

広がったように見える鉄輝線構造を持つセイファート銀河の X 線スペクトルと時間変動

山崎 廣樹 (東京大学大学院 理学系研究科 天文学専攻 M1)

Abstract

X 線天文衛星「あすか」は、セイファート銀河 MCG-6-30-15 の X 線スペクトルから、降着円盤内縁付近から予想される一般相対論的な効果を受けて広がった鉄輝線のような構造(“ディスクライン”)を検出した。その後、同様の鉄輝線構造を持つセイファート銀河が多数見つかった。しかし、広がった鉄輝線スペクトルの形状は連続成分のモデルに大きく依存するので、ディスクライン解釈は確実ではない。また、視線上の光電離した吸収成分も、鉄輝線付近のスペクトル形状に影響を与える。実際、広がった X 線源を視線上の吸収物質が部分的に覆い隠す「部分吸収モデル」でも、観測されたディスクライン構造を説明することができる。これら 2 つのモデルのどちらでも観測された同じスペクトルを説明できるので、現在においてもどちらかのモデルを棄却するには至っていない。本講演ではまず、スペクトル形状や時間変動が 2 つのモデルによってどのように解釈されるかについて述べ、次に我々が部分吸収モデルを用いて狭輝線 1 型セイファート銀河 IRAS 13224-3809 の解析を行った結果を報告する。

1 ディスクラインモデル

X 線天文衛星「あすか」はセイファート銀河 MCG-6-30-15 から広がったように見える鉄輝線構造を観測した(図 1; Tanaka et al. 1995)。このような広がったように見える鉄輝線構造は、以前にも EXOSAT 衛星によって銀河系内ブラックホール天体 Cyg X-1 から観測されており(Barr et al. 1985)、英の Fabian らはこの構造を説明するモデルとして、それが、一般相対論的な効果を受けて広がった、降着円盤内縁付近から放出された鉄輝線であるとする「ディスクライン」モデルを提案した(Fabian et al. 1989)。田中、Fabian らは、MCG-6-30-15 から観測された広がった鉄輝線もディスクラインモデルで解釈できると主張した(Tanaka et al. 1995)。狭輝線 1 型セイファート銀河 IRAS 13224-3809 についてもディスクラインモデルが適用されており(図 2)、そのディスクラインが極端に低エネルギー側に裾を引いていることから、中心天体は極限に近いスピンパラメーター(0.988)を持つカーブラックホールと推定されている(Fabian et al. 2013)。

ところで、MCG-6-30-15 や IRAS13224-3809 は激しい時間変動を示す。ディスクラインを提唱する研

究者たちは、光の経路がブラックホール周辺の強い重力場によって曲げられる「light bending モデル」(Miniutti & Fabian 2004 を参照)によって時間変動の説明を試みているが、まだ完全には成功していない。

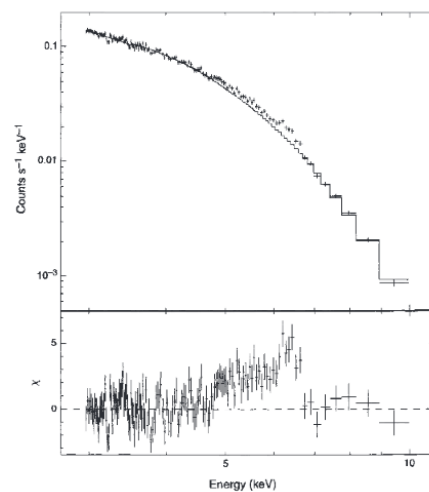


図 1: セイファート銀河 MCG-6-30-15 の X 線スペクトルと広がった鉄輝線構造(Tanaka et al. 1995)。

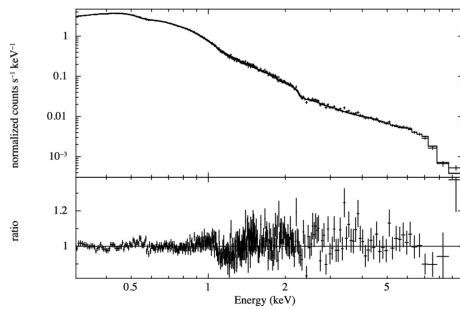


図 2: ディスクラインモデルを適用した IRAS13224-3809 の X 線スペクトル (Fabian et al. 2013)。

2 部分吸収モデル

一方、広がった鉄輝線スペクトルの形状は、連続成分のモデルに大きく依存する。また、視線上の光電離した吸収成分も、広がった鉄輝線構造に影響を与える。そこで、宮川らは MCG-6-30-15 の鉄輝線構造を、空間的に広がりを持った X 線源を、視線上の電離吸収体が部分的に覆い隠すことで説明できないかと考えた (Miyakawa et al. 2012)。その結果、低電離した厚いコア ($N_H \sim 1.6 \times 10^{24} \text{ cm}^2$, $\log \xi \sim 1.6$) と、より電離の進んだ薄いエンベロップ ($N_H \sim 1.3 \times 10^{22} \text{ cm}^2$, $\log \xi \sim 1.9$) の二層からなる電離吸収体を導入することによって、広がったように見える鉄輝線構造を説明することに成功した (Miyakawa et al. 2012; 3)。図 4 に、宮川らが提唱する BH 周辺のモデルを示す。

さらに、宮川らは X 線強度別にスライスしたスペクトルを作成し、スペクトル変動解析を行った (図 5)。その結果、X 線源の光度自体はほとんど変化せず、図 4 で示した視線上の電離吸収体が X 線源を部分的に覆い隠す割合 (カバリングファクター) が変化するというモデルで、スペクトル変動を説明することに成功した。以上より、部分吸収モデルはセイファート銀河の X 線スペクトル形状、スペクトル変動の両方を説明する有力なモデルであると言える。

今回、IRAS 13224-3809 に、MCG-6-30-15 のように二層の部分吸収体からなる部分吸収モデルを適用した (図 6)。その結果、MCG-6-30-15 と同様、低電離で厚いコア ($N_H \sim 1.4 \times 10^{24} \text{ cm}^2$, $\log \xi \sim 0.36$) と、より電離の進んだ薄いエンベロップ ($N_H \sim 5.8 \times$

10^{23} cm^2 , $\log \xi \sim 3.1$) を導入することで、全体のスペクトル形状を説明することに成功した。スペクトル変動についても、部分吸収体のカバリングファクターの変化だけで、強度でスライスしたスペクトルを説明することができた (図 6)。また、より短い時間スケール (**秒) においても、0.5–1.0 keV、1.0–3.0 keV、3.0–10.0 keV のライトカーブをカバリングファクターの変化だけでほぼ説明できることがわかった (図 7)。

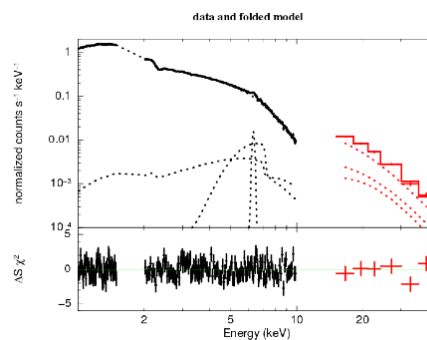


図 3: 部分吸収モデルを適用したセイファート銀河 MCG-6-30-15 の全時間平均スペクトル (Miyakawa et al. 2012)。

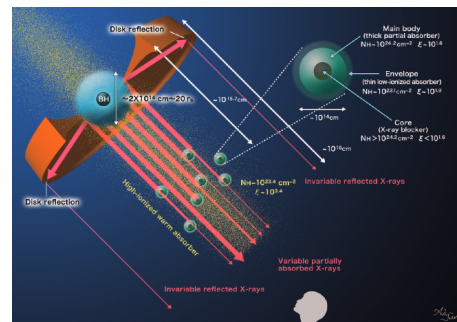


図 4: ブラックホールとそのまわりの降着円盤および吸収体の構造 (Miyakawa et al. 2012)。

3 まとめ

これまでセイファート銀河の X 線スペクトルを説明するために提唱されてきたディスクラインモデルと部分吸収モデルのモデルのどちらが正しいか、時

間平均スペクトルのみからは分らなかった。二つのモデルを判別するには、スペクトル変動を利用することが必要である。ディスクラインモデルでは定量的にスペクトル変動を説明するまで至っていない。一方、部分吸収モデルはカバリングファクターというひとつのパラメータの変化のみで自然にスペクトル変動が説明できるので、ディスクラインモデルよりも有望であると考えられる。

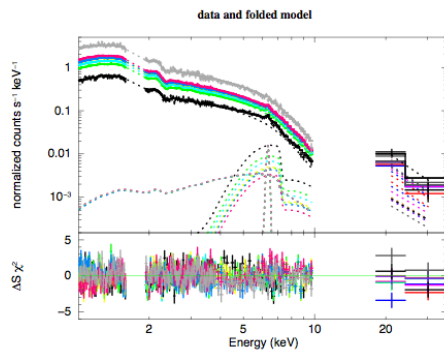


図 5: 部分吸収モデルを適用したセイファート銀河 MCG-6-30-15 の強度別スライススペクトル (Miyakawa et al. 2012)。

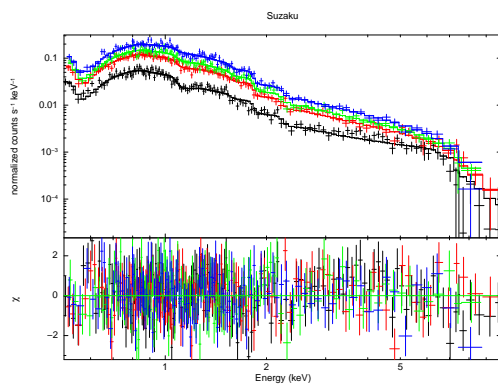


図 6: 部分吸収モデルを適用した狭輝線 1 型セイファート銀河 IRAS13224-3809 の強度別スライススペクトル。

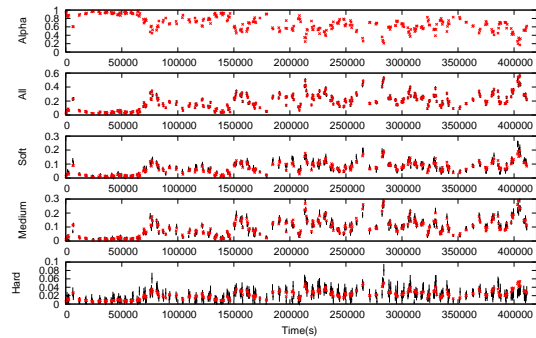


図 7: 観測された時間変動 (黒) と部分吸収モデルからシミュレートした時間変動 (赤)。カバリングファクター (alpha) のみを変化させている。All、Soft、Medium、Hard はそれぞれ 0.5–10.0 keV、0.5–1.0 keV、1.0–3.0 keV、3.0–10.0 keV のカウントレートを示す。

Reference

- Barr, P., White, N. E., & Page, C. G., 1985, MNRAS, 216, 65
- Fabian, A. C., Rees, M. J., Stella, L., & White, N. E. 1989, MNRAS, 238, 729
- Fabian, A. C., Kara, E., Walton, D. J., Wilkins. et al. 2013, MNRAS, 429, 2917
- Miyakawa, T., Ebisawa, K., & Inoue, H. 2012, PASJ, 64, 140
- Miniutti, G., & Fabian, A. C. 2004, MNRAS, 349, 1435
- Tanaka, Y., et al. 1995, Nature, 375, 659