

Fermi-LATによる太陽の
観測とALMAでやりたい
サイエンス

田中康之 (広島大学)

目次

- LAT observation of impulsive gamma-rays
(M2.0 flare on 2010 June 12, Ackermann+12)
- LAT observation of long-lasting gamma-rays
(2011 March 7, June 7,, paper in prep.)
- ALMAでやりたい観測

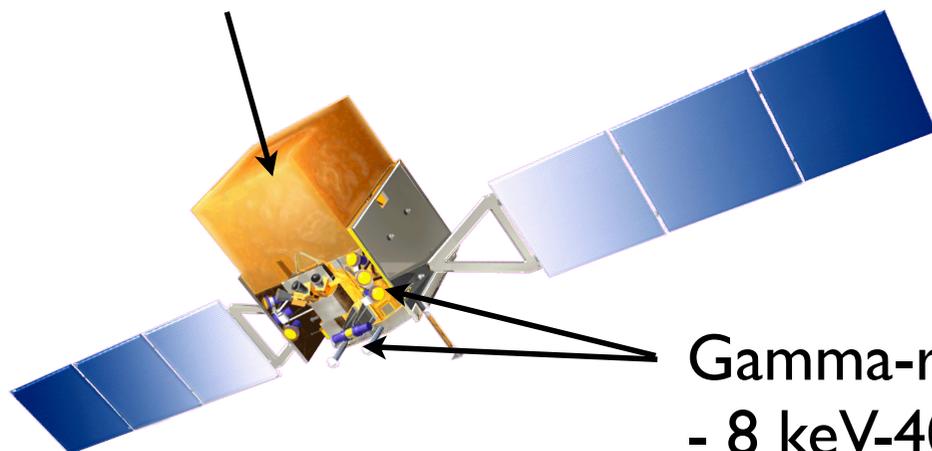
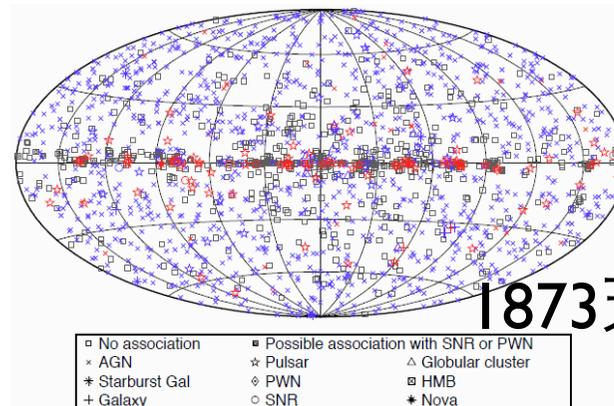
フェルミガンマ線宇宙望遠鏡

- 2008年6月11日打ち上げ
- 現在も順調に観測を継続中 (全天サーベイモード)

Large Area Telescope (LAT)

- 20 MeV-300 GeV

- 2.4 strの広い視野を生かして、3時間毎に全天をスキャン



Gamma-ray Burst Monitor (GBM)

- 8 keV-40 MeV

- 全天を監視

LAT detection of the Sun

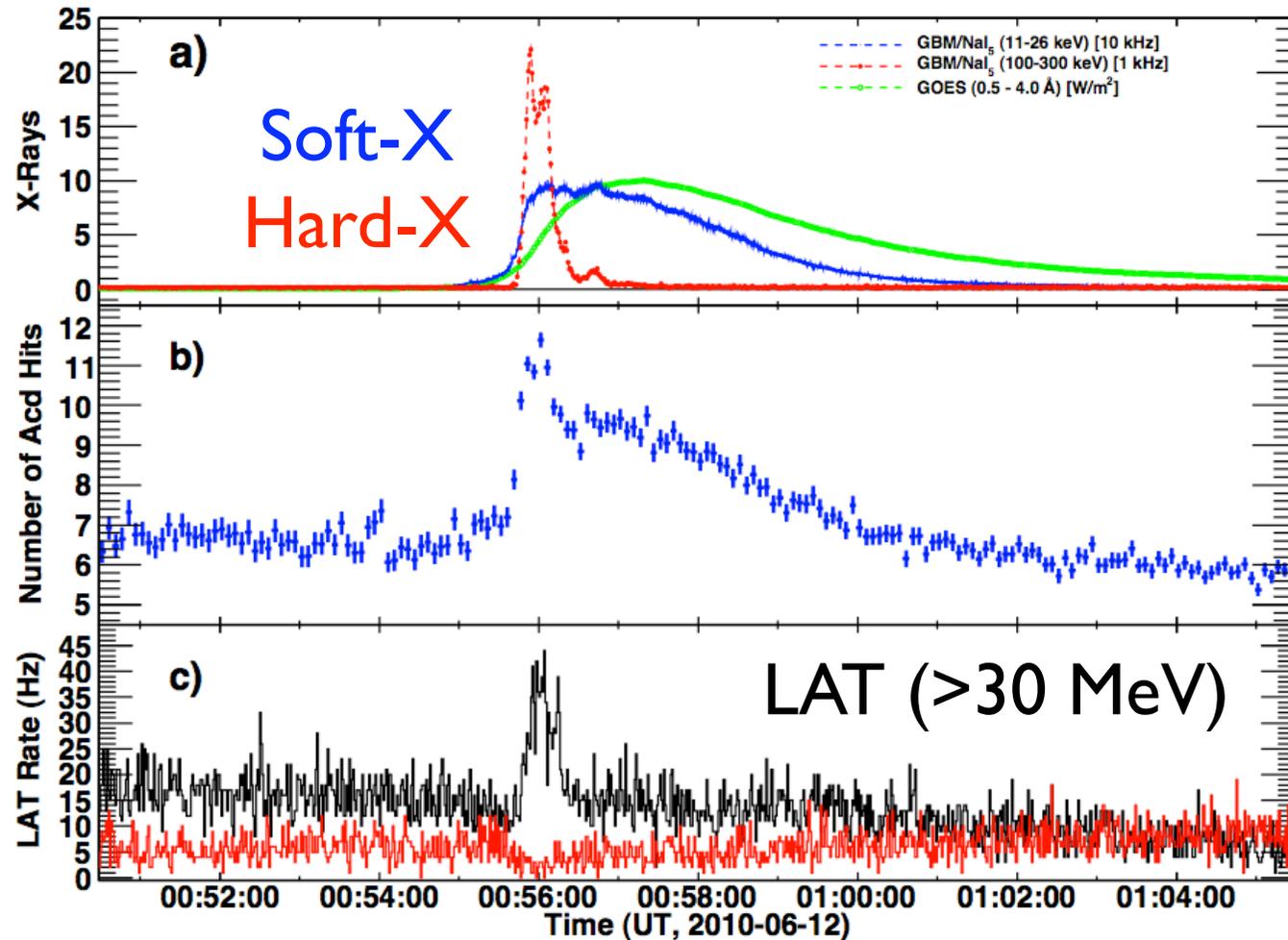
Preliminary

Date	Type	GOES Class	CME speed
2010-06-12	Impulsive	M-class	<500 km/s
2011-03-07	~15h	M-class	~2000 km/s
2011-06-07	~3h	M-class	~1200 km/s
2011-08-04	~3h	X-Class	~1000 km/s
2011-08-09	Impulsive	X-Class	~1700 km/s
2011-09-06	Impulsive + 3h	X-Class	~1000 km/s
2011-09-07	~6h	X-Class	~700 km/s
2011-09-24	Impulsive	X-Class	<500 km/s+1500 km/s (delayed)
2012-01-23	~9h	M-class	~1500 km/s
2012-01-27	~3h	X-Class	MULTIPLE >1500 km/s
2012-03-05	~6h	X-Class	~1700 km/s
2012-03-07	Impulsive + ~20 h	X-Class	MULTIPLE >1700 km/s
2012-03-09	~6h	M-class	~1000 km/s
2012-03-10	~3h	M-class	~1700 km/s
2012-05-17	~3h	M-class	~1700 km/s

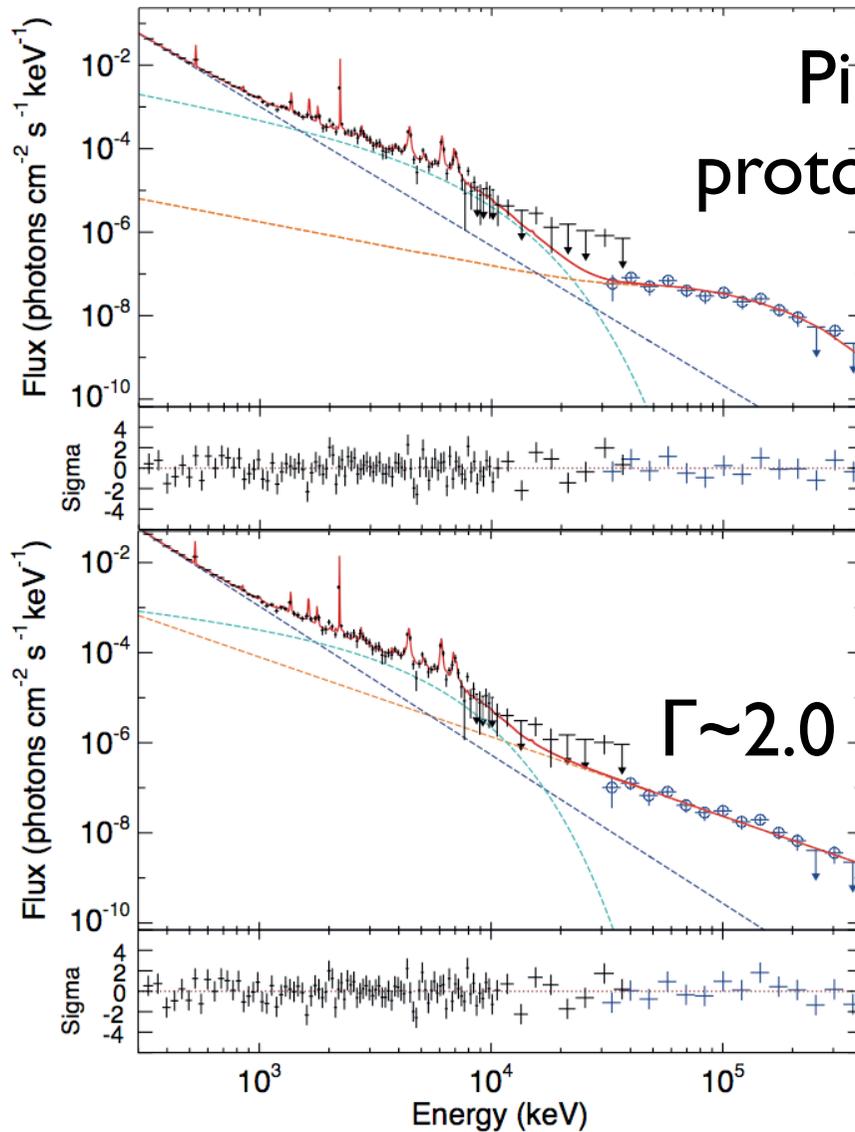
impulsive gammaを検出するには太陽がLATの視野に入っているときだけ

LAT observation of impulsive gamma-rays

M2.0 flare on 2010 June 12



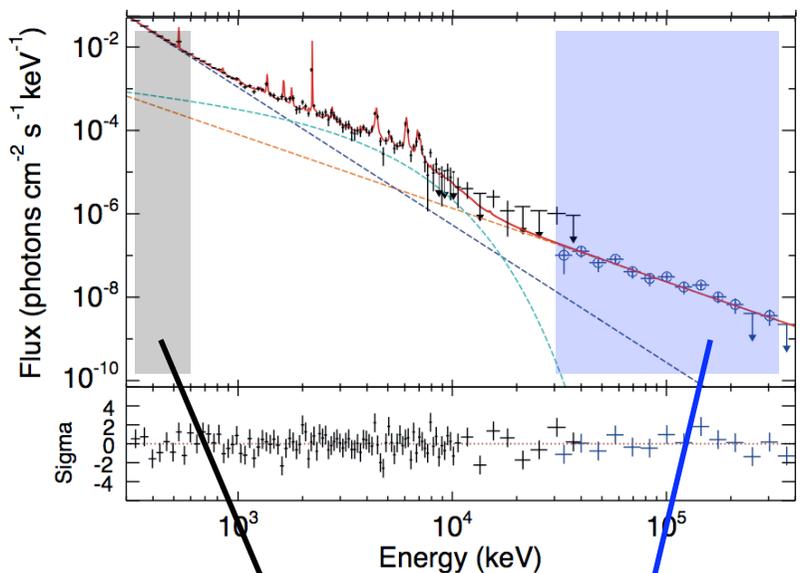
GBM+LAT joint spectrum



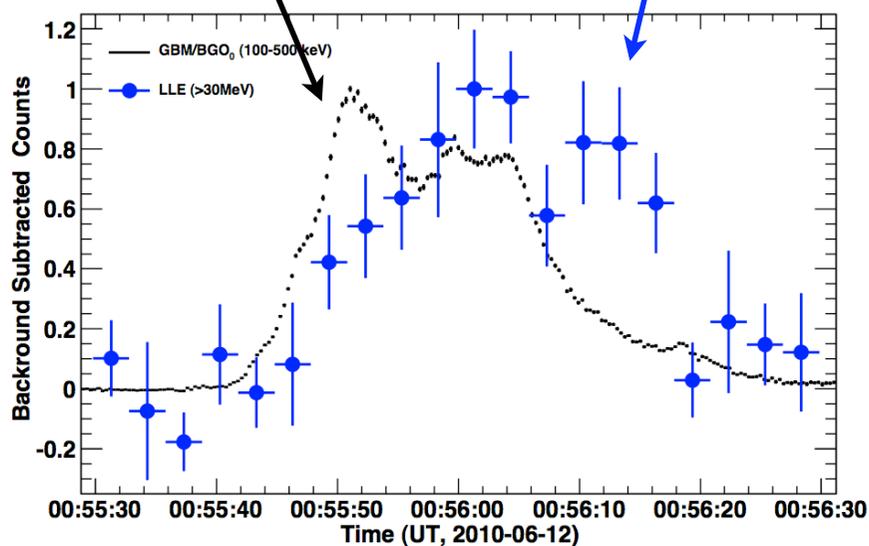
Pion template produced by
proton index ($E > \sim 300 \text{ MeV}$) ~ 4.5

パイオン崩壊 (陽子起源)でも
power-law (電子起源)でも合う
ので、高エネルギーガンマ線
がどちら起源かはわからない

GBM and LAT timing study



100-500 keVで見たダブルピーク構造が、約10秒遅れて >30MeVのライトカーブでも観測された



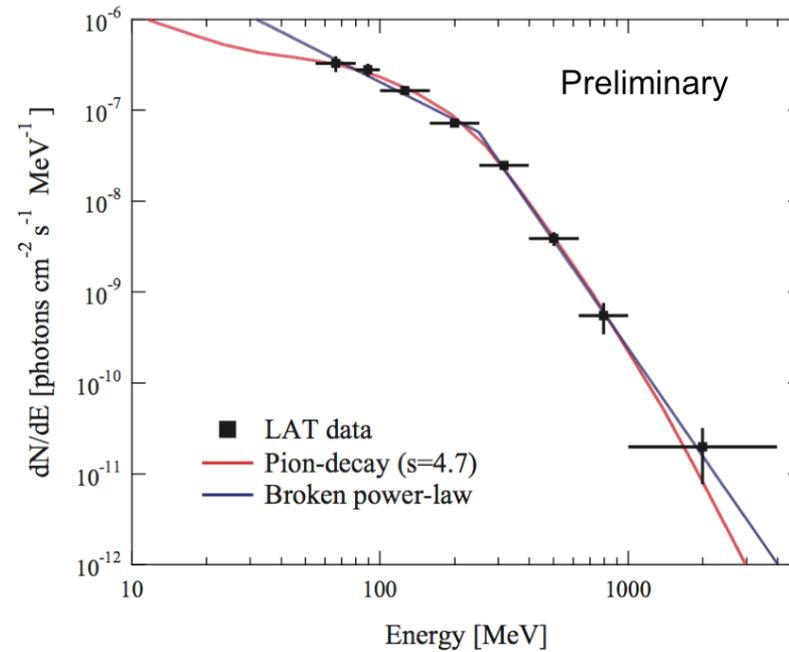
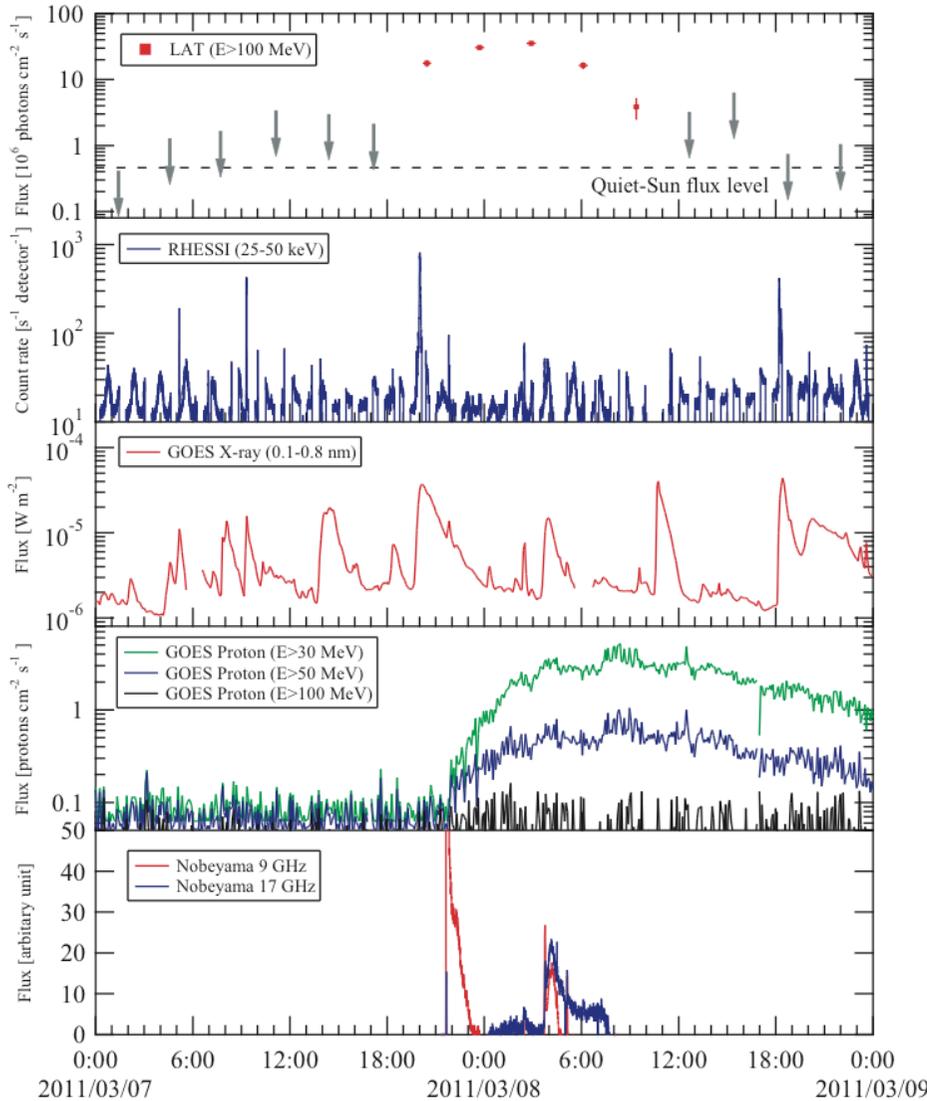
電波のライトカーブと比較すればどうなるか？

(野辺山の17 GHz, 34 GHz)

長時間ガンマ線放射 (E>100 MeV)

M3.7 flare on 2011 March 7

ガンマ線のみ放射が続く

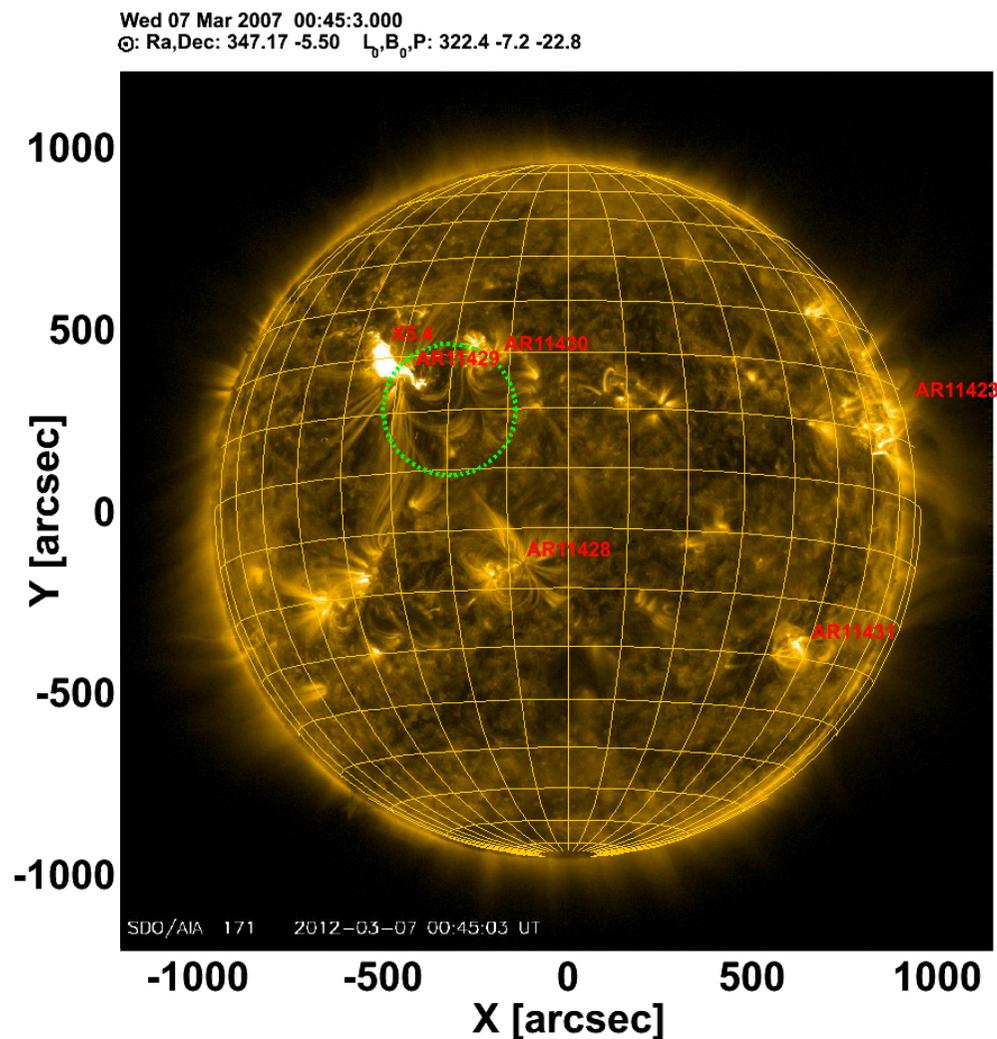


Power-lawは有意に棄却される

ガンマ線はプロトン起源

ALMAでどう見えるか？

X5.4 flare on 2012 March 7



このフレアはガンマ線で
非常に明るかった

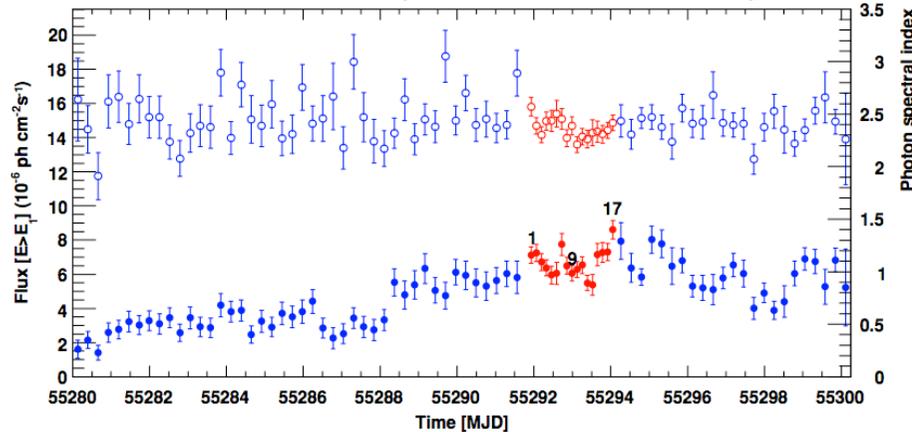
LATでの決まるガンマ線
放射位置の決定精度
(95% error radius)は
この程度 (0.1 deg以下)

フェルミ観測のまとめ

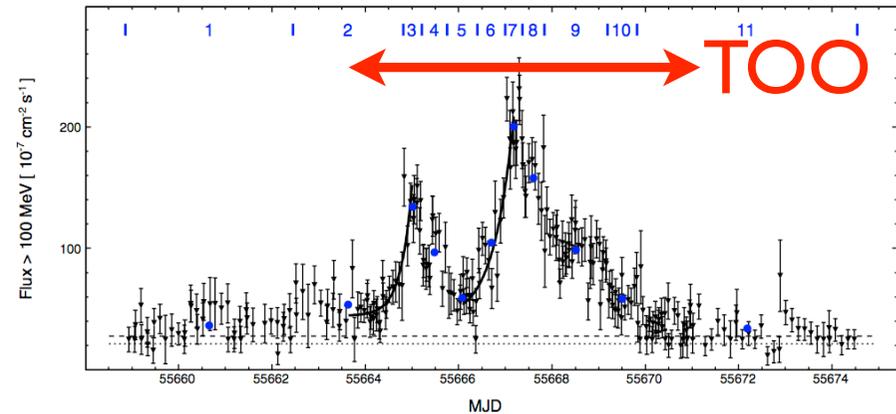
- Mクラスフレアでも数時間のオーダーでガンマ線だけが放射
- ガンマ線放射領域は活動領域付近でポイントソース
- スペクトルは数100 MeVにバンプ構造が見えている。これはパイオン崩壊起源と考えられるのでプロトン起源
- 高速CMEとの相関がよいのでCME shock起源の可能性が高いが、活動領域での乱流加速かもしれない

TOO Pointed observation

3C 454.3 (Ackermann+10)



Crab nebula flare (Buehler+12)



- 興味深い現象が起これば (またはあらかじめ予想できれば)、TOO観測が提案でき、望遠鏡を向けることが可能 (3C 454.3, Crab, PSR B1259-63, Cygnus X-3, Sun)
- Survey modeと比較してexposureが~4倍増加する
- Modified survey modeというオプションもある (one orbit for northern sky and following 2 orbits for southern sky)

ALMAでやりたいサイエンス

- フェルミが見ているのは~GeVプロトン
- MeV電子由来の長時間放射が見えるか?
- 活動領域を待ち受ける。どこを見るか?
- Exposure~20 hourぐらい
- Fermi TOOも考え中 (2012年1月にproposalを出しておく)
- 偏光観測