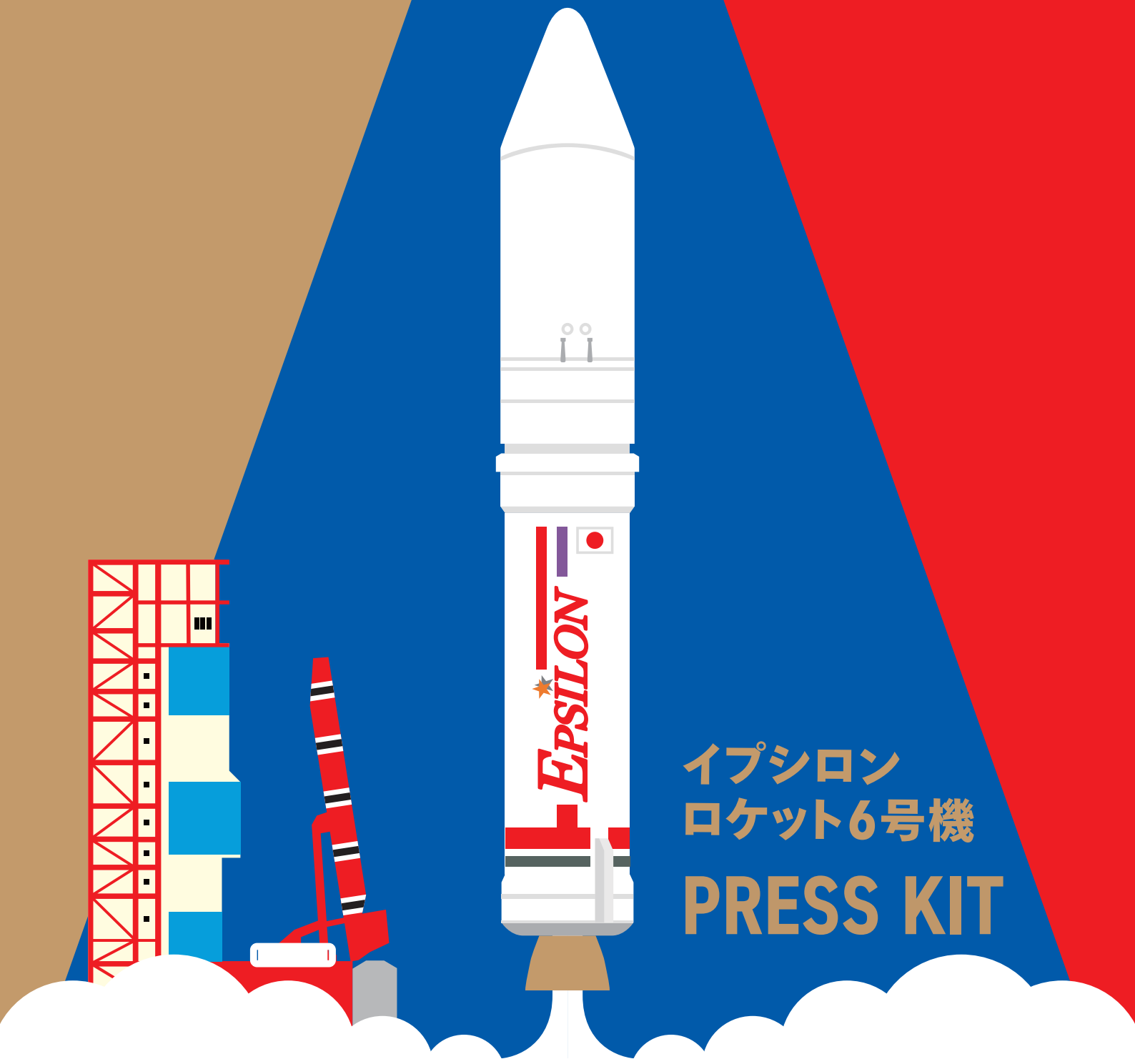
EPSILON
LAUNCH VEHICLE



イプシロン
ロケット6号機

PRESS KIT

目次

1　イプシロンロケットとは 02

1-1　イプシロンロケット 02

1-2　イプシロンの特徴 03

1-3　イプシロンが目指すもの 03

2　イプシロンロケットの成り立ち 04

2-1　「伝統を受け継ぎ、革新を続ける」 04

3　イプシロンロケットの概要 06

3-1　主要諸元（強化型） 07

3-2　強化型イプシロンの打ち上げ能力 08

3-3　射場設備 08

3-4　打ち上げ実績・予定 09

4　試験機開発 10

4-1　ロケットを打ち上げる「仕組み」の改革 10

4-2　試験機打ち上げ 11

5　強化型開発（2 ～ 3 号機） 12

5-1　第 2 段機体の改良 12

5-2　構造の改良 13

5-3　電子機器の改良 13

5-4　低衝撃型衛星分離機構 14

5-5　PBS の改良 15

6　4 号機開発と複数衛星搭載構造 16

6-1　地上レーダーによる追跡の不要化 17

7　5 号機ミッションとペイロード /6 号機ミッションとペイロード 17

7-1　5 号機ミッション 17

7-2　5 号機に搭載する衛星 18

7-3　6 号機ミッション 19

7-4　6 号機に搭載する衛星 19

8　イプシロン S プロジェクトと今後の展望 20

8-1　イプシロン S 20

8-2　特徴 20

8-3　名前の意味 21

1 イプシロンロケットとは

1-1 イプシロンロケット

イプシロンロケットは、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が主導し開発した、新世代のロケットで、機動性・運用性に優れる固体ロケット技術を採用している。

日本の宇宙輸送の自律性を担う基幹ロケットのひとつに位置づけられており、宇宙科学、探査、地球観測などのミッションを行う小型衛星の打ち上げ能力を日本独自に確保する上で重要な役割を果たしている。また、商業打ち上げビジネスへ参入し、国内外の小型衛星に対し、安価で効率的な打ち上げ機会を提供することも目指している。

開発にあたっては「伝統を受け継ぎ、革新を続ける」というモットーを掲げた。日本の主力大型ロケット「H-IIA」や、引退した固体ロケット「M-V」といった、日本が長年つちかってきたロケット技術を活用することで、短期間・低コストで信頼性の高いロケットを実現した。
さらに、これまで「特別」だった宇宙の敷居を下げ、誰もが積極的に宇宙を使える時代を目指し、「世界一コンパクトな打ち上げシステム」による組み立て・点検などの運用の効率化や、衛星の軌道投入精度の向上など、新たな技術の導入によってユーザーフレンドリーなロケットにもなっている。

2013 年 9 月には、内之浦宇宙空間観測所（鹿児島県）から「試験機」の打ち上げに成功。その後、機体性能を最適化した「強化型」を開発し、2016 年度から運用を開始。2017 年度と 2018 年度にも打ち上げに成功した。試験機と強化型を合わせ、これまでに 4 機すべての打ち上げに成功しており、今回が 5 号機となる。

そして現在、国際競争力の強化を目指した「イプシロン S」の開発も進んでいる。

イプシロンは M-V や H-IIA といった既存のロケットの技術を活用して開発した

1-2 イプシロンの特徴

小型の衛星の打ち上げに特化

イプシロンの全長は約 26.0m、直径は 2.6m で、ちょうど大型の観光バスを縦に 2 台並べたのと同じくらいの大きさである。これはロケットの中では「小型」に分類される。

近年、電子部品の小型化・集積化といった技術進展を背景に、人工衛星の小型化が進み、かつては数 t 規模のものが多かったが、近年では一般的には 1t から 100kg 級の小型衛星、100kg ～ 1kg 級の超小型衛星といった、小さな衛星が登場し、宇宙ビジネスや宇宙科学、月・惑星探査などの分野で活躍している。

それにともない、小型の衛星の打ち上げ需要が国内外でも高まりを見せており、イプシロンのような小型の衛星を打ち上げることに特化した小型のロケットのニーズが高まっている。

日本が誇る固体ロケット

もうひとつの特徴は、「固体推進剤」を用いて飛ぶロケットということである。

固体推進剤とは、ロケットの推進剤（燃料と酸化剤）が固体（固形）であるという意味で、液体の推進剤を使うロケットと比べ、同じ大きさで比べるとより大きな推力（パワー）を出すことができ、また構造が簡素で信頼性が高く、長期保存もできるといった特長がある。ただし、効率は液体ロケットより劣り、また噴射を途中で止めたり推力を変えたりなどのコントロールをすることもできないという短所もある。

日本の固体ロケットは、1955 年に東京大学生産技術研究所（当時）の糸川英夫らが開発した「ペンシル」ロケットに始まる、60 年以上にわたる技術の蓄積により、高い性能と信頼性、そして伝統を築いた。その技術の集大成として、イプシロンが開発された。

1-3 イプシロンが目指すもの

世界一コンパクトな打ち上げシステム

自動点検装置などの導入により、数名のオペレーターと PC のみで発射オペレーションが完結する「モバイル管制」を実現。組み立て・点検などの運用を効率化するとともに、人為的ミスの回避にも役立っている。

世界トップレベルの衛星搭載環境

イプシロンではこれまでの固体燃料ロケットと比べ、打ち上げ時にかかる音響や振動を低減、また衛星分離時にかかる衝撃も新開発の「低衝撃型衛星分離機構」によって抑制した。この低衝撃型衛星分離機構は 3 号機、4 号機で実証され、衛星にとって乗り心地のいいロケットとなった。

衛星の軌道投入精度の向上

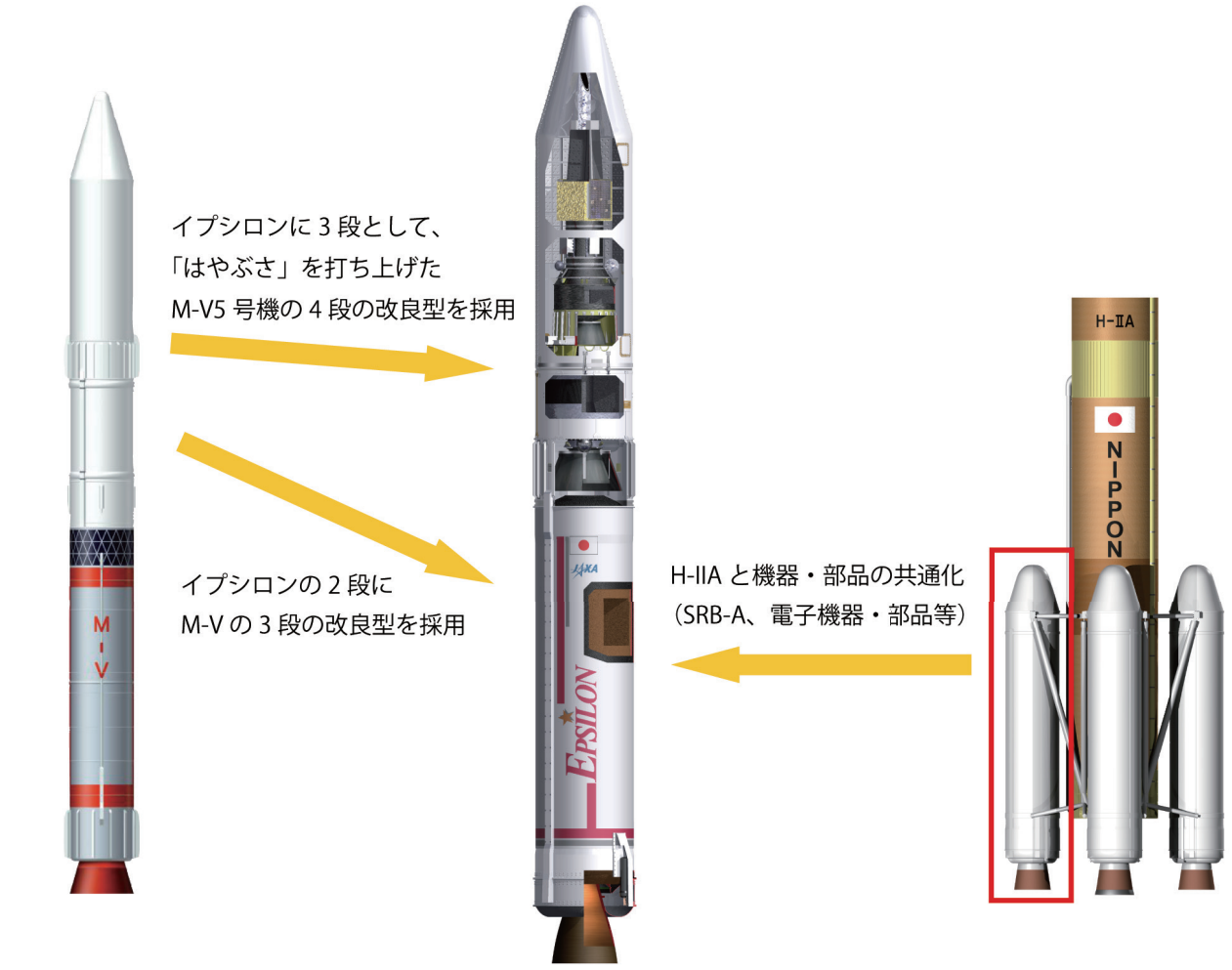
小型液体推進システム（PBS、ポスト・ブースト・ステージ）をオプションとして搭載することで、液体ロケット並みの軌道投入精度（高度誤差 ± 20km）を実現した。

複数衛星同時打ち上げ

増加する小型・超小型衛星の打ち上げ需要に対応するため、複数の衛星を同時に打ち上げられるシステムとして、「複数衛星搭載構造（ESMS）」や「キューブサット放出装置（E-SSOD）」を開発。ただ打ち上げるだけでなく、各衛星の要求ごとに正確に軌道投入する技術も確立した。

2 イプシロンロケットの成り立ち

2-1 「伝統を受け継ぎ、革新を続ける」



イプシロンは M-V や H-IIA といった既存のロケットの技術を活用して開発した

イプシロンの検討は 2006 年度から始まり、2010 年度に正式に開発が決定。2013 年度に試験機の打ち上げを迎えた。

開発にあたっては「伝統を受け継ぎ、革新を続ける」というモットーを掲げ、2 段階に分けて実施。第 1 段階では、小型衛星の打ち上げ手段の早期獲得と、固体ロケットが存在しない空白期間を最小限にするため、「M-V」と「H-IIA」という既存のロケット技術を活用して開発を進めた。2013 年度に打ち上げた試験機を経て、2 号機、3 号機では強化型を開発に取り組み、5号機までの打ち上げに成功した。

現在進行中の第 2 段階では、並行して開発中の次期大型基幹ロケット「H3」とのシナジー効果を発揮し、国際競争力を強化を目指した開発を行っている。

M-V

M-V は、宇宙科学研究所（2006 年 10 月より JAXA に統合）が 1997 年度から 2006 年度まで運用していた固体ロケットで、宇宙や天体を観測する天文衛星や、小惑星探査機「はやぶさ」をはじめとする惑星探査機を打ち上げた。その性能の高さから「世界最高水準の固体燃料ロケット」として高く評価された。
しかし、性能最適化を追求した結果、機体や打ち上げ費用が割高となり、運用性・整備性・耐候性に対して最適化がなされていない等の課題が指摘され、2006 年度に運用を終了した。
イプシロン試験機では、第 2 段機体として M-V の第 3 段機体の改良型を使用。また試験機、強化型ともに、第 3 段機体には「はやぶさ」を打ち上げた M-V 5 号機の第 4 段機体の改良型を使用し、開発の短期間化、低コスト化を図った。

2006年9月に運用を終えたM-Vロケット

H-IIA

H-IIA は、宇宙開発事業団（現 JAXA）が開発した大型の液体ロケットで、現在は三菱重工業株式会社による運用のもと、主に大型の人工衛星や月・惑星探査機などの打ち上げに利用されている。2001 年度に試験機 1 号機を打ち上げ、2003 年度には 6 号機が打ち上げに失敗したものの、7 号機以降は連続で成功。これまでに 45機中 44 機が打ち上げに成功しており、成功率は 97.8％という高い水準を誇る。
イプシロン試験機では、H-IIA の固体ロケットブースター（SRB-A）を、改造したうえで第 1 段機体として使用しているほか、電子機器や部品なども共通化し、開発の短期間化、打ち上げの低コスト化を図った。

日本の大型液体ロケット H-IIA

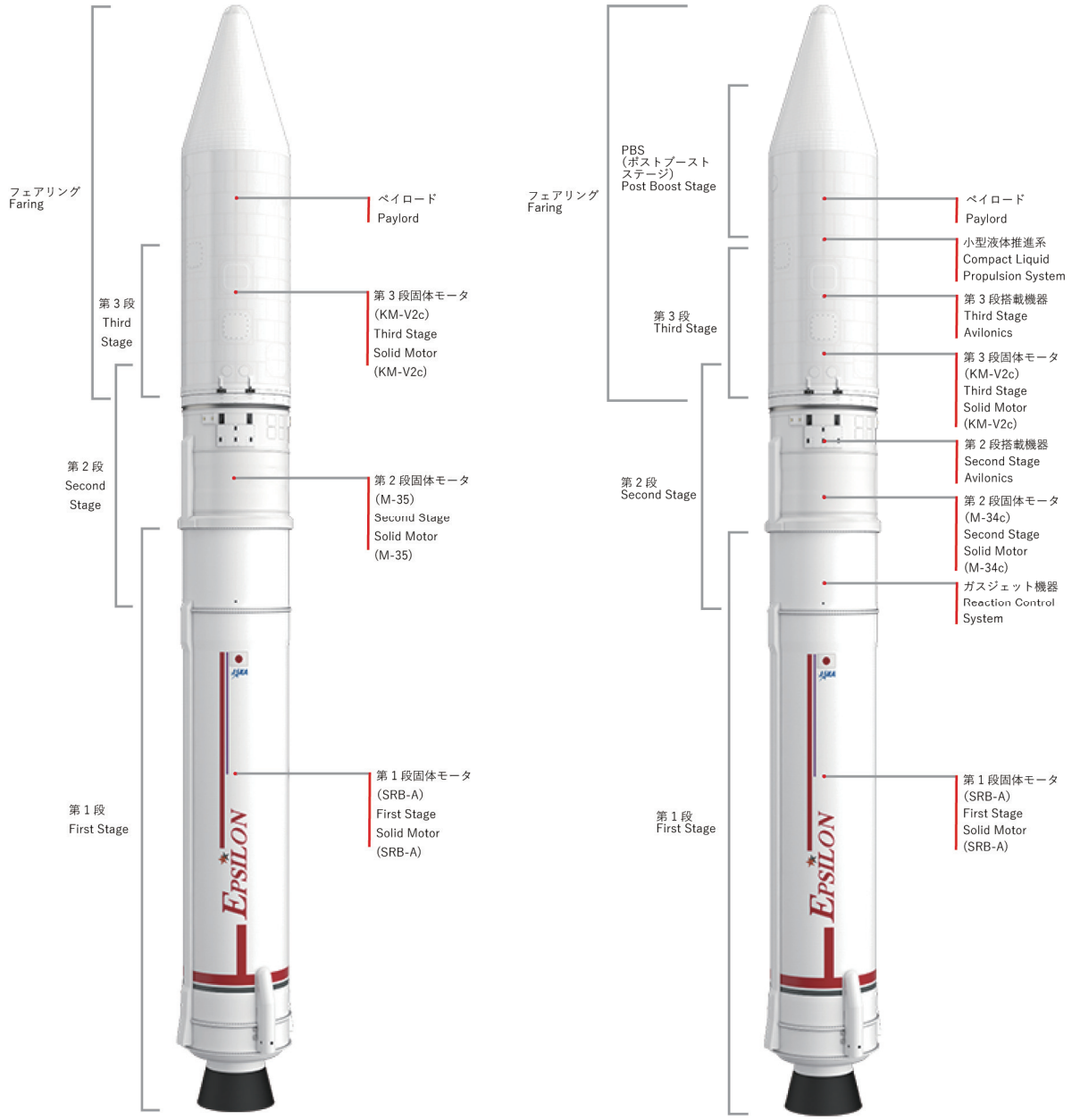
H3ロケット

H3 は JAXA と三菱重工業株式会社が開発している、次世代の大型液体ロケット。H-IIA、H-IIB がもつ打ち上げ能力を継承し、日本の宇宙輸送の自律性を確保し続けるとともに、打ち上げコストの低減や打ち上げ頻度の向上などにより、国際競争力を高めることも目指している。初打ち上げは 2022年度に予定する。

H-IIA とイプシロン試験機、強化型の関係と同じく、H3 の固体ロケットブースター「SRB-3」と、イプシロン S の第 1 段機体を共通化。電子機器や部品なども共通化し、シナジー効果による開発の短期間化、打ち上げの低コスト化を図る。

H-IIA/B ロケットの後継機として開発中の H3 の CG 画像

3 イプシロンロケットの概要



イプシロンロケットの各段の概要

イプシロンは 3 段式の固体ロケットを基本形態とし、3 段目の上に軌道投入精度を高めるための「ポスト・ブースト・ステージ（PBS）」を搭載する「オプション形態」もある。

また PBS には、オプションで簡易な液体ロケットエンジン 1 基を装備でき、第 3 段の燃焼中に加速方向の修正を行うことで、軌道投入誤差を低減する「ラムライン制御」を行うことができる。これにより、PBS に搭載する燃料を節約でき、打ち上げ能力を約 30kg 向上させることができる。なお、打ち上げ能力に余裕がある場合などには搭載しないという選択もできる。

さらにオプション形態には、複数の衛星を搭載して打ち上げ、軌道への投入を行うための分離機構を装着することもできる。

3-1 主要諸元（強化型）

●全長……約 26.0m
●直径……2.6m
●全備質量……約 95.4t（基本形態）、約 95.7t（オプション形態）
●衛星包絡域……約 5.4m

各段					
	第 1 段	第 2 段	第 3 段	PBS	フェアリング
	SRB-A3	M-35	KM-V2c		
全長 [m]	11.7	4.3	2.3	1.2	11.1
直径 [m]	2.6	2.6	1.4	1.5	2.6
全備質量 [t]	75.0	17.0	3.3	0.1	1.0
推進剤質量 [t]	66.3	15.0	2.5	0.1	-
推力 [kN]	2271	372	99.8	0.4	-
燃焼時間 [s]	116	140	90	1100	-
推進剤	固体				
HTPB*1	固体				
HTPB	固体				
HTPB	ヒドラジン				
一液式	-				
比推力 [s]	284	300	301	215	-
姿勢制御方式	TVC*2				
SMSJ*3	TVC				
RCS*4	スピン	スラスター	-		
備考	H-IIA の固体ロケットブースターを改造したうえで活用	新規開発	・「はやぶさ」を打ち上げた M-V 5 号機の第 4 段機体の改良型	・オプションで第 3 段の燃焼中に加速方向の制御を行うラムライン制御系を搭載可 ・フェアリング内に収容	

*1 HTPB……燃料に HTPB（末端水酸基ポリブタジエン）を使ったコンポジット推進剤のこと
*2 TVC……Thrust Vector Control の略で、ロケットの燃焼ガスの向き（推力の向き）を変えることによってロケットの姿勢を制御する仕組みのこと
*3 SMSJ……固体モーターサイドジェットのこと。第 1 段機体の後部の外壁上の対称位置に 2 基ついている小さな固体モーターで、ロケットの飛行時に、燃焼ガスを吹き出しながら、機体中心軸回りの回転方向の姿勢制御を行う装置
*4 RCS……Reaction Control System の略で、スラスター（小型のロケットエンジン）から発生する推力でロケットの姿勢を制御する装置。ガスジェット装置とも

3-2 強化型イプシロンの打ち上げ能力

	基本形態	オプション形態
地球低軌道	–	–
太陽同期軌道 （500km × 500km）	–	590kg
長楕円軌道 （約 200km ×約 3 万 km）	365kg 以上	

●地球低軌道……地上から高度数百 km を回る軌道の総称。とくに、射場から真東方向に打ち上げた場合に投入される軌道、すなわちそのロケットの最大能力を指すことが多い

●太陽同期軌道……地球低軌道のひとつで、高度数百 km を南北に回り、なおかつ衛星と太陽の位置関係が常に同じになるように周回できる軌道。衛星の軌道面にあたる太陽からの光の角度が同じ、つまり同一地域を通過する時間（太陽方位角）が同じになり、太陽光の当たる向きが常に一定になる。このため、地表を撮影した画像の解析がしやすくなるという利点があり、地球観測衛星の運用に適している

●長楕円軌道……天文衛星、科学衛星などが打ち上げられる、大きな楕円形の軌道。高度や軌道傾斜角（赤道面からの傾き）は、衛星のミッションなどによって異なる

3-3 強化型イプシロンの打ち上げ能力

内之浦宇宙空間観測所の全景。イプシロンロケットの打ち上げ施設や、34 mアンテナなどが見える

イプシロンは、鹿児島県の南東部、大隅半島にある肝属郡肝付町の内之浦宇宙空間観測所から打ち上げる。

同所は 1962 年に東京大学鹿児島宇宙空間観測所として開設。以来、大小 400 機を超えるロケットを打ち上げ、日本初の人工衛星「おおすみ」や小惑星探査機「はやぶさ」などの数多くの人工衛星や探査機を宇宙へ送り込んできた。

イプシロンの打ち上げを行うにあたっては、種子島宇宙センターから行う案もあったが、比較検討した結果、合理的でかつコスト面においても有利ということで内之浦に決まった。

整備塔や発射装置などの発射施設は先代の M-V のものを流用。ロケットを組み立てる「M ロケット組立棟」も、M-V 時代のものを増改築したうえで流用している。

一方、2013 年度にはイプシロンの発射管制や搭載する人工衛星の管制、射場や海上の監視、気象観測などの打ち上げに必要な作業を行う「イプシロン管制センター」を新設。2015 年度にはイプシロンの射場作業において、ロケット系、衛星系、総務系、企画系の要員が作業する「イプシロン支援センター」を新設した。

地上局

打ち上げ後のロケットの管制や衛星の追跡は、内之浦宇宙空間観測所のほか、種子島、沖縄、オーストラリア、アメリカ、チリ等の国内外の追跡管制局を使用し、衛星分離までのロケットの状態をモニターする。

3-4 打ち上げ実績・予定

ロケット	打ち上げ日時（JST）	軌道	搭載衛星
試験機 （オプション 形態）	2013 年 9 月 14 日 14 時 00 分	近地点高度：約 950km 遠地点高度：約 1150km 軌道傾斜角：31 度	惑星分光観測衛星「ひさき」（SPRINT-A） 質量：約 350kg
2 号機 （強化型、基本形態）	2016 年 12 月 20 日 20 時 00 分	近地点高度：約 300km 遠地点高度：約 33,200km 軌道傾斜角：31 度	ジオスペース探査衛星「あらせ」（ERG） 質量：約 350kg
3 号機 （強化型、オプション形態）	2018 年 1 月 18 日 6 時 6 分	高度：約 500km（SSO）	高性能小型レーダー衛星（ASNARO-2） 質量：570kg
4 号機 （強化型、オプション形態）	2019 年 1 月 18 日 9 時 50 分	高度：約 500km（SSO）	• 小型実証衛星 1 号機（RAPIS-1）質量：約 200kg • マイクロドラゴン（MicroDragon） • 超小型理学観測衛星ライズサット（RISESAT） • 人工流れ星実証衛星「ALE-1」 • 多機能展開膜実証 3U キューブサット OrigamiSat-1 • 月探査技術実証衛星「Aoba VELOX- IV」 • アマチュア通信技術実証衛星「NEXUS」
5 号機 （強化型、オプション形態）	2021 年 11 月 9 日 9 時 55 分	高度：約 560km	• 小型実証衛星 2 号機（RAISE-2）質量：約 110kg • 可変形状姿勢制御実証衛星「ひばり」 • 複数波長赤外線観測超小型衛星　Z-Sat • デブリ捕獲システム超小型実証衛星　DRUMS • 多目的宇宙環境利用実験衛星　TeikyoSat-4 • 宇宙塵探査実証衛星　ASTERISC • 速報実証衛星　ARICA • 高性能 OBC 実証衛　NanoDragon • 木星電波観測技術実証衛星　KOSEN-1

6 号機 （強化型、オプション形態）	2022 年 10月 12 日 （予定）	SSO（予定）	• 小型実証衛星 3 号機（RAISE-3）質量：約 110kg • 編隊飛行技術試験衛星　MAGNARO • 民生用デバイス利用実証衛星　MITSUBA • 海洋観測データ収集 IoT 技術実証衛星　KOSEN-2 • 一体成型技術実証衛星　WASEDA-SAT-ZERO •CubeSat 搭載用超小型マルチスペクトルカメラ実証衛星　FSI-SAT •QPS-SAR-3QPS-SAR-4
イプシロン S 実証機	2023 年度（予定）	SSO（予定）	ベトナム向け地球観測衛星「LOTUSat-1」

4 試験機開発

イプシロンの検討、研究は 2006 年度から始まった。この当時は「次期固体ロケット」と呼んでおり、引退する M-V の後継機として日本の固体ロケット技術を維持し、さらに発展させるために、そして M-V よりも使いやすいロケットにすることを目指し、検討、そして研究開発フェーズを経て、2010 年度に正式に開発がスタートした。

「イプシロン（E）」という名称が決まったのも 2010 年度のことで、「Evolution & Excellence（技術の革新・発展）」「Exploration（宇宙の開拓）」「Education（技術者の育成）」の頭文字に由来している。また、カッパ、ラムダ、ミューといった日本の歴代の固体ロケットと同じく、ギリシア文字を使うという伝統も受け継いでいる。さらに、「良い（いい）ロケット」との語呂合わせや、また先代の M（ミュー）ロケットの”M”を横倒しにすると”E”になるといった、遊び心ある意味合いも込められている。

4-1 ロケットを打ち上げる「仕組み」の改革

試験機（1 号機）の開発では、ロケット機体そのものよりも、ロケットを打ち上げるための運用・設備といった「仕組み」の改革に主眼を置いた。

たとえば、M-V までは、ロケットの搭載機器一つひとつに対応する形で、地上側に点検装置を設置し、打ち上げ前の点検を行うという複雑なシステムになっていた。そこでイプシロンでは、ロケット機体の中に「即応型運用支援装置（ROSE、Responsive Operation Support Equipment）」という新開発の装置を搭載し、搭載機器のデータをすべて ROSE に集約したうえで、地上側にある「発射管制設備（LCS、Launch Control System）」という装置に情報を一本で伝送するシステムを開発。LCS だけで機体の監視や整備を行うことができるようにした。

さらに、各データを点検する際にも、従来は人が見て判断していたが、これを自動化。ある基準に合わせて、その上限、下限のしきい値を超えたときに、自動的に「異常」と判定できるようにした。

こうした、発射管制オペレーションの見直しにより、ロケットを打ち上げる仕組みをシンプルにすることに成功。M-V では打ち上げ時に約 60 人が管制室に詰めて作業を行う必要があったが、イプシロンでは 6 人で打ち上げることができるようになった。

一方、ロケット機体は、H-IIA や M-V という既存のロケット技術を継承することで、短期間・低コストな開発を実現した。たとえば第 1 段機体には H-IIA の SRB-A を改造して使用。また第 2 段機体には M-V の第 3 段機体の改良型を、第 3 段機体には「はやぶさ」を打ち上げた M-V 5 号機の第 4 段機体の改良型を使用した。また、M-V からは最適設計・性能評価技術、推進性能予測技術、製造技術、信頼性・品質保証技術、誘導制御技術なども継承した。

さらに、イプシロンのアビオニクス（機体に搭載される計算機や送信機、電力分配器など、電子機器全般）の半分強を、H-IIA のものと共通化。これにより、コストダウンや開発期間の短縮、技術の共通化を図った。

通常、新型ロケットの開発には約 10 年かかり、小型ロケットの M-V でも 7 年かかったが、イプシロンは開発開始から約 3 年で試験機の打ち上げを実現した。

4-2 試験機打ち上げ

2013 年 9 月 14 日に打ち上げたイプシロン試験機

イプシロン試験機は当初、2013 年 8 月 22 日に打ち上げを予定していたが、打ち上げ準備作業中のロケットと地上装置との通信機能点検において、地上装置側に不適合が見つかったことから延期。8 月 27 日に再度打ち上げに挑んだが、今度はロケットの自動カウントダウンシーケンス中に、自動点検装置が姿勢異常を検知し、離昇の約 19 秒前に打ち上げを自動停止した。

対策を経て、同年 9 月 14 日 14 時ちょうどに打ち上げを実施。離昇から 61 分 39 秒後に、搭載していた惑星分光観測衛星「ひさき」（SPRINT-A）を所定の軌道に投入し、打ち上げは成功した。

打ち上げ後、飛行データを解析した結果、打ち上げシーケンスは離昇から衛星分離まで、すべて計画どおりに進んだことを確認。また飛行経路も、事前の飛行解析による最終飛行経路と実際のフライト結果はほぼ一致しており、計画どおりであった。

さらに、衛星軌道投入精度も目標とした値に非常に近く、要求精度を達成。飛行中の振動も規定値の 10 分の 1 以下であり、海外のロケットと比べても遜色のない良好な環境条件を達成した。また衛星分離部についても、制振機構により、振動が 3 分の 1 から 4 分の 1 に低減されたことを確認した。音響も規定値の 2 分の 1 以下であり、海外のロケットと比べても遜色のない良好な音響環境を達成した。

5 強化型開発（2 ～ 3 号機）

試験機の打ち上げ成功から約 1 年後の 2014 年 10 月からは、ロケット機体側の性能の最適化を図るために、さらなる改良開発に取り組んだ。これを「強化型開発」と呼ぶ。

強化型開発の大きな目的は、「打ち上げ能力の向上」と「搭載可能な衛星サイズの拡大」にあった。前述のように、試験機では短期間・低コストな開発を目的に、H-IIA や M-V の部品をほぼそのまま流用したため、ロケットとしては性能が最適化されておらず、改善の余地があったためである。

5-1 第 2 段機体の改良

強化型では 2 段目の新規に開発。画像は 2015 年 12 月 21 日に行った地上燃焼試験の様子

最も大きな改良点は 2 段目で、試験機では M-V の第 3 段機体の改良型を使用したが、強化型では新規に開発した。試験機の 2 段目は直径約 2.2m で、衛星フェアリングの中に収納していたが、強化型では直径を約 2.6m に拡大。搭載できる推進剤量を約 10.7t から約 15t へと、約 1.4 倍も増加させたことで打ち上げ能力が向上した。

また大型化にともない、機体をフェアリングの外に出すようになり、見た目が変わったほか、フェアリング内部の空間が広くなり、より大きな衛星が搭載できるようにもなった。

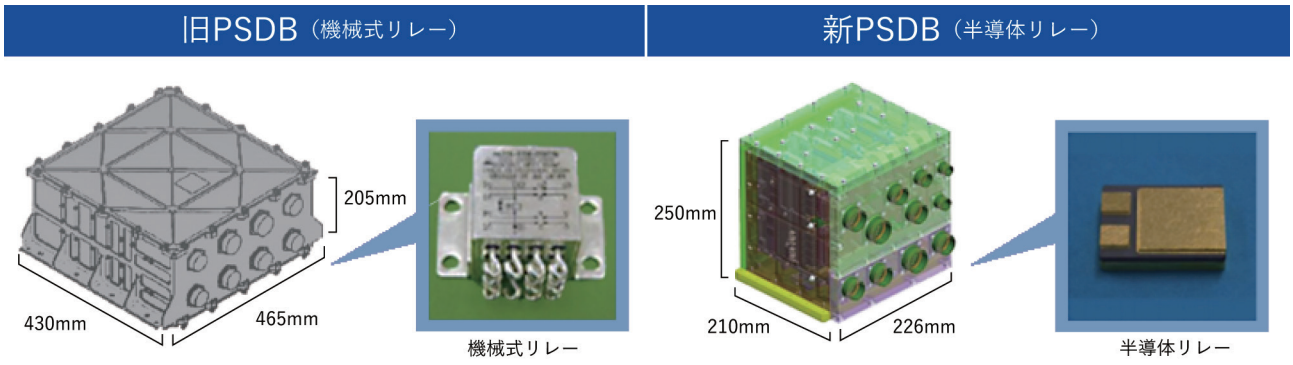
さらに、単に大型化しただけではなく、M-V の引退後も継続的に行っていた、固体ロケットの技術開発の成果を活かし、構造の簡素化・軽量化も実施。固体ロケットは機体の中で火薬が燃えるため、機体を傷めないよう内部に耐熱材を施しているが、従来の断熱材は複数の層になっていたものを単層に変更。また、モーターケース（機体）に用いている炭素繊維の積層方向も見直した。これらの改良により、機体の軽量化、高効率化、そして製造コストの低減を実現した

5-2 構造の改良

ロケットモーター以外についても、第 1 段から第 3 段の構造の簡素化や構造様式変更により、製造性向上と軽量化を実施した。

第 1 段では、電子機器などを搭載するための機器搭載構造の形状を簡素化。構造も炭素繊維強化プラスチック（CFRP）を採用し、製造性向上や軽量化を実現。第 2 段の機器搭載構造についても、構造を簡素化し製造性を向上。第 3 段の機器搭載構造は全長を短縮することで、軽量化と衛星包絡域（衛星が搭載できるスペース）の拡大を実現した。

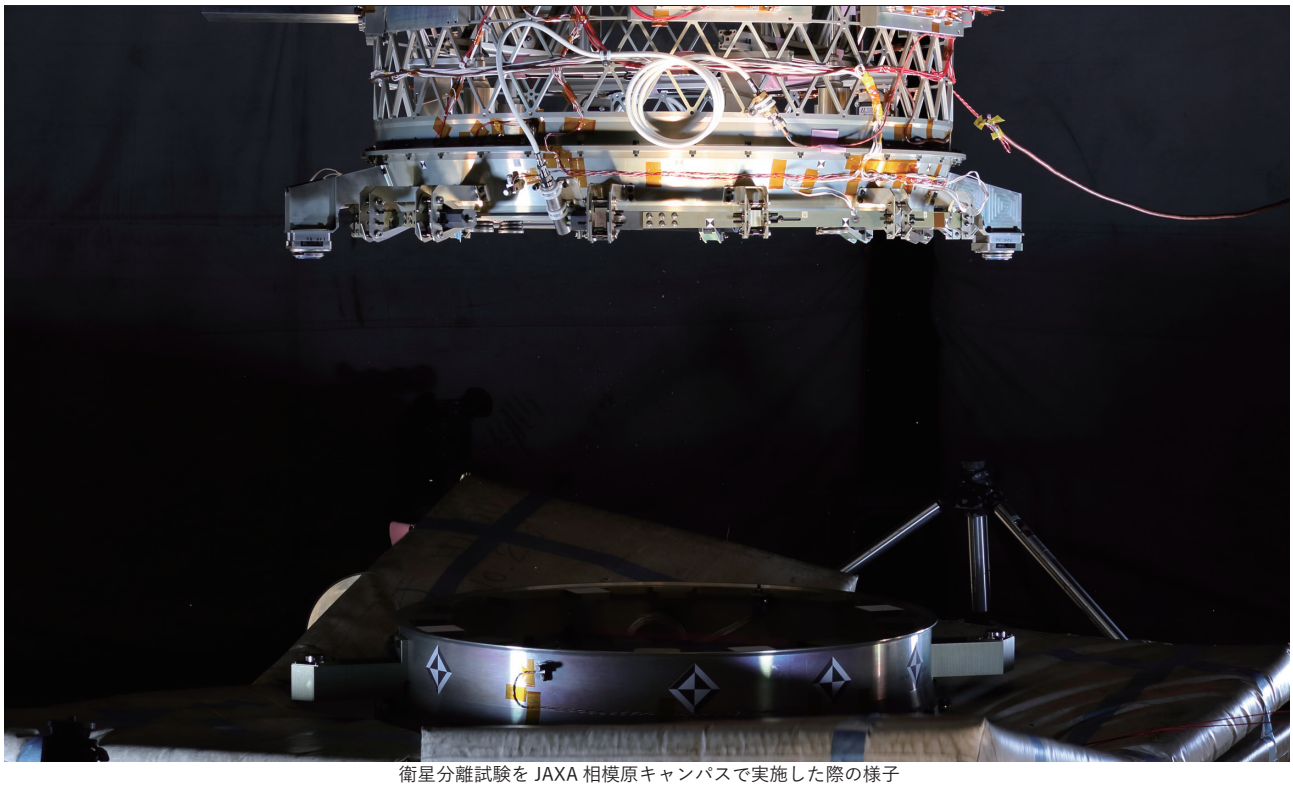
5-3 電子機器の改良



ロケットに搭載している電池から各機器へ電気を分配するための「電力シーケンス分配器（PSDB）」の小型化・軽量化も実施した

打ち上げ能力向上のために、ロケットに搭載している電池から各機器へ電気を分配するための「電力シーケンス分配器（PSDB）」の小型化・軽量化も実施した。試験機まではスイッチに機械式リレーを用いていたものを半導体リレーに変えることで、PSDB 1 基あたりの質量を 20kg から 10.6kg と、約半減することに成功。その分打ち上げられる衛星の質量を増やすことができた。

5-4 低衝撃型衛星分離機構



衛星分離試験を JAXA 相模原キャンパスで実施した際の様子

ロケットから衛星を分離する際に使う装置を「衛星分離機構」と呼ぶ。飛行時には衛星が絶対に外れないように、分離時には衛星を絶対に切り離さなければならない、きわめて高い信頼性が要求される装置である。

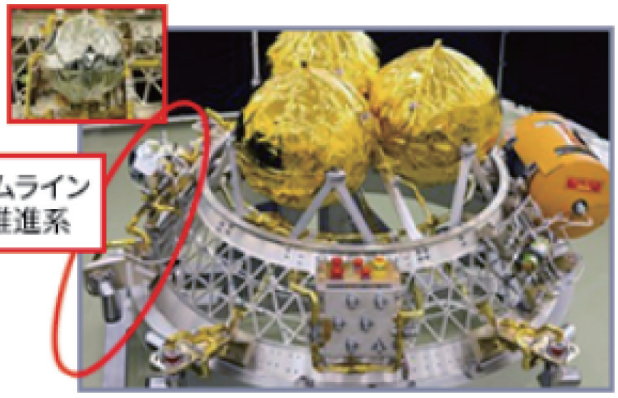
従来の分離機構は、分離させる仕組みとして、衛星を固定しているバンドのボルトを、爆薬で瞬時に切断するという方法が使われていた。構造が単純なため信頼性が高いが、分離時の衝撃がきわめて大きく、衛星にとって乗り心地が悪くなってしまっていた。

そこで強化型イプシロンでは、新たに「低衝撃型衛星分離機構」を開発。爆薬を使わずに、ラッチ機構をゆっくりと開放することでバンドの結合を外すという仕組みを採用しており、高い信頼性はそのままに、衝撃を小さく抑えることに成功した。

この低衝撃型衛星分離機構は、H-IIA ロケットの高度化で開発した技術を活用している。イプシロンでは 3 号機、4 号機で適用された。今回の 5 号機の小型実証衛星 2 号機「RAISE-2」では、低衝撃型衛星分離機構の直径などが適合しないため衛星側との調整に基づき、汎用的に使われている米国 Planetary Systems Corporation 製 Lightband® を採用している。これまでの実績は以下の通り。

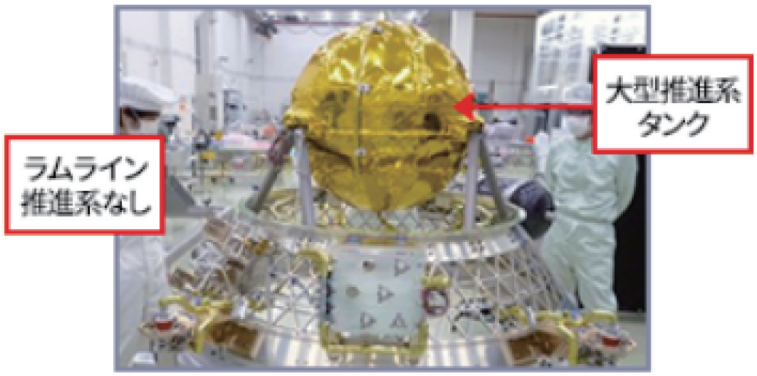
5-5 PBS の改良

PBS搭載位置



試験機

●推進薬タンク：Φ420mm×3個
●搭載推進薬量：103kg
●押しガス：窒素



強化型

●推進薬タンク：Φ650mm×1個
●搭載推進薬量：130kg
●押しガス：ヘリウム

ポスト・ブースト・ステージ（PBS）も試験機から改良。システム全体をシンプルにすることで、信頼性がさらに向上した

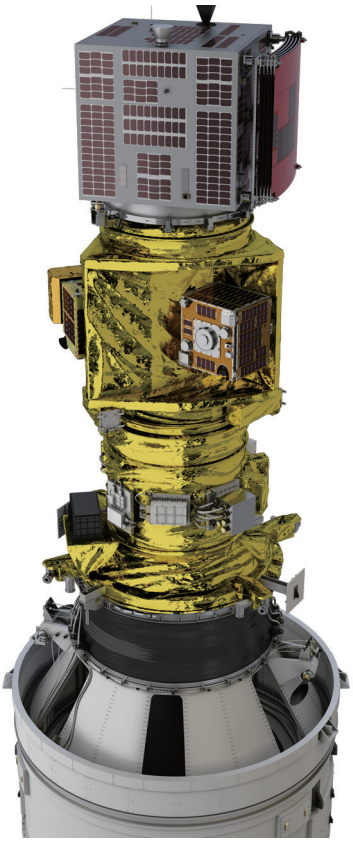
固体ロケットでは難しい高い精度での軌道投入を実現するために開発されたポスト・ブースト・ステージ（PBS）にも改良を加え、信頼性や打ち上げ能力向上を実現した。

たとえば試験機の PBS は、直径 420mm のタンクを 3 個搭載していたが、強化型の PBS では直径 650mm のタンクを 1 個のみ搭載。シンプルにすることで、部品点数が減るので故障個所が減り、信頼性向上につながるとともに、コスト低減にも寄与している。また、推進剤の搭載量を 103kg から 130kg へと増やすことも可能となり、軌道変更能力が向上した。

さらに、推進剤をエンジンに送り込むためのガスも窒素からヘリウムに変更。軽量化により打ち上げ能力が向上した。第 3 段燃焼中のラムライン制御もオプションとし、打ち上げ能力に余裕がある場合などには搭載しないという選択もできるようになった。

6 4 号機開発と複数衛星搭載構造

2019 年 1 月 18 日に打ち上げたイプシロン 4 号機



革新的衛星技術実証 1 号機、超小型衛星ロケット搭載イメージ

強化型開発は 2 号機、3 号機で技術を確立したが、4 号機ではさらに、複数の衛星を同時に打ち上げ、衛星ごとにそれぞれ異なる軌道に、正確に投入する技術を確立した。

近年、需要が高まっている小型・超小型衛星、キューブサットは、サイズや質量が千差万別であり、イプシロンのような小型ロケットでも、小型衛星と超小型衛星を相乗りさせたり、超小型衛星を何機もまとめて打ち上げたりといったことができる。複数機をまとめて打ち上げることで、衛星 1 機あたりの打ち上げコストを安くできる反面、衛星によって目指す軌道は異なるため、ロケットにとっては衛星をそれぞれ異なる軌道に投入する技術が求められる。

それを実現するため、新たに「複数衛星搭載構造（ESMS）」と「キューブサット放出装置（E-SSOD）」を開発。4 号機では主衛星である「小型実証衛星 1 号機（RAPIS-1）」と 6 機の超小型衛星とキューブサットからなる、計 7 機の衛星の同時打ち上げ、軌道投入に成功した。

複数衛星搭載構造は PBS の上に取り付け、最上部には 200kg 級の衛星を 1 機、中ほどには 60kg 級の超小型衛星を 3 機、120 度ずつ分けて配置する形態で搭載することができる。衛星を放出する際は、ロケットの軌道と姿勢を変えて、放出後の衛星にロケットがぶつからないように順番に分離する。

キューブサット放出装置は、1 基あたり 1U サイズのキューブサットを最大 3 機搭載可能としており、複数衛星搭載構造の下部に最大 2 機取り付けることができる（4 号機時点）。ロケットからの信号により蓋を開放し、キューブサットを放出する。開発にあたっては、国際宇宙ステーション（ISS）で使用実績のある放出機構「J-SSOD」の技術を活用した。

また、複数衛星搭載構造に超小型衛星などを取り付ける際に使用するため、「イプシロンロケット衛星取付横転台」という治具も新たに開発。横方向に最大 90° 、自由な角度で傾けられるだけではなく、複数衛星搭載構造を設置している台も 360 度回転させることができ、複数の衛星を搭載するという複雑な作業を、簡単に行えるようにしている。

今後、小型・超小型衛星、キューブサットの需要はますます高まるとみられており、これらの装置により、その需要に対応し、イプシロンの国際競争力をさらに高めることを目指している。

6-1 飛行安全管制

従来のイプシロン 1 ～ 3 号機や H-IIA ロケットでは、ロケット機体に搭載したレーダートランスポンダ（電波中継器）と地上レーダー局により、地上からロケットに電波を送り、その電波をロケットから地上に戻すことでロケットの位置情報を得て、飛行安全管制を行っていた。

イプシロン 4 号機からはレーダーではなく、新開発の「飛行安全用航法センサー（RINA）」を搭載。測位衛星による測位に加え、安価な慣性センサーユニット（IMU）を用いた複合航法を使うことで、ロケット機体単独で位置情報を送信できるようにし、飛行安全管制を行っている。これにより地上レーダー局を不要化し、レーダーの大規模な更新や維持にかかる費用の削減を実現した。後述する開発中のイプシロン S でも同様の飛行安全管制を実施する。

7 5 号機ミッションとペイロード /6 号機ミッションとペイロード

7-1 5 号機ミッション

イプシロンロケット 5 号機飛翔イメージ

イプシロン 5 号機では、「革新的衛星技術実証 2 号機」を打ち上げた。

「革新的衛星技術実証 2 号機」は、JAXA の「革新的衛星技術実証プログラム」の 2 回目の実証機会である。同プログラムは、政府が定めた宇宙基本計画にある「産業・科学技術基盤を始めとする宇宙活動を支える総合的な基盤の強化」の一環として、大学や研究機関、民間企業などが開発した部品や機器、超小型衛星、キューブサットに宇宙実証の機会を提供するプログラムで、主に次の 2 つの目標がある。

・国や産業界の課題に対応しつつ、将来を先読みして、新たな利用を拓くミッションや産業競争力のあるシステム／サブシステムの創出に繋がる技術やアイデアの実証を行う
・リスクは高いが、日本の宇宙技術の発展と宇宙産業の国際競争力の確保に高い成果が期待される「革新的」な技術を優先的に取り上げ、実証を行う

同プログラムは 2 年に 1 回、計 7 回の打ち上げ実証を計画。2019 年に最初の実証を行い、5号機が 2 回目となる。

今回の革新的衛星技術実証 2 号機は、6 つの実証テーマを搭載した「小型実証衛星 2 号機（RAISE-2）」のほか、4 機の超小型衛星、4 機のキューブサットの、計 9 機の衛星で構成された。

イプシロン 5 号機は強化型としては 4 機目の打ち上げとなり、第 3 段の上には PBS を搭載。また、複数衛星搭載構造（ESMS）とキューブサット放出装置（E-SSOD）を搭載し、小型実証衛星 2 号機と 4 機の超小型衛星、4 機のキューブサットの搭載を実現。イプシロンにとって史上最多の衛星打ち上げとなった。

7-2 5 号機に搭載する衛星

小型衛星

名称	製造委託先
小型実証衛星 2 号機（RAISE-2）	三菱電機

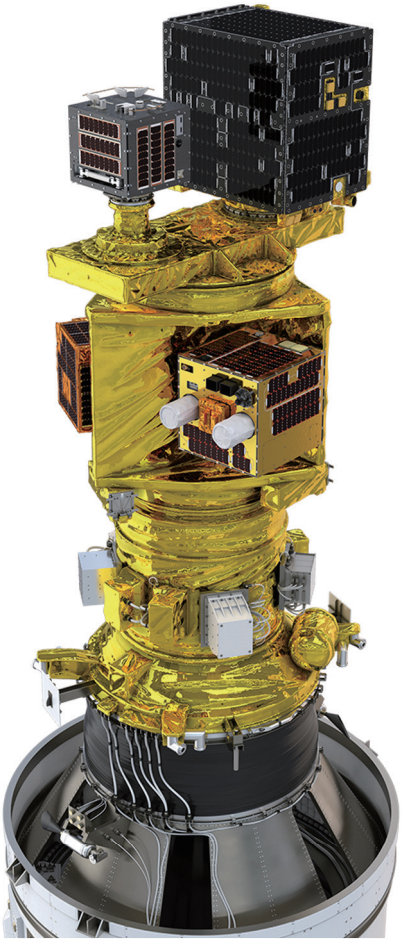
超小型衛星

名称	提案機関
可変形状姿勢制御実証衛星「ひばり」（HIBARI）	東京工業大学
複数波長赤外線観測超小型衛星（Z-Sat）	三菱重工業
デブリ捕獲システム超小型実証衛星（DRUMS）	川崎重工業
多目的宇宙環境利用実験衛星（TeikyoSat-4）	帝京大学

キューブサット

名称	提案機関
宇宙塵探査実証衛星（ASTERISC）	千葉工業大学
速報実証衛星（ARICA）	青山学院大学
高機能 OBC 実証衛星（NanoDragon）	明星電気
木星電波観測技術実証衛星（KOSEN-1）	高知工業高等専門学校

各衛星の詳細についてはこちらを参照のこと
（https://www.kenkai.jaxa.jp/kakushin/kakushin02.html#about）



革新的衛星技術実証 2 号機の各衛星の搭載イメージ

7-3 6 号機ミッション

イプシロン 6 号機では、5 基のキューブサットを含む「革新的衛星技術実証 3 号機」、QPS-SAR-3 および QPS-SAR-4 を打ち上げる。

革新的衛星技術実証 3 号機は、JAXA の「革新的衛星技術実証プログラム」の 3 回目の実証機会であり、7 つの実証テーマを搭載した「小型実証衛星 3 号機（RAISE-3）」および 5 基のキューブサットの、計 6 基の衛星で構成される。

QPS-SAR-3 および QPS-SAR-4 は、株式会社 QPS 研究所が開発する人工衛星であり、株式会社 IHI エアロスペースからの委託により、JAXA が打上げを行うものである。

「革新的衛星技術実証 3 号機」の各衛星の詳細についてはこちらを参照のこと
（https://www.kenkai.jaxa.jp/kakushin/kakushin03.html#about）

イプシロン 6 号機は強化型最終号機として、新たに開発中のイプシロン S に向けた取り組みも進めている。イプシロン S の打上げ輸送サービス事業者として選定された株式会社 IHI エアロスペースの主体性を発揮させるため、株式会社 IHI エアロスペースの業務請負範囲を拡大し、これまで JAXA が行ってきた発射整備作業について株式会社 IHI エアロスペースが実施することとしている。更に、打上げまでのほとんどのロケット系準備を株式会社 IHI エアロスペース主体の作業に変更するなど、段階的かつ着実な民間移管を推進している。

また、イプシロン 6 号機では、イプシロン S 適用に向けて開発中の「冗長複合航法センサ（RINS）」の飛行実証を実施する。RINS はロケットの位置・速度を計測するための機器であり、H3 ロケットにも共通的に搭載予定である。RINS は、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ることで、低コスト化を目指している。

7-4 6 号機に搭載する衛星

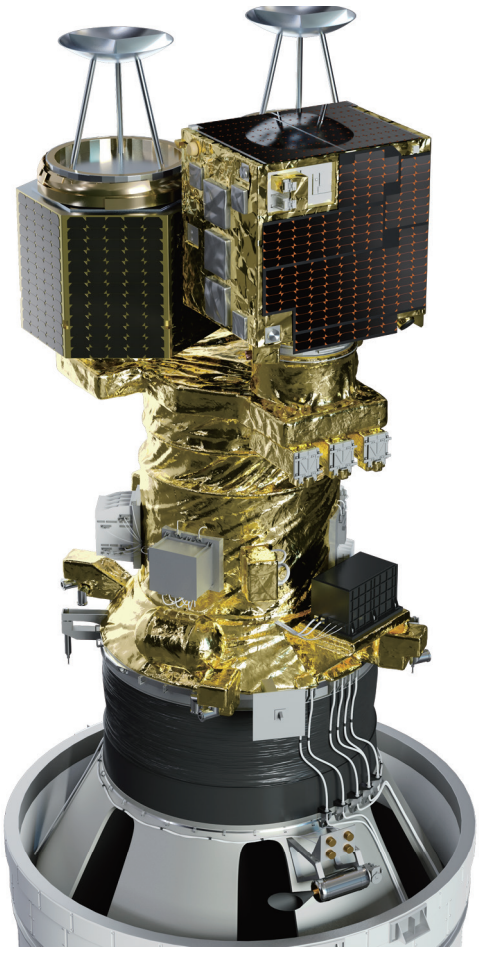
小型衛星

名称	製造委託先
小型実証衛星 3 号機（RAISE-3）	三菱電機
QPS-SAR-3（愛称：アマテル - Ⅰ）	株式会社 QPS 研究所
QPS-SAR-4（愛称：アマテル - Ⅱ）	株式会社 QPS 研究所

キューブサット

名称	提案機関
編隊飛行技術試験衛星（MAGNARO）	名古屋大学
民生用デバイス利用実証衛星（MITSUBA）	九州工業大学
海洋観測データ収集 IoT 技術実証衛星（KOSEN-2）	米子工高等専門学校
一体成型技術実 証衛星（WASEDA-SAT-ZERO）	早稲田大学
CubeSat 搭載用超小型マルチスペクトルカメラ実証衛星（FSI-SAT）	一般財団法人 未来科学研究所

革新的衛星技術実証 3 号機についてはこちらを参照のこと
（https://www.kenkai.jaxa.jp/kakushin/kakushin03.html）



革新的衛星技術実証 3 号機の各衛星の搭載イメージ

8 イプシロンSプロジェクトと今後の展望

8-1 イプシロンS

イプシロンは2段階に分けて開発を進めており、これまでに第1段階として、試験機と強化型の開発、運用を実施。コンパクトな打ち上げ運用や世界トップレベルの衛星搭載環境、高い軌道投入精度などを実現した。

イプシロンSはこれらに続く第2段階として、強化型イプシロンをもとに、現在開発中の大型液体ロケットであるH3ロケットの部品や技術を活用、共有する。これによりシナジー効果を発揮させ、打ち上げコスト低減と基幹ロケットの高い信頼性との両立、衛星の運用性向上などにより、国際競争力を強化することを目的としている。

また、その運用を株式会社IHIエアロスペース株式会社に移管し、民間事業者が主体的に打ち上げ輸送サービス事業として担っていく体制を構築。今後需要の拡大が予測される小型・超小型衛星の打ち上げ市場への本格参入も目指す。これにより、日本における宇宙輸送産業の基盤を維持、発展させて、宇宙輸送システムを自立的かつ持続可能な事業構造に転換することも目的としている。

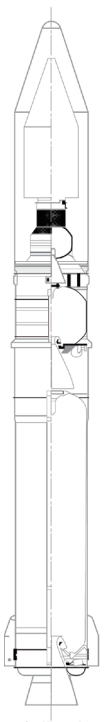
イプシロンSの1号機（実証機）の打ち上げは、2023年度に予定している。

8-2 特徴

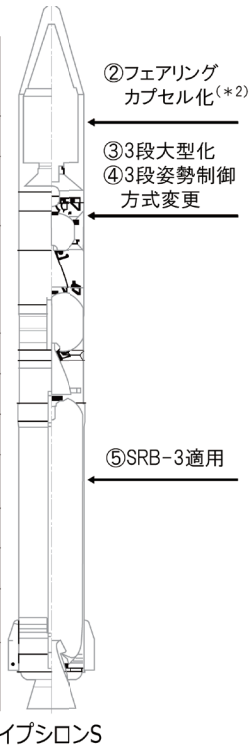
イプシロンSで最も大きく変わるのは第3段で、機体を大型化し、推進薬量を倍に増量する。それにともない、強化型まではフェアリングの中に第3段を収缶していたが、イプシロンSではフェアリングの外に出る形態になる。これにより衛星搭載前にロケットの全段点検が可能となり、衛星の受領から打ち上げまでの期間短縮も実現する。

第1段はH3の固体ロケットブースター「SRB-3」を改良したうえで使用。アビオニクスもH3と一部を共通化する。

また、PBSの搭載をオプションではなく標準とすることで仕様を統一する。



ロケットシステム		強化型 ① 基本形態	強化型 ① オプション形態	イプシロンS（仕様統一）
全長		約26m		約27m
段構成		固体3段	固体3段+PBS	固体3段+PBS(*1)
アビオニクス		H-IIAと共通（一部）		H3と共通（一部）
3段	搭載方式	フェアリング内（インポーズ） ②		フェアリング外（エクスポーズ）
	推進薬量	約2.5トン ③		約5.0トン
	姿勢制御方式	スピン方式 ④		TVC
2段	推進薬量	約15.0トン		約15.0トン
	姿勢制御方式	3軸姿勢制御（推力方向制御＋ガスジェット装置）		3軸姿勢制御（推力方向制御＋ガスジェット装置）
1段	モータ	SRB-A ⑤		SRB-3
	推進薬量	約65.9トン		約66.8トン
	姿勢制御方式	3軸姿勢制御（推力方向制御＋固体モータサイドジェット）		3軸姿勢制御（推力方向制御＋固体モータサイドジェット）
射場施設設備システム		・射場系・飛行安全系設備はH3と共用 ・ロケットシステム仕様に対応 した最低限の改修を実施		



強化型　　イプシロンS

(*1)PBS(Post Boost Stage):軌道投入精度を向上させるための液体推進システム
(*2)第3段をフェアリングに配置する形態。衛星搭載前のロケット全段点検を可能とすることで衛星受領から打上げまでの期間を短縮。

強化型イプシロンとイプシロンSとの比較

打ち上げ能力	SSO	600kg 以上（高度 350 ～ 700km）
	LEO	1400kg 以上（高度 500km、軌道傾斜角 31.1 度）
複数衛星打ち上げに対する拡張性を確保		
軌道投入精度	高度誤差 ± 15km 以下、軌道傾斜角誤差を ± 0.15 度以下	
衛星搭載環境	世界トップレベルの音響・振動・衝撃環境	
標準打ち上げ価格	世界の小型衛星打ち上げ市場で競争可能な価格帯	
打ち上げ頻度	3 か月に 2 機以上打ち上げ可能	
契約から打ち上げまでの期間	12 か月以内	
衛星受領から打ち上げまでの期間	10 日以内	
レイトアクセス （打ち上げ前の搭載衛星へのアクセス）	打ち上げ 3 時間前まで対応可能	

8-3 名前の意味

イプシロン S の “S” には、Synergy（シナジー）、Speed（即応性）、Smart（高性能）、Superior（競争力）、Service（打ち上げ輸送サービス）といった意味を込めている。