

《ハイテクとおめがね事情(6)》

X線天文衛星「あすか」

2年前に打ち上げられた「あすか」は日本のX線天文衛星としては初めてX線望遠鏡を搭載し、天体のX線像を撮ることができるようになりました。望遠鏡の焦点面に置かれたX線 CCD カメラと撮像型ガス蛍光比例計数管は、X線像と同時に像のそれぞれの位置におけるX線のエネルギー分布を詳細に教えてくれます。いずれの装置も衛星搭載用に世界で初めて実用化されたもので、その高い性能は「あすか」を世界でもトップクラスのX線天文台にしています。

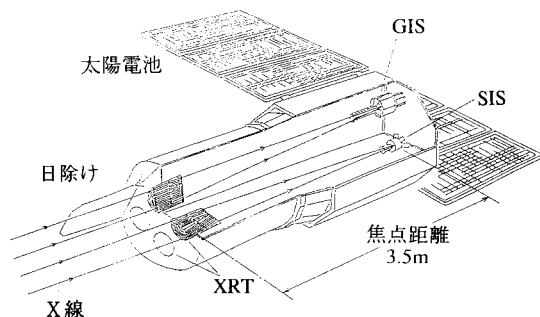


図1 「あすか」の全体像。実際にはXRTが4台、焦点面検出器はSIS、GISとも2台ずつ搭載されている。

X線望遠鏡「XRT」

「あすか」に搭載されたX線望遠鏡はアメリカのNASAゴダード宇宙飛行センターと名古屋大学、宇宙科学研究所などが共同で開発したものです。X線天文学では標準のウォルターI型を2段の円錐で近似した光学系で、焦点距離3.5mの望遠鏡が全部で4台搭載されています。それぞれは口径35cm、長さ20cm、重さが10kgと小型ながら0.5~10キロ電子ボルトまでのX線が観測可能で、非常に明るい光学系が特長です。先輩のインシュタイン衛星が500kgであすか望遠鏡1台分の

有効面積しかなかったことを考えると、その並外れた効率の高さがわかります。

X線の反射は鏡面にすれすれの角度で入射した場合にのみ起こるため、鏡面基板の厚さが開口効率を決定してしまいます。そこでゴダードのセラミクス博士は0.15mmという厚さのアルミ板にアクリル塗料をつけて滑らかにし、これに金を蒸着してX線鏡面を作るというユニークな方法を生み出しました。

「あすか」ではこうしてできた極薄のミラーが約1mmの間隔で120枚詰め込まれ開口効率が大幅に向上しました。また平均の斜入射角は0.5度でインシュタイン衛星など従来の望遠鏡にはできなかった鉄のK-X線(6~7キロ電子ボルト)を含む高いエネルギーのX線の観測を可能にしています。

一方この望遠鏡の解像度は、鏡面基板が薄いため3分角(点光源からのX線の半分が入る像の直径)に制限されています。ただし円錐光学系の特徴から像の中心部は鋭いピークを持ち、明るい点源に対しては十数秒角までの空間分解が可能です。実際あすか打ち上げ直後におおくま座に現われた超新星SN1993Jの観測では、0.5分角ほど離れた近傍のX線源との分離が見事に実現されました。

X線 CCD カメラ「SIS」

SIS (Solid-state Imaging Spectrometer) は、宇宙科学研究所、大阪大学、富士通、マサチューセッツ工科大学などが協力して開発したX線 CCD カメラです。撮像と分光が同時にできる CCD カメラが宇宙に行ったのは初めてです。

天体から飛来したX線光子はXRTによって導かれ、(運がよければ) CCD チップで受け止められ、チップ面上にポチッと電子雲を作ります。1枚のチップは一辺11mmの正方形で、その面は約400×400の画素に分割されているので、入射光子の位置は27ミクロンの精度でわかります。また、

作られた電子の個数（数百～数千）を数えれば光子のエネルギーもわかるというわけです。ただし一つの画素にいくつも光子が当たってしまっはうまくないので、明るい天体を観測する場合には画素の読み出し間隔を短くするなどの工夫が必要です。通常、これは16秒おきに行なわれます。

SISは一種の半導体X線検出器であり、優れたエネルギー分解能を持っています。0.5～10キロ電子ボルトのX線に感度を持つので、酸素からニッケルまでの様々な元素のK殻輝線がそびえ立つスペクトルが得られます。図2は超新星残骸カシオペアAのX線スペクトルです。可視光や紫外に比べれば見栄えがしないと思われるかもしれませんが、これはX線では誰も見たことのない領域であり、新しく美しい物理を表しているのです。

撮像ガス蛍光比例計数管「GIS」

GIS (Gas Imaging Spectrometer) は、東京大学、東京都立大学、宇宙科学研究所、理化学研究所、明星電気、日本無線などが協力して新たに開発した撮像型ガス蛍光比例計数管です。

GISは、ガスセル部・光電子増倍管・信号処理部の3つの部分から成り立っています。ガスセルはX線を光電子にかえ、さらにその電子を放電させないぎりぎりの高電圧で加速、X線入射位置の下に励起紫外線の光の柱をつくり出す仕掛けです。

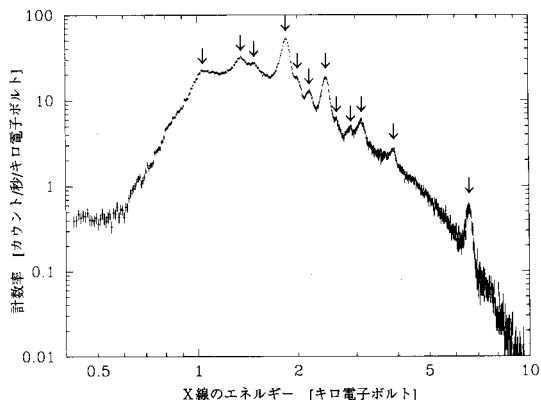


図2 超新星残骸カシオペアAのSISによるX線スペクトル。各元素の輝線に矢印が示してある。

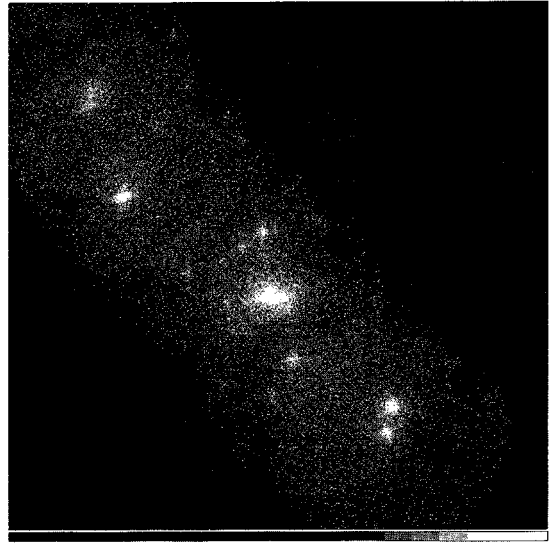


図3 GISによって得られたM31（アンドロメダ銀河）のX線画像。M31の中のX線天体が点々とみえる。

円筒型のセラミックボディにメッシュ状の電極を配し、ベリリウム製のX線入射窓と紫外線を通す石英窓をもっています。紫外光は位置検出型の光電子増倍管で電子増幅され、X、Y方向にはり渡された32本の陽極線に到着します。信号処理部では、この32本に到着した電子の分布からX線入射位置を0.5ミリの精度で求めます。

XRTと組み合わせると、直径50分角の視野を1～2分角の精度で角度分解し、0.7～10キロ電子ボルトの帯域を200～60電子ボルトに分光することができます。これを同時に約6ミリ秒の間に61マイクロ秒の時刻決定精度で行うことができます。軟X線感度や分光能力でSISに譲りますが、硬X線感度、時間分解能、視野の広さでSISをカバーする頼もしい相棒だといえるでしょう。

打ち上げから2年、「あすか」の観測した天体は近くの星から宇宙の果てのクェーサーまで総数1000に及ぼうとしています。今後もできる限り長い間「あすか」による観測が続けられるよう期待されています。

田原 讓（名古屋大学）、田代 信（東京大学）、小谷太郎（宇宙科学研究所）、「あすか」チーム