

広島大学かなた望遠鏡周辺の装置開発の現状

森裕樹、宇井崇紘、川端弘治、秋田谷洋、吉田道利、長木舞子、松場祐樹、川端美穂、志岐健成、高木勝俊、中岡竜也(広島大学)、伊藤亮介(東京工業大学)、酒向重行、森谷友由希(東京大学)、山下卓也、中屋秀彦(NAOJ)

1. HONIR

1.1 HONIRとかなた望遠鏡



かなた望遠鏡
口径1.5m。駆動速度は 方位方向: 5度/秒 高度方向: 2度/秒 と、このサイズでは世界最速クラス。 → **突発天体に即座に対応。**

HONIR
・Hiroshima Optical and Near InfraRed camera (可視赤外線同時カメラ)。
・可視1バンド、近赤外1バンド(将来的には近赤外2バンド)による**同時撮像**および**偏光撮像・偏光分光観測**が可能。
・赤外線検出器は16ch同時高速読み出し対応のVIRGO-2k(HgCdTe, 2k × 2 pix)を搭載しているが、読み出しシステムは15年前に製造されたMASC2を使用しており、**4ch読み出し(約5s)**を行っている。

図1: かなた望遠鏡とHONIR

1.2 1露出型偏光素子

・**可視・近赤外線同時1露出型偏光撮像**を目指し一度の露出で偏光観測が可能なダブルウォラストンプリズムを導入して試験観測を行っている。これにより器械偏光が大きいHOWPolよりも高精度なGRBの即時偏光観測ができるようになる他、偏光の波長依存性も得られる。

・現在は無偏光標準星、および強偏光標準星の観測を行い、解析を進めている。



図2: 1露出型ダブルウォラストンプリズム

1.3 赤外線検出器用新読み出しシステム

1.3.1 概要

16chによる高速読み出し(約1.2秒) → **かなた望遠鏡のメインサイエンスである突発天体に対して有効。**

- ・2012年: 開発開始
- ・2016年: 望遠鏡搭載時のVIRGO読み出しに成功。

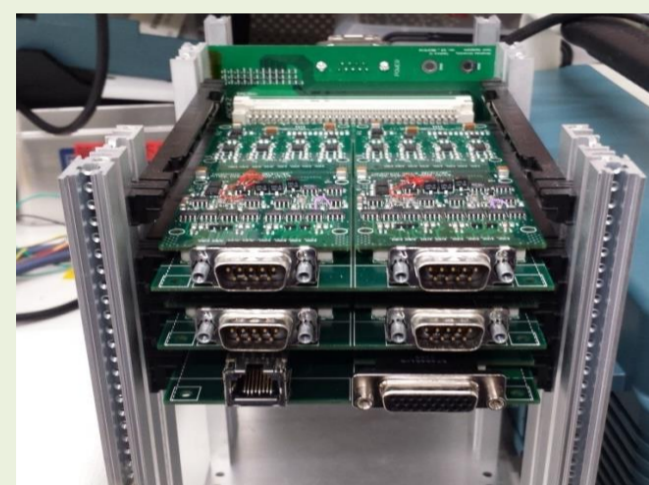


図3: 新読み出しシステムのエレキ

読み出し速度	1.2s
読み出しノイズ	$\sigma < 30e^-$
リニアリティ	$\sim 150000e^-$

表1: 新読み出しシステムの要求性能

1.3.3 バッドコラムのリニアリティ・フラット割

フラット板にライトを当て、0~58secの各露出時間で5枚づつ撮像し、通常のカウントのピクセルと、通常ピクセルに比べて(チャンネルによって異なるが)50%未満のカウントのバッドコラム(最も影響の大きいと思われるコラム)に対して平均値をプロット。これを2回繰り返した結果、フラットライトの温度上昇により2回目の測定のカウントは1回目に比べて約1%上昇。

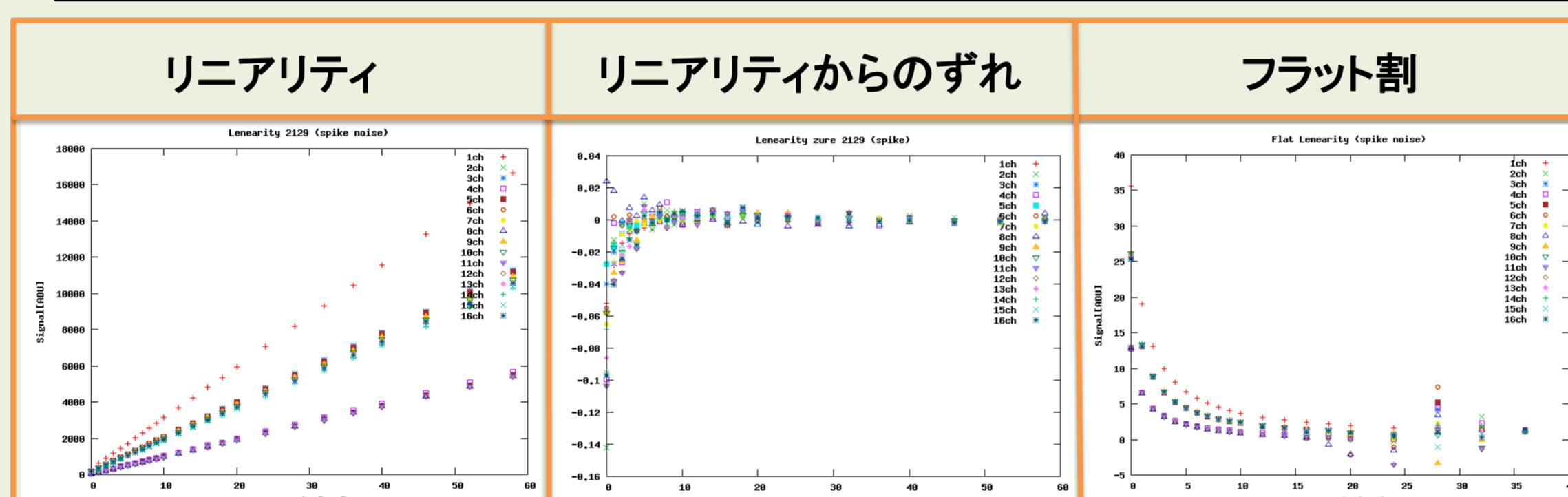
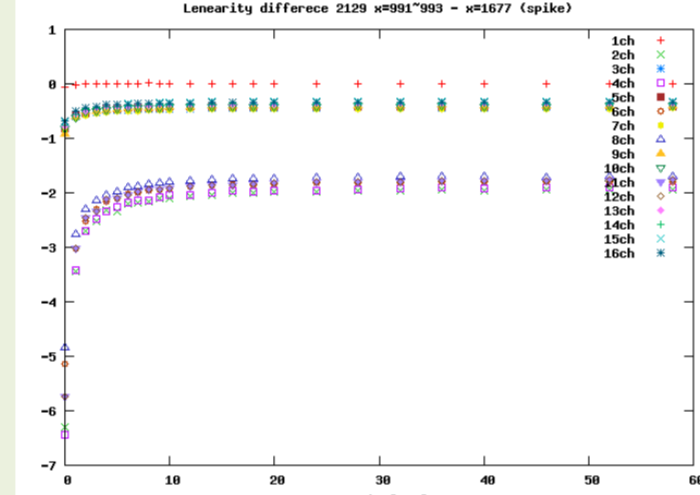


図9: バッドコラムのリニアリティ・フラット割に関する調査。フラット割は58sec(取得したデータの中で最長露出時間。)を分子に、各露出時間のフレームで割算を行った。

図10: 影響の大きいと思われるバッドコラムと他のコラムとのカウント比。
影響大 - 他のコラム
影響大バッドコラム



◎バッドコラムの線形性は1%程度で安定している(図4)。通常のピクセルは0.5%程度で安定。短時間露出でズレが大きいが理由は不明。

◎フラット割をしたところ

・バッドコラムは短時間露出でチャンネル間のばらつきが大きいが、露出時間が長くなると安定(図4)。

・通常のピクセルはチャンネル間のばらつきもなく安定。

◎バッドコラムの振る舞いは発生するコラムによって大きく異なる(図10)。

バッドコラムのリニアリティは比較的安定しており、フラット割である程度は影響をキャンセルできる。フラット割でキャンセルできないような影響の大きいコラムがどこにどの程度存在しているかなどを調査することでそこに星が乗らないようにすれば観測にも投入可能か?

1.3.2 読み出しノイズの特徴とバッドコラム

X=0~2040
Y=1608
(12chの最初の行)の
カウント断面図
マイナス方向に
伸びる線が
バッドコラム

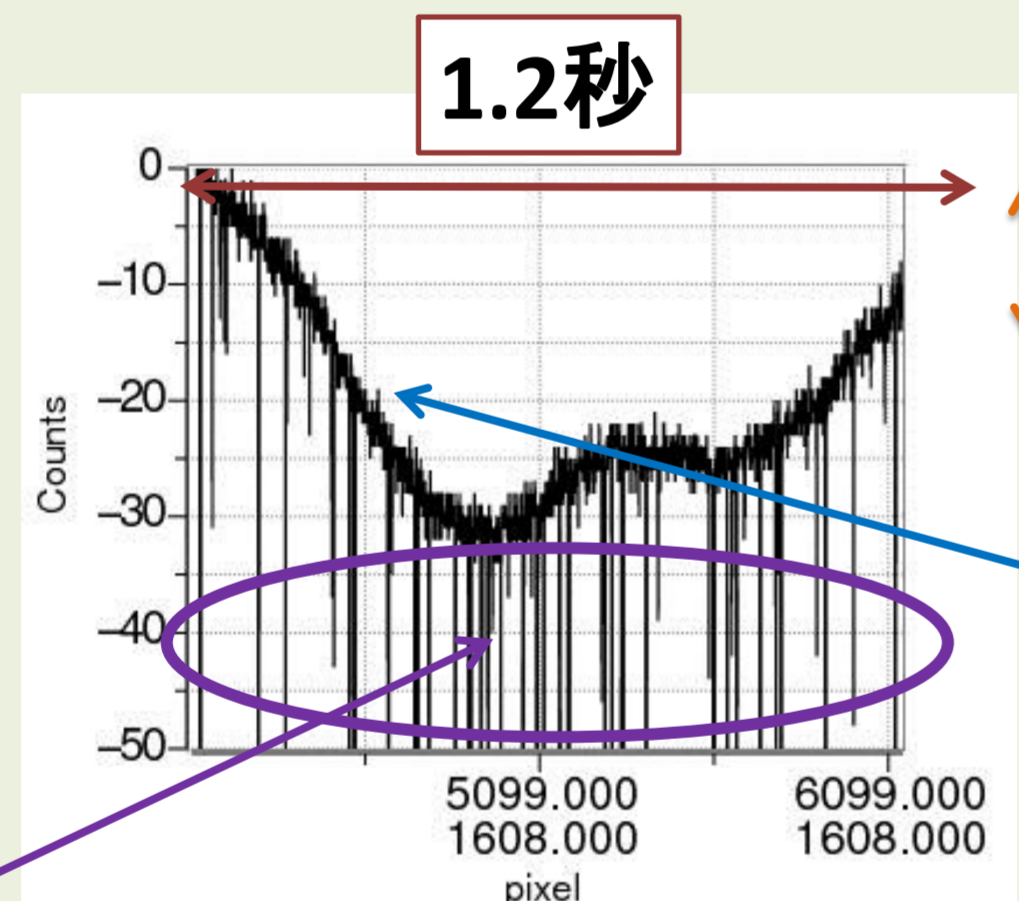


図4: 差分後の画像のカウント断面図

バッドコラム

100 × 200pix 30 × 40pix

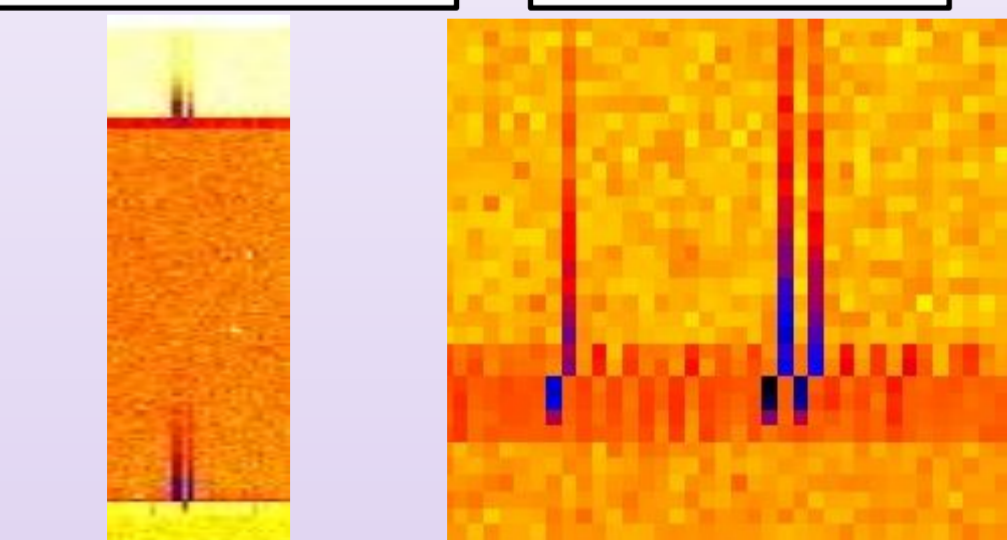


図6: 差分後の画像上に現れるバッドコラム

差分前の画像

ホットピクセルを中心に電荷の流出痕のようなものがある

Counts $\geq 2.4 \times 10^5 e^-$ ホットピクセル

その他のピクセル Counts $\sim 10^5 e^-$

図7: ホットピクセル

- ・差分後の画像において、一列の最初の数ピクセルが周囲のピクセルに比べて低カウント(不安定)になる現象。
- ・差分前の画像に一定のカウントを超えるホットピクセルがある場合、16ch全てでホットピクセルがある列(X座標)に発生。
- ・標準偏差を取ると消えることから、常に同じ個所に発生。

MASC2の画像でもバッドコラムが確認できることから検出器が原因。

しかし、**新システムではMASC2よりも影響が大きいことから読み出し回路で何らかの対策が可能?**

$\sigma \sim 30e^-$

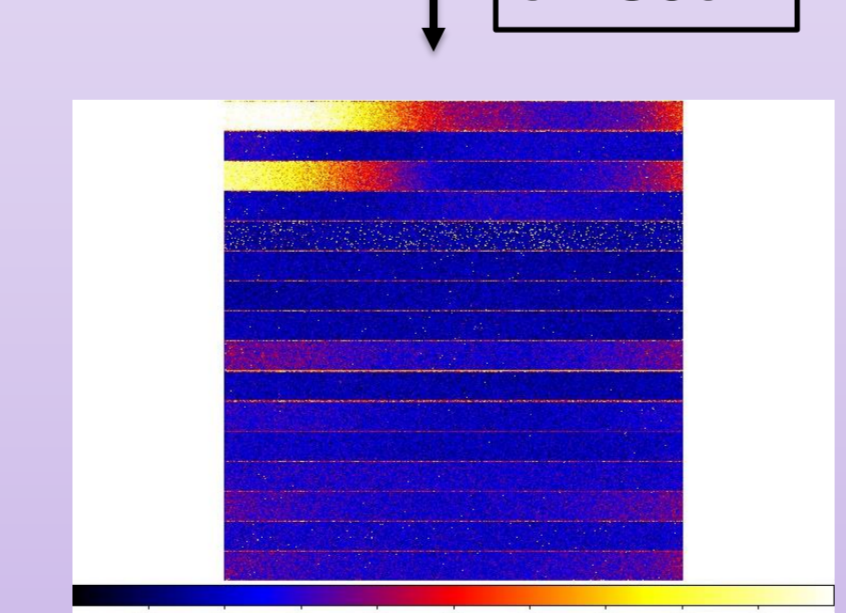


図8: 10枚の画像の標準偏差

低周波改善後

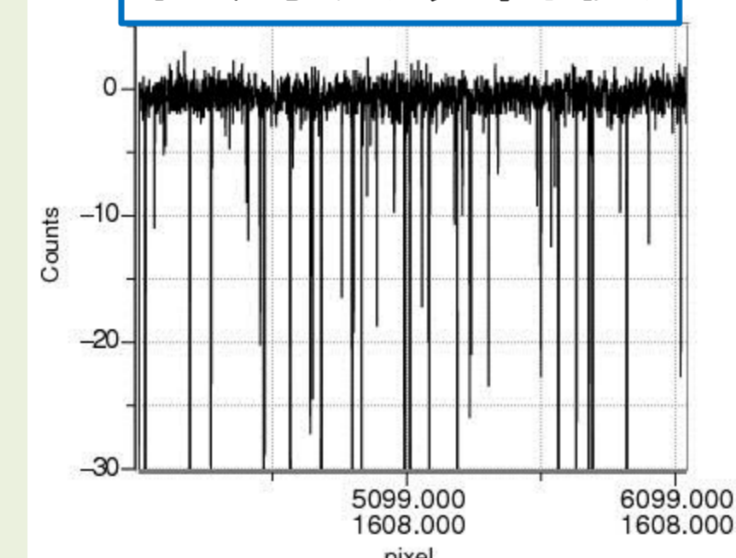


図5: 低周波ノイズ改善後のカウント断面図
電氣的にVIRGOと一致させることで低周波ノイズ改善。

1.3.4 バッドコラムの解決案

◎読み出しの速度を遅くするとバッドコラムが短くなった。
→電流の供給がクロックの速度に追いついていなかった?
⇒しかし、読み出し速度を速くすることが目的なので却下。

◎差分前の画像にあるホットピクセルからの電荷流出痕のようなもの(図7)の影響で、その列のカウントが不安定になり、列の最初の数ピクセルでは差分を取っても影響が残る。しかし、同じ列でもその後はカウントが安定している。

⇒コンデンサの容量を増やして時定数を速くすることで影響を軽減できないか?

1.4 国内メーカー製 InGaAs 赤外線検出器

- ・国立天文台との共同研究(PI: 中屋氏)。
- ・現在は冷却試験用のデューアの整備を継続すると共に、試験開発した素子の試験を行っている。



図11: 実験室でのセットアップ。

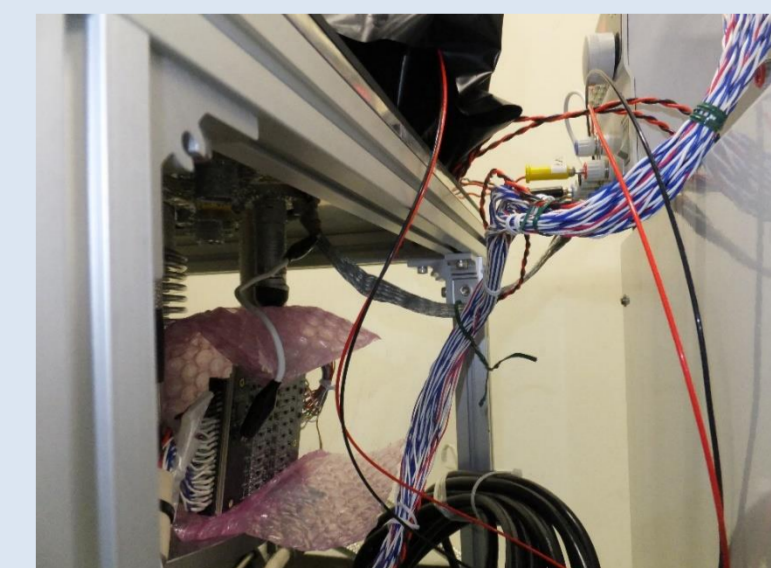


図12: ノイズ対策。TEXIO電源のGNDとデューア・ADCボードを接地。

2. HOWPol

- ・1露出型広視野偏光撮像器。ナスマス焦点に常設。
- ・現在、冷却器の機能低下によりデューア内温度が上昇している。

今冬を目途に新しい冷却器に交換予定。
新しい冷凍機はQDRIVE社製のスターリング式(冷却能力4-6W@77K)。



図13: HOWPol

3. 今後の開発

◆今年度为目标に

- ・新読み出しシステム導入によるVIRGO検出器の16ch高速読み出し(1.2s)化。
- ・HONIRでの1露出型偏光観測の実用化。(GRB自動即応観測)
- ・HOWPolの冷却器の交換による低温状態での安定運用。

◆来年度以降

- ・1.3k × 1.3k赤外線検出器等を用いたHONIRの3バンド同時観測化。
- ・リモート観測環境の整備。