

高速撮像システムIMONYの 新基板を用いた観測と運用状況

Observations and Operation of the New Readout
Boards for High-Speed Imaging System IMONY

Yamagata U. M2
Mana Hasebe

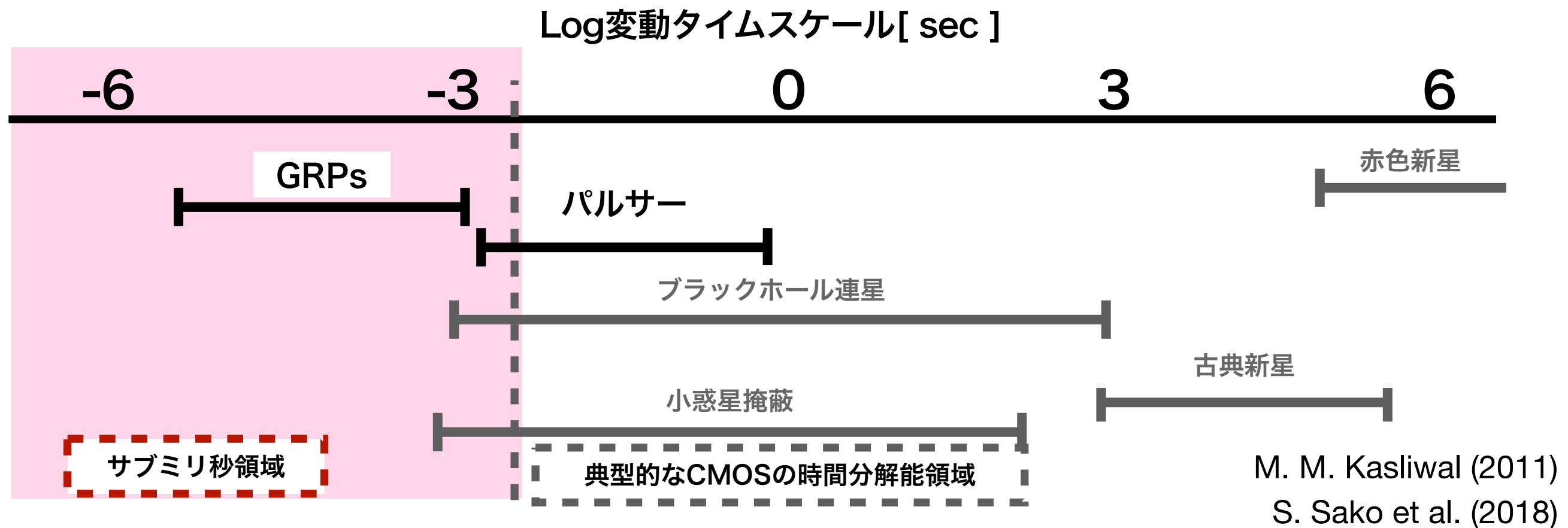
科学目標

2

非熱的な高速変動現象の解明には、多波長の同時観測が不可欠である

例: Giant Radio Pulses (GRPs), Fast Radio Burst

課題点: 可視光では他波長と比べて短いタイムスケールの観測例が少ない



光子計数式の高速撮像システムIMONYでサブミリ秒の
時間領域可視天文学に貢献

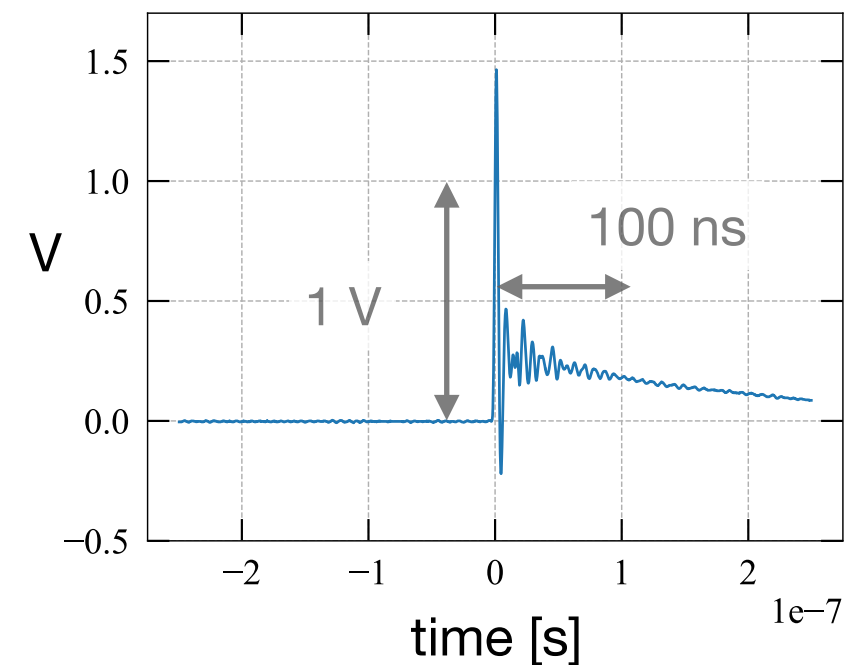
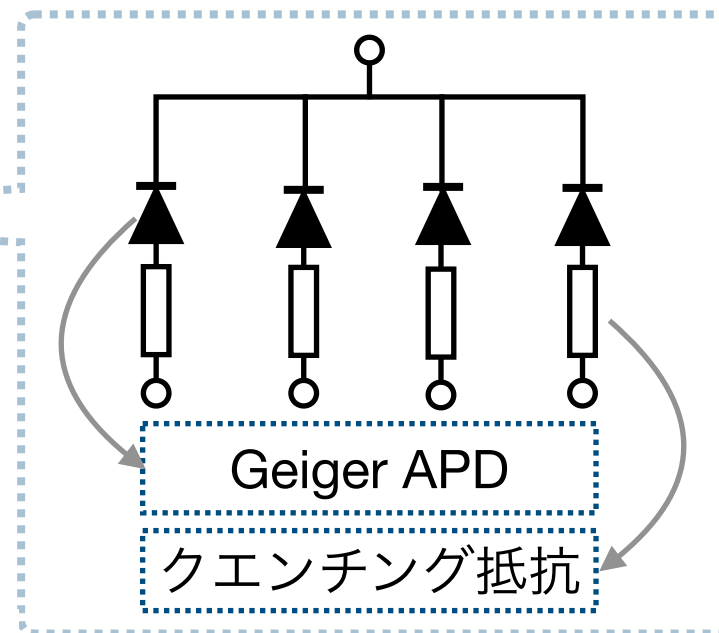
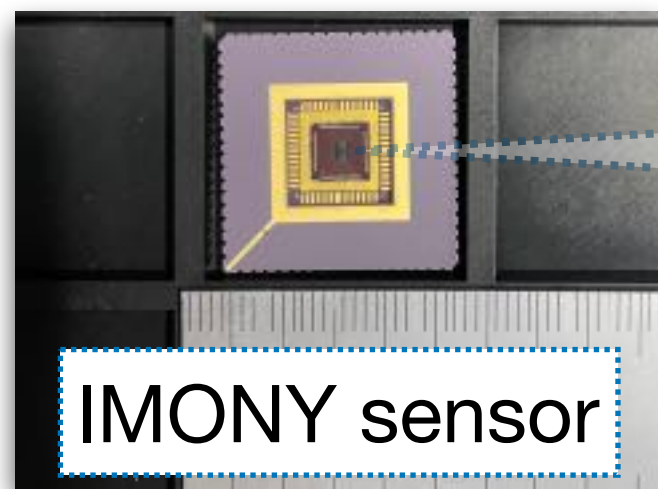
高速撮像システムIMONY



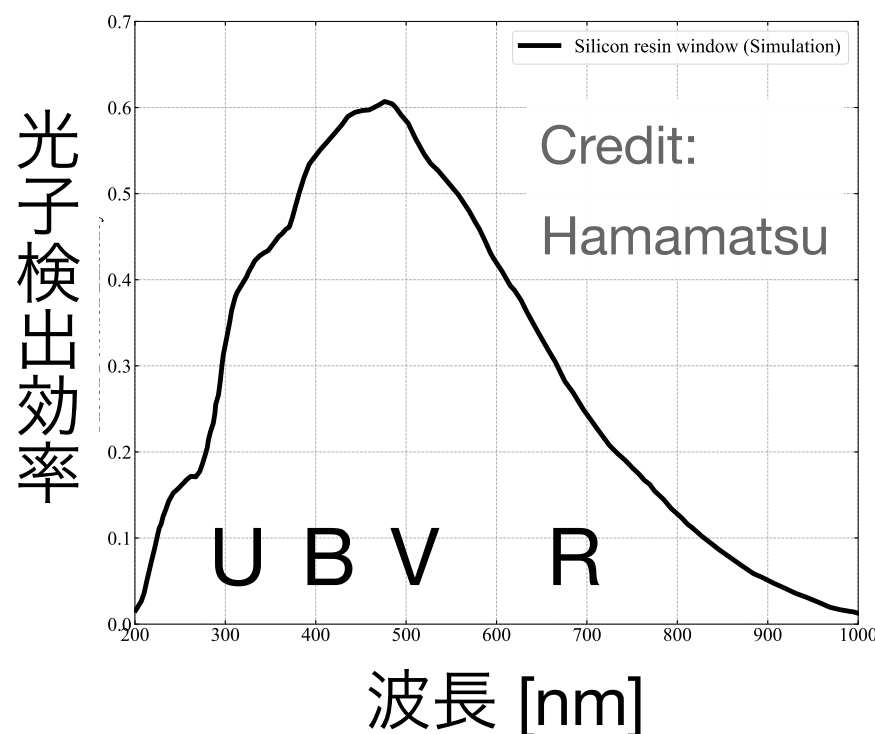
3

Imager of **MPPC**-based **O**ptical photo**N** counter from **Y**amagata

MPPC光センサをセルごとに読み出しができるようカスタマイズ

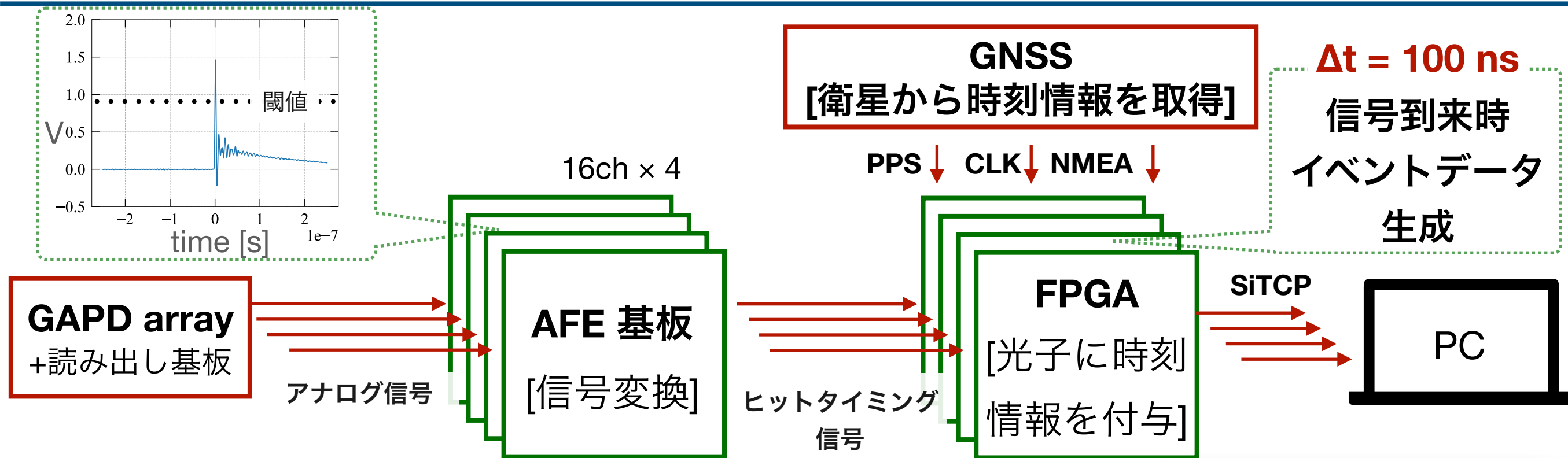


- 単光子検出、高いS/N
- 8×8 画素、最大セルサイズ $200 \mu\text{m}$
- 最大光子検出効率 $\sim 70\% @ 480 \text{ nm}$
- 冬期自然冷却で低ダーク $O(100 \text{ Hz})$



旧システムの概要と課題点

4



IMONYは小型装置フランチに設置して観測
観測のたびに着脱 (およそ半日要す)

課題点

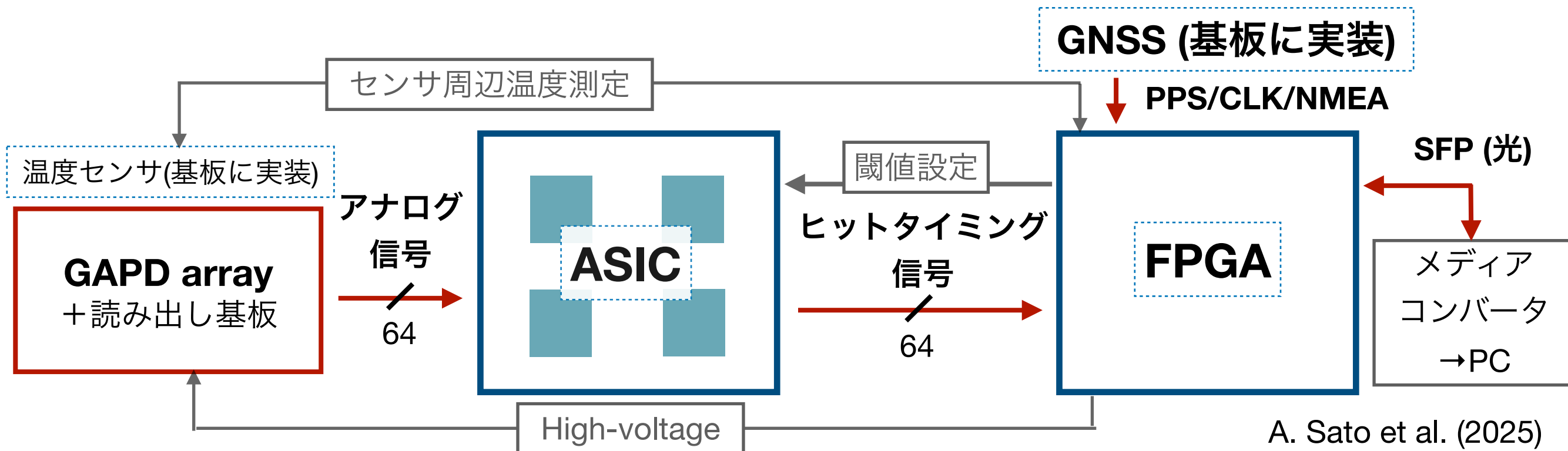
- 部品数が多く、可搬性が悪い
- ケーブルが煩雑で接触が安定しない



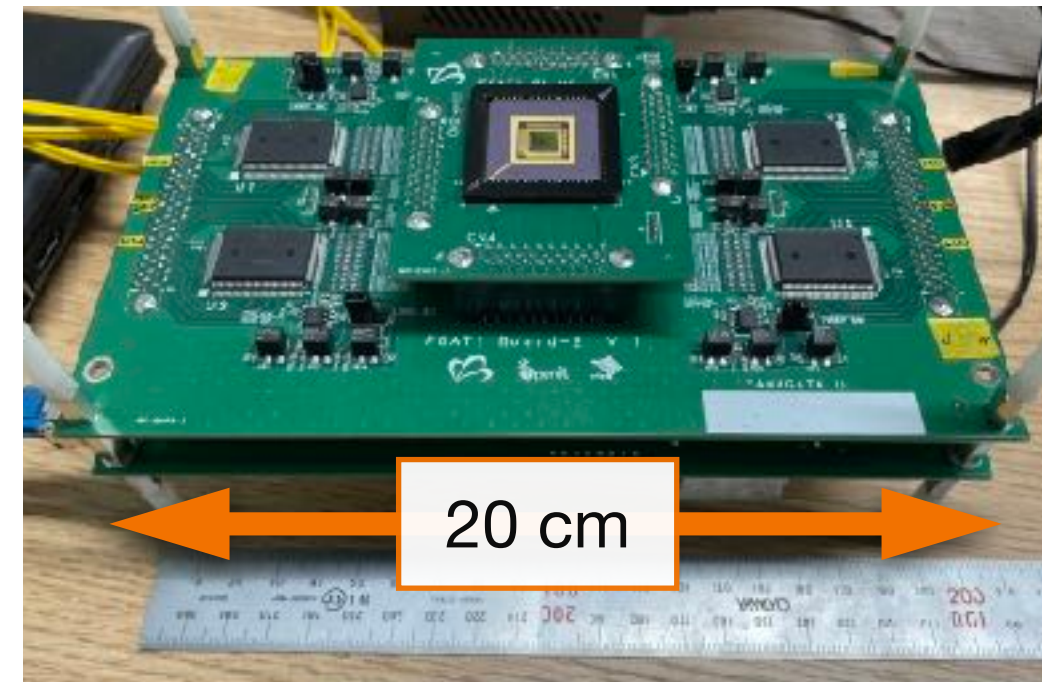
新基板開発による集積化

5

KEK Open-Itで開発された ASIC 「FGATI」 を採用した新基板を開発



- FGATI: TIA + コンパレータ内蔵ASIC
- FPGA, GNSSも1基板に**集積**
- 基板間のコネクタ接続で**接触が安定**
- HVの温度補償機能を実装
- 回路変更により旧型に比べHV低下が抑えられ、ダイナミックレンジが向上



せいめい望遠鏡での観測実績

6

システム 2023 から 2025 までの観測歴

旧型

2023.10 Kino (23B-O-0004)

Crab パルサー, 恒星

電波望遠鏡との同時観測

2024.2 Kino (24A-K-0018)

Crab パルサー

橋山講演で報告

2024.10 Kino (24B-K-0029, 24B-K-0030)

連星ミリ秒パルサー, Repeating FRB

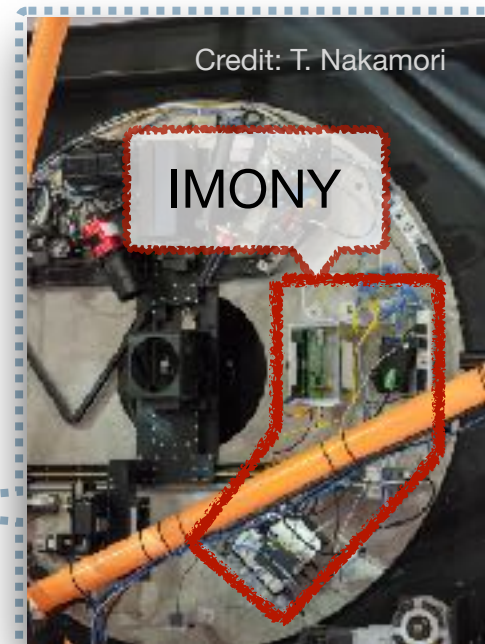
→悪天候とToOにより有効時間ほぼなし

2025.2 Kino (25A-K-0026)

Crab パルサー, 恒星

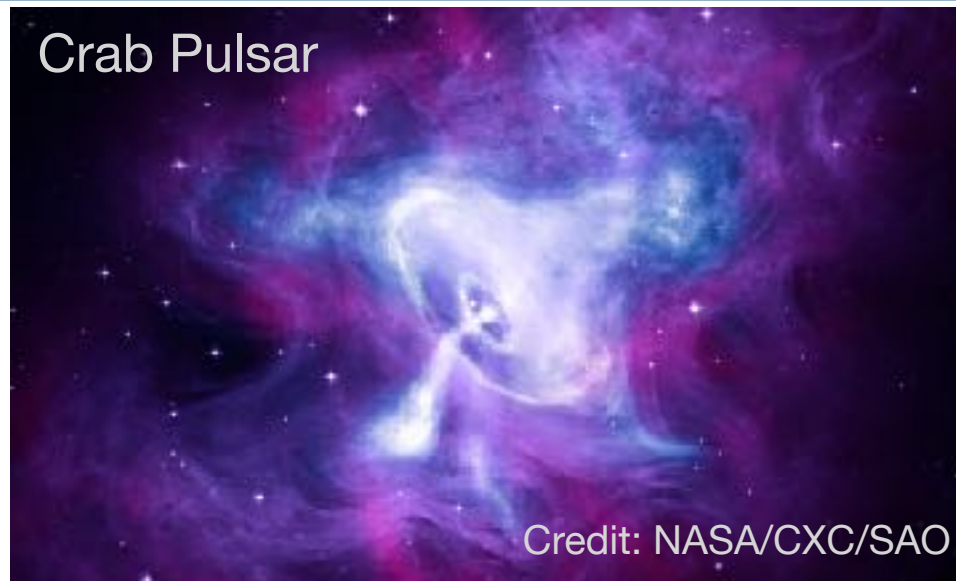
⇒解析結果を報告

新型

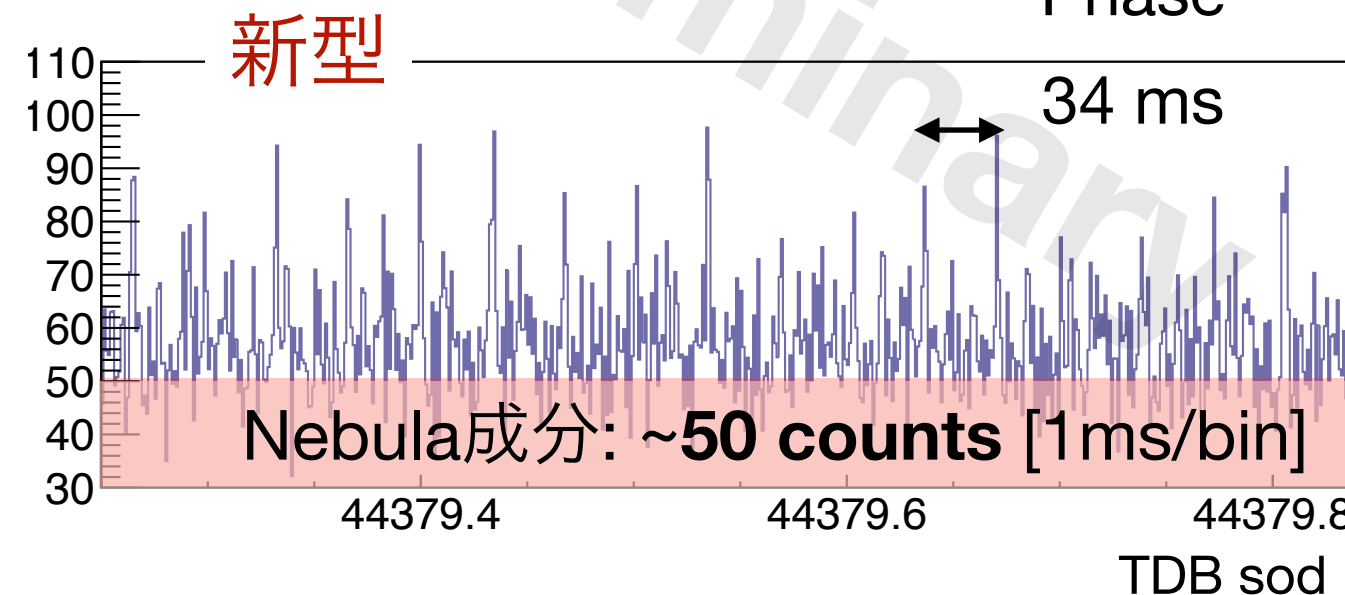
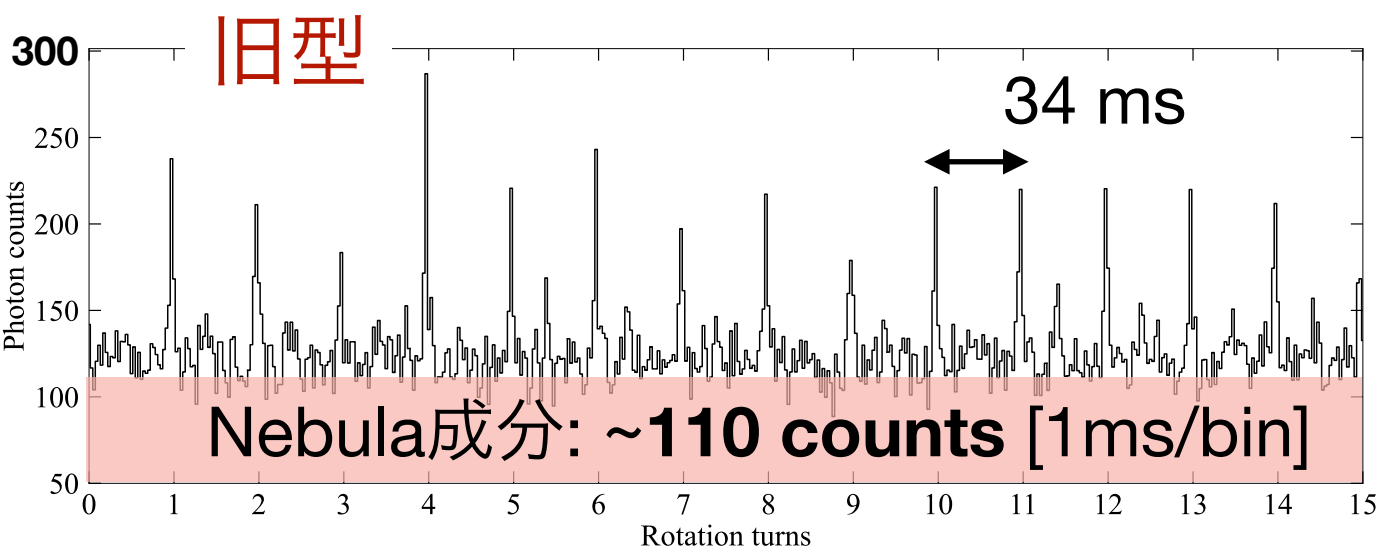
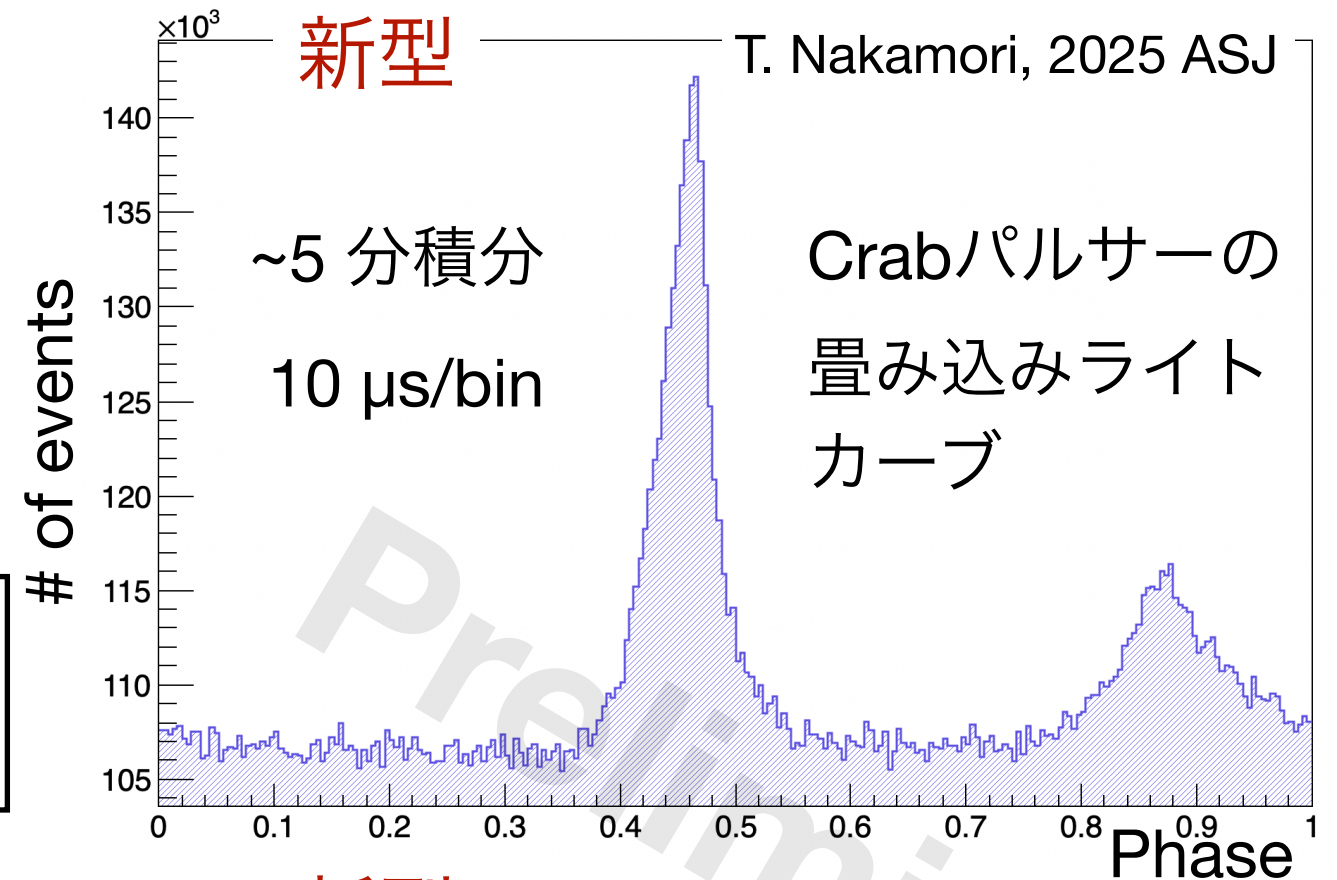


新システムによるCrabの周期検出

7



Crabパルサーの **34 ms** 自転周期の
検出に成功



K. Hashiyama, 2025 ASJ

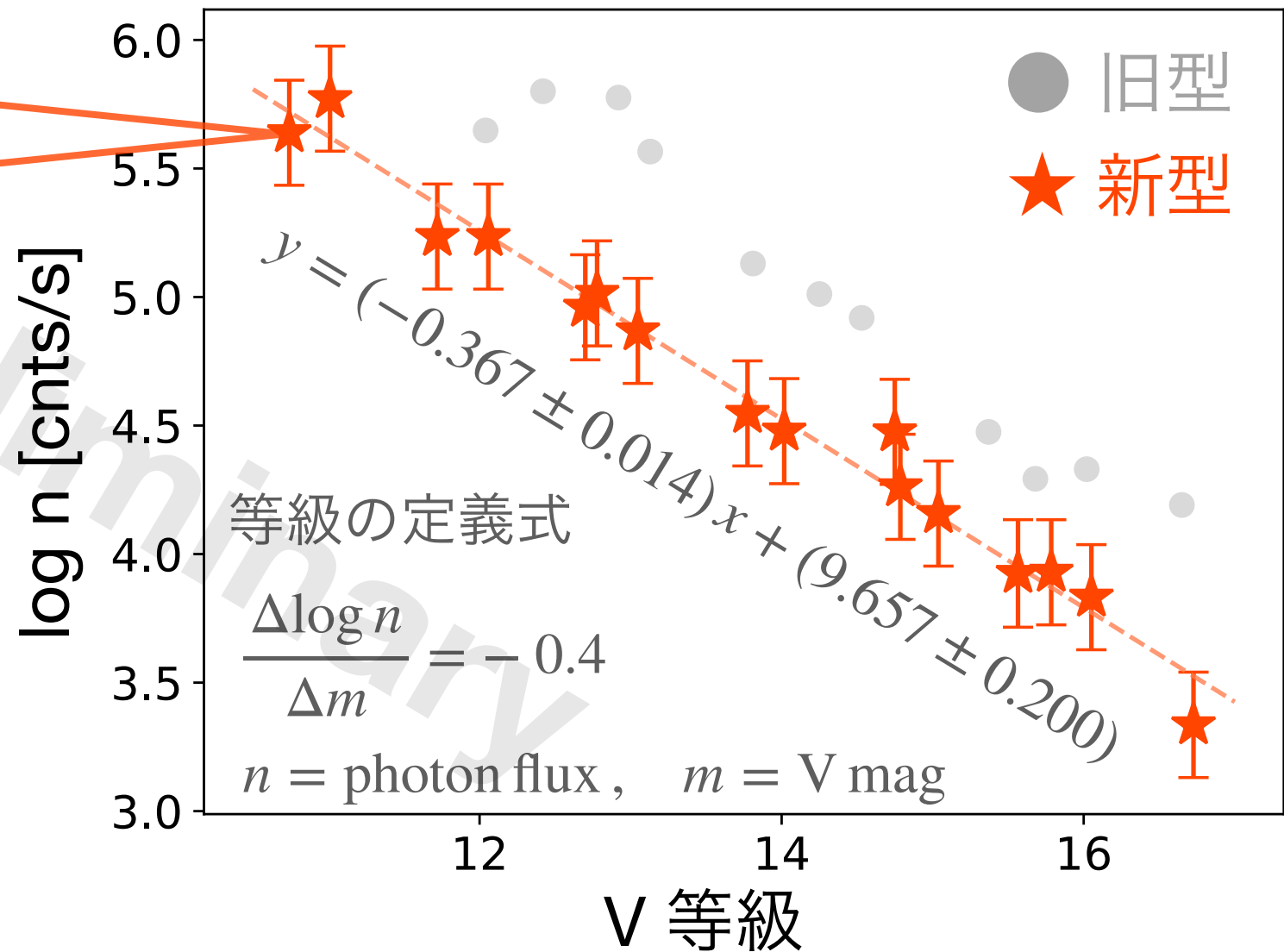
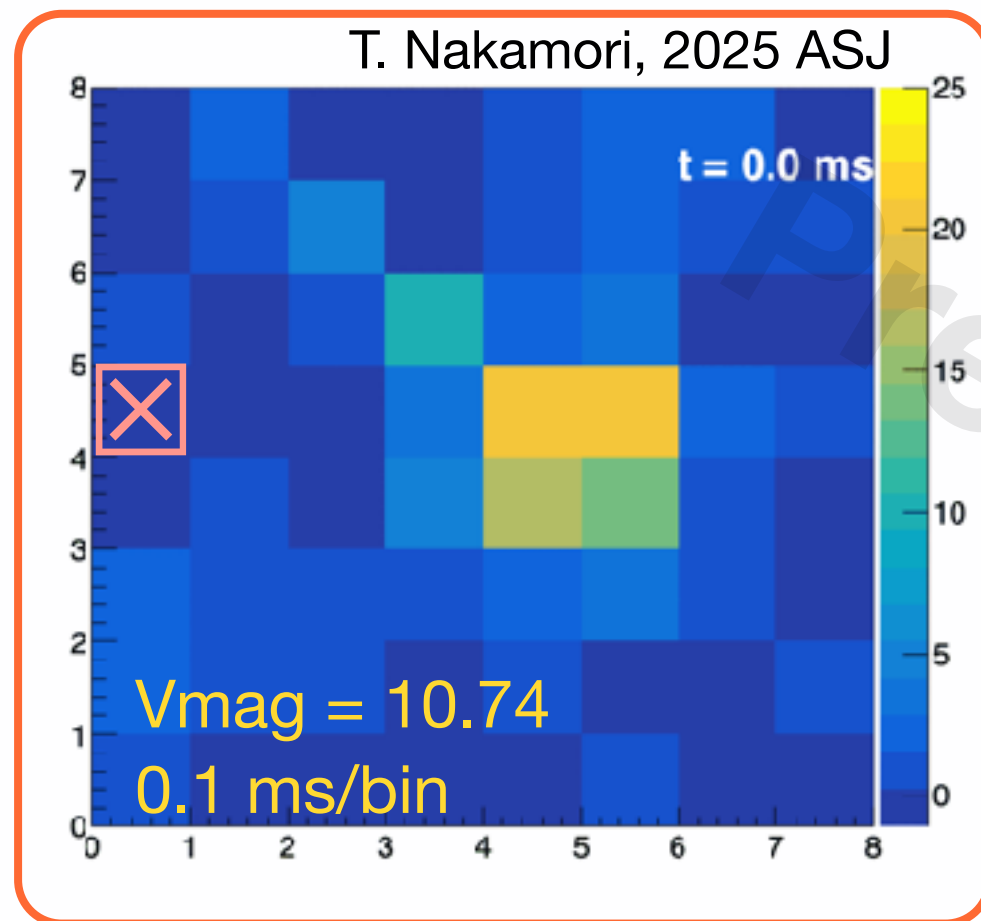
Nebula成分比較で、新型は旧型の約 **45%** のカウント数

恒星による測光性能評価

8

新型IMONYで恒星を観測

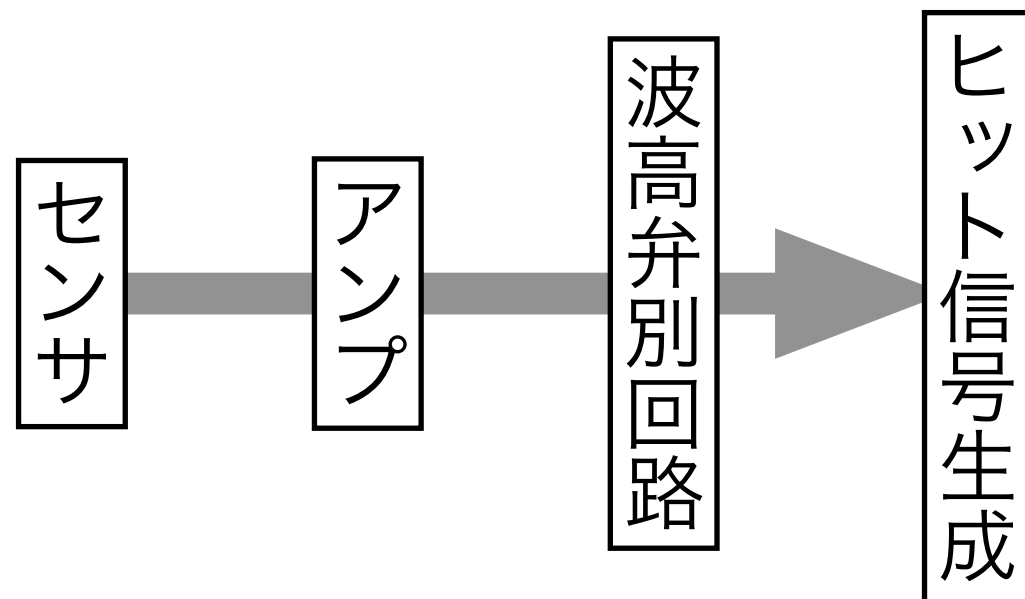
M. Hasebe et al. (2025)



- 安定した恒星撮像ができている
- V 等級に対する検出光子数の線形性あり
- 新型は平均で旧型の約 **27% ($\pm 8\%$)** のカウントレートである

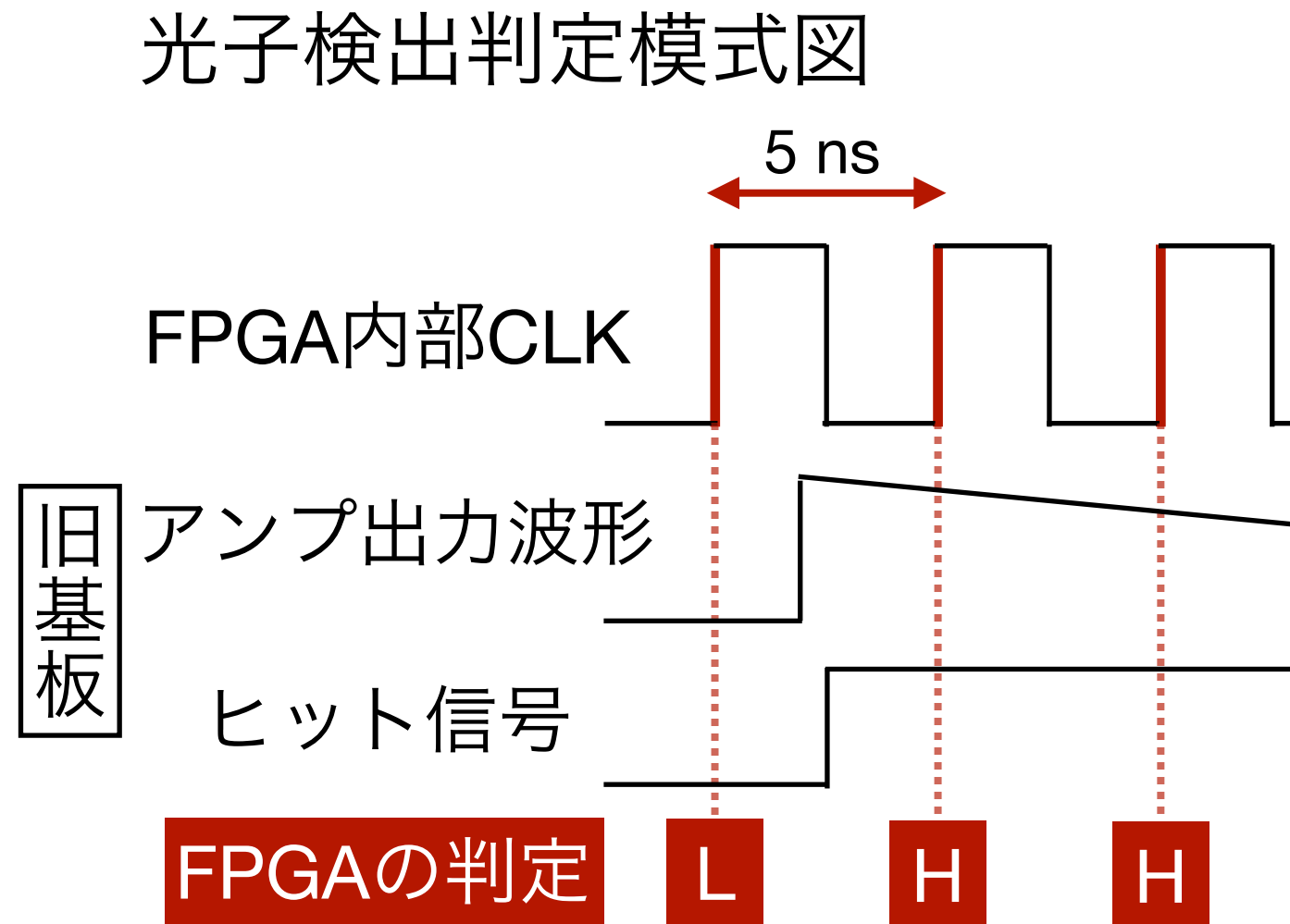
カウントレート低下の要因

9



旧基板 [ヒットパルス幅100 ns以上]

→ アナログ帯域が悪く、アンプ出力がなまり、ヒット信号にも影響

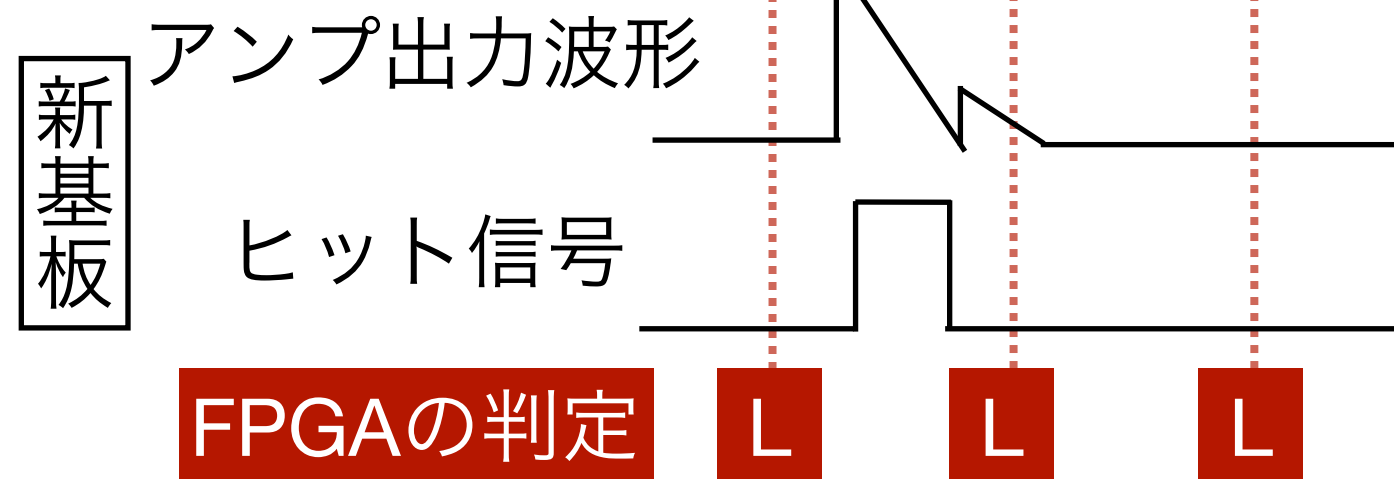


新基板 [ヒットパルス幅 4 ns以下]

→ 高性能ASICで非常に短いパルス幅

⇒ FPGAの判定タイミングは 5 ns

間隔のため、一定確率で検出漏れ



カウントレート低下への対策

10

試作段階の対策

IDDRフリップフロップを導入して
FPGAの判定タイミングを増やす

対策後の判定タイミング

CLKの立ち上がり + 立ち下がり

新基板

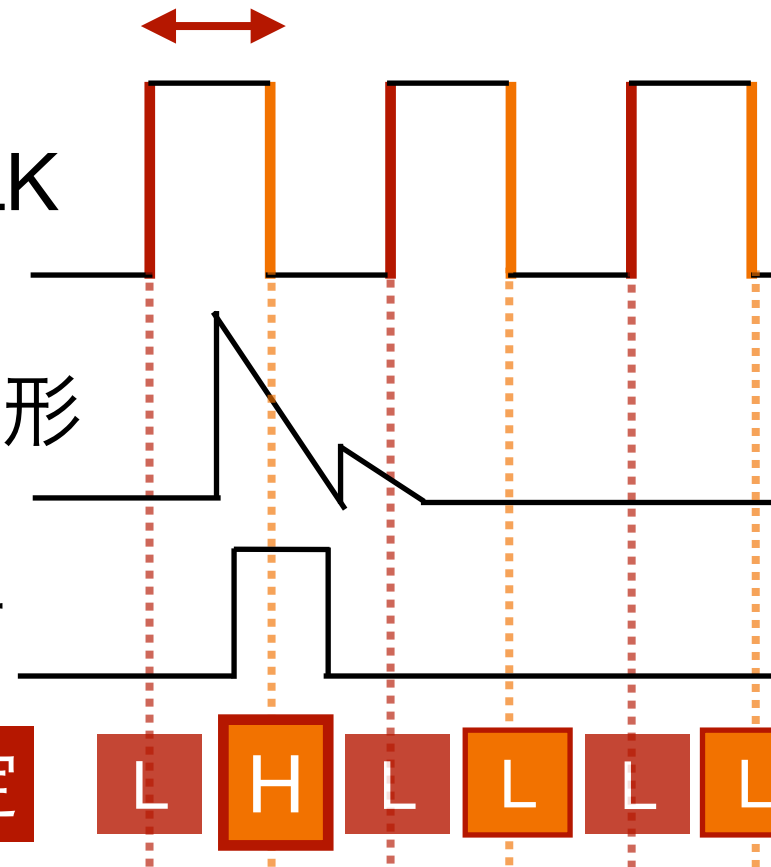
FPGA内部CLK

アンプ出力波形

ヒット信号

FPGAの判定

2.5 ns



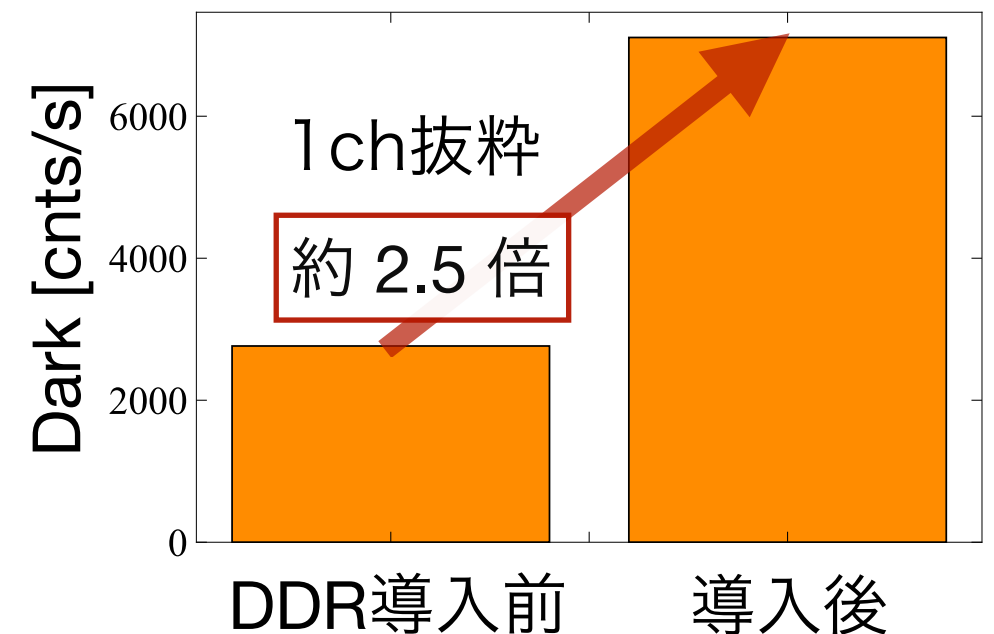
DDR導入前後のダークカウント比較

導入前後のカウント変化は約 2.5 ± 0.9 倍

→CrabのNebula成分比や恒星の比較結果と
誤差範囲で一致

⇒対策として有効

Crab	恒星
約 2.2 倍	約 4.0 ± 1.3 倍



IMONYリモート運用に向けて

11

次回の観測

2025.10

Kino (25B-K-0025)

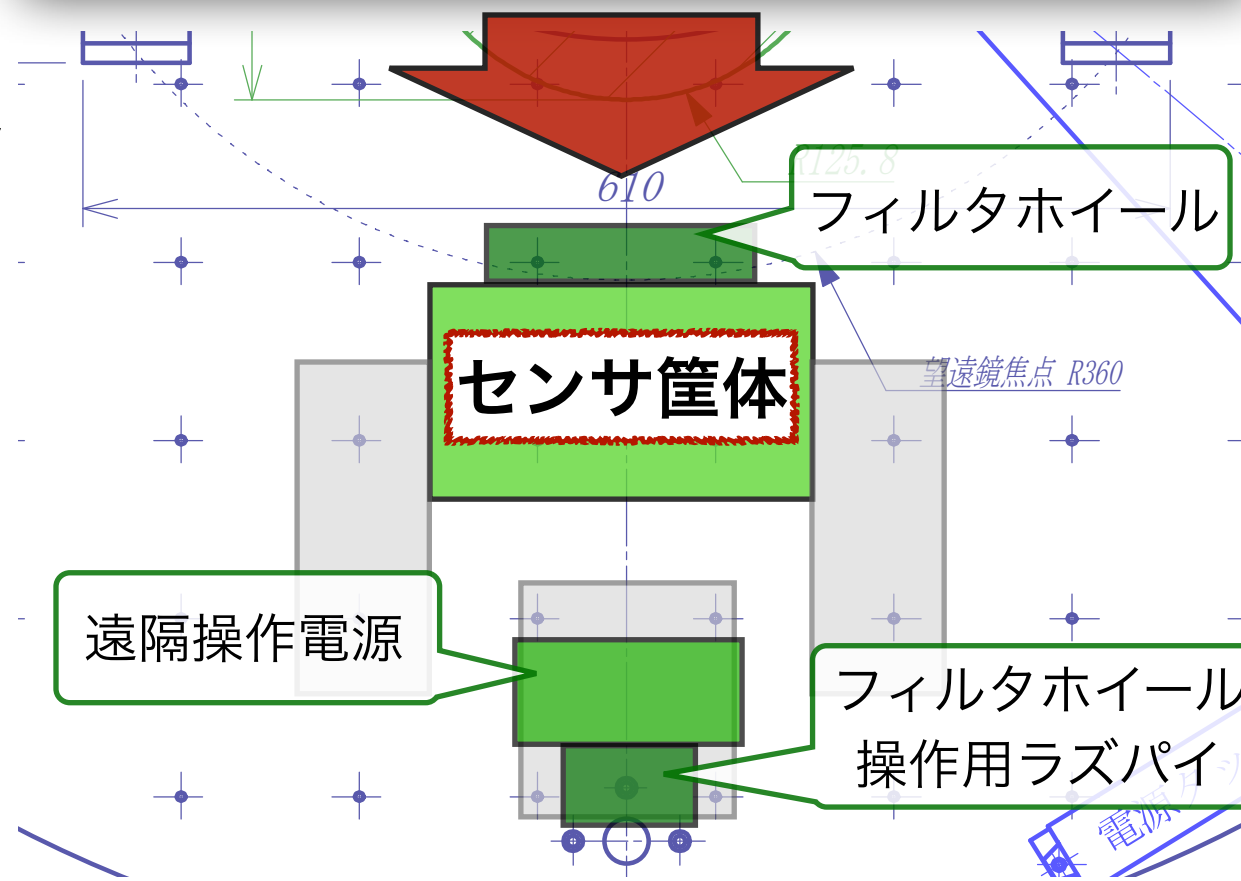
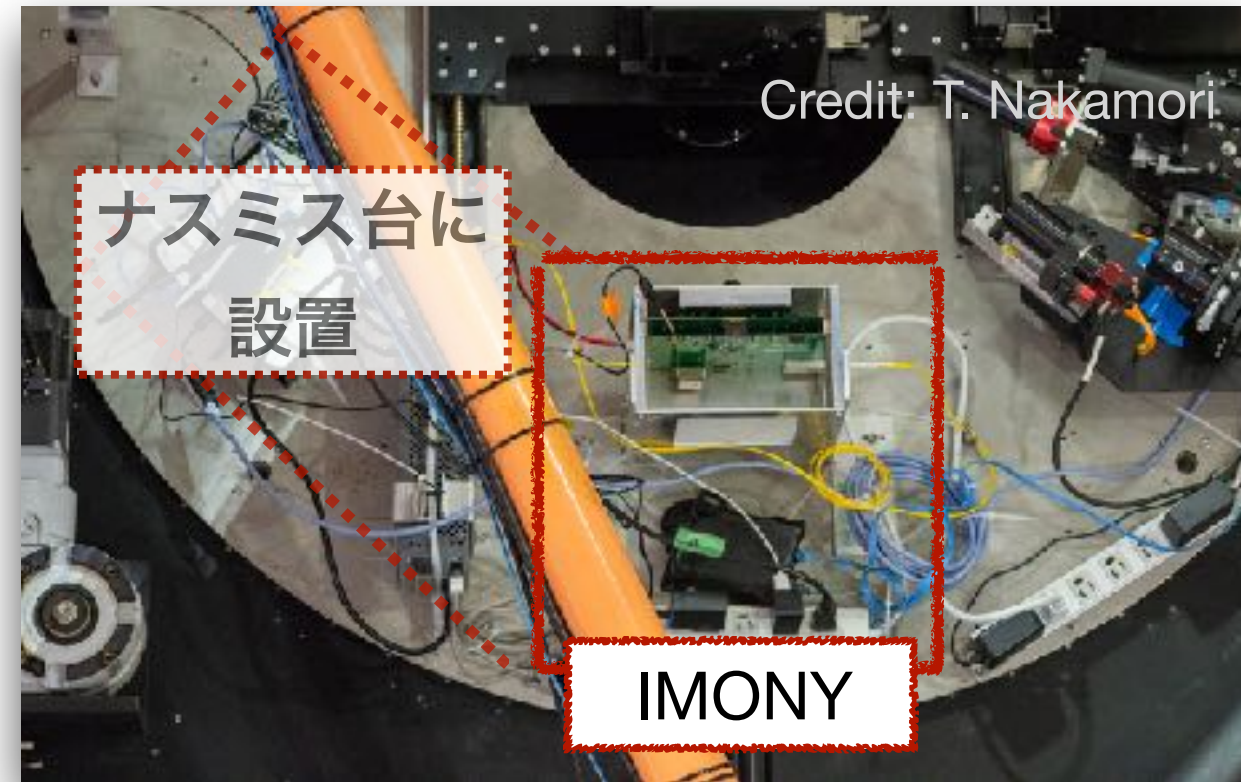
Crabパルサーと恒星をリモート観測

IMONYリモート化の利点

- 観測所への出張を最低限に
- ToO等の新たな観測機会の増加
- 将来的に他ユーザーの装置利用実現へ

次観測までに実装予定の機能

- 遠隔操作電源による装置のon/off
- ダーク, バンドフィルタの変更が可能なフィルタホイールを導入
- 操作GUIの導入



現在開発中のGUI

12

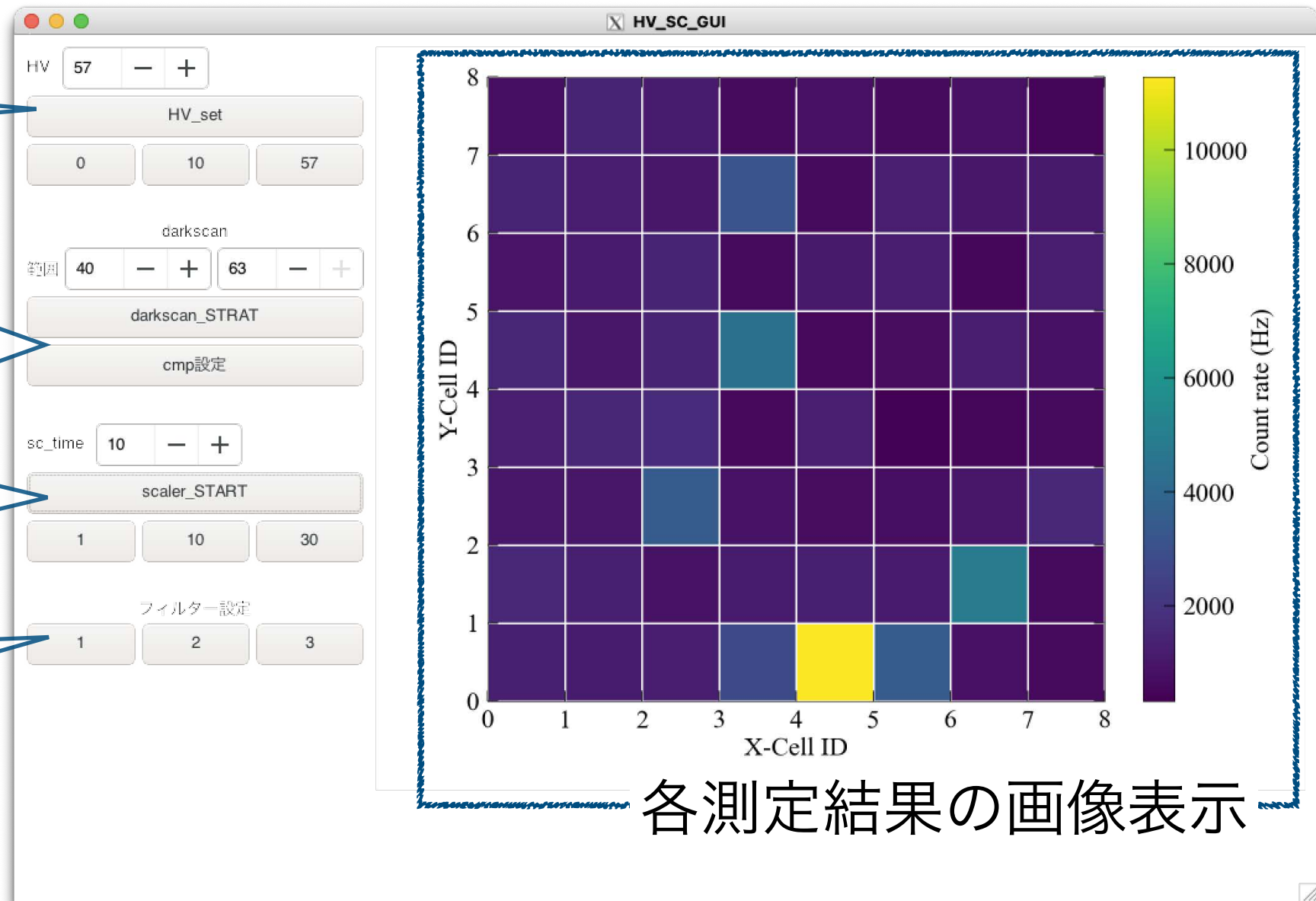
HV印加

閾値別のダークカウント
測定 + 閾値設定

露出時間のカウント測定

フィルタ変更

実装予定の機能



- 初期および再起動時のDAQマシンとのネットワーク接続確認
- 温度センサの起動とセンサ周辺温度表示, 温度補償のon/off
- ライトカーブの測定, 測定結果の画像表示

まとめと展望

13

IMONYとは？

- sub-msスケールの天体現象調査が可能な可視高速撮像システム
- 単光子検出と100 nsの時刻付けが可能

新基板開発とその運用

- ASIC "FGATI"の実装によりシステムが小型化
- Crabパルサーの自転周期検出と恒星測光による測光性能評価
- カウントレートの低下をFPGA判定タイミングの追加で対策

展望

- 2025.10 の観測にリモート観測に向けて遠隔電源やGUIを実装中
- 将来的に多色カメラ化、常設して他ユーザーも装置利用可能に