



P2-9: 次期X線天文衛星ASTRO-Hの構造設計と開発状況

河野太郎 石村康生 峯杉賢治 内田英樹 高橋忠幸 (JAXA)
 池田瑞穂 尾邦郁之 隈下恭介 東海林和典 対馬雅明 松元和郎 (NEC)
 阿部和弘 鬼頭玲 稲垣直寛 田中健太郎 (NIPPI)
 水谷聡一 (AES)
 ASTRO-Hプロジェクトチーム

1. 設計要求

ASTRO-Hが軌道上でX線観測を行うための要求から導かれる、構造に関する主要な要求を以下に示す。

- i 打上げ時の機械環境で有害な破損や変形を生じないこと
 - ii 軌道上でSXS, SXI, HXIをSXT, HXTの焦点距離に保持すること。
 - iii 極低温維持のため、SXSが宇宙空間と直接熱接触できる形状とすること
 - iv 各機器が天体観測を行うために十分な指向精度を軌道上で観測中に有すること。
- ivについて、各観測機器が天体観測を行うための指向精度について要求値を表1に示す。

表1 各観測機器の指向精度要求

	光軸	中心軸
SXS	<120 arcsec	<55 arcsec
SXI	<120 arcsec	<184 arcsec
HXI	<60 arcsec	< 52 arcsec
SGD	<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軸

2. 設計結果

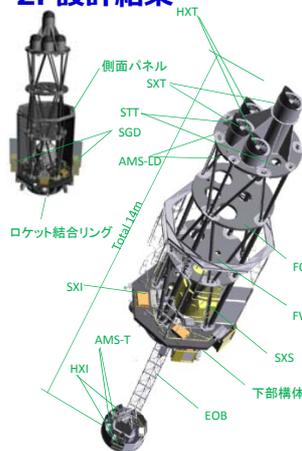


図1 機器搭載位置

要求を満たすよう設計されたASTRO-Hの衛星構造の透視図を図1に示す。アライメント管理のため、望遠鏡を支えるFOBは衛星中央部に独立して配置されており、バスの1次構造は中央部を避けたパネル様式となっている。HXTの焦点距離は12mあり、HXIは伸展式の光学ベンチ (EOB) を用いて焦点に保持される。

軌道上での熱変形を抑えるため、構体は全体に低熱膨張率のCFRPを使用している。また、特にアライメントに影響のあるFOBは、CFRPの負の線膨張係数とアルミフィッティングの正の線膨張係数により熱変形を相殺する設計となっている。

打上げ時の荷重については、下部構造でFOB、EOBとサイドパネルの荷重を集約して、ロケット結合リングに流れるように設計されている。

表2 ASTRO-H主要構造と搭載機器一覧

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
SXI	軟X線撮像検出器
AMS	軌道上補正用のアライメントモニタ
SGD	軟X線検出器
HXI	硬X線撮像検出器
FWM	フィルターホイール
FOB	固定式光学ベンチ
EOB	伸展式光学ベンチ
側面パネル	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、ラストチューブ、ロケット結合リングからなる構体

3. 設計検証

3.1. 概要

ASTRO-Hは1で述べた通り指向精度要求が極めて高い。そこで、一般的な構造が打上げ時の機械環境に耐えられるかという点の他に、観測機器のアライメントについてもシステムレベルで検証を行う。試験の一覧を表3に示す。また、ASTRO-Hの観測機器においてアライメントに誤差を生じうる要因として識別しているものの一覧を表4に示す。表1の指向精度要求が表4に示す要因に許容値として振り分けられるため、各要因として検証するべき値は表1よりおおよそ1桁少ない値となる。原則全ての要因について解析と試験、実測の両方を実施して検証するが、膨潤変形や保管時変動など、最終的に指向に与える影響が十分に小さいと考えられる要因についてのみ、解析のみで検証する計画である。なお、表3に示す試験は2013年8月において全てデータ取得が終了している。

3.2. 試験例

紙面の都合から、2013年に実施した試験の中から特徴的なものを2例だけ紹介する。熱変形試験については“Novel Technique for spacecraft’s thermal deformation test based on transient phenomena” ISTS 2013, Kosei ISHIMURA, et al. や「P2-008: X線天文衛星 ASTRO-Hの構造設計」, 宇宙科学シンポジウム, 2013, 等を参照のこと。

3.2.1. システム微小擾乱試験

目的 搭載機器の微小擾乱が感受要素に与える影響の評価
 供試体 EOBを除く全ての衛星構造モデル(*1)
 セットアップ 供試体をバネで吊るすことで外部からの振動を遮断 (図2)。擾乱源は原則フライト品相当。ただし、開発スケジュール上やむを得ずフライト相当品が準備できない機器(*2)については模擬擾乱源で代替。

評価方法

表5 擾乱源の種類とそれぞれの評価法

加振方法	評価方法
実機	感受要素の計測レベルを軌道上での擾乱レベルとして評価
模擬擾乱源	伝達関数を取得し、単体の擾乱レベルと掛けあわせて評価

結果 アライメントの観点では、STTに若干影響が見られたがバジェットの見直しにより成立見込。一部サブシステム機器で自身の振動によるセンサー感度への影響が問題となっているが、サブシステムの改修により改善の見込

特記事項 *1 EOBとその先端のHXIにおける振動レベルはI/F面での振動を計測し、単体試験の結果と合わせて評価。
 *2 IRU, RW



図2 擾乱試験セットアップ

3.2.2. HXIプレート分離衝撃試験

目的 HXIプレート分離時の衝撃レベル計測
 図3
 セットアップ HXIプレート分離時に一部機器に対して逸脱があった。現在ボルトキャッチャーの改修を実施中
 結果 EOB先端のHXIプレートは打上げ時は保持構造に固定されており、NEAにより打上げ後伸展時に解放される。分離試験を安全に行うため、下部側から治具により支えることでHXIプレートの重量をキャンセルした。

特記事項

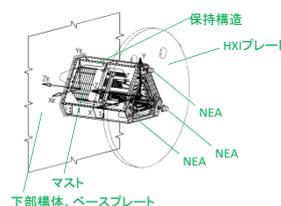


図4 EOB・保持構造



図3 HXIプレート分離衝撃試験セットアップ

3.4. 各検証項目の作業状況

耐環境性とアライメントの各検証項目に対する作業項目と、現時点での実施状況、今後の流れと見込を合わせて表6に示す。

表6 構造検証に関わる各項目の作業内容と実施状況

検証項目	作業内容			
	実施済み	実施中	打上げまでに実施	
耐機械環境	試験前解析, MTM試験	試験結果評価		
アライメント	MTM試験組立時実測評価	組み立て手順調整	FM本組後実測評価	
	保管時変動	予測解析		
	機械環境試験・打上げ時変動	MTM前後実測	MTMでの実測値評価	総合試験前後実測
	1 G誤差	事前解析	MTM試験組立実績評価、解析	FM本組時実績評価
	膨潤変形	解析		
	熱変形	事前軌道上熱変形解析、熱変形試験、試験解析	モデルコリレーション	軌道上熱変形再解析、解析結果評価
擾乱	事前解析、試験	試験結果評価		

アライメントについては、2014年4月中を目処に必要な作業を終了し、指向管理全般の最終的な確認会を実施する

4. まとめ

- a. X線天文衛星ASTRO-Hは全長14mという大きさに対して極めて高い指向精度を要求している。この要求を満たすため、ASTRO-Hは軌道上での形状安定性に主眼をおいた構造設計となっている。
- b. 検証計画も、一般的な打上げ時の耐環境性に加えて軌道上でのアライメント成立性の検証を重点的に行うものとなっている。
- c. 現在、衛星構造モデルを用いた熱変形、微小擾乱、正弦波、音響、衛星分離衝撃、HXIプレート分離衝撃、SAP分離衝撃の各試験によるデータ取得まで終了し、得られたデータの評価とそれに伴う設計見直しを実施中である。これまで衛星主構造に対しての大きな問題は見つかっていない。