

# かなた望遠鏡用近赤外線検出器の読み出しシステムの開発

宇井崇紘、川端弘治(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、先本清志、伊藤亮介、上野一誠、浦野剛志、高木勝俊、宮本久嗣、森谷友由希、吉田道利、大杉節(広島大学)、中島亜紗美(東京大学/国立天文台)、中屋秀彦(国立天文台)

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。また、近赤外線検出器(VIRGO)のもつ高速16ch読み出しにも対応していないことから、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読み出しシステムの開発に取り組んでいる。

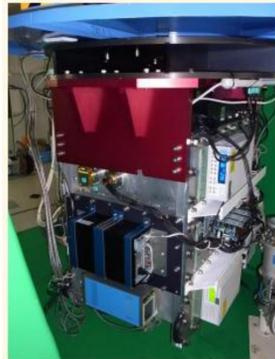
## introduction

### HONIRと近赤外検出器(VIRGO)

#### 可視赤外線同時カメラHONIR

##### かなた望遠鏡カセグレン装置

HONIR (Hiroshima Optical and Near InfraRed camera)



仕様	可視検出器	近赤外検出器
タイプ	CCD	HgCdTe(VIRGO)
検出器	浜松ホトニクス	Raytheon
波長(μm)	0.4~1.0	1.45~2.40
ピクセル数	2048 × 4096*	2048 × 2048
ピクセルスケール	0.29 arcsec/pix	0.29 arcsec/pix
視野	10' × 10'	10' × 10'
Filters	B,V,Rc,lc,z',Y	Y,J,H,Ks

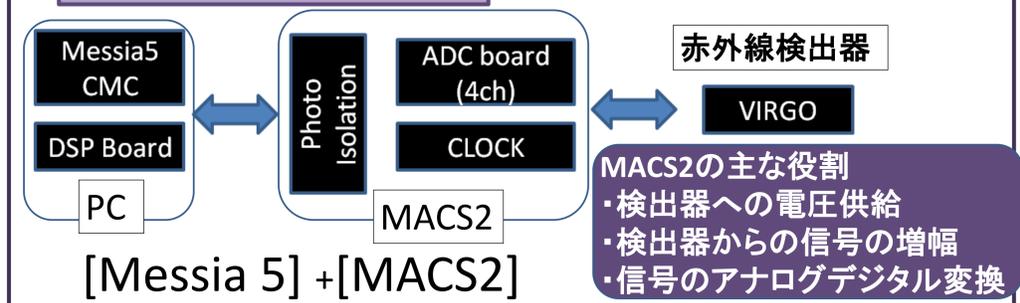
\*可視CCDは2k × 2kのみ使用

#### 近赤外線検出器VIRGO

##### VIRGOスペック

検出器タイプ	HgCdTe
ピクセルサイズ	20 μm × 20 μm
有感度波長域	0.9-2.5 μm
量子効率	> 70 % (1-2.4 μm)
出力ポート	4 or 16 ch (現在は4 chで使用)

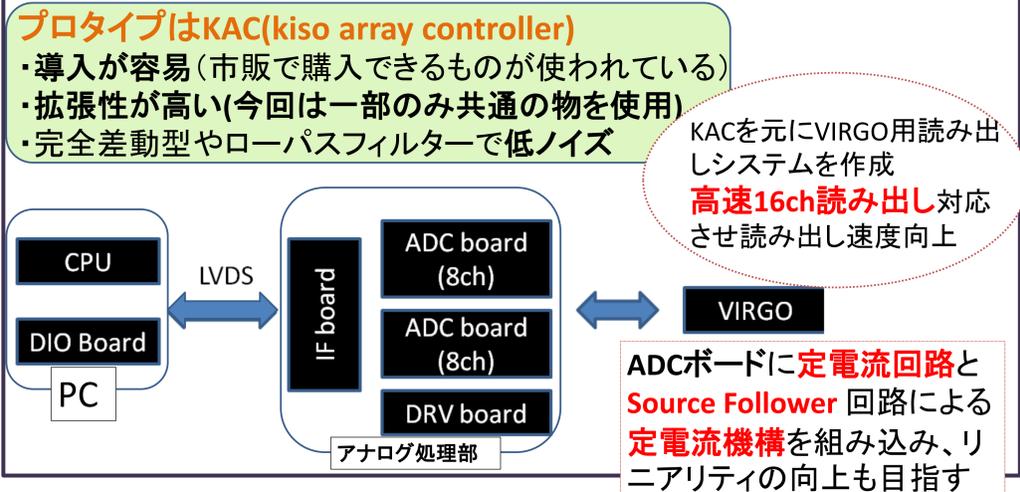
### 現在の読み出しシステム



MACS2の主な役割  
 ・検出器への電圧供給  
 ・検出器からの信号の増幅  
 ・信号のアナログデジタル変換

MACS2は開発後10年以上が経過しており老朽化や、検出器の持つ高速の16ch読み出しに対応していない。→新しい読み出しシステムを作成

### 新しく作る読み出しシステム

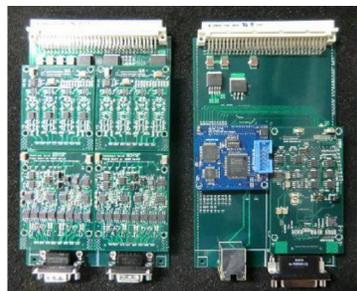


プロタイプはKAC(kiso array controller)  
 ・導入が容易(市販で購入できるものが使われている)  
 ・拡張性が高い(今回は一部のみ共通の物を使用)  
 ・完全差動型やローパスフィルターで低ノイズ

KACを元にVIRGO用読み出しシステムを作成  
 高速16ch読み出し対応させ読み出し速度向上

ADCボードに定電流回路とSource Follower回路による定電流機構を組み込み、リニアリティの向上も目指す

## 読み出しボードの開発



Kiso Array Controller を元に作製  
 1. バイアス・クロックの電圧値をVIRGOに対応するよう変更  
 2. ローパスフィルタの定数の最適化  
 3. リニアリティ改善の為の定電流供給回路の組み込み

### 1.VIRGOに必要な電圧と電流値の理解

名前	電圧値	電流値	
Frame Start	0 or 4 V	I大	フレームスタートクロック
reduceOut	0 or 4 V		16ch/4chの切り替え制御
Vsub	0 V	~0	検出器のグラウンド
vpUc	3.5 V	+140 μA	Column用の電流源
vnUc	1.0V	-20 μA	単位セルのリターン
vnOut	2.5 V	-3.2 mA	出力ソースフォロアのリターン
vrstUc	0 V	~0 A	単位セルのリセット電圧
vhiRowEn	5.0 V	~0 A	デジタル保護回路の上限電圧
vloRowEn	1.0 V	~0 A	デジタル保護回路の下限電圧
Islew	-2.21 V	-20 μA	Column用カレントミラー電圧

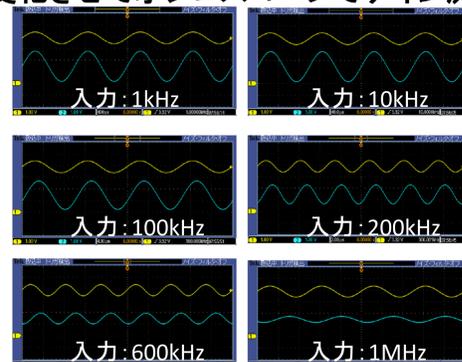
電圧はレギュレータ+オペアンプにより生成

TEXIO電源(PW24-1.5AQ)1つから全ての電圧生成が可能

## 読み出しボードの動作評価

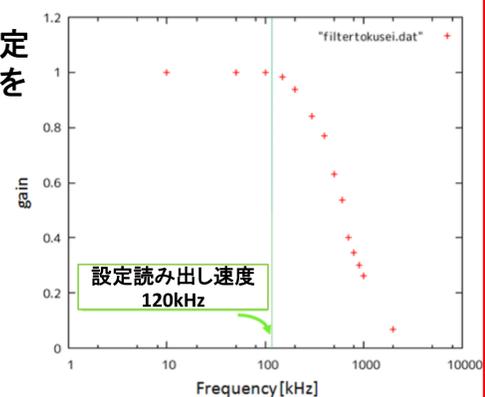
### フィルター特性の試験

・ノイズを下げる→バンド幅を狭く設定  
 ・カットオフ周波数を計算してパラメータ決定  
 ・実際に製作したフィルターに入力周波数を変化させてオシロスコープでゲイン測定



黄色:入力、青色:出力

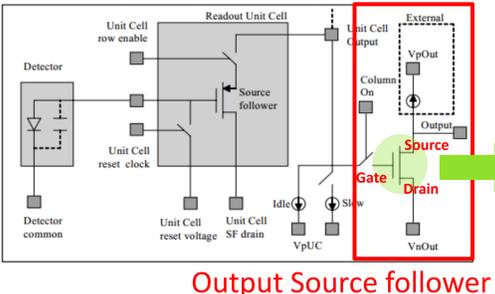
### 結果



設定読み出し速度でgainが1実用に耐える事を確認

### 3.定電流回路の組み込み

#### VIRGO検出器の内部回路

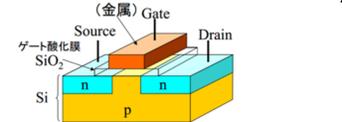


Output Source follower

#### MOSFET

(Metal-Oxide-Semiconductor)

Field-Effect Transistor



Gate,Source,Drainの3端子からなる素子MOSFETを介して検出器の信号(Gate電圧)を外側(Source電圧)へ伝える

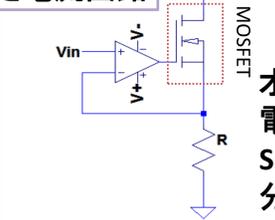
$$V_{output} = I_{out} \times 1/g_m$$

$$g_m \propto V_{gate}$$

( $g_m$ はコンダクタンス)

MOSFETはGateに電圧をかけることにより抵抗の逆数であるコンダクタンスを変化させる。さらに外部から定電流を印加することによってGate電圧を正確にSource電圧に伝える

#### 定電流回路



検出器からの出力信号のリニアリティを良くするためにはMOSFETに流す電流( $I_{out}$ )を一定にしなければならない!!

オペアンプとMOSFETと抵抗を用いた定電流回路  
 電流は電圧Vinと抵抗Rを用いて調整可能  
 Source Follower回路を用いて16Ch電流複製し1分のOutput Source followerに定電流を供給

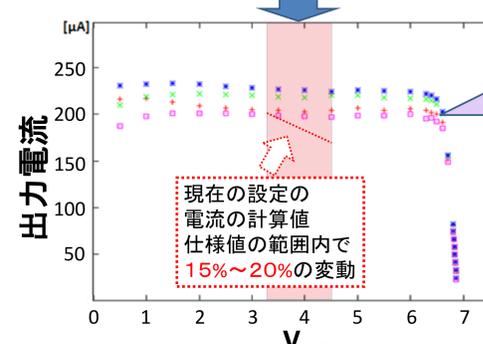
### 定電流機構の試験

#### セットアップ

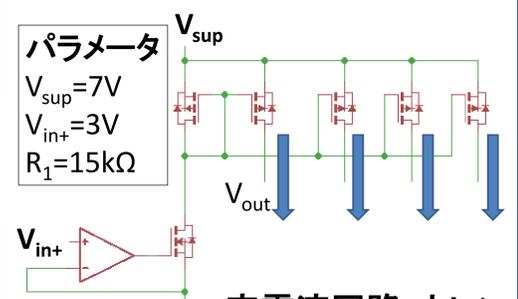
・定電流回路 +カレントミラー回路  
 ・電流値~200μA(検出器仕様値)  
 ・ $V_{out}$ は検出器出力電圧を仮定(GeneratorからDC電圧0~7Vを印加)

#### 結果

検出器出力の仕様電圧範囲



定電流回路を用いる事により、電流値が仕様電圧範囲内で0.5%~1%以下の変動



定電流回路+カレントミラー回路を用いる事で、低消費電力で16ヶ所の読み出し部に定電流を供給可能

今後  
 製作した読み出しシステムが仕様を満たしている事を確認した。今後は、マルチプレクサーを試験する為のクロック出力プログラムを完成させ、マルチプレクサーの試験を行い、その後、かなた望遠鏡に装着、試験を行う。