

# 広島大学新読み出しシステムのノイズ調査と新InGaAs検出器の性能評価

森裕樹、宇井崇紘、川端弘治、秋田谷洋、吉田道利(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、このクラスの望遠鏡としては世界最速クラス。 → GRB等の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、分光および偏光撮像、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約20年前に製造されたMACS2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

## 2 HONIRの突発天体への取り組み

- ・VIRGO検出器の読み出し高速化  
→ 本ポスター3章参照
- ・2つ目の赤外線検出器搭載による3バンド同時観測  
→ 本ポスター4章参照
- ・一露出型ウォラストンプリズム  
搭載による偏光観測の高速化



図2: 一露出型ウォラストンプリズム

## 3 赤外線検出器VIRGO用新読み出しシステム

### 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。

- ・2013年: 開発開始
- ・2016年: 望遠鏡搭載時のVIRGO読み出しに成功。



読み出し速度	1.2s
読み出しノイズ	$\sigma < 30e^-$
リニアリティ	~200000e <sup>-</sup> MACS2: ~100000e <sup>-</sup>

図3: 新読み出しシステムのエレキ 表1: 新読み出しシステムの要求性能

### 3.3 バッドコラムへの対策

◎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(図9)。

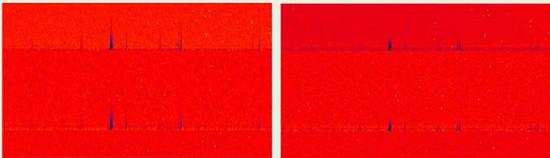


図9: 左→1.2s読み出し( $5 \times 10^{-6}s/pix$ ) 右→3.6s読み出し( $1.5 \times 10^{-5}s/pix$ )

→読み出し列の切り替わりの際、電流の供給がクロックの速度に追い付いていなかった?

→しかし、読み出し速度を遅くすることが目的なので全体を遅くしては意味がない。

→列の切り替わり時のみクロックを遅くしたらどうなるか?

列の最初の2ピクセルの読み出しクロックの時間幅を長くした。その結果、バッドコラムが短くなり(図10)、ノイズの大きな増加も見られなかった(図11)。以上より、列の切り替わり時に時間を空ける手法はバッドコラム対策として有用であると考えられる。

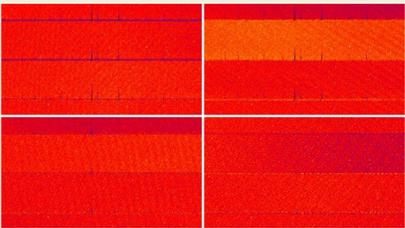
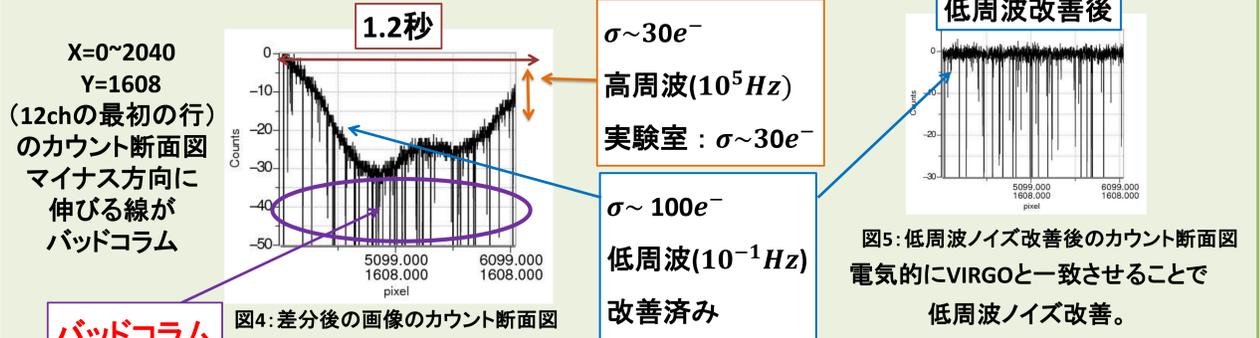


図10: 各列の最初の2ピクセルのみ遅くした画像  
左上→1.2s読み出し( $5.0 \times 10^{-6}s/pix$ )  
右上→1.236s読み出し( $2.5 \times 10^{-5}s/pix$ )  
左下→1.38s読み出し( $5.0 \times 10^{-5}s/pix$ )  
右下→1.56s読み出し( $1.0 \times 10^{-4}s/pix$ )



図11: 図10の条件での読み出しノイズ

### 3.2 読み出しノイズの特徴とバッドコラム



### バッドコラム

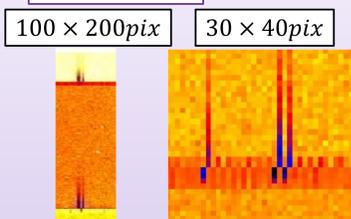


図6: 差分後の画像上に現れるバッドコラム

### 差分前の画像

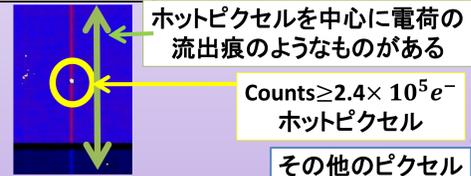


図7: ホットピクセル

- ・VIRGO読み出し時の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。

MACS2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MACS2よりも影響が大きい。読み出し回路等で何らかの対策も要検討。

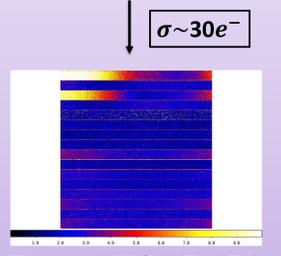


図8: 10枚の画像の標準偏差

### 3.4 試験観測~M1 60sec積分~

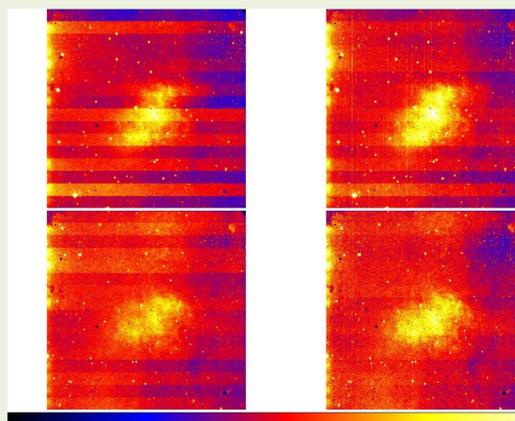


図12: 試験観測結果。一次処理を行った画像  
左上: 1.2sクロック(通常のクロック)を使用  
右上: 左上の画像に対しオーバースキャン補正したもの  
左下: 1.56s(バッドコラム対策)クロックを使用  
右下: 左下の画像に対しオーバースキャン補正したもの

◎2017/2/2に通常のクロック、2/13にバッドコラム対策クロックで新読み出しシステムの試験観測を行った。観測対象: かに星雲M1、バンド: J、積分時間: 60sec。  
・観測の結果、正常に読み出しを行えたが、チャンネル間のカウントムラが大きかった。オーバースキャン補正を行ったところ、チャンネル間のムラは小さくなったが、referenceピクセルにあるバッドコラムに引きずられ、補正後の画像に縦線が伸びている。バッドコラムの影響は通常のクロックとバッドコラム対策のクロックを比較すると、対策クロックの方が抑えられてはいるが、それでも影響が残ってしまった。今後は根本の解決、及びバッドコラム解決によるオーバースキャン補正の両方を視野に入れ、チャンネル間のカウントムラの解決を目指す。

## 4 国内メーカー製 InGaAs 赤外線検出器

### 4.1 概要

- ・国立天文台・KEKとの共同研究(現PI: 中屋)。
- ・現在は冷却試験用のデューワーの整備を継続すると共に、試験開発した128 × 128素子の試験を行っている。
- ・2月の初頭に1.3k × 1.3k素子が納品された。今後はこの素子の評価試験を行い、HONIRへの搭載を目指す。HONIRへ搭載されることで可視1バンド、近赤外2バンドでの同時偏光撮像が可能になり、一度の露出で得られる情報量が増加し、突発天体に対して力を発揮する。

### 4.2 かなた望遠鏡ナスミス焦点での試験観測

・かなた望遠鏡ナスミス焦点にて128 × 128InGaAs素子の試験観測を行い、素子の効率を導出した。

口径D[cm]の望遠鏡に等級Mの天体から1秒間に入射する光子の期待値  

$$= \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times \frac{\Delta\lambda F_{\lambda}}{hc} \times 10^{-\frac{M}{2.5}} \dots(\text{式1})$$
 $\lambda$ : バンドの中心波長[Å]  $\Delta\lambda$ : 波長幅  $F_{\lambda}$ : 0等級のフラックス

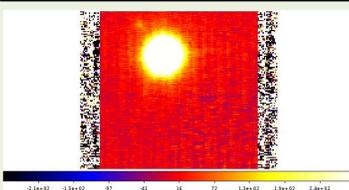


図13: 試験観測で得た画像。  
RA=6h48m57s  
DEC=-15d08m40s  
2sec積分

	Hバンド	Jバンド
実等級(カタログ値)	5.611	5.576
実測カウント(e <sup>-</sup> /sec)	$6.65 \times 10^6$	$5.97 \times 10^6$
カウントの期待値(式1)	$2.60 \times 10^7$	$3.28 \times 10^7$
総合効率%(大気・望遠鏡含む暫定値)	25.5	18.2

表2: 128 × 128InGaAs素子の効率の参考値