

低銀緯にある未同定ガンマ線 天体の多波長解析

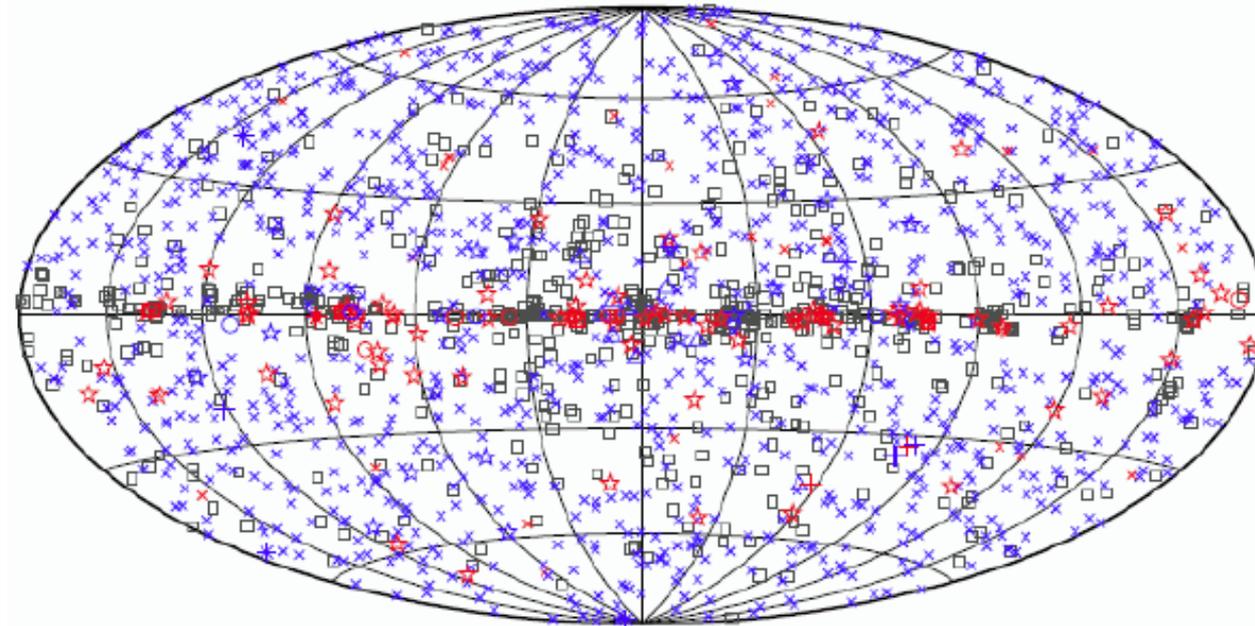
○浦野 剛志、高橋 弘充、伊藤 亮介、
深沢 泰司、植村 誠、川端 弘治(広島大学)
永山 貴宏(名古屋大学)、松永 典之(東京大学)

Introduction

ーガンマ線天体ー

相対論的なエネルギーにまで荷電粒子を加速し、ガンマ線を放射している天体

- ・銀河系内の天体 — パルサー、超新星残骸、ガンマ線連星
- ・銀河系外の天体 — 活動銀河核(ブレイザー)



- × AGN
- ★ Pulsar
- SNR
- No association

600天体が未同定天体

Fermi-LAT Second Catalogに乗っている1873天体の分布図

**未同定天体の中には未知の天体も含まれている可能性があり、
正体の解明は重要である。**

対象天体

→ 現在7天体しか発見されていないガンマ線連星の候補天体に着目

＜マイクロウェーサー候補の選別条件＞

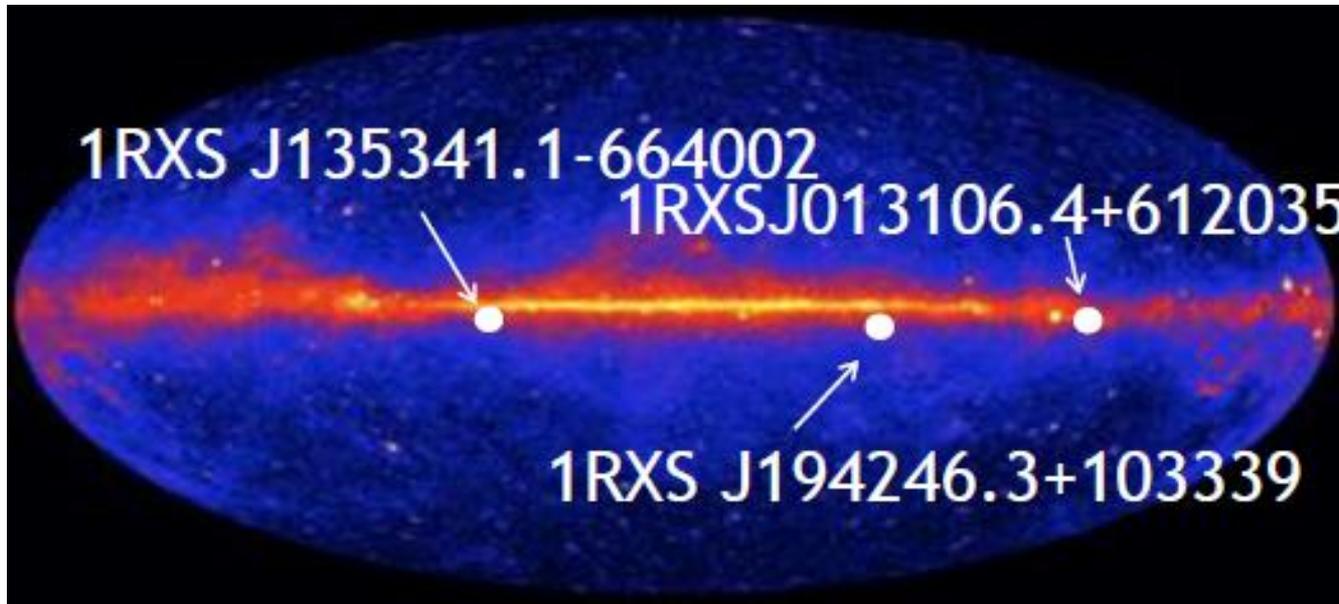
ROSAT衛星のBright Source catalog にいるX線天体において

1. 系内に存在する可能性がある(銀緯 $< 20^\circ$)
2. ジェットに起因すると思われる電波放射が観測されている
3. 可視光の対応天体もいる(青い星はいない)

} ⇒ 22 天体

(Paredes et al.2002 , Tsarevsky et al.2005)

+ ガンマ線放射が検出されている未同定天体(600天体)である ⇒ 3 天体



フェルミ衛星による全天ガンマ線マップ(3天体の位置)

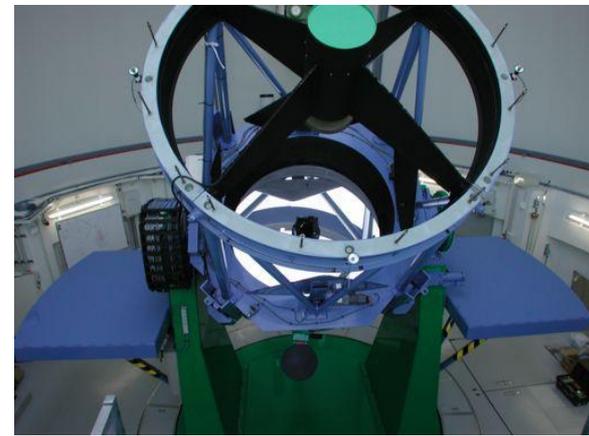
観測機器



ガンマ線衛星フェルミ



X線衛星「すざく」



可視近赤外望遠鏡かなた
& IRSF1.4m望遠鏡(名大)

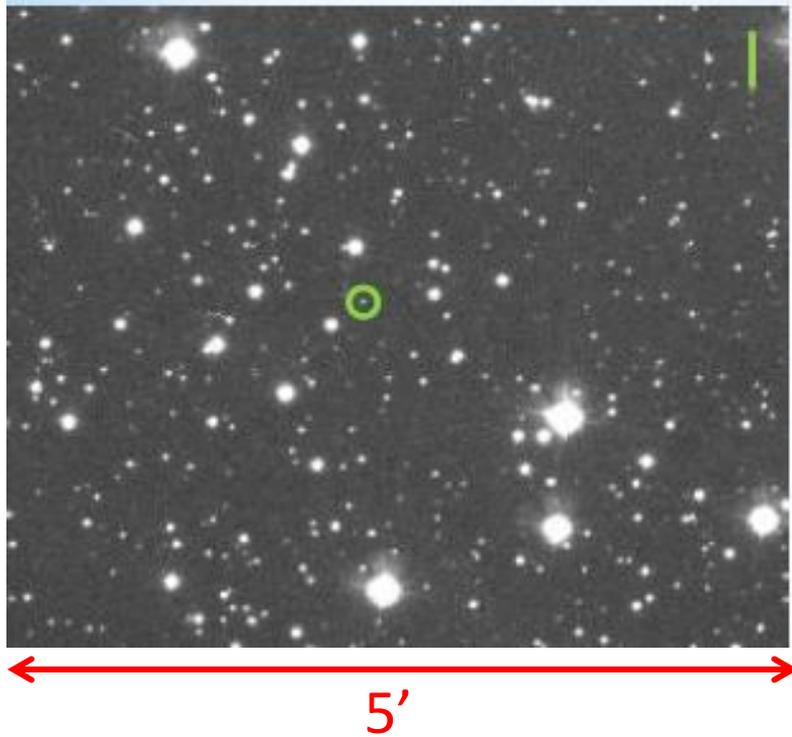
ガンマ線	—	100 MeV – 300 GeV	2008/8/4 - 3年間のデータ
X線	—	0.2 – 10 keV	半日観測(2011年)
可視	—	R, I band	2009/11 – 2年間のデータ
近赤外	—	J, H, K band	数日観測(2012年)

～目的～

これらの観測機器により、時間変動・多波長スペクトル解析を行い、ガンマ線連星の候補となる未同定天体3天体の正体の解明をする。

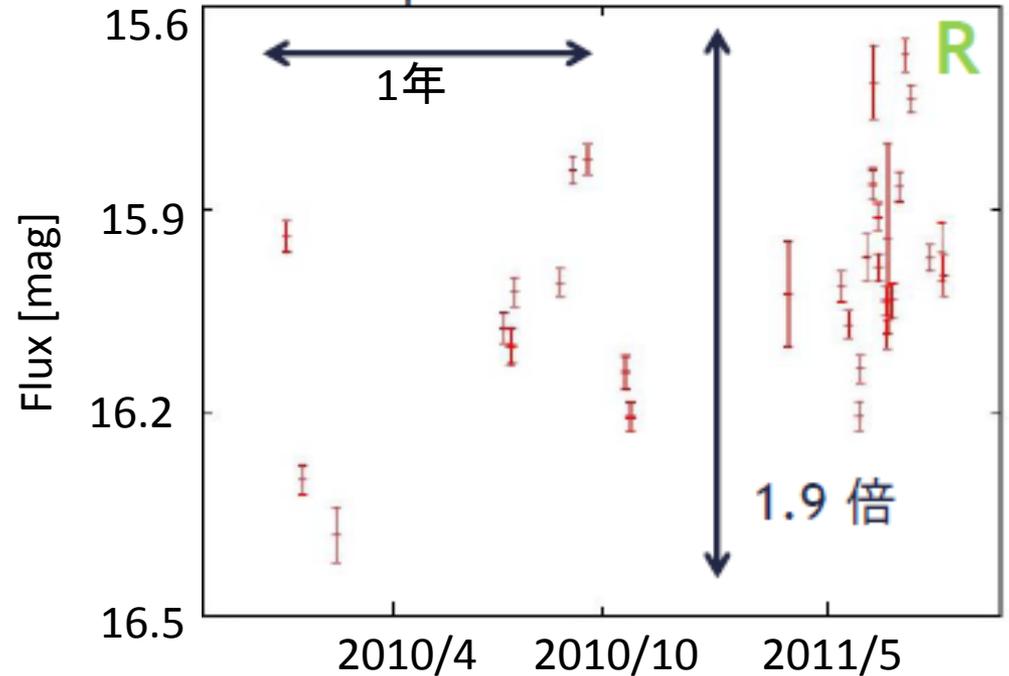
可視のイメージ・時間変動

1RXSJ013106.4+612035



ガンマ線・X線・可視
ともにイメージは**点源**

1RXSJ013106.4+612035



1RXSJ013106.4+612035
1RXSJ194246.3+103339 **において**

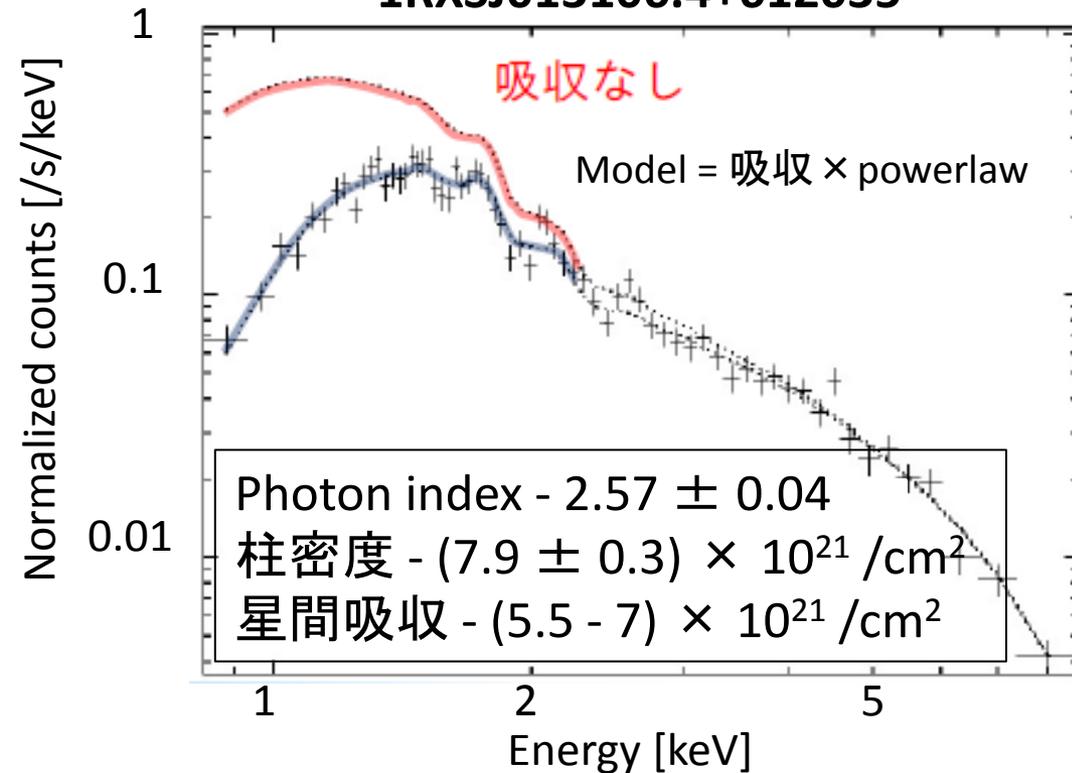
可視 (R, I band) で**有意な変動あり**

可視で有意な変動が見られるので、
超新星残骸・パルサー ではないと考えられる。

X線スペクトル解析による距離の推定

- 系内にある場合 ⇒
- ・ 柱密度 < 対象天体に対する我々の銀河の星間吸収
 - ・ 光子指数がハード (< 2)

1RXSJ013106.4+612035



1RXSJ194246.3+103339

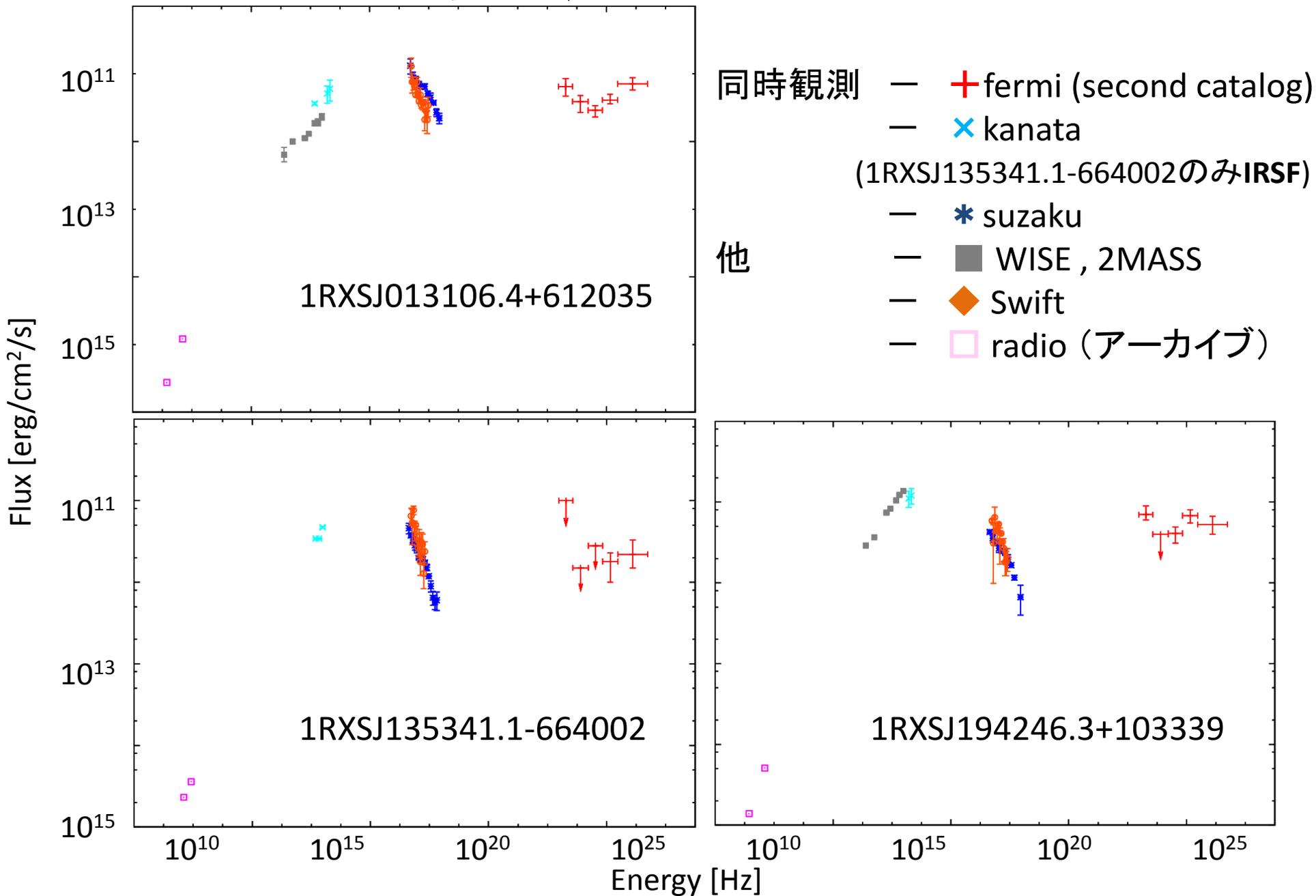
Photon index - 2.50 ± 0.06
柱密度 - $(2.9 \pm 0.3) \times 10^{21} / \text{cm}^2$
星間吸収 - $(1.9 - 2.3) \times 10^{21} / \text{cm}^2$

1RXSJ135341.1-664002

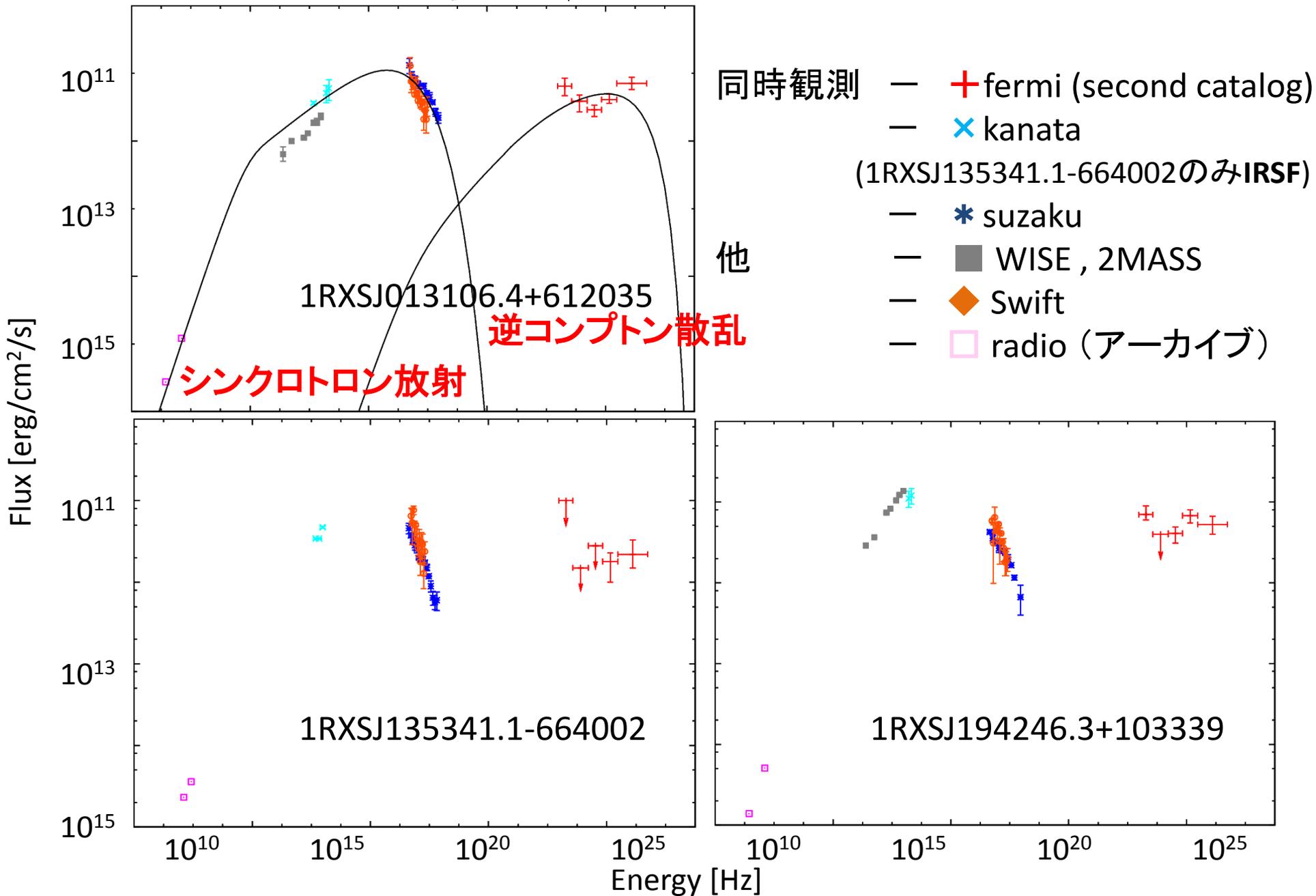
Photon index - 2.80 ± 0.07
柱密度 - $(5.3 \pm 0.4) \times 10^{21} / \text{cm}^2$
星間吸収 - $(3.6 - 4.7) \times 10^{21} / \text{cm}^2$

柱密度 > 星間吸収、Index がソフトのため系外にある可能性が高いと考えられる。

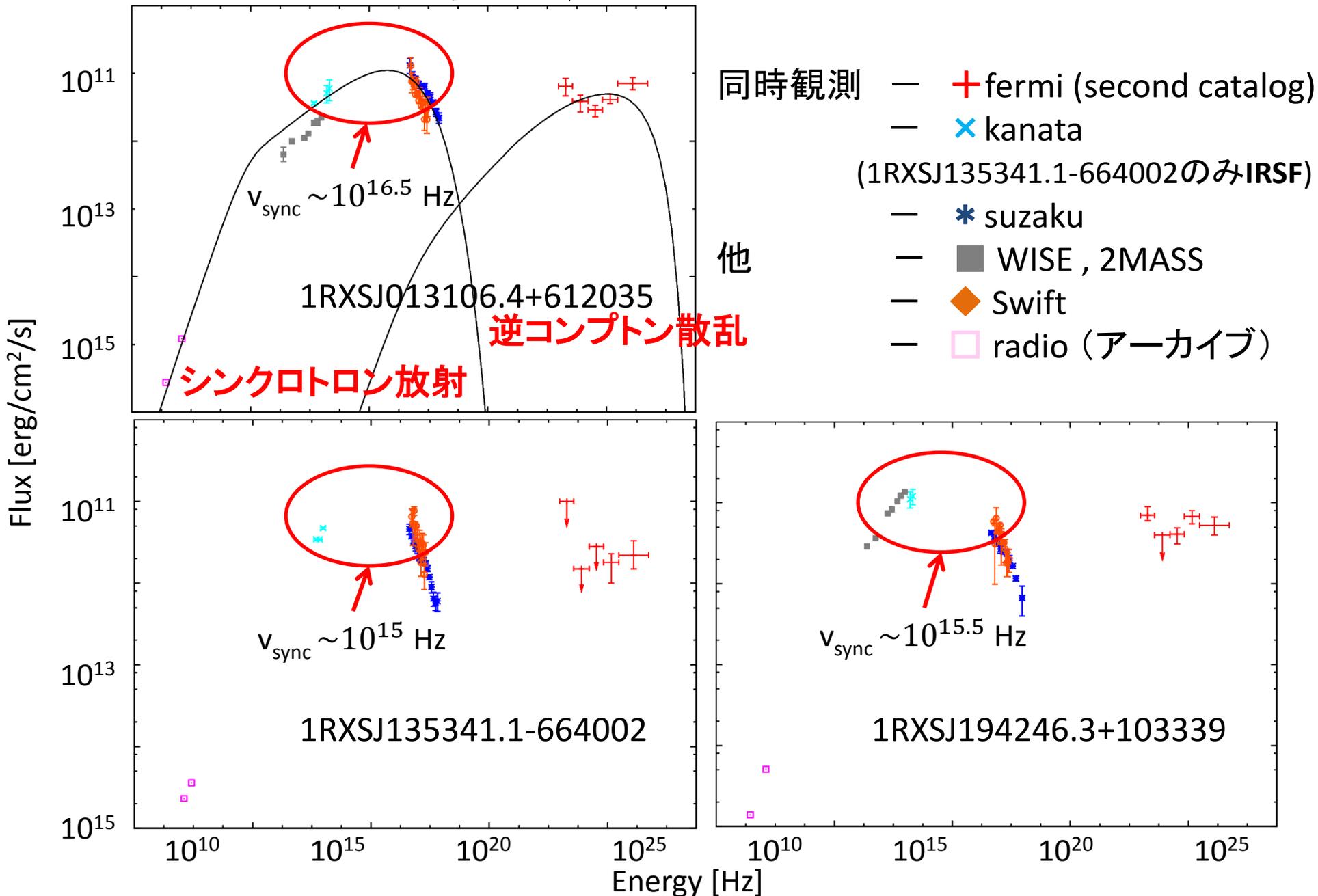
多波長スペクトル



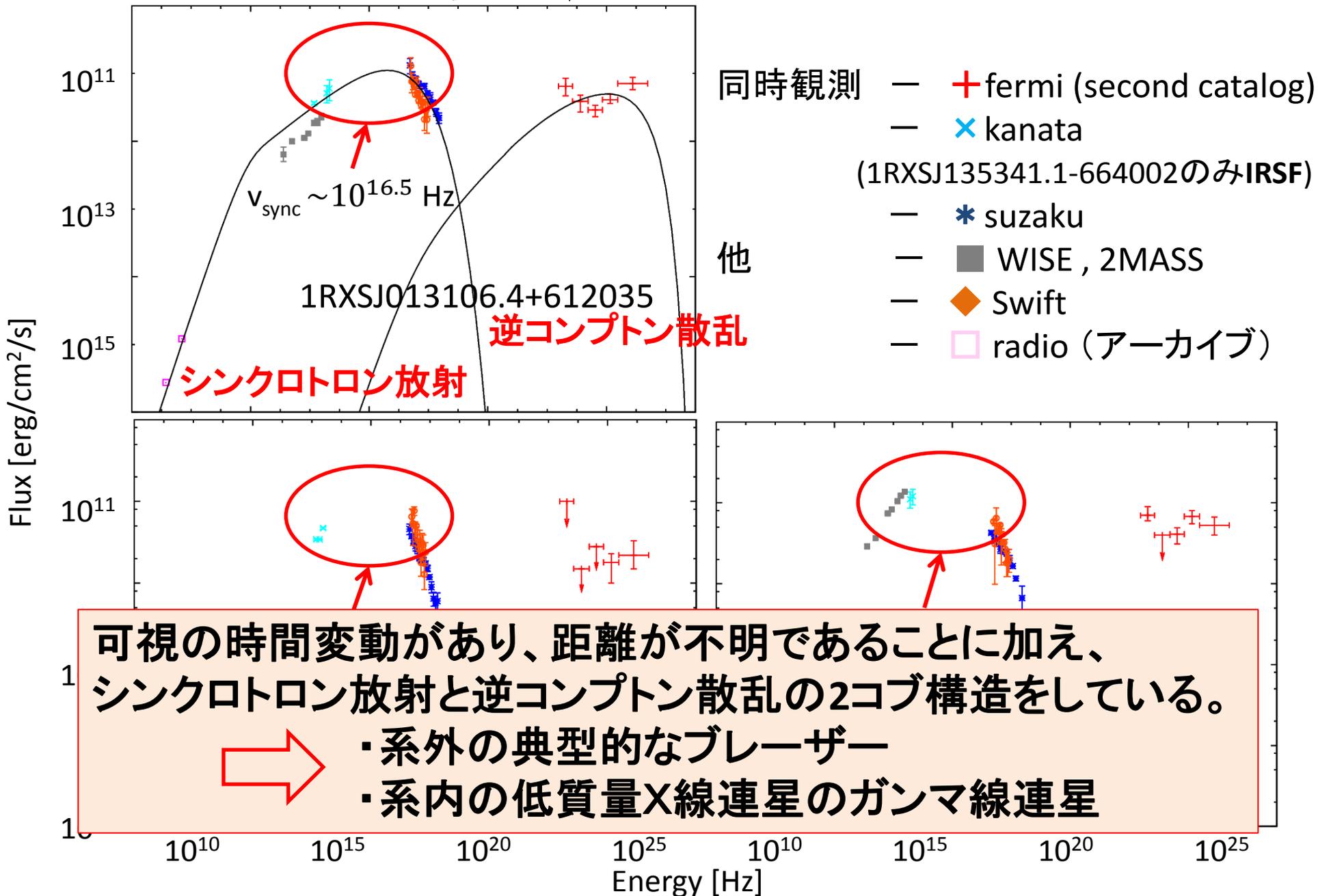
多波長スペクトル



多波長スペクトル

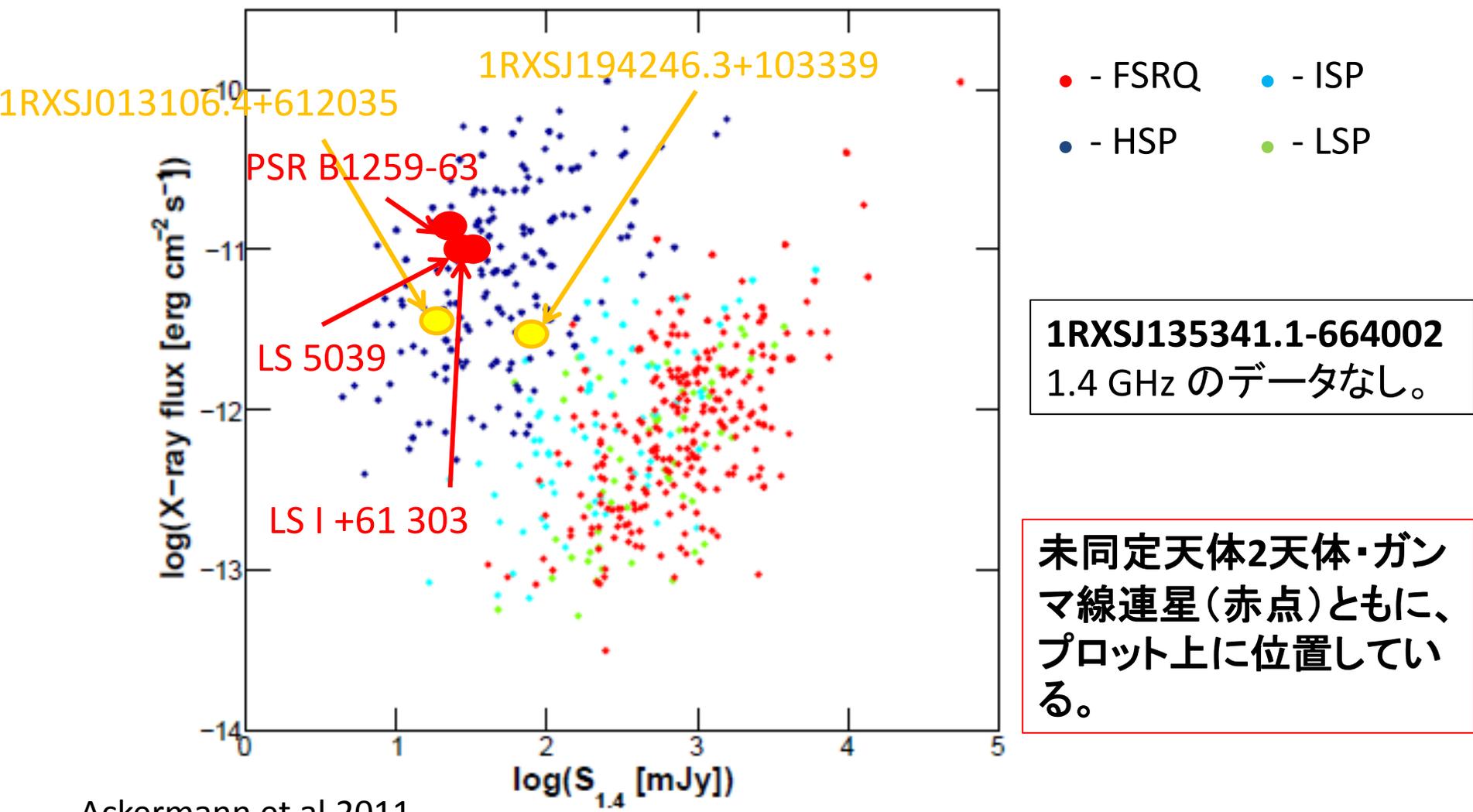


多波長スペクトル

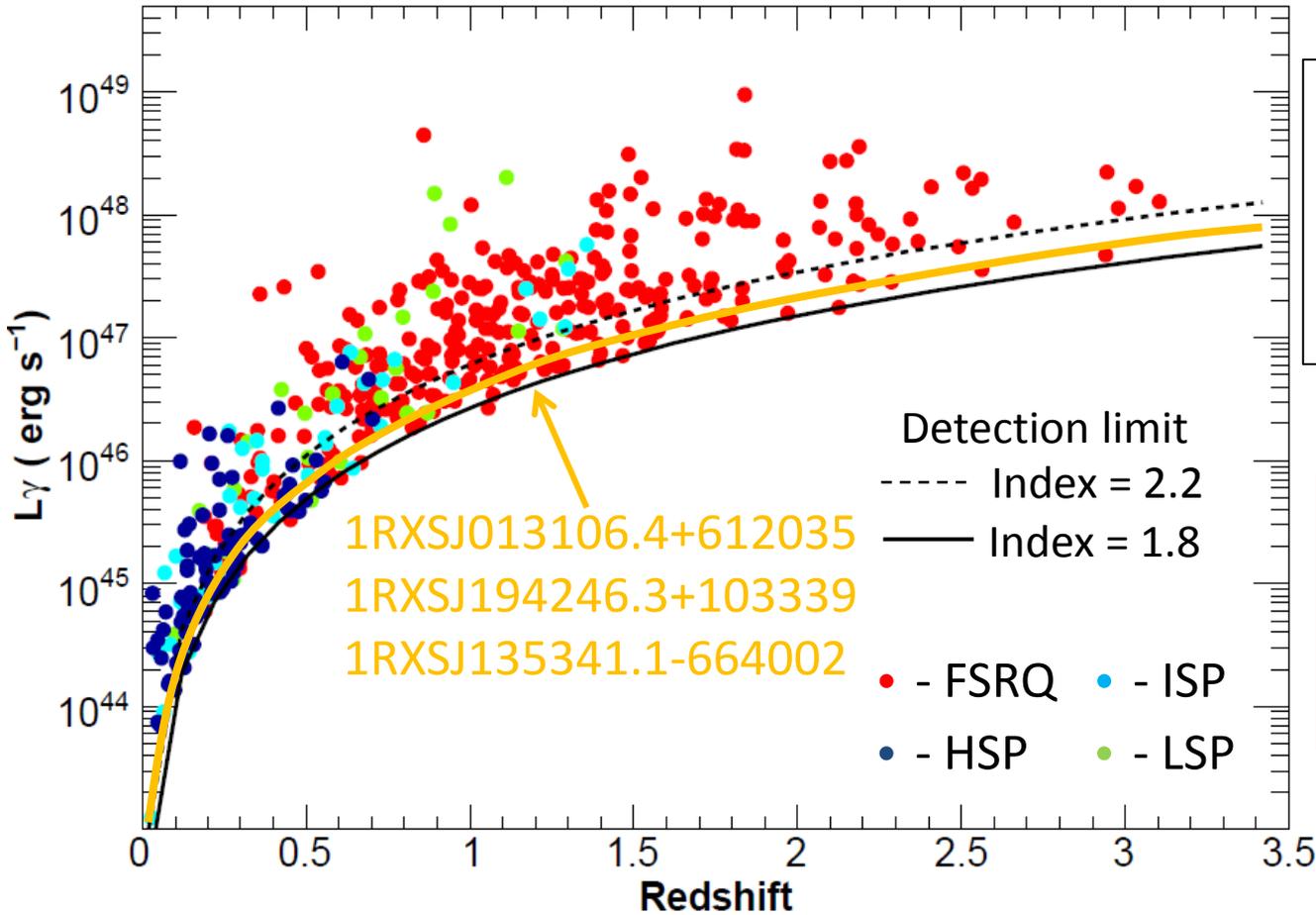


fermi second catalog を使用し、主に系外の典型的ブレイザーの妥当性を確かめる。

X-ray flux versus radio flux for blazars



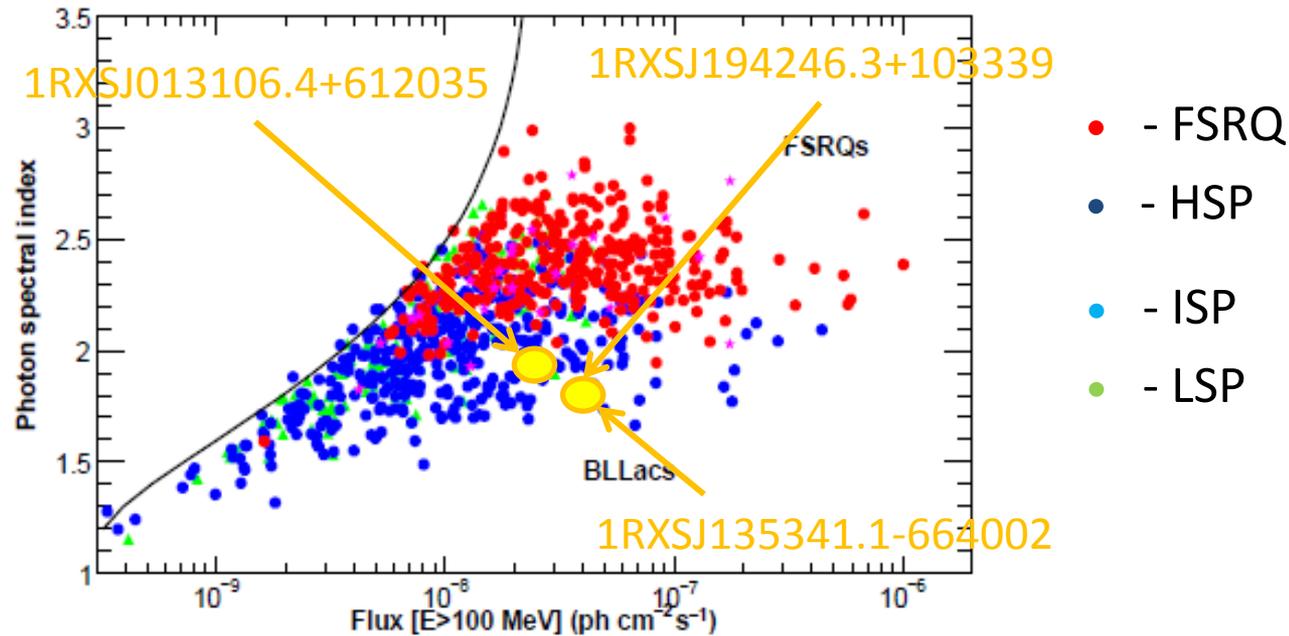
Gamma-ray luminosity versus redshift



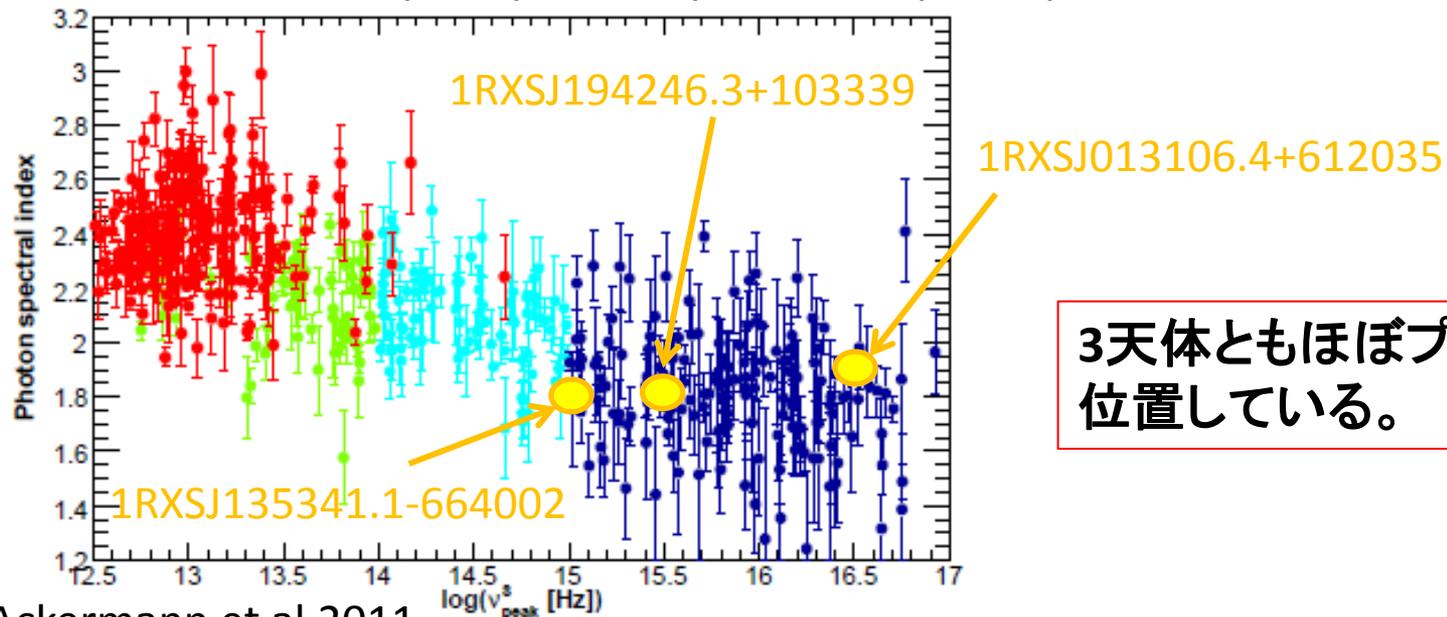
Gamma-ray flux
 $\sim 5 \times 10^{12}$ erg/cm²/s
とした場合、相関図における未同定天体3天体の位置は左図の線となる。

Redshift は分からないが、未同定天体3天体ともプロット上に位置している。

Photon index versus flux above 100 MeV for blazars

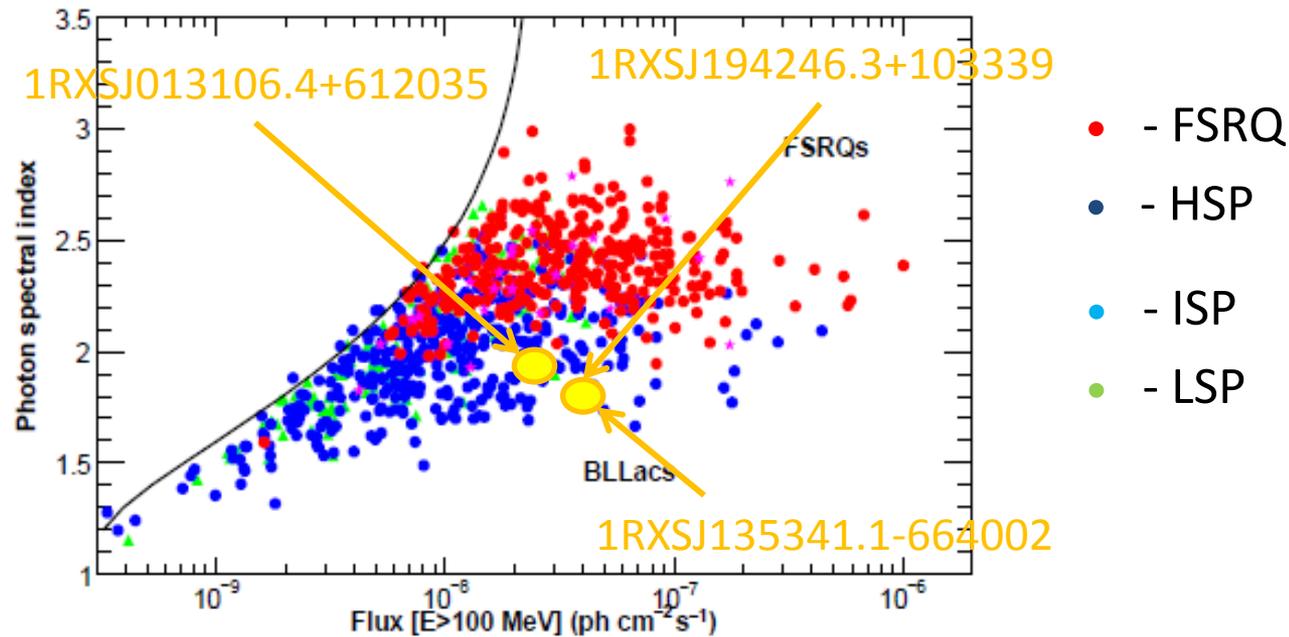


Photon index versus frequency of the synchrotron peak Speak.

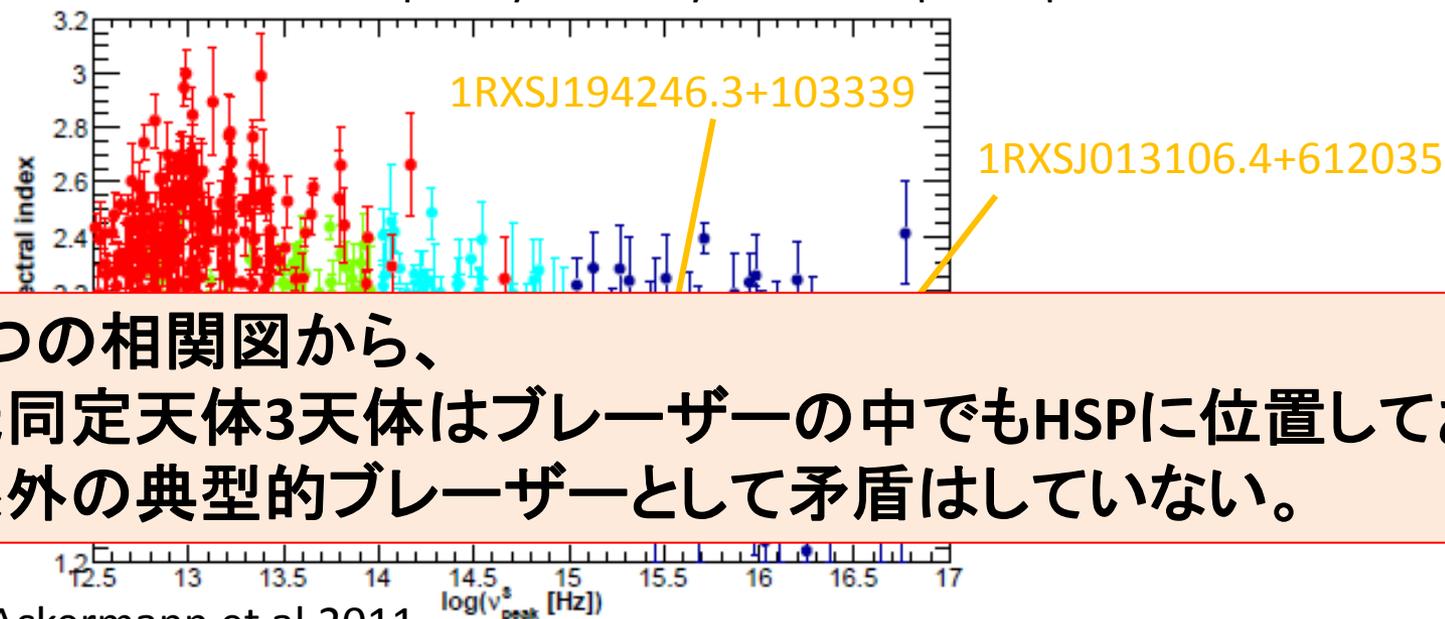


3天体ともほぼプロット上に位置している。

Photon index versus flux above 100 MeV for blazars



Photon index versus frequency of the synchrotron peak



4つの相関図から、未同定天体3天体はブレイザーの中でもHSPに位置しており、系外の典型的ブレイザーとして矛盾はしていない。

に

まとめ

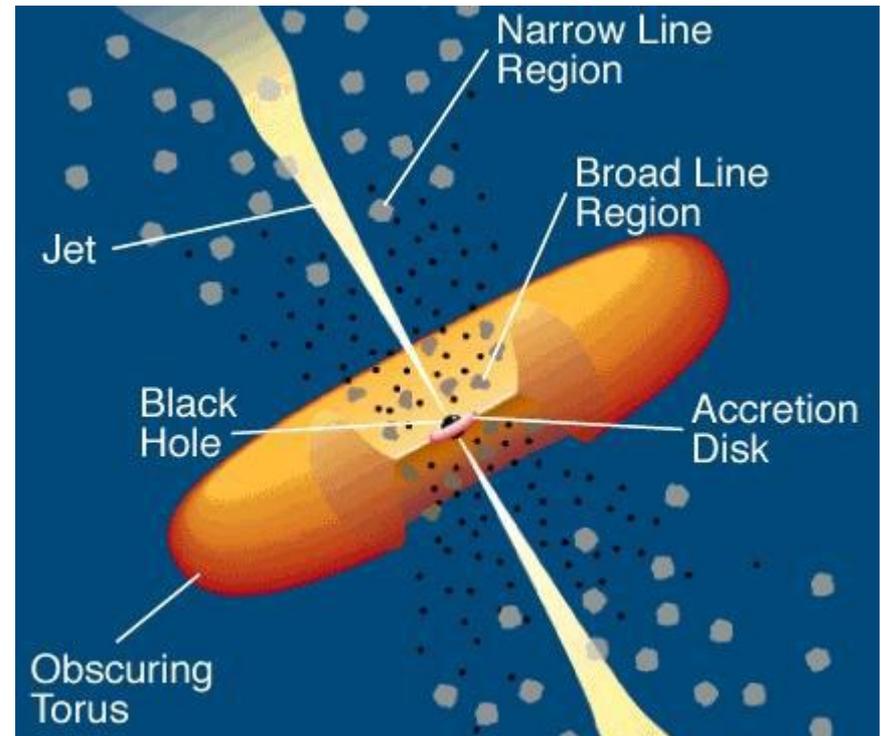
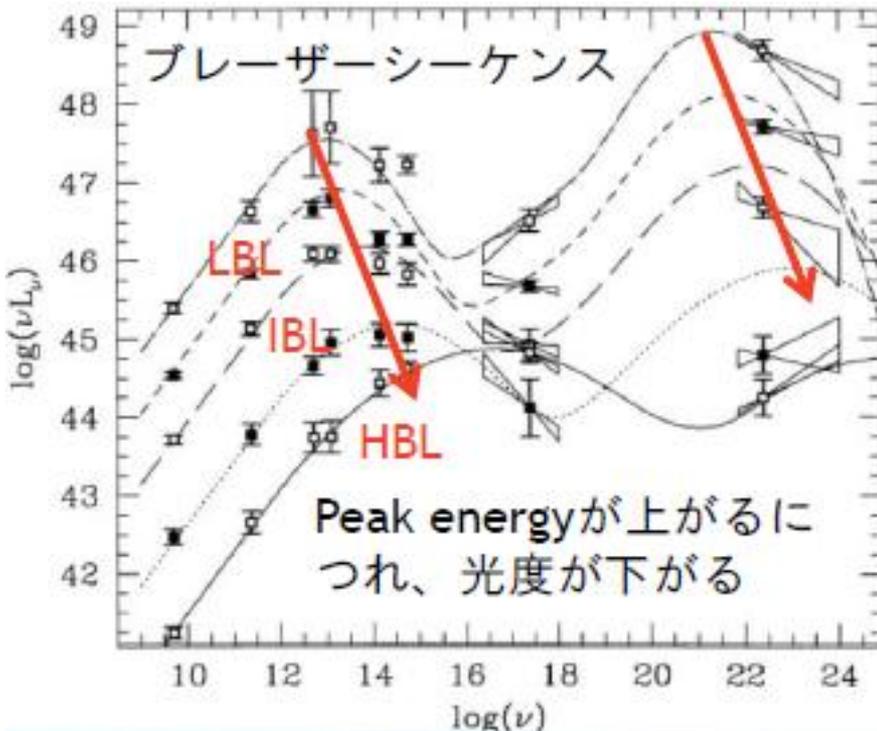
- ・ガンマ線衛星フェルミ・X線衛星「すざく」・可視近赤外望遠鏡かなた・IRSFにより、未同定ガンマ線天体の多波長解析を実施した。
- ・対象天体としてROSAT衛星のBright Source catalog にあり、さらに未同定ガンマ線天体である、ガンマ線連星の候補天体に着目した。
- ・時間変動・多波長スペクトル解析より、未同定ガンマ線天体3天体が次の2つの候補に絞れた。
 1. 系外の典型的なブレーザー
 2. 系内の低質量X線連星のガンマ線連星
- ・Fermi second catalog をもとに、検証した結果1. が矛盾しないことが分かった。しかし2. の考えも棄却できない。

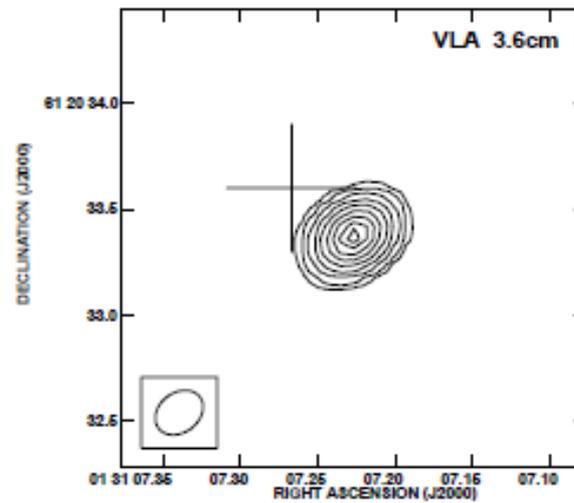
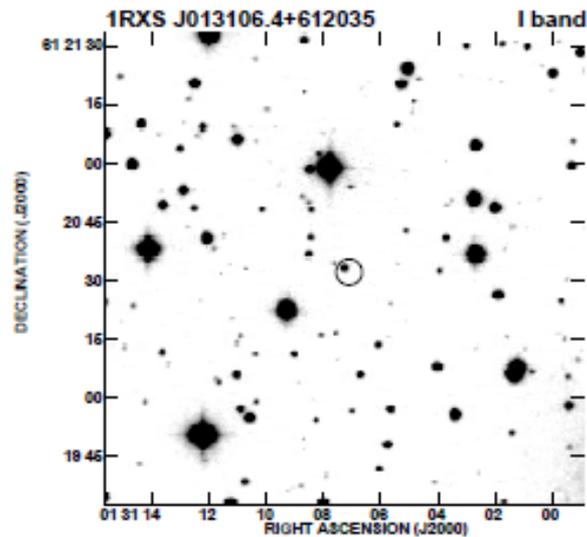
ブレーザー

多数存在する銀河の中には中心領域が異常に明るい銀河があり、その銀河の中心核を活動銀河核 (Active Galactic Nuclei: AGN) と呼ぶ。

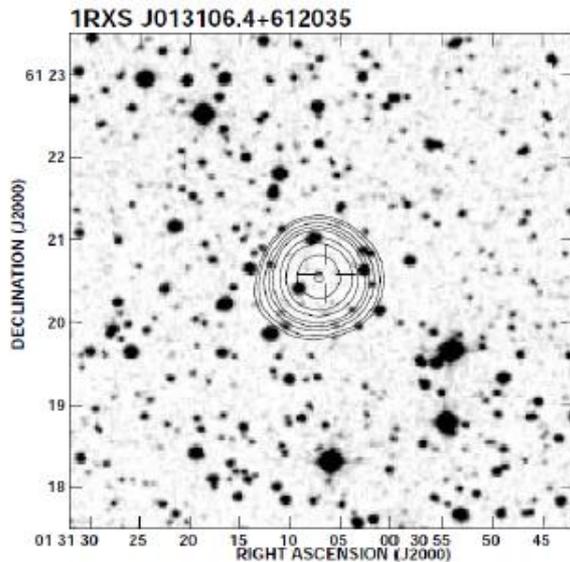
ブレーザーの特徴

- ・電波～ガンマ線までの幅広い波長で放射
- ・数時間～数年での短時間変動
- ・電波～可視域での強い偏光

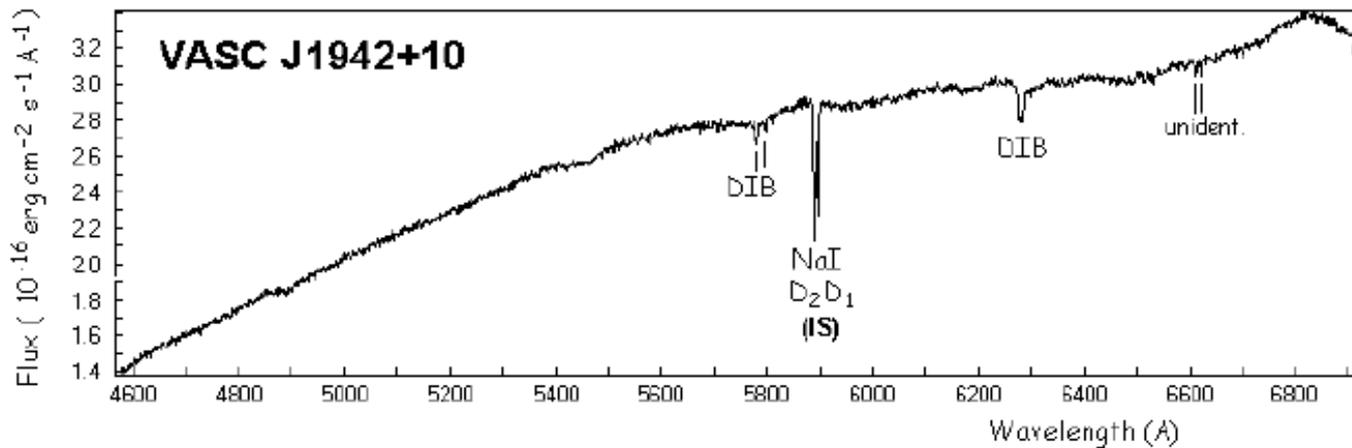
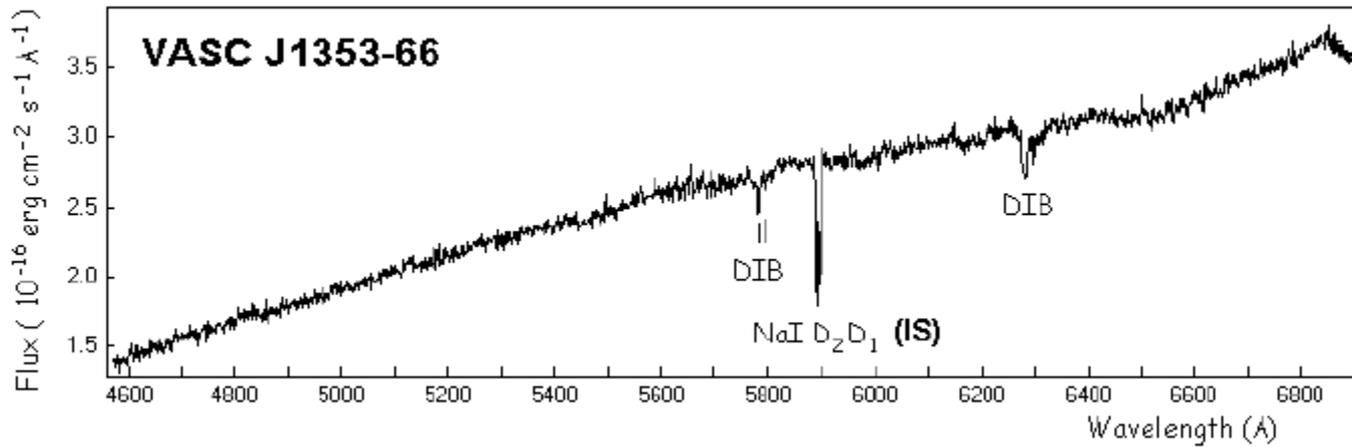




The 2×2 optical images were obtained through the I Johnson filter with the CAHA 2.2 m telescope on 1999 December 11. The radio maps, computed using uniform weights, are the result of concatenating, for each source, all VLA 1999 July observations at 3.6 cm wavelength, while the crosses indicate the optical positions with the 1σ 0.3 astrometric errors

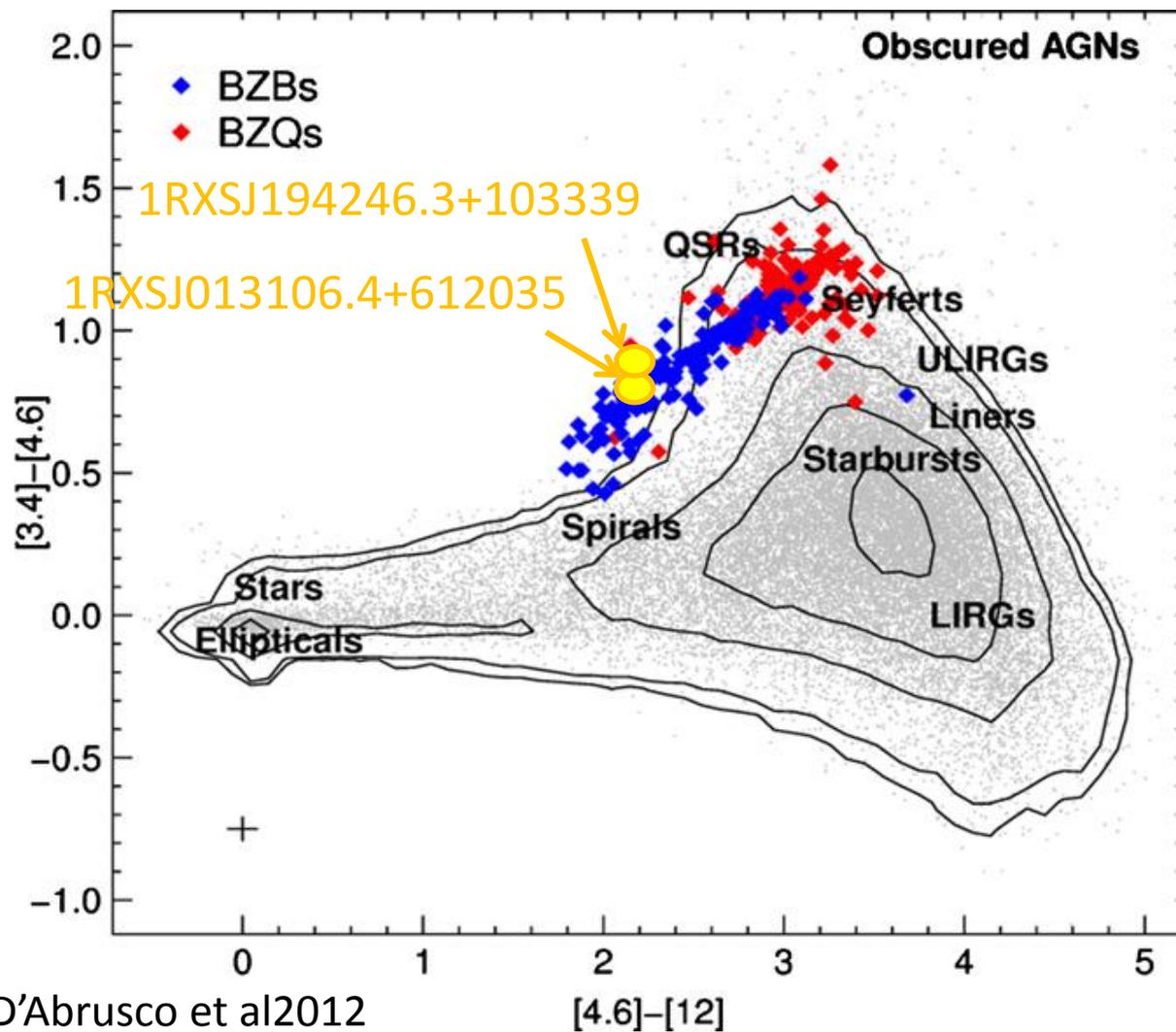


The NVSS radio contours are overlaid on the 6×6 optical DSS1 images, whereas the open crosses denote the 3σ RBSC astrometric errors.



Tsarevsky et al.2005

[3.4]–[4.6]–[12]μm color–color diagram of *Fermi*–*WISE* blazar



1RXSJ013106.4+1612035

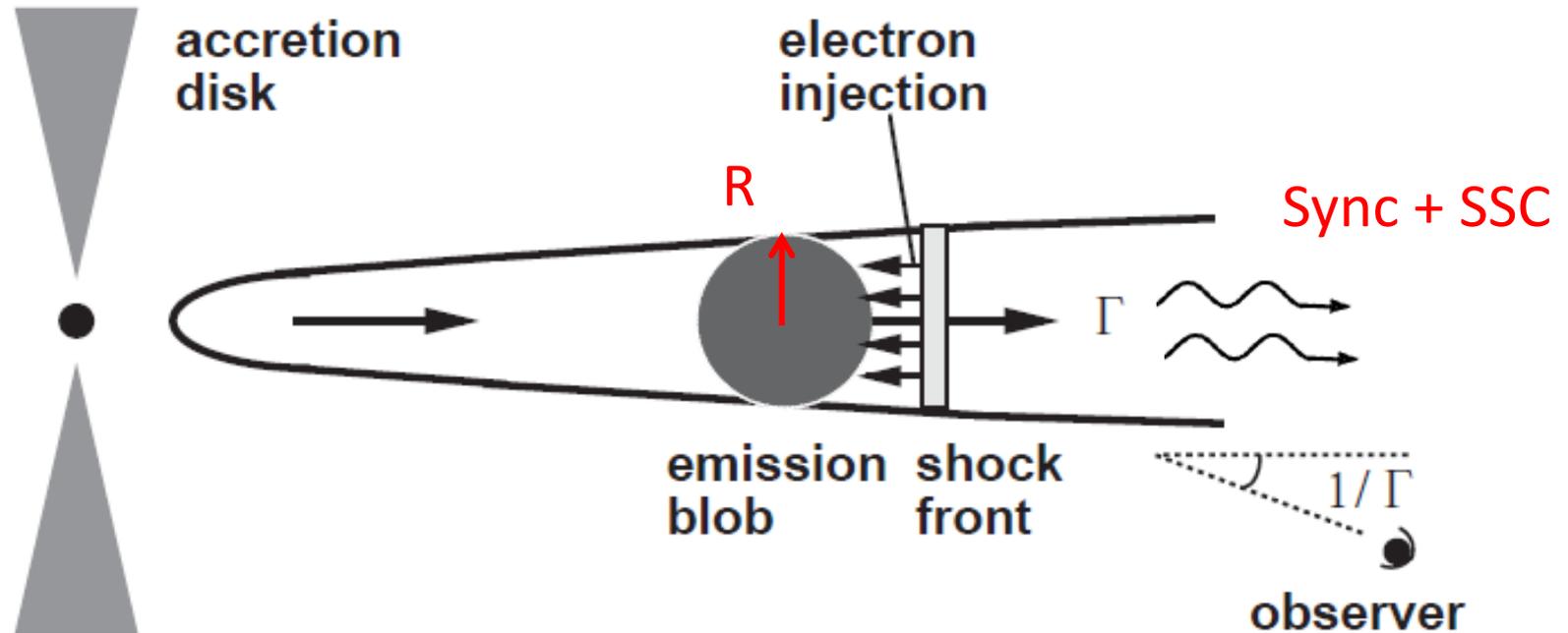
W1 – 13.470 ± 0.041 mag
 W2 – 12.652 ± 0.035 mag
 W3 – 10.557 ± 0.070 mag
 W4 – 8.464 ± 0.266 mag

1RXSJ194246.3+103339

W1 – 11.355 ± 0.028 mag
 W2 – 10.508 ± 0.023 mag
 W3 – 8.281 ± 0.026 mag
 W4 – 6.445 ± 0.063 mag

2天体ともにBZBsの部分
 に位置している。

One zone SSC model



<パラメーター>

- ・磁場 B [G] ・変動 time scale t_{\min} [s] ・ドップラー因子 D
- ・赤方偏移 z ・電子スペクトルのnormalization K_e [erg/s]
- ・電子スペクトルのべき p ・カットオフエネルギー R_c

— 観測結果からのtarget モデルパラメータの推定 —

- ・シンクロトロン放射と逆コンプトン散乱のピーク値 から γ_{max} が求まり、そこから磁場が求まる。

$$\nu_{SSC} = \frac{4}{3} \gamma_{max}^2 \nu_{sync} \quad , \quad \nu_{sync} \cong 1.2 \times 10^6 B \gamma_{max}^2 \sin \alpha \quad \Rightarrow \quad B = 0.01 - 1 \text{ G}$$

- ・可視の変動 time scale が1日以内。 $\Rightarrow t_{min} < 86400 \text{ s}$

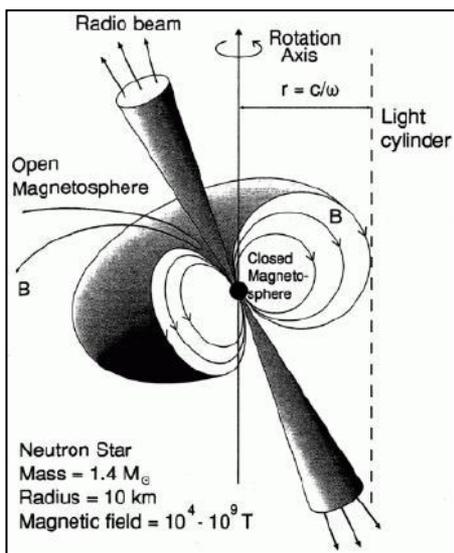
- ・超長基線電波干渉法 (VLBI) のAGNのジェットを観測より、
ジェットのドップラー因子には上限値が求まっている。 $\Rightarrow D < 20$

- ・赤方偏移は、ビーミング効果によりスペクトル中に輝線・吸収線が見えないため分からない。 $\Rightarrow z = ?$

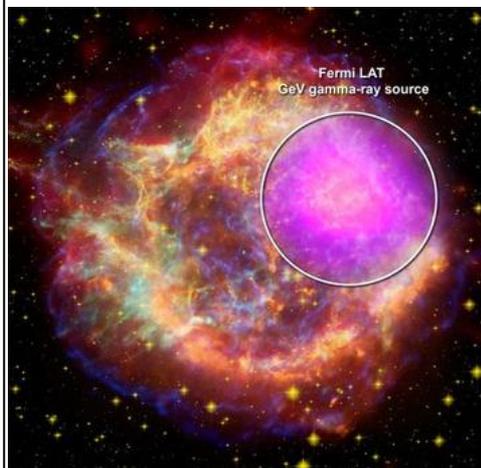
ガンマ線天体

相対論的なエネルギーにまで荷電粒子を加速し、
ガンマ線を放射している天体

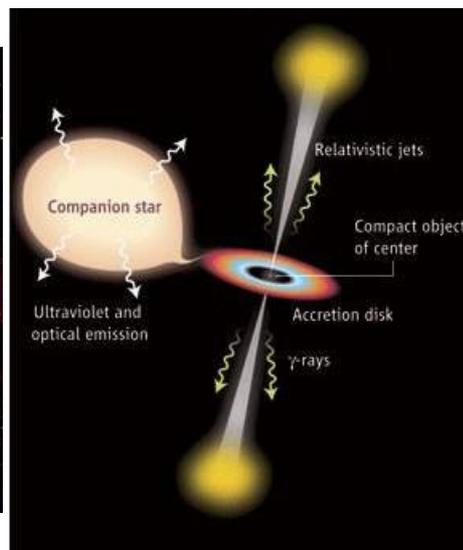
銀河系内の天体 — パルサー、超新星残骸、ガンマ線連星
銀河系外の天体 — 活動銀河核(ブレイザー)



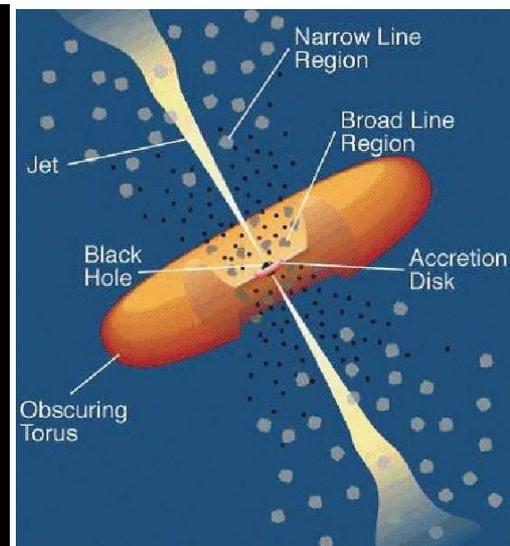
パルサーの
模式図



超新星残骸
カシオペア座A
のガンマ線源



マイクロクエーサーの
模式図

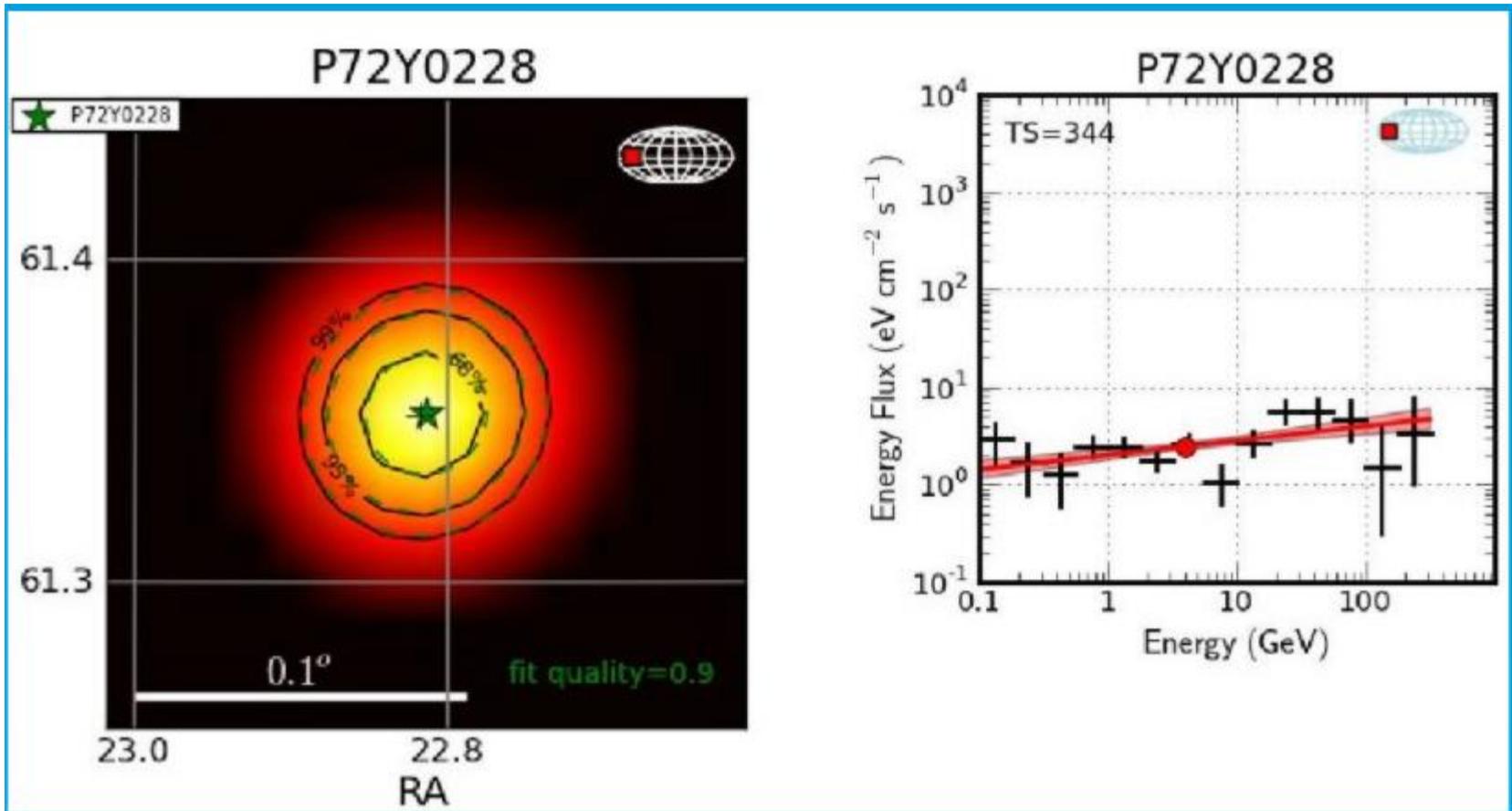


活動銀河核の
模式図

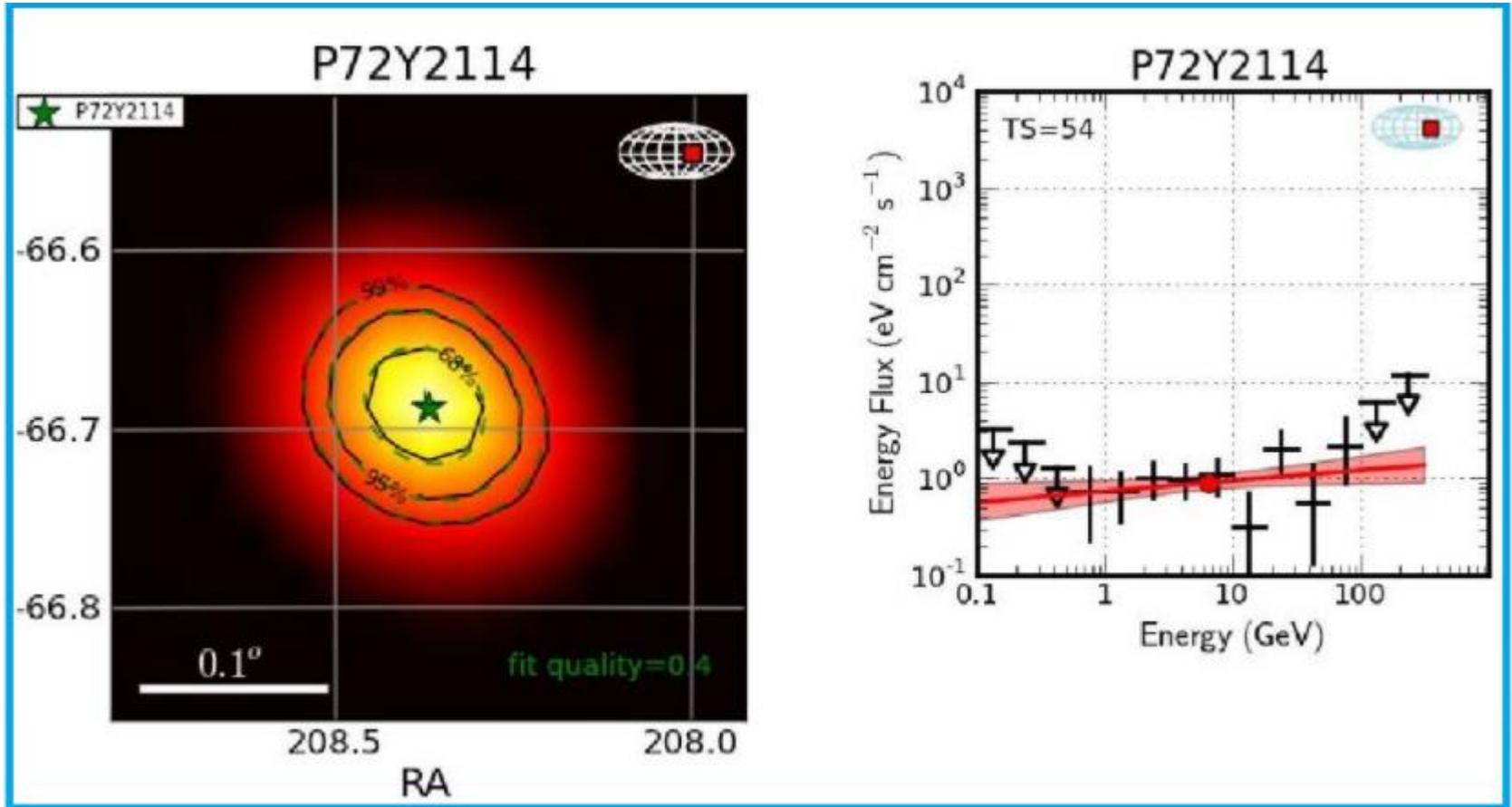
ガンマ線天体の指標

	パルサー	超新星残骸	ガンマ線連星	ブレーザー
エネルギー源	回転	超新星爆発	重力エネルギー	重力エネルギー
イメージ	点源	広がり	点源	点源
変動 time scale	秒(周期的)	時間変動なし	不規則	数時間 ~数年
銀河 系内・系外	系内	系内	系内	系外

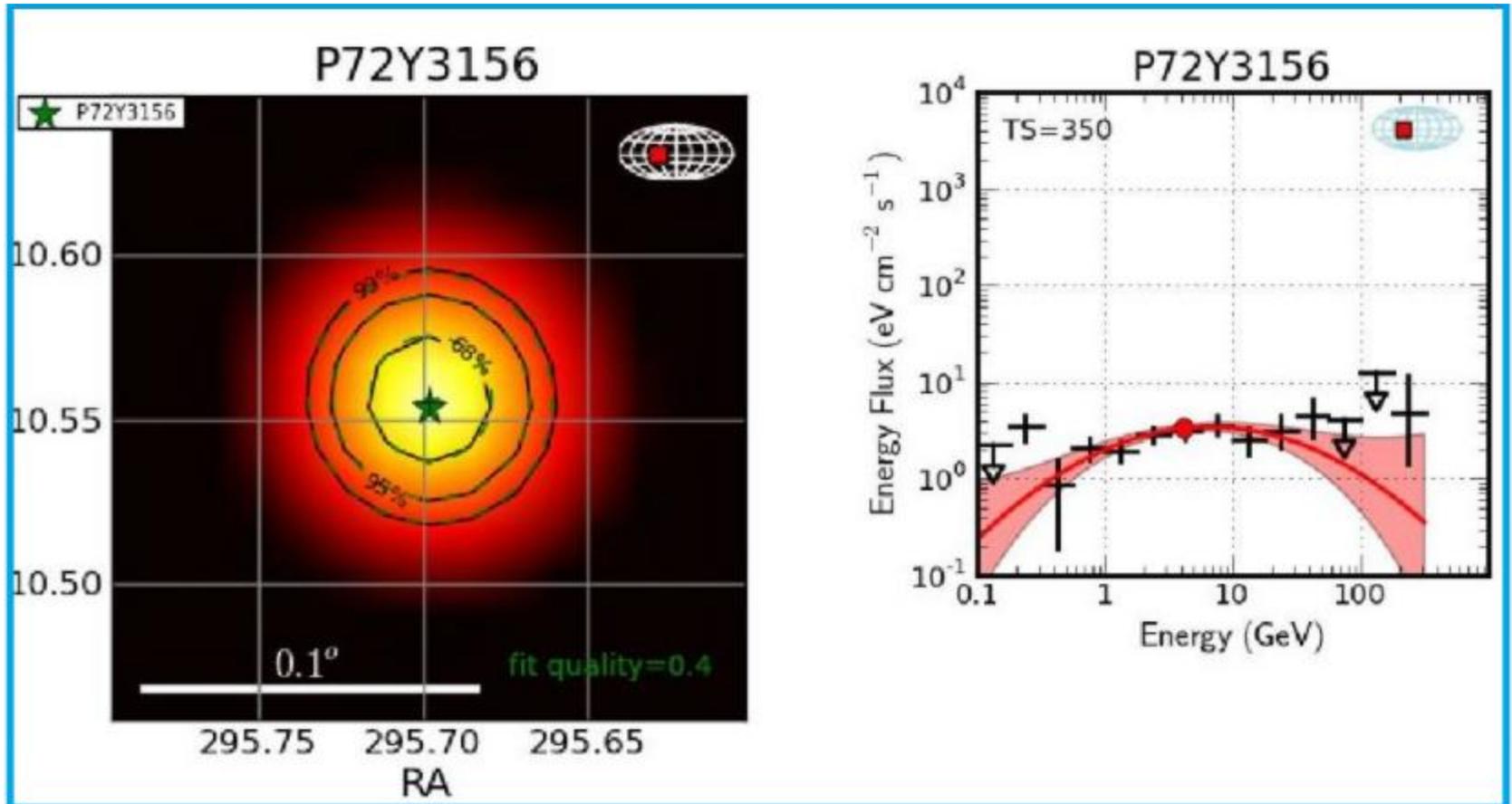
1RXSJ013106.4+612035



1RXSJ135341.1-664002



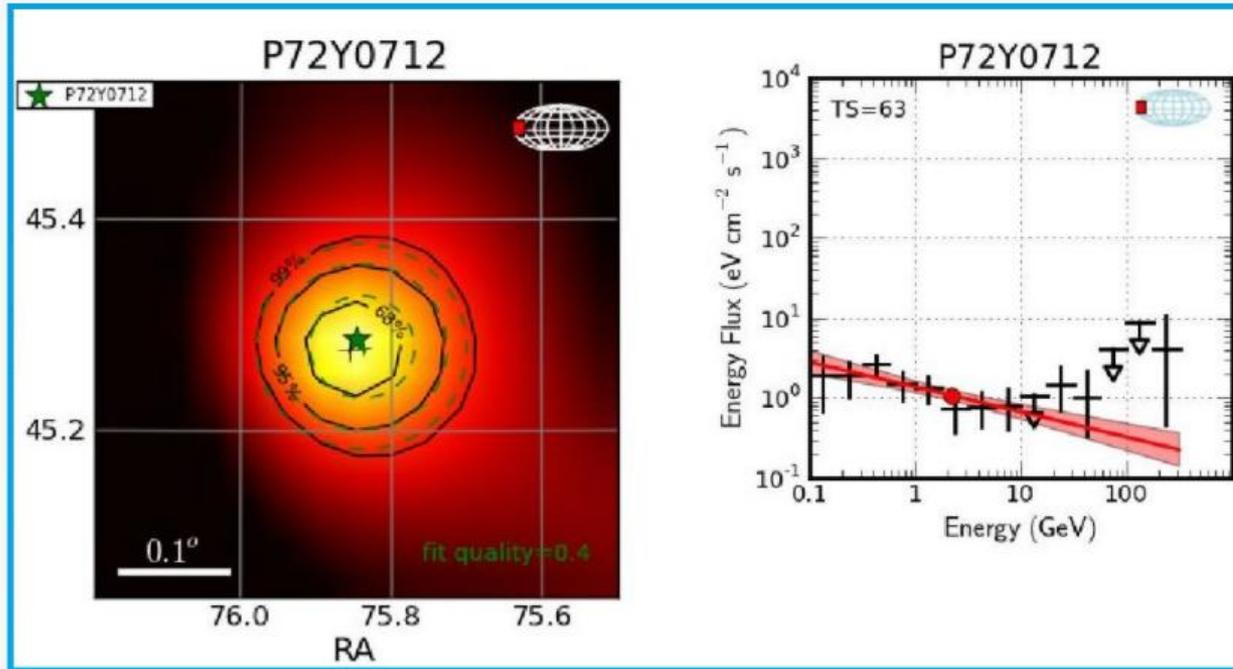
1RXSJ194246.3+103339



1RXSJ050339.8+451715(group 2)

Ra 75.916250

Dec 45.287500



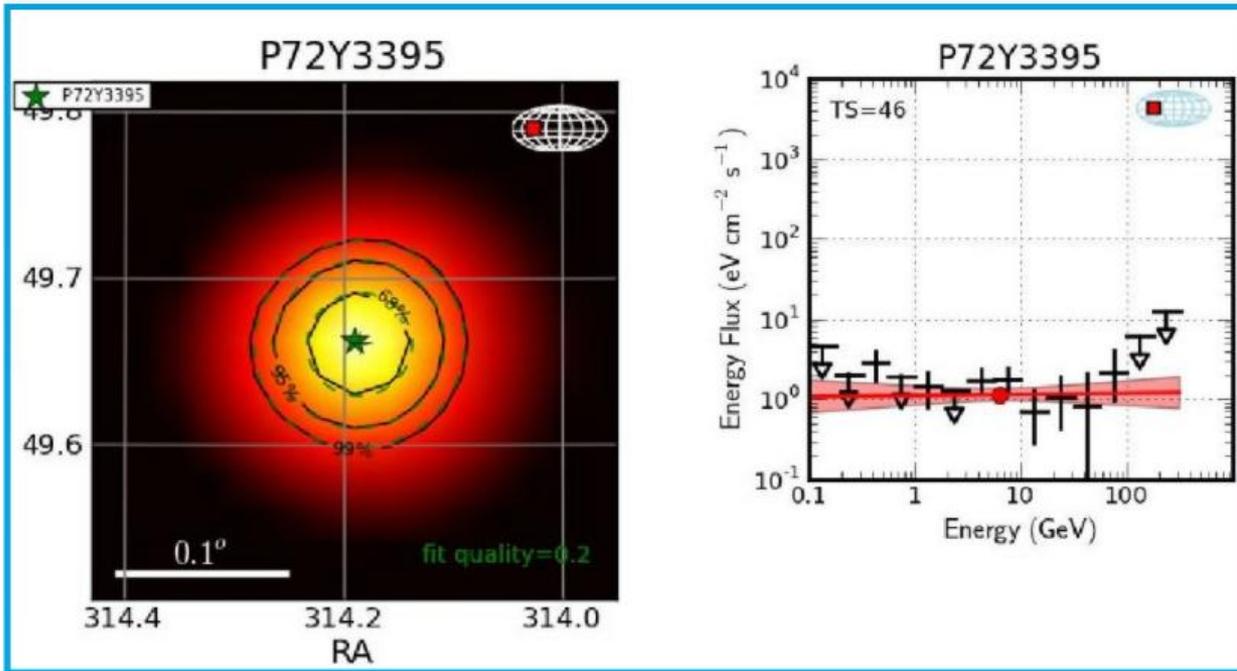
P72Y0712

ra	75.847
dec	45.287
glon	161.784
glat	2.273
band_ts	73.0
TS	63.4
a	0.033
b	0.032
qual	0.4
e_pivot	1338.9
lognorm	-12.655
pindex	2.310
delta_ts	0.0
id_prob	-1.000
class	None

1RXSJ205644.3+494011(group2)

Ra 314.178000

Dec 49.668583



P72Y3395

ra	314.191
dec	49.663
glon	89.323
glat	2.752
band_ts	66.8
TS	47.3
a	0.021
b	0.020
qual	0.2
e_pivot	5572.7
lognorm	-13.550
pindex	1.986
delta_ts	0.0
id_prob	0.806
class	None