

次期 X 線天文衛星 ASTRO-H プロジェクト 始動へ

高橋 忠幸, 満田 和久

〈宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究本部〉

Richard Kelley

〈NASA/Goddard Space Flight Center〉

ASTRO-H プロジェクトチーム

国内外で 20 を超える大学等の研究機関からなる X 線コミュニティは一丸となって次期 X 線天文衛星計画を推進してきました。NeXT 衛星と呼ばれたこの計画は、今夏の宇宙開発委員会における開発研究事前評価、JAXA のプロジェクト移行審査を受け、26 号科学衛星 ASTRO-H プロジェクトとして、正式に 10 月 1 日よりその活動を開始しました。ASTRO-H は重量約 2.5 トン、軌道上での全長 14 メートルと科学衛星としては大型です。内容も最先端の装置を搭載し、ネットワー

ク型のアーキテクチャの採用など次世代科学衛星の標準をめざした野心的な衛星です。軌道や運用形態は「すざく」衛星に準じた形を想定しており、2013 年に H-IIA ロケットでの打ち上げをめざしています¹⁾³⁾ (図 1)。

ASTRO-H は、1) 硬 X 線望遠鏡による 80 キロ電子ボルトまでの撮像観測、2) マイクロカロリメータによる超高分解能分光観測、3) 0.3 キロ電子ボルトから 600 キロ電子ボルトまでの 3 桁以上に及ぶ過去最高の高感度広帯域観測、の三つの特

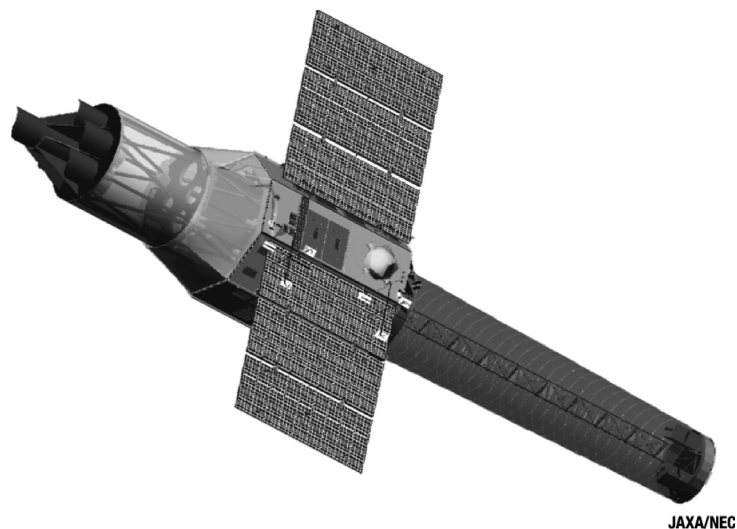


図 1 ASTRO-H の外観図 (JAXA)。硬 X 線望遠鏡は焦点距離 12 m となるため、焦点面検出器は伸展ベンチに搭載され、軌道上で伸展される。

徴をもつ次世代 X 線天文衛星です。私たちは、こうした ASTRO-H の特徴を生かして、厚い周辺物質によって隠されている巨大ブラックホールとその母銀河との関係、銀河団の中の高温ガスの速度分布、ブラックホールの周辺における一般相対論的時空の歪みの効果、さらに、地上の加速器では到底実現できないほど高いエネルギーをもつ宇宙線の加速環境などの研究を行います。そして、多様な宇宙の構造やその進化において理解を一変させることをめざしています。

日本は、1979 年ののはくちょう衛星以来、5 機の衛星を打ち上げ、X 線天文学の分野に大きな貢献をしてきました。2008 年現在、アメリカのチャンドラ衛星 (Chandra)、スウィフト衛星 (Swift)、欧州宇宙機構 (ESA) の XMM-ニュートン衛星

(XMM-Newton)、わが国のすざく衛星などが軌道上で観測を行っています。しかし、これらの衛星も 2010 年代にはその任務を終えます。また、米欧日で計画されている次期国際計画—IXO (International X-ray Observatory) は、巨大衛星を用いるもので、どんなに早くとも 2020 年以降の実現になってしまいます。したがって 2013 年に打ち上げが予定され、次世代の X 線天文学に必須の新しい観測装置を中心にデザインされた ASTRO-H は、21 世紀の国際宇宙天文台として、また、その先に続く IXO へのパスファインダーとして、非常に重要な役割を果たします。

ASTRO-H には、すでに日本のお家芸ともなった X 線 CCD を用いて、広視野の軟 X 線撮像装置が搭載され、0.3 keV から 20 keV をカバーしま

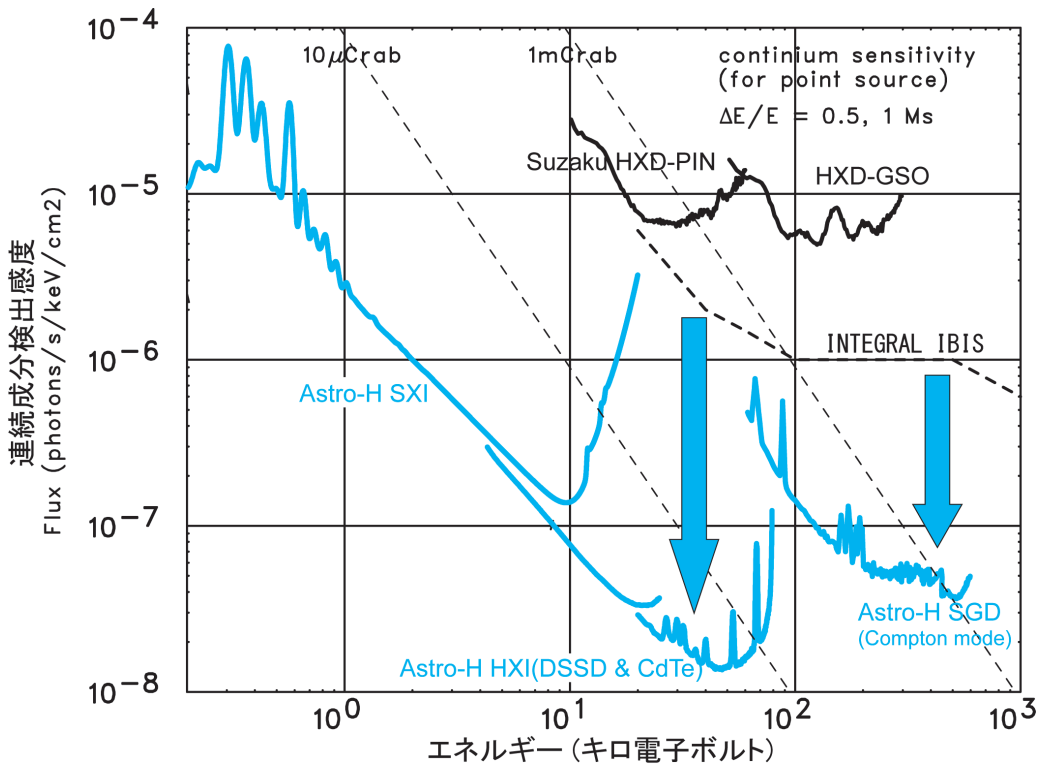


図2 軟 X 線撮像システム (SXI)、硬 X 線撮像システム (HXI)、軟ガンマ線検出器システム (SGD) によって到達する 100 万秒の観測時間で到達をめざす感度。10 keV 以下の感度は、望遠鏡の角度分解能によって制限される。

す。さらに、これまで実現されたことのない、80 keV までの硬 X 線領域での「望遠鏡」による集光撮像観測が硬 X 線撮像装置によって行われます。これは、全天に広がって分布している X 線背景放射から、個々の天体を切り出すことを可能とします。焦点におかれた小さな検出器に硬 X 線を集光するこの技術は、巨大ブラックホールの硬 X 線領域での検出感度を一気に向上させるブレークスルーとなります (図 2)。さらに、600 keV 前後までのスペクトルを取得することを目的に、超低雑音の軟ガンマ線検出システムも搭載されます。この検出器は、日本独自の狭視野半導体コンプトンカメラに基づくもので、これまで行われてこなかった数百 keV での偏光観測を行う能力ももちます。こうした 3 桁を超える広帯域高感度観測は、「すざく」によって切り開かれた手法をさらに発展させるものです。

ASTRO-H の軟 X 線分光観測装置は大面積軟 X 線望遠鏡とエネルギー分解能 7 eV というきわめて優れた分光能力をもつマイクロカロリメータとからなり、グレーティングなどの分散型の検出器に比べて広がった天体からの観測に特に力を発揮します。そして、他の三つの観測装置と組み合わせることで、新しい観点から宇宙の高エネルギー現象に迫ることができます。宇宙のさまざまな場所で重力ポテンシャルや磁場の集中があるとき、主に運動を媒介としてその領域のガスにエネルギーが注入されます。具体的には、超新星爆発、銀河団の衝突合体、高密度天体へのガスの流入、星のコロナやフレアなどで、いずれの場合も、ガス的高速運動が誘起され、その結果、衝撃波や乱流、粘性などを通じて加熱が進むこととなります。その中で、一部または時には多くのエネルギーが粒子加速とそれに伴う硬 X 線 (高エネルギーの X 線) 放射に使われると考えられています。ASTRO-H で、硬 X 線の画像や非熱的スペクトルを取得すると同時に、マイクロカロリメータを用いて、高温ガスの運動を数百 km/s の精度

で検出することによって、熱的および非熱的過程がいかにからみ合いながら進行していくかに、初めて観測のメスを入れることが可能となります。

最近の宇宙 X 線望遠鏡は、銀河団という 10^{64} erg もの巨大エネルギーをもつ「超高温プラズマ球」が衝突と合体を繰り返し、より巨大な銀河団に進化するダイナミックな姿を明らかにしつつあります。このような銀河団の新しい姿の解明を通じて、可視光天文学の独壇場であった宇宙論・銀河形成・大規模構造といった領域においても、今や X 線観測のデータが決定的に重要と認識されるようになっていきます。現在、銀河団の質量決定において銀河団温度やその分布の決定精度、マクロな運動エネルギー、そして非熱的エネルギーの量が系統誤差の元となっていますが、ASTRO-H で、それらをこれまでにない精度で定量化できることとなります (図 3)。

ASTRO-H で搭載されるマイクロカロリメータは、「すざく」において軌道上での動作確認には成功したものの、不測の事態によって観測に移行できなかった XRS を、信頼性を高めるための改良を加えて再挑戦するものです。カロリメータによるサイエンスの復活は、私たちにとって大きな責務であると認識しています。ASTRO-H では、固体ネオンの代わりに、あかり衛星で実証された 2 段式スターリング冷凍機を搭載します。これは、温度約 20 K と 100 K の熱シールドを作ります。液体ヘリウムタンクと 20 K シールドの間に、さらに質量数 3 のヘリウムを熱作業気体として用いるジュールトムソン (JT) 冷凍機を搭載し、約 1.8 K の熱シールドを作り、さらに、その先にある断熱消磁冷凍機によって X 線マイクロカロリメータを 50 mK まで冷却します。液体ヘリウムとジュールトムソン冷凍機は、お互いが代替手段となる機能冗長性を持ち、2 台搭載される 2 段式スターリング冷凍機も機能冗長性をもちます。これらによって、ASTRO-H の冷却システムは、ロバスト性を高めています。

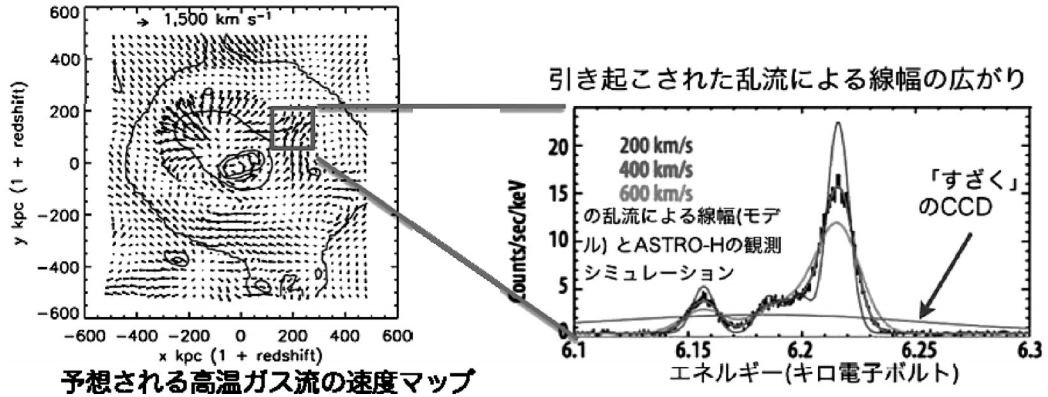


図3 ASTRO-H で初めて可能となる銀河団中の高温ガス流の速度マップ. 左図中の四角は軟 X 線分光観測システムの視野⁴⁾.

日本は X 線天文学の初期から高い技術力を確立し、独自のアプローチでこの分野を切り開いてきました。大型の将来 X 線天文衛星ばかりではなく、小型を含めた将来計画のほとんどにおいて ASTRO-H が先駆けて搭載するマイクロカロリメータと極低温冷凍機、硬 X 線望遠鏡と硬 X 線カメラの組み合わせを搭載しようとしており、必然的に先行する日本のグループの貢献は大きいこととなります。その観点でも ASTRO-H は重要であり、確実に開発していくために、NASA/GSFC やスタンフォード大学、オランダの SRON ほか、世界の先端技術を持ち寄った国際協力の体制がとられています。ほかにもサイエンスや技術の国際レビューなど、プロジェクトを遂行するうえでの体制のうえでもさまざまな工夫がなされています。9月29, 30日には、JAXA, 各大学のメン

バー、NASA の科学者やエンジニアが集まり、設計会議を兼ねた全体会議を行いました。そこで、宇宙科学における ASTRO-H の重要性を再度認識するとともに、設計方針、今後のスケジュールを確認し、2013年打ち上げをめざしたプロジェクトが始動しました。今後とも、皆様のご支援をいただきますようお願いいたします。

参考文献

- 1) Takahashi T., et al., 2008, "The NeXT Mission," SPIE (astro-ph/0807.2007)
- 2) http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/reports/08090406.htm (ASTRO-H の宇宙開発委員会における事前評価資料, 質問回答, 評価結果の関する公開資料)
- 3) <http://astro-h.isas.jaxa.jp> (プロジェクトの概要, 進捗状況をまとめたホームページ)
- 4) Motl Patrick M., et al., 2004, ApJ 606, 635.