

資料52-2

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第52回)R1.12.10

文部科学省・JAXAにおける 衛星開発・運用状況

令和元（2019）年12月10日

文部科学省研究開発局

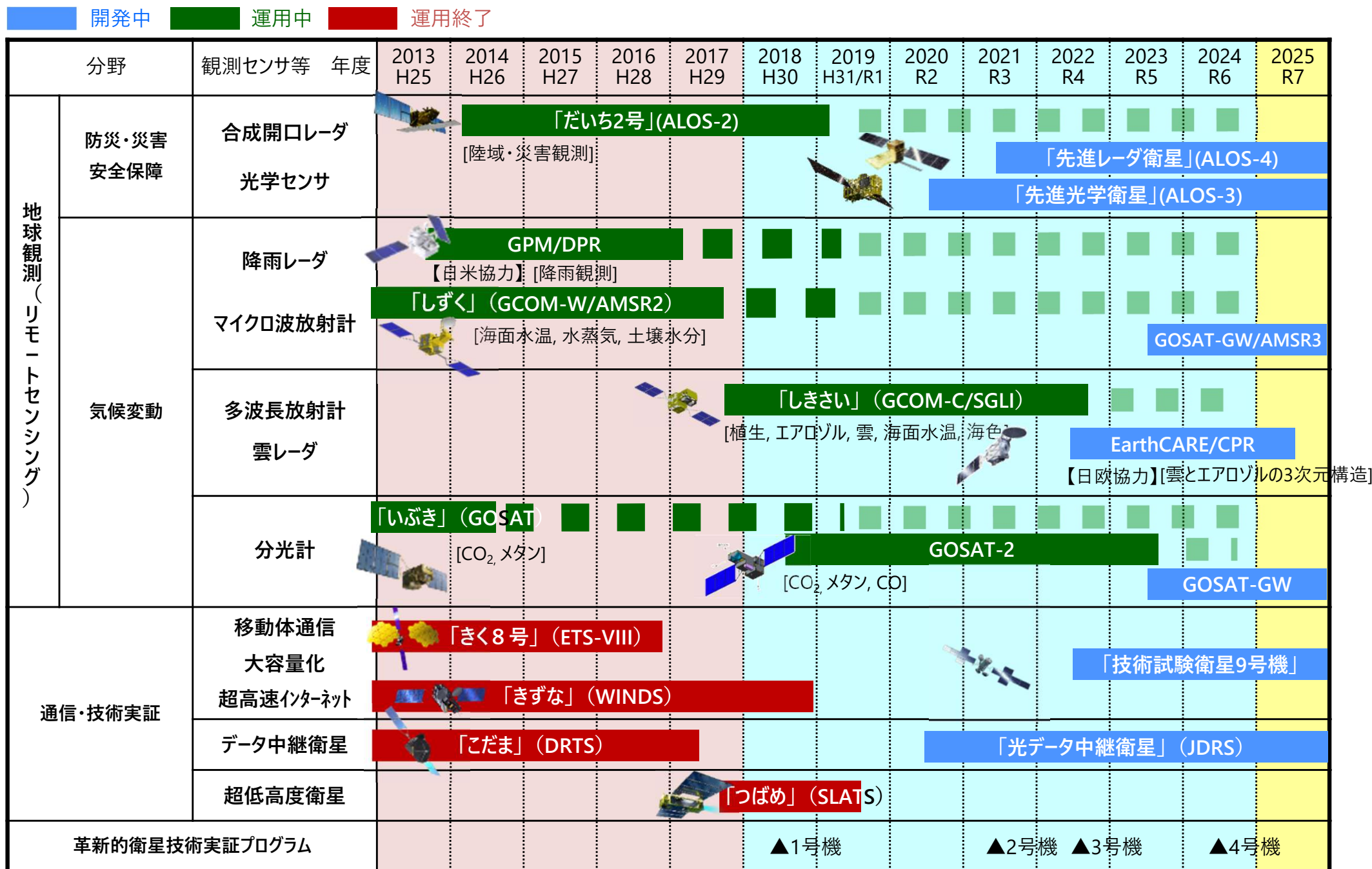


文部科学省

MEXT

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

文部科学省・JAXAにおける衛星開発・運用計画

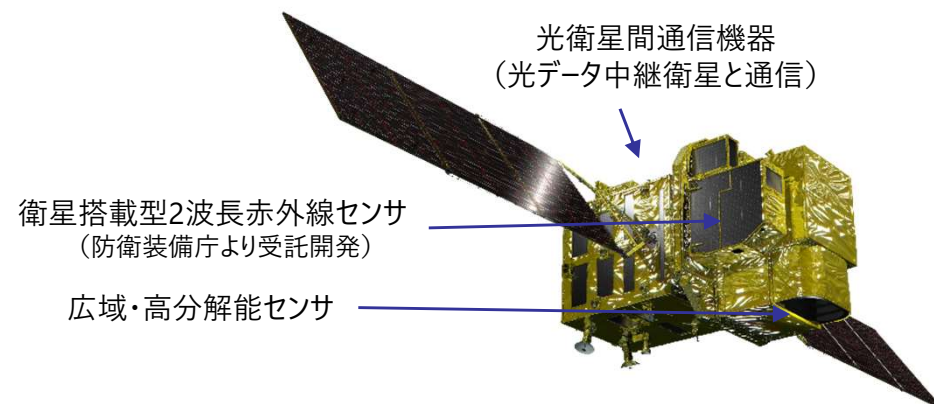
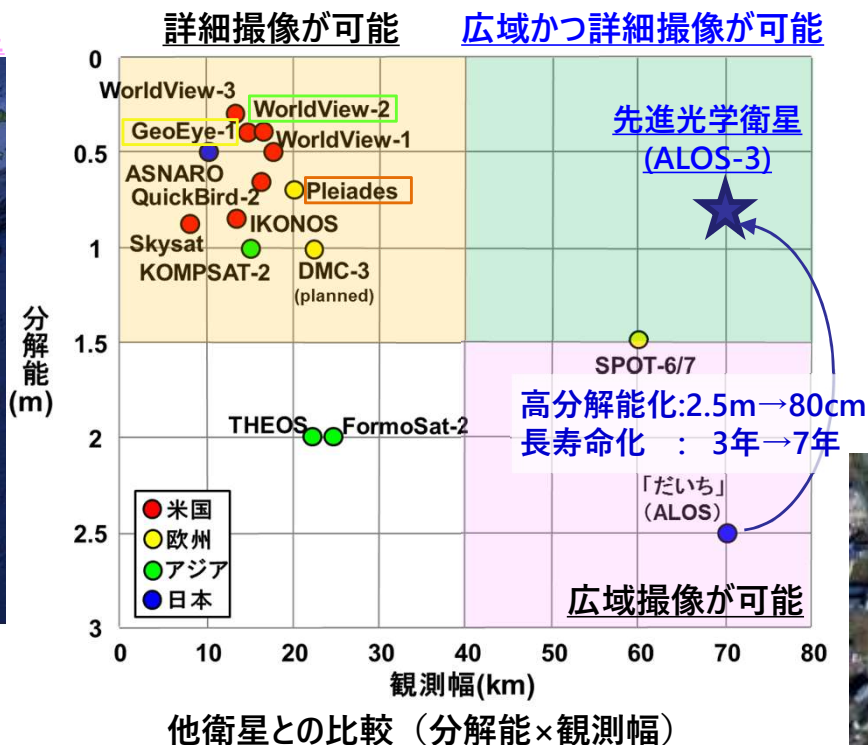
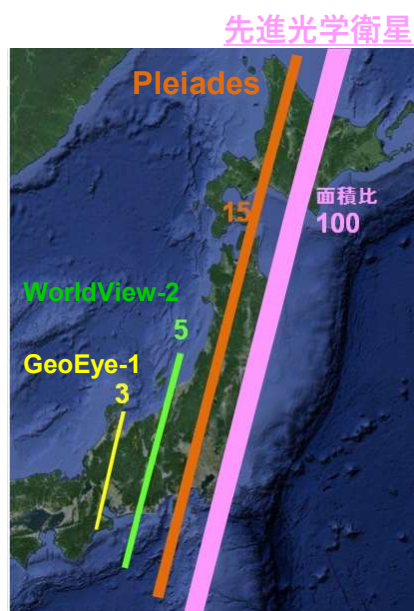


※ 打上げ年度は、「宇宙基本計画工程表(令和元年度改訂)(案) (令和元年11月28日宇宙政策委員会)」に合わせている。

【開発中】先進光学衛星 (ALOS-3)

■ 我が国独自技術である広域かつ高分解能撮像が可能な光学センサにより、分解能80cmで日本全土の高頻度観測を実現し、

- 大規模災害時の詳細状況把握、ベースマップ画像の収集・更新等により、防災・災害対策等を含む広義の安全保障に貢献。
- 地理空間情報の整備・更新等に貢献。
- 様々なユーザーニーズへの対応を目指し、民間活力を取り込む。



「だいち」(ALOS)
2007年観測
「だいち」パンシャープン画像
ALOS PRISM/AVNIR-2による
2.5m分解能,
2007年3月1日観測



先進光学衛星 (ALOS-3)
2020年予定
ALOS-3シミュレーション
パンシャープン画像
80cm分解能

令和元 (2019) 年度の取組

- システム及び光学センサ維持設計を実施。
- PFM (プロトフライトモデル) の製作・試験及び地上システムの整備を実施。

【開発中】先進レーダ衛星 (ALOS-4)

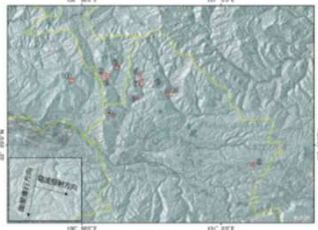
- 運用中の陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2) Lバンド合成開口レーダ(SAR)の強みである地殻・地盤変動観測を更に進化させ、超広域・高頻度での高精度な変動監視を実現。
- ALOS-2のミッションである全天候型の災害観測、森林観測、海水監視、船舶動静把握等の継続的かつより高度な活用を図るとともに、インフラ変位モニタのような新分野での利用を実用化。
 - 事後把握から異変の早期発見へ

ALOS-2では発災後に状況把握を目的とした緊急観測を実施。観測頻度が向上する先進レーダ衛星では、発災後の状況把握に加え、地殻・地盤変動による異変の早期発見を可能とし、防災関係機関による危険の判断、国民への注意喚起による減災につなげる。
 - 地上観測網の補完

地上では観測が不可能な場所、点でしか観測できない場所が多く存在。先進レーダ衛星の高頻度観測により、日本全土網羅的な観測が可能となり、地上観測を補完・補強し、インフラ管理者による異変の見逃し防止や点検の効率化等新たな価値創出を目指す。

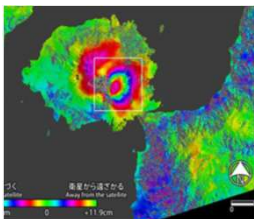
レーダ (SAR) 観測の特徴

- ✓ 昼夜問わず観測が可能
- ✓ 雲を透過するため天候問わず観測が可能



ALOS-2による九州北部豪雨時の土砂移動 (図中□) 観測例

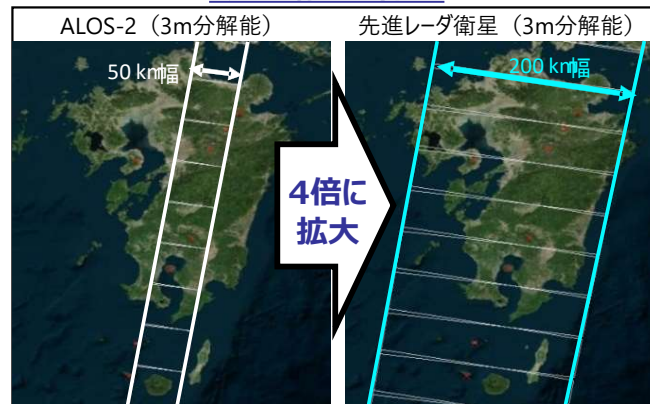
- ✓ 地殻変動等の数cmオーダの精密観測が可能



ALOS-2による桜島火山活動の観測例

ALOS-2からの進化

観測幅の増大



日本域観測の高頻度化

	ALOS-2	先進レーダ衛星
3m分解能	年4回	年20回 (2週に1回)

※緊急観測は半日に1回可能

長寿命化 (設計寿命: 5年→7年)



令和元 (2019) 年度の取組

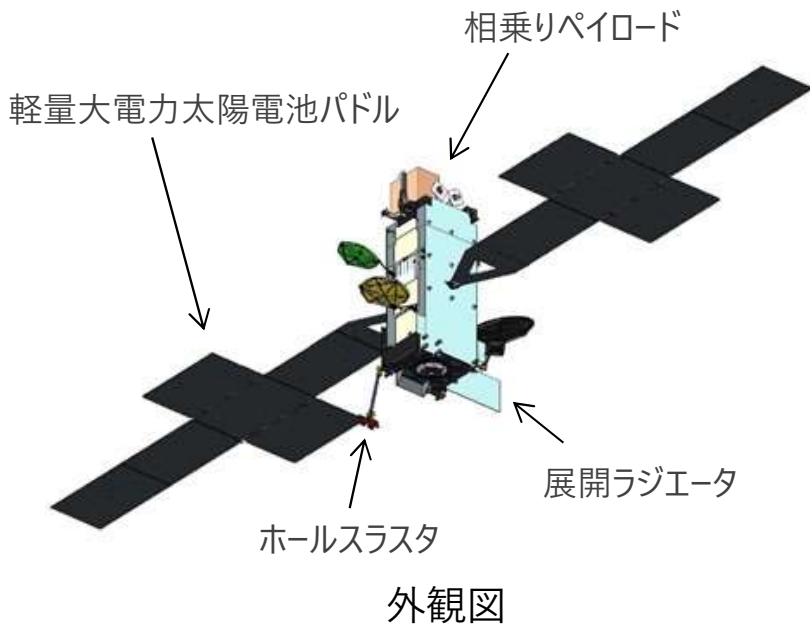
- 衛星システム及びSARセンサの詳細設計を完了し、維持設計を実施。
- AIS受信機 (SPAISE3) の維持設計を実施。
- PFM (プロトフライトモデル) の製作・試験及び地上システムの整備を実施。

【開発中】技術試験衛星9号機（ETS-9）

- 全世界で運用中の静止衛星において大半を占める通信・放送衛星の大容量化や多チャンネル化に対応するため、以下を実現
 - 「オール電化」：ホールスラスタ（電気推進技術）の全面採用により、衛星の搭載推薬量を削減することができ、従来の化学推進と比べて、ペイロード比率を向上
 - 「大電力化」：大電力化に必要な要素技術（軽量大電力太陽電池パドル・展開ラジエータによる高排熱技術）を実証

令和元（2019）年度の取組

- 詳細設計、EM（エンジニアリングモデル）及びPFM（プロトフライトモデル）製作・試験を実施。
- バス運用、相乗りペイロードの追加搭載を行う民間事業者を選定。



JAXAとの協業関係強化

SKY Perfect JSAT Group

- 2019年12月 当社初の低軌道衛星としてJAXAよりSDS-4譲受予定



- JAXAの「技術試験衛星9号機（ETS-9）※バスの定常運用及び相乗りペイロードの追加搭載等」の契約先として当社が選定

- ・ ETS-9の運用を当社にて実施予定。
- ・ また、同衛星に当社のミッションを相乗りさせ、新たなサービスの検討などに活用する。

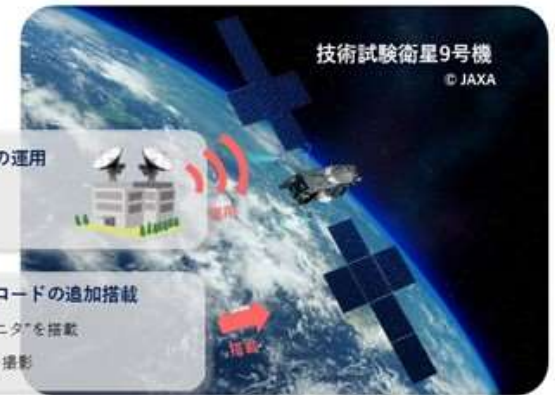
※新たな通信技術と、それを実現する通信機器を搭載する衛星バス技術の実証を行う衛星。

当社受注範囲①：ETS-9バスの運用

当社の横浜衛星管制センターから
ETS-9の運用を実施

当社受注範囲②：相乗りペイロードの追加搭載

当社から提案した「静止軌道光学モニタ」を搭載
デブリ等を含む静止軌道上の状況を撮影



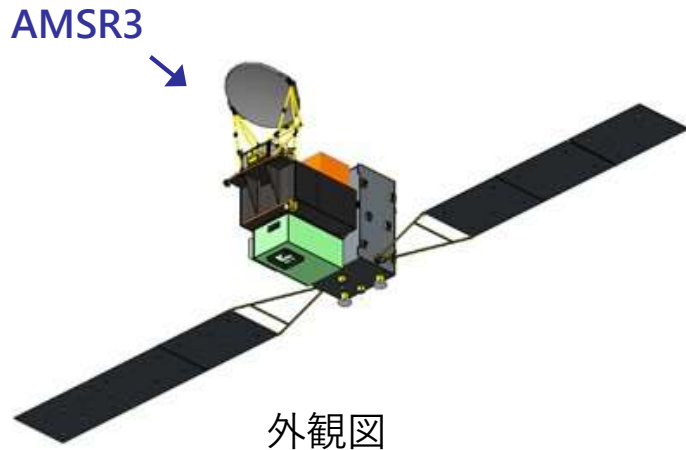
（スカパーJSAT社HPより）

【開発中】 温室効果ガス・水循環観測技術衛星（GOSAT-GW）

- 国内外の気象機関において定常的に利用されるなど、幅広いニーズを有する水循環変動観測技術衛星「しずく」（GCOM-W）の搭載センサを高度化した**高性能マイクロ波放射計（AMSR3）を開発**
 - 「**高分解能化**」：海面水温観測の高分解能化により、AMSR2では不可能であった**沿岸漁場を含む漁海況情報の高度化に貢献**
 - 「**高周波数観測チャンネルの追加**」：降雪量及び対流圏上部の水蒸気観測を可能にし、**全球的な降水量（降雨、降雪）の観測及び水蒸気の解析精度向上を実現**するため、高周波チャンネル（160~190GHz帯）を追加
- **環境省と連携し、温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）、GOSAT-2を発展的に継続する温室効果ガス観測センサとAMSR3を搭載した温室効果ガス・水循環観測技術衛星（GOSAT-GW）を開発**

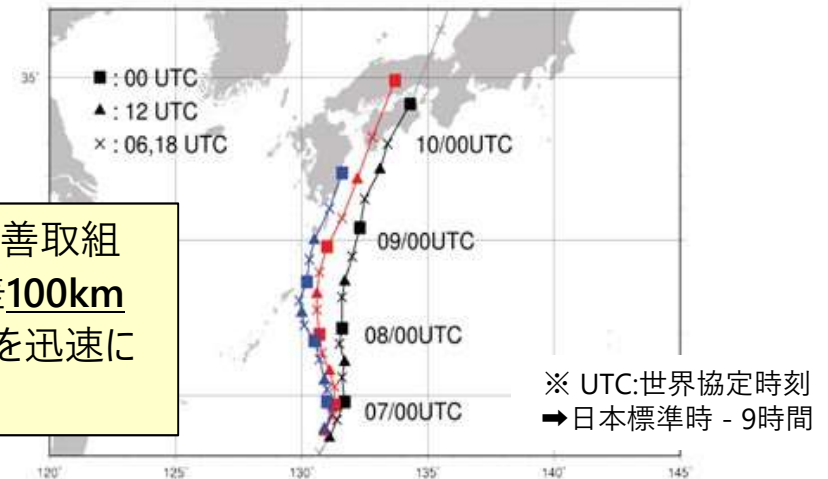
令和元（2019）年度の取組

- **GOSAT-GWバス及びAMSR3の開発に着手。**



気象庁の台風予報精度の改善取組
（台風中心位置の予報誤差**100km**
目標）に、正確な観測データを迅速に
提供することで大きく貢献

【気象分野における利用例：台風予報の精度向上】
高周波マイクロ波放射計データを数値気象予報に組み込み、
台風予報の精度向上に貢献



（図中の凡例で示される印は、台風の中心位置の日時を示す）

黒線：実際の台風の進路
青線：AMSR2のデータを用いた現在のシステムによる予報結果
赤線：AMSR3で新規搭載する高周波(183GHz) データを追加した予報結果

【運用中】陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)

<だいち2号 (ALOS-2) によるインフラ劣化点検の効率化>

- 我が国のインフラの老朽化が進む中、重大な事故リスクの顕在化や維持修繕費の急激な高まりが懸念。
- **内閣府、文部科学省、経済産業省、国土交通省等が連携して**、予防保全による維持管理水準の向上を低コストで実現することを目的に研究開発を実施 (SIP事業)。
- 本事業の下で (国研) 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の**衛星もインフラ劣化の監視に大きく貢献**。

- 内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)
『インフラ維持管理・更新・マネジメント技術』(2014~2018年度)
 - 点検・モニタリング・診断技術 (この中で衛星による監視を実施)
(資金管理) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
(実施機関) 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)



衛星に搭載した日本独自開発のレーダにより、天候によらず地殻変動、被災状況、森林等を観測。

<技術開発の流れ>

経産省/NEDO事業
港湾分野*1

国交省事業
河川堤防分野*2

1.インフラ利用の衛星解析原理検討、手法開発

2.衛星解析結果と測量値等の比較・検証

3.衛星解析手法の高度化

4.利用実証

国交省と連携したインフラでの実証

5.衛星SAR解析ツール開発

JAXA独自の
技術開発

特許登録*3

実利用

コンサルタントによる国直轄河川受注
(2017年度以降毎年度)

国交省 新技術認証 (NETIS*4) 登録
(2019/7/8)

代理店 (商用利用) 事業者募集
(2019/8/30)

インフラメンテナンス大賞*5
情報通信技術の優れた活用に
関する総務大臣賞受賞
(2019/9/30)

※1: 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「点検・モニタリング・診断技術の研究開発 モニタリングシステムの現場実証」

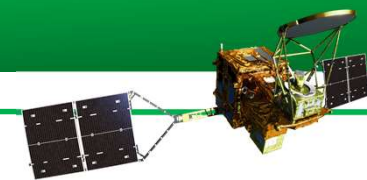
※2: 国土交通省「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」

※4: 新技術情報提供システム (NETIS)、公共事業での利活用促進

※3: 変状度判定方法及び変状度判定システム (特許6179911号)

※5: http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo03_hh_000221.html

【運用中】水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W)

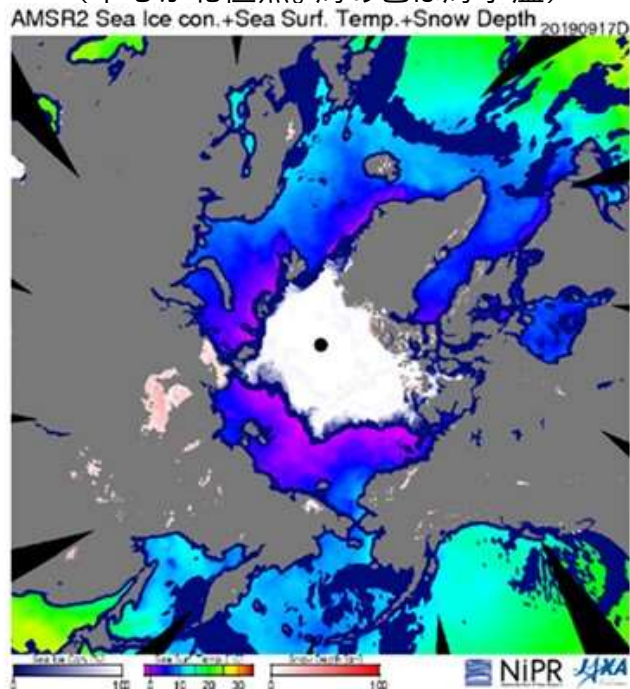


- 平成24 (2012) 年5月18日打上げ
- 海面水温、降雨量、積雪深、海氷密接度等のデータを計測し、気候変動観測分野の利用はもとより、米国海洋大気庁 (NOAA) を含む国内外の気象機関においても定常的に利用されるなど、幅広いニーズを獲得

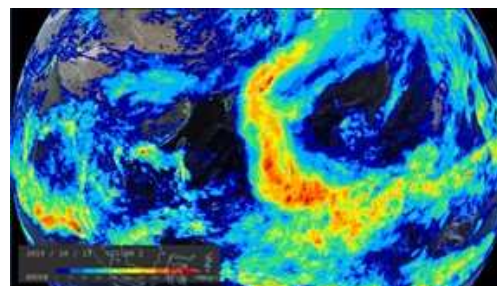
【最新トピックス】

「しずく」による北極海の海氷分布

(中心が北極点。海の色は海水温)



北極海の海氷面積が、衛星観測史上2番目の小ささ
となったことを観測 (2019年9月17日)



GSMaP

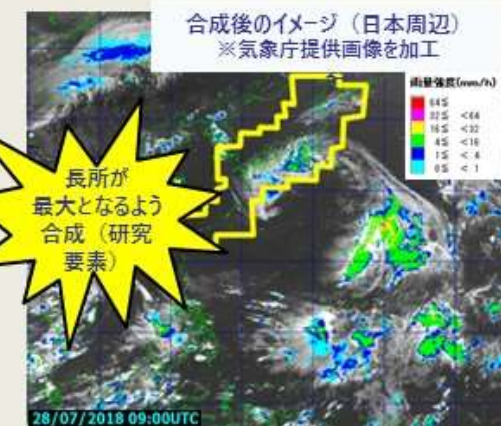
「しずく」を含む複数の衛星データを組み合わせることで、準リアルタイムで高精度高分解能を実現した全球降水マップ

10月5～13日までのGSMaPによる積算雨量 (台風19号)

ひまわり雲情報+地上レーダ(一部地域)
○ 時間空間解像度が高い
× 地上レーダは利用できる領域が限られ、ひまわりで雨を直接観測することはできない



GSMaP
× 解像度は地上に劣る
○ 海上を含め広域の雨の情報を直接推定できる

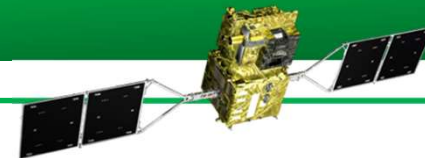


GSMaP雨情報+地上レーダ雨情報
+ひまわり雲情報

GSMaPと地上観測を合成したイメージ図

アジア・太平洋地域への気象情報提供に関する
気象庁業務での衛星全球降水マップ (GSMaP) の活用

【運用中】気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C)

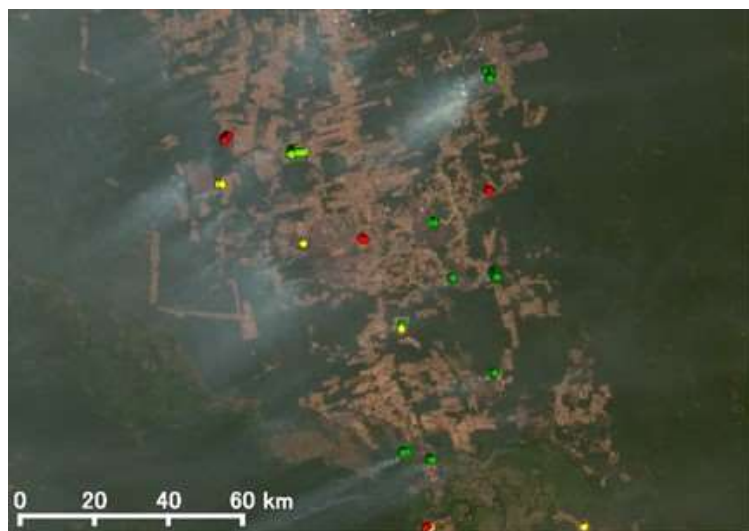


- 平成29 (2017) 年12月23日打上げ
- 近紫外から熱赤外域までの多波長光学放射計 (SGLI) を搭載し、気候変動メカニズムを解明する上で有効な雲、エアロゾル (大気中のちり)、海色、植生、雪氷等を観測することにより、全球規模の炭素循環と放射収支の理解と予測精度の向上に貢献

【最新トピックス】

「しきさい」によるアマゾン林野火災の観測

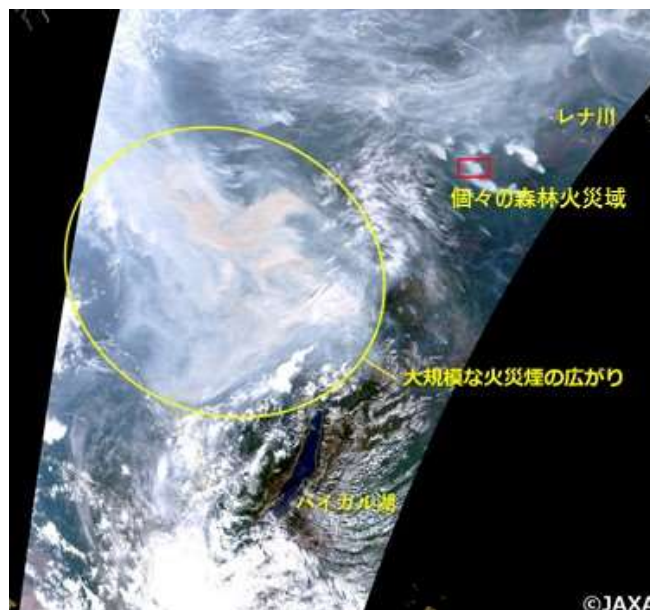
(8月17~27日；観測日別に火災検出位置を色分け)



火災検出と火災位置の推移を広範にモニタ

シベリアの森林火災

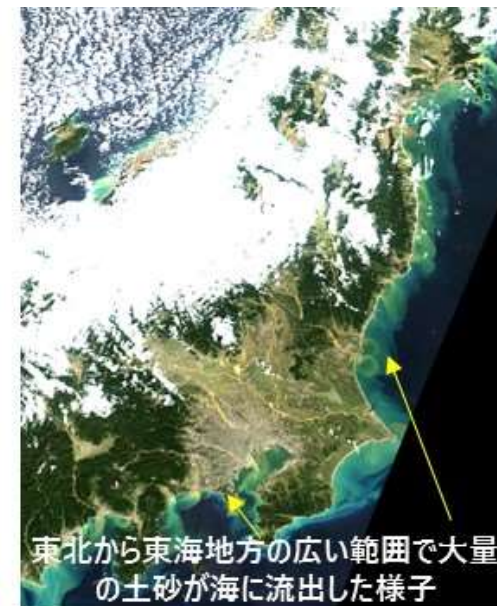
(7月24日撮像, バイカル湖周辺)



世界の環境変動の監視

「しきさい」が観測した土砂流出の様子

(10月13日撮像, 台風19号)



土砂の流出状況を広範に観測

—《GCOM衛星利用シンポジウム》— JAXA

「しきさい」と「しずく」が
捉えた地球

～複数ミッションによるグローバル観測の時代～

2019年12月20日(金) 13:30～18:00 (開場13:00)
御茶ノ水ソラシティ2F ソラシティホール【WEST】
主催：国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)
後援(予定)：内閣府宇宙開発戦略推進事務局、文部科学省、経済産業省、
気象庁、海上保安庁、他

特別講演

「気象予報士が見る気象衛星とGCOM衛星」

気象予報士・キャスター 井田寛子

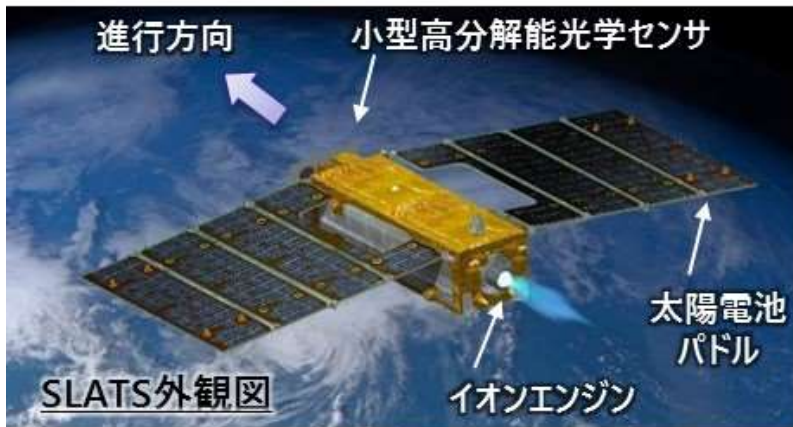
「GCOMの現状と複数衛星観測の時代」

田中一広 (JAXA GCOM プロジェクトチーム プロジェクトマネージャ)

【運用終了】超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) ①

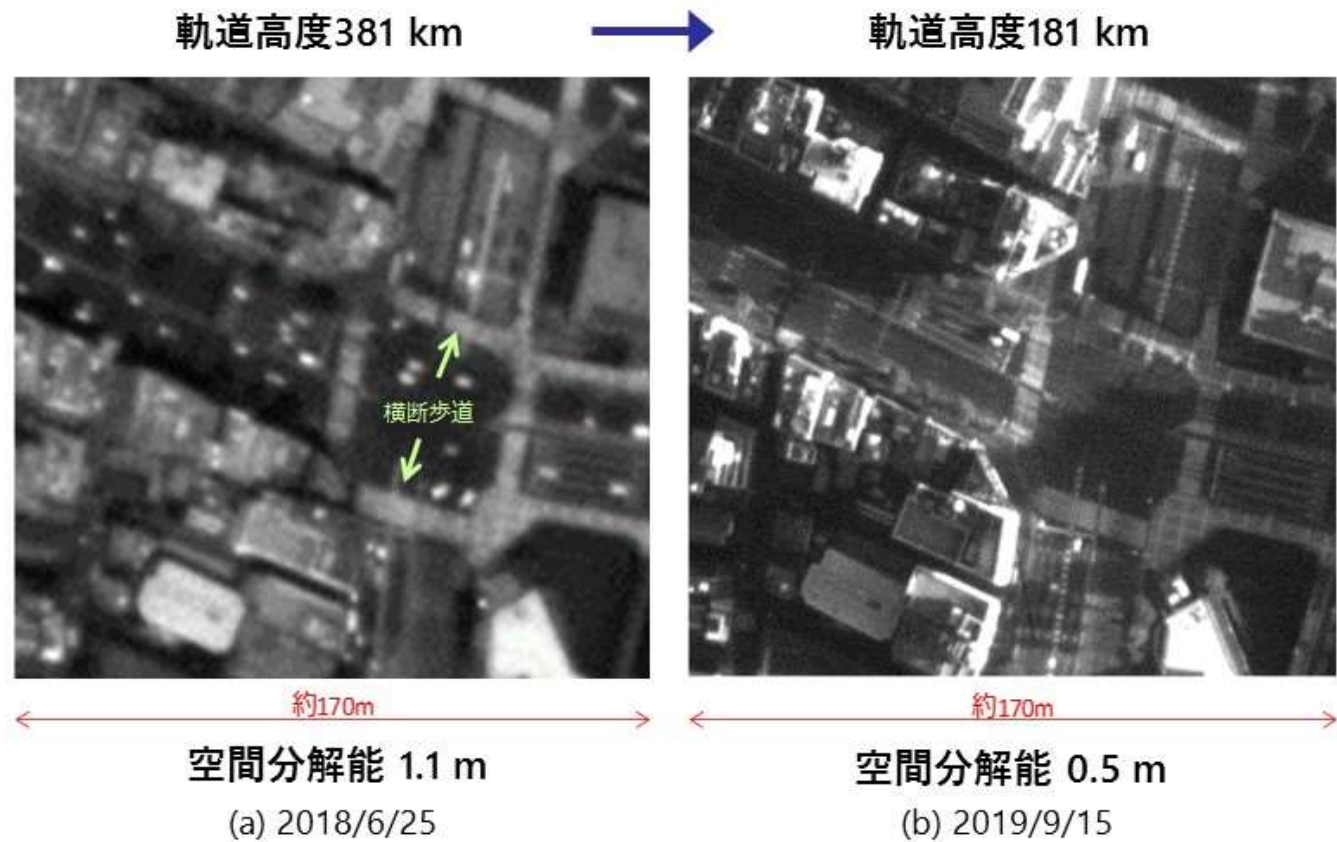
- 平成29 (2017) 年12月23日打上げ、令和元 (2019) 年10月1日に成功裏に運用終了
- 超低高度 (300km→150km) において、イオンエンジンを用いた光学観測を世界に先駆けて実証、同軌道における原子状酸素* 対策に関する基盤的な技術・ノウハウを獲得したのは世界初

* 超低高度における大気の主成分で、反応性が高く、衛星の外表面に使用される金色の断熱フィルムを損傷させる等、衛星の劣化要因の一つ



総開発費	34億円
軌道高度	300km → 150km *
空間分解能	0.84m → 0.44m * @直下観測時
観測幅	5.4km → 2.8km * @直下観測時
打上げ質量	383 kg (推進薬含む)

* 2019年1月→10月



高度の低下により、より鮮明な画像取得が可能
(東京・四谷見附交差点付近)

【運用終了】超低高度衛星技術試験機「つばめ」(SLATS) ②

- 令和元(2019)年8月、JR九州とのコラボイベント「人工衛星「つばめ」が九州新幹線「つばめ」を撮影」を開催
- 8月29日、SLATSにより九州新幹線「つばめ」と「つばめ」横断幕の撮像に成功



「つばめ」(SLATS) がとらえた九州新幹線「つばめ」と「つばめ」横断幕 (8月29日撮像)



撮像時に使用した「つばめ」横断幕

JR九州のホームページより引用

<https://www.jrkyushu.co.jp/company/esg/jrjasa/>

【開発・運用中】 革新的衛星技術実証プログラム ①

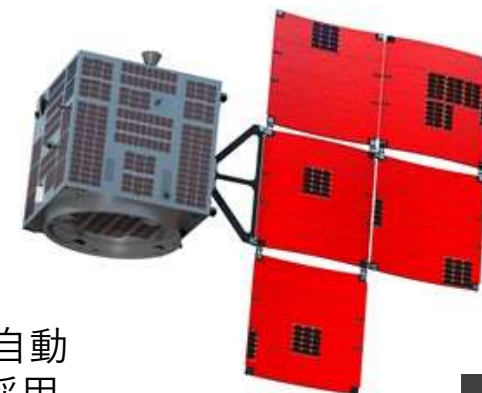
- 小型実証衛星による公募・選定した部品、コンポ及び産業界・大学等によるチャレンジングな超小型衛星等の軌道上実証を行い、基幹的部品や新規要素技術の軌道上実証環境整備を行う。
 - 衛星のキー技術等の実証、及びこれによる宇宙産業振興や衛星産業の国際競争力の獲得・強化へ貢献
 - 宇宙利用拡大のための産業界・大学等の新規参入促進、及び新たなイノベーション創出
 - 人材育成を視野に入れた、産業界・大学等によるチャレンジングな衛星技術/ミッションの実証機会提供

令和元（2019）年度の取組

□ 革新的衛星技術実証1号機（7衛星）打上げ後、小型実証衛星1号機（RAPIS-1）の定常運用を実施。

（RAPIS-1実証テーマの主な成果）

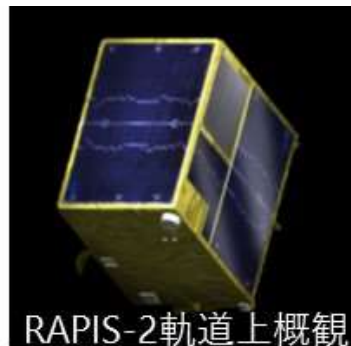
- **軽量太陽電池パドル**：世界最高の出力・質量比 150 W/kgを寿命初期で確認。現時点で劣化なし。
⇒軽量化が可能。オール電化衛星等の産業界のニーズへの対応が期待できる。
- **グリーンプロペラント推進系**：ヒドロキシルアンモニウムナイトレート(HAN)系推進薬で世界で初めての軌道上噴射に成功。
⇒規制強化を睨み、安全・低コストな推進系。特に小型衛星市場の海外への展開が期待できる。
- **X帯2-3Gbpsダウンリンク通信機**：地球周回衛星のデータダウンリンクで 2.65Gbpsの世界最高通信速度を達成。
⇒省電力、低価格の通信システムとして、衛星観測データのダウンリンク通信系機器として期待できる。
- **革新的 FPGA**：「原子スイッチ」を用いた放射線によるエラーが少ないFPGA。
約1000時間稼働しエラー発生は0。FPGAの部分書換えに成功。
⇒低消費電力、小型化、低エラー率が実現可能で、衛星の競争力向上への寄与が期待できる。
- **超小型・省電力GNSS受信機**：車載用GNSS受信機をベースに、超小型衛星用にアンテナを組み込みパッケージ化。
⇒小型（切手大サイズ）・低消費電力・低コストを実現し、小型衛星の運用の自動化などの低コスト化が期待できる。2号機の超小型衛星、CubeSat各1機で採用。



【開発・運用中】革新的衛星技術実証プログラム ②

□ 革新的衛星技術実証2号機(8衛星)の開発に着手。

- 強化型イプシロンロケットにより
高度560kmの太陽同期軌道に投入
- 小型実証衛星2号機 (RAPIS-2) の
実験運用期間は約1年 (目標)



RAPIS-2軌道上概観

< RAPIS-2主要諸元 >

項目	内容
打上げ軌道	太陽同期軌道(高度:560km) 降交点通過地方太陽時(LST):9:30
打上げ時期	2021年度(予定)
運用期間	初期段階1ヶ月、定常段階1年
質量	110kg以下
電力	軌道上初期発生電力:230W以上 (定常姿勢・日照時平均)

< 2号機実証テーマ一覧 >

区分	テーマ名称	提案機関
部品	ソニー製小型・低消費電力マイコンボード「SPRESENSE(TM)」の耐宇宙環境性能評価	ソニーセミコンダクタソリューションズ
コンポーネント	クローズドループ式光ファイバジャイロの軌道上実証	多摩川精機株式会社
	CubeSat用小型・安価な国産スタートラッカーの商用化に向けた宇宙実証	株式会社天の技
	民生用大容量リチウムイオンバッテリーのセル(又はバッテリー)	三菱電機株式会社
	3Dプリンタで製作する廉価版アンテナ(テレメトリ・コマンド受信)の軌道上評価	三菱電機株式会社
	軽量・無電力型高機能熱制御デバイスの軌道上実証	東北大学
	冗長MEMS IMU(MARIN)の軌道上放射線環境での飛行実証	JAXA
超小型衛星	超小型衛星による複数波長帯での革新的赤外線画像処理技術の実証	三菱重工業株式会社
	デブリ除去事業に活用するデブリ接近技術及びデブリ捕獲機構の実証	川崎重工業株式会社
	超小型衛星による可変形状機能を用いた姿勢制御の軌道上実証	東京工業大学
キューブサット	キューブサットによる宇宙塵・スペースデブリ観測を目指した膜型ダストセパおよび国産キューブサットバスシステムの軌道上実証	千葉工業大学
	1Uキューブサットによる機上突発天体速報システムの実証実験	青山学院大学
	高機能CubeSat用OBCの軌道上実証	明星電気株式会社
	2Uキューブサットによる超高精度姿勢制御・超小型LinuxマイコンボードによるOBC・木星電波アンテナ展開技術の実証	高知工業高等専門学校

- RAPIS-2搭載実証テーマに対し、下記のJAXAコーディネートを実施した。

「3Dプリンタで製作する廉価版アンテナ（テレメトリ・コマンド受信用）の軌道上評価」に対するJAXAコーディネート

3Dプリンタで製作したアンテナの性能を軌道上にて評価するためには、送信機が必要である。

JAXAで実施している先進的な超高速通信方式¹⁾の研究成果を活用し、同方式に基づく送信機をこの実証テーマのアンテナと組み合わせることで、効果的に世界初の軌道上実証を行えるようにコーディネートした。

1) 可変符号化変調機能（VCM）を持つ新デジタルビデオ放送方式（DVB-S2X）

「民生用大容量リチウムイオンバッテリーのセル（又はバッテリー）」に対するJAXAコーディネート

バッテリーの充電動作の軌道上実証のためには、充電制御器が必要である。

JAXAで実施している電力ラインのスイッチング素子に高速動作が可能な素子（GaN）を適用した充電制御器の研究成果を活用し、従来の1/2程度の小型化が可能となる充電制御器を用いることで、低リソースで世界初²⁾の軌道上実証を行えるようにコーディネートした。

2) 宇宙用機器での電力ラインへのGaNトランジスタの使用