

かなた望遠鏡用 可視赤外線同時カメラHONIRの開発

広島大学・宇宙科学センター 秋田谷 洋 akitaya@hiroshima-u.ac.jp

宇井崇紘, 森谷友由希, 浦野剛志, 大橋佑馬, 上野一誠, 高木勝俊, 伊藤亮介, 川端弘治, 吉田道利, 大杉節 (広島大学),
中島亜紗美 (名古屋市科学館), 山下卓也, 中屋秀彦 (国立天文台), 笹田真人 (京都大学), 先本清志, 原尾達也



1 HONIRについて

- 「可視赤外線同時カメラHONIR(おにーる)」は、東広島天文台1.5mかなた望遠鏡用の観測装置である(図1、2、表1)。
- 2007年に開発を開始し、2011年10月に可視・近赤外線2バンド同時撮像観測機能を搭載した(図3) [1]。
- さらに2013年1月に分光観測機能を搭載した。また、2014年1月には、偏光素子を導入することで偏光撮像・偏光分光観測機能も搭載する予定である。
- 分光観測機能の性能評価、および、偏光観測機能搭載に向けた現状について報告する。



図1: かなた望遠鏡とHONIR

表1: HONIRの主な仕様

	Optical Arm	IR Arm #1(*)
波長域 (μm)	0.5-1.0	1.15-2.40
ピクセルスケール	0".29/pixel	
視野	10' × 10'	
撮像	フィルター B ⁽²⁾ , V, R _c , I _c , Z', Y	Y, J, H, Ks
装置効率 (実測: 望遠鏡込)	4%(B), 21%(V), 20%(R, I)	21%(J), 29%(H), 21%(Ks)
スリット	1".3(0.12mm), 2".2(0.2mm), 6"(0.54mm)	
分光	グリズム略称 optical	IR short IR long
λ/Δλ (0.12mmslit)	440(V)~800(Z')	630(J) 570(H)~600(K)
偏光 (開発中)	LiYF ₄ (YLF)製 Wollaston prism + super-achromatic 半波長板 + 専用焦点マスク	
種類	完全空乏型 CCD (浜松ホトニクス)	HgCdTe VIRGO (Raytheon)
フォーマット	2048 × 4096 pix; 15μm / pix	2048 × 2048 pix; 20μm / pix
読み出しシステム	Messia 5 + MFront 2	Messia 5 + MACS2

(*) 将来は1.15-1.35μmと1.45-2.4μmの2 armsに分離予定。
(2) 部分的に透過

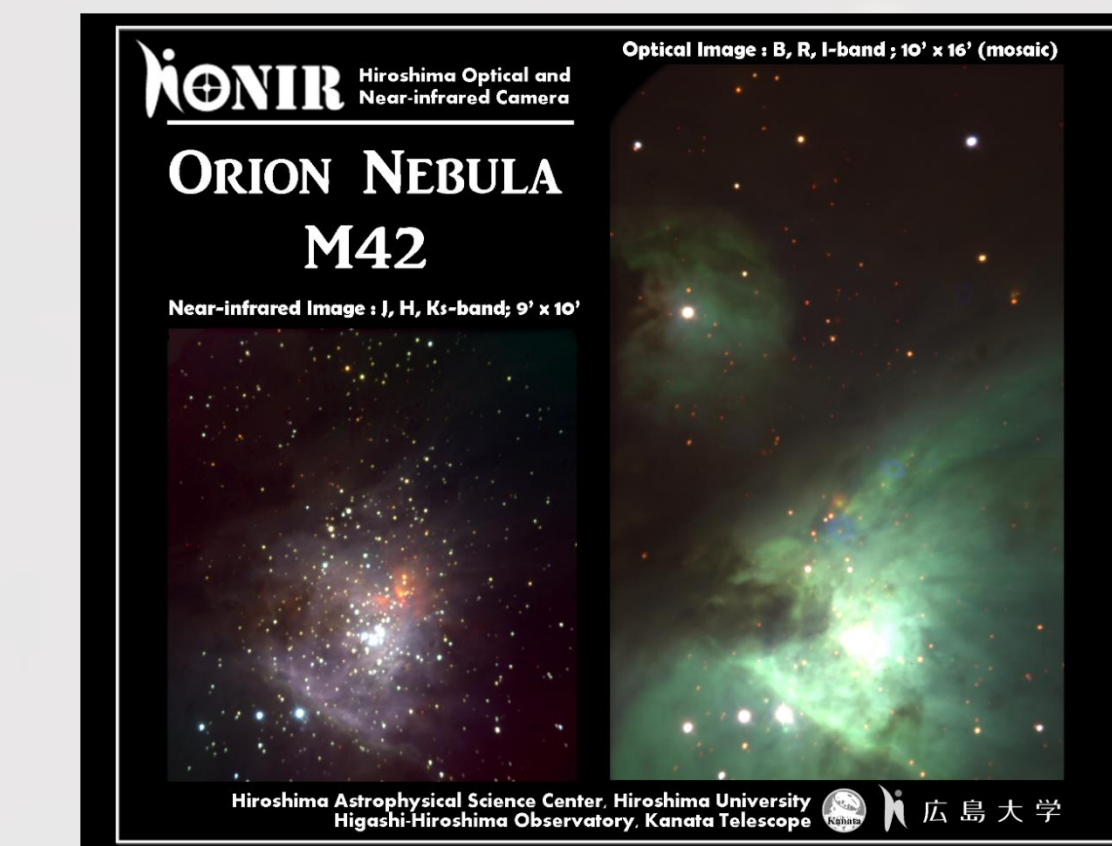


図3: M42撮像例(疑似3色合成)。(左)近赤外線(J, H, Ks)、(右) B, V, R

2 分光機能の搭載

- HONIRの分光機能は、入射焦点面にスリットマスク、ダイクロイックミラー以降の各バンドの平行光線部にグリズムを挿入することで実現する(図2)。
- 可視バンドはグリズム1種で全波長域をカバーする。近赤外線バンドは、JバンドとH-Kバンドでグリズムを選択して用いる。
- グリズムは、0.20mm (2.2")スリットにおいて超新星や新星等のスペクトル線を十分速度分解できるR~350 (Δv~860 km/s)を達成できるように設計・制作した(表2、図4)。

表2: グリズムの設計仕様

	可視用 (optical)	近赤外線 Jバンド用 (IR short)	近赤外線 H-Kバンド用 (IR long)
波長帯 (μm)	0.41-0.97	1.07-1.43	1.50-2.40
中心波長 (μm)	0.683	1.232	1.933
設計分 解能	330	354	371
λ/Δλ	0.12 mm slit (1.3")	0.12 mm slit (1.3")	0.12 mm slit (1.3")
材質	BK7	BK7	S-FTM16
Wedge角 (°)	21.5	23.5	22.5
Grooves (gr/mm)	300	180	120
Blaze angle (°)	23.0	23.9	26.7
Groove pattern	54-039R	54-870R	54-831R
大きさ (mm)	51 × 51 × 21	59 × 59 × 27	59 × 59 × 26
有効径 (mm)	47	55	55

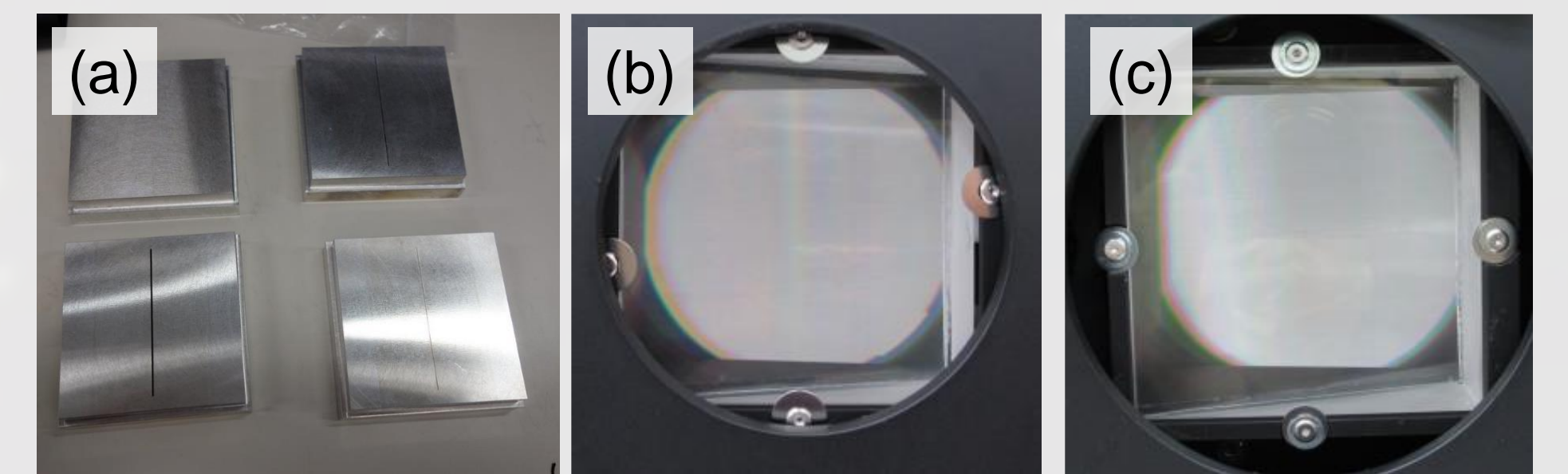


図4: 導入された分光素子。(a) スリットマスク群(左上は実験用ピンホール)、(b)可視バンド用グリズム、(c)近赤外線Jバンド用グリズム(IR-short)

3 分光性能評価

(1) 波長分解能

- 室内蛍光灯の輝線幅をもとに、波長分解能 $R(=λ/Δλ)$ を測定した。
- 0.12mm (1.3")スリットの場合、可視で R~440(V)~800(Z')、近赤外線IR-shortグリズムで 630 (J)、IR-longグリズムで570(H)~600(K) (図5)。およそ設計仕様を満たす。

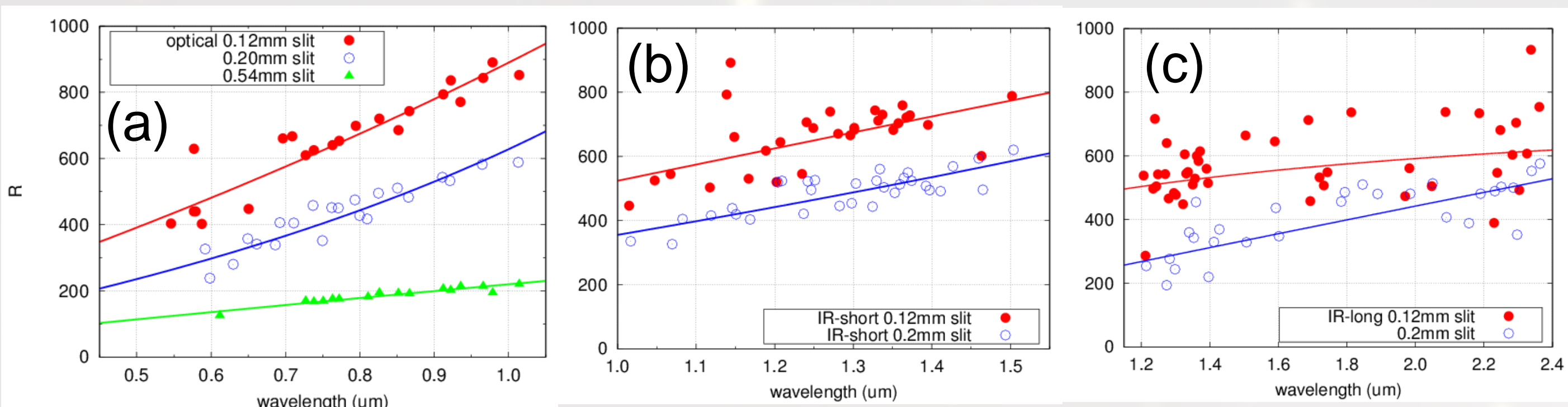


図5: 波長分解能の測定結果。0.12mm slit(赤)、0.20mm slit(青)、0.54mm slit(緑)。(a)可視グリズム、(b)近赤外線IR-shortグリズム、(c)近赤外線IR-longグリズム。

(2) 分光限界等級

- 1.3"スリット・300秒積分において、Hバンドで~13.8 mag、K_sバンドで~12.6 magの天体のスペクトルを淡く検出できている(図6)。詳細な定量評価を進めている。

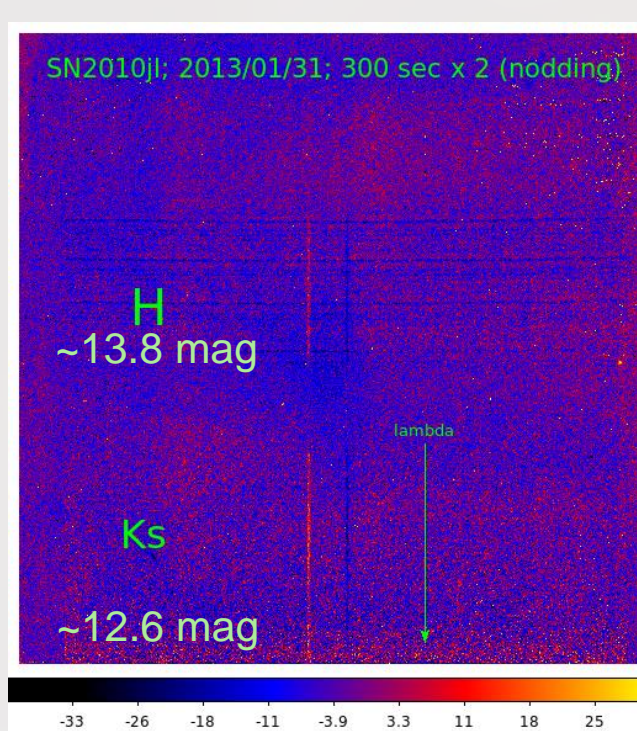


図6: SN2010jlの分光画像例

(4) 観測スペクトル例

- 超新星、ブレーザー、X線新星、前主系列星、新星、Wolf-Rayet星等について、分光観測を実施した(図8)。

図8: (a) Wolf-Rayet 星 WR006 (連続光で規格化)、(b)(c) 新星 Nova Cep 2013 (京産大新井氏との共同研究)

(3) 分光透過効率

- 分光測光標準星 [2,3] をスリットレス分光し、分光透過効率(望遠鏡込み)を測定した。
- 可視の主要な観測域で10-20%、近赤外線で15-20%であった(図7)。
- 2次分散光の混入が生じている。オーダーカットフィルター(可視用<0.55μmカット、近赤外線用<1.33μmカット)を導入して適宜併用する。

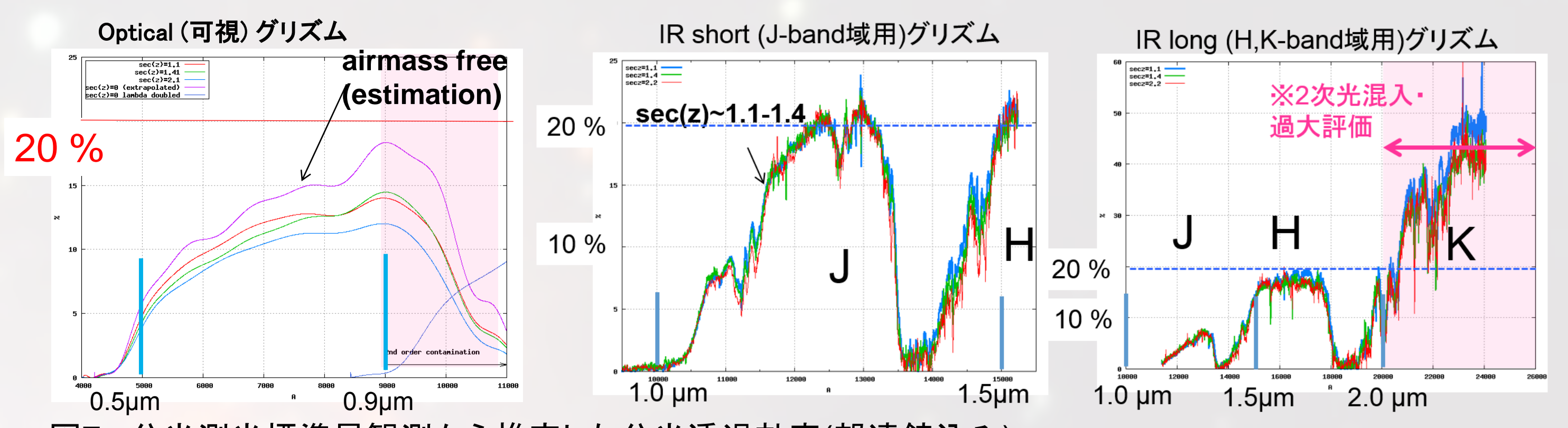


図7: 分光測光標準星観測から推定した分光透過効率(望遠鏡込み)。

4 偏光観測機能搭載に向けて

- 半波長板、Wollaston prism(WP)、偏光観測専用焦点マスクを光路に設置し、直線偏光の偏光撮像・偏光分光観測機能を搭載する。偏光度測定精度 0.1%以下を目指す。2014年1月に、望遠鏡上での初の偏光試験観測を行う予定である。
- 半波長板は、有効径92mmのPancharatnam型super-achromatic半波長板である(図9(a))。入射窓前の常温部に配置する。偏光観測時に挿入し、任意角度に回転して用いる(挿入・回転機構については本WS浦野発表参照)。
- WPIはYLF(フッ化イットリウムリチウム)のものを設計・製作した(図9(b))。冷却下のcold stop位置に配置する。YLF材は可視・近赤外線全体で透過し、偏光分離角が大きく(偏光撮像時の視野が広い)、かつ色分散が小さい(偏光撮像時の像伸びを軽減)。異なる光学軸間の線膨張率差が小さい(熱サイクルに強い)。
- WPで分離する像の重なりを避けるため、一定間隔ごとに視野を遮ったマスクを焦点面に配する(図10)。器械偏光生成を避けるため、材質には、金属ではなくマシナブルセラミックス(有明マテリアル/黒崎播磨 マセライトHSP・黒色)を用いる。
- 2013年11月に、装置内を冷却した上でWP越しに焦点ピンホール像を分光し、設計通りの分離角で直交偏光2成分の偏光スペクトルが得られることを確認した(図10)。

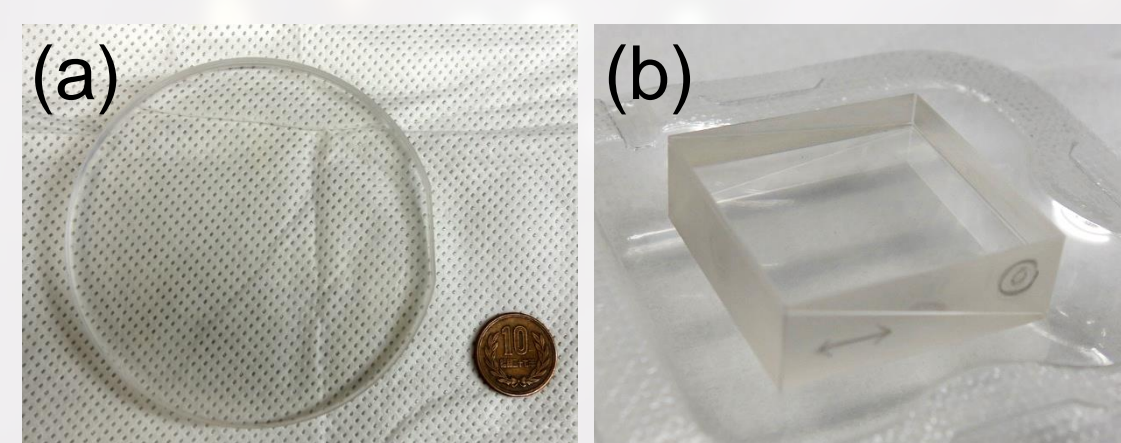


図9: (a) 半波長板、(b) Wollaston prism

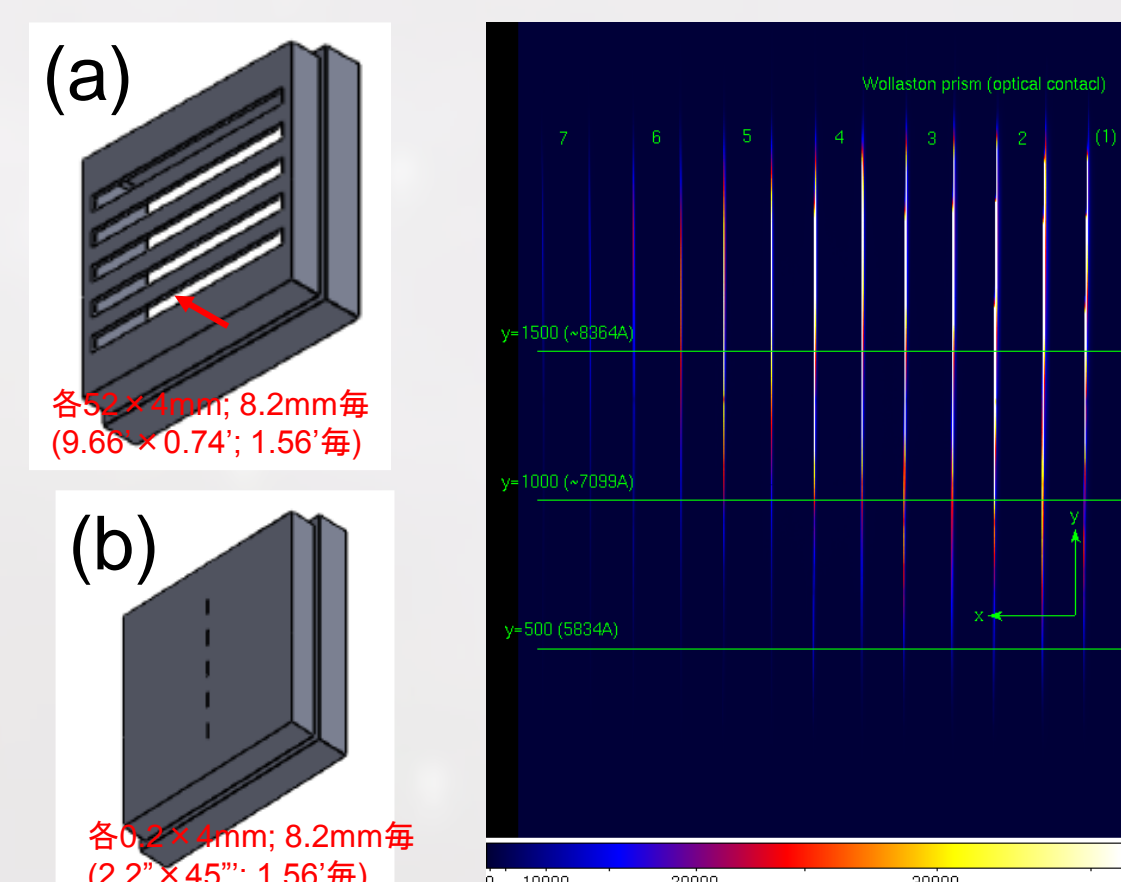


図10: (a) 偏光撮像用焦点マスク、(b)偏光分光用焦点マスク

5 今後の開発

- 偏光観測モードを搭載しての試験観測(2014/1-)
- 長期間装置を望遠鏡に装着した安定運用へ
- 近赤外線検出器駆動システムの刷新(本WS宇井発表参照): 読み出しシステムの老化化対応、16ch同時読み出し(現状4ch同時読み出し)による高速化
- オフセットガイドの導入(時期未定)
- 3バンド同時観測化: 検出器を手配でき次第。(時期未定)

References

- [1] Sakimoto et al. 2012, Proc. SPIE, 8446, 844673
- [2] Rayner et al. 2009, ApJS, 185, 289 (http://irtfweb.ifa.hawaii.edu/~spex/IRTF_Spectral_Library/)
- [3] Hamuy et al. 1992, PASP, 104, 533

