

可視天体の高感度・高時間分解 観測装置の開発

山形大：佐藤凜 中森健之 大内優雅 佐藤杏樹 小野瑛士

KEK：庄子正剛 上野一樹

Daiphys Tech./立教大：武井大

広島大：川端弘治 中岡竜也

2021.12.13 可視赤外観測装置ワークショップ

目次

- ・ 研究対象とアプローチ
- ・ 観測装置について
- ・ 実際に運用した結果
- ・ まとめ

研究対象

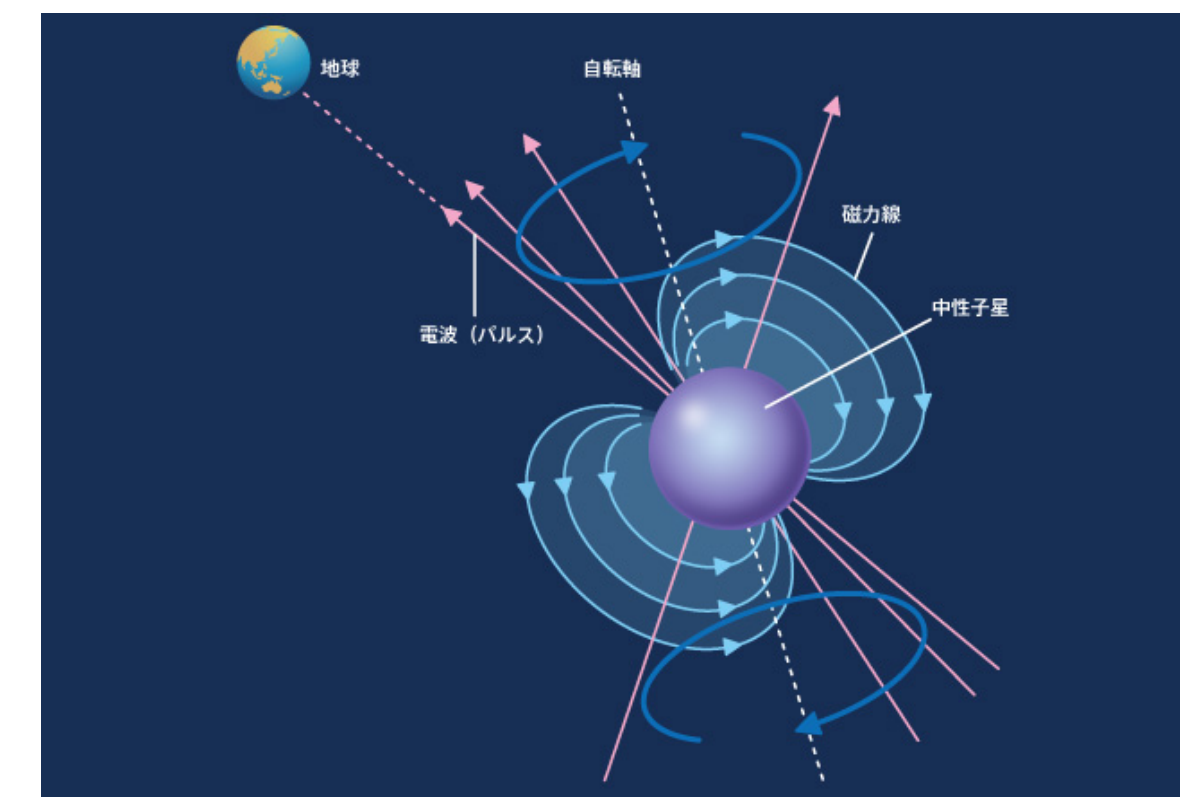
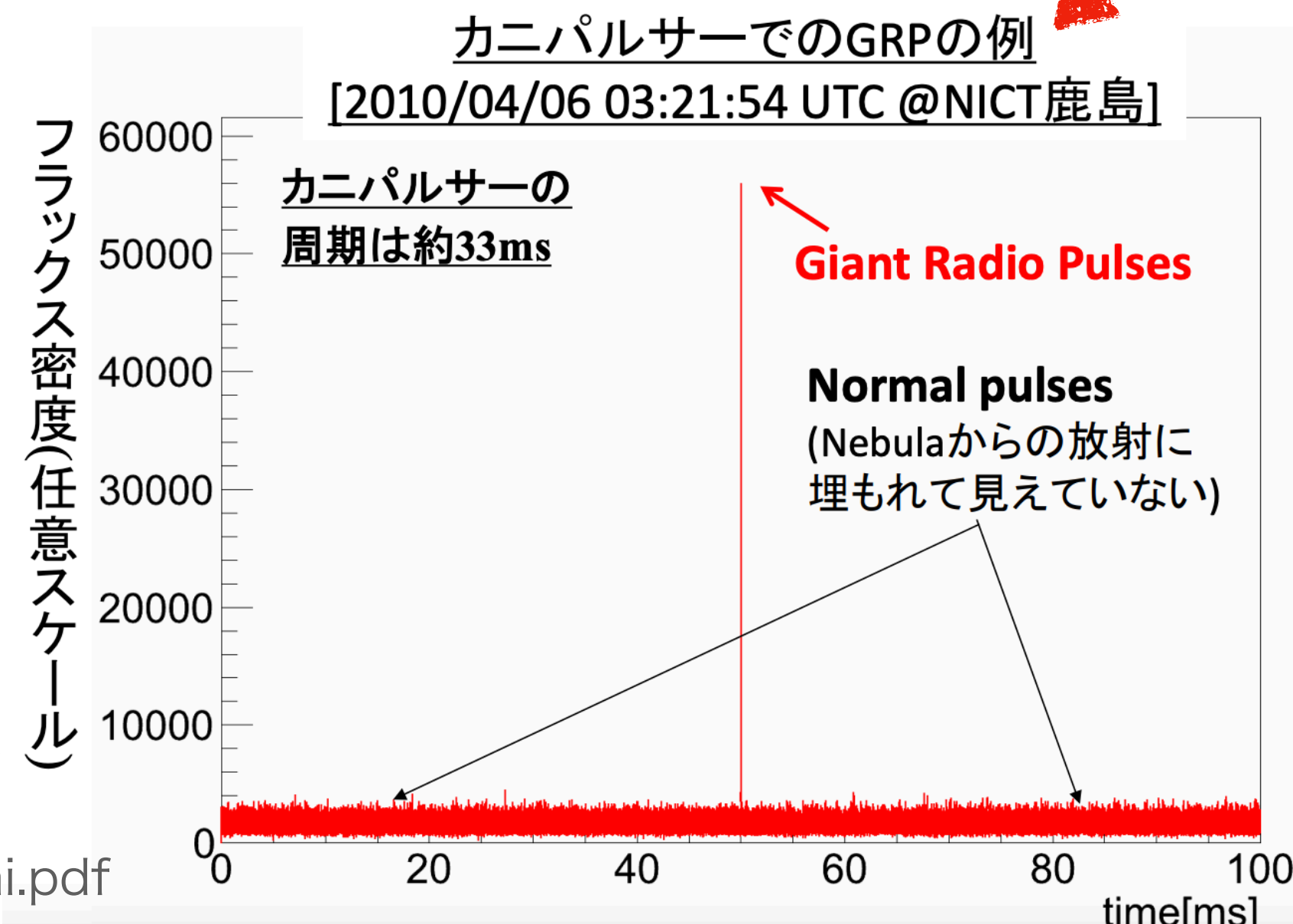
Crabパルサーで発生するGRP (Giant Radio Pulse)

Crabパルサー：33ミリ秒周期で自転する中性子星
自転周期に同期した電磁波パルスが
多波長にわたって同位相で観測される

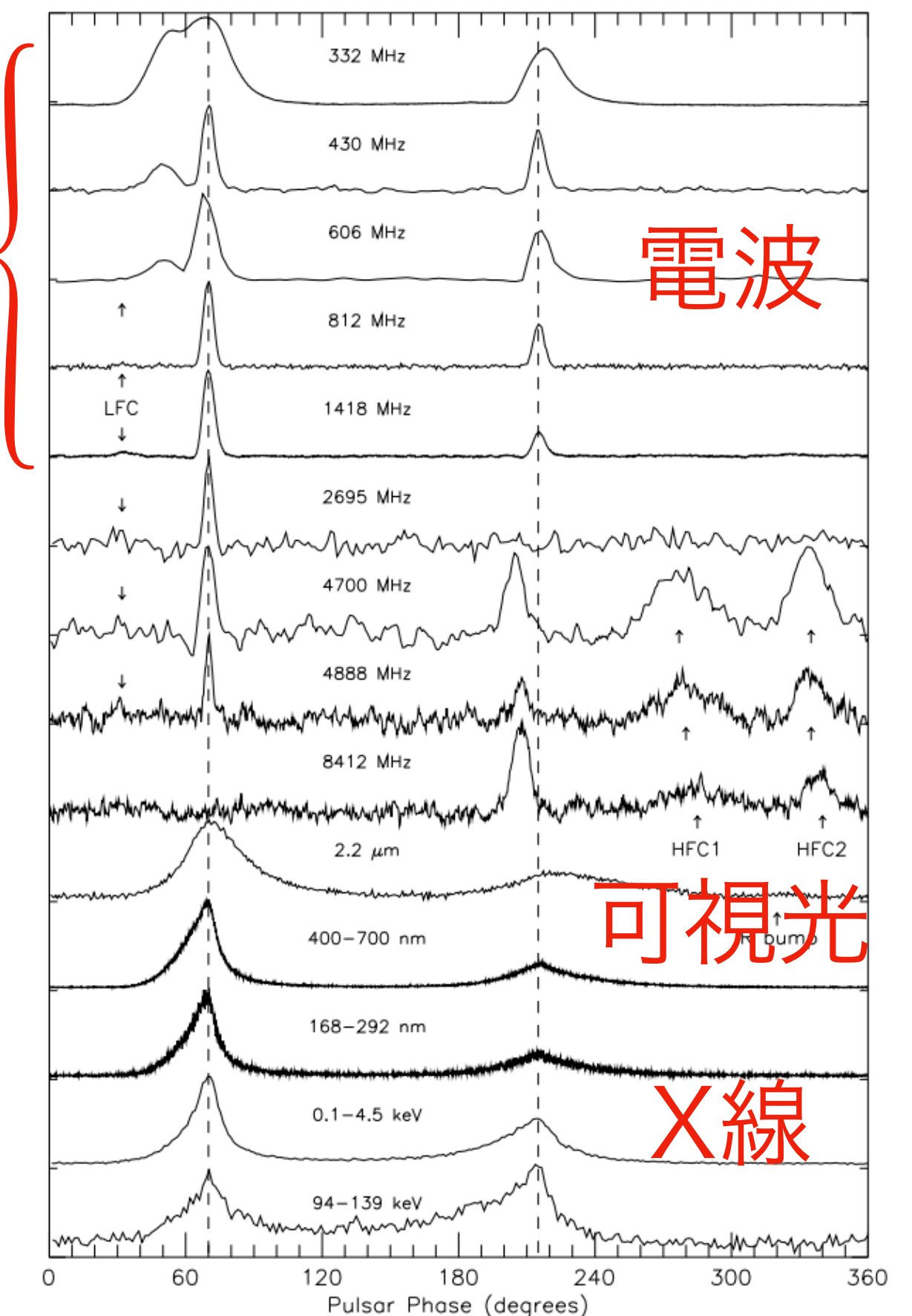
GRP：電波帯域で突発的に放射が増大する現象

放射機構は未解明

アプローチ…多波長同時観測
GRPが起きた時他の波長は
どうなってる？
→中でも可視光に注目



<https://www.kids.isas.jaxa.jp/zukan/>



Moffett and Hankins, (1996)一部修正

観測装置の開発について

自分の担当

少なくとも
10 usの時間分解能が必要

時間分解能を上げる
=1ビンの光子数は減る
→高感度のセンサが必要

センサに天体を導入する
ステージ駆動システム

→ 後ろのスライドで
詳しく

センサにカスタムmppcを用いた観測装置を開発

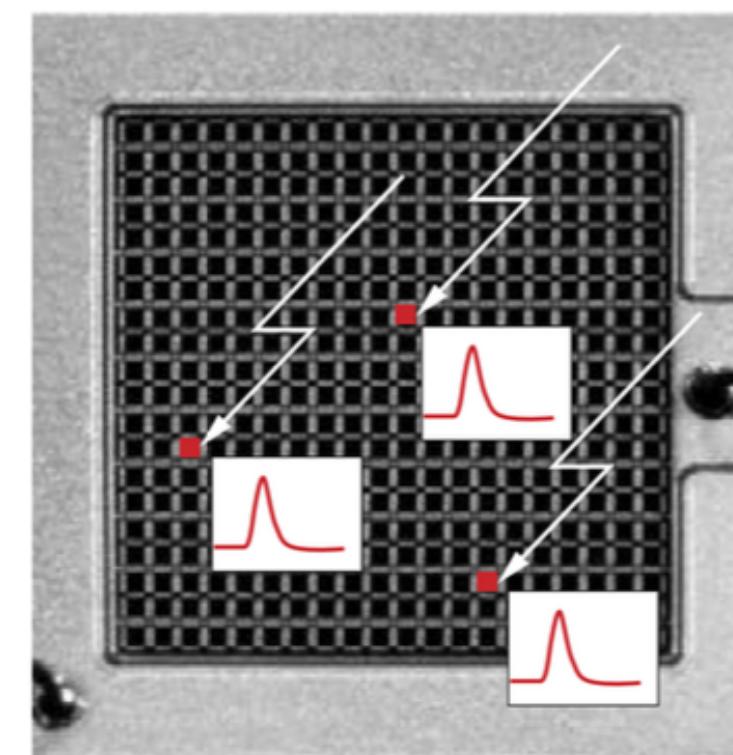
mppcとは

マルチピクセルの可視光検出素子
各ピクセルに入った光子を合算してカウント

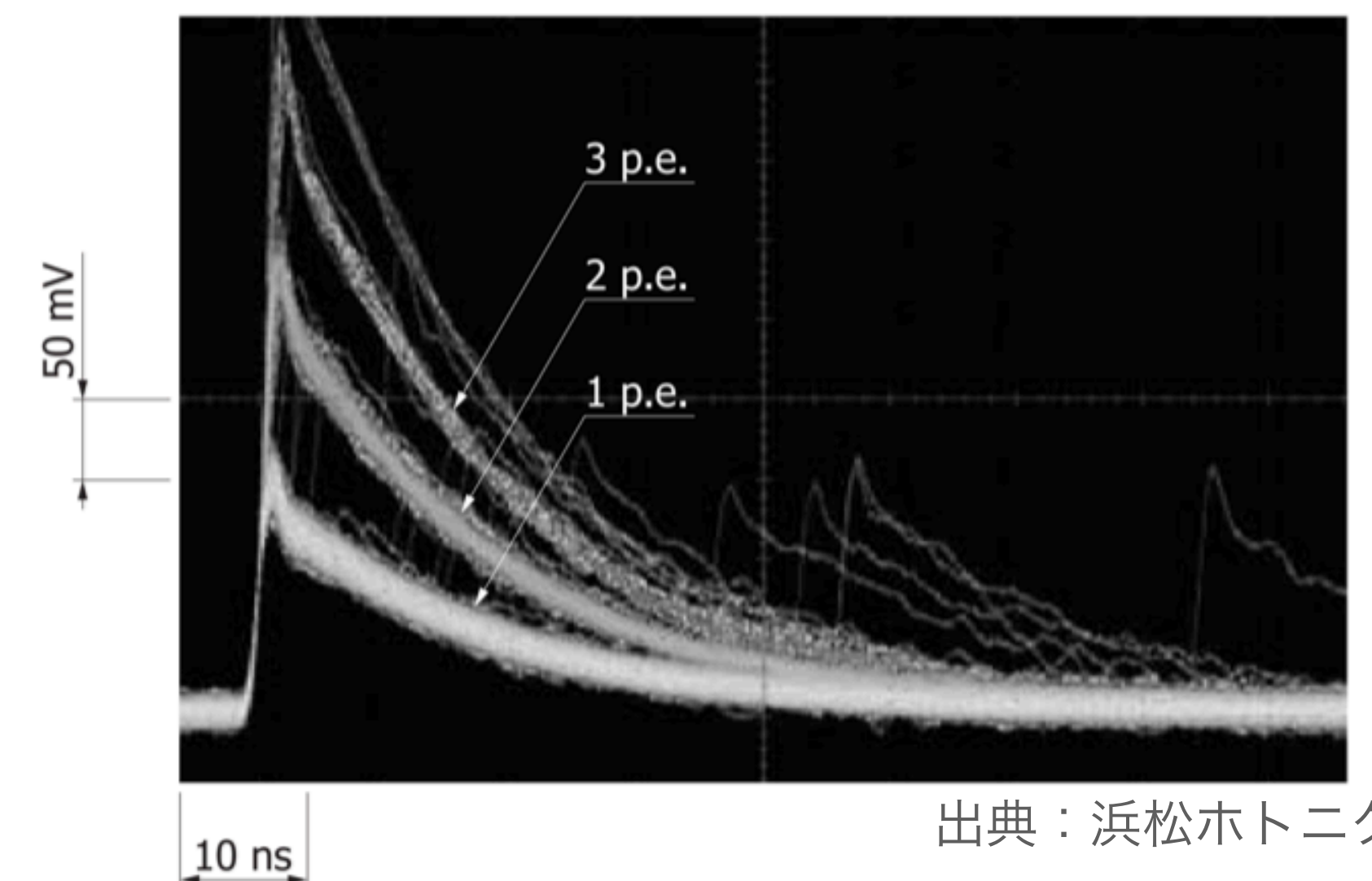
特徴：ナノ秒のパルス幅

1光子を検出できる感度

mppcの光子計数の模式図



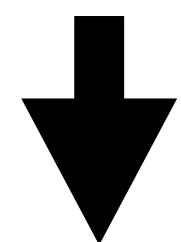
mppcの出力信号の例



出典：浜松ホトニクス

センサとデータ収集系

- ・ センサ：カスタムmppc
- ・ データ収集系：FPGA+gnssモジュール
mppcが検出した光子のデータに時刻情報を付与
- ・ 転送：Ethernet

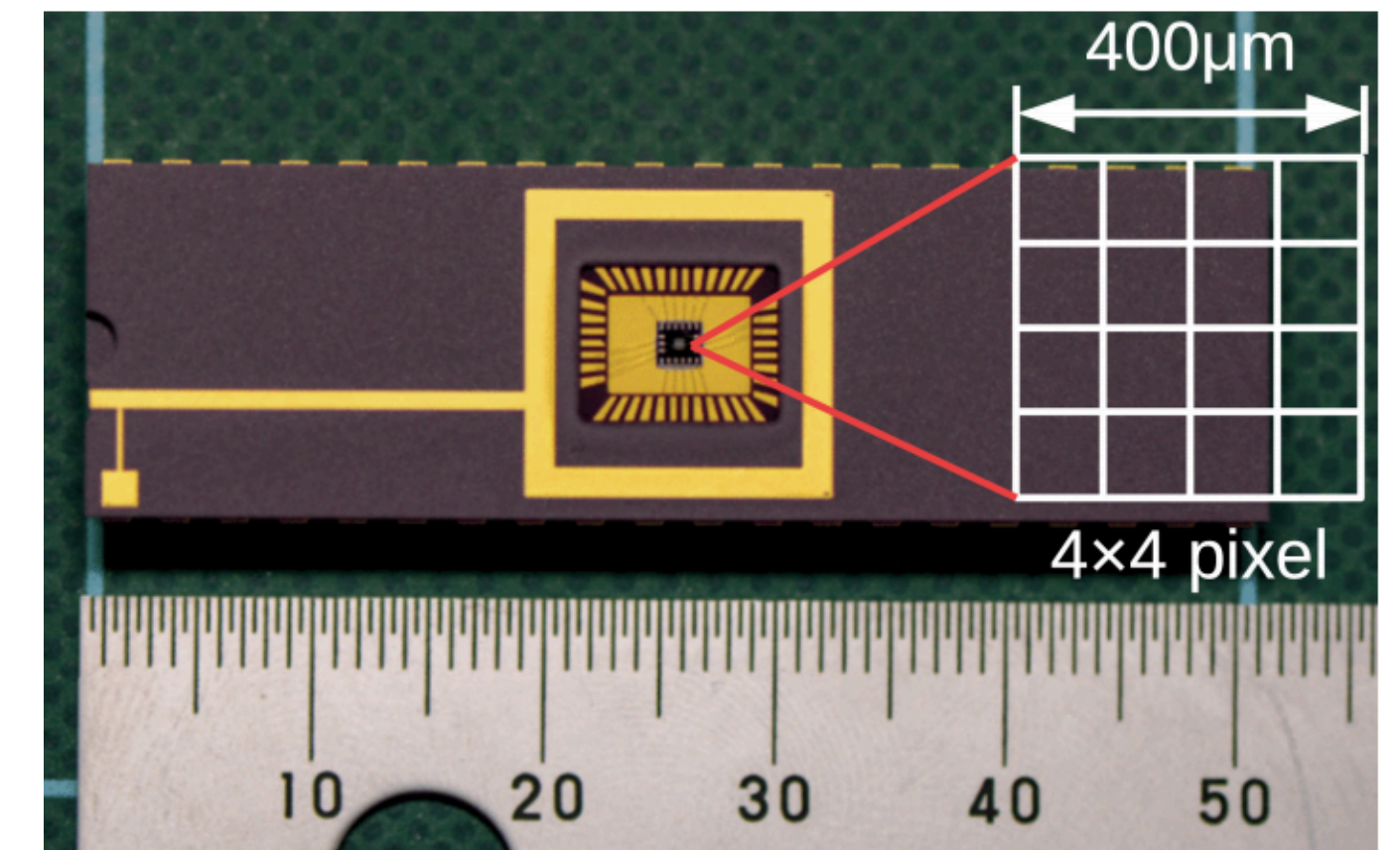


これらを組み合わせて

100 ns (< 10 us) の分解能で光子到来時刻の記録が可能

→ 100 ns/binのライトカーブが取得可能に

カスタムmppc



「カスタム」…1ピクセルごとに読み出しが可能
(普通のmppcは全ピクセルの合算)
→16画素のカメラとしても使用可能

自分の担当箇所

モザイク撮像システム

2軸(x,y)の電動ステージを搭載

カスタムmppc&FPGAとステージを組み合わせ
空のモザイク画像撮像システムを開発

→天体導入・焦点合わせが可能に

天体導入の手順

望遠鏡を天体に向ける



望遠鏡視野内でステージを動かして撮像



撮像した画像を合成



明るさのプロットから天体の位置を特定



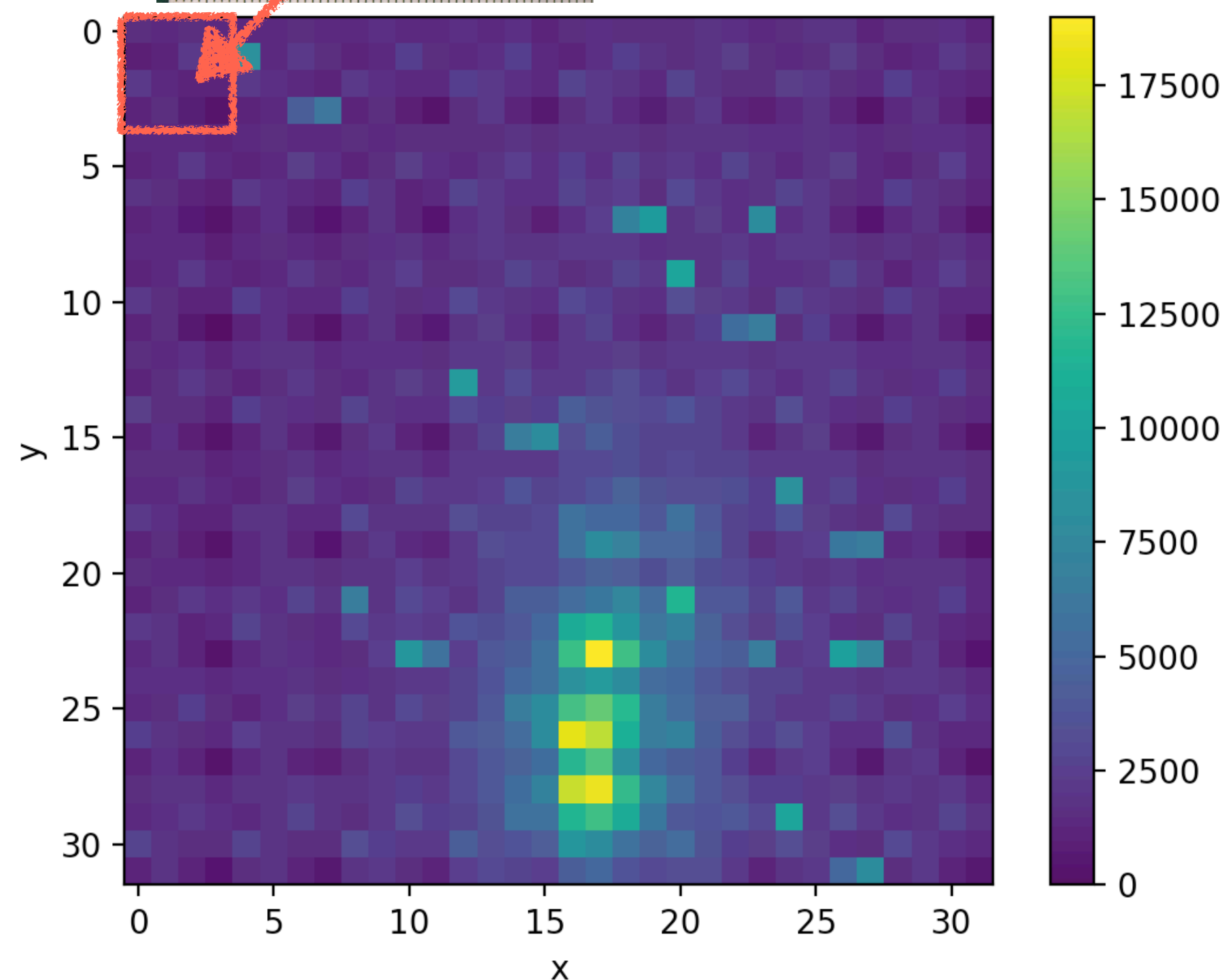
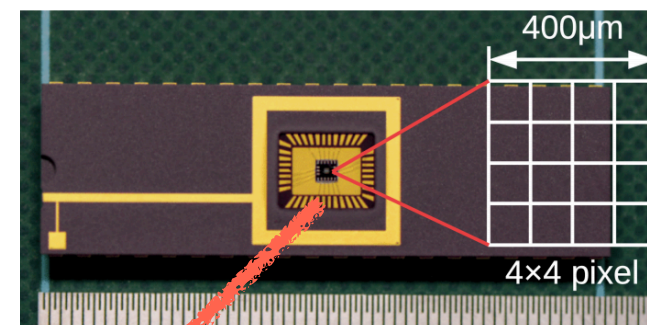
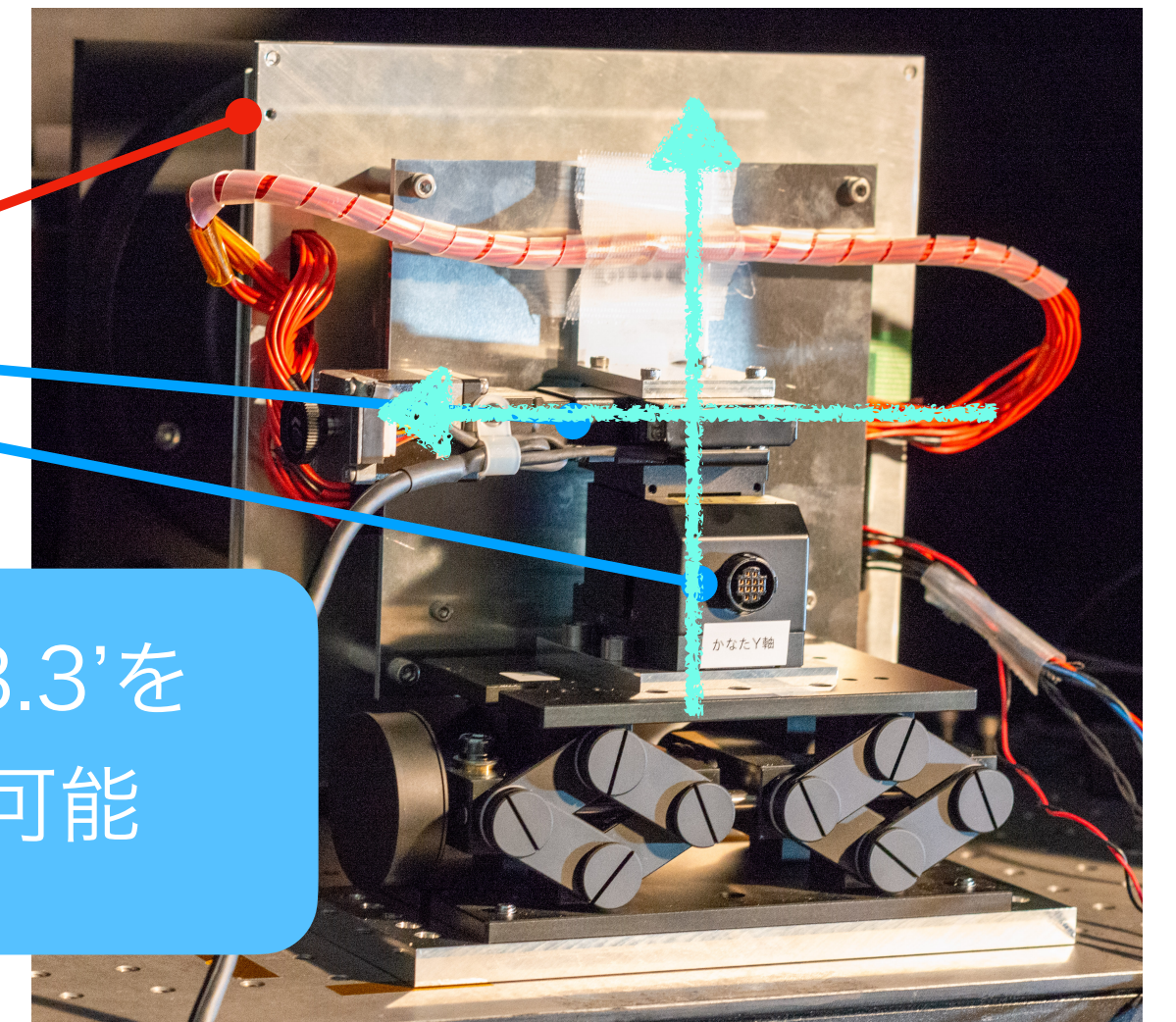
ステージで天体の場所まで移動

mppc + FPGA

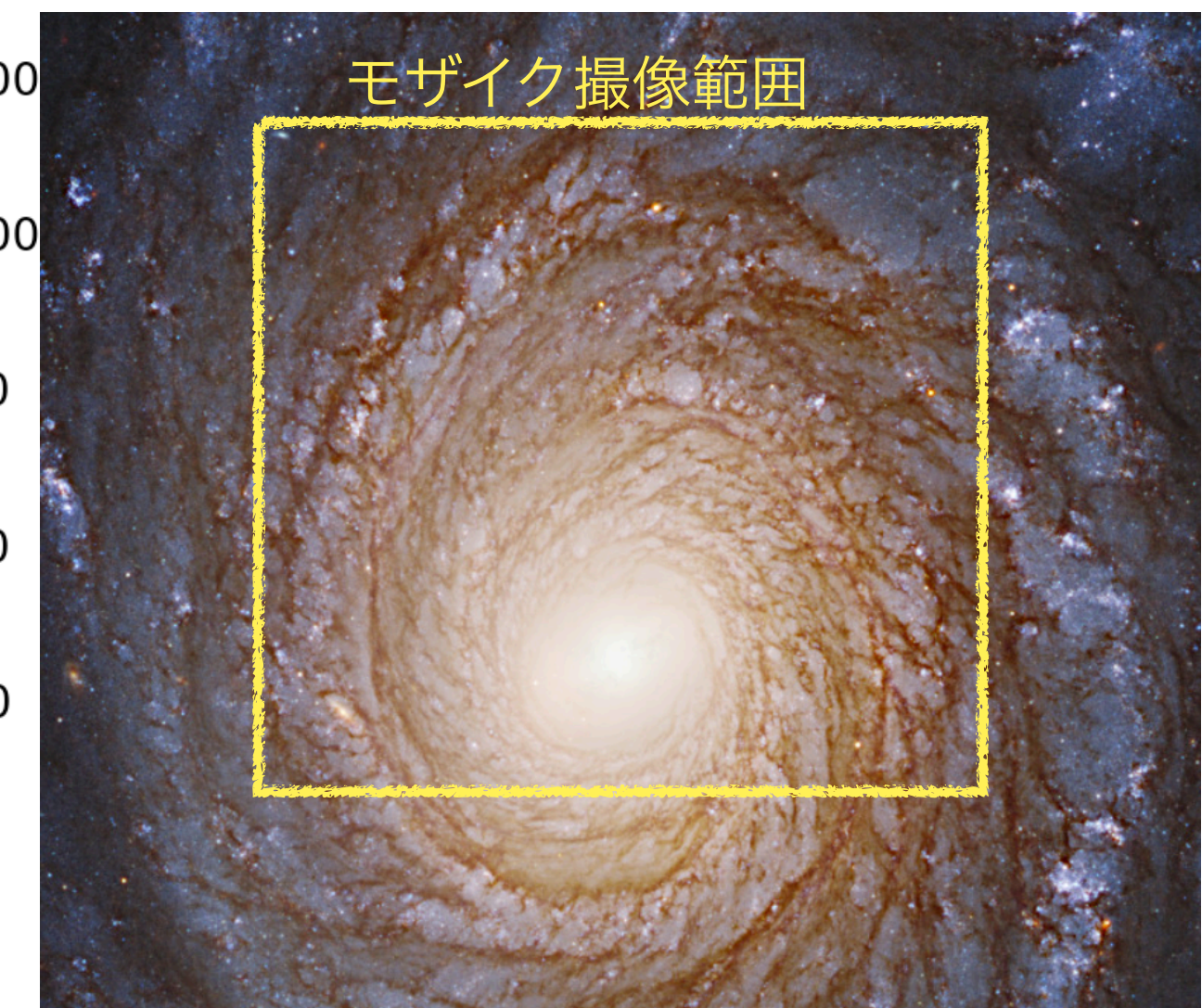
電動ステージ

3.3'×3.3'を
駆動可能

装置全景



例：ngc3147中心付近の
モザイク画像
(8×8センサ視野)



モザイク撮像システムの運用と結果

2021.12.3-12.9

@広島大 かなた望遠鏡

1秒露出で撮像したためCrabパルサー本体は暗く写る
近くの星を視野中心に来るまで調整→Crabに向ける という流れで導入

成果

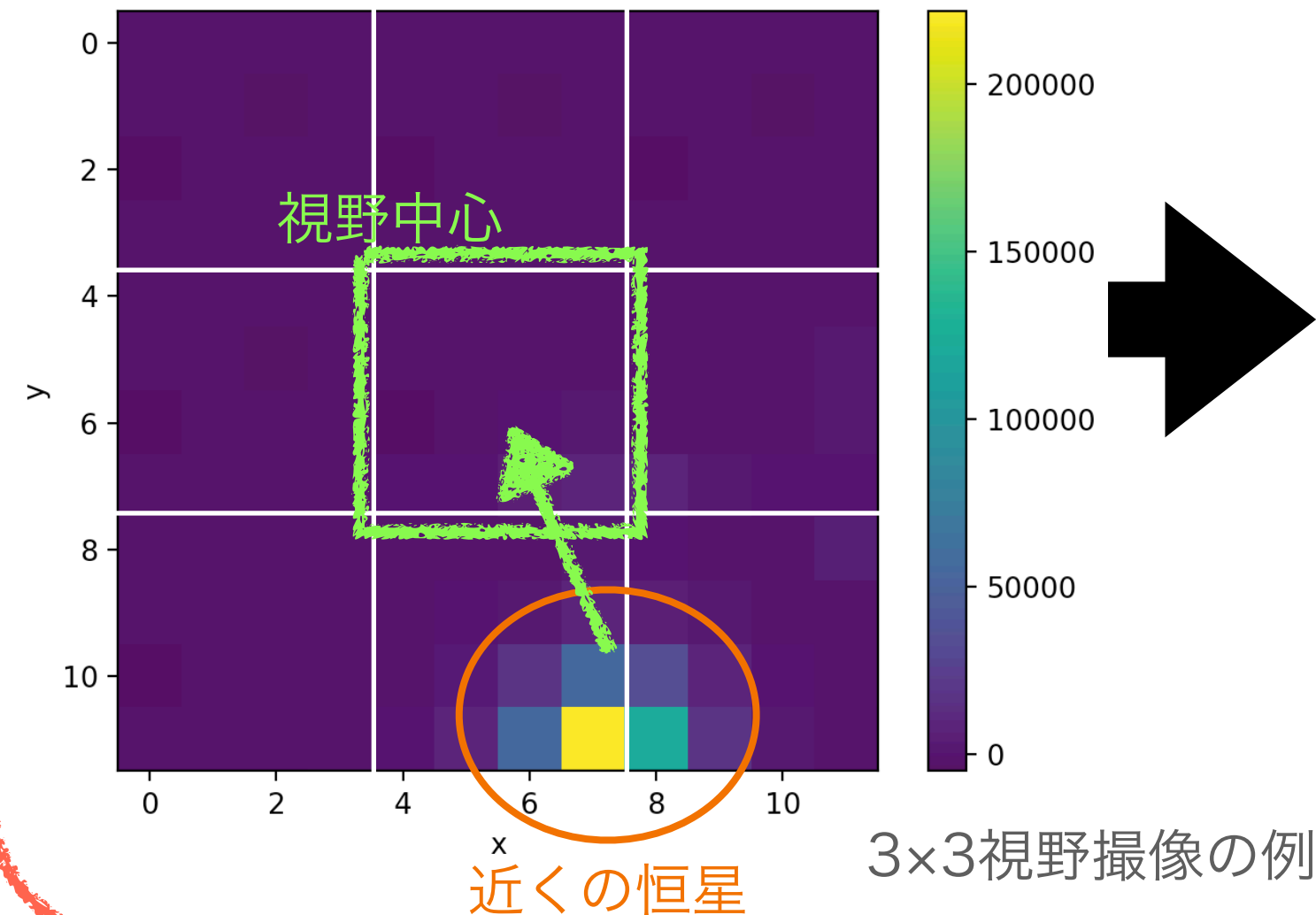
- ・ 望遠鏡の視野中心からのずれを微調整する
Pointing Analysisに使用
→中心から**10''程度**のずれまで調整することに成功
→観測の効率アップ

- ・ **焦点合わせ**に使用

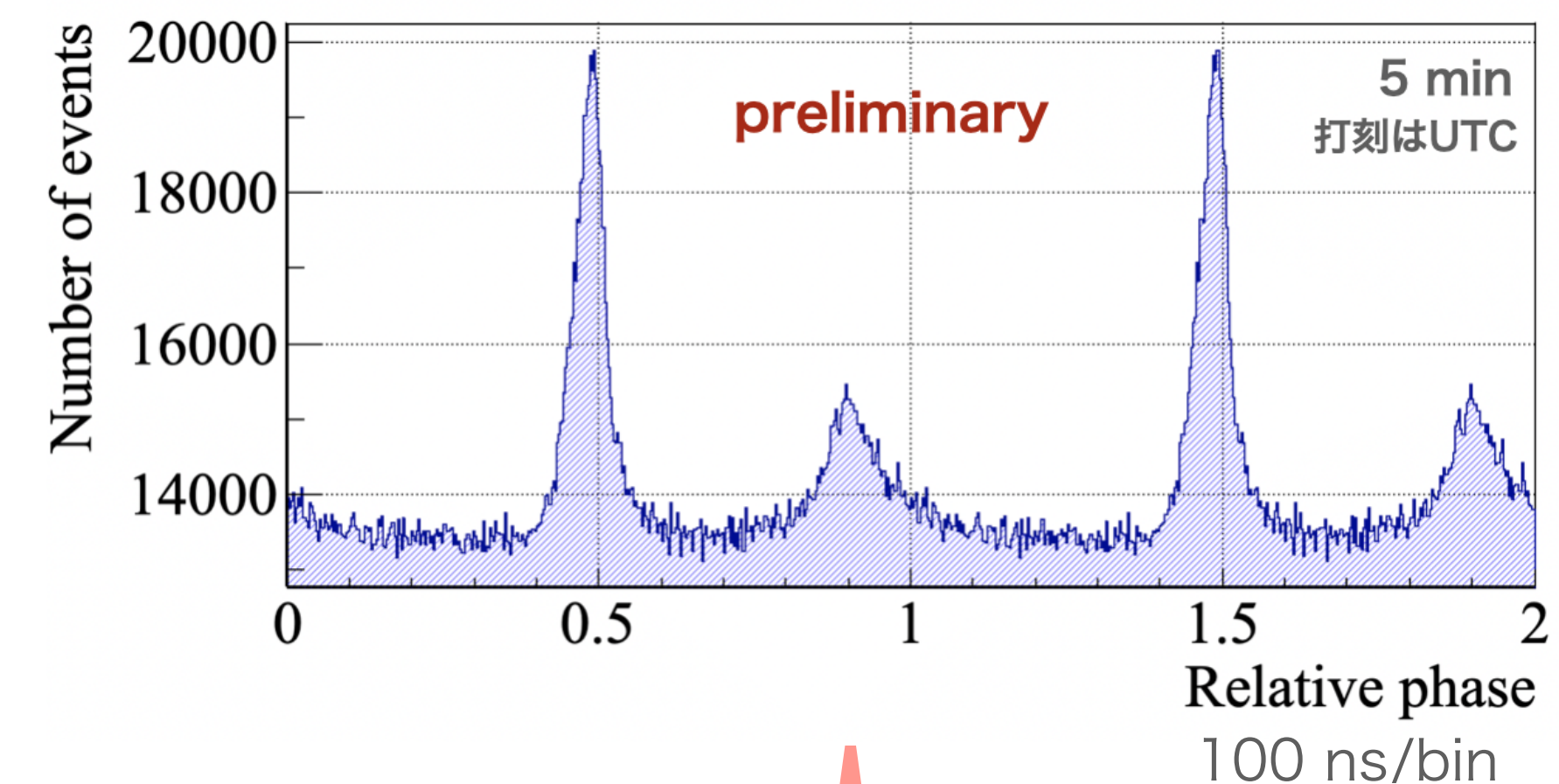
- ・ Crabパルサーの周期パルスを検出=**導入**に成功
その後も位置調整を行いながら5時間の**追尾**も成功

モザイク撮像システムが実際に運用可能なことが示された

撮像・位置調整



Crabに向けてデータをとる



周期が見えた
=導入成功！

まとめ

観測装置の条件	作成した装置
最低10 usの時間分解能	100 nsの分解能で光子到来時刻特定 (mppc + FPGA + Ethernet)
高感度センサ	mppcを用いることで1光子を検出
ステージ駆動システム	電動ステージ+撮像による モザイク撮像システム

かなた望遠鏡で実践運用

- ・ Pointing Analysis
- ・ 焦点合わせ
- ・ 天体導入
- ・ 天体追尾

に使用し、実用可能であることを示した

アプローチ：多波長同時観測

GRPと同期した別の波長パルス（可視、X線）にも増光が見られる

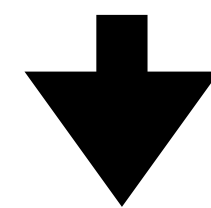
出典：Shearer+03
Strader+13
Enoto+21

Crabのパルスを多波長で同時に観測

GRP発生時、他の波長では
どうなっているかを詳細に観測する



GRPの放射機構解明の
手がかりになると期待



中でも可視光に注目
(観測例が少ないため)

