

イプシロンロケットの機構・構造

日大生産工 ○菅沼 祐介

1 緒言

イプシロンロケットは、低コスト・短期間で開発を進めるため、M-VロケットとH-IIAロケットで培った技術を最大限に活用して開発された3段式全段固体推進のロケットシステムである。試験機は、2度にわたる打ち上げ延期を経て2013年9月14日に鹿児島県内之浦宇宙観測所から打ち上げられたことは記憶に新しい。ロケットは宇宙航空研究開発機構 (JAXA) とIHIエアロスペースによって開発された。本稿では、イプシロンロケットシステムの概要および、機構・構造について述べる。

2 イプシロンロケットの概要

2. 1 開発背景

日本における固体ロケット技術は、長さ23 cmのペンシルロケットの水平発射実験から始まった。以来、50年以上にわたって技術開発が進められ、その技術の集大成となったのがM-Vロケットである。M-Vロケットは搭載衛星に対しロケットシステムを最適化できるという利点があったものの、打ち上げ費用が高額であるなどといった理由から2006年の打ち上げを最後に廃止となった。一方でM-Vロケット廃止以降も、小型科学衛星を安価に打ち上げるロケットシステムの必要性、固体ロケットシステム技術の維持発展の必要性から小型ロケットシステムの研究が進められてきた。そして、2007年8月宇宙開発委員会により開発研究への以降が妥当であるとの評価を受け、イプシロンロケット (当時の呼称は次期固体ロケット) の開発がスタートした。

イプシロンロケットは単に小型衛星の輸送手段獲得という目的だけでなく、①衛星の機動的打ち上げ手段の早期獲得と自律的かつ安定した打ち上げ手段の提供、②M-Vロケット開発完了後13年間進展の無い固体ロケットシステム技術の継承と発展、③宇宙輸送系共通技術の先行的実証、④将来の輸送系・固体ロケット技術の人材育成、といった目的を併せ持って開発が進められた。また、開発にあたってはコス



図1 試験機打ち上げの様子 (JAXA HPより)

トパフォーマンスやユーザ・フレンドリネスの向上といった、これまで日本のロケット開発には無い目標が掲げられ、開発コストや実機コストを意識した開発・設計や射場における作業時間の短縮や衛星最終アクセスから打ち上げまでの時間 (衛星レイトアクセス) の短縮を達成する革新的運用技術の開発などが進められた。

2. 2 構造系概要

イプシロンロケットは3段式固体ロケットの基本形態、および液体ロケット並みの軌道投入精度に対応する小型液体推進系 (PBS) を搭載したオプション形態の2形態を有する。試験機ではオプション形態の飛行実証が行われた。ロケットは全長24.4 m、代表直径2.5 m、全備質量は91 ton (搭載衛星質量は除く) の固体ロケットシステムである。早期に開発を完了させる必要があったため、1段モータから後端はH-II A用固体ロケットブースタ (SRB-A) をベースとした構成、1段モータより先端側はM-Vロケットの3段・4段の構成をベースとした。第1段機器搭載構造より先端側は、フェアリングの内部に搭載される。流用可能なコンポーネントが存在しない第3段機器搭載構造、ユーザ・フレンドリネス向上に対応した制振機構付き衛星分離部、運用性向上に対応したフェアリング、材料枯渇に対応した2段・3段モータケースが新規開発コンポーネントとなる。図2に構造系概要を示す。

Structure Subsystem of the Epsilon Launch Vehicle

Yusuke SUGANUMA

3 新規開発コンポーネントの概要

3段機器搭載構造はロケットの形態（基本／オプション）により搭載される電子機器が異なるため、2種類の構造体を開発した。主構造体の材質はアルミ合金を用い、軽量化のためアイソグリッド構造とした。衛星分離部はM-Vロケットのように衛星ごとにカスタマイズするのではなく、標準品を1つ開発した。結合仕様は世界のロケットを調査し決定した。本結合部には、1段モータの燃焼に起因する正弦波振動を衛星に伝えないようにするための制振機能を有している。主構造体の材質はアルミ合金を用い、剛性を確保するためモノコック構造とした。制振部には積層ゴムを用いた。フェアリングは、基本的な外形形状についてはM-Vロケットの仕様を踏襲している。ただし打ち上げ後の回収を不要とするため水没化仕様とすること、衛星アクセスドアのクローズ時間の短縮（衛星レイトアクセス性向上）などに対応するため新規開発された。主構造体はアルミスキンハニカム構造が採用された。2段・3段モータケースはM-Vロケットで採用していたCFRP材料の枯渇により、材料変更による新規開発を行った。モータケースは固体ロケットモータの推進薬容器兼燃焼容器である。モータケースは推進装置の一部ではあるが燃焼時の高圧力に耐えかつ、上下段を繋ぐ主構造体である。設計においては上下段コンポーネントとのインターフェース、ノズルとのインターフェース、推進薬外形形状はほぼ同じにするなどの制約のもとに進めた。また、上段構造の質量は打ち上げ能力への影響度が大きいため高性能化も目指した。材料は世界最高レベルの繊維強度を誇るT1000G（東レ製）を使用し、フィラメントワインディング（FW）によって成形した。無加圧キュアを採用することで低コスト化も図った。

4 流用コンポーネントの概要

前章に上げた構造以外はM-VロケットとH-IIAロケットからの流用となる。既開発品であるため、開発期間の短縮、開発コストの圧縮を達成できた。しかしながら、基本的な構造の変更は無いが、異なるロケットのコンポーネントを組み合わせるために、コンポーネントのインターフェース部分の改修、イプシロンロケットの運用に合わせた改修、飛翔時の外部荷重条件に合わせた改修などが施されている。これにより、流用コンポーネントとの区分であるが、いずれのコンポーネントも荷重試験や音響試験といった開発試験が実施されており、イプシロンロケットへの適合が確認されている。

5 おわりに

イプシロンロケットは2016年度に2号機を打ち上げるべく開発が進められている。イプシロンロケットの活躍はロケットや衛星産業の裾野を広げることにつながると考える。より「宇宙」がより身近に感じる時代が来ることを期待したい。

「参考文献」

- 1) SAC推進部会事前評価資料（2010）
- 2) 宇宙開発利用部会資料（2014）
- 3) 宇井恭一，峯杉賢治，後藤健，竹内伸介，寺内啓太，岸光一，佐野成寿，知念克典，田村浩，菅沼祐介，星野剛，イプシロンロケットの構造系，第54回宇宙科学技術連合講演会講演集（2010）
- 4) 宇井恭一，峯杉賢治，後藤健，竹内伸介，岸光一，田村浩，菅沼祐介，イプシロンロケットの複合材料適用構造について，第3回日本複合材料合同会議発表講演集（2012）

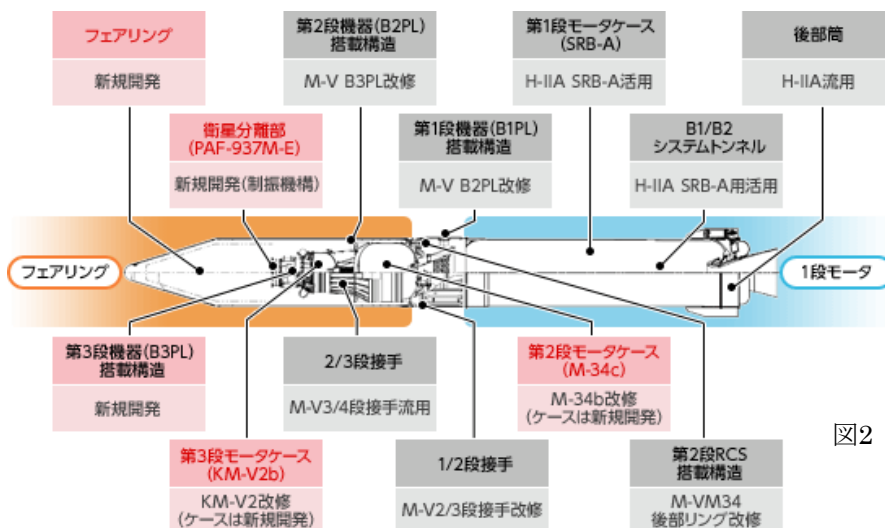


図2 イプシロンロケットの主要な構造コンポーネント (JAXA HPより)