

宇宙実証機会の提供に係る 取組状況について

平成28年10月25日

文部科学省 研究開発局 宇宙開発利用課



文部科学省

MEXT

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

SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

文部科学省における宇宙実証機会の提供に係る取組

- 文部科学省は、JAXAを活用し、ベンチャーを含めた民間企業や大学等が製作する超小型衛星の打上げ・運用といった軌道上実証の機会を提供できる我が国における唯一の機関として、日本の宇宙開発利用の裾野を広げるため、現在以下の取組を進めているところ。
- これらの取組を通じ、今後とも引き続き、民間企業や大学等に対し、宇宙実証の機会を幅広く提供していく予定。

革新的衛星技術実証プログラム（イプシロンロケットによる打上げ）

H-IIAロケットにおける超小型衛星相乗り機会の提供

ISS・「きぼう」からの超小型衛星放出

【参考：各ロケットの諸元】

	H-IIA202	H-IIA204	H-IIB	イプシロン（強化型）
全長	53 m	53 m	57 m	24.4 m
代表直径	4 m	4 m	5.2 m	2.5 m
全備質量	289 t	445 t	445 t	91 t
打上げ能力 ($\Delta V = 1.5\text{km/s}$)	3.1 t (GTO)	4.9 t (GTO)	16.5 t (HTV軌道)	0.6 t (SSO)

新たな宇宙基本計画における位置付け

4．我が国の宇宙政策に関する具体的アプローチ

(2) 具体的取組

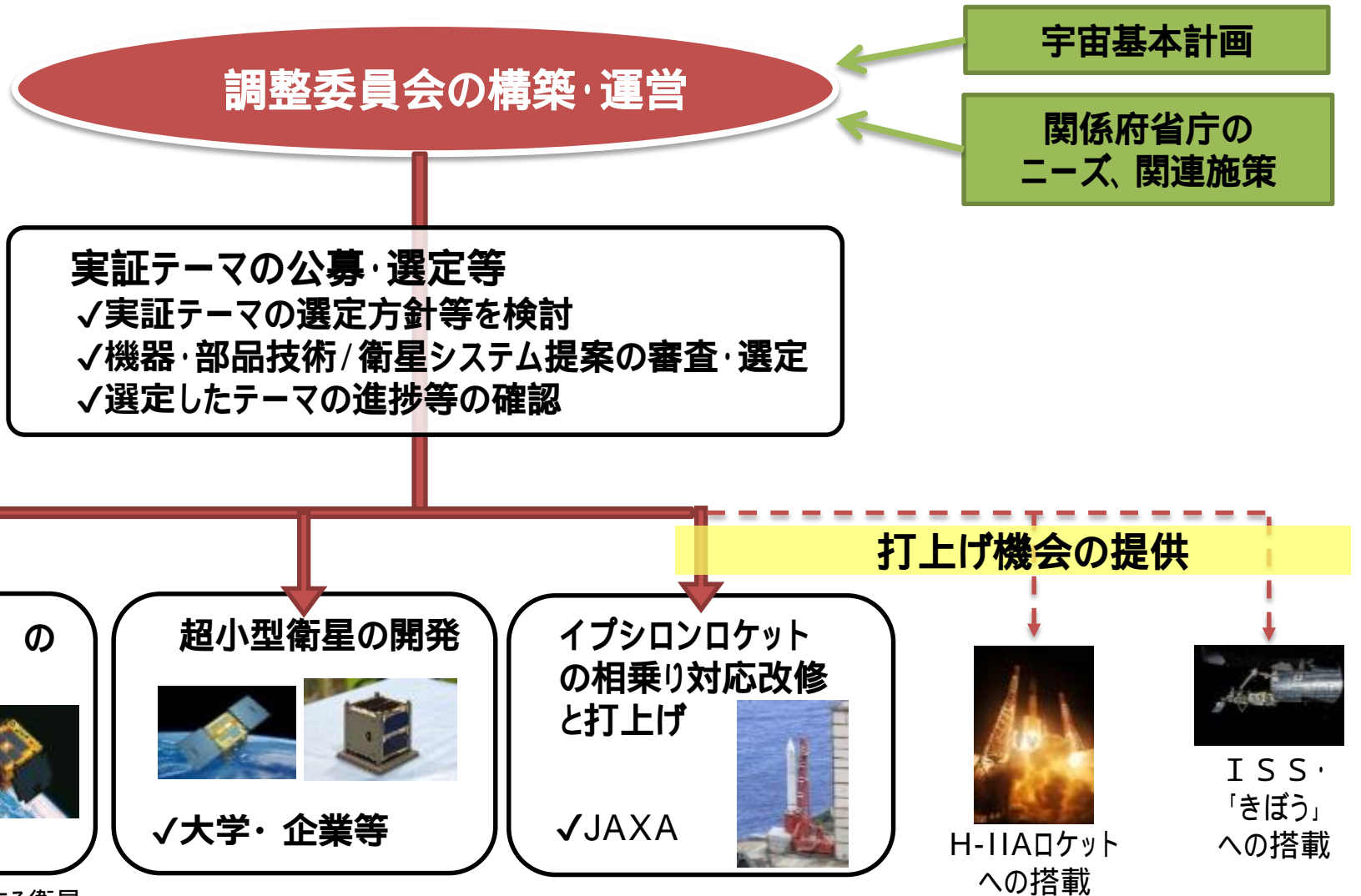
個別プロジェクトを支える産業基盤・科学技術基盤の強化策

）宇宙システムの基幹的部品等の安定供給に向けた環境整備

- ・我が国の宇宙活動の自立性の確保及び宇宙産業基盤の維持・強化の観点から、宇宙システムの効率的、迅速、低コストな開発及び製造に資するように、将来の宇宙システムを見据え、部品に関する技術戦略を平成27年度末をめどに策定し、同戦略に基づき必要な施策を講じるとともに、関連計画に反映させる。（内閣府、文部科学省、経済産業省、防衛省等）
- ・民間事業者等の人工衛星等の開発・整備・打ち上げ・運用に係る費用を大幅に引き下げるための活動を支援するべく、低価格・高性能な宇宙用機器や部品の開発・評価等に取り組む。また、大学や民間事業者等が超小型衛星等を「テストベッド」として活用すること等による新規要素技術の実証等に資するため、H-A/Bロケットの相乗り機会やISSの利用機会を継続的に提供する。さらに、小型・超小型の人工衛星を活用した基幹的部品や新規要素技術の軌道上実証を適時かつ安価に実施する環境の整備に平成27年度に着手し、イプシロンロケットを用いた軌道上実証実験を平成29年度に実施することを目指す。（文部科学省、経済産業省）

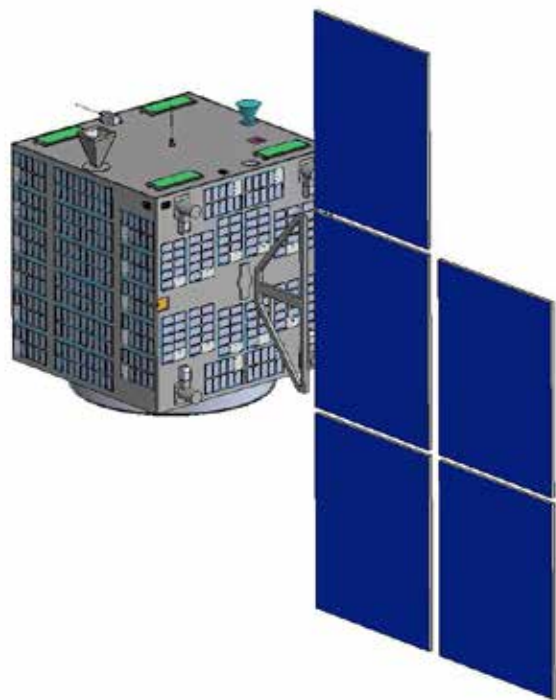
革新的衛星技術実証プログラムの概要

○ 小型衛星の相乗り機能を付加したイプシロンロケットを活用し、国際競争力強化に資する技術、宇宙利用拡大や新たなイノベーション創出が期待される技術やコンセプトの実証機会を提供する。



小型実証衛星1号機の概要

- 衛星技術刷新や産業振興・イノベーションに繋がる宇宙実証を目的とする。
衛星搭載機器の価格競争力・性能・機能などの格段な向上
衛星の利用拡大およびイノベーション創出
新たなビジネス構想・市場創造
- JAXAがベンチャー企業を衛星製造及び運用の業者として選定した初の事例。



- 設計・製造・運用 : 株式会社アクセルスペース
- 重量 : 200kg以下
- 寸法 : 1辺約100cmの立方体 (突起物、展開物除く)
- 電力 : 200W以下
- 軌道 : 太陽同期軌道 (高度約500km)
- 姿勢制御方式 : 地球指向三軸姿勢制御方式
- 通信 : テレメトリ・コマンド UHF (Ultra High Frequency)
ミッション伝送系 Xバンド
- 打上げ : 平成30年度 (予定)
- ロケット : イプシロンロケット
- ミッション : 選定された部品 (1件)、コンポーネント (7件)
- 打上げ形態 : 小型実証衛星1号機 + 超小型衛星 2機
+ キューブサット 2機

革新的衛星技術実証1号機に搭載する実証テーマ

○ JAXAは、革新的衛星技術実証1号機に搭載する実証テーマ（計12件）を選定。

区分	テーマ名称	機関名
部品	革新的FPGA（Field-Programmable Gate Array）の耐宇宙環境性能軌道上評価	日本電気（株）
コンポーネント	X帯2-3Gbpsダウンリンク通信の軌道上実証	慶應義塾大学
	革新的船舶情報受信システムの実証実験	（株）IHI
	グリーンプロペラント推進系（GPRCS）の軌道上実証	（一財）宇宙システム開発利用推進機構
	粒子エネルギースペクトロメータ（SPM）の軌道上実証	東京工業大学
	深層学習を応用した革新的地球センサ・スタートラッカの開発	JAXA
	軽量太陽電池パドル機構	中部大学
	超小型・省電力GNSS（Global Navigation Satellite System）受信機の軌道上実証	
超小型衛星	海外新興国への衛星開発教育支援により衛星利用及び海外市場を拡大するための地球観測マイクロ衛星の提案	慶應義塾大学
	高空間分解能スペクトル撮像技術の確立による新規地球環境計測及び農林水産鉱業市場の開拓と海外衛星利用市場の拡大	東北大学
キューブサット	3Uキューブサットによる高機能展開膜構造物の宇宙実証	東京工業大学
	ルーナーホライズングロー撮影を目指した、パルスプラズマスラストによるCubeSatの姿勢・軌道制御と超高層大気撮像高感度カメラの実証	九州工業大学

JAXA が開発する小型実証衛星1号機に搭載

提案者が50～60kg級の衛星を開発

提案者が3～4kg級の衛星を開発

キューブサット：縦10cm×横10cm、1U：高さ10cm、2U：高さ20cm、3U：高さ30cm、数キログラム程度の超小型人工衛星。

イプシロンロケットの相乗り対応改修

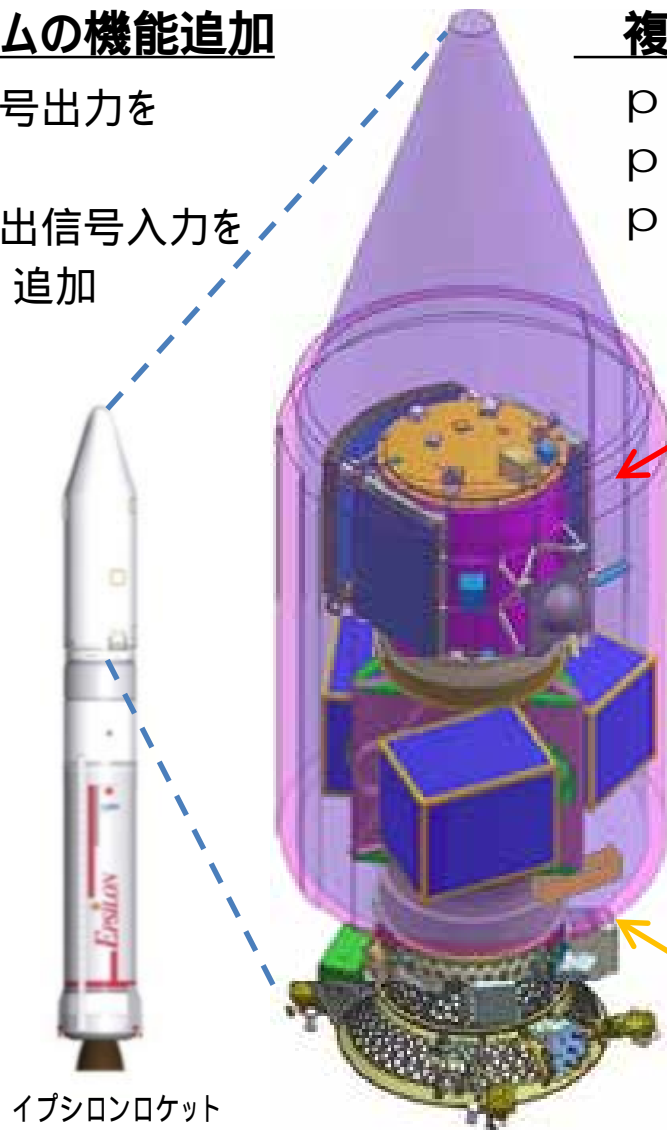
○ 選定された複数衛星の搭載を可能とする搭載構造を実現。

アビオニクスシステムの機能追加

- ペイロード分離信号出力を5ch追加
- ペイロード分離検出信号入力を5ch×2（冗長）追加

複数衛星搭載構造の新規開発

- 200kg以下の小型衛星 × 1
- 60kg以下の超小型衛星 × 3
- 最大3U（10×30cm）サイズのキューブサット × 2



イプシロンロケット

小型実証衛星（200kg以下）

- ┆ 機器・部品を実証する小型の人工衛星
- ┆ JAXAが（株）アクセルスペースに発注して開発
- ┆ 公募により部品・コンポを選定し、小型実証衛星に搭載

超小型衛星（60kg以下）

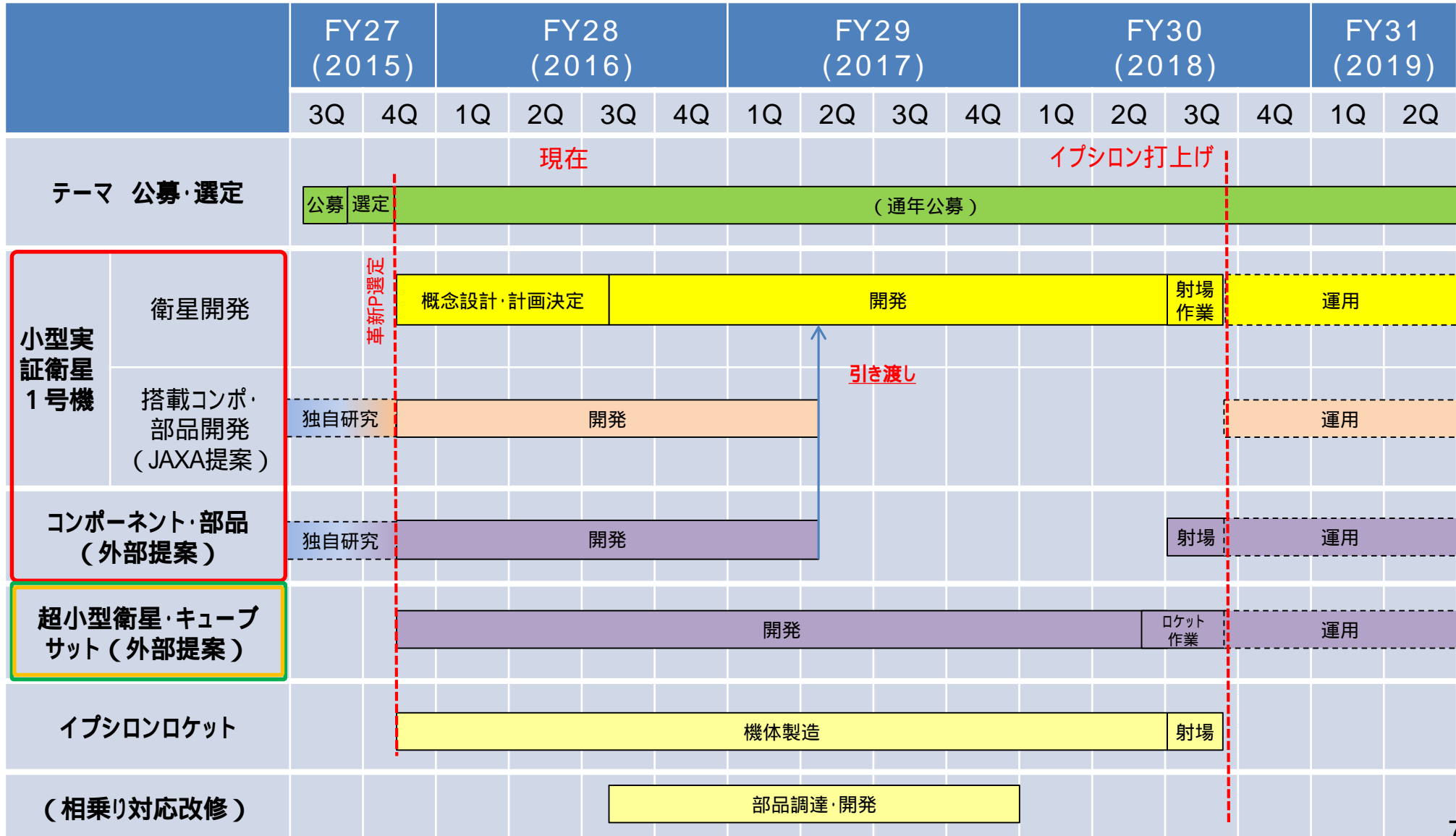
- ┆ 小型実証衛星の下部に超小型衛星を搭載

キューブサット（最大3Uサイズ）

- ┆ キューブサット放出機構により放出

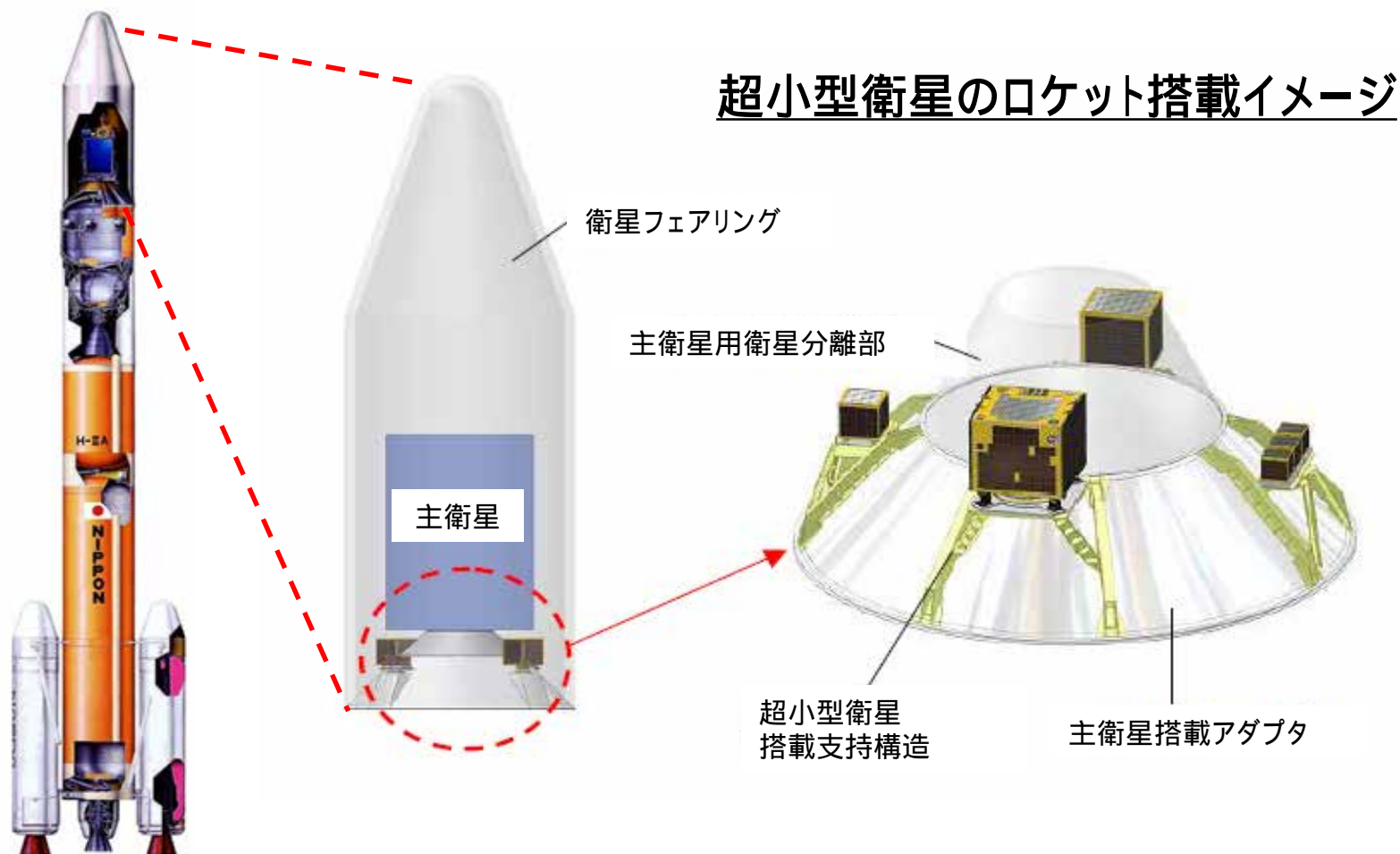
開発スケジュール

○ 搭載する衛星の作業状況等から、革新的衛星技術実証 1 号機の打上げ年度を平成29年度から平成30年度に変更。



H-IIAロケットにおける超小型衛星相乗り公募の概要

- H-IIAロケットでJAXAの衛星（主衛星）を打ち上げる際、ロケットに余剰能力がある場合に限り、そのロケットに小型の人工衛星を相乗りさせることができる。
- JAXAでは、平成18年から相乗りによる衛星放出機会を公募により提供。



H-IIAロケットにおける超小型衛星の打上げ実績

平成18年5月

H-IIAロケットに相乗りする公募超小型衛星の募集を開始。

平成21年1月23日

H-IIAロケット15号機により温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)との相乗りで、公募超小型衛星6機とJAXAによる超小型衛星1機を地球周回軌道に打上げ。H-IIAロケットの公募超小型衛星としては初めての打上げ。

平成22年5月21日

H-IIAロケット17号機により金星探査機「あかつき」(PLANET-C)との相乗りで、公募超小型衛星4機を打上げ。地球周回軌道に3機、金星パーキング軌道に1機をそれぞれ軌道投入。

平成24年5月18日

H-IIAロケット21号機により水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W)と韓国多目的実用衛星3号機(KOMPSAT-3)との相乗りで、公募超小型衛星1機とJAXAによる超小型衛星1機を打上げ。

平成26年2月28日

H-IIAロケット23号機により全球降水観測(GPM)計画の主衛星との相乗りで、公募超小型衛星7機を打上げ。

平成26年5月24日

H-IIAロケット24号機により陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)との相乗りで、公募超小型衛星4機を打上げ。

平成26年12月3日

H-IIAロケット26号機により小惑星探査機「はやぶさ2」(HAYABUSA2)に相乗りする公募副ペイロード3機を打上げ。

平成28年2月17日

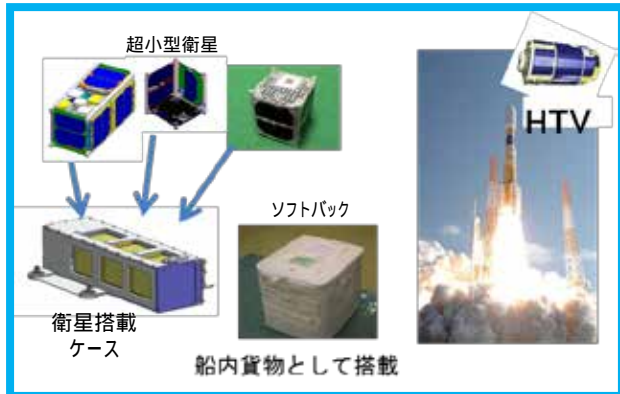
H-IIAロケット30号機によりX線天文衛星「ひとみ」(ASTRO-H)に相乗りする公募超小型衛星3機を打上げ。

H-IIBロケットについては、これまで相乗りを実施した実績は無い。

ISS・「きぼう」からの超小型衛星放出の概要

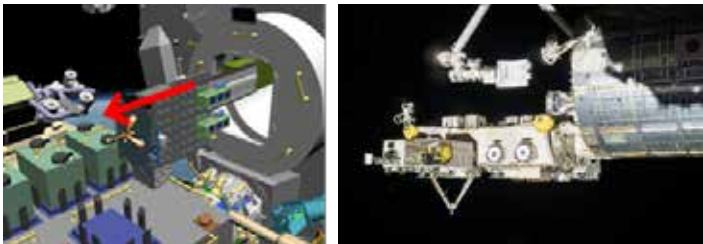
- エアロックとロボットアームを併せ持つ「きぼう」日本実験棟のみが有する特色を活かして超小型衛星（キューブサット及び50kg級衛星）を放出する、JAXAが開発した日本独自のシステム。
- 2012年10月、本システムを用いて、世界で初めてISSからの衛星放出をJAXAが実施。
- その後、米国も放出機構（先端の衛星放出部）を開発し、「きぼう」のエアロックとロボットアームを用いて超小型衛星を放出。
- 2016年9月末までに、「きぼう」から147機の超小型衛星を放出。

1) 超小型衛星の梱包～打上げ



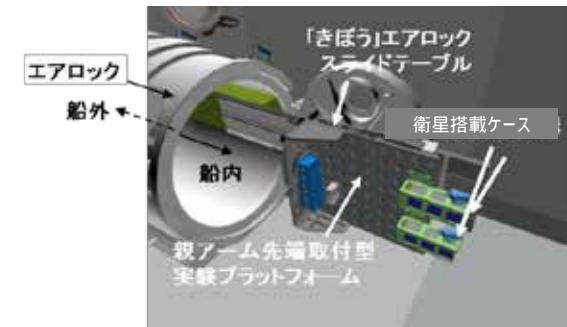
衛星搭載ケースに衛星を搭載した状態で、ソフトバッグに入れて、「こうのとりのり」等のISS輸送機で「きぼう」に輸送（振動条件を緩和、開発の難易度の低減、多様な打上げ機会）

3) 「きぼう」船外への搬出作業（エアロック/ロボットアーム運用）



宇宙飛行士がエアロックを操作し、船外に搬出後、きぼうのロボットアームで、実験プラットフォームを把持し、衛星放出ポイントまで移動

2) 「きぼう」船内作業



宇宙飛行士が、衛星搭載ケースをエアロック上の実験プラットフォームに設置

4) 放出～衛星運用

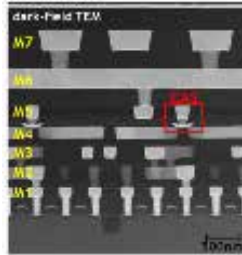


宇宙飛行士もしくは地上管制官によるコマンド信号で衛星を放出

【参考】革新的衛星技術実証1号機に搭載する各実証テーマの概要

部品・コンポーネント実証テーマ (1/2)

- テーマ名：革新的FPGA（Field-Programmable Gate Array）の耐宇宙環境性能軌道上評価
- 提案機関：日本電気株式会社
- 寸法：30×30×2mm（ボードの場合）
- 重量：45g以下
- ミッション概要：
我が国独自の動作原理（原子スイッチ：ナノブリッジ）に基づく革新的FPGAであり、書換え可能ながら回路構成情報を蓄えるメモリは不要で、回路構成情報に関する放射線ソフトウェアの発生確率が小さく、高信頼化が可能かつ最先端FPGAと比較しても大幅な低消費電力化、および小型化が可能なFPGAの軌道上実証を行う。
- 実施責任者：グリーンプラットフォーム研究所 杉林 直彦 シニアマネージャー



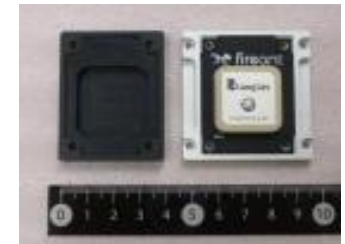
- テーマ名：軽量太陽電池パドル機構
- 提案機関：JAXA
- 寸法：展開時 2m×3m×15cm
- 重量：約8kg
- ミッション概要：
JAXA開発中の薄膜太陽電池を採用し、非常に軽量（従来のハニカムリジッドパネル比1/3）とした軽量太陽電池パドル4枚を利用した軌道上での展開実証を行う。
- 実施責任者：研究開発部門第一ユニット
今泉 充、住田 泰史
- 共同実施者：NEC, シャープ



- テーマ名：革新的船舶情報受信システムの実証実験
- 提案機関：株式会社IHI
- 寸法：受信機:最大10×10×5cm
- 重量：最大0.5kg
- ミッション概要：
従来の衛星AIS（自動船舶識別装置）受信システムは、船舶の密集地域（船舶輻輳海域）に於けるデータ捕捉率が低かったが、小型軽量受信機とアンテナ技術、及び革新的復調アルゴリズムの組み合わせで、捕捉率を既存システムより革新的に向上させる受信システムを軌道上で実験する。
- 実施責任者：宇宙防衛事業企画グループ 川辺 有恒 部長
- 共同実施者：明星電気



- テーマ名：超小型・省電力GNSS（Global Navigation Satellite System）受信機の軌道上実証
- 提案機関：中部大学
- 寸法：50×50×11mm
- 重量：48g
- ミッション概要：
最新の車載用GNSS受信機アーキテクチャをベースに、超小型衛星での利用に最適化した切手大のGNSS受信機を宇宙環境で動作することを実際に確認する。
- 実施責任者：工学部電子情報工学科 海老沼 拓史 講師
- 共同実施者：株式会社センサコム



【参考】革新的衛星技術実証1号機に搭載する各実証テーマの概要

部品・コンポーネント実証テーマ (2/2)

■ テーマ名：X帯2-3Gbpsダウンリンク通信の軌道上実証

■ 提案機関：慶應義塾大学

■ 寸法：20 x15 x 15cm

■ 重量：3kg

■ ミッション概要：

降雨に強く、省電力、低価格のX帯通信システムでありながら、周波数利用効率が極めて高い、地球周回衛星からでは世界最高通信速度のX帯2-3Gbpsダウンリンク通信を実証

■ 実施責任者：大学院システムデザイン・マネジメント研究科
白坂 成功 教授

■ 共同実施者：JAXA 宇宙研 齋藤 宏文



■ テーマ名：深層学習を応用した革新的地球センサ・スタートラッカーの開発

■ 提案機関：東京工業大学

■ 寸法：制御部：15x15x5cm

地球カメラ：7.5x7.5x7.5cm

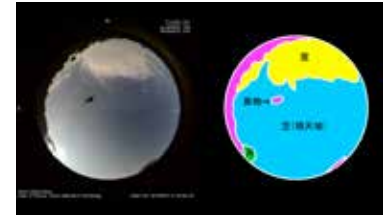
スタートラッカー：7.5x7.5x15cm

■ 重量：約2 kg

■ ミッション概要：

民生品のカメラで撮影した地球・星の画像を深層学習によりリアルタイムで認識する技術を開発・応用して、安価で堅牢な地球センサ・スタートラッカーを開発し、軌道上実証を行う。

■ 実施責任者：大学院理工学研究科 谷津 陽一 助教



■ テーマ名：グリーンプロペラント推進系の軌道上実証実験

■ 提案機関：宇宙システム開発利用推進機構

■ ミッション概要：

推進系に求められる期待に対応し、小型衛星に適した低毒推進系の軌道上実証。

(1) 運用性向上：作業性・取扱い性向上

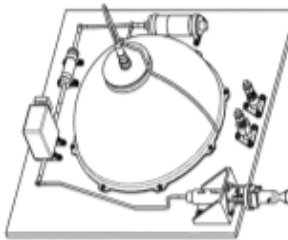
(2) 低コスト：安価な材料の使用

(3) 低消費電力：低凝固点による消費電力低減

(4) 高性能推進：高密度高比推力HAN

(硝酸ヒドロキシルアミン)系推進

■ 実施責任者：技術研究本部システム開発部 岡 範全部長



(ミッション搭載例)

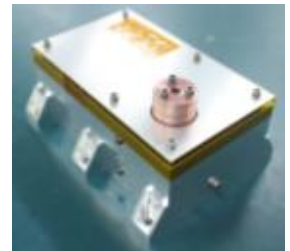
■ テーマ名：粒子エネルギー spektrometa の軌道上実証

■ 提案機関：宇宙システム開発利用推進機構

■ ミッション概要：

将来市場拡大が見込まれる小型衛星搭載等を想定して開発した民生部品を使用し、小型、軽量、低コスト、短納期である軌道上環境観測装置となる「粒子エネルギー spektrometa」センサの軌道上実証

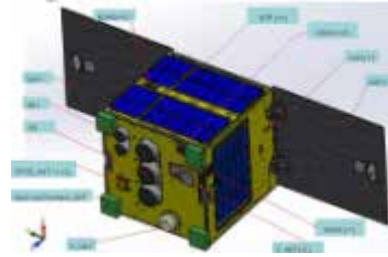
■ 実施責任者：技術研究本部システム開発部 岡 範全部長



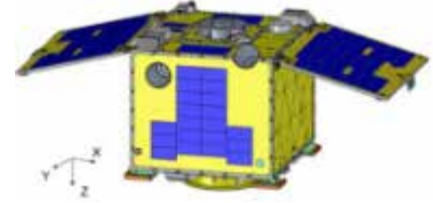
【参考】革新的衛星技術実証1号機に搭載する各実証テーマの概要

超小型衛星実証テーマ

- テーマ名：海外新興国への衛星開発教育支援により衛星利用および海外市場を拡大するための地球観測マイクロ衛星
- 提案機関：慶応義塾大学
- 寸法：50×50×50cm
- 重量：50kg
- ミッション概要：
 - 1) 海色リモートセンシング
 - 2) エアロゾル偏光リモートセンシング
 - 3) ほどよしバスからの改良点（光ファイバージャイロ（FOG）等）の軌道上検証
 - 4) 帯電防止用ATO（Antimony Tin Oxide）をコーティングの特性劣化測定
- 実施責任者：システムデザイン・マネジメント研究科 前野 隆司 教授
- 共同実施者：東大、東北大、北大、九工大、ベトナム国家衛星センター（VNSC）

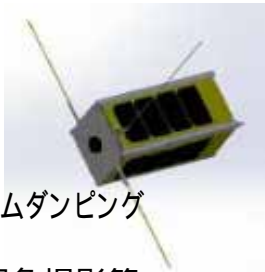


- テーマ名：高空間分解能スペクトル撮像技術の確立による新規地球環境計測及び農林水産鉱業市場の開拓と海外衛星利用市場の拡大
- 提案機関：東北大学
- 寸法：50×50×50cm
- 重量：60kg
- ミッション概要：
 - 1) 高分解能マルチスペクトルカメラ（HPT）
 - 2) 衛星バスシステム（姿勢制御系）の動作性能実証
- 実施責任者：工学研究科 柴原 聡文 准教授
- 共同実施者：北海道大学



キューブサット実証テーマ

- テーマ名：ルーナーホライズングロー撮影を目指した、パルスプラズマスラスタによるCubeSatの姿勢・軌道制御と高感度カメラの実証
- 提案機関：九州工業大学
- 寸法：10×10×20cm
- 重量：3 kg
- ミッション概要：
 - 1) パルスプラズマスラスタ（PPT）によるモーメントダンピング
 - 2) PPTによる軌道制御
 - 3) 高感度カメラでの地球縁の超高層大気発光現象撮影等
- 実施責任者：宇宙環境技術ラボラトリー 趙 孟佑 教授
- 共同実施者：シンガポール南洋理工大学（NTU）
台湾国立成功大学（NCKU）



- テーマ名：3Uキューブサットによる高機能展開膜構造物の宇宙実証
- 提案機関：東京工業大学
- 寸法：10×34×10cm
- 重量：4 kg
- ミッション概要：
 - 1) ブーム・膜複合構造による「高機能展開膜構造」の宇宙実証
 - 2) 2U+1Uサイズの「実験プラットフォーム」構築と宇宙実証
- 実施責任者：理工学研究科 坂本 啓 准教授
- 共同実施者：日本大学、サカセ・アドテック（株）、（株）ウェルリサーチ

