

## ROSAT 衛星による 深宇宙探査

宇宙 X 線背景放射の存在は宇宙 X 線源発見の当初から知られているが、今日までその発生原因について定説は得られていない。高感度の X 線衛星が打ち上げられる度に、背景放射の観測と遠方の X 線源の探査が行なわれ、背景放射の起源が調べられている。最近の ROSAT による観測では  $10^{-14}$  erg/cm<sup>2</sup>/s までの X 線源が検出された。<sup>1), 2)</sup>

### 1. 宇宙 X 線背景放射

宇宙 X,  $\gamma$  線の背景放射は 100 eV から 100 MeV 以上まで観測されているが、空間分布は 1 keV 以上と以下で大きく異なっている。1 keV 以下の軟 X 線では銀河面に沿って 20 度位の幅で広がった成分の他に、白鳥座ループ、帆座、船尾座、ループ I などの超新星の跡や近傍の高温ガスに対応する構造がある上に、低温ガスによる吸収が重なって複雑な分布を示す。ほとんどは銀河成分と見てよいが系外成分の強度は確定していない。1 keV 以上の X 線、 $\gamma$  線は等方性がよく、銀河面の近傍を除いて、銀河系外起源と考えられている。一方、エネルギースペクトルは単純ではなく、どの天体からの放射にも似ていない。3 から 50 keV までのスペクトルは  $4.6 \times 10^8$  K の希薄プラズマからの放射とよく一致している。100 keV 以上ではスペクトルの傾斜は少し緩やかになり、1 MeV 付近で平坦になった後、再び高エネルギー側へスペクトル指数約 -2 で減少する。このようなスペクトルは単純な物理過程では発生しないので、エネルギー帯域毎に発生機構が異なると考えられる。ここでは X 線領域だけに限って説明する事にしよう。

X 線のスペクトルの 2 から 20 keV の範囲はエネルギースペクトル指数 -0.4 のべき関数で表わすこともできる。しかし、この値は多くの活動銀河核からの X 線スペクトルとは異なることに注意すべきであろう。X 線の空間分布は等方的で  $3^\circ \times 3^\circ$  の視野で 0.3% 以下の相違である。以上の観測事実から X 線背景放射の起源として、次の 2 つのモデルが考えられる。

#### (1) 高温銀河間空間からの放射

先に述べたように、X 線スペクトルが高温プラズマからの放射で表わされることから、実際に銀河間空間がこのようなガスで満たされているとするものである。ガス密度が低いので冷却時間はハッブル時間より十分長いですが、ガスの全エネルギーは非常に大きく、3 K の黒体放射に匹敵する。この加熱機構が大きな問題点である。また、最近の COBE 衛星によるマイクロ波背景放射の観測はこのモデルを否定するものである。もし高温プラズマが存在するならばマイクロ波光子は電子とのコンプトン散乱によりプランク分布からずれることが予想される。しかし、COBE 衛星の観測したスペクトルは 1% 以下の精度でプランク分布に一致していた。<sup>3)</sup>

#### (2) X 線源の集積

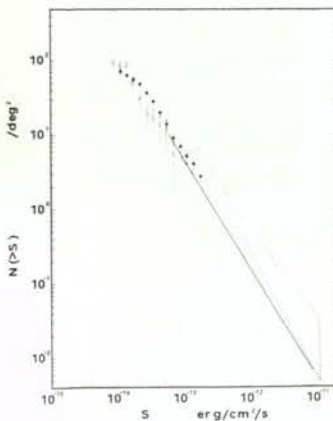
クエーサー、セイファート銀河などの活動銀河核は強い X 線源で、いずれもべき関数型のスペクトルを示す。また銀河団および通常の銀河も X 線源である。これらは活動銀河核とは異なり熱放射型のスペクトルである。これらのスペクトルはいずれも X 線背景放射のスペクトルと同じではないが、集積した X 線強度は無視できない。従って、X 線背景放射の少なくとも一部を構成することに間違いはない。アインシュタイン衛星や HEAO-1 衛星による探査から推定すると、2 keV 付近の X 線背景放射に最も大きな寄与をするのはセイファート銀河で、約 30% である。次いで、クエーサーと通常銀河で約 10% 程度である。しかし、スペクトルの傾斜はいずれも背景放射より急であるの

で、エネルギーの高い領域では強度が大幅に不足である。

## 2. ROSAT の観測

1990年に打ち上げたROSATはアインシュタイン衛星に次ぐX線反射望遠鏡で、最初の6カ月は試験観測と全天の走査にあてられた。試験観測中に得られた長時間露出のデータからX線源の強度と個数の関係および背景放射が観測された。主に銀緯30度以上の領域で9カ所のうちから明るいX線源の周辺を除いて、合計2.6平方度について調べられた。そのうちで、黄道北極の露出時間が最も長く、13.7時間であった。エネルギー0.5-1.5 keVの範囲で、8秒角の広がりをもち、バックグラウンドの統計的変動で偶然、線源のように見える確率が $4.5 \times 10^{-5}$ 以上のものを選んだ。X線源の計数はエネルギー指数-1のスペクトルを仮定して、エネルギーフラックスに変換された。全部で184個のX線源がエネルギーフラックス $10^{-14}$ から $2 \times 10^{-13}$  erg/cm<sup>2</sup>/sの範囲で発見された。アインシュタイン衛星の3倍の感度である。

エネルギーフラックスSとX線源の個数N(S)の関係は微分形式で求められていて、 $N(S) = (0.$



ROSATが観測したX線源の積分強度分布(黒丸は文献1), 白丸は文献4), 直線はアインシュタイン衛星, 多角形は「ぎんが」衛星の結果。限界エネルギーフラックスSは0.1~2.4keVの値に規格化してある。

$0.033 \cdot S^{2.4} + 0.0165)^{-1}$ で表わされる。X線源と背景放射とをあわせた全放射とX線源のスペクトルはよく似ていて、エネルギー指数で-1.2ないし-1.3のべき型である。全放射に対するX線源からの放射の割合は場所によって異なるが、20ないし30%である。

黄道面の北極の空では背景放射に有意な非一様性が見られ、強度の最高と最低で1.7倍の相違があった。強い場所の広がりには20分角で、この部分のスペクトルも指数-1.3のべき型であった。

## 3. 観測の検討と意義

ROSATの検出したX線源はまだ天体の同定が行なわれていないので、種類は不明であるが、ほとんどは系外X線源と考えられる。N(S)とSの関係は積分個数密度N(S<)に対するSの指数で、-1.4から-0.9である。系外X線源の光度が一定であるとすれば、遠方の線源の密度が減少することを示している。このことはクエーサーの形成時期に重要な示唆を与えるものであるが、X線源の同定が行なわれることが必要である。背景放射の強い部分には銀河団または超銀河団があるようで、観測された非一様性はこれらからのX線であるかも知れない<sup>2)</sup>。背景放射の主要な部分は3から20 keVの硬X線にあり、ROSATの観測帯では背景放射の説明は困難である。スペクトルに関しては「ぎんが」の観測結果が注目される。「ぎんが」はセイファート銀河を多く観測し、スペクトルに硬い成分があること、特に強い吸収を受けたII型セイファート銀河のスペクトルは平坦な背景放射スペクトルを説明できるかも知れない。将来の硬X線による探査が待たれるが、さしあたりASTRO-Dに大きな期待が寄せられる。

追記：英国のグループは銀緯-52°付近の0.35平方度の空を約8時間観測し、35個のX線源を発見した。そのうちの24個をクエーサーと同定した。<sup>4)</sup> 宇宙科学研究所 榎野文命

## 参 考 文 献

- 1) G. Hasinger, M. Schmidt and J. Truemper, A & A, **246**, L2 (1991).
- 2) G. Hasinger, Proc. of 28th Yamada Conf., eds. Y. Tanaka and K. Koyama, (1991), in press.
- 3) J. Mather et al., Ap. J. **354**, L 37, (1990).
- 4) T. Shanks et al., Nature **353**, 315, (1991).

## $z = 2.2867$ の銀河 IRAS F 10214+4724 の CO 輝線の観測

赤方偏移  $z = 2.286$  の非常に明るい IRAS 天体 F 10214+4724 から、CO ( $J = 3 \rightarrow 2$ ) 輝線が検出された。検出された輝線強度から、我々の銀河の約 15,000 倍の量の分子ガスを含むものと推定される。この天体が爆発的星生成を起こしている銀河だとすると、赤外高光度とガスとダストの豊富さなどから、原始銀河である可能性がある。この天体を電波干渉計や大口径の光学赤外望遠鏡で高分解能観測すれば、銀河の形成、進化の研究に貴重な情報を与えるだろう。

### 1. 赤方偏移 $z = 2.286$ の天体に一酸化炭素輝線を検出!

米国の国立電波天文台 (NRAO) のブラウンとバンデンバウト<sup>1)</sup>は、IRAS F 10214+4724 を同天文台キットピークの直径 12 メートルのミリ波望遠鏡で観測し、CO ( $J = 3 \rightarrow 2$ ) 輝線が 105.2331 GHz に赤方偏移したものの検出に成功した。

この天体は、ローワンロビンソンら<sup>2)</sup>が、赤外線天文衛星 IRAS による微光天体カタログの天体の赤方偏移を測定するサーベイによって発見した、全光度が  $10^{14} L_{\odot}$  と異常に明るい<sup>\*</sup>銀河状の天体である。彼らが求めた赤方偏移  $z = 2.286$  は、現

在の宇宙年齢の 80 % 以上昔の姿を観測していることに相当する。

観測は、1991 年 7 月 3 日から 11 日にかけて行われた。これは、雨の多い夏の閉鎖期間に入る直前に行われたため、雑音温度は約 600 K (SSB) と、同望遠鏡にしては、悪い値である。2 偏波同時受信の受信機で 16.7 時間の積分時間をかけて行われ、バンド幅 16 MHz (速度幅  $45.6 \text{ km s}^{-1}$  に相当) 当りの雑音温度 0.4 ミリ K が得られた。この検出によって、CO の検出された銀河の赤方偏移の記録は、一挙に十倍近く更新された。

図 1 は、こうして得られた輝線スペクトルの形である。 $z = 0.6910$  の電波銀河 3C 380 を 20.7 時間積分観測して正しくベースラインが得られていることを確認した。

### 2. 原始銀河か!?

観測された輝線強度は  $21 \text{ Jy km s}^{-1}$  で、宇宙論の減速パラメータ  $q_0 = 0.5$ 、ハッブル定数  $H_0 = 100 h \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  を仮定すると、CO 全光度は、 $1.9 \times 10^9 h^{-2} L_{\odot}$  になる。これは、観測衛星 COBE によって観測されたわれわれの銀河の CO ( $J = 3 \rightarrow 2$ ) 輝線光度の 15,000  $h^{-2}$  倍である。

一方、この天体の CO 光度と IRAS の観測から求めた赤外線光度との関係は、一般の渦状銀河で成り立っている関係とほぼ一致する。この天体の赤外の赤外超高光度のエネルギー源としては、爆発的星生成によって生まれた大質量星からの紫外線と、クェーサーとが候補として考えられるが、このことは、この天体が銀河であり、エネルギー源が爆発的に生まれた大質量星であるという説に有利な証拠である (クェーサーだとしたら星間物質の量と相関はない)。ただし、この天体のエネルギー源がダストに囲まれたクェーサーであるという説も捨てきれない<sup>\*</sup>。

CO の輝線強度と分子ガスの総量との比が、

<sup>\*</sup> われわれの銀河の約 10,000 倍で、単一天体としては新記録。