-1.htm		
2017	2017-F05	D-Star One	4.00	28-Nov-2017	-	-	Germany	Communication	Soyuz-2-1b Fregat-M	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	N (Failed due to upper stage problem)		Launch failure	1			
2018	2018-004AE	SPACEBEE-4	1.00	12-Jan-2018	505.00	97.50	USA	Technology	PSLV-XL C40	Swarm Technologies	Swarm Technologies	Y	0.25U	Operational	4	https://airtable.com/shracfwXODMMKeRgUtbid3oOBPSwN0JQY7blocks=hide		
2018	2018-004AF	SPACEBEE-3	1.00	12-Jan-2018	503.70	97.50	USA	Technology	PSLV-XL C40	Swarm Technologies	Swarm Technologies	Y	0.25U	Operational	4	https://airtable.com/shracfwXODMMKeRgUtbid3oOBPSwN0JQY7blocks=hide		
2018	2018-004AG	SPACEBEE-2	1.00	12-Jan-2018	503.30	97.50	USA	Technology	PSLV-XL C40	Swarm Technologies	Swarm Technologies	Y	0.25U	Operational	4	https://airtable.com/shracfwXODMMKeRgUtbid3oOBPSwN0JQY7blocks=hide		
2018	2018-004AH	SPACEBEE-1	1.00	12-Jan-2018	502.80	97.50	USA	Technology	PSLV-XL C40	Swarm Technologies	Swarm Technologies	Y	0.25U	Operational	4	https://airtable.com/shracfwXODMMKeRgUtbid3oOBPSwN0JQY7blocks=hide		
2018	2018-004AC	FOX-1D (AO-92)	1.00	12-Jan-2018	508.70	97.50	USA	Amateur communication, Technology	PSLV-XL C40	AMSAT	AMSAT, University of Iowa Virginia Tech, Pennsylvania State-Erie	Y	1U	Downlink data received	4	http://www.ar1.org/news/camera-aboard-fox-1d-satellite-returns-photos-of-earth		
2018	2018-004AD	STEP CUBE LAB	1.00	12-Jan-2018	507.10	97.50	South Korea	Technology	PSLV-XL C40	Chosun University, Gwangju	Chosun University, Gwangju	Y	1U	Beacon reported	3	http://www.dk3wn.info/p/?cat=465		
2018	2018-004G	CANYVAL-X1 (Jerry)	1.00	12-Jan-2018	790.90	74.00	South Korea	Technology	PSLV-XL C40	Yonsei University, NASA	Yonsei University, NASA	Y	1U	no beacon reported	2	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/canyval-x		
2018	2018-004G	CANYVAL-X1 (Tom)	2.70	12-Jan-2018	790.90	74.00	South Korea	Technology	PSLV-XL C40	Yonsei University, NASA	Yonsei University, NASA	Y	2U	Beacon reported	3	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/canyval-x		
2018	2018-004X	MICROMAS 2A	5.50	12-Jan-2018	505.00	97.50	USA	Earth Observation, Technology	PSLV-XL C40	MIT SSL	MIT SSL	Y	3U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/micromas-2	https://www.l.mit.edu/news/micromas-cubesat-technology-provides-fresh-approach-weather-forecasting	
2018	2018-004J	FLOCK 3PP 3	5.00	12-Jan-2018	511.20	97.50	USA	Technology	PSLV-XL C40	PlanetLabs	PlanetLabs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulse/flock3p-successful-launch/		
2018	2018-004K	FLOCK 3PP 2	5.00	12-Jan-2018	511.40	97.50	USA	Technology	PSLV-XL C40	PlanetLabs	PlanetLabs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulse/flock3p-successful-launch/		
2018	2018-004L	FLOCK 3PP 1	5.00	12-Jan-2018	510.20	97.50	USA	Technology	PSLV-XL C40	PlanetLabs	PlanetLabs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulse/flock3p-successful-launch/		
2018	2018-004M	FLOCK 3PP 4	5.00	12-Jan-2018	511.20	97.50	USA	Technology	PSLV-XL C40	PlanetLabs	PlanetLabs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulse/flock3p-successful-launch/		
2018	2018-004S	DEMOSAT 2	5.00	12-Jan-2018	510.00	97.50	USA	Technology, Communications	PSLV-XL C40	Astranis	Astranis	Y	3U	Successful mission	5	https://spacenews.com/startup-plans-to-provide-broadband-using-small-geo-satellites/		
2018	2018-004N	LEMUR 2 MCCAFFERTY	4.00	12-Jan-2018	507.20	97.50	USA	Earth observation, traffic monitoring	PSLV-XL C40	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-004P	LEMUR 2 PETERWEBSTER	4.00	12-Jan-2018	508.00	97.50	USA	Earth observation, traffic monitoring	PSLV-XL C40	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-004Q	LEMUR 2 BROWNCOW	4.00	12-Jan-2018	507.10	97.50	USA	Earth observation, traffic monitoring	PSLV-XL C40	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-004R	LEMUR 2 DAVEWILSON	4.00	12-Jan-2018	507.50	97.50	USA	Earth observation, traffic monitoring	PSLV-XL C40	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-004W	PICSAT	4.00	12-Jan-2018	507.40	97.50	France	Astronomy	PSLV-XL C40	Observatoire de Paris (OBSPM)	Observatoire de Paris (OBSPM)	Y	3U	Telemetry received	3	https://picsat.obspm.fr/?locale=en		
2018	2018-004Y	CNUSat 1 (Papillon)	4.00	12-Jan-2018	509.70	97.50	South Korea	Technology	PSLV-XL C40	Chungnam University	Chungnam University	Y	3U	no beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cnusat-1.htm		
2018	2018-004Z	SIGMA (KHUSAT 3)	4.00	12-Jan-2018	508.90	97.50	South Korea	Technology	PSLV-XL C40	Kyung Hee University	Kyung Hee University	Y	3U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43134		
2018	2018-004AA	KAUSAT 5	4.00	12-Jan-2018	508.20	97.50	South Korea	Technology	PSLV-XL C40	Korea Aviation University	Korea Aviation University	Y	3U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99939		
2018	2018-004AK	TYVAK-61C	4.00	12-Jan-2018	504.50	97.50	USA	Astronomy	PSLV-XL C40	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc. (Bus); Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) (Instrument)		Y	3U	Successful mission	5	https://lasers.llnl.gov/news/science-technology/2018/june		
2018	2018-004H	CORVUS BC3	11.00	12-Jan-2018	511.20	97.50	USA	Earth Observation	PSLV-XL C40	Astro Digital (ex Aquila Space)	Astro Digital (ex Aquila Space)	Y	6U	Successful mission	5	https://blog.astrodigital.com/from-stratford-to-san-simeon-bab7127707		
2018	2018-004V	ARKYD 6A	10.00	12-Jan-2018	509.70	97.50	USA	Technology	PSLV-XL C40	Planetary Resources	Planetary Resources	Y	6U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/arkyd-6	https://www.planetaryresources.com/2018/04/mission-success-arkyd-6-tests-key-technologies-for-commercial-space-resource-exploration/	
2018	2018-004AJ	CICERO 7	10.00	12-Jan-2018	505.40	97.50	USA	Earth Observing	PSLV-XL C40	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc.	GeoOptics Inc.	Y	6U	Successful mission	5	https://www.tyvak.com/our-journey/		
2018	2018-004F	INS-1C	11.00	12-Jan-2018	510.20	97.50	India	Technology	PSLV-XL C40	ISRO	ISRO	Y	INS-1 Bus	Successful mission	5	https://timesofindia.indiatimes.com/home/science/isro-minature-camera-onboard-nano-satellite-ins-1c-sends-high-resolution-images-of-earth/articleshow/63390744.cms		
2018	2018-008B	ZHOU ENLAI	2.00	19-Jan-2018	551.40	97.50	China	Technology, Education	Long March 11	Hua'an Youth Comprehensive Development Base, Teenagers Amateur Radio Center of Activity in Huai'an	Hua'an Youth Comprehensive Development Base, Teenagers Amateur Radio Center of Activity in Huai'an	Y	2U	Downlink data received	4	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43156		
2018	2018-008D	KEPLER-1 (KIPP)	5.00	19-Jan-2018	552.60	97.54	Canada	Technology	Long March 11	Clyde Space	Kepler Communications	Y	3U	Successful mission	5	https://www.keplercommunications.com/blog/post/keplers-first-ku-band-satellite-is-in-orbit		
2018	2018-008C	QUANTUTONG 1	10.00	19-Jan-2018	551.90	97.50	China	Technology	Long March 11	Tianji Research Institute, Spacety Aerospace Co. (Bus)	Tianji Research Institute	Y	6U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=42725		
2018	2018-008A	XIAOXIANG 2 (TY-2)	8.00	19-Jan-2018	551.60	97.50	China	Technology	Long March 11	Spacety Aerospace Co., Changsha Gaoxingu Tianyi Research Institute, Hunan	Spacety Aerospace Co., Changsha Gaoxingu Tianyi Research Institute, Hunan	Y	6U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43155		
2018	2018-010A	DOVE PIONEER	5.00	21-Jan-2018	414.10	82.90	USA	Technology	Electron KS	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulse/rocket-lab-successfully-carries-dove-pioneer-to-orbit/		
2018	2018-010C	LEMUR 2 MARSHALL	4.00	21-Jan-2018	536.10	82.90	USA	Earth observation, traffic monitoring	Electron KS	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-010E	LEMUR 2 TALLHAMN-ATC	4.00	21-Jan-2018	537.20	82.90	USA	Earth observation, traffic monitoring	Electron KS	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-010F	HUMANITY STAR	10.00	21-Jan-2018	533.00	82.90	New Zealand	Art	Electron KS	Rocket Lab	Rocket Lab	N (DECAYED)	Polyhedron	Deorbit earlier than expected	4	https://www.theverge.com/2018/3/22/17144208/rocket-lab-humanity-star-satellite-new-zealand-astronomy		
2018	2018-01	WEINA	5.00	25-Jan-2018	608.50	35.00	China	Technology	Long March 2C	Shanghai Micro Satellite Engineering Center	Shanghai Micro Satellite Engineering Center	Y	3U	no beacon reported	2	https://www.saradata.com/china-completes-fifth-launch-in-january-carrying-three-yaogan-30-04-ocean-surveillance-sats-plus-a-mystery-microsat-to-leo/		
2018	2018-014C	LEMUR 2 JIN-LUEN	4.00	1-Feb-2018	595.60	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-014D	LEMUR 2 URMICHANSOL	4.00	1-Feb-2018	595.30	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-014E	LEMUR 2 KADI	4.00	1-Feb-2018	595.20	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-014F	LEMUR 2 THENICKMOLO	4.00	1-Feb-2018	595.20	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-014J	D-Star 1.1 Phoenix	4.00	1-Feb-2018	588.00	97.73	Germany	Communication	Soyuz-2-1a Fregat-M	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	N	3U	Deployment failure	2	https://twitter.com/GermanOrbital/status/986981207241121792		
2018	2018-014G	S-NET D	8.00	1-Feb-2018	591.90	97.70	Germany	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	TU Berlin	TU Berlin	Y	TUBIX10 Bus	Successful mission	5	https://www.raumfahrttechnik.tu-berlin.de/menue/forschung/aktuelle_projekte/s-net/		
2018	2018-014H	S-NET B	8.00	1-Feb-2018	591.90	97.70	Germany	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	TU Berlin	TU Berlin	Y	TUBIX10 Bus	Successful mission	5	https://www.raumfahrttechnik.tu-berlin.de/menue/forschung/aktuelle_projekte/s-net/		
2018	2018-014J	S-NET A	8.00	1-Feb-2018	591.90	97.70	Germany	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	TU Berlin	TU Berlin	Y	TUBIX10 Bus	Successful mission	5	https://www.raumfahrttechnik.tu-berlin.de/menue/forschung/aktuelle_projekte/s-net/		

2018	2018-014K	S-NET C	8.00	1-Feb-2018	591.90	97.70	Germany	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	TU Berlin	TU Berlin	Y	TUBiX10 Bus	Successful mission	5	https://www.raumfahrttechnik.tu-berlin.de/menue/forschung/aktuelle_projekte/s-net/				
2018	2018-015A	FENGMANIU 1 (FMN 1)	3.00	2-Feb-2018	511.50	97.40	China	Education, Technology	Long March 2D	Link Space Aerospace Technology	Link Space Aerospace Technology	Y	3U	FM voice received, but no image capture reported	4	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43192				
2018	2018-015H	SHAONIAN XING	3.00	2-Feb-2018	510.40	97.40	China	Education, Technology	Long March 2D	Sat-China	Sat-China	Y	3U	Successful mission	5	http://www.dk3wn.info/pi?cat=467	https://twitter.com/A1_F1/status/964045847750217728			
2018	2018-015E	GOMX4-B	6.00	2-Feb-2018	513.80	97.40	Denmark	Technology	Long March 2D	GOMSpace	C(both), Danish Ministry of Defence, ESA	Y	6U	Successful mission	5	https://www.spiedigitallibrary.org/conferencs-proceedings-of-spie/11180/1118020/in-orbit-demonstration-of-the-first-hyperspectral-imager-for-nanosatellites/10.1117/12.2535991.full?SSO=1	https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/04/First_light_from_HyperScout_1_mager			
2018	2018-015F	GOMX4-A	6.00	2-Feb-2018	513.20	97.40	Denmark	Technology	Long March 2D	GOMSpace	C(both), Danish Ministry of Defence, ESA	Y	6U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4108&context=smallsat	https://gomspace.com/mission-exploitation.aspx			
2018	2018-015D	NUSAT 4	37.00	2-Feb-2018	513.40	97.40	Argentina	Earth Observation	Long March 2D	Satellogic S.A.	Satellogic S.A.	Y	Custom	no beacon reported	2	https://in-the-sky.org/spacecraft.php?id=43195				
2018	2018-015K	NUSAT5	37.00	2-Feb-2018	512.60	97.40	Argentina	Earth Observation	Long March 2D	Satellogic S.A.	Satellogic S.A.	Y	Custom	no beacon reported	2	https://in-the-sky.org/spacecraft.php?id=43204				
2018	2018-016A	TRICOM-1R (TASUKI)	3.00	3-Feb-2018	2008.00	30.90	Japan	Technology	SS-520 (3 stg)	University of Tokyo	University of Tokyo, Ministry of education and Science (MEXT)	N (DECAYED)	3U	Successful mission	5	https://www.tu-tokyo.ac.jp/s/hared/press/data/setnws_201802211351495770963444_207260.pdf	https://asia.nikkei.com/Editor-s-Picks/Japan-Update/Laos-and-Nepal-to-ride-Japan-s-microsatellites-into-space			
2018	1998-067PJ	Tanyusha-YuZGU 3	4.80	13-Feb-2018	400.00	51.60	Russia	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Soyuz-2-1a	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Y	3U	Downlink data received	4	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43597				
2018	1998-067PK	Tanyusha-YuZGU 4	4.80	13-Feb-2018	400.00	51.60	Russia	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Soyuz-2-1a	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Southwestern State University (SWSU, YuZGU)	Y	3U	Downlink data received	4	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43598				
2018	1998-067NQ	IKUN5-PF	1.00	2-Apr-2018	408.00	51.66	Kenya	Technology	Falcon-9 v1.2	University of Nairobi	University of Nairobi	Y	1U	Successful mission	5	https://kuns-of.ms0.it/				
2018	1998-067NR	Irazo (Batsó-CS 1)	1.00	2-Apr-2018	402.00	51.64	Costa Rica	Technology, Education	Falcon-9 v1.2	CAAE, ITCR, GOMSpace	CAAE, ITCR	Y	1U	Successful mission	5	http://www.dk3wn.info/pi?cat=483				
2018	1998-067NP	UBAKUSAT (UBAK-3U-SAT)	4.00	2-Apr-2018	402.00	51.64	Turkey	Technology, Communication	Falcon-9 v1.2	Istanbul Technical University (ITÜ), JPF (Japan Space Forum), KIT (Kyushu Institute of Technology)	Istanbul Technical University (ITÜ), JPF (Japan Space Forum), KIT (Kyushu Institute of Technology)	Y	3U	Downlink data received	4	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43467				
2018	2018-034E	WEINA 1B	5.00	10-Apr-2018	1125.30	63.40	China	Technology	Long March 4C	Shanghai MicroSatellite Engineering Center	Shanghai MicroSatellite Engineering Center	Y	3U	no beacon reported	2	https://www.nzyo.com/satellite/?s=43279				
2018	2018-042B	MARCO-A	13.50	5-May-2018	Mars	Mars	USA	Communication, data relay, interplanetary	Atlas-5(401)	NASA Jet Propulsion Laboratory	NASA Jet Propulsion Laboratory	Y	6U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/marco	https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2019-017&rn=news.xml&rst=7327			
2018	2018-042C	MARCO-B	13.50	5-May-2018	Mars	Mars	USA	Communication, data relay, interplanetary	Atlas-5(401)	NASA Jet Propulsion Laboratory	NASA Jet Propulsion Laboratory	Y	6U	Successful mission, had a propulsive leak	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/marco	https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2019-017&rn=news.xml&rst=7327			
2018	2018-045B	LONGJIANG 1	45.00	20-May-2018	9000 Lunar	Lunar Orbiter	China	Lunar Orbiter	Long March 4C	Harbin Institute of Technology	Harbin Institute of Technology	Y	Custom	Remained in Earth orbit	4	https://www.planetary.org/blogs/guest-blogs/2019/longjiang-2-impacts-moon.html				
2018	2018-045C	LONGJIANG 2	45.00	20-May-2018	9000 Lunar	Lunar Orbiter	China	Lunar Orbiter	Long March 4C	Harbin Institute of Technology	Harbin Institute of Technology	Y	Custom	Successful mission	5	https://www.planetary.org/blogs/jason-davis/2018/20180614-longjiang-2-earth-pcs.html				
2018	1998-067PA	EQUISat	1.00	21-May-2018	407.00	51.60	USA	Tevhnology	Antares-230	Brown University	Brown University	Y	1U	Uplink and downlink success, but no flashes seen	4	https://twitter.com/BrownCubeSat/status/115024972323865320	https://brownspace.org/receiving-equisat/			
2018	1998-067	MemSat	1.00	21-May-2018	400.00	51.60	USA	Technology	Antares-230	Rowan University	Rowan University	Y	1U	no beacon reported	2	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99962				
2018	1998-067NZ	EnduroSat One	1.00	21-May-2018	405.00	51.64	Bulgaria	Technology, Education	Antares-230	Space Challenges program	Space Challenges program	Y	1U	Successful mission	5	https://one.endurosat.com/education	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43551			
2018	1998-067	RadSat-g	4.00	21-May-2018	400.00	51.60	USA	Technology	Antares-230	Montana State University	Montana State University	Y	3U	Downlink data received	4	http://www.montana.edu/blameres/research_overview.html	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99963			
2018	2018-046C	AEROCUBE 12A	4.00	21-May-2018	493.90	51.60	USA	Technology	Antares-230	Aerospace Corporation	Aerospace Corporation	Y	3U	No fully success reported	4	https://aerospace.org/article/aerocube-12-deploys-ss				
2018	2018-046D	AEROCUBE 12B	4.00	21-May-2018	494.20	51.60	USA	Technology	Antares-230	Aerospace Corporation	Aerospace Corporation	Y	3U	No fully success reported	4	https://aerospace.org/article/aerocube-12-deploys-ss				
2018	2018-046E	LEMUR 2 VUJ	4.00	21-May-2018	492.00	51.60	USA	Earth observation, traffic monitoring	Antares-230	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5	https://arxiv.org/pdf/1908.09501.pdf				
2018	2018-046F	LEMUR 2 ALEXANDER	4.00	21-May-2018	491.80	51.60	USA	Earth observation, traffic monitoring	Antares-230	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5					
2018	2018-046G	LEMUR 2 YUASA	4.00	21-May-2018	492.10	51.60	USA	Earth observation, traffic monitoring	Antares-230	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5					
2018	2018-046H	LEMUR 2 TOMHENDERSON	4.00	21-May-2018	492.10	51.60	USA	Earth observation, traffic monitoring	Antares-230	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5					
2018	1998-067	Radix	10.00	21-May-2018	400.00	51.64	USA	Communications, technology	Antares-230	Analytical Space	Analytical Space	Y	6U	No fully success reported	4	https://www.analyticalspace.com/	https://artable.com/shrafcwXODMMKaRgU/bkDJoOBp5wINOJQY?blocks=hide			
2018	1998-067NU	CubeRRT	6.00	21-May-2018	407.00	51.64	USA	Technology	Antares-230	Ohio State University, Columbus, Ohio; Blue Canyon Technologies (bus)	Ohio State University, Columbus, Ohio	Y	6U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cuberrt				
2018	1998-067NX	HaloSat	6.00	21-May-2018	407.00	51.64	USA	Astronomy	Antares-230	University of Iowa (prime); Blue Canyon Technologies (bus)	University of Iowa	Y	6U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4578&context=smallsat				
2018	1998-067NW	RainCube	6.00	21-May-2018	407.00	51.64	USA	Technology	Antares-230	Jet Propulsion Laboratory (JPL)	Jet Propulsion Laboratory (JPL)	Y	6U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/raincube	https://www.tyvak.com/missions/	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4377&context=smallsat		
2018	1998-067NV	TEMPEST-D	6.00	21-May-2018	407.00	51.64	USA	Technology	Antares-230	Colorado State University, Jet Propulsion Laboratory (JPL); Blue Canyon Technologies (bus)	Colorado State University, Jet Propulsion Laboratory (JPL)	Y	6U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tempest-d	https://tempest.colostate.edu/tempestd-mission/			
2018	2018-048B	LIUJIA-1 01	10.00	2-Jun-2018	656.50	98.00	China	Earth Observation	Long March 2D	Wuhan University	Wuhan University	Y	6U	Successful mission	5	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243419304131				
2018	1998-067PF	BIRDS-2 BTH (Bhutan 1)	1.00	29-Jun-2018	400.00	51.60	Bhutan	Technology	Falcon-9 v1.2(ex)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	1U	Beacon reported	3					
2018	1998-067PD	BIRDS-2 MYS (UITMSAT 1)	1.00	29-Jun-2018	400.00	51.60	Malaysia	Technology	Falcon-9 v1.2(ex)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	1U	Downlink data received	4					
2018	1998-067PE	BIRDS-2 PHJ (MAYA 1)	1.00	29-Jun-2018	400.00	51.60	Philippines	Technology	Falcon-9 v1.2(ex)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	1U	Beacon reported	3					
2018	TBD	Barri-Squad 1	4.00	29-Jun-2018	400.00	51.60	Australia, USA, Canada, UK	Technology	Falcon-9 v1.2(ex)	Project Barri; Boeing (bus)	Project Barri	Y	3U	No deployment reported	1	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/barri.htm				
2018	TBD	Barri-Squad 2	4.00	29-Jun-2018	400.00	51.60	Australia, USA, Canada, UK	Technology	Falcon-9 v1.2(ex)	Project Barri; Boeing (bus)	Project Barri	Y	3U	No deployment reported	1	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/barri.htm				
2018	TBD	Barri-Squad 3	4.00	29-Jun-2018	400.00	51.60	Australia, USA, Canada, UK	Technology	Falcon-9 v1.2(ex)	Project Barri; Boeing (bus)	Project Barri	Y	3U	No deployment reported	1	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/barri.htm				
2018	1998-067PG	SiriusSat 1	1.30	9-Jul-2018	400.00	51.64	Russia	Technology, education	Soyuz-2-1a	Sirius educational center, SPUTNIX	Sirius educational center	Y	1U	Downlink data received	4	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43595				
2018	1998-067PH	SiriusSat 2	1.30	9-Jul-2018	408.00	51.64	Russia	Technology, education	Soyuz-2-1a	Sirius educational center, SPUTNIX	Sirius educational center	Y	1U	Downlink data received	4	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43596				
2018	2018-070C	CP-7 DAVE	1.00	15-Sep-2018	471.80	93.00	USA	Technology	Delta-7420-10C	Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	Y	1U	Successful mission	5	https://twitter.com/PolySat	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4427&context=smallsat			
2018	2018-070B	SURFSAT	4.00	15-Sep-2018	471.60	93.00	USA	Technology	Delta-7420-10C	University of Central Florida (UCF)	University of Central Florida (UCF)	Y	2U	Beacon reported	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43614				
2018	2018-070D	ELFIN B	4.00	15-Sep-2018	471.20	93.00	USA	Research, magnetosphere	Delta-7420-10C	UCLA	UCLA	Y	3U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/e/elfin	https://data.epps.ucla.edu/summary.php?year=2019&month=09&day=28&hour=0&probe=0&type=0&res=0			
2018	2018-070E	ELFIN A	4.00	15-Sep-2018	470.40	93.00	USA	Research, magnetosphere	Delta-7420-10C	UCLA	UCLA	Y	3U	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/e/elfin	https://data.epps.ucla.edu/summary.php?year=2019&month=09&day=28&hour=0&probe=0&type=0&res=0			
2018	1998-067PQ	STARS-Me HT	1.00	22-Sep-2018	406.00	51.64	Japan	Technology	H-2B-304	Shizuoka University	Shizuoka University	Y	1U	Beacon reported (for mother)	3	http://stars.eng.shizuoka.ac.jp/english.htm				
2018	1998-067	RSP-00	1.00	22-Sep-2018	400.00	51.60	Japan	Technology	H-2B-304	Ryman Sat Project	Ryman Sat Project	Y	1U	no beacon reported	2	https://rymansat.com/en/2018/10/15/operational-status-of-rsp-00/	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43640			
2018	1998-067	SPATIUM 1	4.00	22-Sep-2018	400.00	51.60	Singapore, Japan	Ionospheric research, Technology	H-2B-304	Nanyang Technological University (NTU), Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Nanyang Technological University (NTU), Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	2U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4422&context=smallsat				
2018	1998-067PQ	STARS-Me CV	4.00	22-Sep-2018	406.00	51.64	Japan	Technology	H-2B-304	Shizuoka University	Shizuoka University	Y	2U	no beacon reported (daughter)	2	http://stars.eng.shizuoka.ac.jp/english.htm	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43640			
2018	2018-08	Tangguo Guan (Candy Jar)	29.00	24-Oct-2018	940.00	99.50	China	Communications	Long March 4B		Alibaba	Y	Custom	no info the satellite deployed to the orbit	1	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/tangguo_guan.htm				
2018	2018-084J	AUT cube 2 (Gamacube)	1.60	29-Oct-2018			Japan	Technology	H-2A-202	Aichi University of Technology	Aichi University of Technology	Y	1U	Communication failure	2	http://www.aut-cubesat.jp/autcube2/10.html				
2018	2018-084	STARS-AO (Ao)	1.00	29-Oct-2018			Japan	Astronomy	H-2A-202	Shizuoka University	Shizuoka University	Y	1U				</			

2018	2018-083	Yaoliang 1-02 (TY 1-02)	8.00	29-Oct-2018			China	Technology	Long March 2C	Spacety Aerospace Co.,	Spacety Aerospace Co.,	Y	6U	Successful mission	5	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/y1-02.htm	https://www.weibo.com/ttarticle/p/show?id=2309404310654835157854#_0		
2018	2018-083	Tongchuan 1 (Zhaogin 1, TY 4-02)	8.00	29-Oct-2018			China	Technology	Long March 2C	Spacety Aerospace Co.,	Spacety Aerospace Co.,	Y	6U	Successful mission	5	https://spacenews.com/more-satellites-in-orbit-following-second-mission-of-2018/	https://www.weibo.com/ttarticle/p/show?id=2309404310654835157854#_0		
2018	2018-083	Tianjie 1	8.00	29-Oct-2018			China	Technology	Long March 2C	Beijing Guodian Gaoke Technology	Beijing Guodian Gaoke Technology	Y	6U	No beacon reported	2	https://mp.weixin.qq.com/s/X0968dHzFxpgkVgcCSs6Kw			
2018	2018-083	Xinghe (Tianfuguoxing 1, TY 1-03)	8.00	29-Oct-2018			China	Technology	Long March 2C	Spacety Aerospace Co.,	Spacety Aerospace Co.,	Y	6U	Successful mission	5	https://spacenews.com/more-satellites-in-orbit-following-second-mission-of-2018/	https://www.weibo.com/ttarticle/p/show?id=2309404310654835157854#_0		
2018	2018-083H	Changshagaoxin (TY 4-01)	8.00	29-Oct-2018	522.00	97.50	China	Technology	Long March 2C	Spacety Aerospace Co.,	Spacety Aerospace Co.,	Y	6U	Successful mission	5	https://spacenews.com/more-satellites-in-orbit-following-second-mission-of-2018/			
2018	2018-084G	TEN-KOH	22.00	29-Oct-2018	615.10	97.80	Japan	Technology	H-2A-202	Kyushu Institute of Technology	Kyushu Institute of Technology	Y	Quasi-spherical	Successful mission	5	http://kit-okuyama-lab.com/en/ten-koh/launching-result-of-ten-koh/	https://www.mdpi.com/2226-4310/6/10/108/pdf		
2018	2018-088C	NABEO/ELECTRON	1.30	11-Nov-2018	526.20	85.00	Germany	Technology	Electron KS	HPS GmbH	HPS GmbH	Y	1U	No confirmation of the dragsail deployment	2	https://191.207.rocket-launch.com/en/ten-koh/launching-result-of-ten-koh/			
2018	2018-088E	PROXIMA I	5.00	11-Nov-2018	523.30	85.00	USA	Communication	Electron KS	Fleet Space Technologies, Pumpkin Inc. (Bus)	Fleet Space Technologies	Y	3U	Successful mission	5	https://spacenews.com/fleet-raises-7-35-million-to-expand-internet-of-things-constellation/			
2018	2018-088G	PROXIMA II	5.00	11-Nov-2018	523.30	85.00	USA	Communication	Electron KS	Fleet Space Technologies, Pumpkin Inc. (Bus)	Fleet Space Technologies	Y	3U	Successful mission	5	https://spacenews.com/fleet-raises-7-35-million-to-expand-internet-of-things-constellation/			
2018	2018-088H	LEMUR 2 CHANUSIAK	5.00	11-Nov-2018	522.30	85.00	USA	Earth observation, traffic monitoring	Electron KS	SPIRE	SPIRE	Y	3U	Successful mission	5	https://www.klofas.com/comm-table/table.pdf			
2018	2018-088F	LEMUR 2 ZUPANSKI	4.00	11-Nov-2018	525.10	85.00	USA	Earth observation, traffic monitoring	Electron KS	SPIRE	SPIRE	Y	3U	Successful mission	5	https://www.klofas.com/comm-table/table.pdf			
2018	2018-088A	CICERO 10	10.00	11-Nov-2018	525.00	85.00	USA	Earth Observation	Electron KS	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc.	GeoOptics Inc.	Y	6U	Successful mission	5	https://www.tyvak.com/our-journey/			
2018	2018-088D	IRVINE01	1.00	11-Nov-2018	523.20	85.00	USA	Technology	Electron KS	Irvine Public School Foundation	Irvine Public School Foundation	Y	Custom	Successful mission	5	https://www.irvinecubesat.org/irvine01	https://www.ocregister.com/2018/11/13/mn-satellite-built-by-irvine-students-finally-launches-after-a-year-of-delays/		
2018	2018-092F	MYSAT 1	1.00	17-Nov-2018	478.80	51.60	UAE	Technology, Education	Antares-230	Masdar Institute of Science and Technology	Masdar Institute of Science and Technology	Y	1U	Successful mission	5	https://twitter.com/mysat_1			
2018	2018-092G	KICKSAT 2	5.50	17-Nov-2018	282.30	51.60	USA	Technology	Antares-230	Cornell University	Cornell University	Y	3U	Antenna did not deploy	3	http://www.aarl.org/news/kicksat-2-is-alive-and-being-tracked			
2018	2018-092E	CHEFSAT 2	3.70	17-Nov-2018	477.8	51.60	USA	Technology	Antares-230	Naval Research Lab (NRL)	Naval Research Lab (NRL)	Y	3U	No beacon reported	2	http://spaceref.com/news/viewpr.html?pid=53693			
2018	2018-092C	SEOPS Quantum Radar 1	10.00	17-Nov-2018	466.70	51.60	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	SEOPS/Hypergiant	SEOPS/Hypergiant	Y	Cubesat	Successful mission	5	https://seopslc.com/	https://www.nasa.gov/mission_pages/sta/onresearch/news/slingshot-small-satellite-deployment-test		
2018	2018-092D	SEOPS Quantum Radar 2	10.00	17-Nov-2018	466.60	51.60	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	SEOPS/Hypergiant	SEOPS/Hypergiant	Y	Cubesat	Successful mission	5	https://seopslc.com/	https://www.nasa.gov/mission_pages/sta/onresearch/news/slingshot-small-satellite-deployment-test		
2018	2018-094	Tianzhi 1	27.00	19-Nov-2018	511.70	97.40	China	Software-Defined Technology	Long March 2D	China Academy of Space Technology (CAST)	Innovation Academy for Microsatellites, Chinese Academy of Sciences (CAS)	Y	Custom	Successful mission	5	http://chinaplus.cri.cn/news/china/9/20190706/313129.html			
2018	2018-094	Shiyan 6	27.00	19-Nov-2018	511.70	97.40	China	Technology	Long March 2D	DFH Satellite Co. Ltd of CAST	DFH Satellite Co. Ltd of CAST	Y	Custom	No beacon reported	2	https://www.spaceflightinsider.com/organizations/china-national-space-administration/long-march-2d-sends-5-satellites-into-orbit/			
2018	2018-094	Jiading 1 (OKW 01)	45.00	19-Nov-2018	512.10	97.40	China	Communication	Long March 2D	Shanghai Ok Space Co Ltd	Shanghai Ok Space Co Ltd	Y	OKW-Sat-50 Bus	Beacon reported	3	https://www.shanghaiye.com.cn/jiading-1-makes-history-as-chinas-first-private-nanosatellite-in-space/			
2018	2018-094A	Tianping-	10.00	19-Nov-2018	512.00	97.40	China	Accuracy calibration of ground monitoring and control equipment	Long March 2D	Chinese Academy of Sciences	Chinese Academy of Sciences	Y	Pina satellite Bus	No beacon reported	2	https://www.spaceflightinsider.com/organizations/china-national-space-administration/long-march-2d-sends-5-satellites-into-orbit/			
2018	2018-094B	Tianping-	10.00	19-Nov-2018	511.90	97.40	China	Accuracy calibration of ground monitoring and control equipment	Long March 2D	Chinese Academy of Sciences	Chinese Academy of Sciences	Y	Pina satellite Bus	No beacon reported	2	https://www.spaceflightinsider.com/organizations/china-national-space-administration/long-march-2d-sends-5-satellites-into-orbit/			
2018	2018-096K	3Cat-1	1.00	29-Nov-2018	505.00	97.50	Spain	Technology	PSLV-CA C43	Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	Y	1U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=99901			
2018	2018-096AA	REAKTOR HELLO WORLD	2.00	29-Nov-2018	505.50	97.50	Finland	Technology	PSLV-CA C43	Reaktor Space Lab Ltd.	Reaktor Radio Actives Ry	Y	2U	Successful mission	5	https://reaktorspace.com/2019/11/29/first-anniversary-in-orbit/			
2018	2018-096L	KEPLER-2 (CASE)	10.00	29-Nov-2018	504.80	97.50	Canada	Technology	PSLV-CA C43	Clyde Space	Kepler Communications	Y	3U	Successful mission	5	https://www.keplercommunications.com/newsroom/press-releases/post/keplers-next-wideband-satellite-reaches-orbit-on-the-indian-polar-satellite-launch-vehicle			
2018	2018-096C	FACSAT 1	5.00	29-Nov-2018	506.40	97.50	Colombia	Technology, Earth Observation	PSLV-CA C43	Fuerza Aérea Colombiana (FAC); GOMSpace (Bus)	Fuerza Aérea Colombiana (FAC)	Y	3U	Successful mission	5	https://gomspace.com/facsat.aspx			
2018	2018-096D	CENTAURI 2	5.00	29-Nov-2018	506.00	97.50	USA	Communication	PSLV-CA C43	Fleet Space Technologies	Fleet Space Technologies	Y	3U	Successful mission	5	https://spacenews.com/fleet-raises-7-35-million-to-expand-internet-of-things-constellation/	https://www.pumpkinspace.com/news/another-pumpkin-misc-3-3u-cubesat-on-orbit		
2018	2018-096E	FLOCK 3R 9	5.00	29-Nov-2018	505.2	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulse/16-more-doves-successfully-launch-on-isros-pslv-c-43-rocket/			
2018	2018-096F	FLOCK 3R 12	5.00	29-Nov-2018	505.20	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096G	FLOCK 3R 11	5.00	29-Nov-2018	504.90	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096H	FLOCK 3R 5	5.00	29-Nov-2018	504.90	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096J	FLOCK 3R 8	5.00	29-Nov-2018	504.70	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096Q	FLOCK 3R 4	5.00	29-Nov-2018	506.10	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096R	FLOCK 3R 3	5.00	29-Nov-2018	505.40	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096S	FLOCK 3R 16	5.00	29-Nov-2018	505.60	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096T	FLOCK 3R 15	5.00	29-Nov-2018	505.40	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096X	FLOCK 3R 10	5.00	29-Nov-2018	505.10	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096Y	FLOCK 3R 6	5.00	29-Nov-2018	504.60	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096Z	FLOCK 3R 7	5.00	29-Nov-2018	504.70	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096AE	FLOCK 3R 1	5.00	29-Nov-2018	505.60	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096AF	FLOCK 3R 2	5.00	29-Nov-2018	506.00	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096AG	FLOCK 3R 14	5.00	29-Nov-2018	504.80	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096AH	FLOCK 3R 13	5.00	29-Nov-2018	505.10	97.50	USA	Technology	PSLV-CA C43	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2018	2018-096N	LEMUR 2 ORZULAK	4.00	29-Nov-2018	505.50	97.50	USA	Earth observation, traffic monitoring	PSLV-CA C43	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5	https://arxiv.org/pdf/1908.09501.pdf			
2018	2018-096P	LEMUR 2 KOBYSZCZE	4.00	29-Nov-2018	505.30	97.50	USA	Earth observation, traffic monitoring	PSLV-CA C43	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5	https://arxiv.org/pdf/1908.09501.pdf			
2018	2018-096V	INNOSAT 2	4.00	29-Nov-2018	504.50	97.50	Malaysia	Technology	PSLV-CA C43	Astronautic Technology Sdn. Bhd (ATSB)	Astronautic Technology Sdn. Bhd (ATSB)	Y	3U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=43738			
2018	2018-096AC	LEMUR 2 DULY	4.00	29-Nov-2018	505.40	97.50	USA	Earth observation, traffic monitoring	PSLV-CA C43	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5	https://arxiv.org/pdf/1908.09501.pdf			
2018	2018-096AD	LEMUR 2 VLADIMIR	4.00	29-Nov-2018	505.20	97.50	USA	Earth observation, traffic monitoring	PSLV-CA C43	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5	https://arxiv.org/pdf/1908.09501.pdf			
2018	2018-096B	HSAT	13.00	29-Nov-2018	505.40	97.50	USA	Experimental	PSLV-CA C43	Harris; Blue Canyon Technologies (Bus)	Harris	Y	6U	Successful mission	5	https://www.harris.com/press-releases/2018/12/harris-corporation-successfully-launches-its-first-smallsat-showcases			
2018	2018-096U	CICERO 8	10.00	29-Nov-2018	505.10	97.50	USA	Earth Observation	PSLV-CA C43	Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc.	GeoOptics Inc.	Y	6U	Successful mission	5	https://www.tyvak.com/our-journey/			
2018	2018-096AB	HIBER-1	10.00	29-Nov-2018	504.80	97.50	Netherlands	Communication	PSLV-CA C43	ISIS	Hiber Global (ex Magnitude Space)	Y	6U	Successful mission	5	https://hiber.global/feature/the-big-story-behind-launching/			
2018	2018-099AF	KAZSCISAT-1	4.50	30-Nov-2018	597.90	97.70	Kazakhstan	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Ghulam LLP	Ghulam LLP	Y	3U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=43787			
2018	2018-099E	STPSAT-5	50.00	3-Dec-2018	596.10	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Sierra Nevada Corporation (SNC)	Sierra Nevada Corporation (SNC)	Y	SN-50 Bus	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4601&context=smallsat			
2018	2018-099R	RANGE-B	4.00	3-Dec-2018	598.80	97.70	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Georgia Institute of Technology	Georgia Institute of Technology	Y	15U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=43773			
2018	2018-099Q	RANGE-A	4.00	3-Dec-2018	599.10	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Georgia Institute of Technology	Georgia Institute of Technology	Y	15U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=43772			
2018	2018-099B	SIRION PATHFINDER-2	40.00	3-Dec-2018	598.10	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Sirion Global	Sirion Global	Y	16U	Successful mission	5	https://helioswire.com/helios-wire-satellite-scheduled-launch-spacelights-ss-smallsat-express-mission/			
2018	2018-099AY	SUOMI 100	2.00	3-Dec-2018	598.40	97.80	Finland	Technology, X-ray spectral research	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Aalto University, GOMSpace	Aalto University	Y	1U	Successful mission	5	http://www.suomi100satellite.fi/en/			
2018	2018-099C	ELYSI																	

2018	2018-099N	FOX-1C (AO-95)	1.00	3-Dec-2018	599.60	97.80	USA	Amateur communication, technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	AMSAT	AMSAT, Vanderbilt University, Virginia Tech	Y	1U	Communication failure	2	https://digitalcommons.usu.edu/cgviewco/ntent.cg?article=4354&context=smlsat			
2018	2018-099Y	MOVE-II	1.00	3-Dec-2018	598.10	97.80	Germany	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	TU München	TU München	Y	1U	Downlink data received, but battery failure	4	https://digitalcommons.usu.edu/cgviewco/ntent.cg?article=4348&context=smlsat			
2018	2018-099AH	IRVINE-02	1.00	3-Dec-2018	598.10	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Irvine Public School Foundation	Irvine Public School Foundation	Y	1U	Beacon reported, but antenna deployment problem	3	https://www.irvynecubesat.org/irvine02	https://twitter.com/OdBrentFreeze/status/1082832863760867329		
2018	2018-099AX	JYI-SAT (JO-97)	1.00	3-Dec-2018	598.40	97.80	Jordan	Technology, amateur communication	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	ISISpace (Bus)	Crown Prince Foundation	Y	1U	Successful mission	5	http://www.dk3wn.info/p?cat=515			
2018	2018-099BL	SPACEBEE-7	1.00	3-Dec-2018	596.80	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Swarm Technologies	Swarm Technologies	Y	1U	No mission result found	4	https://medium.com/swarm-technologies/swarm-grows-constellation-to-seven-satellites-with-recent-launch-c7b9e8284035			
2018	2018-099BM	SPACEBEE-5	1.00	3-Dec-2018	596.4	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Swarm Technologies	Swarm Technologies	Y	1U	No mission result found	4	https://medium.com/swarm-technologies/swarm-grows-constellation-to-seven-satellites-with-recent-launch-c7b9e8284035			
2018	2018-099BN	SPACEBEE-6	1.00	3-Dec-2018	596.70	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Swarm Technologies	Swarm Technologies	Y	1U	No mission result found	4	https://medium.com/swarm-technologies/swarm-grows-constellation-to-seven-satellites-with-recent-launch-c7b9e8284035			
2018	2018-099	ExseedSat-1 (VO 96, VUSAR-OSCAR 96)	1.00	3-Dec-2018			India	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Exseed Space	Exseed Space	Y	1U	Successful mission	5	https://twitter.com/ExseedSpace/status/1072078784684118021			
2018	2018-099	KNACKSAT	1.00	3-Dec-2018	SSO	SSO	Thailand	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB)	King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB)	Y	1U	Beacon reported	3	http://www.dk3wn.info/p?cat=516			
2018	2018-099	WeissSat-1	1.00	3-Dec-2018			USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Weiss School	Weiss School	Y	1U	No mission result found	4	https://data3.msdata.com/weiss/			
2018	2018-099L	AISTECHSAT-2	4.00	3-Dec-2018	598.20	97.80	Spain	Traffic Monitoring, Communication	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	GOMSpace, Aistech	Aistech	Y	2U	No mission result found	4	https://network.satnogs.org/observations/?horad=43768			
2018	2018-099U	PWSAT-2	2.00	3-Dec-2018	599.10	97.80	Poland	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Warsaw University of Technology	Warsaw University of Technology	Y	2U	Successful mission	5	https://pw-sat.pl/pobecny-status-misj-current-mission-status/			
2018	2018-099AC	SNUGLITE	2.00	3-Dec-2018	598.80	97.70	South Korea	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Seoul National University	Seoul National University	Y	2U	Successful mission	5	https://snuglit1.wvsite.com/website			
2018	2018-099	VISIONCUBE	2.00	3-Dec-2018	575.00	97.80	South Korea	Technology, thermospheric research	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Korea Aerospace University	Korea Aerospace University	Y	2U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=99930			
2018	2018-099BJ	PW-SAT2	2.00	3-Dec-2018	590.6	97.80	Poland	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Warsaw University of Technology	Warsaw University of Technology	Y	2U	Successful mission	5	https://pw-sat.pl/pobecny-status-misj-current-mission-status/			
2018	2018-099D	K2SAT	5.00	3-Dec-2018	598.60	97.80	South Korea	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	KAIST, Republic of Korea Air Force Academy, Chosun University	KAIST, Republic of Korea Air Force Academy, Chosun University	Y	3U	Solar panel deployment failure	3	https://twitter.com/K2SAT_KAIST/status/107710384449668289			
2018	2018-099	ICE-Cap	5.00	3-Dec-2018			USA	Communication	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Space Micro	US Navy PEO Space Systems	Y	3U	No beacon reported	2	https://forum.nasaspaceflight.com/index.php?topic=38551.140			
2018	2018-099M	FLOCK 3S 1	5.00	3-Dec-2018	599.40	97.70	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulsefive-satellites-launch-on-falcon-9-ss0-a/			
2018	2018-099V	LACMA ENGCH	5.00	3-Dec-2018	601.10	97.70	USA	Art	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	LACMA, Pumpkin Inc. (structure)	LACMA	Y	3U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgviewco/ntent.cg?article=4451&context=smlsat	https://www.lacma.org/lab/project/enoch		
2018	2018-099Z	VESTA-1	5.00	3-Dec-2018	598.1	97.70	Canada	Technology, Communications	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	SSTL (Bus); Honeywell (payload)	exactEarth	Y	3U	Successful mission	5	https://www.sstl.co.uk/media-hub/latest-news/2018/vesta-1-found-in-space			
2018	2018-099AA	SNUSAT-2	5.00	3-Dec-2018	597.40	97.80	South Korea	Technology, Education	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Seoul National University	Seoul National University	Y	3U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=43782			
2018	2018-099	CENTAURI 1	5.00	3-Dec-2018	499.00	97.47	USA	Communication	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Fleet Space Technologies	Fleet Space Technologies	Y	3U	Successful mission	5	https://spacenews.com/fleet-raises-7-35-million-to-expand-internet-of-things-constellation/			
2018	2018-099AG	FLOCK 3S 3	5.00	3-Dec-2018	598.40	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulsefive-satellites-launch-on-falcon-9-ss0-a/			
2018	2018-099AJ	EAGLET-1	5.00	3-Dec-2018	596.40	97.80	Italy	Earth Observation	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	OHB Italia SpA	OHB Italia SpA	Y	3U	No mission result found	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=43790			
2018	2018-099AQ	THEA	5.00	3-Dec-2018	597.00	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	SpaceQuest (Bus), Aurora Insight (payload)	SpaceQuest, Aurora Insight	Y	3U	Beacon reported	3	http://www.satnews.com/story.php?number=483737018			
2018	2018-099AZ	AL-FARABI-2	5.00	3-Dec-2018	598.30	97.80	Kazakhstan	Education, Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Al-Farabi Kazakh National University	Al-Farabi Kazakh National University	Y	3U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=43805			
2018	2018-099BH	BRIO	5.00	3-Dec-2018	596.90	97.80	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	SpaceQuest (Bus); Myriota (payload)	SpaceQuest, Myriota	Y	3U	Beacon reported	3	http://www.satnews.com/story.php?number=483737018			
2018	2018-099BR	FLOCK 3S 2	5.00	3-Dec-2018	597.10	97.70	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulsefive-satellites-launch-on-falcon-9-ss0-a/			
2018	2018-099A	MINXSS-2	4.00	3-Dec-2018	598.30	97.80	USA	Research, Solar	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	University of Colorado at Boulder (prime); Blue Canyon Technologies (Bus)	Laboratory for Atmospheric and Space Physics (LASP) at the University of Colorado at Boulder (CU)	Y	3U	Successful mission	5	http://lasp.colorado.edu/home/minxss/			
2018	2018-099	Audacy 0	4.00	3-Dec-2018			USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Clyde Space	Audacy	Y	3U	Communication and power failure	2	https://spacenews.com/audacy-and-icoye-explore-cooperation/?utm_content=86893346&utm_medium=social&utm_source=twitter&hss_channel=tw-2876294235	https://twitter.com/Audacy/status/1105639732019523584		
2018	2018-099AS	ASTROCAST 0.1	4.00	3-Dec-2018	595.10	97.80	Switzerland	Communication	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Astrocast SA (formerly ELSE SA)	Astrocast SA (formerly ELSE SA)	Y	3U	Successful mission	5	https://twitter.com/trocass/status/110619666181726848			
2018	2018-099	Orbital Reflector (ORS 1)	4.00	3-Dec-2018			USA	Art	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Global Western	Nevada Museum of Art, OR Productions	Y	3U	Payload fail to deploy due to government shutdown	2	https://www.orbitalreflector.com/wp-content/uploads/2019/05/Orbital-Reflector-May-1-2019-news-release.pdf	https://www.theartnewspaper.com/news/tevor-paglen-s-orbital-reflector-sculpture-ultimately-fails-to-deploy		
2018	2018-099	RAAF M1	4.00	3-Dec-2018			Australia	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	University of New South Wales	Australian Defence Force Academy, Royal Australian Air Force	Y	3U	Communication failure	2	https://twitter.com/vacant3drman/status/1181744729735626753?s=20			
2018	2018-099BQ	SEAHAWK-1	4.00	3-Dec-2018	596.20	97.70	USA	Earth Observation	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	University of North Carolina, Clyde Space (Bus)	University of North Carolina	Y	3U	Successful mission	5	https://uncw.edu/socnfirst_image.html			
2018	2018-099K	CORVUS BC4	11.00	3-Dec-2018	598.20	97.80	USA	Earth Observation	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Astro Digital (ex Aquila Space)	Astro Digital (ex Aquila Space)	Y	6U	Successful mission	5	https://blog.astrodigital.com/	https://digitalcommons.usu.edu/cgviewco/ntent.cg?article=4409&context=smlsat		
2018	2018-099G	POLAR SCOUT KODIAK	10.00	3-Dec-2018	595.80	97.80	USA	Communication	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Raytheon; Millennium Engineering and Integration; Space Dynamics Laboratories	United States Coast Guard (USGC); Department of Homeland Security (DHS)	Y	6U	Successful mission	5	https://www.dhs.gov/science-and-technology/news/2019/02/26/snapshot-st-spacex-launch-polar-scout-satellites	https://digitalcommons.usu.edu/cgviewco/ntent.cg?article=4414&context=smlsat		
2018	2018-099S	HIBER-2	10.00	3-Dec-2018	598.00	97.80	Netherlands	Communication	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	ISIS	Hiber Global (ex Magnitude Space)	Y	6U	Successful mission	5	https://hiber.global/feature/the-big-story-behind-launching			
2018	2018-099	BlackHawk	10.00	3-Dec-2018			USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	ViaSat, Blue Canyon Technologies (bus)	ViaSat	Y	6U	No beacon reported	2	https://forum.nasaspaceflight.com/index.php?topic=38551.360			
2018	2018-099AM	CSIM-FD	10.00	3-Dec-2018	595.80	97.70	USA	Research, Solar	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	University of Colorado at Boulder (prime); Blue Canyon Technologies (Bus)	Laboratory for Atmospheric and Space Physics (LASP) at the University of Colorado at Boulder (CU)	Y	6U	Successful mission	5	https://lams.confex.com/lams/2020/AnnualWebProgram/Paper/368964.html	https://www.spiedigitallibrary.org/conferen ce-proceedings-of-spie/11131/1113105/Compact-spectral-radiance-monitor-flight-demonstration-mission/10.1117/1.2531268.short?webS yncID=9a0ce46e-9e6e-c7a4-9dab-6a0cbad05932&sessionGUID=9ad883c9-d902-bc99-93ce-d268bead49a2&SSO=1		
2018	2018-099BC	POLAR SCOUT YUKON	10.00	3-Dec-2018	596.00	97.80	USA	Communication	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Raytheon; Millennium Engineering and Integration; Space Dynamics Laboratories	United States Coast Guard (USGC); Department of Homeland Security (DHS)	Y	6U	Successful mission	5	https://www.dhs.gov/science-and-technology/news/2019/02/26/snapshot-st-spacex-launch-polar-scout-satellites	https://digitalcommons.usu.edu/cgviewco/ntent.cg?article=4414&context=smlsat		
2018	2018-099AE	ITASAT-1	8.00	3-Dec-2018	598.80	97.80	Brazil	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)	Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)	Y	6U	Telemetry received	3	http://www.labre-tr.org/itasat3.html	https://digitalcommons.usu.edu/cgviewco/ntent.cg?article=4350&context=smlsat		
2018	2018-099AP	ORBWEAVER 2	50.00	3-Dec-2018	597.70	97.70	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	NovaWurks	Tethers Unlimited, DARPA	Y	Custom	No mission result found	2	https://in-the-sky.org/spacecraft.php?id=43785			
2018	2018-099AD	ORBWEAVER 1	50.00	3-Dec-2018	596.00	97.70	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	NovaWurks	Tethers Unlimited, DARPA	Y	Custom	No mission result found	2	https://in-the-sky.org/spacecraft.php?id=43795			
2018	2018-099AK	CAPELLA-1	40.00	3-Dec-2018	594.80	97.80	USA	Earth Observation	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Capella Space	Capella Space	Y	Custom	Successful mission	5	https://www.capellaspace.com/capella-space-is-first-american-company-to-send-advanced-commercial-radar-satellite-to-space/			
2018	2018-099	SeeMe	25.00	3-Dec-2018	720.00	98.00	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Raytheon	DARPA	Y	Custom	No news reported	2	https://forum.nasaspaceflight.com/index.php?topic=38551.360			
2018	2018-099H	HAWK-A	10.00	3-Dec-2018	596.00	97.80	USA	Traffic Monitoring, SIGINT	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Deep Space Industries, OTAS Space Flight Laboratory (SFL) (Bus); Deep Space Industries, OTAS Space Flight Laboratory (SFL) (Bus); Deep Space Industries, OTAS Space Flight Laboratory (SFL) (Bus)	HawkEye 360	Y	Nemo-V1 Bus	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/hhawkeye			
2018	2018-099AN	HAWK-B	10.00	3-Dec-2018	596.10	97.80	USA	Traffic Monitoring, SIGINT	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Deep Space Industries, OTAS Space Flight Laboratory (SFL) (Bus); Deep Space Industries, OTAS Space Flight Laboratory (SFL) (Bus); Deep Space Industries, OTAS Space Flight Laboratory (SFL) (Bus)	HawkEye 360	Y	Nemo-V1 Bus	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/hhawkeye			
2018	2018-099AT	HAWK-C	10.00	3-Dec-2018	596.00	97.80	USA	Traffic Monitoring, SIGINT	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Deep Space Industries, OTAS Space Flight Laboratory (SFL) (Bus); Deep Space Industries, OTAS Space Flight Laboratory (SFL) (Bus); Deep Space Industries, OTAS Space Flight Laboratory (SFL) (Bus)	HawkEye 360	Y	Nemo-V1 Bus	Successful mission	5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/hhawkeye			
2018	2018-099AL	ESEO (FUNcube 4)	44.00	3-Dec-2018	596.30	97.80	Europe	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	ALMA Space, SITAEI (Bus)	ESA	Y	SITAEI S-50 Bus	Anomaly occurred	4	https://www.esa.int/Education/ESEO/ESEO_mission_updates	https://luncube.org.uk/		
2018	2018-099AB	KAZSTSAT	50.00	3-Dec-2018	599.00	97.80	Kazakhstan	Earth Observation	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	SSTL	Ghulam LLP	Y	SSTL-42 (SSTL X50)	Successful mission	5	https://twitter.com/hashtag/kaztsat?lang=en			

2018	1998-067PW	Delphini 1 (AUSAT 1)	1.00	5-Dec-2018	408.00	51.64	Denmark	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	GOMSpace, Aarhus University	Aarhus University	Y	1U	Successful mission	5	https://www.facebook.com/Delphin1/		
2018	1998-067PZ	CAT 1	5.00	5-Dec-2018	409.00	51.64	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory (JHU/APL), Blue Canyon Technologies (bus)	Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory (JHU/APL)	Y	3U	Successful mission	5	https://www.jhuapl.edu/PressRelease/190220		
2018	1998-067PV	CAT 2	5.00	5-Dec-2018	408.00	51.64	USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory (JHU/APL), Blue Canyon Technologies (bus)	Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory (JHU/APL)	Y	3U	Successful mission	5	https://www.jhuapl.edu/PressRelease/190220		
2018	1998-067PX	UNITE	4.00	5-Dec-2018	407.00	51.64	USA	Science, Ionosphere	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	University of Southern Indiana	University of Southern Indiana	Y	3U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4348&context=smallsat		
2018	1998-067PY	TechEdSat 8 (TES 8)	10.00	5-Dec-2018	409.00	51.64	USA	Technology, Education	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	SJSU, University of Idaho, NASA Ames Research Center	SJSU, University of Idaho, NASA Ames Research Center	Y	6U	Successful mission	5	https://spaceflightnow.com/2019/02/13/cubesat-deployed-from-space-station-to-test-sample-return-technology/		
2018	2018-	Sagittarius-01	5.00	7-Dec-2018	540.00	97.60	China	Communications	Long March 2D	ADA Space, Guaxing Aerospace	ADA Space, Guaxing Aerospace	Y	3U	Successful mission	5	https://space.skyrocket.de/doc_lau_det/cz-2b-2.htm	https://www.twoeggz.com/news/12528905.html	
2018	2018-	TY3-01 Xijiang Jiantong	5.00	7-Dec-2018	540.00	97.60	China	Communications	Long March 2D	ADA Space, Guaxing Aerospace	ADA Space, Guaxing Aerospace	Y	3U	Successful mission	5	https://www.twoeggz.com/news/12528905.html		
2018	2018-102	TFStar (Douyu 666)	10.00	7-Dec-2018			China	Technology, Communications	Long March 2D	Spacety Aerospace Co.	ADA Space	Y	6U	Successful mission	5	https://www.twoeggz.com/news/12528905.html		
2018	2018-	Ladybird 1 (Piao chong 1)	10.00	7-Dec-2018			China	Demonstration for IoT Constellation	Long March 2D	AIVT by Commsat	Commsat	Y	6U	Successful mission	5	https://www.twoeggz.com/news/12528905.html		
2018	2018-	Ladybird 2 (Piao chong 2, Elvis Presley)	10.00	7-Dec-2018			China	Demonstration for IoT Constellation	Long March 2D	AIVT by Commsat	Commsat	Y	6U	Successful mission	5	https://www.twoeggz.com/news/12528905.html		
2018	2018-	Ladybird 3 (Piao chong 3, Hua Mi)	10.00	7-Dec-2018			China	Demonstration for IoT Constellation	Long March 2D	AIVT by Commsat	Commsat	Y	6U	Successful mission	5	https://www.twoeggz.com/news/12528905.html		
2018	2018-	Ladybird 5 (Piao chong 5, Linda Education Satellite)	10.00	7-Dec-2018			China	Demonstration for IoT Constellation	Long March 2D	AIVT by Commsat	Commsat	Y	6U	Successful mission	5	https://www.twoeggz.com/news/12528905.html		
2018	2018-	Ladybird 6 (Piao chong 6, Tmall International)	10.00	7-Dec-2018			China	Demonstration for IoT Constellation	Long March 2D	AIVT by Commsat	Commsat	Y	6U	Successful mission	5	https://www.twoeggz.com/news/12528905.html		
2018	2018-	Ladybird 7 (Piao chong 7, RE-X)	10.00	7-Dec-2018			China	Demonstration for IoT Constellation	Long March 2D	AIVT by Commsat	Commsat	Y	6U	Successful mission	5	https://www.twoeggz.com/news/12528905.html		
2018	2018-104	CubeSail 1	3.00	16-Dec-2018			USA	Technology	Electron KS	University of Illinois at Urbana-Champaign, Aerospace Engineering	University of Illinois at Urbana-Champaign, Aerospace Engineering	Y	1.5U	No mission result found	4	https://www.cubesail.us/news#		
2018	2018-104	CubeSail 2	3.00	16-Dec-2018			USA	Technology	Electron KS	University of Illinois at Urbana-Champaign, Aerospace Engineering	University of Illinois at Urbana-Champaign, Aerospace Engineering	Y	1.5U	No mission result found	4	https://www.cubesail.us/news#		
2018	2018-104	ALBus	5.00	16-Dec-2018			USA	Technology	Electron KS	NASA Glenn Research Center	NASA Glenn Research Center	Y	3U	No beacon reported	2	https://www.wkyc.com/article/tech/science/girls-in-stem/nasas-small-satellite-could-lead-to-big-discoveries/95-120cdd3-72ed-43ec-9cc6-c79d5530d4		
2018	2018-104A	AEROCUBE 11B-R3	5.00	16-Dec-2018	520.00	85.00	USA	Technology	Electron KS	Aerospace Corporation	Aerospace Corporation	Y	3U	No beacon reported	2	https://aerospace.org/press-release/3-provide-high-value-capability-fraction-cost		
2018	2018-104B	SHIELDS 1	5.00	16-Dec-2018	519.10	85.00	USA	Technology	Electron KS	NASA Langley Research Center	NASA Langley Research Center	Y	3U	No beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/shields-1.htm		
2018	2018-104M	GOERGEN	5.00	16-Dec-2018	517.40	85.00	USA	Technology	Electron KS	DARPA, Jet Propulsion Laboratory (JPL)	DARPA, Jet Propulsion Laboratory (JPL)	Y	3U	No beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/shields-1.htm		
2018	2018-104N	AEROCUBE 11A-EAGLESCOUT	5.00	16-Dec-2018	519.50	85.00	USA	Technology	Electron KS	Aerospace Corporation	Aerospace Corporation	Y	3U	No beacon reported	2	https://aerospace.org/press-release/3-provide-high-value-capability-fraction-cost		
2018	2018-104	CoREs	4.00	16-Dec-2018			USA	Magnetospheric Research	Electron KS	NASA Goddard Space Flight Center, Blue Canyon Technologies (bus)	NASA Goddard Space Flight Center, SwRI	Y	3U	Communication failure	2	https://cubesats.gsfc.nasa.gov/symposiums/2019/presentations/Day1/KANEKAL.pptx		
2018	2018-104	NMTSat	4.00	16-Dec-2018			USA	Magnetospheric Research	Electron KS	New Mexico Institute of Mining and Technology	New Mexico Institute of Mining and Technology	Y	3U	Communication failure	2	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4461&context=smallsat		
2018	2018-104	RSat-P	4.00	16-Dec-2018			USA	Technology	Electron KS	US Naval Academy Satellite Lab	US Naval Academy Satellite Lab	Y	3U	No beacon reported	2	https://www.amods.org/		
2018	2018-104D	STF-1	4.00	16-Dec-2018	521.20	85.00	USA	Technology	Electron KS	NASA Independent Validation and Verification (IV&V) Program, West Virginia Space Grant Consortium (WVSGC), West Virginia University (WVU)	NASA/JPL, NASA/OSFC, Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	Y	3U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4415&context=smallsat		
2018	2018-104H	ISX (CP 11)	4.00	16-Dec-2018	522.00	85.00	USA	Technology	Electron KS	NASA/JPL, NASA/OSFC, Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	NASA/JPL, NASA/OSFC, Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	Y	3U	Beacon reported	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43856	http://www.polysat.org/launched	
2018	2018-104J	DAVINCI	4.00	16-Dec-2018	520.20	85.00	USA	Technology, Education	Electron KS	North Idaho STEM Charter Academy	North Idaho STEM Charter Academy	Y	3U	Beacon reported	3	https://projectdavinicicubesat.org/	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43857	
2018	2018-104G	CHOMPTT	1.00	16-Dec-2018	517.10	85.00	USA	Technology	Electron KS	University of Florida (UFL), Stanford University, KACST and NASA	University of Florida (UFL), Stanford University, KACST and NASA	Y	3U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4407&context=smallsat	https://twitter.com/precisionspace/status/1197311712401199105	
2018	2018-111E	UWE-4	1.00	27-Dec-2018	594.00	97.70	Germany	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, TU Dresden	Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, TU Dresden	Y	1U	Successful mission	5	https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4351&context=smallsat	http://www7.informatik.uni-wuerzburg.de/forschung/space-exploration/projects/uwe-4/	
2018	2018-11J	LUME-1	2.00	27-Dec-2018	514.60	97.30	Spain	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Universidade de Vigo, Centre National de la Recherche Scientifique, Universidade de Porto	Universidade de Vigo, Centre National de la Recherche Scientifique, Universidade de Porto	Y	2U	Successful mission	5	https://alen.space/success-of-the-first-demos-of-the-fire-rs-project-with-the-lume-1-nanosatellite/		
2018	2018-11	FLOCK 3K 3	5.00	27-Dec-2018	518.10	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulse/12-dove-satellites-successfully-launched-on-soyuz-rocket/		
2018	2018-111T	FLOCK 3K 4	5.00	27-Dec-2018	517.90	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-111U	FLOCK 3K 1	5.00	27-Dec-2018	517.80	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-111U	FLOCK 3K 2	5.00	27-Dec-2018	517.80	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-111U	FLOCK 3K 6	5.00	27-Dec-2018	516.20	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-111Z	FLOCK 3K 5	5.00	27-Dec-2018	516.10	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-11B	FLOCK 3K 8	5.00	27-Dec-2018	515.80	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-11C	FLOCK 3K 7	5.00	27-Dec-2018	515.60	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-11D	FLOCK 3K 12	5.00	27-Dec-2018	515.20	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-11E	FLOCK 3K 11	5.00	27-Dec-2018	515.10	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-11F	FLOCK 3K 10	5.00	27-Dec-2018	515.00	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-11G	FLOCK 3K 9	5.00	27-Dec-2018	515.30	97.30	USA	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5			
2018	2018-111D	D-STAR ONE ISAT	4.00	27-Dec-2018	595.30	97.70	Germany	Communications	Soyuz-2-1a Fregat-M	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	Y	3U	Successful mission	5	https://www.orbitalsystems.de/contact-established-d-star-one-sparrow-and-isat-successfully-launched/	http://dk3wm.info/blog/satelliten/d-star-one/	
2018	2018-111U	D-STAR ONE SPARROW	4.00	27-Dec-2018	588.00	97.70	Germany	Communications	Soyuz-2-1a Fregat-M	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	Y	3U	Successful mission	5	http://www.d-star.one/	https://www.orbitalsystems.de/contact-established-d-star-one-sparrow-and-isat-successfully-launched/	
2018	2018-11	LEMUR 2 CHRISTINAHOLT	4.00	27-Dec-2018	593.00	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5	https://arxiv.org/pdf/1908.09501.pdf		
2018	2018-111H	LEMUR 2 TINYKEV	4.00	27-Dec-2018	592.90	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-11	LEMUR 2 REMY-COLTON	4.00	27-Dec-2018	592.70	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-11	LEMUR 2 GUSTAVO	4.00	27-Dec-2018	592.50	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-111L	LEMUR 2 ZO	4.00	27-Dec-2018	592.20	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-111M	LEMUR 2 NATALIE	4.00	27-Dec-2018	591.90	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-111U	LEMUR 2 SARAHBETTYBOO	4.00	27-Dec-2018	591.60	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-111P	LEMUR 2 DAISY-HARPER	4.00	27-Dec-2018	591.40	97.70	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1a Fregat-M	SPIRE	SPIRE	Y	3U		5			
2018	2018-11H	ZACUBE-2	4.00	27-Dec-2018	514.80	97.30	South Africa	Technology	Soyuz-2-1a Fregat-M	French South African Institute of Technology (F'SATI), Cape Peninsula University of Technology (CPUT)	French South African Institute of Technology (F'SATI), Cape Peninsula University of Technology (CPUT)	Y	3U	Successful mission	5	https://twitter.com/satspace		
2019	2019-003F	NEXUS (FUJI-OSCAR 99)	1.00	18-Jan-2019	518.1	97.3	Japan	Technology	Epsilon 2 CLPS	Nihon University, JAMSAT	Nihon University, JAMSAT	Y	1U	No success mission reported	4	http://sat.aero.cst.nihon-u.ac.jp/nexus/1_Nexus.html	https://www.amsat.org/nexus-designated-as-fuji-oscar-99/	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43937
2019	2019-003J	AOBA-VELOX-IV	2.00	18-Jan-2019	517	97.3	Japan	Technology	Epsilon 2 CLPS	Nanyang Technological University, Singapore, Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Nanyang Technological University, Singapore, Kyushu Institute of Technology (Kyutech)	Y	2U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=43940		
2019	2018-003B	ORIGAMISAT-1	4.00	18-Jan-2019	519.7	97.3	Japan	Technology	Epsilon 2 CLPS	Tokyo Institute of Technology (Titech)	Tokyo Institute of Technology (Titech)	Y	3U	OBC and Power failure	4	http://www.origami.titech.ac.jp/archives/1533	https://twitter.com/OrigamiSat1	
2019	2019-005A	LINGQUE 1A	8.00	21-Jan-2019	540.2	97.5	China	Earth Observation	Long March 11	ZeroG Lab	ZeroG Lab	Y	6U	No beacon reported	2	http://www.xinhuanet.com/english/2019-01/21/c_137762595.htm		

2019	2019-022P	ThinSat-1K	1.00	17-Apr-2019	250	51.6	USA	ThinSat satellite platform for educational training	Antares-230	Virginia Space	Virginia Space	N	ThinSat 6T	Successful mission	5	http://www.vaspacspace.org/index.php/thinsat-program			
2019	2019-022Q	ThinSat-1L	1.00	17-Apr-2019	250	51.6	USA	ThinSat satellite platform for educational training	Antares-230	Virginia Space	Virginia Space	N	ThinSat 6T	Successful mission	5	http://www.vaspacspace.org/index.php/thinsat-program			
2019	2019-026A	Falcon-ODE (AFOTEC 1)	1.00	5-May-2019	515.8	40	USA	Research (Atmospheric density)	Electron KS	U.S. Air Force Academy	U.S. Air Force Academy	Y	1U	No beacon reported	2	https://spacewatch.global/2019/05/rocket-lab-successfully-launches-three-satellites-for-u-s-air-force-from-new-zealand/			
2019	2019-026B	SPARC-1	8.00	5-May-2019	515	40	USA, Sweden	Technology	Electron KS	COSMIAC, Pumpkin (bus)	Air Force Research Laboratory Space Vehicles Directorate	Y	6U	No beacon reported	2	https://spacewatch.global/2019/05/rocket-lab-successfully-launches-three-satellites-for-u-s-air-force-from-new-zealand/	https://cosmic.umn.edu/projects/sparc-1.html		
2019	2019-036R	Psat-2 (Navy-OSCAR 104 / NO 104)	2.00	25-Jun-2019	837.5	28.5	USA	Experimental Communication	Falcon Heavy (Block 5)	US Naval Academy Satellite Lab	US Naval Academy Satellite Lab	Y	1.5U	Successful mission	5	http://aprs.org/psat2.html			
2019	2019-036AB	Prometheus 2.6	1.35	25-Jun-2019	817.9	28.5	USA	Technology	Falcon Heavy (Block 5)	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Y	1.5U	No beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/prometheus-2.htm			
2019	2019-036S	BRICSat-2 (USNAP 1 / Navy-OSCAR 103 / NO 103)	1.00	25-Jun-2019	824	28.5	USA	Technology, Communication	Falcon Heavy (Block 5)	US Naval Academy Satellite Lab, George Washington University	US Naval Academy Satellite Lab, George Washington University	Y	1.5U	No mission result found	4	http://aprs.org/bricsat2.html	https://network.satnogs.org/observations/?norad=44355		
2019	2019-036X	CP9 (LEO)	2.00	25-Jun-2019	808.6	28.5	USA	Technology	Falcon Heavy (Block 5)	Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	Cal Poly Picosatellite Project (PolySat)	Y	2U	No success mission reported	4	http://www.polysat.org/launched	https://twitter.com/CalPoly/status/1178139338892283905	https://twitter.com/PolySat/status/1179267628323487745	
2019	2019-036H	TEPCE 1.2	1.50	25-Jun-2019	735.5	28.5	USA	Experimental	Falcon Heavy (Block 5)	Naval Research Lab (NRL)	Naval Research Lab (NRL)	Y	2x 1.5U	No beacon reported	2				
2019	2019-036J	FalconSat 7 (Peregrine, DOTSI)	5.00	25-Jun-2019	797.6	28.5	USA	Experimental	Falcon Heavy (Block 5)	U.S. Air Force Academy, Boeing (bus)	U.S. Air Force Academy	Y	3U	No beacon reported	2	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/falconsat-8			
2019	2019-036AC	LightSail 2	5.00	25-Jun-2019	737.2	24	USA	Technology	Falcon Heavy (Block 5)	The Planetary Society	The Planetary Society	Y	3U	Successful mission	5	https://twitter.com/explorep/planets/status/1197607737351262209	https://time.com/collection/best-inventions-2019/5733080/light-sail-2/		
2019	2019-036P	ARMADILLO	4.00	25-Jun-2019	833	28.5	USA	Technology	Falcon Heavy (Block 5)	University of Texas	University of Texas	Y	3U	No mission result found	4	https://network.satnogs.org/observations/?norad=44352	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/armadillo/		
2019	2019-036T	E-TBEX A (Hello 3) (ex TBEX A)	4.00	25-Jun-2019	783	28.5	USA	Science, Ionosphere	Falcon Heavy (Block 5)	SRI International	SRI International	Y	3U						
2019	2019-036W	E-TBEX B (Hello 3) (ex TBEX B)	4.00	25-Jun-2019	780.6	28.5	USA	Science, Ionosphere	Falcon Heavy (Block 5)	SRI International	SRI International	Y	3U						
2019	2019-036W	E-TBEX-B	4.00	25-Jun-2019	779.4	28.5	USA	Science, Ionosphere	Falcon Heavy (Block 5)	SRI International	SRI International	Y	3U	No beacon reported	2				
2019	2019-036T	E-TBEX-A	4.00	25-Jun-2019	779	28.5	USA	Science, Ionosphere	Falcon Heavy (Block 5)	SRI International	SRI International	Y	3U	No beacon reported	2	https://exploration.engin.umich.edu/blog/?page_id=615			
2019	2019-037B	Prometheus-2.9	1.35	29-Jun-2019	463.2	45	USA	Technology	Electron KS	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Y	1.5U	No beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/prometheus-2.htm			
2019	2019-037K	Prometheus 2.7	1.35	29-Jun-2019	462.7	45	USA	Technology	Electron KS	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Los Alamos National Laboratory (LANL)	Y	1.5U	No beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/prometheus-2.htm			
2019	2019-037E	ACRUX-1	1.00	29-Jun-2019	461.9	45	Australia	Technology	Electron KS	Melbourne Space Program	Melbourne Space Program	Y	1U	No success mission reported	4	https://www.hydrx.com/news-articles/mission-accomplished-as-acrux-1-sends-signals-from-low-earth-orbit			
2019	2019-037F	SpaceBEE 9	0.70	29-Jun-2019	460.1	45	USA	Communication M2M/IoT, technology	Electron KS	Swarm Technologies	Swarm Technologies	Y	1U	No beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/spacabee-5.htm			
2019	2019-037G	SpaceBEE 8	0.40	29-Jun-2019	454.1	45	USA	Communication M2M/IoT, technology	Electron KS	Swarm Technologies	Swarm Technologies	Y	1U	No beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/spacabee-5.htm			
2019	2019-037A	Painani-1	3.30	29-Jun-2019	465.3	45	Mexico	Technology, earth observation	Electron KS	Universidad del Ejercicio y Fuerza Aerea	Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), Universidad del Ejercicio y Fuerza Aerea	Y	3U	Beacon reported	3	https://dep.cicese.mx/csa/painani/	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99961		
2019	2019-038	BeeSat 10 (Tubsat 18)	0.30	5-Jul-2019	600	97.7	Germany	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	TU Berlin	TU Berlin	Y	0.25U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99803	https://www.raumfahrttechnik-tu-berlin.de/menue/amateur_radio/parameter/en/		
2019	2019-038	BeeSat 11 (Tubsat 19)	0.30	5-Jul-2019	600	97.7	Germany	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	TU Berlin	TU Berlin	Y	0.25U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99804	https://www.raumfahrttechnik-tu-berlin.de/menue/amateur_radio/parameter/en/		
2019	2019-038	BeeSat 12 (Tubsat 20)	0.30	5-Jul-2019	600	97.7	Germany	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	TU Berlin	TU Berlin	Y	0.25U	Telemetry received	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99805	https://www.raumfahrttechnik-tu-berlin.de/menue/amateur_radio/parameter/en/		
2019	2019-038	BeeSat 13 (Tubsat 21)	0.30	5-Jul-2019	600	97.7	Germany	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	TU Berlin	TU Berlin	Y	0.25U	No telemetry received	2	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99806	https://www.raumfahrttechnik-tu-berlin.de/menue/amateur_radio/parameter/en/		
2019	2019-038Y	Momentus X1 (El Camino Real)	20.00	5-Jul-2019	554.5	97.5	USA	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	Astro Digital	Momentus	Y	16U	Successful mission	5	https://spacenews.com/momentus-el-camino-real-results/	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/el-camino		
2019	2019-038	MITCube (ROBUSTA 1C)	1.00	5-Jul-2019	600	97.7	France	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	University of Montpellier II	University of Montpellier II	Y	1U	No beacon reported	2	https://www.lmk.edn.com/posts/activity-6579772801929084928-1-cps/			
2019	2019-038	TTÜ101 (TTUSat, MektorySAT 1, Kot)	1.00	5-Jul-2019	600	97.7	Estonia	Technology, Earth observation	Soyuz-2-1b Fregat-M	Tallin University of Technology	Tallin University of Technology	Y	1U	Beacon reported	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99812			
2019	2019-038	BeeSat 9 (Tubsat 17)	1.00	5-Jul-2019	600	97.7	Germany	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	TU Berlin	TU Berlin	Y	1U	Successful mission	5	https://twitter.com/TUBspace/status/1158437537305767936?s=20	https://www.raumfahrttechnik-tu-berlin.de/menue/forschung/aktuelle_projekte/beesat_9/parameter/en/		
2019	2019-038N	MOVE 2b	1.00	5-Jul-2019	556	97.5	Germany	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	TU München	TU München	Y	1U	Beacon reported	3	https://twitter.com/MOVE_2_SPACE/status/1147151413732155392	https://www.move2space.de/MOVE-ii/satellite/radio-amateurs/	https://www.move2space.de/MOVE-ii/phase-a-a-no-more-the-move-ii-system-definition-review/	
2019	2019-038W	Lucky-7	1.00	5-Jul-2019	555.3	97.5	Czech Republic	Technology, Earth observation	Soyuz-2-1b Fregat-M	SkyFox Labs	SkyFox Labs	Y	1U	Successful mission	5	http://www.lucky7satellite.org/mission	https://twitter.com/SkyFoxLabs		
2019	2019-038	SEAM 2.0	4.00	5-Jul-2019	600	97.7	Sweden	Technology, education, science (ionosphere)	Soyuz-2-1b Fregat-M	KTH, AAC Microtec, ECM, LEMI, Space BLE, GOMSpace, SSC, Kayser Italia	KTH, AAC Microtec, ECM, LEMI, Space BLE, GOMSpace, SSC, Kayser Italia	Y	3U	Beacon reported	3	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99808			
2019	2019-038	UTE-Ecuador	4.00	5-Jul-2019	600	97.7	Ecuador	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	UTE	UTE	Y	3U	Beacon reported	3	https://www.ute.edu.ec/universidad-ute-vuelve-al-espacio-con-su-segundo-nanosatelite/	https://network.satnogs.org/observations/?norad=99816		
2019	2019-038G	VDNH-80 (VDNH-80)	4.00	5-Jul-2019	599.3	97.7	Russia	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	VDNH, Moscow State University	VDNH, Moscow State University	Y	3U	Tiny power budget for scientific mission	4	https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=full&id=17:11th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en			
2019	2019-038H	D-Star One LightSat	4.00	5-Jul-2019	552.5	97.5	Germany	Communications	Soyuz-2-1b Fregat-M	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	Y	3U	Beacon reported	3	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/d-star-one.htm	https://twitter.com/GermanOrbital/status/1147151413732155392		
2019	2019-038J	AmGU 1 (AmurSat)	4.00	5-Jul-2019	552.7	97.5	Russia	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	Amur State University	Amur State University	Y	3U	Tiny power budget for scientific mission	4	https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=full&id=17:11th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en			
2019	2019-038S	Lemur-2 100 (Lemur-2 Wani)	4.00	5-Jul-2019	554	97.5	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/lemur			
2019	2019-038L	Lemur-2 101 (Lemur-2 Liby20)	4.00	5-Jul-2019	554.8	97.5	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2019	2019-038V	Lemur-2 102 (Lemur-2 DustinTheWind)	4.00	5-Jul-2019	554	97.5	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2019	2019-038Z	Lemur-2 103 (Lemur-2 EJatta)	4.00	5-Jul-2019	554	97.5	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2019	2019-038T	Lemur-2 104 (Lemur-2 Meraj)	4.00	5-Jul-2019	554	97.5	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2019	2019-038AB	Lemur-2 105 (Lemur-2 GregRobinson)	4.00	5-Jul-2019	554	97.5	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2019	2019-038AD	Lemur-2 106 (Lemur-2 Yndro)	4.00	5-Jul-2019	554	97.5	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2019	2019-038X	Lemur-2 107 (Lemur-2 Alex-Maddy)	4.00	5-Jul-2019	554	97.5	USA	Earth observation, traffic monitoring	Soyuz-2-1b Fregat-M	Spire	Spire	Y	3U		5				
2019	2019-038Q	SONATE	4.00	5-Jul-2019	556.3	97.5	Germany	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg	Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg	Y	3U	Successful mission	5	http://www6.informatik.uni-wuerzburg.de/en/wissenschaftsforschung/sonate/			
2019	2019-038AA	D-Star One EXOCONNECT	4.00	5-Jul-2019	552.5	97.5	Germany	Communications	Soyuz-2-1b Fregat-M	German Orbital Systems GmbH	German Orbital Systems GmbH	Y	3U	Beacon reported	3	https://twitter.com/GermanOrbital/status/1147151413732155392			
2019	2019-038F	JAISAT 1	4.00	5-Jul-2019	551.7	97.5	Thailand	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	RAIST	RAIST	Y	3U	Beacon reported	3	https://twitter.com/GermanOrbital/status/1147151413732155392	http://www.rast.or.th/jaisat/live	https://network.satnogs.org/observations/?norad=44419	
2019	2019-038AE	Socrat	1.00	5-Jul-2019	554.9	97.5	Russia	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	Moscow State University	Moscow State University	Y	3U	Tiny power budget for scientific mission	4	https://www.cubesatsymposium.eu/index.php?option=com_phocadownload&view=full&id=17:11th-ecs-presentations&Itemid=1292&lang=en			
2019	2019-038E	NSL Sat 1	8.00	5-Jul-2019	600	97.7	Israel	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	AAAC Clyde Space	NSLComm	Y	6U	No beacon reported	2	https://nocommels.com/2019/09/nslcomm-2nd-satellite-multi-million-deal/			

2019	2019-038	CarbonX	30.00	5-Jul-2019	554.2	97.5	Germany	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	EXO Launch	EXO Launch	Y	Custom	Successful mission	5	https://www.exolaunch.com/Carbonix.html	http://www.spacetecheurope.eu/resources/news-and-editorial/news-container/2019/12/13/exolaunch-demos-groundbreaking-small-satellite-separation-systems-at-space-tech-expo-2019/		
2019	2019-038P	DoT 1	20.00	5-Jul-2019	556.1	97.5	UK	Technology	Soyuz-2-1b Fregat-M	SSTL	SSTL	Y	Custom	Successful mission	5	https://www.sstl.co.uk/media-hub/images/dot-1#			
2019	2019-043A	CAS 7B (BP 1B, BO 102, BIT Progress-OSCAR 102)	4.00	25-Jul-2019	299	42.7	China	Education, amateur radio communication, technology	Hyperbola-1	CAMSAT, BIT	CAMSAT, BIT	Y	1.5U	No mission result found	4	https://network.satnogs.org/observations/?horad=44443			
2019	2019-022H	NARSSCube 2	1.00	25-Jul-2019			Egypt	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	NARSS	NARSS	Y	1U						
2019	2019-022E	ORCA (SEOPS-ORCA)	8.00	25-Jul-2019			USA	Technology	Falcon-9 v1.2 (Block 5)	SEOPS, Blue Canyon Technologies (bus)	DARPA	Y	6U						
2019	2019-051B	TDO	14.00	8-Aug-2019	35206.8	25.9	USA		Atlas-5(551)			Y	12U	No beacon reported	2	https://spaceflightnow.com/2019/08/08/atlas-5-launch-adds-to-u-s-militarys-secure-communications-satellite-network/			
2019	2019-054C	Pearl White 1	8.00	19-Aug-2019	556.5	45	USA	Technology	Electron KS	Tiger Innovations	AFSPC	Y	6U	No beacon reported	2	https://www.afspc.af.mil/News/Article-Display/Article/1937581/pearl-white-cubesats-successfully-launched/			
2019	2019-054D	Pearl White 2	8.00	19-Aug-2019	556.1	45	USA	Technology	Electron KS	Tiger Innovations	AFSPC	Y	6U	No beacon reported	2	https://www.afspc.af.mil/News/Article-Display/Article/1937581/pearl-white-cubesats-successfully-launched/			
2019	2019-054A	BRO1	6.00	19-Aug-2019	557.3	45	France	Traffic monitoring, SIGINT	Electron KS	UnseenLabs (payload), GOMSpace (bus)	UnseenLabs	Y	6U	Successful mission	5	https://unseenlabs.space/	https://twitter.com/GomSpaceGroup/status/1177150855604314112?s=20		
2019	2019-058A	Xiaoxiang 1-07 (TY 1-07)	8.00	30-Aug-2019	616.3	97.8	China	Technology	Kuaizhou-1A	Spacey Aerospace Co.,	Spacey Aerospace Co.,	Y	6U	No beacon reported	2	https://www.nasaspacelight.com/2019/08/kuaizhou-1a-two-satellites-china/			
2019	2019-058B	Taizhi 1 (KX 09)	20.00	30-Aug-2019	614.3	97.8	China	Technology	Kuaizhou-1A	DFH Satellite Co	CAS	Y	Custom	No beacon reported	2	https://www.nasaspacelight.com/2019/08/kuaizhou-1a-two-satellites-china/			
2019	2019-059C	Taurus 1 (Jinnizuo 1)	4.00	12-Sep-2019	758.2	98.6	China	Technology	Long March 4B	Aeros Aerospace Science and Technology Co., Ltd. (Aes Space)	Aeros Aerospace Science and Technology Co., Ltd. (Aes Space)	Y	3U	Successful mission	5	https://mp.weixin.qq.com/s/9YnUORSy50MHTnnQHnBA			
2019	2019-059B	BNJ 1 (Jingshi 1)	16.00	12-Sep-2019	758.1	98.6	China	Earth Observation	Long March 4B	Beijing Normal University (BNU)	Beijing Normal University (BNU)	Y	Custom	No beacon reported	2	https://spacenews.com/china-continues-intense-activity-with-environment-navigation-satellite-launches/			
2019	2019-022K	Seeker	4.00	16-Sep-2019	489.8	51.6	USA	Satellite inspector	Antares-230	NASA Johnson Space Center	NASA	Y	3U	Successful mission	5	https://sites.utexas.edu/ts/seeker/	https://digitalcommons.usu.edu/cg/viewcontent.cg?article=4450&context=smallsat	https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20190000668.pdf	
2019	2019-022A	Kenobi	4.00	16-Sep-2019	489	51.6	USA	Satellite inspector	Antares-230	NASA Johnson Space Center	NASA	Y	3U	Successful mission	5	https://sites.utexas.edu/ts/seeker/	https://digitalcommons.usu.edu/cg/viewcontent.cg?article=4450&context=smallsat	https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20190000668.pdf	
2019	1998-067QX	NARSSCube-1 (EgyCubeSat-1)	1.00	24-Sep-2019			Egypt	Technology	H-2B-304	NARSS	NARSS	Y	1U	No beacon reported	2	http://www.narsscubesat.com/Home.aspx	http://ss.java.jp/en/kiboexpnews/191203_ssod12.html		
2019	1998-067QW	AQT-D (Aqua Thruster-Demonstrator)	4.00	24-Sep-2019	400	51.6	Japan	Technology	H-2B-304	University of Tokyo	University of Tokyo	Y	3U	No beacon reported	2	http://sakawa9.wixsite.com/website	https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/aqt-d	https://digitalcommons.usu.edu/cg/viewcontent.cg?article=4398&context=smallsat	
2019	2019-	RWASAT-1	4.00	24-Sep-2019	400	51.6	Rwanda	Technology, education	H-2B-304	Rwanda Utilities Regulatory Authority (RURA)	Rwanda Utilities Regulatory Authority (RURA)	Y	3U	No beacon reported	2	https://digitalcommons.usu.edu/cg/viewcontent.cg?article=4361&context=smallsat	http://ss.java.jp/en/kiboexpnews/191203_ssod12.html		
2019	2019-068A	PALISADE	20.00	17-Oct-2019	1223	87.82	USA	Technology	Electron KS			Y	16U	No beacon reported	2	https://www.rocketlabusa.com/missions/completed-missions/as-the-crow-flies/	https://spacenews.com/rocket-lab-launches-astro-digital-satellite/		
2019	2019-072D	Xiaoxiang 1-08 (TY 1-08, Dianfeng)	8.00	3-Nov-2019	513.8	97.5	China	Technology	Long March 4B	Spacey Aerospace Co.,	Spacey Aerospace Co.,	Y	6U	No beacon reported	2	https://www.weibo.com/tarticle/show?id=2309404434519905140746#_0			
2019	2019-081L	Flock-4p 1 (Dove 2277)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5	https://www.planet.com/pulse/successful-launch-for-flock-4p-on-the-pslv/			
2019	2019-081K	Flock-4p 2 (Dove 2278)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081J	Flock-4p 3 (Dove 2304)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081H	Flock-4p 4 (Dove 2310)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081Q	Flock-4p 5 (Dove 2259)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081P	Flock-4p 6 (Dove 2263)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081N	Flock-4p 7 (Dove 2227)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081M	Flock-4p 8 (Dove 2275)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081D	Flock-4p 9 (Dove 2257)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081E	Flock-4p 10 (Dove 2233)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081F	Flock-4p 11 (Dove 2231)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081G	Flock-4p 12 (Dove 2271)	5.00	27-Nov-2019	525	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Planet Labs	Planet Labs	Y	3U		5				
2019	2019-081C	Meshbed	4.00	27-Nov-2019	526	97.5	USA	Technology	PSLV-XL C47	Analytical Space Inc., MITRE (payload)	Analytical Space Inc.	Y	3U	No beacon reported	2	https://www.isro.gov.in/launcher/pslv-c47-cartosat-3-mission			
2019	2019-084F	FossaSat 1	0.20	6-Dec-2019	406.7	97	Spain	Technology	Electron KS	Fossa Systems	Fossa Systems	Y	PocketQube (1P)	Antenna deployment failure	3	https://fossa.systems/fossasat-1/	https://twitter.com/FossaSys/status/1211586454759059456		
2019	2019-084H	TRSI-Sat	0.20	6-Dec-2019	403.5	97	Germany	Technology	Electron KS	My Radar	My Radar	Y	PocketQube (1P)	No beacon reported	2	https://network.satnogs.org/observations/?horad=99821			
2019	2019-084J	SMOG-P	0.20	6-Dec-2019	406.3	97	Hungary	Technology	Electron KS	BME University	BME University	Y	PocketQube (1P)	Beacon reported	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=44832	https://www.amsat.org/smog-p-and-all-1-designated-magyar-oscar-105-mo-105-and-magyar-oscar-106-mo-106/	https://twitter.com/ea4gpz/status/1206165390105206790	
2019	2019-084G	ATL 1	0.40	6-Dec-2019	406.8	97	Hungary	Technology	Electron KS	ATL Ltd.	ATL Ltd.	Y	PocketQube (2P)	Beacon reported	3	https://network.satnogs.org/observations/?horad=44830	https://www.amsat.org/smog-p-and-all-1-designated-magyar-oscar-105-mo-105-and-magyar-oscar-106-mo-106/		
2019	2019-084D	NOOR 1A (Unicorn 2B)	0.75	6-Dec-2019	409.5	97	USA	Technology	Electron KS	Alba Orbital	Alba Orbital	Y	PocketQube (3P)	No beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/noor-1.htm			
2019	2019-084E	NOOR 1B (Unicorn 2C)	0.75	6-Dec-2019	405.3	97	USA	Technology	Electron KS	Alba Orbital	Alba Orbital	Y	PocketQube (3P)	No beacon reported	2	https://space.skyrocket.de/doc_sdat/noor-1.htm			