

STCP-2013-014 イプシロンロケット初号機の射点設備と運用状況

○由井剛, 砂坂義則 (宇宙航空研究開発機構)
米令二, 野原勝, ((株) IHI エアロスペース)
小原秀雄 ((株) IHI エアロスペースエンジニアリング)

Launch Operations, Ground Support Equipments and Facilities of the Epsilon Rocket First Flight
Takeshi Yui and Yoshinori Sunasaka (JAXA)
Reiji Yone and Masaru Nohara (IHI Aerospace)
Hideo Obara (IHI Aerospace Engineering)

Key Words: Epsilon, Operation, GSE, Facility, First Flight

Abstract

Epsilon Rocket Project made a plan to develop GSEs and Facilities to realize operational innovation, reduction of labor and working hours, higher mobility and safety. This paper introduces Operational plan and development of GSEs and Facilities, including Automatic and Autonomous Checkout System for Epsilon Rocket.

1. はじめに

JAXA は、イプシロンロケット試験機を内之浦宇宙空間観測所(USC)で組立、点検し、打上げた。その際使用した射場施設、設備は、既存のものを有効活用しつつ、新たな目的を持って新規開発、改修をしたもので、新たな目的とは、運用の革新、つまり省人化、時間短縮、機動性、安全性の大幅な改善を実現することである。

ここでは、イプシロンロケットが目指すコンパクト(少人数、短時間で実行可能)な点検・整備・打上げを可能にする自動・自律点検、ロケット制御のモバイル化(移動可能式)、安全性と運用性を格段に高めた打上げを可能にする遠隔地打上げ運用を実現する射場設備を主に、設備全般と運用状況について紹介する。

2. 運用

2.1 射場整備

イプシロンロケットの射場設備個々の開発への要求のベースとなる運用の概要(作業の流れ)を図1に示す。(図中 Y-O は、定常運用段階での作業日を示す。)

射座を占有することになる1段射座据付、上段部(頭胴部: 2段+3段+衛星+フェアリング)結合、全段電気系点検、最終準備、打上げ、撤収までを7日で実施する計画である。(定常運用段階)

第2段ガスジェット装置(RCS)およびオプション形態のPBS(Post Boost Stage)推進系は、工場でヒドラジンを充填した状態で射場に搬入し機体に取り付けるため、射座での推進薬の充填作業期間を不要としている。

なお、組立・点検作業時に万が一、RCS および PBS 推進系の燃料(ヒドラジン)の漏えいが発生した場合には、直ちに検出し、安全確保の対応を行う。

2.1.1 各段組立～各段電気系点検

各段の組立、艀装後、各段電気系点検を実施する。この点検は、各段をテストケーブルで結線(2/3段間は本結合)し、発射管制設備(LCS)の自動・自律点検機能(3.1.1項)により実施する。

2.1.2 衛星との共同作業

衛星に衛星分離部(PAF)を取付け、ロケット2/3段に搭載し、フェアリングを取付ける。これ以降、衛星へのアクセスは綿密なスケジュール調整に基づき提供することになる。

2.1.3 1段射座据付、頭胴部結合

横置き状態の1段をクレーンで吊り上げ、縦の姿勢に移行しロケット支持台に据え付ける。これに続き第1段機器搭載構造(BIPL)を1段に結合する。その後、1段の上部に縦置き状態の頭胴部をクレーンで吊り上げ結合する。また、アンビリカル(電力供給、空調供給、信号送達)系統を結合する。

アンビリカル系は各段毎に設けず、ロケット向けの1段下部と衛星向けの上段部の2箇所としていることで短時間の接続を可能としている。

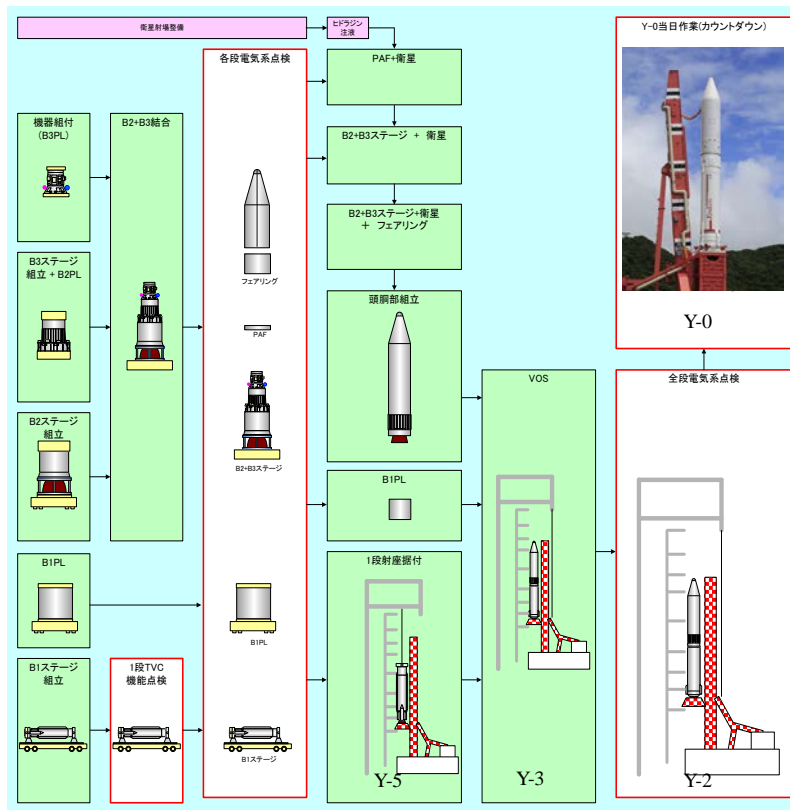


図1 作業の流れ

2.1.4 全段電気系点検

ロケット完成形態での End to End の検証を行う。
(1 段と頭胴部の結合部分の健全性確認を含む。) 点検は LCS の自動・自律点検機能 (3.1.1 項) により実施する。

火工品点検装置(MOC)を機体に搭載することにより、火工品回路点検のためのフックアップケーブル接続を不要として作業期間を短くする。

2.1.5 打上げ当日の準備

衛星最終アクセスは、打上げの 3 時間前まで可能としている。その後、打上げのためにロケットを打上げ位置に移動する。

なお、移動の後に気象が急変した場合は、遠隔でロケットを元の整備塔内に戻して保護する。

2.2 打上げ運用

イプシロンの打上げ運用の全体像を図 2 に示す。

ロケット系は LCS の自動・自律点検機能 (3.1.1 項) により、数人のオペレータによる打上げ管制を実施する。ロケットシステムメーカーによる技術支援は、メーカーの工場から遠隔で実施することにより、技術者の打上げ現場への派遣を減らす計画である。(2.3 項) これらにより、管制室の要員は M-V の約 10 分の 1 になる見込みである。(定常運用段階)

打上げに先立ち、高層風観測結果を用いたプログラムレート再設定 (最適な姿勢プログラムへの修正)

を行うため、必要なデータ授受を LCS を使用して行う。

飛行安全管理は、H-IIA,H-IIB ロケットで使用している飛行安全システムをソフトウェアを改修の上使用する。飛行安全管理に必要な射場での情報源は H-IIA,H-IIB ロケットとの共用も考慮して、必要数を準備し運用する。

射場管制は、H-IIA,H-IIB ロケットと同様、種子島の指令管制棟 (RCC) から行い、USC、種子島、小笠原の情報源、テレメトリ局等の局全体をとりまとめる。

2.3 後方支援

従来のロケットでは多くの技術支援者が射場に移動し、射場作業において技術評価、判断を行っている。イプシロンでは発射管制設備を用いて、手順書上の現在の作業進捗状況やテレメトリ計測データ等を製造メーカーに配信し、技術支援者は現地へ出張することなく、必要な期間だけ後方支援業務に効率的に参加する計画である。(定常運用段階)

後方支援系へのネットワーク構築には、セキュリティを確保するために物理的且つ論理的に隔離された専用独立回線として運用する。

なお、テレメトリ局経由のロケットテレメトリデータを評価する場合には、H-IIA,H-IIB ロケット同様、打上げ作業管理システム (LDMS;飛行状況実時間表示システム (FORMS) 及びロケットデータ管理システム (ATMS) をイプシロン用に改修) の回線と端末を利用する。

2.4 運用状況

試験機の運用は、概ね良好に実施できた。ただし、ミッション達成第一で進めており、得られた経験を今後の定常段階の運用に反映させる計画である。

3. 射場設備

3.1 発射管制設備 (LCS)

運用を革新的に効率化する発射管制設備の主要機能を以下に示す。

- (1) カウントダウン運用機能
- (2) 緊急停止/安全化処置機能
- (3) 機体チェックアウト/打上げ準備運用機能
- (4) 後方支援系インタフェース機能
- (5) データ管理機能
- (6) モニタ表示機能

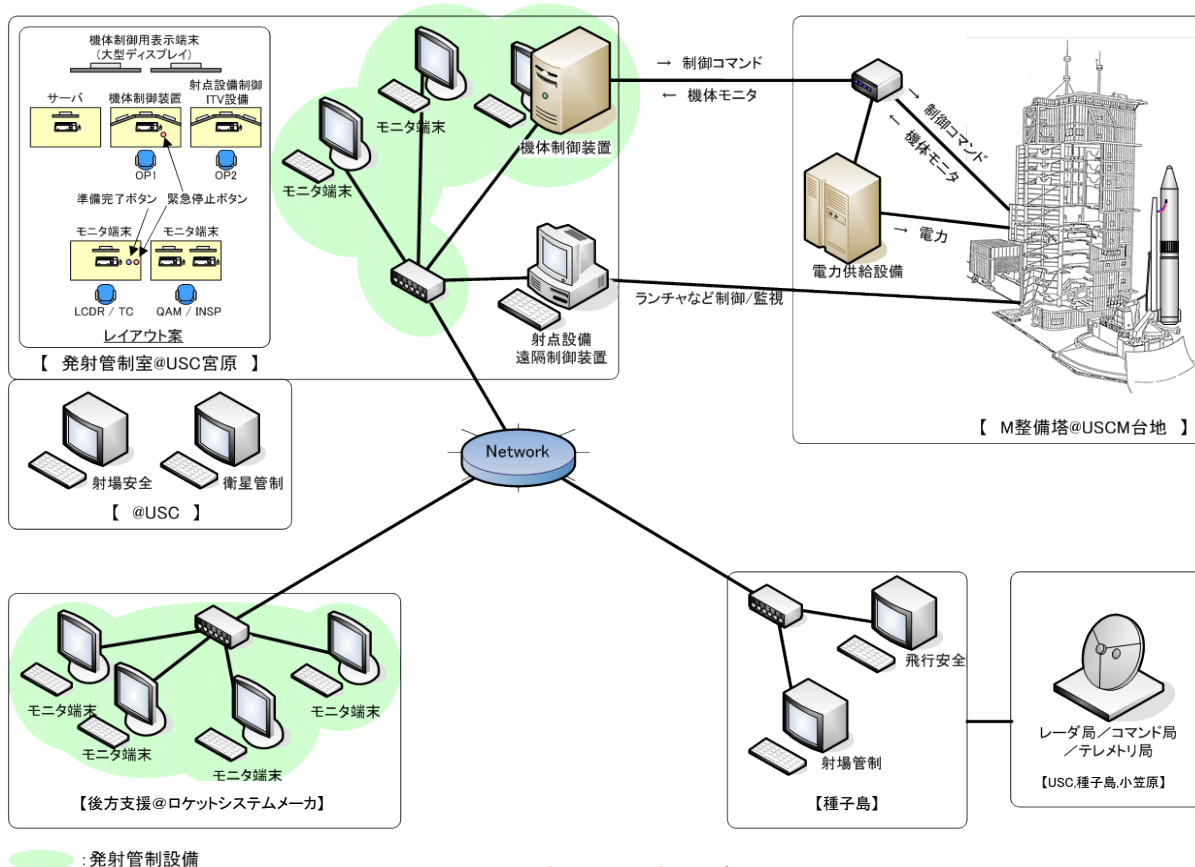


図2 イプシロンの打上げ運用

(7) 自律評価機能

LCS は汎用のパソコン数台とサーバを主体にシステムを実現することでハードウェアは特殊性を排除している。構成は概ね以下を計画している。

- ✓機体制御装置 (パソコン)
- ✓データ配信装置 (サーバ)
- ✓発射管制モニタ端末 (パソコン)

発射管制室はパソコン、サーバを持ち込み、ネットワークに繋いで打上げ作業を行えるモバイル管制室としている。

後方支援室にはモニタ端末等を配置する。

3.1.1 自動・自律点検機能

自動・自律点検システムは、LCS と即応運用支援装置 (ROSE) の協働で発揮される機能であり、以下に示す機能を持っている。詳細は参考文献¹⁾を参照されたい。

- ◇自動点検 (手順実行, 閾値判定, 作業記録)
- ◇自律点検
 - ✓動的アナログデータのトレンド評価
 - ✓故障部位の特定, 対処の提案

自動点検は、作業要員の削減、作業時間の短縮、作業品質の安定を図ることを目指している。また、

自律点検は、技術者の数の削減と負担軽減を図っている。

3.2 ロケット整備塔, 発射台

M-V ロケットで使用した整備塔, ランチャ (発射装置) を有効活用し改修して使用している。(図3) イプシロン固有の以下の事項に対応することに加え、ヒドラジンが万が一漏洩した場合の対応として、漏洩検知, 換気, 防爆, 緊急電源遮断を実現する設備を備える。また、地震を考慮し、機体転倒防止機構を備えている。空調については、能力の増強の必要性があり、H-IIA,H-IIB ロケットとフェアリング空調移動車を共有する。

- ✓垂直打上げ
- ✓ロケットの作業を行うステーション (高さ位置)
- ✓1段機体の重量
- ✓遠隔操作要求
- ✓音響環境の低減の必要性

また、本設備はアンビカルマスト, アンビカルキャリアを含んでいる。

詳細は参考文献²⁾を参照されたい。



図3 ロケット整備塔，発射台

3.3 ロケット組立室

M-V ロケットで使用した組立室を有効活用している。イプシロンでの頭胴部の長さへの対応や、大扉、門型クレーンの改修のほか、組立室においてロケット各段での組立、点検を行う際、ヒドラジンが万が一漏洩した場合の対応として、漏洩検知、換気、防爆、緊急電源遮断を実現する設備を備える。

3.4 ロケット管制室

LCS、整備塔の遠隔操作監視端末、指令電話、映像モニタを配置し、遠隔操作で打上げ管制を行うことが可能となるようにネットワークを整備した管制室を設置している。

イプシロンでは、従来のロケットの管制室（射点から水平距離が近く、建物の強度を上げる、または地下に設置する等により安全確保）とは異なり、管制室を打上げ時の警戒区域（安全確保のため、立入りを規制する区域）の外に配置し、より一層の安全性、運用性を確保している。衛星の管制室、安全・保安業務の管制室も同様である。このため、地上系は遠隔操作機能を保有している。

3.5 飛行安全系・射場系設備・その他

H-IIA/H-IIB ロケットと共通の飛行安全管理システムを使用する。ただし、イプシロン特有の改修を付加したソフトウェアを使用する。

射場管制（ロケットの追尾、テレメトリ受信、光学観測など）は既存の設備に新規設備を加え運用す

る。H-IIA,H-IIB との共用を考慮し、可搬型のレーダを使用する。本レーダは、運用場所に移動後、自らの位置及び水平度調整を高精度かつ自動で実施する、運用性が良い装置である。（図4）

その他に、気象観測設備、海上監視設備を整備し運用している。



図4 可搬型のレーダ

4. おわりに

イプシロンが目指す運用の革新を実現するための射場設備と運用状況について述べた。試験機の打上げ結果を踏まえ、必要な反映・改善を行い、世界に誇るロケット打上げシステムの仕上げを行いたい。

参考文献

- 1) 広瀬，由井，米，野原，小原：イプシロンロケットの自動・自律点検システム，第56回宇宙科学技術連合講演会，論文番号1B09,2012
- 2) 小野，下瀬，峯杉，米，平野：イプシロンロケットの機体組立・発射整備作業，第56回宇宙科学技術連合講演会，論文番号1B10,2012
- 3) 田村，井上，森田，大塚，野原，加藤，佐賀：次期固体ロケット自律点検システムの開発計画，第53回宇宙科学技術連合講演会，論文番号1B05,2009
- 4) 森田，田村，佐賀，大塚，野原，加藤：搭載機器点検の自律化，第52回宇宙科学技術連合講演会，論文番号1J05,2008