

## X 線天文衛星「ぎんが」の観測

榎野 文 命\*・長 瀬 文 昭\*

X 線天文衛星「ぎんが」は 1987 年 2 月 5 日に打ち上げられ、3 年以上経った現在もすべての観測器が正常に動作を続け、毎日観測が行われている。「ぎんが」に搭載されている観測器は大面積比例計数管 (LAC) と全天 X 線監視装置 (ASM) 及びガンマ線バースト検出器 (GBD) である。大面積比例計数管は主観測器で、4000 cm<sup>2</sup> の有効面積を持ちこれまでの世界の X 線衛星の中で最高の検出感度を持っている。「ぎんが」衛星の機能や性能についての紹介は本誌の 1987 年 11 月号にわかりやすく述べられているので参照されたい。またガンマ線バースト検出器及びその観測結果についても 1990 年 2 月号に詳しい記事があるのでこの特集号では触れない。「ぎんが」の性能はすばらしく、特に従来の衛星では困難であった 5 keV 以上の硬 X 線の高精度の観測に威力を発揮している。

「ぎんが」は故障のほとんどない健康優良児である。観測器は打ち上げ当時と全く同じ性能を維持している。他の搭載機器では姿勢を決定する CCD カメラ 2 台のうち 1 台の感度が下がっていることと、最近になって姿勢制御の基準になっているジャイロスコープのドリフトが大きくなっていることがあるが、いずれも観測に大きな支障とはなっていない。これは、この衛星の設計や試験にこれまでの経験が十分に生かされた結果である。また高感度であるということは観測器の安定性と共に、地上及び軌道上での精密なキャリブレーション及びバックグラウンドデータの適切な管理によることを忘れてはならない。1989 年の始めから太陽活動が活発になり、度々

大きなフレアが発生するようになった。フレアが起こると大量の紫外線が発生し上層大気を加熱し膨張させる。この結果「ぎんが」のような地球に近い軌道の衛星は空気の抵抗が大きくなり、急速に高度を下げている。1989 年 9 月 29 日の大フレアの後には 1 日に 200 m 以上の速さで降下が続いたこともある。高度が下がると空気抵抗による姿勢の乱れも大きくなり、時には自動制御による復元力を上回って、方向が目標の星から少しずれることも起きています。予想外に早い活動期の訪れて、「ぎんが」の寿命もあと 1 年余りと思われる。太陽活動の穏やかなことを願うばかりである。

「ぎんが」の観測は打ち上げ直後の大マゼラン雲の超新星 1987A の緊急観測で始まった。1987 年 9 月までは試験観測期間として、主に観測器の軌道上でのキャリブレーションと標準的な X 線源の観測が行われた。1987 年 10 月から観測テーマの公募による観測が始まり、これまでに日本国内からは 5 回の公募で約 80 件を採択した。「ぎんが」は日本の科学衛星では最初の国際協力によるプロジェクトで、観測器の製作を分担した英国をはじめ米国およびヨーロッパの研究者にも観測の機会が開かれている。英国は英国単独と日英共同観測をあわせて 20%、米国とヨーロッパはいづれも日本との共同観測を原則とし、それぞれ 10% 程度の観測時間を割り当てている。また米国は NASA で、ヨーロッパは ESA でプロポーザルの審査を行い、これらの機関を通して宇宙研が受理している。観測の技術的な検討及び同一テーマの調整を行った後、最終的に採択を決定する。同じターゲット

表 1 「ぎんが」が観測した X 線源 (種類別)

X 線源の種類	観測ターゲット数
銀河団	33
活動銀河核	95
通常銀河等	16
超新星残骸	21
X 線パルサー	35
低質量 X 線連星	32
白色矮星、特異星等	38
ブラックホール候補	5
X 線新星	7
球状星団	9
スキャン観測その他	53

表 2 「ぎんが」が観測した X 線源 (カテゴリー別)

カテゴリー	観測ターゲット数
試験観測	78
TOO 観測	39
Japan-AO	106
UK-AO	41
UK-Japan	19
NASA-AO	38
ESA-AO	23

表 3 「ぎんが」による観測結果の発表

論文 (審査付き学会誌)	52
国際会議・研究会集録	79
国際天文連合電報	37
天文学会発表	88
その他の研究会集録	約 120
一般向け解説記事	17
博士論文	8
修士論文	14

\* 宇宙研 Fumiyoishi Makino, Fumiaki Nagase: X-ray Observations by Ginga

ットについては日本または英国が優先権を持っている。この他、日本の観測には SN 1987A や X 線新星の出現による緊急観測、活動銀河核の増光にともなう臨時観測などが含まれている。これまでに観測した天体の種類を表 1 に示す。また各機関ごとの採択ターゲット数を表 2 に示す。1990 年 1 月までに観測した天体の数は約 350 である。

「ぎんが」は期待通りの性能を発揮し、すべての観測で新しい事実が見つかると言ってよい。以下に述べられるものは主に日本の観測から得られた成果で、これ以外に多くの結果が発表されている。これまでに出版された論文数は表 3 の通りであるが、投稿中、準備中のものが

多数あることは言うまでもない。これらの成果を基にして、天体物理学の新しい展開を期待すると共に、X 線天文台を維持してゆくことの重要性を理解していただければ幸いである。

最後に、衛星の設計から運用、観測にいたるすべての作業が大学院学生を含む東大、名大、阪大、大阪市大、京産大、理研と宇宙研の研究者によって行われていることを述べておこう。諸外国とは比較にならない貧弱な体制で成功を納めることができたのはこれらの人々の献身的な協力の結果である。また、観測テーマの採択にあたっては会員の諸兄に査読をお願いした。本誌の紙面を借りて、深く感謝の意を表する。

## SN 1987A からの X 線

井 上 一\*・田 中 靖 郎\*・ほか「ぎんが」チーム

「ぎんが」が打ち上げられてまもなくの 1987 年 2 月 23 日、大マゼラン雲に超新星 SN 1987A が出現した。こんなまぢかに超新星が現れたのは実に 400 年ぶりだというので、その知らせはまたたく間に世界中を駆けめぐり、「ぎんが」も 2 月 25 日には大マゼラン雲の方向にその観測装置を向けることとなった。それ以来、「ぎんが」による SN 1987A の観測は 2~3 週間に一回のわりで行われ、現在も続けられている。SN 1987A からの X 線は遅くとも 1987 年 7 月から受かりはじめ (5~6 月は「ぎんが」の太陽との位置関係の制限のため十分な観測を行うことができず、立ち上がりの正確な時期を言うことはむずかしい)、その後の X 線強度は 6-16 keV と 16-28 keV の 2 つのエネルギーバンドで図 1 のように変化している。

図 1 からわかるように、エネルギーの低い 6-16 keV のバンドでは、10 日から 1 ヶ月程度のタイムスケールでかなりの強度変動が見られ、特に爆発後 330 日頃 (1988 年 1 月) には大きなフレアが見られた。一方、エネルギーの高い 16-28 keV のバンドでは、1 月のフレア時を除いて、10 日から 1 ヶ月程度のタイムスケールでの有意な変動は見られず、変動の大きいエネルギーの低い成分 (soft 成分) に対し、変動の少ないエネルギーの高い成分 (hard 成分) の存在が示唆される。

この 2 成分のうち、変動の少ない hard 成分は、放射性同位元素  $^{56}\text{Co}$  の出す約 0.8 MeV と 1.2 MeV の核ガンマ線がまわりの冷たい物質中を通り抜けるうちにコンプトン散乱でエネルギーを失って X 線として観測にかか

ったものと考えられている。超新星になる直前の星では、一番外側の水素を主成分とする層から内側に向かって次々と核融合の進んだ重い元素の層がたまねぎ状にあり、一番内側に鉄のコアができています。超新星爆発のはじめの段階で、中心の鉄のコアはつぶれて中性子星になるがその外側の物質は逆に吹き飛ばされる。その際、鉄のコアのすぐ外側にいたシリコンの層は、非常に高温・高密度になって核融合をおこし  $^{56}\text{Ni}$  が生成される。この  $^{56}\text{Ni}$  はおよそ 5.6 日の半減期で  $^{56}\text{Co}$  になり、 $^{56}\text{Co}$  は半減期 78 日で安定な  $^{56}\text{Fe}$  になる。SN 1987A から受かる可視・赤外あたりの波長での単位時間当りの全放射エネルギーは、1987 年 7 月以降しばらくの間ほぼ 78 日の半減期の指数関数的な減衰を示し、 $^{56}\text{Co}$  が実際に大量に生成され、その核ガンマ線がまわりの物質をあたためる主なエネルギー源になっていたことを示している。この  $^{56}\text{Co}$  からの核ガンマ線は、直接観測もされていて、爆発物質は吹き飛びながらかきまぜられ、 $^{56}\text{Co}$  をとりまく物質には柱密度のかなり薄い部分もあるらしい。従って、 $^{56}\text{Co}$  からの核ガンマ線がコンプトン散乱を経るうちにエネルギーを失って X 線となり、それが吸収されずに観測にかかることも十分考えられるわけで、事実、「ぎんが」、及び、「ぎんが」よりエネルギーの高い 20~300 keV の X 線を観測しているソ連の宇宙ステーション「ミール」の観測した X 線スペクトルは、そのような過程で期待されるスペクトルによくあっている。

それでは、変動の大きい soft 成分、特に 1 月のフレアはどういう機構でつくられたものなのだろう。1 月のフレアのピーク付近のスペクトルには完全電離に近い鉄の  $K\alpha$  線と考えられる輝線が見られ、この成分が熱的な

\* 宇宙研 Hajime Inoue, Yasuo Tanaka, *Ginga* team:  
X-ray of SN 1987A