

「あすか」による2型セイファート銀河のX線観測

上野史郎

〈京都大学理学部物理第二教室 宇宙線研究室 〒606-01 京都市左京区北白川追分町〉

e-mail: ueno@cr.scphys.kyoto-u.ac.jp

我々はX線天文衛星「あすか」を用いて、20個を超える2型セイファート銀河を観測してきた。ターゲットの主要な選択基準は、酸素からの可視光輝線 [OIII] λ 5007 のフラックスが大きいこと、偏光・幅広輝線をもつこと、以前にX線で観測されたことがあることの3つである。これらのターゲットは、これまでで最も大きな、2型セイファート銀河の硬X線スペクトルのサンプルを構成する。このサンプルから得られた、2型セイファート銀河の性質を紹介する。

1. なぜ「2型」セイファート銀河を観測するのか？

吸収領域や散乱領域の存否や構造が、活動銀河核の統一的理解に重要な役割をもっている。ところが一般の活動銀河核からのX線スペクトルはあまり特徴的な構造を示さないため、多くの情報を引き出すのは難しい。その原因は中型スペクトルをもつ明るい中心X線源にある。隠された、しかし重要なスペクトル構造を探るために、中心X線源が吸収物質によってマスクされている2型セイファート銀河を観測ターゲットとした。

2. C. Seyfert による研究から天文衛星「ぎんが」によるX線観測まで

この節では2型セイファート銀河に馴染みのない方のために、その歴史を駆け足で紹介する。すでにご存知の方は第3節から読み始めていただきたい。

2.1 セイファート銀河には1型と2型がある

1943年 C. Seyfert は、ある共通の特徴をもつ6つの銀河を研究した¹⁾。その特徴とは、明るい点状の中心核をもつことと、さまざまな電離状態にあ

る原子からの輝線をもちかつその線幅が広いことである。後に、そのような特徴をもつ銀河は、彼の名を冠しセイファート銀河と呼ばれるようになった。近傍にある活動銀河のうち90%以上はセイファート銀河に分類されている。中心核のエネルギー源は他の活動銀河核と同様に、巨大ブラックホールに降着する物質の重力エネルギーと考えられている。

分光観測技術の発達とともに1970年にセイファート銀河の細分類が提唱される²⁾。セイファート銀河に観測される輝線は、線幅の広い Broad line と、Broad line に比べると狭い Narrow line に分けられる。Broad line は許容線だけから成るのに対し、Narrow line は許容線と禁制線の両方を含み、それぞれ物理状態の異なる別々の領域から放射されると考えられている。Broad line を放射する領域は Broad Line Region (BLR)、Narrow line を放射する領域は Narrow Line Region (NLR) と呼ばれる。BLR からの輝線が観測されるものは1型、そしてNLRからの輝線のみ観測されるものが2型セイファート銀河と分類される。

2.2 偏光した幅広輝線の発見と、1型と2型の統一モデルの提唱

2型セイファート銀河は、BLRを持たないのだ

ろうか？ 1985年、AntonucciとMiller³⁾は、代表的な2型セイファート銀河であるNGC1068の偏光分光観測を行ない、偏光したBroad Lineを発見した。このことから彼らは、NGC1068も1型セイファート銀河と同様にBLRを持つが、吸収物質によって隠されているため普通の分光観測では検出できないのだと結論した(以後、図1参照)。ただし、偏光成分にBLRが観測されるためには、その吸収物質がBLRをふくむ中心領域をドーナツ状に取り囲んでいる必要がある。ドーナツの穴方向にBroad line放射が吸収を受けずに脱出し、そこから我々の視線方向に電子散乱されたものが、偏光したBroad lineとして観測されていると解釈したのである。一方、Narrow lineは、このドーナツ状吸収物質の穴の外にあるため吸収を受けずに観測することができると考えられている。このモデルを一般のセイファート銀河に拡張して、1型と2型は同一のものを異なる方向、つまりドーナツの穴に沿った方向とそれに垂直な方向、から観測したものであるとするのが、セイファート銀河の統一モデルである。

2.3 硬X線観測の必要性

X線によるセイファート銀河の観測は1970年代に始まる。Einstein衛星の0.5-4.5 keVバンドでの観測により、2型の軟X線光度が1型に比べ約2桁小さいことが明らかになった⁴⁾。低エネルギーのX線は非常に光電吸収されやすいため、2型と1型の明るさの違いは、吸収物質の存在を仮定すれば、定性的には説明できた。しかし、2型セイファート銀河の吸収物質を直接検出し、吸収の大きさを定量的に決めるには、透過力の弱い軟X線から透過力の強い硬X線までカバーした観測が必要であった。

2.4 X線天文衛星「ぎんが」による硬X線分光観測

X線天文衛星「ぎんが」は、2-20 keVバンドで2型セイファート銀河を観測し、低エネルギー側のX線強度が吸収によって急激におちた(低エネルギーカットオフと呼ぶ)X線スペクトルを検出した⁵⁾。これは吸収物質の存在をしめす直接的な証拠である。さらに、いくつかの銀河にX線強度の短時間変動を検出し、吸収をうけているX線源がコンパクトであること示した。

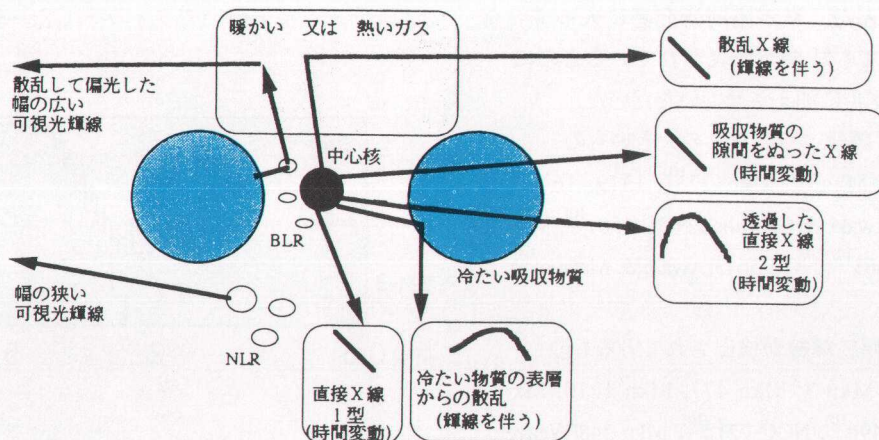


図1 セイファート銀河の中心核周辺の概念図。中心核を挟んで図示された2つの丸はドーナツ状に分布している冷たい吸収物質の断面である。ドーナツの内縁は中心核から約 10^{18} cm、外縁は約 10^{20} cmのところを位置し、BLRはドーナツの穴の内側、NLRと散乱領域は外側に分布する。右半分は活動銀河核からのX線放射のバリエーションの一部をしめしており、枠内の実線はX線スペクトルの形を模式的に表したものである。

一方 NGC 1068 の X 線スペクトルは低エネルギーカットオフをもたない代わりに、他のセイファート銀河より 10 倍も大きな等価幅をもつ鉄 K 殻輝線を伴っていた⁶⁾。このように大きな等価幅は、中心核からの硬 X 線が吸収物質によって完全にブロックされ、かつ観測される連続 X 線はドーナツの穴方向から脱出した散乱成分のみであるとすれば説明される^{6), 7)}。

すなわち、2 型セイファート銀河の硬 X 線スペクトルが、強い吸収の直接的証拠（低エネルギーカットオフと吸収端）または強い鉄 K 殻輝線を伴うとき、その銀河は X 線中心核を隠し持つといえる。

「ぎんが」の観測によって、少なくとも一部の 2 型セイファート銀河の中心核が厚い物質によって隠されていることが確立し、2 型セイファート銀河に対する硬 X 線観測の有効性が立証された。

3. 「あすか」による観測

すべての 2 型セイファート銀河の中心核が、吸収物質に取り囲まれているのであろうか？ 2-10 keV の X 線に対し、史上最も高い感度をもつ「あすか」の登場により、その答えに迫ることが可能になった。

我々は次のような基準で観測する 2 型セイファート銀河を選んだ。私が協同研究者に入っていない銀河についても結果が公表されているものについてはサンプルに加えさせていただいた。

(基準 1) [OIII] 輝線フラックスの大きいもの

NGC1068⁸⁾, Mkn3⁹⁾, Mkn477¹⁰⁾, 1319-164¹⁰⁾, NGC 3081(Awaki & Griffiths), NGC 4507¹⁰⁾, Mkn 1210¹⁰⁾, IC5063¹⁰⁾, NGC 5643(Awaki & Matsuoka), NGC1386¹¹⁾。

(基準 2) 偏光幅広輝線が検出されているもの

NGC 1068, Mkn 3, Mkn 477, Mkn 1210, Mkn 463¹²⁾, Was 49b¹⁰⁾, NGC 7212¹⁰⁾, Mkn 348(Weaver & Awaki)。

(基準 3) 以前に X 線で検出されていたもの

上記の 2 つの基準に含まれるもの以外に、NGC 4388¹³⁾, NGC 7172(Svenson et al.), NGC

7319¹⁴⁾。

どのようなサンプルの選び方をしても、なんらかのバイアスがかかる可能性は避けられない。特に 2 型セイファート銀河の場合、吸収物質が非等方に中心銀河を取り囲んでいると考えられるので、見かけの明るさで観測銀河を選ぶと、吸収物質の厚さや銀河を見る角度に非常に大きな偏りがかかってしまう恐れがある。

そこで先ずなにを一番知りたいか考えた。一番知りたいのは吸収量の大きさの分布である。また、その吸収量を計るには吸収物質を、うしろから照らす X 線光源、つまりみかけの強度が十分強い X 線中心核が必要である。そこで、吸収量の影響を受けずに、X 線中心核強度の指標となると考えられる Narrow line [OIII] のフラックスの強い銀河を観測した(基準 1)。

基準 2 は、セイファート銀河の統一モデルの発端となった偏光した broad line をもつ銀河全てが、X 線中心核を隠しもつかどうか調べるための選定基準である。

2 型セイファート銀河の典型的な X 線スペクトルを図 2 に示す。我々サンプル中の全ての銀河から硬 X 線放射を検出した。観測したスペクトルを 2 成分モデルを用いてフィットした。低エネルギー

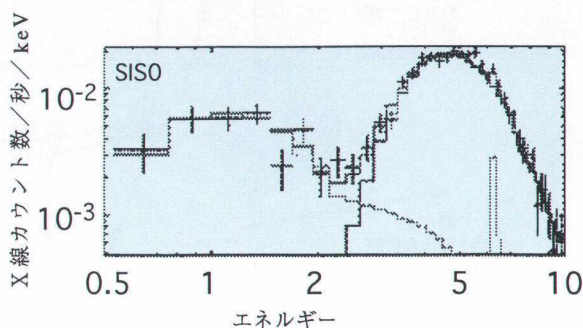


図 2 2 型セイファート銀河の典型的な X 線スペクトルとモデル。0.5-2 keV で支配的なのが、吸収を受けていない軟 X 線成分。3-10 keV で支配的なのが、強い吸収で低エネルギー側で急激に強度が落ちている硬 X 線成分。6.4 keV に見えるのは鉄 K 核輝線。

一側には power-law model (あるいは thin thermal plasma model), 高エネルギー側には power-law model を用いた。さらに 6.4 keV あたりに輝線を加えた。このモデルですべてのスペクトルがフィットできた。ほとんどの銀河において高エネルギー成分は非常に強い吸収をとまっていた。

4. 2型セイファート銀河の高エネルギーX線成分の起源は？

4.1 1型セイファート銀河の中心核との比較

2型セイファートの硬X線成分の特徴を、1型セイファート銀河と比べてみよう。

まず時間変動を調べてみた。X線強度の短時間変動は1型セイファート銀河の特徴であり、小さな領域からX線が放射されている証拠である。以前の衛星による観測データと比較することにより我々が観測した2型セイファート銀河うちいくつかは硬X線成分の強度が、約5年の間に2~3倍、変動していることがわかった。例をあげると、IC 5063, NGC 4388, Mkn 3 等である。これは、2型セイファートも硬X線放射源が1型同様コンパクトであることを示している。

次に1型セイファート銀河と2型セイファートのX線光度をくらべてみよう(図3)。距離が遠くなると低光度の天体は観測できなくなるため、高光度の天体が選択的に観測されてしまう。この効果を考慮するために、赤方偏移を横軸にとり、縦軸で1型と2型の光度を比較した。強い吸収を示している2型については、吸収を補正したときの光度をプロットしてある。一方、その鉄輝線の強度から、直接X線が完全にブロックされていると考えられる銀河については、吸収は補正できないのでそのままプロットし銀河名を付した。1型活動銀河と、吸収を補正した2型セイファート銀河には、明らかな光度の違いはみられなかった。これは2型セイファート銀河の中心核が、1型と同じ活動性をもつことを示唆している。

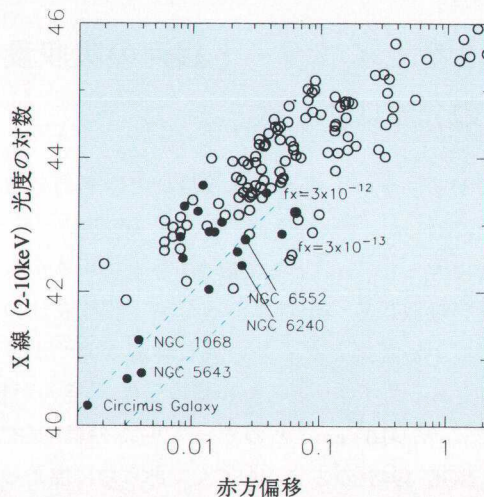


図3 1型活動銀河(白丸印)と2型セイファート銀河(黒丸印)のX線光度の比較。吸収量がスペクトルの形からわかる2型セイファート銀河については吸収を補正した光度でプロットしてある。非常に強い鉄輝線の存在から直接X線が完全にブロックされていると考えられる銀河については、吸収の補正ができないのでそのままプロットし銀河名を付した。

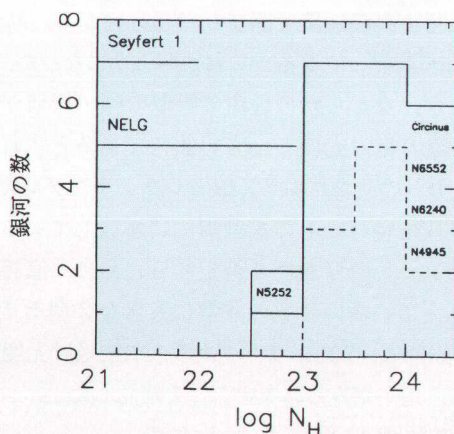


図4 吸収量に度数分布。 $N_H > 10^{24} \text{ cm}^{-2}$ の銀河は、 $\log N_H = 24.0-24.5$ のところにカウントしている。破線で囲まれた領域は[OIII]輝線の強度で選んだサンプルを示す。吸収量がスペクトルの形からわかる2型セイファート銀河については吸収を補正した光度でプロットしてある。非常に強い鉄輝線の存在から直接X線が完全にブロックされていると考えられる銀河については、吸収の補正ができないのでそのままプロットし銀河名を付した。1型セイファート銀河と、Narrow Emission Line Galaxy (NELG) の典型的な吸収の大きさの範囲を実線で示した。NGC 5252 のデータは、Cappi et al.(1996)²⁴⁾ から。

5. 2型セイファート銀河の吸収量の分布は？

2型セイファート銀河の吸収量の大きさの分布を図4に示した。

右端に $N_H > 10^{24} \text{ cm}^{-2}$ としてカウントしている銀河は、強い吸収はみつからなかったが、散乱成分のみ見えている証拠となる強い鉄K輝線がみつかったものである。プロットした6個のうち、「ぎんが」ですでに $N_H > 10^{24} \text{ cm}^{-2}$ とわかっていたのは NGC 1068, NGC 4945 の2つ。ASCA であらたに加えられたのが, NGC 5643, NGC 6552 (Fukazawa¹⁵⁾), NGC 6240 (Nakagawa¹⁶⁾), Circinus galaxy (Matt¹⁷⁾) の4つである。

これまでのサンプルの多くは、X線セレクトであったため、X線が強く吸収されている銀河が多いのか少ないのかわからなかったが、我々の[OIII] サンプル (図4中の破線で囲まれた部分) から、 $N_H \sim 10^{23.5} \text{ cm}^{-2}$ にピークをもつことが明らかになった。

ところが、なんらかの理由で吸収の強い銀河が [OIII] 輝線の絶対光度の小さい銀河であるとすれば、われわれのサンプルもX線セレクトサンプル同様強い吸収を受けたものを選択的に排除することになる。この可能性を否定するために、直接X線の見えていない吸収の非常に大きな2型セイファート銀河と、[OIII] サンプルの [OIII] 絶対光度を比較し、違いがみられないことを確認した。

以前の観測結果にわれわれの ASCA による観測をあわせることによってこれまで報告されている10個の偏光幅広輝線銀河のうち未観測の2つを除く全てが、強いX線吸収を受けていることが明らかになった。逆は必ずしも真ではなく、偏光幅広輝線の検出が報告されていない2型セイファート銀河にも強い吸収を受けたX線銀河が存在する。

6. X線輝線

6.1 低電離の鉄からの輝線

我々が「あすか」で観測したターゲットの約半数から明らかな6.4 keV 輝線を検出した。この中心エネルギーは冷たい物質からの鉄K殻輝線に対応する。鉄輝線の強度を等価幅 (鉄輝線強度を、同じエネルギーでの連続成分の強度で割ったもの) で表すと 100 eV ~ 2000 eV に間に分布した (図5)。

連続成分が、中心核から吸収物質を透過してきた「直接成分」と、吸収物質を迂回して散乱領域経由できた「散乱成分」からなるとすると、等価幅は

$$(\text{等価幅}) = \frac{\text{鉄輝線強度}}{\text{直接成分強度} + \text{散乱成分強度}}$$

と表される (直接成分と散乱成分は 6.4 keV での

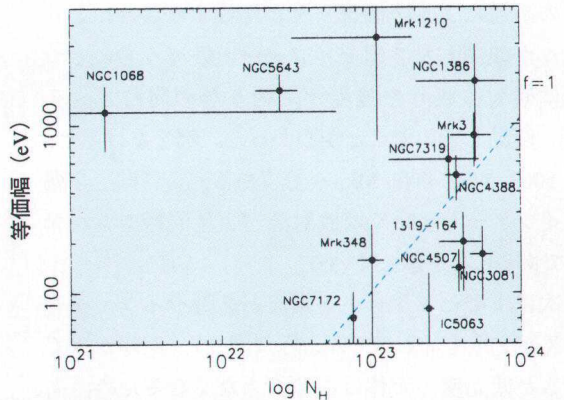


図5 吸収量 vs. 鉄輝線の等価幅。破線は、中心核からのX線放射と、吸収物質の分布の両方が等方とした簡単なモデルでの、吸収量-鉄等価幅関係を表す。

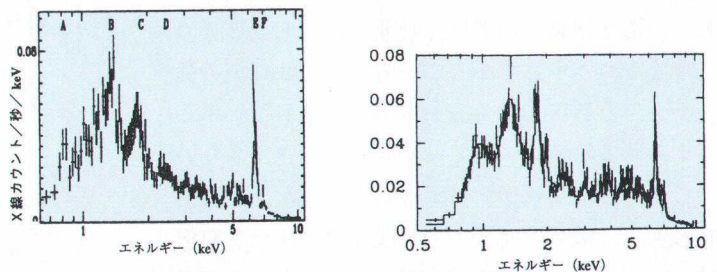


図6 (a) 2型セイファート銀河 Circinus galaxy のX線スペクトル¹⁷⁾. (b) X線連星 Vela X-1 の eclipse 中のX線スペクトル¹⁸⁾.

強度)。中心核のX線放射が等方的であると仮定すると、厚さ $N_H < 10^{24} \text{ cm}^{-2}$ の吸収物質から放射される鉄輝線の等価幅は約 $100f (N_H/10^{23} \text{ cm}^{-2}) \text{ eV}$ と見積もることができる (例えば Awaki et al. 1991⁵⁾)。 f はカバーリングファクターと呼ばれ、(吸収物質が中心核を取り囲む立体角) 4π である。たとえば等価幅 100 eV の輝線は、厚さ $N_H = 2 \times 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ 、カバーリングファクター $f \sim 0.5$ の低温物質で説明できる。100 eV から 2000 eV にわたる等価幅のちらばりは、カバーリングファクター、時間変動、吸収量の違いなどに起因すると考えられる。

吸収量が $N_H > 10^{24} \text{ cm}^{-2}$ となって、直接成分が完全にブロックされると、散乱成分と鉄輝線だけが観測されるようになる。そのような天体の例として図 6(a) に 2 型セイファート銀河の 1 つである Circinus galaxy の X 線スペクトルをしめす。そのスペクトルは、6.4 keV に非常に強い鉄 K 殻輝線を持ち、3 keV 以上の連続成分は、コンプトン散乱モデルで良く説明できる¹⁷⁾。系内の X 線連星の 1 つである Vela X-1 が主星の陰にかくれて直接 X 線が完全にブロックされている時の X 線スペクトル¹⁸⁾ は、Circinus galaxy のスペクトルに驚くほど良く似ている (図 6(b))。これは Circinus galaxy の特徴的なスペクトルが、直接光が完全にブロックされていることに起因している強い証拠となる。散乱成分だけがみえている 2 型セイファート銀河の例としては、他に NGC6552¹⁵⁾ がある。

6.2 電離の進んだ鉄からの輝線

NGC 1068 と NGC 6240¹⁶⁾ は、ほかの 2 型セイファート銀河にみられる低電離の鉄からの K 殻輝線に加え、電離が進んで電子が 2 つになった鉄 (He-like 鉄) や電子が 1 つになった鉄 (H-like 鉄) からの K 殻輝線ももつ。図 7 に NGC 1068 の鉄輝線周辺の X 線スペクトルをしめす。中心核からの X 線放射による電離によって、He-like や H-like の鉄イオンをつくるには、電離パラメーターが 1000 程度ぐらいである必要があり、そのとき光電離されたプラズマの温度は約 10^6 K になる¹⁹⁾。NGC 1068 は同時に、

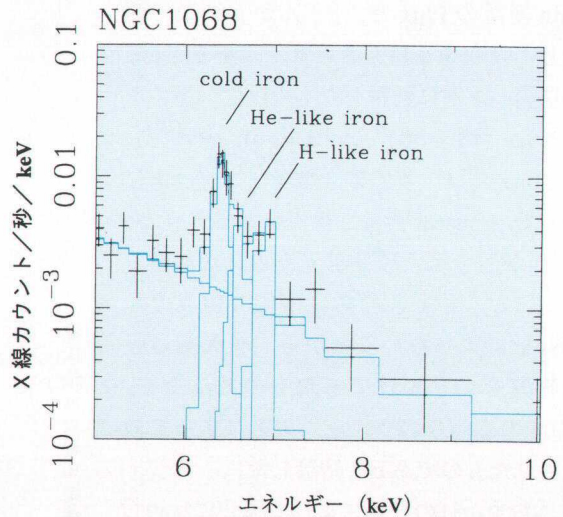


図7 NGC 1068 の鉄輝線周辺の X 線スペクトル

低電離の鉄からの輝線 (6.4 keV line) も持つので少なくとも 2 つの温度をもったプラズマの存在が必要になる。Marshall et al.²⁰⁾ は 2 つのコンポーネント (warm component と hot component) を考え、それぞれの温度を、 $2 \times 10^5 \text{ K}$ と $4 \times 10^6 \text{ K}$ であると見積もった。

このような、電離プラズマの存在が一般的であるとすれば、そのプラズマによって中心核からの連続 X 線が散乱されて我々の目にとどくであろう。X 線スペクトル中では、吸収によって直接成分が強く減光している軟 X 線領域に現れると期待できる。次の節で、低エネルギー側にみえている X 線放射が中心核に起因するものかどうか調べてみよう。

7. 2 型セイファート銀河の低エネルギー X 線成分の起源は?

7.1 AGN 以外の成分で説明できるか?

2 型セイファート銀河の低エネルギー成分はなんだろうか? 2 節で Einstein 衛星で 2 型セイファート銀河をみると、1 型に比べ 100 倍暗く、定性的には 2 型セイファートが強い吸収を受けている



ことで説明できるとのべた。しかし Einstein 衛星の Flux と、「ぎんが」衛星で観測した吸収をうけたスペクトルを Einstein 衛星のバンドに延長したものは食い違いをみせた (例えば Koyama et al. 1992²¹⁾)。Koyama²²⁾は、多くの 2 型セイファートについて、Einstein 衛星で得た軟 X 線光度と、「ぎんが」で得た硬 X 線光度の比が数%であることを示し、その比が硬 X 線成分の吸収量によらないことから、軟 X 線は吸収物質をつきぬけてきたものではなく、AGN のまわりのウォームガスによって散乱されたものであると結論した。

「あすか」の登場によって図 2 にしめしたように、直接中心核からやってくる吸収をうけた成分と、軟 X 線バンドを同時に観測できるようになった。ほとんど全ての銀河が吸収をうけた成分とは連続的につながらない軟 X 線成分をもつことが一目瞭然になった。ASCA で観測したこの軟 X 線成分は、どこから放射されたものであろうか? AGN 以外の可能性として、以下のものがあげられる。

- (1) Starburst activity に付随したもの。
- (2) 母銀河の X 線銀河に付随したもの。
- (3) 早期型銀河の hot gas に付随したもの。

2 型セイファート銀河の軟 X 線成分の X 線光度と、一般の銀河の(1),(2),(3)の光度のレンジはオーバーラップするため X 線強度のみからは区別できない。またスペクトルの形から区別するには、ほとんどの 2 型セイファート銀河の軟 X 線成分は弱すぎる。

そこで、他波長の助けをかりて、2 型セイファート銀河の軟 X 線成分は非 AGN 成分だけで説明可能かしらべてみた。(1) (2) 起源は、超新星残骸、X 線連星、O 型星からの X 線の重ねあわせと考えられ、Blue Band の光度 L_B と遠赤外線光度 L_{FIR} から $L(0.5-4.5keV) = 9.9 \times 10^5 L_B + 9.3 \times 10^3 L_{FIR}$ で見積もることができる²³⁾。見積もった非 AGN 光度と、ASCA で観測した軟 X 線成分の光度を比較

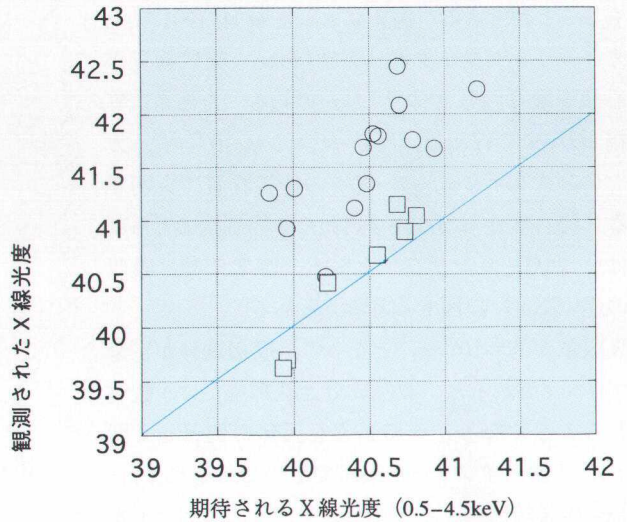


図 8 可視光、遠赤外線観測から予想される中心核以外の銀河からの X 線光度 (横軸) とじっさいの X 線観測から得られた光度 (縦軸) の比較。丸印は 2 型セイファート銀河。四角印は爆発的星生成を行なっている銀河。

したのが、図 8 である。比較のためにスターバーストが支配的であると思われる銀河も同時にプロットした。ほとんど全ての 2 型セイファート銀河は、(1)(2)の非 AGN 成分だけでは説明できない excess をもっている。まだ(3)の早期型銀河にみられる広がった hot gas plasma からの成分を考慮していない。われわれのサンプルのほとんどの銀河は遠すぎて hot gas plasma があつたとしても空間分解できない。そこで、晩期型と早期型にわけて硬 X 線成分と軟 X 線成分の比を比較した。早期型のほうが特にソフト成分が多いという傾向はみられなかった。そこで、軟 X 線成分は、AGN 成分が支配的であると結論する。

AGN 成分として、図 1 に示したように、電離したガスによって散乱された X 線 (散乱成分) の可能性と、パッチ状の吸収物質をすりぬけてきた X 線 (リーク成分) である可能性が残る。吸収を受けた直接成分とフェーズのあつた時間変動が、軟 X 線成

分にもみられればリーク成分である強い証拠となるが、われわれのサンプルでは得られていない。

逆に、散乱成分であることを思わせるヒントが存在する。偏光幅広輝線が報告されている銀河のほうで、それ以外の銀河より（軟X線強度/硬X線強度）が大きいのだ。軟X線成分が散乱成分であることと、中心核からの等方なX線放射を仮定すると、偏光幅広輝線銀河は中心X線放射の約10%が散乱されているのに対して、それ以外の銀河の散乱率は約1%である。このことはX線を散乱する領域が、可視光線のBroad linesを散乱する領域と同じであるということをサポートするとともに、散乱領域の発達度に幅があることを示唆している。この相関を定量的に検証するためには偏光幅広輝線が報告されていない銀河について、偏光幅広輝線観測の強度あるいは上限値を求める必要があるが一般的に難しいようである。

8. まとめ

- (1) サンプル中の全ての銀河に、隠された中心核をみつけた。そのX線光度は $10^{42} \sim 10^{44} \text{ erg s}^{-1}$ に分布する。吸収量の大きさは、 $10^{23.5} \text{ cm}^{-2}$ あたりにピークをもつ。
- (2) サンプルの約半数から明らかな 6.4 keV 輝線を検出した。これは冷たい物質の存在を示す。2つの2型セイファート銀河は低電離の鉄からの輝線にくわえ、高電離の鉄からの鉄輝線をしめした。
- (3) 直接成分が低エネルギー側では急激に落ちるため、隠されていた軟X線成分を分離できた。そのX線光度を説明するには中心核からのX線が支配的である必要がある。また、それを散乱X線であるとした場合、X線の散乱率と、偏光幅広輝線強度の相関を示唆するヒントが得られた。

最後に、この研究は、小山教授、栗木助手、「あすか」チームの方々、データを引用させていただいた多くのかたの助力に依るところが大きいことを記し、謝辞とさせていただきます。

参考文献

- 1) Seyfert, C.K., 1943, ApJ 97, 28
- 2) Weedman, D.W., 1970, ApJ 159, 409
- 3) Antonucci, R.R.J., Miller, J.S., 1985, ApJ 297, 621
- 4) Kriss, G.A. et al., 1980, ApJ 242, 492
- 5) Awaki, H., Koyama, K., Inoue, H., Halpen, J.P., 1991, PASJ 43, 195
- 6) Koyama, K., et al., 1989, PASJ 41, 731
- 7) Krolik, J.H., Kallman, T.R., 1987, ApJ 320, L5
- 8) Ueno, S., et al. 1994, PASJ 46, L71
- 9) Iwasawa, K., et al. 1994, PASJ 46, L167
- 10) Ueno, S., et al., 1996, in preparation.
- 11) Makishima, K., et al., 1997, IAU Symp. in press.
- 12) Ueno, S. et al. 1996, PASJ 48, 389
- 13) Iwasawa, K. et al. 1996, submitted to A&A
- 14) Awaki, H., et al., 1996, in preparation.
- 15) Fukazawa, Y., Makishima, K., Ebisawa, K., Fabian, A.C., Gendreau, K.C., Ikebe, Y., Iwasawa, K., Kii, T. et al., 1994, PASJ 46, L141
- 16) Nakagawa, T., et al., 1996, in preparation.
- 17) Matt, G., et al., 1996, MNRAS, in press.
- 18) Nagase, F., et al. 1994, ApJ 436, L1
- 19) Kallman, T.R., McCray, R., 1982, ApJS 51, 263
- 20) Marshall, F., et al. 1993, ApJ 405, 168
- 21) Koyama, K., Awaki, H., Iwasawa, K., Ward, M.J., 1992, ApJ 399, L129
- 22) Koyama, K. 1992, MPE REPORT 235, 74
- 23) David, L.P. et al., 1992, ApJ 388, 82
- 24) Cappi, M., et al., 1996, ApJ 456, 141

X-ray observations of Type 2 Seyfert galaxies with ASCA

Shiro UENO

Department of Physics, Faculty of Science, Kyoto University Sakyo-ku, Kyoto 606-01

Abstract: We have observed more than two dozens of Type 2 Seyfert galaxies with ASCA. The targets were selected based on their [OIII] λ 5007 flux, the existence of polarized broad lines, and previous X-ray detection. They constitute the largest sample of the hard X-ray spectra of Type 2 Seyferts so far. We present mainly statistical properties of Type 2 Seyfert galaxies by using the sample.