

ジャイアントパルスを用いた アンテナ間の時刻比較研究

岳藤一宏、関戸衛（情報通信研究機構）

寺澤敏夫、（東京大学宇宙線研究所）

竹内央（宇宙航空研究開発機構）

田中康之（広島大学）

パルサータイミングの話題

先日のIAU総会@北京

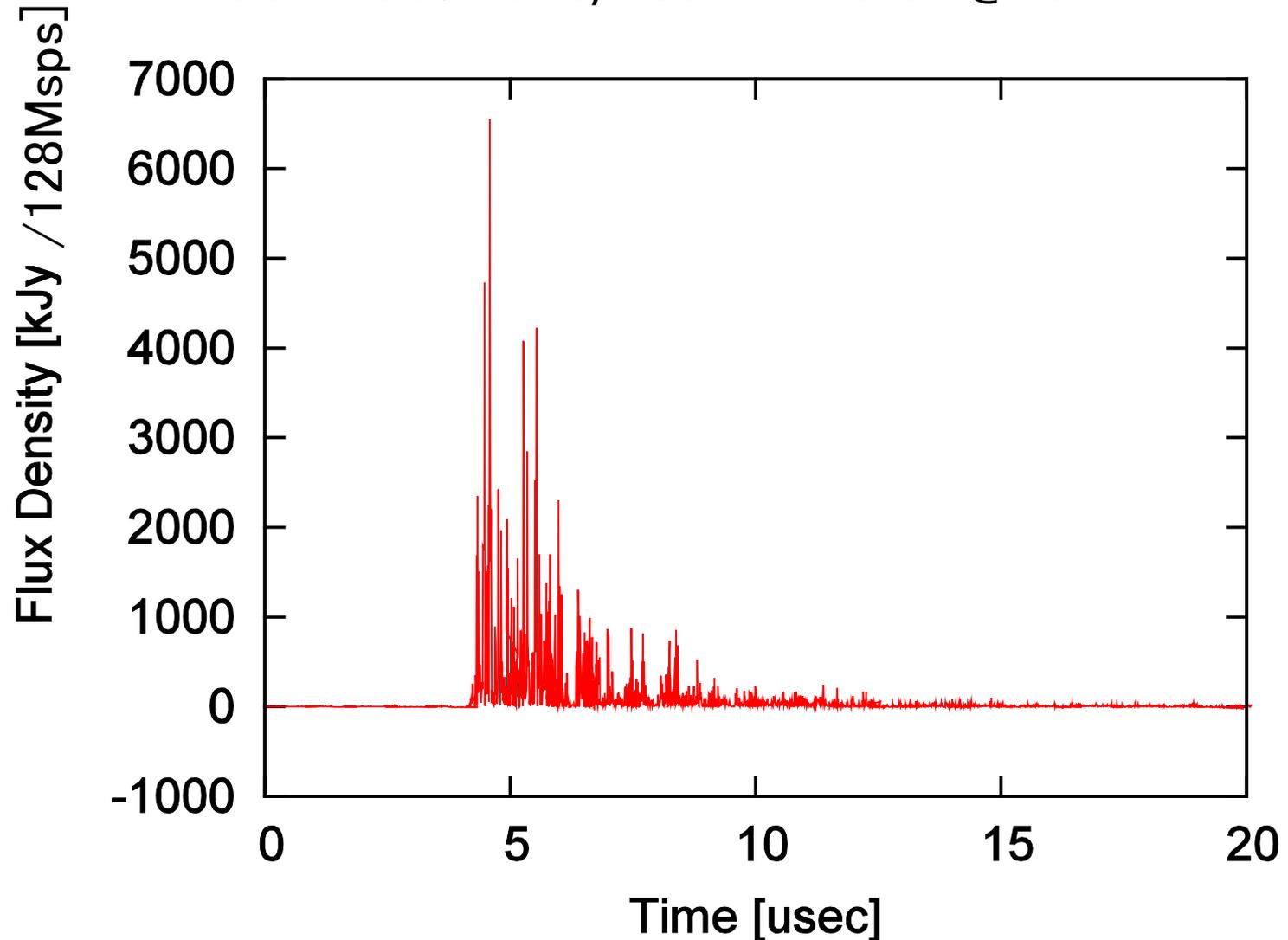
- 複数ミリ秒パルサーのタイミングデータから地上の時系と独立な時系をパルサー時系として提案。もちろん短期安定度は原子時計に劣るが10年以上の長期の時系維持するため有効と報告された
- 重力波検出とパルサー時系の構築を目標に、世界中で大きく3つのグループで競争
 - ①ATNFを中心とする**オーストラリア**PPTA:Parks Pulsar Timing Array
 - ②Effelsberg, Jodrell Bank, Nancey、LOFARを中心とする**ヨーロッパ**のグループEPTA:European Pulsar Timing Array
 - ③GBT、アレシボなどを中心とする**米国**のグループ
- 現在のタイミング観測の精度はパークスで200nsec、時系の安定度は10⁻¹⁴@10⁷sec程度。Fosterらが1993年から19年間の観測から重力波の上限を定めた報告あり。

目的

- パルサーのジャイアントパルス（GRP）を利用して、複数のアンテナ局の精密な時刻差を求める
- VLBIの大容量のデータはならず、GRPの単発データを送るだけで比較可能
- GRPの精度は帯域幅に比例するためなるべく広帯域がよい

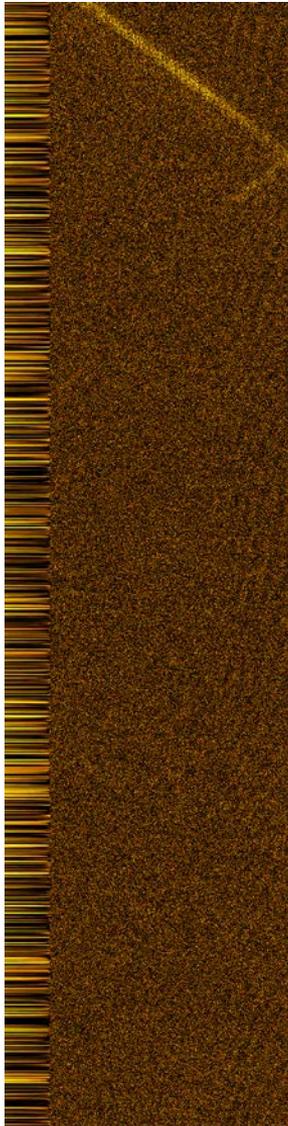
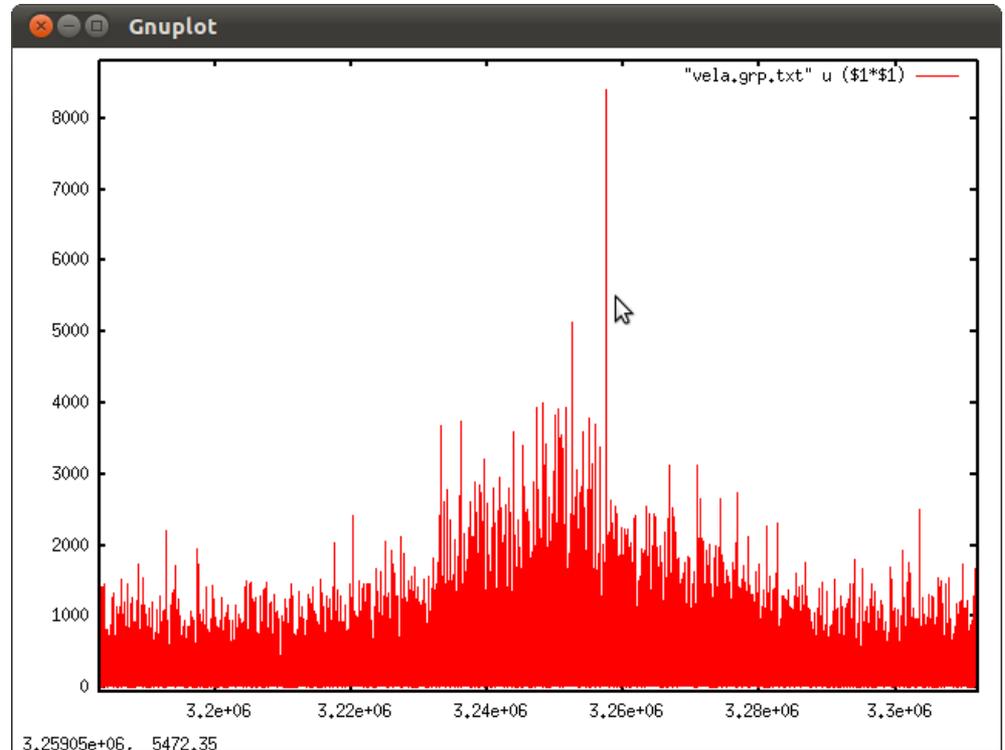
Crabパルサー

DM=56.7656、2010/339 16:46:39@Kas34m



VELAパルサー

Kashima34m L-band 128Msps*8bit



処理前



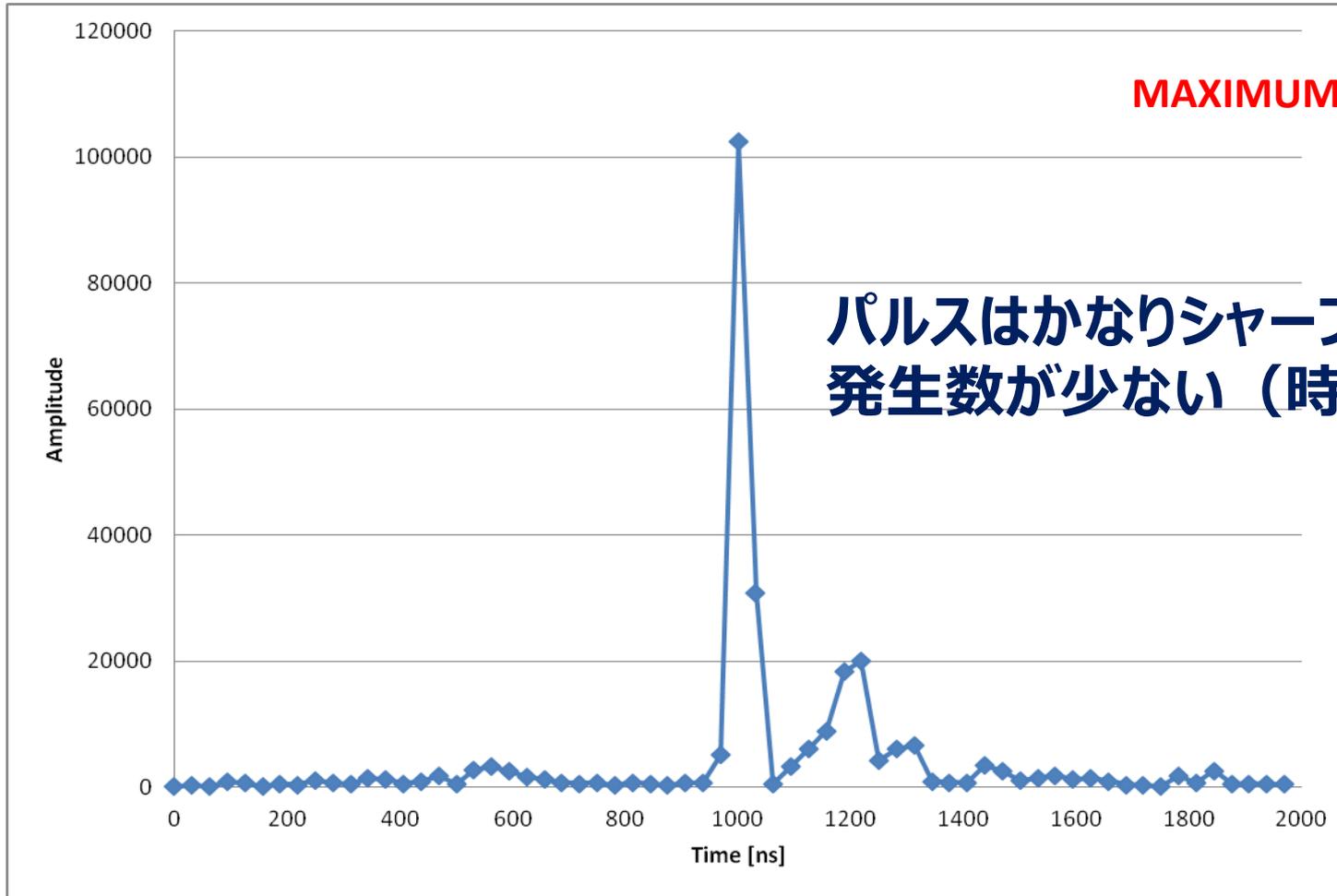
処理後

処理後の生パルス

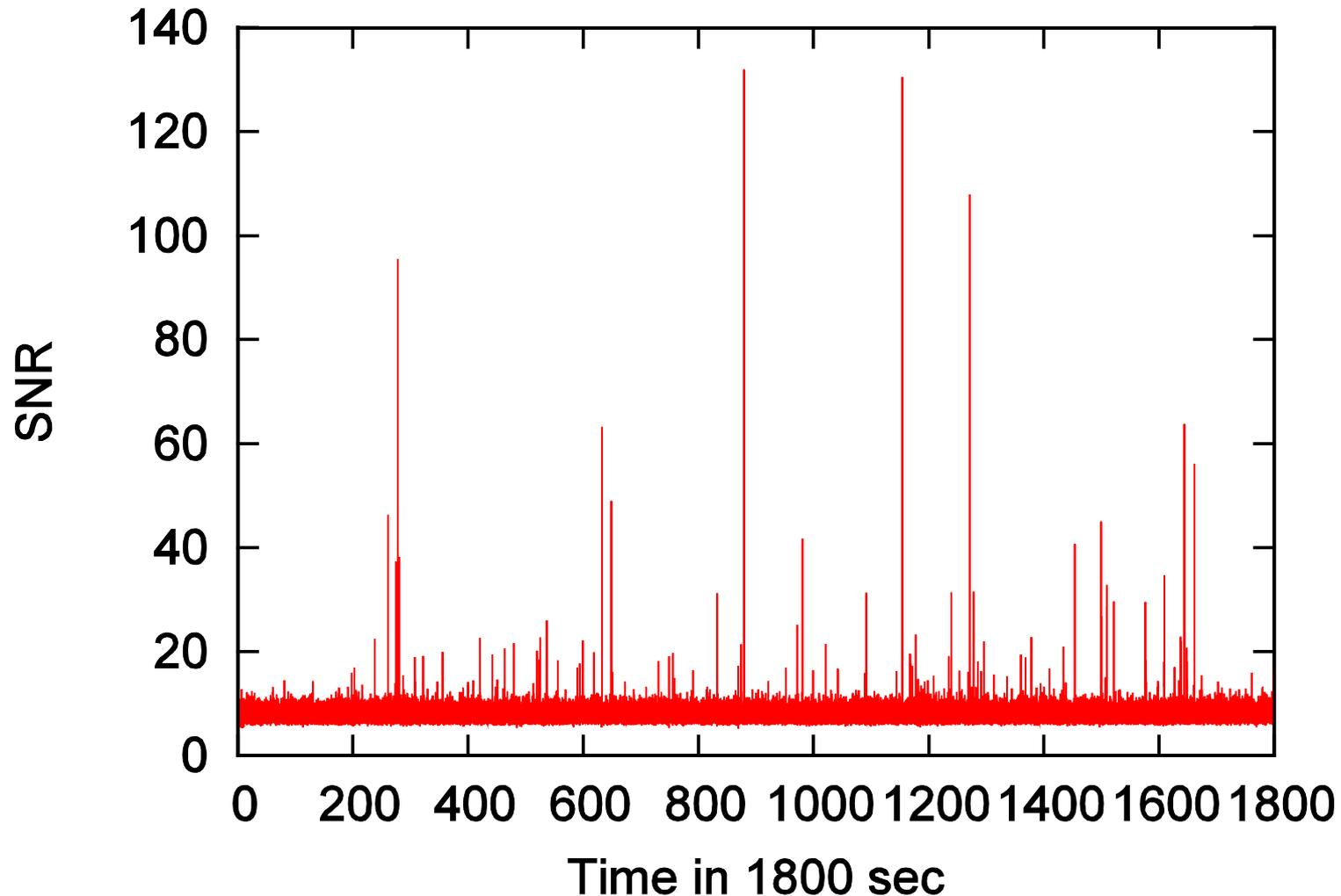
2011/11/03 19:16:48

**数が多いがパルスがなまっている
南天のため、観測時間少ない**

ミリ秒パルサー-PSR1937+21 (約1発/30分)



Crabパルサーでは多くのGRPを放射 30分の観測データ



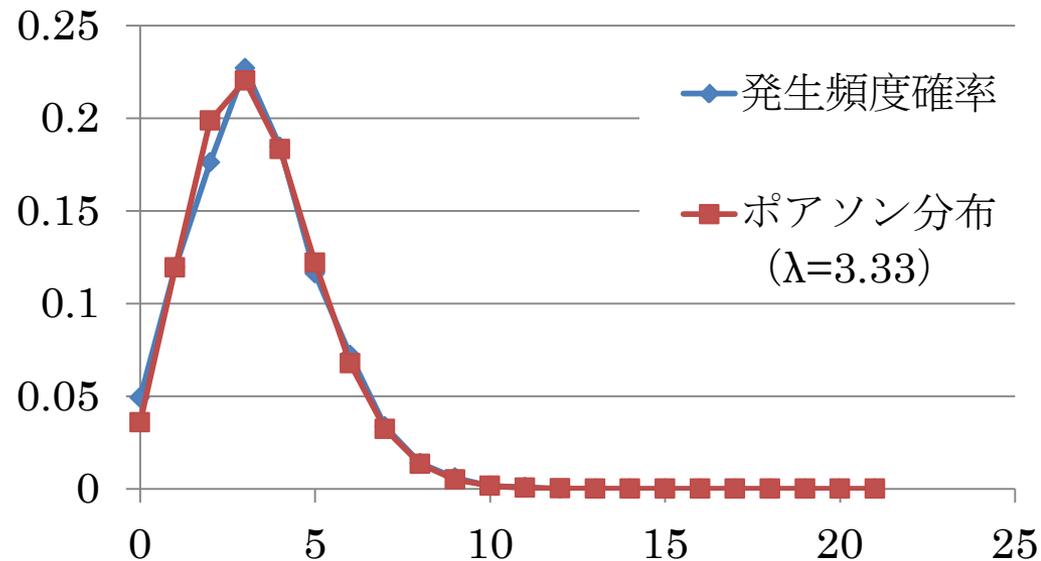
ポアソン分布によるGRP頻度

- GRPのSNR ≥ 6
- 10秒間ごと

このとき $\lambda = 3.33$ のポアソン分布に従う

約3秒に一発のGRPを受信

詳しくは関戸さんのポスターへ
(時間領域の天文学
A15b)



各パルサーの比較

	可視時間	シャープネス	頻度	強度
Crab	○	○	○	◎
VELA	×	△	○	△
PSR193 7+21	○	◎	×	○

CrabパルサーからのGRP比較実験

鹿島34m-臼田64m

- 2010年4月20日 11:40-13:00UT 1時間
20分
- Sバンド使用
- 1Gsps*2bitの広帯域モードでサンプル

臼田64m@Sバンド

- RF : 2144-2356MHz
- PLO:2032MHz
- SEFD:~200Jy
- ADS3000+
 - IFに500MHzのアップコンが
 - あり、記録時はLSBとなっている



鹿島34m@Sバンド

- RF : 2190-2380MHz
- PLO:2020MHz
- SEFD: $\sim 370\text{Jy}$
- ADS1000
 - ADS3000+の2bitと違い、ビット反転している。



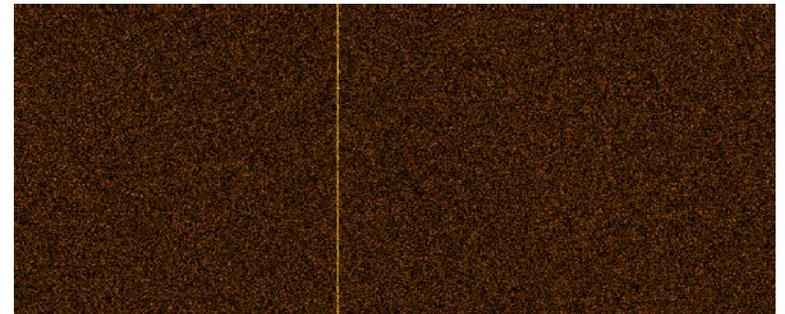
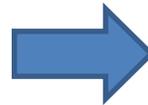
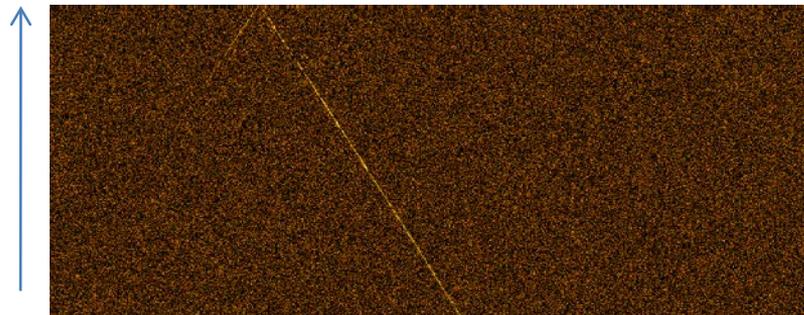
パルサー処理

1. Dispersion removal DMの決定

- RFI除去+遅延量補正など

(RFIはDM=0であるため、ある程度は抑圧可能であるが、万能ではないDMが0でないならパルサーのはず)

freq 1.4GHz Dynamic spectrum of GRP



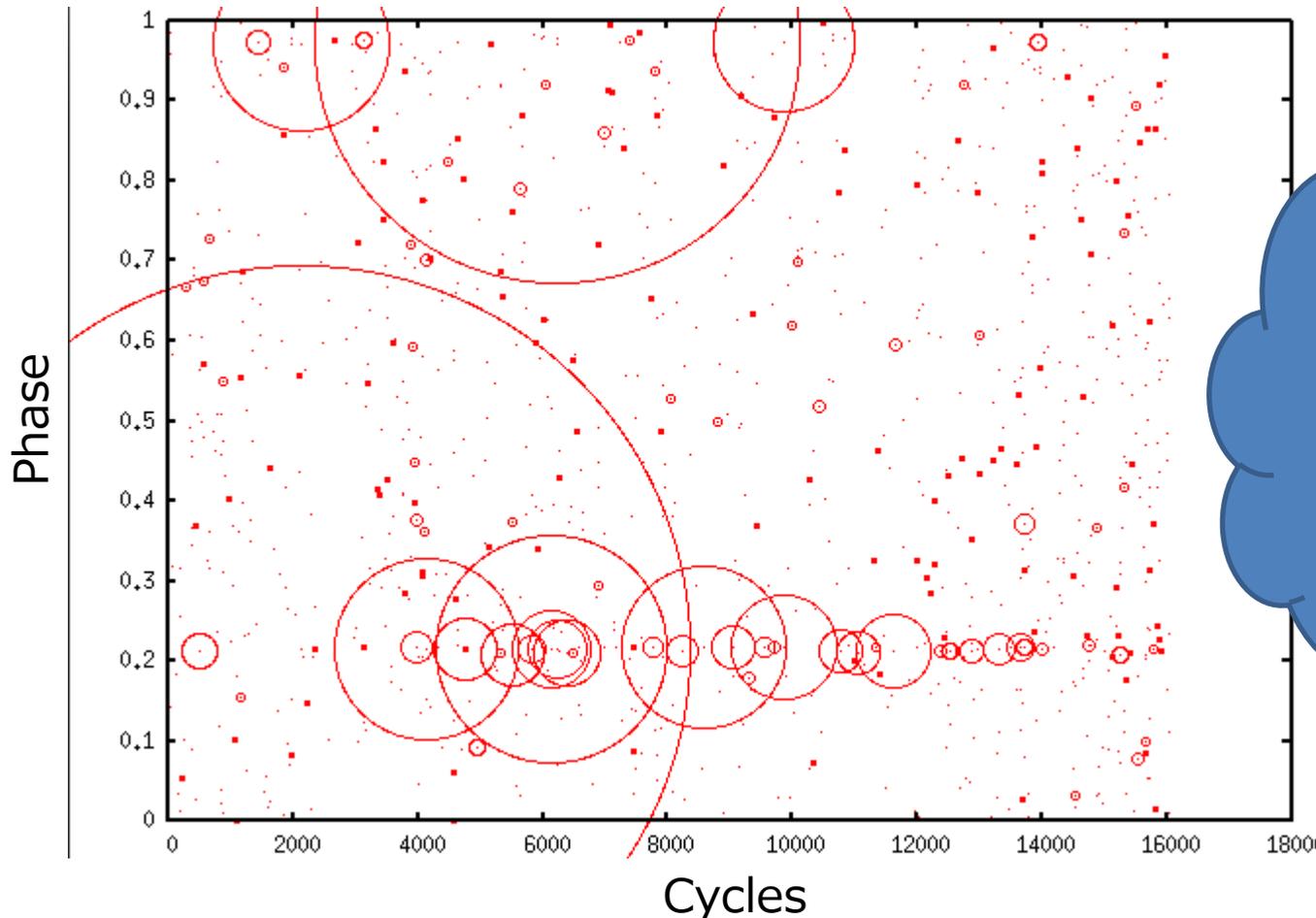
Time

Ex 鹿島34m Lバンド

パルサー処理

1. パルサー周期 P の決定

- メインパルス (MP) とインターパルス (IP) の決定。パルス位相からさらに RFI と判別可能

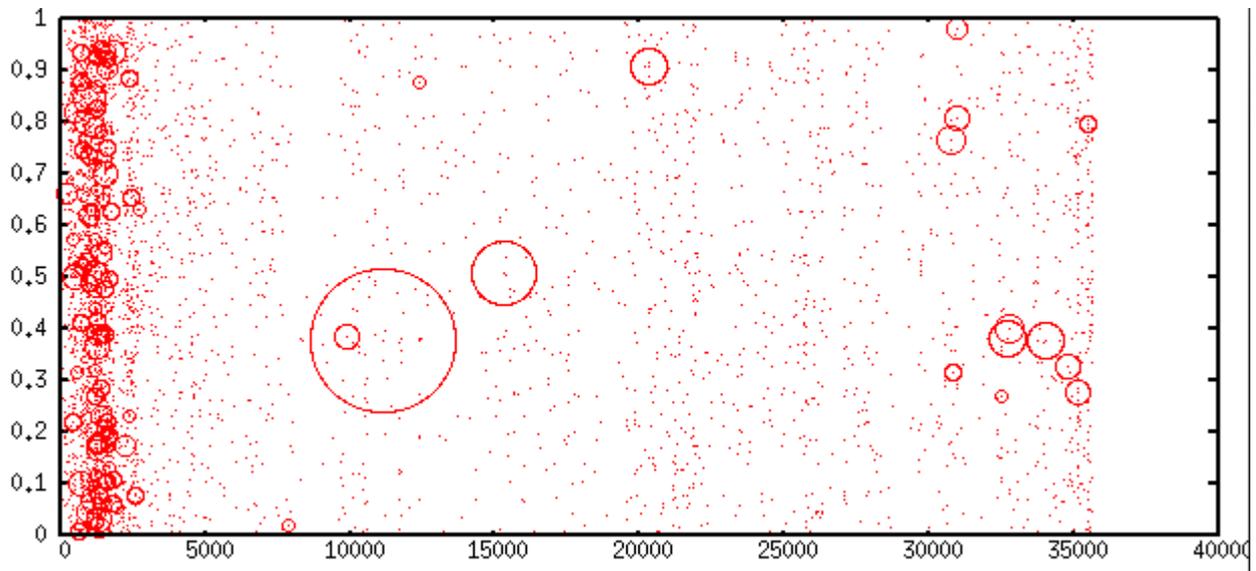


MP, IP 以外は
RFI の可能性

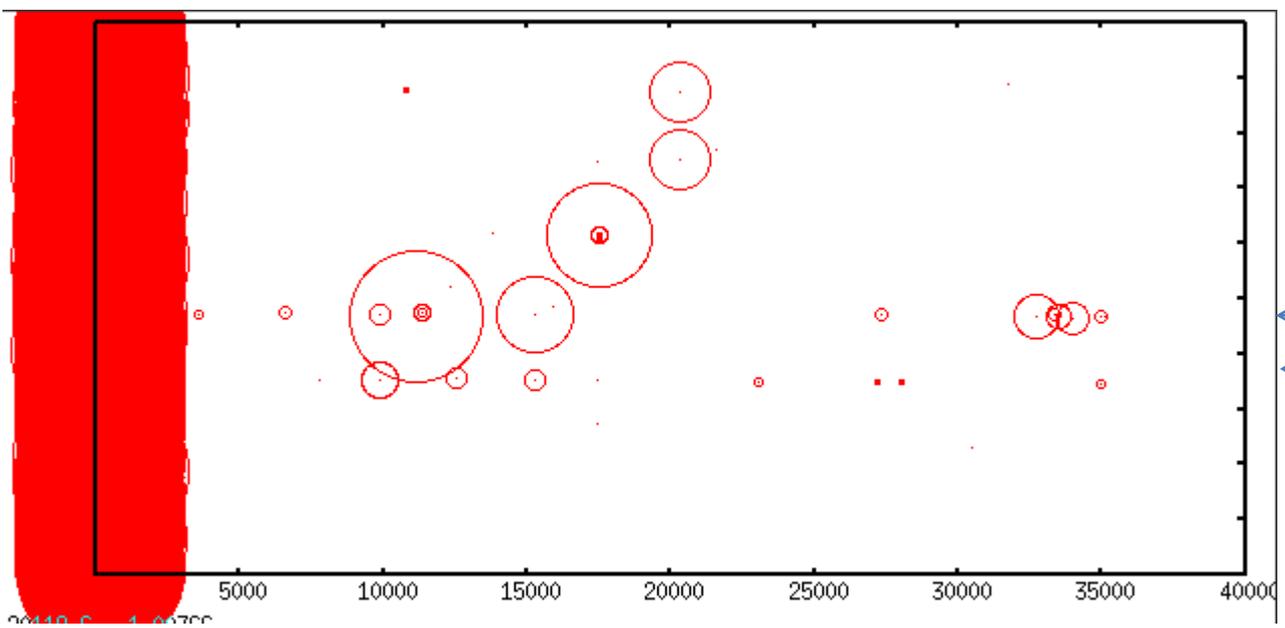
Ex 鹿島34m バンド

2010/110 11:40-12:00

鹿島34m



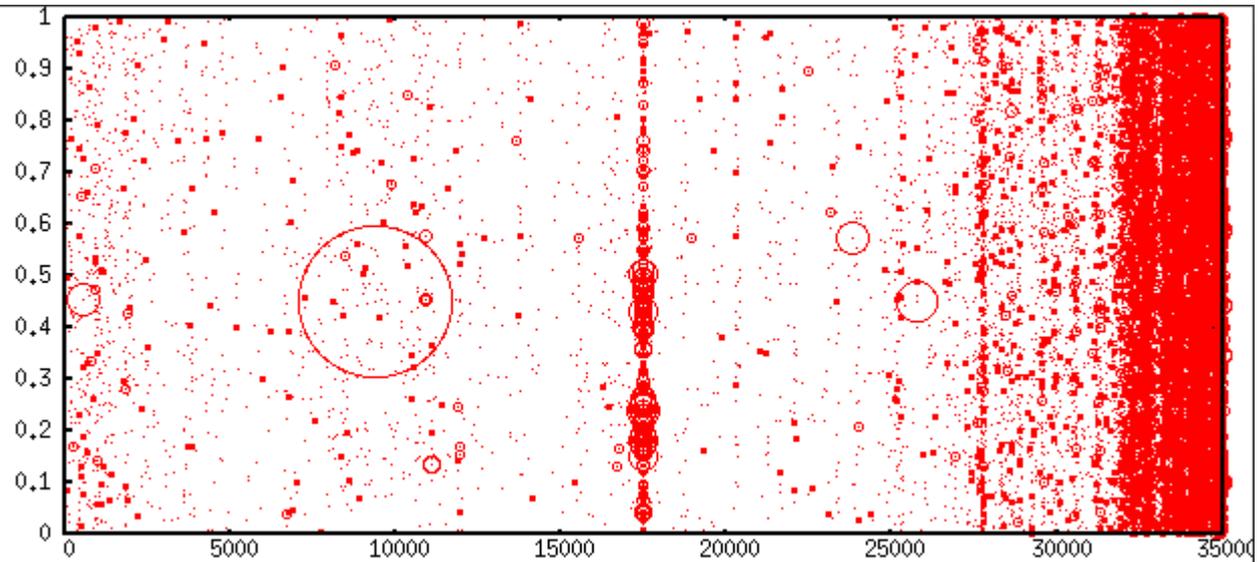
臼田64m



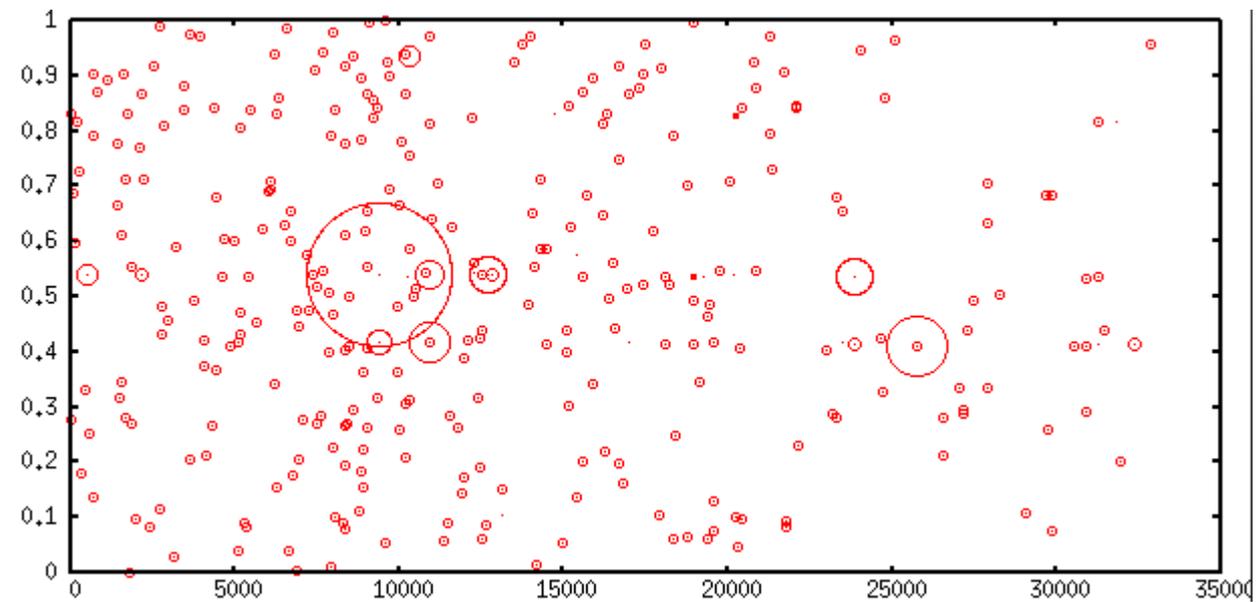
← MP
←
1Gpsと広帯域を一気に処理しているため、FFTによるジャンプ

2010/110 12:00-12:20

鹿島34m

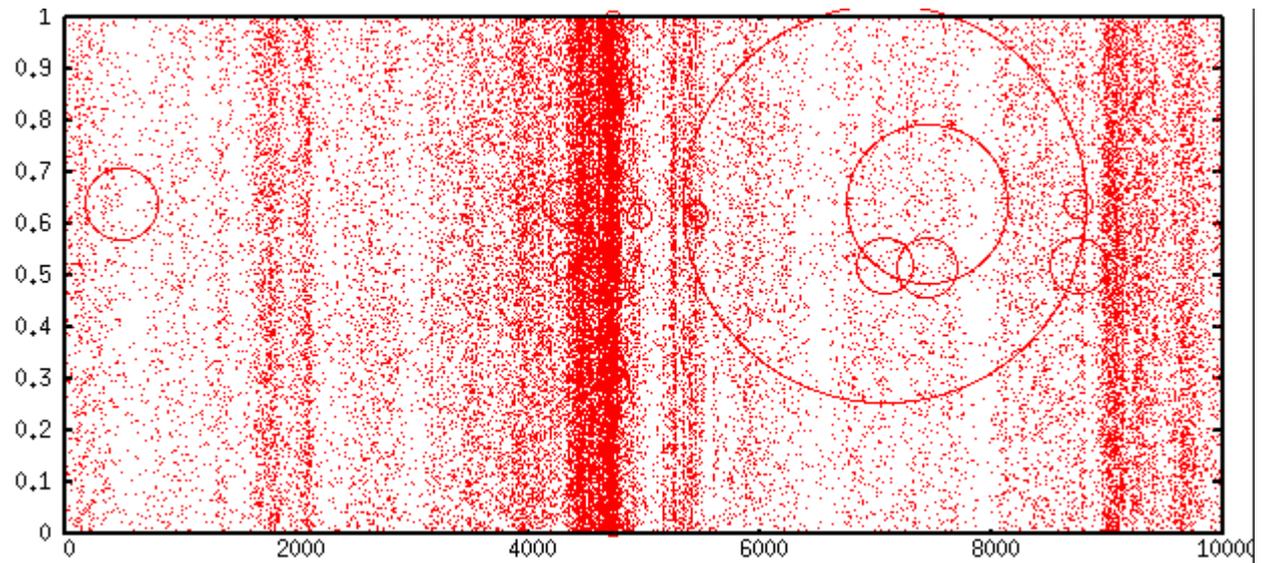


臼田64m

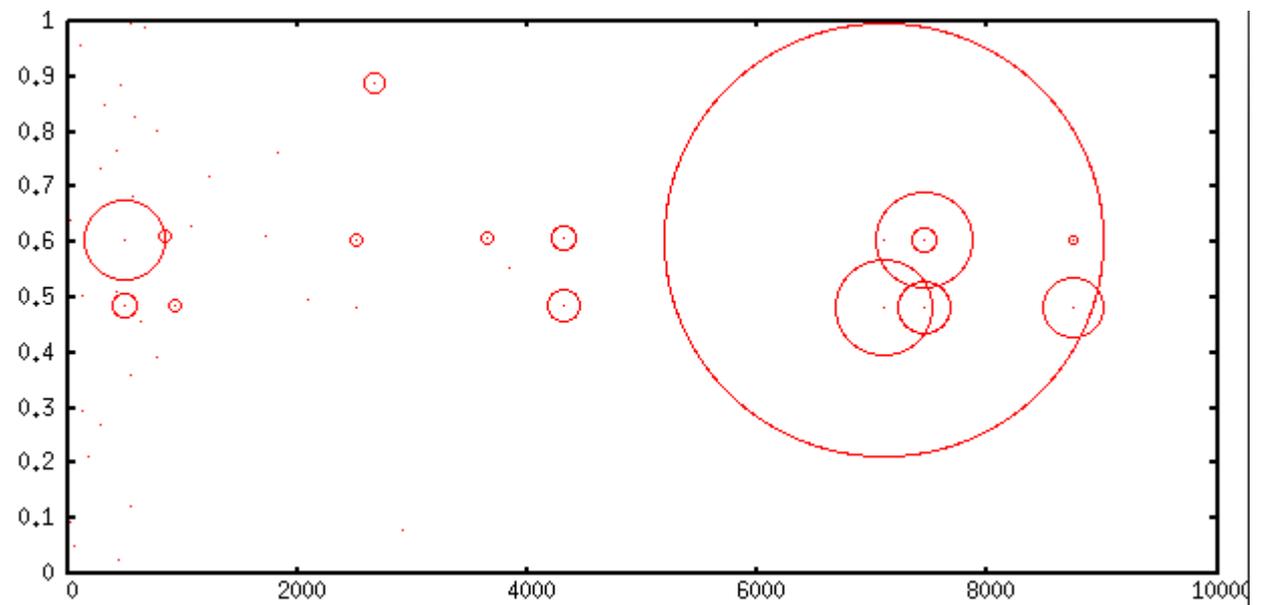


2010/110 12:20-12:26

鹿島34m



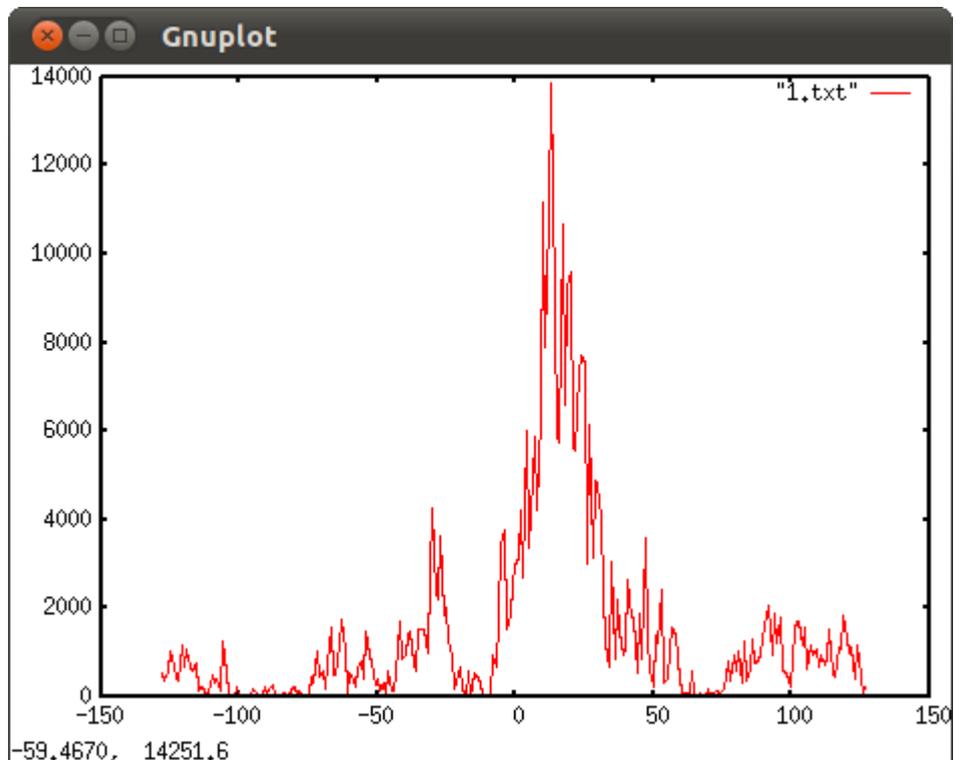
臼田64m



- 周期は33.64461ms
- 目視で鹿島、臼田それぞれで同時(同じサイクル周期)のGRPは17個(MP)
- つぎにこれらを比較

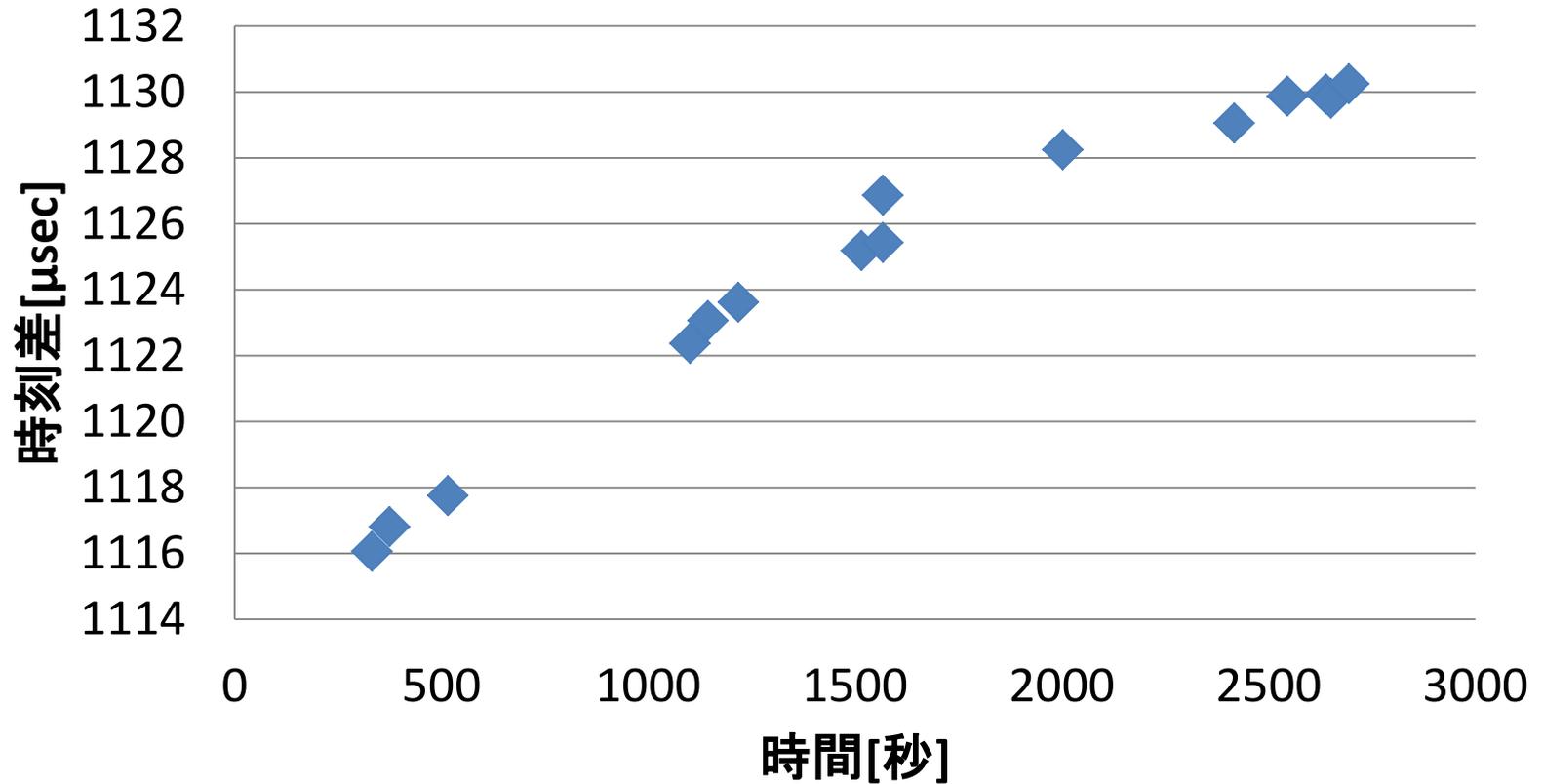
2局のGRPデータを相関処理

- GRPデータを相関処理
- 相関ピークを遅延量とした

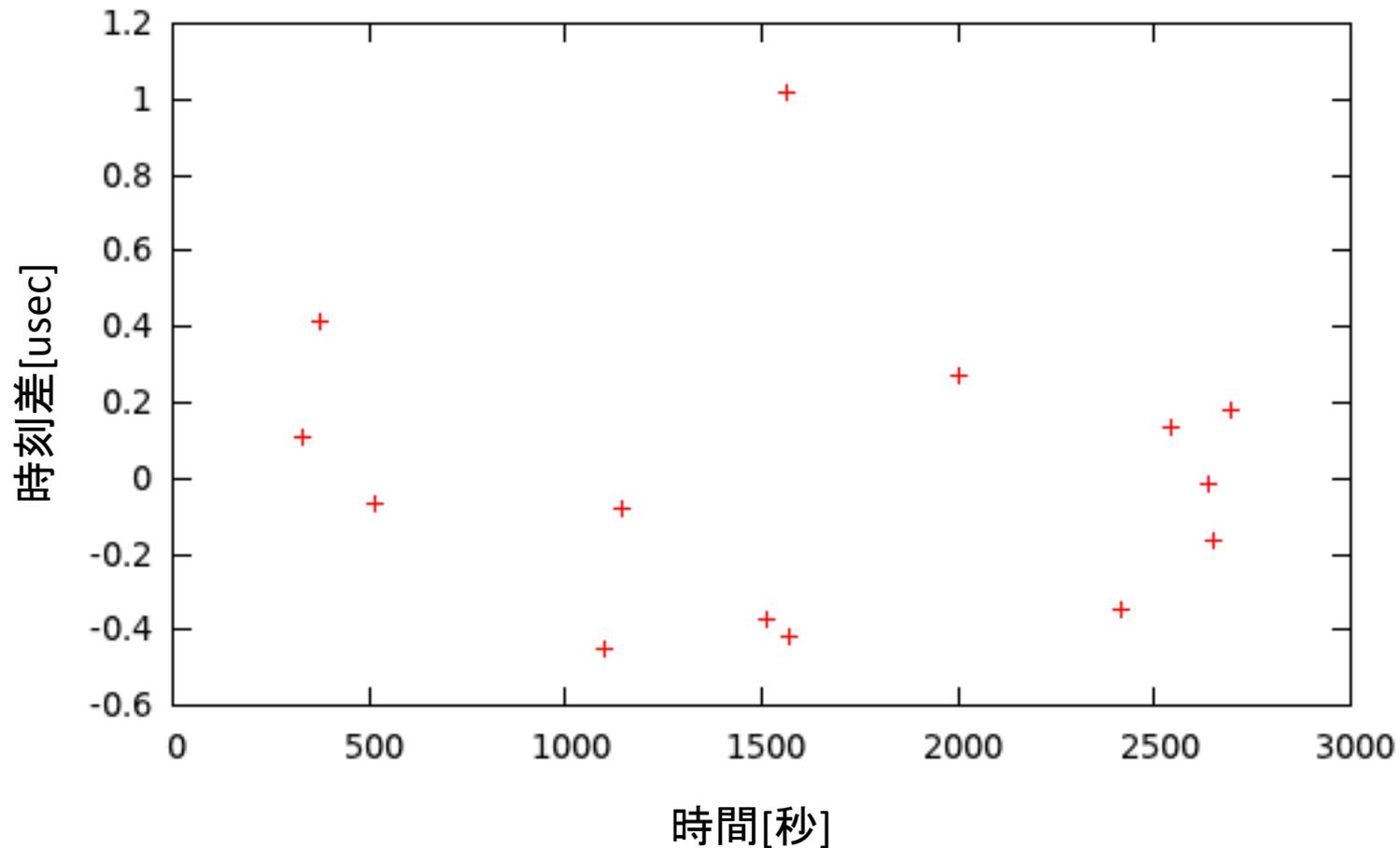


鹿島-白田時刻比較

GRP時刻比較



3次のフィット後 約1usecの範囲では収まっている



Summary

- GRP頻度やシャープネスを考慮するとCrabパルサーがベスト
- 鹿島臼田間で1時間の同時観測で約1 usecで時刻差を求めることができた

その他

- Rotating radio transient (RRAT)な
どの利用できるかも？
 - シングルパルスは強力そう
 - 頻度がどれくらいか？
- 多周波 (or低周波) で比較したらどうなるか？
 - 鹿島LバンドVS白田Sバンド
- 複数回の比較を実施している (解析まち)