

可視赤外線同時カメラHONIRの 主要な開発要素

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

先本 清志、川端 弘治、秋田谷 洋、原尾達也、浦野 剛志、吉田 道利、
大杉 節(広島大学)、中島 亜紗美(東京大学)、山下 卓也、中屋秀彦(国立天文台)

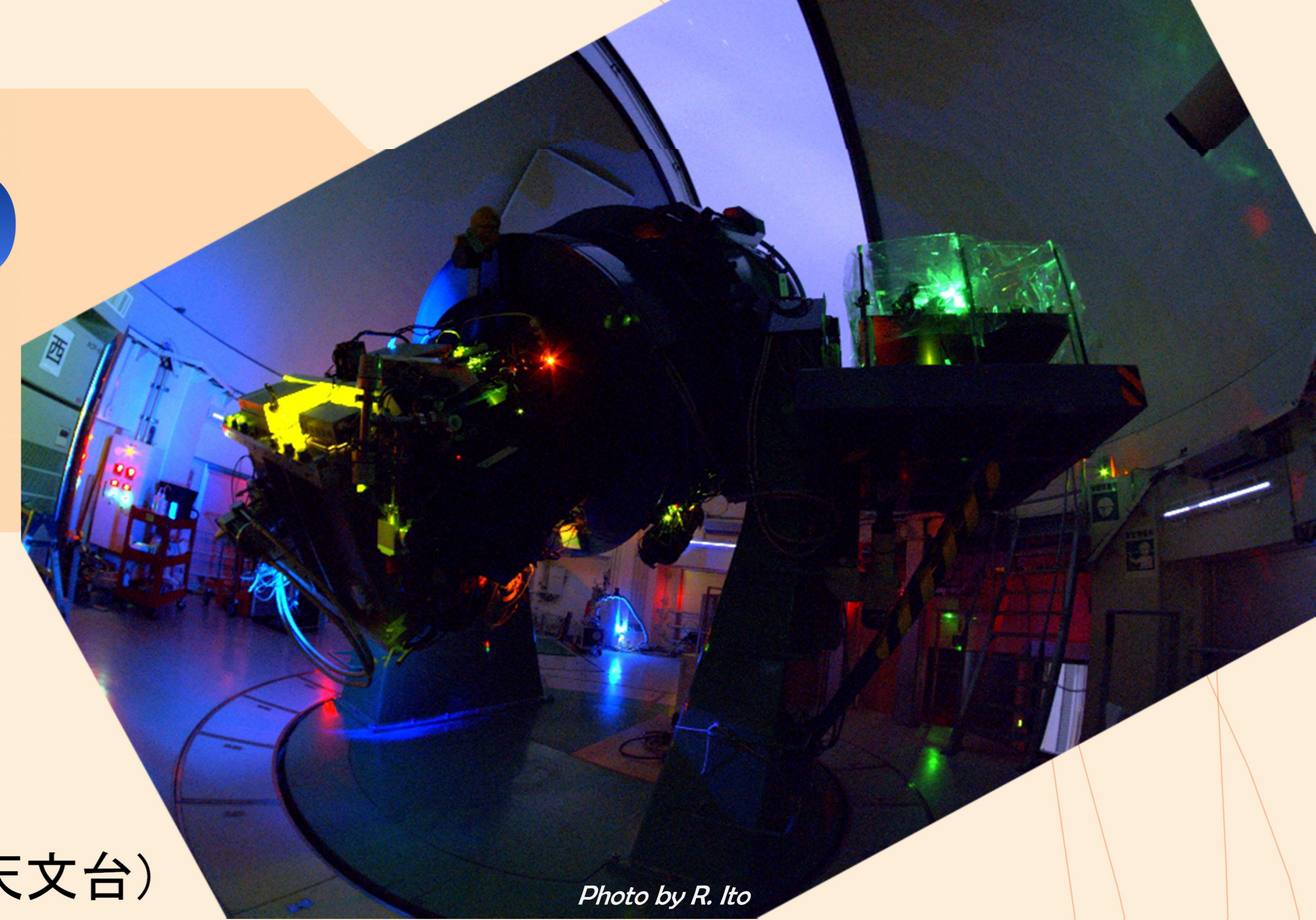


Photo by R. Ito

(1) Introduction

可視赤外線同時カメラHONIR(おにーる)とは?

- 広島大学・国立天文台他の共同で開発を進めている、東広島天文台が
なした望遠鏡(口径1.5m)用次期主力観測装置の一つ。
- 「3ch(可視x1・近赤外x2)同時」「撮像」「分光」「偏光撮像」「偏光
分光」観測機能の搭載を目指している。
- 表1に主要な機能、図1に装置の概観を示す。

開発の進捗・今後の見通し

- 2009/2: 「1ch(近赤外)」「撮像」による初試験観測実施
- 2011/10-2012/2: 「2ch(可視・近赤外)同時」「撮像」機能による試験観
測・サイエンスデータ取得(現在)
- (今後)
- 2012年春～夏: 「分光」「偏光撮像」「偏光分光」機能追加。
長期にわたる望遠鏡への装着・安定運用を目指す。
- (将来的には、近赤外1ch追加による計「3ch同時」化が目標。時期は未定)

装置の現状評価

- 可視・近赤外線撮像において一定の性能は発揮できる。サイエンス
データ取得にも耐える。(図2)
- 設計仕様の完全な達成・安定した装置稼働のためには、解決すべき課
題が残されている。(=本報告の主題)

表1: HONIRの主要な機能

使用環境	かなた望遠鏡(口径1.5m; F/12)・カセグレン焦点
撮像視野	10' x 10' (0.3"/pixel)
波長域	0.5-0.9μm / 1.15-1.35μm / 1.5-2.4μm (計3ch) (現状は0.5-0.9μm / 1.15-2.4μm; 計2ch)
検出器(可視)	浜松ホトニクス2K x 4K 完全空乏型CCD (15μm/pix)
(近赤外1ch目)	Raytheon VIRGO 2K x 2K HgCdTe array (20μm/pix) (2ch目は未定)
分光機能 (2012夏-)	Δλ/λ~350 (0.5-2.5μm連続) (将来は中分散(Δλ/λ~1000)・超低分散(R~30)も)
偏光測定機能 (2012夏-)	直線偏光測定(Δp<0.1%) LiYF4結晶Wollaston prism+ super-achromatic 半波長板

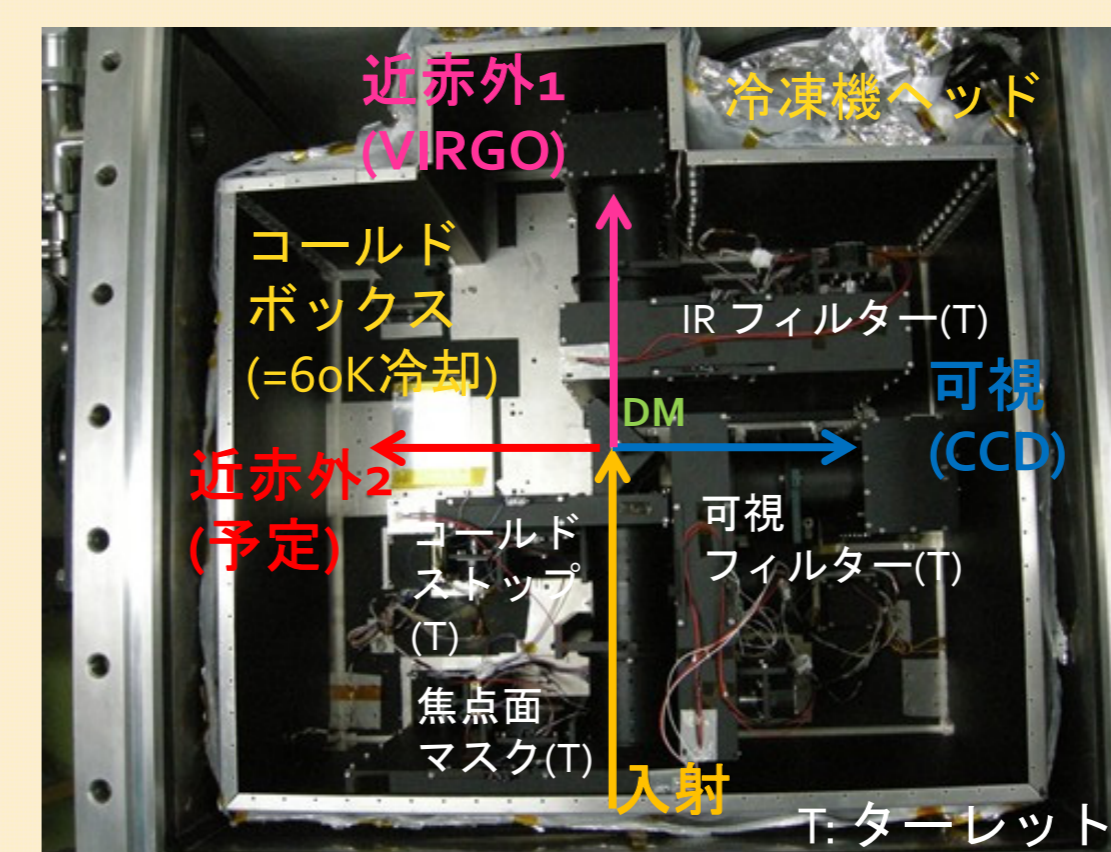
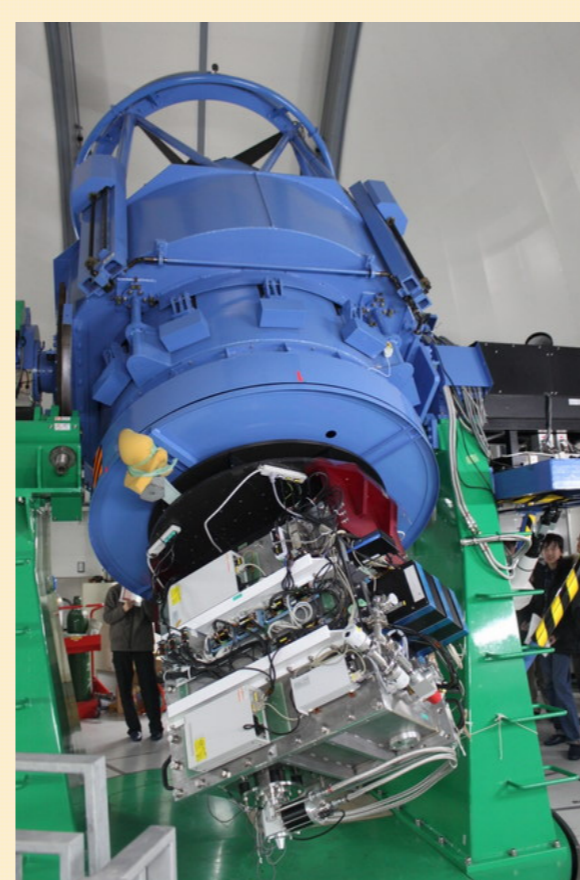
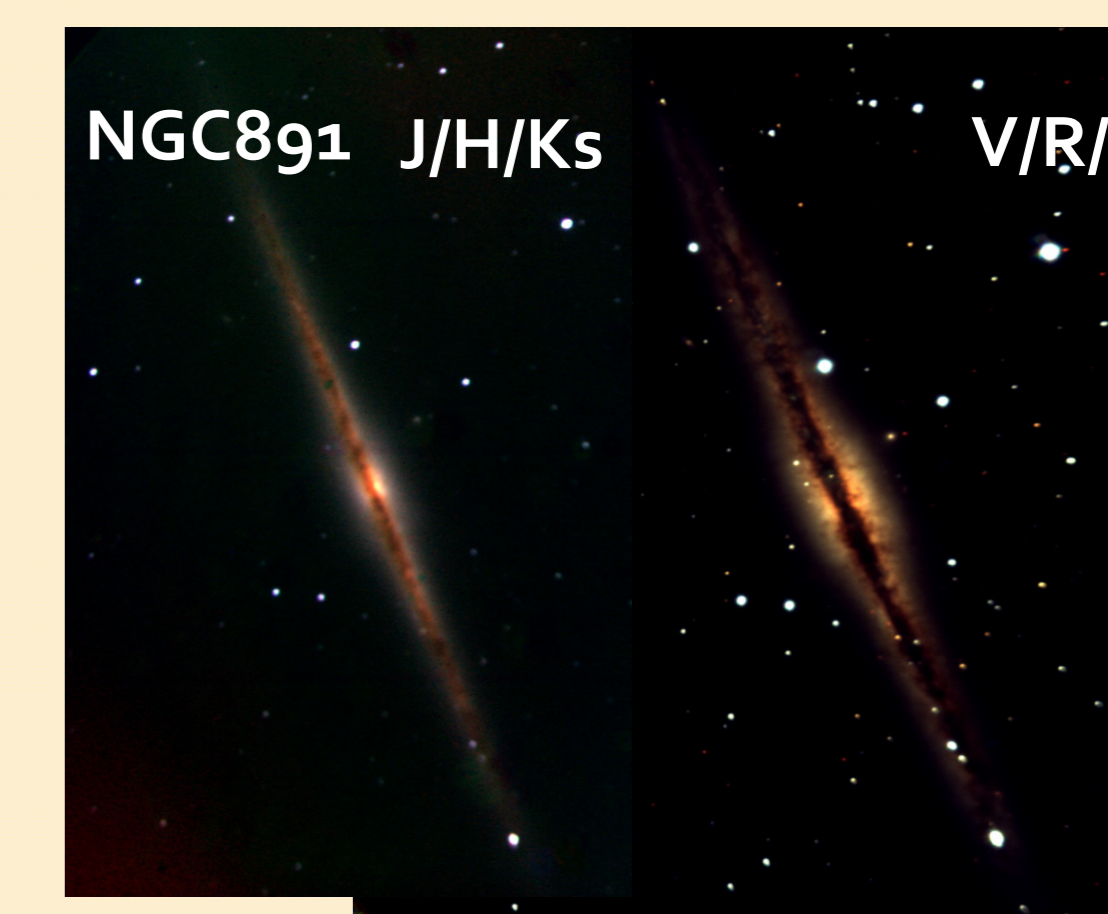
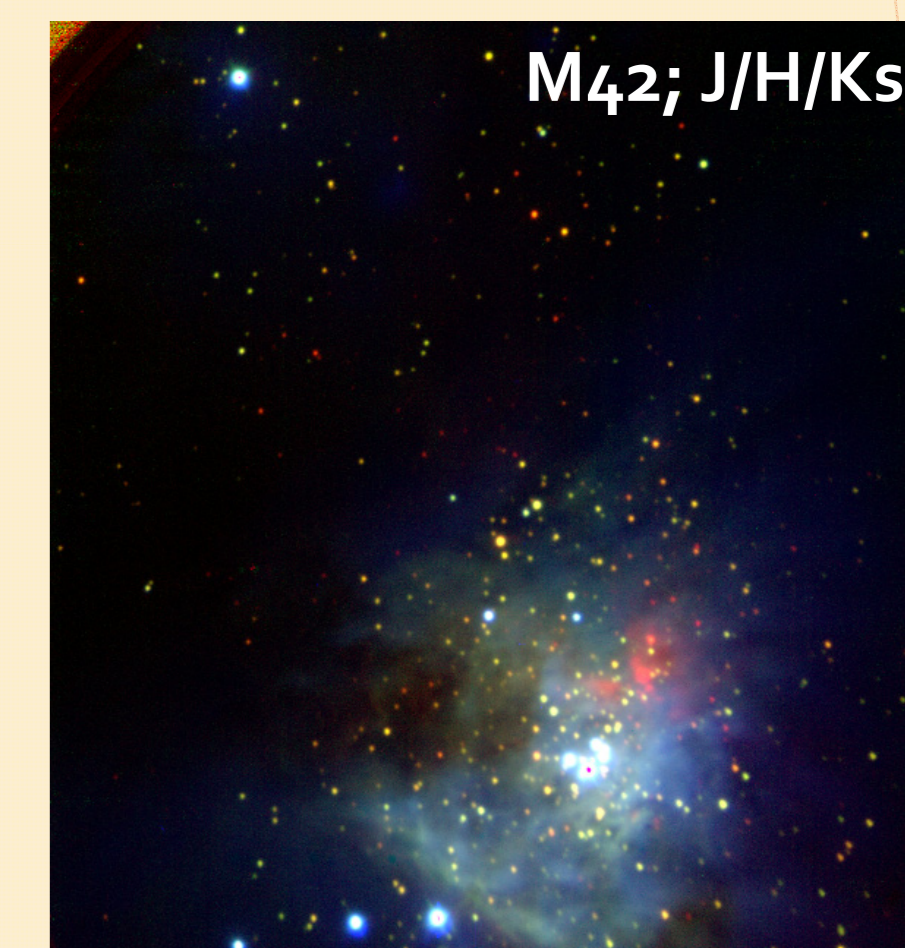


図1: 装置概観。望遠鏡上の装置(左)、装置内部(右)

図2: HONIR取得画像例(疑似3色合成図)

(2) 今後解決すべき課題

- ✓ 近赤外線装置効率の設計・実測間の不一致(*; 2-1)
 - ✓ 設計と異なるレンズ性能に対する原因追究と対策(*; 2-2)
 - ✓ 可動部分・センサーの動作安定化
 - ✓ 装置内冷却性能の向上(*; 2-3)
 - ✓ 検出器・レンズ位置の微調整機構実現
 - ✓ 赤外検出器読み出しシステムの刷新・動作安定化
 - ✓ 近赤外線検出器のノイズ減少
 - ✓ 分光・偏光子の導入
- このうち(*)印を記した項目を選び、詳細を述べる。

(2)-2 冷却時焦点位置の設計との相違

冷却(約80K)時の装置入射焦点面位置が、
設計位置よりも約7mm光線入射側にずれて
いる(図4; 装置冷却時に、焦点面付近複数位
置のピンホール像を瞳位置のハルトマン開
口板を通して撮像することで推定)。
以下の問題がある。

- ✓ 光学系が設計と異なっている。総合的な
光学性能発揮の上で障害となりうる。
- ✓ 焦点位置が真空デューワー入射窓の直近と
なり、焦点面マスクを設置できない。ス
リット挿入が必須の分光観測にとって致
命的。

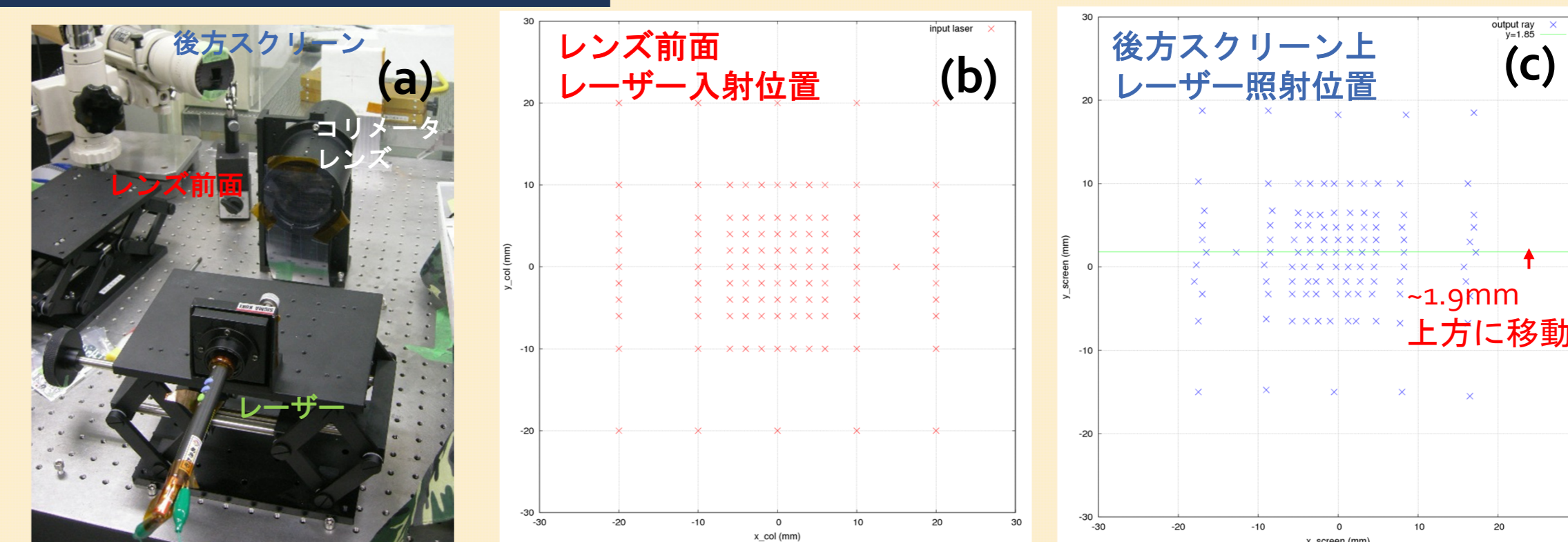


図5: コリメータレンズのレイトレース実験(a)。前面に入射したレーザー光(b)が、
後方で約1.9mm上方に平行移動している(c)。

(2)-1 近赤外線装置効率: 設計・実測間の不一致

主要な波長帯における装置効率(望遠鏡含)について、設計
値と実測値(大気減光補正を考慮した測光標準星観測に基
づく)を比較した(図3)。

近赤外波長域の効率実測値が設計の1/2以下に留まっている。

この不一致の原因としては、特に以下2つの不定性による
可能性が高いと考えている。重点的に調査する。

- 検出器変換係数の不定性
装置効率実測値の確定に必要な検出器の変換係数
g[ADU/e-]について、近赤外線検出器の高ノイズのため最
近の装置状況におけるphoton transfer curveを用いた実測評
価が未完。この評価では、装置開発初期の測定値3.4e-
/ADUを用いたが、その後の装置設定変更により異なっ
ている可能性がある。
- 冷却下におけるレンズ透過率の不定性
実用冷却下(約70-85K)の特性が不明な硝材をレンズに用
いている。設計には主に114K付近の特性を用いた。設計
値が実際と異っている可能性がある。

その他にも以下の諸量が装置効率評価に関わるが、実測に
よる確認が行われているなど、評価の信頼性は高い。
望遠鏡反射率(典型値)、窓材透過率(設計値)、ダイク
ロミックミラー反射・透過率・フィルター透過率(分光光度
計による実測値・一部は100K冷却下で測定)、検出器量子効
率(仕様値)

原因は特定できていないが、少なくとも
コリメータレンズの組立(球面レンズx7で構
成)に問題があること(図5; 入射光が直進しな
い)が分かっている。

まずは、慎重な手順によるコリメータレ
ンズの再組み上げを行い、状況改善の有無
を確認する。

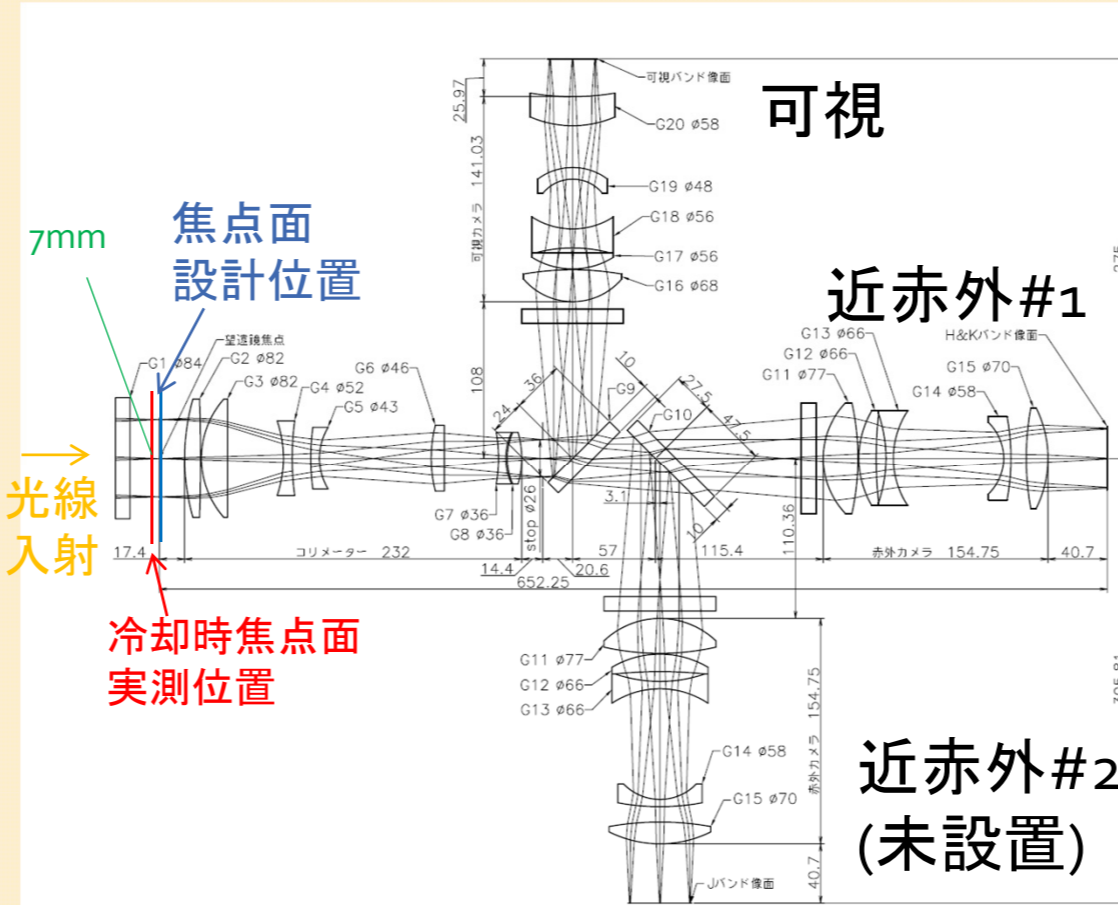


図4: HONIR光学設計と冷却時焦点面の実測位置

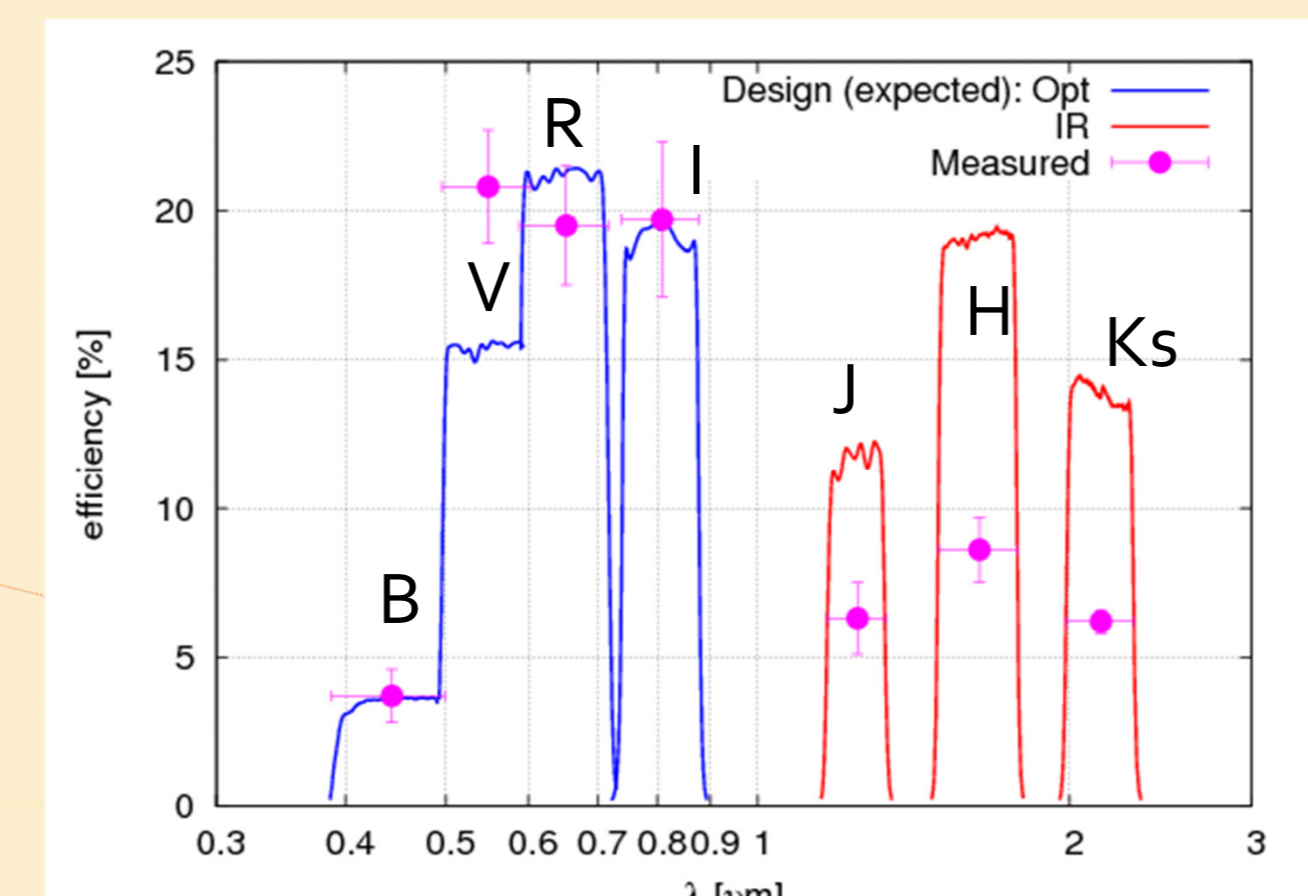


図3: 主要な波長帯における装置効率の設計
想定値(実線)と実測値(●点)。

(2)-3 装置内冷却性能の向上

2011年12月～2012年2月の観測期中20日間にわたる近赤外線検出器温度
(ヒーターによる温度制御は未実施)、光学定盤温度、望遠鏡ドーム内温度、
装置真空デューワー内部圧力の変化を図6に示す。

ドーム内温度が0-10°Cの低温となる冬期間であるにも関わらず、検出器温
度は安定維持の目標70Kを下回ることは難しい。大きな熱浴である光学定盤
も数K低い程度。ドーム内温度に追従した変化を示していることから、外気
温に直接影響されるぎりぎりの冷却性能が現れている。

- 冬季でも70Kの温度維持は不可能であり、
より環境温度の上がる春～秋にはさらに冷
却は困難となることが予想される。よって、
以下の対処を行い、冷却能力の向上を行う。
- ✓ デューワー壁面研磨による輻射熱流入抑制
- ✓ 駆動用ステッピングモーターの発熱抑制
- ✓ CCD検出器(170K制御)との適切な熱接
続・温度制御用ヒーターの発熱抑制

内部圧力については、約50日にわたる試
験観測期間通じて真空断熱に十分な10⁻⁵Torr
程度を維持できた。しかし、外気温が高い
春～秋の時期には、内部温度の上昇に伴う
正味のアウトガス増加、断熱効果の減少と
いった悪循環が生じる可能性がある。そこ
で、未設置のモレキュラーシーブケースを
冷凍機コールドヘッド直近に装着し、吸着
ポンプとして動作させる。これにより、内
部圧力上昇の抑制を図る。

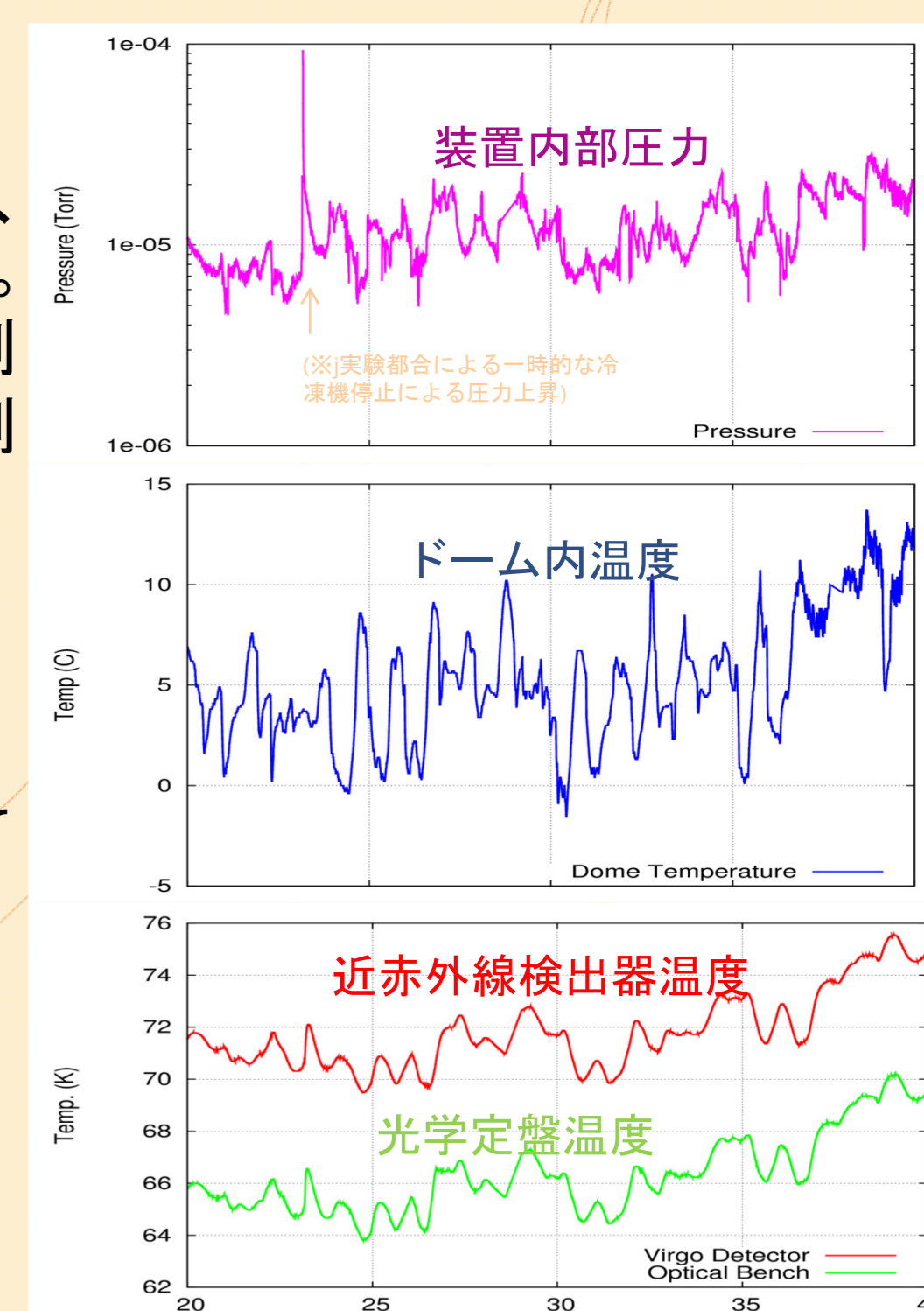


図6: 試験観測中20日間にわたる各
種温度・圧力の変化。

謝辞

光学素子の透過・反射効率想定にあたっては、国立天文台先端技術
センターの支援を受けました。ここに感謝申し上げます。