

別添

X線天文衛星ASTRO-H「ひとみ」 異常事象調査報告書

平成28(2016)年6月14日

国立研究開発法人

宇宙航空研究開発機構

本資料における時刻は注記のあるものを除いて全て日本時間(JST)で記述しております。

目次

1. 調査概要
2. ASTRO-H概要
3. 発生事象及び地上観測結果
4. 異常発生メカニズム
5. 異常発生メカニズムの要因分析
6. 今後のISASプロジェクト運営の改革
7. まとめ

別紙 X線天文衛星ASTRO-H「ひとみ」に係るFTA
(衛星破損及び姿勢異常)

1. 調査概要

1. 調査概要

- X線天文衛星ASTRO-H「ひとみ」の運用異常の発生を受け、宇宙航空研究開発機構(JAXA)として「X線天文衛星ASTRO-H「ひとみ」運用異常対策本部」を発足させ、原因究明及び今後の対策について検討を進めてきた。
- 原因究明に当たっては、「衛星」から得られたテレメトリデータの解析、シミュレーション等の結果、設計審査や開発試験のデータ等をもとに調査を進めてきた。その際、宇宙科学研究所のみならずJAXA全体の専門家が参加した。また、開発を担当した関係者及び企業からも聞き取り調査等を行い、積極的な協力を得た。
- 調査は、直接的な原因のみならず、設計要求や設計確定の経緯まで遡り、背後要因、対策までの検討を進めている。その状況を2章以降で報告する。

2. ASTRO-H概要

2.1 ASTRO-H ミッション概要

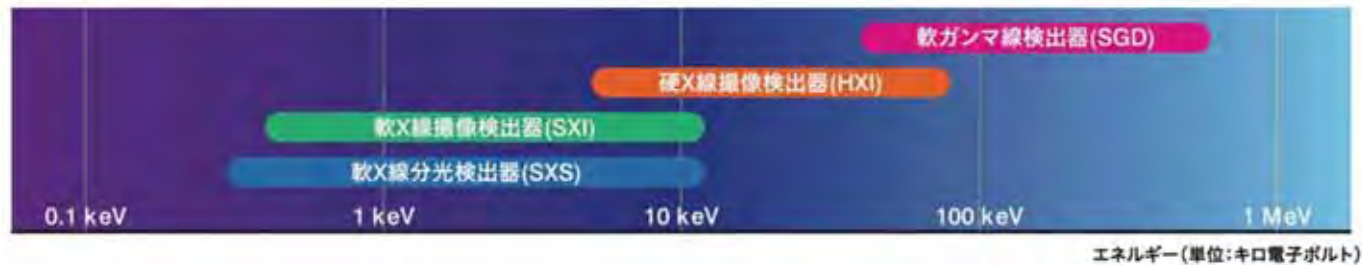
- ASTRO-Hはブラックホール、超新星残骸、銀河団など、X線やガンマ線で観測される高温、高エネルギーの天体の研究を通じて、宇宙の構造とその進化の解明を行う天文衛星。
- X線やガンマ線は、地球の大気に吸収されてしまうために、地上に到達することができない。そのため宇宙で観測することが必要。
- ASTRO-Hは、「すざく」の後継として開発され、JAXA、NASAをはじめ、国内外の大学、研究機関の250人を超える研究者が開発に参加するX線天文学の旗艦ミッション。大規模な国際協力で開発された4種類の新型観測システムが搭載され、「すざく」にくらべて10倍から100倍も暗い天体の分光観測が可能となる。



X線天文衛星ASTRO-H軌道上外観図

。

2.1 ASTRO-Hミッション概要(特徴)



軟X線分光観測

SXT-S
(望遠鏡) SXS

大面積かつ軽量な軟X線望遠鏡と、50ミリ度という極低温技術によって超高分解能分光を実現する軟X線分光検出器を組み合わせ、超精密X線分光を実現。

軟X線撮像観測

SXT-I
(望遠鏡) SXI

軟X線望遠鏡と、大面積低雑音X線CCD素子を用いた軟X線撮像検出器を組み合わせ、広い視野を持ち観測の基本となるX線撮像を実現。

硬X線撮像観測

HXT
(望遠鏡) HXI

国産ナノ技術を駆使し、世界に先駆けて開発した硬X線望遠鏡と、ASTRO-Hをめざして開発した新しい高効率CdTe半導体素子に基づく硬X線撮像検出器を組み合わせ、硬X線帯で初めての集光撮像を実現し、飛躍的な高感度を実現。

軟ガンマ線観測

SGD

独自のアイデアである狭視野半導体コンプトンカメラに基づいた超低雑音軟ガンマ線検出器により、一桁以上の感度の向上と、ガンマ線偏光観測能力を実現。

これら4種類の観測システムが同時に機能することで、3桁にもおよぶ広帯域において、「すざく」より10倍から100倍高感度の観測を実現して、最大限の科学的成果を引き出すことが可能となる。

2.2 ASTRO-H衛星成功基準 (サクセスクライテリア)

| 目的 | ミニマムサクセス | フルサクセス | エクストラサクセス |
|----------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 銀河団の成長の直接観測 | 銀河団からの鉄輝線の観測を、軟X線分光システムで行う。 | 1) 10個程度の代表的な銀河団において、熱エネルギーを測定し、鉄輝線のエネルギー領域(6キロ電子ボルト)で300km/sの速度分解能の分光性能を実現し、銀河団物質の運動エネルギーを測定する。硬X線帯域で「すざく」の100倍の感度で分光観測することで非熱的エネルギーを測定する。 | — |
| 巨大ブラックホールの進化とその銀河形成に果たす役割 | 100キロ秒の観測でかに星雲の10万分の1の強度の隠されたブラックホールを硬X線撮像システムで観測する。 | 2) 遠方にある10個程度の隠された巨大ブラックホールの候補天体を、硬X線帯域で「すざく」の100倍の感度で分光観測し、母銀河との関係を明らかにする。 | 宇宙硬X線背景放射の正体とされる隠されたブラックホールの寄与を全体の40-50%まで解明し、銀河進化との関係を明らかにする。 |
| ブラックホール極近傍での相対論的時空の構造の理解 | — | 3) 代表的な数個の活動銀河中心の巨大ブラックホールを、数10キロ電子ボルト程度までの範囲で連続スペクトルを取得し、同時に輝線や吸収線を7電子ボルト程度の分解能で分光測定する。 | — |
| 重力や衝突・爆発のエネルギーが宇宙線を生み出す過程を解明 | — | 4) 数個の若い超新星残骸を、硬X線帯域で「すざく」の100倍の感度で分光観測して硬X線放射を測定し、電子のエネルギー分布を決定する。巨大ブラックホールにおいては、かに星雲の1000分の1程度の強度でべき1.7を持つ巨大ブラックホールのスペクトルを600キロ電子ボルトまでの帯域で10個以上取得する。 | はじめてガンマ線で天体の偏光を観測し、ガンマ線の放射環境に制限を加える。 |
| ダークマターと暗黒エネルギーが宇宙の構造形成に果たした役割の探求 | — | — | 5) 目標1)を達成した後、さらに10倍程度の天体の観測を行って約80億光年までの宇宙(赤方偏移<1)で銀河団内のダークマターの総質量を測定し、総質量と銀河団数の関係を年代ごとに決定する。 |

2.3 ASTRO-H衛星外観

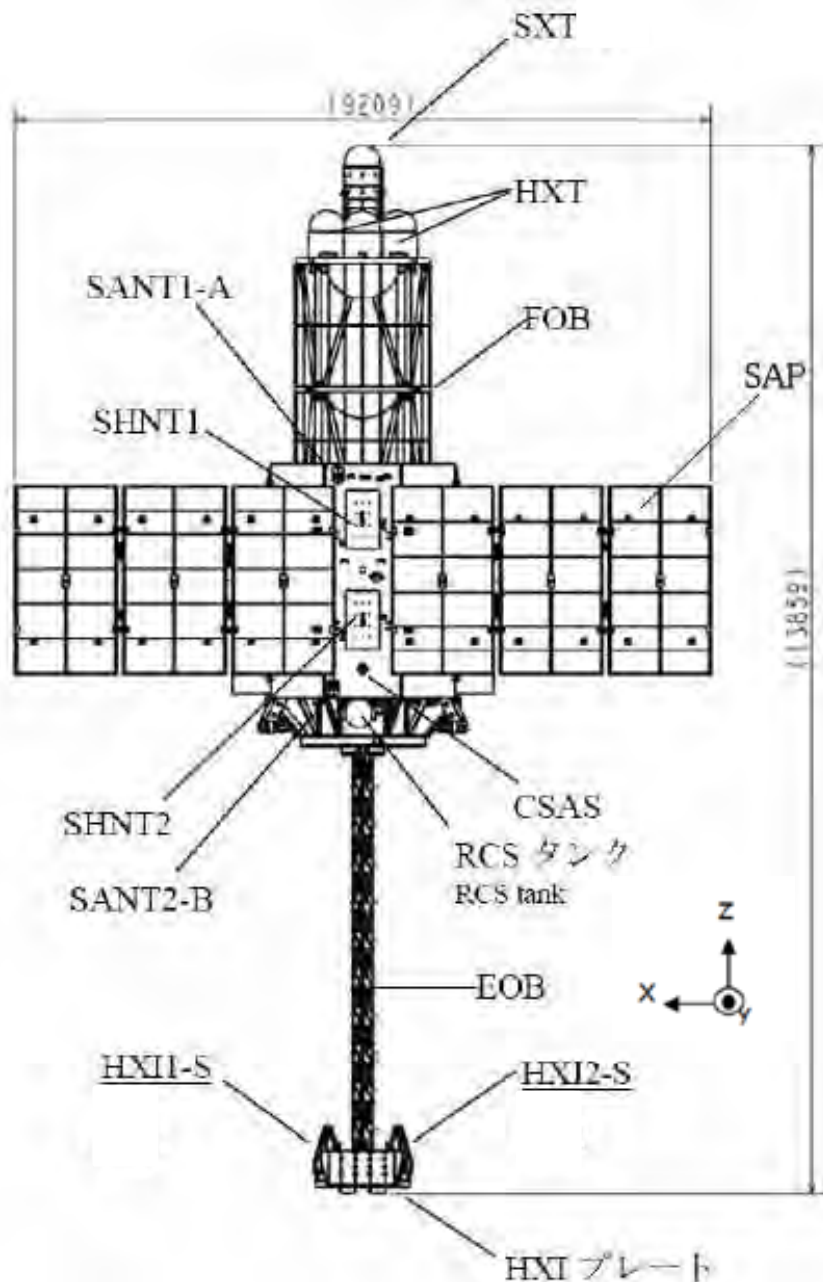
主要諸元

| 項目 | 諸元 |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 名称 | X線天文衛星ASTRO-H |
| 予定軌道 | 種類: 円軌道 高度: 約575km 軌道傾斜角: 31.0度 周期: 約96分 |
| 設計寿命 | 3年 |
| 質量 | 約2.7t |
| 発生電力 | EOL3年3500W |
| ミッション機器 | <ul style="list-style-type: none"> ・硬X線望遠鏡(HXT:Hard X-ray Telescope) ・軟X線望遠鏡(SXT-S、SXT-I:Soft X-ray Telescope-S、-I) ・硬X線撮像検出器(HXI:Hard X-ray Imager) ・軟X線分光検出器(SXS:Soft X-ray Spectrometer) ・軟X線撮像検出器(SXI:Soft X-ray Imager) ・軟ガンマ線検出器(SGD:Soft Gamma-ray Detector) |

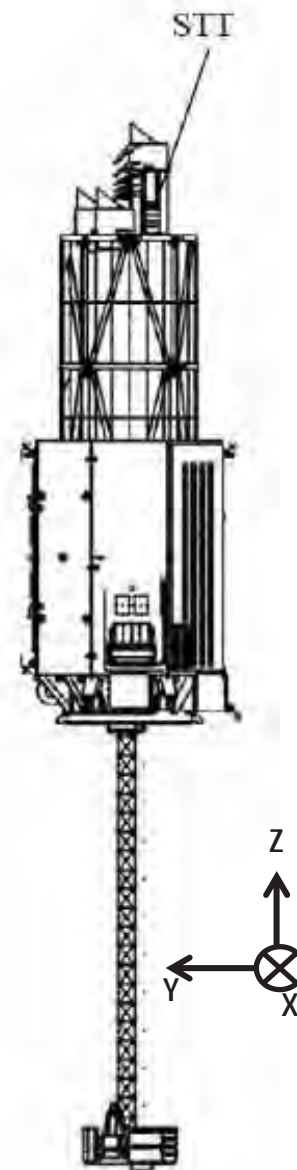


軌道上外観図

2.3 衛星外観(詳細)

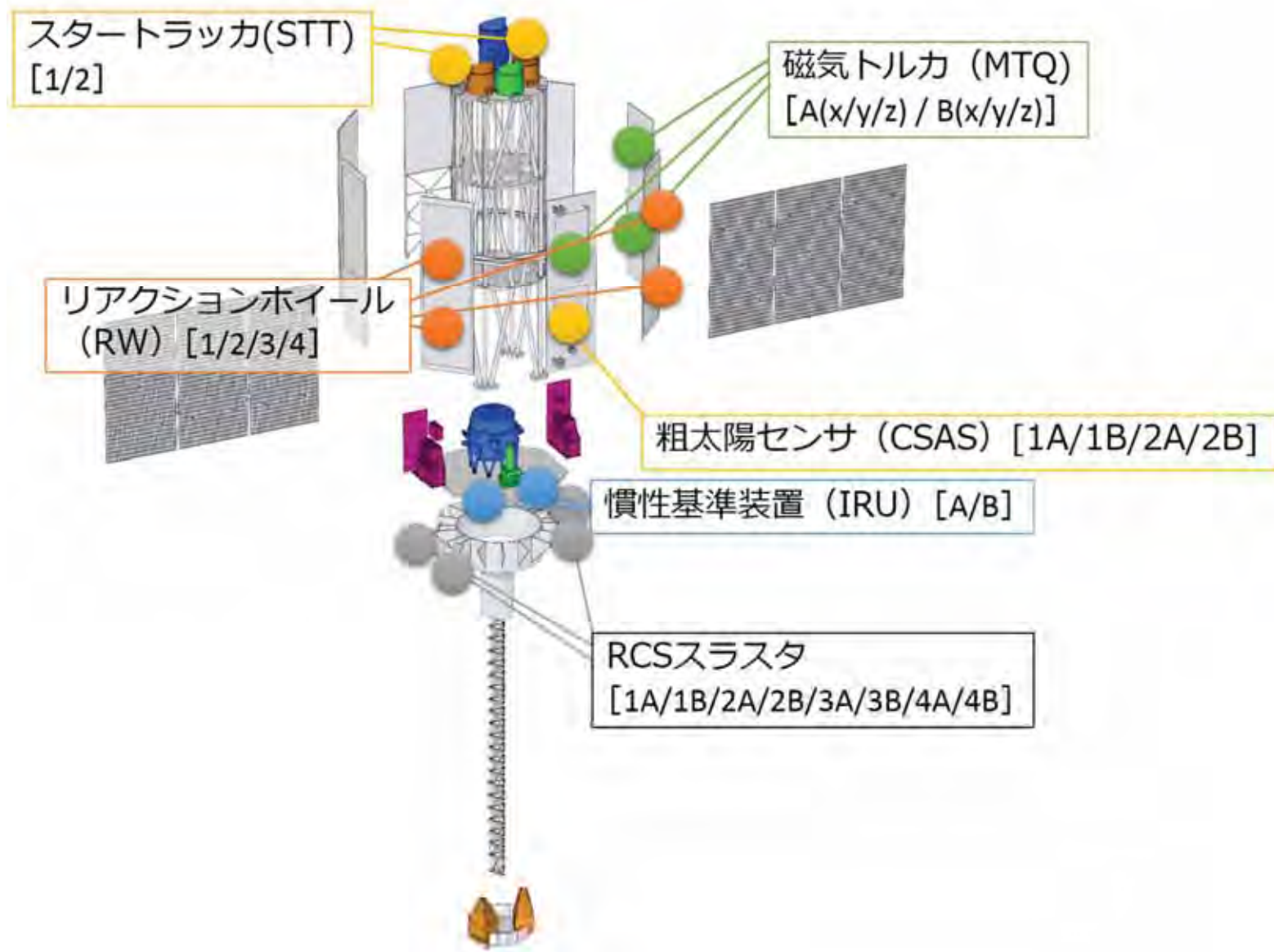


(単位:mm)



| 略語 | 日本語名称 |
|------|----------|
| SXT | 軟X線望遠鏡 |
| HXT | 硬X線望遠鏡 |
| SANT | S帯アンテナ |
| FOB | 固定式光学ベンチ |
| SHNT | シャント装置 |
| SAP | 太陽電池パドル |
| CSAS | 粗太陽センサ |
| RCS | 推進系 |
| EOB | 伸展式光学ベンチ |
| HXI | 硬X線撮像検出器 |
| STT | スタートラッカ |

2.3 衛星外観（姿勢制御系機器）



2.4 スケジュール（開発）

| 年度 | H19 2007 | H20 2008 | H21 2009 | H22 2010 | H23 2011 | H24 2012 | H25 2013 | H26 2014 | H27 2015 | H28 2016 |
|-----------|-----------------|-----------------------------------------|-------------------------|----------|-----------|----------------|------------|------------|-----------|--------------|
| 主要マイルストーン | プロジェクト準備審査 ▽ | SAC事前評価(開発研究) SDR プロジェクト移行審査 ▽ | SAC事前評価(開発) PDR ▽ | | CDR1 ▽ | | 1次噛合せ — | CDR2 ▽ | 打ち上げ △ | (2月17日) ▽ |
| 衛星開発 | 概念検討 概念設計 | 基本設計 | | 詳細設計 | | 製作フェーズ | | 総合試験 射場 | | |
| 追跡管制 | | 地上系・運用ソフトウェア設計/開発 | | | | 追跡管制系 I/F調整 | | | 立ち上げ試験観測 | 公募観測 |

設計・製造(調達)・検査期間

一次噛合せ
試験※

総合試
験※

フライトオペレーション/
クリティカルフェーズ/
初期機能確認
フェーズ

※衛星システム試験期間
(一次噛合せ試験/総合試験)

2.4 スケジュール(運用)

