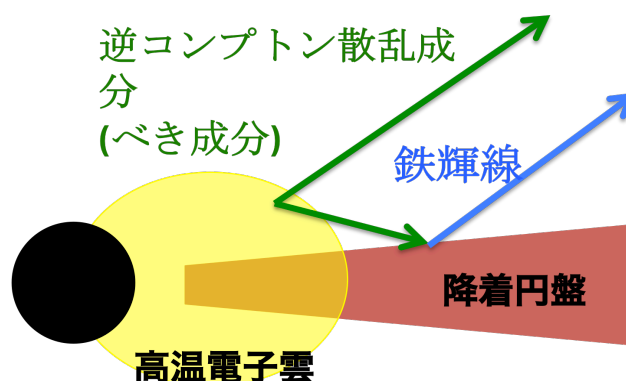


# 「すざく」衛星によるセイファート銀河 NGC4151 の 鉄吸収線の研究

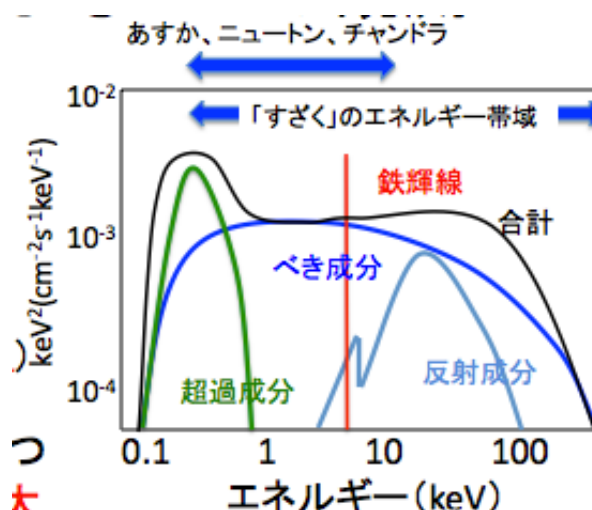
東京大学 牧島・中澤研究室  
表 尚平

牧島一夫、中澤知洋、野田博文(東大 理)、平木一至、深沢泰司、高橋弘充、  
大野雅功(広大)、吉川瑛文、山田真也、玉川徹(理研)

活動銀河核(AGN)とは、超巨大ブラックホール( $M \sim 10^6 - 10^9 M_{\odot}$ )にガスが降着し莫大なエネルギーを放射している天体で、光度は  $10^{34} - 10^{40} \text{W}$  程度である。また超巨大ブラックホールによる一般相対論的な効果が検証できる天体でもある。現状で、未解決の問題として、AGN 周辺の物質の状態や運動などの詳細な構造がわかっていないという点が挙げられる。AGN は右図のように、高温電子雲によって逆コンプトン散乱されて出てくる光子(べき成分)が降着円盤で反射されることによって、鉄輝線を生成する。したがって、この鉄輝線を解析することで、降着円盤などの周辺の構造を知ることができると考えられる。一方で、一般に AGN からの信号は微弱で統計が足りないため、こういった輝線・吸収線によって周辺の構造を調べるためには、明るく高統計なデータが不可欠である。



「すざく」には AGN の観測において非常に強い点がある。まず  $0.5 - 600 \text{keV}$  の広帯域観測ができるという点があり、右



図は AGN からどのような X 線が出てくるかを表した図で、これを見てもわかるように、あすか、ニュートン、チャンドラに比べると、広い範囲をカバーしていることがわかる。もう一つの特徴としては、6 keV 付近の分光に優れているという点がある。これは輝線構造を調べるのに適していると言える。

先ほど述べたように、我々が必要なのは明るく高統計なデータである。そこで注目したのが 1.5 型セイファート銀河 NGC4151 である。これは全天でもっとも明るい AGN のうちのひとつで 2011 年冬に史上最大の明るさになった天体である。光度が通常時の 10 倍程度になった。

この天体の「すざく」による ToO 観測データを使い解析を行った。

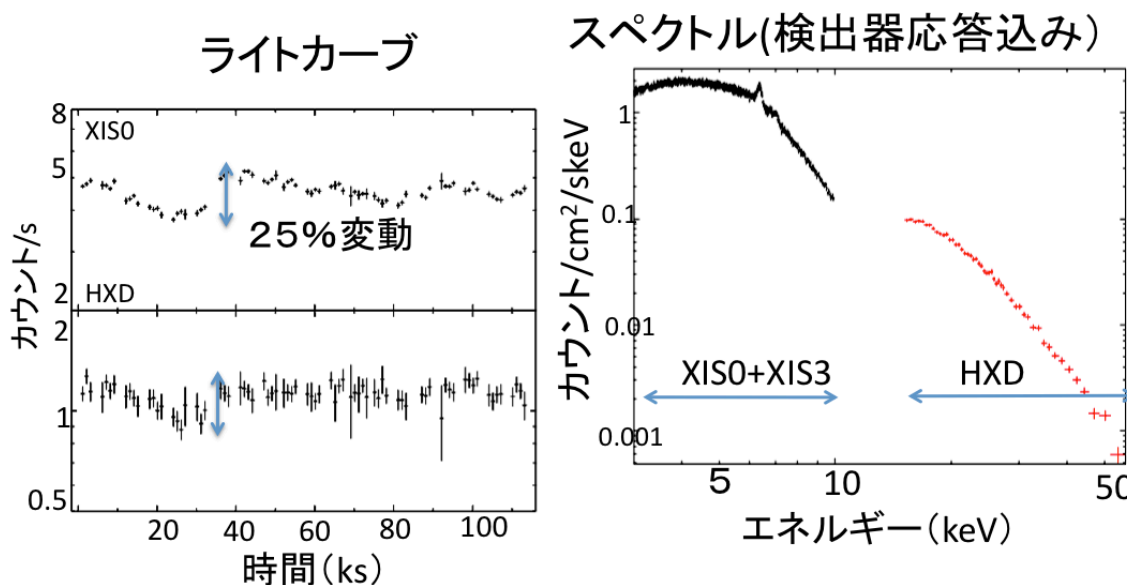
観測日：2011/11/17

露光時間：60ks

XIS,HXD-PIN,HXD-GSO により、0.5-300keV で検出

本研究では XIS と HXD-PIN を使用した。

この観測の結果得られたスペクトルとライトカーブは以下の通りである。すばらしい統計のデータが得られている。(バックグラウンド除去済みである)



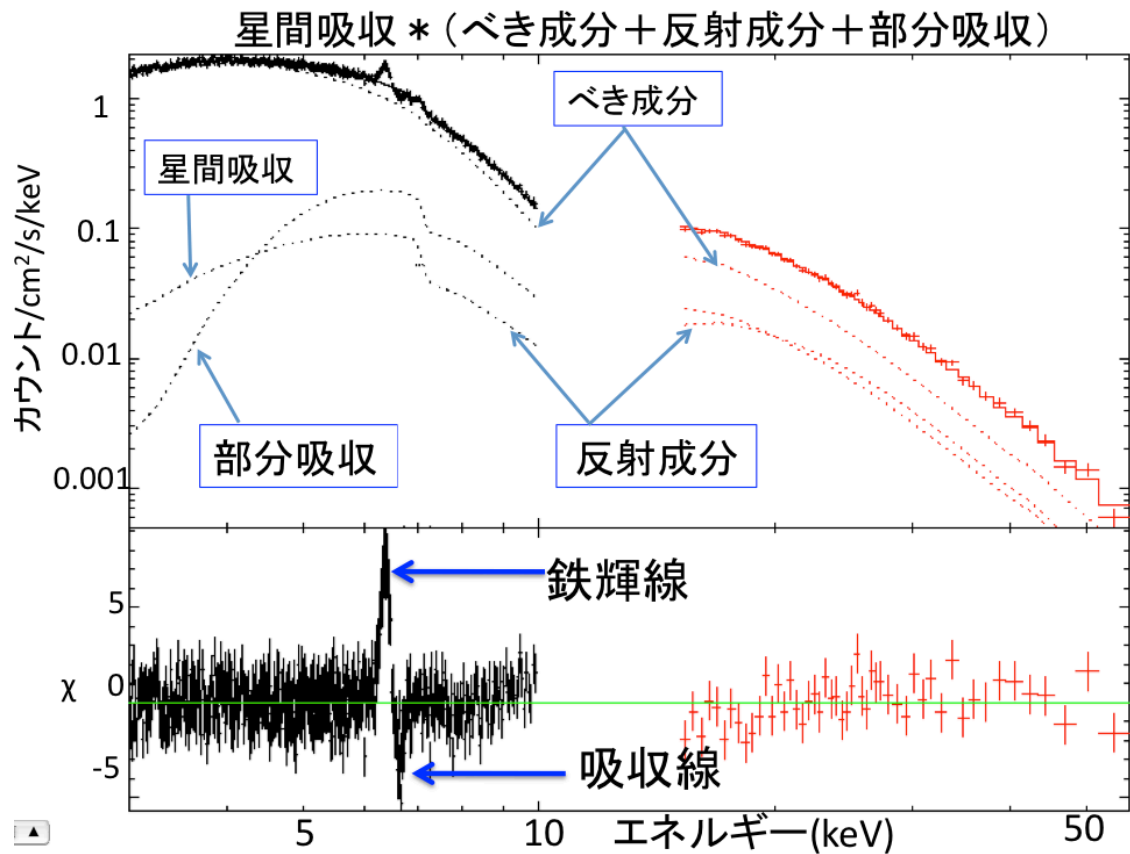
ライトカーブでは XIS,HXD 共に 25% 程度変動していることが読み取れ、スペクトルでは、6.4keV 付近に鉄輝線が見えていることがわかる。

次にこれらのデータの構造を定量的に議論するために、モデルによるフィットを行った。

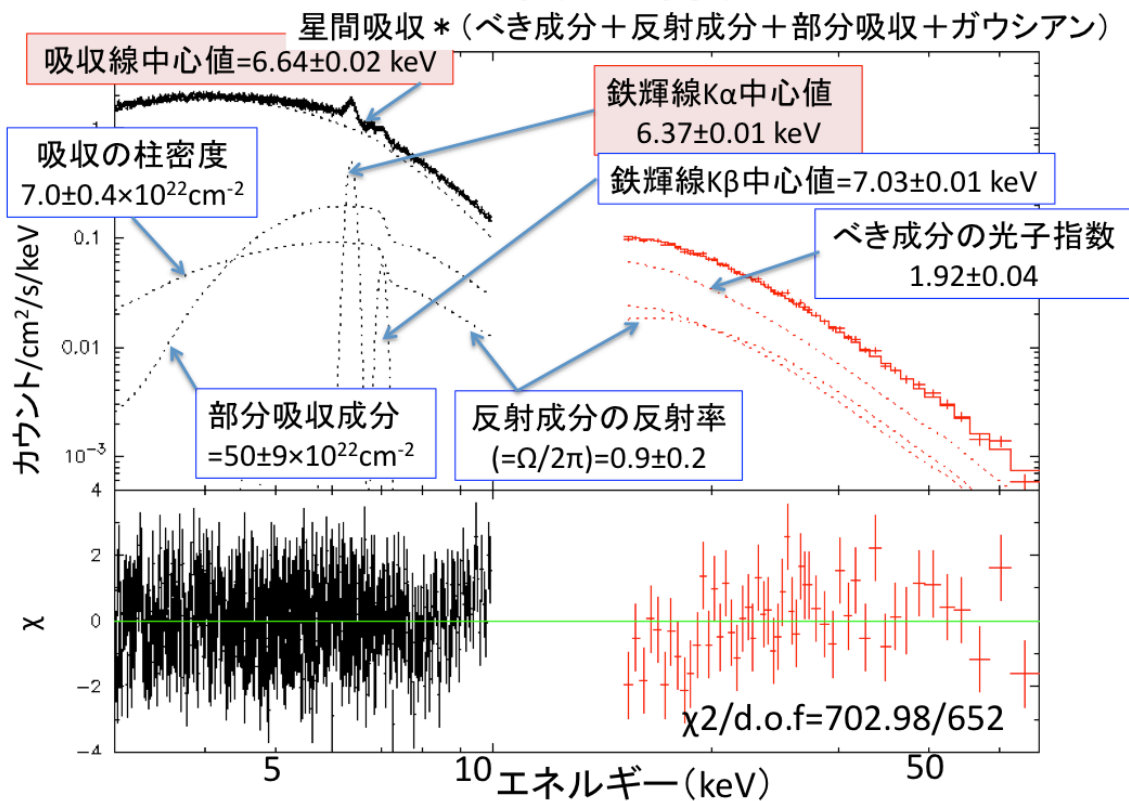
まずは一般の AGN の解析を通常用いられる星間吸収、ベキ成分、降着円盤及び遠方トラスによる反射を表す反射成分、光の一部がより強い吸収を受けている効果を表す部分吸収、この4つのモデルを組み合わせた

星間吸収 \* (ベキ成分 + 反射成分 + 部分吸収)

というモデルを使ってフィットを行った。



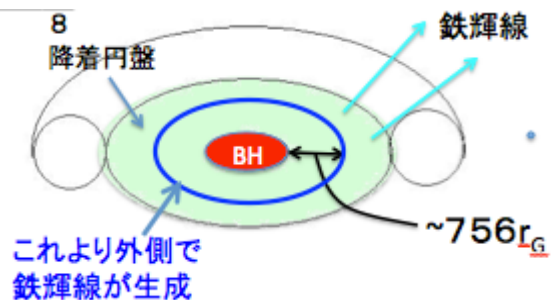
その結果、残差に輝線と吸収線が確認できた。次にこれらの輝線・吸収線を表すガウシアンを追加し、再フィットをした。以下がその結果である。

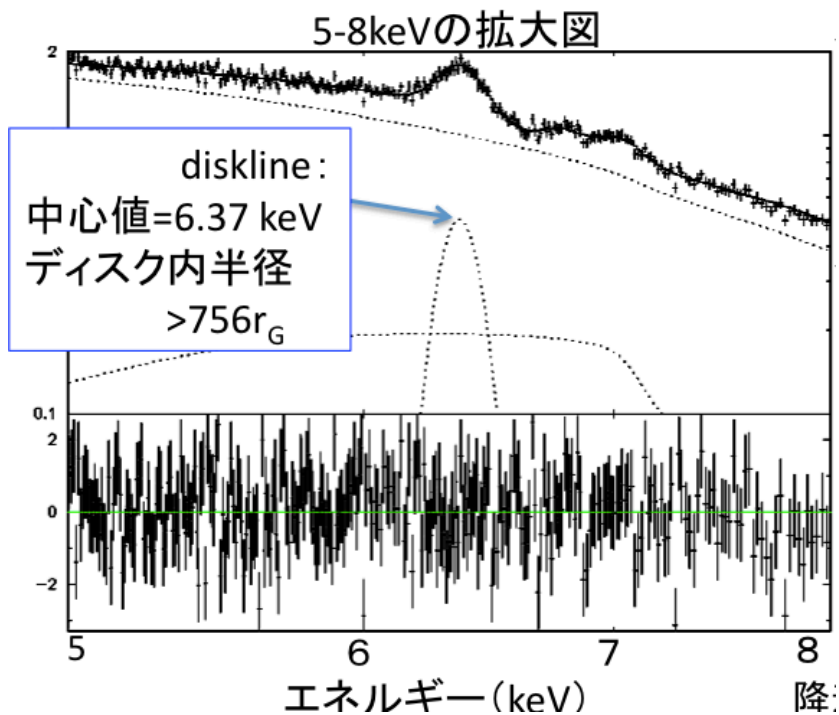


鉄輝線の  $K\alpha$  線の中心値は  $6.37\text{keV}$ 、吸収線の中心値は  $6.64\text{keV}$  という結果が得られた。

この結果をもとに、輝線と吸収線について更に詳しく調べた。

まず鉄輝線について、鉄が AGN の周辺のどこにあるのかを調べるために、輝線幅の広がりに着目した。鉄輝線は遠方トーラスと降着円盤から出ていると考えられており、そうしてできる輝線は特殊及び一般相対論の効果で幅が広がると考えられる。とくに一般相対論による重力の効果によって、鉄が AGN 中心に近いところにいるほど、エネルギー中心値はレッドシフトするため、輝線幅がどれくらい広がっているかを調べることで、鉄が AGN 中心からどれだけの距離に分布しているのかが分かる。これを定量的に考察するため、diskline というモデルを輝線のガウシアン代わりに用いて調べたところ、以下のようなフィット結果が得られた。





この結果より、鉄は遠方から、数百  $r_G$  程度  $>756r_G$  ( $r_G$ =重力半径) の距離までしか存在しないことがわかる。一方で、一般相対論の解として存在しうる最内縁安定軌道は  $6r_G$  で、このことを合わせて考えると、最内縁安定軌道の150倍程度の半径で鉄の分布が途切れているということが結論できる。

次に吸収線について、吸収線のエネルギー中心値は  $6.64 \pm 0.02 \text{ keV}$  という結果であった。考えられる可能性としては、He-like 鉄の吸収線 ( $6.67 \text{ keV}$ )、あるいは、H-like 鉄の吸収線 ( $6.97 \text{ keV}$ ) がある。まず He-like 鉄の場合を考える。宇宙膨張によるレッドシフトの効果を考慮すると、He-like では  $6.65 \text{ keV}$  にレッドシフトする。これは、不確かさの範囲内であり、He-like 鉄の吸収線そのものが見えているという可能性がまず考えられる。

次に H-like 鉄の吸収線と考えた場合では、宇宙膨張によるレッドシフトを考慮しても、エネルギー中心値は  $6.95 \text{ keV}$  にしかならず、これだけでは  $6.64 \text{ keV}$  のエネルギー中心値を説明できない。したがって、さらに次のどちらかの効果でさらにレッドシフトしていると考えられ、ひとつは電離吸収体の運動によるドップラー効果、もうひとつは AGN 中心のブラックホールの重力による重力赤方偏移、が挙げられる。定量的に計算したところ、前者では電離吸収体は光速の4.5%程度で運動、後者では電離吸収体は AGN 中心から  $20r_G$  程度に存在してい

ることがわかった。

#### まとめ

- 2011年11月のNGC4151の「すざく」による観測データの解析を行った。
- 3-60keVのスペクトルの抽出を行った。
- 中心値6.37keVの鉄輝線と6.64keVの吸収線を検出した。
- 鉄輝線の結果から、最内縁安定軌道(=6r<sub>G</sub>)の150倍程度のところで、中性鉄の分布が途切れていることがわかった。
- 吸収線の結果から、He-like鉄吸収線の可能性、および電離吸収体の運動、または重力による赤方偏移を受けたH-like鉄吸収線という可能性があること示唆された。