



日本の X 線天文学は 試練を乗り越えられるか

高エネルギーの X 線をとらえて、ブラックホールや銀河団などの宇宙の謎を解明すべく打ち上げられた X 線天文衛星「すざく」。打ち上げには成功したものの、1 か月後、主要観測装置が使用不能になるという事態に陥った。装置はなぜ故障したのか、期待されていた観測は今後どうなるのか、北原逸美が取材した。

2005 年 7 月 10 日、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は X 線天文衛星「ASTRO-E2」を搭載した M5 ロケット 6 号機を内之浦宇宙空間観測所 (鹿児島県) から打ち上げた。衛星は予定の軌道に投入され、打ち上げは成功。JAXA は衛星を、鳥の姿をした南天の守護神にちなんで「すざく (朱雀)」と命名した。「すざく」は、2000 年の M5 ロケット 4 号機による打ち上げ失敗で失われた「ASTRO-E」の再挑戦機であり、日本は 5 年ぶりに自前の X 線観測の手段を獲得した。

世界をリードしてきた日本の X 線天文学

X 線は高エネルギーの電磁波で、宇宙では数百万～1 億℃という超高温の物質から放射される。ブラックホールにガスが吸いこまれたり、星の最期に起こる超新星爆発でガスが撒き散らされるときなどに発生すると考えられている。しかし、宇宙から飛来する X 線は

大気に吸収されて地上には届かないため、衛星を用いた大気圏外での観測が必要となる。

「すざく」は、こうした X 線の観測を目的とした日本 5 代目の衛星である。初代は 1979 年に打ち上げられた「はくちょう」。故小田稔博士が開発した「すだれコリメーター」という X 線天体の位置を正確につきとめる装置が搭載され、当時発見されたばかりの X 線バースト源を次々と見つけ、中性子星の研究で成果をあげた¹。続いて「てんま」(1983 年)「ぎんが」(1987 年)「あすか」(1993 年)と、途切れることなく衛星が打ち上げられた。

「とくに私たちの誇りとするところは、一世代ごとに衛星の検出感度が上がっていったことだ」と語るのは、東京大学の牧島一夫教授である。「はくちょう」の感度を 1 とすると「てんま」はその 10 倍、「ぎんが」では 200 倍、「あすか」にいたっては 5000 倍にも達した。

「てんま」は星間空間に高温のプラズマがあることを発見し²、「ぎんが」は大マゼラン雲に出現した超新星 SN1987A の発する X 線をとらえた³。「あすか」は世界で初めて X 線の撮像と分光を同時に行い、さまざまな銀河の中心にブラックホールがあることを実証した⁴。これらの成果から、X 線天文学は日本の「お家芸」とよばれるようになり、名実ともに世界をリードしてきたのである。X 線天文学という新たな分野を開拓した功績により、2002 年にノーベル物理学賞を受賞したリカルド・ジャッコーニ博士は、「日本の X 線天文学は、米国が最高レベルの衛星をもてなかった 1980 年代と 90 年代にとくに大きな役割を果たした」と JAXA のインタビューにこたえている。

「すざく」の大きな科学目標は、銀河の集まりである銀河団を包む高温ガスやブラックホールに流入する物質から放射される X 線の観測である。銀河や

銀河団が形成されるしくみや、ブラックホール周辺の時空構造の解明が進むと期待されている。光速に近い速度で進む高エネルギー宇宙線がどこで、どのように加速されているのかという謎にも迫る予定だ。

すでにX線天文衛星としては、NASA（米航空宇宙局）の「チャンドラ」とESA（欧州宇宙機関）の「ニュートン」が1999年から稼働している。これに「すざく」が加わって、3つの衛星がそれぞれの特長を生かして協力すれば、新しい発見や宇宙進化の解明につながるはずだ。

液体ヘリウムが一気に気化した

「すざく」は全長6.5メートル、重さ1.7トンで、日本の科学衛星では最大級の大きさを誇る。口径40センチのX線望遠鏡5台のほかに、X線CCDカメラ、X線マイクロカロリメーター（XRS）、硬X線検出器の3種類の検出器を搭載。なかでもとくに注目されるのがXRSである。内部を0ケルビン近くまで冷却して、X線によるわずかな温度上昇を検知することで、従来よりも10倍も高い精度での観測が可能となった。この装置は日本とNASAが共同で開発し、世界で初めて衛星に搭載された。

XRSは打ち上げから17日目（7月27日）には、60ミリケルビンという宇宙空間での極低温新記録を達成し、正常に動作していることが確認された。ところが事態は一転する。8月8日、XRSに充てんした30リットルほどの冷却用液体ヘリウムがすべて気化し、内部を冷却できなくなったのだ。復旧する見込みはなく、XRSによる観測は絶望的となった⁵。これで「すざく」の観測能力は、当初見込みの60%程度にまで落ちこむという。

現在、事故調査委員会がその原因を調査中である。XRSは検出器を中心に内側から断熱消磁型冷却機、液体ヘリウム（1.5ケルビン）、固体ネオン（15ケルビン）という3層の冷却方式によって、60ミリケルビンの超低温状態を作り出す構造となっている。「すざく」の開発責任者であるJAXAの井上一教

授は「はっきりした原因については調査委員会の結論を待ちたいが、何らかの理由で液体ヘリウムタンクの断熱性が悪くなったと思われる」と述べる。調査委員会の答申は、今から2～3か月先に出される見込みだ。

XRSの優れた分光能力があれば、天体の運動速度をドップラー効果に基づいて精度よく測ることができ、銀河団中の激しい高温ガスの流れなどを知ることができるはずであった。しかしそれができなくなったため、銀河団の進化の解明といった科学目標の達成にはいくらかの影響が出ると思われる。

世界中の科学者がXRSによる観測を待ち望んでいた。NASA側のXRS開発の責任者リチャード・ケリー博士は「早く代替の装置を開発する必要があるだろう」と語る。

残る装置に期待がかかる

XRSが機能停止した今、生き残った装置の活躍に期待がかかる。ケリー博士は「残された装置（X線望遠鏡やCCDカメラ、硬X線検出器）は、広い集光面積と幅広いエネルギー帯（0.4～600キロ電子ボルト）という特長を備えている。活動銀河をはじめとするさまざまな研究に貢献できるだろう」と予想する。

硬X線検出器は日本独自の開発によるものである。ガドリニウム・シリケート結晶シンチレーターと半導体検出器を組み合わせ、放射線バックグラウンドを極限まで取り除くことで、10～600キロ電子ボルトの幅広いエネルギー帯で感度よく観測できる。開発者のひとりである牧島教授は「さまざまな天体での粒子加速の研究、超新星爆発で作られた同位体の調査、大小のブラックホールへ降着する物質の探究、メガ電子ボルト領域でのガンマ線バーストの観測など、多くのテーマに威力を発揮できる」という。

「すざく」の観測計画は、もともと液体ヘリウムの寿命（約3年）を考慮して、XRSによる観測を優先して立てられていたが、大幅に見直されることになった。牧島教授は「残された装置で

当初の観測能力の100%を取り戻せるわけではないが、発想を転換することによって、それを挽回できるような成果をあげることができるのではないかと考えている。

今後どう生かすのか

「すざく」に限らず、これまでも途中で使用不能となった衛星は存在した。最近の例としては、2003年に太陽電池パドルが故障した環境観測技術衛星「みどりII」⁶や、同年、電源につながる回路に不具合が生じ、火星周回軌道投入ができなくなった火星探査機「のぞみ」などがある。衛星のサイズが大きくなるにつれて、リスクも大きくなる傾向にある。JAXAの的川泰宣執行役は「宇宙開発ではロケットでも衛星でも、原因を究明し改良すれば、二度と同じタイプの事故は起こらない。事故を防ぐには、失敗を次の設計思想に生かすということ以外に方法はない」と指摘する。

井上教授は「今回の事故が学問の進歩を滞らせることになった点については、誠に残念で、申し訳なく思っている。しかし、事故原因や今後の対策を総括したうえで、もう一度、私たちの手で新たな装置を開発し、X線天文学の発展に貢献したい」と話す。

無事だったCCDカメラは、8月13日に初めての画像撮影（小マゼラン雲の超新星残がいE0102-72）に成功した。硬X線検出器も8月19日、電波銀河ケンタウルス座AからのX線を検出し、予想どおりの性能が確認された。牧島教授は「衛星の命がある限り、残った装置の性能を極限まで追求し、X線天文学の最前線を開拓していきたい」と抱負を述べた。「すざく」と日本のX線天文学研究グループの今後の活躍に心から期待したい。 ■

北原逸美はNatureのローカル・コンテンツ・エディター。

1. H. Inoue et al., *Astrophys. J. (Letters)*, **250**, L71 (1981)
2. K. Koyama et al., *Publ. Astron. Soc. Japan*, **38**, 121 (1986)
3. T. Dotani et al., *Nature*, **330**, 230 (1987)
4. Y. Tanaka et al., *Nature*, **375**, 659 (1995)
5. *Nature (News)*, **436**, 901 (2005)
6. D. Cyranoski, *Nature (News)*, **426**, 3 (2003)