

新しい目で宇宙を観る

—X線天文衛星の開発—

Nobukawa Masayoshi

信川 正順

奈良教育大学 理科教育講座

新しい目で宇宙を観る

－X線天文衛星の開発－

奈良教育大学 理科教育講座 信川 正順

1. 天体観測技術の発展

夜空を見上げるとたくさんの星が広がっています。古来より人類は自らの目で星を眺めてきました。特徴のある星の並びから星座を考えたり、周囲の星とは違う動きをする惑星を発見したりしてきました。1600年頃にレンズを組み合わせると遠くのものが近くに見えることが発見され、これにより望遠鏡が発明されました。そして、1609年、ガリレオ・ガリレイが初めて天体に望遠鏡を向け、木星にも衛星（ガリレオ衛星）が存在することを発見しました。ついに人類は、自分のものではない「新しい目」を用いて宇宙を観察することを始めたのです。

それ以来、天体観測技術はめざましく発展してきました。人間の目は可視光線しか見ることができませんが、赤外線や電波での観測が実現したことにより、それまで知らなかった全く新しい宇宙を見ることができるようになりました。例えば、赤外線では恒星の光で暖められた星間塵が観測できます。可視光では暗黒星雲として見える星間ガスの特に濃い部分は、電波で観測できるようになりました。これにより、人類が想像していたよりずっと豊かな宇宙の姿が明らかになってきました。

2. X線天文学のはじまり

天文学は、赤外線や電波のように波長の異なる電磁波に観測を拡大していきました。1950年代には太陽からの強いX線放射が確認されていましたが、他の恒星は極めて遠くにあるため、地球からは検出できないほど弱いだろうと考

えられていて、宇宙物理学・天文学の研究者らは宇宙 X 線観測に対して否定的でした。しかし、米国の天体物理学者のリカルド・ジャッコーニらは 1962 年に X 線観測用ロケット実験を実施し、太陽系外からの X 線を初めて検出することに成功しました。「自然は我々の想像を超える」ことを示したのです。このように X 線天文学を切り開いたリカルド・ジャッコーニは、2002 年にノーベル物理学賞を受賞しました。

最初に発見された X 線天体はさそり座の方角にあったので、さそり座 X-1 と名づけられました。ロケット実験では数分間しか観測ができません。そこで、長時間観測できるように X 線天文衛星が軌道上に投入され、たくさんの X 線天体が宇宙には存在することがわかってきました。はくちょう座 X-1 をはじめとするブラックホールや、おとめ座銀河団に含まれる高温ガスなど天文学における大発見が続きました。

3. 日本の X 線天文学

日本はその初期から X 線天文学に深く関わってきました。1970 年代にはロケット実験による X 線観測を始め、X 線天文衛星「はくちょう」(1979 年)、「てんま」(1983 年)、「ぎんが」(1987 年) と次々に打ち上げに成功させました。そして 1992 年には、史上初の X 線 CCD カメラを搭載した X 線天文衛星「あすか」を打ち上げました。「あすか」は高エネルギー X 線帯域で撮像分光可能であるという画期的な性能によって、巨大ブラックホールの強重力場の検証、宇宙背景 X 線放射の起源解明、原始星からの X 線放射の検出など、宇宙物理学において重要な発見を数多くもたらしました。これにより、X 線天文学は日本のお家芸とまで言われるようになっていたのです。

大発見を続ける X 線天文学分野では、日米欧でそれぞれ X 線天文衛星を打ち上げる準備をしていました。1999 年 7 月に、米国が空間分解能に優れた「チャンドラ」を打ち上げました。同年 12 月には、欧州が大きな望遠鏡を搭載した「XMM ニュートン」を打ち上げ、稼働が開始されました。両衛星は次々に新しい観測結果を挙げ、残る日本の「ASTRO-E」の打ち上げを待っていました。

「ASTRO-E」に搭載する X 線マイクロカロリメータは従来の装置の 10 倍以上の分光能力を持ち、これにより X 線天文学は次の段階に飛躍することが大いに

期待されていました。

そして 2000 年 2 月、開発に携わった研究者・開発者が見守る中、「ASTRO-E」は鹿児島県内之浦宇宙観測所から打ち上げられました。地球周回軌道のため、次に上空に戻ってきた際に衛星を起動させることになっていました。しかし、「ASTRO-E」は戻ってきませんでした。ロケットの不具合により、軌道投入に至らず、太平洋に墜落したと考えられています。

打ち上げの失敗は日本だけでなく、世界の天文学にとっても損失でした。日本は、多くの人々のサポートのもと、「ASTRO-E」と同じ観測装置を搭載した「ASTRO-E2」に再挑戦しました。開発は順調に進み、とうとう 2005 年 7 月 10 日、無事打ち上げに成功しました。軌道投入後は「すざく」と名付けられ、着々と観測の準備を進めていました。しかしその矢先、主力装置であった X 線マイクロカロリメータが打ち上げから 1 ヶ月で停止してしまい、もう一步のところまで実観測にたどり着けませんでした。

私が大学院に進学し、研究者の道を歩み始めたのはこの頃でした。X 線マイクロカロリメータは喪失しましたが、「すざく」にはこれ以外に、世界最高性能の X 線 CCD カメラと硬 X 線検出器が搭載されていました。大学院生の頃の私は X 線 CCD カメラで良い成果を出すため、較正作業を一生懸命行っていました。その甲斐あって、X 線 CCD カメラは宇宙空間の放射線にさらされる過酷な環境の中で世界最高性能を保ち続けました。私の専門である天の川銀河の中心領域の観測研究も、「すざく」の X 線 CCD によって大きく発展したのですが、このお話は別の機会にしたいと思います。

4. 「ASTRO-H (ひとみ)」が証明した超精密分光力

「すざく」の打ち上げからほどなく、日本は「すざく」の次を担う「ASTRO-H」の開発を開始しました。「ASTRO-H」は、X 線マイクロカロリメータ、X 線 CCD カメラ、硬 X 線撮像器、軟ガンマ線検出器の 4 種類の観測装置を搭載し、日本の科学衛星の中で過去最大級の大きさになりました。

私は X 線 CCD カメラとソフトウェアの開発を行いました。衛星搭載の開発は、試作品である Bread board model (BBM)、実機と同等品である Engineering model (EM)、そして宇宙へ打ち上げる実機 Flight model (FM) と、段階を経

て進めます。「ASTRO-H」の場合、BBM の段階から打ち上げまで 10 年の歳月を要しました。図 1 は、X 線 CCD カメラの FM を衛星本体に組み込む前に、いってらっしゃいの意味を込めて一緒に撮った写真です。

2016 年 2 月 17 日、「ASTRO-H」は H-IIA ロケットに載って鹿児島県種子島宇宙センターから打ち上げられました。私も打ち上げを見に行きましたが、地響きと轟音が凄まじく、本当に迫力がありました。自分が開発した観測装置が宇宙に打ち上げられるのを見るのは、やはり感慨深いものでした。図 2 はその時撮影した写真です。

「ASTRO-H」は無事に軌道投入され、「ひとみ」と名付けられました。すべてがうまくいっているように見え、順調に初期観測が開始されました。しかし、打ち上げからわずか 1 ヶ月後の 3 月 26 日、「ひとみ」の通信は突如途絶え、二度と戻ることはありませんで

した。原因は、姿勢制御系の不具合のため徐々に高速回転し、分解してしまったためと考えられています。このニュースを初めに聞いたときは、私はまさに頭が真っ白になりましたが、原因が徐々に明らかになるにつれ、悔しさと喪失感で胸がいっぱいになりました。

しかし良いニュースもあります。わずかな観測時間ではありましたが、「ひとみ」は優れた成果をあげました。X 線マイクロカロリメータで初めて天体の観測に成功したのです。図 3 は、「ひとみ」の X 線マイクロカロリメータがペル



図 1 軟 X 線撮像装置 SXI と私（筑波宇宙センターにて、2014 年 3 月 27 日）。



図 2 X 線天文衛星 ASTRO-H の打ち上げ（2016 年 2 月 17 日 17 時 45 分）。

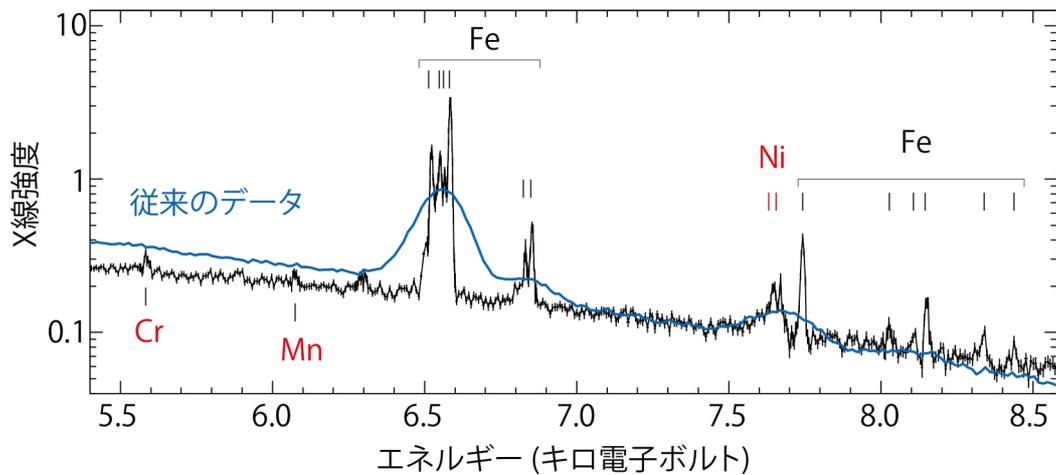


図3 ASTRO-H「ひとみ」で取得したペルセウス座銀河団のX線スペクトルデータ[1]。青色で示したデータは従来のX線天文衛星によるもの。従来のデータでは区別できなかった鉄(Fe)の微細構造やクロム、マンガン、ニッケルなど希少元素の輝線も明確に識別できることがわかる。

ペルセウス座銀河団を観測して取得したX線スペクトルです。従来のX線天文衛星のデータと比べると、その優れた性能は一目瞭然です。これまでは観測できなかった輝線の微細構造や、希少元素の輝線もはっきり捉えることができるようになったのです。このデータから、遠くにある銀河団と、我々の身近な太陽が同じ化学組成であることがはっきりと明らかになりました。この結果はNature誌に掲載されています。

5. 再び立ち上がる～「XRISM」の挑戦

「ひとみ」を失ってから、私を含め日本のX線天文学者は失意のどん底にいました。しかしX線マイクロカロリメータという素晴らしい観測装置で宇宙を再び観たいという強い思いから、新しいX線天文衛星「XRISM」の計画を始めています。搭載する観測装置はX線マイクロカロリメータとX線CCDカメラで、2021年度末に打ち上げる予定です。「ひとみ」の事故を繰り返さぬよう、開発体制が大幅に見直されました。

私も「ひとみ」の経験を生かし、今度こそX線天文衛星を成功させるため努力しています。そして、今度こそ「新しい目」であるX線マイクロカロリメータを使って、宇宙の謎を解き明かしたいと思っています。

信川 正順 (Nobukawa Masayoshi)

2011年 京都大学大学院 理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻
博士後期課程修了「博士（理学）」
2011年 京都大学 白眉センター/理学研究科 特定助教
2015年 奈良教育大学 理科教育講座 特任准教授
2017年 奈良教育大学 理科教育講座 准教授

【研究テーマ】

主に X 線天文衛星を用いた高エネルギー天体现象の観測研究を行なっています。対象は、ブラックホールや超新星残骸、銀河系に広がる高温ガスなどです。本稿に記載した通り、新しい X 線天文衛星の開発も行なっています。

【著者の自己紹介】

■今の研究分野を選択したきっかけ

元々宇宙が好きだったことと、大学で専攻した物理学と合わせた宇宙物理学が何とも素敵に感じたことがきっかけです。

■これから挑戦してみたいこと

研究は 100 個のアイデアのうち 1 個でも残れば大成功です。残りの 99 個も大切な経験や知識になります。その精神で、なんでも新しいことに挑戦したいと思っています。

■次世代を担う皆さんへ

自然界にはたくさんのフロンティアが残っています。皆さん自身が新たな発見をし、未来を切り拓いていく感動を経験してほしいと思っています。

新しい目で宇宙を見る

著者 のぶかわ まさよし
信川 正順

2019年3月31日 第1版

奈良教育大学出版会

〒630-8528

奈良市高畑町

TEL: 0742 (27) 9135 FAX: 0742 (27) 9147

E-mail: g-kenkyu@nara-edu.ac.jp

URL: <http://www.nara-edu.ac.jp/PRESS/>