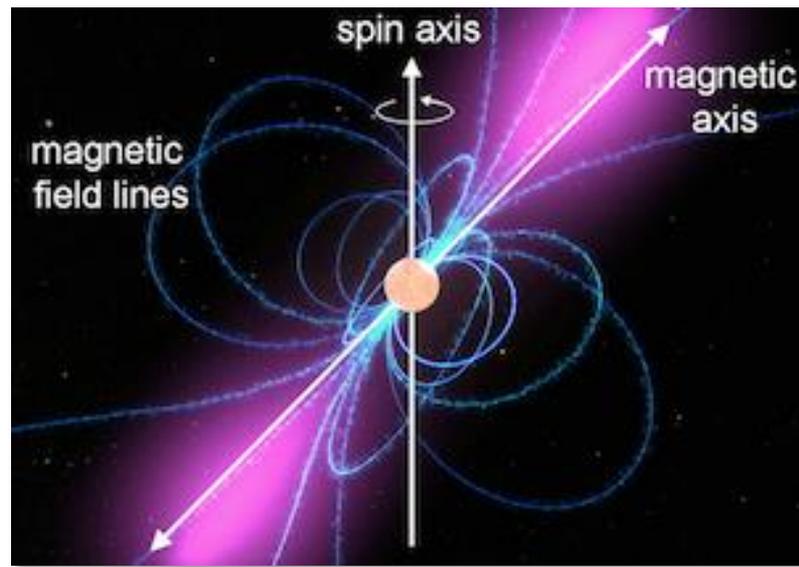


# フェルミガンマ線宇宙望遠鏡の観測データを用いた 強磁場パルサーの時間変動の解析

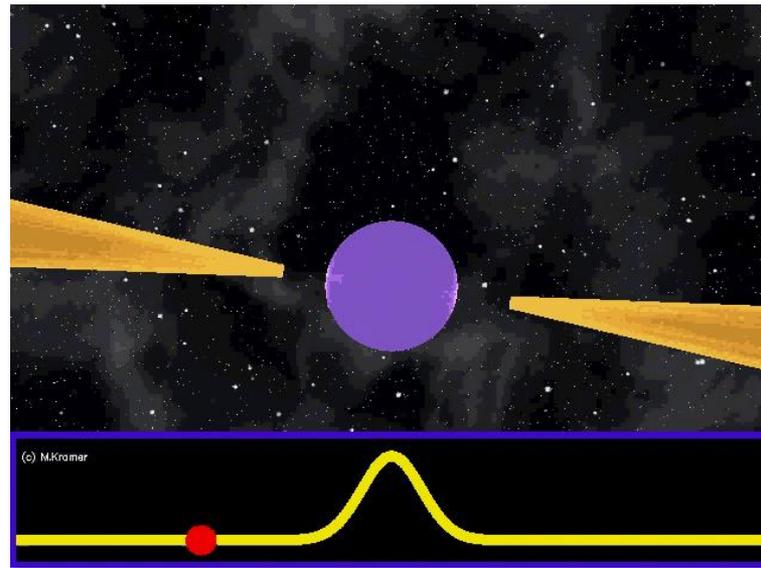
高橋 知也 (山形大学)

2017年10月16日

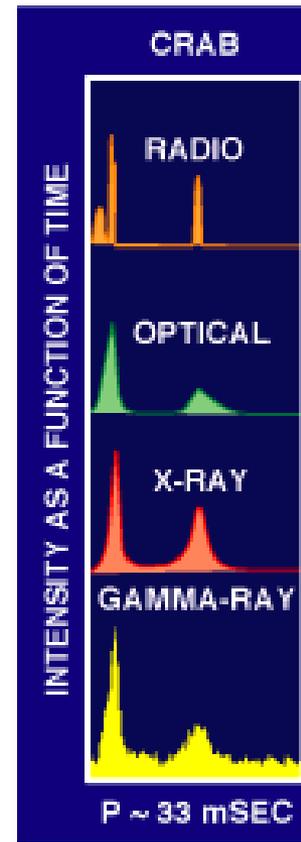
# 宇宙の灯台 パルサー



credit: NASA/Goddard Space Flight  
Center Conceptual Image Lab



credit: Michael Kramer  
(JBCA, University of Manchester)



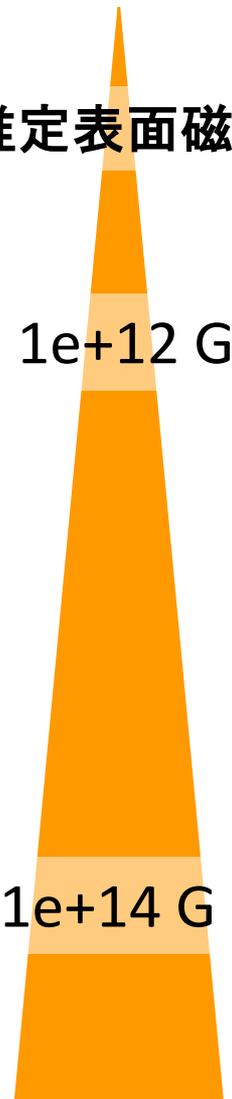
credit:  
D.J. Thompson  
(NASA/GSFC)

- 規則正しい周期で電磁波を放射している天体。その正体は高速で回転している中性子星。
- 典型的に遅い天体で10秒前後、速い天体になると数ミリ秒にもなる。
- 電波からガンマ線までの広い帯域で電磁波を放射している。

# 強磁場パルサー

パルス周期とその時間変化率から推定される表面磁場の大きさによっていくつかの種類に分類可能

推定表面磁場

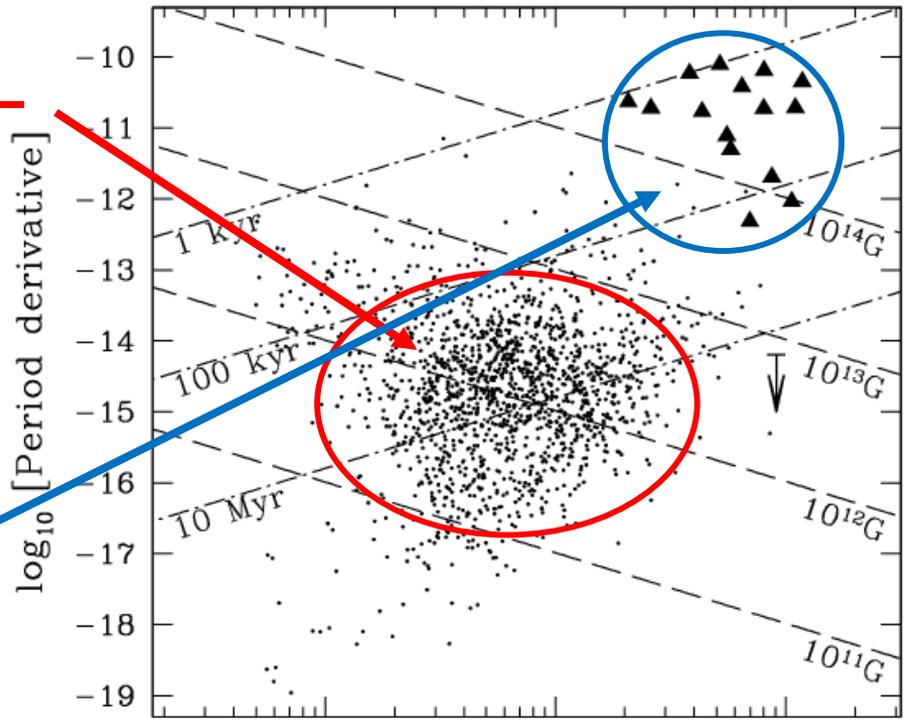


**回転駆動型パルサー**

放射エネルギー源:  
回転エネルギー

**マグネター**

放射エネルギー源:  
磁場エネルギー



C. -Y. Ng et al., 2010

光度の時間変動 + 多重極磁場が存在

# 強磁場パルサー

推定表面磁場

パルス周期とその時間変化率から推定される表面磁場の大きさによっていくつかの種類に分類可能

1e+12 G

回転駆動型パルサー

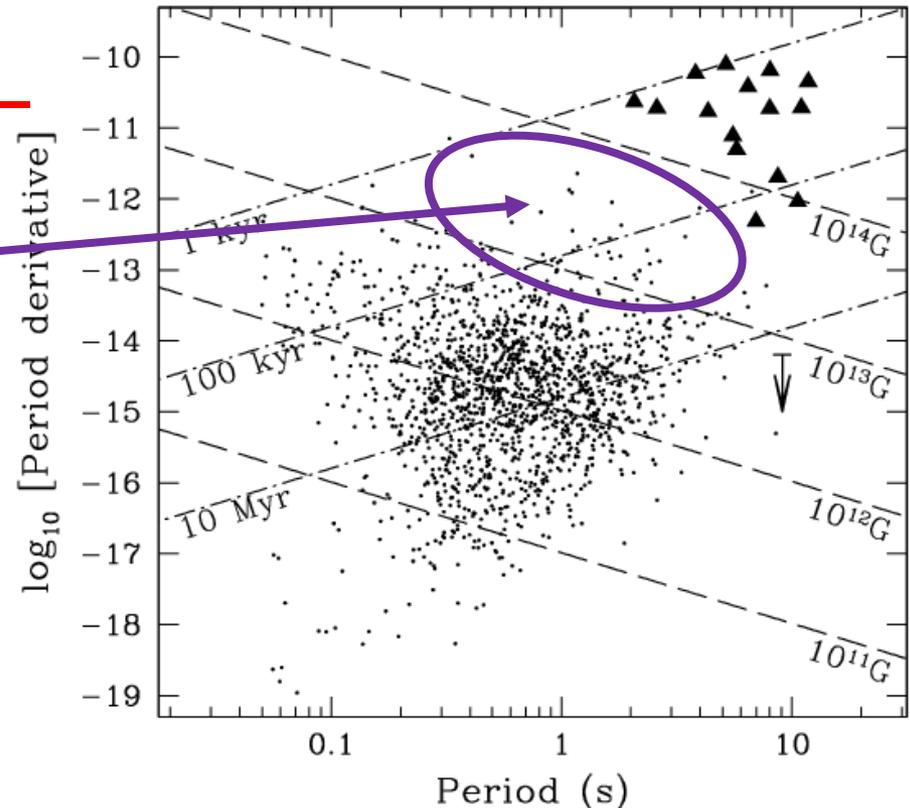
1e+13 G

強磁場パルサー

マグネターと同じような多重極磁場を持ち、変動現象を起こす可能性がある。

1e+14 G

マグネター



C. -Y. Ng et al., 2010

強磁場パルサーがマグネター的な性質を持つことがわかれば、中性子星のもつ磁場に対する理解につながる！

# 長期間観測に適した観測衛星

変動現象を確かめるために、長時間のモニタリングに適した全天モニタ型の観測衛星を選ばなければならない。

また、ガンマ線観測はあまり調べられていなさそうだったため、ガンマ線観測衛星の観測データを用いることにした。



credit: Spectrum Astro

Swift



credit: NASA and General Dynamics

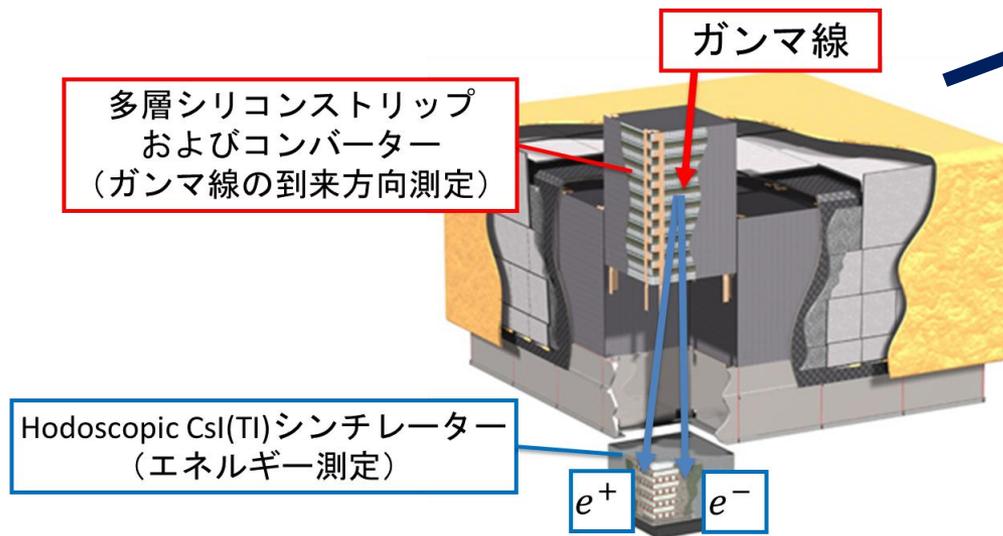
Fermi

条件に合う  
観測衛星の中から  
**フェルミガンマ線**  
**宇宙望遠鏡**  
を選択

# フェルミガンマ線宇宙望遠鏡

## 搭載検出器

- 大面積望遠鏡LAT
- ガンマ線バースト観測検出器GBM



W. B. Atwood et al., 2009

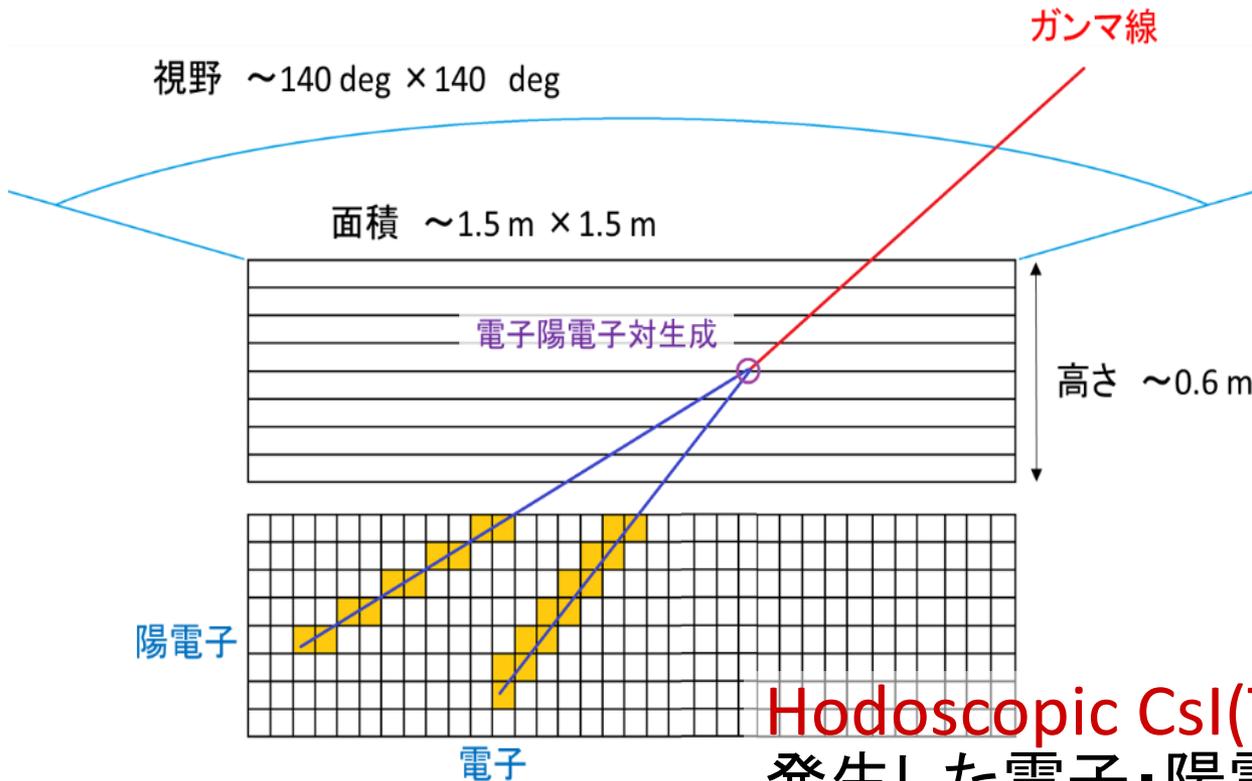


主検出器LATは**多層シリコンストリップ**によって、全天の1/5という広い視野が実現し、**全天を3時間で観測することが可能**

# イベント再構成とエネルギー測定

## 多層シリコンストリップ

電子・陽電子の飛跡を、多層に重ねたシリコンストリップセンサーで追っていき、電子・陽電子を検知したセンサーの位置および衛星の位置の情報から到来方向を測定する。



**Hodoscopic CsI(Tl)シンチレーター**

発生した電子・陽電子のエネルギーより、ガンマ線のエネルギーを求める。

# ターゲット天体の選択

カタログ

電波パルサーカタログ  
(Manchester et al., 2005)

ガンマ線パルサーカタログ  
(Abdo et al., 2013)

抽出条件

McGillのマグネターカタログよりマグネターを削除

連星系による時間変動を棄てるために、連星系にあるものを削除

統計的な検討に必要な、パルス周期とその時間変化率、距離の推定値がある

強磁場  
パルサー

推定される磁場  $B_d > 10^{13}$  G

優先度

回転光度フラックス  $F_{\text{rot}}$  erg/sec

いくつか解析した中の超新星残骸CTA1の結果を紹介  
(PSR J0007+7303)

# 超新星残骸CTA1 ( PSR J0007+7303 )

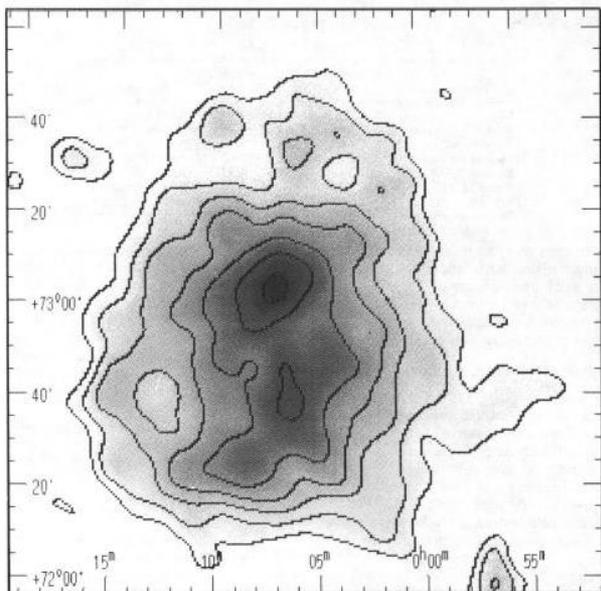
フェルミ衛星による観測が行われる以前

## - X線観測

CTA1の中心部にパルサーと思われるスペクトルを持ったX線点源の存在が知られていたが、パルス周期の発見には至らなかった。

## - EGRET

ガンマ線源の存在は判明していたが、放射位置決定精度が十分ではなかったため、ガンマ線源がパルサーなのか周囲の超新星残骸なのか特定できなかった。

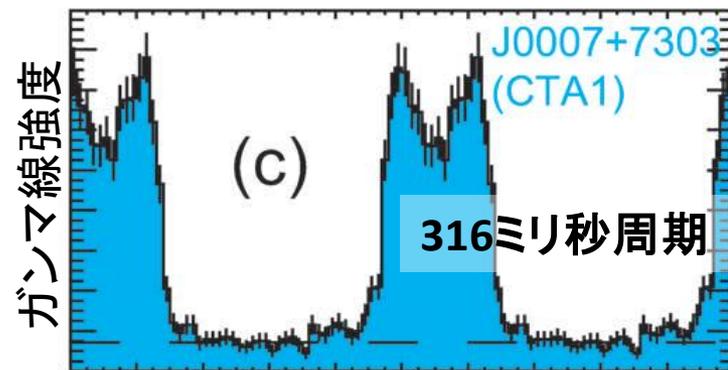


CTA1のX線イメージマップ  
(F. D. Seward et al., 1995)

強磁場パルサーPSR J0007+7303の  
パルス周期は、フェルミ衛星が発見！

推定表面磁場：**1.08e+13 G**

回転光度フラックス：**1.93e-9 erg/cm<sup>2</sup>/s**



パルス位相  
(中森健之ほか, 天文月報2010  
A. A. Abdo et al., 2008)

# データセットと解析方法

## 解析したデータの詳細

天体座標 (R.A. , Dec.)	1.6425 , 73.1852
観測期間 (年月日)	2012年1月1日 - 2016年11月20日
(MJD)	55927.00 - 57712.00
エネルギー範囲 (GeV)	0.1 - 100
解析範囲 (degree)	10
天頂角最大値 (degree)	90

Pass 8のLATデータをFermi Science Tools(10-00-05)を使用し、binned likelihood analysisによるスペクトルモデル検定を行った。

### binning likelihood analysisのイメージ

LATの観測データ (光子のエネルギーや到来方向、観測時間、フェルミ衛星の状態)

ビン分けしたヒストグラム  
(光子のエネルギー、2次元到来方向)

天体とスペクトルの情報 (一部自由 or 固定も選択)  
(点源、位置、スペクトルタイプ・パラメーター)

もっともらしい  
天体のモデル  
(スペクトルパラメーター、  
位置)

# カウントマップとエネルギースペクトル

## カウントマップ

(>1 GeV)

AGN(活動銀河核)が隣接している。  
AGNは先行研究(Li Jian et al., 2016)  
で変動することが指摘されていた。  
エネルギースペクトルは先行研究の  
結果と一致している。

## エネルギースペクトル

スペクトルタイプ: Power-Law + Cutoff

$$\frac{dN}{dE} = N_0 E^\gamma \exp \left\{ - \left( \frac{E}{E_c} \right)^{0.64} \right\}$$

フリーパラメーター

$N_0$ : Prefactor  $E_c$ : Cutoff  $\gamma$ : Index

# エネルギーフラックスの時間変化

エネルギーフラックスの時間変化

定数フィッティングした値

←  $p_0 = 4.18e-10 \pm 2.68e-12$

Cutoffの時間変化

スペクトルタイプ: Power-Law + Cutoff

$$\frac{dN}{dE} = N_0 E^\gamma \exp \left\{ - \left( \frac{E}{E_c} \right)^{0.64} \right\}$$

フリーパラメーター

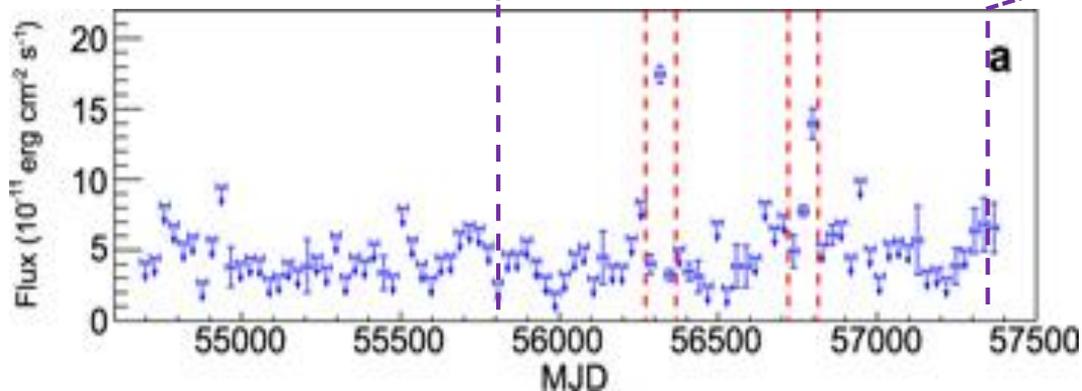
$N_0$ : Prefactor  $E_c$ : Cutoff  $\gamma$ : Index

Indexの時間変化

エネルギーフラックスも  
スペクトルパラメーターも  
有意な時間変化は検出  
できなかった。

# 隣接するAGNの時間変化

エネルギーフラックスの時間変化



Li Jian et al., 2016

フレアが起きている時間も含めて矛盾していなかった。

また、先行研究にはない**新たなフレア**を発見することもできた。

# まとめ

- ガンマ線観測での強磁場パルサーの時間変動を調べ、中性子星の強磁場の性質の解明を目指した。
- 超新星残骸CTA1にあるPSR J0007+7303は、有意な時間変動していないといえる。
- 隣接するAGNのエネルギーフラックスが先行研究通り時間変動していることも確認できただけでなく、先行研究にはない新たなフレアを見つけたことができた。