

可視赤外線同時カメラ HONIRの開発状況

秋田谷 洋^(a,*), 先本 清志^(b), 山下 卓也^(c), 川端 弘治^(a), 中屋 秀彦^(c), 宮本 久嗣^(d),
原尾 達也^(b), 伊藤 亮介^(b), 松井 理紗子^(b), 森谷 友由希^(a), 中島 亜紗美^(e,c), 大杉 節^(a,b),
笹田 真人^(f), 高木 勝俊^(b), 上野 一誠^(b), 宇井 崇紘^(b,c), 浦野 剛志^(b), 吉田 道利^(a)

(a) 広島大学・宇宙科学センター, (b) 広島大学大学院理学研究科, (c) 国立天文台, (d) Molex Japan Co., Ltd.,
(e) 東京大学, (f) 京都大学

(*) E-mail: akitaya@hiroshima-u.ac.jp



[1] かなた望遠鏡とHONIR

かなた望遠鏡

- 1.5-m Ritchey-Cretien 望遠鏡; 東広島天文台(広島県東広島市)宇宙科学センターで運用(Fig. 1)。
- 突発・変光(+偏光)天体(ブレーザー、超新星、γ線バースト)の観測で多数の成果。

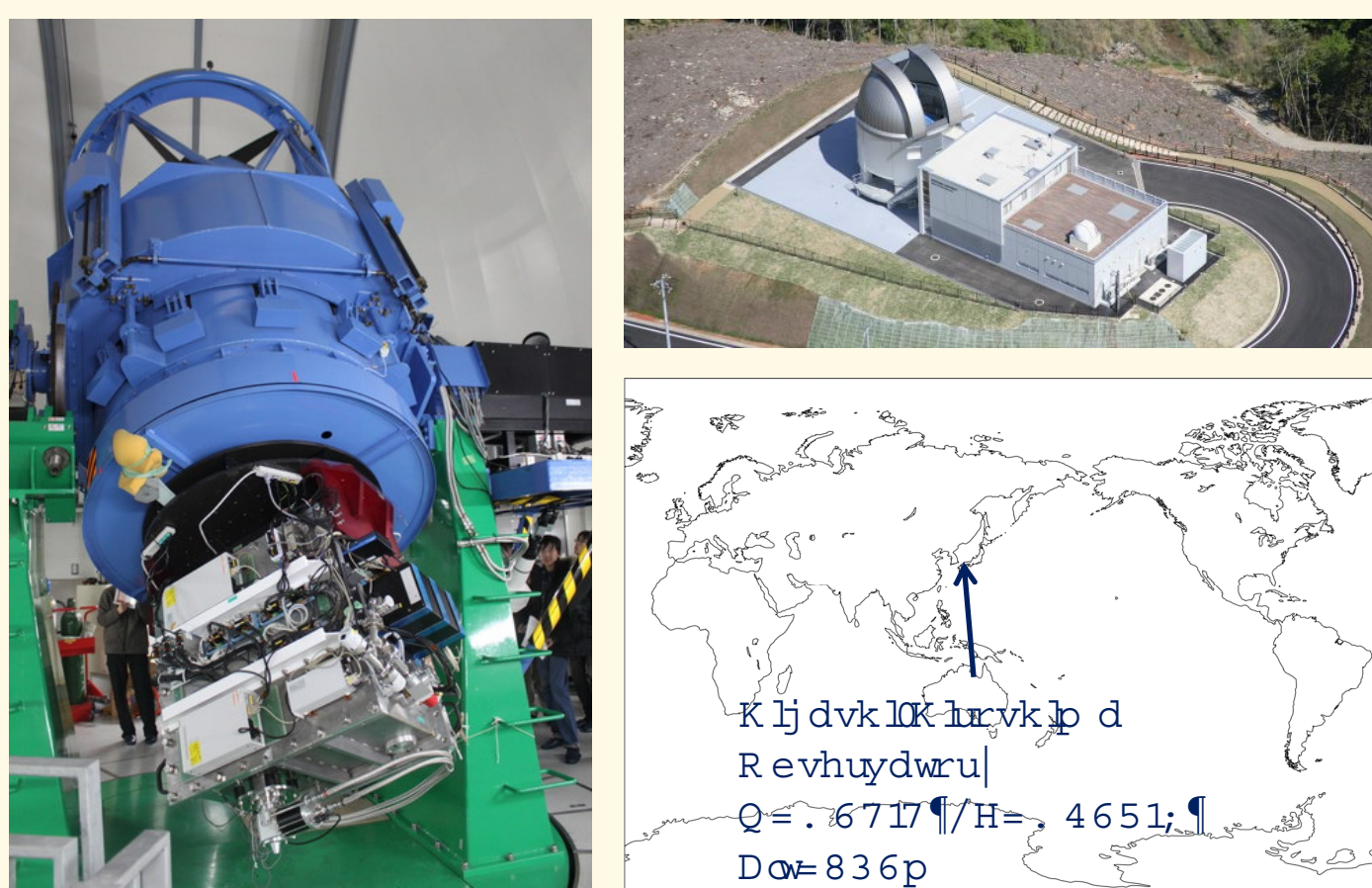


Fig. 1: かなた望遠鏡と東広島天文台

HONIR (Hiroshima Optical and Near-Infrared camera; おにーる)の設計仕様・開発状況 (Fig. 2; Table 1)

- かなた望遠鏡用新装置 (Cassegrain focus; F/12.3).
- 0.5-2.4 μm の波長域のうち、3バンド同時の観測が可能
- 撮像時視野 10 arcmin sq.
- 分光および偏光観測 (偏光撮像・偏光分光)も可能
- 開発の経緯と今後:
2007: 開発開始
2009: 近赤外1ch撮像モード導入
2011: 2ch(可視×1, 近赤外NIR×1)同時撮像モード導入(現在)
将来: 分光・偏光モード搭載。
第2近赤外armの導入

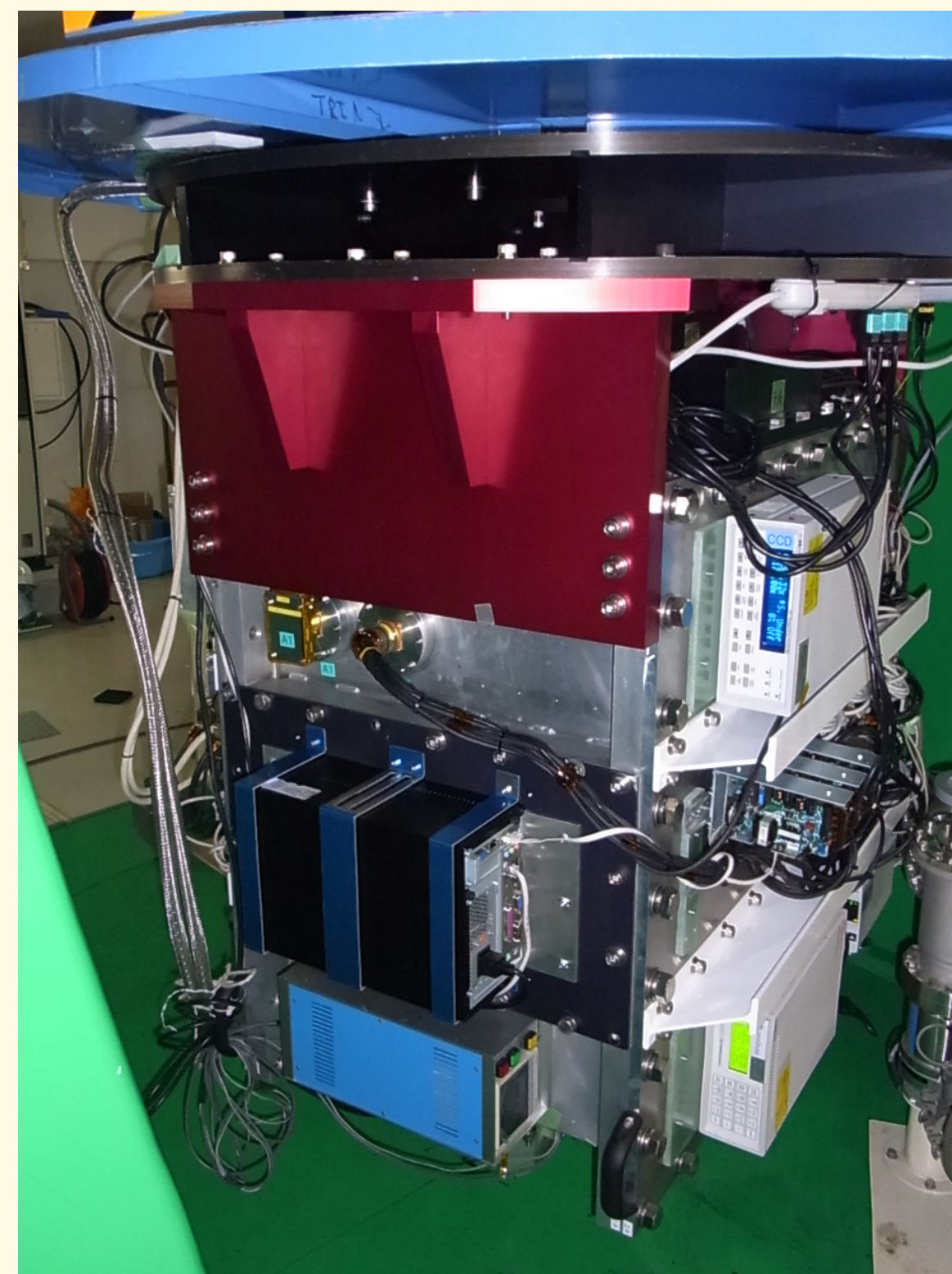


Fig. 2: 望遠鏡に装着したHONIR

Table 1: HONIRの基本仕様

	Optical Arm	IR Arm #1	IR Arm #2 (in future)
Wavelength(μm)	0.5-1.0	1.45(1.15 ^[1])-2.40	1.15-1.35
視野・ピクセルスケール		10' × 10'; 0.29"/pixel	TBD
望遠鏡焦点での視野サイズ		53.8 mm sq.	TBD
検出器上の視野サイズ	30.7 mm sq.	40.9 mm sq.	TBD
フィルター	B ^[2] , V, R _G , I _G , z', Y	Y, J, H ^[3] , Ks ^[3]	H, Ks
検出器	CCD (Hamamatsu Photonics)	HgCdTe VIRGO (Raytheon)	TBD
検出器パラメーター	2048 × 4096 pix; 15 μm /pix	2048 × 2048 pix; 20 μm /pix	TBD

[1] IR Arm #2 の導入まで(現時点)は1.15- μm IR Arm #1が担当; [2] 0.4-0.5 μm も部分的に透過のためBバンド観測も限定的に可能; [3] IR Arm #2 導入後はそちらに移設。

[2] HONIRの設計と仕様

(1) 光学系

- 2枚のダイクロイックミラーで3波長のarm(0.5-1.0, 1.15-1.35, 1.45-2.40 μm)に分岐させる再結合光学系 (Fig. 3, 4)。
- (*) 現状はダイクロイックミラー1枚による2分岐 (0.5-1.0 と 1.15-2.40 μm) モードを搭載。
- 全視野 10 arcmin sq (0.29"/pix)。
- 光学系は 85 K に冷却して運用。
- 分光 (将来拡張):
グリズム (波長帯により BK7 又は S-FTM16) を各armに設置、低分散 (R~350) 分光を実現する。より高分散 (R~700) または超低分散 (R~30) 分光素子の導入も検討中。
- 偏光観測 (将来拡張):
Super-achromatic 半波長板 (任意方位角回転制御)、格子状焦点マスク、偏光プリズム (Wollastonプリズム; 材質 LiYF₄ (YLF; Perrin+08) で設計・製作中; Fig. 5) の設置により、直線偏光観測 ($\Delta p < 0.1\%$) を実現する。

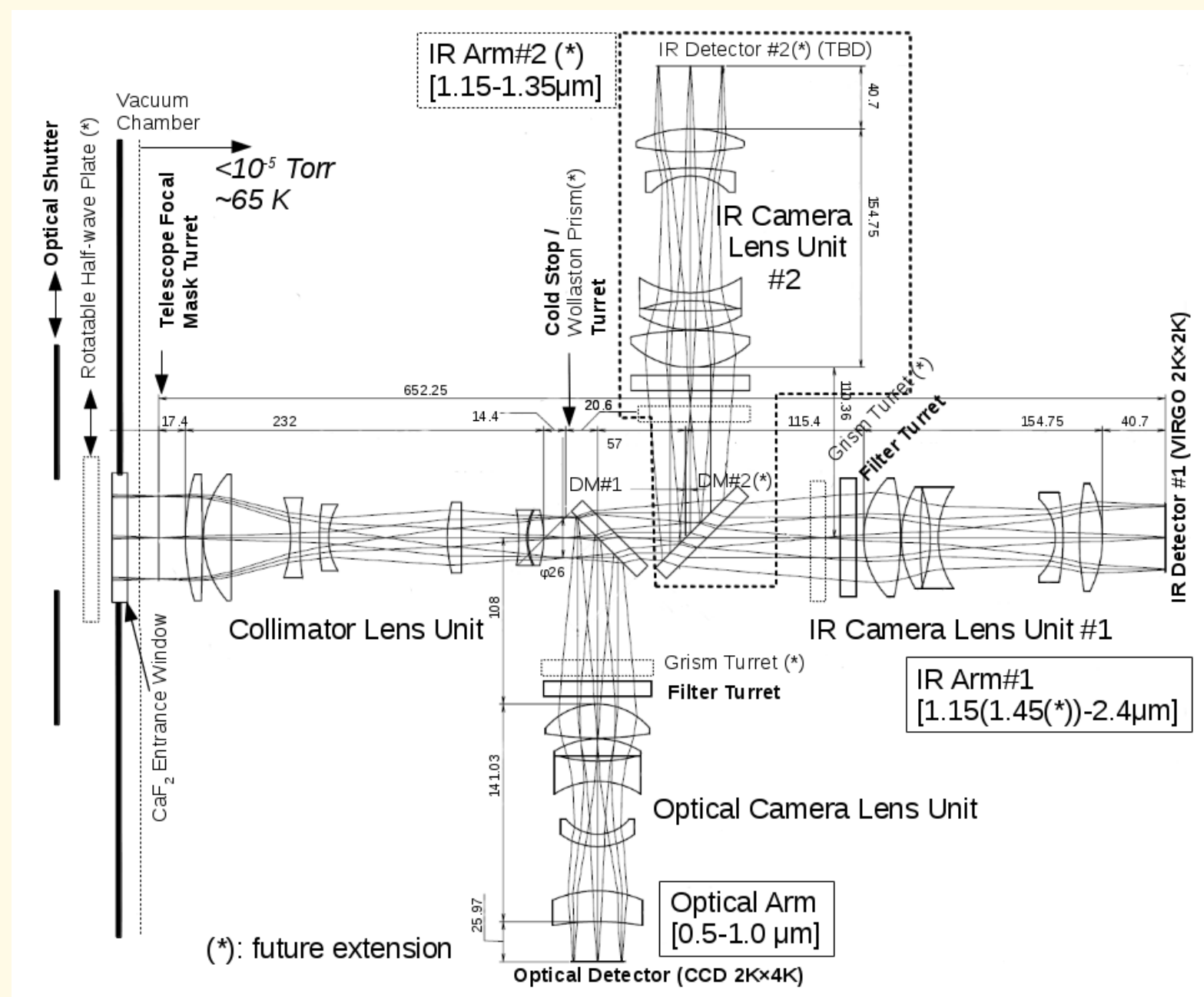


Fig. 3: 光学設計

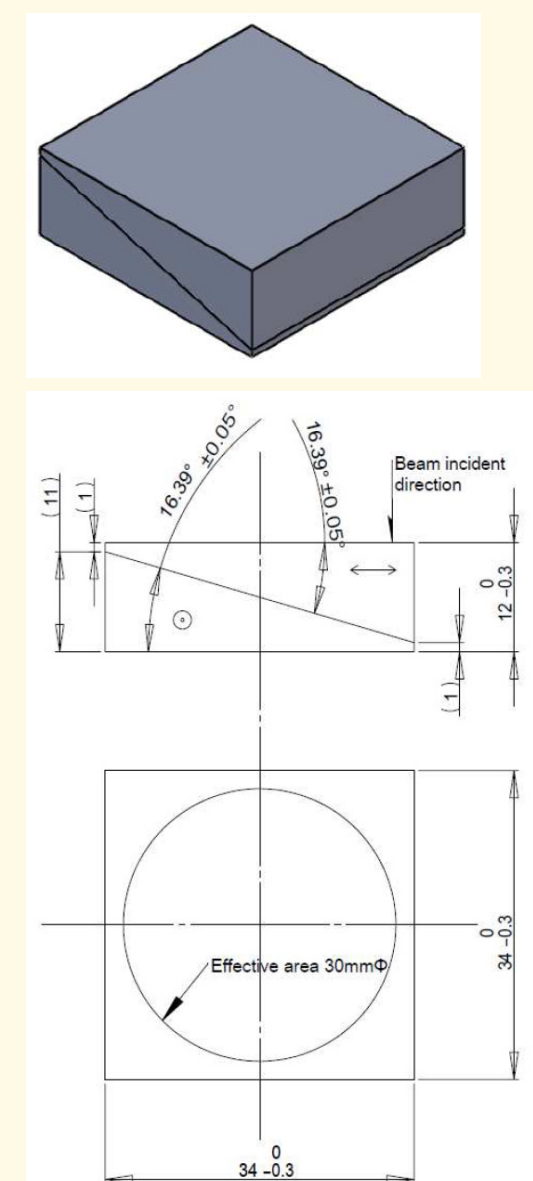


Fig. 5: YLF Wollastonプリズムの設計

(2) 検出器

- 可視arm: 完全空乏型裏面照射 CCD (浜松ホトニクス; Kamata+06)
- 近赤外 arm #1: HgCdTe VIRGO アレイ (Raytheon)
- 読み出し回路: Messia 5 (総合読み出し制御; Nakaya+06a), MFront2 (CCD用フロントエンド; Nakaya+06b,12), MACS2 (HgCdTeアレイ用フロントエンド; Nakaya+98) (Fig. 6)。
- 現状は、HgCdTeアレイの読み出しノイズが非常に大きい (Table 2)。対処を進めている。
- HgCdTe VIRGO アレイ用の新しい読み出しシステムの設計製作を進めている。Kiso Wide Field Camera (KWFC; Sako+12) の読み出しシステムをモデルとする。これにより、16ch同時読出(現状4ch同時)化による読出高速化と読出ノイズの低減が図れると期待している。

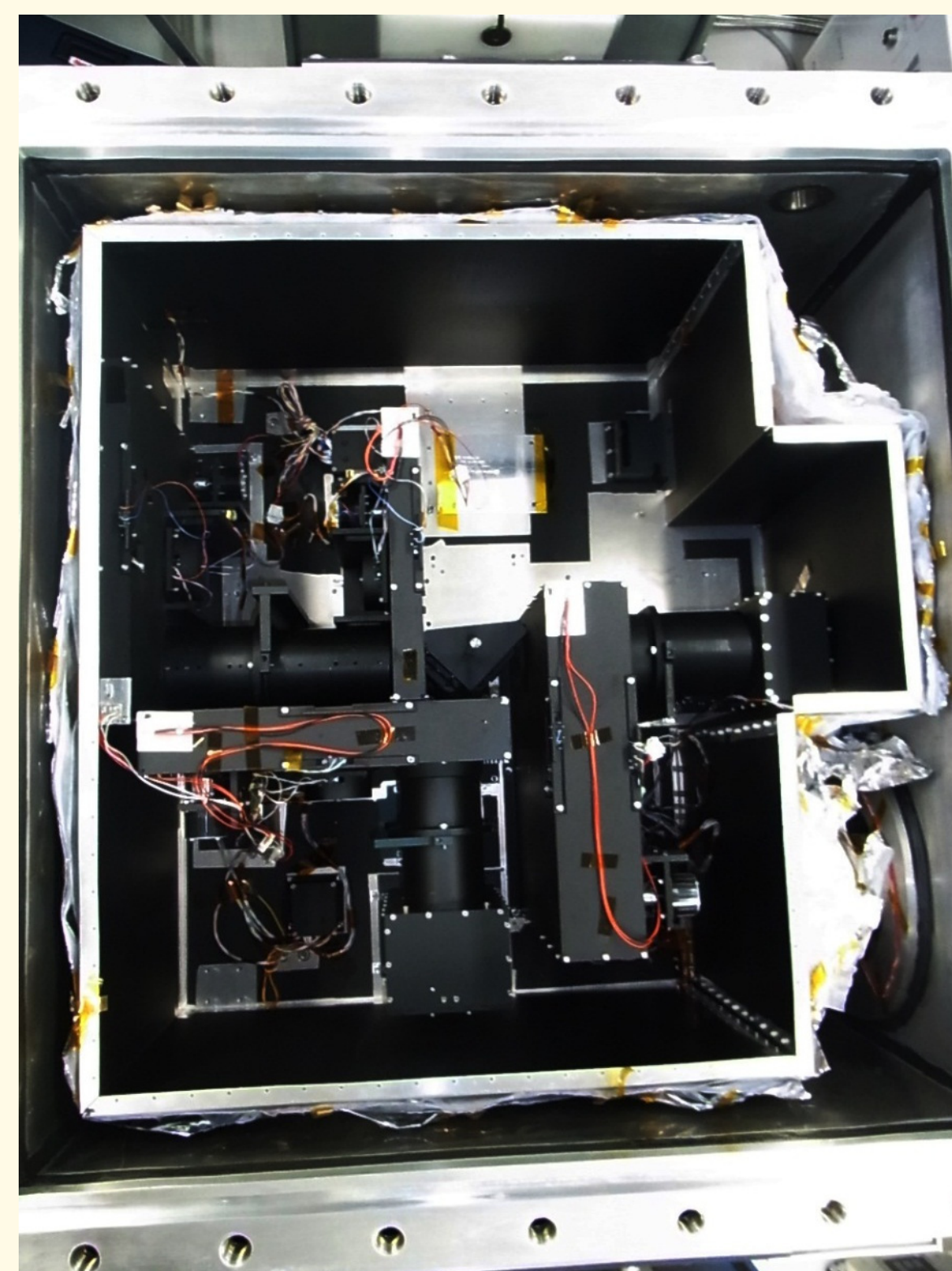


Fig. 4: 光学定盤上に設置された各素子

Table 2: 検出器の現状性能

	CCD (2k × 4k)	HgCdTe (2k × 2k)
制御システム	Messia 5 + MFront2	Messia 5 + MACS2
読み出しポート数	4	4 (16 in future)
ピクセル読出速度	133 kHz	234 kHz
フレームレート (sec/frame)	17.4	4.5
変換係数 (e-/ADU)	1.54-2.15	3.4
読み出しノイズ (e- rms)	~8	~170-240 (!) (削減が課題)

(3) 真空・冷却系

- 真空チャンバー: アルミ溶接容器 (0.96 × 0.96 × 0.63 m)。一段式 Gifford-McMahon サイクル冷凍機 (出力 140 W @ 70 K) にて、光学定盤を 60-70 K に冷却・維持。
- 6日間の予備真空引き・冷却の後、少なくとも36日間にわたり、内部温度と真空度を所望の程度 (60-70 K < 10⁻⁵ Torr) に維持可能。(ただし、外気温が -5~+15 °C の秋・冬期において、夏季の冷却維持にはさらなる冷却効率向上が必要。)

(4) 最近の開発の話題から

- 黒アルマイト処理されたアルミ材表面は、近赤外線波長域において高い反射率を有するため、迷光抑制の観点では近赤外線を扱う光学系の内面として不適切である。数種類の塗布式の塗料や表面処理による表面サンプルを作成し分光反射率を比較測定した。(株)旭プレシジョンによる無電解ニッケルメッキ処理「ソルブラック」が可視～近赤外にわたって低い反射率を維持し、冷却耐性も有し、かつ処理がたやすいことがわかった (Fig. 7)。今後製作する部品に採用する。

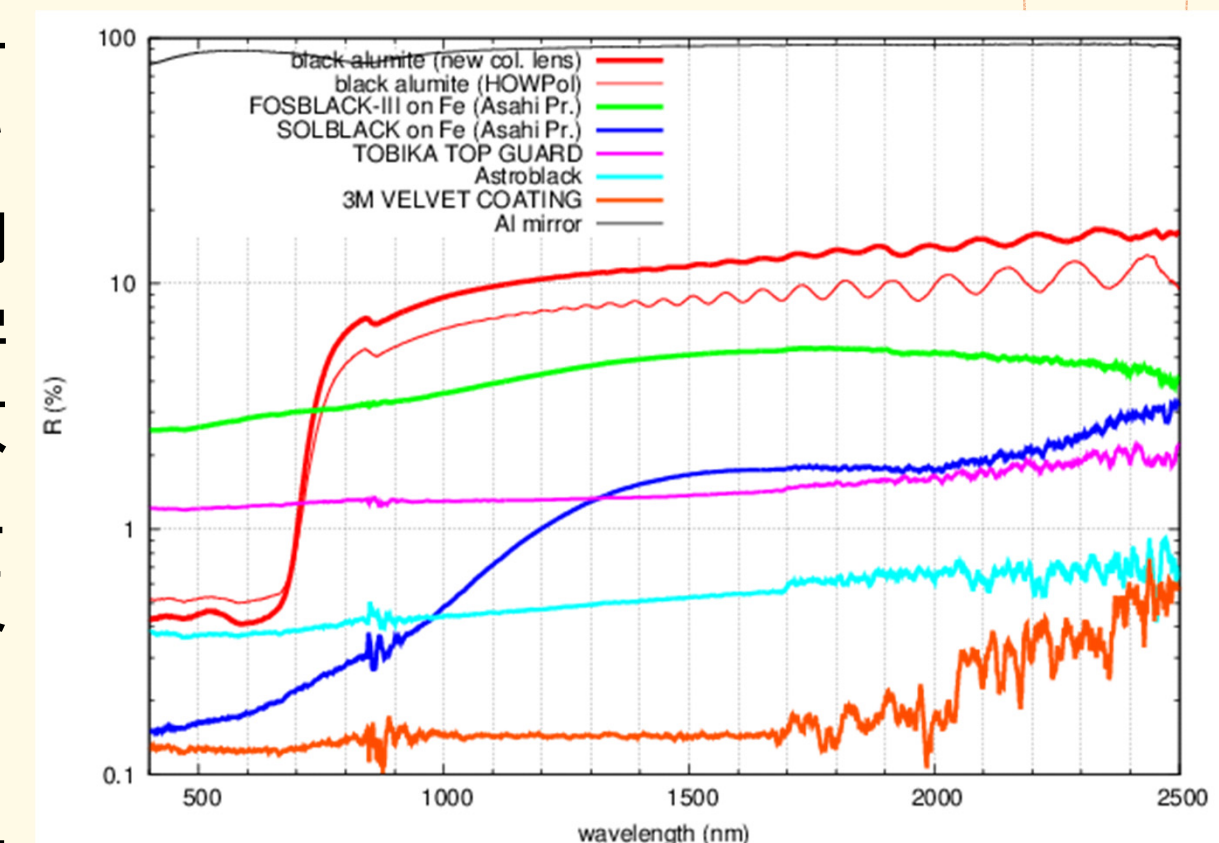


Fig. 7: 減反射表面処理の分光反射率 (入射角 12°)。青線がソルブラック (ただし Al 板への処理ではこれより若干反射率が増加する)。NAOJ ATC オプトショップで測定。

[3] 観測例

撮像例 (Fig. 8)

- 最良星像サイズ: 視野中心で fwhm ~ 0.9" fwhm (近赤外)、~ 1.7" (可視バンド)。但し、シーイング・望遠鏡追尾誤差 (HONIR 装着時に顕著であった) 含む。
- 視野端で星像伸び・にじみあり → 光学系アライメントの修正で改善する。

測光例 (Fig. 9)

- m_J ~ 11.7 mag の天体について、近赤外波長域・積分時間 60 sec × 5 = 300 sec にて、現状測光制度 0.01-0.02 mag 程度。



Fig. 8: 疑似3色合成図 (a) M42 (V, J, K_s; 9'2 × 9'8), (b) NGC891 (V, R_G, I_G; 6'2 × 9'5), (c) NGC891 (J, H, K_s).

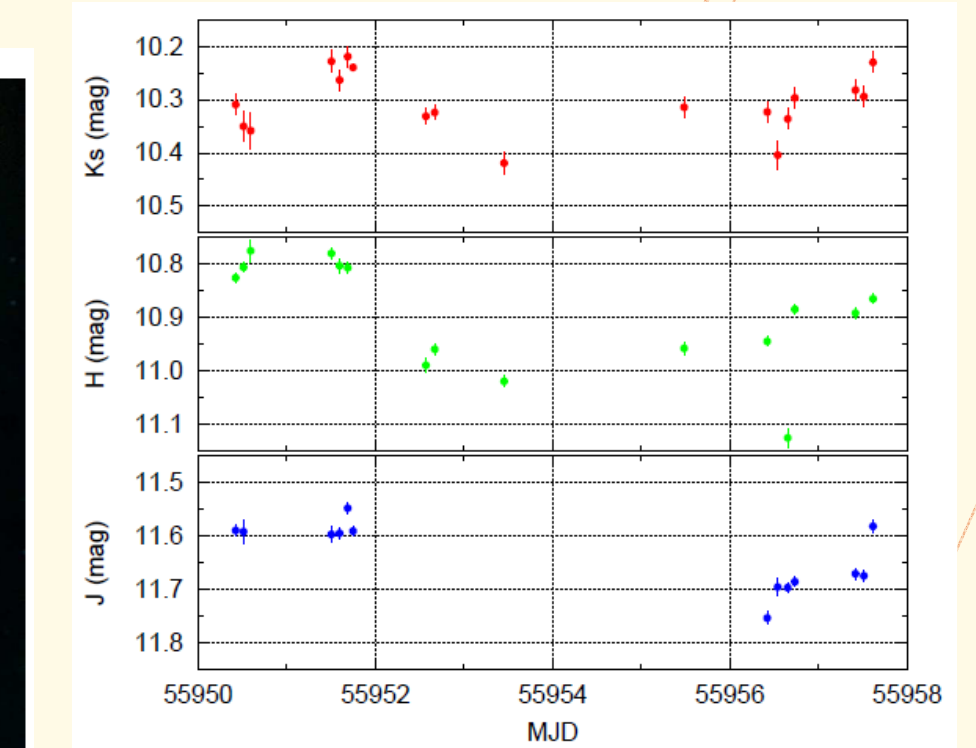


Fig. 9: YSO MM Mon のライトカーブ例。各点とも、60 sec × 5 dithering。

[4] 今後の予定

- 2012-2013 秋/冬: 分光・偏光モード搭載
- 2014 or その後?: 第2近赤外 arm (IR arm #2) 搭載

References

- ✓ Oliva et al. (1997) A&AS, 123, 179.
- ✓ Kamata et al. (2006) Proc. SPIE, 6276, 62761U.
- ✓ Nakaya et al. (1998), Proc. SPIE, 3354, 368.
- ✓ Nakaya et al. (2006a), PASP, 118, 478.
- ✓ Nakaya et al. (2006b), Proc. SPIE, 6269, 62693G.
- ✓ Nakaya et al. (2012). PASP, 124, 485.
- ✓ Sako et al. (2012), Proc. SPIE, 8446, page 未定.

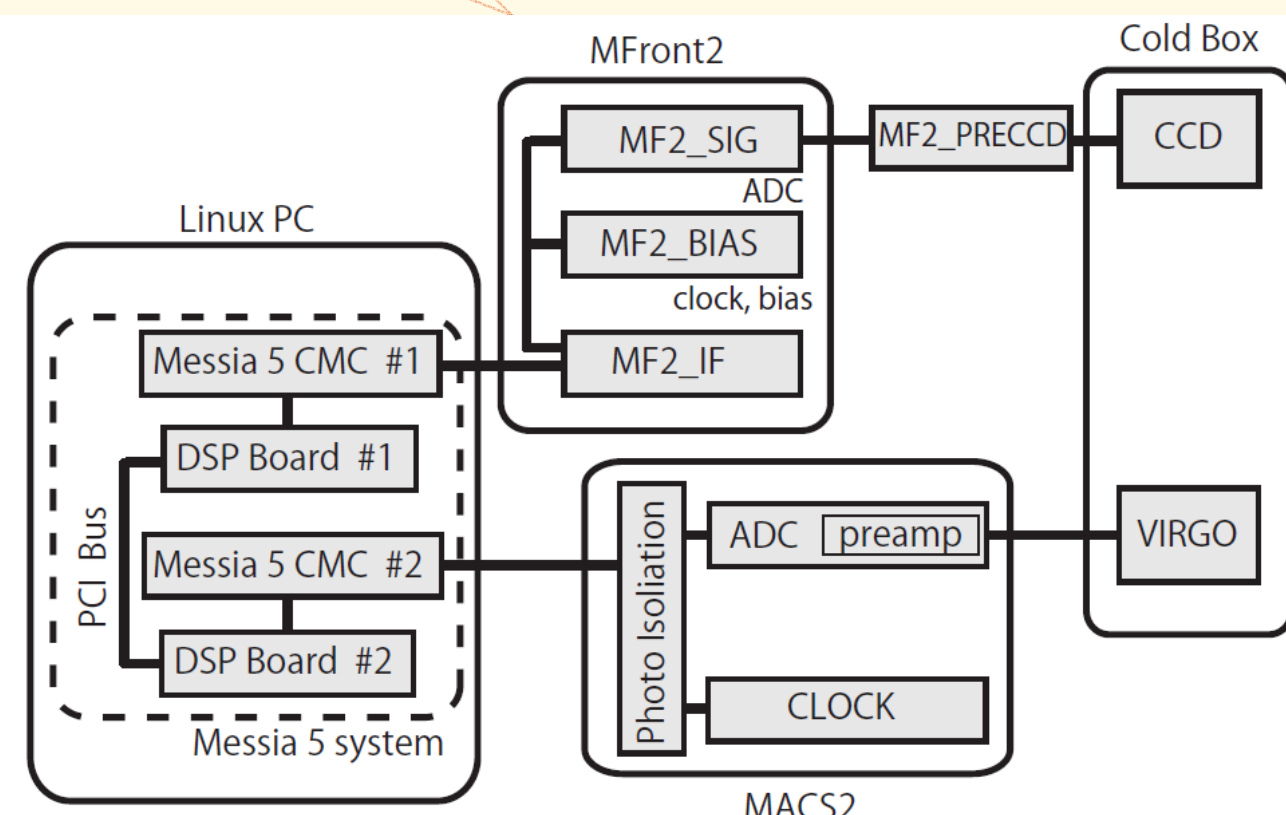


Fig. 6: 検出器システムのブロックダイアグラム

SPIE2012 (@Amsterdam) にて HONIR 装置論文発表 (Sakimoto et al. 2012, Proc SPIE 8446, ページ未定). manuscript は以下 HONIR web page からダウンロードいただけます。



Web page:
http://hasc.hiroshima-u.ac.jp/instruments/honir/

