

第 15 章 「きぼう」曝露系システムの開発成果

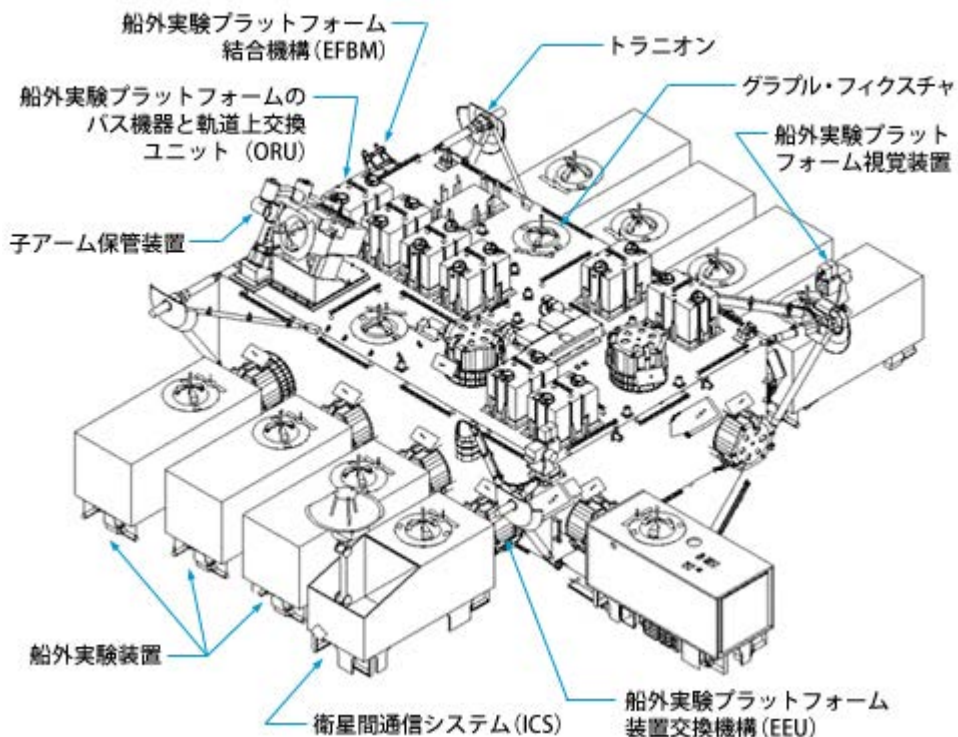
～船外実験プラットフォーム

1. 序論

現在「きぼう」内では、多種多様な軌道上実験が順次行われており、多くの実験成果を出しつつある状況である。

船外実験プラットフォームは、第 1 図のような、大きさ約 6m×5m×4m の曝露環境実

験スペースで、最大 10 個の実験ペイロードをその周囲に取り付けて実験を行うことができる、国際宇宙ステーションの中でも最大の船外実験環境を提供できる施設である。船外実験プラットフォームからは、実験ペイロードに対し、電気・通信・排熱などのリソースを供給することができる。



第 1 図 船外実験プラットフォーム

船外実験プラットフォームは、1980 年代の概念設計から始まり、1992 年に基本設計

を完了、1998 年に詳細設計を完了し、フライト品の製作・試験、そして、ケネディ宇宙

センターへの輸送（2008年）、最終射場点検／整備が行われ、2009年7月、スペースシャトル STS-127にて打上げられた。

現在は、打上げから3年以上が経過し、電力系、熱制御系、その他数多くの軌道上テレメトリデータを取得することができ、今も継続的にデータを取得・評価中である。

本章では、国際宇宙ステーションにおける日本初の船外システムである船外実験プラットフォームの開発成果として、その機能・性能が設計要求を満足しているかという観点で述べる。

2. 船外実験プラットフォームの開発成果

船外実験プラットフォームは、船内実験室に取り付けられ、電力、通信、排熱等のサービスを実験ペイロードへ提供するシステムである。その構成は、構造系、電力系、通信系、熱制御系、装置交換機構系に分かれる。

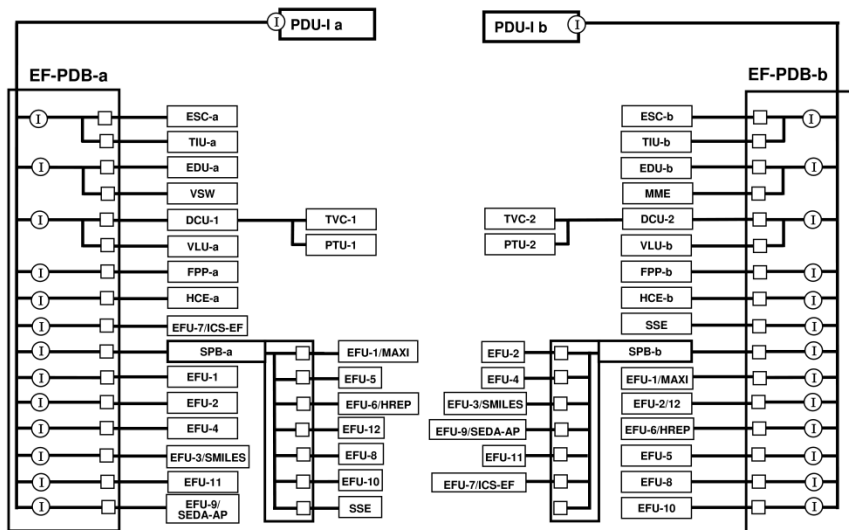
いくつかのサブシステムに対し、船外実験プラットフォームが設計通りの機能・性能を満足することができたかという観点で、軌道上テレメトリから評価し解説する。

2.1 電力系

船外実験プラットフォームでは、2系統（A系、B系）の主電力供給システムがあり、EF-PDBにて電力分配が行われている。また、実験ペイロードの保温用電源としてのサバイバル電力に対しては、SPBにて電力分配が行われている。（第2図参照）

2009年7月の船外実験プラットフォームの起動以降、順調に電力分配が行われ、その機能を十分に果たしている。

また、2009年8月に行われた船外実験プラットフォームのチェックアウトにおいては、すべてのシステム機器に対する電力分配が正常に行われ、すべてのシステム機器が正常に起動することを確認した（第1表参照）。



第2図 電力系系統図

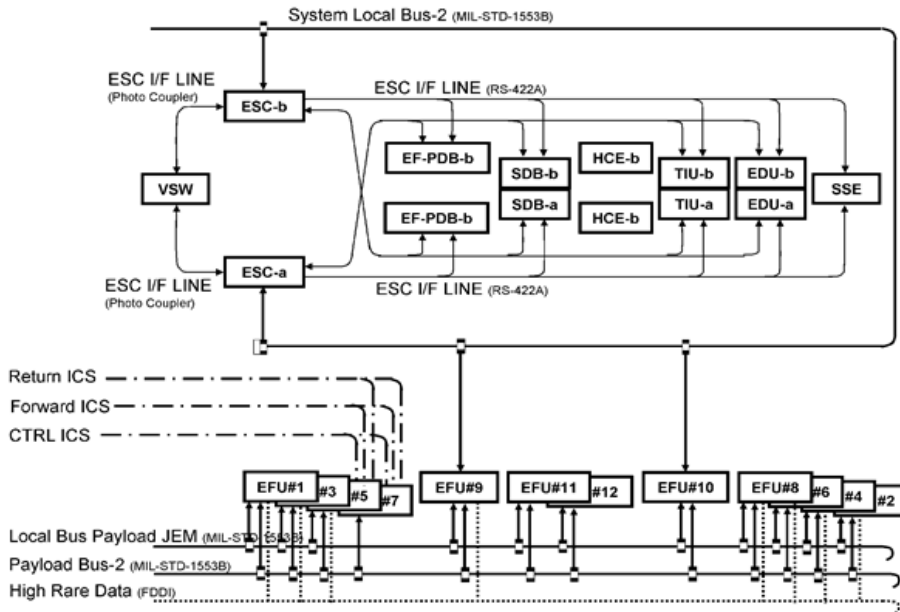
第 1 表 電力分配実績

EF-PDB-a 系統		EF-PDB-b 系統	
ESC-a	0.1A	ESC-b	0.1A
TIU-a	0.2A	TIU-b	0.17A
EDU-a	10A	EDU-b	10A
VSW	0.1A	MME	1.17A
DCU-a/TVC-a/PTU-a	0.57A	DCU-b/TVC-a/PTU-a	0.6A
VLU-a	0.51A	VLU-b	0.49A
FPP-a	0.6A	FPP-b	0.72A
HCE-a	0.26A	HCE-b	0.24A
SPB-a	0.11A	SPB-b	0.77A
-	-	SSE	0.8A

2.2 通信制御系

船外実験プラットフォームでは、2 系統(A 系、B 系) の通信制御系統があり、ESC-a

および ESC-b にて、その機能を果たしている (第 3 図参照)。



第 3 図 通信制御系系統図

2009年8月に行われた船外実験プラットフォームのチェックアウトにおいては、ESC-aおよびESC-bともに正常に起動することを確認した。また、船外実験プラットフォーム・システムを正常に監視・制御できることも確認した。

これにより、万が一、ESCが故障し船外実験プラットフォームのシステム制御・監視に異常が発生した場合でも、バックアップ系統のESCにより、健全に船外実験プラットフォームを運用できることとなる。

2.3 熱制御系

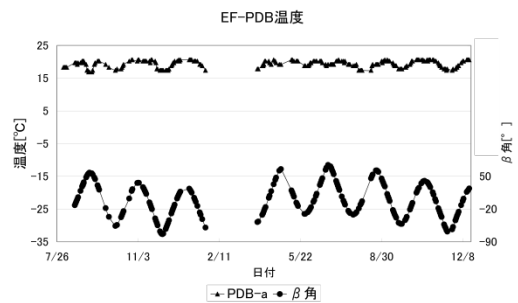
船外実験プラットフォームは、受動的熱制御系（PTCS）と能動的熱制御系（ATCS）の2種類の熱制御系を持ち、これにより、システムおよび実験ペイロードの熱制御を行うシステムとなっている。

PTCSは、熱制御材、ヒータとサーミスタにより、熱制御を行っている。一方、ATCSは、フロリナート（FC-72）という冷媒をポンプで循環し、機器の熱源をコールドプレートを通じて、熱交換するシステムとなっている。船外実験プラットフォームと船内実験室とは、熱交換器により、熱交換するシステムとなっている。

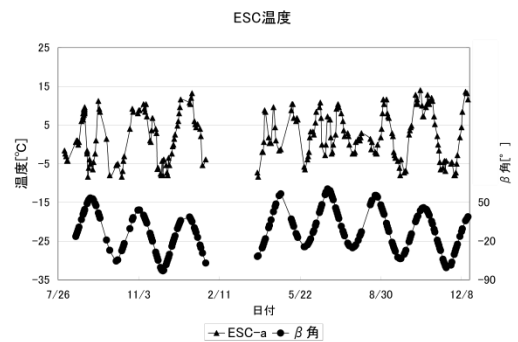
2009年7月の船外実験プラットフォーム起動以降、熱制御系はPTCS、ATCSともに健全に機能しており、システム機器の温度制御、および実験ペイロードの温度制御を行っている。

軌道上における主要システム機器の温度テレメトリデータとして、EF-PDB-aおよびESC-aについて、第4-1図および第4-2図に示す。EF-PDBはPTCSおよびATCSにより温度制御されているため、比較的溫度制御範囲が狭い領域で制御されていることが分かる。一方、ESCはPTCSのみの温度制御

であり、積極的に輻射による熱制御を行っているため、外部熱環境（ β 角）の影響を大きく受けていることが分かる。EF-PDB-a、ESC-aのどちらも、機器の許容温度範囲にて温度制御されており、熱設計が妥当であったことが確認された。

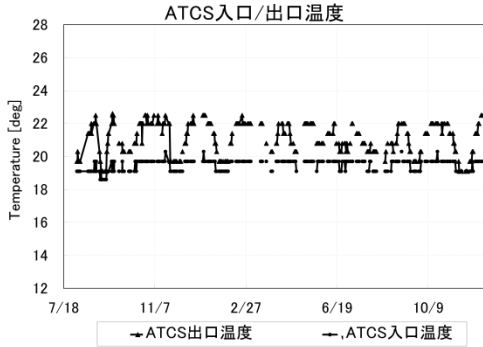


第4-1図 軌道上運用における機器温度
(EF-PDB)

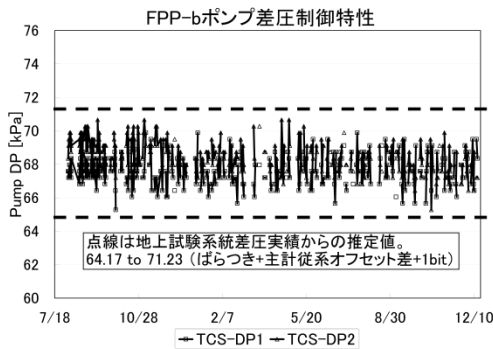


第4-2図 軌道上運用における機器温度
(ESC)

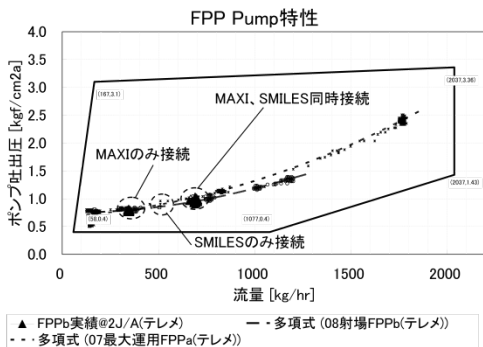
また、ATCS入口／出口温度、ポンプ差圧制御特性およびポンプの運転状況について、第5～7図に示す。



第 5 図 軌道上運用における
ATCS 温度制御状況



第 6 図 軌道上運用における
ポンプ差圧制御特性



第 7 図 軌道上運用におけるポンプ運転状況

上記の図から、ポンプは規定範囲内の制御で運転されており、設計どおりに駆動していることが確認できた。

なお、ATCS 冷媒の定常リーク量が設計の想定値（解析値：0.335 [L/年]）に対して若干大きい（0.45 [L/年]：工学値変換パラメータ誤差修正後の値）。実績値は誤差等（体積センサ誤差：±1.2 Liter、冷媒温度の影響等）を含んでおり、ばらつきもみられるため、問題はないと考えるが、トレンドモニタを継続することとしている。

2.4 装置交換機構系

装置交換機構系は、実験ペイロードの結合・分離およびリソース供給するためのサブシステムで、以下で構成されている。

- EFU：EF 側結合ユニット（第 8 図参照）
- PIU：ペイロード側結合ユニット（第 9 図参照）
- EDU：EEU ドライバユニット



第 8 図 EFU



第 9 図 PIU

2009年7月のスペースシャトル STS-127 による組立作業においては、船外実験パレット、実験ペイロード 3 式 (MAXI、ICS-EF、SEDA-AP) をこの結合機構を用いて船外実験プラットフォームへ結合し、それぞれの EFU を介して健全にリソース供給ができることを確認した。(第 10 図、第 11 図参照)



第 10 図 船外パレット移設



第 11 図 実験ペイロード移設

また、2009年9月に打ち上げられた HTV 初号機においては、曝露パレットおよび実験ペイロード 2 式 (SMILES、HREP) が船外実験プラットフォームへ結合し、それぞれの EFU を介して健全にリソース供給ができることを確認した。

これらの結合・分離作業は、ロボットアームと結合機構との協調動作において行われた。SSRMS (NASA) および JEMRMS (日本) という 2 種類のロボットアームとの協調動作において、EFU/PIU が健全に所定の調芯性能を果たすことが立証された。

2.5 微小重力環境

船外実験プラットフォームには、微小重力計測装置 (MME : Micro-gravity Measurement Equipment) という重力加速度レベルを計測する装置が搭載されており、これにより船外実験プラットフォームにおける μG レベルを計測することができる。2009年11月の MME チェックアウトにおける μG レベルの計測結果を第 12 図に示す。

開発要求では、第 12 図の点線に示す要求レベル (JEM Payload Accommodation Handbook Vol.3) を満足するように設計されており、チェックアウトにおいて計測した

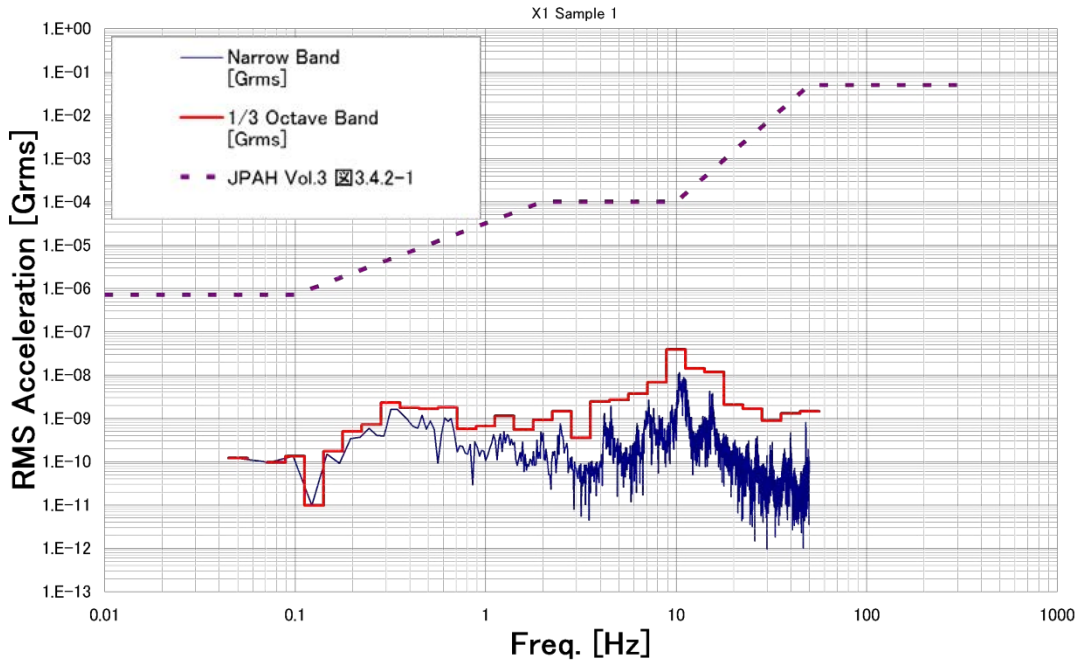
μ G 計測結果（第 12 図の赤線）から、この要求を満足することが確認できた。

3. まとめ

本章 2 項で解説した通り、船外実験プラットフォームが設計通りの機能・性能を満足

することが軌道上テレメトリデータより確認できた。

船外実験プラットフォームは 25 年近い開発期間を経て、無事、完成することができた。この長期間に開発に携ってこられた多くの人々に感謝申し上げます。



注) JPAH Vol.3 : NASDA-ESPC-2563A
 JEM PayloadAccommodationHandbook
 Vol.3 曝露部/ペイロード標準インターフェース管理仕様書

第 12 図 μ G 環境