

太陽フレアに伴う1億電子ボルトもの 高エネルギーガンマ線の 長時間放射を検出

田中康之 (広島大学宇宙科学センター、JAXA/宇宙科学研究所

現在、日本学術振興会海外特別研究員として

NASAゴダードスペースフライトセンターに滞在中)

深沢泰司 (広島大学大学院理学研究科)

大野雅功 (広島大学大学院理学研究科)

日本フェルミチーム

日本フェルミチーム

ウェブページ <http://www-heaf.hepl.hiroshima-u.ac.jp/glast/glast-j.html>

広島大学 (大杉、深沢、水野、高橋弘、大野、田中康)

宇宙科学研究所/JAXA (高橋、Stawarz、尾崎、佐藤、小高)

東京工業大学 (河合、浅野、谷津)

早稲田大学 (片岡、中森)

茨城大学 (片桐)

東京大学 (牧島)

名古屋大学 (田島、奥村、福井、山本)

京都大学 (窪、田中孝、Lee)

青山学院大学 (山崎)

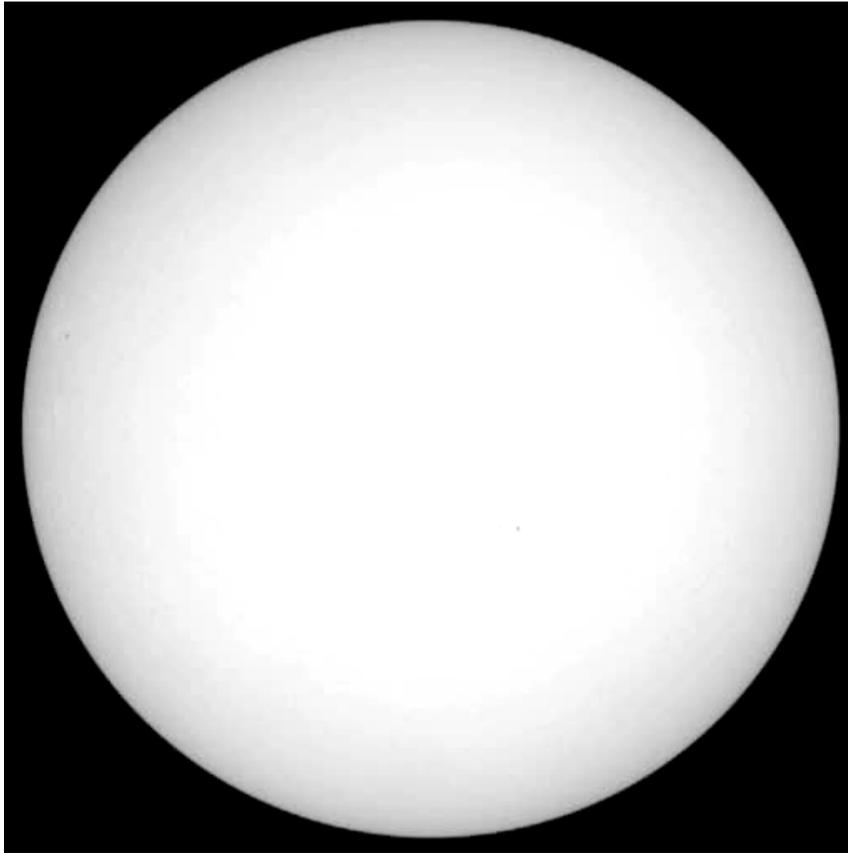
国外で活躍する日本人のフェルミメンバー

SLAC National Accelerator Laboratory (釜江、内山、林田、勝田)

本会見の内容

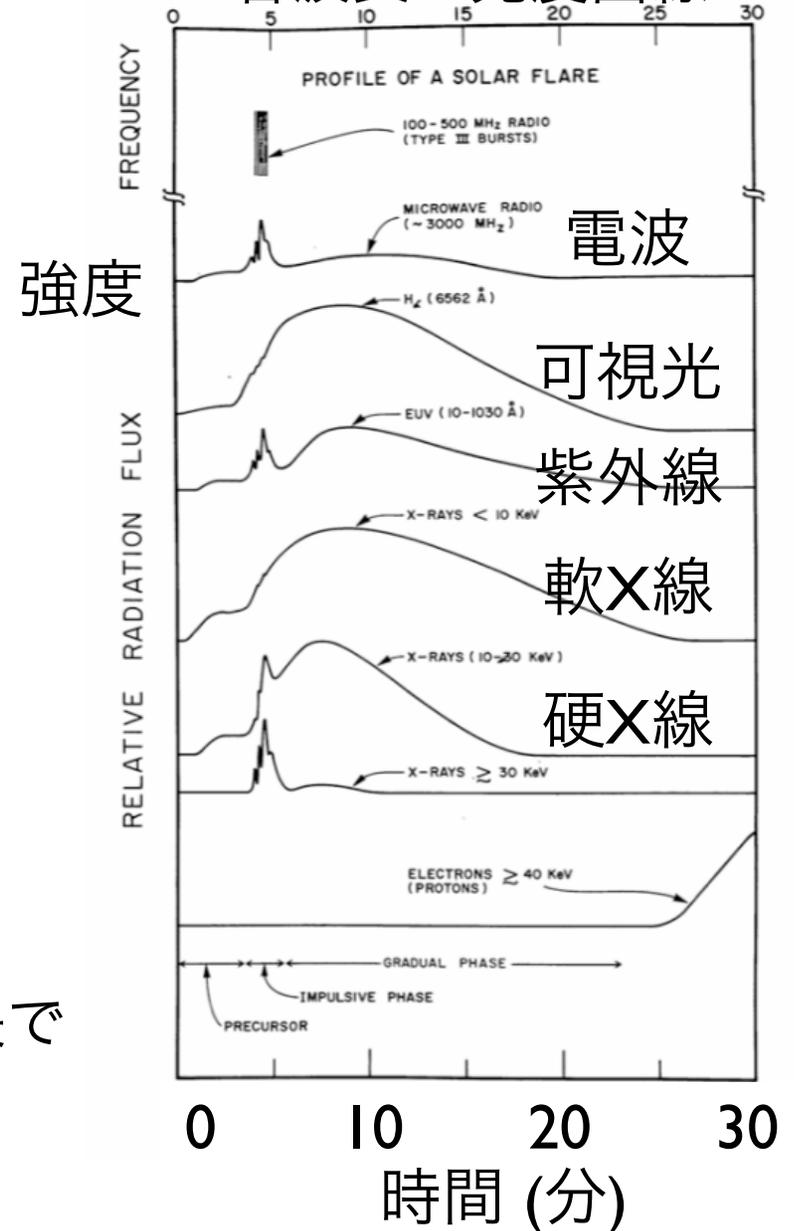
1. 太陽フレアとは
2. フェルミガンマ線宇宙望遠鏡について
3. 今回の発見について
4. その意義

太陽フレアとは



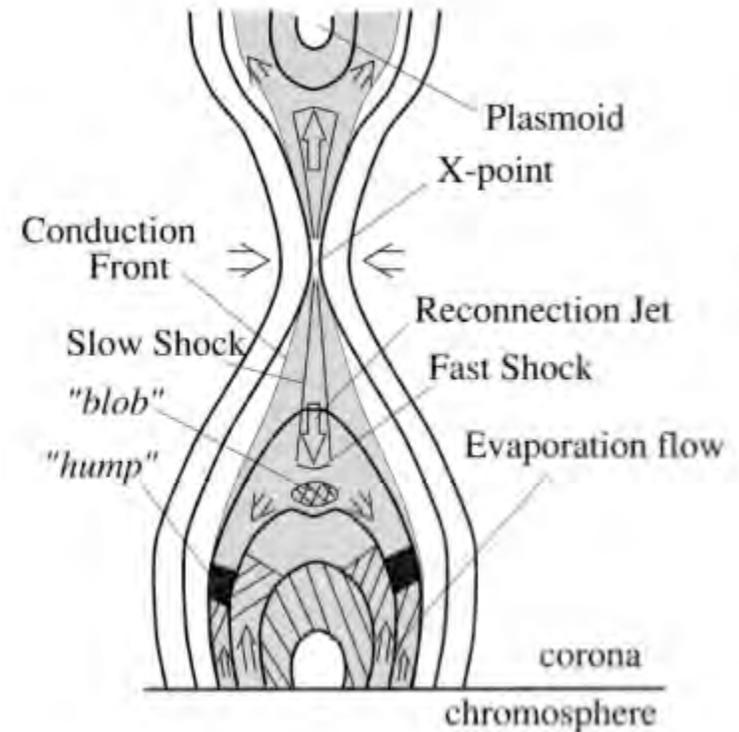
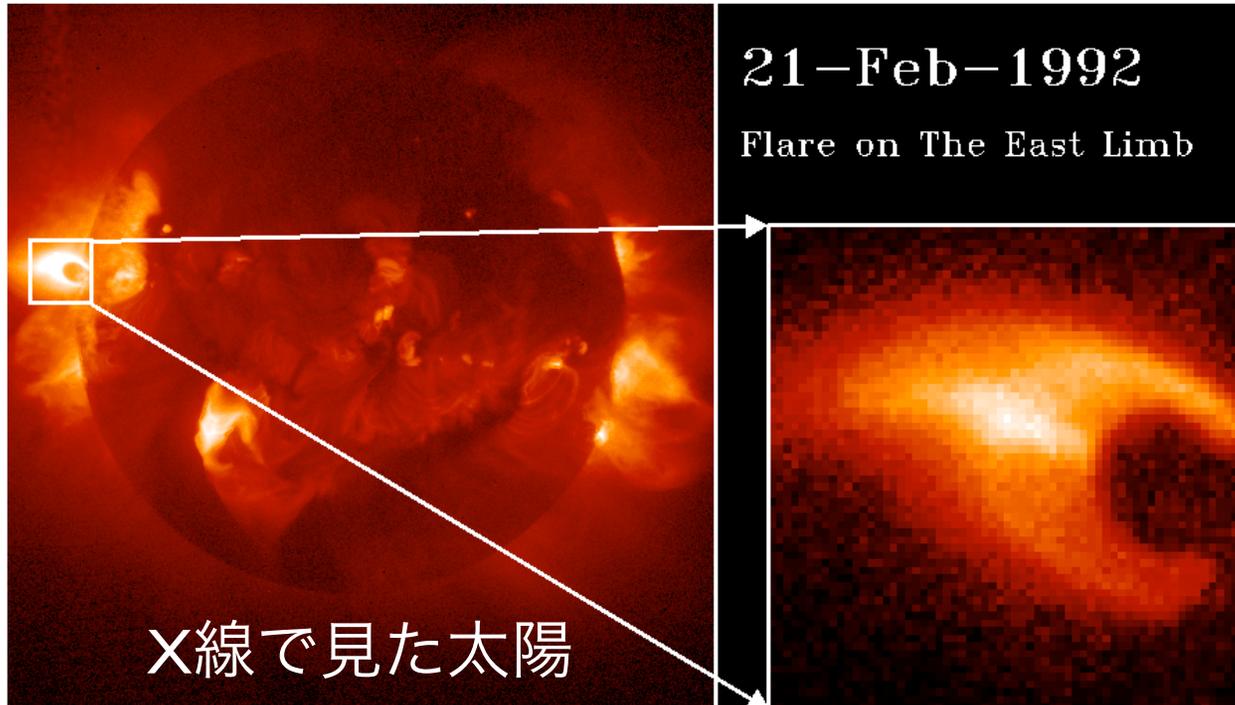
- 太陽面上での爆発現象
- 電波からガンマ線まですべての波長で急激に増光
- 典型的な継続時間は数10分

各波長の光度曲線



フレアのメカニズム

磁力線のようす



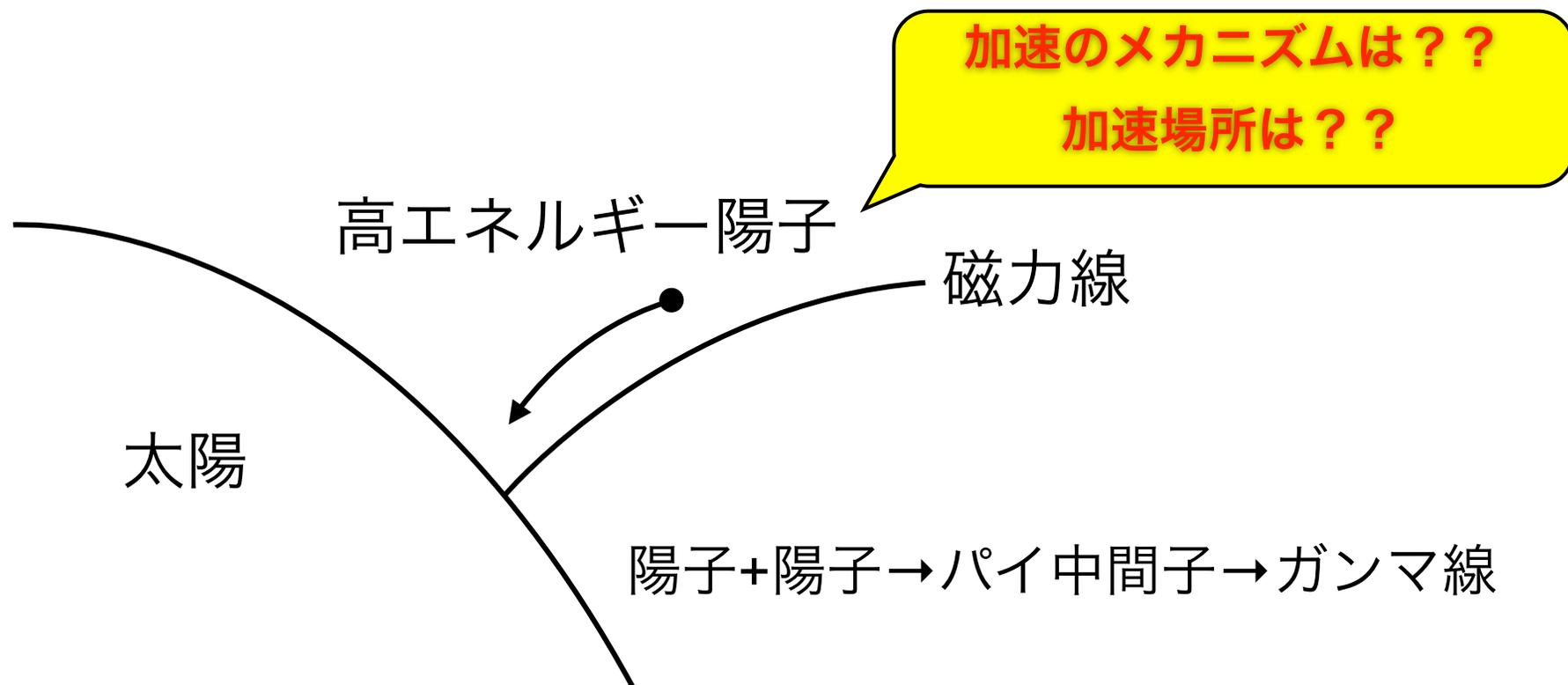
- 黒点付近に蓄積された磁気エネルギーが、「磁気リコネクション」とよばれる過程により、プラズマの熱エネルギーや運動エネルギーに変換されると考えられている

太陽フレアにおける未解決問題と ガンマ線で観測する意義

- 太陽フレアにおいて、粒子 (陽子や電子) が高エネルギーにまで加速されていることは広く認識されている
- **しかし、このような粒子がどのようにして生成されているのか、その詳細は未解明**
- **高エネルギーガンマ線の観測は、他の波長域での観測では困難だった陽子加速の情報を与える**
- 感度不足により、過去約30年で数例の観測しかなかった

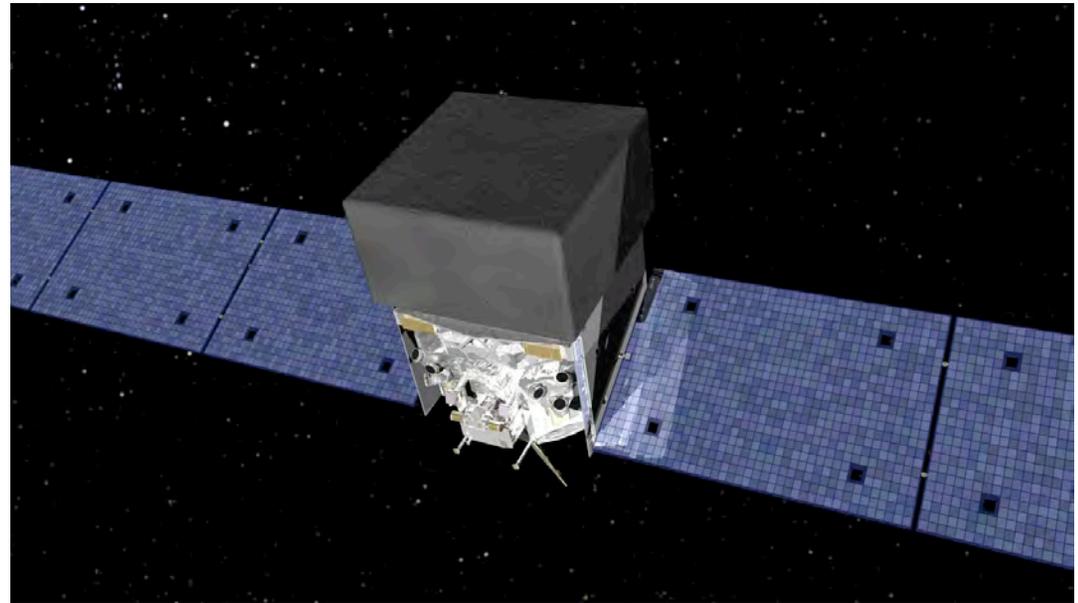
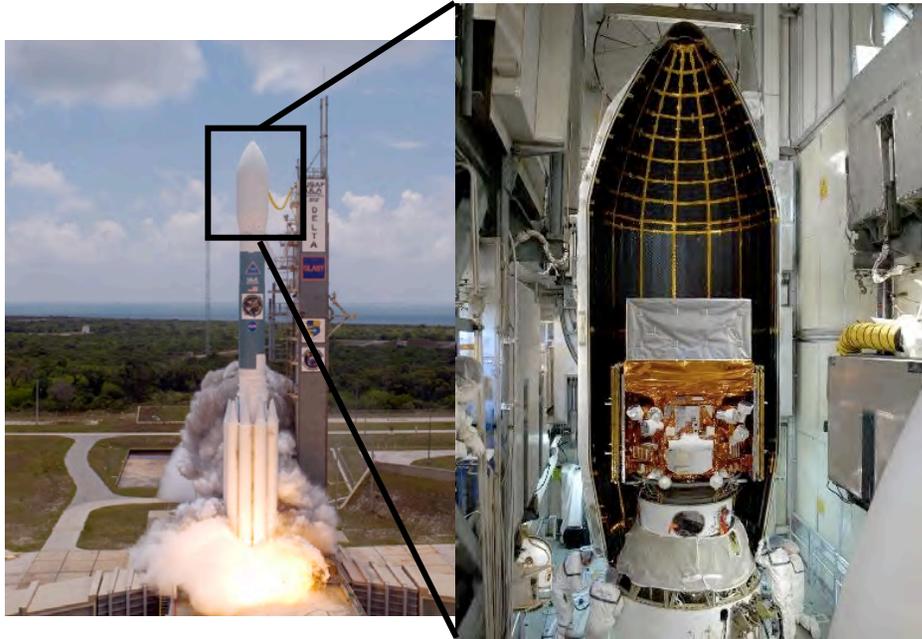
太陽フレアにおける

高エネルギーガンマ線の放射メカニズム



- 加速された高エネルギー陽子が太陽大気と相互作用
- その結果生じたパイ中間子の崩壊に伴うガンマ線が放射

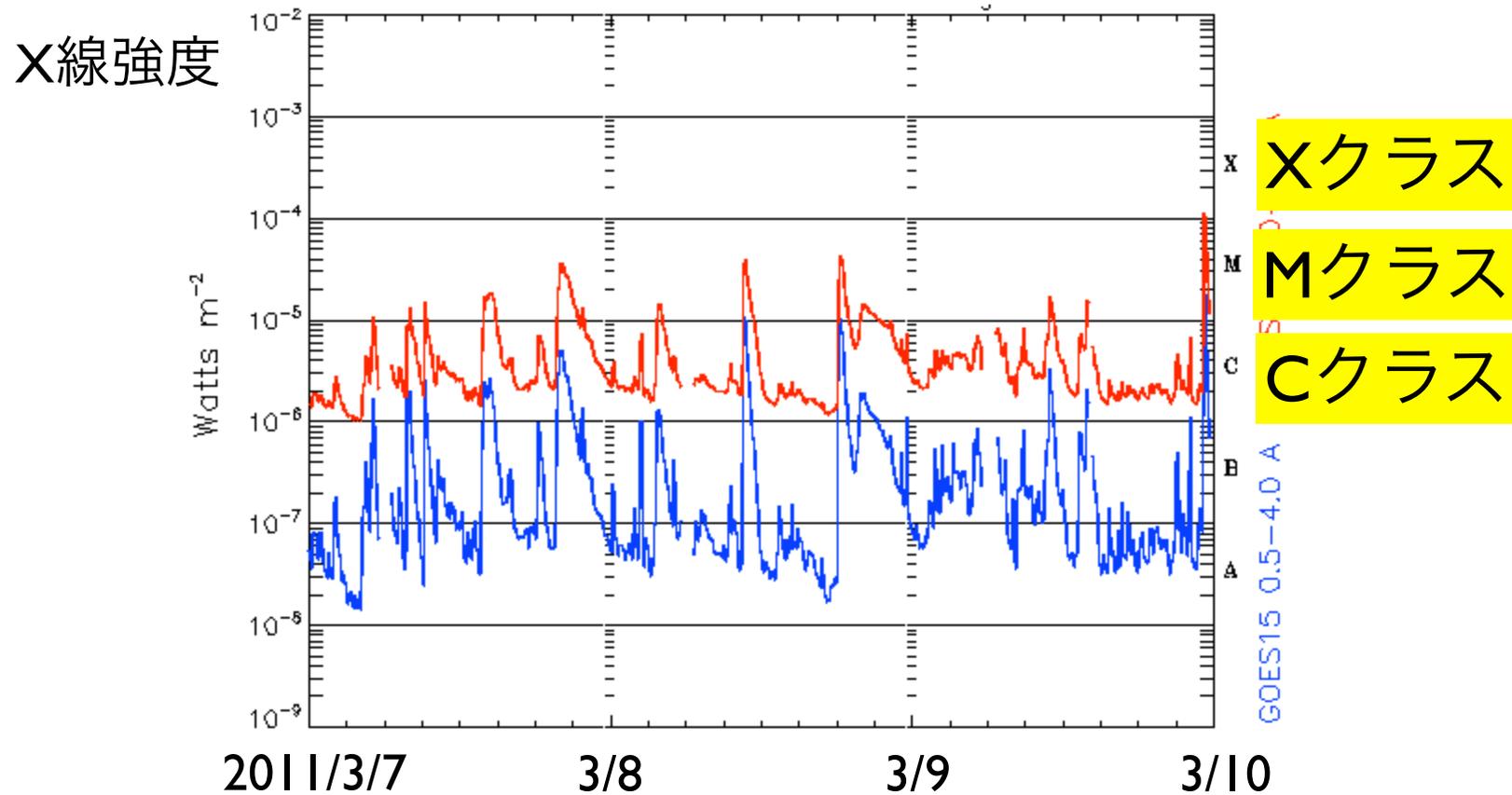
フェルミガンマ線宇宙望遠鏡



- 日米欧の国際協力ミッション
- 2008年6月11日 NASAにより打ち上げられ、4周年を迎えた
- 特に問題もなく現在も順調に観測を続けている
- 主検出部の半導体検出器の開発は広島大学がリード

太陽フレアの「規模」を示す指標

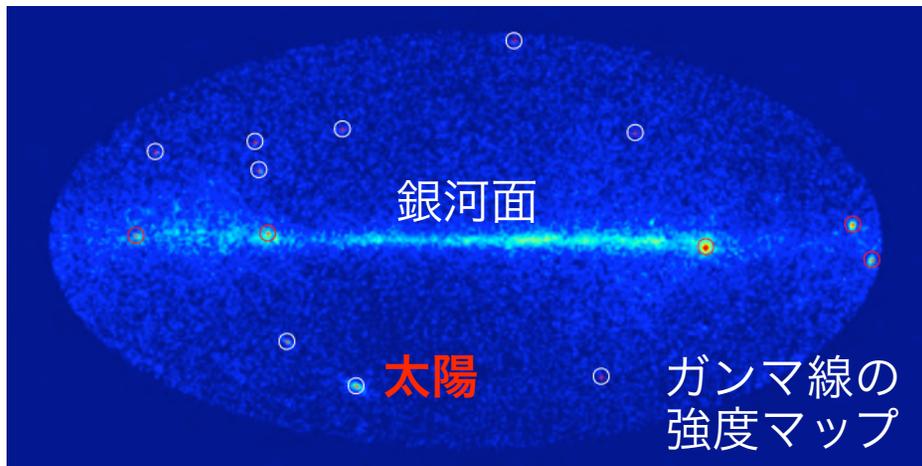
太陽からのX線強度の時間変化



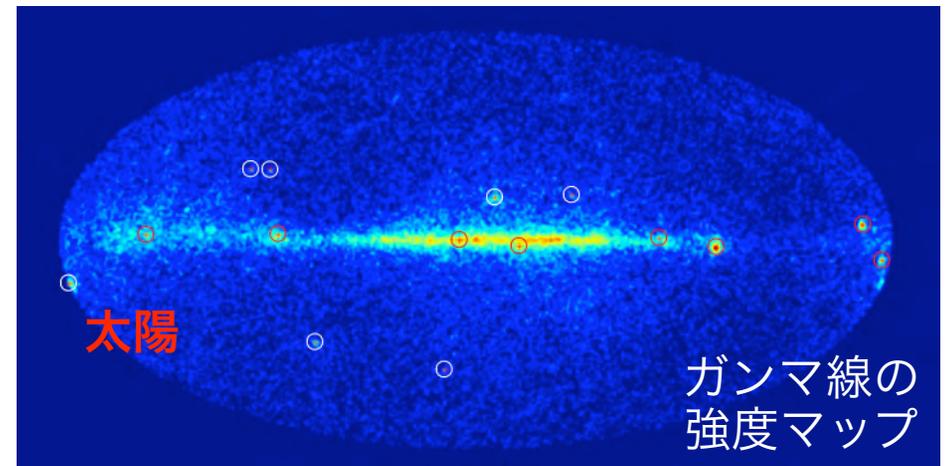
- **X線の強度 (赤色の折れ線)** によって分類される
- 大きいものからXクラス、Mクラス、Cクラス、、、と呼ばれる

発見1：比較的小規模のフレアでも ガンマ線を続々と検出

2011年3月7日のフレア (M3.7)



2011年6月7日のフレア (M5.3)

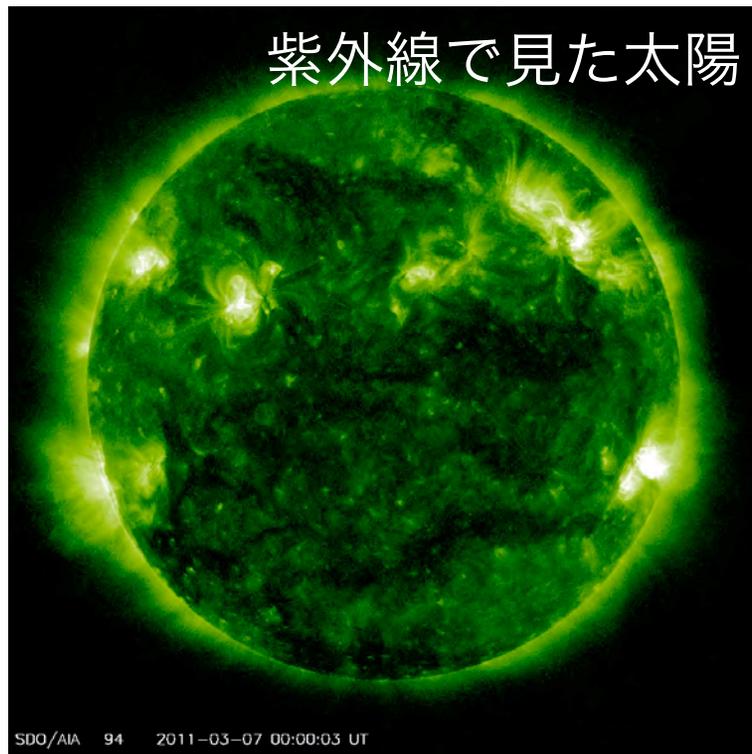


太陽は1年で天球上を1周するので位置が変わる

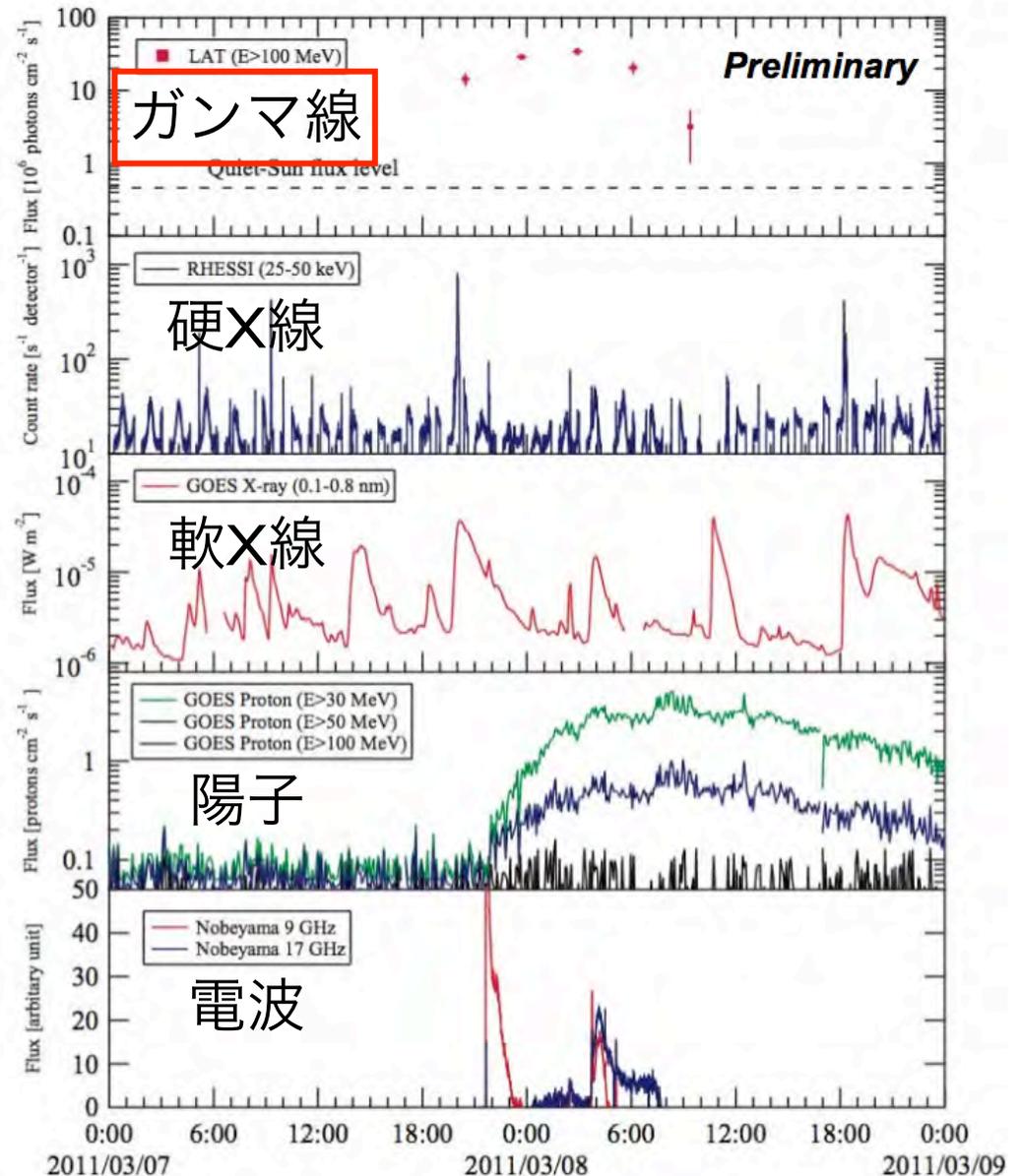
これらのイベント以降、現在までに6例、Xクラスの大規模フレアに
付随するイベントも合わせると、計12例からガンマ線を検出

発見2: ガンマ線放射は他の波長よりも 遥かに長く継続

2011年3月7日 19:43 UT
比較的小規模なフレア



**ガンマ線放射だけが
約12時間も持続**



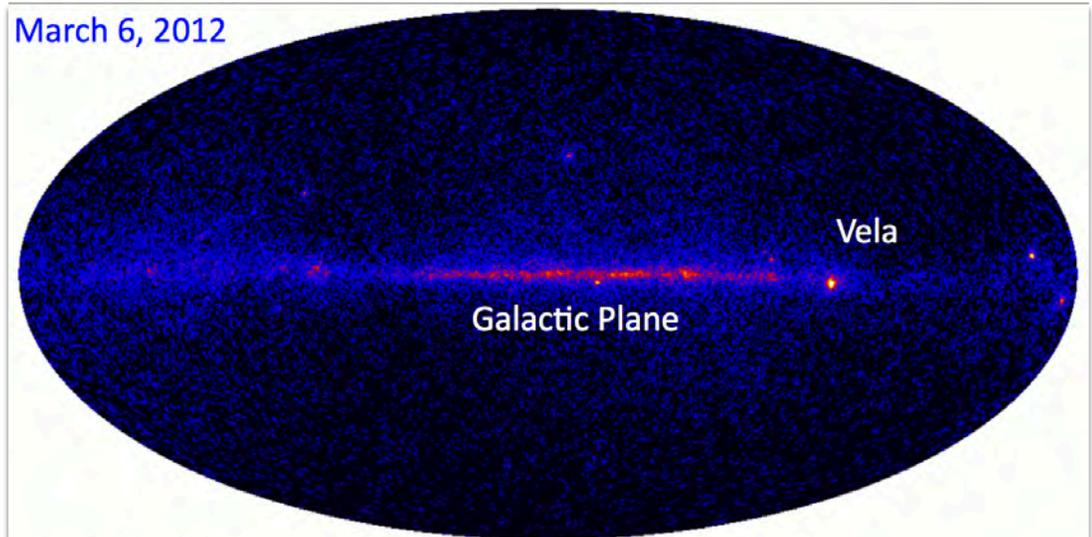
発見3-A: 最長 (約20時間) のガンマ線放射

2012年3月7日 00:02 UT

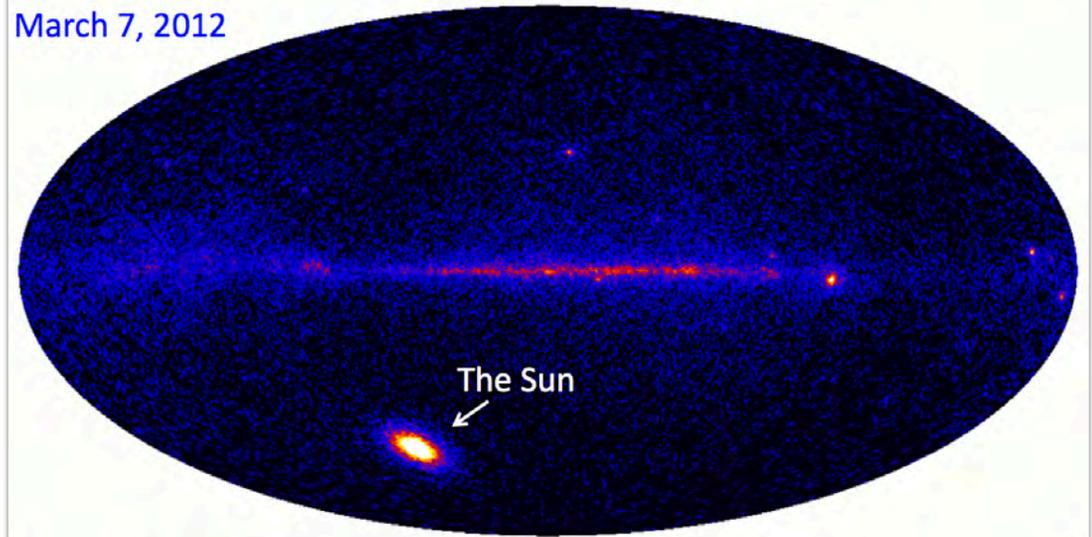
大規模フレア (X5.4)

紫外線で見た太陽

March 6, 2012



March 7, 2012



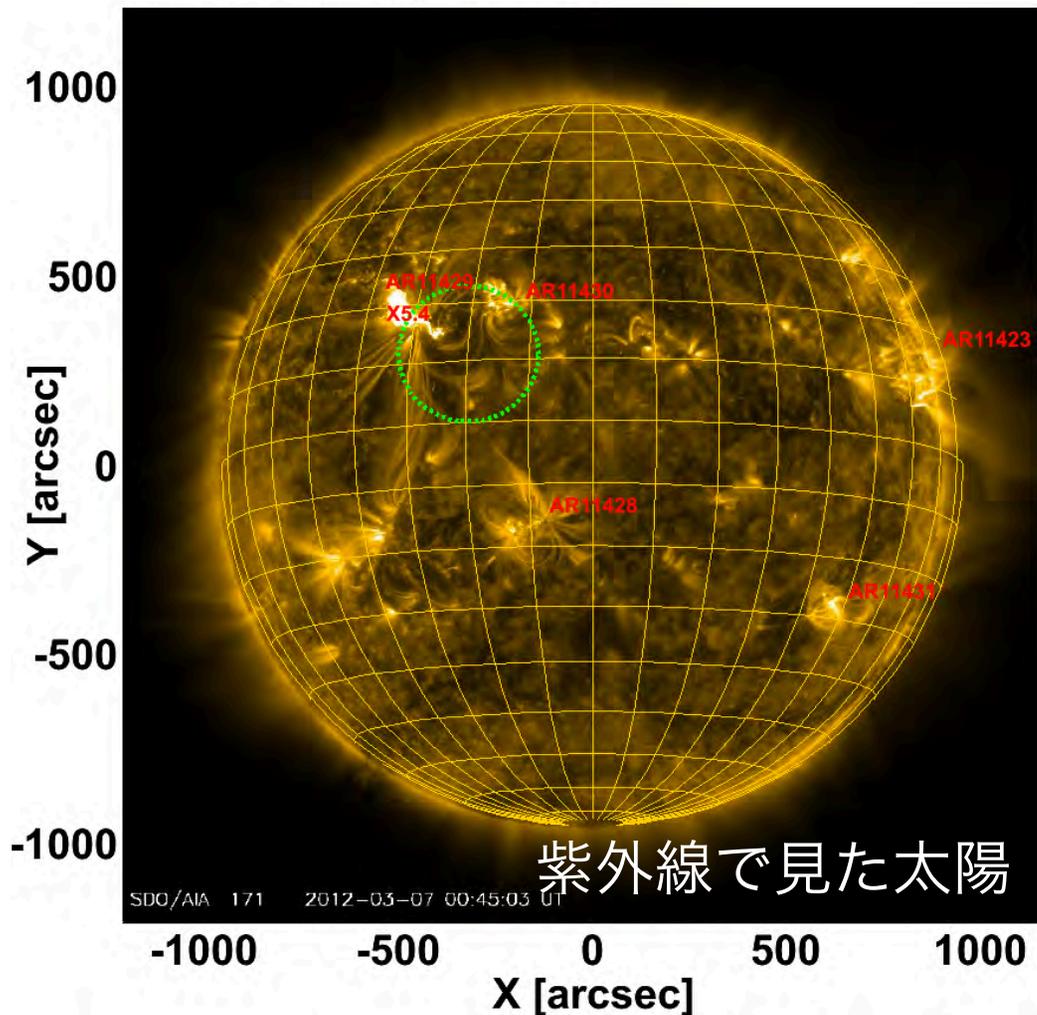
ガンマ線強度は凄まじく大きい

通常の太陽の約1000倍

Vela pulsarの約100倍

ガンマ線放射は約20時間も持続

発見3-B: ガンマ線放射領域を特定

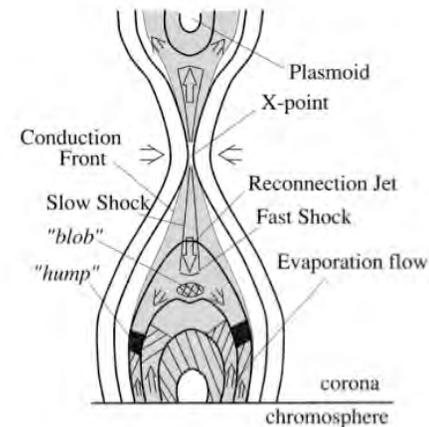
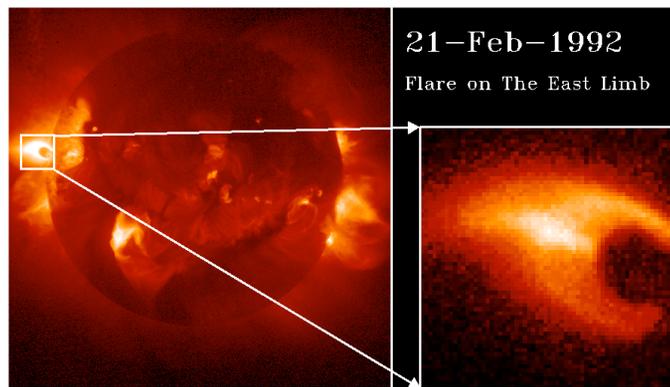


フェルミ衛星の優れた角度分解能により、ガンマ線放射領域(緑色の円で表示)を太陽面上で精度よく特定

フレアの発生場所とほぼ一致

今回の発見の科学的意義

- 太陽フレアにおける粒子加速研究では、「磁気リコネクション」と呼ばれる磁力線のつながりかえの過程で高エネルギー粒子が生成されるという考え方が「標準理論」である

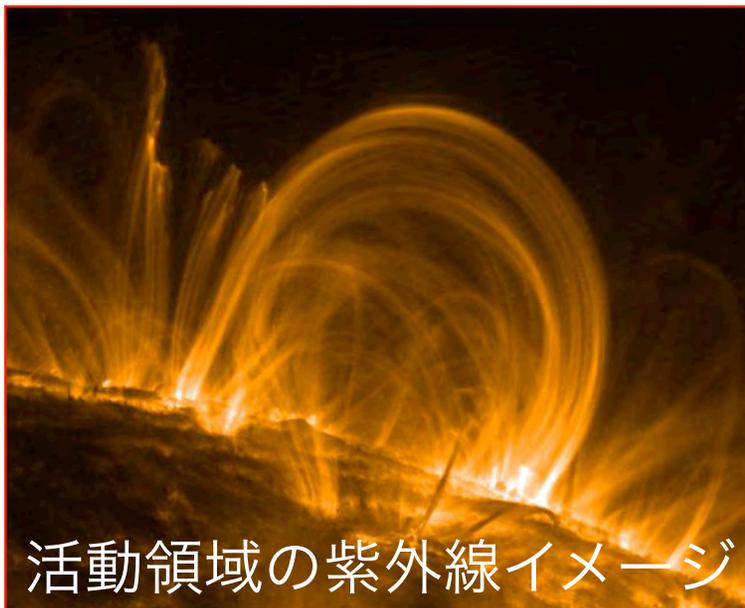


- ガンマ線以外の波長での増光は数分～数10分であるが、ガンマ線放射だけ20時間も継続していた→「磁気リコネクション」に加えて、新たなメカニズムで高エネルギー陽子が生成されていることを示唆(次のページ参照)
- そして、このような高エネルギー陽子の生成は、従来の予想以上に普遍的に起こっている

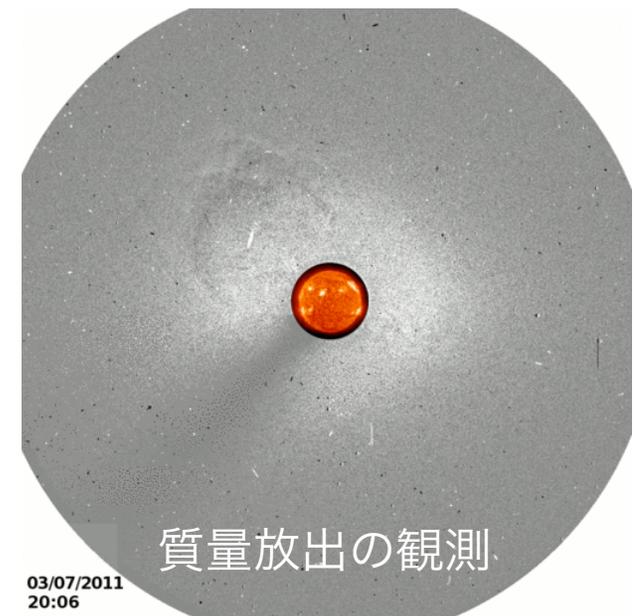
加速場所・加速機構への制限

- 太陽近傍の、どこでどのように高エネルギー粒子が生成されるのか、その候補は2つに絞られた
- フェルミ衛星の今後の観測によって明らかにできると期待

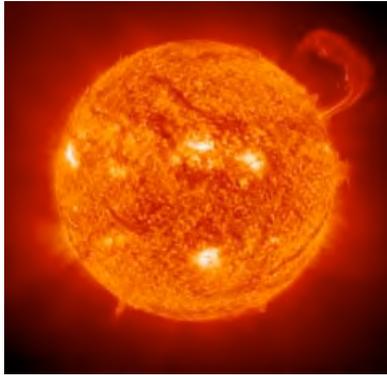
太陽表面の活動領域での
乱流による加速



質量放出の前面にできる
衝撃波による加速

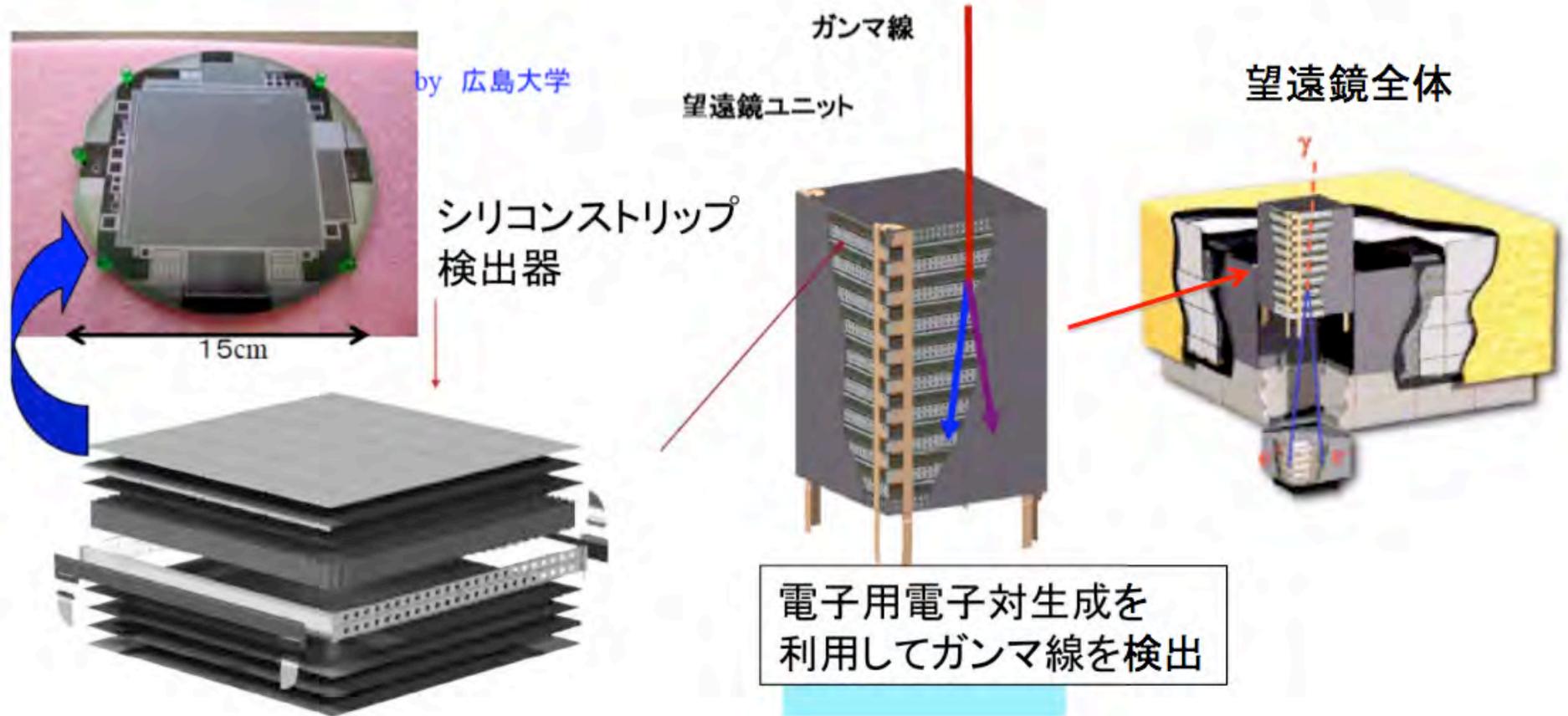


人類や地球環境、インフラへの影響



- 宇宙環境において、人工衛星や有人宇宙活動の障害となる原因のほとんどは、陽子や鉄イオンなどの高エネルギーの荷電粒子である。そのため、今回検出した高エネルギーガンマ線 (光子) が与える影響は極めて小さいだろう
- 一方、ガンマ線は荷電粒子に比べて透過力が大きいいため、地上に影響を与える可能性がある
- 先日話題になったスーパーフレアのような現象が太陽で起これば、ガンマ線強度も非常に大きくなり、人間生活に与える影響も無視できなくなると考えられる
- また、太陽フレアに伴って到来する大量の高エネルギー粒子の発生場所や起源の情報が得られ、スーパーフレアでの粒子加速および地球への影響を考える材料になる

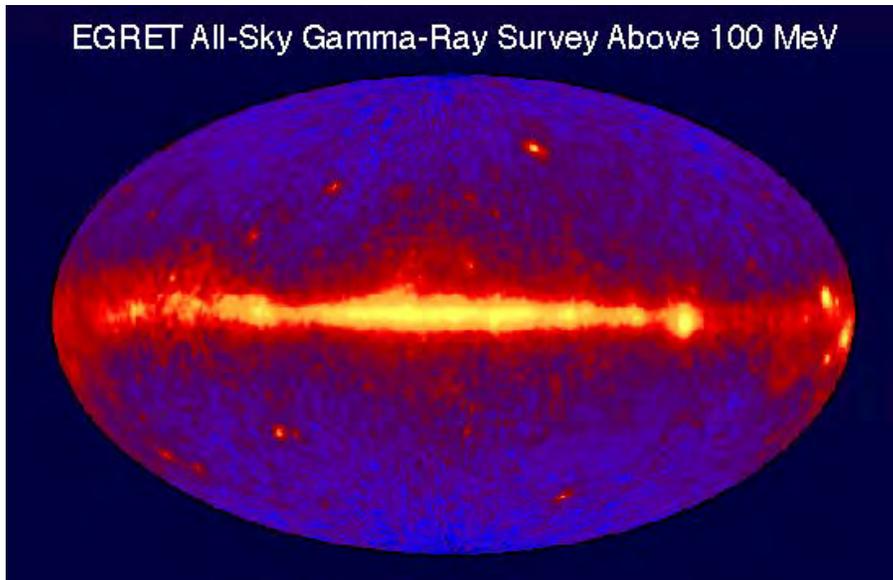
日本チームの貢献



- ◆主検出部(半導体検出器 10,000枚)の開発, 性能評価 [広島大学]
- ◆衛星運用、キャリブレーション、データ解析、**観測当番**[全機関]

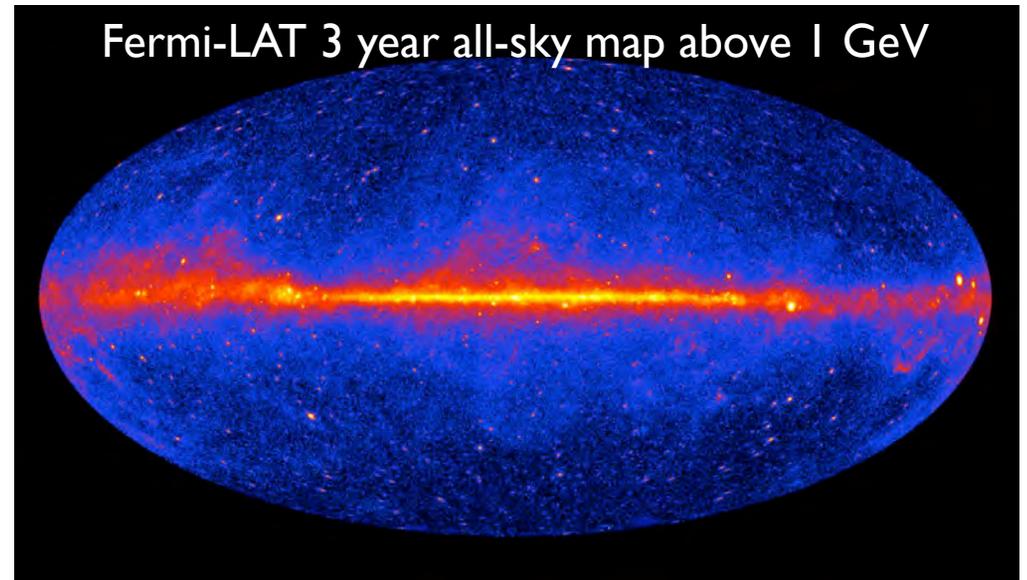
フェルミ衛星の優れた性能

コンプトン衛星
(1991-2000)



9年間で273天体

フェルミ衛星
(2008-)



2010年までの2年で1873天体

- 先代の衛星を数10倍上回る性能