

# KWFCによるFermi/LAT $\gamma$ 線源の時間変動観測

森田 雅大(東京大学)

# 目次

## 1. Introduction

- Fermi  $\gamma$  線望遠鏡/LATによるサーベイ観測
- $\gamma$  線源の未同定天体について
- $\gamma$  線源候補:ブレーザーについて
  - 放射機構, 時間変動

## 2. Observation

- 観測装置:木曾シュミット/KWFC
- $\gamma$  線源誤差領域にある天体の可視光変動の観測

## 3. Result

- 可視光変動が見られた天体の選定

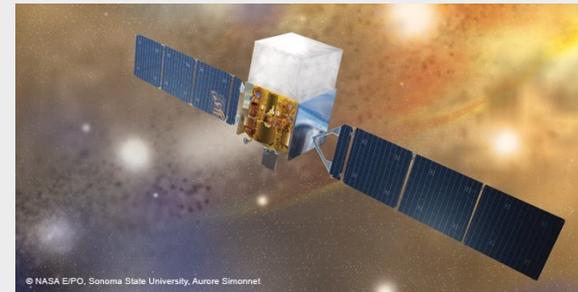
## 4. Future work

- KWFCの超新星サーベイで既に取りられたデータの解析
- Tomo-e Gozenによるサーベイ観測

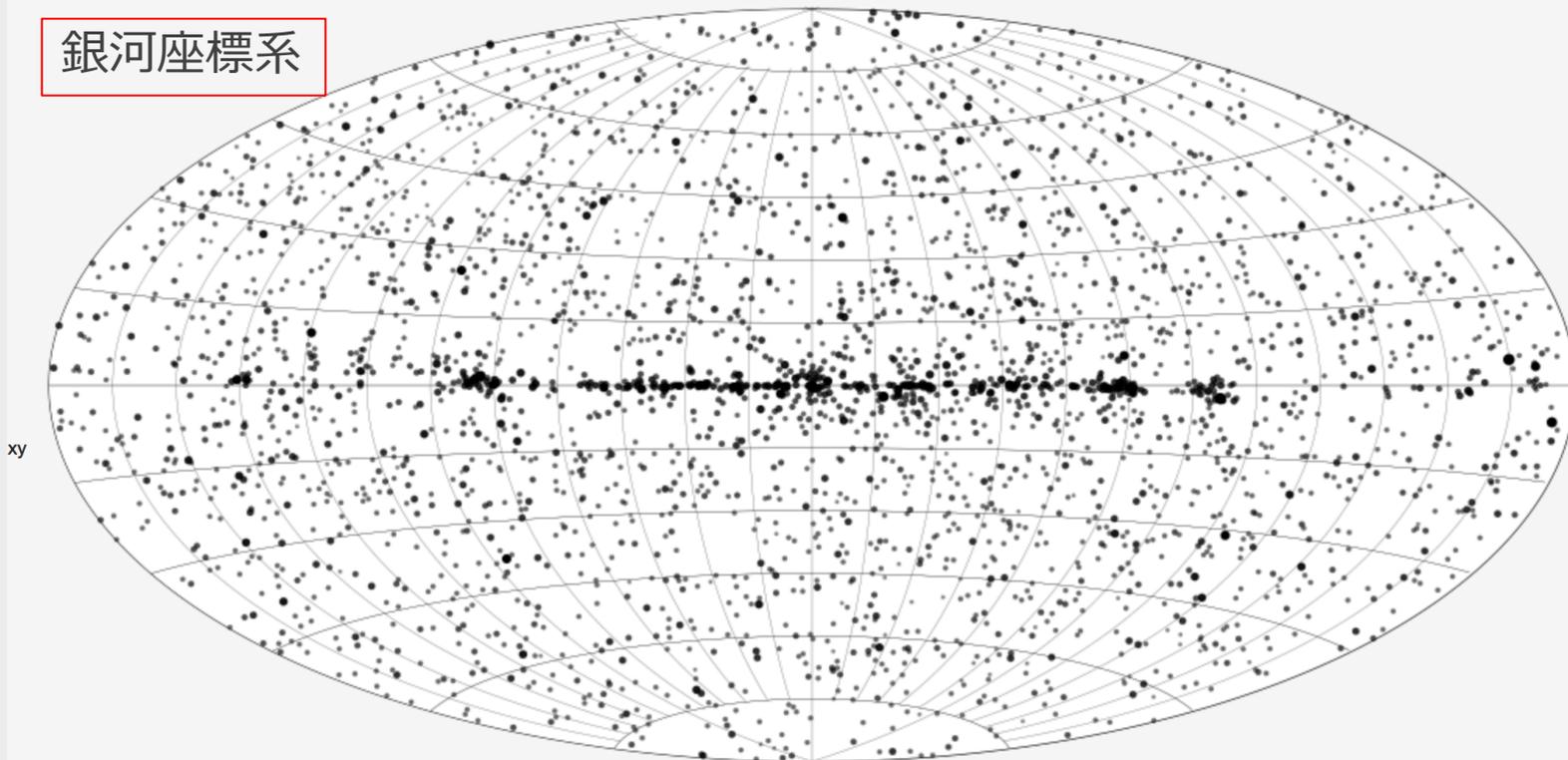
## 5. Conclusion

# $\gamma$ 線源カタログ

フェルミガンマ線宇宙望遠鏡  
検出器：LAT (30 MeV~300 GeV)  
3FGLカタログ (2008~2012：計3034個)

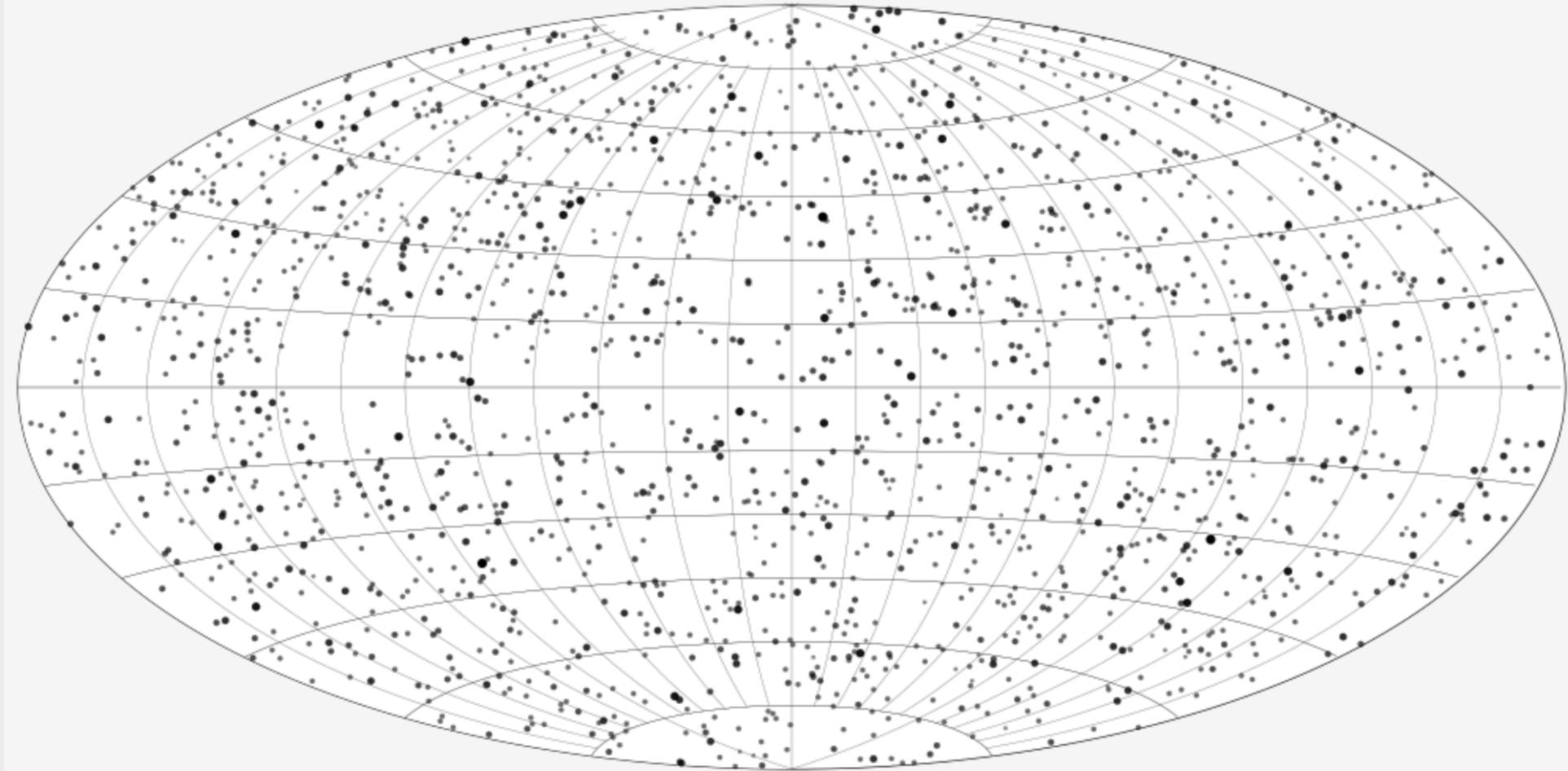


銀河座標系



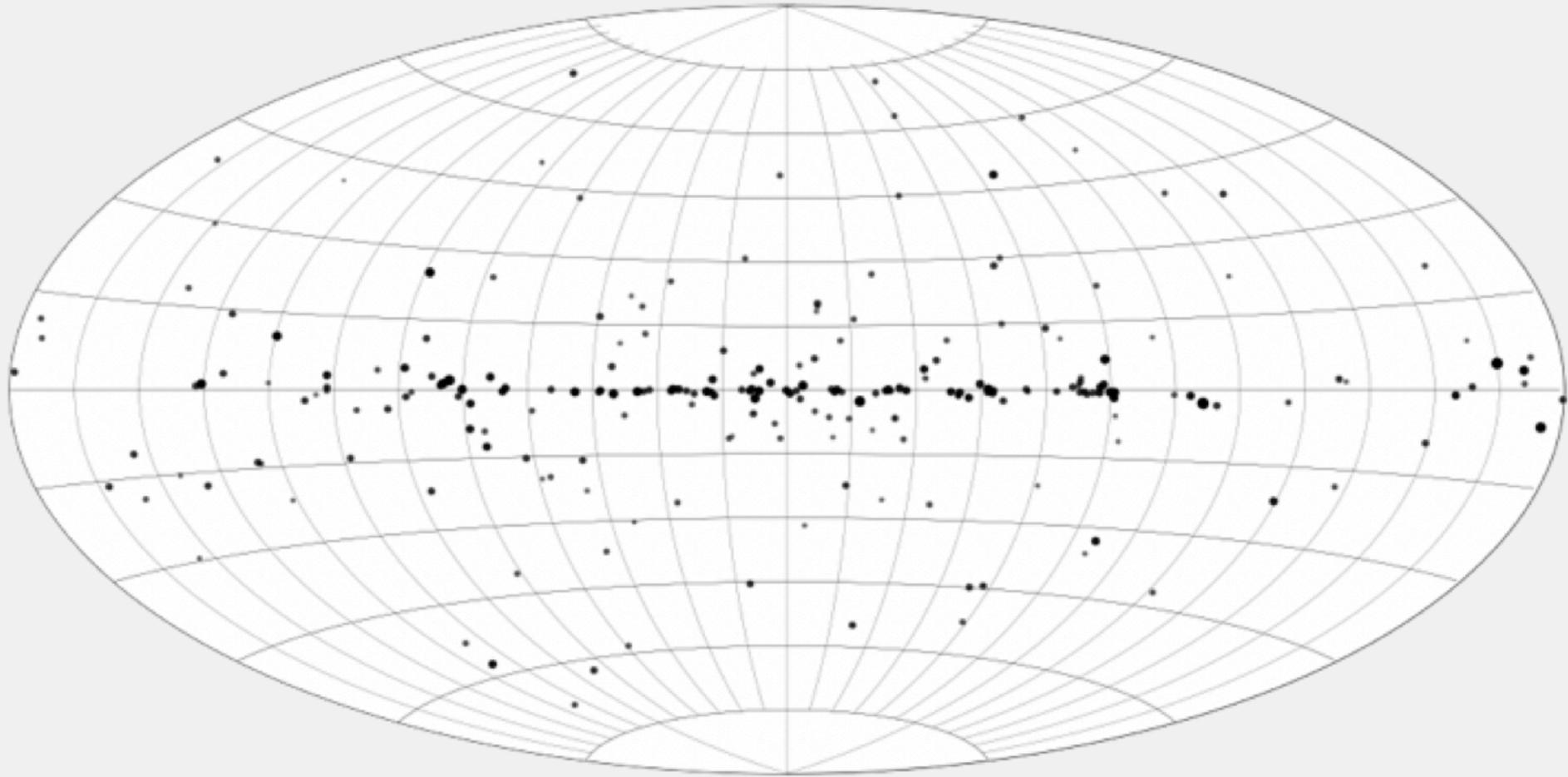
[https://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/access/lat/4yr\\_catalog/3FGL-table/#aitoff](https://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/access/lat/4yr_catalog/3FGL-table/#aitoff)

# ブレーザーに限ると…



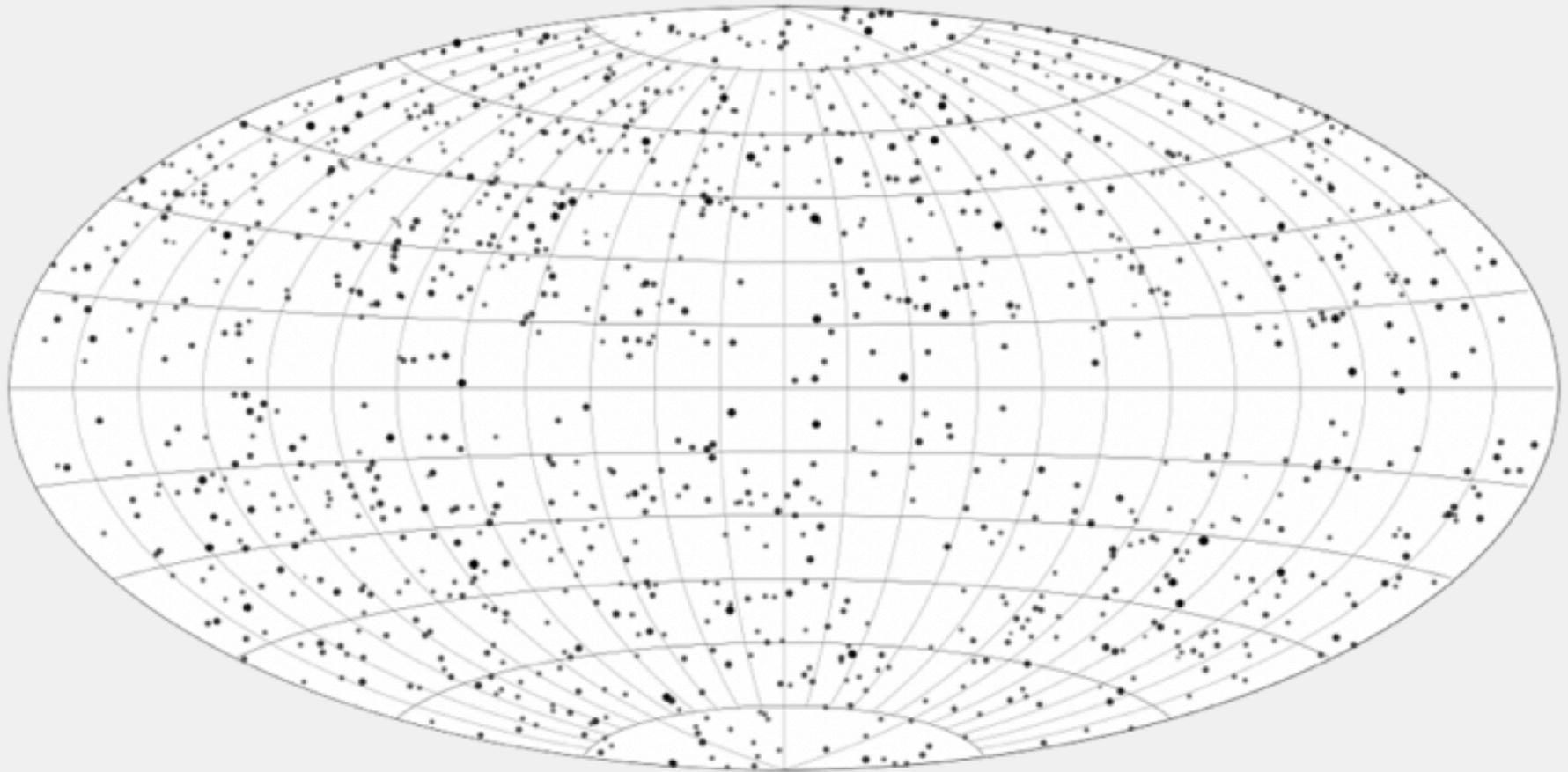
➤ 全天に広く点在

# ブレーザー以外は…



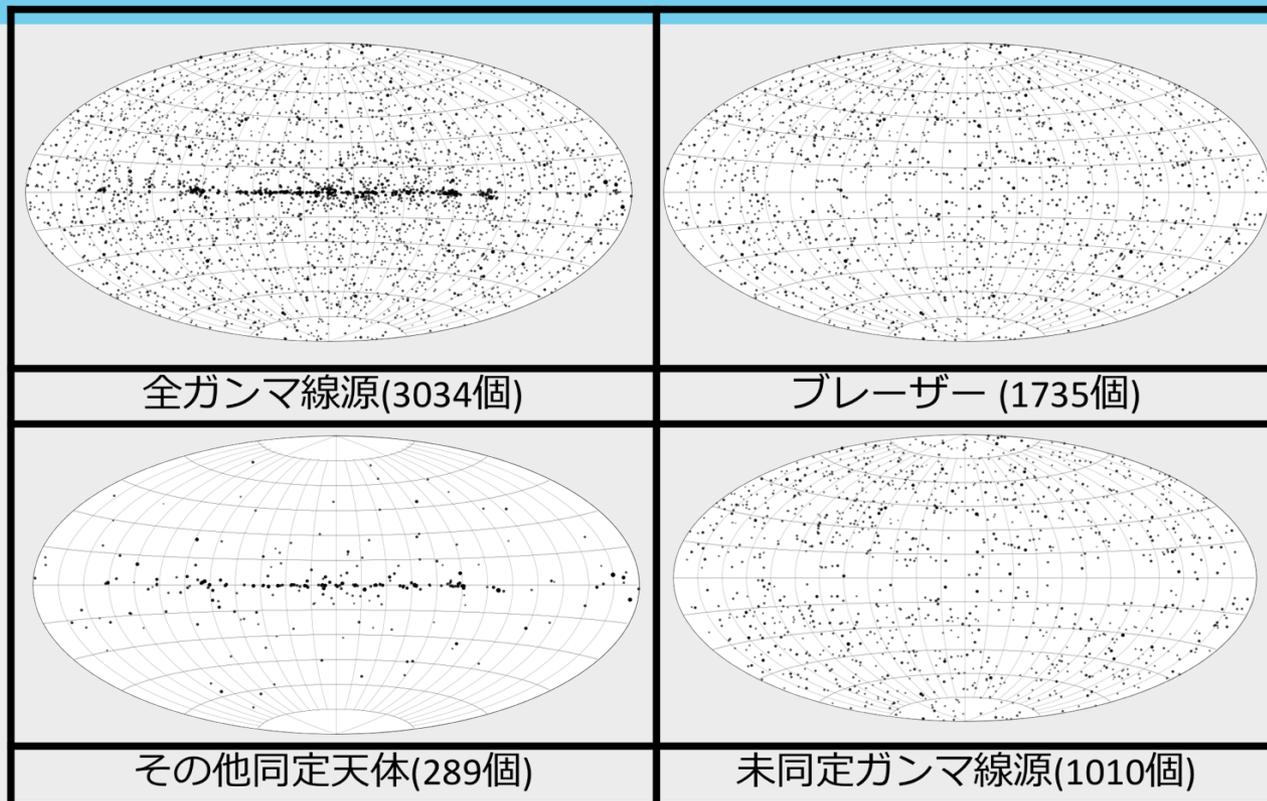
➤ 主に銀河面上に分布

# 未同定 $\gamma$ 線源



➤ 主に銀河面外に分布

# 全天のガンマ線源分布



Fermi/LAT (20MeV~300GeV超) の観測カタログ(3FGL)

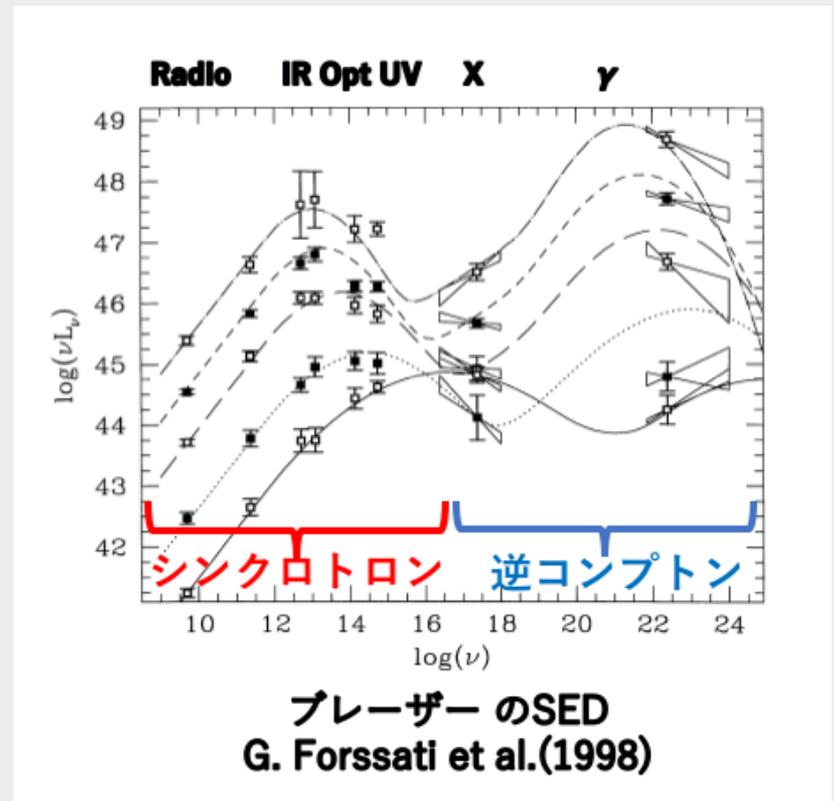
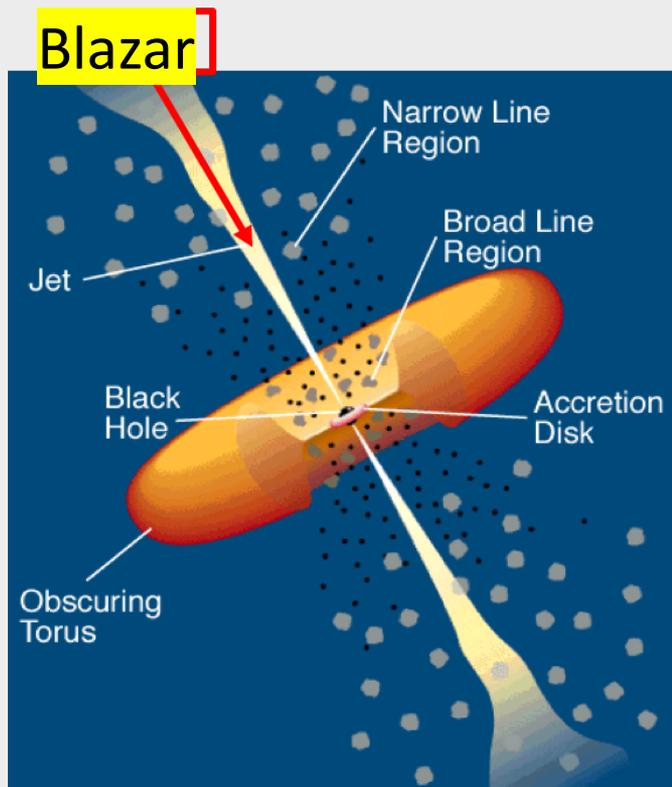
$\gamma$ 線源の位置決定誤差 $\sim 0.05^\circ$   $\rightarrow$  多波長観測で $\gamma$ 線源天体を同定

銀河面外の $\gamma$ 線源の同定天体は95%以上がブレーザー

- 未同定 $\gamma$ 線源も銀河面外に分布、ブレーザーの可能性が高い
- ブレーザーに注目し、 $\gamma$ 線源天体の同定を目指す

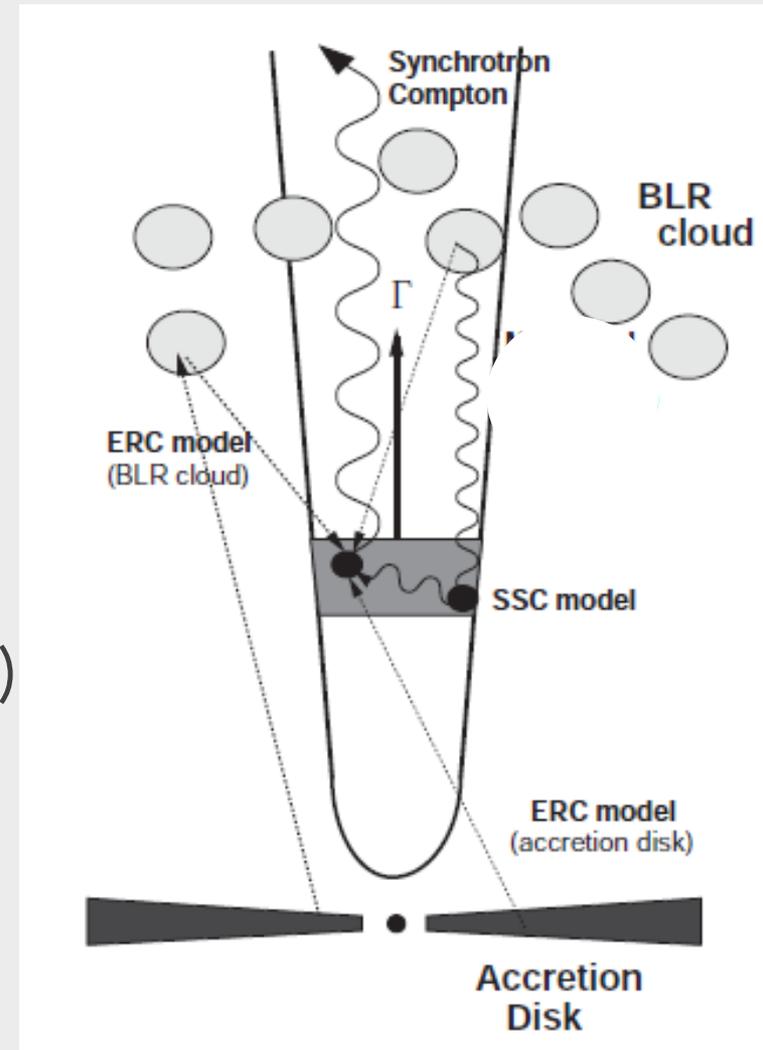
# ブレイザー

- 活動銀河核(AGN)からの相対論的ジェットと視線方向が一致
- 電波 $\sim$  $\gamma$ 線まで広い放射
- ジェットからの非熱的放射が主



# ジェットの高能放射(逆コンプトン散乱)

- SSC(Synchrotron Self-Compton)
  - シンクロトロン光子
    - ×高能放射電子
  - 主に低エネルギー側に寄与
- ERC(External Radiation Compton)
  - 降着円盤等,外部からの光子
    - ×高能放射電子
  - 主に高能放射側に寄与



Kataoka Dr.thesis(2000)

# 時間変動

ブレーザーの光度時間変動には長短がある

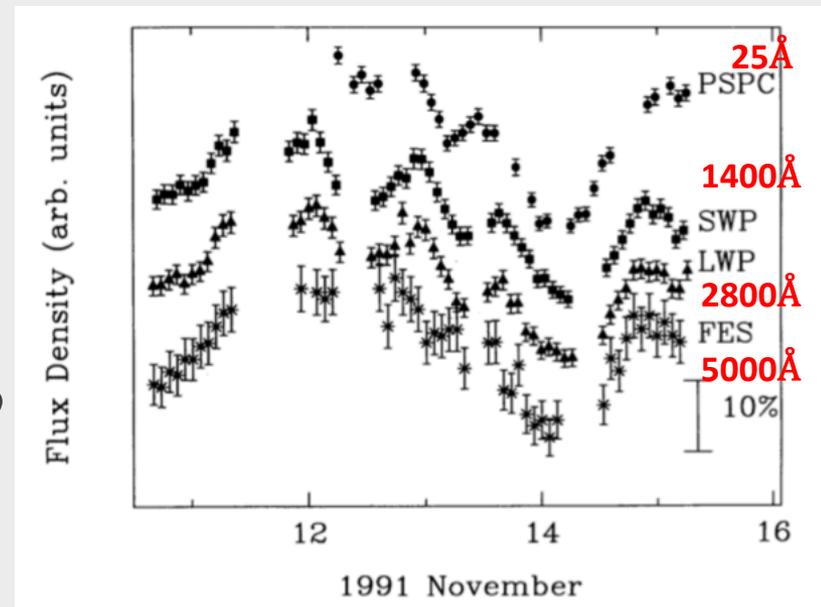
- variability : 数年スケールで数等変化
- microvariability : 数時間~数日スケールで $\Delta m \geq 0.1$

➤ microvariabilityに注目し、ブレーザー候補を見つける

~Microvariabilityについて~  
 $\gamma$ 線とその他の変動時間差(2~3h)

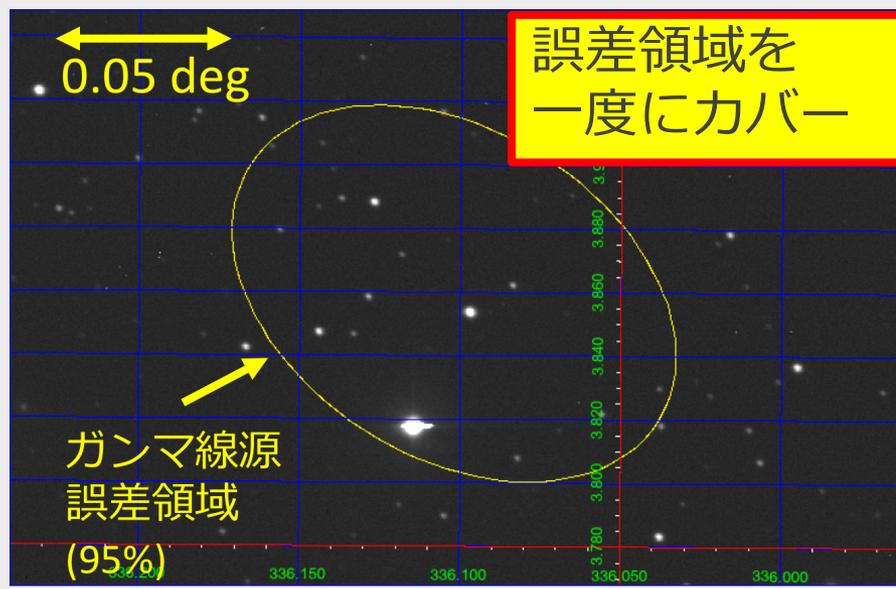
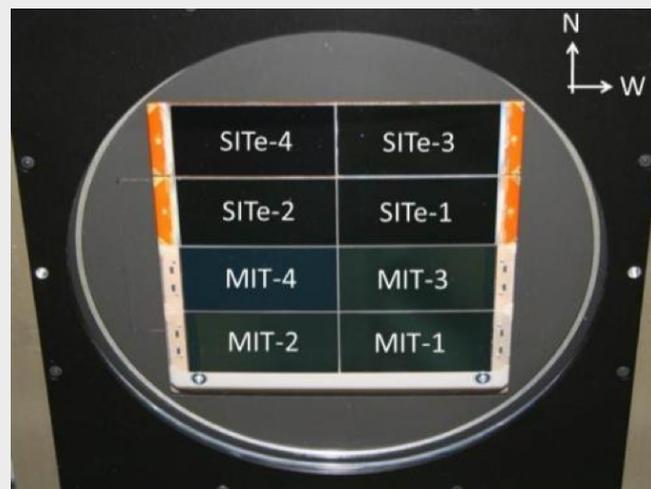
↓  
シンクロトロン放射と  
逆コンプトン散乱の放射領域が違う

↓  
ERCと考えられる Edelson et al. 1995



# 木曽シュミット望遠鏡/KWFC

	KWFC
視野 (deg <sup>2</sup> )	4.8
各CCDのpixel数	2k × 4k
ピクセルスケール arcsec pixel <sup>-1</sup>	0.95
Gain	2.3 e <sup>-</sup>
読み出しノイズ	MIT: 10e <sup>-</sup> SiTe: 30e <sup>-</sup>
暗電流	< 5 e <sup>-</sup> hour <sup>-1</sup> pixel <sup>-1</sup>



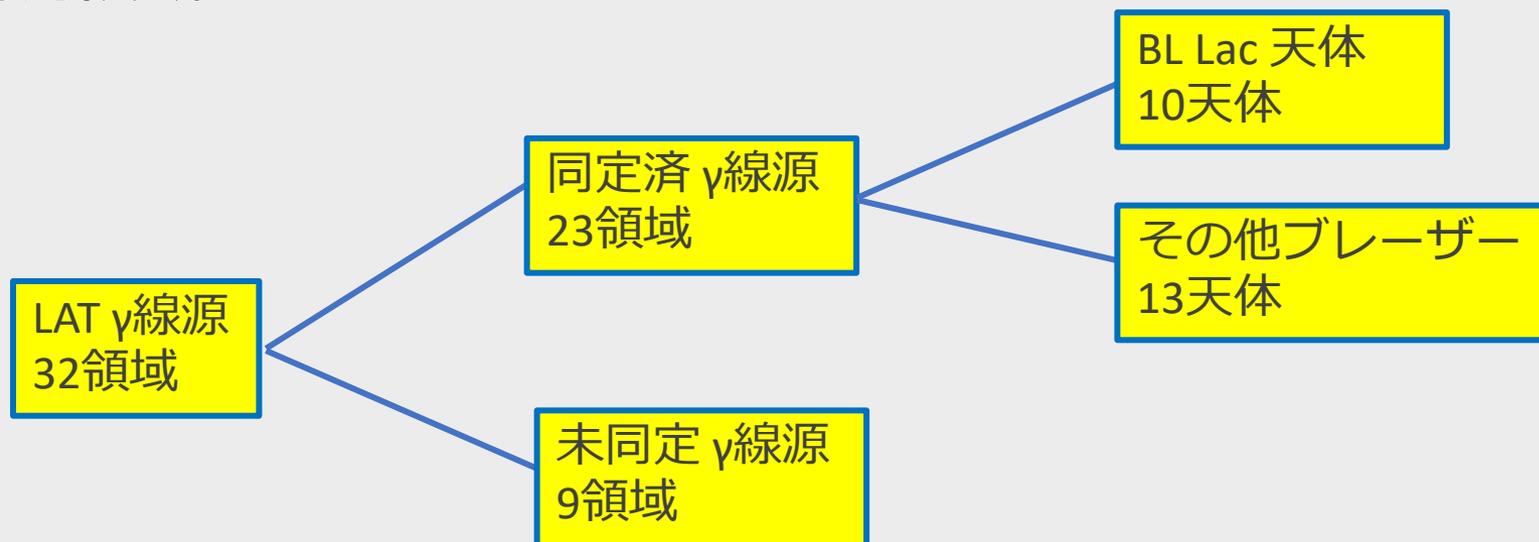
γ線源誤差領域のKWFC観測画像

# 観測

## <観測>

- 2018年8月を通してKWFC/g-bandで観測
- $\gamma$ 線源の95%誤差領域内に検出された天体  
(各 $\gamma$ 線源に対して数十個)について  
それぞれライトカーブを描き、光度変動を見た
- 各観測の積分時間は**120秒**

## <観測領域>



# 結果：変動天体の選定

未同定 $\gamma$ 線源  $\triangleright$  9領域中4領域

同定 $\gamma$ 線源  $\triangleright$  23領域中12領域

から変動有意な天体が見つかった

LAT source	分類	変動天体数	id object name
J2000.1+4212	bcu	1	MG4 J195957+4213
J2014.5+0648	bcu	2	NVSS J201431+064849
J2014.9+1623	bcu	1	4C+16.67
J2023.2+3154	bcu	4	4C +31.56
J2049.7+1002	bcu	1	PKS 2047+098
J2106 +2505	bcu	4	MG3 J210642+2501
J2112.7+0819	bcu	1	1RXS J211242.5+081831
J2318.6+1912	bcu	1	TXS 2315+189
J2021.9+0630	bll	1	87GB 201926.8+061922
J2031.8+1223	bll	2	PKS 2029+121
J2042.1+2428	bll	1	MG2 J204208+2426
J2055.0+0016	bll	1	RGB J2054+002
J2250.3+1747	unid	3	nan
J2305.8+1658	unid	2	nan
J2323.7+2523	unid	1	nan
J2338.7+0251	unid	2	nan

同定  
(計20天体)

未同定  
(計8天体)

$$\sigma_{ij} = \frac{|m_i - m_j|}{\sqrt{m_{err j}^2 + m_{err j}^2}}$$

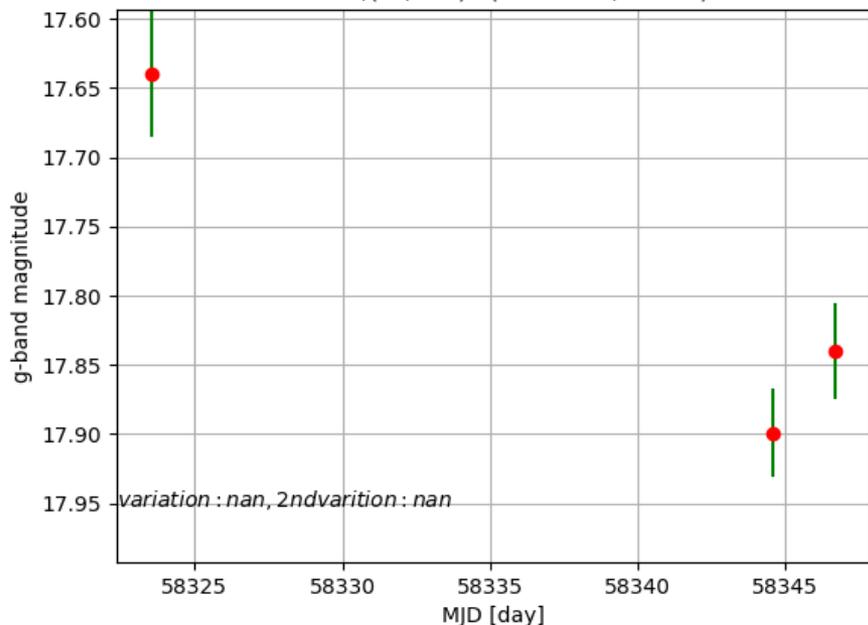
の最大値  $> 3$  の天体を変動が有意とした

# 結果：同定天体のライトカーブ

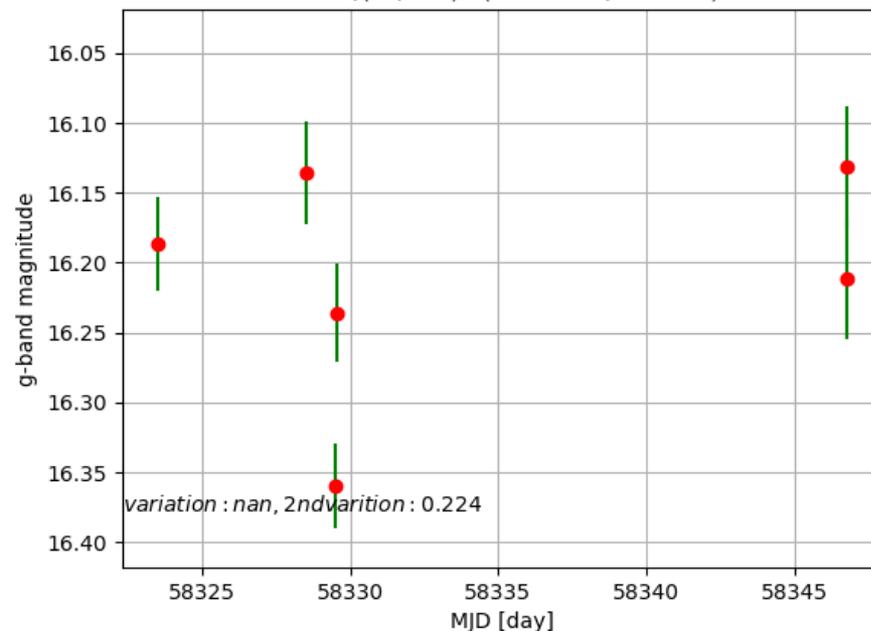
- ・ 同定天体がKWFCで検出されたものは全部で4天体。  
そのうち2天体で有意な変動が確認された

➤ KWFCで検出可能な明るさの同定天体のうち約半数では変動が確認できた

3FGL J2055.0+0016, Association:RGB J2054+002  
id=29,(ra,dec)=(313.737, 0.261)



3FGL J2042.1+2428, Association:MG2 J204208+2426  
id=4,(ra,dec)=(310.552, 24.483)



# 変動天体はブレーザーであるか

LAT source	分類	変動天体数	id object name
J2000.1+4212	bcu	1	MG4 J195957+4213
J2014.5+0648	bcu	2	NVSS J201431+064849
J2014.9+1623	bcu	1	4C+16.67
J2023.2+3154	bcu	4	4C +31.56
J2049.7+1002	bcu	1	PKS 2047+098
J2106 +2505	bcu	4	MG3 J210642+2501
J2112.7+0819	bcu	1	1RXS J211242.5+081831
J2318.6+1912	bcu	1	TXS 2315+189
J2021.9+0630	bll	1	87GB 201926.8+061922
J2031.8+1223	bll	2	PKS 2029+121
J2042.1+2428	bll	1	MG2 J204208+2426
J2055.0+0016	bll	1	RGB J2054+002
J2250.3+1747	unid	3	nan
J2305.8+1658	unid	2	nan
J2323.7+2523	unid	1	nan
J2338.7+0251	unid	2	nan

同定  
(計20天体)

未同定  
(計8天体)

同定天体の変動が  
確認されたもの  
(2天体)



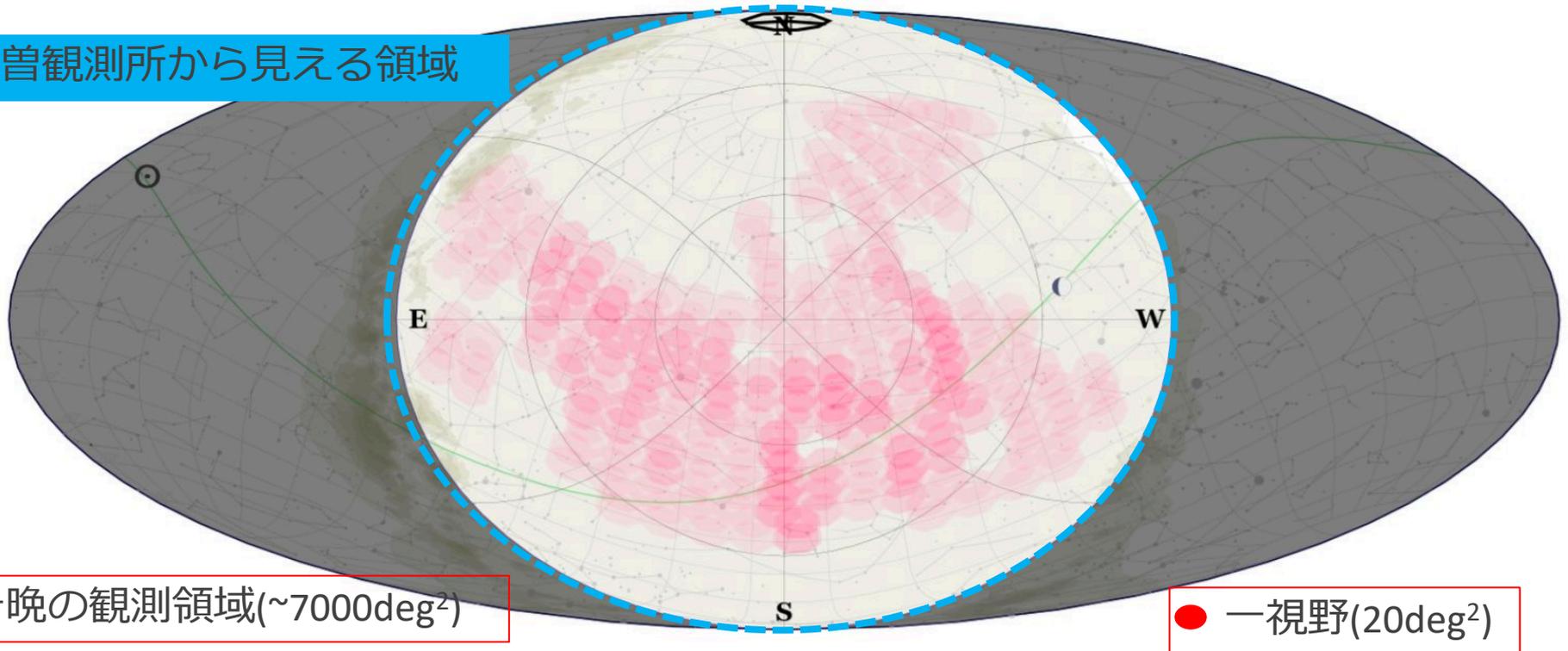
- 変動が見られる天体のうち大雑把に10%は $\gamma$ 線源を指す?
  - より多くの光度変動観測に加え、多波長SED等の追加検証が必要

# 今後の展望 —KWFC超新星サーベイデータ—

- 2012 ~ 2017 Kiso Supernova Survey  
超新星爆発直後を捉えることを目的とした超新星サーベイ
- その中でFermi  $\gamma$ 線源領域が視野中に入っていたものについて解析を行う
- これまで10回以上観測されていたFermi  $\gamma$ 線源数は**110個**

# Tomo-e Gozen Survey

木曾観測所から見える領域



広範囲で一晩に複数回の観測が可能

➤ より多くのブレーザー候補天体を見つけていく

# まとめ

- Fermi/LATの23個の同定 $\gamma$ 線源と9個の未同定 $\gamma$ 線源について
- 木曾シュミット望遠鏡/KWFCを用いて観測を行い、天体の可視光変動を見た
- 今回解析したKWFCの観測データでは光度変動が有意に見られる天体が見つかった
- ブレーザー候補とするには多波長SED等の追加検証が必要
- microvariabilityは常に見られるとは限らないため、より長期間、より多くのサンプルを得るため、過去のKWFCデータの解析や Tomo-e Gozen による広視野サーベイが期待される