



P2-008: X線天文衛星 ASTRO-Hの構造設計

著者リスト

河野 太郎、石村 康生、峯杉 賢治、高橋 忠幸 (ISAS)
東海林 和典、対馬 雅明 (NECE)
池田 瑞穂、尾曲 邦之、隈下 恭介 (NEC)
立川 清隆、阿部 和弘、鬼頭 玲 (NIPPI)
他ASTRO-Hチーム

1. 概要

ASTRO-Hの構造的な特徴は、全長12m質量2.4t (計画) という大型性と、高い指向精度要求にある。特に、その大きさに比して非常に高い指向精度要求を軌道上で確実に満たすため、ASTRO-Hの構造検証計画の中には一般的な正弦波振動、音響、衝撃試験に加えて、熱変形と微小擾乱の検証試験が含まれており、現在それら検証試験のうち熱変形試験のSTEP 2までが終了している。熱変形試験の中では、熱的に過渡状態での計測、連続計測による温度変化と変位との相関性の検証、新規開発の変位計測装置の導入などもあって極めて精度が高いと考えられる測定結果を得た。MTM試験や微小擾乱試験については、本年春以降の実施に向け資材などの準備を進めている。

2. ASTRO-H 衛星構造概要

ASTRO-Hの軌道上での概形を図1に、ASTRO-Hの主要なサブシステムの位置と概要を表1に、衛星の構造概略と各サブの取り付け位置を図2に示す。中央に長焦点距離の望遠鏡を搭載するため、バスの1次構造が中央部を避けたパネル様式となっているのが特徴である。



図1 軌道上外観図

表1 主要機器、サブシステムの概要

略称	概要
HXT	硬X線望遠鏡
SXT	軟X線望遠鏡
STT	スタートラッカー
SXS	精密軟X線分光装置。極低温まで冷やすための冷凍機とデューワー (SXS DWR) を持つ。
SXI	軟X線カメラ
AMS	HXIプラットフォームのアライメントモニター。レーザー光源 (AMS-LD) とターゲットマーカー (AMS-T) によりEOB伸張方向と直交する2軸の変位を検出。
SGD	軟γ線検出器。
HXI	硬X線検出器。
FWM	フィルターホルダー。SXSへの入射強度調整のためのフィルターと校正用の機器を含む。
FOB	固定式の光学ベンチ。トッププレート (TP)、ミドルプレート (MP)、ローアプレート (LP) の三段をCFRP柱及びアルミフィッティングで接続。望遠鏡と検出器の相対位置、相対姿勢を維持する。
EOB	軌道上で伸張する約6mの光学ベンチ。焦点距離の長いHXT (12m) に対応し、HXT-HXIの間に求められる相対位置、相対姿勢を維持する。
側面パネル	大半の電子機器、軟γ線検出器が取り付け衛星側面の8枚のパネル。
下部構体	ベースプレート (BP)、アウトリガー、スラストチューブ、ロケット結合リングからなる構造体。

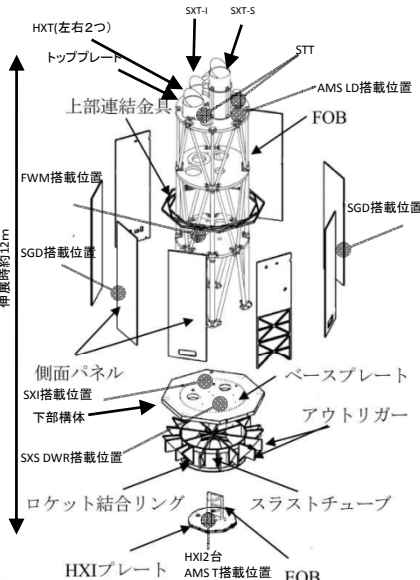


図2 分解図

3. 観測機器の指向精度要求

ASTRO-H構造として達成すべき目標となる各機器の指向精度要求は表2の通りである。軌道上で各機器がこの精度を達成するよう、アライメント、熱変形、微小擾乱などの各誤差要因に対して指向変動の許容値を機器ごとに割り当て、それを満たすかという観点で、解析及び試験を実施している。

要因一覧とそれに対する検証計画は表3に示す。システムレベルではMTM、熱変形、微小擾乱に関して設計検証のための試験を実施する計画である。

表2 各観測機器の観測要求精度

	望遠鏡光軸 制御精度	中心軸 制御精度
SXS (軟X線分光器)	<120 arcsec	<55 arcsec
SXI (軟X線検出器)	<120 arcsec	<184 arcsec
HXI (硬X線検出器)	<60 arcsec	<52 arcsec
SGD (軟γ線検出器)	<200 arcsec	NA

* 光軸: 望遠鏡の性能が理想的となる望遠鏡のみで決まる光学的な軸

* 中心軸: 望遠鏡の評価点と観測機器の評価点を結んだ、各観測機器の観測軸

各誤差要因ごとに試験で検証すべき数値はこれよりおよそ一桁小さい値となる。

表3 検証計画

	誤差要因	システム検証
アライメント	アライメント調整残差	◎
	機械環境試験時変動	◎
	保管時変動	-
	固定バイアス	◎
	打上時変動	◎
	1 G誤差	◎
	膨張変形	○
	熱変 (固定バイアス)	◎
	変動バイアス + ランダム	◎
	熱変 (経年劣化)	◎
姿勢・位置	熱変 (姿勢ごと)	◎
	熱変 (周回変動)	◎
	キャリブレーション残差	○
	目標方向誤差	○
	姿勢決定誤差	○
	ダイナミクス誤差	○
	擾乱	◎

◎: 解析と試験の両方を実施し、検証する項目

○: 解析のみで評価する項目

4. 熱変形試験

2012年の4月~6月にかけて筑波の総合環境試験棟で熱変形試験をSTEP2まで実施した。

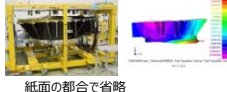
試験全体のコンセプト

軌道上の温度差をそのまま地上の大気中で再現することは出来ない。そこで構造要素ごとに加温して変形量を計測し、同様の温度分布を与えた解析値と比較することでモデルの相関性を実施する。その後、相関性されたモデルで軌道上変形量を予測し設計の妥当性を見る。

実施状況

ロケット結合リングなど、拘束の仕方に寄って検証不能な箇所がそれぞれあることや、計測機器の配置の問題から、試験は3 STEPに分けた。

STEP1 下部構体



紙面の都合で省略

STEP2 衛星主構造 (側面パネル、EOB以外)

STEP3 側面パネルとSGD

STEP 2までの結果を分析し、実施要否、試験形態について検討中

STEP2

試験セットアップ要旨

- 1, 衛星横倒し状態で実施
- 2, 熱的に過渡状態で計測。(熱の拡散防止)
- 3, 過渡状態のためサンプリングレートの早い計測機器を使用。



図3 STEP2試験風景

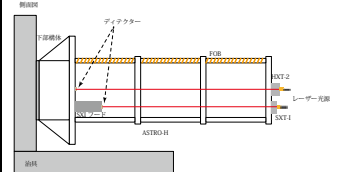
計測機器	計測箇所
レーザー変位計 (LD)	トッププレートAMS取付面 トッププレート並進変位 ベースプレート並進変位など
1LD	望遠鏡SXT-LHXT(-X)の中心軸傾斜
カメラシステム	望遠鏡SXT-SHXT(+X)の中心軸傾斜
オートコリメーター (AC)	各望遠鏡光軸 STT指向方向 DWR基準 衛星基準キューブ EOB取付面など

カメラシステム

「すざく」で実機のある、望遠鏡の中心軸傾斜を計測するシステム。望遠鏡側のカメラで観測機器側のマーカーを読み取ることで、相対並進変位から中心軸傾斜を求める。

LLD

遠距離間の並進変位を安価・高精度に計測できるよう新規開発。望遠鏡側のLD光源の変位を観測機器側のディテクターで読み、中心軸傾斜角に換算する。



試験結果概要

	実測ΔT	代表点変形	解析結果
case01	ベースパネル+Y、スラストチューブ+Y アウトリガー+Y	約20℃	FOB TP Y方向並進) 63 μm
case03	SXS DWR	約30℃	DWR 倒れ角) 19秒角
case04	FOBチューブ (+Y+Xの縦部材)	約20℃	FOB TP Y並進) -15 μm FOB TP X並進) 18 μm
case05	EOB保持構造	約15℃	EOB 倒れ角) -3秒角 EOB 倒れ角) -13秒角
case06-01	FOBトッププレート+Y	約15℃	ALL < 5 μm ALL < 2秒角
case06-02	SXT-1ダミー	約4℃	(SXT-1 中心軸傾斜) < 2秒角
case08	STTダミー	約8℃	STT H倒れ角) 9秒角 STT V倒れ角) 5秒角
case09-01	SXT-Sダミー	約9℃	(SXT-S 中心軸傾斜) < 2秒角
case09-02	HXT(-X)ダミー	約10℃	HXT中心軸傾斜) < 2秒角

* 計測結果は必ずしも衛星座標系に変換されていない。特にH, VはACのローカル座標系における傾斜方向を表す。
* オレンジ色の結果が試験と解析が一致しておらず、検討を要するものと考えられている。

まとめ

熱的な過渡状態、連続的な時系列データ取得、新計測機器の導入により、高精度かつ有用な計測結果が得られている。

今後、さらなる詳細相関性を実施し、現在一致していないケースの原因を検討する予定。