

可視赤外線同時カメラHONIRの 近赤外線読み出しシステムの開発と評価

宇井崇紘(広島大学)、酒向重行(東京大学)、山下卓也(国立天文台)、秋田谷洋、川端弘治(広島大学)、中屋秀彦(国立天文台)、森谷友由希、伊藤亮介、高木勝俊、大杉節、吉田道利(広島大学)

広島大学では東広島天文台のかなた望遠鏡に装着する可視赤外線同時カメラHONIRを2006年度より開発してきた。現在近赤外線の読み出しシステムはMessia5とMACS2で読み出しを行っている。しかしMACS2は開発から10年以上経過しており、老朽化や代替部品の枯渇など今後の安定した運用が懸念される。我々は木曾観測所で用いられている汎用CCD読み出しシステムKAC(Kiso Array Controller)を元に新しい近赤外線読み出しシステムの開発に取り組み、新たに近赤外線検出器VRIGOの持つ16ch読み出しに対応させ、読み出しに成功した。その結果を報告する。

Motivation

1. 現行の読み出しシステム(MACS2)は、VIRGO検出器の4ch読み出しのみ対応→CDS(Correlated Double Sampling)で約8sの読み出し時間
2. MACS2は開発後10年以上経過→代替部品の廃番による枯渇などで不具合対処が困難になる可能性あり



新たに近赤外線検出器の読み出しシステムの開発に着手
新読み出しシステムの目標

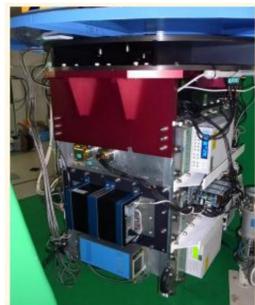
1. VIRGO検出器の16ch読み出し→CDS読み出しで約2s
2. 今後10年の安定運用
3. 低ノイズ読み出し(~15electron)
4. リニアリティの改善

VIRGO-2K/HONIR



Type	HgCdTe
ピクセル数	2048 x 2048 pixel
有効波長	0.9-2.5 μm
量子効率	> 70 % (1-2.4 μm)
出力モード	4 or 16 ch
Transimpedance	~4.3 μV/electron
ノイズ値	~40 μV rms

Fig.1: VIRGO-2K



Specification	Optical	Infrared
Wavelength (μm)	0.4~1.0	1.45~2.40
Type	CCD	HgCdTe(VIRGO)
Detector	Hamamatu photonics	Raytheon
Pixel number	2048 x 4096	2048 x 2048
Pixel scale	0.29 arcsec/pix	0.29 arcsec/pix
Filters	B, V, Rc, Ic, Y	Y, J, H, Ks

Fig.2: HONIR(Hiroshima Optical and Near InfraRed camera) (Sakimoto et al.2012)

読み出しシステムの開発項目

1. VIRGO-2Kの16ch読み出しに対応
→4chのAD処理可能なボードを4枚用いて対応
2. 今後の安定運用
→開発ノウハウの会得・全て購入できる素子のみを用いて製作
3. 低ノイズ読み出し(~15electron)
→完全差動入力回路や3次ベッセルローパスフィルタの導入
4. リニアリティの改善
→定電流回路とカレントミラー回路を導入し、VIRGO検出器の持つ16ヶ所のOutput source follower に定電流を供給する



- 汎用CCDコントローラーKiso Array Controller (Sako et al. 2009)を元に作製
- アナログ部をVIRGO検出器の仕様に合わせて際設計(DRV boardとADC board)
- DRV board
 - VIRGO検出器駆動の電圧やクロックを生成
- ADC board
 - 1つのADCボードで8ch分の信号処理が可能
 - 完全差動入力回路と3次ベッセルローパスフィルタ
 - 定電流機構(定電流回路+カレントミラー回路)

Fig. 3:読み出しシステムのアナログ部

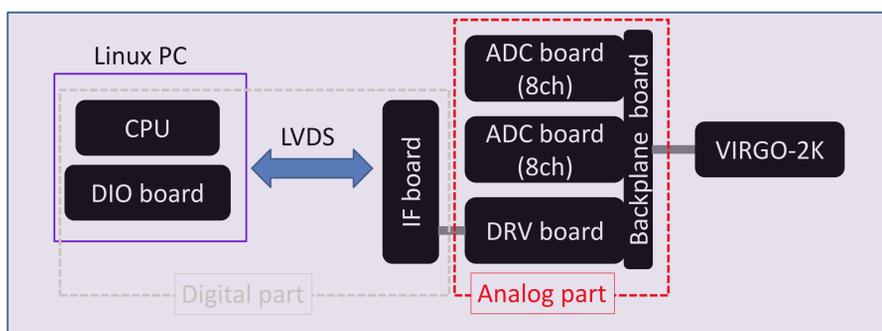


Fig. 4: Block diagram

VIRGO検出器の読み出し試験と評価

地上実験:読み出しノイズとリニアリティ調査

1. 読み出しノイズ

- デュワー内でVIRGO検出器を75Kに調整
- ダークを取得し標準偏差からノイズ値を算出
- 現行システムとの比較

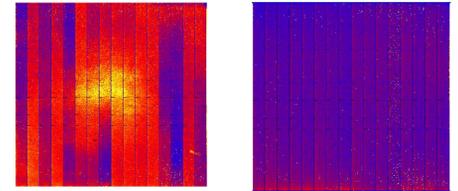
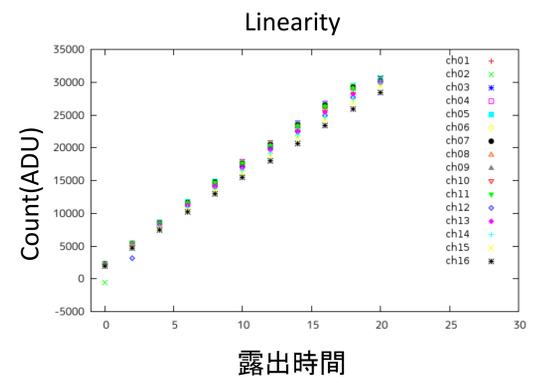
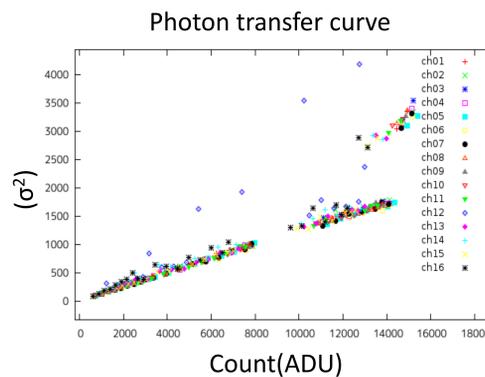


Fig. 4:地上でのVIRGO読み出し画像(dark) 左:ノイズ対策前、右:ノイズ対策後
バックプレーンボードの剥き出しピンを短く切断、ケーブルシールドの強化、読み出しモードの最適化を行いノイズ評価

装置	読み出し速度	ノイズ@実験室
新システム	~2.4s	19~20 electrons
現行システム	~9.2s	20~30 electrons

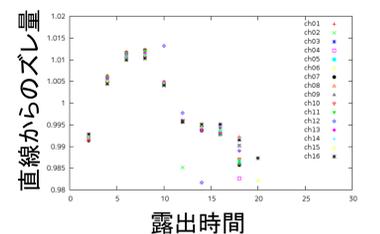
2. リニアリティ評価

- 光源に定電流電源とLED
- 露出時間を変化させながら各積分時間で5枚ずつデータ取得
- カウントと分散値からphoton transfer curveを導出→conversion factorを求めた
- 露出時間とカウントをプロットし、リニアリティの精度を評価



Conversion factor [e-/ADU]	飽和電圧[e-] (リニアリティの精度が1.5%に保たれている範囲)
7.6~8.1	~170,000*

*現行装置の先行研究では~150,000e- (リニアリティの精度が±1%)



望遠鏡搭載時実験:読み出しノイズとFL画像

1. 読み出しノイズ

- 地上実験と同様のセットアップで実験
- ダークを10枚撮像し、標準偏差からノイズ評価
- 望遠鏡電源のON/OFFのデータを評価

装置	ノイズ 望遠鏡電源OFF	ノイズ 望遠鏡電源ON
新システム	80~120 electrons	~250 electrons
現行システム	20~30 electrons	20~30 electrons

望遠鏡取り付けのノイズは地上実験時のノイズと比べて非常に悪化している事が分かる
望遠鏡電源のON/OFFによっても大きな変化がある

ケーブルのシールドやGNDの取り回りでノイズ値の変化あり
さらなる原因追究を行い実験室レベルまでノイズ値を抑える

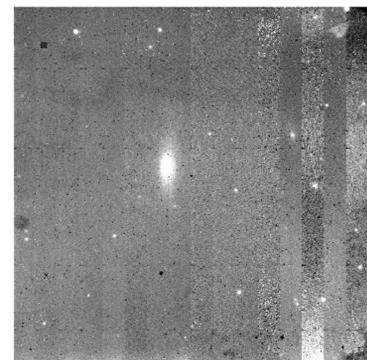
タイムテーブル



まとめと今後

新たにHONIRのVIRGO検出器読み出しシステムを製作した。16ch読み出しモードに対応させ、実際にVIRGO検出器の16ch読み出しに成功した。地上実験においては、~20e程度の低ノイズを実現、リニアリティについても、2013年度調査時と同程度以上の値となった。望遠鏡搭載時、また望遠鏡電源ON/OFF時にノイズが高くなる現象に関してはさらなる調査と改善が必要。

2. First light 画像



新読み出しシステムFLの画像
NGC7331(Hバンド 10sec)
•Noiseは高いものの、読み出しは正しく出来ている