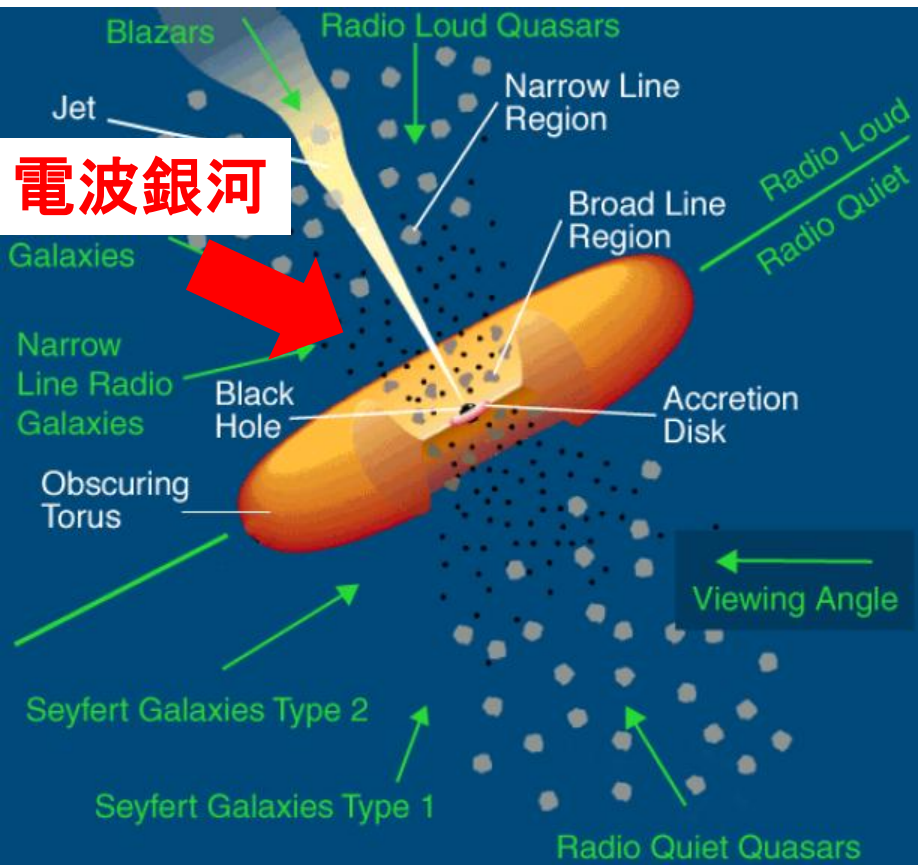


X線天文衛星「すざく」による  
GeVガンマ線電波銀河  
3C78,PKS0625-354の観測

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

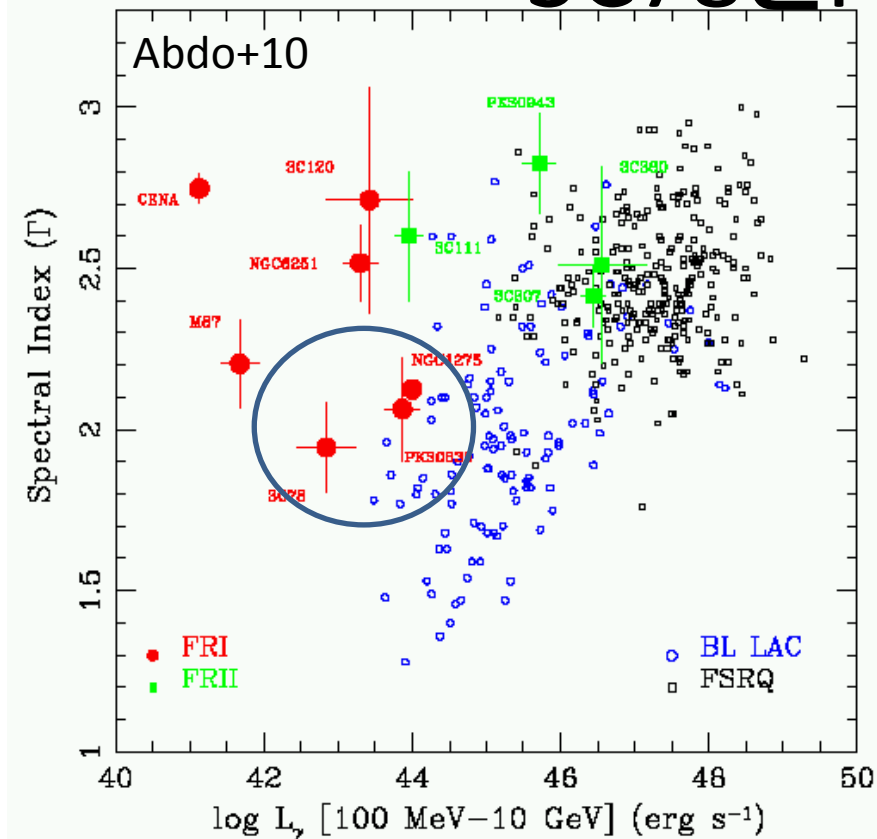
＜GeVガンマ線電波銀河を観測する意義＞

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)

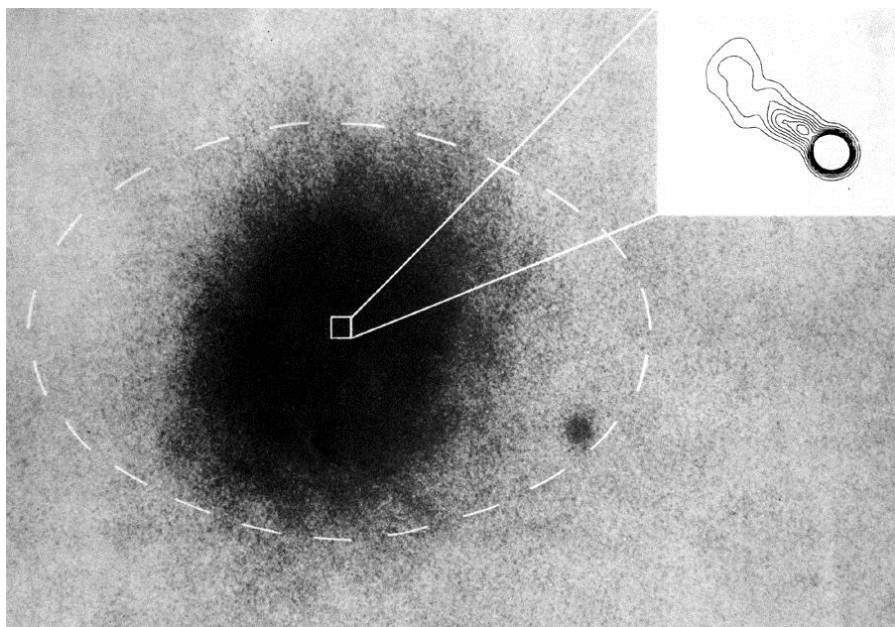
⇒ **他電波銀河には見られない特徴**

過去のX線での観測時間が短い。  
(5~20 ks)

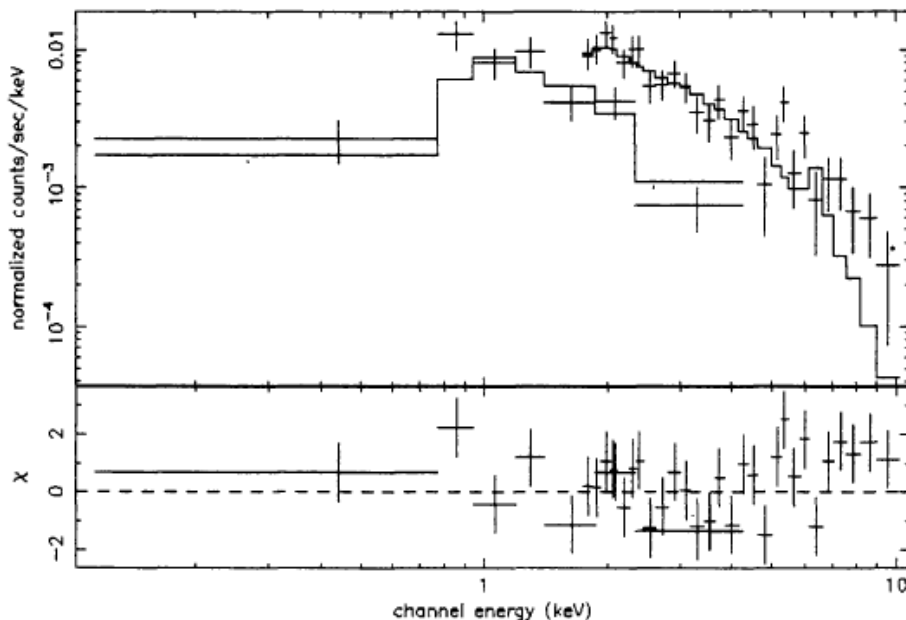
### <目的>

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)

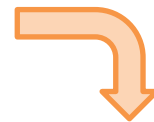


3C78のBeppoSAXによるX線スペクトル  
(Trussoni et al. 1999)

## 3C78(NGC1218)

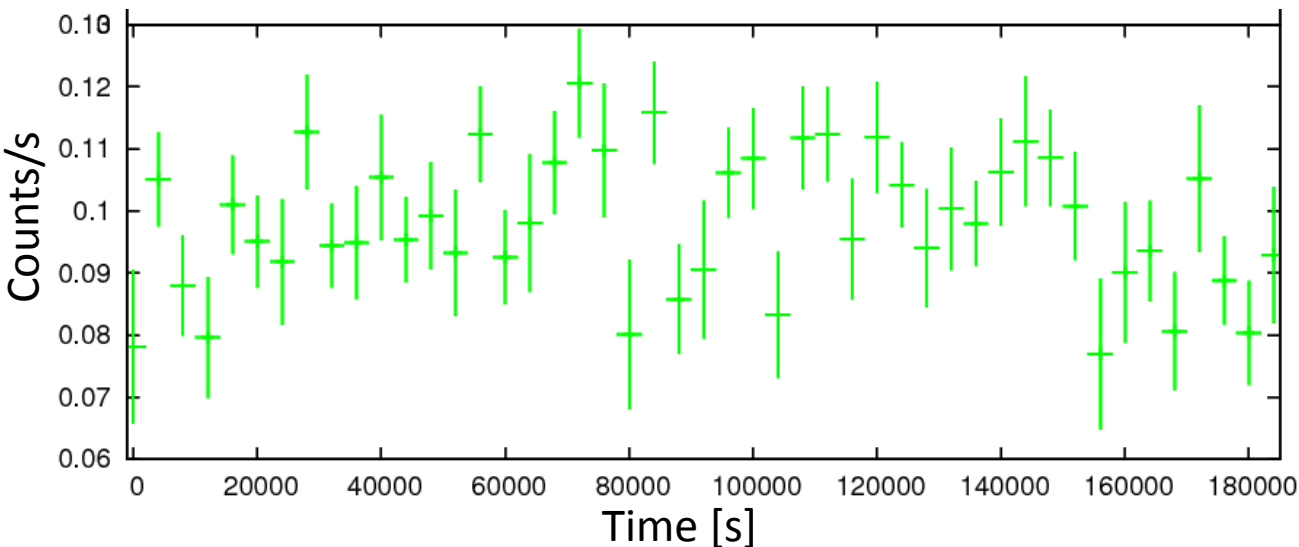
形状	S0/a
活動性	Sy 1
赤方偏移	0.029

- ・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)



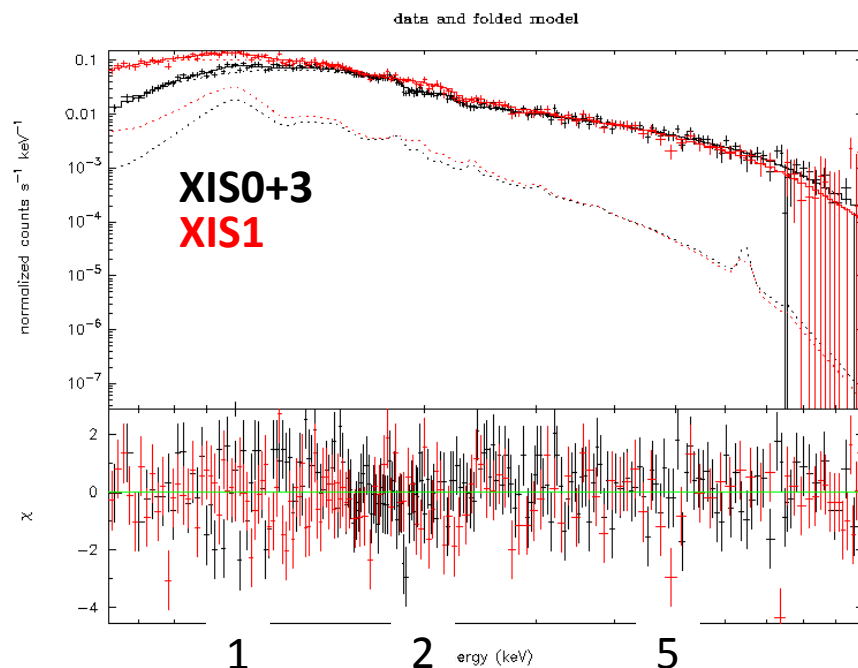
観測期間(約80 ks)  
2011/08/20~08/22

観測中に大きな時間  
変動は見られず。

光度:  $1.9 \times 10^{42}$  erg/s (2-10 keV)

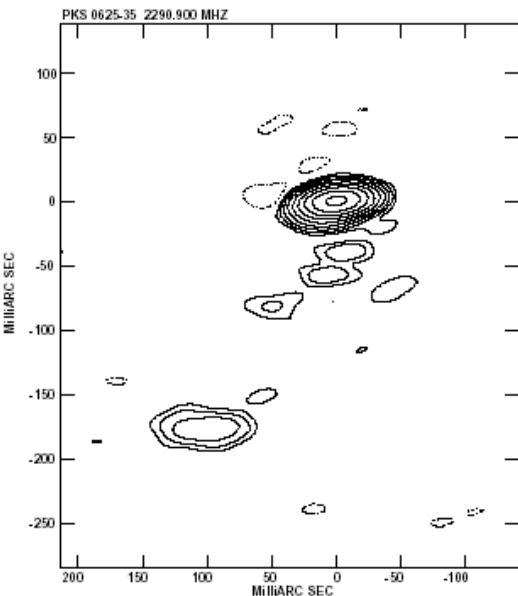
べき指数2.3のpowerlawと  
温度1.2 keVの熱的放射でよく再現  
できる。

鉄ラインの等価幅は64 eV以下

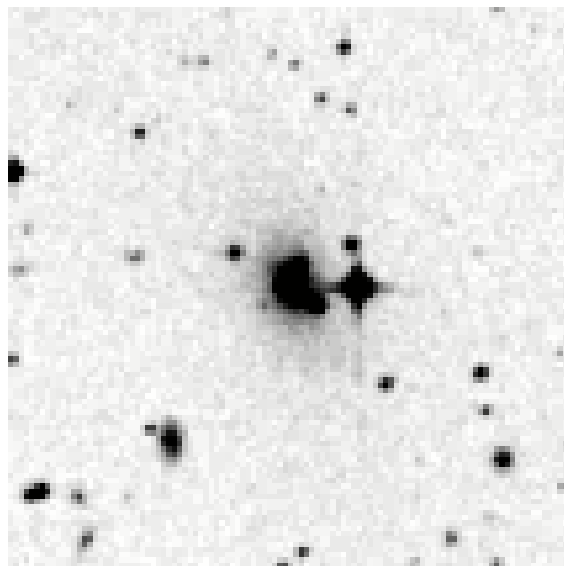


「すざく」によるX線スペクトル

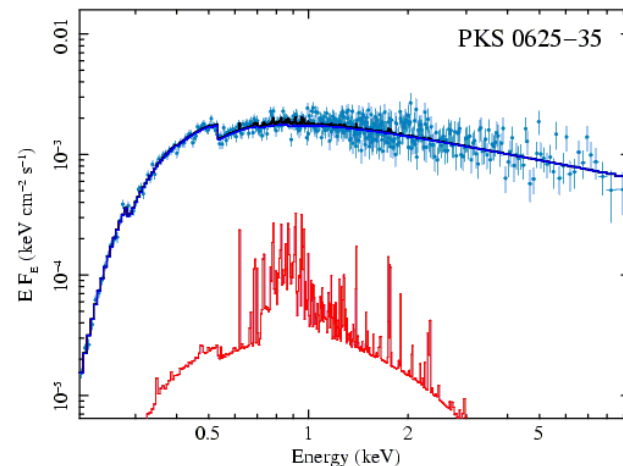
# 過去の観測結果 PKS0625-354



PKS0625-354の電波図  
(Venturi et al. 2000)



PKS0625-354の可視光画像  
(NED参照)



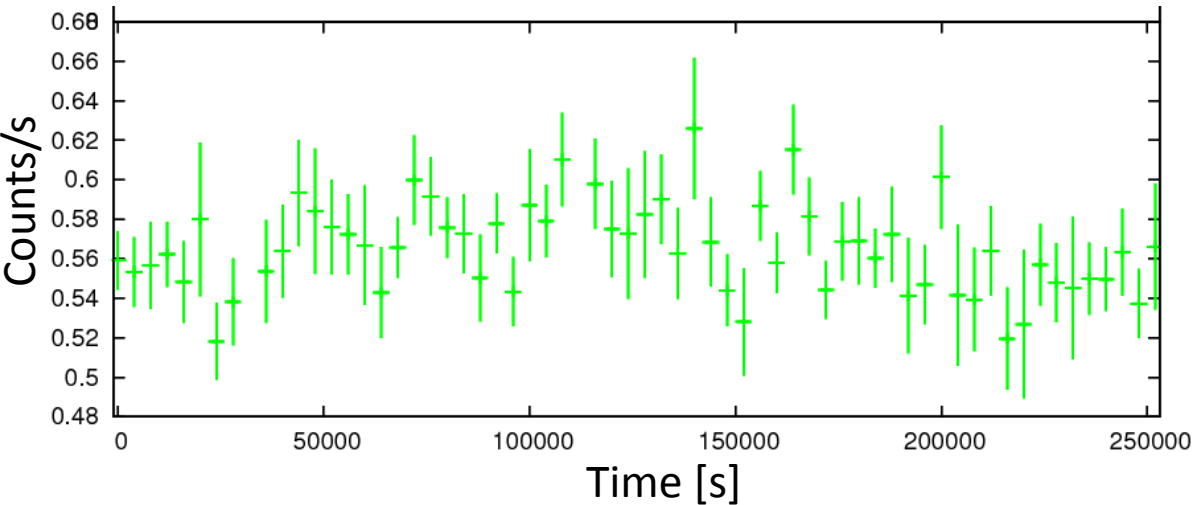
PKS0625-354のXMM-Newtonによる  
X線スペクトル(Gliozzi et al. 2008)

## 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)

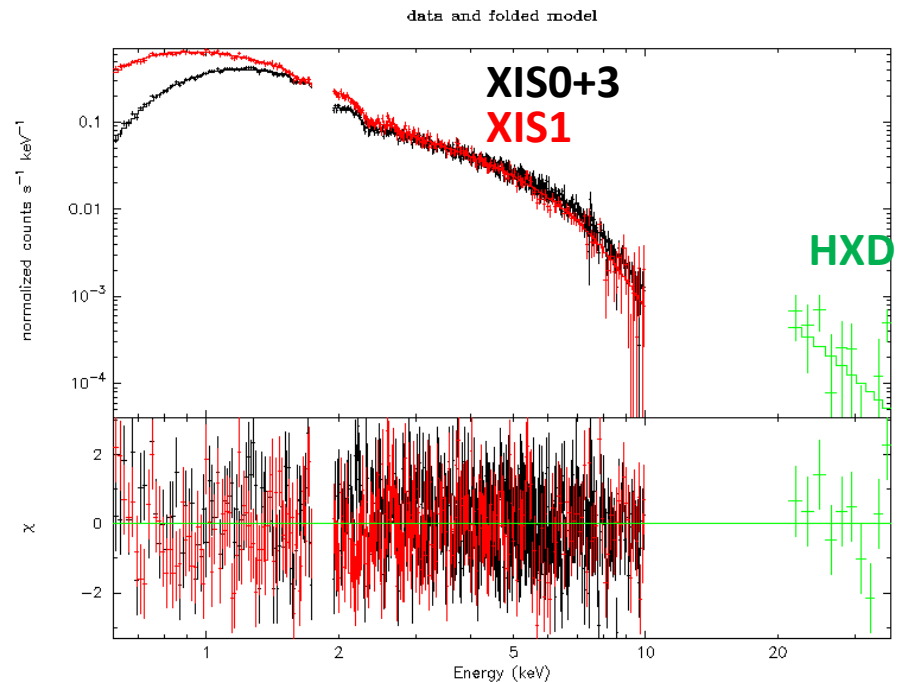
2011/11/03～11/06

前研究と同様約1割程度の  
時間変動が見られた。

光度:  $4.7 \times 10^{43}$  erg/s (2-10 keV)

べき指数2.2のpowerlawでよく再現  
できる。

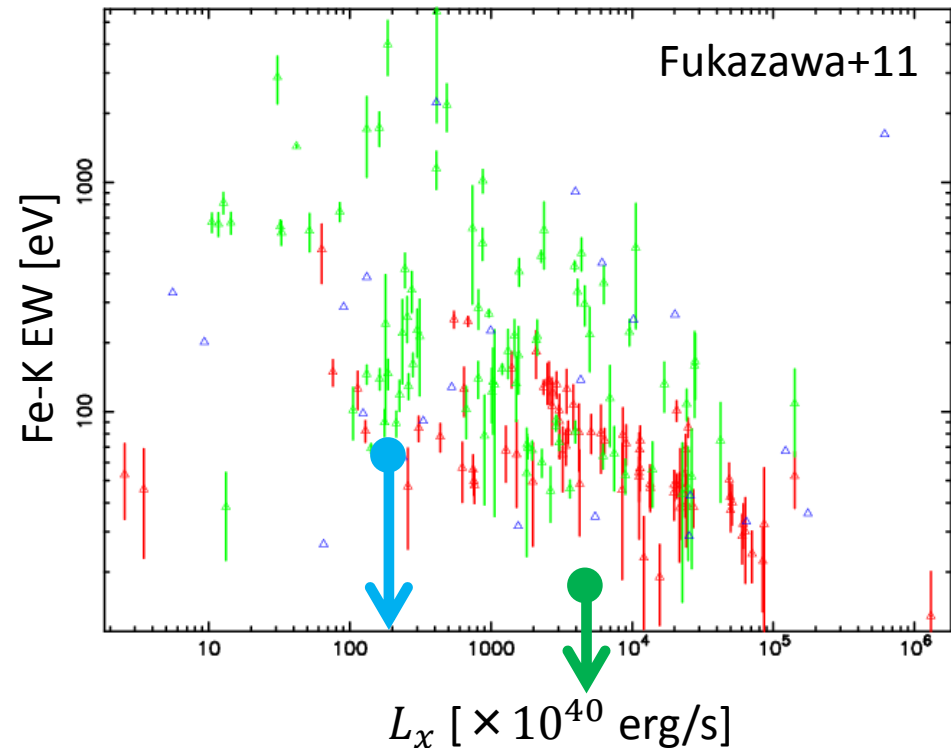
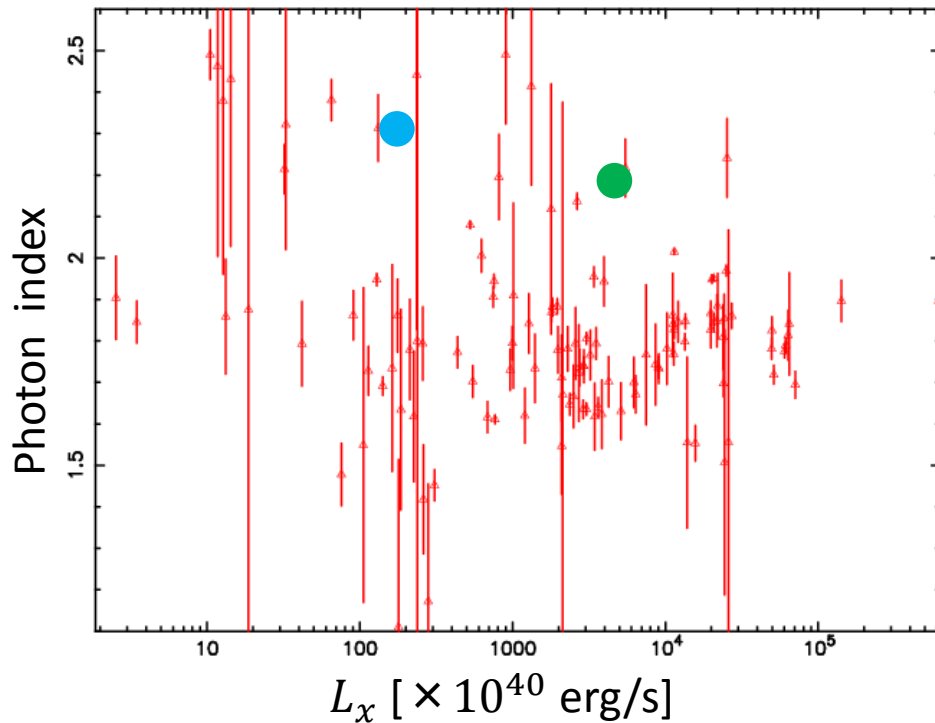
鉄ラインの等価幅は17 eV以下  
(強い制限)



「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

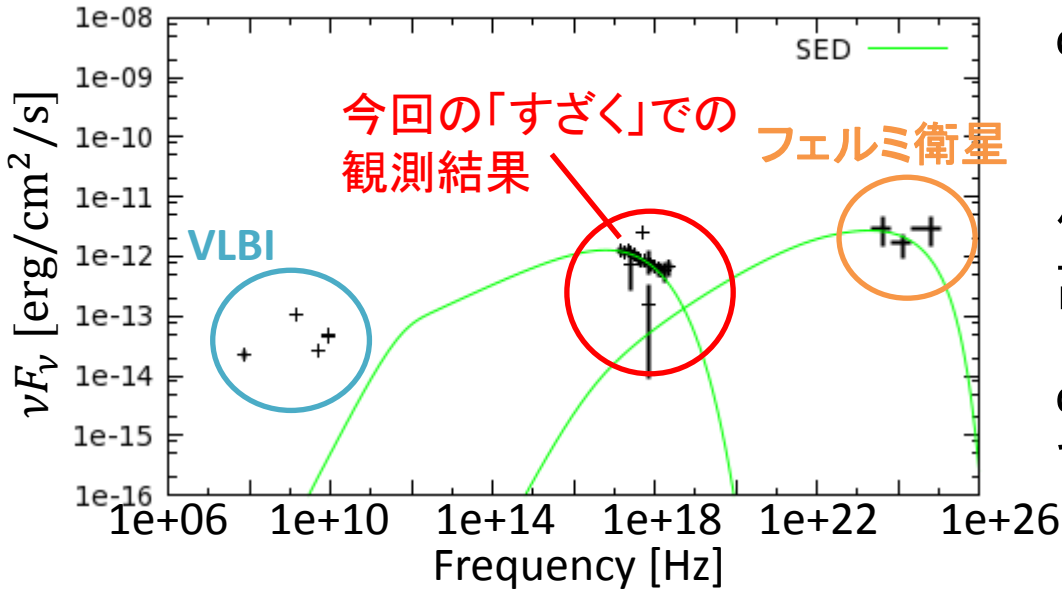
● PKS0625-354

- ・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



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

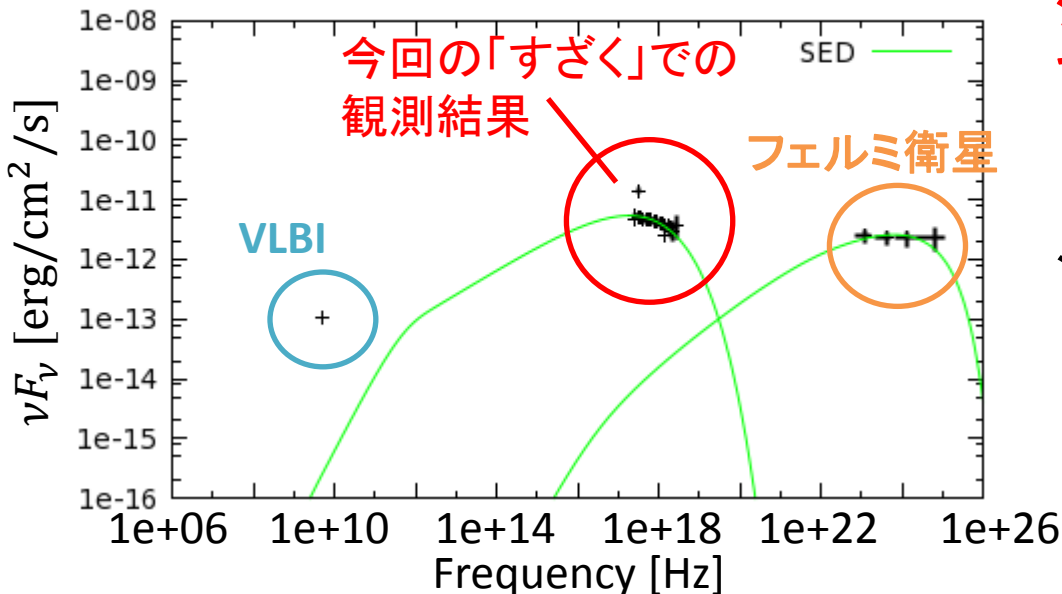
one zone synchrotron + SSC model  
で概ね再現できている。



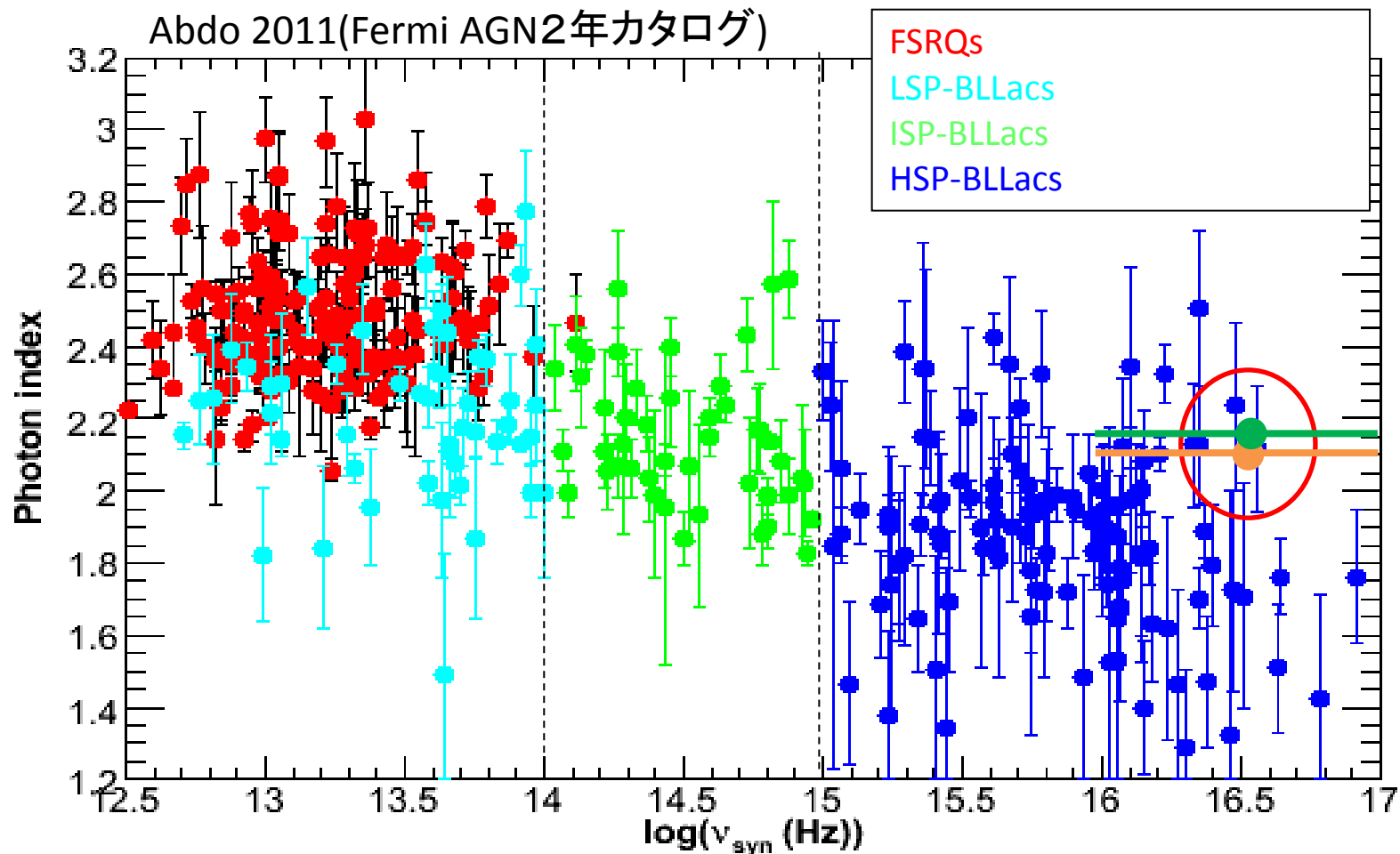
ジェット起源のシンクロトン放射  
であると考える。

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

Spectral Energy Distribution of PKS0625-354



# 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)

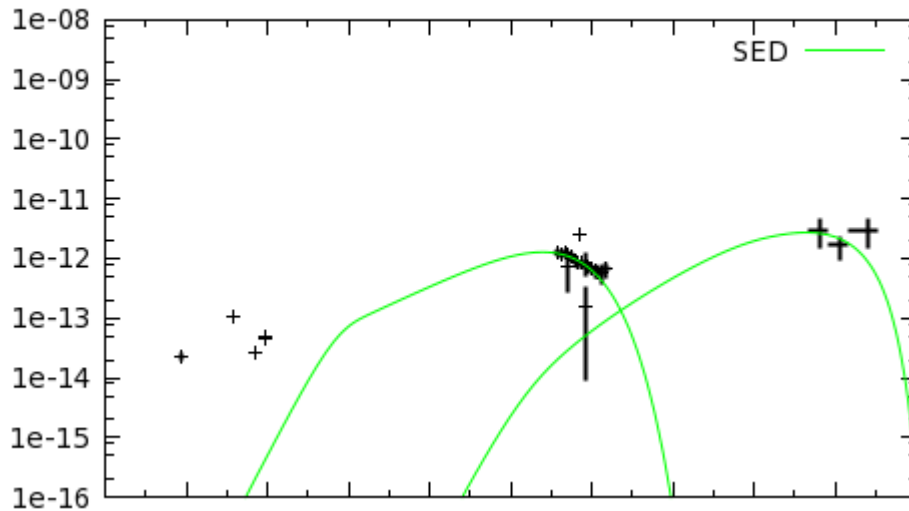
# まとめ

- 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

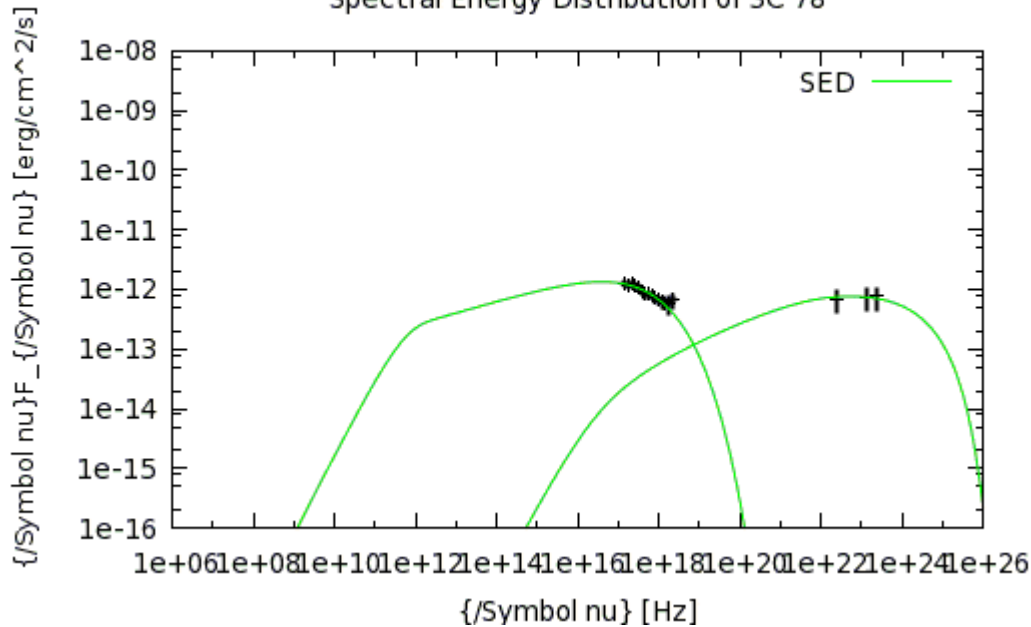


時間平均スペクトルは、SSCモデルでよく再現できている。

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

# 3C78のSEDプロット(old)

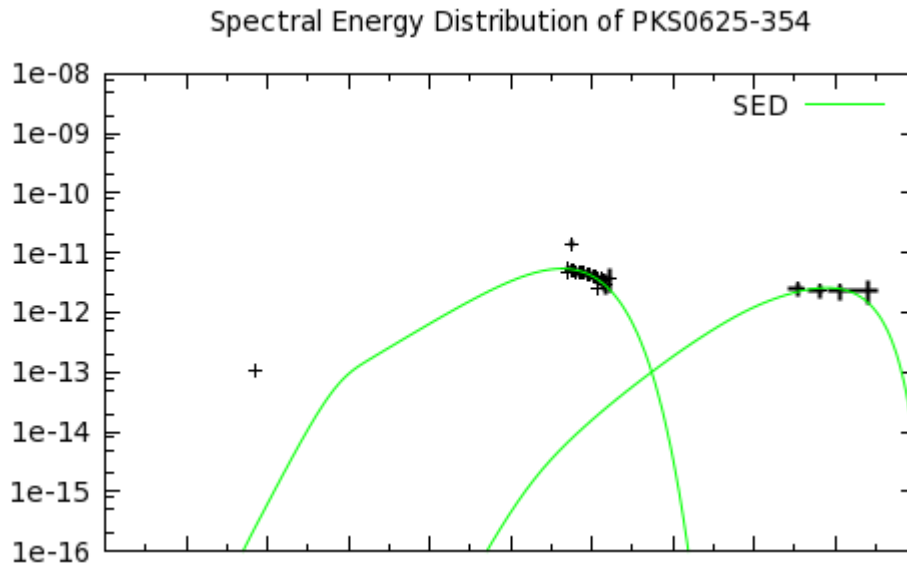
Spectral Energy Distribution of 3C 78



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

# PKS0625-354のSEDプロット

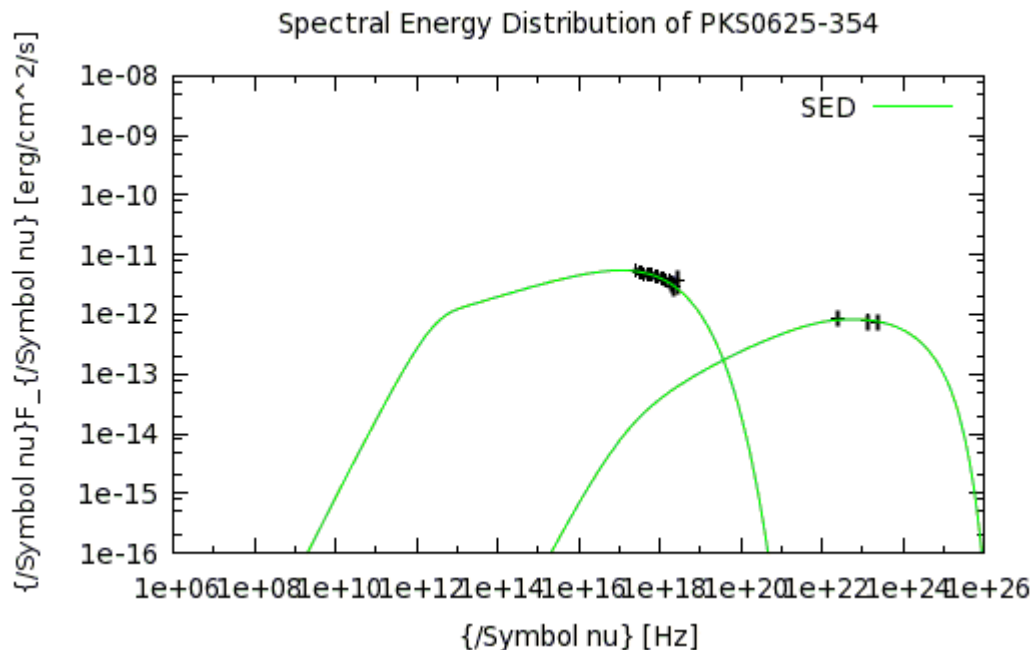


時間平均スペクトルは、SSCモデルでよく再現できている。

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



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

# 銀河の形状

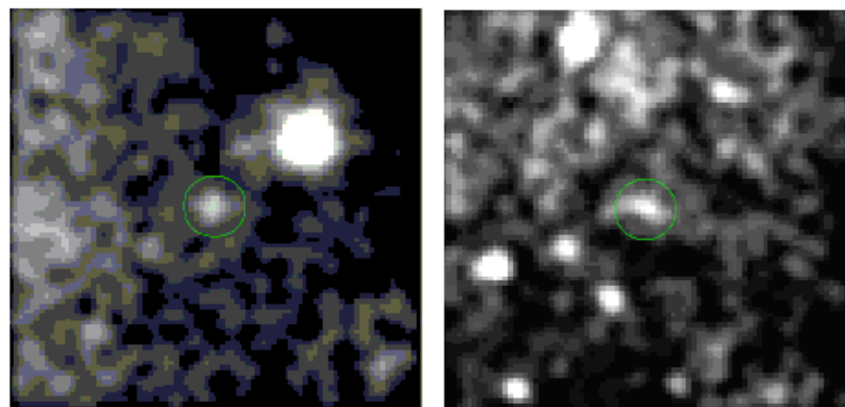


AGNのタイプ	赤方偏移 $z$	$L_x [ergs^{-1}]$	母銀河	空間密度 [ $h^3 Gpc^{-3}$ ]	輝線幅
Syfert1型銀河	$< 0.1$	$10^{42-44}$	渦巻	$4 \times 10^4$	広+狭
Syfert2型銀河	$< 0.1$	$10^{42-44}$	渦巻	$1 \times 10^4$	狭
RQ QSO	$> 0.1$	$10^{44-47}$	楕円、渦巻	100	広
<b>電波銀河</b>	$< 0.3$	$10^{43-45}$	楕円	$3 \times 10^3$	広/狭
ブレーザー	$< 0.3$	$10^{43-45}$	楕円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