



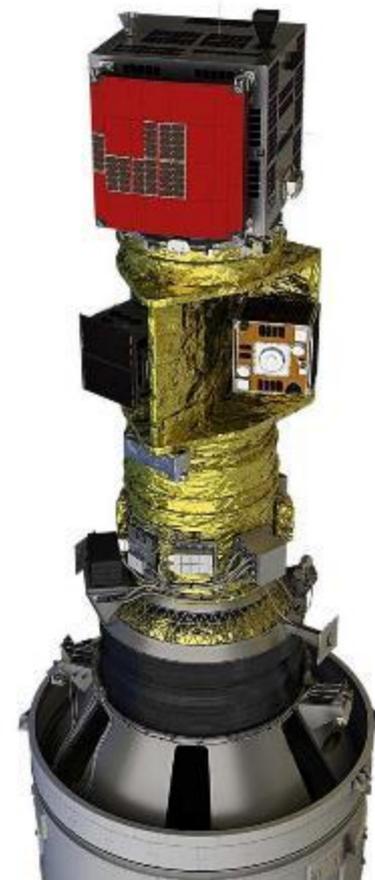
資料45-1

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45回)H30.12.19

革新的衛星技術実証 1号機について

平成30年12月19日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
研究開発部門



1. はじめに(本日の報告内容)

平成28年度に開発に着手し、今年度内の打ち上げを予定する革新的衛星技術実証1号機(以下、「1号機」という)の状況について報告する。

1. はじめに
2. 革新的衛星技術実証プログラムの位置づけと目的
3. 1号機の概要
4. プログラム目的と1号機の対応状況
5. 開発状況

2. 革新的衛星技術実証プログラムの位置づけと目的

宇宙基本計画（平成28年4月1日閣議決定）

「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。」

※宇宙基本計画工程表（平成29年12月12日改定）にて平成30年度打上げとされている

目的（第18回宇宙開発利用部会（平成26年10月30日開催）資料18-2より抜粋）

- A) 衛星のキー技術の宇宙実証により宇宙分野を支える技術基盤・産業基盤の持続的な維持・発展、及びITARフリー化など衛星産業の国際競争力の獲得・強化に繋げる。
- B) 新規の民間企業等参入のため、定期的な相乗り打ち上げ機会の確保によりハードルを下げることで、宇宙利用拡大を促進する。これにより新規参入する民間企業等との相互利用・連携が進み、新たなイノベーション創出にも繋がる。
- C) チャレンジングかつハイリスクな衛星技術/ミッションの開発・実証ができる機会を確保することで、宇宙産業のベンチャービジネス促進や宇宙分野におけるより優秀な人材の育成を図る。
- D) イプシロンロケットの定期的な打上げにより、固体ロケットの技術基盤の維持に繋がる他、信頼性が向上し、海外衛星の受注等による宇宙産業の拡大にも繋がる。



2. 革新的衛星技術実証プログラムの位置づけと目的

プログラムの概要

大学や民間事業者等のアイデア、関係府省庁のニーズも踏まえた計画とするため、これら関係者をメンバーに含むオールジャパンの「調整委員会」を設置し、調整委員会によるテーマの評価や計画に対する助言を受けて、搭載テーマを選定し、開発を進めている。

搭載テーマ選定の基準

搭載テーマについては、公募にて提案された候補案に対して以下の観点で評価を行い、ロケットや衛星への搭載可能性なども考慮の上、選定を行った。

- プログラムの主旨(競争力・機能・性能の向上、宇宙利用拡大、イノベーション創出、ビジネス創出等)に合致しているか
- 軌道上実証の意義(軌道上で実証する意味、システムに組み上げた時の価値や競争力)が高いか。
- 技術的実現性(インタフェース要求、安全要求等への適合性、開発実現性等)が十分に見込めるか。



3. 1号機の概要

➤ イプシロンロケット4号機により、7つの衛星(11機関の13実証テーマ)を高度500kmの極軌道に投入する。

- 運用は、約1年を目標(小型実証衛星)

➤ 搭載衛星

- 小型実証衛星1号機 (RAPIS-1※) 200.5kg
- 超小型衛星(60kg級)3個
 - MicroDragon 50.5kg
 - RISESAT 59.3kg
 - ALEe (ALE-1) 68.0kg
- キューブサット3個
 - OrigamiSat-1 3U: 4.1kg
 - AOBA VELOX-IV 2U: 2.6kg
 - NEXUS 1U: 1.3kg

小型実証衛星1号機 (RAPIS-1)



3. 1号機の概要

小型実証衛星RAPIS-1開発の「革新」

- 宇宙機器単体の実証を受け付け衛星に組み込み：
 - 「衛星推進系」「機械展開物」「電子部品単体」といった、これまでH-IIA相乗り等では実証機会が少なかった対象を採用。JAXAが実証のためのプラットフォームを開発。
- 宇宙スタートアップ「アクセルスペース社」との協同：
 - JAXAがアクセルスペース社に開発・試験・運用を依頼。同社の衛星はほどよし1号機(小型衛星のシステム規模に応じた信頼性とコストのほどよいバランスを求める「ほどよし信頼性工学」を実証)を含む超小型衛星3機の開発を通して、大学発の技術を独自に発展させてきた。
 - その実績と経験を最大限に活用し、そこにJAXAの開発知見等を組み合わせることで、迅速かつ低コストの実証衛星システムを実現。
- 提案者の実証価値を高めるためアイデアや技術をJAXAが提供：
 - 単体で持ち込まれるテーマにJAXAが実証環境、必要リソース、計測・確認手段の提供を提案し、効果的な実証を実現。

例) 部品・コンポの実証環境+他の実証テーマの確認手段を同時に提供

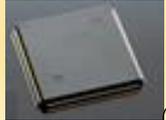
別のテーマ
(軽量太陽電池パドル機構)

宇宙環境モニタ装置
(JAXA開発)



部品評価のための放射線環境データ等を取得・提供

部品実証テーマ
(革新的FPGA)



実証環境提供

JAXA開発カメラの処理部への組み込み

衛星搭載カメラ(JAXA開発)



確認手段提供

展開実験の確認手段としても活用



4. プログラム目的と1号機の対応状況

1号機の各実証テーマの概要と意義を、本プログラムの目的(A~C)と対応させて示す。また、1号機の搭載に必要なとなるロケット側の開発について説明する。

- A) 衛星産業の国際競争力の獲得・強化
- B) 宇宙利用拡大、新たなイノベーション創出
- C) 宇宙産業のビジネス創出、人材育成促進

A: 競争力

B: 利用拡大、(イノベーション)

C: ビジネス創出

4. 1 ペイロードと実証テーマ

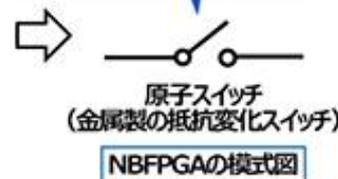
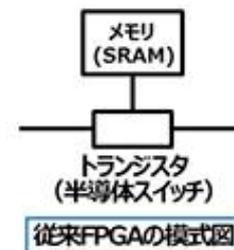
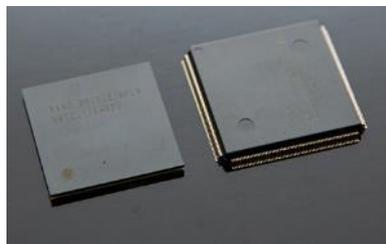
(1) RAPIS-1搭載テーマ(部品およびコンポーネント)

① 革新的 FPGA の耐宇宙環境性能軌道上評価(日本電気株式会社)

A: 競争力

FPGA (field-programmable gate array) の動作に「原子スイッチ」を用いることで放射線によるエラーが少ない宇宙用集積回路を実現した。加えて、低消費電力、小型化、低コスト化により、衛星のシステム競争力向上への寄与が期待できる。

- 同等の処理能力を持つFPGAと比較し
- ・サイズは1/3 (28×28×3.4mm)
- ・電力1/10 (効率10倍向上)
- ・放射線によるエラー発生率は1/100以下



NEC提供



4. プログラム目的と1号機の対応状況

② 粒子エネルギー spektrometer (SPM) の軌道上実証 (宇宙システム開発利用推進機構)

A: 競争力

民生部品を活用し、安価かつ軽量のSPMにより、打ち上げ数増加が見込まれる小型衛星での宇宙環境把握装置として搭載が期待できる。



- ・民生部品の使用で、環境モニタ装置の小型・軽量・低コスト・短納期化を実現。競合製品と比較し、質量約2/3、価格約1/5
- ・寸法: 102x132x46mm(突起物含まず)
- ・質量: 約0.81kg

③ 軽量太陽電池パドル機構 (JAXA)

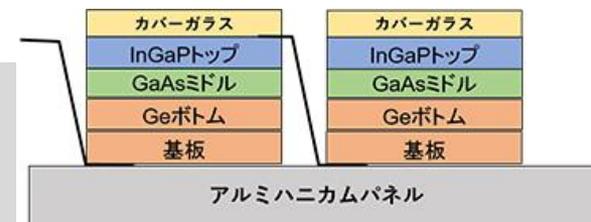
A: 競争力

従来の太陽電池パドルと比較して1/3の軽量化が可能であり、オール電化衛星等の産業界のニーズに合致する。

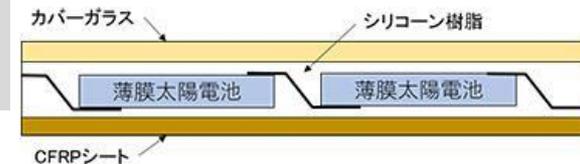
- ・高効率薄膜太陽電池(効率30%)アレイシートを使用
- ・従来パネルの1/3という軽量化を実現
- ・シート5枚の展開構造を軌道上で展開実証する
- ・2269 × 2829 × 252mm(展開時)、12.2kg



従来パネル構造



今回のパネル構造



4. プログラム目的と1号機の対応状況

④ グリーンプロペラント推進系 (GPRCS) の軌道上実証 (宇宙システム開発利用推進機構) A: 競争力

低毒性推進薬を用いた安全かつ低コストな推進系を実現しており、将来の規制強化を睨み海外への展開が期待できる。特に小型衛星の需要を狙う。

- ・ヒドラジンのような防毒設備や防護服不要、運用性良好
- ・安価な材料を使用のため低価格化(約1/3)
- ・低融点のためヒータ電力低減

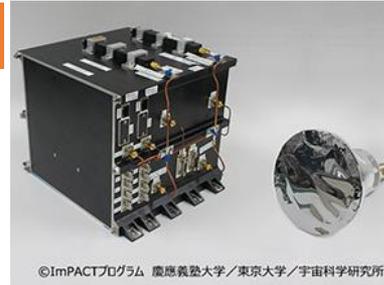


※海外では、ECAPS社製の低毒推進システムがすでに軌道上実証されている

⑤ X帯2-3Gbpsダウンリンク通信の軌道上実証 (慶應義塾大学) A: 競争力

64APSK変調方式および左右円偏波の活用で、降雨に強く使い勝手の良いX帯の特長を生かしつつ、大容量データを扱うことを可能とする。

※ほどよし4号で64APSK、505Mbpsを実証済み

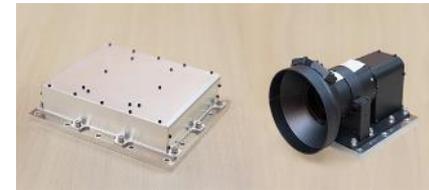


©ImPACTプログラム 慶應義塾大学/東京大学/宇宙科学研究所

- ・降雨に強いX帯を最大活用
- ・375MHzの帯域幅で2-3 Gbpsの通信を実現(世界最高速、従来の6倍)
- ・250×206×192 mm(送信機)
- ・約6.6kg(送信機)

⑥ 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(東京工業大学) A: 競争力

民生品のカメラ画像とオンボード計算機を用いて、深層学習で地球や星を認識する。低コストな地球センサやスタートラッカを実現、小型衛星の価格競争力向上につながる。



- ・現行品(スタートラッカー)より1桁低価格
- ・寸法:コントローラ 245x195x45mm
カメラユニット 107x193x116 mm
- ・質量:約2.15 kg(カメラ2台を含む一式)

4. プログラム目的と1号機の対応状況

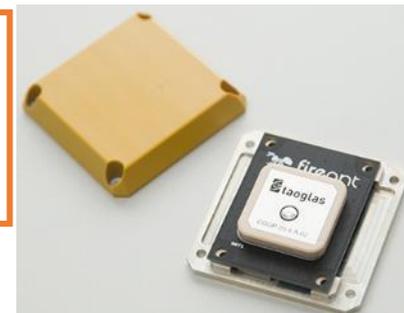
⑦ 超小型・省電力GNSS 受信機の軌道上実証(中部大学)

A: 競争力

最新の車載用GNSS受信機を宇宙環境で動作するよう変更し、小型・低消費電力・低コストを実現。今回はアンテナを組み込みパッケージとしたものを実証。小型衛星の運用の自動化などの低コスト化を期待できる。

- ・切手サイズの超小型・省電力GPS受信機(既開発)にアンテナを一体化
- ・52 × 52 × 11mm、45g

※ SS520で打ち上げられたTRICOM-1Rにおいて宇宙空間での測位は実証済みであるが、詳細な受信機データの取得はRAPIS-1が初めてとなる



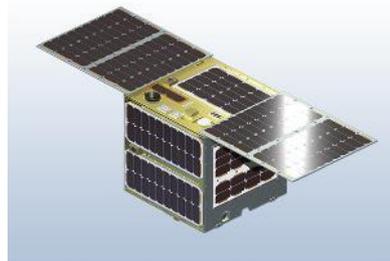
(2) 超小型衛星テーマ

⑧ 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/MicroDragon)

B: 利用拡大

C: ビジネス創出

これまで宇宙利用をしていなかった新興国に、低コストな衛星バス(ほどよし)を提供することで宇宙利用の拡大を狙う。海外市場の拡大に向け、新興国(ベトナム)からの留学生に対し、衛星開発で教育支援を実施した。



- ・ベトナムの持続可能な漁業・養殖業への貢献を目指した観測ミッション
- ・波長可変フィルタ搭載カメラによるマルチスペクトル観測、その大気補正のためのエアロゾル偏光リモートセンシングを実証
- ・約50 × 50 × 50cm、約51kg

4. プログラム目的と1号機の対応状況

⑨ 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/RISESAT)

B: 利用拡大 C: ビジネス創出

高空間分解能スペクトル撮像技術の確立のため、液晶可変波長フィルタ(LCTF)技術を採用し、解像度5mのマルチスペクトルセンサーを実現した。小型衛星で新規地球環境計測及び農林水産鉱業市場の開拓のためのリモートセンシング市場へのビジネス展開を見込んでいる。

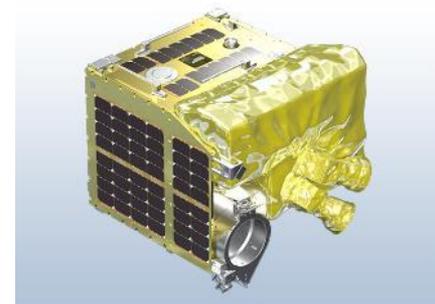


- ・5m分解能によるマルチスペクトル観測
- ・420 nm から1,050 nmの範囲630バンドの中から10バンド程度を選択して観測
- ・約50×50×50cm、約59kg

⑩ 流星源と放出装置を用いた人工流れ星の実現可能性と市場性の検証 (株式会社ALE/ALEe)

B: 利用拡大 C: ビジネス創出

時刻・場所を指定して人工流れ星の元となる流星源を衛星から放出し、大気圏に再突入させ流れ星を発生させる技術を実証する。これにより宇宙エンターテインメント市場を開拓する。また、人工流れ星の発光を利用した高層大気の科学的分析のミッションも合わせ持つ。



- ・世界初の流星源の放出による人工流れ星の発生実験
- ・約60×60×70cm、約68kg

4. プログラム目的と1号機の対応状況

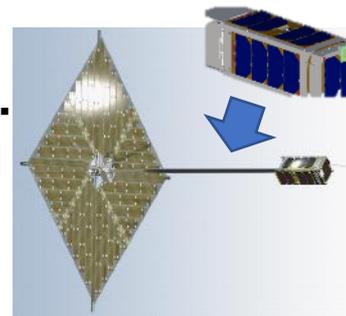
(3) キューブサットテーマ

⑪ 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/OrigamiSat-1)

「ブーム・膜複合構造」の展開・展張の軌道上特性をキューブサット搭載により評価し、膜構造の設計・検証方法の発展につなげる。

将来の宇宙大規模構造物等への技術の発展を期待。

A: 競争力



- ・高機能展開膜構造(1m×1m)を展開し、展開挙動・展張状態を計測
- ・多様な構造展開実験を可能にする実験プラットフォームの構築・実証
- ・5.8GHzアマチュア無線帯の高速通信実験。
- ・10×10×34cm(3Uサイズ)

⑫ 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・軌道制御と超高層大気撮像高感度カメラの実証(九州工業大学/AOBA VELOX-IV)

A: 競争力

B: 利用拡大

キューブサットに搭載可能な小型推進系(パルスプラズマスラスタ:PPT)と超高層大気撮像高感度カメラの軌道実証を行う。

高感度カメラはこのサイズでは撮像困難であった夜景なども撮像可能で、地球外縁部の超高層大気発光現象の観測などを狙う。



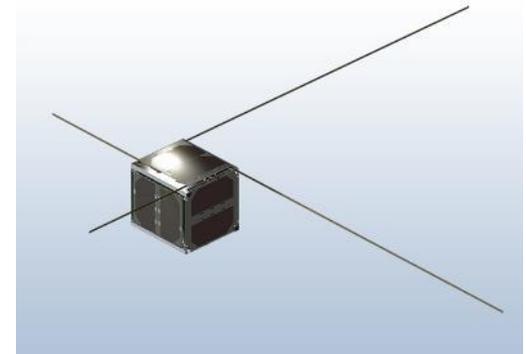
- ・パルスプラズマスラスタ(PPT)によるキューブサットの姿勢・軌道制御
- ・超高層大気撮像高感度カメラの実証
- ・10×10×22cm(2Uサイズ)

4. プログラム目的と1号機の対応状況

⑬ 次世代アマチュア衛星通信技術の実証 (日本大学/NEXUS-1)

B: 利用拡大

小型高性能なアマチュア無線用のトランスポンダの軌道上実証を行う。日本アマチュア衛星通信協会(JAMSAT)も開発に加わっている。



- ・実証する機器
 - $\pi/4$ shift QPSK送信機
 - FSK 送受信機
 - リニアトランスポンダ
 - カメラシステム
- ・10×10×11cm(1Uサイズ)

4. プログラム目的と1号機の対応状況

4.2 打上げ機への対応

○複数衛星打上げ構造の開発

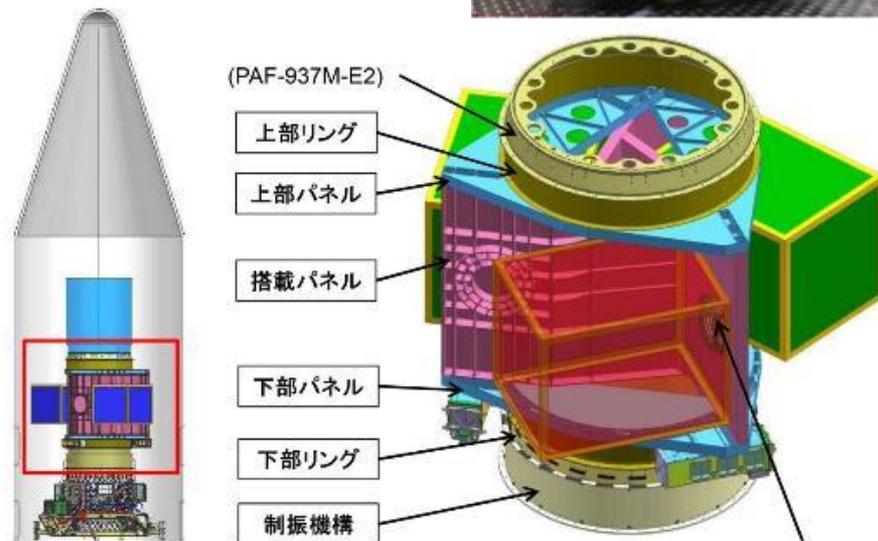
今回の打上げ機(イプシロン4号機)に対して、以下の開発を行い、複数衛星の同時打上げ能力を確保し、今後の打上げ需要に対する競争力の向上を狙っている。

(1) 複数衛星搭載構造

複数衛星搭載構造は、第3段機器(B3PL)搭載構造Ⅱ型に搭載され、衛星分離部Ⅱ型(PAF-937M-E2)を介して、

- 主衛星(200 kg 級)
- 超小型衛星(60 kg級)を3機
- キューブサット 放出装置(3U対応)2式

を搭載する機能を持ち、衛星分離部と同形式の制振機構を有する。

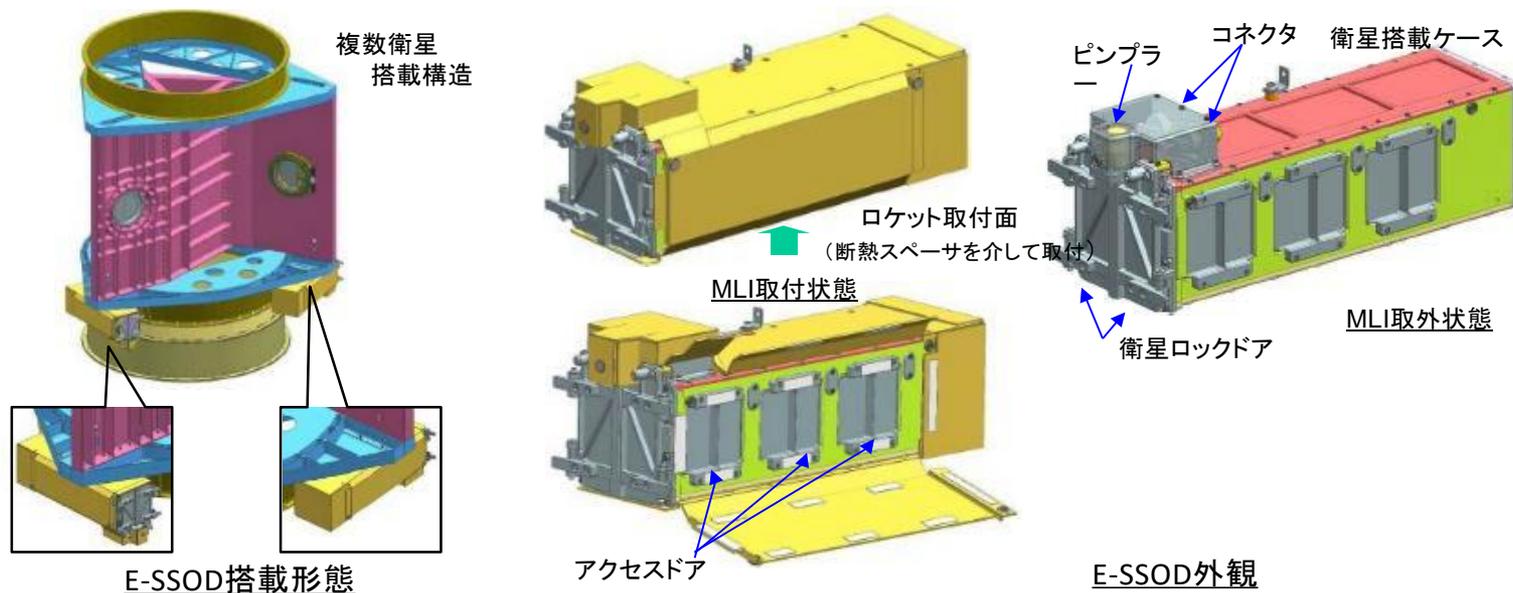


4. プログラム目的と1号機の対応状況

○複数衛星打上げ構造の開発(続き)

(2)キューブサット放出装置(E-SSOD)

- キューブサット放出装置(E-SSOD : Epsilon Small Satellite Orbital Deployer)は、ISSで開発し利用実績の多数ある放出機構(J-SSOD)をもとに、1Uタイプキューブサットを最大3機搭載可能な機構として開発し、複数衛星搭載構造に2個搭載する。
- ロケットの信号により衛星ロックドアを開放しキューブサットを放出する。



(3)アビオニクスシステムの改修

- 分離信号送出機能の増設、フライトソフトウェアの改修(分離シーケンスへの対応)など

5. 開発状況

5.1 RAPIS-1進捗状況

▶ PFM作業状況

- 平成30年4月 システムPFM組立開始
- 平成30年6月 機械環境試験終了
- 平成30年7月 電磁適合性試験終了
- 平成30年8月 End to End 試験(1)終了
- 平成30年9月 熱真空試験終了
- 平成30年10月 End to End 試験(2)終了
- 平成30年11月 最終電気性能試験終了
- 平成30年11月 開発完了審査
内之浦出荷
- 平成30年12月 推薬充填・加圧
ロケットへ引き渡し



衛星インテグレーション



音響試験



残留磁気測定試験



質量特性試験



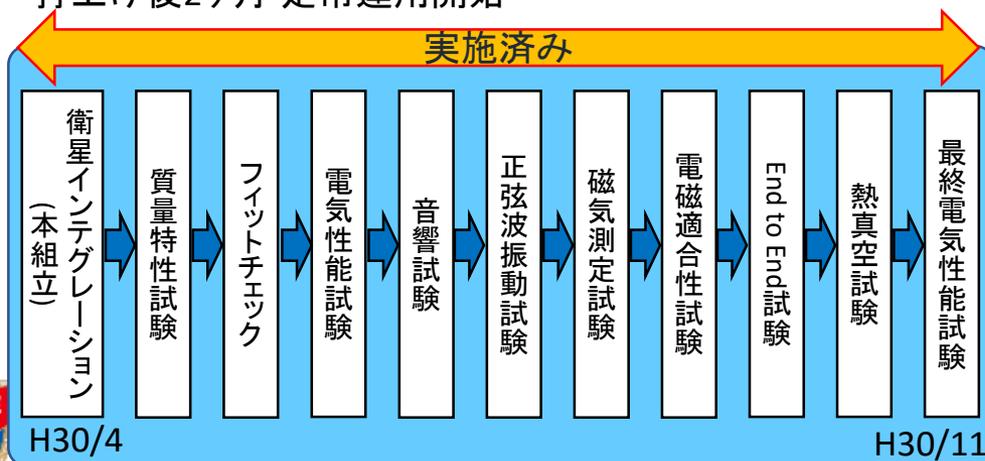
正弦波振動試験



電磁適合性試験

▶ 今後の予定

- 平成31年1月 打上げ
- 打上げ後1ヶ月 初期段階運用
- 打上げ後2ヶ月 定常運用開始



熱真空試験



出荷



PAFフィットチェック



5.2 超小型衛星・キューブサット進捗状況

▶ 作業状況 以下の審査・確認を完了。

- 平成29年5月～7月 安全審査フェーズ 0/I
- 平成30年3月～5月 安全審査フェーズ II
- 平成30年7月～11月 安全審査フェーズ III
- 平成30年9月～10月 ロケット適合性確認
- 平成30年12月 衛星系射場搬入・作業

RAPIS-1を含む、全ての超小型衛星・キューブサットは射場搬入・作業を完了した。



参考 2号機の準備状況について

- (1) 8月に2号機向けのテーマ公募受付を締め切り、計33件の応募を得た。
- (2) 9月から11月にかけて選定評価を実施し、12月12日にその結果を公表した。その件数ならびに選定数は下表のとおり。
- (3) 今後、これら実証テーマを搭載する小型実証衛星2号機の開発ならびにイプシロンロケットに対応する搭載構造の開発に着手する。

| 分類 | 2号機の公募・選定結果 | | (参考)1号機公募・選定結果 | |
|---------|-------------|------|----------------|------|
| | 応募数 | 選定結果 | 応募数 | 選定結果 |
| 部品 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| コンポーネント | 13 | 7 | 16 | 7 |
| 超小型衛星 | 8 | 3 | 5 | 3 |
| キューブサット | 10 | 4 | 9 | 3 |
| 計 | 33 | 15 | 32 | 14 |

(注)応募・選定数はJAXAからの提案を含む。また、1号機選定結果は後の追加選定および辞退のあったものを含む

