

F35 かに星雲・かにパルサーにおける粒子加速の観測的研究

メンバー: 寺澤敏夫、木坂将大、三上諒、釜江常好、河合誠之、浅野勝晃、片岡龍峰、関戸衛、岳藤一宏、柴田晋平、吉田龍生、竹内央、田中康之、亀谷収、三澤浩昭(15名、10機関)

査定額18万円

内訳

研究費(物品費)

10万円

旅費

8万円

(科研費基盤(C)と合わせて運用)

旅費については、F36の「宇宙における粒子加速機構の比較研究」(研究会)と共催で、小研究会を開催する費用の一部として使わせていただきました。その分の報告は西嶋委員長のまとめに含めていただきます。物品費は電波観測(鹿島34m、臼田64m)のデータ格納用HDD台です。(3TB HDDを数十台購入したうちの8台分)。

... 地上電波観測 VLBI装置を流用。 8bits × 128Msps ~ 1TB/2時間

→バックアップを入れ × 2で1TB/1時間

→ これまでの総観測時間 100時間弱 ~ 100TB

何故、パルサーか？

宇宙線加速天体の有力候補の1つ

電子・陽電子供給源として重要

高エネルギー γ 線天体の多くはパルサー星雲

- ・パルサーの**非熱的X線/γ線曲率放射**→incoherent放射
(個々の粒子がばらばらに放射を行う。N個の粒子の放射強度は1個の粒子のN倍)
輻射機構が理論的に単純でよく理解されている。
- ・パルサーの**熱的軟X線(Crab以外の一部のパルサー)**
パルサー表面のhot spotからの熱輻射と解釈



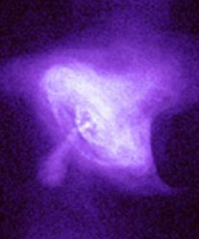
電波と他波長の放射は、従来はあまり関係がないと思われていた

- ・パルサーの**非熱的電波放射**→coherent放射
(粒子が塊となって放射を行う。N個の粒子の放射強度は1個の粒子のN²倍)
輻射機構はプラズマ非線形性に依存。まだ定説がない。

Crabほかごく一部のパルサー(0.1%以下)では、普通の電波パルスのなかに、他より数千倍以上強いパルスが混ざることがあり、巨大パルス(GRP)と呼ばれている。

→GRPもcoherentな放射のため、他波長のパルス放射と関係は無いと考えられていた。

CrabパルサーのGRPと同時に発生した可視光パルスが3%増光していることが見出された
(Shearer et al., Science, **301**, 493(2003))



過去の相関研究

GRPと他波長帯のパルスに相関があるか否か？

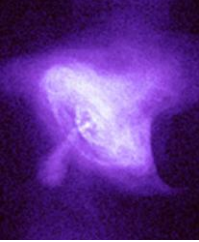
電波はコヒーレント輻射である(∵輝度温度 $> \sim 10^{37}K$)のに対し、
可視・X・ γ はインコヒーレント輻射なので、そもそも相関は無いかもしれない
→しかるに、可視光パルスとGRPに相関が見いだされた

帯域	波長またはエネルギー	GRPに伴う強度変動あるいはその上限値	Reference
可視光 arXiv:1309.3270	600-750nm 400-1100nm	3%増光 3.6%増光	Shearer et al.(2003) Strader et al. (2013)
軟X線	1.5-4.5keV	$<200\%$	Bilous et al.(2012)
硬X線**	15-75keV	本研究	本研究
軟 γ 線	50-220keV	$<250\%$	Lundgren et al.(1995)
γ 線	0.1-5GeV	$<400\%$	Bilous et al.(2011)
VHE γ 線	$>150GeV$	$<500-1000\%$	Aliu et al.(2012)

**Suzaku HXD/PIN

*表示したのは電波との同時観測による直接比較。

X線観測の統計から間接比較したものにKawai et al. (1992)の先駆的研究あり



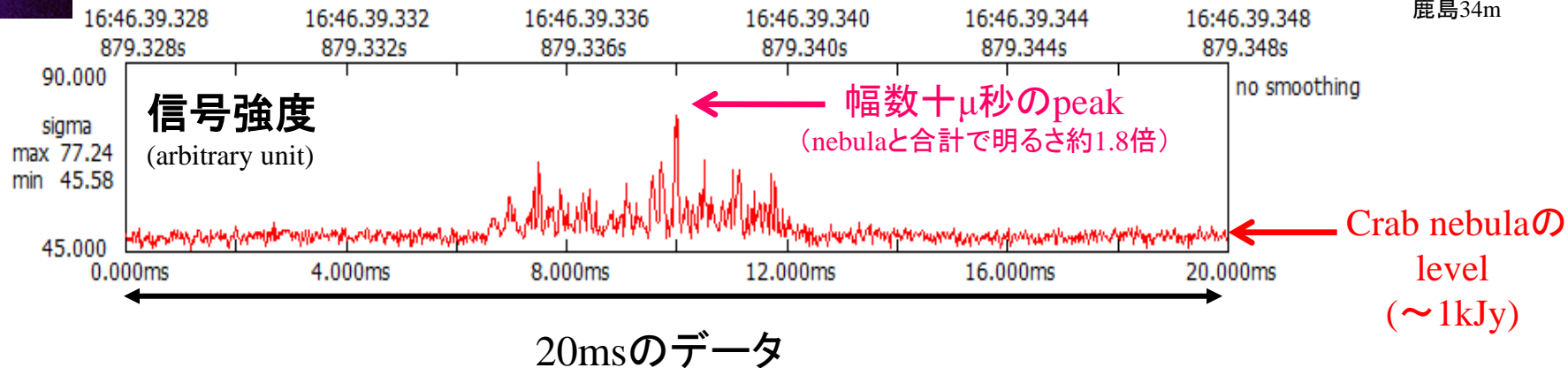
鹿島34mパラボラ観測でのこれまでの最強GRPの1つ

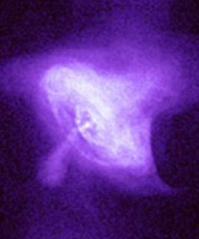
2010/12/05 Kashima 1405-1435MHz Crab観測生データ



鹿島34m

.128MSPs.8bit_2010339163200.raw CRAB.128MSPS.8BIT 2010 339 start: 1 ave=0.020 msec/FreqUnit=50000.000 Hz/dFreq=50.000





鹿島34mパラボラ観測でのこれまでの最強GRPの1つ

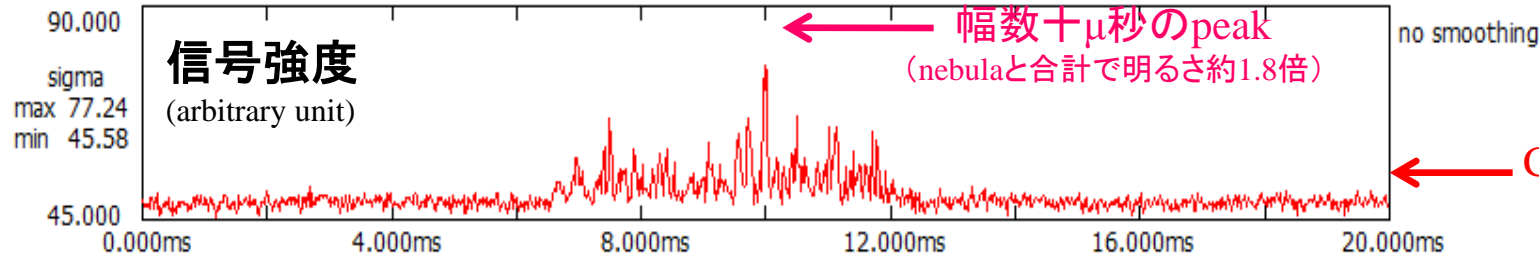
2010/12/05 Kashima 1405-1435MHz Crab観測生データ



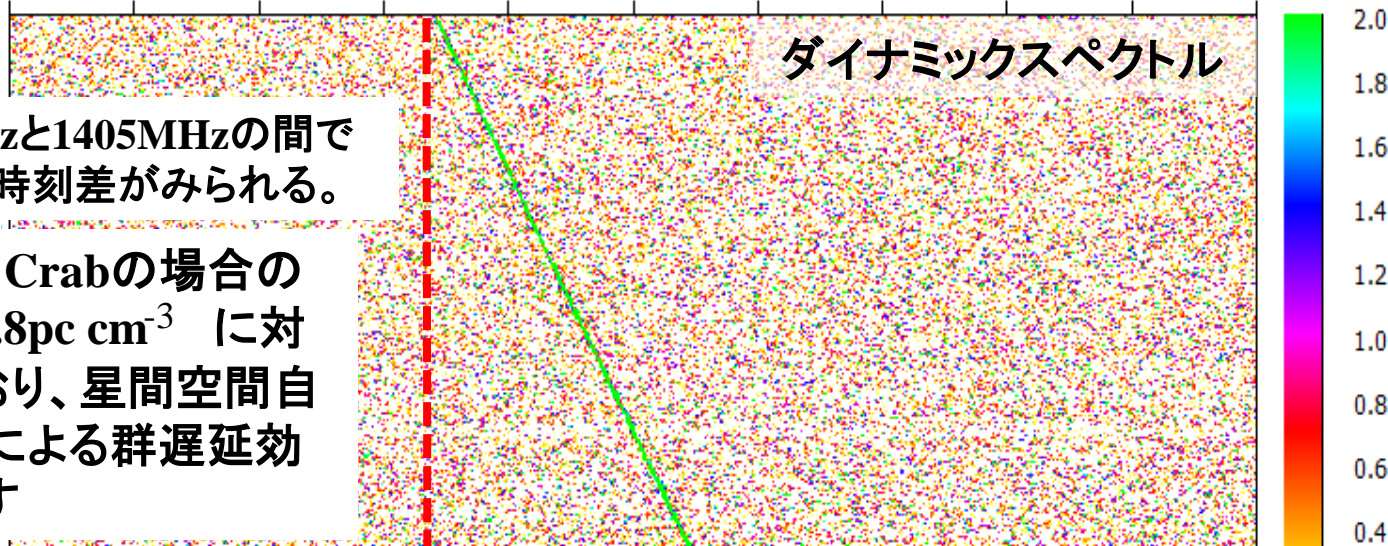
鹿島34m

28Msps.8bit_2010339163200.raw CRAB.128MSPS.8BIT 2010 339 start: 1 ave=0.020 msec/FreqUnit=50000.000 Hz/dFreq=50.000 kHz

16:46.39.328 16:46.39.332 16:46.39.336 16:46.39.340 16:46.39.344 16:46.39.348
879.328s 879.332s 879.336s 879.340s 879.344s 879.348s



1435MHz



1435MHzと1405MHzの間で4.9msの時刻差がみられる。

これは、Crabの場合の $DM=56.8 \text{ pc cm}^{-3}$ に対応しており、星間空間自由電子による群遅延効果を表す

このGRPはピーク強度1MJyを越える→十数時間に1つ程度。

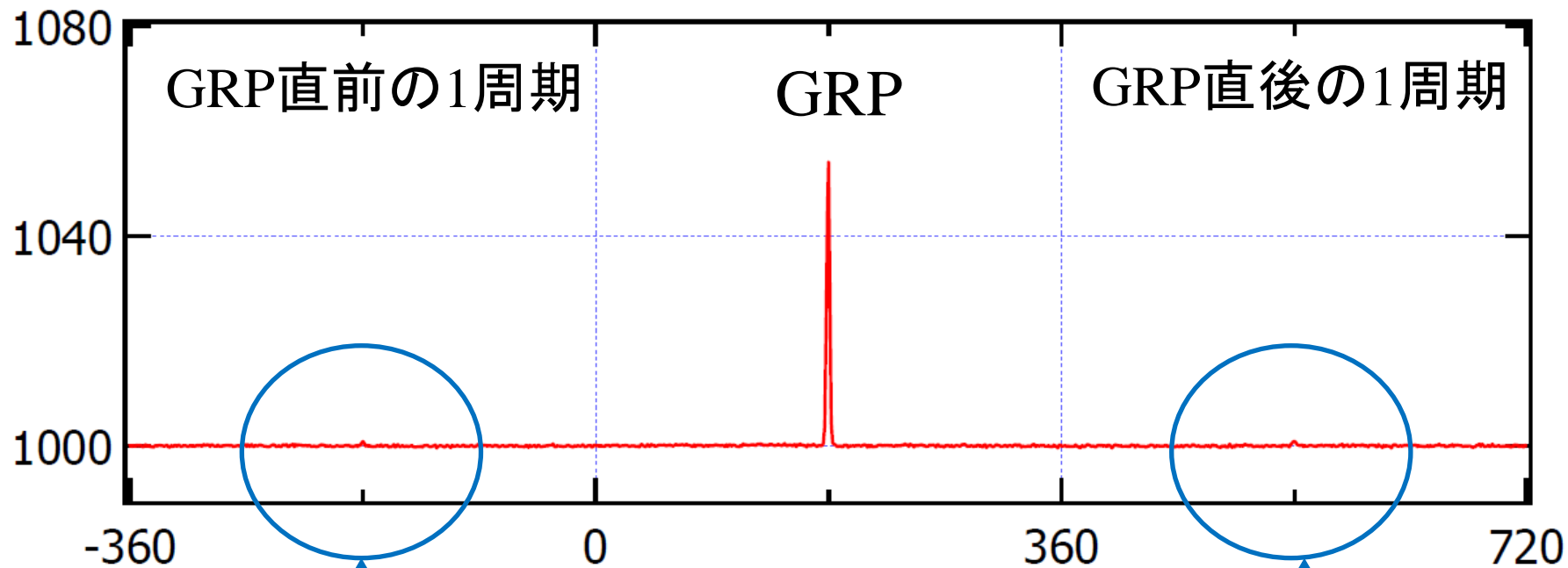
> 数kJyのGRPは数秒に1回発生している (それでも普通のパルスより数千倍強い)

20msのデータ

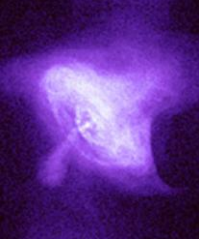
GRPと普通のパルスの対比

2010/4/6, 2011/3/2, 2011/9/1-2の3観測で得られた全てのGRP(約1万3千個)を重ね合わせたもの。

電波強度(任意目盛だがほぼJy単位)



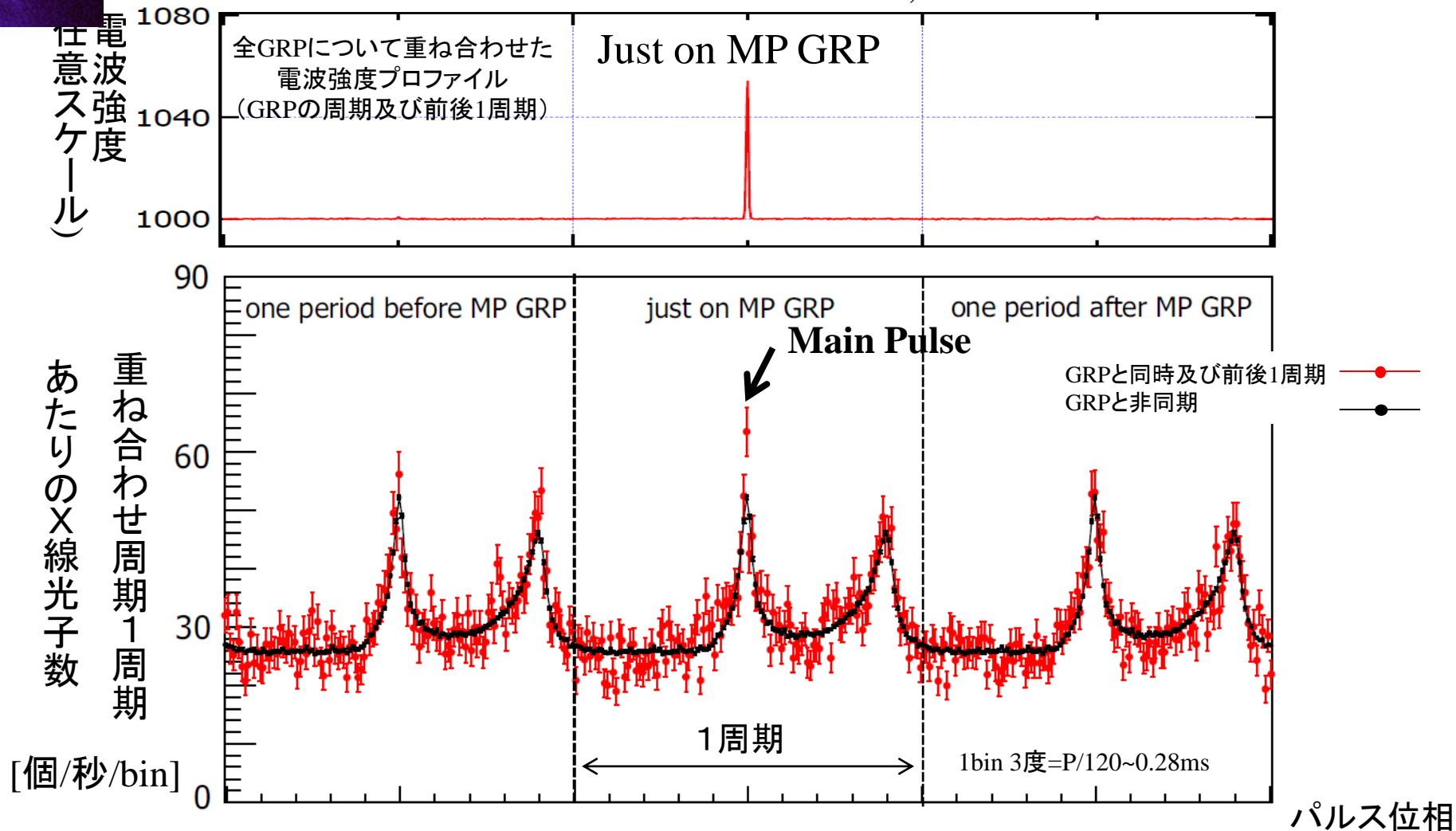
普通のパルス



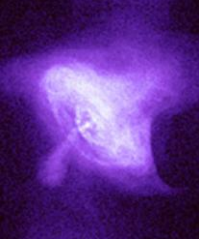
我々の結果 1.4GHz帯GRPと硬X線(15-75keV)の比較

(2010-2011の3回の観測の集計)

三上 et al., arXiv:1309.1650



Main pulseのピークでsignificance $\sim 2.70\sigma$ の増光
相関の有無について結論を得るには統計が足りない。



統計を改善する努力



鹿島34m

観測日付	電波・X同時観測時間数 (単位・分)	GRP数	電波観測場所	X線観測	周波数帯
2010/4/6	313	4090	鹿島	Suzaku	1.4GHz
2011/3/22	178	2568	臼田	Suzaku	1.4GHz
2011/9/1-2	271	6487	鹿島	Suzaku	1.4GHz
2013/2/27		解析中	Kalyazin	Suzaku	1.6GHz
2013/7/12-17		解析中	鹿島	PoGoLite	1.4GHz
2013/9/16-17		解析中	臼田	Suzaku	1.4GHz
2013/9/30-10/1		解析中	鹿島	Suzaku	1.4GHz



臼田64m

Kalyazin 64m

2013、Suzakuの時刻精度に問題発生。現在、その対策中。
(1日で数ミリ秒のドリフト発生。衛星-地上のリンクシステムの問題)
相関の有無の判定に向け、鋭意努力中。