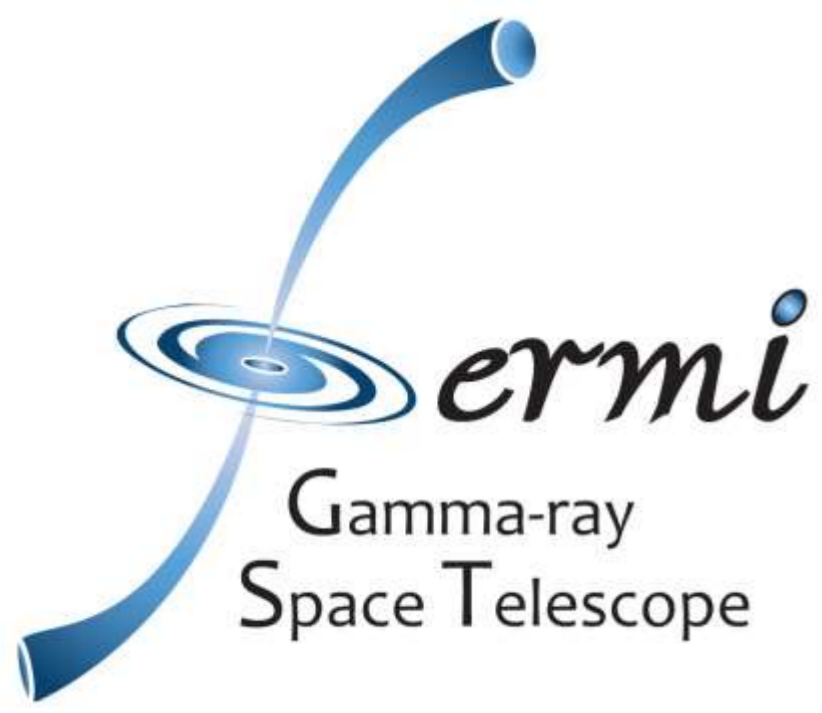


# フェルミ衛星によるガンマ線観測の現状



○福田愛璃紗, 片桐秀明 (茨城大), 大杉節, 深沢泰司, 水野恒史, 高橋弘充 (広島大), 河合誠之, 浅野勝晃, 谷津陽一, 森井幹夫 (東工大), 片岡淳, 中森健之 (早稲田大), 高橋忠幸, 尾崎正伸, Lukasz Stawarz, 大野雅功, 田中康之 (ISAS/JAXA), 牧島一夫 (東京大), 福井康雄, 山本宏昭 (名古屋大), 窪秀利, 李兆衡 (京都大), 山崎了 (青山学院大), 釜江常好, 田島宏康, 内山泰伸, 田中孝明, 林田将明, 榎戸輝揚, 奥村暁 (スタンフォード大), 当真賢二 (ペンシルバニア州立大), 他 Fermi LAT collaboration



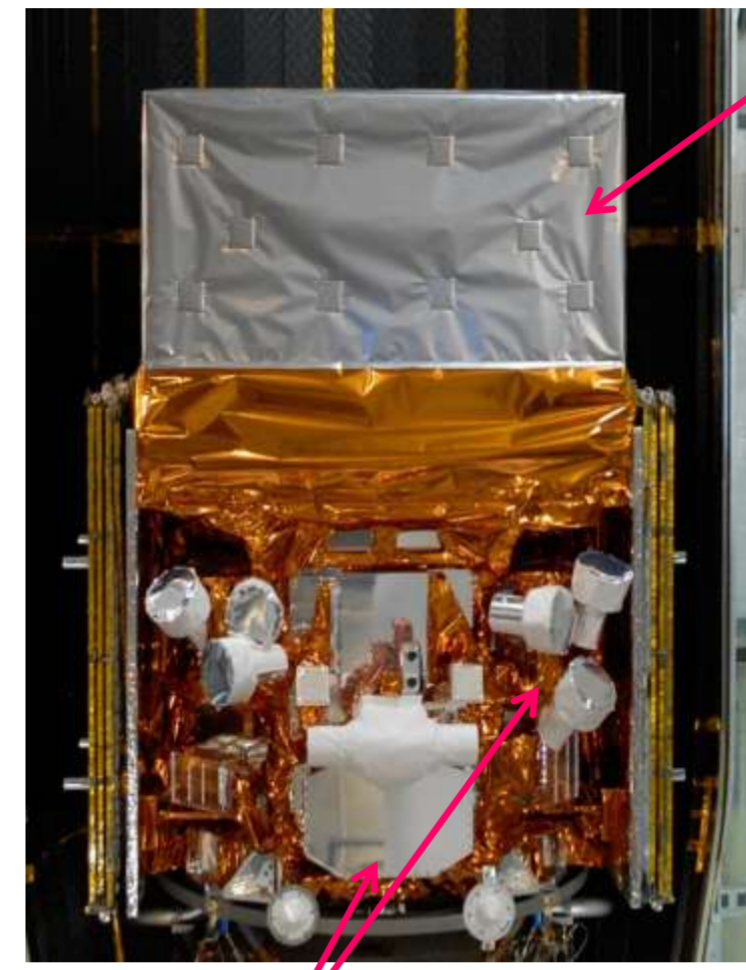
## Introduction

フェルミ・ガンマ線宇宙望遠鏡(フェルミ衛星)は、日米欧の国際協力による開発されたガンマ線天文衛星である。ガンマ線検出器として、Large Area Telescope(LAT)とGLAST Burst Monitor(GBM)を搭載しており、LATでは20MeV-300GeVのエネルギー領域をこれまでで最高の感度で観測することを実現している。一方GBMでは8keV-30 MeVのエネルギー領域で、主に突発的現象を観測している。観測対象となる天体は、パルサー・活動銀河核・ガンマ線バースト・超新星残骸など多岐にわたっており、高エネルギー現象の解明等さまざまな成果を期待されている。

フェルミ衛星は2008年6月11日に打ち上げられて以来3年、サーベイ観測を継続中である。2011年7月には2年カタログが公開され、2年間の観測で検出された天体の数は1800を超えている。現在、取得されたデータは逐次公開されており、フェルミチームからは多くの論文が発表されている。フェルミ衛星ではガンマ線だけでなく他波長との連携も行われており、高エネルギー天文学を牽引する衛星となっている。

本ポスターでは、これまでのフェルミ衛星の観測による成果について、一部を簡単に紹介する。

## 搭載検出器



**GBM**  
(Gamma-ray Burst Monitor)

- 8 keV → 30 MeV
- 主に突発天体を監視
- 検出器: NaI(Tl) x 12 + BGO x 2

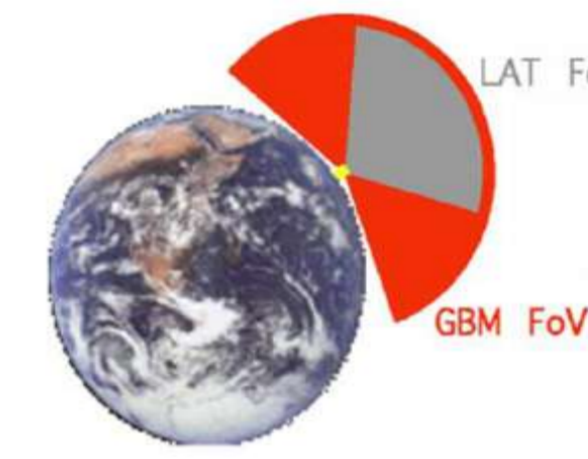
## LAT

(Large Area Telescope[2])

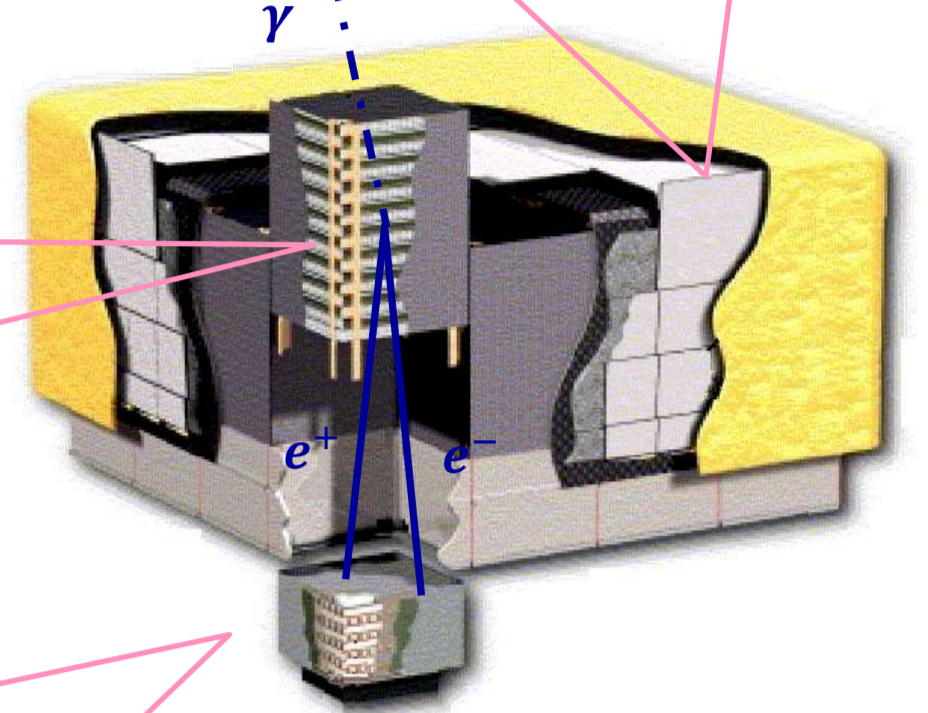
- 20 MeV → 300 GeV
- 視野 2.4 str
- 約3時間ごとに全天を走査

電子・陽電子対生成型  $\gamma$  線検出器

- トラッカー  
多重シリコンストリップ検出器  
電子対の飛跡を測定  
ガンマ線の到来方向を再構成

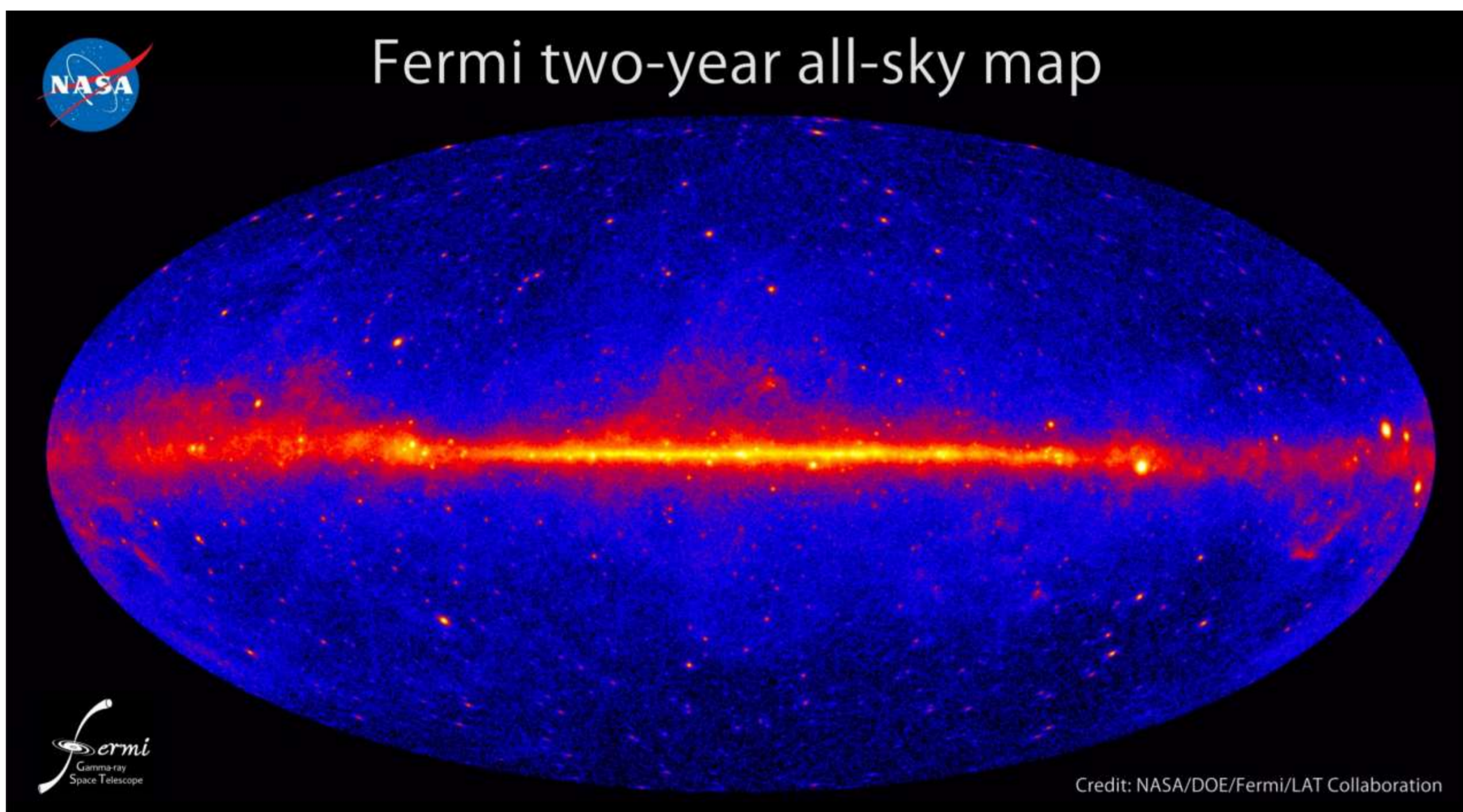


- 反同時計数シールド  
プラスチックシンチレータ  
荷電粒子バックグラウンドの除去



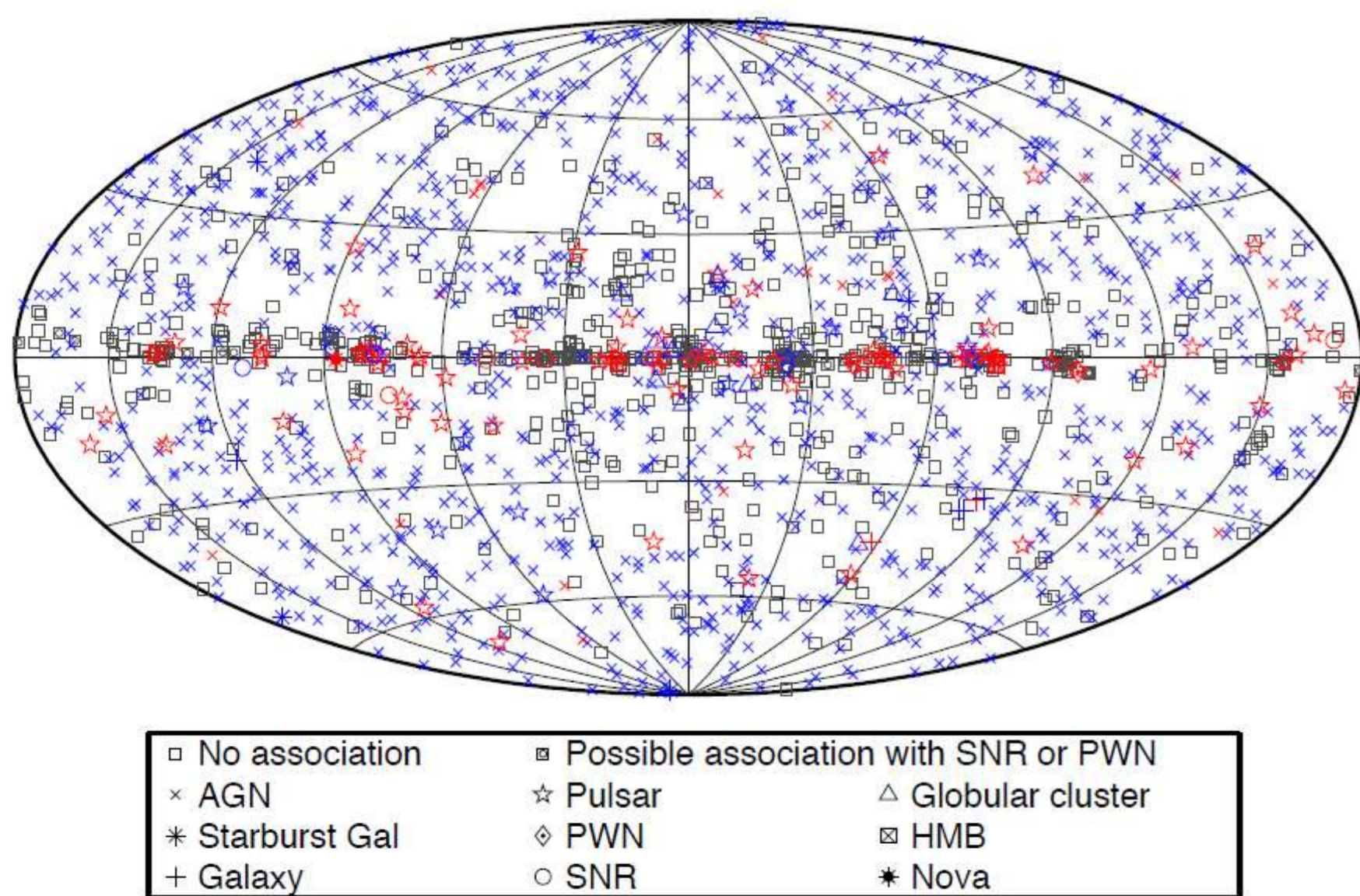
- カロリメータ  
CsI(Tl)シンチレータ  
電子対のエネルギーを測定  
ガンマ線のエネルギーを再構成

## 2年間での成果



上図: 2年間の観測で得られた、 $E > 1\text{GeV}$ でのガンマ線全天マップ。  
下表: 2年間の観測で作られた100MeV → 100GeVのエネルギーのガンマ線点源1873を天体種族ごとに分類したもの。[1]

Description	Identified		Associated	
	Designator	Number	Designator	Number
Pulsar, identified by pulsations	PSR	83	...	...
Pulsar, no pulsations seen in LAT yet	...	...	psr	25
Pulsar wind nebula	PWN	3	pwn	0
Supernova remnant	SNR	6	snr	4
Supernova remnant / Pulsar Wind Nebula	...	...	†	58
Globular Cluster	GLC	0	glc	11
High-mass binary	HMB	4	hmb	0
Nova	NOV	1	nov	0
Bl Lac type of blazar	BZB	7	bzb	423
FSRQ type of blazar	BZQ	17	bzq	353
Non-blazar active galaxy	AGN	1	agn	8
Radio galaxy	RDG	2	rdg	10
Seyfert galaxy	SEY	1	sey	5
Active galaxy of uncertain type	AGU	0	agu	268
Normal galaxy (or part)	GAL	2	gal	4
Starburst galaxy	SBG	0	sbg	4
Class uncertain	...	...	...	1
Unassociated	...	...	...	572
Total		127		1746



左図: 2年間の観測で得られたガンマ線点源を記した全天マップ。  
ガンマ線天体を天体種族ごとに分類した上表より、同定された天体 → 赤の記号  
未同定天体 → 青の記号  
で記してある。

## References

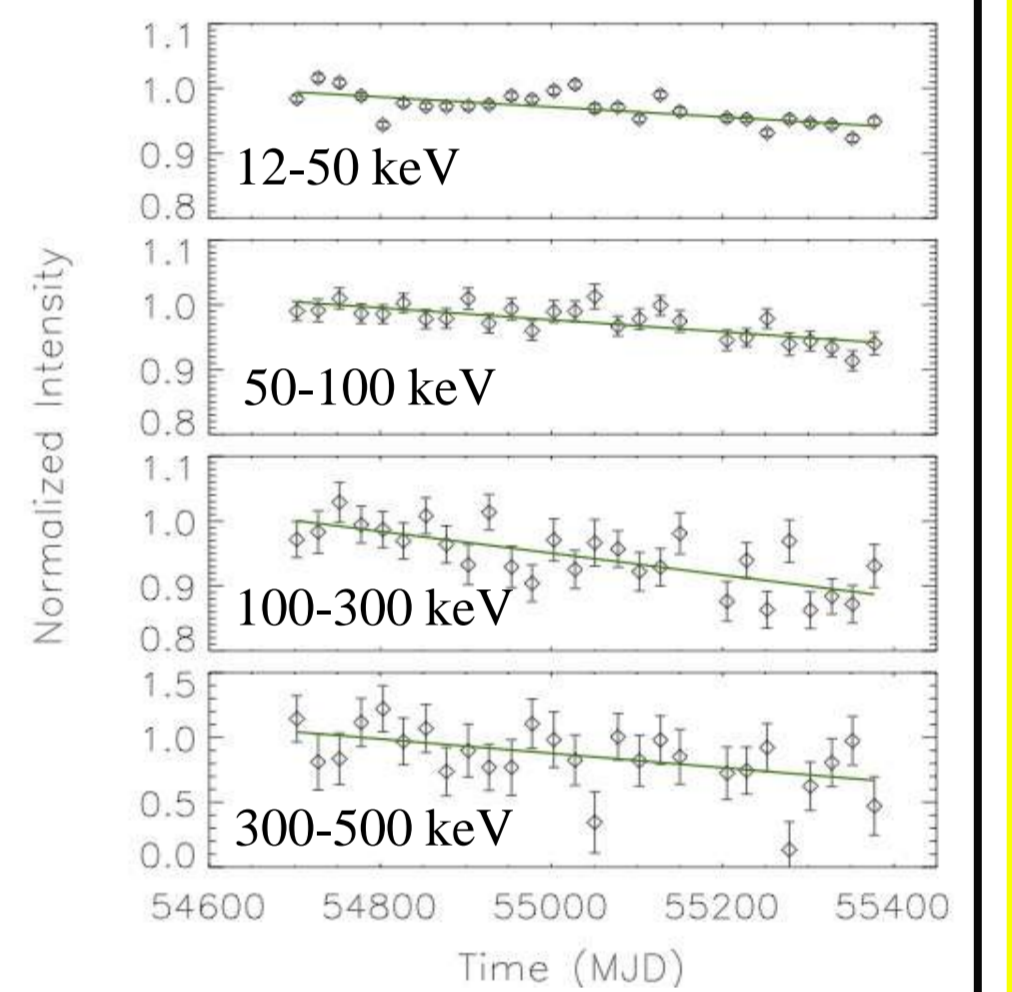
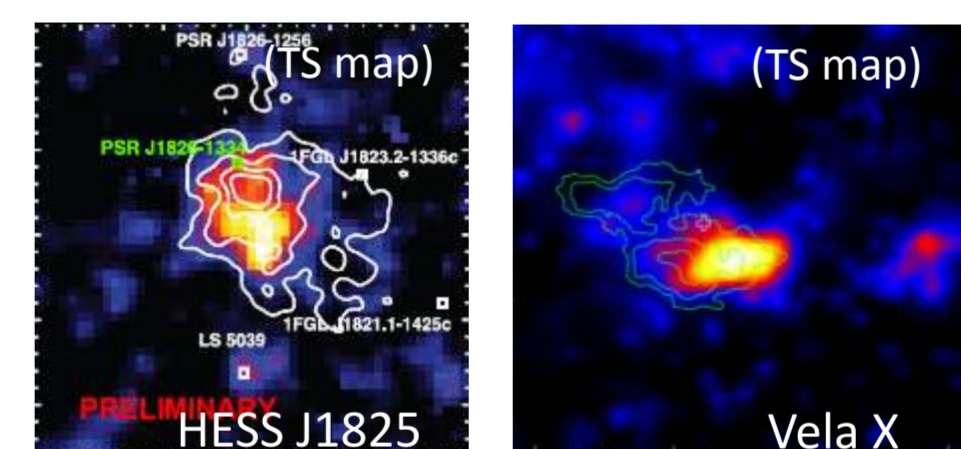
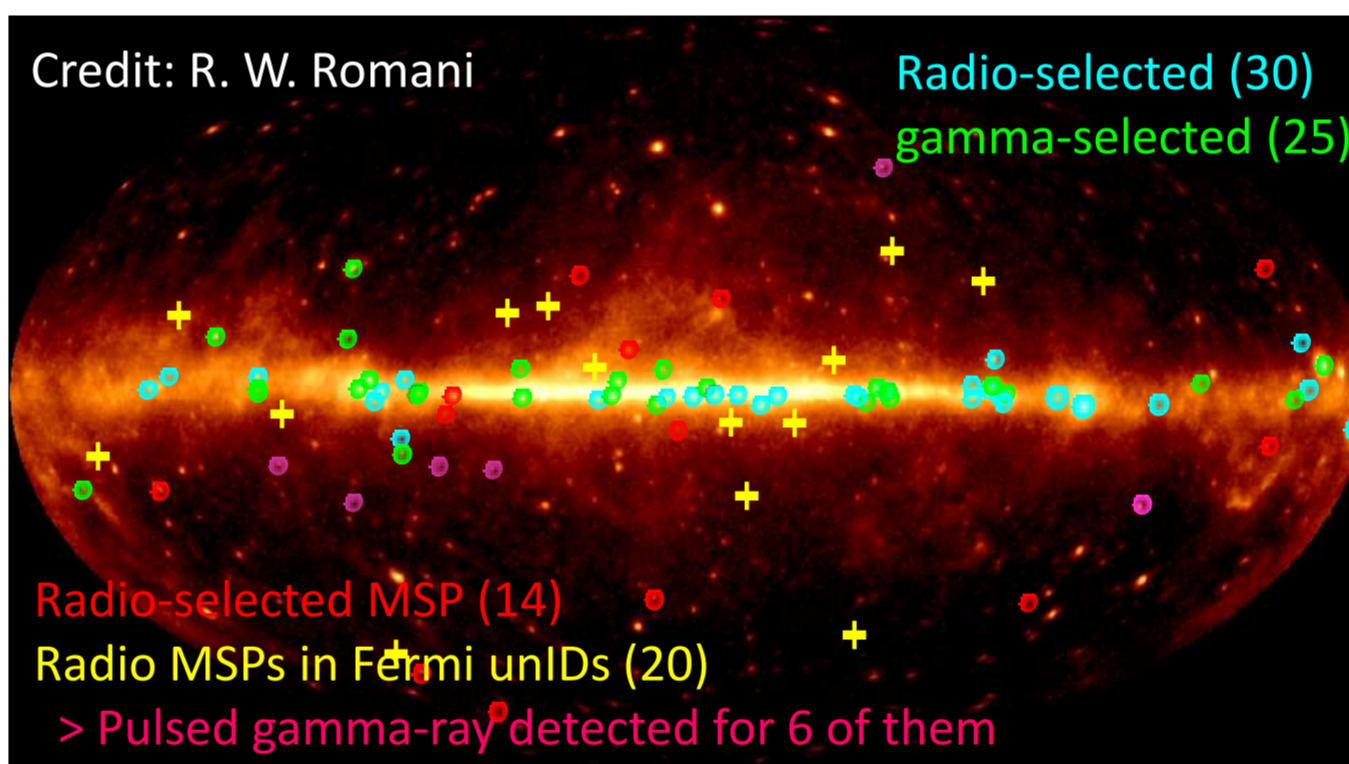
- [1] Fermi-LAT Collaboration 2011, arXiv:1108.1437  
[2] Atwood, W. B., et al. 2008, ApJ, 697, 1071  
[3] Ohira, Y., et al. 2011, S410, 1577  
[4] Uchiyama, Y., et al. 2010, ApJL, 723, 122  
[5] Abdo, A. A., et al. 2010, ApJS, 187, 460  
[6] Ackermann, M., et al. 2011, ApJ, 725, 35  
[7] Wilson-Hodge, C. A., et al. 2011, ApJL, 727, 140  
[8] Abdo, A. A., et al. 2011, Science, 331, 793  
[9] Abdo, A. A., et al. 2010, Science, 328, 725  
[10] Abdo, A. A., et al. 2010, Nature, 463, 919

## パルサー, パルサー星雲(PWN)

フェルミ衛星ではこれまでに83個のガンマ線パルサーを検出しており、それによって系統的な分析が可能になった。ガンマ線パルサーは、電波パルサーやミリ秒パルサーと共通した形状のパルス波形やスペクトルを持ち、通常電波ビームも持っているがガンマ線ビームより細いため地球に向かないことがあると考えられ、広い立体角でガンマ線が放射されているということが予想される[5]。ガンマ線パルサーだけでなく、銀河系内のTeVガンマ線天体に多くあるパルサー星雲(PWN)のうち3天体を検出した。これにより、パルサーが供給する相対論的電子による逆コンプトンガンマ線で説明できるスペクトルを得た。

また、フェルミ衛星ではすべてのLATパルサーについてoff-pulse放射探索を行いPWN候補天体を検出した[6]。

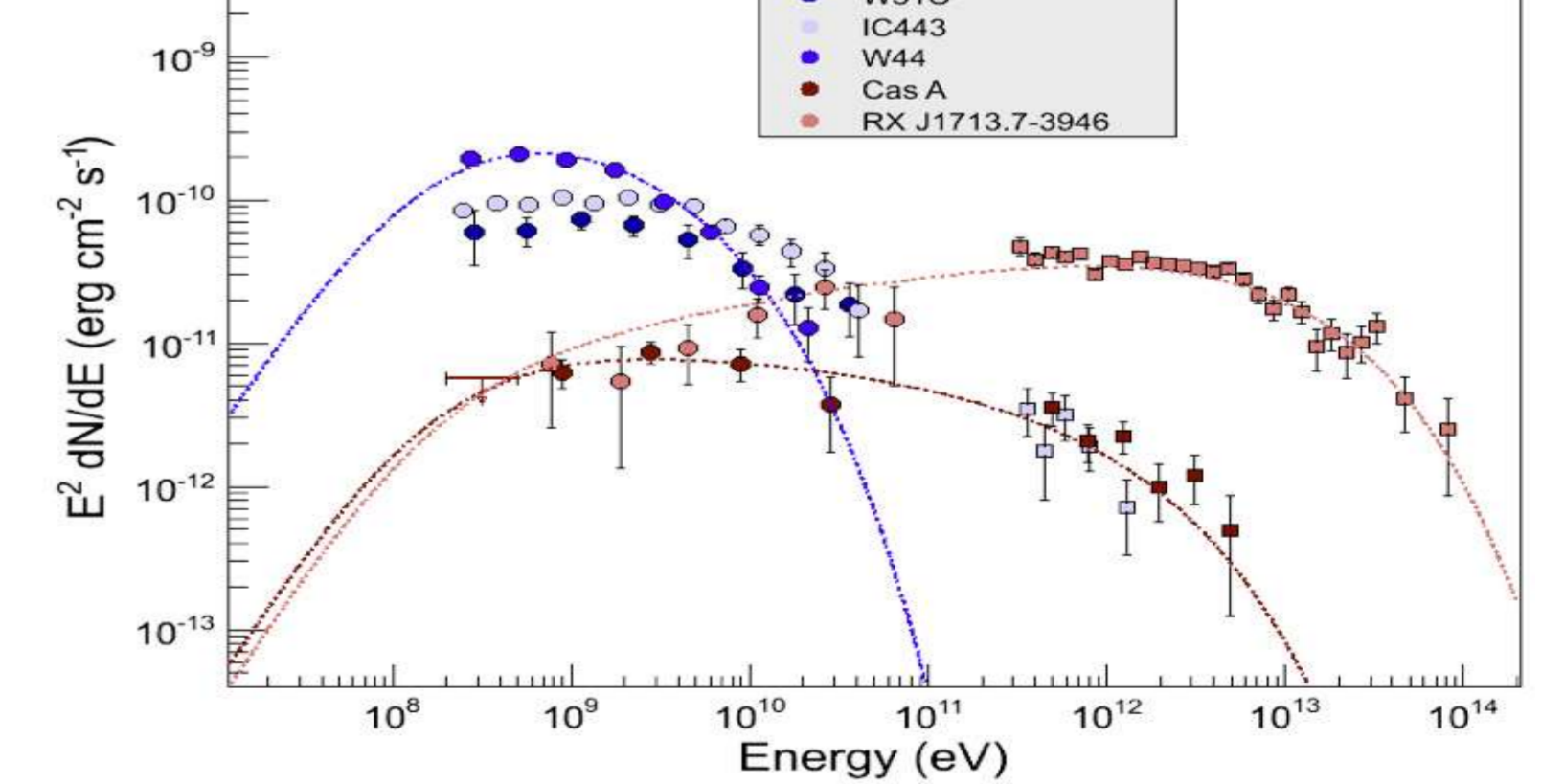
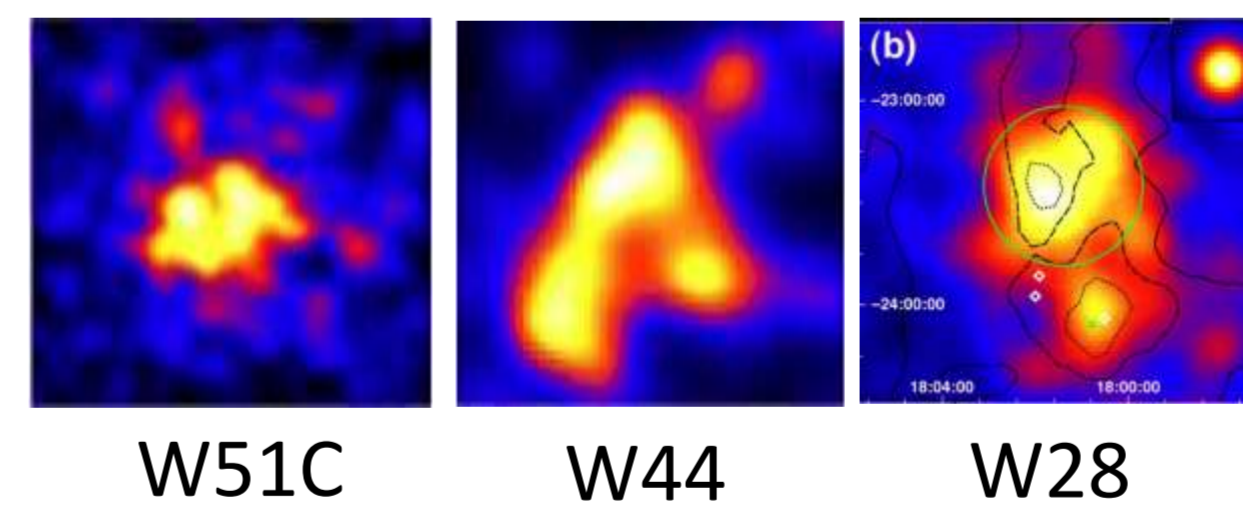
X線・ガンマ線で標準光源として用いられるかに星雲がX線で減光していることをGBMでも検出(左図)し高エネルギーになるほど変化率が大きいことを明らかにした。



上: GBMが測定した、カニ星雲のエネルギー別光度変動[7]

## 超新星残骸(SNR)

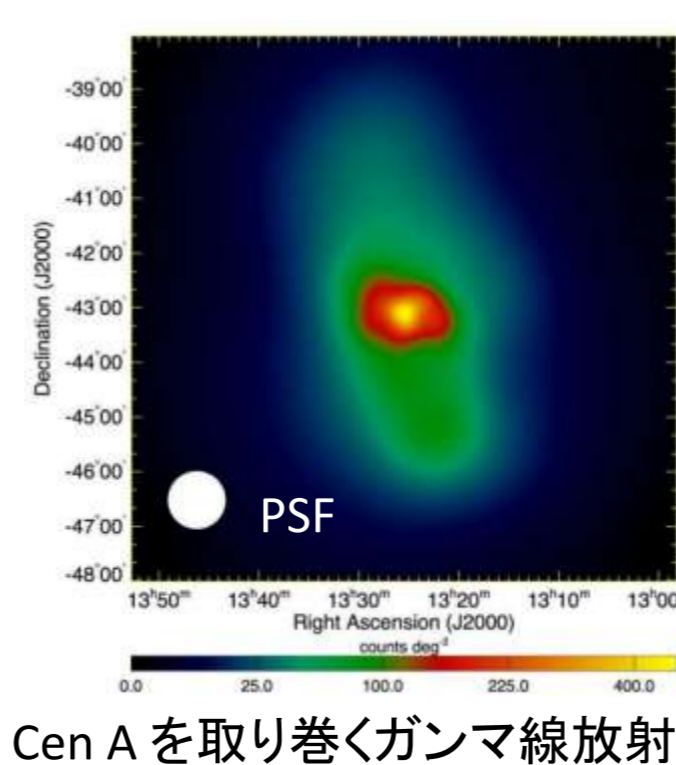
Cas A等の若い超新星残骸は地上チェレンコフ望遠鏡を用いた観測によってTeVガンマ線でも検出されており、フェルミ衛星の観測によりGeVガンマ線の検出ができるようになった。現在までに、約10個の超新星残骸(SNR)からガンマ線放射を検出しており、天体の形状・みかけの大きさに応じてそれぞれ広がった放射のイメージングに成功している。若いSNRよりも分子雲と相互作用する中年のSNR(W51C, W44等)が数の上では支配的である。また、LAT検出器によって測定されたガンマ線の空間分布より、W51C等では他の波長で見えているSNRの大きさ程度の広がりをもつことがわかった。NANTENを初めとする電波観測で得られた分子雲分布とガンマ線放射の空間分布は相関がよく、加速された宇宙線が分子雲と衝突することで生じる中性パイオンの崩壊に由来する放射モデルで矛盾なく説明できることを示した。



代表的な超新星残骸のガンマ線スペクトル(S. Funk+ 2010)

## 活動銀河

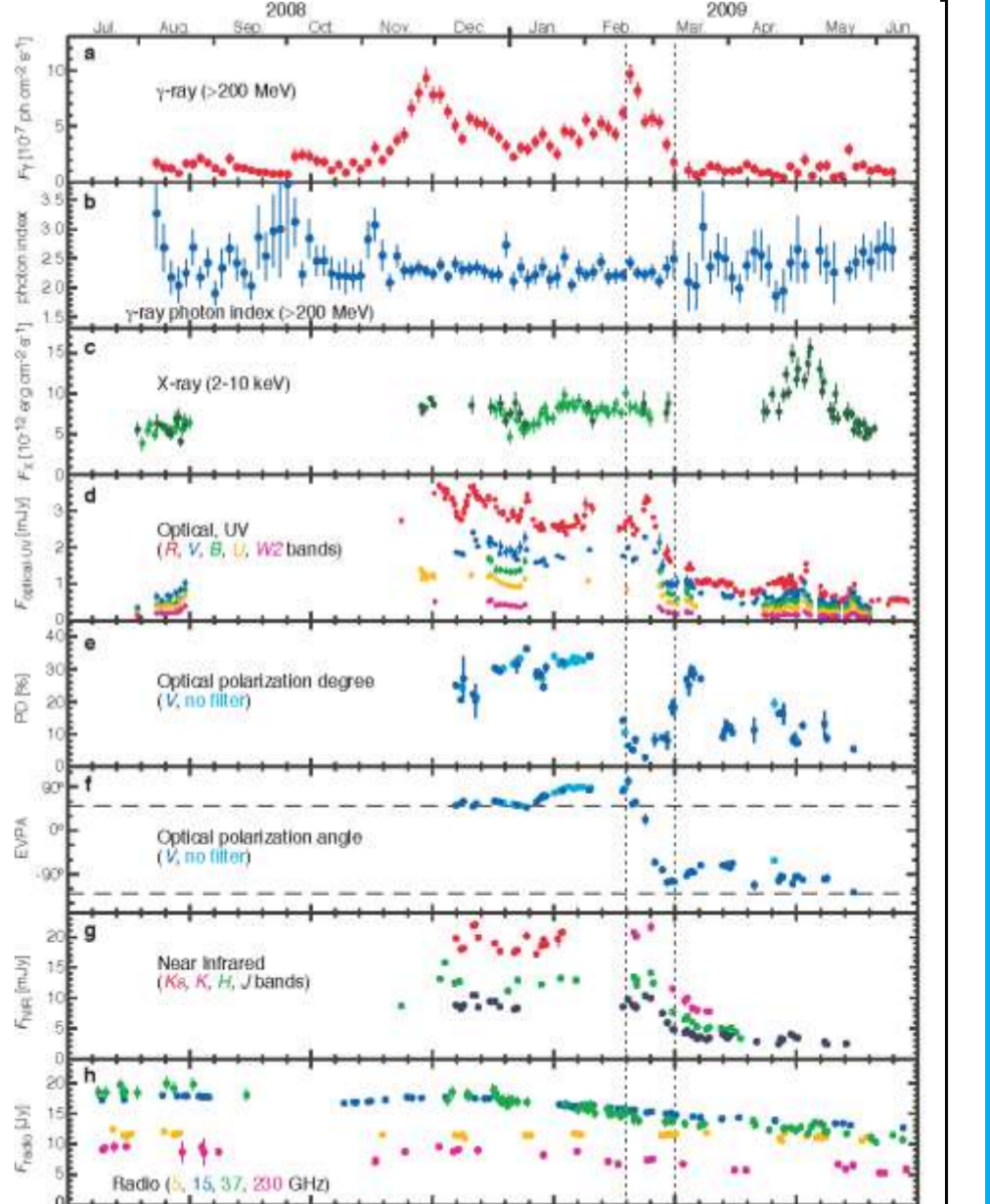
フェルミ衛星による全天サーベイにあわせ、広島大「かなた」望遠鏡をはじめとし、多くの望遠鏡でブレーザー3C279の長期観測が行われた。右図は各波長での観測結果があるが、中盤にガンマ線強度が明るくなるフレアがみられる。このフレア中、ガンマ線スペクトルはほとんど変化していないが、可視光の観測により、偏光角が約180度回転していることが分かった。この観測を従来の描像で理解することは難しく、中心ブラックホールから出たジェットが遠方で緩やかに曲がっており、ジェットに沿って運動するブロッブ状の放射領域が視線方向となす



Cen Aを取り巻くガンマ線放射 [9]

角度が変わることで強度変動が観測される、という新しい描像を導きだした。

電波銀河Cen Aの電波ローブからは、左図のような広がったガンマ線放射が検出された。高エネルギー電子とCMBの逆コンプトン散乱と考えられるが、高エネルギー電子が冷えずに様に存在するための加速機構が必要である。しかし、目立った衝撃波はない場所なので、磁場乱流が支配する統計加速が考えられている。



3C279の多波長長期モニター観測[10]。各波長の光度と可視偏光の時間変動。