

コンパクトで力持ち 「強化型イプシロンロケット」

小型衛星打ち上げニーズに応える 強化型イプシロンロケット

近年高まる小型衛星への期待。この期待に応えるためイプシロンロケットの打ち上げ能力を3割向上させた。小さな衛星の打ち上げにも柔軟に対応するIAの技術と、イプシロンロケットが提供する価値を紹介する。



強化型イプシロンロケット リフトオフ ©JAXA



強化型イプシロンロケット外観図 ©JAXA

強化型イプシロンロケット

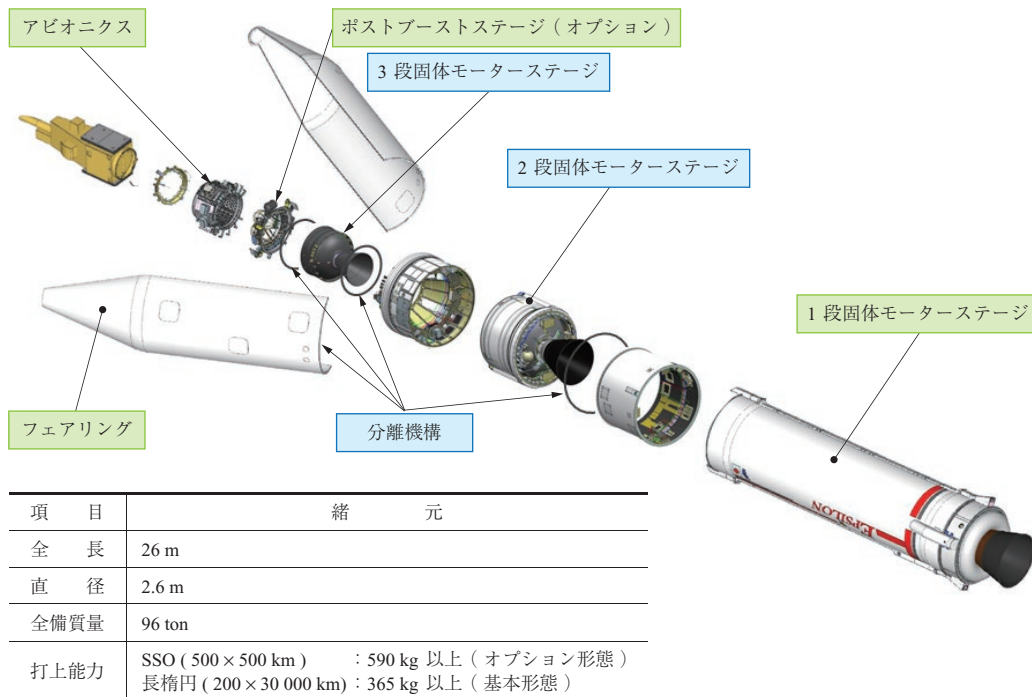
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）の下で、株式会社 IHI エアロスペース（IA）が開発に取り組んだイプシロンロケットは、2013年9月、初号機が打ち上げられ、惑星分光観測衛星「ひさき」を軌道に乗せるミッションを達成した。

その後、約3年の改良開発を経て2016年12月に2号機の打ち上げに成功した。H-II A/B ロケットにも使用され、高い信頼性が実証された固体ロケットブースター（SRB-A）を、基盤となる1段ステージに据えるとともに、世界に誇る全段固体ロケットである

M-V からの DNA を受け継いだイプシロンロケットは、時代に合わせた進化が図られている。

強化型イプシロンロケット開発の目的は、衛星ニーズに対応するため、イプシロンロケットに衛星を搭載できる領域を拡げること、打ち上げ能力を向上させることである。昨今は、2号機で打ち上げたジオスペース探査衛星「あらせ」（ERG）や3号機で打ち上げを予定している地球観測衛星 ASNARO-2 のような小型衛星の打ち上げ需要が高まっている。これに応えるために、開発費も開発期間も抑えつつ、搭載領域の拡大と打ち上げ能力の向上を実現させる必要があった。

実施した機体の改良点は大きく三つある。



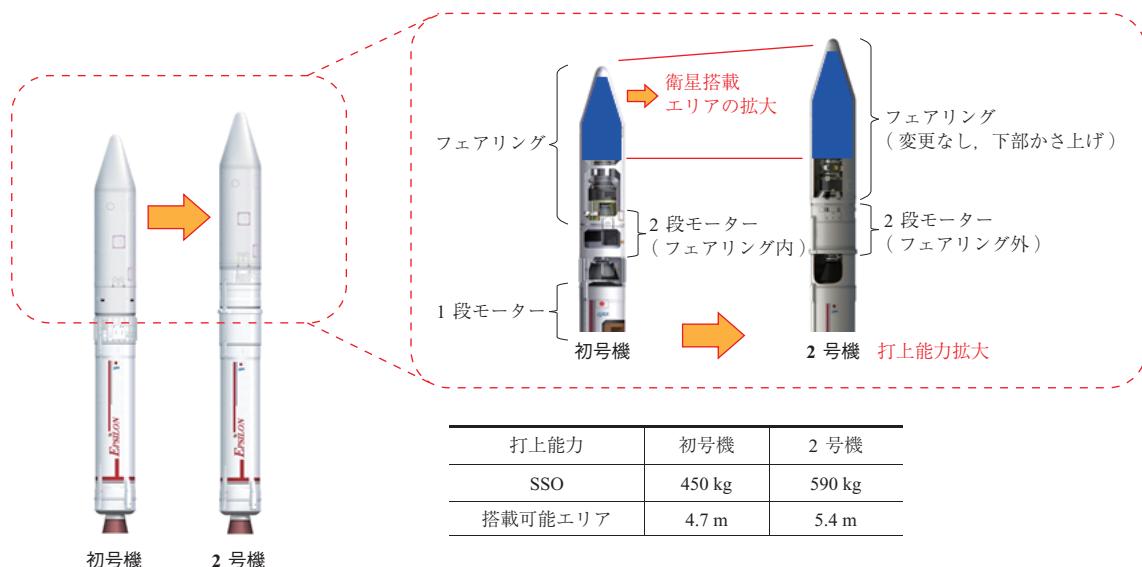
強化型イプシロンロケット構成図 ©JAXA

2 段モーター大型化

打ち上げ能力の拡大には、モーターの大型化が必要である。まず2段モーターを推進薬量 1.4 倍まで大型化させた。モーターが大型化することによる質量増加を抑えるために、素材や部品構成を見直して、一層の高性能化を実現した。実に 14 年ぶりの大型モーターの新規開発であった。これまでの IA での豊富な

製造実績に基づき、高い信頼性を維持しつつ、CFRP 製圧力容器の安全係数を見直して軽量化を図った。また、IA で開発した三層のゴムを一層化した構造の多機能型耐熱ゴム材料を採用することでさらなる軽量化も図った。

この開発により 3 号機で打ち上げる ASNARO-2 などニーズの高い地球観測衛星に対する打ち上げ搭載能力を、450 kg から 590 kg へと 3 割向上させた。これ



強化型イプシロンロケット改良点概要



2 段モーター燃焼試験 ©JAXA

により、2 号機衛星の質量も 365 kg まで増やすことが可能になった。イプシロンロケット初号機では 300 kg であったので、さらに 65 kg 重い衛星まで搭載できるように高性能化された、ということである。

また、初号機ではフェアリング内に収めていた 2 段モーターは、径を拡大することで外に出し、フェアリングを流用したまま、これを上方に移動することで、衛星搭載スペースの長さを初号機より 0.7 m 伸ばした。

2 段モーターの大型化による打ち上げ能力および衛星搭載スペースの拡大によって、世界トップレベルの強化型イプシロンロケットを実現した。

アビオニクス的小型軽量化

打ち上げ能力の拡大には、イプシロンロケット全体の軽量化が効果的である。そのためにアビオニクス（航空機やロケットに搭載されて飛行をつかさどる電子機器）の小型化にも取り組んだ。電力シーケンス分配器（PSDB：Power Sequence Distribution Box）で、機械式リレーに置き換えて半導体スイッチを日本で初めて適用したことにより、約半分まで小型軽量化し、打ち上げ能力を向上させた。

半導体スイッチを用いて小型化を図るのは当たり前の時代だが、宇宙機器はそう簡単ではない。宇宙放射線による半導体素子の故障やノイズによる誤動作は絶対に避けなければならない。地上試験において、どのような負荷試験をクリアすれば、宇宙環境下で使用可能といえるか、このノウハウをもち、試験データを積み上げられる IA であるからこそ可能であった。この耐放射線性の高い PSDB の開発は、IHI グループの明星電気株式会社との協業で行った。



軽量複合材構造

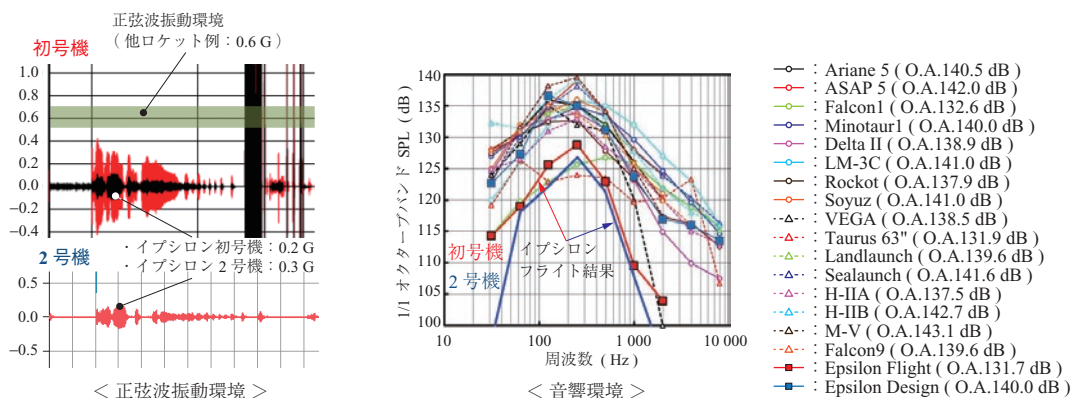
2 段モーターの大型化に伴い拡大したモーター径に合わせ、上下の構造体に複合材構造を採用し、軽量化を図った。

ここでも、高性能化と低コスト化、将来への布石を打つ目的で、航空機エンジンなどで IHI と IA 協業の得意分野となっている軽量複合材構造を採用した。1/2 段間構造にて CFRP 材料による低コスト製法構造体（従来のハンドラップ積層から、まとめ積層化、CFRP シートとともに金属製ハニカムも巻き付けて工程を簡素化）を開発した。これにより、従来、コストが割高となっていた CFRP 構造物に対して、高性能と低コストの両立を実現した。

こうして、2016 年 12 月 20 日に科学探査衛星 ERG を打ち上げた。計画した打ち上げ日に定刻どおりの打ち上げを行うことができた。衛星にとっての乗り心地を示す振動環境や、軌道への投入精度も衛星が求める範囲を十分に満足する良好な結果となった。

イプシロンロケットによる価値提供

2017 年 11 月に、高性能小型レーダ衛星 ASNARO-2 を宇宙に送り届けるためイプシロンロケット 3 号機を打ち上げる計画である。初号機同様に液体ステージ PBS を搭載する 3 号機では、さらに高精度な打ち上げが期待できる。ASNARO-2 は小型の地球観測衛星であり、高分解能合成開口レーダ SAR を搭載する経済産業省で開発中の衛星である。こういった高性能の地球観測衛星は、宇宙新興国でも所有したいというニーズが高い。従って、本衛星は今後の商業衛星打ち上げのための試金石ともいえ、衛星メーカーとともにア



強化型イプシロンロケット フライト結果

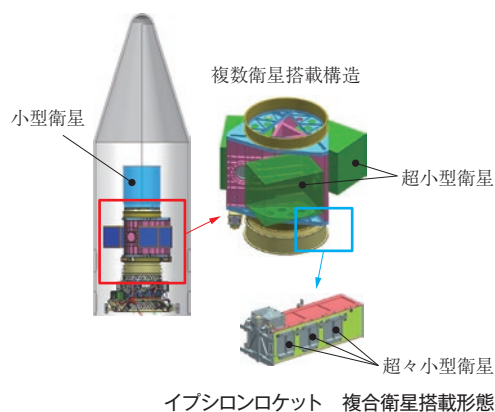
ジア圏などの新興国への PR 活動を行っている。このような背景もあり、衛星側とのインターフェース調整も密に行い、射場での運用も含めてこれまで以上に IA が衛星支援作業に関わる計画である。

昨今、イプシロンロケットは、宇宙ベンチャー企業や大学研究機関などでの開発が盛んになってきている超小型衛星、Cubesat などと呼ばれる小さな衛星も搭載できるように取り組んでいる。それが 2018 年度打ち上げを予定しているイプシロンロケット 4 号機での複数衛星搭載である。

通常、小さな衛星は主衛星の計画に沿った相乗りで打ち上げられ、打ち上げ時期や投入軌道など自由度がない。そこでイプシロンロケットではこれらの小さな衛星も主たるお客さまとして柔軟に対応することを目指している。

例えば、第 4 段液体ステージ PBS への改良を施し、各衛星の希望に沿った軌道・姿勢での衛星分離を実現することや、射場での衛星へのアクセス、運用の希望に柔軟に答えられるように計画を進めている。小さな衛星は、大学・高校といった教育機関など身近な環境でも開発できるようになってきており、まさにみんなの衛星を打ち上げるためのイプシロンロケットを目指す。

さらに、2020 年代に向けて、H3 ロケット開発と連携した開発も始める。液体燃料ロケットである H3 ロケットにも先代の H-II A ロケットと同様に、固体補助ブースタが搭載される計画であり、イプシロンロケットの 1 段モーターにこれを適用する計画となっている。これらの開発を通じて、競争力の一層の向上を図り、イプシロンロケットを使ってお客さまにさまざまな価値やサービスを提供していく。



ミニ解説

ジオスペース

ジオスペースとは、天気予報の気象衛星、カーナビゲーションほかの GPS 衛星など、人間の活動域となりつつある地球の影響が強く及んでいる宇宙空間を意味している。この宇宙空間には、高エネルギー粒子が充満したヴァンアレン帯と呼ばれるエリアが存在し、太陽フレアによるコロナ放出といった太陽活動の変動を受け、粒子と磁場がかく乱されてヴァンアレン帯が激しく変動する。そこはまさに「宇宙の嵐」といわれる。人工衛星など宇宙機の故障、宇宙ステーションでの宇宙飛行士の船外活動時の安全が懸念される。

問い合わせ先

株式会社 IHI エアロスペース
ロケット技術部 システム技術室
電話 (0274) 62-7671
<https://www.ihico.jp/ia/>