

可視近赤外線同時カメラ HONIR開発の進捗状況



森谷友由希⁽¹⁾、秋田谷洋⁽¹⁾、宇井崇紘⁽¹⁾、浦野剛志⁽¹⁾、大橋佑馬⁽¹⁾、上野一誠⁽¹⁾、高木勝俊⁽¹⁾、伊藤亮介⁽¹⁾、川端弘治⁽¹⁾、吉田道利⁽¹⁾、大杉節⁽¹⁾、中島亜紗美⁽²⁾、山下卓也⁽³⁾、中屋秀彦⁽³⁾、笹田真人⁽⁴⁾、先本清志⁽⁵⁾、原尾達也⁽⁵⁾

(1) 広島大学、(2) 名古屋市科学館、(3) 国立天文台、(4) 京都大学、(5) 広島大学OB



1. かなた望遠鏡、HONIR

かなた望遠鏡 (旧赤外シミュレータ)

- 主鏡口径 1.5m
- 広島大学天文台(広島県東広島市)に2006年移設
- 広島大学宇宙科学センターが運用
- 高速駆動...最大角速度 5度/秒(Az.)、2度/秒(El.)
- GRBなどの突発天体、超新星・ブレーザー・X線連星などの変光(偏光)天体の観測

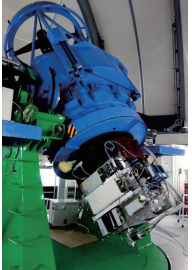


Fig. 2 かなた望遠鏡とHONIR

HONIR(Hiroshima Optical and Near-InfraRed Camera: 可視近赤外線同時カメラ)

- カセグレン焦点新装置 (F/12.3)
- 0.5-2.4μmの内3バンド同時観測
 - 可視 Arm x1、赤外 Arm x2
- 観測モード: 撮像、分光、偏光(撮像・分光)
- 視野 10' 口
- 2007年より開発開始
- 2013.08現在の状況
 - Opt Arm、IR Arm #1の撮像・分光モード搭載
 - 偏光モード準備中



Fig. 1 東広島天文台

Table 1 HONIRの基本パラメータ			
	OPTICAL Arm	IR Arm #1	IR Arm #2 (将来拡張)
波長域 (μm)	0.5-1.0	1.15[1.45 ⁽¹⁾]-2.40	1.15-1.35
ピクセルスケール	0".29/pixel	TBD	TBD
撮像	視野	10' x 10'	TBD
	フィルタ	B ^[2] , V, R, i, z', Y, H, Ks	Y ^[3] , J, ^[3]
分光素子	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)	
分光素子	グリズム	R=330 ^[4] 0.41-0.97μm BK7	R=371 ^[4] 1.5-2.4μm S-FTM16 BK7 ^[3]
			R=354 ^[4] 1.07-1.43μm BK7 ^[3]
偏光素子(開発中)			
検出器	種類	LYIF4 (YLF) 製 Wollaston prism + super-achromatic 半波長板 + 専用焦点マスク	TBD
	フォーマット	2048 x 4096 pix ² ; 2048 x 2048 pix ² ; 15μm/pix	TBD
読み出しシステム	Messia 5 + MFront 2	Messia 5 + MACS2 ^[5]	TBD

[1] IR Arm #2 導入後 [2] 0.4-0.5μmも部分的に透過するため限定的に観測可
[3] IR Arm #2 導入までは#1に設置 [4] 0.2mmスリット使用時
[5] 新システムに置換え予定 [P09](待参照)

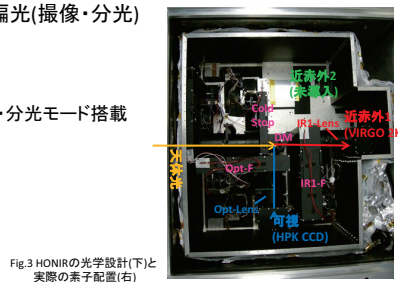
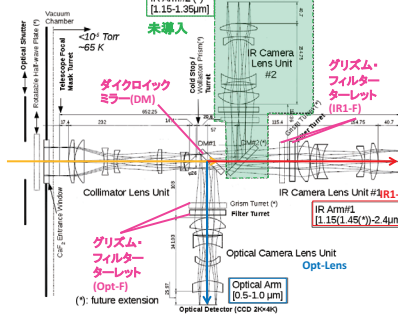


Fig. 3 HONIRの光学設計(下)と実際の光子配置(右)



2. HONIR・最近の開発状況

(1) 分光モードの立上げ

- 分光モード仕様 (Table 1参照)
 - スリット: 0.12mm (1".3), 0.20mm(2".2), 0.54mm (6".0)の3種類 (Fig. 4)
- グリズム (Fig. 5):
 - 可視: BK7 (0.41-0.97μm)
 - 赤外(short): BK7 (1.07-1.43μm)
 - 赤外(long): S-FTM16 (1.5-2.4μm)
 - ... 1.2-2.4 μm (実測)
- IR Arm #2未導入のため、2種類のグリズムをIR Arm #1で使用
- 波長校正...大気夜光を使用 (Fig. 6)
- 可視帯域と、赤外short/long いずれかの帯域を同時に分光可能

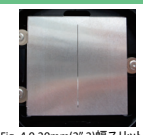


Fig. 4 0.20mm(2".2)幅スリット。表面処理はしていない

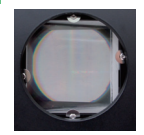


Fig. 5 グリズム(可視: 左、赤外short: 右)

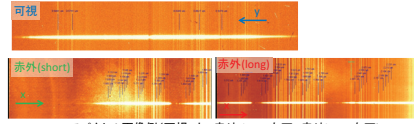


Fig. 6 スペクトル画像例(可視: 上、赤外short: 左下、赤外long: 右下) 画像は適当にトリミングしている。図中の青い線は夜光の位置。矢印は画像のピクセルの進む方向を示す。

- 2012年12月 分光素子組み込み
- 2013年1月 天体光による分光ファーストライト

(2) 赤外線検出器(VIRGO)のノイズ対策

- シールド・GND対策
- 配線ケーブルの改善 (Fig. 7)
- 2013年試験観測時のノイズ 22-24 e⁻
 - ← 従来 (~200 e⁻) の1/10程度にまで低減



Fig. 7 VIRGOのノイズ対策のために改良されたケーブル(下)と従来のケーブル(上)。シールドやGNDの取方に注意して改良を行った。

(3) 真空維持・冷却効率向上対策

- 2012年試験観測: 60-70 K, < 10⁻⁵ Torrを維持 (36日間、但し外気温 -5~+15 °C)
- 夏季の冷却維持のために冷却効率向上
- 吸着剤(多孔質固体)を導入...dewar 内のガスを吸着
- 多層インシュレータ(MIL)の改善...15層を縫製、固定方法の工夫
- 2013年試験観測時: 外気温30°Cで予想される光学定盤の温度: **61K**
 - 夏季でも冷却維持可能

VIRGOの駆動温度(75K)以下

(4) 赤外反射光の抑制

- 黒塗リ材の調査
- 可視-近赤外領域の反射率を抑制するもの
- ソルブラック(旭プレジジョン社製)を採用
 - 反射率<5%(0.5-2.5 μm) (アルミ材(A5052)サンプル)
 - 冷却による割れ・剥離などなし



Fig. 8 ソルブラック(旭プレジジョン)で表面処理をしたグリズムホルダー

(5) その他

- 駆動系の安定化、配線の簡素化
- 画像ヘッダー整備

3. 2013年1-4月の主な試験観測結果

試験観測: 2013年1月~4月

- ※途中(2月中旬)からIR Arm #1のみで観測
- ←可視フィルターターレットのモーター不具合: 課題3

(1) 分光モードファーストライト

観測例

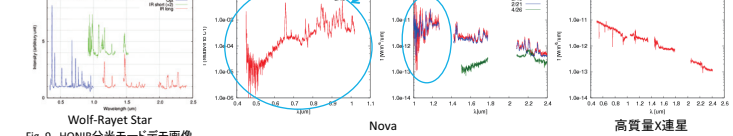


Fig. 9 HONIR分光モードデモ画像 (左) Wolf-Rayet star (中) 2中2新(兵庫県立大 新井彰氏との共同研究) (右) 高質量X線連星 Calibration方法などについては今後検討の必要がある。

波長分解能評価

- 室内蛍光灯の輝線幅(Gaussian functionでfitting)から評価
- 赤外long、スリット幅0.12mmでやや波長分解能が低い
- ←この波長帯での結合性能が悪い?

スリット幅	可視	赤外short	赤外long
0.12 mm	440(V)	630(U)	570(H)
	800(z')	600(Ks)	
	270(V)	380(H)	
0.20 mm	550(z')	450(U)	
	130(V)	480(Ks)	
0.54 mm	200(z')		

※括弧内はバンド名。赤外グリズムのスリット幅 0.54mmは未測定

分光装置効率評価

- slitless分光により測定
- 望遠鏡効率・大気減光含む
- ※近赤外で大気減光の影響は少ない

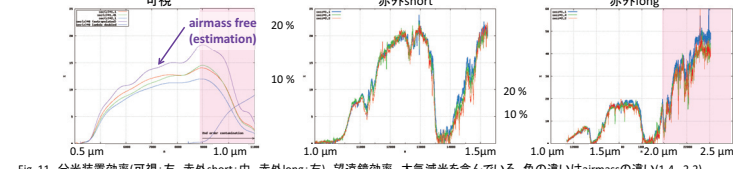


Fig. 11 分光装置効率(可視: 左、赤外short: 中、赤外long: 右)。望遠鏡効率、大気減光を含んでいる。色の違いはairmassの違い(1.4-2.2)。紫色の線はairmassが0の時の見もれ値。桃色で影を付けている部分は2次光が混入しているため、過大評価されている。

大気分散の影響

- 大気分散による位置ずれ(波長ごとの結像位置の違い)の測定方法



Fig. 11 大気分散による位置ずれの測定方法

- Table 3: スペクトルの端同士の位置差(Δx)
 - ※装置の設定状況による位置ずれも含む
- 可視、赤外shortでは位置ずれによるflux損失を考慮する必要がある。

課題

- 2次光の混入
 - オーダーソートフィルター導入予定(課題2)
 - ※ただし、赤外についてはIR Arm #2導入まで
- flux校正系の選択など、calibration dataの充実化

(2) 大気分散測定(撮像)

- バンドによる有意な差があまり見られない
- 光学性能・追従誤差(但しLPAをしていない)の範囲内

その他順次解析中

4. 課題・今後の予定

今後の主な課題

- 課題1: 偏光モードの導入
 - 偏光素子...ほとんど納品済み
 - 半波長板回転機構の設計・開発
- 課題2: 分光モードにおける2次光、散乱光の混入
 - 2次光...オーダーソートフィルターの導入 (可視: 色ガラス(0.58)、赤外: 1.3μm-2.4μmバンドパスフィルター)
 - 散乱光...スリットの表面処理
- 課題3: 駆動系のモーターについて
 - 今回の試験観測中に殆どのモーターでコイルが完全・部分的にショート
 - ←可視Armが使用できなかった原因
 - 白い粉の噴出 (Fig. 13)
 - 真空モーターに交換する(従来は常温用を冷却用に手元で改良)

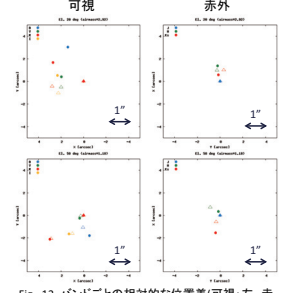


Fig. 12 バンドごとの相対的な位置差(可視: 左、赤外: 右)。上が高度20度(airmass 2.9)、下が高度58度(airmass 1.2)

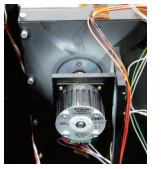


Fig. 13 モーターから噴出された白い粉

今後の予定

- 2013年 9月 実験室再冷却・光学/駆動試験
- 2013年11月 試験観測(偏光モード搭載)