

# 強化型イプシロンロケットの開発コンセプト

森田泰弘 (ISAS/JAXA)

## 摘要

いま私たちは未来を拓くロケット開発としてイプシロン計画を進めているが、待望の試験機は多くの皆さんの後押しにより大成功を収めることができた。ここに改めて感謝の意を表したい。本格的な小型衛星時代の幕を開けるイプシロンロケットの開発コンセプトは、コンパクトで高性能なロケットデザインにより宇宙への敷居を下げようということにある。その本領は、単にコストや性能における競争力ばかりでなく、快適な乗り心地や使い勝手の良さなどユーザに対するホスピタリティや輸送系の未来を先導する技術の革新をも含む高い次元の総合力にある。我々はこれをユニバーサルデザインと呼び、強化型イプシロンを含めた今後のイプシロン開発の最重要の意義として位置付けている。本稿では、イプシロンのこのような開発コンセプトとそれを実現するための開発戦略について述べる。

## 1. イプシロンの開発コンセプト

そもそもイプシロンの魅力は一体どこにあるのか？やがてビジネスの世界も視野に入れると一番大事なのは機体の性能とコストであることに間違いはないが、それだけで未来永劫世界と勝負できるわけではない。大事なのは付加価値を含めた総合力、いわゆるユニバーサルデザインである(図 1)。ポイントは2つあって、ひとつはユーザにとっての利便性であり、それは情緒的には我が国が最も得意とするホスピタリティ、物理的には、乗り心地や使い勝手を良くしていこうということである。宇宙もこれからは「おもてなし」の時代というわけである。もう一つは、輸送系の視点であり、打ち上げる仕組みを改革するなどして未来につながる革新技術を開拓していこうということである。

それでは、このようなビジョンに対して、イプシロン試験機では何を実現し、また直近の世界では何を成し遂げようとしているのか？まずユーザにとっての利便性であるが、ここでは軌道投入精度と乗り心地(機械的環境)という観点で考えてみたい。すでにいろいろな機会ですべて述べているように、PBS (Post Boost Stage)をオプション装備することにより、イプシロンは液体ロケット並みの高い精度で衛星を最終軌道へ投入することが可能となった。一方、乗り心地(機械的環境)のうち振動と音響については、イプシロン試験機に向けて新規に振動抑制装置を開発、また地上の設備も改修して、ともに世界最高レベルを記録することに成功した。あと何機か実績を積み、ユーザーズマニュアルにも立派な数字を書き込むことができるであろう。加えて、輸送系の基盤開発として現在低衝撃タイプの衛星分離機構の開発を進めており、イプシロン 3号機で実運用に入る計画である。目指すレベルは世界最高レベルの1000Gクラスで、



図1 イプシロンロケットの開発コンセプト

これが出来上がれば、音響、振動、衝撃の3拍子がそろった3冠王の誕生である。

さて、このような魅力的な試みを超えて、未来を拓くイプシロンロケットではこれまでの常識をはるかに超える革新コンセプトを内蔵している。それは世界でも初めてロケットの点検や管制を自動化・自律化し、ロケットの管制をモバイルできるくらいコンパクトに変身させたということである。我々はこれをモバイル管制と呼んでいるが、我々の力で世界を変える「イプシロン方式」の誕生と言えよう。



図2 ロケット開発の新しい局面

## 2. イプシロンの開発戦略

さて、先ほど紹介したイプシロンの開発コンセプトを別の観点で眺めてみると、当然ながら、別の姿が浮かび上がってくる。それは高性能・高信頼性・低コストという概念である(図2)。一般的に、高性能・高信頼性と低コストは相反する要求とみなされているが、必ずしもそうではない局面もあり得ると考えている。要は、頭を使って低コスト化の試みが高性能と高信頼性につながる、いわゆる一粒で3度おいしい立派な研究をしようというわけである。大事なのは、このようなビジョンを実現するための戦略であるが、ここでは「共通化」と「特殊化」という切り口で考えてみたい。つまり、宇宙以外の分野と共通化できる部分を最大化して他の産業と強く連動していく。そして共通化できない部分は宇宙用特殊技術として先鋭化して頑張ろうという作戦である。

それでは、共通項の最大化という戦略であるが、戦術としてこれを分解していくつかのポイントに分けて考えてみよう(図3)。まず、これからの宇宙開発のテーマで重要なのは「開かれた宇宙」という考え方である。すなわち、異分野のアイデアや他の産業の最先端あるいは汎用の技術と連携していく柔軟な発想が今後の宇宙開発利用の発展にとって大切になってくるというわけである。イプシロン自慢の自律・自動点検などは、実は医療の分野や自動車業界では当たり前になりつつある技術を上手に宇宙に活用し

### イプシロンのベンチャー精神(共通項の拡大)

#### ✓ 開かれた宇宙開発(異分野と連携し宇宙の裾野を広げる)

医療(心電図)の自律診断 → ROSE(自律点検装置)  
自動車のエアバック → MOC(火工品自動点検装置)

#### ✓ 脱特殊材料・特殊部品の一般化(身近な宇宙)

汎用部品/材料 → 構造: フェアリング断熱材(シリコンフォーム)  
推進: 固体燃料(アルミ)  
アビオ: 半導体リレー

#### ✓ 製造プロセスのシンプル化(簡単に作れるロケット)

部品点数の削減 → 構造: ガンプラ方式(CFRP一体成型)  
アビオ: フライバイワイヤレス@民間  
製造方法の革新 → 低融点推進薬(脱大型バッチ)@民間

図3 イプシロンロケットの開発戦略(共通項の拡大)

てみたということであり、これからのロケット開発の良いお手本になっているのではないかと考えている。

もう一つのポイントは、「脱・特殊材料、脱・特殊部品」と言う考え方である。つまり特殊な部品や材料を卒業して、身近な部品や材料でロケットを製造する仕組みを構築したい。例えば、イプシロン試験機のフェアリングの耐熱には、特殊な C/C 材を卒業して工業用のシリコンフォームをうまく活用しているのは有名な話である。強化型イプシロンでも点火系という基幹コンポーネントにおいて半導体リレーを使って小型・軽量化を図るとともに、推進薬でも助燃剤としてのアルミニウムを工業用汎用品に変えて低コスト化を進めているところである。

このような取り組みを突き詰めていくと、やがて製造プロセスの改革と言う概念にたどり着くことになる。これは強化型イプシロンの次のステップの将来構想に向けた作戦であるが、構造でいうと CFRP 一体成型などで部品点数を大幅に削減してプラモデルのように簡単に作れるロケットを目指そうとしていて、これを我々はガンプラ方式と呼んでいる。アビオニクスでは機内通信の無線化による機内計装の廃止、推進系では低融点推進薬などによる製造プロセスの改革を目指しているところである(本シンポジウムで別講演あり)。

一方、異分野と共通化できない部分は宇宙用特殊技術としての研鑽を積んでいくわけであるが、こういうところでもある次元では共通化できる部分もあり得ると考えている。それは「機種によらない搭載品」という考え方である。例えば、第 1 段ロケットのようにコストがかさむ割に性能に対する感度の低いところでは、他のロケットとの共通化によってどんどん値段を下げていくべきポイントである。このようにロケットのコンポーネントをロケットの機種横断的に使えるようなものにしていくことが、今後のロケットの低コスト化にとって重要と考えることができる。

### 3. 強化型イプシロンの開発と将来構想

強化型イプシロンでは、第 2 段ロケットの全面更新と第 3 段ロケット搭載機器の一部軽量化を計画しているが、最大のポイントは、第 2 段ロケットを大型化してフェアリングの外に配置することによってフェアリング内の衛星搭載スペースを拡大するとともに打ち上げ能力の増強を図ることにある。

強化型開発の目玉は新規開発の第 2 段ロケットであるが、具体的にはモータケースの大型化・軽量化と推進薬の増量によって打ち上げ能力の大幅向上を図るものである。このように能力に余裕が出てくるといろいろな自由度が広がってくる。例えば、複雑な仕組みの伸展ノズル(衛星搭載スペースを確保するためにノズルを畳んでおく仕組み)や後方着火方式(着火後点火器を投棄することによってイナータ質量を減らす仕組み)を廃止することで、部品点数の削減による信頼性向上と製造プロセスの簡素化を図ることができる。また、推進薬の組成の一部を汎用に近い材料に変更して低コスト化につなげることも可能になった。こうして、第 2 段モータというシステム全体の中では、高性能化と高信頼性化、そして低コスト化を同時に満たす解を見出すことができたというわけである。冴えた作戦である。ちなみに、強化型イプシロン開発で取り組んでいるこのような高性能・高信頼性・低コスト化技術は H3 ロケット用新 SRB(SRB-3)や SLIM 用キックモータの開発でも活用していく計画である。一方、H3 ロケット開発で製品として完成する SRB-3 は、その時点でイプシロンにも適用する予定である(これをシナジーイプシロン開発と呼んでいる)。輸送系が一体となった好循環が生み出されたと言えるであろう。

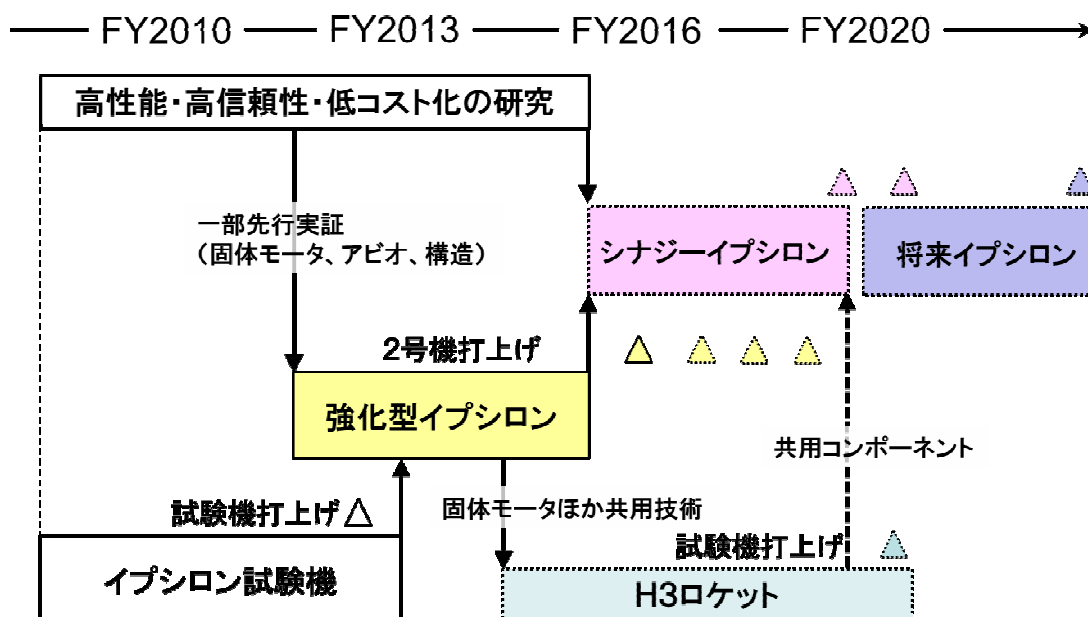


図4 イプシロンロケットの発展構想

さて、打ち上げシステムの改革という座標軸において、我々はイプシロン試験機でモバイル管制を実現しロケット管制を革新することに成功した。次のステップはロケット追跡管制の改革であろう。例えば、ロケットに搭載する航法センサのデータを地上にダウンリンクすることにより、射場のシステムから高価なレーダは省略できそうな見込みである。ありがたいことに、イプシロン2号機でこれを実証し、イプシロン3号機で実用化する計画になっており、実に頼もしいことである。

新年度はいよいよ強化型イプシロンの打ち上げ元年になるが、そのミッションは磁気圏観測衛星 ERG である。打ち上げ能力は高度 500km の太陽同期軌道換算で約 600kg を見込んでいて、これは試験機に比べて 30% の増強にあたるものである。この強化型イプシロンを出発点として、小型衛星時代を切り拓いていきたい。その意味でも大切なのは今後の展望である。もともとイプシロンロケット開発は、キー技術の成熟度に応じて2段階に分けて進める計画になっていたが、現在、強化型イプシロン開発が進行中であり、さらに H3 のサイドブースタなどを活用するシナジーイプシロンという計画が新たに入ってきた。これらをしっかり進めた上で、その次のステップのイプシロン最終形態、いわゆる将来イプシロンにつなげたいと考えている(図4)。

#### 4. まとめ

本稿は、イプシロンロケットが現在・過去・未来目指すビジョンを示し、それがいかに試験機で実現され、さらに強化型およびそれ以降につながろうとしているのか、その全体像を明らかにした。新年度に打ち上げる強化型イプシロンを出発点に、イプシロン計画を発展させ小型衛星時代をどんどん盛り上げていきたいと考えている。引き続きご支援をよろしくお願いいたします。

#### 【参考文献】

- [1] 森田泰弘, 井元隆行, 山城龍馬他, “イプシロンの開発コンセプトと将来構想,” 日本航空宇宙学会誌, 第63巻, 第8号, 2015年8月, pp. 265-272.
- [2] 森田泰弘, “イプシロンロケットの初飛行と今後の展望,” 航空と宇宙, 日本航空宇宙工業会, 2013. 12月号, pp. 1-13.