

そらと

《天空翔ぶ天文台 (5)》

X線天文衛星
Astro-E

今月は来年2000年1月に打上げを予定している、X線天文衛星 Astro-E について紹介します。その特長は、X線望遠鏡による軟X線の集光結像と高分解能分光、それに低ノイズ硬X線検出器による広帯域観測にあります(図1)。

1. 進化する日本のX線天文衛星

日本のX線天文学が本格化したのは1979年の白鳥衛星の打上げからです。90kgと言う小型衛星にすだれカリメータと比例計数管と言う組合せで世界に初挑戦しました。折りしもX線バーストがホットな話題でしたので、小粒でもピリリと辛い仕事で世界に貢献できました。その後は蛍光比例計数管によるてんま衛星(200kg)が1983年、大面積比例計数管によるぎんが衛星(420kg)が1987年と続きました。このぎんが衛星のデータは、米国天体物理学会誌のX線関連論文の半分以上がこれに基づいて書かれるなど、世界の第一線での本格的な寄与を行うに至りました。これに勢いを得て、1993年打上げのあすか衛星(420kg)では、X線望遠鏡とCCDカメラ、蛍光比例計数管による撮像分光観測を実現しました。これから紹介するAstro-E衛星(図2)はこのあすか衛星を更に大幅に発展させ、20世紀最後の年に打ち上がる巨大X線望遠鏡群に立ち向かおうとするものです。

2. 新しい世界を切り拓く精鋭たち

X線望遠鏡は、薄いアルミ基板に、ガラス母型の滑らかな表面を写し取るレプリカ法を用います。これを200枚近く、同心円に並べることで、超軽量ながら10keVまでのX線を効率良く集光結像することを可能にしています(天文月報92年9月号

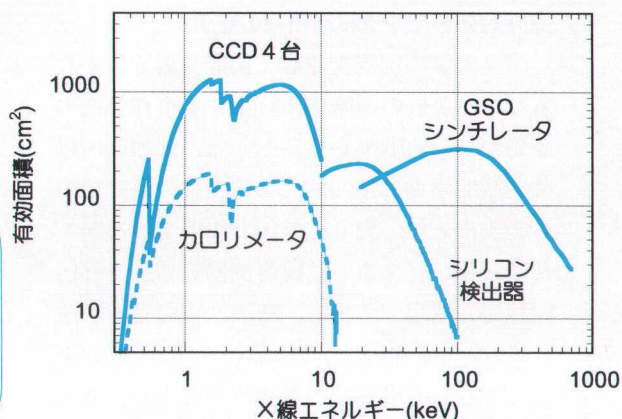


図1 Astro-E衛星の検出器の有効面積

の記事参照)。あすかに比べ、表面がより滑らかになり、表面粗さによる散乱が一桁以上改善されました。口径40cm、焦点距離4.75(4.5)mの細長い光学系を成す望遠鏡5台を搭載し、7keV付近ではあすかの倍以上の有効面積を実現することになります。

焦点面には、X線CCDカメラとX線カリメータが搭載されます。CCDカメラでは位置情報だけでなく、X線のエネルギー情報も $E/dE (= \lambda/d\lambda)$ で50程度の分解能で得られ、撮像スペクトル観測が更に高い感度で実現されます。X線カリメータは、小さな検出素子にX線光子1個が持ち込むエネルギーを素子の温度上昇として検出する方法です。素子を60mKまで冷却することで、熱雑音を抑え、X線エネルギーの決定精度を10eVまで上げることに成功しています。鉄のK輝線6.4keVにおいては、 E/dE で600程度の高分解能となります。検出器は16個2列の素子が並んでいて、位置分解をしながら詳細な波長情報が得られます。

一方で、この超低温の環境を保つ為に、高さ、直径約1mのデューワーを備え、外側が固体ネオン、内側が液体ヘリウムのタンク、更にその内側に断熱消磁冷凍器を用いています。しかし、衛星の大きさ重量の制限から冷媒は2年間分しかなく、この期間内に如何に効率良く、かつ重要な天体を漏

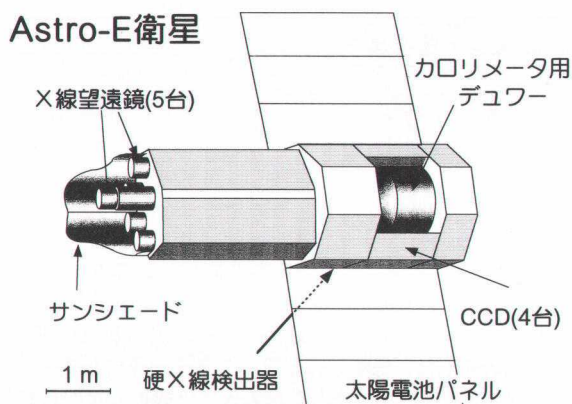


図2 Astro-E衛星の概観図

らさず観測するか計画をたてねばなりません。

望遠鏡の感度が下がる 10 keV 以上—数百 keV の硬 X 線を捉えるためには、井戸型のガードカウンター (BGO) で取り囲んだ底にシンチレータ (GSO) とシリコン半導体検出器を置いた、硬 X 線検出器を備えています。この組合せによりバックグラウンドを極力抑えて、今までのシステムより一桁感度の高い硬 X 線の観測が可能になります。

3. 目指すサイエンス

Astro-E 衛星ではカロリメータの高分解能分光が最大の特徴です。これまでの CCD カメラの波長分解能 $E/dE = 50$ に比べ、 E/dE で 500 を超えるカロリメータでは、例えば鉄の K 輝線の禁制線、再結合線などの微細構造を分離できるようになります。すなわち星の大気、超新星残骸、銀河団の高温プラズマのイオン、電子の温度、密度など物理状態を、直接決められるようになり、更には元素組成の進化を正確に探ることができます。また、輝線を放射するガスの運動も数百 km/s まで検出可能になり、例えば活動的銀河核などブラックホール近傍での運動学により、その構造と放射機構に迫ることができます。X 線天文学においても、真の分光が可能になったことで、これまでに比べ格段に豊富な情報が得られ、X 線天文学の新たな展開

がもたらされることは間違いありません。

4. 国際協力と国際競争

日本の X 線天文学グループでは早くから、国際協力を進めて来ました。この協力により、その時点で世界最高の性能を持った衛星にすることができたと共に、我々自身が出かけて世界を広く知ること、海外からの研究者が日本へ来て一緒に仕事をすることで多くの若手が啓発されたこと、そして日本の衛星を用いた観測結果を広く世界に宣伝してくれるという多大な効果をもたらしました。Astro-E 衛星でもハードウェア、ソフトウェアの開発での密接な協力を進めるために年に 2—3 回の会議を開いています。現在は、打上げ後、どのような天体を観測するか、そのプログラムづくりが始まり、口角泡を飛ばした議論を重ねています。お互いの信頼関係を築くためには本音の議論も必要で、時には「ガツン」と言って戦わねばならない時もあります。

Astro-E 衛星打上げが予定される 2000 年 1 月後半には、ヨーロッパ連合の XMM 衛星も打ち上がるようになっており、今夏打上げ予定の米国の AXAF (chandra) 衛星と共に「X 線天文衛星三兄弟」の揃い踏みとなります。それぞれの特徴をひとつずつ上げるとすれば、Astro-E 衛星は高分解能分光、XMM は Astro-E を凌ぐ大面積 X 線望遠鏡、AXAF は 1 秒角以下の超高分解能撮像と言うことができます。これらが相補的な観測を行うことで、X 線天文学の新たな発展の時代が築かれるものと確信しています。

現在、Astro-E は衛星本体の最終組上げ、総合試験を始めているところです。個々の検出システムも最終調整に入り、夏頃には衛星全体の組み上がった姿が宇宙研の衛星試験棟で見られるようになります。Astro-E チーム全員は、打上げ後の素晴らしい観測データを夢見て、額に汗、脇に冷や汗をかきながら全力投球の毎日を送っております。

(Astro-E チーム)