

イプシロンロケット6号機の打上げについて

令和4(2022)年10月5日
宇宙航空研究開発機構

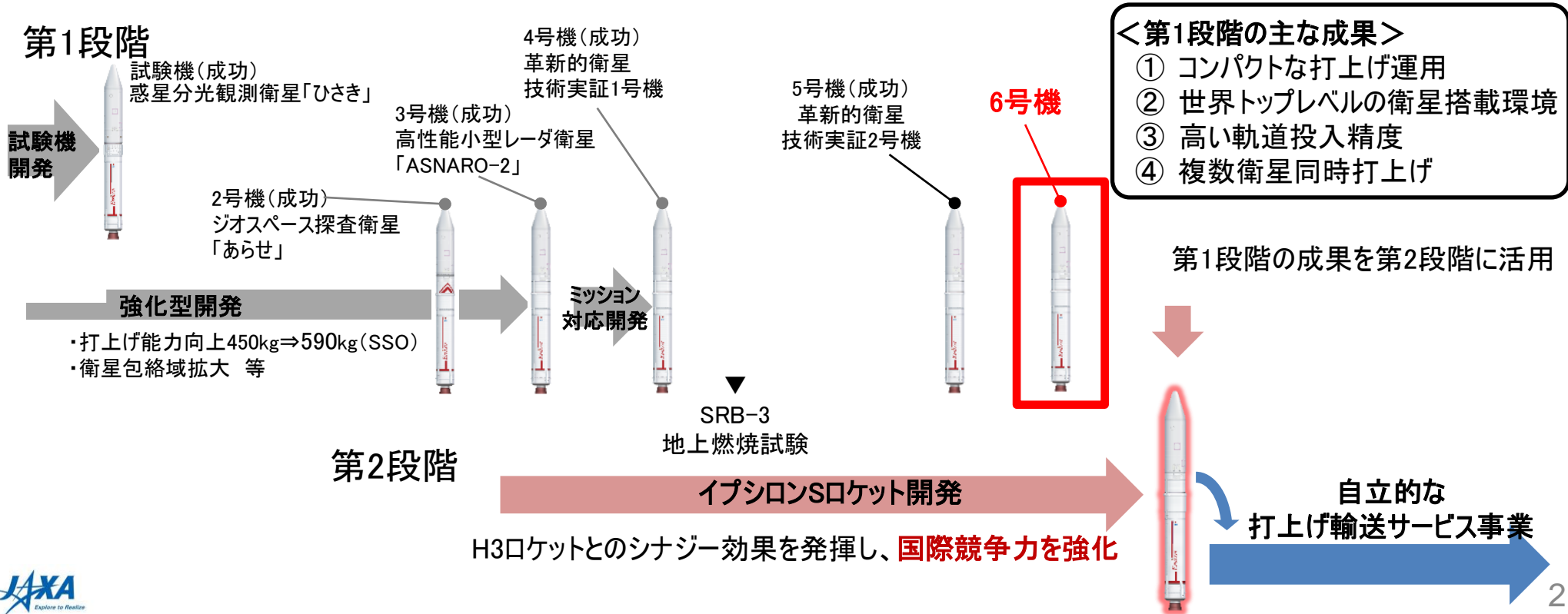
理事 布野 泰広

イプシロンロケットプロジェクトチーム プロジェクトマネージャ 井元 隆行

1. イプシロンロケット6号機について

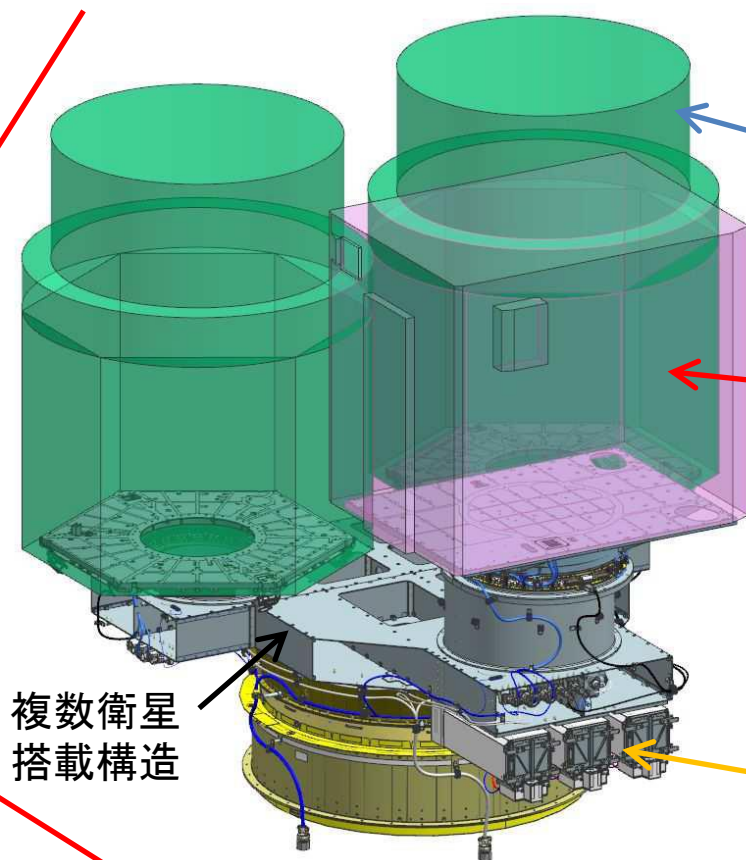
- 小型衛星打上げ手段早期獲得・固体ロケット空白期間極小化のため2段階の開発を推進。
 - 第1段階: **M-V及びH-IIAで培った技術を最大限活用**し、5号機までの打上げに成功
 - 第2段階: H3ロケットとのシナジー効果を発揮して**国際競争力を強化**
- 6号機は第1段階の開発成果を適用した最終号機。第2段階(イプシロンSロケット)開発中。

FY2013	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017	FY2018	FY2019	FY2020	FY2021	FY2022~
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------



1. イプシロンロケット6号機について

- イプシロンロケット6号機は革新的衛星技術実証3号機(6基)と受託衛星(2基)を打ち上げる。
- QPS-SARは株式会社IHIエアロスペース(以下、IA)より打上げを受託。これに対応した複数衛星搭載構造をIAが開発。



複数衛星
搭載構造

◆受託衛星2基

- ①QPS-SAR-3
- ②QPS-SAR-4

◆小型実証衛星3号機(RAISE-3)

◆キューブサット5基(※)

- ①MITSUBA(九州工業大学)
- ②WASEDA-SAT-ZERO(早稲田大学)
- ③MAGNARO(名古屋大学)
- ④KOSEN-2(米子工業高等専門学校)
- ⑤FSI-SAT(未来科学研究所)

©IHI AEROSPACE Co., Ltd.

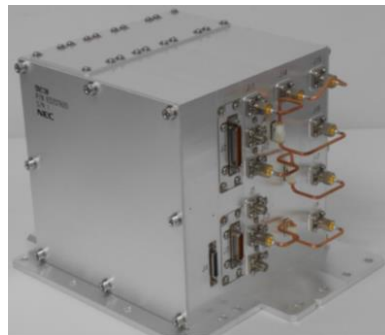
フェアリング内部

衛星搭載形態

(※)1U 2基、2U 2基、3U 1基の計5基

1. イプシロンロケット6号機について

- イプシロンロケット6号機は強化型最終号機として、以下の特徴を有する。
 - ① イプシロンSロケットの打上げ輸送サービス事業者として選定されたIAの主体性を発揮させる取り組みを進め、段階的かつ着実な民間移管を推進(打上げ実施者はJAXA)。
 - ✓ 具体的には、これまでJAXAが行ってきた発射整備作業およびパイロードインテグレーション作業をIAの請負範囲に拡大し、打上げ直前までのロケット系準備をIA主体の作業に変更。
 - ✓ Y-0リハーサルまでの準備作業において、上記体制のもとで良好に作業を完了。
 - ② イプシロンSロケット適用に向けて開発中の「冗長複合航法システム(RINS*)」の飛行実証を実施。
 - ✓ RINSはロケットの位置・速度を計測する機器。イプシロンSとH3で共通的に搭載予定。
 - ✓ 民生部品を使用し、冗長回路技術により放射線耐性を高め、低コスト化を図る。
 - ✓ イプシロンロケット6号機に飛行実証用のRINSを搭載し、実飛行環境下での機能・性能を実証。
- (*) RINS: Redundant Integrated Navigation System



RINS構成品の一部(左:搭載計算機、右:センサユニット)

※写真はいずれも飛行実証用と同じ設計のエンジニアリングモデル

2. 機体諸元

- 6号機はオプション形態(小型液体推進系(PBS)付)。複数衛星搭載に対応。



項目		機体諸元
全長		26m
直径		最大径: φ2.6
全備質量		96ton
段構成		固体3段式 + PBS
衛星分離		小型実証衛星3号機: Lightband*1、受託衛星: Lightband*2、キューブサット: E-SSOD*3
衛星搭載		複数衛星搭載構造Ⅲ型(IA新規開発)
フェアリング		投棄部: 9187mm、非投棄部: 450mm
PBS	推進薬タンク	φ650 x1基(1液ヒドラジン)
	姿勢制御	PBSスラスト(3軸)
第3段	モータ	KM-V2c (ノズル非伸展)
	推進薬	ポリブタジエン系コンポジット
	姿勢制御	スピン安定
第2段	モータ	M-35 (φ2.6m) (ノズル非伸展)
	推進薬	ポリブタジエン系コンポジット
	姿勢制御	TVC+RCS
第1段	モータ	SRB-A
	推進薬	ポリブタジエン系コンポジット
	姿勢制御	TVC + SMSJ

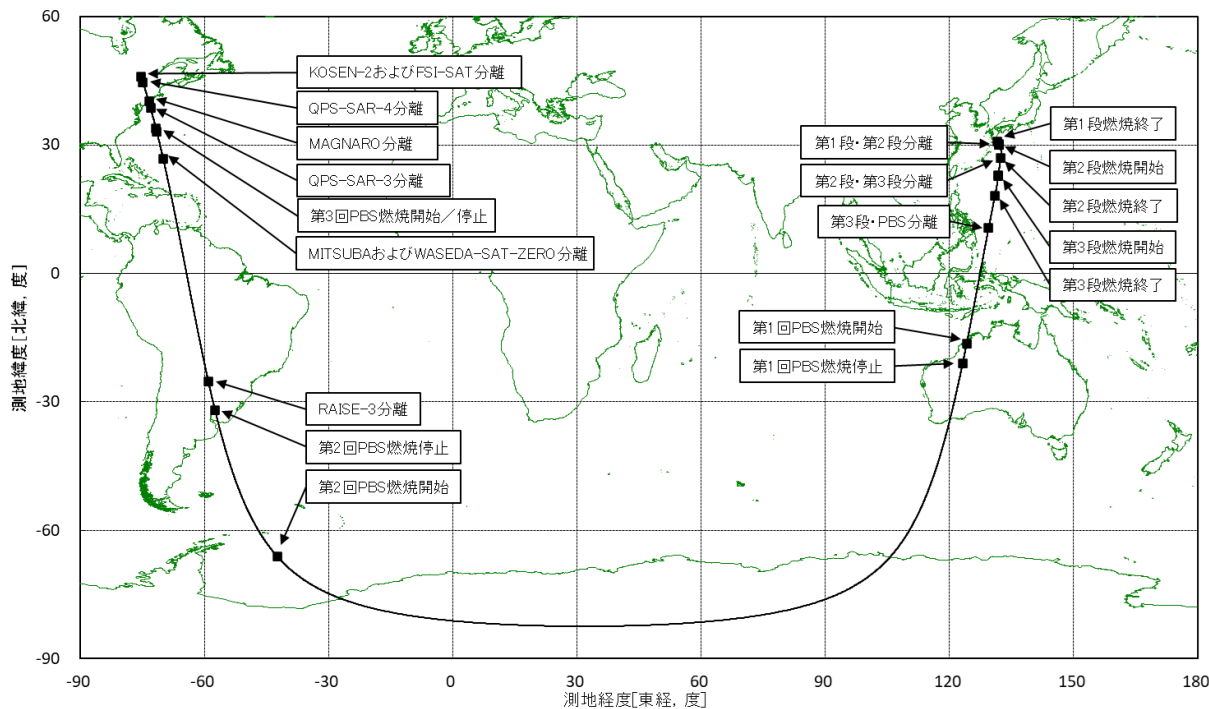
*1) Planetary Systems Corporation社製Lightband® 18.25 inchタイプ、*2) Planetary Systems Corporation社製Lightband® 15 inchタイプ、

*3) キューブサット放出装置(E-SSOD:Epsilon Small Satellite Orbital Deployer)、

3. 飛行経路とシーケンスオブイベント

■ 8基の衛星を太陽同期軌道に投入する。

ロケットの飛行計画



ロケットの飛行経路

事象	打上後経過時間			高度*** km	慣性 速度 km/s
	時	分	秒		
(1) リフトオフ	00	00	0	0	0.4
(2) 第1段 燃焼終了*	01	48	108	70	2.3
(3) 衛星フェアリング分離	02	31	151	115	2.1
(4) 第1段・第2段分離	02	41	161	123	2.1
(5) 第2段 燃焼開始	02	45	165	126	2.1
(6) 第2段 燃焼終了*	04	54	294	202	4.8
(7) 第2段・第3段分離	06	30	390	237	4.7
(8) 第3段 燃焼開始	06	34	394	237	4.7
(9) 第3段 燃焼終了*	08	02	482	232	7.9
(10) 第3段・PBS**分離	09	54	594	235	7.9
(11) 第1回PBS 燃焼開始	16	33	993	277	7.8
(12) 第1回PBS 燃焼停止	17	44	1064	288	7.8
(13) 第2回PBS 燃焼開始	41	24	2484	554	7.5
(14) 第2回PBS 燃焼停止	50	46	3046	572	7.6
(15) RAISE-3分離	52	35	3155	570	7.6
(16) MITSUBAおよび WASEDA-SAT- ZERO分離	1 06	30	3990	570	7.6
(17) 第3回PBS 燃焼開始	1 08	11	4091	572	7.6
(18) 第3回PBS 燃焼停止	1 08	26	4106	572	7.6
(19) QPS-SAR-3分離	1 09	43	4183	574	7.6
(20) MAGNARO分離	1 10	06	4206	574	7.6
(21) QPS-SAR-4分離	1 11	19	4279	575	7.6
(22) KOSEN-2および FSI-SAT分離	1 11	42	4302	576	7.6

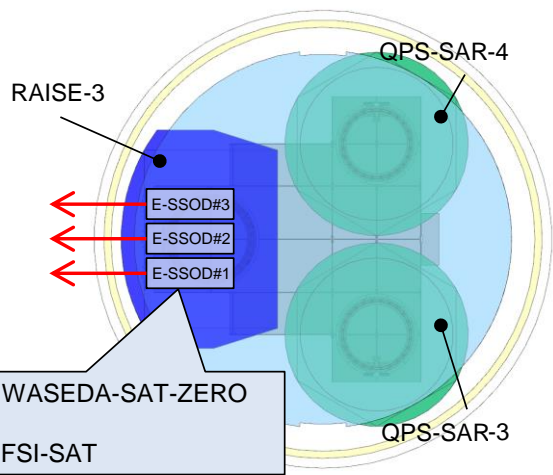
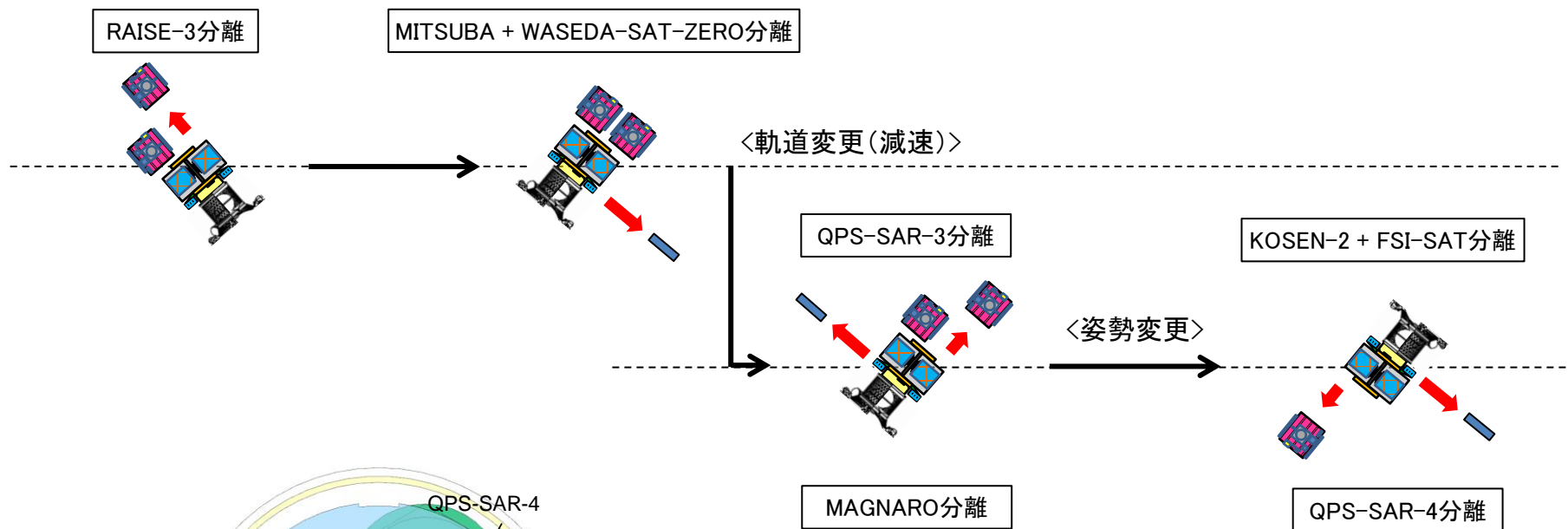
*) 燃焼室圧力最大値の5%時点

***) PBS(Post Boost Stage):小型液体推進系

***) 直下点での高度

3. 飛行経路とシーケンスオブイベント

- 小型実証衛星3号機 (RAISE-3) 分離後、受託衛星 (QPS-SAR) とキューブサットを順次分離する。
- 衛星相互の衝突回避のため、PBSにより姿勢と軌道を制御。



- #1: MITSUBA+WASEDA-SAT-ZERO
- #2: MAGNARO
- #3: KOKEN-2+FSI-SAT

TOP VIEW

4. 打上げ準備状況

- 5月24日に1段モータを射場に搬入し、各段作業、全段作業、Y-0リハーサルを完了。
- 10月7日に内之浦宇宙空間観測所から打ち上げる予定。

【作業場所】

M組立室



複数衛星結合 (~9/8)

1段射座据付 (8/25)

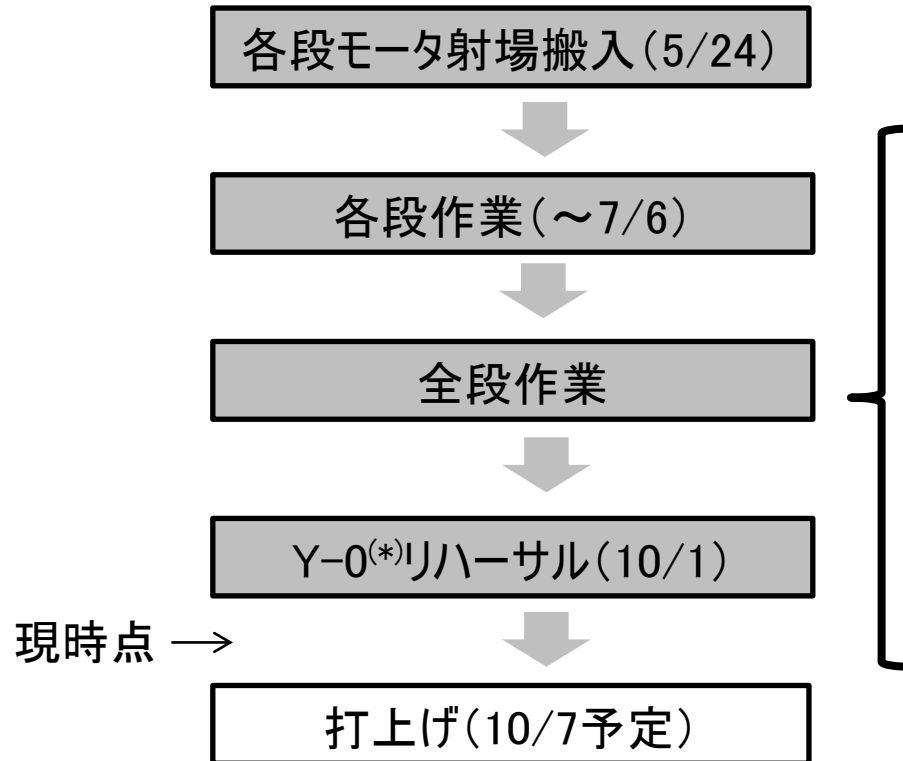
1段/2段結合 (8/25)

頭胴部結合 (9/16)

全段点検 (~9/28)



M整備塔



(*)Y-0: 打上げ当日

4. 打上げ準備状況

1段モータ輸送・搬入の状況



各段作業の状況



水切り



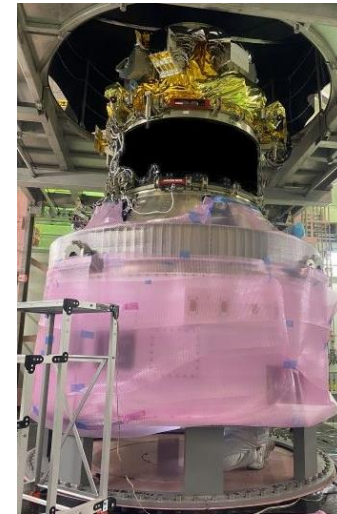
陸上輸送



M組立室搬入



2段



3段・PBS



フェアリング



1段



全段作業

4. 打上げ準備状況

1段VOS*1

(*1)1段射座据付

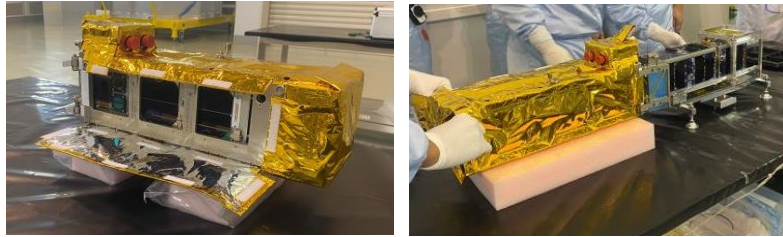
2段VOS*2

(*2)1段/2段結合



4. 打上げ準備状況

キューブサット収缶



RAISE-3・QPS-SAR-3/-4搭載



フェアリング結合



頭胴部VOS*3

(*3)頭胴部結合



4. 打上げ準備状況

Y-0リハーサルの様子



5. まとめ

- イプシロンロケット6号機の主な特徴は以下の通り。
 - ✓ 革新的衛星技術実証3号機(6基)と受託衛星(2基)の打上げ
 - ✓ 強化型イプシロンロケット最終号機
 - ✓ 段階的かつ着実な民間移管の取り組みを推進
 - ✓ 冗長複合航法システム(RINS)の飛行実証
- イプシロンロケット6号機の状況と今後の予定は以下のとおり。
 - ✓ 各段を内之浦宇宙空間観測所に搬入、点検し、全段作業を完了した。
 - ✓ Y-0リハーサルを実施し、打上げ当日の一連の作業を確認した。
 - ✓ 今後、カウントダウン作業を進め、打上げを行う。
 - ✓ なお、作業を進めるにあたっては下記に示す措置を徹底し、新型コロナウイルス感染拡大防止に努めている。

(内之浦宇宙空間観測所における主な感染拡大防止策)

- ・マスク着用や不要不急の外出の自粛、毎日の検温等の基本動作の徹底
- ・Web会議の活用、執務室の換気、出張等に伴う移動回数最小化
- ・ドアノブ・スイッチなどの不特定多数が接触する共用部を定期的に消毒
- ・地元の方々に打上げに関し協力いただく際にも、密にならないような工夫を行う

(参考)

これまでの主な成果

① コンパクトな打上げ運用(発射管制、点検)



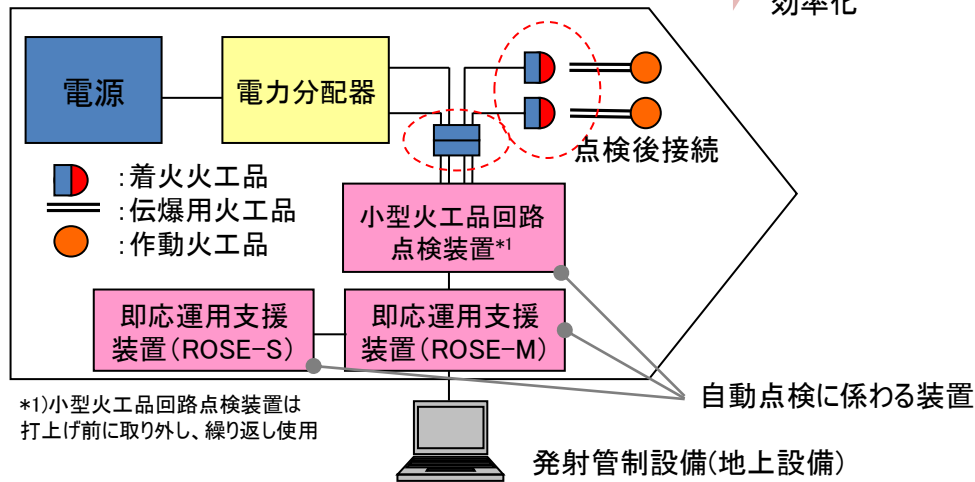
M-Vロケット打上げ時
約60人



イpsilonロケット打上げ時
発射管制オペレータ6人

自動点検: 手順実行、閾値判定、記録等を自動で行う

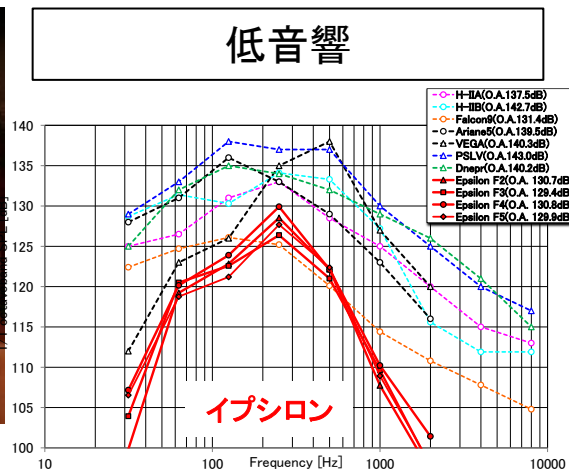
点検作業や発射管制作業の
効率化



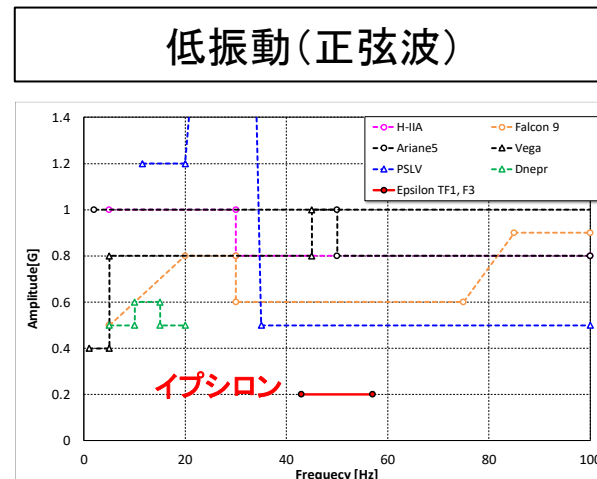
② 世界トップレベルの衛星搭載環境



低音響



低振動(正弦波)



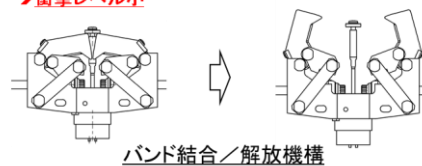
これまでの主な成果

② 世界トップレベルの衛星搭載環境(つづき)

低衝撃(衛星分離)



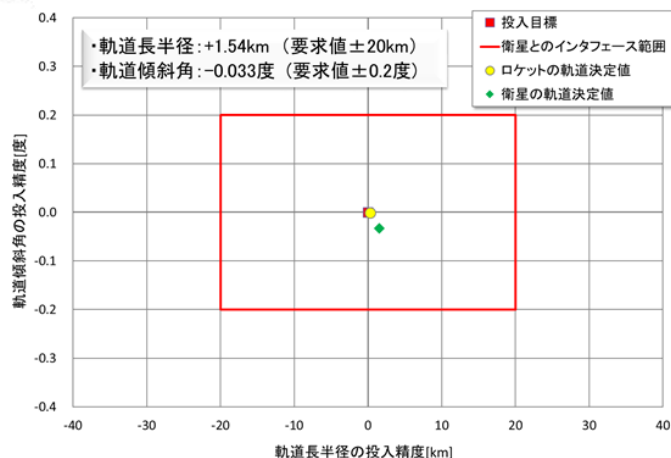
非火工品デバイスをトリガとし、リンクによりボルト拘束解除
→衝撃レベル小



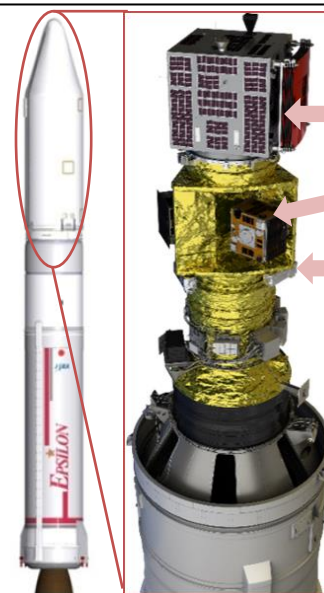
③ 太陽同期軌道投入、高い軌道投入精度



強化型イプシロンロケット
小型液体推進系(PBS)








④ 複数衛星同時打上げ (4号機・5号機に適用)



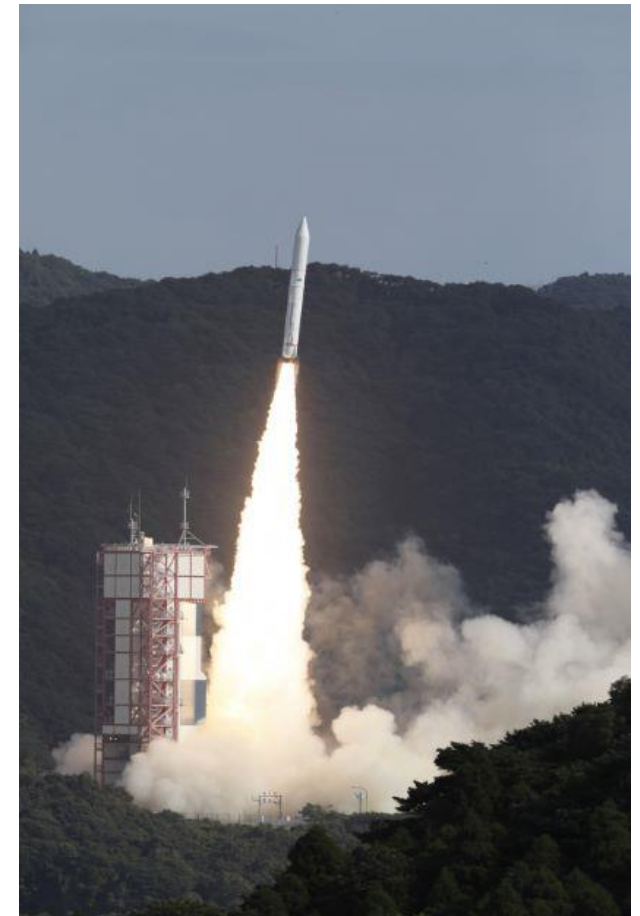
- 7衛星搭載
- 200kg級 × 1
- 60kg級 × 3
- Cubesat × 3 (1U/2U/3U)

イプシロンロケット4号機

試験機	2号機(強化型)	3号機(強化型)	4号機(強化型)	5号機(強化型)
オプション形態(PBS有) 打上げ:2013年9月14日 14:00:00(JST)	基本形態(PBS無) 打上げ:2016年12月20日 20:00:00(JST)	オプション形態(PBS有) 打上げ:2018年1月18日 06:06:11(JST)	オプション形態(PBS有) 打上げ:2019年1月18日 09:50:20(JST)	オプション形態(PBS有) 打上げ:2021年11月9日 09:55:16(JST)
				
衛星:ひさき(SPRINT-A) 投入軌道 高度:約950×1150km 傾斜角:約31度	衛星:あらせ(ERG) 投入軌道 高度:約220×33200km 傾斜角:約32度	衛星:ASNARO-2 投入軌道 高度:約505km 傾斜角:97.4度 <受託衛星> <太陽同期軌道>	衛星:RAPIS-1他、計9基 投入軌道 高度:約500km 傾斜角:97.2度 <複数衛星打上げ>	衛星:RAISE-2他、計9基 投入軌道 高度:約560km 傾斜角:97.6度 <複数衛星打上げ>

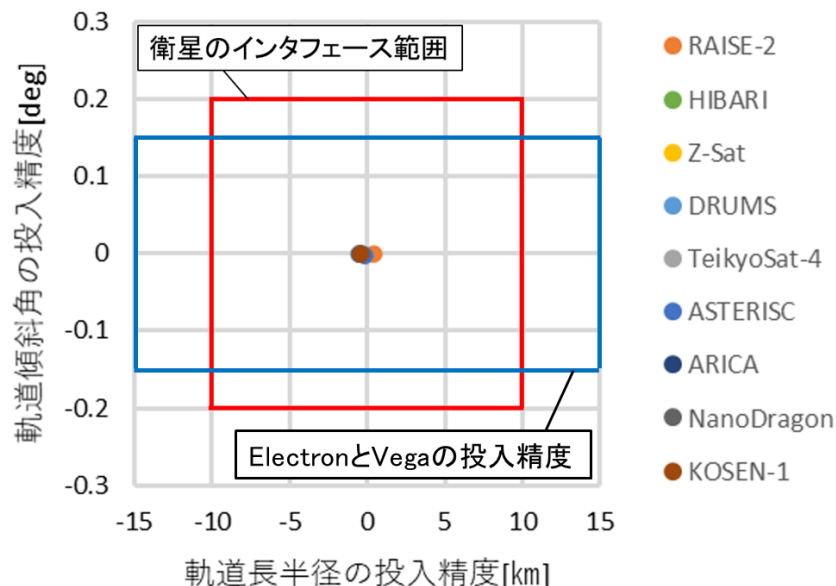
5号機の打上げ結果

- 革新的衛星技術実証2号機(9基構成)を搭載したイプシロンロケット5号機を2021年11月9日9時55分16秒(日本標準時)に内之浦宇宙空間観測所から打上げ、全ての衛星を正常に分離し、所定の軌道に投入した。
- イプシロンロケット5号機の特徴
 - イプシロンロケット最多となる9基の衛星を打ち上げ
- 搭載衛星
 - 小型実証衛星2号機: RAISE-2
 - 超小型衛星: HIBARI、Z-SAT、DRUMS、TeikyoSat-4
 - キューブサット: ASTERISC、ARICA、NanoDragon、KOSEN-1



5号機の打上げ結果

- 革新的衛星技術実証2号機(9基)を高い軌道投入精度で太陽同期軌道に投入した。



RAISE-2投入軌道誤差(代表例)

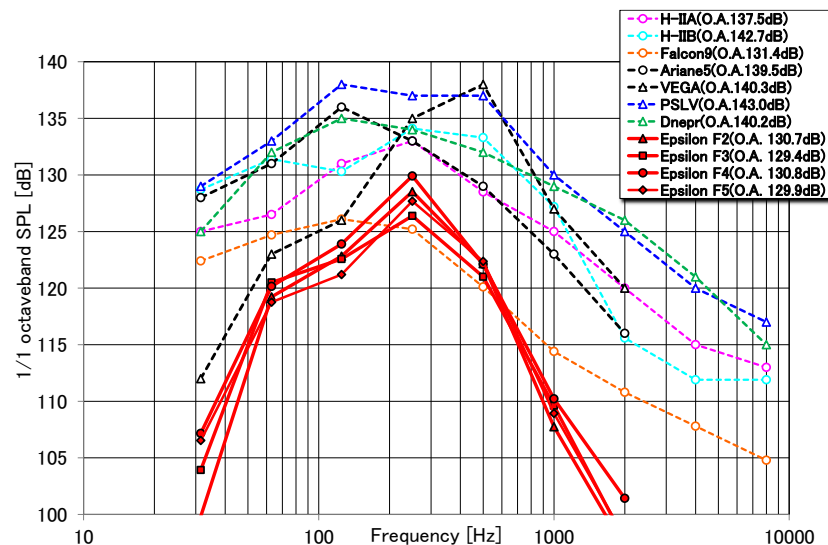
- ✓ 軌道長半期誤差: +0.43km
(インタフェース値±10km)
- ✓ 軌道傾斜角誤差: -0.012deg
(インタフェース値±0.2deg)

※ 機体の慣性センサ(IMU)から算出した値

※ 各衛星とロケットのインタフェース(軌道長半径、離心率等)を9基個別に定め、高精度で投入した。

- コンパクトな打上げ運用(発射管制、点検)、及び世界トップレベルの衛星搭載環境(音響、振動、衝撃)等の技術成果を発揮。

- 各衛星の開発機関からのご意見として、「機械環境条件は非常にユーザフレンドリ」、「非常に精度の良い衛星放出が実現できている」等のユーザ満足度の高いコメントを頂いた。



衛星搭載環境の例(音響)