



イプシロン S ロケット 専用治工具（11 装置）

Aoki Yui

青木 ゆうい^{*1}

Sakaino Yusuke

境野 裕介^{*2}

1. はじめに

イプシロン S ロケットは、小型衛星打ち上げミッションを主対象とした固体ロケットであり、限られた準備期間の中で高い信頼性と柔軟性が要求される。その要求を満たすためには、機体そのものの性能・信頼性のみならず、打ち上げ準備・点検・射場運用を支える地上設備の高度化が不可欠である。

当社では、イプシロン S ロケット向けに発射管制、ソフトウェア検証・飛行解析、機体・衛星インタフェース試験、射場設備点検、電力供給・安全系など多岐にわたる専用治工具を開発し、機体点検から打ち上げ当日の運用までを一貫して支援している。本稿では、これらの専用治工具の構成と役割について紹介する。

2. イプシロン S ロケット 専用治工具の構成

イプシロン S ロケット向け専用治工具は、大きく以下の機能系統に分類される。

(1) 発射管制・監視系

- ・発射管制設備（LCS）
- ・テレメータデータ表示装置（QL/EL）

(2) フライトソフトウェア・飛行解析系

- ・フライトソフトウェア検証装置（FSW-INSP）
- ・プログラムレート再設定システム（PRG RATE SYSTEM）

(3) 機体・衛星インタフェースおよび射場設備点検系

- ・ステージ点検模擬部（STG-CHK）
- ・フェアリング/PSS/衛星分離部
搭載センサ模擬装置（S/C_IF-CHK）
- ・射点設備チェックアウト装置（LP-CHK）
- ・PCS,PBS タンク I/F 点検装置（PCS,PBS_IF-CHK）
- ・衛星+PLF 火工品 I/F 点検装置（SC-OCB）

(4) 電力供給・安全系

- ・外部電力供給装置（PWR-SUP）
- ・リフトオフ検出パケット送信装置（LDT）

次項に、各装置の概要と役割を順に述べる。

*1：制御システム事業部 防衛・宇宙システム部 宇宙システムグループ

*2：制御システム事業部 防衛・宇宙システム部 宇宙システムグループ 主査

3. 発射管制・監視系装置

3.1 発射管制設備（LCS）

発射管制設備（Launch Control System：LCS）は、イプシロンSロケット（以下、機体）を射場より打ち上げるにあたり、工場および射場における点検作業、打ち上げ準備作業、打ち上げ作業を統合的に支援する中核的な地上設備である。

装置写真を図1に示す。

LCSは、以下の機能を担う。

- ・機体への制御コマンド送出
- ・機体からのテレメトリデータ受信・監視
- ・試験の自動実行・結果記録
- ・緊急停止を含む安全系インタフェースの独立制御
- ・タイムコード配信による各種設備の時刻同期



図1 発射管制設備（ラック）（LCS）

3.2 テレメータデータ表示装置 (QL/EL)

テレメータデータ表示装置 (QL/EL) は、工場および射場での点検作業や打ち上げ準備作業において、機体の状態を表すテレメータデータを画面に表示し、記録する装置である。主な役割は、次の通りである。

- ・発射管制設備 (LCS) で実行している点検作業結果のリアルタイム表示
- ・異常値・トレンド変化の監視による事前検知支援
- ・打ち上げ後の後解析に向けたデータ蓄積

仮想基盤上で複数系統の表示・解析環境を構成し、大型モニタによる直感的な監視と、LAN 経由でのデータアクセスを実現している。装置写真を図 2 に示す。



図 2 テレメータデータ表示装置 (QL/EL)

4. フライトソフトウェア・飛行解析系装置

4.1 フライトソフトウェア検証装置 (FSW-INSP)

フライトソフトウェア検証装置 (FSW-INSP) は、機体搭載 OBC (On-Board Computer) にインストールされるフライトソフトウェアの検証

を目的とした装置である。ソフトウェアインザループ (SWIL) 試験環境を提供し、以下のような検証を実施する。装置写真を図 3 に示す。

- ・フライトシーケンスの確認
- ・異常系・例外系動作に対するフライトソフトウェアの応答評価
- ・インタフェース仕様変更時の回帰試験



図 3 フライトソフトウェア検証装置 (FSW-INSP)

4.2 プログラムレート再設定システム (PRG RATE SYSTEM)

プログラムレート再設定システムは、打ち上げ当日に得られる風観測データを入力し、飛行計画に関連する各種パラメータの再設定・解析作業を行う装置である。

具体的には、

- ・ DOL (Day Of Launch) パラメータの再設定
- ・ 飛行経路の見直し・最適化
- ・ 飛行解析と LWA (Launch Window Assessment) レポートの作成

を通じて、打ち上げ当日の環境変動を反映した安全かつ効率的な飛行計画設定を支援する。本装置により、運用要員が迅速に解析・判断を行える環境を提供している。装置写真を図 4 に示す。



(a) ラック



(b) コンソール

図 4 プログラムレート再設定システム (PRG RATE SYSTEM)

5. 機体・衛星インタフェース および射場設備点検系装置

5.1 ステージ点検模擬部 (STG-CHK)

ステージ点検模擬部 (STG-CHK) は、セグメント点検用装置であり、B1AFT ステージ、および B3PL ~ B1PL ステージを電氣的・信号的に模擬することで、各ステージの機能検証を実施す

る。これにより、実機ステージを用いなくとも、

- ・ステージ間インタフェースの事前検証
- ・点検手順の確立・訓練
- ・不具合切り分けの効率化

が可能となり、製造・整備工程における品質確保に貢献している。装置写真を図 5 に示す。

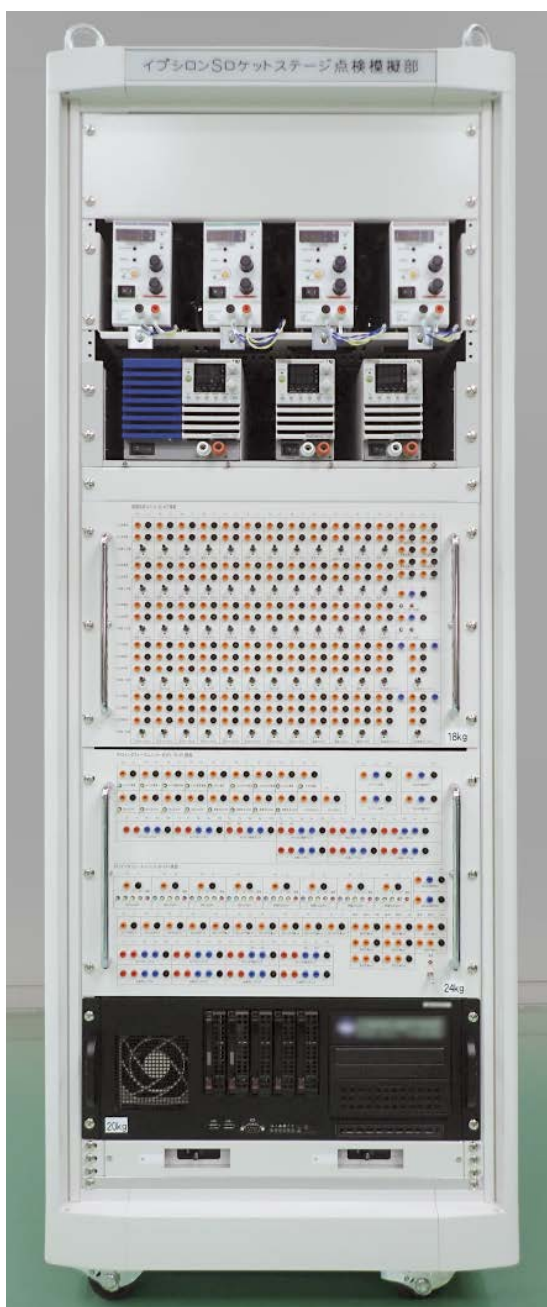


図 5 ステージ点検模擬部 (STG-CHK)

5.2 フェアリング/PSS/衛星分離部 搭載センサ模擬装置 (S/C_IF-CHK)

フェアリング/PSS/衛星分離部 搭載センサ模擬装置 (S/C_IF-CHK) ※¹ は、機体に衛星が搭載されていない状態で実施される全段点検において、衛星の代替として機体とインタフェースし、衛星側機能の模擬を行うための装置である。

- ・衛星－機体間の電氣的インタフェース確認
- ・コマンド・テレメトリ系の整合性試験
- ・シーケンス点検における衛星模擬

衛星未搭載状態でも打ち上げ準備作業を進められる環境を提供する。装置写真を図 6 に示す。

※¹ 当社製作時の装置名称は、「衛星 I/F チェックアウト装置 (S/C_IF-CHK)」（図 6 のネームプレート）であったが、正式名称は、「フェアリング/PSS/衛星分離部 搭載センサ模擬装置 (S/C_IF-CHK)」に変更となった。



図 6 衛星 I/F チェックアウト装置 (S/C_IF-CHK)

5.3 射点設備チェックアウト装置 (LP-CHK)

射点設備チェックアウト装置 (LP-CHK) は、射点設備の電気系点検作業に用いられる地上設備であり、外部電力供給装置、射点設備および機体接続ケーブル (アンビリカルケーブル、電源ケーブルなど) までの電氣的機能を確認する。以下を

主な役割とする。

- ・各種ケーブルの抵抗値測定
- ・絶縁・導通など電気特性の検証
- ・電源・信号系統の健全性確認

これにより、射点設備使用前の健全性を確認し、打ち上げ当日のトラブル発生リスク低減に貢献している。装置写真を図 7 に示す。



図 7 射点設備チェックアウト装置 (LP-CHK)

5.4 RCS,PBS タンク I/F 点検装置 (RCS,PBS_IF-CHK)

RCS,PBS タンク I/F 点検装置は、RCS (Reaction Control System) タンクおよび PBS (Post Boost Stage) タンクが機体に搭載されていない状態で実施する全段点検において、機体とインターフェー

スし、タンクのセンサおよびヒータを模擬する装置である。

各タンク周辺のセンサ信号・ヒータ制御系の点検を実際の負荷に近い条件で実施できるよう設計されている。装置写真を図 8 に示す。



(a) ラック



(b) センサ I/F 点検装置

図 8 RCS,PBS タンク I/F 点検装置 (RCS,PBS_IF-CHK)

5.5 衛星+PLF 火工品 I/F 点検装置 (SC-OCB)

衛星+PLF 火工品 I/F 点検装置 (SC-OCB) は、発射管制設備 (LCS) からのコマンドに従い、衛星のない全段点検・衛星結合点検・打ち上げ前日 (Y-1) の点検などに使用される。

本装置で火工品点火回路の実負荷点検および

端子間ストレイ電圧を測定することで、

- ・ 火工品系統の安全性・確実性の確認
- ・ 意図しない電圧印加による誤作動防止

を実現し、安全・確実な分離・切り離し機構の保証に貢献している。装置写真を図 9 に示す。



図 9 衛星+PLF 火工品 I/F 点検装置 (SC-OCB)

6. 電力供給・安全系装置

6.1 外部電力供給装置 (PWR-SUP)

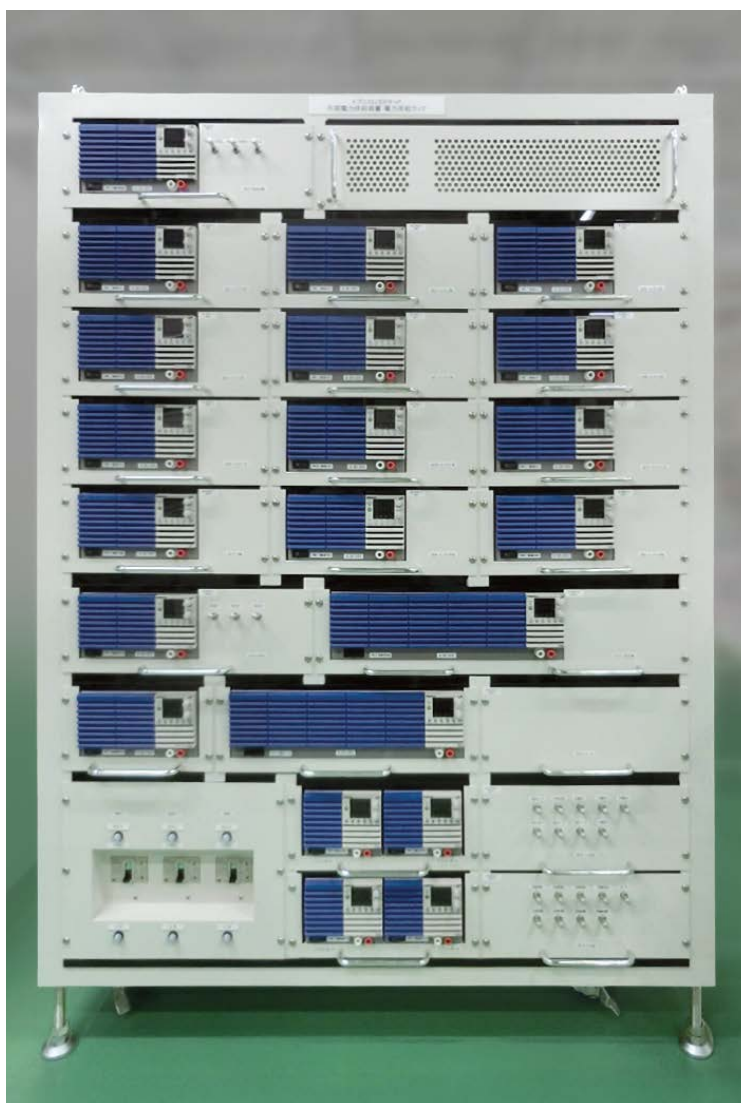
外部電力供給装置 (PWR-SUP) は、点検並びに打ち上げ準備作業において機体に電力を供給するとともに、機体搭載電池の充電制御、コマンド／テレメトリ信号の中継、機体のリフトオフ検知などを行う地上装置である。主な機能は以下の通りである。

- ・機体各系統への安定電力供給
- ・搭載バッテリーの充電・状態監視
- ・機体と発射管制設備間の信号中継
- ・リフトオフ信号の検知・外部安全系への通知

制御ラック、電力供給ラックなどで構成し、機体接続系統の冗長性と安全性を確保した設計となっている。装置写真を図 10 に示す。



(a) 制御ラック



(b) 電力供給ラック

図 10 外部電力供給装置 (PWR-SUP)

6.2 リフトオフ検出パケット送信装置 (LDT)

リフトオフ検出パケット送信装置 (LDT) は、外部電力供給装置からのリフトオフ検知信号を受信し、飛行安全管制システムへ所定フォーマットのパケットとして送信する装置である。

装置写真を図 11 に示す。



図 11 リフトオフ検出パケット送信装置 (LDT)

7. おわりに

本稿で紹介したイプシロン S ロケット向け専用治工具は、発射管制、ソフトウェア検証・飛行解析、機体・衛星インタフェース試験、射場設備点検、電力供給・安全系など、打ち上げ準備および運用のあらゆる局面を支える基盤である。当社では、これら装置の設計・製造・保守を通じて、

イプシロン S ロケットの高信頼性打ち上げに向けて貢献している。

今後も、ロケットシステムおよび射場運用の高度化に応じて、地上設備の改良・新機能追加を継続し、より安全で効率的な宇宙輸送の実現を目指していく。

制御システム事業部 防衛・宇宙システム部
宇宙システムグループ

青木 ゆうい

TEL 045-759-2488

制御システム事業部 防衛・宇宙システム部
宇宙システムグループ 主査

境野 裕介

TEL 045-759-2488