

可視赤外線同時カメラHONIR: 分光機能搭載と試験観測

広島大学・宇宙科学センター 秋田谷 洋

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・近赤外線同時カメラHONIR(おにーる)」は、東広島天文台 口径1.5m 望遠鏡(図1)用の観測装置である。
- これまでに、可視1バンド・近赤外線1バンド、計2バンド同時の撮像・分光機能を搭載した。さらに偏光素子を導入し、偏光撮像・偏光分光観測機能も追加する予定である(図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]。
- その後、**2013年1月に分光観測機能を搭載した**。ここでは、分光観測機能の性能評価について報告する。



図1: かなた望遠鏡とHONIR

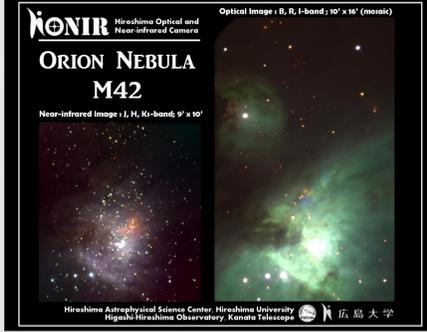


図3: HONIRのM42撮像例(疑似3色合成)。(左)近赤外線(J, H, Ks)、(右) B, V, R

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 ^(*) , V, R, I, z', Y, Y, J, H, Ks	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(0.54mm)	
分光	グリズム総称 optical	IR short IR long
N/Δλ (0.12mm slit)	440(V)~800(z')	630(J) 570(H)~600(K)
偏光 (開発中)	LiYF4 (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)
検出器	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

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

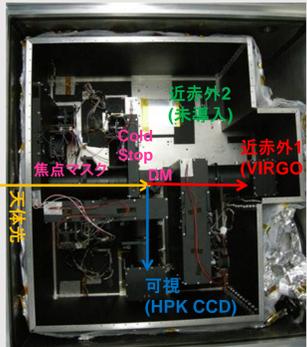
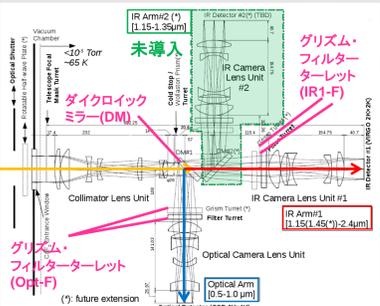


図2: HONIRの光学設計(左)と実際の素子配置(右)

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、および、ダイクロミックミラー以降の各バンドの平行ビームにグリズムを挿入することで実現する(図2)。
- スリットは、通常分光用として0.12mm(1.3")幅、0.20mm(2.2")幅2種、測光分光用として0.54mm(6")幅1種を設置した(図4a)。
- 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、

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	0.20 mm slit	330	354
解能	0.12 mm slit	550	590
N/Δλ	0.12 mm slit	550	618
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

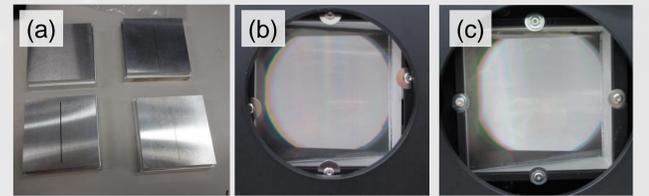


図4: 導入された分光素子。(a) スリットマスク群(左上は実験用ピンホール)、(b)可視バンド用グリズム、(c)近赤外線Jバンド用グリズム(IR-short)

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 $R(=N/\Delta\lambda)$ を測定した。
- 0.12mmスリット(最狭)の場合、可視で $R\sim 440(V)\sim 800(z')$ 、近赤外線IR-shortグリズムで 630 (J)、IR-longグリズムで570(H)~600(K)であった(図5)。およそ設計仕様を満たしている。
- スリットマスクからの迷光により、スペクトル断面が非対称性となり、若干の波長分解能の劣化が生じている(図6、7)。マスクに適切な黒塗り塗装を施して迷光を抑制する。

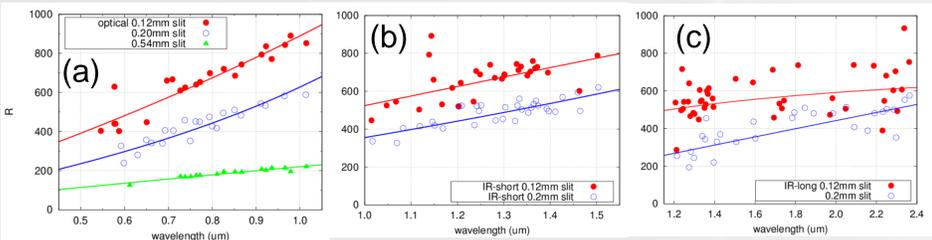


図5: 波長分解能の測定結果。0.12mm slit(赤)、0.20mm slit(青)、0.54mm slit(緑)。(a)可視グリズム、(b)近赤外線IR-shortグリズム、(c)近赤外線IR-longグリズム。

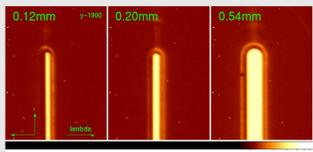


図6: フラット光源入射時のスリット像。スリットの周囲に迷光により光っている。

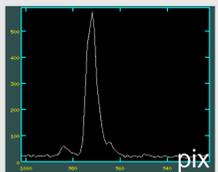


図7: 0.12mm スリットの強度分布断面(波長方向)。

(2) 分光限界等級

- 0.12mm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8)。(詳細な定量評価を現在進めている)



図8: 超新星SN2010jlのスペクトル画像例

(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%、近赤外線では15-20%であった(図9)。
- 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。

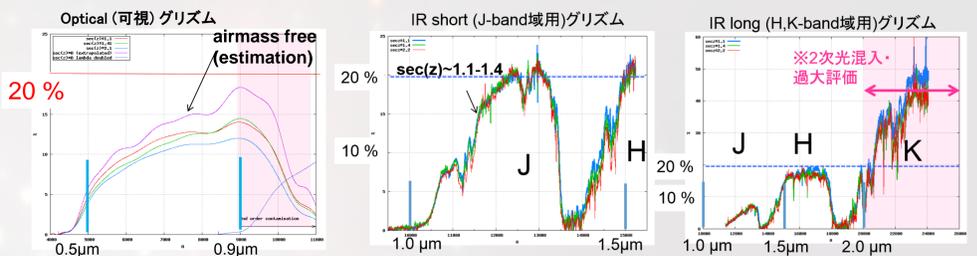


図9: 分光測光標準星観測から推定した分光透過効率(望遠鏡込み)。

(4) 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、可視・近赤外線同時分光観測を始めている(図10)。

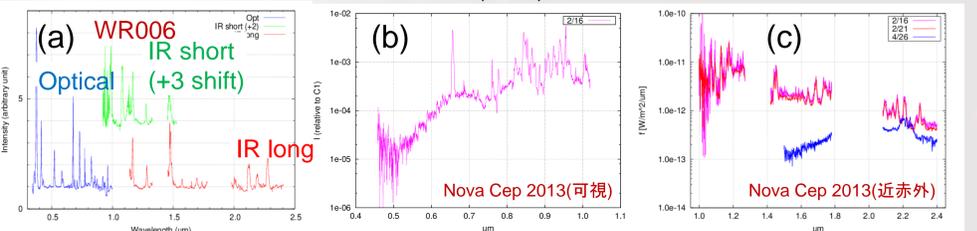


図10: 観測スペクトル例 (a) Wolf-Rayet 星 WR006 (連続光で規格化)、(b)(c) 新星 Nova Cep 2013 (京産大新井氏との共同研究)

4 今後の開発

- 偏光観測モードの導入: Pancharatnam型半波長板、専用焦点マスク・スリット、Wollaston prism(YLF製)(図11)を設置。**偏光撮像・偏光分光観測機能**を搭載 (2013年11月予定)。
- 近赤外線検出器駆動システムの刷新: VIRGO 検出器の駆動システムを新規制作。読み出しの高速化(4秒→1秒/frame)・動作の安定化を図る^[4]。(2014年3月ころ)
- 光学素子交換機構(ターレット)の動作安定化: 現状ではターレット駆動用のモーターの一部にトルク不足・破損が発生している。信頼性の高い真空冷却下専用の高出力モーターに刷新する。
- オフセットガイダーの導入 (時期未定)
- 3バンド同時観測化: 近赤外線検出器を手配でき次第。(時期未定)

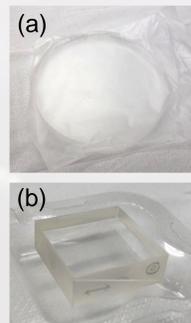


図11: (a) 半波長板、(b) Wollastonプリズム

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
- [4] 宇井ほか 2013、日本天文学会2013年春季年会、V06a

