

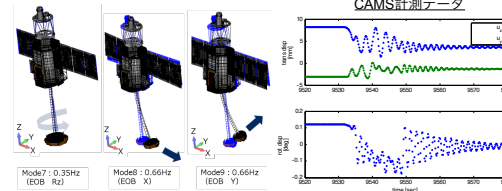


「ひとみ」搭載バス系機器の軌道上性能

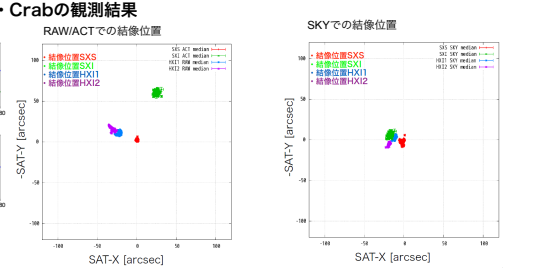
飯塚 亮、石田 学、石村康生、岩田直子、小川博之、梯 友哉、河野太郎、久保田 孝、国分紀秀、坂井真一郎、佐藤理江、嶋田貴信、堂谷忠靖、中島 悠、夏苺 権、馬場満久、坂東信尚、前田良知、峯杉賢治、和田篤始 (JAXA)

1. 構造系・指向管理

- ・構造系の開発結果まとめ
- ・構造系に対する要求 (搭載機器の保持、搭載機器の機械環境、強度、剛性) に対して、要求を満足していないという疑いが生じる観測データ (打ち上げ時の加速度情報、軌道上データ) は無かった。
- ・太陽電池パドルおよび伸展式光学架台(下図)の固有振動数は、それぞれ、太陽電池パドル: 解析 0.96Hz / 軌道上データ 0.95Hz
伸展式光学架台: 解析 X/Y 0.66Hz / 軌道上データ X 0.59Hz, Y 0.63Hz であり、予測と整合している。



- ・指向管理の開発結果まとめ
 - ▶ 2天体の観測結果ではあるが、4種6台の全ての科学観測機器に対して、検出器上における結像位置に関する要求 (像位置制御精度要求)、天球上における指向決定精度/安定度に対応する要求 (指向方向決定精度要求、像再構成精度要求)、光軸に対する要求において、要求を満足することが確かめられた (例: 12mの焦点距離を有するHXT-HXIで約41秒角の指向制御精度)。
 - ▶ SXIの像位置安定度要求に対しては、観測条件の制約から評価精度に難があるが、ほぼ要求を満たすことが確認された (要求10秒角@4秒間、参考評価13.6秒角、評価精度5秒角)。



観測機器	評価方法	検出器	パシット [arcsec]	Crab [arcsec]	GS1.5 [arcsec]	備考	
検出器上の結像位置	像位置制御	SXS	55	6.4	16.4		
		SXI	184	74.0	78.0		
		HXI1	69	29.2	23.9		
	像位置安定度要求	HXI2	69	41.0	20.0		
		FOC	SXS	-	-	-	
		HXI1	10	(13.6)	-	参考評価*1	
指向方向決定精度要求	オフラインでの1天体観測中の観測天体の位置決定精度	SXS	20	4.4	9.1	*3	
		SXI	20	17.9	8.3	*3	
		HXI2	20	11.2	2.5	*3	
	オンラインでの1天体観測中の観測天体の位置決定精度	SXS	20	6.8	18.1		
		HXI1	20	4.7	15.0		
		HXI2	20	4.1	13.4		

2. 熱制御系

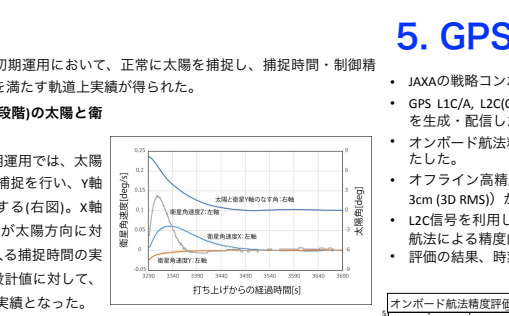
プロジェクト目標の達成状況について示す。

項目	達成状況
機器の許容温度	打上げから2016/03/26の通信途絶に至るまで、衛星各部の実測温度 (HCE温度センサで測定分) は全て許容温度範囲内で成立している。予測温度はほぼすべての箇所において不定性込みで許容温度範囲内であった。許容温度範囲を逸脱していた箇所についても、実際の運用上は問題のないことが確認されている。
温度変化率要求	解析結果より、全ての機器に対して温度変化率要求を満足していることを確認した。(実測できる点については実測温度でも確認)
ヒータ電力	実測値に及び解析結果両方において、平均ヒータ電力はシステム要求値 (初期運用及び異常運用時は720W以下、定常運用時は430W以下) を満たしていることが確認された。
ヒータduty	実測でヒータdutyが80%を超えているものは複数chで1か所を制御している箇所を除いては無い。また、EOB伸展後の運用において、実測で冗長系である従系のヒータ制御チャンネルでヒータがONになっているものは無い。
ヒータ電流	軌道上テレメトリ取得全期間において、HCEの合計ヒータ電流値、各スライスのヒータ電流値 はいずれも仕様値を満足していることが確認された。また、設計通りにヒータ電流がバランスよく分散した状態でHCEは動作していることが確認できた。
熱/F条件	システム側/F温度は、各機器に対して規定されている熱/F条件の範囲内である。熱交換量やヒートロードは一部機器において満足できていないが、機器の温度は熱的に成立しており問題の無いことが確認されている。
放射冷却系	全て健全であり機器の排熱は問題なく行われていたことが実測温度及び解析結果から確認された。
熱数学モデル	94%以上の点において予測温度と実測温度の差は5℃以内、ヒータdutyの差は20%以内であり、熱制御材の劣化を考慮していないBOLについては熱数学モデルは実際の衛星を非常に精度高く模擬できていた。

3. 電源系

プロジェクト目標の達成状況について示す。

- ・システム要求のうち、電源系に導かれた以下の設計要求に対しての達成検証結果は以下の通り。
 - ・観測系機器1次側電力は、890W以下: **達成**
 - ・太陽電池パドル許容入射角は、30度以下: **達成**
 - ・バッテリー充放電サイクルは、3年以上: **不達 (*1)**
 - ・NEAの駆動/Fを有する: **部分達成 (*2)**
- ・運用フェーズで識別されたリスクはない。
- ・軌道上で取得した電源系テレメトリについて、**全て正常であることを確認**した。
- ・設計・製造・検証に問題はなく、**地上における開発過程は妥当**であったと判断する。
- ・電源系の各機器は、打上げからクリティカルフェーズおよび初期機能確認フェーズにおいて、寿命末期での性能および異常時の保護機能以外については、**全て安定した動作ならびに正常に機能していることを確認**した。
- ・運用期間において、異常および劣化の傾向は見られなかった。
- ・JAXAコンポーネントである100Ahリチウムイオン電池 (*1) を搭載したBATについて、**機能の健全性、ならびに充放電電圧を維持するのに適正なBAT制御・運用を確認**した。

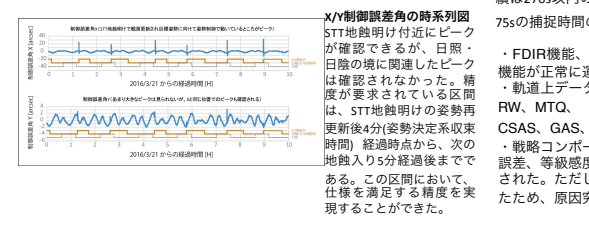


4. 姿勢系

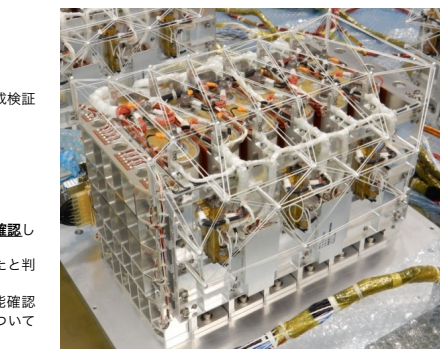
姿勢系では、ひとみの軌道上事故につながった原因の究明と再発防止に注力し、またテレメトリデータの精査を行ってきた。軌道上事故につながった詳細については、公開される終了審査資料などを参照していただきたい。本資料では、精査したテレメトリデータで評価した姿勢系の成果について報告する。

- ・制御精度要求に対する軌道上実績

設計仕様(姿勢系配分)	軌道上実績	評価
姿勢制御精度	5.7[arcsec(30)]以下(X/Y)	合
姿勢安定度	1.9[arcsec/4s(60)]以下(X/Y)	合
姿勢決定精度	10.8[arcsec(30)]以下(X/Y)	合



- *1 初期運用中のデータであり、適切な露光設定がSXIに対してなされていなかった (このデータは60msec/4sモードで露光)。60msecでは、4秒間でのイベント数が少なすぎ、正確な結像位置の決定ができない (精度5秒角程度)。参考データとして、4秒ごとの結像位置の差を導出。
- *2 HXIは本要求の管理対象ではないが、SXIの代わりに参考データとして記載。1秒毎に結像位置を導出し (精度5秒角程度)、4秒間の4点のファースト値を安定度として評価した。
- *3 指向方向決定精度は、軌道周回平均値で評価している。



- ◆ リチウムイオン電池: 軌道上の動作実績
- ・BATモード移行後、打上げ、衛星分離、日陰放電を経て太陽捕捉し、正常に充放電サイクルを開始した。6周回程度で温度が安定した。(右上図)
- ・軌道上全期間のBAT充放電特性は、BAT電圧、温度とも安定に推移しており正常。充電開始直後のBAT電圧はCV電圧に到達し、充放電電圧が成立していることも確認した。
- ・DOD11%前後の運用において、BAT放電終了電圧 45V以上で安定に推移している。(右下図)
- ・以上より、BAT機能の健全性、並びに充放電電圧を維持するのに適正なBAT制御・運用が確認された。

5. GPSR

- ・JAXAの戦略コンポーネントとして開発された「次世代GPSR」を搭載。
- ・GPS L1C/A, L2C(C/A), L2P(Y)信号を2基のアンテナで受信し、高精度な衛星基準時刻を生成・配信した。
- ・オンボード航法精度は位置1.7m,速度10.7mm/sと開発仕様(6m, 30mm/s)を十分に満たした。
- ・オフライン高精度軌道決定はJAXA衛星最高レベルの精度 (オーバーラップ評価で3cm (3D RMS)) が得られた。
- ・L2C信号を利用したオンボード航法の模擬を実施、今後の衛星のオンボード2周波航法による精度向上へ貴重な実績を得た。
- ・評価の結果、時刻精度、航法精度とも開発仕様を充足した。

