

X 線天文衛星 Swift・「すざく」による Compton Thick AGN NGC 1106 の広帯域 X 線観測

谷本 敦 (京都大学宇宙物理学教室)

Abstract

我々は X 線天文衛星 Swift・「すざく」を用いることによって、Compton thick AGN 候補である NGC 1106 の広域帯 X 線 (0.5–100 keV) のスペクトルを世界で初めて取得した。得られたスペクトルに Ikeda Torus Model (Ikeda et al. 2009) を適応することにより、NGC 1106 が新たな Compton thick AGN であることを発見した。さらに Eguchi et al. (2011) との比較を行うことにより、既存の AGN 統一モデルでは説明出来ない、2 種類のトーラスが存在することを示唆した。

1 Introduction

本講演では、X 線天文衛星 Swift・「すざく」によって世界で初めて得られた Compton thick AGN 候補である NGC 1106 の広域帯 X 線 (0.5–100 keV) の観測結果について発表する。

近年の観測によって、多くの近傍銀河の中心には太陽質量の約 1 億倍もの超巨大質量ブラックホール (SMBH: SuperMassive Black Hole) が存在すると考えられている。SMBH の質量と銀河バルジの質量には図 1 のような強い相関関係 (Magorrian et al. 1998) があることが知られており、これは SMBH と銀河の共進化を示唆している。この SMBH への質量降着によって、重力エネルギーが放射エネルギーに変換され、銀河中心が明るく光り輝く現象が活動銀河核

(AGN: Active Galactic Nuclei) である。AGN は質量降着によって SMBH がまさに成長している過程であり、SMBH 質量と銀河質量は比例関係を持っているので、銀河進化を理解する為に AGN は非常に重要である。

AGN は AGN 統一モデル (図 2) によって大きく 2 つに分類される。AGN 統一モデルでは銀河中心に存在する SMBH の周りを全て同じトーラスが囲んでおり、観測角度のみによって 1 型 AGN・2 型 AGN に分類される。ここで 1 型 AGN とはトーラスを通さずに観測したものであり、2 型 AGN はトーラスを通して観測したものである。また 2 型 AGN はトーラスの水素柱密度 N_H によってさらに分類され、 $\log N_H \geq 24 \text{cm}^{-2}$ を満たすものを特に Compton thick AGN と呼ぶ。

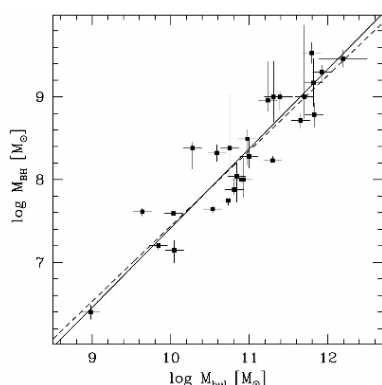


図 1: 横軸は銀河バルジ質量、縦軸は SMBH 質量、点は銀河を表す。図は Marconi et al. (2003) より引用。

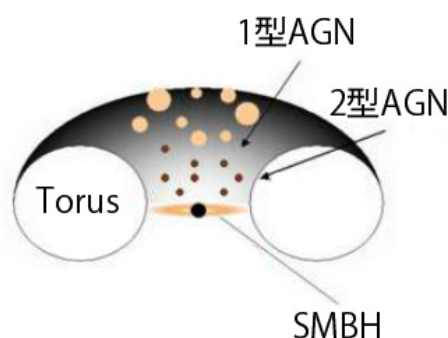


図 2: AGN 統一モデル

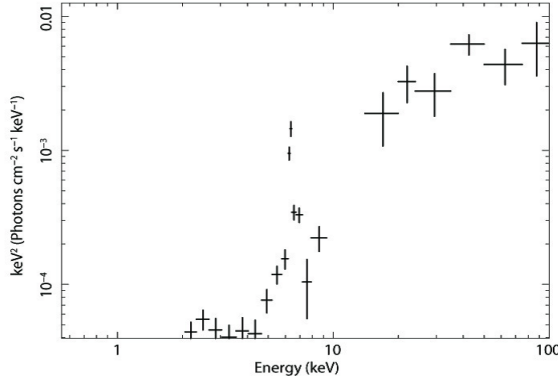


図 3: X 線天文衛星 Swift・「すざく」によって観測された NGC 1106 のスペクトル。横軸はエネルギー、縦軸は強度を表す。

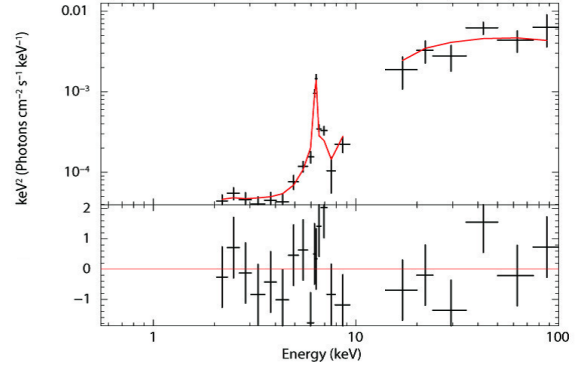


図 5: Ikeda Torus Model によるスペクトルフィット結果。横軸はエネルギー、縦軸は強度を表す。また黒い点は観測されたスペクトル、赤い線はモデルのスペクトルである。図の下側はモデルと観測値の誤差を示している。

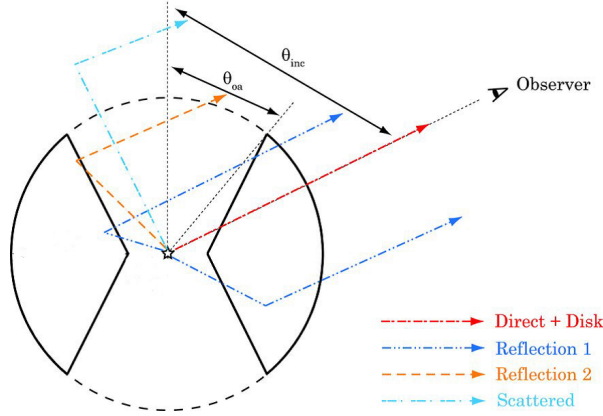


図 4: Ikeda Torus Model (Ikeda et al. 2009)

本研究の目的は 2 つである。Compton thick AGN は分厚いトーラスの為に 10 keV 以下の X 線が強く吸収されるので、近年になってようやく発見され始めた。しかし、依然としてその発見数は少ない。その為に新しい Compton thick AGN をを見つけることは重要である。また、ようやく観測され始めた Compton thick AGN も AGN 統一モデルによって説明出来るかどうかは明らかではない。以上から本研究の目的は新たな Compton thick AGN を発見すること、また AGN 統一モデルを検証することである。

2 Observations and Results

X 線天文衛星 Swift (Gherels et al. 2004) による硬 X 線サーベイによって得られた BAT 70ヶ月カタログ (Baumgarthner et al. 2013) に我々は Swift/BAT+XRT データベース (Ricci et al. in prep) を適応した。その結果、可視光で 2 型 AGN であると同定され、Swift/XRT の短時間観測により 10 keV 以下の X 線強度が硬 X 線強度と比較して極端に小さく、非常に強い鉄輝線の兆候が見られる NGC 1106 が Compton thick AGN である可能性が極めて高いことが示唆された。そこで我々は X 線天文衛星「すざく」 (Mitsuda et al. 2007) による NGC 1106 のより詳細な観測を行い、0.5–100 keV における広帯域 X 線スペクトルを世界で初めて取得した。得られたスペクトルを図 3 に示した。図 3 には Compton thick AGN の特徴である、10 keV 以下の X 線の強い吸収及び 6.4 keV における強い鉄輝線が見られる。

3 Discussion

得られたスペクトルから NGC 1106 の構造を調べる為に図 4 のような Ikeda Torus Model (Ikeda et al. 2009) を適応した。この Ikeda Torus Model は AGN 統一モデルと同様に SMBH の周りをトーラスが囲ん

表 1: パラメータの値

パラメータ	値
$\theta_{\text{oa}}(\text{degree})$	10
$\theta_{\text{inc}}(\text{degree})$	17
$N_{\text{H}}(\text{cm}^{-2})$	1.5×10^{24}

であり、中心から発せられる X 線とトーラスの相互作用を考慮することによって、AGN の構造を調べることを可能にしたモデルである。AGN の構造を決定するパラメータは、トーラスの開口角 θ_{oa} 、観測角度 θ_{inc} 、トーラスの水素柱密度 N_{H} の 3 つである。

Ikeda Torus Model によるスペクトルフィット結果を図 5 に示した。またパラメータを表 1 に示した。これらの値から NGC 1106 の分類を行う。まずトーラスの開口角 θ_{oa} よりも観測角度 θ_{inc} の方が大きいので、トーラスを通して観測した 2 型 AGN だと分類出来る。さらに水素柱密度 N_{H} の値が Compton thick AGN の基準値である $1.0 \times 10^{24} \text{cm}^{-2}$ よりも大きく、NGC 1106 は Compton thick AGN だと決定出来る。これによって第 1 の研究目的である新たな Compton thick AGN を発見することを達成した。

次に第 2 の研究目的である AGN 統一モデルの検証を行う。トーラスの開口角 θ_{oa} を Eguchi et al. (2011) と比較することにより表 2 を得る。表 2 からトーラスの開口角 θ_{oa} は 2 極化しており、中間値が存在していないことがわかる。これは開口角が非常に大きいようなドーナツ状のトーラスと我々が発見した開口角が非常に小さくビーズ状のトーラス (Ueda et al. 2007) の 2 種類のみが存在することを示唆している。

現在の議論ではサンプル数が少ないという問題はあるが、もしトーラスが 2 種類に分類出来るとすれば、それは一体何によって決定されるのだろうか。それを調べる為にもまずは「すざく」によって観測された全ての Compton thick AGN のスペクトルに対して Ikeda Torus Model を適応することによって、より多くのサンプル数においてもトーラスを 2 種類に分類出来るのかどうか調べる必要がある。

今回用いた Ikeda Torus Model はトーラス構造に制限を与えることが出来る優れたモデルである。しかし最新の研究ではトーラスの密度は一様ではなく、多くの Clump から構成されていると考えられてい

表 2: トーラスの開口角 θ_{oa} の比較

観測対象	参考文献	θ_{oa}
NGC 612	Eguchi et al. 2011	70
NGC 1106	This work	10
NGC 3081	Eguchi et al. 2011	15

る。実際に赤外線分野においては Clumpy Torus Model を用いた研究が行われているが、X 線の分野においてはこのモデルは未だ実装されていない。今年度には最新 X 線天文衛星「ASTRO-H」が打ち上げられる予定であり、AGN のより詳細なスペクトルを観測することが期待される。そして得られたスペクトルからより詳細な構造を決定する為には、X 線の分野においても Clumpy Torus Model のような高度なシミュレーションを行う必要があり、現在我々は Clumpy Torus Model の作成に取り組んでいる。

4 Conclusion

我々は X 線天文衛星 Swift・「すざく」によって NGC 1106 の広帯域スペクトル (0.5–100 keV) を世界で初めて取得し、得られたスペクトルに Ikeda Torus Model (Ikeda et al. 2009) を適応することによって、NGC 1106 が Compton thick AGN であることを決定した。さらにトーラスの開口角 θ_{oa} を Eguchi et al. (2011) と比較することによって、既存の AGN 統一モデルでは説明出来ない、2 種類のトーラスが存在することを示唆した。

Acknowledgement

基礎物理学研究所 (研究会番号: YITP-W-15-04) 及び国立天文台からのご支援に感謝いたします。

Reference

- Baumgartner, W. H., et al. 2013, ApJS, 207, 19
- Eguchi, S., Ueda, Y., et al. 2011, ApJ, 729, 31
- Gehrels, N., Chincarini, G., et al. 2004, ApJ, 611, 1005
- Ikeda, S., Awaki, H., et al. 2009, ApJ, 692, 608
- Marconi, A. & Hunt, K. 2003, AJ, 589, L21
- Magorrian, J., Tremaine, S., et al. 1998, AJ, 115, 2285
- Mitsuda, K., Bautz, M., et al. 2007, PASJ, 59, 1
- Ueda, Y., Eguchi, S., et al. 2007, ApJ, 664, L79