

東広島天文台

装置開発の状況

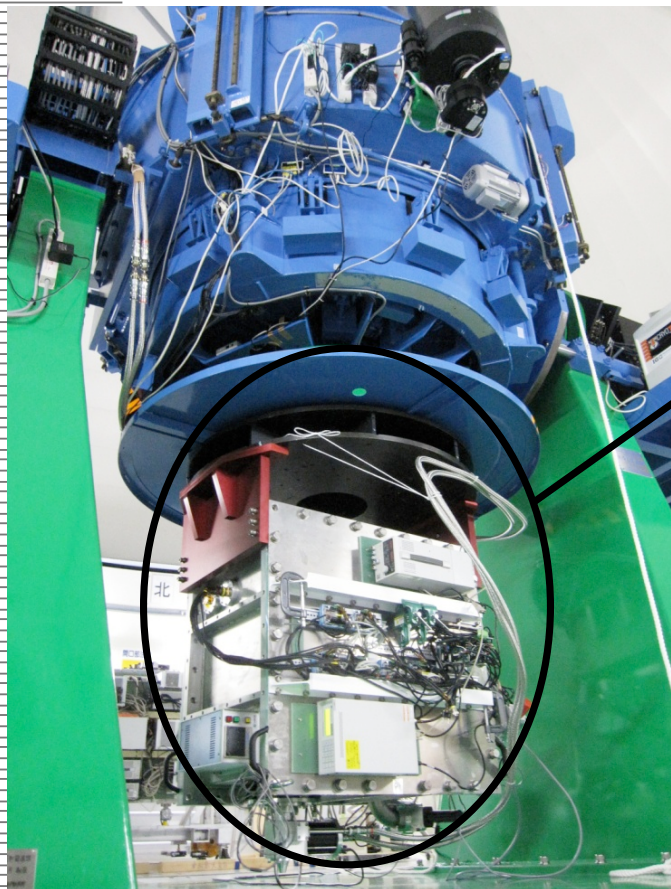
2010年岡山ユーザーズミーティング

広島大学 宇宙科学センター 川端弘治
かなた望遠鏡チーム

開発中の装置

- **HONIR（可視赤外線同時カメラ）**
 - TRISPECの後継機
 - 開発フェーズが続いている
- **HOWPoI（1露出型広視野偏光撮像器）**
 - 開発フェーズが終了しつつある
- **近赤外検出器**
 - 浜ホト製 InGaAs素子の性能評価と将来の大フォーマット
- **環境モニター（スカイモニター、雨滴センサー）**

可視赤外線同時カメラ



HONIR

Hiroshima Optical and Near-InfraRed camera

開発グループ
(広島大)

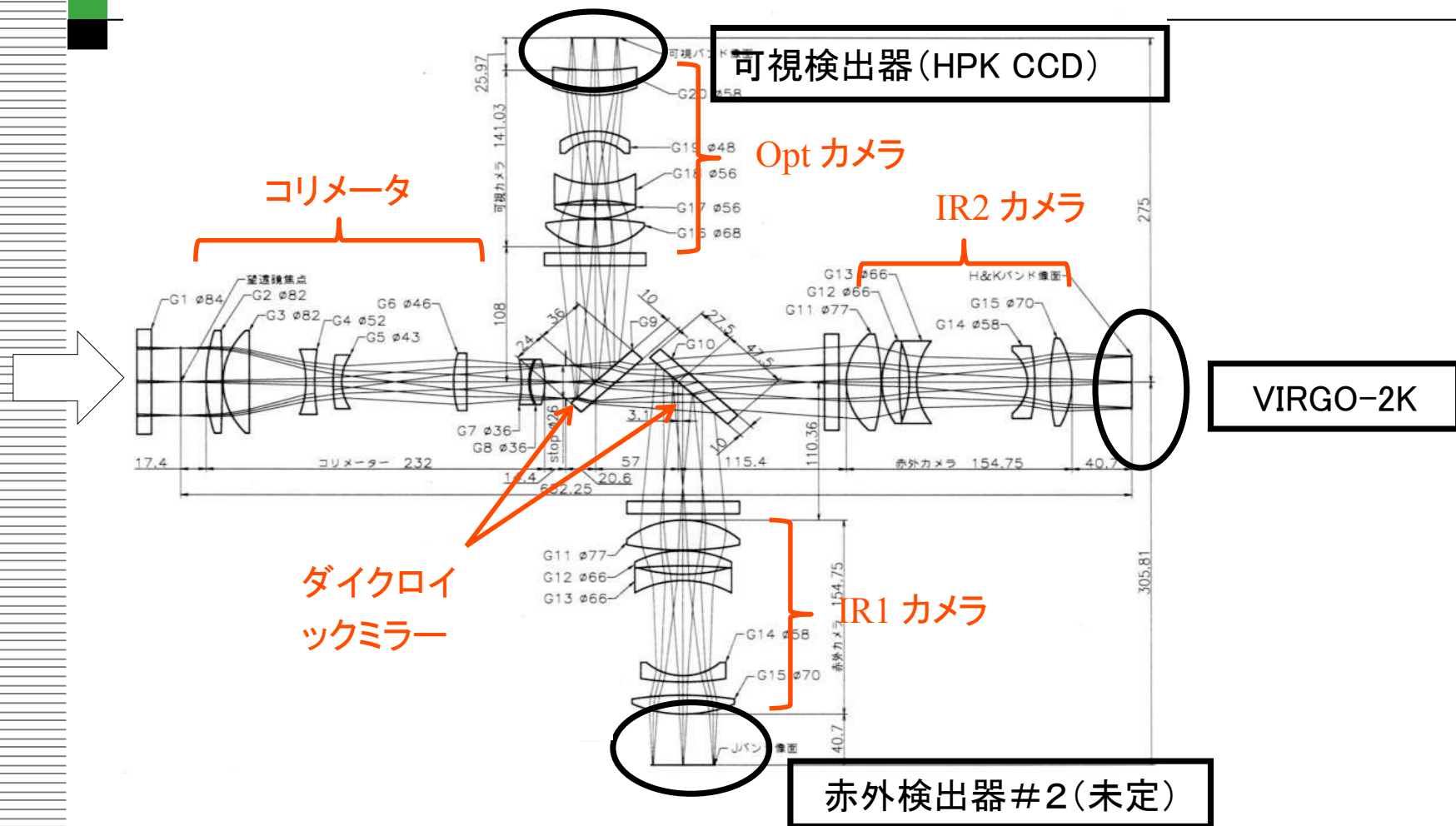
※毎週水曜日TVミーティング

先本清志、**原尾達也**、宮本久嗣、小松智之、
笹田真人、上原岳士、川端弘治、吉田道利
(国立天文台)

山下卓也、中屋秀彦、**中島亜紗美**

※ 先本ポスターも参照

HONIR光学系：光路図



可視・近赤外線3バンド同時観測(最終目標)

⇒ 当面は可視・近赤外線2バンドで

偏光モード・分光モード×偏光モードを搭載

TRISPECの後継機
かなたに最適化

HONIR光学系：設計仕様

	可視バンド (Opt)	赤外バンド (IR1, IR2)
視野	10' × 10'	10' × 10'
ピクセルサイズ	15 μm × 15 μm	20 μm × 20 μm
ピクセルスケール	0.30 " / pixel	
光学瞳像	φ 26mm	
使用波長域	0.5–0.9 μm	1.15–1.35 μm、1.5–2.4 μm
透過率	40–55% at 450 < λ < 1000nm	40–55% at 1100 < λ < 2400nm
収差 (80%Encircled Energy)	5.4 μm @85K (95 μm @293K)	J: 12 μm HK: 17 μm @85K (J: 93 μm HK: 96 μm @85K)
85K⇒常温での焦点移動量(視野中央)	+4.3 mm	+5.6 mm

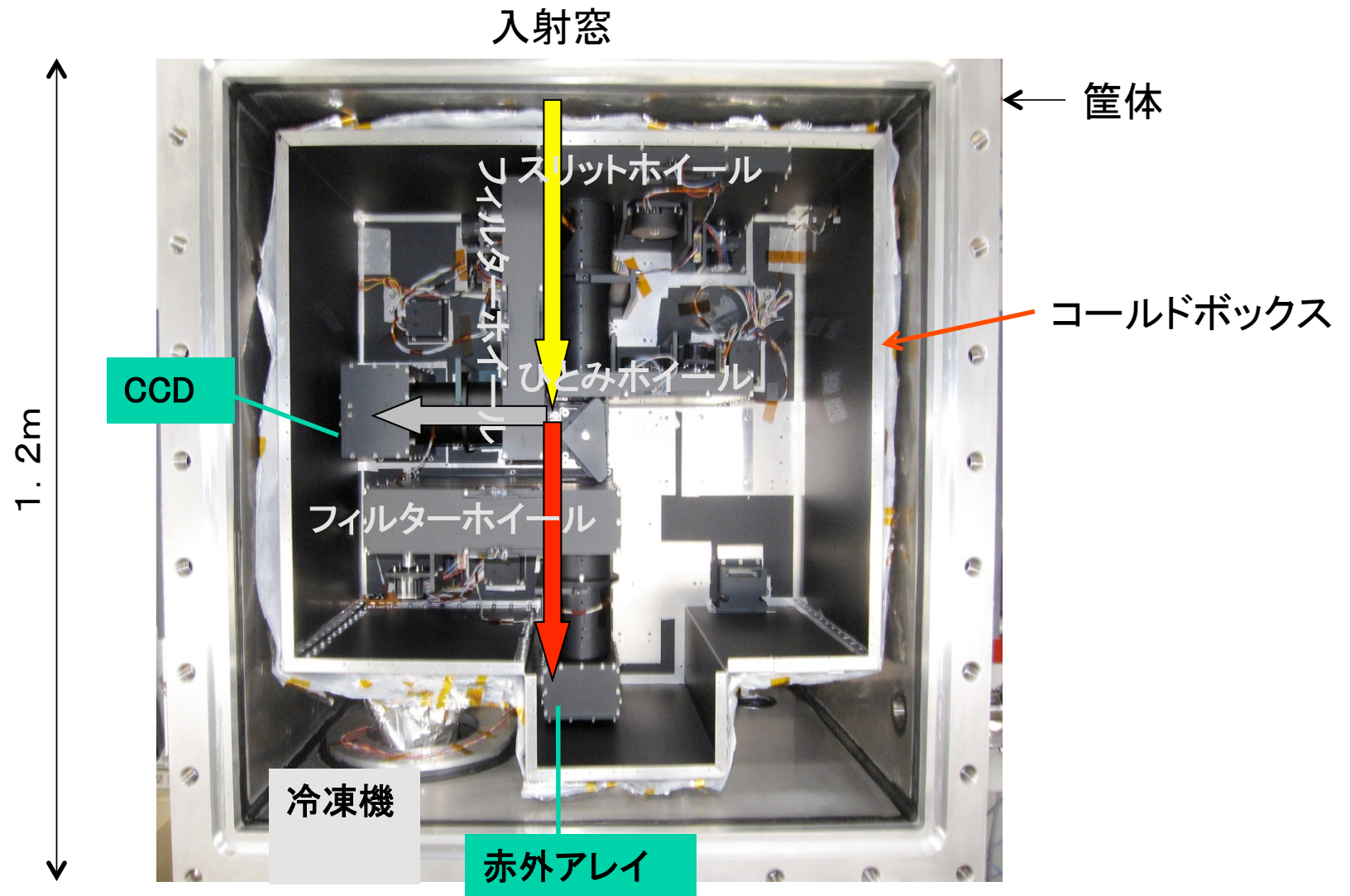
※使用温度 70-100K、使用気圧0気圧

TRISPECとの比較

	TRISPEC	HONIR
検出器	OPT: 512 × 512 IR2: 256 × 256	OPT: 2048 × 2048 IR2: 2048 × 2048
視野	OPT: 7分角 IR2: 7分角	OPT: 10分角 IR2: 10分角
ピクセルスケール	OPT: 0.82"/pix IR2: 1.65"/pix	OPT: 0.29"/pix IR2: 0.29"/pix
観測効率(5秒積分)	IR2: 40%	IR2(VIRGO): 53%(4ch-mode) 88%(16ch-mode)

- ・検出器が大フォーマット
- ・ピクセルスケールがシーイングとマッチ
 - 適正なサンプリング(0.3"/pix)で撮像!
(cf. 東広島天文台のベストシーイング 1")
 - スカイレベルが相対的に減少
Kバンドの限界等級が3等程度下がる

HONIR本体内部の様子



HONIR制御系

検出器PC

検出器(可視・赤外)

温度制御

温度・真空モニター

モータPC

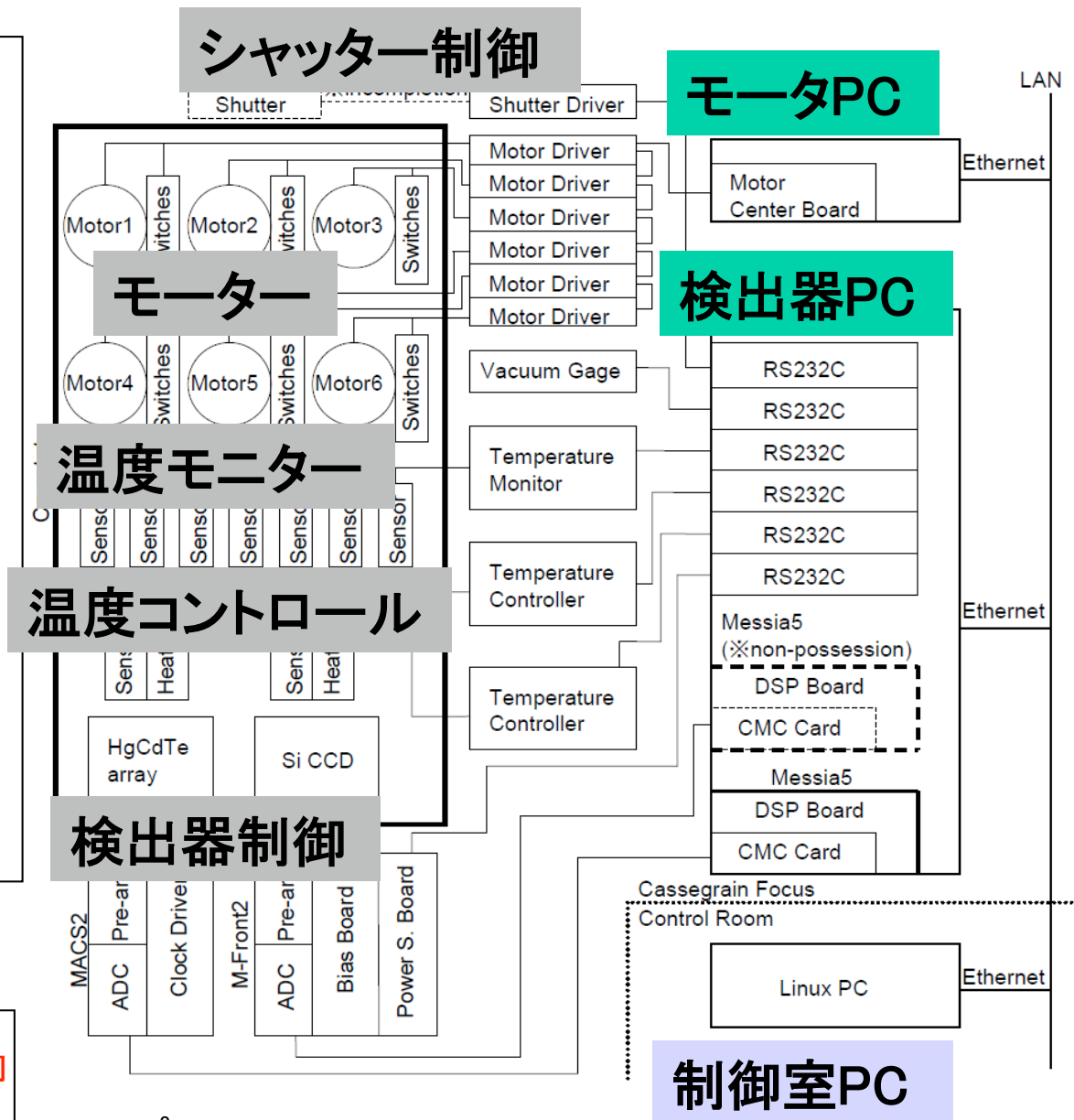
モーター制御

(フィルター、プリズム、
瞳マスク、焦点マスク)

シャッター制御



リモートPC(制御室)から統一制御



HONIR 開発の進捗: 真空容器・筐体

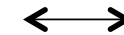
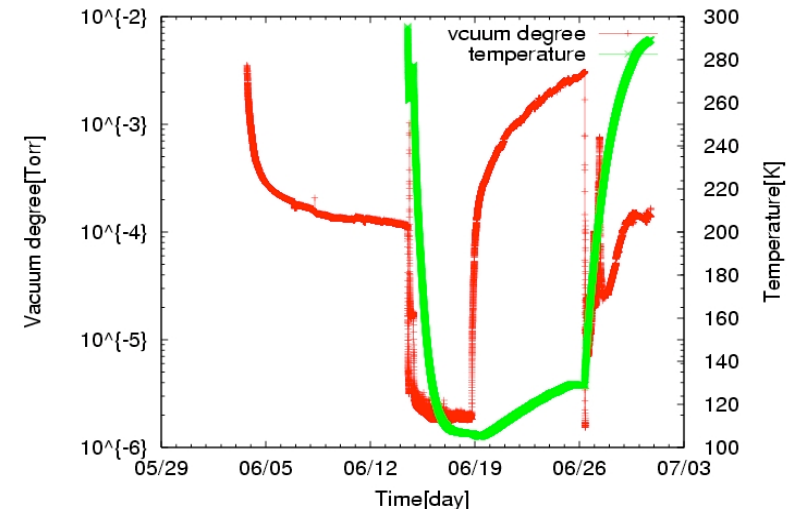
[2009年前期]

光学系、駆動系を入れた状態で真空保持が悪い

(到達 10^{-4} Torr、保持1-2時間)

アウトガスの調査、およびヘリウムリーク試験などによる漏れ箇所の特定と対処(2009.6-)

だいぶ改善した。あともう一步
(到達 10^{-6} Torr、保持~1週間)
⇒モレキュラーシーブの導入



熱シールドを付けない状態で
< 10^{-2} Torrを1週間保持

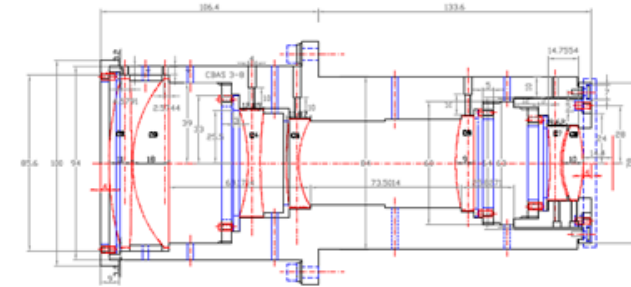
HONIR 開発の進捗: 光学系

2009年2月の撮像ファーストライト
⇒ 大きな収差 (FWHM 1.6 - 4")

レンズ・レンズホルダーの偏心測定、型の存在を確認
(一部の部品の面取りが原因)

レンズ系の再組み上げ(手作業)
公差内になるように反復調整
(冷却による収縮を考慮)

冷却しての試験はこれから
グリズム、偏光プリズムは設計中



HONIR 開発の進捗: 制御系

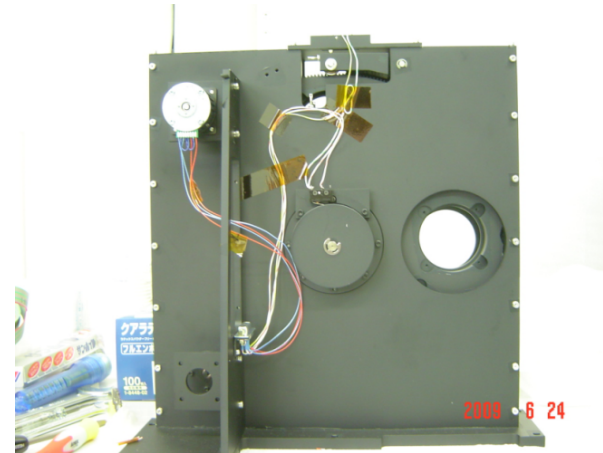
光学系のホイール駆動はOK

- 焦点マスク
- 光学瞳 (cold stop) マスク
- フィルター
- プリズム

(励磁OFF等、微調整中)

シャッター(常温)を設計、導入

- 駆動試験中
- ホイール駆動PCと同じPCで制御

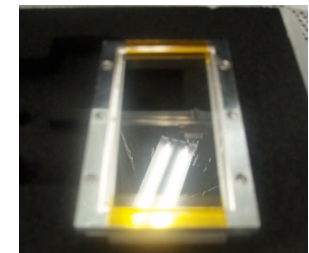


HONIR 開発の進捗: 検出器系

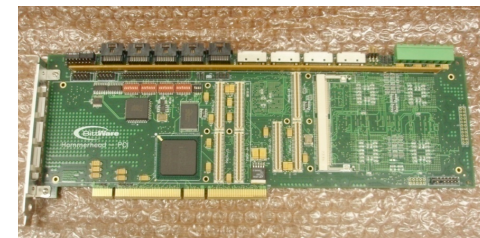
- IR2 (VIRGO), Opt (HPK CCD) の
単体駆動は2009年2月までに完了
(Messia5+Mfront2/MACCS2)
- 2検出器の同時駆動はこれから
(Messia5/DSPカード導入済)



Reytheon Virgo
2k2k HgCdTe



HPK
2k4k Si (FD)



Messia5

HONIR まとめ

・ 筐体・真空冷却系

- この1年でだいぶ改善 ～1週間は増し引き不要に
- モレキュラーシーブを導入して様子を見る

・ 光学系

- レンズ系を念入りに組み上げ中 残りはコリメータ
- 撮像用の光学素子は既に揃っている
- 分光用、偏光用、校正用の素子を設計中

・ 制御系

- 光学素子切り替えのホイールはだいたい完了
- 可視用光学シャッターを導入中

・ 検出器

- 単体での制御は2009年初頭までに完
- 2バンド同時制御はこれから 大きな問題はなさそう

・ その他

- ・ オートガイダーはHOWPOlと同類のものを導入予定

2010年度中に
撮像モードの完成目指す
2011年度中に
分光・偏光モード立ち上げ

HOWPol: 1露出型広視野偏光撮像器

Hiroshima One-shot Wide-field Polarimeter



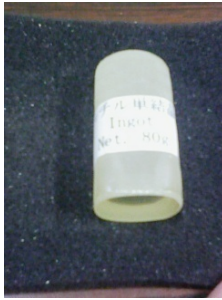
小松智之、田中祐行、千代延真吾、
永江修、川端弘治
中屋秀彦（国立天文台）

※ 小松ポスターも参照

2008年11月より観測開始（GRBモードは2009年5月より）

波長域	450nm-1100nm
観測モード	広視野撮像 (15' circle) 偏光撮像 (1露出型 7×7分角視野／1×15分角) Swift/BATのガンマ線バースト位置誤差をカバー 分光 ($\lambda / d\lambda = \sim 400$)
検出器	2k4k 裏面照射・完全空乏型 CCDs (浜ホト製) 2ヶ

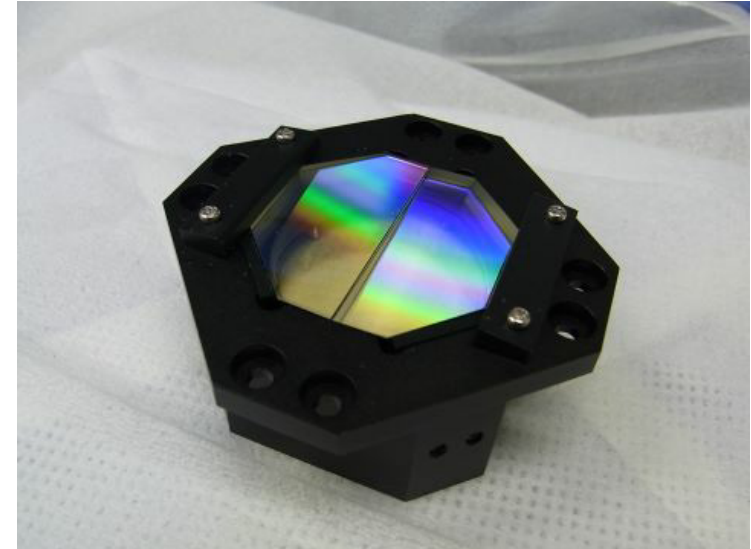
新しい偏光プリズム(広視野 2010.4~)



フルウチ化学製

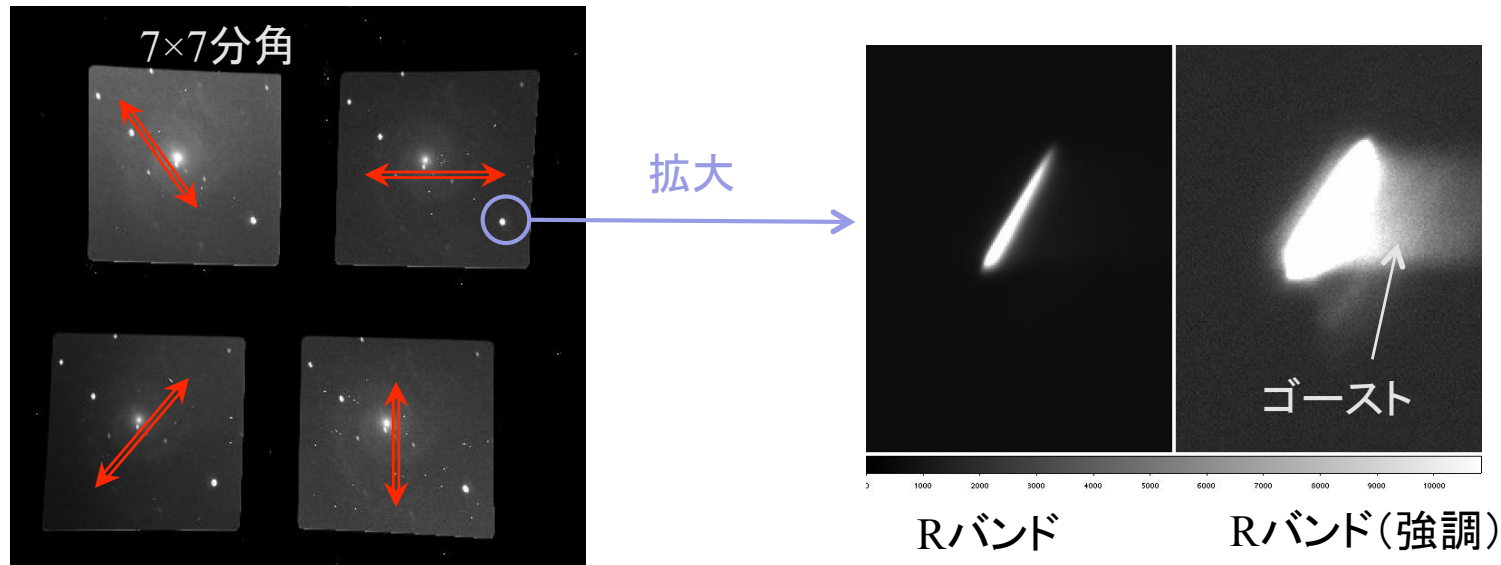
ルチル
インゴット

日東光器が加工



方解石と同程度の複屈折性 ($n_e - n_o = 0.24$)
方解石よりきわめて小さい線膨張率の軸差
⇒ 大型のものでも気温差による熱破壊なし
(最近、大型の硝材が手に入るように)

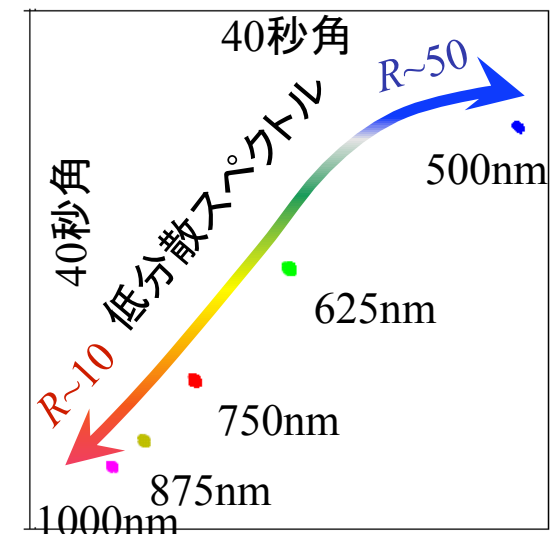
広視野偏光撮像モードの取得画像



- ・ 7×7分角視野の4方位(0, 45, 90, 135度)の直線偏光像 → 1露出で Stokes I, Q, U を導出
- ・ ルチル($n \sim 2.4$)の色分散による低分散分光
→ 偏光分光測光($R = 10 - 50$)も可
 限界等級: 10分 $\Delta p = 0.2\%$ で $R = 13.3$ 等 (R filterを通すと 14.2等)
 (スカイ輝度 17.5等/arcsec²、FWHM 3")

上面ウェッジによるゴーストあり(左右方向)

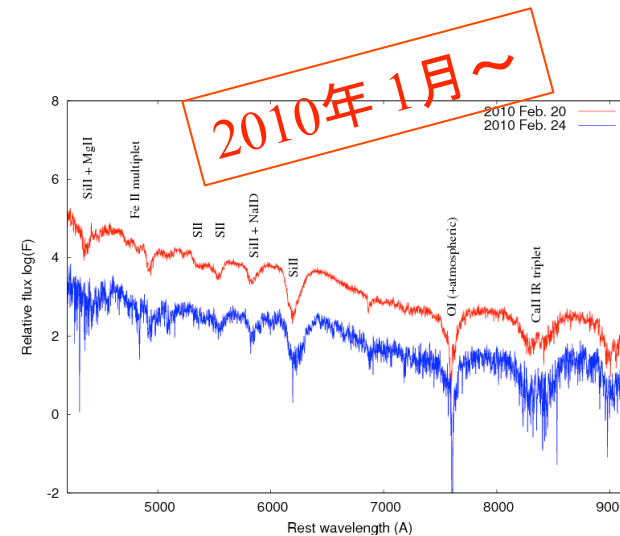
小松ポスター参照



分散素子 グリズム

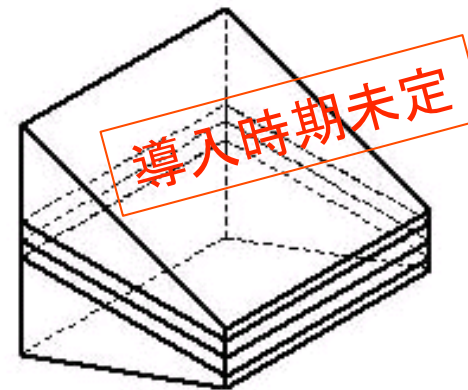
低分散型(2010～)

プリズム: BK7 頂角 25.67°
格子数: 420本/mm 620nmブレース
オーダーソートフィルター: 64R
波長域: 450--1050nm (620nm中心)
波長分散: 平均 $2.45\text{\AA}/\text{pixel}$
分解能(2.3秒角幅slit): $18.8\text{\AA}$
 $\lambda/\Delta\lambda \sim 330$ 、 $\Delta v \sim 910\text{ km/s}$



高分散型(未開発)

プリズム: ZnSe 頂角 $20^\circ \times 2$
VPH格子: 1579本/mm
波長域: 600-790nm (688nm中心)
分解能(2.3秒角幅slit):
 $\lambda/\Delta\lambda \sim 2300$ 、 $\Delta v \sim 130\text{ km/s}$



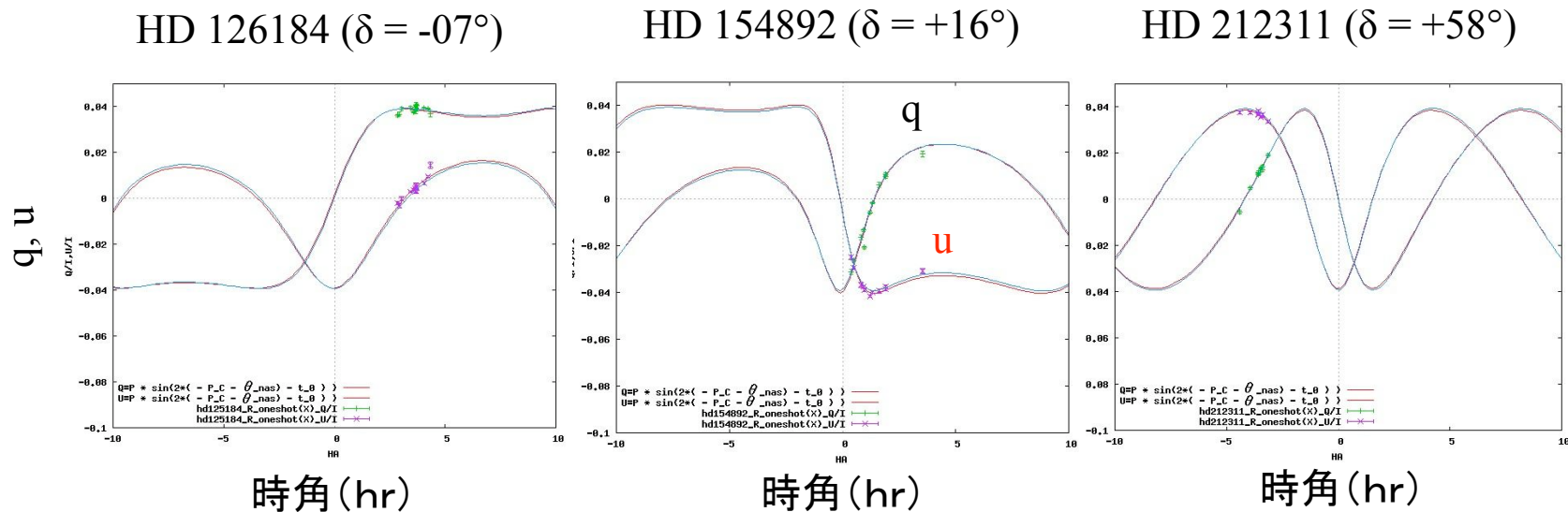
器械偏光の再現性(狭視野型プリズム)

$$Q = P \cos(2\theta_{instr} + \theta_0) + Q_0$$

$$U = P \sin(2\theta_{instr} + \theta_0) + U_0$$

$$\theta_{instr}(H) = \cos^{-1}(\sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cos H) - \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}(\sin H / \tan\phi \cos\delta - \sin\delta \cos H)$$

緯度 赤緯 時角



(小松 2010春季天文学会)

フィットしたモデル曲線からのずれ $\sigma = 0.13-0.2 \%$
 任意の δ の天体に対し、 $\Delta p \sim 0.2\%$ 精度で推定可

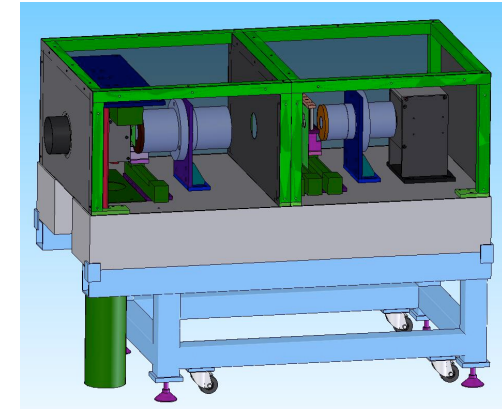
HOWPOIのまとめ

- ・ 撮像モード
 - 前年に続き、快調に活躍中 限界等級 $R=21.0$ 等 (10分 $\Delta R=0.1$ 等)
 - 実効シーイングサイズ $\sim 2''$ (追尾誤差込)
- ・ 偏光撮像モード
 - 4%器械偏光の安定性 $\rightarrow$ 狭視野型での較正法は、ほぼ確立
 - 1露出型でも0.2%精度で器械偏光が求められる
 - 広視野型1露出型 (GRB用) が始動 (2010年3月 $\sim$) 較正データ取得中
- ・ 分光モード
 - $R=380, 450\text{--}1050\text{nm}$ BK7製グリズムが2010年1月より始動
 - 高分散 ($R=2300$) の導入を検討中
- ・ その他
 - 冷凍機、シャッタートラブル
 - CaF_2 窓の結露、ファン導入
 - SMOKAにてデータ公開が始まった (2010年6月 $\sim$)
 - オートガイダーの整備を予定

その他

・高速分光器

開発終了、運用中（京都大PI）



・赤外検出器

HPK製InGaAsセンサー(64×64)の冷却時性能試験
大フォーマット化の追求

・環境モニター

- ・ 新スカイモニター 導入中（みさと天文台・小澤さん）
- ・ 雨滴センサー 導入中（上原、奥嶋）