

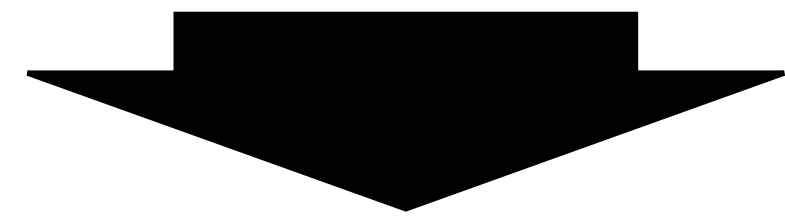
秋季天文学会 2021

電波銀河のガンマ線loudnessと X線スペクトルの関係

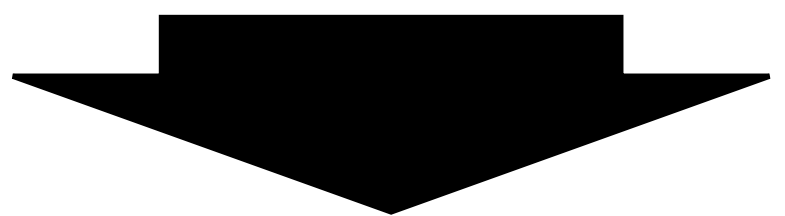
榎木大修、深澤泰司(広島大学)

1 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 (ブレーザー, 電波銀河)
- 電波銀河はジェットを横から見ている

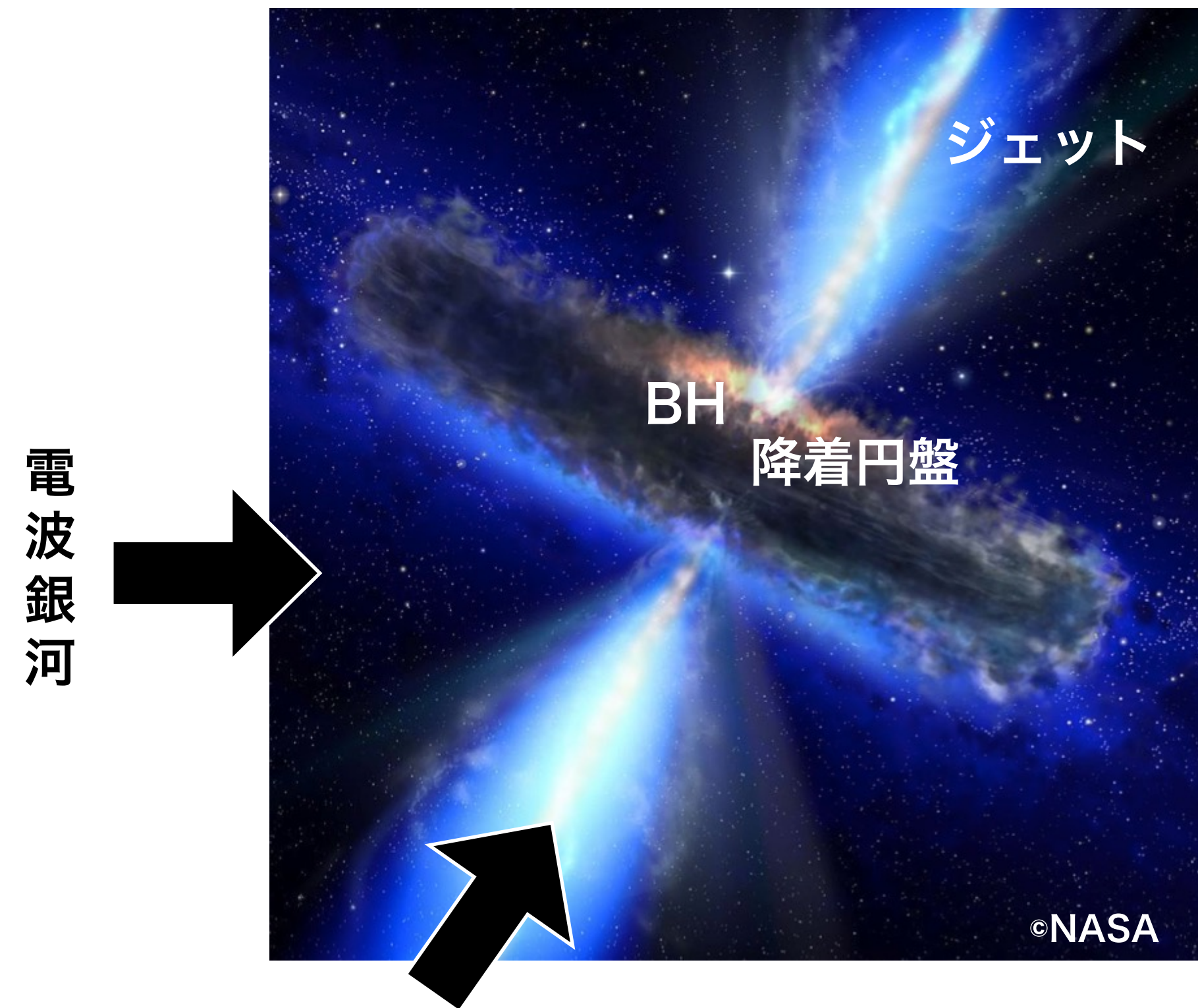


Fermi衛星では約60天体の電波銀河が検出されている (電波銀河の一部)



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線での性質の違いを知りたい

AGNの模式図



1 電波銀河

電波銀河の分類 (FR- I , FR- II)

FR- I :

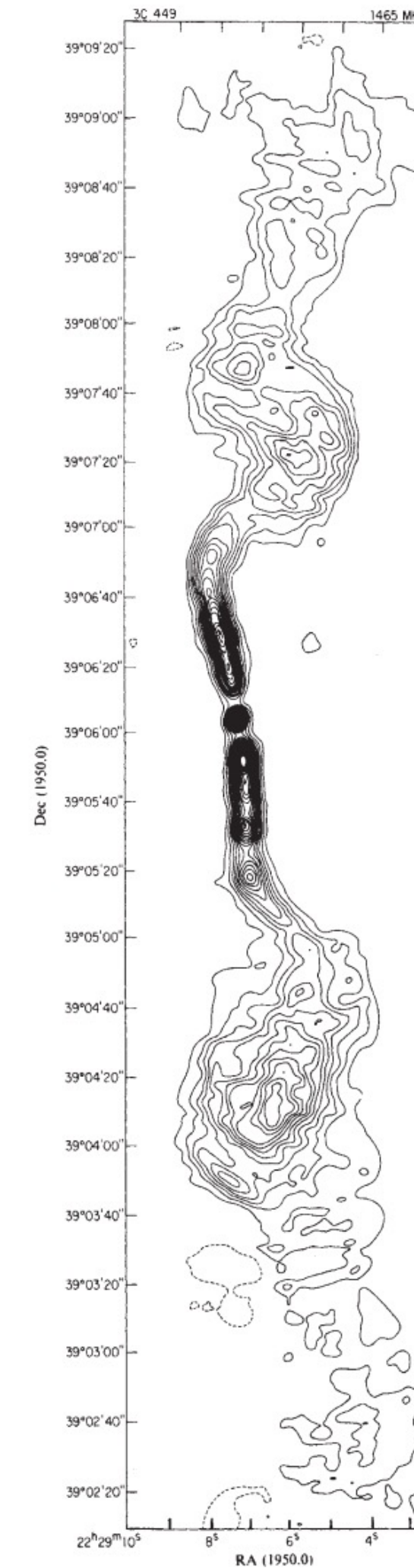
- 178 MHzの電波光度が 10^{26}WHz^{-1} 以下
- BH 近傍の中心部が電波観測で明るく、中心から外側に向かって暗くなる

• 降着率 (低)

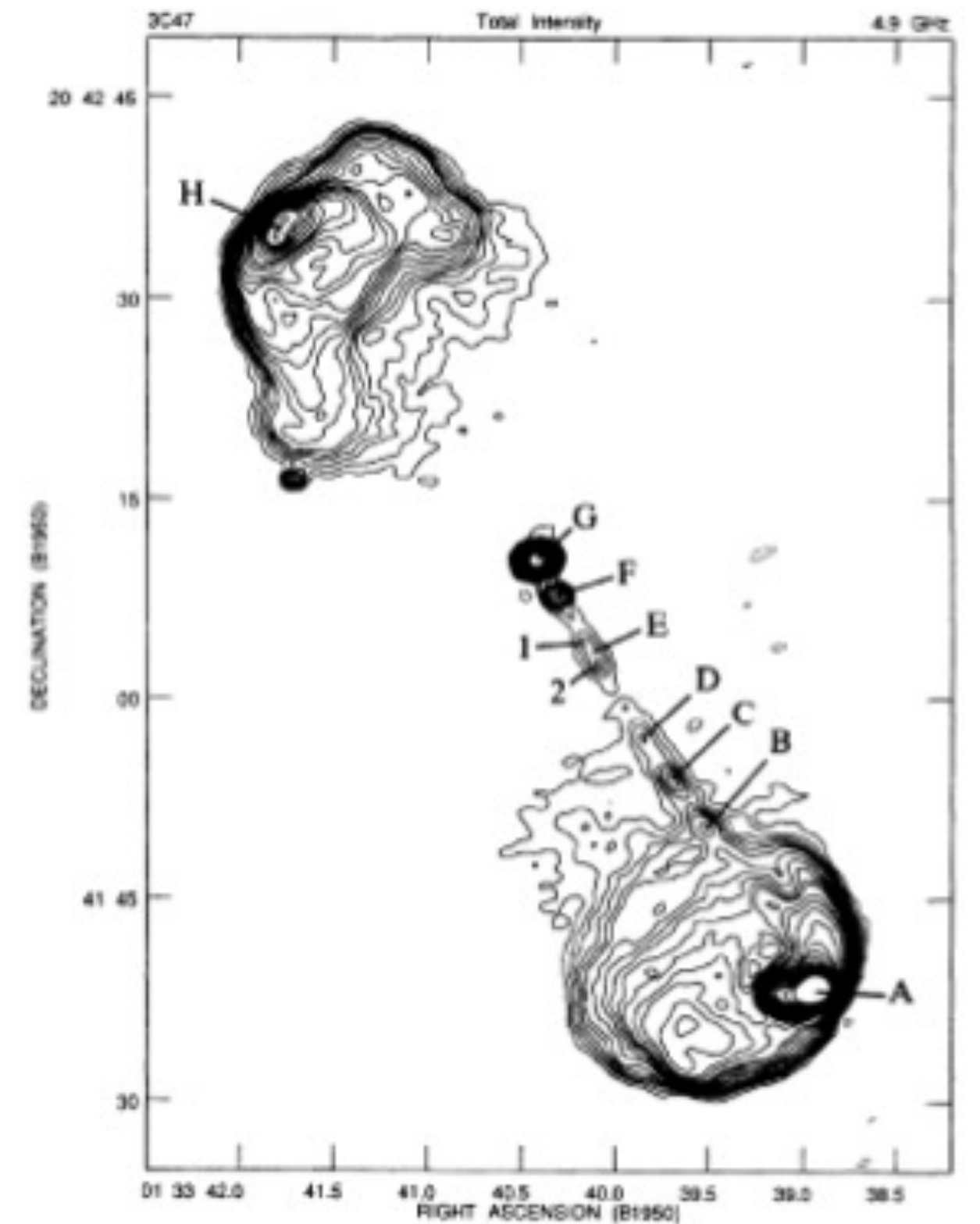
FR- II :

- 178 MHzの電波光度が 10^{26}WHz^{-1} 以上
- BH 近傍の中心部は暗く、電波ジェットの本末に電波観測で明るく輝くホットスポットをもつ

• 降着率 (高)



FR- I の例[1]



FR- II の例[2]

[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

2 研究の目的と天体のサンプル

目的：

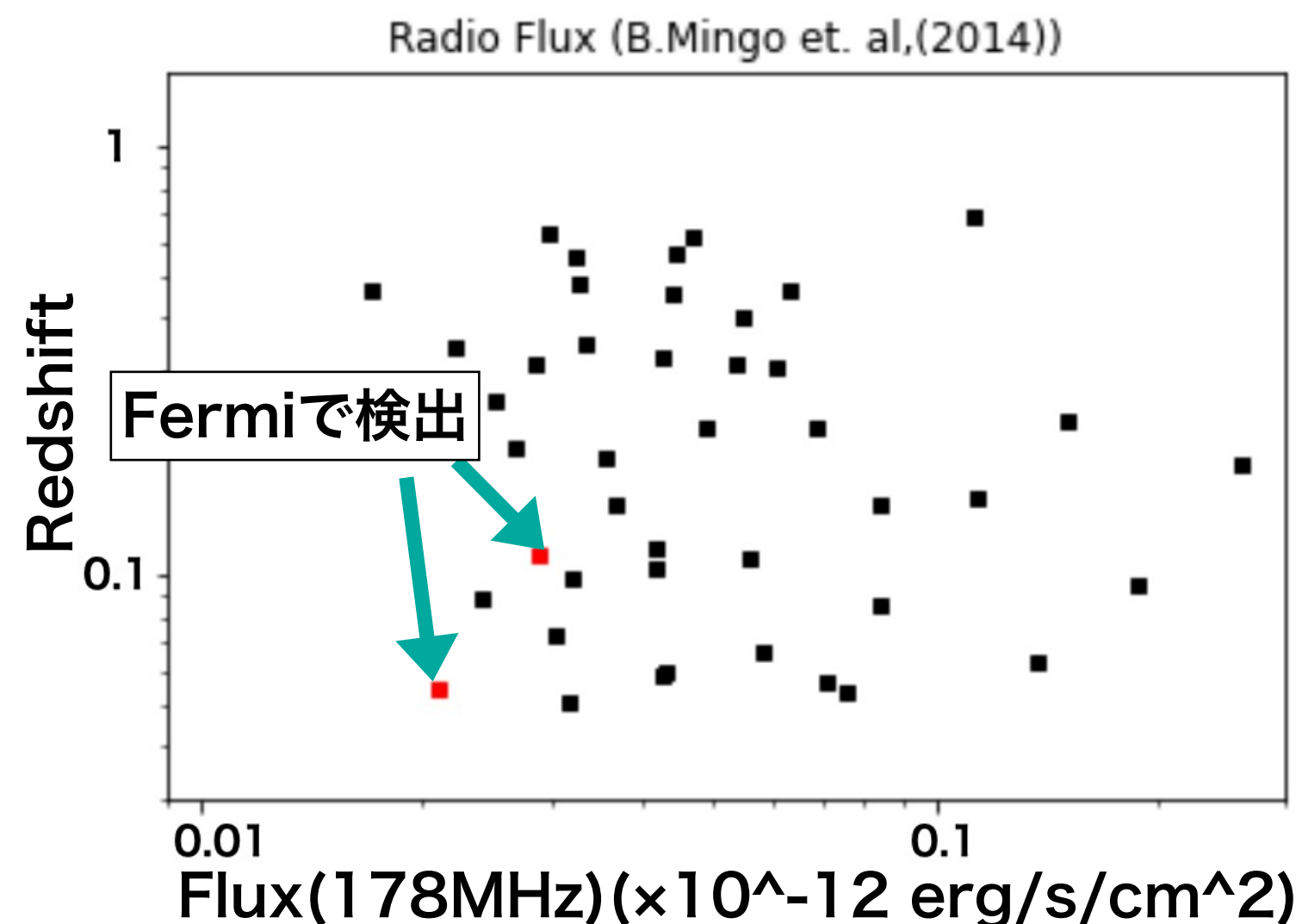
ガンマ線で検出されている電波銀河と検出されていない電波銀河のX線でのべき指数、光度、吸収量の違いを知りたい

フェルミで検出されていない電波銀河(radio flux limited sample)：
B.Mingo et al.(2014) と F.Massaro et al.(2015) の25個

フェルミで検出された電波銀河38個

合計63天体を解析

B.Mingo et al.(2014) で示されている
電波銀河の電波フラックスの分布図



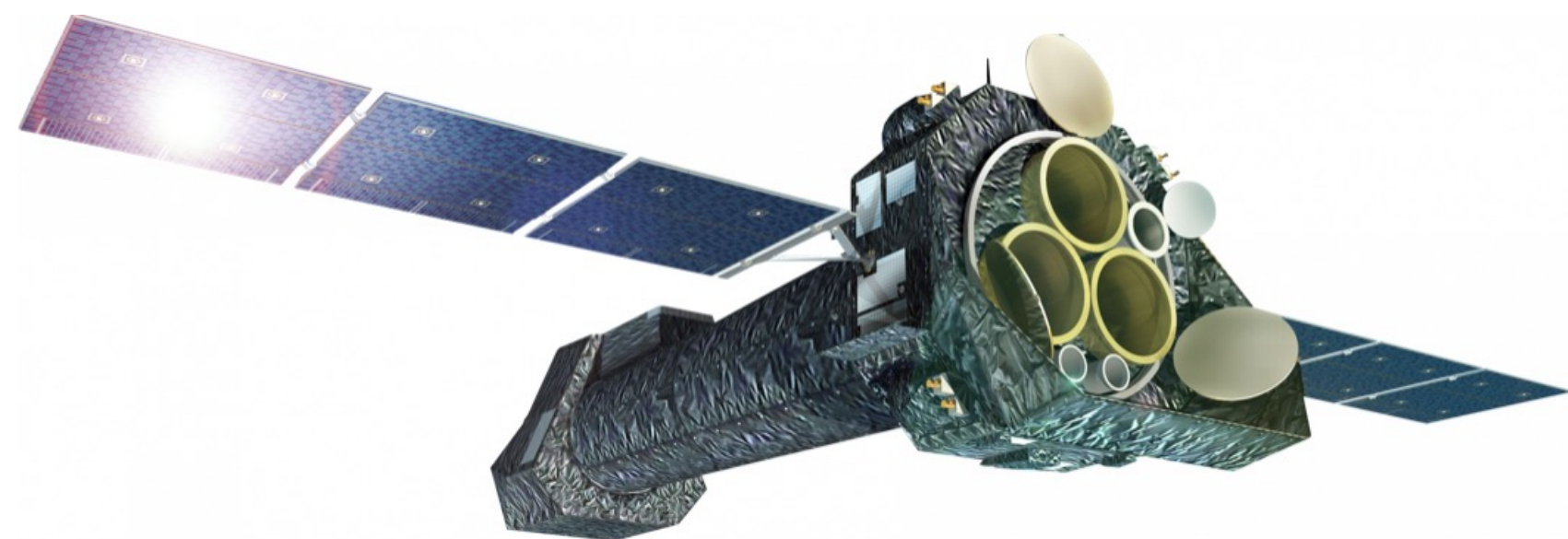
フェルミで検出されている天体の電波フラックスに偏りはない
(フェルミで検出されている天体はフラックスが高いというわけではない)

解析した63天体

- ・ FR-I : 30天体 (19天体がFermiで検出)
- ・ FR-II : 25天体 (12天体がFermiで検出)
- ・ その他 (CSS, SSRQ) : 8天体 (7天体がFermiで検出)

3 データ

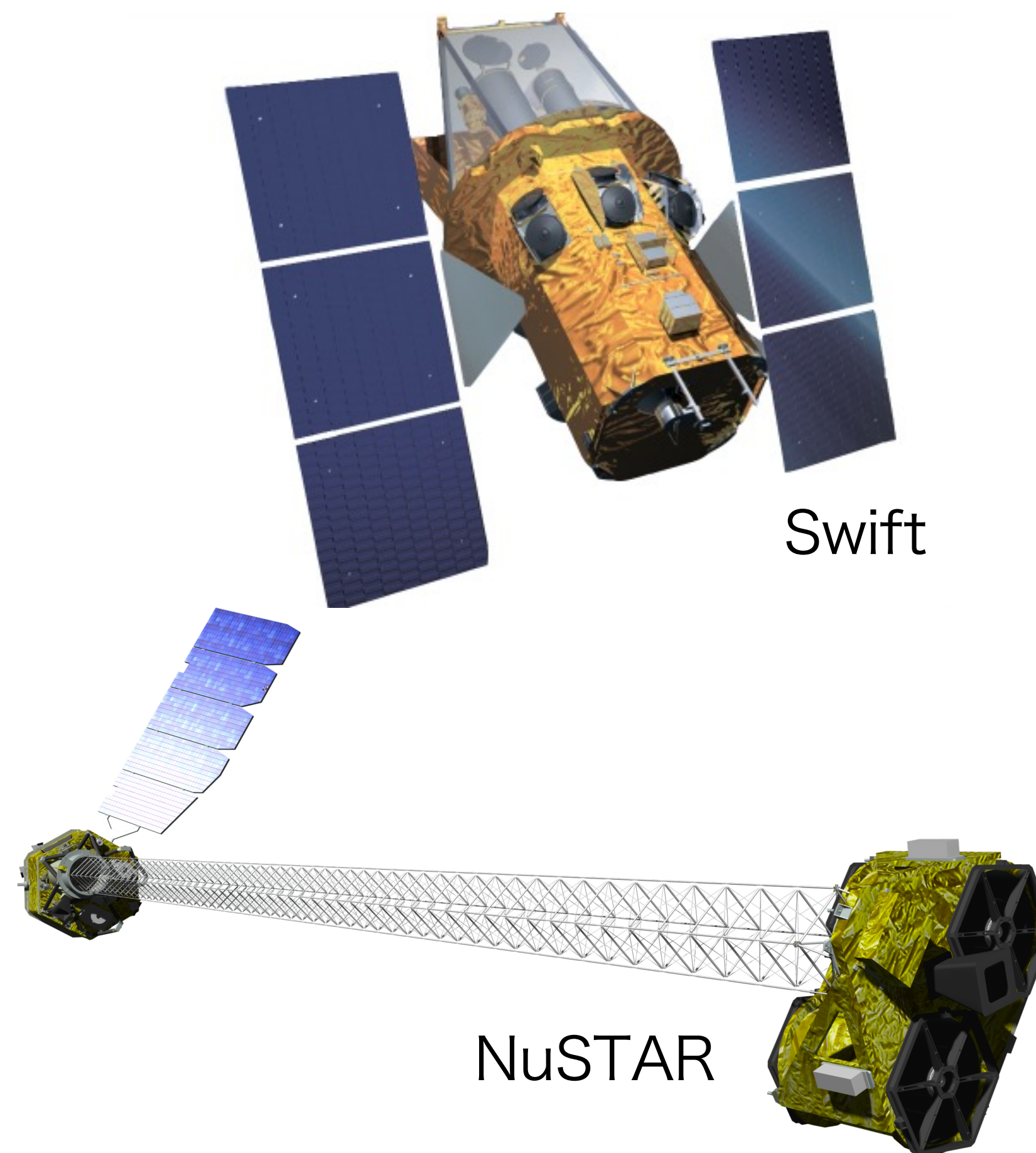
本研究ではX線衛星のXMM-Newton 衛星, Chandra 衛星, NuSTAR 衛星, Swift 衛星のデータを用いて解析を行った。



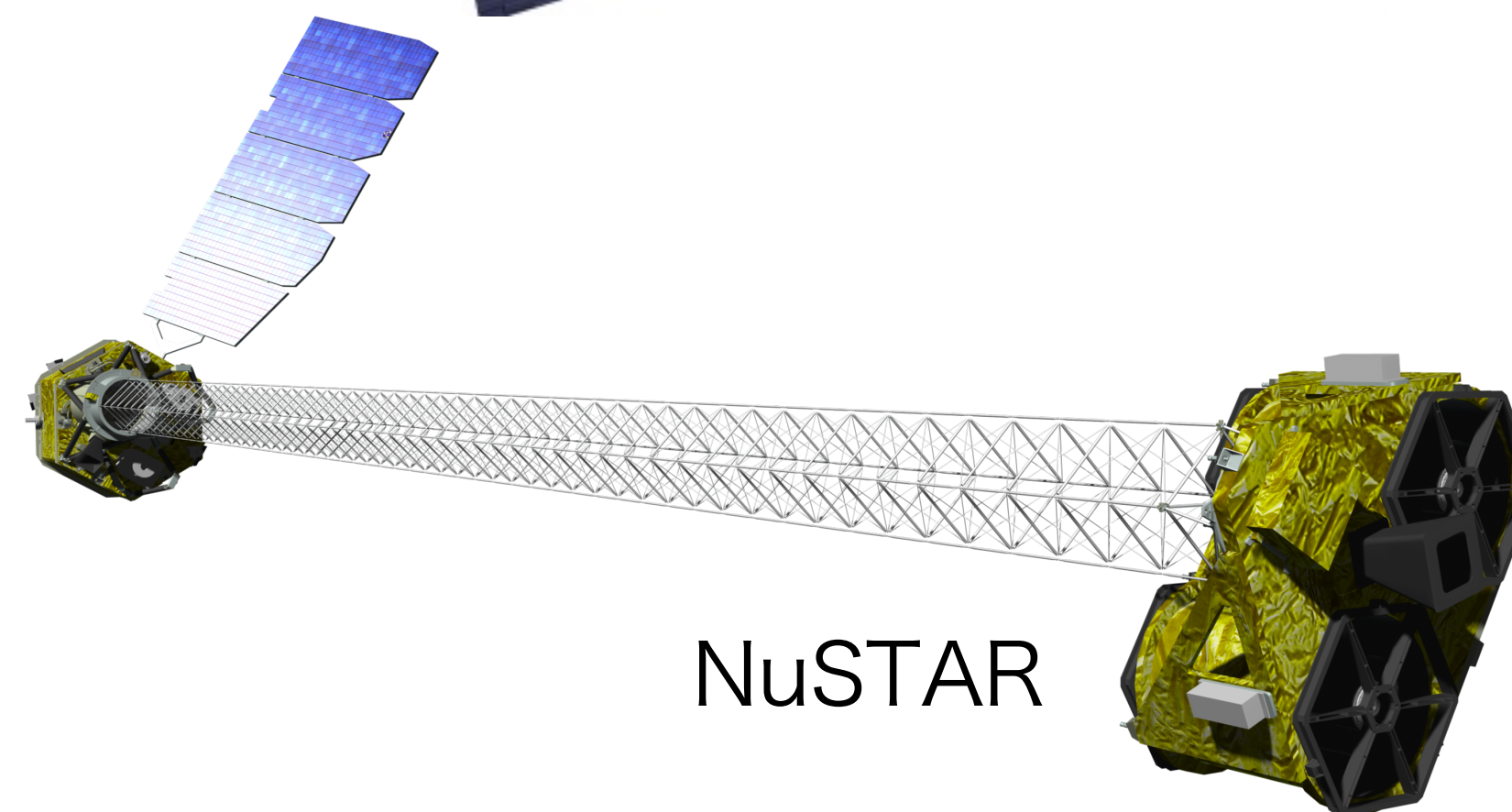
XMM-Newton



Chandra



Swift

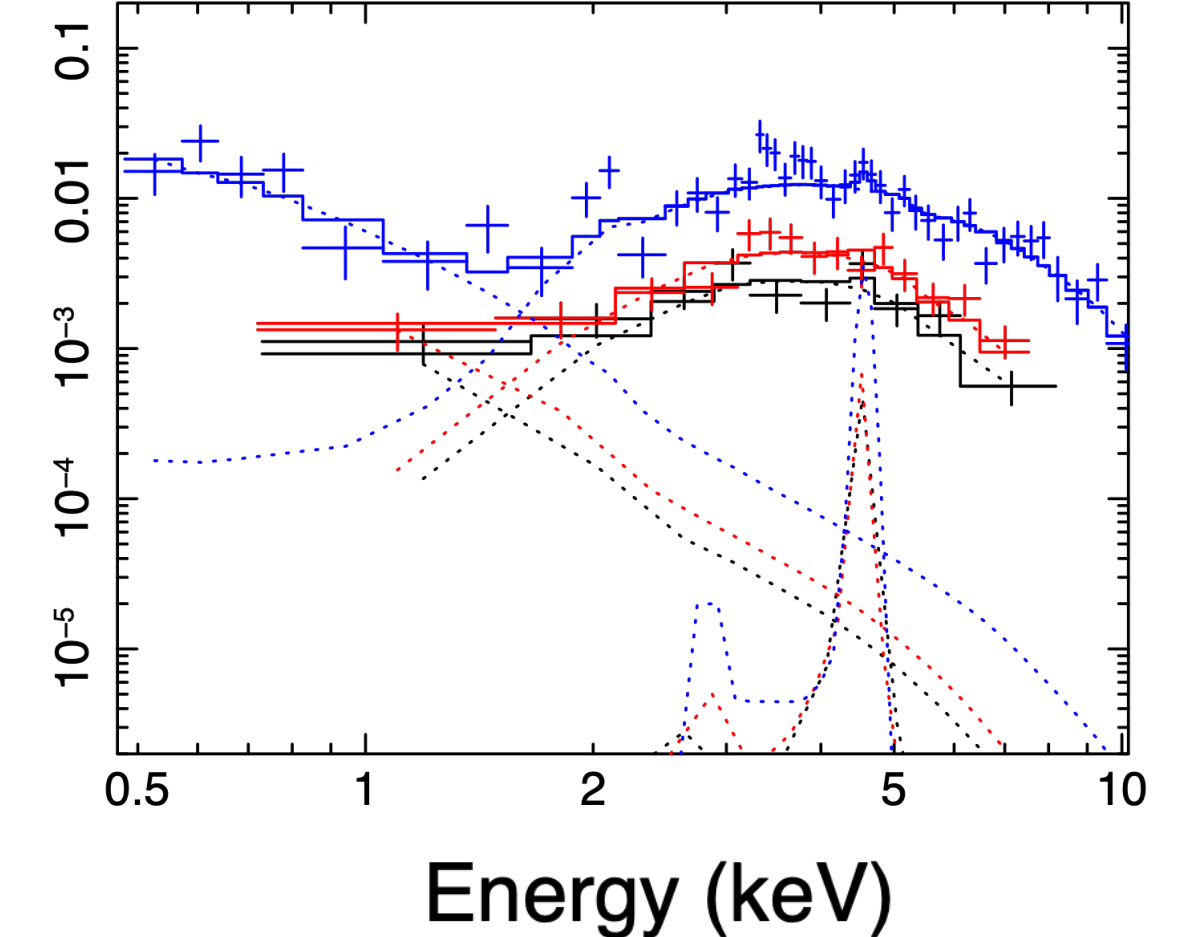
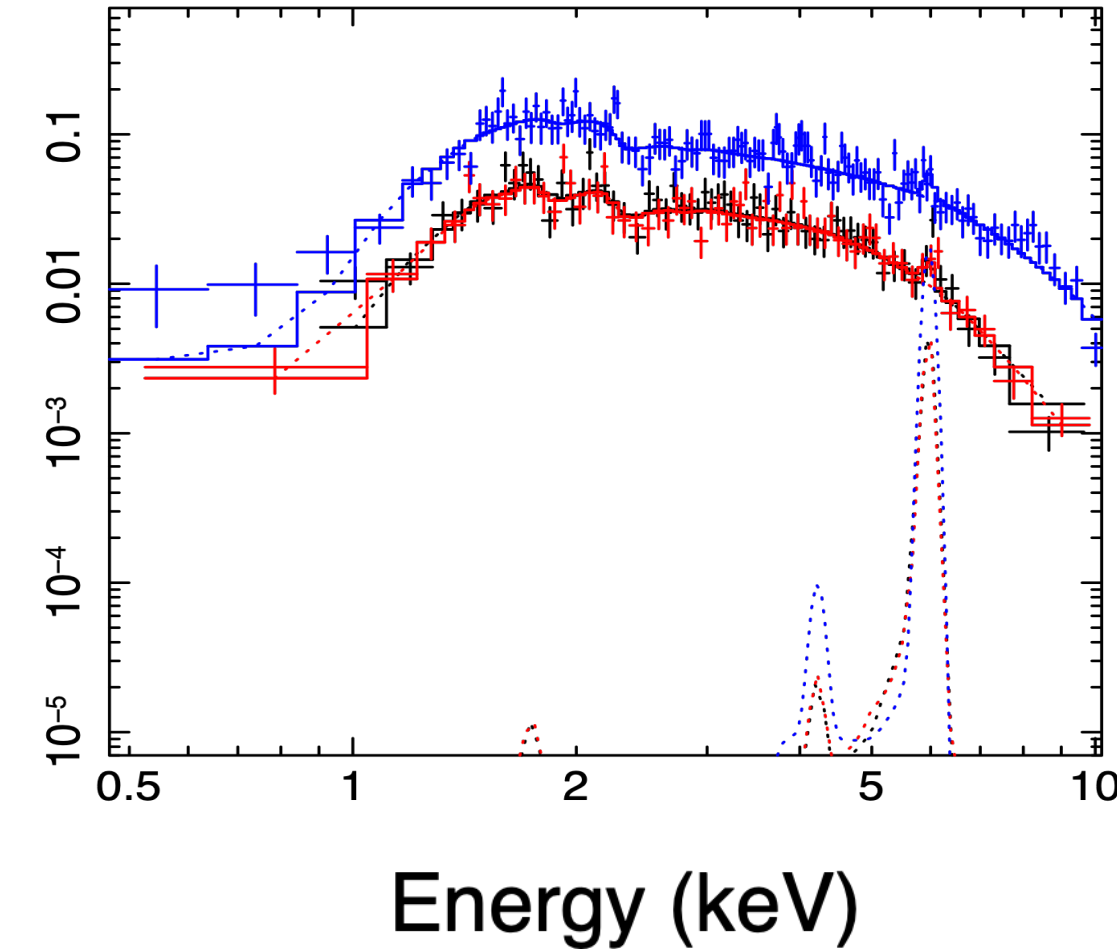
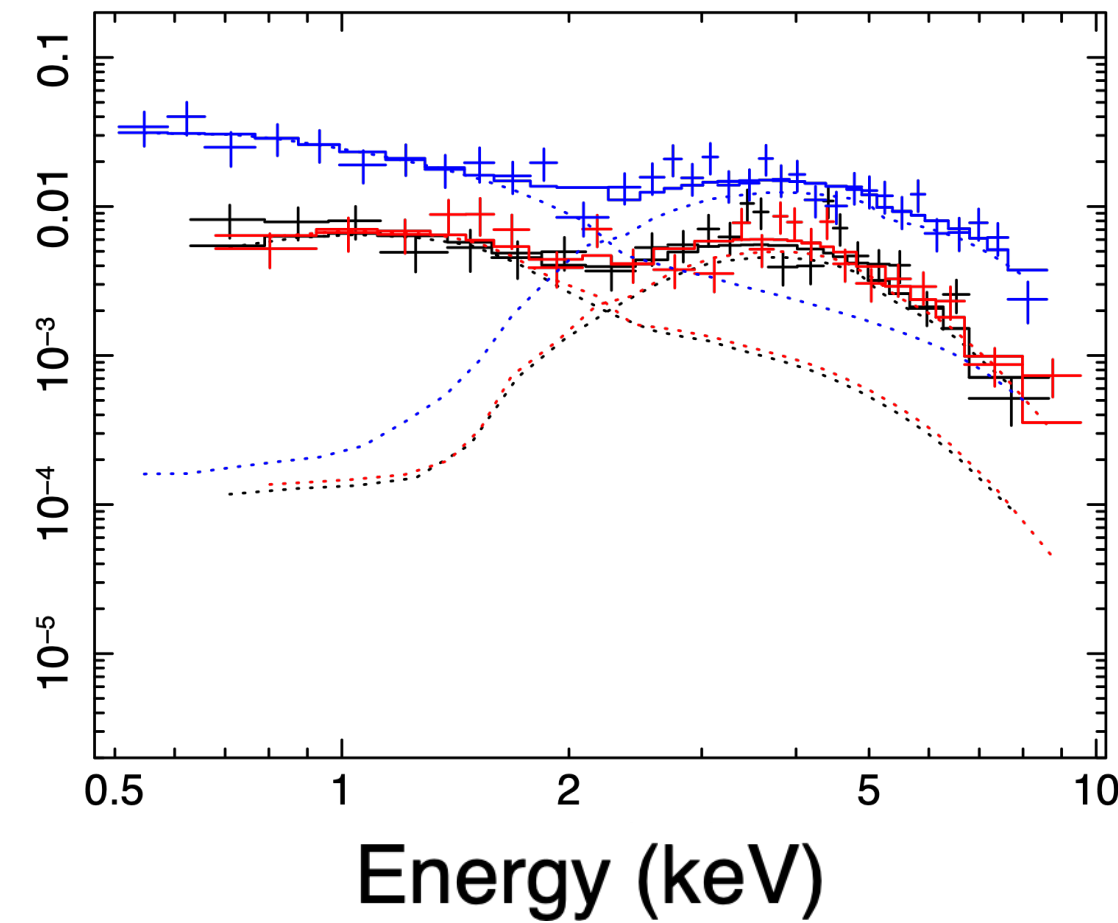
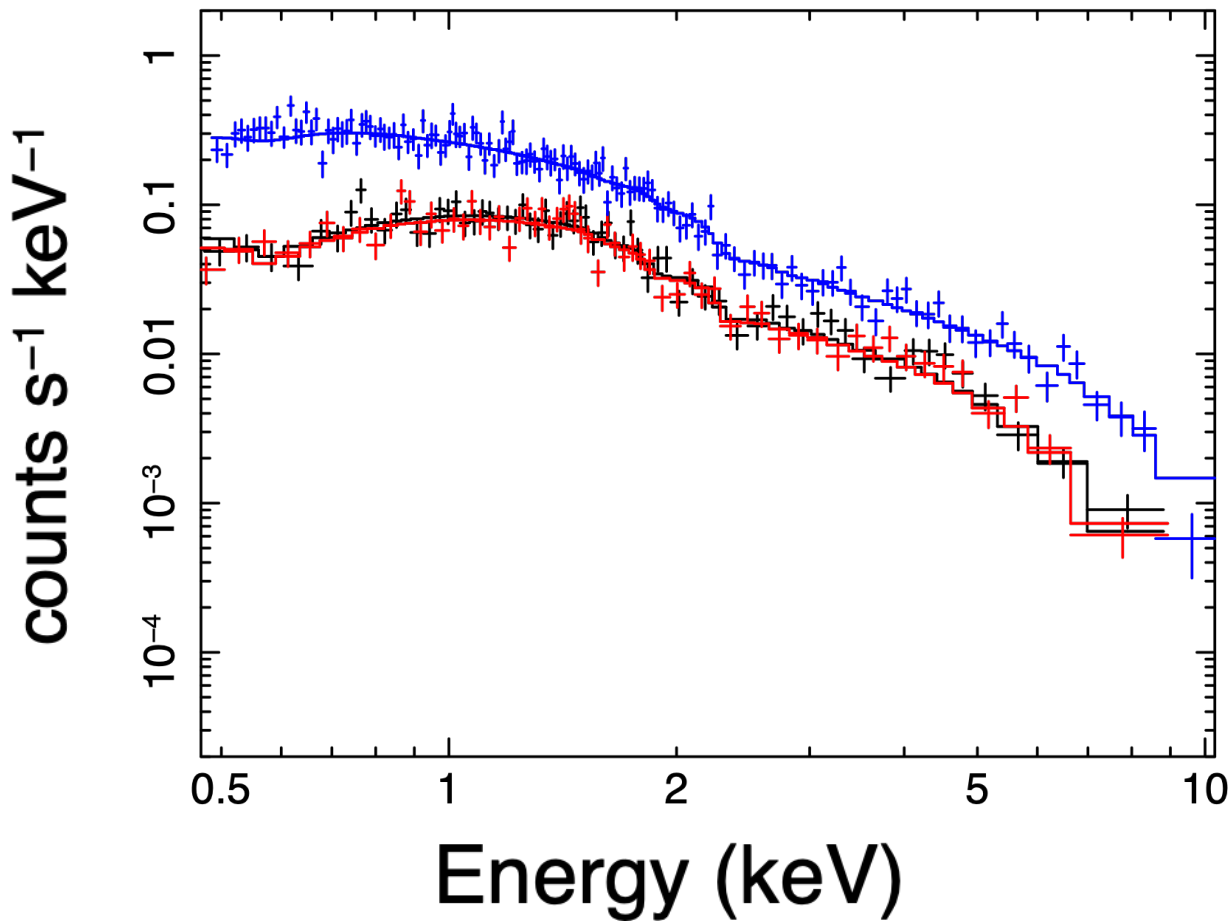


NuSTAR

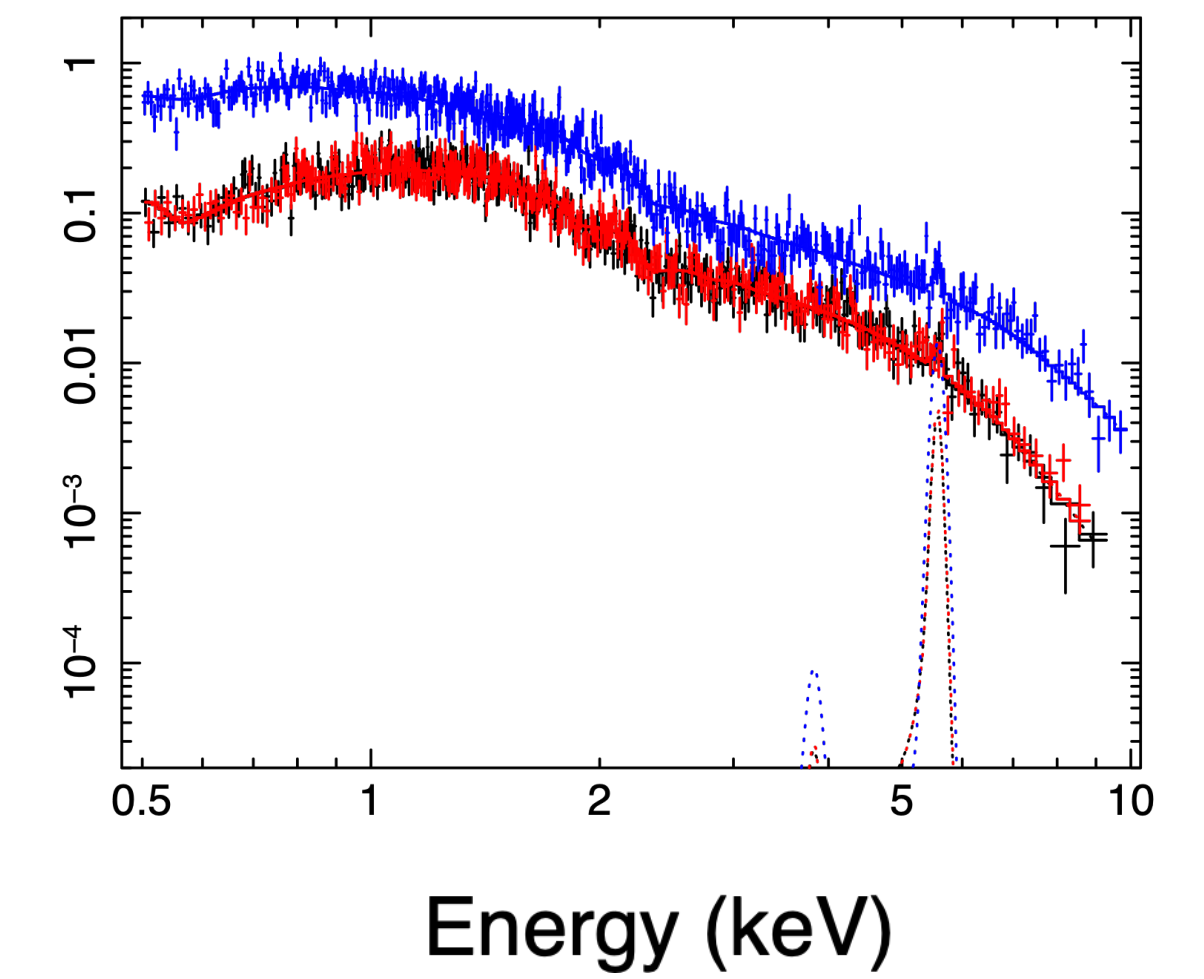
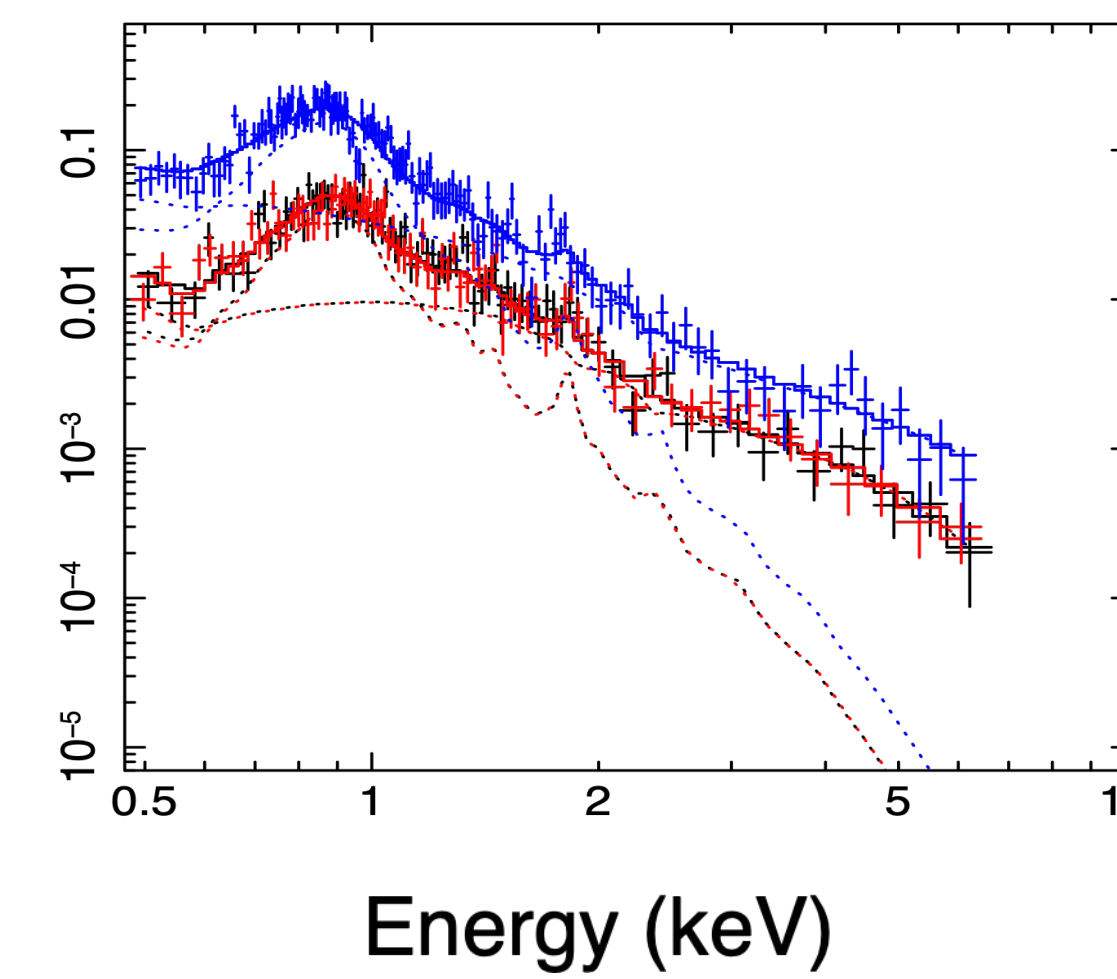
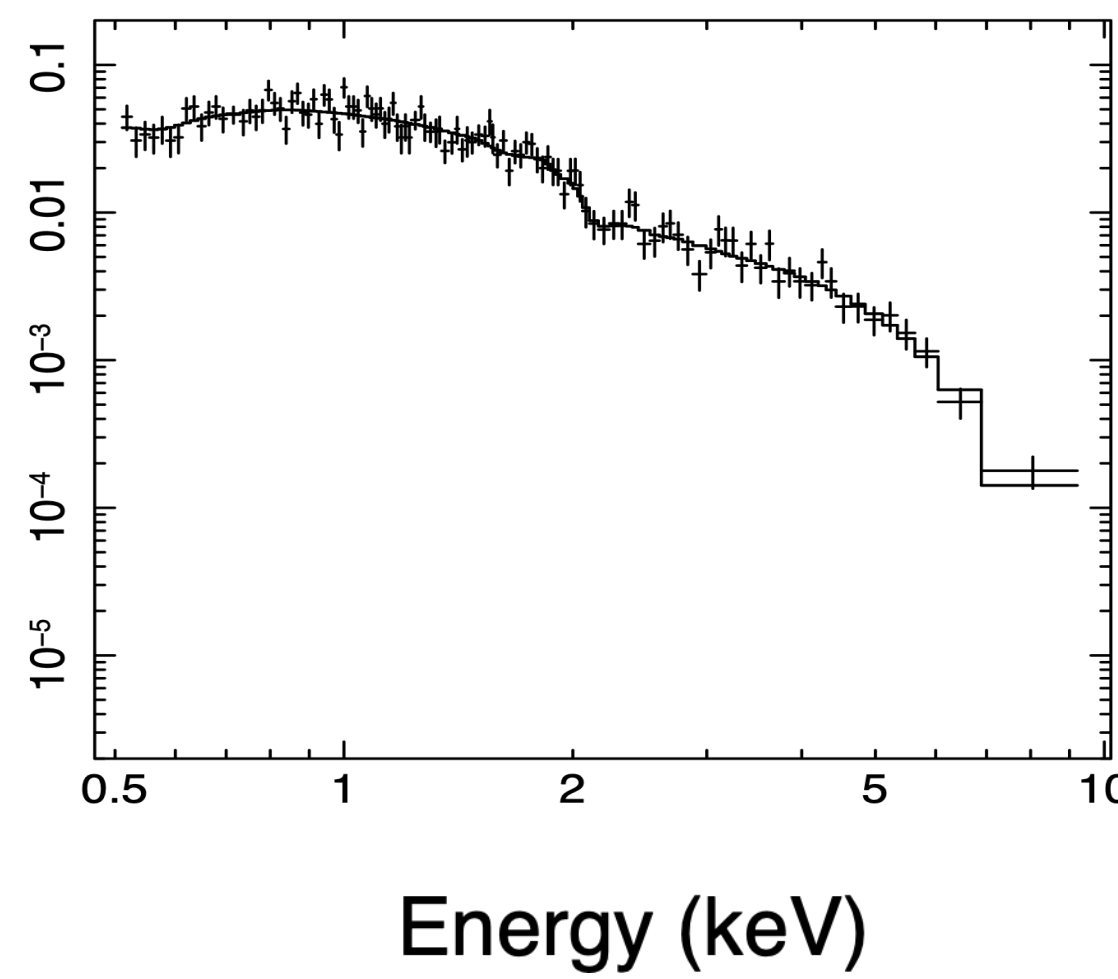
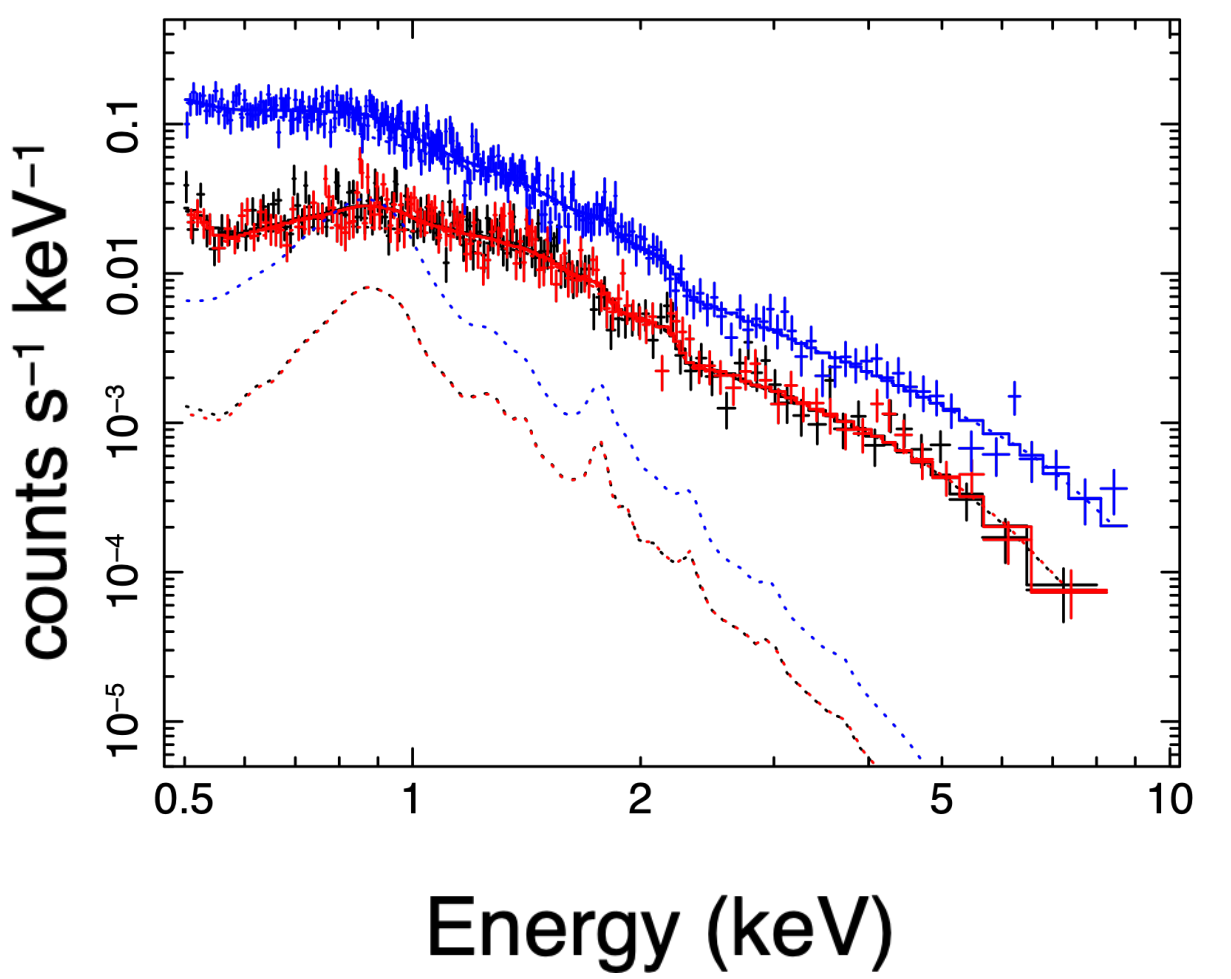
本研究での優先度：XMM-Newton > Chandra > Swift, NuSTAR

4 天体のスペクトル例

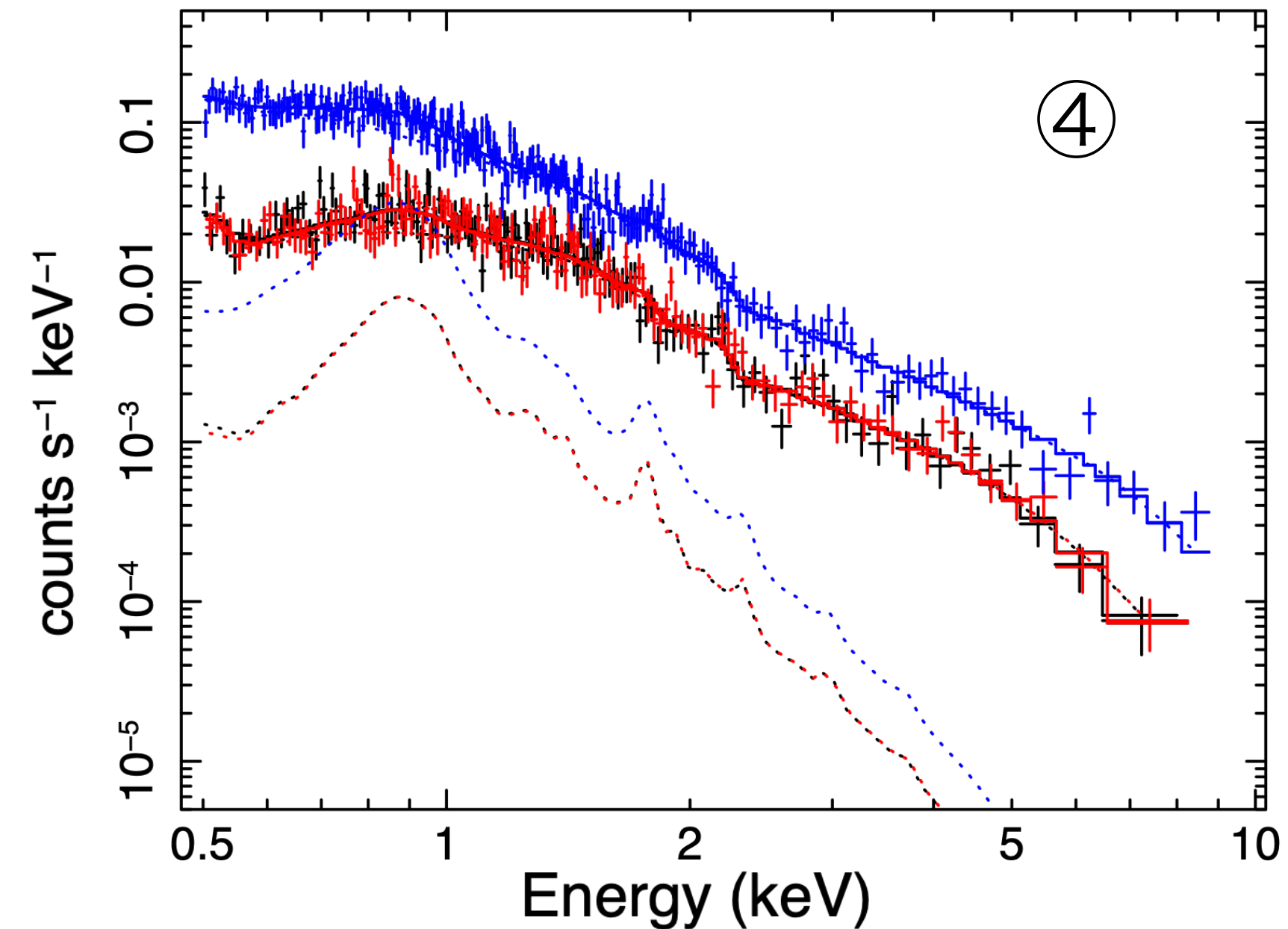
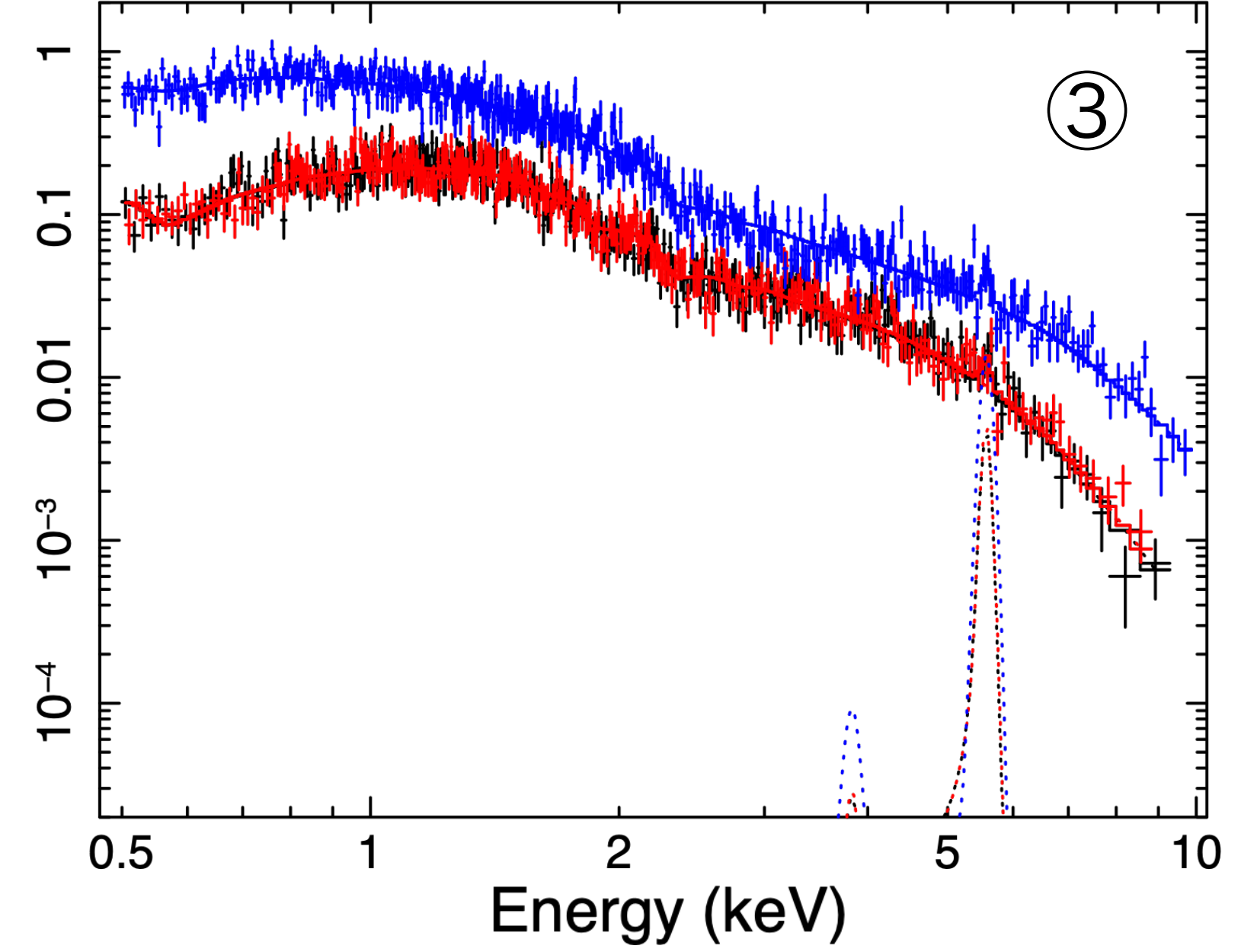
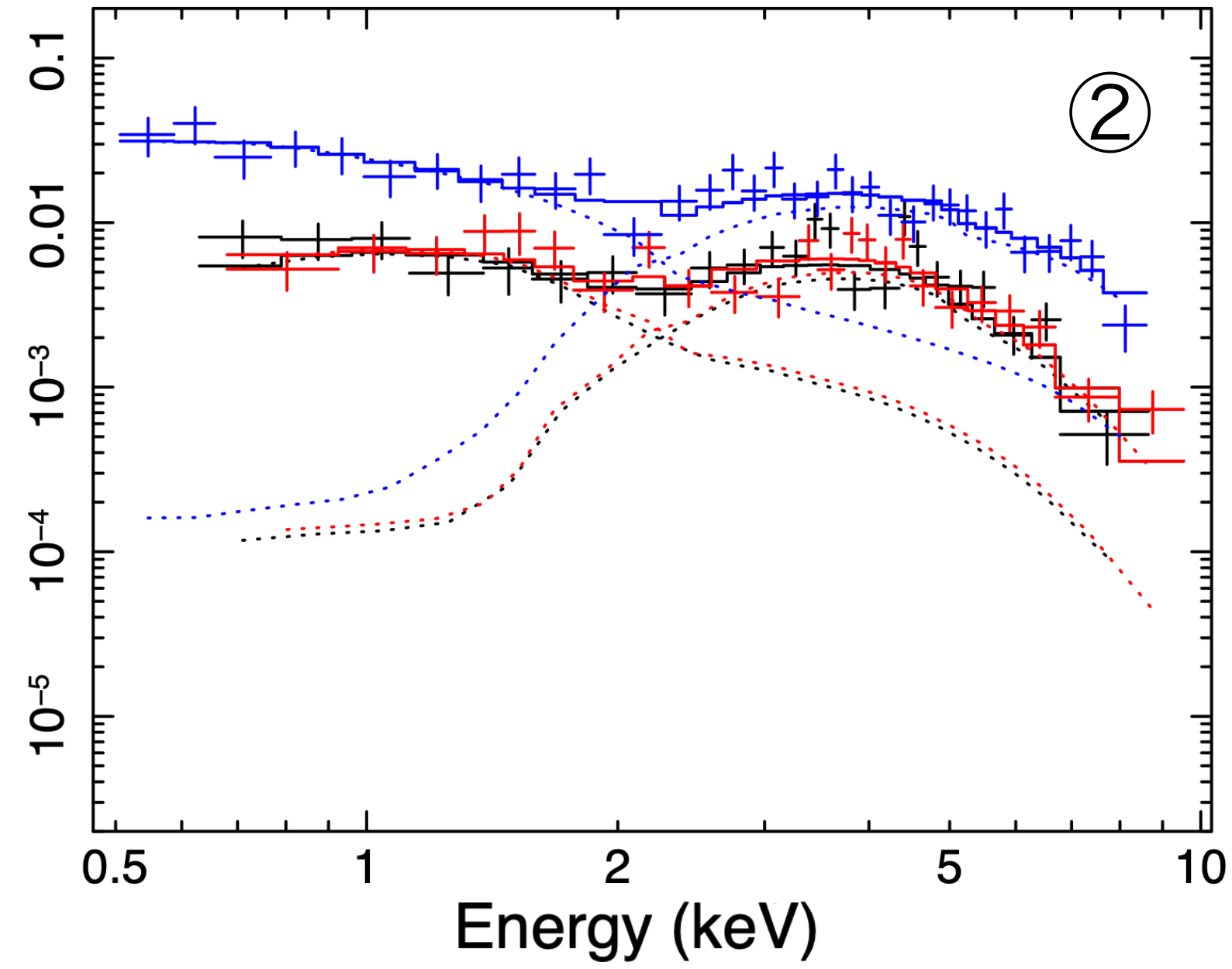
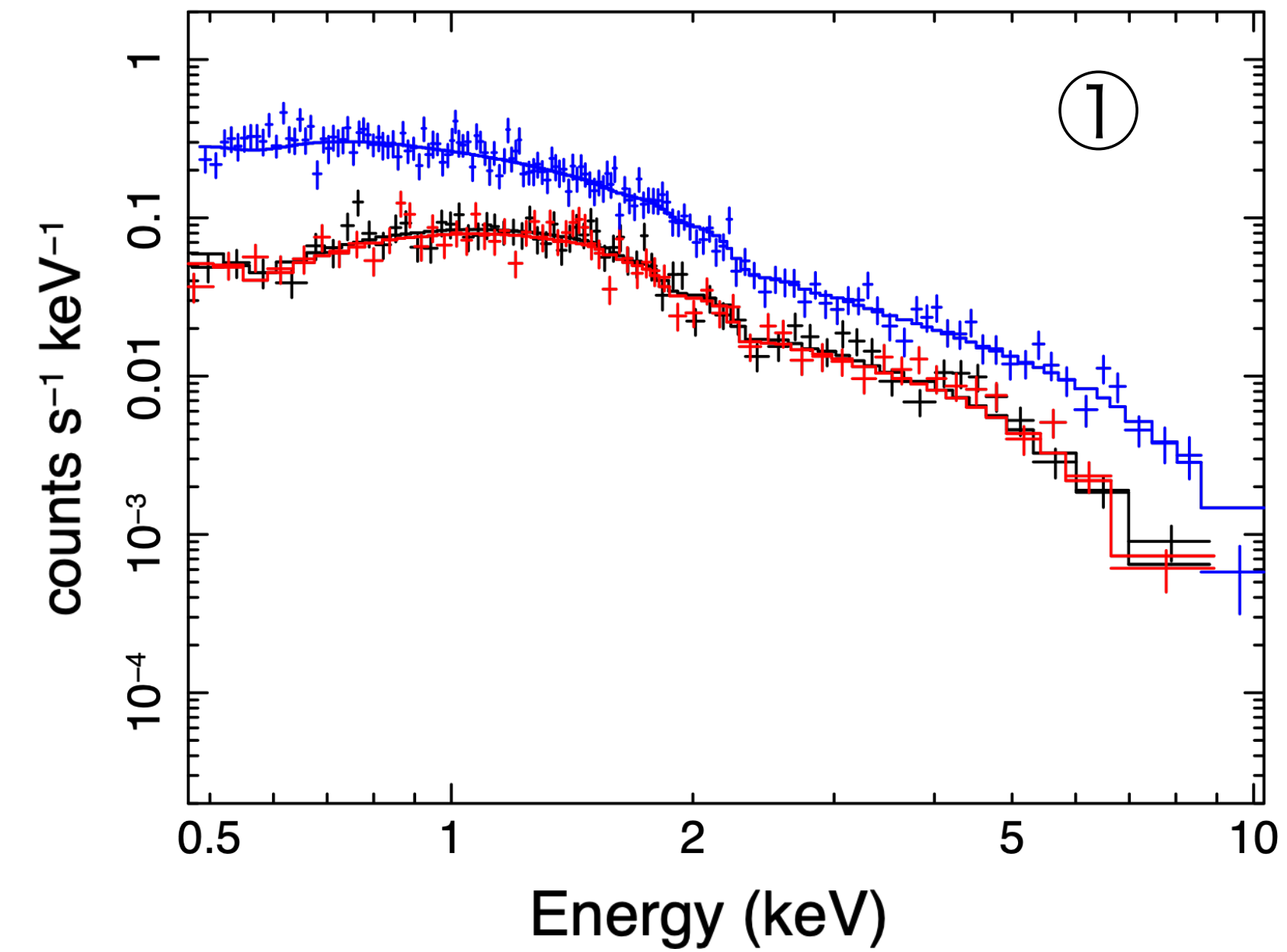
フェルミで検出されていない電波銀河



フェルミで検出されている電波銀河



5 天体のスペクトル解析



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

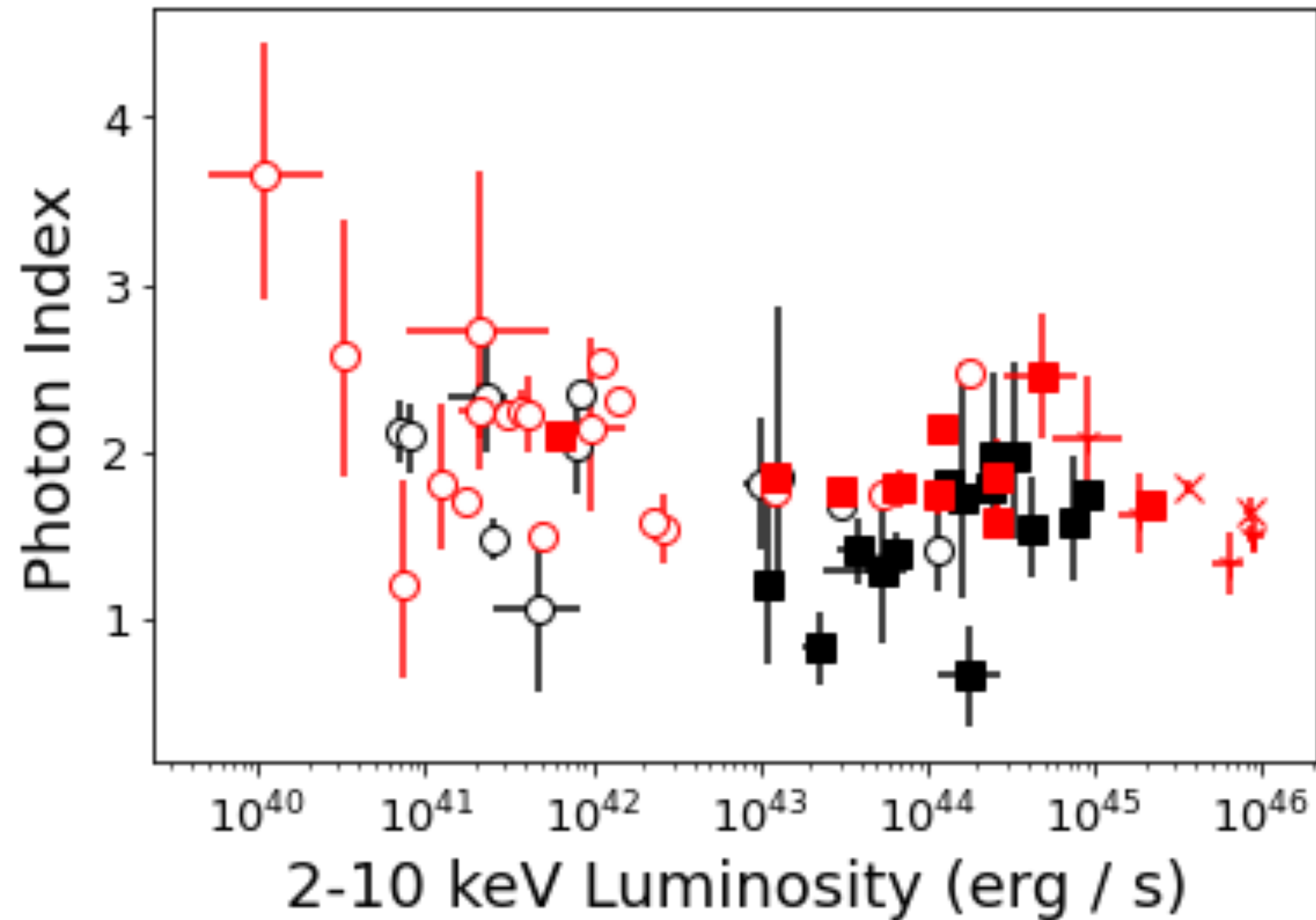
③ べき関数一つとガウス関数

④ べき関数一つと apec (高温プラズマ放射) モデル

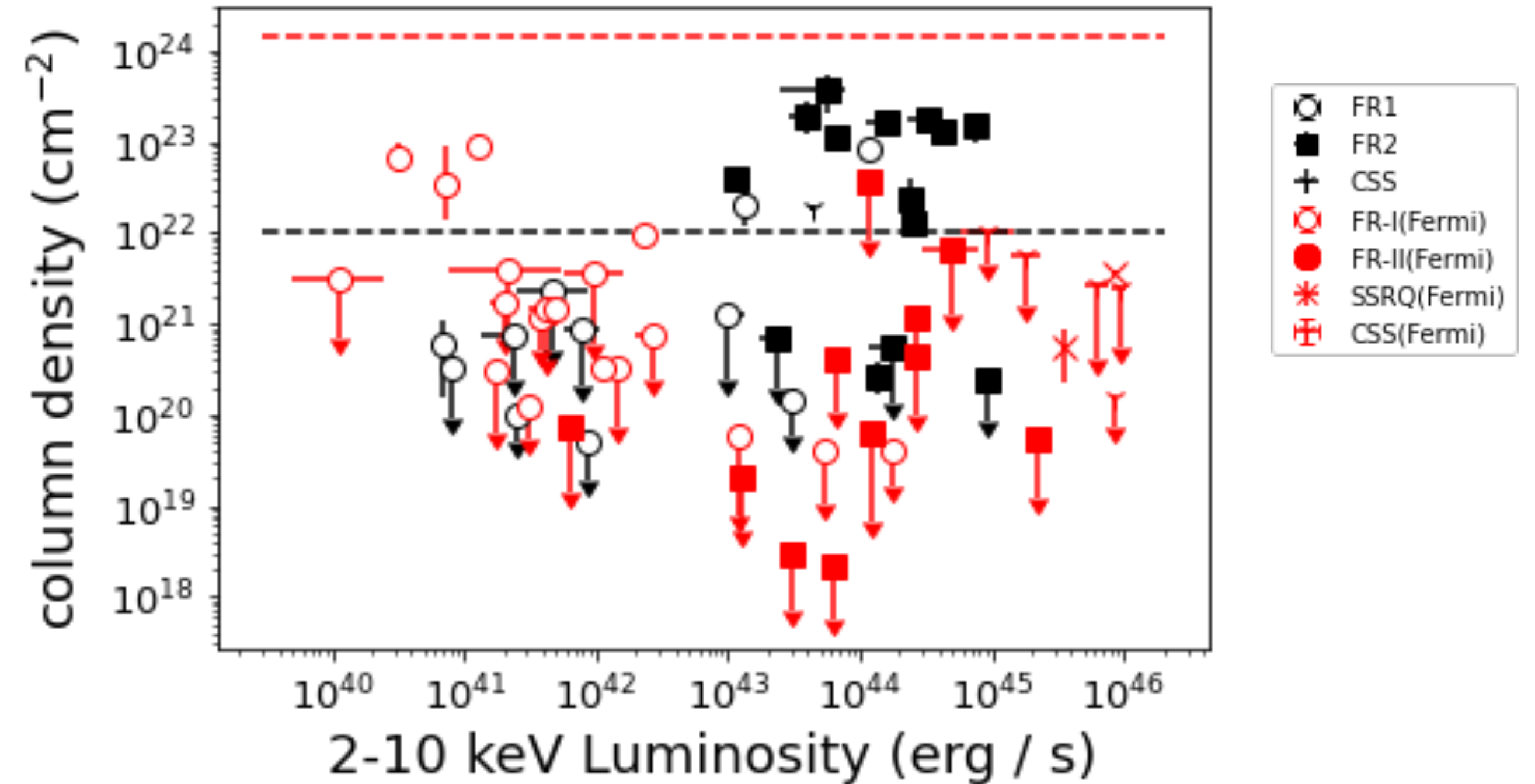
6 解析結果（散布図）

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

2—10 keVの光度 L_{2-10} erg/s vs べき関数のべき



2—10 keVの光度 L_{2-10} erg/s vs 天体の吸収量 N_H cm⁻²



- べき、光度ともにフェルミで検出されている天体と検出されていない天体の間に明らかな違いはない
- フェルミで検出されている天体は大きな吸収を受けているものが少ない

表 1: 吸収を受けている ($N_H > 10^{22} \text{cm}^{-2}$) 天体の比率

	FR-I	FR-II	CSS	SSRQ	全体
フェルミで検出されていない	0.18	0.77	1	-	0.52
フェルミで検出されている	0.16	0	0	0	0.08
全体	0.17	0.4	0.17	0	0.25

- ・ フェルミで検出されていない電波銀河は半数近くが吸収を受けている
- FR-I は吸収を受けている天体が少ない
- フェルミで検出されていないFR-II は多くが吸収を受けている

7 議論

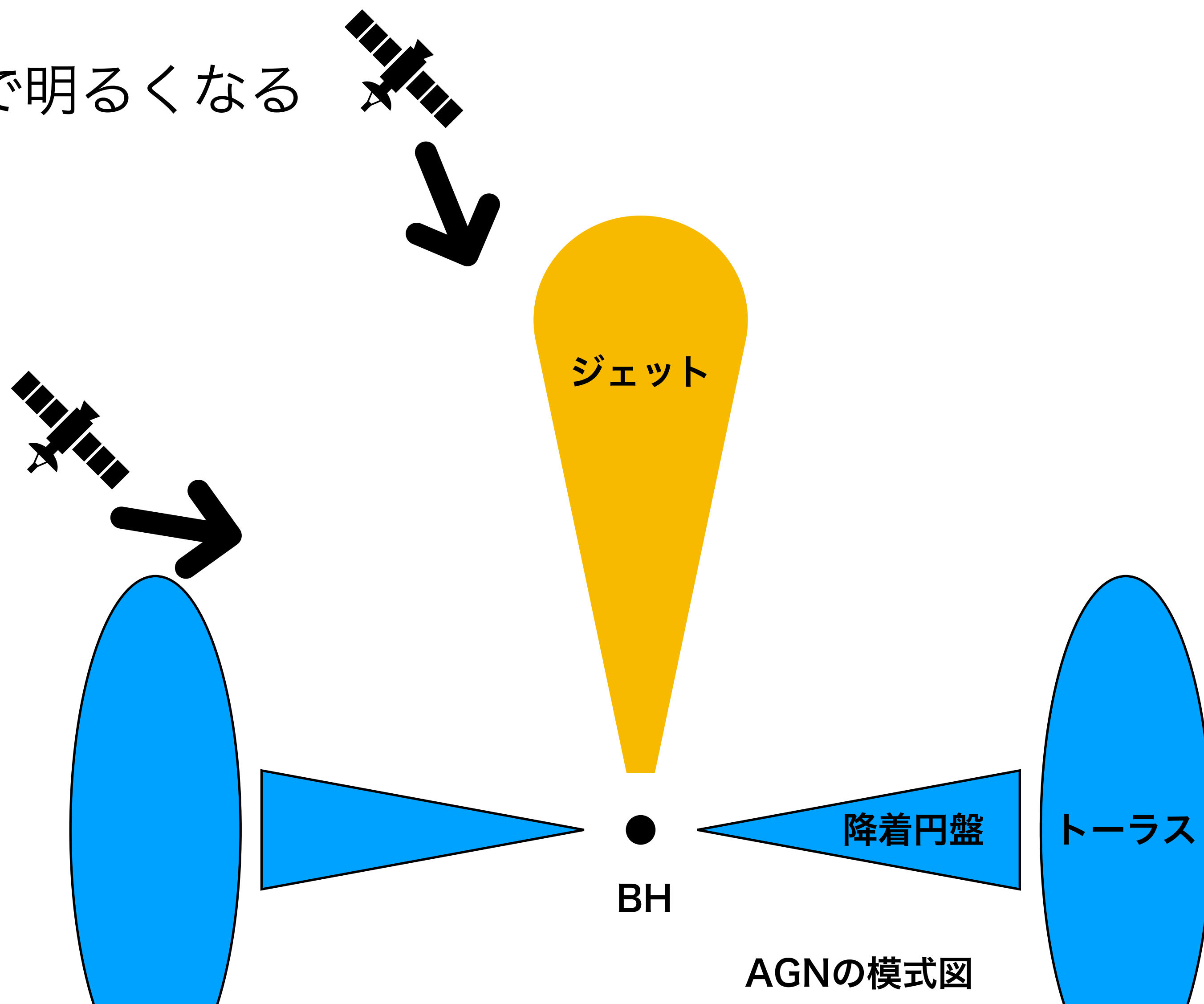
フェルミで検出されている電波銀河は天体の吸収がほとんどない

フェルミで検出されている電波銀河

- 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

フェルミで検出されていない電波銀河

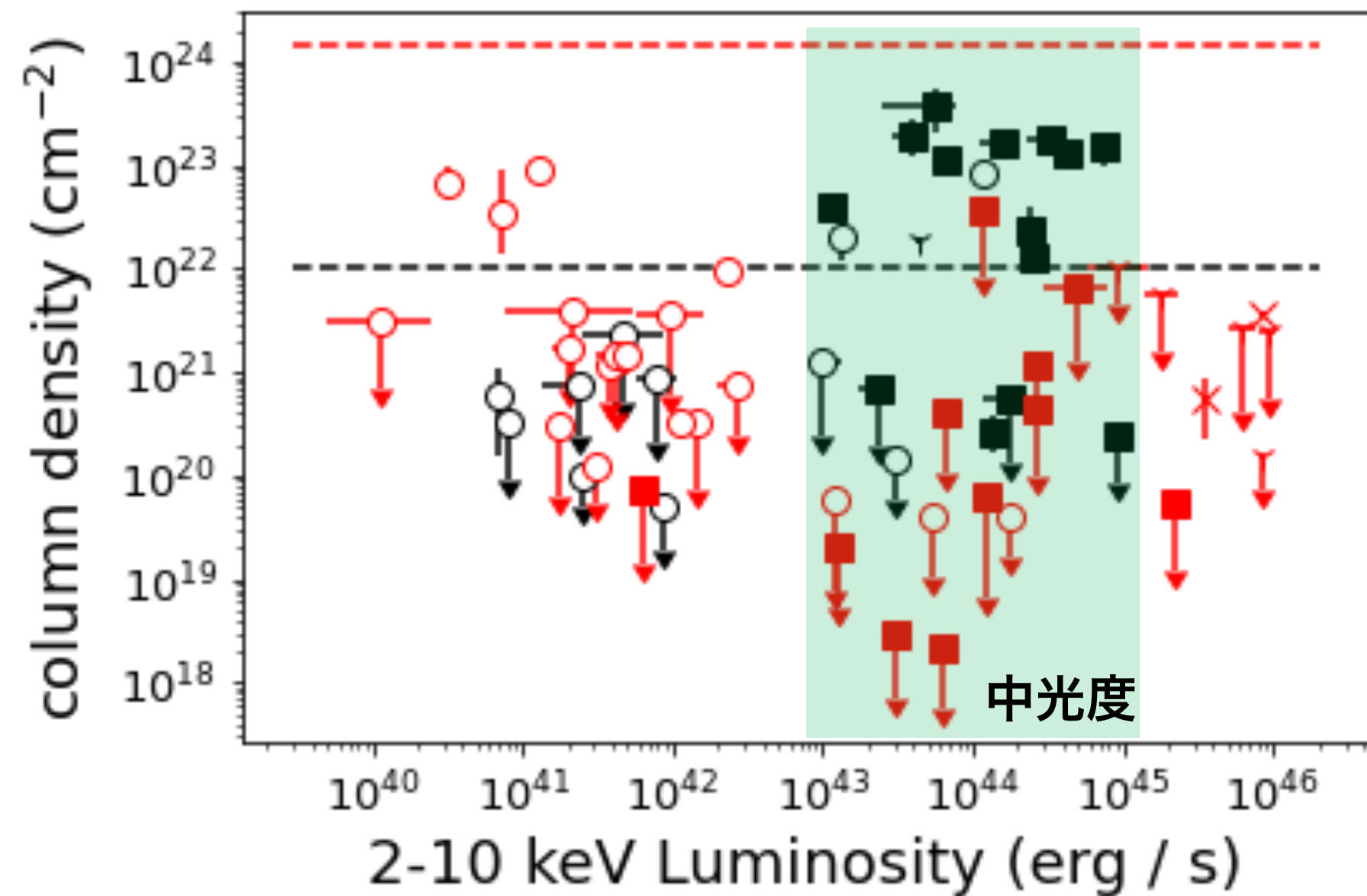
- ジェットのビーミング効果が弱く、ガンマ線の放射が弱くて見えにくい
- ジェットを大きな角度から見ている
- 放射はトーラスに遮られやすい



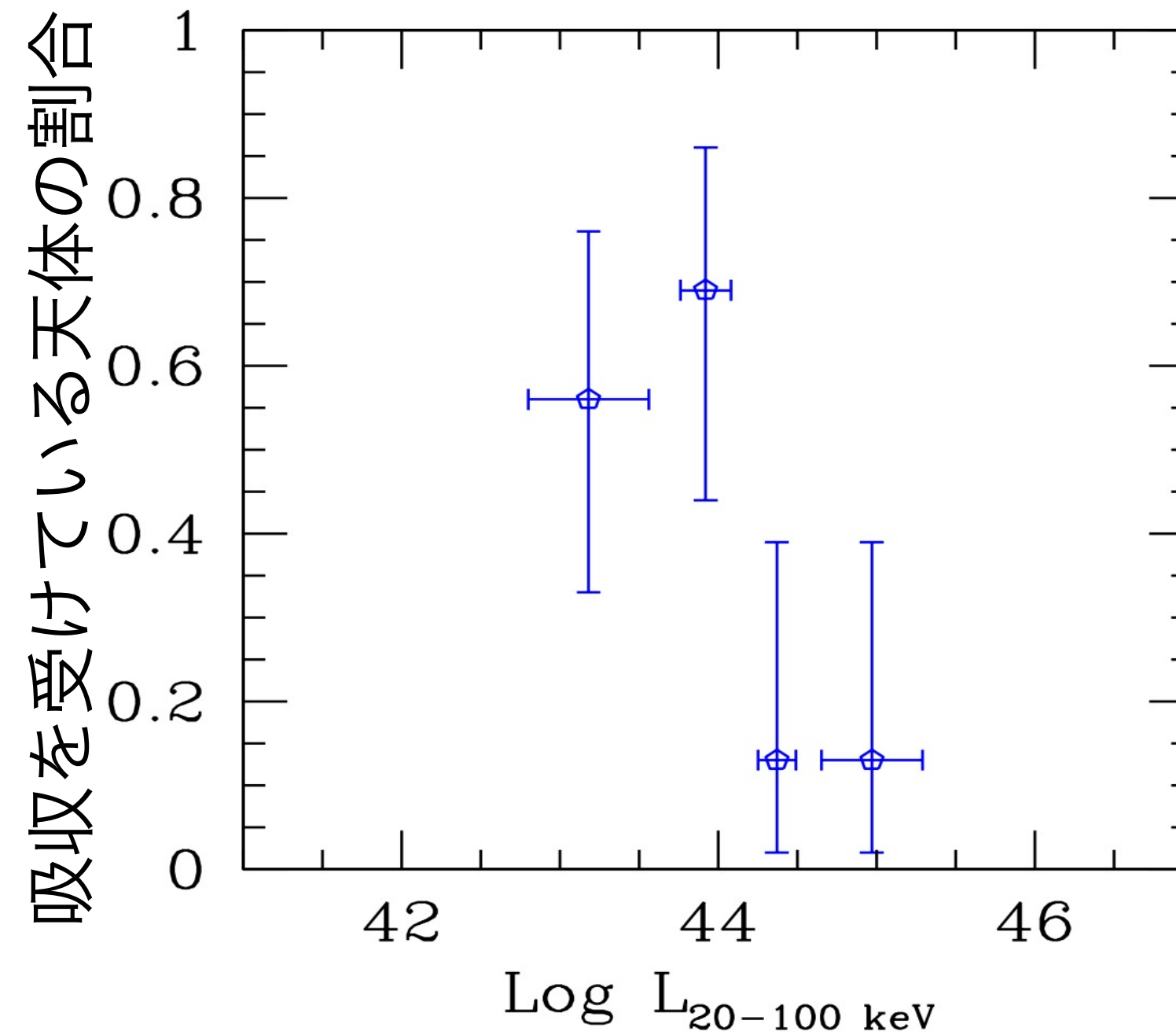
7 議論 (光度)

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

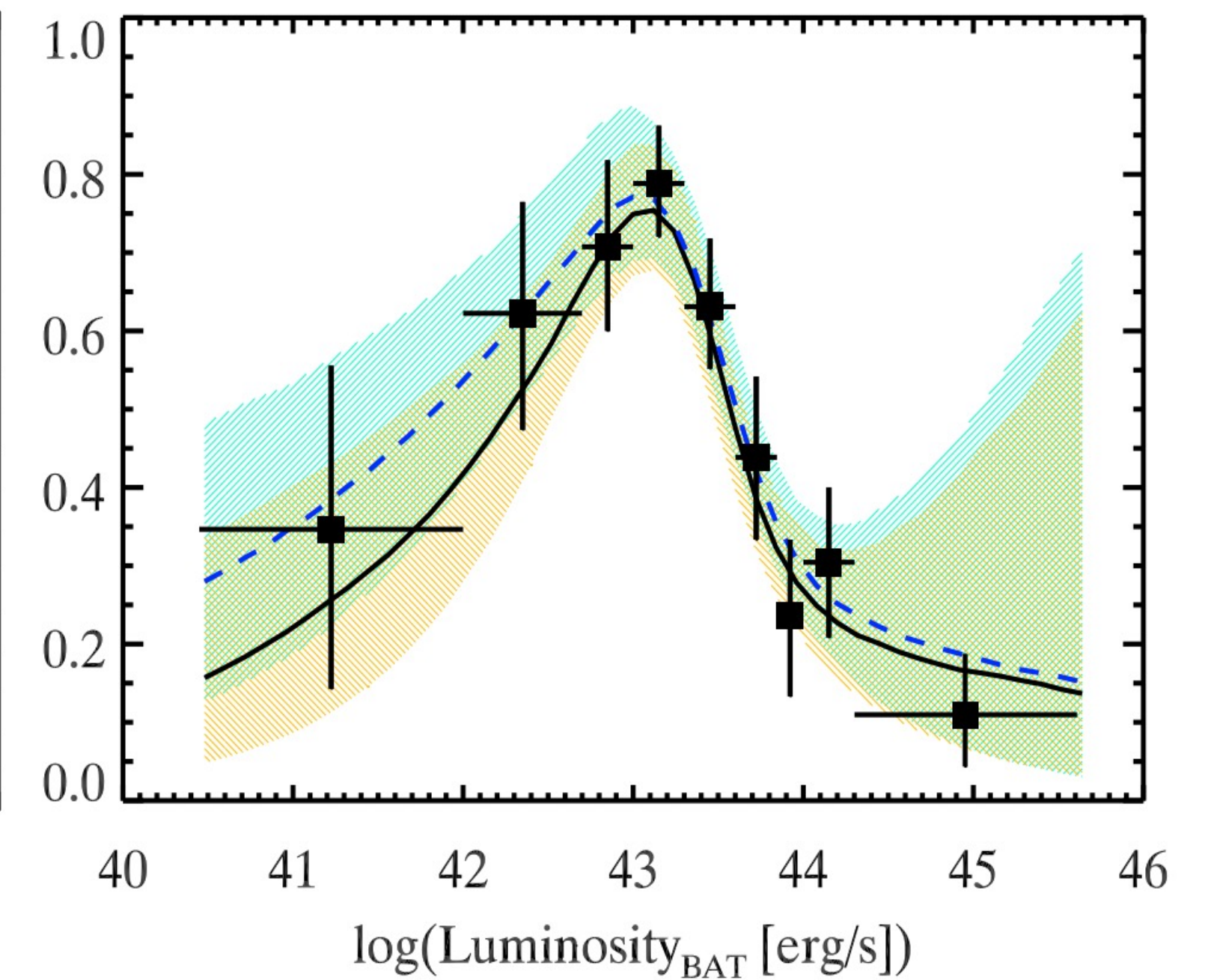
2—10 keVの光度 と 天体の吸収量 $N_H \text{ cm}^{-2}$



電波銀河
F. Panessa et al.(2016)



セイファート銀河
D. Burlon et al.(2011)



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

8 まとめ

- 電波銀河 63天体についてX線スペクトル解析を行なった
- フェルミで検出されている電波銀河は高エネルギー側の吸収がほとんどない
→ガンマ線で明るい電波銀河はジェットを小さめの角度で正面に近い方向から見ていて、ガンマ線で検出されない電波銀河はジェットを大きな角度から見ている
- 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
→高光度と低光度の電波銀河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ことがわかった

AGNのX線放射

AGNのX線スペクトルで見られる特徴：

- ・ AGNで一般的に見られる **べき関数** ($\propto E^{-\Gamma}$)
- ・ 放射がトーラスに散乱され生じる**鉄輝線**(6.4keV)
- ・ トーラスに遮られた放射は**吸収を受けたべき関数**となる

*周辺に高温プラズマが存在する場合、**高温プラズマ放射(apec)**成分が生じる

