

電波銀河のガンマ線loudnessとX線スペクトルの関係(2)

(s10b)



榎木大修 深澤泰司 (広島大学) kayanoki@astro.hiroshima-u.ac.jp

論文が公開されました↑

Fermi 衛星では電波銀河の10%程度の約60天体の電波銀河が検出されている。本研究では、ガンマ線で明るい電波銀河と暗い電波銀河にX線での性質の違いがないかを調べた。本研究では、フェルミ衛星で検出されていてX線データのある36個の電波銀河と、ガンマ線で検出されていない電波銀河を32個の合計68天体をサンプルとした。この68天体についてXMM-Newton衛星、Chandra衛星、NuSTAR衛星、Swift衛星のデータを用いて、X線スペクトル解析を行った。その結果、Fermiで観測されている電波銀河のほとんどが大きな吸収を受けておらず、Fermiで観測されている電波銀河の半数近くが大きな吸収を受けていることがわかった。このことからFermiで観測されている電波銀河は、jetを正面に近い角度から見ているため放射はトーラスに遮られにくいと考えることができる。また、本研究で初めて低光度の天体も含めた電波銀河の吸収量と光度の関係性を調べたことで、電波銀河の吸収量と光度の関係性はセイファート銀河のものと同じ傾向であることがわかった

1. Introduction

電波銀河

活動銀河核(AGN)の約10%で、強い電波放射が観測されている。電波銀河はジェットを横から見ている天体である。

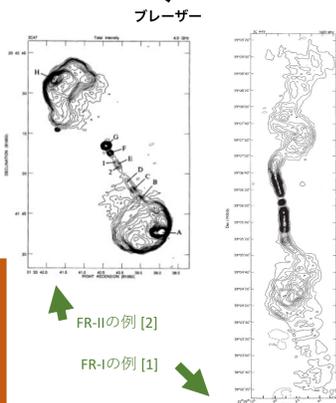
Fermi 衛星では約60天体の電波銀河が検出されているがそれは電波銀河のごく一部である。

電波銀河の分類

- FR-I
 - 178 MHzの電波光度が 10^{26}Whz^{-1} 以下
 - BH 近傍の中心部が電波観測で明るく、中心から外側に向かって暗くなる
 - 降着率：低
- FR-II
 - 178 MHzの電波光度が 10^{26}Whz^{-1} 以上
 - BH 近傍の中心部が電波観測で明るく、中心から外側に向かって暗くなる
 - 降着率：高

目的

ガンマ線で検出されている電波銀河と検出されていない電波銀河のX線でのべき指数、光度、吸収量の違いを知る



2. Analysis

Sample

フェルミで検出されていない電波銀河(radio flux limited sample)として、Mingo et al.(2014) と Massaro et al.(2015) からの32天体選出し、フェルミで検出されている電波銀河のうちX線のある36天体を選出した。(z<1.0)

サンプルの内訳

- FR-I : 30天体 (19天体がGeV-loud)
- FR-II : 32天体 (12天体がGeV-loud)
- その他 (CSS) : 6天体 (5天体がGeV-loud)

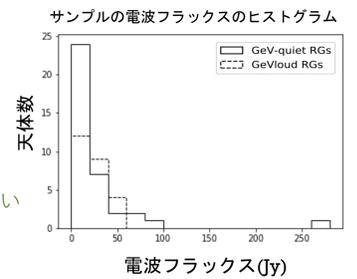
フェルミで検出されている天体の電波フラックスに偏りはない (GeV-loud RGsはフラックスが高いというわけではない)

Data

本研究ではX線衛星のXMM-Newton 衛星, Chandra 衛星, NuSTAR 衛星, Swift 衛星のデータを用いて解析を行った。



本研究での優先度：XMM-Newton > Chandra > Swift, NuSTAR

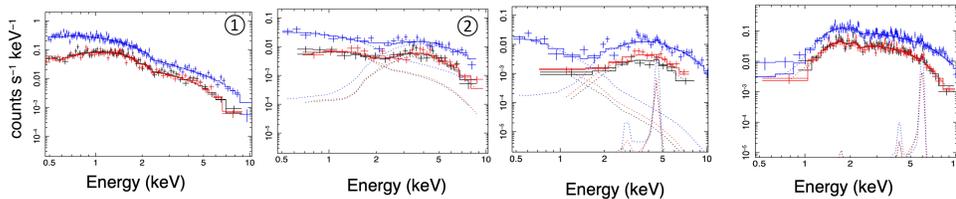


3. Spectra

[1] R.A.Perley, A.G.Willis and J.S.Scott, 1979, Nature volume 281, p.437 UTF2013442(1979)

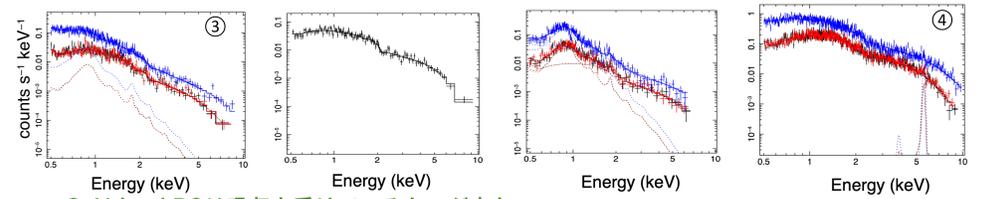
[2]Bridle, A. H., Hough, D. H., Lonsdale, C. J., Burns, J. O., and Laing, R. A., 1994, The Astronomical Journal, vol. 108, no. 3, p.766-820

GeV-quiet RGsのスペクトルの例



モデル：① 1つのべき関数 ② 1つのべき関数に加えて吸収を受けたべき関数を入れたもの ③ べき関数一つと apec (高温プラズマ放射) モデル ④ べき関数一つとガウス関数

GeV-loud RGsのスペクトルの例

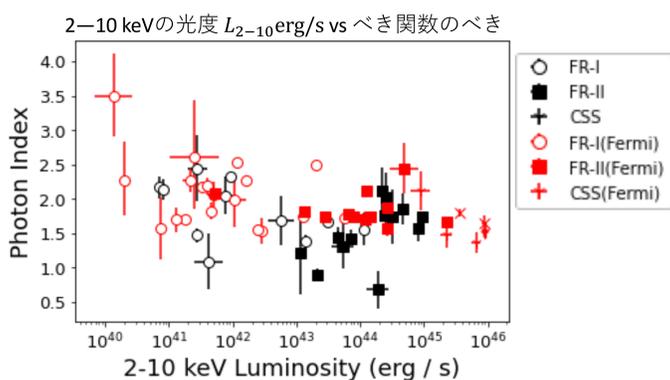


→ GeV-loud RGは吸収を受けているものが少ない

4. Result & Discussion

黒色：フェルミで検出されていない天体
赤色：フェルミで検出されている天体

X線光度とべき指数



- 光度はGeV-loud / quiet RGsの間に明らかな違いはない
- サンプル全体のべき指数： $\Gamma = 1.83 (0.46)$ 平均(標準偏差)
- GeV-loud RGsのべき指数： $\Gamma = 1.94 (0.42)$
- GeV-quiet RGsのべき指数： $\Gamma = 1.70 (0.46)$

• Kang et al., 2020では電波銀河のべき指数： $\Gamma = 1.73 (0.15)$
セイファート銀河のべき指数： $\Gamma = 1.90 (0.21)$

→ GeV-quietな電波銀河のべき指数の結果からSeyfert銀河より電波銀河のべき指数が平坦である可能性があるが、GeV-quietな電波銀河は半数近くが吸収を受けているため、この平坦さは吸収によるものかもしれない。

GeV-loudな電波銀河のべき指数の方が統計的に大きように見えるためKS検定を行ったところ $p=0.3$ となった。

→ 低光度の電波銀河の場合、jetからのシンクロトン放射の高エネルギーテールがX線で直接見えていると、べき指数は大きくなると考えられている(Fukazawa et al. 2015)ので、GeV-loudな電波銀河のうち、べき指数が大きい天体はjetの影響を受けていると考えることができる。

吸収量とガンマ線loudness

Fraction of absorbed RGs ($N_H > 10^{22} \text{cm}^{-2}$)

	FR-I	FR-II	CSS	total
GeV-quiet	0.18	0.70	1	0.53
GeV-loud	0.16	0	0	0.08
total	0.17	0.44	0.17	0.29

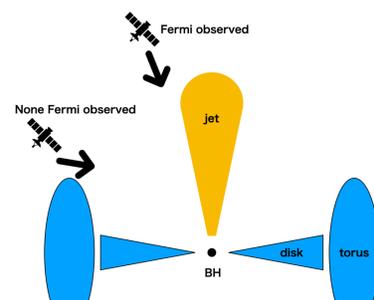
- GeV-quiet RGsは半数近くが吸収を受けている
- GeV-loud RGsは吸収を受けているものが少ない

GeV-loud RGs

ビーミング効果でジェットはガンマ線で明るくなる
→ ジェットを小さい角度から見ている
→ 放射はトーラスに遮られない

GeV-quiet RGs

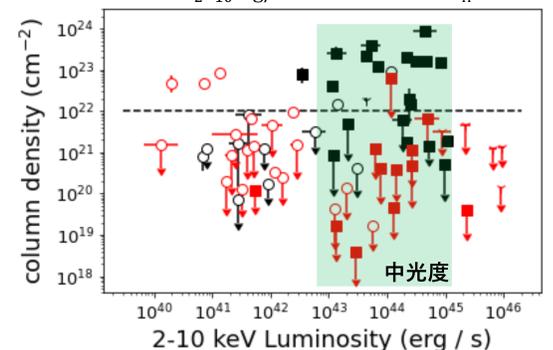
ジェットのビーミング効果が弱く、ガンマ線の放射が弱くて見えにくい
→ ジェットを大きな角度から見ている
→ 放射はトーラスに遮られやすい



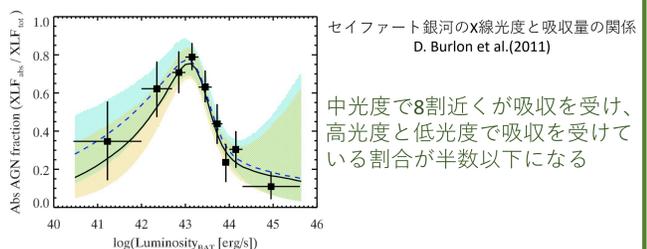
X線光度と吸収量

低光度の電波銀河も含めた電波銀河のX線光度と吸収量の関係を統計的に調べた

2-10 keVの光度 $L_{2-10} \text{erg/s}$ vs 天体の吸収量 $N_H \text{cm}^{-2}$



→ 高光度と低光度の天体は吸収を受けているものが少なく、中光度の天体の約半数が吸収を受けている



→ セイファート銀河のX線光度と吸収を受けている割合と同じ傾向である。

Reference

Sambruna, R. M., Donato, D., jello, M., Maraschi, L., Tueller, J., Baumgartner, W., kinner, G., Markwardt, C., Barthelmy, S., Gehrels, N., Mushotzky, R. F., 2010, ApJ, 710, 245
Kang, J., Wang, J., & Kang, W. 2020, ApJ, 901, 111
Fukazawa, Y., Finke, J., Stawarz, L., Tanaka, Y., Itoh, R., Tokuda, S., 2015, ApJ, 798, 74F
Mingo, B., Hardcastle, M. J., Croston, J. H., Dicken, D., Evans, D. A., Morganti, R., Tadhunter, C., 2014, MNRAS, 440, 269M
Panessa, F., Bassani, L., Landi, R., Bazzano, A., Dallacasa, D., La Franca, F., Malizia, A., Venturi, T., Ubertini, P., 2016, MNRAS, 461, 3153P
Burlon, D., Ajello, M., Greiner, J., Comastri, A., Merloni, A., Gehrels, N., 2011, ApJ, 728, 58B