

# かなた望遠鏡を用いた 光子計数法による Crab pulsarの撮像観測

山形大理 中森健之

大内優雅、荻原理沙、加藤悠平、柴田晋平

NAOJ 寺澤敏夫 広島大 秋田谷洋、川端弘治

2020年 8月17日

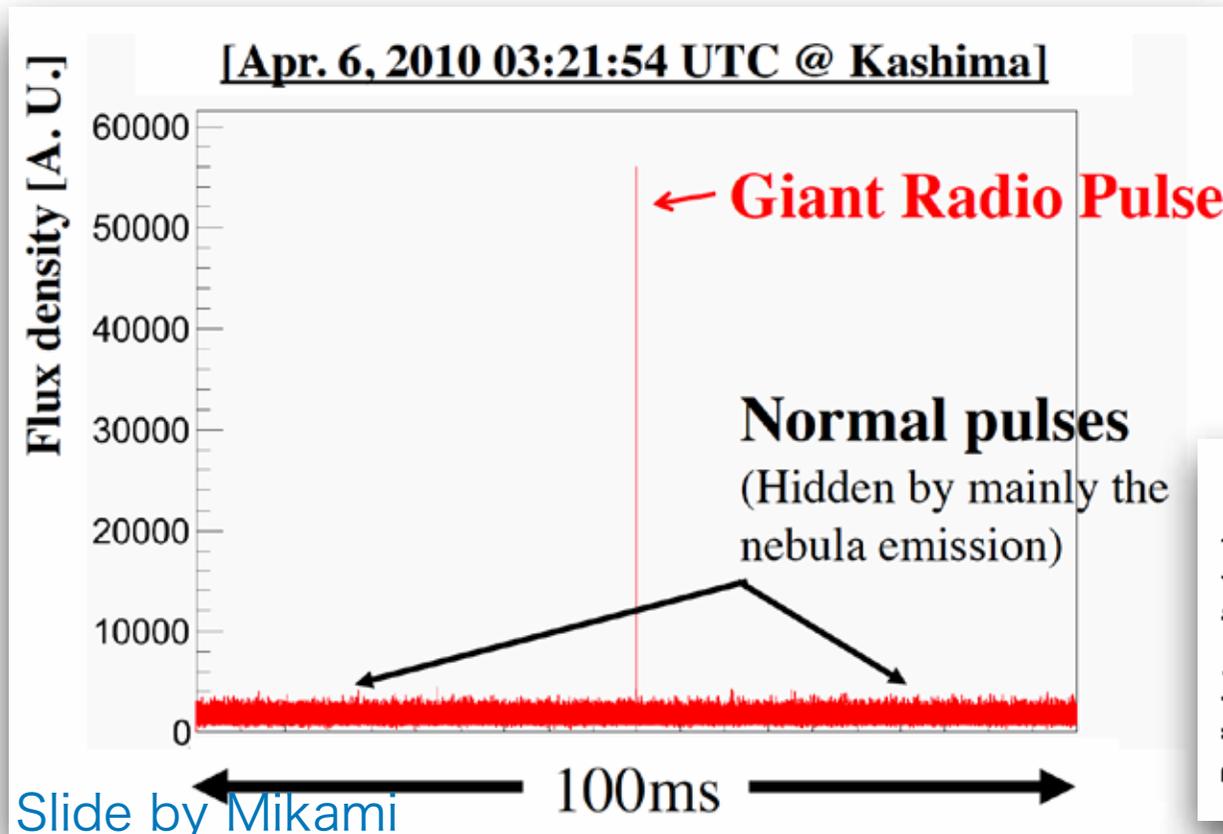
大学望遠鏡UM

# Giant Radio Pulse

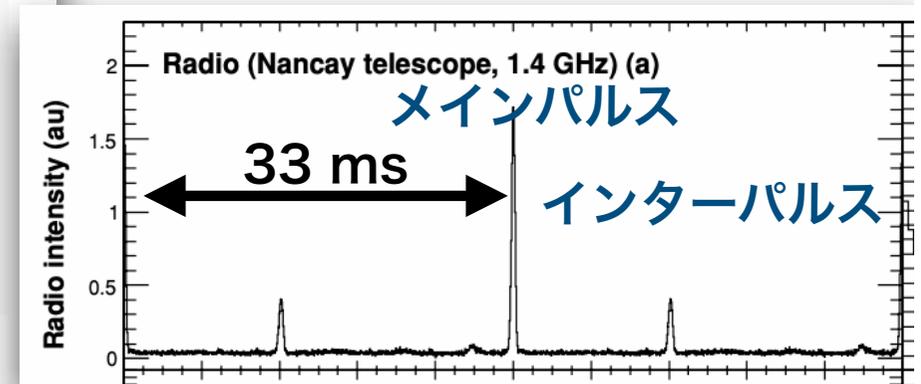
パルサー＝周期パルスと言うが常に強度変動している。

Crabほか：突発的な強烈な電波パルスが頻発。

>1000倍以上の強度になることもある。



Abdo+08

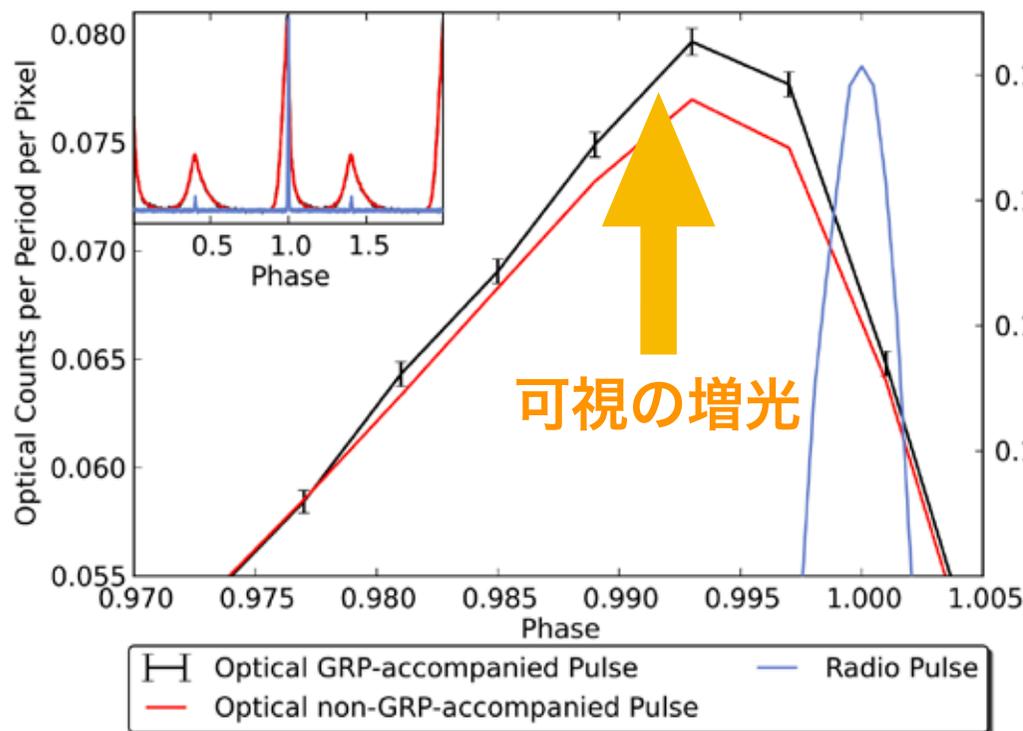


発生機構が謎。時間分解した多波長観測が数少ない切り口

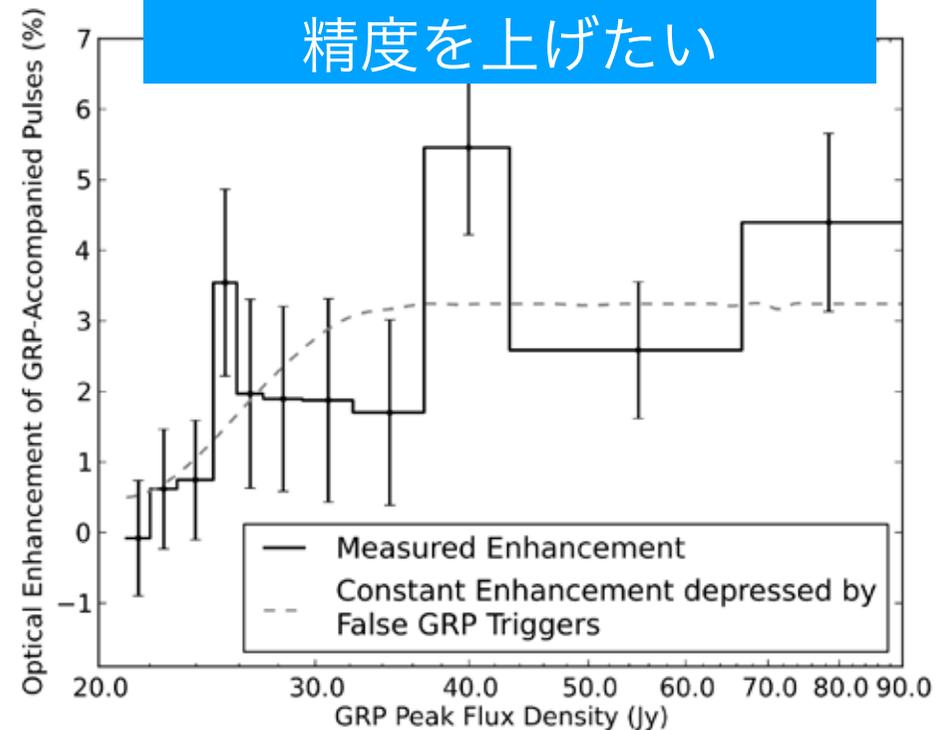
# Giant radio pulse

- GRP：頻発する突発的な電波パルス放射、ns-usの継続時間。
- メインパルスに付随、一部はインターパルスに付随。
- 放射機構の解明には多波長時間分解観測が必須。
- 可視の高速観測は海外が先行。3%程度の増光を確認 ( $7\sigma$ )。
- GRP強度との相関 や 増光の詳細な位相依存性は**統計不足**。

Strader+13



例えばこの統計を増やして  
精度を上げたい



# 可視光検出器チャート

遠いゴール

ARCONS  
Mazin+13  
要クライオスタット

CMOS

時間分解能良い

This work

SPAD  
(非撮像)

攻める方向



広視野

位置不定天体に対応可

CCD

扱いやすさ

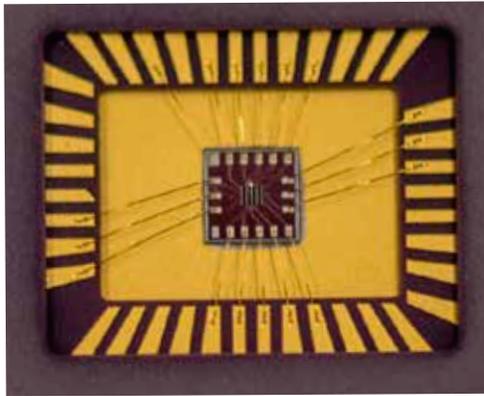
狭視野

既知点源向き

時間分解能悪い

# Geiger APDアレイの試作

TN+ submitted



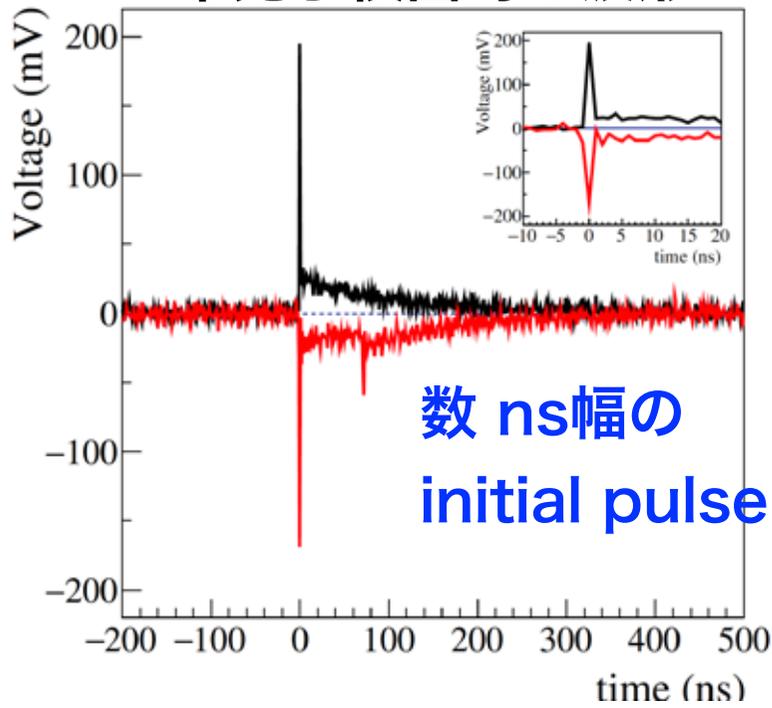
MPPPCをカスタマイズ、セルごとに信号読み出し

★  $0.1 \times 0.1 \text{ mm}^2/\text{pixel}$  熱雑音・夜光雑音を1/100に

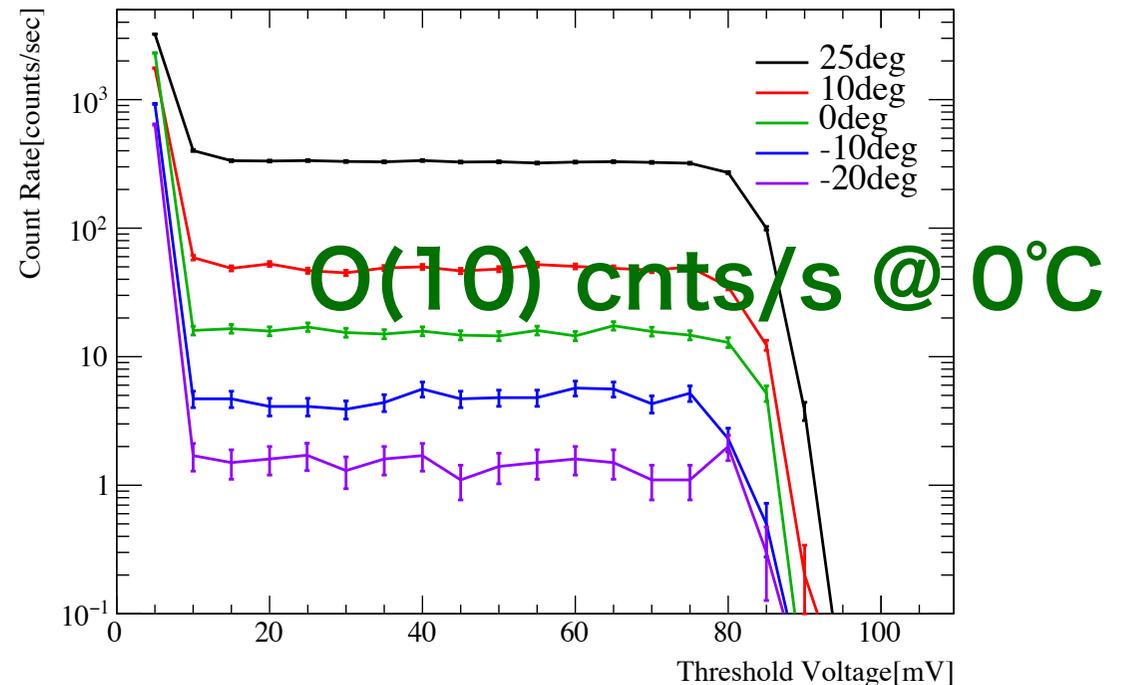
★ 4x4画素 荒い「撮像」が可能に。

★ シリコン半導体=可視に感度 赤外への改造も

### 単光子検出時の波形



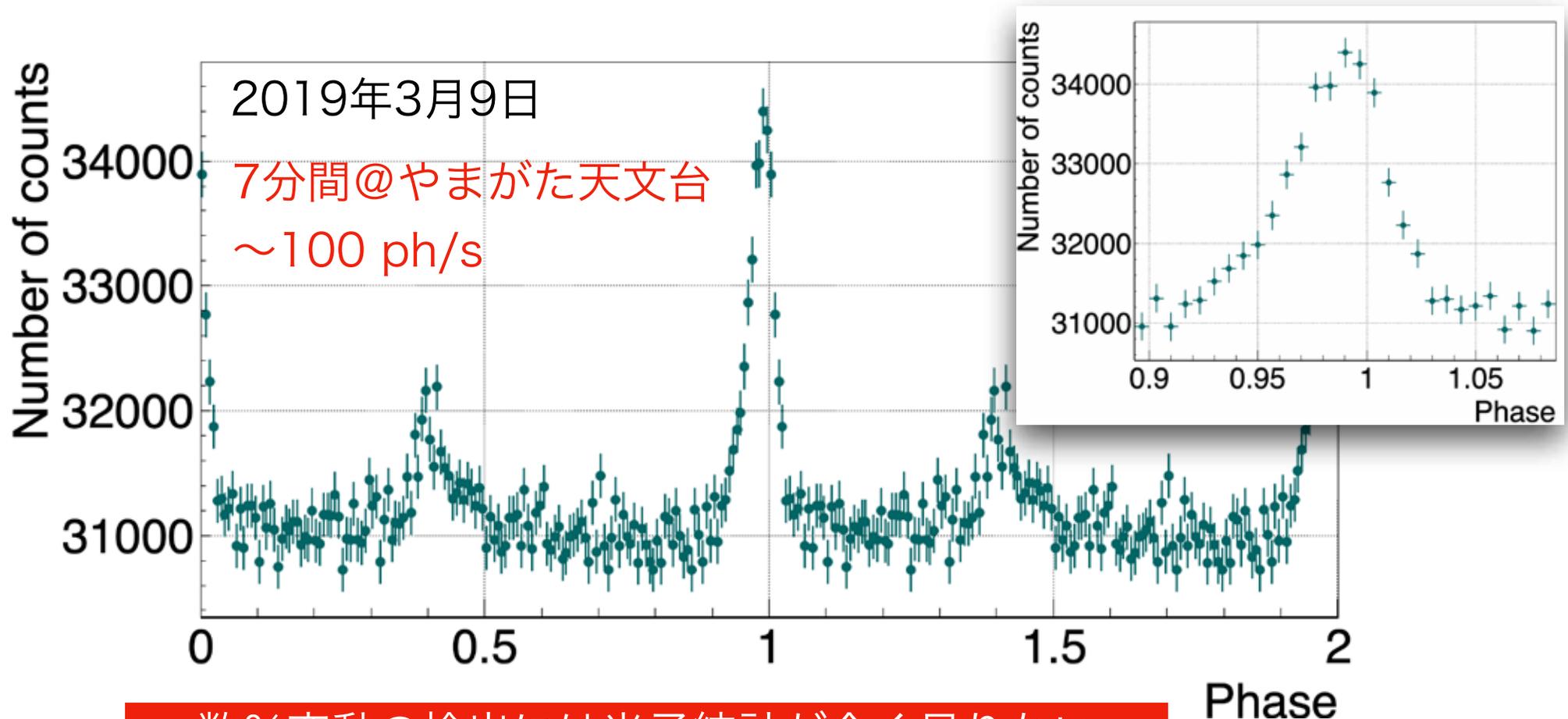
### ダークカウント



# パルス波形@山形

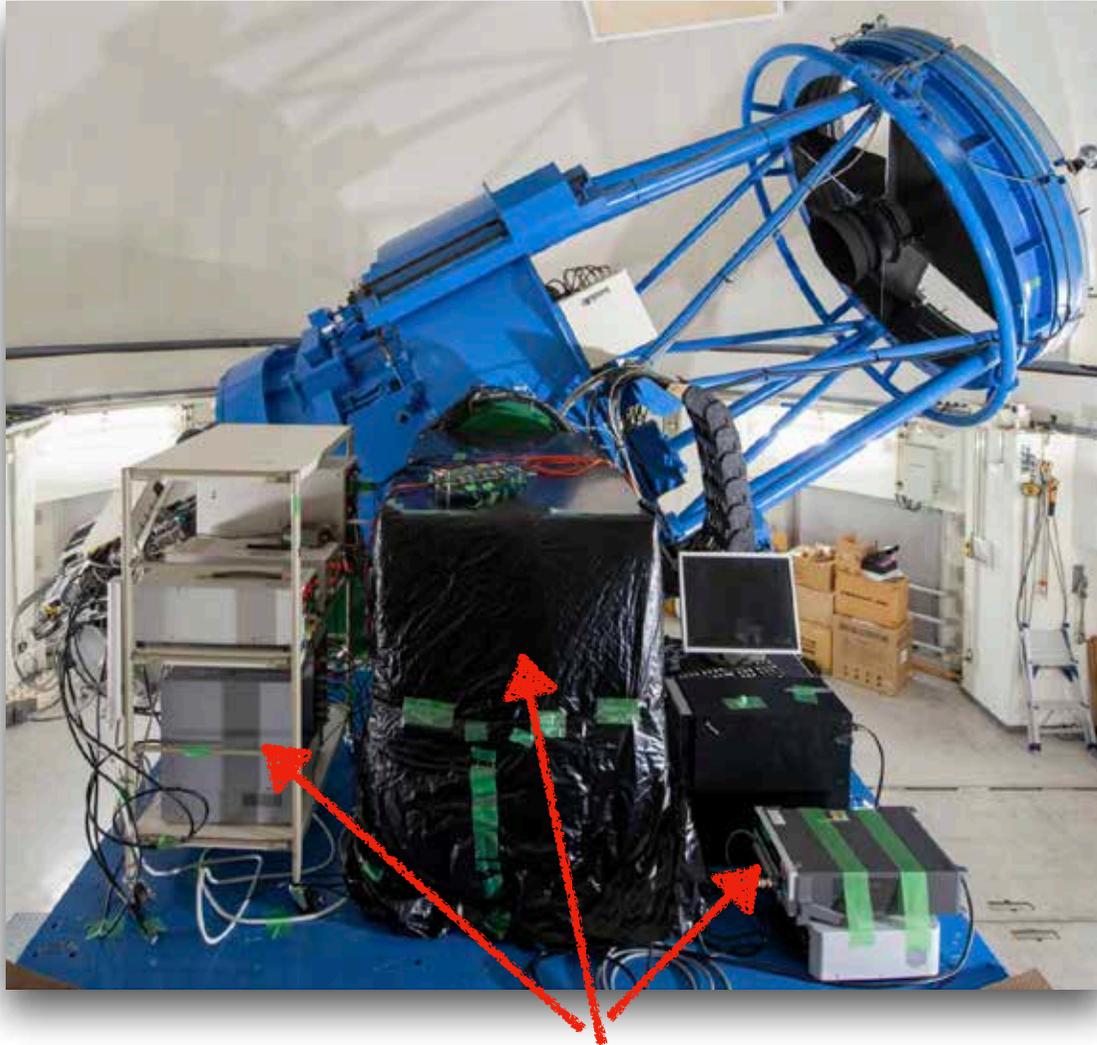
TN+ submitted

- 35 cm反射望遠鏡
- 電波 (Jodrell Bank; 1.4 GHz) のメインパルスをphase=0に合わせた
- 可視ピークが~0.99位相、という先行研究と一致



数%変動の検出には光子統計が全く足りない  
長時間観測には追尾精度に難あり

# かなた望遠鏡での観測



我々の観測システム

第二ナミス焦点に設置



XYZ自動ステージで撮像と合焦

# タイムライン

12月14日 荷物着弾

12月16日 中森・荻原・大内到着、設置

12月17日 雨/作業無し

12月18日 導入できず、HONIR撮影

12月19日 敗走

飯舘電波



1月17日 **pointing analysis by 秋田谷さん**

1月19日 中森・荻原・大内到着、設置、Crab観測

1月20日 Crab観測、後半曇り

1月21日 Crab観測、快晴→薄雲

1月22日 室内灯のLC測定

天候回復が期待できないため撤収

Tomo-e

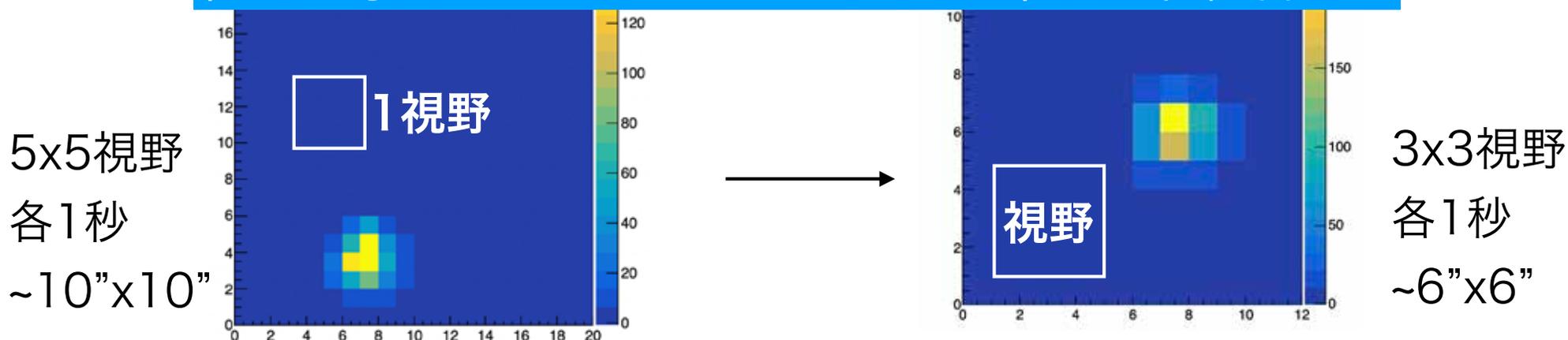


# 導入と合焦

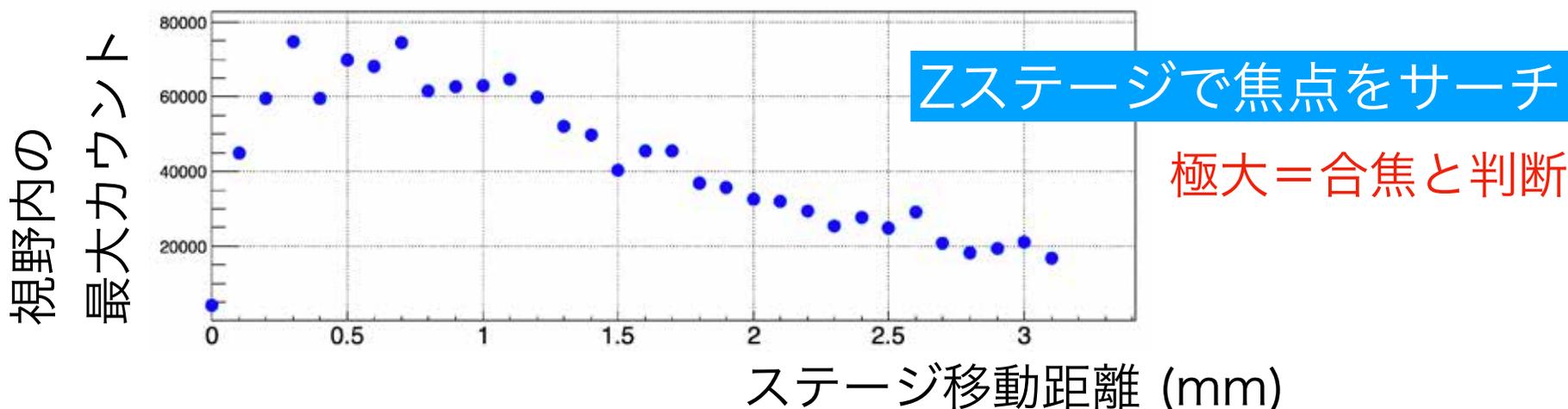
恒星へ向け、ステージで走査して探す。

Crabまで3つ程度の恒星を伝って導入した。

恒星に導入→XYステージでモザイク→恒星の位置合わせ



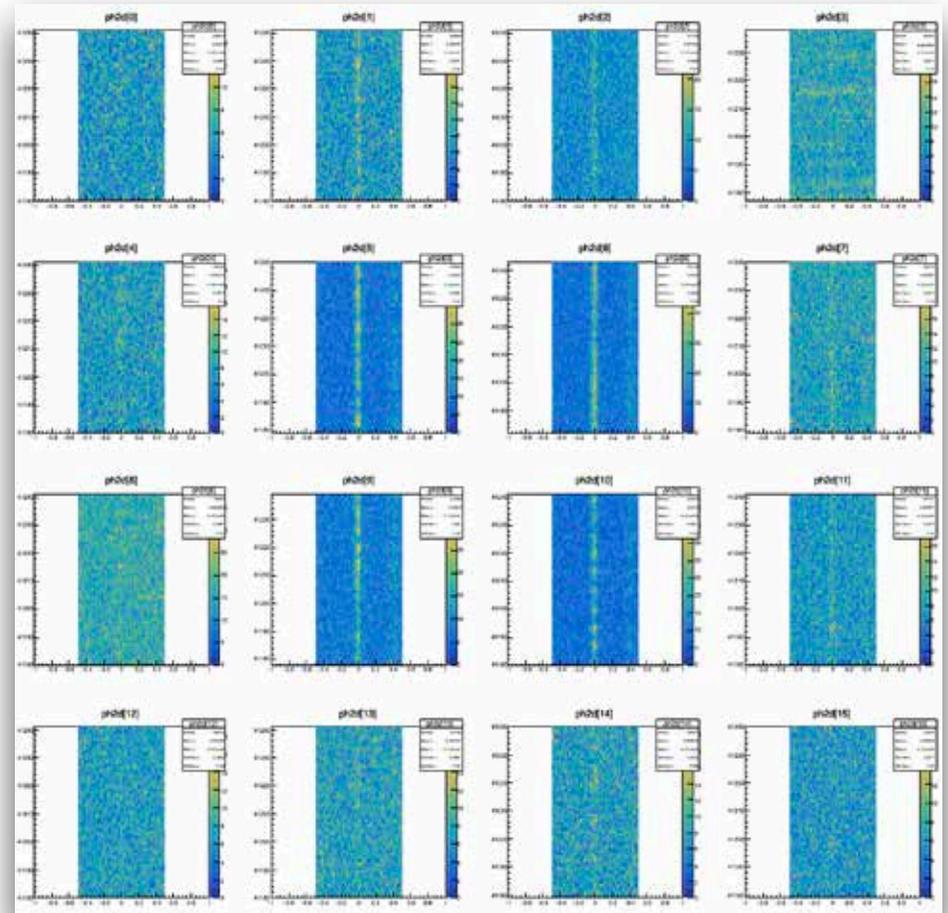
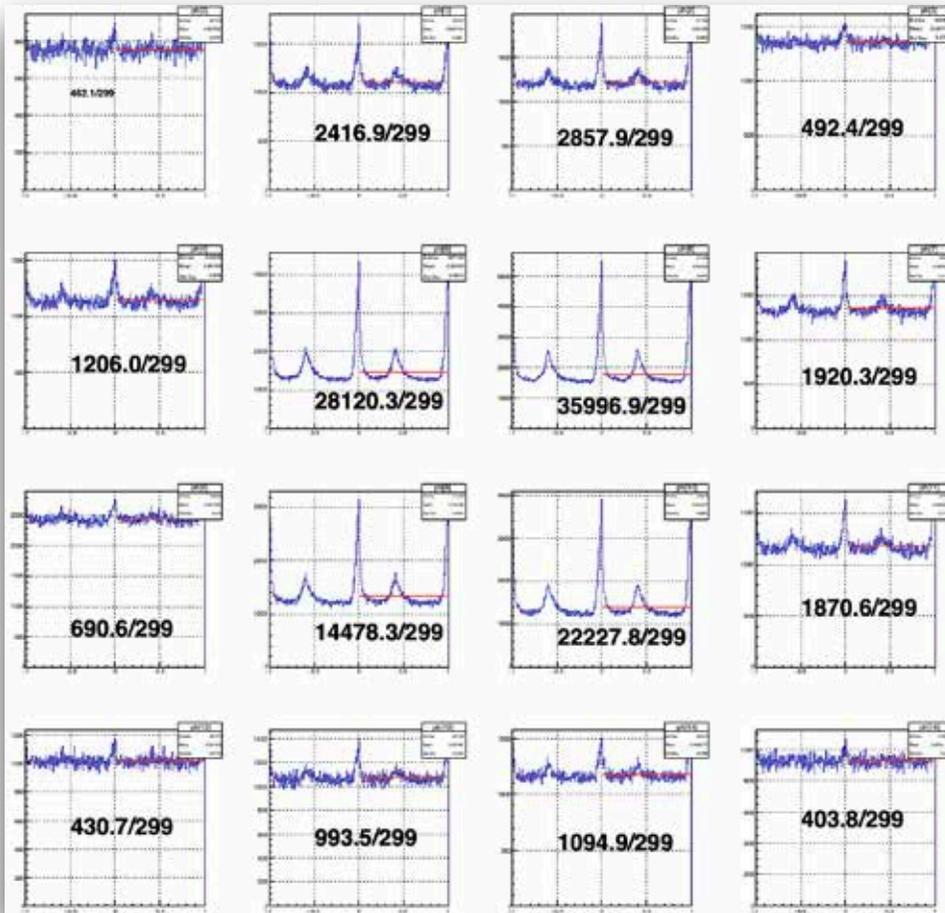
PA後はほぼ一発で視野に入る様になった。



# パルスの検出

1視野・チャンネルごとのライトカーブ

位相と時間経過



PSFに対して十分な面積がない。恒星撮像時とconsistent。  
変動の検定には、結像重心位置による系統誤差が効きそうだ。

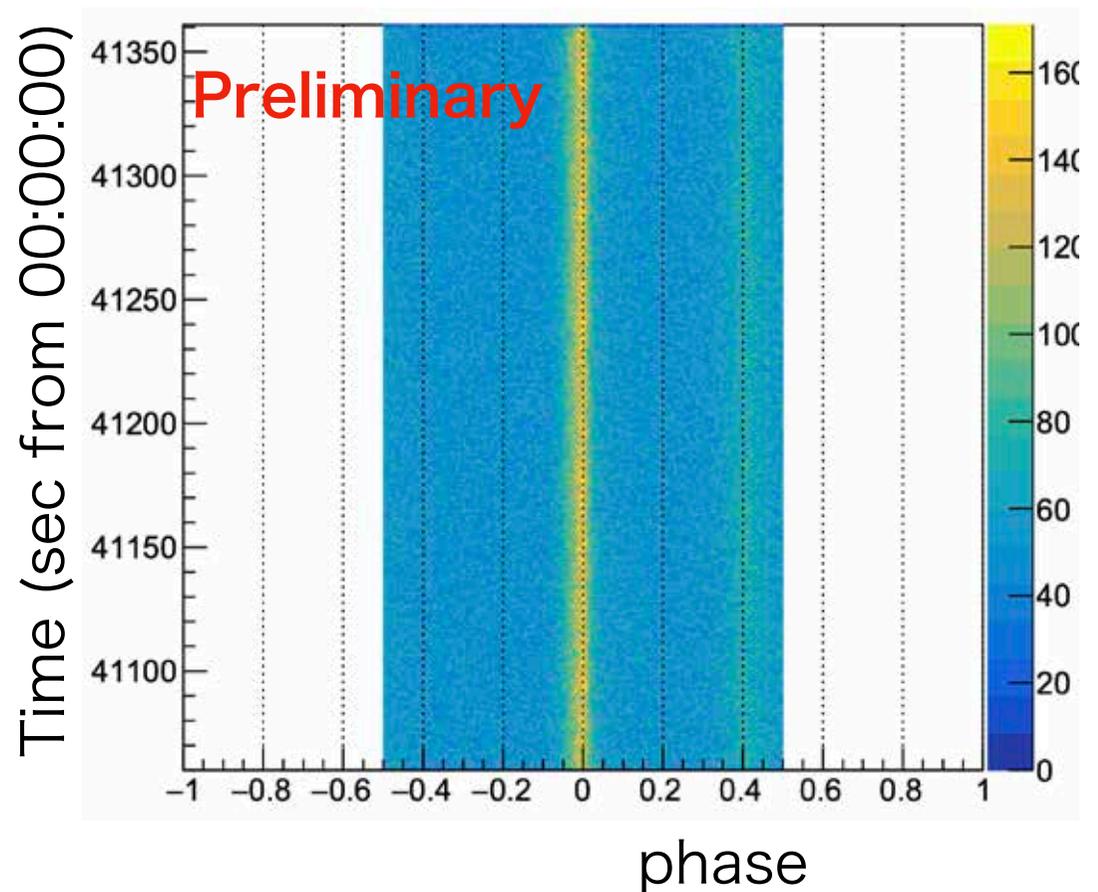
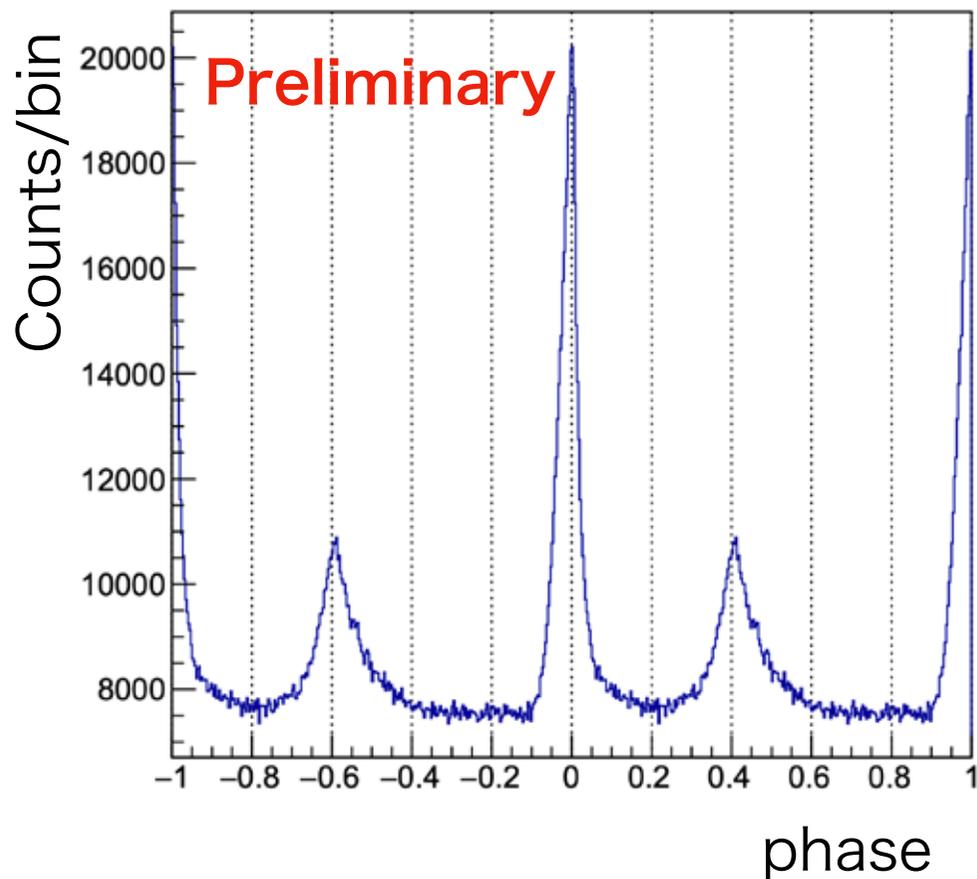
# パルスの検出

2020年1月21日、5分間の観測データ例。

システムは安定に動作、Crab pulsarの検出に成功した。

7時間程度の観測データを解析中。

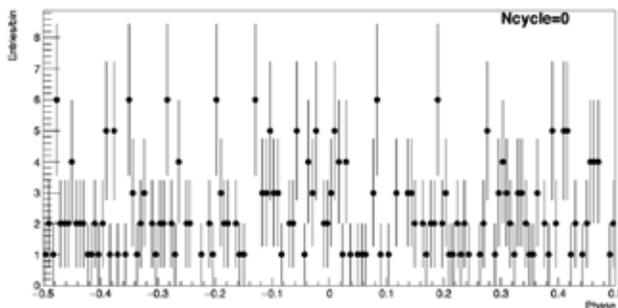
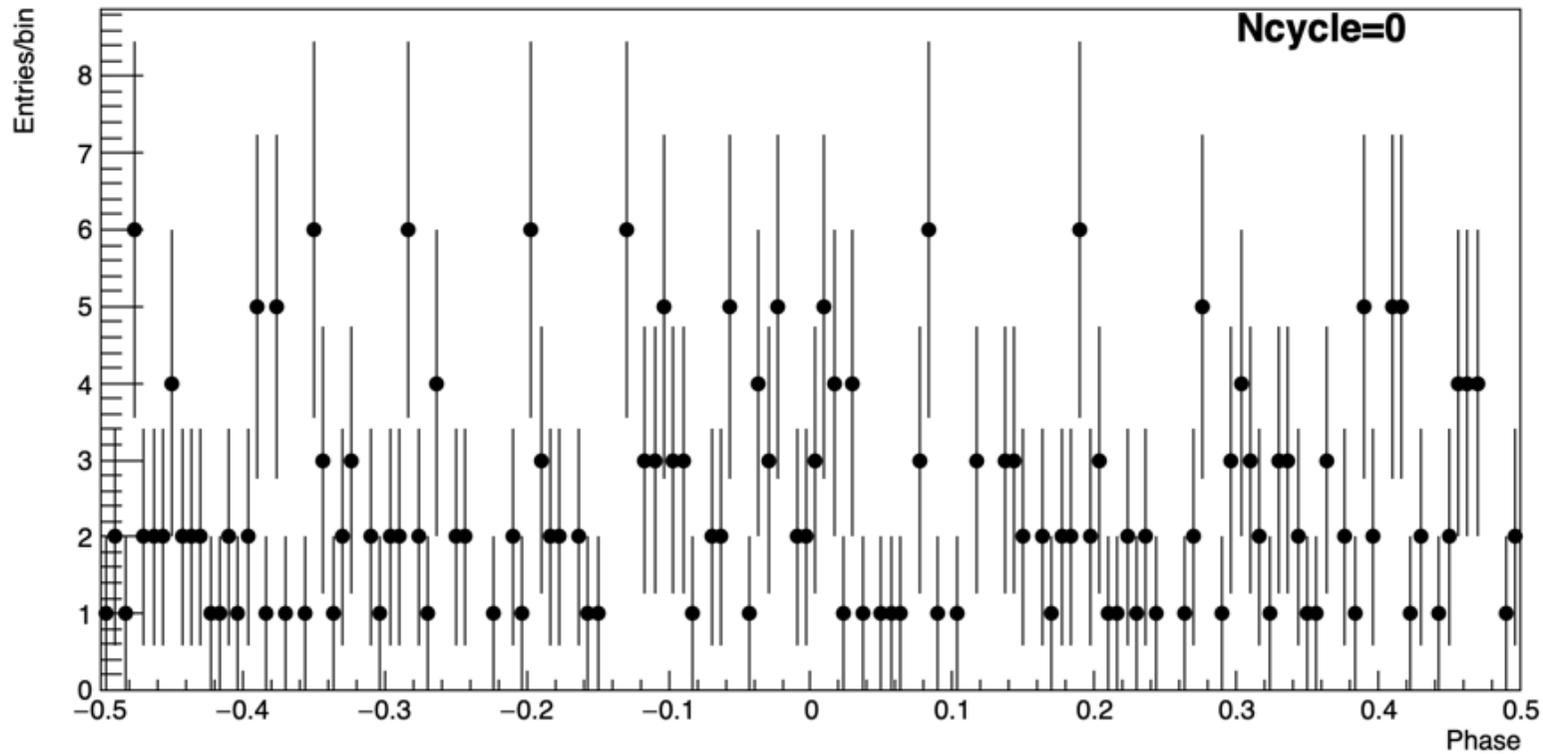
課題：絶対時刻系のトラブル+追尾に伴う結像位置移動



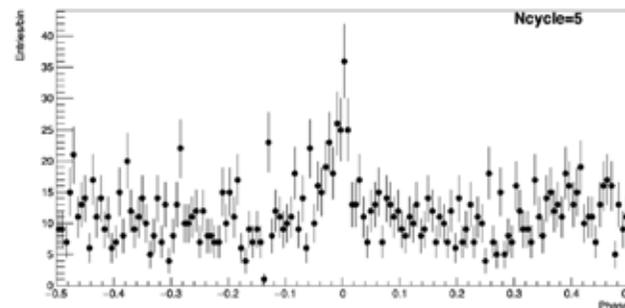
# 1周期毎の積算light curve

注：ダーク・フラット補正未処理

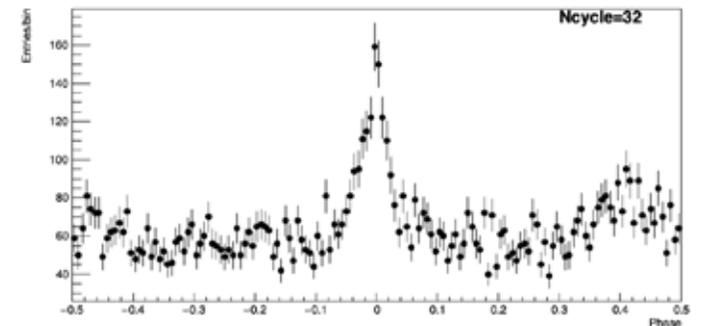
33 cycle ~ 1秒



1周期/33 ms



5周期/165 ms



33周期/1秒

# まとめと今後 1/2

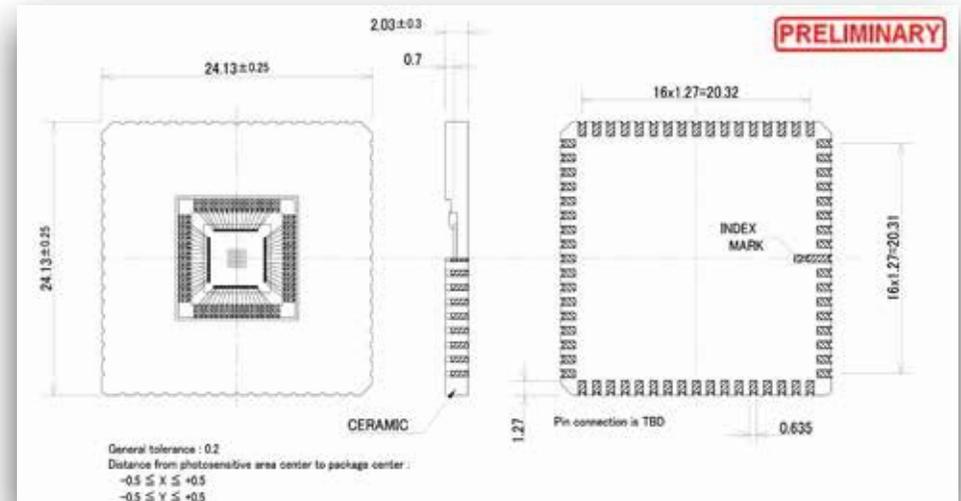
- カスタムMPPCによる可視光子計数システムを開発した。
  - 時間分解能が飛躍的に向上する。
  - 1光子が見えるので高感度化。
- やまがた天文台でCrabの周期信号を検出した。
  
- かなた望遠鏡に搭載、飯舘電波望遠鏡とCrabの同時観測した。
  - 通常の可視パルスをかなた望遠鏡でも検出した。
  - データ解析中、Giant Radio Pulseとの相関を調べる。
  - 電波のデータ解析は完了、GRPリスト生成済み（寺澤）。

# まとめと今後 2/2

- システムが大荷物 → **小型化・FPGA化** (2019-2020 山田財団)  
センサが小さい → もう少し**大面積化** (2020-2022 基盤B)  
小型を活かす → **可搬化**、小惑星掩蔽観測？



**50 kg → 0.5 kg + 電源**



**8x8ピクセル素子の開発 (浜ホト)**

深刻なマンパワー不足 (来年度の学生0人?)  
共同研究募集中。開発でも観測でも。