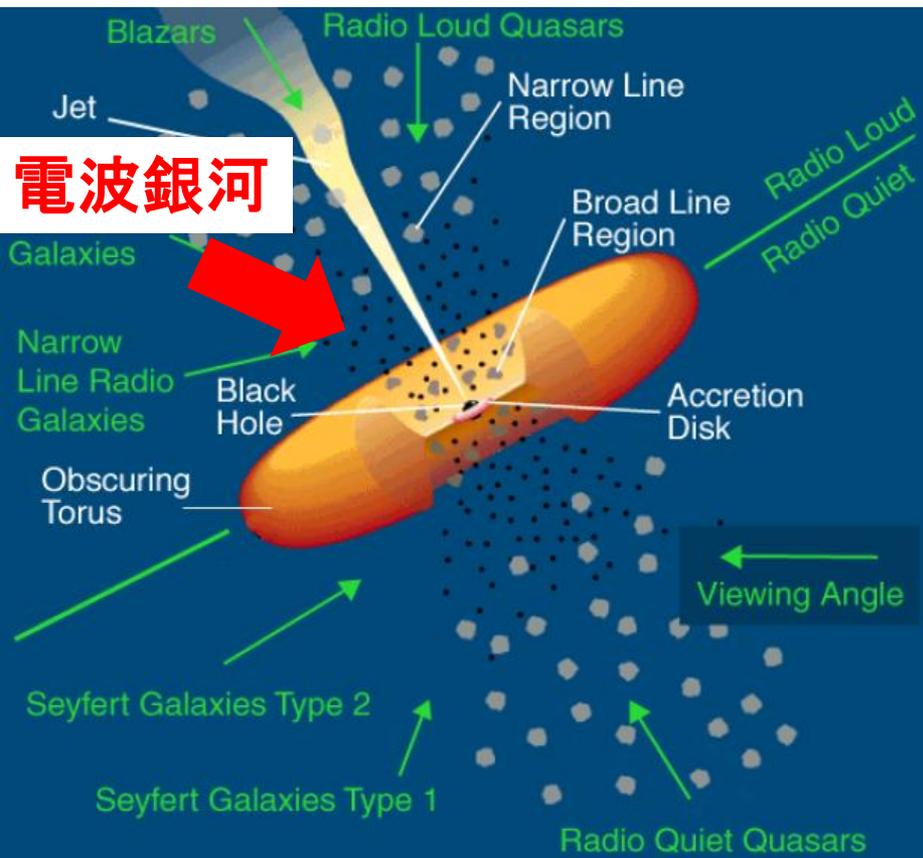


X線天文衛星「すざく」による
GeVガンマ線電波銀河
3C78,PKS0625-354の観測

徳田伸矢,深沢泰司,田中康之,
大野雅功,平木一至,伊藤亮介,山崎翔子,浦野剛志
(広島大学)

電波銀河



AGNの統一モデル

電波銀河・・・ジェットを斜め方向から見ている天体

ジェットの内部構造を探る上で重要な天体

最近になってガンマ線において、電波銀河のジェットに伴う放射が報告

(Abdo et al. 2010)

フェルミ衛星1年カタログでは11個の電波銀河がリストアップ

(Abdo et al. 2010)

GeVガンマ線電波銀河

Fermiで検出されたGeVガンマ線電波銀河 全11個

$z > 0.27$ 遠方のクエーサー一部類 3つ

$z < 0.06$ 近傍ガンマ線電波銀河 8つ

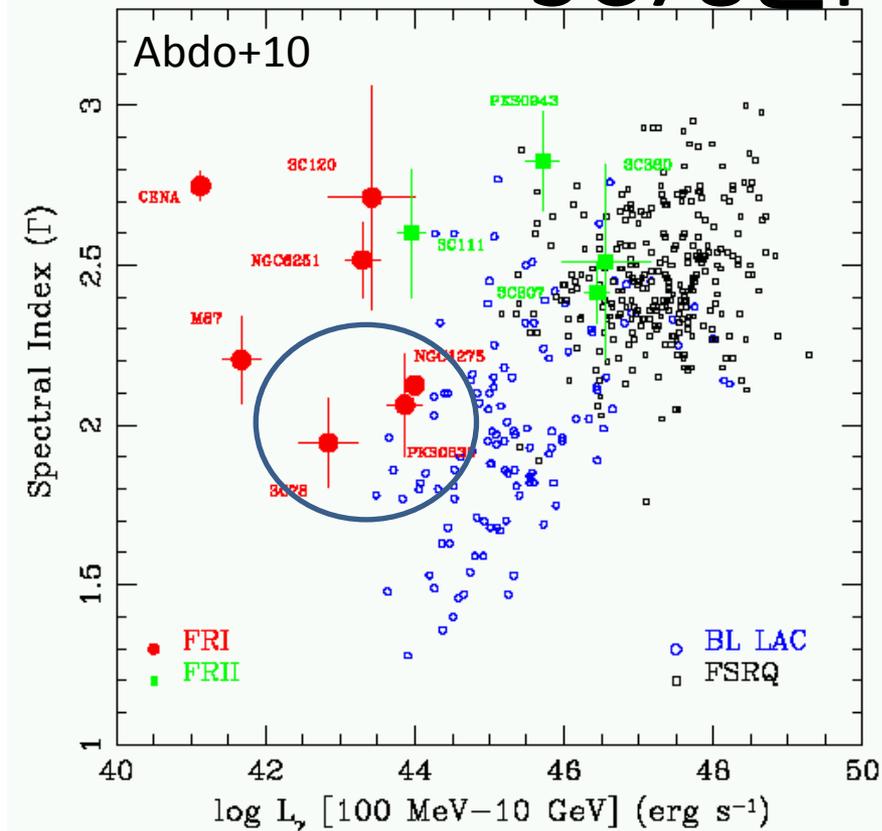
＜GeVガンマ線電波銀河を観測する意義＞

多波長スペクトルを理解することによりジェットのパラメータがわかる ⇒ 他電波銀河と比較することによりジェットの描像の理解へ(ジェットの多様性統一性)

多波長スペクトルを理解するうえで電波とGeVガンマ線の間をつなぐ領域にあたるX線は非常に重要

近傍ガンマ線電波銀河

3C78とPKS0625-354



<3C78とPKS0625-354の特徴>

- 他電波銀河と比べてガンマ線でのべきがフラット。
- X線でのべきが急である。
(powerlawでべき2-3)

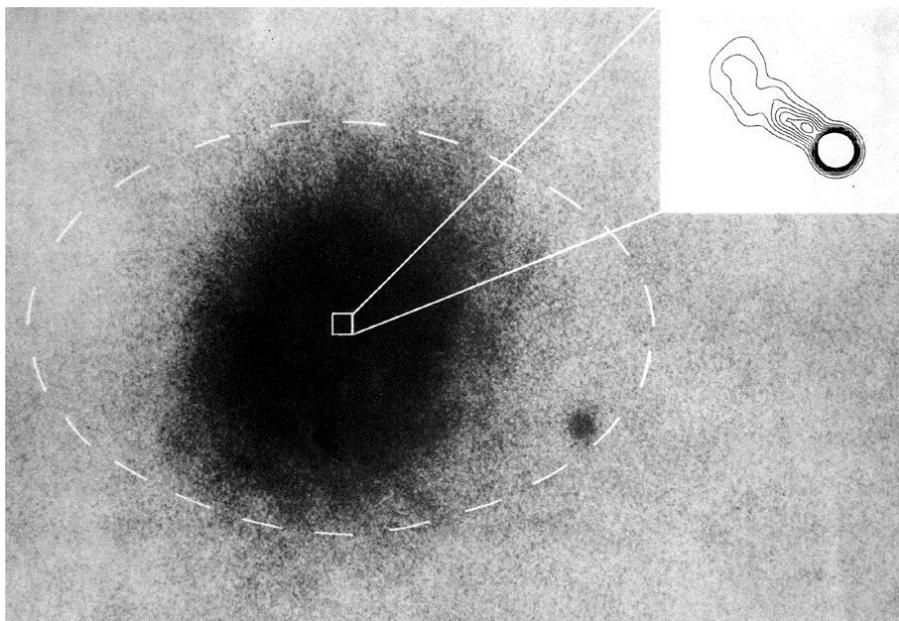
⇒ **他電波銀河には見られない特徴**

過去のX線での観測時間が短い。
(5~20 ks)

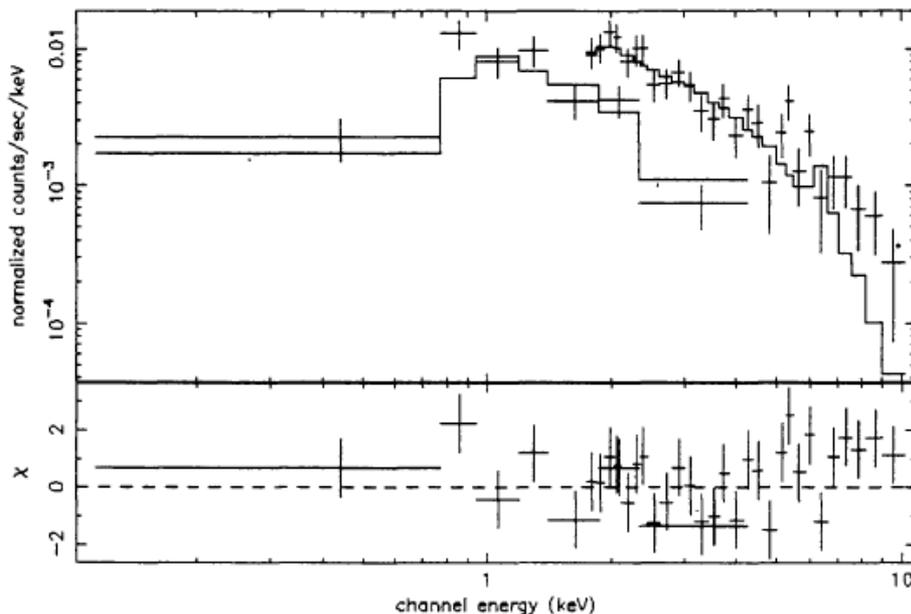
<目的>

電波銀河3C78とPKS0625-354のX線放射を「すざく」を用いて初めて詳細に観測(約90 ks)し、その放射起源が円盤かジェットかを特定することを目指す。

過去の観測結果 3C78 (NGC1218)



3C78 可視光画像(パロマー天文台)



3C78のBeppoSAXによるX線スペクトル
(Trussoni et al. 1999)

3C78(NGC1218)

形状

S0/a

活動性

Sy 1

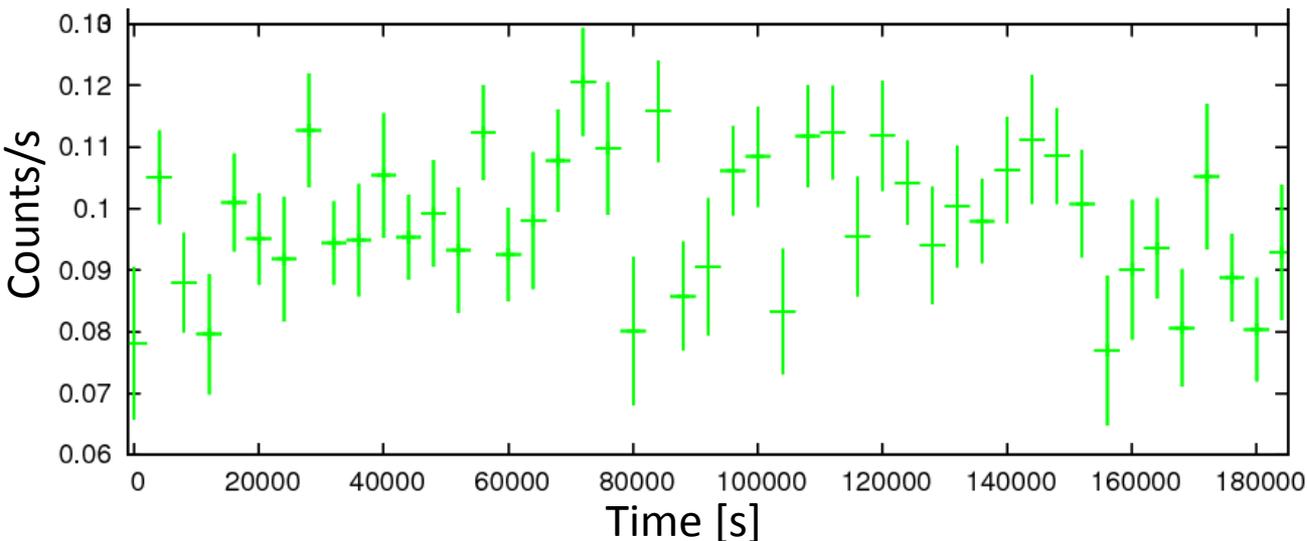
赤方偏移

0.029

- ・チャンドラでは点源とジェットが検出されている
- ・べき2-3のpowerlaw成分と温度0.6 keV程度の熱的放射
- ・高エネルギー側に等価幅0.4-1.6 keV程度の鉄ラインを伴った超過
- ・BeppoSAX 20 ks, Chandra 5 ks という短い観測

ディスク成分？

「すざく」での観測結果 3C78 (NGC1218)



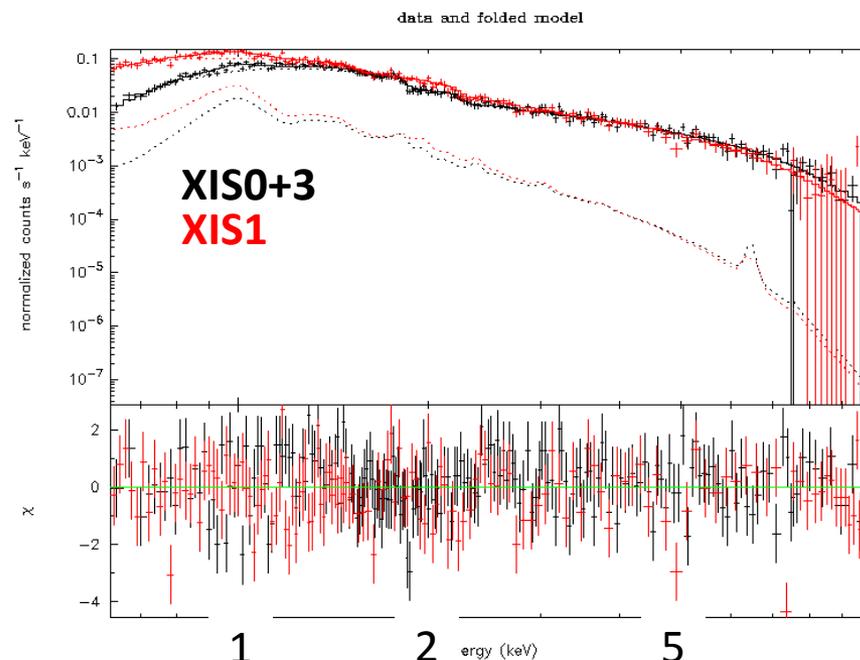
観測期間(約80 ks)
2011/08/20~08/22

観測中に大きな時間
変動は見られず。

光度: 1.9×10^{42} erg/s (2-10 keV)

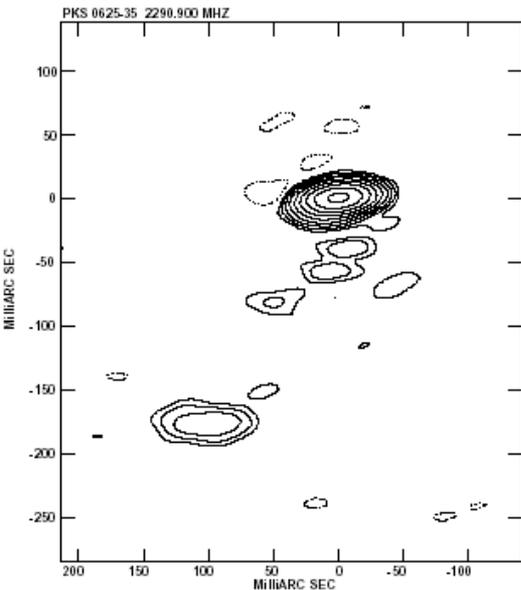
べき指数2.3のpowerlawと
温度1.2 keVの熱的放射でよく再現
できる。

鉄ラインの等価幅は64 eV以下

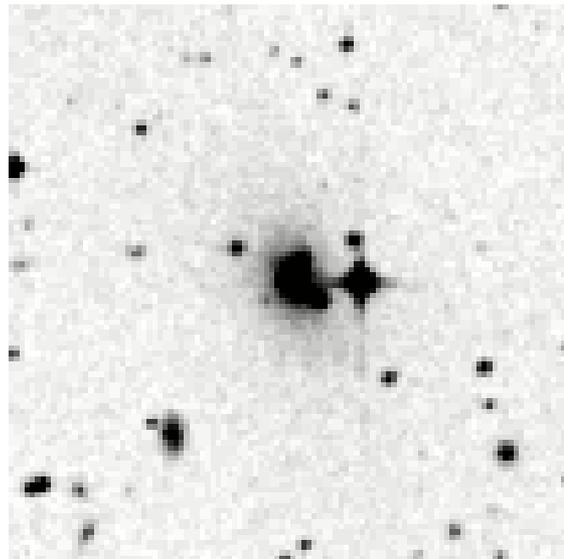


「すざく」によるX線スペクトル

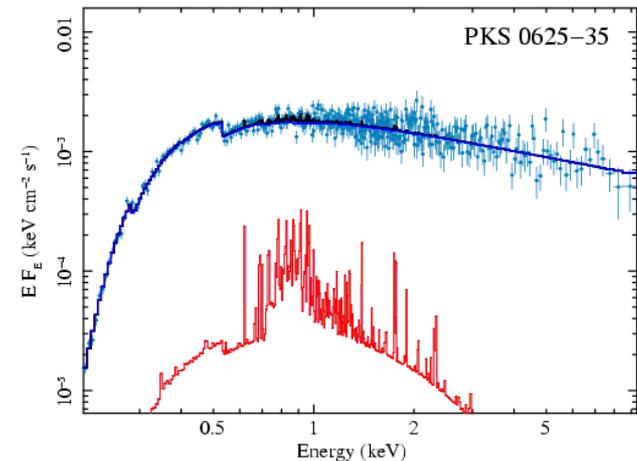
過去の観測結果 PKS0625-354



PKS0625-354の電波図
(Venturi et al. 2000)



PKS0625-354の可視光画像
(NED参照)



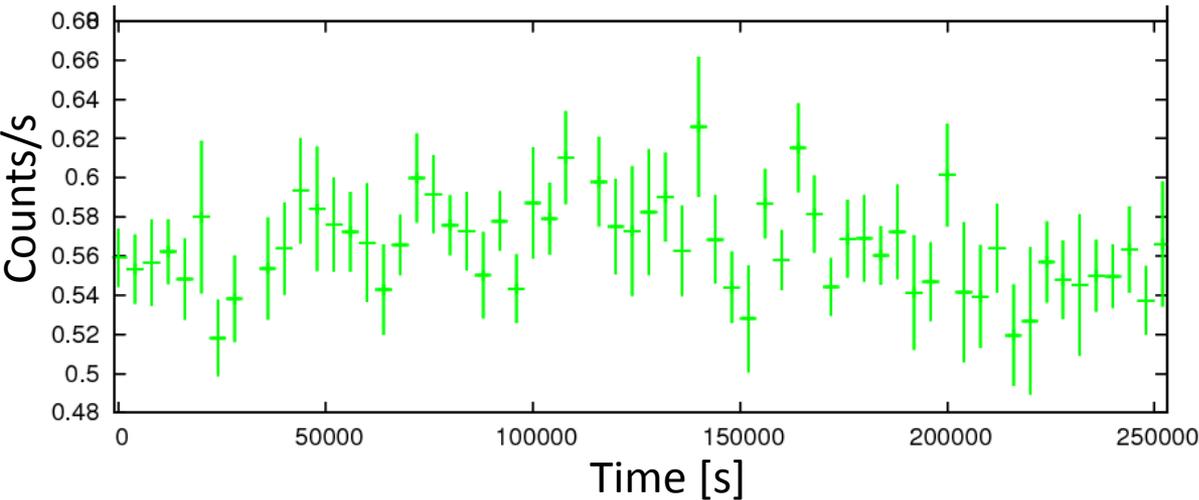
PKS0625-354のXMM-Newtonによる
X線スペクトル(Gliozzi et al. 2008)

PKS0625-354

形状	不明
活動性	LINER
赤方偏移	0.055

- ・チャンドラでは点源が検出されている。
- ・べき2.5程度のpowerlaw
- ・鉄ラインは等価幅の上限値178 eVが得られている。
- ・時間変動の報告
- ・最も統計の良いデータが観測時間13 ksのXMM-Newton

「すざく」での観測結果 PKS0625-354



観測期間(約90 ks)

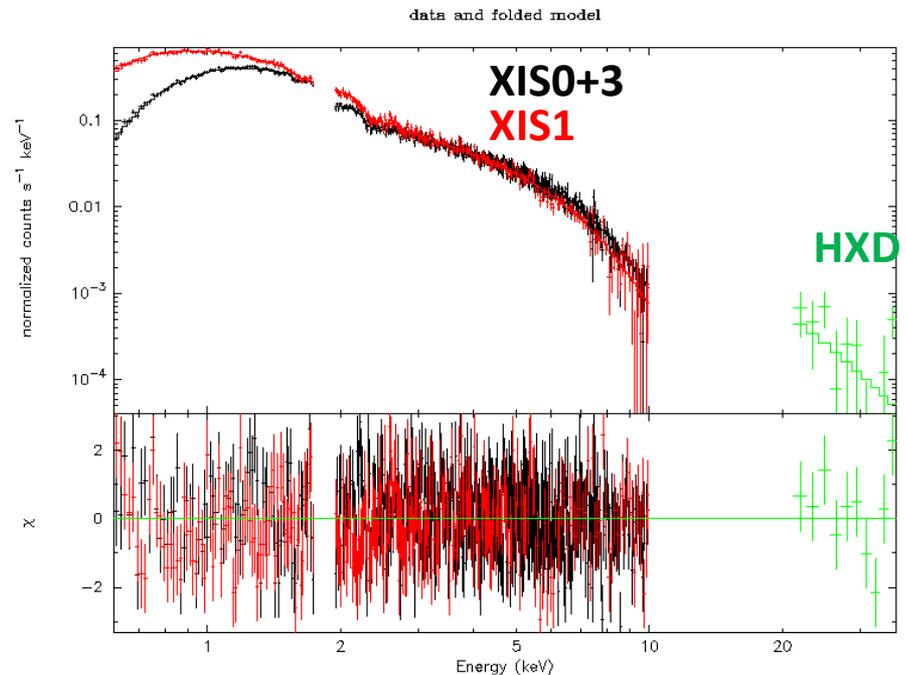
2011/11/03～11/06

前研究と同様約1割程度の
時間変動が見られた。

光度: 4.7×10^{43} erg/s (2-10 keV)

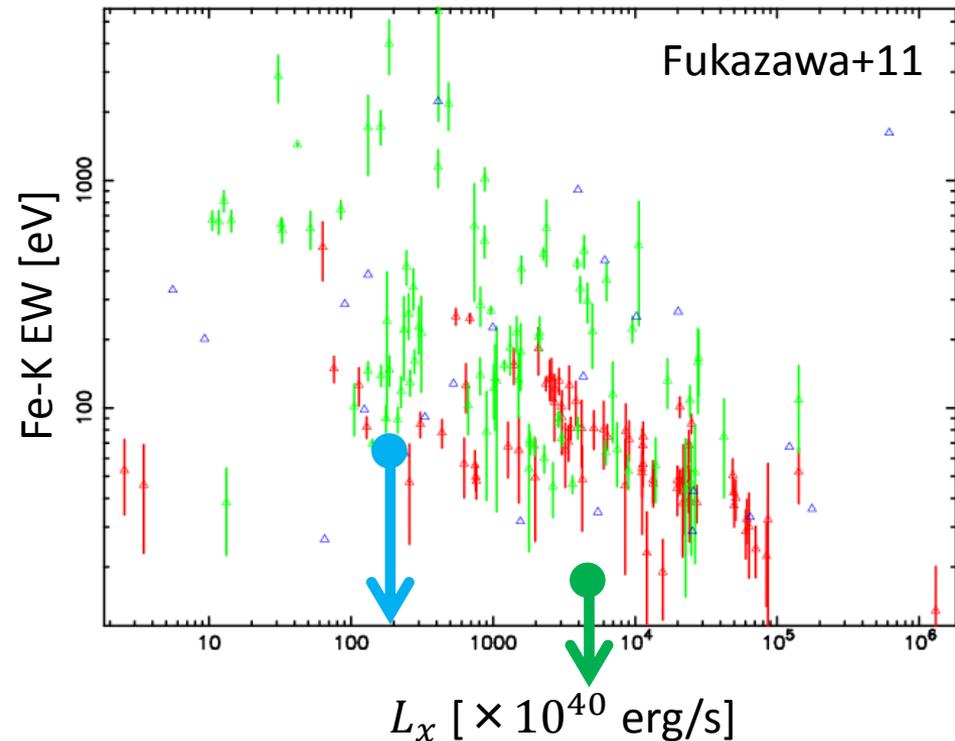
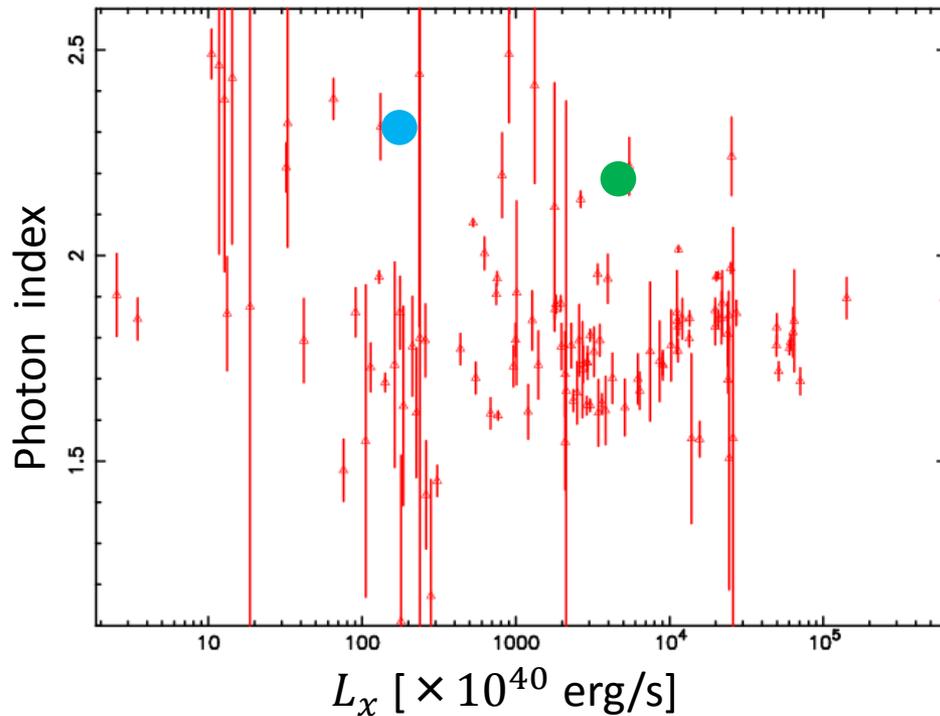
べき指数2.2のpowerlawでよく再現
できる。

鉄ラインの等価幅は17 eV以下
(強い制限)



「すざく」によるX線スペクトル

「すざく」で観測された セイファート銀河との比較



● 3C78

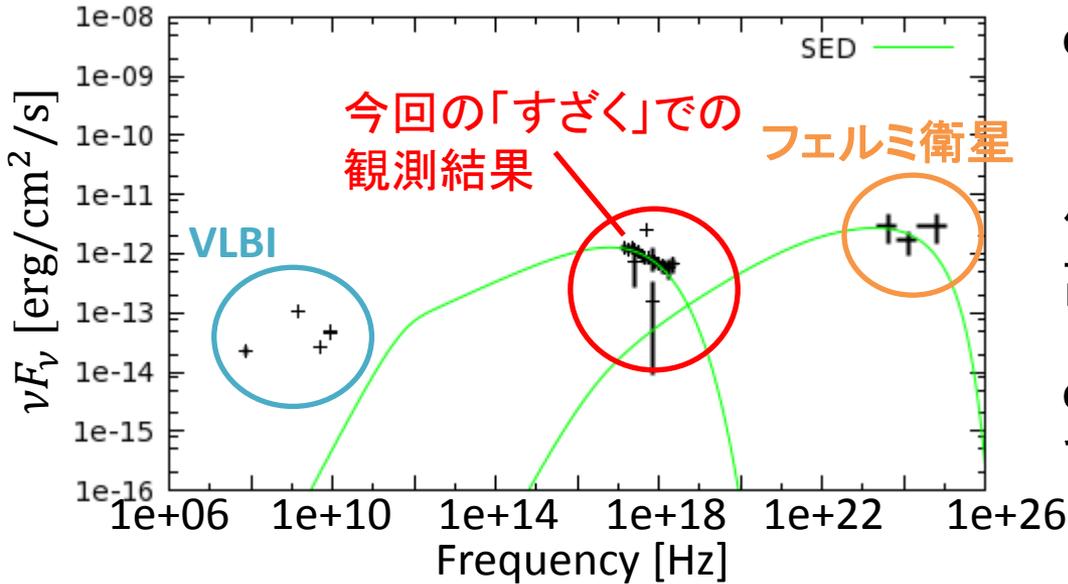
● PKS0625-354

- ・X線でのべきがかなり急である。
- ・通常のセイファート銀河と比べて有意に鉄ラインが検出されていない。

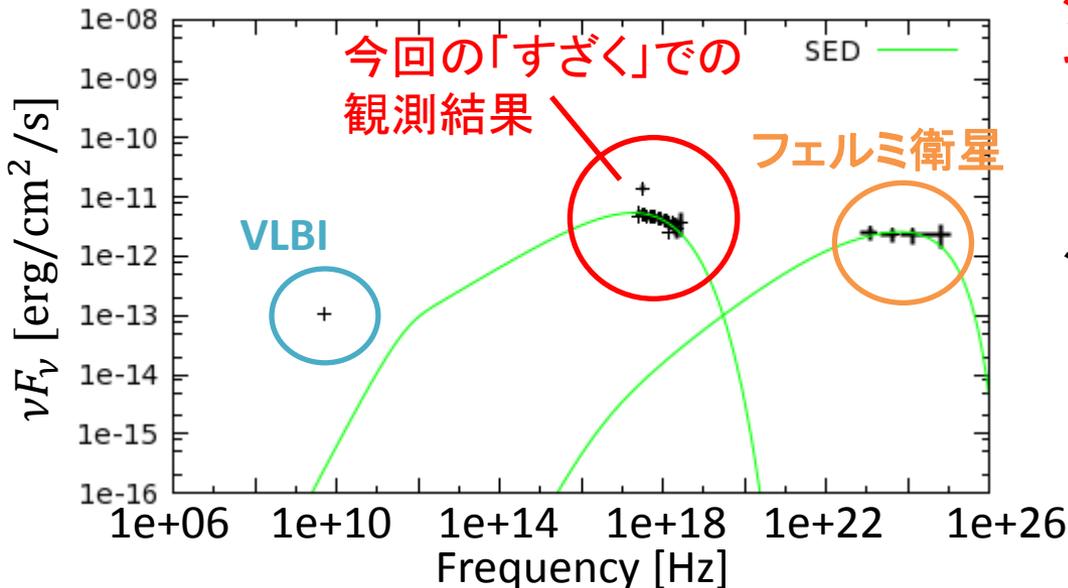
⇒ **ジェット起源(シンクロトロン)の放射である可能性**

3C78とPKS0625-354の多波長スペクトル

Spectral Energy Distribution of 3C 78



Spectral Energy Distribution of PKS0625-354



one zone synchrotron + SSC model
でフィッティング

低エネルギー側: シンクロトン放射
高エネルギー側: 逆コンプトン散乱

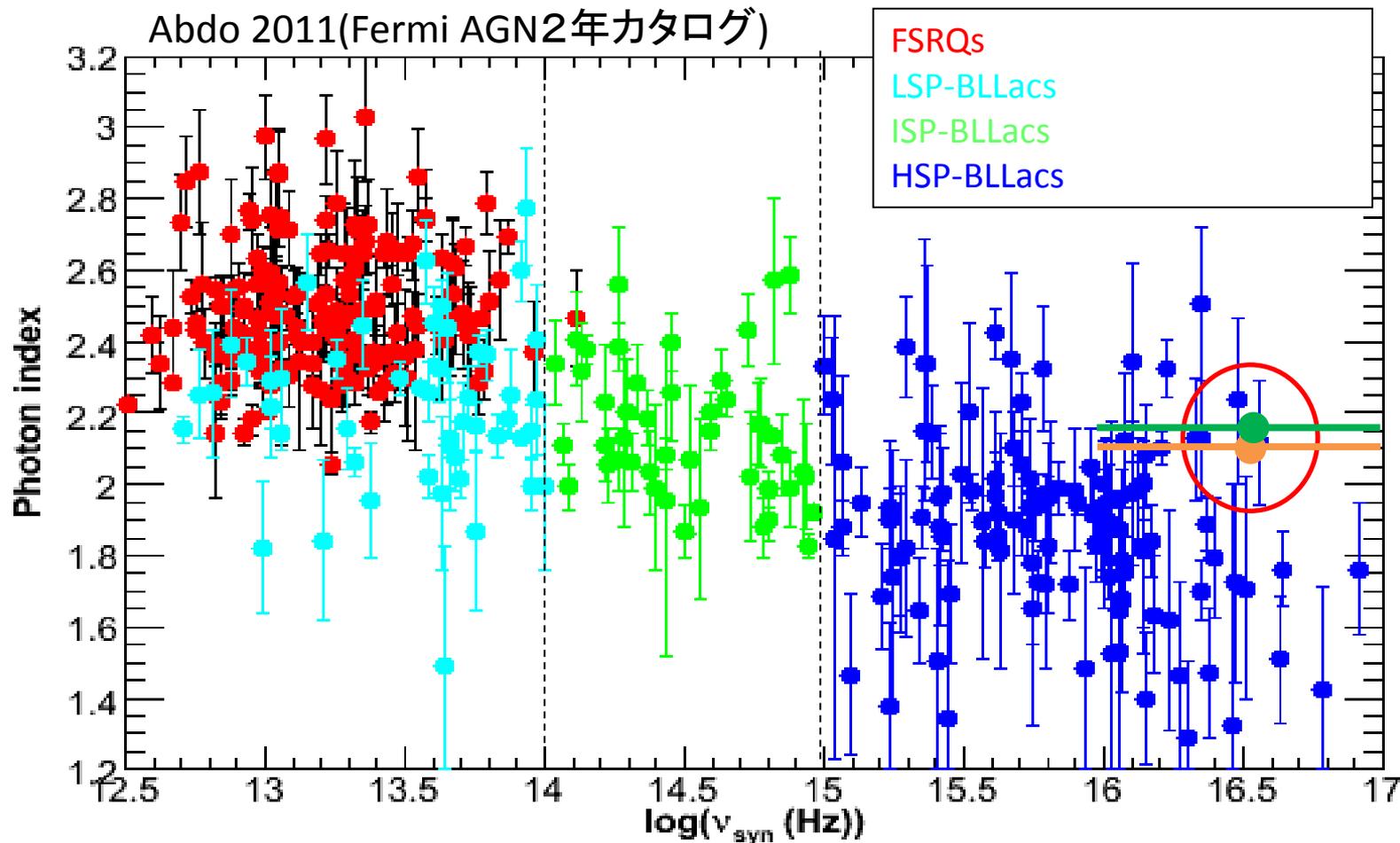
one zone synchrotron + SSC model
で概ね再現できている。



ジェット起源のシンクロトン放射
であると考えられる。

シンクロトンのピーク位置が高い
⇒ TeVブレーザーHBLに似ている

シンクロトロンピーク周波数 とガンマ線べき指数の関係



● 3C78

● PKS0625-354

両天体ともにTeVブレーザーHBLに
似ている(TeVガンマ線天体である可能性)

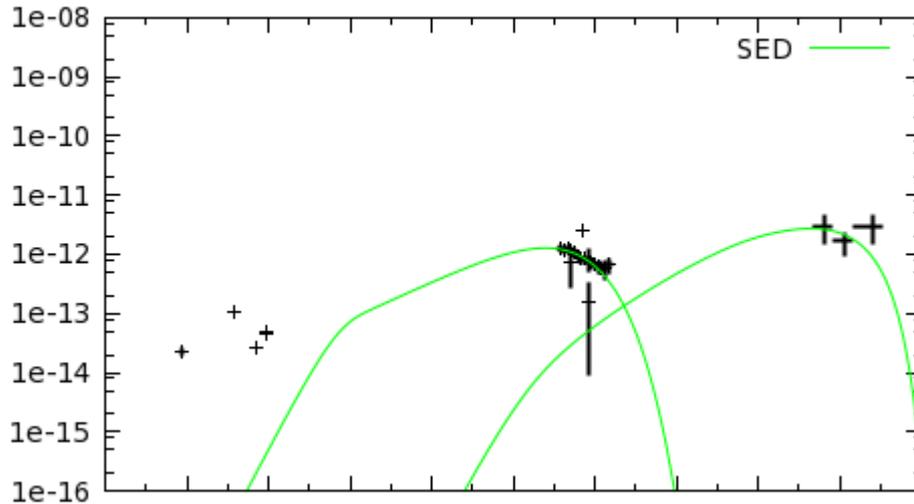
まとめ

- 電波銀河3C78(NGC1218), PKS0625-354のX線放射を「すざく」を用いて初めて詳細に観測した。
- X線スペクトルは両天体ともにべき2.2-2.3のpowerlawで再現でき、鉄ラインは有意に検出されなかった。
- SEDは、one zone synchrotron + SSC modelで概ね再現することができた。
- 両天体ともにシンクロトロン放射のピークが高く、ガンマ線のべきがフラットであり、TeVガンマ線HBLに似ている。
(TeVガンマ線望遠鏡での観測を検討中)

保留トラペ

3C78のSEDプロット

Spectral Energy Distribution of 3C 78

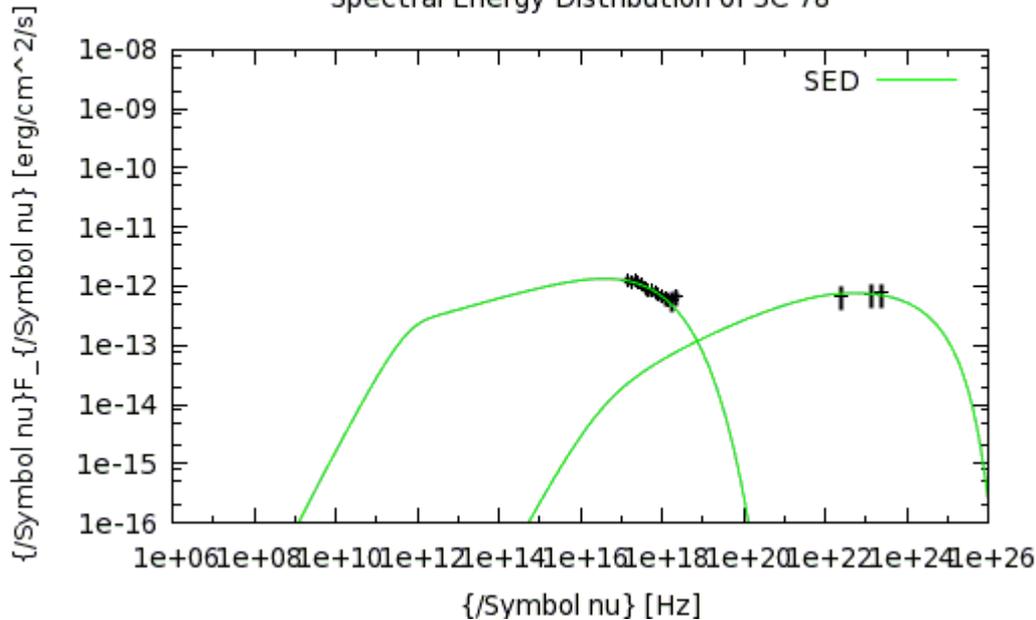


時間平均スペクトルは、SSCモデルでよく再現できている。

磁場[G]	5.963 ± 0.002
ドップラーファクター	1.878 ± 0.004
放射領域サイズ [$\times 10^4$ sec]	1.6 ± 0.2
電子スペクトルNorm [$\times 10^{52}$ erg/s/gamma]	1.9 ± 0.8
電子スペクトルのべき	2.36 ± 0.04
電子スペクトルのカットオフエネルギー [$\times 10^4$]	7.2 ± 0.7

3C78のSEDプロット(old)

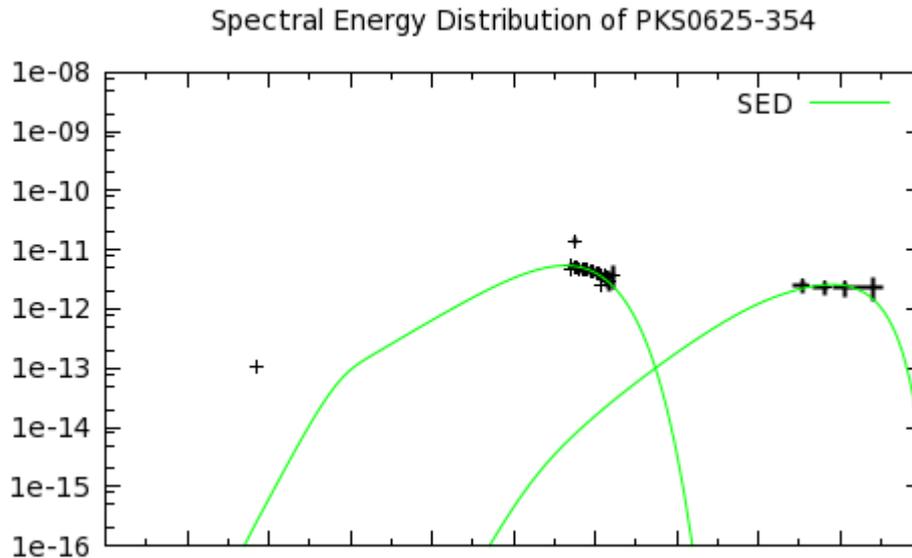
Spectral Energy Distribution of 3C 78



時間平均スペクトルは、SSCモデルでよく再現できている。

磁場[G]	5.761 ± 0.002
ドップラーファクター	2.0293 ± 0.0005
放射領域サイズ[$\times 10^4$ sec]	4.1 ± 0.5
電子スペクトルNorm [$\times 10^{53}$ erg/s/gamma]	2.0 ± 0.6
電子スペクトルのべき	2.60 ± 0.03
電子スペクトルのカットオフエネルギー[$\times 10^5$]	9 ± 1

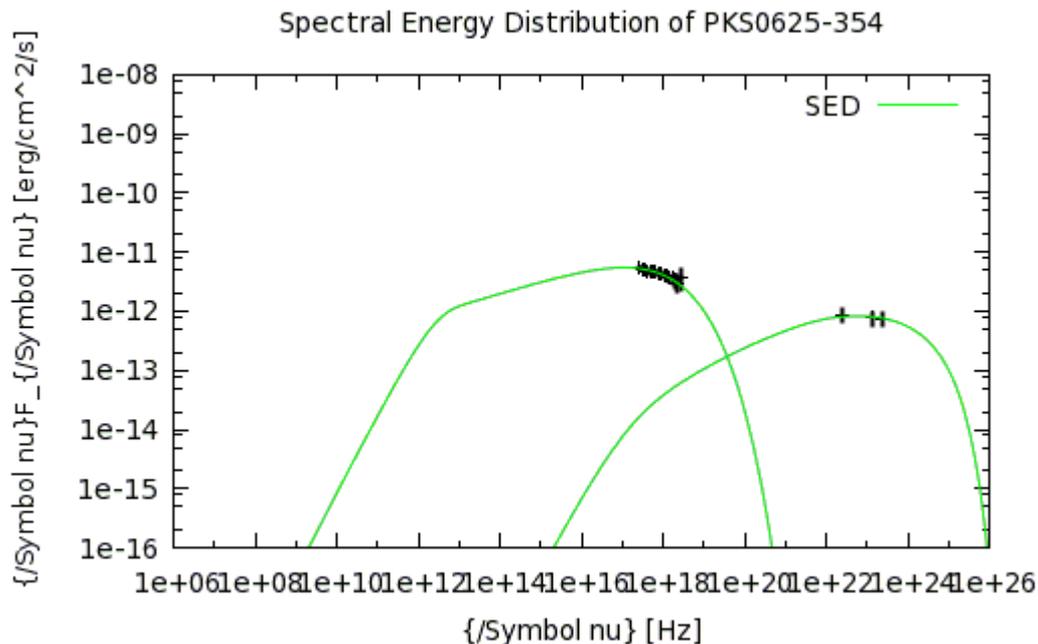
PKS0625-354のSEDプロット



時間平均スペクトルは、SSC
モデルでよく再現できている。

磁場[G]	5.50542 ± 0.00004
ドップラーファクター	2.00000 ± 0.00001
放射領域サイズ [$\times 10^4$ sec]	7.9 ± 0.5
電子スペクトルNorm [$\times 10^{52}$ erg/s/gamma]	3.0 ± 0.3
電子スペクトルのべき	2.18 ± 0.01
電子スペクトルのカットオフエネルギー [$\times 10^4$]	9.7 ± 0.5

PKS0625-354のSEDプロット(old)



時間平均スペクトルは、SSCモデルでよく再現できている。

磁場[G]	26.7377 ± 0.0009
ドップラーファクター	2.1099 ± 0.0004
放射領域サイズ[$\times 10^4$ sec]	2.7 ± 0.1
電子スペクトルNorm [$\times 10^{52}$ erg/s/gamma]	3 ± 1
電子スペクトルのべき	2.58 ± 0.03
電子スペクトルのカットオフエネルギー[$\times 10^4$]	6.7 ± 0.5

銀河の形状

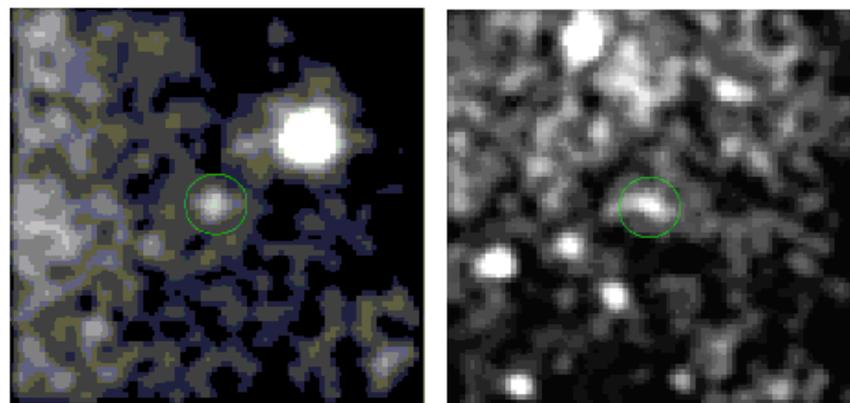


AGNのタイプ	赤方偏移 z	$L_x [ergs^{-1}]$	母銀河	空間密度 [$h^3 Gpc^{-3}$]	輝線幅
Syfert1型銀河	< 0.1	10^{42-44}	渦巻	4×10^4	広+狭
Syfert2型銀河	< 0.1	10^{42-44}	渦巻	1×10^4	狭
RQ QSO	> 0.1	10^{44-47}	楕円、渦巻	100	広
電波銀河	< 0.3	10^{43-45}	楕円	3×10^3	広/狭
ブレーザー	< 0.3	10^{43-45}	楕円	3×10^3	輝線なし
RL QSO	> 0.1	10^{44-48}	楕円、渦巻	3	広

電波の弱いAGN

電波の強いAGN





Fermiによる3C78(左), PKS0625-354(右)

周辺のガンマ線イメージ

緑はそれぞれの天体を中心とした

半径1度の円

見つかった8個の近傍ガンマ線電波銀河をすべてX線で
詳細に観測してX線放射起源を特定することは、ジェット
の多様性統一性を明らかにするために重要