

# イプシロンロケットの2段階開発と将来構想

森田泰弘 (ISAS/JAXA)

井元隆行, 徳留真一郎, 堀恵一 (JAXA), 大塚浩仁, 宮川清 (IA),

秋葉鐔二郎 (HASTIC/USEF/ISAS)

次世代固体ロケット研究会 (産学官)

イプシロンロケットプロジェクトチーム (JAXA)

## 摘要

今夏の初飛行に向けて開発も大詰めを迎えているイプシロンロケットでは、点検機能のインテリジェント化やロケット管制のモバイル化など、固体ロケットばかりでなく将来の輸送系を牽引する次世代革新技術を世界に先駆けて実現しようとしている。しかし、これは我々が目指す壮大なビジョンのほんの序章に過ぎない。宇宙輸送システムの発展のためには、イプシロンの先を見据えたより大きな改革が必要であり、製造プロセスを含めた打ち上げシステム全体の革新こそが今後の進むべき方向である。これはまた、将来の再使用スタイルの輸送系に必須の取り組みでもある。イプシロンが未来に向けた第一歩たる所以である。本報告では、イプシロンロケットが目指すところを起点として、今後のロケット開発の発展の方向性を示す。

## 1. はじめに

初号機ミッションは「惑星分光観測衛星」という小型科学衛星 (図 1) である。これは極端紫外線を用いた惑星望遠鏡であるが、このように惑星を専門に観測する宇宙望遠鏡は世界でも初めての試みである。なお、宇宙研では小型衛星の共通バスを標準化しようとしており、ユーザにとってより身近な宇宙を目指しているところである。一方、イプシロンロケットのいいところ、つまり開発の意義は、未来を拓くロケット開発というところにある。その心、すなわち開発の目的は、ロケットを打ち上げる仕組みをシンプルにして、みんなの宇宙への敷居を下げようということにある。そこで、私たちはモバイル管制を実現するなどして、イプシロンでは世界一簡単に打てるロケットを目指そうとしているのである。

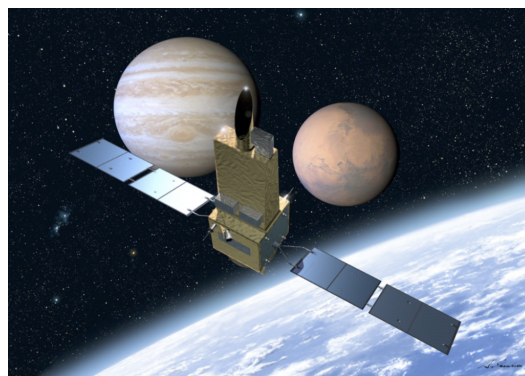


図 1 イプシロン 1 号機で打ち上げる惑星分光衛星

## 2. イプシロン開発の意義

イプシロンの意義をもう少し詳しく説明すると、ポイントは3つに分けて考えることができる(図 2)。まずユーザの視点であるが、これはもちろん小型衛星に対して自律的かつ安定した打ち上げ手段を提供することにある。小型衛星の標準バスをイプシロンと組み合わせることによって、宇宙への敷居をどんどん下げていこうというわけである。次に固体ロケットの観点である。日本の固体ロケットは世界でも唯一全段固体で惑星探査が実行可能であり、ゆえに世界最高性能と言われている。イプシロンは単にこれを継承するだけでなく、世界一シンプルな打ち上げシステムへと大きく飛躍し、固体ロケットの大いなる発展につなげようとしている。最後に、輸送系全体の発展というポイントも重要である。というのも開発期間の短い固体ロケットにより革新技術を次々と獲得して順次基幹ロケットに応用、未来のロケットにつなげていくという戦略、つまり固体ロケットを輸送系全体のパイロットプログラムにしようという考え方がこれからはとても大切である。

### ○小型衛星の自律的かつ安定した打ち上げ手段の提供

➤ 小型標準バスとの組合せにより「**低コスト・高頻度・タイムリーな開発・運用**」という小型の特徴を最大限に活かし、宇宙利用を活性化(宇宙への敷居を下げる)。

- ・ 宇宙科学ミッションの高頻度・安定した成果創出
- ・ 宇宙システムの総合力としてアジア等の世界に展開

### ○固体ロケットシステム技術の継承・発展

➤ 我が国が独自に培った**世界最高レベルの固体ロケットシステム技術**を継承、**機動性・即応性に優れた世界に冠たる運用性**を有する小型打ち上げシステムへ飛躍。

### ○輸送系先進技術の開拓

➤ **輸送系全体のパイロットプログラム**として、**基幹ロケットの着実な進化と再使用ロケットの構築に貢献**。

図 2 イプシロンロケット開発のもつ多様な意義

未来につながるイプシロンロケットでは、これまでの慣性を超えて様々な新しい取り組みを進めているところであるが、その中でも特筆すべきは打ち上げシステムの革新であろう。例えば、私たちは搭載系を知能化するなどして、これまでの 100 人規模のロケット管制をパソコン 2 台程度の数人に集約しようとしている。このような夢のような打ち上げシステムはモバイル管制と呼ばれ、まさに 40 年前の空想ファンタジーがいま現実のものになろうとしているのである。これはロケットの開発史上の改革であり、いうなれば、アポロ方式からイプシロン方式への転換である。このような革新的な取り組みは未来のロケットにも必要なものであり、それを私たちは今イプシロンという形で世界に先駆けて実証しようとしているのである。日本の固体ロケット技術はこれまで世界最高性能を誇ってきたが、これからは性能ばかりでなく打ち上げシステムのシンプル性でも世界のお手本になろうというわけである。まさに世界一から世界一への挑戦と言えよう。

## 3. ポストイプシロンの世界

イプシロン開発も佳境に入ってくると、大事なはその次のステップ、すなわち将来の構想である。イプシロン開発は長期的展望をしっかりと立てて戦略的に進めており、キー技術の成熟度に応じて 2 段階に分けて進める計画となっている(表 1)。第 1 段階の開発の目的は、自律点検やモバイル管制など、超革新技術を世界に先駆けて実現することにある。一方で、開発コストを最小限に抑えるために既存技術を最大限に活用する方針である。これが今年の夏に打ち上げるイプシロンであり、通称 EX 形態と呼んでいる。続く第 2 段階では、抜本的な高性能低コスト化の開発を行って、高性能低コスト版イプシロン、通称 E1 形態を 2017 年ころの打ち上げを目指して実現する計画である。目標と

する打ち上げコストは約 30 億円であるが、実現すれば、この規模のロケットのコストとしては申し分のないレベルである。現在、高性能低コスト化技術の研究中であるが、携帯電話のように小さいロケット搭載機器やプロモデルのように簡単に組み立てられるロケットを目指している。

表 1 イプシロンロケットの 2 段階開発計画

Items	EX(現形態) 超革新技術の早期実証	E1(最終形態) 高性能・低コスト版イプシロン
打ち上げ能力/コスト	SSO(500km): 450 Kg/ 38億円	SSO(500km): 550 Kg+α/< 30億円
革新技術	ロケットの知能化/モバイル管制 ユーザI/Fの向上 (その他は既存技術を最大活用)	本格的低コスト化開発 構造: CFRP一体成型(ガンブラ方式) アビオ: 民生部品(品質保証) ロケット追跡系のモバイル化
開発費	205 億円	100億円(追加分)
打ち上げ年度/場所	2013夏/ Uchinoura	2017 (TBD)/ Uchinoura

さて、低コスト化開発の中身であるが、JAXA で進めている E1 開発ばかりでなく、産と学、あるいはその連携によって、幅広いスペクトルで進めているところであるが、その全ては壮大なただ一つのビジョン、すなわち打ち上げシステムのさらなるシンプル化という合言葉に集約することができる。ポイントは3つあり、すなわち、製造設備やプロセスから始まって射場の設備や運用、もちろん搭載系に至るまで、およそロケットの打ち上げに関わる全てのものをコンパクトで身軽なものに変えていこう、それが未来への扉を開けるカギになるであろうというコンセプトである(図 3)。まず搭載系の改革としては、コンパクト化、つまり小型、軽量、低コストという概念が重要であり、要は最新の民生部品を使うことにより携帯電話のように小さくて安いロケット搭載系を目指そうということである。一方、製造プロセスのシンプル化という観点では、構造系の CFRP 一体成型化などの改革が緊急の課題である。要はガンブラのように部品点数を一気に減らして、製造工程を思いきりシンプルにしていこうということである。さらに低融点推進薬に代表されるような製造プロセスの高頻度小型化の研究は最重要の課題として位置づけられよう。最後に挙げるのは射場設備と運用のシンプル化である。例えば、飛行安全の自律化によるロケット追跡系のモバイル化は E1 の最終目標となっている。加えて、未来のロケットに向けたより直接的な研究として、ブースタのフライバック化の研究も積極的に推進していくべき課題である。

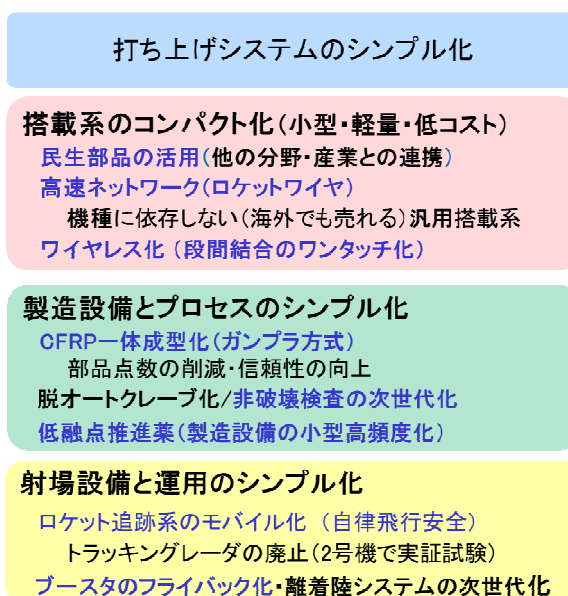


図 3 低コスト化研究の全体構想

もちろん、こうした革新的な取り組みは一朝一夕にできるというものではなく、段階的に確実なステップを踏んで実証していくという姿勢が大切である。そこで、私たちはE1開発のフロントローディング活動の一環として、低コスト化技術の一部を2号機に適用して、通称E1'形態として早期の部分実証を計画している(表 2)。打ち上げは 2015 年を目標としている。これにより打ち上げ能力の若干増強され、2号機ミッションの ERG や3号機候補のあすなる 2 にもしっかり対応できる見込みである。

表 2 イプシロンロケットの 2 号機開発

Items	E1' 低コスト化技術の早期部分実証
Capacity	ERG (200X30700 km/ミナル): 355 kg SSO (500km): 550 Kg+α※ (目標) ※あすなる2対応Δ開発含む
Innovative Technology	構造: CFRP 一体成型 (上段構造) アビオ: 半導体リレー化
Development cost	11.5 億円 (追加分)
Launch year	2015.12頃

一方、E1 開発は現在研究中というステータスであり、目標とする形態はあくまで現時点での検討対象にとどまるが、ここで2つだけ例を挙げておきたい(表 3)。ベースは構造やアビオを中心とした低コスト化であるが、最低限でも打ち上げコストを 20%程度削減、かつ打ち上げ能力を 20%程度増強したいと考えている。もう一つのケースはより大がかりな開発を織り込む案で、ベース案に加えて第 1 段ロケットの低コスト化開発を行うというのがより踏み込んだ点になっている。具体的には、モータケースを国産化・低コスト化するとともに、推力を増強、かつ燃料も増量して、打ち上げ能力の大幅アップも達成しようという構想である。M-V 級の打ち上げ能力が M-V の 1/3 程度のコストで実現できるという点は注目に値しよう。このくらいの打ち上げ能力があれば、惑星探査のような高エネルギーミッションにも比較的ストレスなく対応できると考えることができる。

表 3 高性能低コスト版イプシロンの検討例

形態	EX	E1 (ケース1)	E1 (ケース2)	M-V
能力	LEO	1.2 ton	1.5 ton	1.8 ton
	SSO	450 kg	550+α kg	750 kg
コスト	38億円	32億円	28億円	78 億円
B2/B3	—	低コスト化 推薬増量	低コスト化 推薬増量	—
B1	現行 SRB-A	現行 SRB-A	低コスト化 推薬増量 推力増強	—
開発費	205 億円	TBD	TBD	—

#### 4. さらにその先

宇宙ロケットの世界は今まさに歴史の転換点を迎えようとしている。すなわち、これからは単に機体の性能を上げるだけではなく、製造から打ち上げ、そして搭載系に至るまで、およそロケットの打ち上げに関わるライフサイクル全体をコンパクトにシンプルに低コストにしていこうというコンセプトが大切である(図 4)。このため、イプシロンではロケットの知能化によるモバイル管制の実現に取り組

んでいるが、続く第2段階ではロケットの知能をさらに高めて、打ち上げ射場全体をテレビの中継車くらいコンパクトなものにしようと考えている。ここまでくると、打ち上げ射場にはただ発射台さえあれば十分となり、未来のロケットに向けた土台がしっかり整うことになる。こうして、一步一步確実に新しい技術を開拓して、将来の再使用可能なロケットにつなげていきたいと考えている。これはとても大事なポイントである。なぜなら、未来の宇宙ロケットがどういう形になろうとも必ず共通的に必要な技術というものがあって、それこそがイプシロンで進めている打ち上げシステムの改革だからである。これまでの宇宙開発の50年はペンシルロケットから始まったが、これからの50年はイプシロンから始めたい。イプシロンを起点として未来を切り開いていきたいと考えている。



図4 イプシロンを起点とした輸送系全体の発展構想

#### 【参考文献】

Y. Morita, T. Imoto and H. Ohtsuka, "A Year to Launch: Japan's Epsilon Launcher and its Evolution," 63rd Congress of the International Astronautical Federation (IAC), Naples, Italy, 2012, Paper No. IAC-12.D2.1.8.

森田泰弘, "イプシロンロケットの将来の構想とミッション," 第13回宇宙科学シンポジウム, 宇宙科学研究所, 2013年1月.