

通常銀河からの X 線放射

大橋 隆哉*・牧島 一夫*・小山 勝二**

1. X 線観測の意義

通常銀河の X 線放射に関しては、われわれの銀河系自身が多くの X 線星を持つことから、まず個々の X 線星の総和という見方ができる。しかし一方では、セイファート銀河に代表されるように、銀河の形をとりながらその中心にモンスター（巨大ブラックホール）が潜んでいるものもあれば、他方では銀河団の大量のホットガスを供給する上で個々の銀河が重要な役割を果たしていることも確かなのである。AGN を形成したりホットガスを宇宙にばらまいたりという活発なプロセスは、銀河の進化の過程でどのようにして引き起こされるのだろうか。X 線観測は、こうした通常銀河の活動的な側面を直接浮き彫りにして我々に見せてくれる強力な手段である。それと同時に、通常銀河というバラエティーに富む対象は、X 線天文学が抱える他の問題、例えば X 線背景放射の起

源、活動銀河核や銀河団の X 線放射を解明する上でも、実に様々な情報を提供してくれる現象の宝庫なのである。

2. 「ぎんが」による観測

「ぎんが」はこれまでにスパイラル銀河・楕円銀河を含めて 10 個の通常銀河を観測した。観測されたエネルギースペクトルの例をまとめて図 1 に示す。*Einstein* 衛星は多くの銀河の軟 X 線像を観測したが、これら 2~20 keV 領域のエネルギースペクトルは「ぎんが」によって初めて得られたものであり、X 線放射の起源を考える上で無くてはならない情報である。観測結果を基に、銀河の X 線放射が何によって支配されているかという観点から大ざっぱに分類すると表 1 のようになる。

銀河全体として個々の X 線星の集合が見えている代表例が、お隣の銀河 M31（アンドロメダ星雲）である。*Einstein* 衛星の撮像観測から 100 個以上の X 線点源がバ

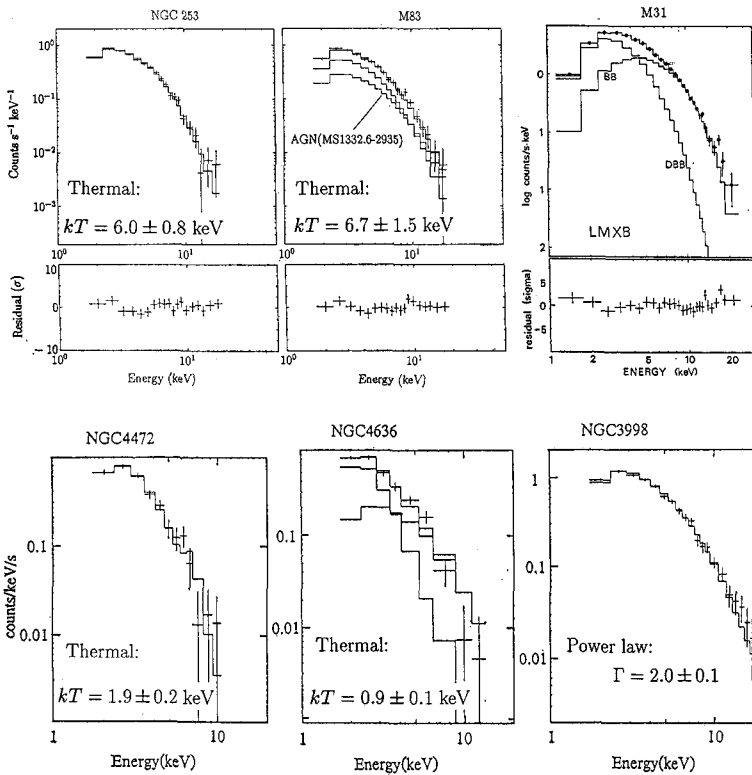


図 1 「ぎんが」の観測したいろいろな通常銀河のスペクトル

* 東大理 Takaya Ohashi, Kazuo Makishima, ** 名大理 Katsuji Koyama: X-Ray Emission from Normal Galaxies

表 1 観測された通常銀河の主な性質

| | スパイラル銀河 | 楕円及びS0銀河 |
|--------|---------------------|------------------|
| 個々のX線星 | M31, Milky Way | |
| ホットガス | M82, NGC253, M83 | NGC4472, NGC4636 |
| 活動的中心核 | M81, M51(?), M33(?) | NGC3998 |

ルジ部に集中しているのがわかっていたが⁴⁾、「ぎんが」は M31 のエネルギースペクトルが低質量連星系のそれとそっくりであることを見いだした⁵⁾。われわれの銀河と同じく、M31 も数多くの低質量で明るい X 線連星が、その X 線放射を支配していたわけである。

一方 X 線で見ると中心核が異常に明るく、非熱的なべき関数型スペクトルを示したり、時間変動をおこす銀河がある。早期型の S0 銀河では NGC 3998 が³⁾、スパイラルでは M81 があげられる。X 線光度は M81 で 4×10^{40} erg s⁻¹、NGC 3998 でも 10^{42} erg s⁻¹ 程度と、本格的な活動銀河（セイファート銀河は 10^{43} erg s⁻¹ 程度が主）には遠く及ばないが、やはり中心核にコンパクトなエネルギー源（例えば太陽質量の1万倍程度のブラックホール）がいると考えられるミニ AGN である。銀河がどういう条件で AGN と通常銀河とに分かれて進化の道を進むのかは、まだまだわかっていない。低光度の活動的中心核はまさに AGN と通常銀河の間を橋渡しするような天体であり、これらミニ AGN の研究はどうして AGN ができるのかを解く鍵を握っているとも言えよう。ミニ AGN と言っても中心核の非常に強い重力場のため

に γ 線にまで及ぶようなエネルギーの高い放射が作られており、このためこれら隠れた活動的中心核の存在を確認するには X 線観測が最も有効なのである。

温度にして1千万度を超える高温ホットガスも、X 線観測で初めて浮かび上がってくる重要な成分である。楕円銀河の X 線放射は一般に巨大なホットハローが支配していることが *Einstein* の観測からわかっていたが⁴⁾、「ぎんが」は NGC 4472 や NGC 4636 についてエネルギースペクトルの面からこのことを確かめ、また鉄の存在量は宇宙組成の1.5倍以下（NGC 4472）という制限を初めて与えた³⁾。これはハローの元となった超新星爆発の性質を規定する貴重な情報である。

楕円銀河のハローが約1千万度の重力的に閉じ込められたホットガスなのに対し、とても重力で引き付けられないような高温のホットガスを見せるのがスターバースト銀河である。*Einstein* の行ったスターバースト銀河 M82 と NGC 253 の X 線観測によると、ホットガスが銀河の短軸方向へ数 k \sim 10 kpc に広がって流れ出している様子が見えている⁵⁾。一方「ぎんが」の観測からも、M82, NGC 253, M83 の3つの銀河に関して、スペク

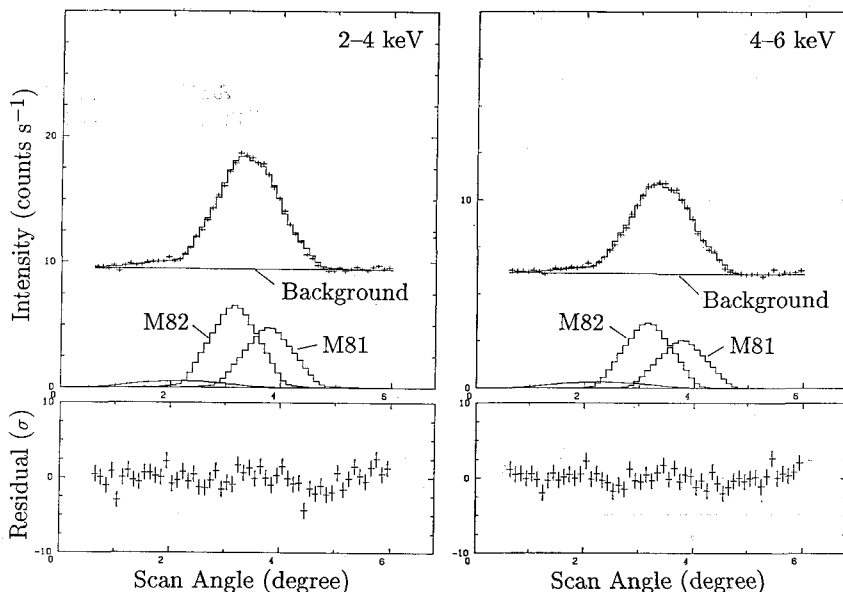


図 2 M82 と M81 の上を「ぎんが」でスキャン観測した結果、M82 の側に約2度広がった弱い X 線放射の超過が見られる。

トルは確かにホットガスからの兆候を見せており、ガスの温度は5~6千万度ととても重力で閉じ込められない程高いという興味深い結果が得られた^{6),7)}。スターバースト銀河は、楕円銀河のような過去の遺物のX線ハローでなく、現在ホットガスを作りつつある現場が見られるという点で特に重要である。

3. M 82 の大ホットハロー

更に驚くべき結果がスターバースト銀河 M 82 の回りのスキャン観測によって得られた。図2に示すように、低光度ではあるがX線放射が M 82 の近く約2度 (100 kpc に相当) にわたって明らかに超過しているのである。これは隣の M 81 の側にはX線の超過が無いことと比べるとはっきりする。これが M 82 に付随しているとすると (解析結果からもこれが最も自然な解釈である)、長さ 100 kpc にも及ぶX線の大ハローとなる。しかしこのホットガスがシステムから流れ出しているとなると、少なくとも太陽質量の数十倍ものガスが毎年 M 82 から失われることになってしまう。あるいはガスはこの広大な領域に閉じ込められているのだろうか、その場合閉じ込めメカニズムは何なのだろうか? 観測結果はおもしろいが、納得のいく解釈はまだほとんど不可能である。いずれにせよスターバースト活動はこれまでわれわれが

思っていたよりも、はるかに大規模で大量のホットガスを宇宙空間に生み出しているのかも知れない。

4. おわりに

Einstein 衛星が開拓し「ぎんが」が質的に充実させたX線による銀河の研究は、まだまだ始まったばかりである。「ぎんが」に続く ASTRO-D (1993 年打ち上げ) で、検出感度はもちろん撮像能力とスペクトル測定能力が強化されることにより、この分野は間違いなく大きく発展するであろう。通常銀河は対象が多く変化に富んでいるというだけでなく、そこに含まれる物理は暗黒物質やX線背景輻射といった宇宙物理のいろいろな問題に深く絡み合っているからである。

参 考 文 献

- 1) Van Speybroeck *et al.* 1979, *Ap. J. Letters*, **234**, L45.
- 2) Makishima *et al.* 1989, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **41**, 697.
- 3) Awaki, H. *et al.* 1990, *Ap. J.*, submitted.
- 4) Forman, W., Jones, C., and Tucker, W. 1985, *Ap. J.*, **293**, 102.
- 5) Fabbiano, G. 1988, *Ap. J.*, **330**, 672.
- 6) Makishima, K. and Ohashi, T. 1988, *Big Bang, Active Galactic Nuclei and Supernovae*, ed. S. Hayakawa and K. Sato, (Tokyo: Universal Academy Press), p. 371.
- 7) Ohashi, T. *et al.* 1990, *Ap. J.*, submitted.

天体観測専門誌

月刊天文ガイド

7月号 定価460円+91 6月5日発売

彗星捜索者 ブラッドフィールド氏

彗星発見数の記録ホルダー、オーストラリアのブラッドフィールド氏の紹介。機材、方法などのノウハウと日常生活、人柄など、彗星会議のスピーチとともに掲載。

ベストアストロフォト

本誌天文ガイドの表紙や記事中で活躍中のカメラマン中西昭雄氏のロマンチックな星の世界をお見せします。

New Face Test Report

ミード社製口径20cm鏡筒用の赤道儀式架台の紹介。

- 7月の星空/月・惑星/星雲・星団/天体写真 ● 7月の天文現象観測資料 ● 観測ガイド ● 天文計算/ほか

新刊案内

ちろの天文シリーズ 最新刊2点

藤井 旭 著/定価各970円(税込) 各260

藤井旭の世界の星空ガイド

地球が丸いために、世界各地で見上げる星空の様子は、日本のものとは異なっています。本書は海外の星空ウォッチングのガイドブックとして、世界各地の星座図と解説をかかげています。アメリカの星空はどんなかな?



藤井旭の天文学入門

ボイジャーによる太陽系探査やスペースシャトルからの宇宙探査機打上げなど、最近、宇宙への関心が高まっています。本書は、めざましい発展をみせる現代天文学がとらえた宇宙の全体像についてわかりやすく解説します。



誠文堂新光社

東京都千代田区神田錦町1-5-5
☎03(292)1221・振替東京7-128