

2012年春季天文学会@龍谷大学

可視赤外同時カメラHONIR: 開発とファーストライト

広島大学 D2 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)

Contents

- HONIR(Hiroshima Optical and Near-Infrared camera)
- HONIRのファーストライト
- 開発状況および現状
- まとめと今後

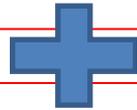
HONIR

東広島天文台:

- 高エネルギー突発天体の多波長観測連携拠点の一つで、すざく・Fermiと連携している

かなた望遠鏡:

- 口径1.5-mの突発天体に特化した高機動性の望遠鏡で、豊富な観測時間とフレキシビリティあり

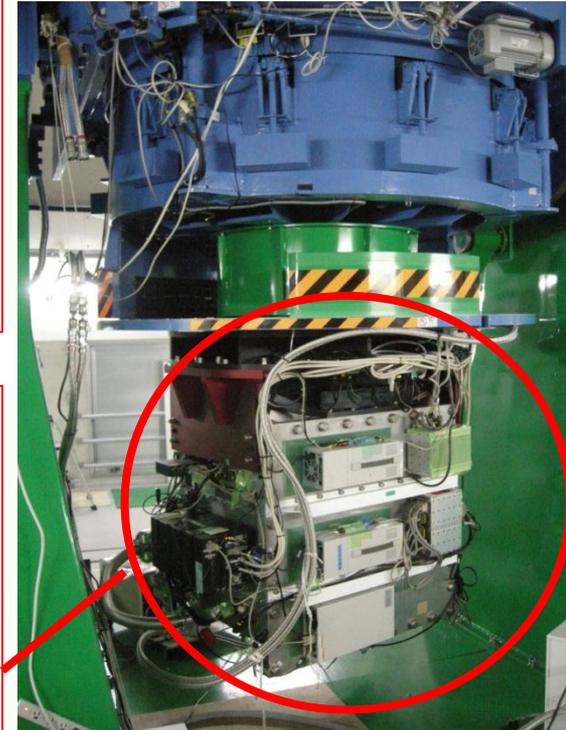


HONIR:

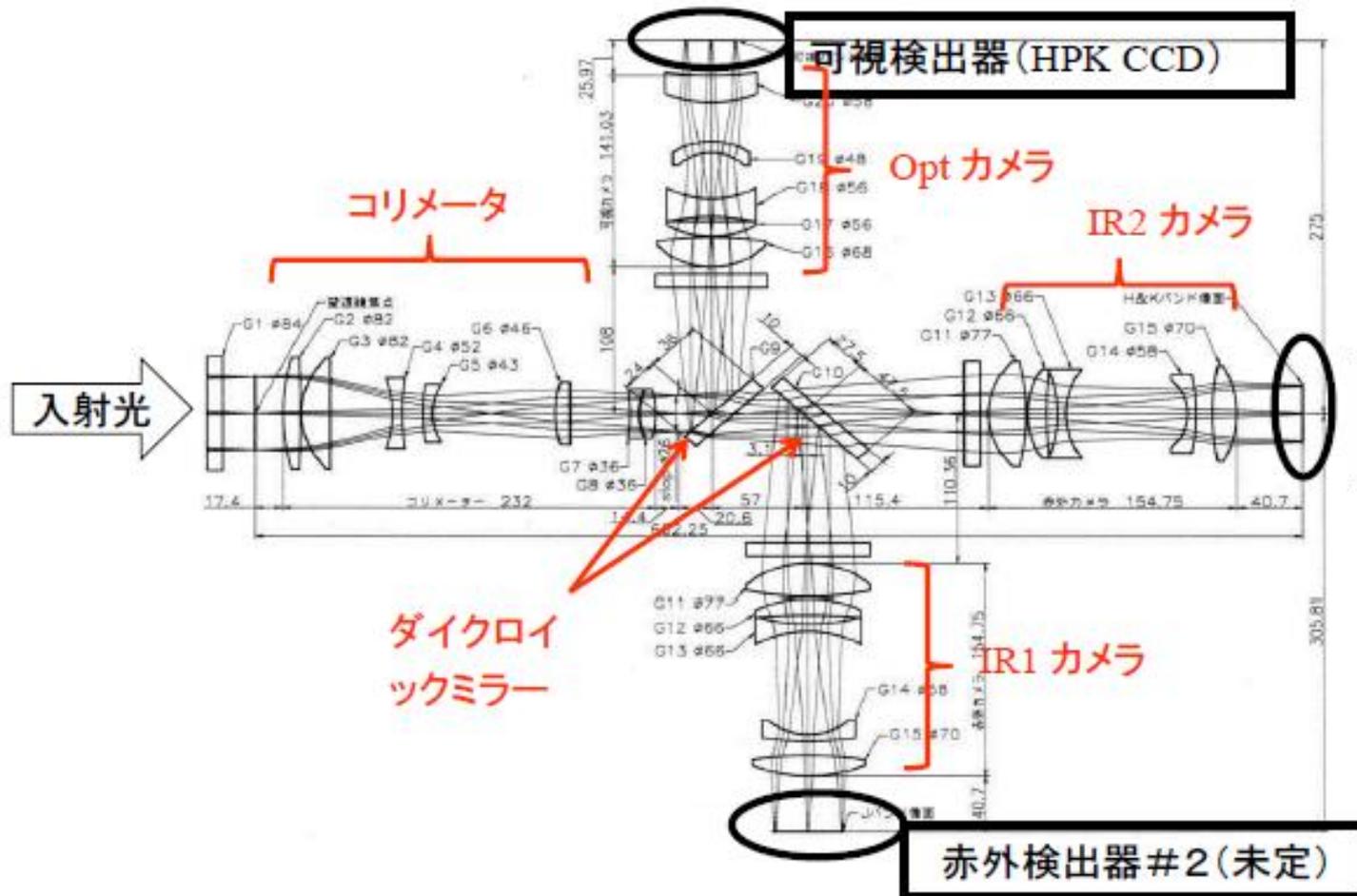
- HONIR(Hiroshima Optical and Near-Infrared camera)
- かなた望遠鏡専用可視赤外線同時カメラ
- 可視1バンド赤外線2バンド同時撮像
- 撮像・偏光・分光・偏光分光の多モード観測可能



高エネルギー突発天体の即時(+モニター)可視赤外線同時観測



HONIR光学系



OPT:2048 × 4096

OPT:10分角

OPT:0.30"/pix

赤外検出器 #1
(VIRGO-2K)

IR:2048 × 2048

IR:10分角

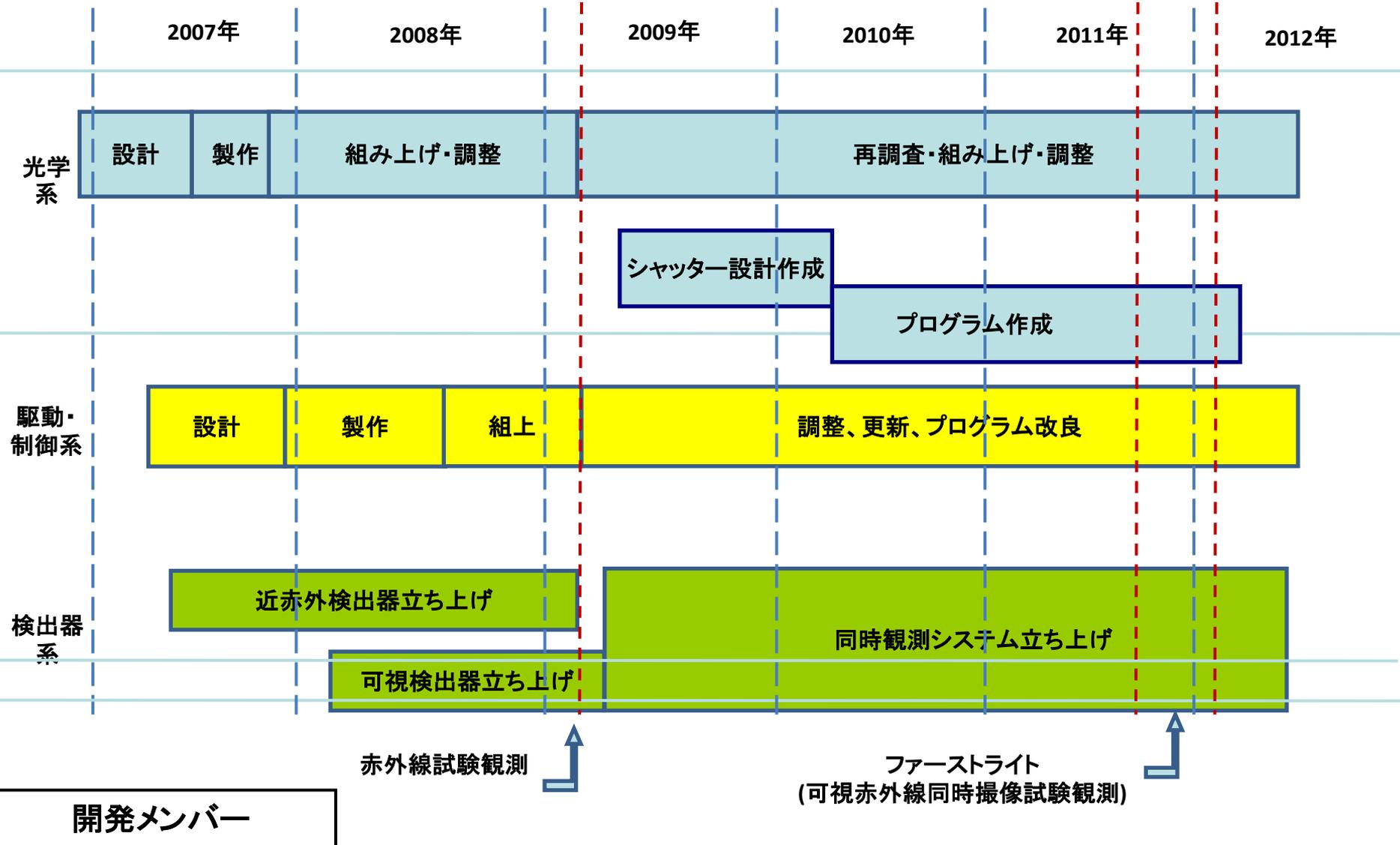
IR:0.30"/pix

可視・近赤外線3バンド同時観測(最終目標)

→ 当面は可視・近赤外線の計2バンド

偏光モード・分光モード×偏光モードを搭載予定

HONIR開発タイムスケジュール



開発メンバー

(広島大)
先本清志、原尾達也、(宮本久嗣、小松智之)、
秋田谷洋、川端弘治、吉田道利

(東京大学)中島亜紗美
(国立天文台)
山下卓也、中屋秀彦

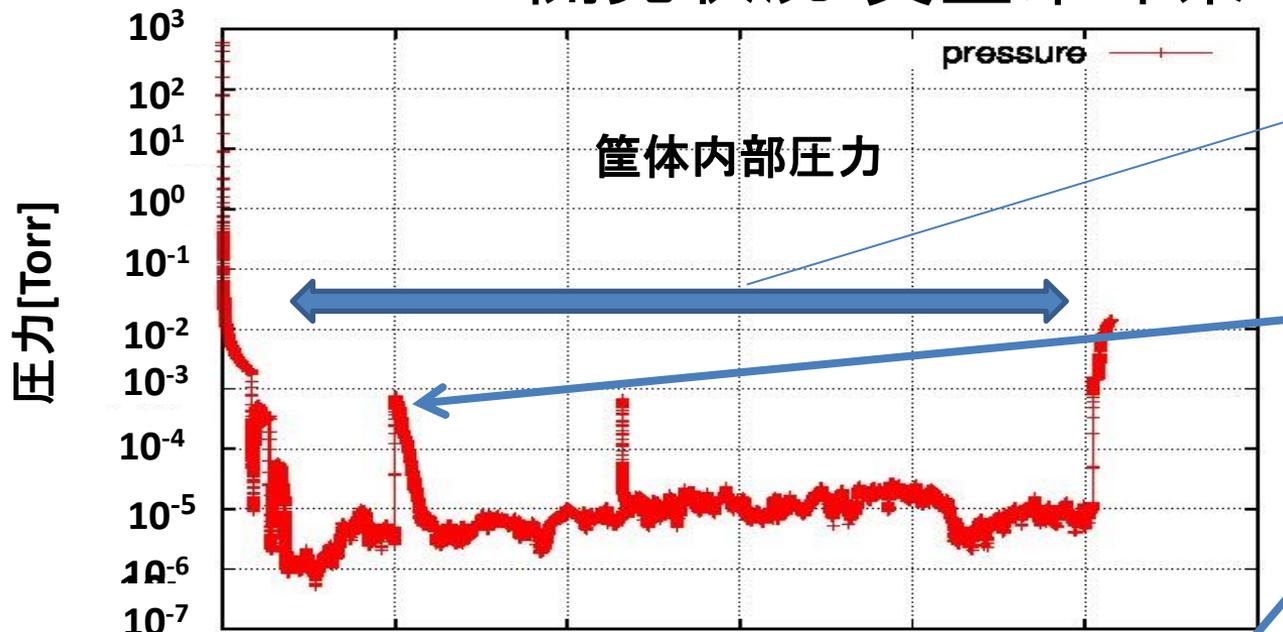
ファーストライト：可視赤外線同時撮像の試験観測



ファーストライトで撮った
M42:VJK三色合成

2011年10月-2012年02月初旬まで、
かなたにHONIRを取り付けて、
可視赤外線同時撮像のファーストライトを行った。

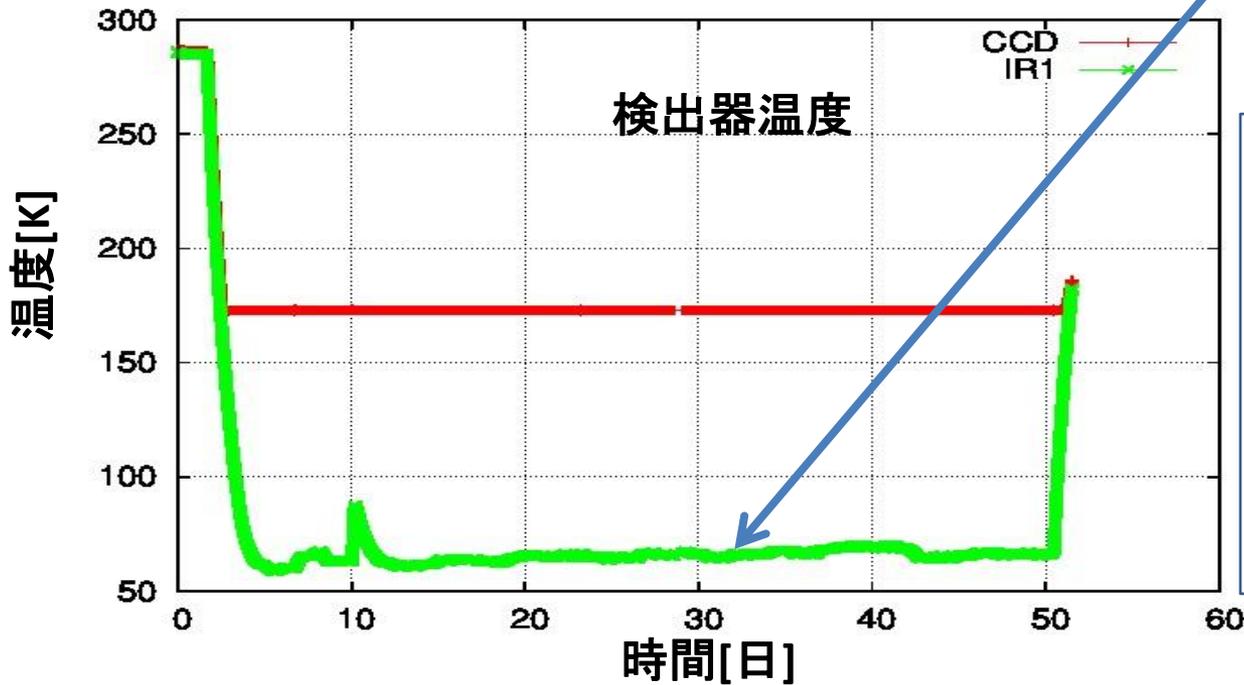
開発状況-真空冷却系-



40日以上に亘って、増し引きせずに $\sim 10^{-5}$ Torrの内部圧力を維持

冷凍機トラブル

温度制御していない状態で、60K程度まで冷却可能



内部圧力・温度保持は、外気温度に依存している状況である

↓

夏場の内部圧力・温度保持が課題

開発状況-光学系-

常温下での光学調整

→ZEMAXシミュレーションとの比較

焦点位置が1mmずれている

→収差の傾向はシミュレーションと合う

冷却下結像試験

→焦点位置がシミュレーションと異なる(焦点マスク位置で約7mm)

→未解決

各レンズホルダーのレイトレース試験

→赤外レンズおよび可視レンズは
問題なし

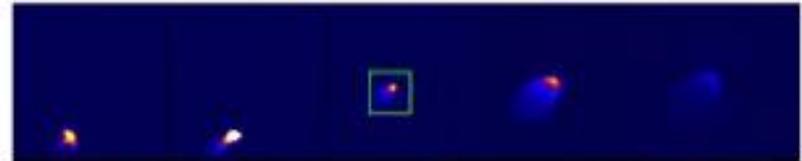
→コリメーターレンズは光線が平行移動

→コリメーターレンズ系に問題があるか？

ファーストライト:

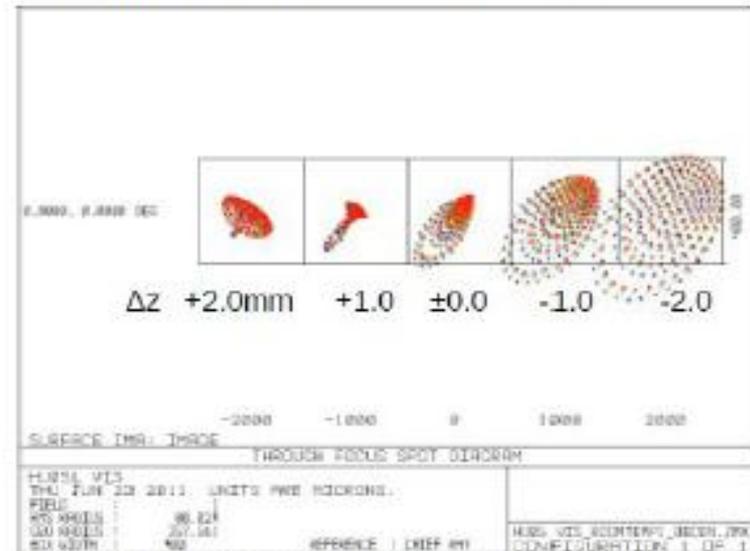
撮像では望遠鏡側で合わせばよいので、
撮像モードの評価を行った

(詳しくは原尾発表を参照)



常温下で撮影した小孔マスク像(上)と、
その状況を模したZEMAXでのスポット
ダイアグラム計算結果(下)との比較

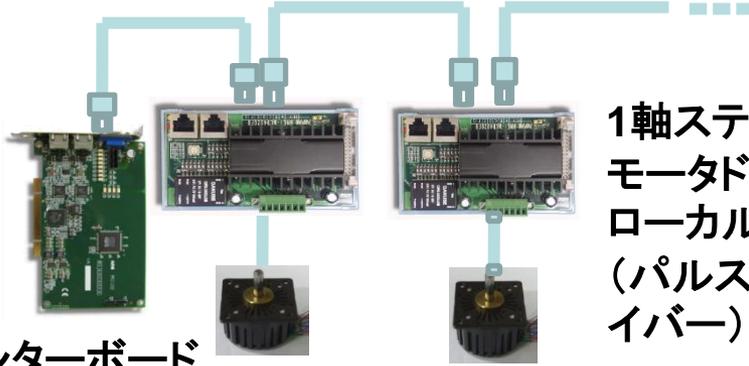
CCD面位置移動(Δz)に伴う収差の変
化の様子がうまく再現されている



穴②の像 $\Delta z=0$ での $r_{RMS}=80 \mu m$ 、 $r_{GEO}=258 \mu m$

開発状況-駆動・制御系-

日本パルスモータ社「Motionnetシステム」



センターボード
(制御)
PC内PCI接続

ステッピングモータ

1軸ステッピング
モータドライバ
ローカルボード
(パルス発生+ドラ
イバー)

複数モータ同時動作が可能(最長25秒)→観測効率の向上

駆動系

- ・冷却下での基本動作はOK
- ・焦点面ホイールは位置再現性悪い(PTPで20 μ m程度)
- ・原点検知機構の安定性に問題あり(冷却下で検知できなくなったものがあった)

シャッター機構の開発:

- ・高速で大型の露出ムラのない一軸駆動シャッターを設計制作を行った(最短露出時間0.3s)。
- ・ファーストライトでキャリブレーション(原尾の発表参照)を行い、動作時間のバラつきは、姿勢・温度によらず5ms以内。露出時間のリニアリティは1s以下でも3%以内。

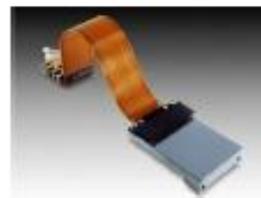


開発状況-検出器系-

IR(Raytheon HgCdTe 2K2K)とOpt(HPK CCD)

の同時駆動・読み出し

- スクリプトを作成(Messia5 + Mfront2/MACS2にて駆動)



Raytheon Virgo
2k2k HgCdTe



HPK
2k4k Si (FD)

検出器ノイズ:

- CCDは検出器電源のGNDを筐体への短絡したことにより、要求性能通りのノイズ値(5e-)
- Virgoは依然高いノイズ値(100e-)。追加対応が必要
- 外気温度が低い状態におけるMACS2読み出し・駆動の不調が見られた(代替ボードを製作予定)

HONIRのスペックと現状の比較

	スペック	現状
検出器ノイズ	OPT $\leq 5e^-$ IR1 5-15e-	OPT 5e- IR 100e-
装置効率	OPT(Rバンド) 21% IR(Ksバンド) 14%	OPT(0.65 μ m) 18-19% IR(Ksバンド) 6%
収差		球面収差、軸ズレ、コマ収差 最良星像サイズ(赤外0.9")

まとめ

- 可視赤外線撮像のファーストライトを行った
 - 真空度および温度は冬場で**一か月以上保持可能**
 - 装置効率は可視では20%と目標性能達成(赤外は半分)
 - 可視検出器のノイズは要求性能通りだが、赤外検出器のノイズが高いままである
 - 収差が残っているが、撮像モードとして運用できる目途が立った

今後

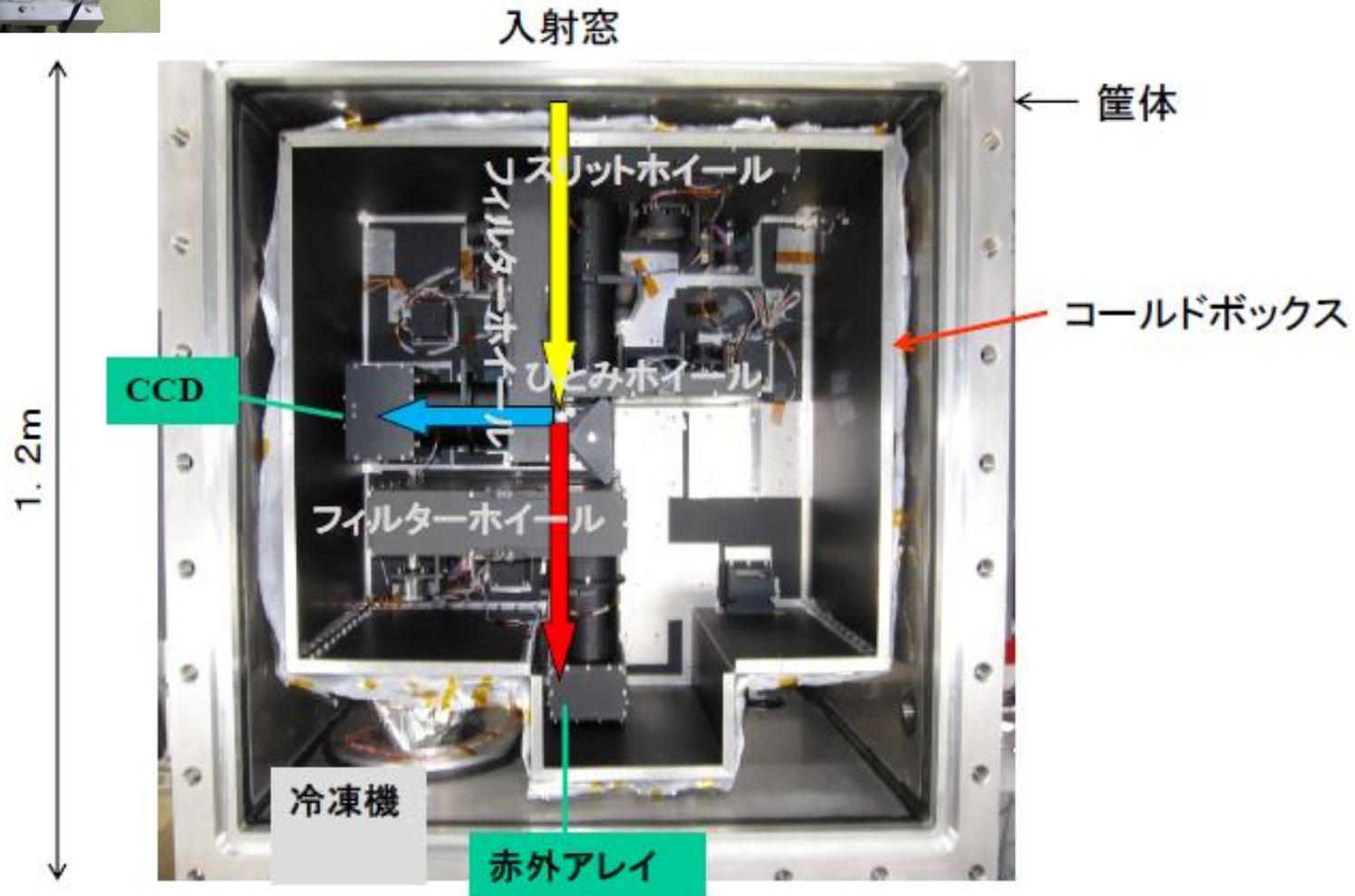
- 赤外域における装置効率悪化の対策
- 光学系の追調査
- 赤外検出器ノイズ対策と新読み出しボード制作
- 偏光モード分光モードの実装

原尾ポスター、秋田谷ポスターも参照

終わり

HONIR筐体内部

- ・全体を真空
- ・100K以下まで冷却

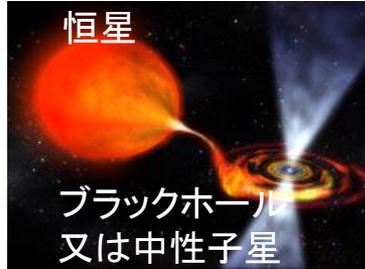


HONIRのスペックと現状の比較

	スペック	現状
検出器ノイズ	OPT $\leq 5e-$ IR1 5-15e-	OPT 5e- IR 100e-
装置効率	OPT(0.65 μ m) 11% IR2(2.2 μ m) 36%	OPT(0.65 μ m) 18-19% IR(2.2 μ m) 6%
収差		コリメーターレンズの光線ズレ 球面収差、軸ズレ、コマ収差

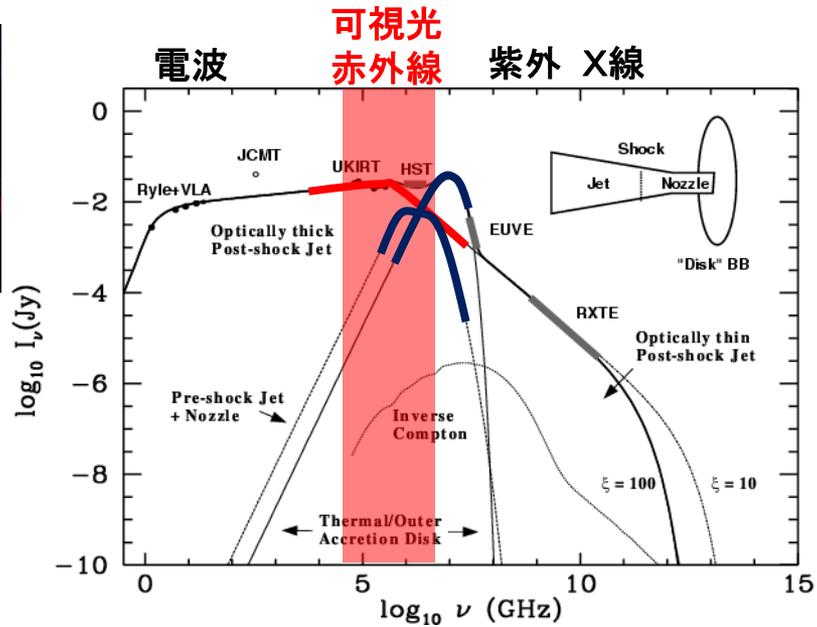
観測ターゲット

X-Ray Binary



HONIRによる可視近赤外同時偏光撮像によるjet成分寄与の研究:

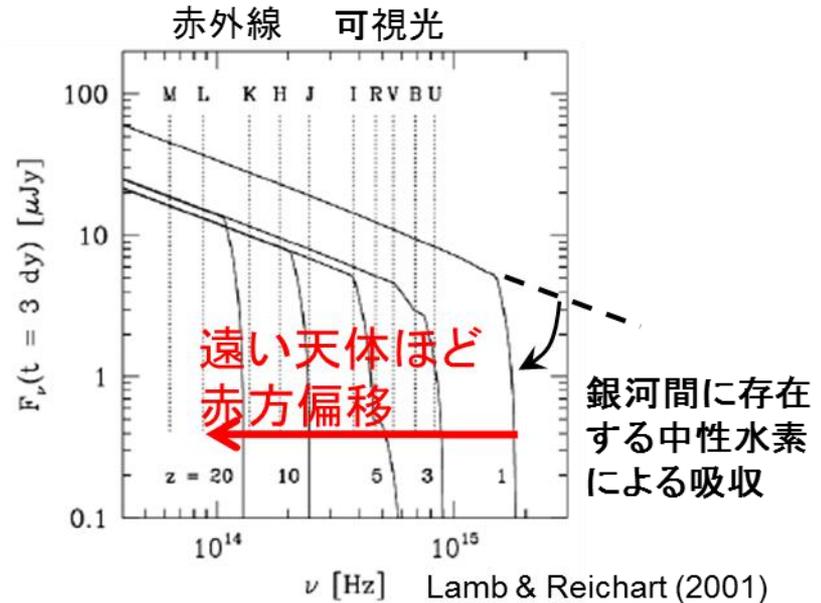
- 赤外線がジェット、可視光が降着円盤を起源としている可能性あり
- シンクロトン放射の直接検出



Gamma-Ray Burst

HONIRによる可視近赤外測光による距離推定:

- 多波長でライトカーブを追う
- スペクトルのライマンドロップからGRBまでの距離を推定する



矮新星・原始星・褐色矮星など

開発状況-検出器系-

IR (Raytheon HgCdTe 2k2k) と Opt (HPK CCD) の同時駆動・読み出し

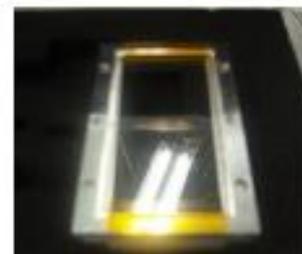
- スクリプトを作成 (Messia5 + Mfront2 / MACS2にて駆動)
- 動作は良好
- HgCdTeのダークに奇妙なリセット時間依存性

HgCdTeについてはリセットモードを変えたより効率的な読み出しの実現を目指している (DSPプログラム偏光)

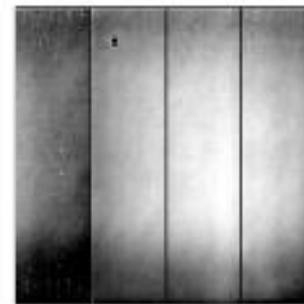
出力FITSへのヘッダー記載プログラム実装中



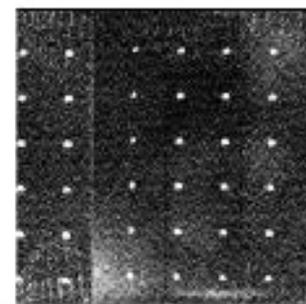
Raytheon Virgo
2k2k HgCdTe



HPK
2k4k Si (FD)



差分前

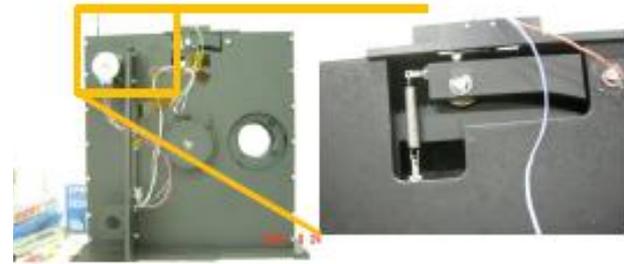


差分後

開発状況-駆動・制御系-

光学系ホイールの駆動試験・調整

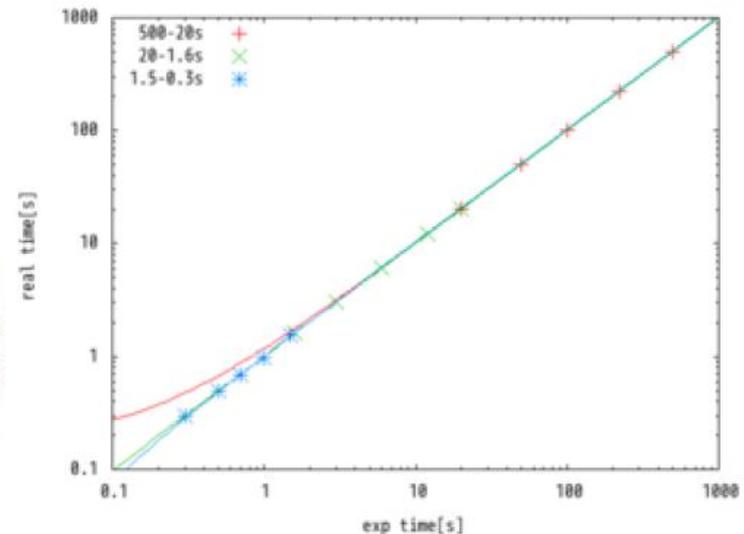
- ・モーター励磁OFF・バネ引き込みによる位置決め機構のバネ強度変更による調整と動作確認
- ・焦点ホイールで I 再現性確認
- ・他のホイールも同様に調整
- ・最も大きいマスクホイールはトルク不足気味なので、十分なトルクを持つ真空モーターに交換
- ・それ以外はこれまでと同じ手製改造モーターで対応



シャッター動作試験

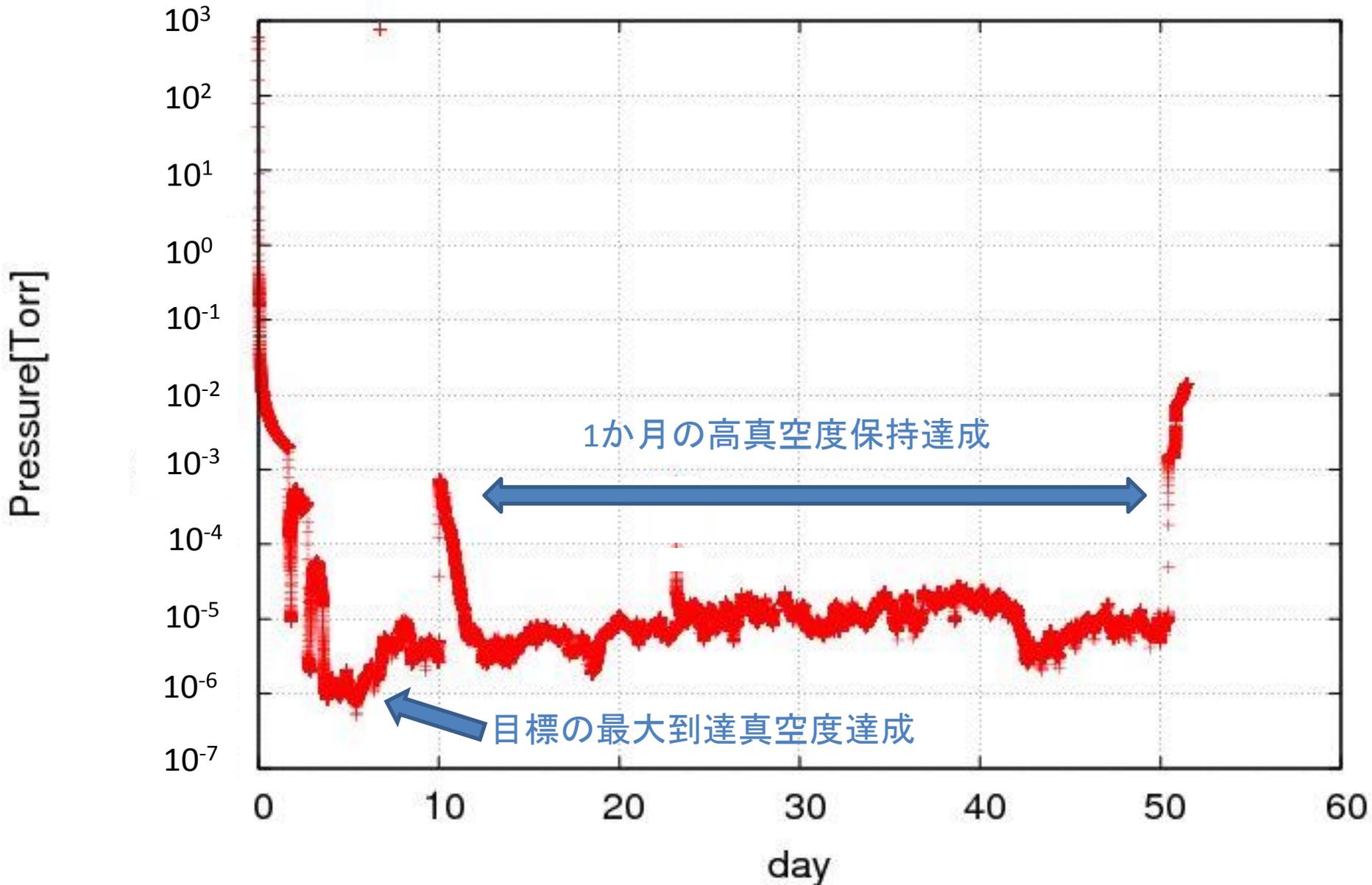
- ・良い駆動再現性(重力方向に依らない)
- ・最短露出 0.286s
- ・露出時間1365sで動作モード変更
- ・露出キャリブレーションが必要

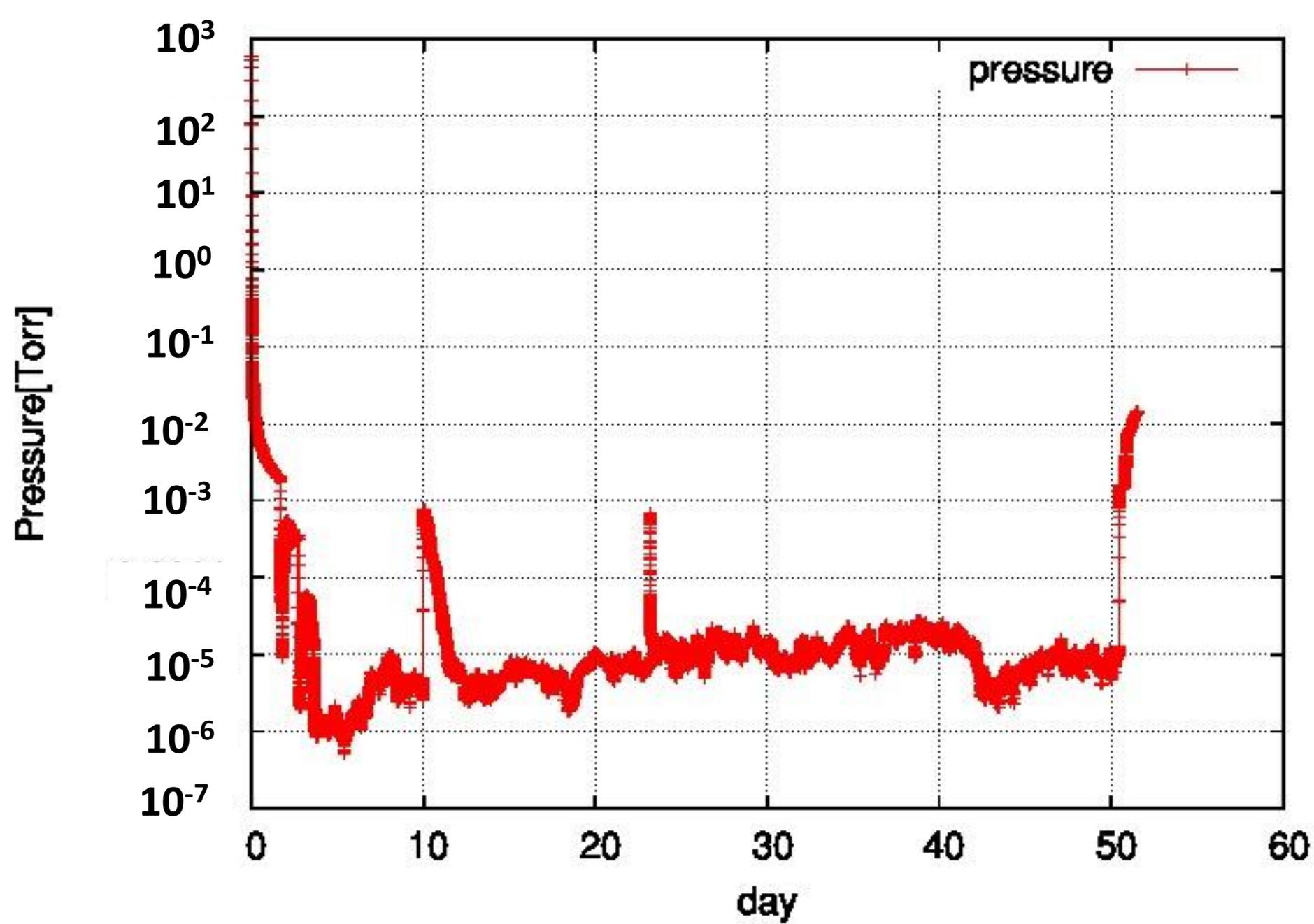
→さまざまな露出時間でフラット光源を撮像して、露出時間の校正を行った。



0.3~500sまで約3%以内の精度で露光時間のリニアリティを保てる

Pressure_Log





HONIRと現行装置の比較

	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

観測効率:
積分時間・画像読み出し時間など
オーバーヘッドタイムを考慮した時の
総時間に対する積分時間のこと

開発状況-真空冷却系-

真空冷却系:

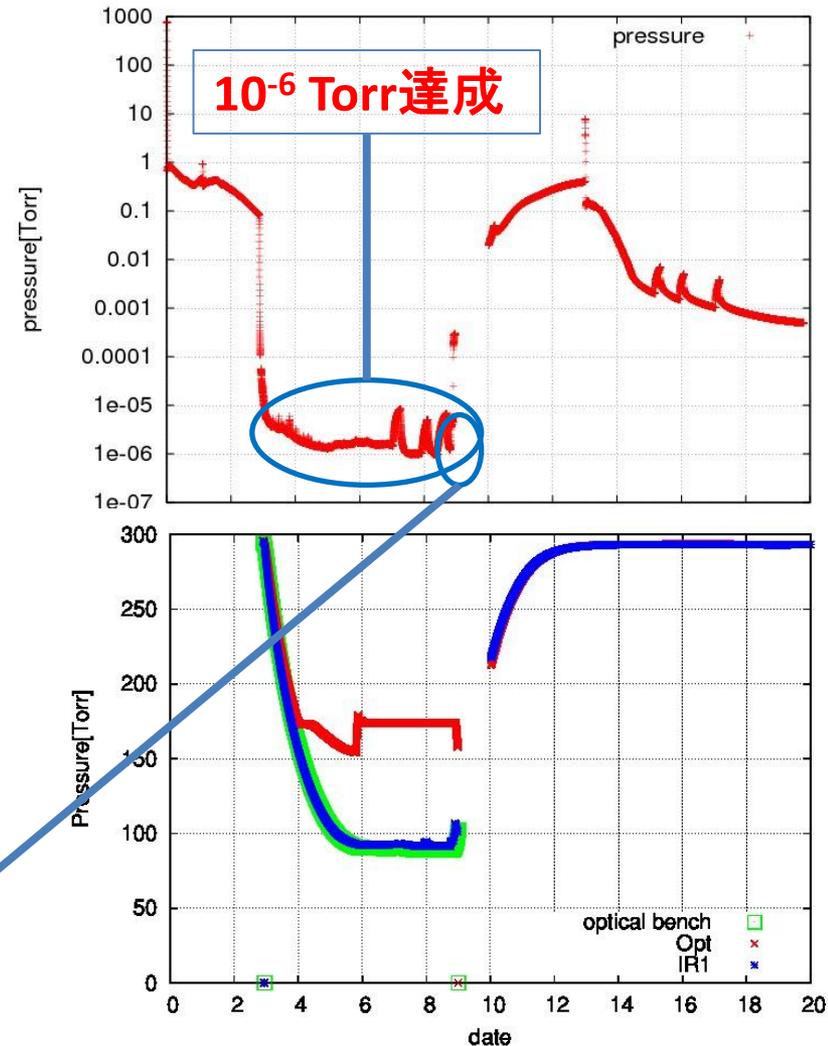
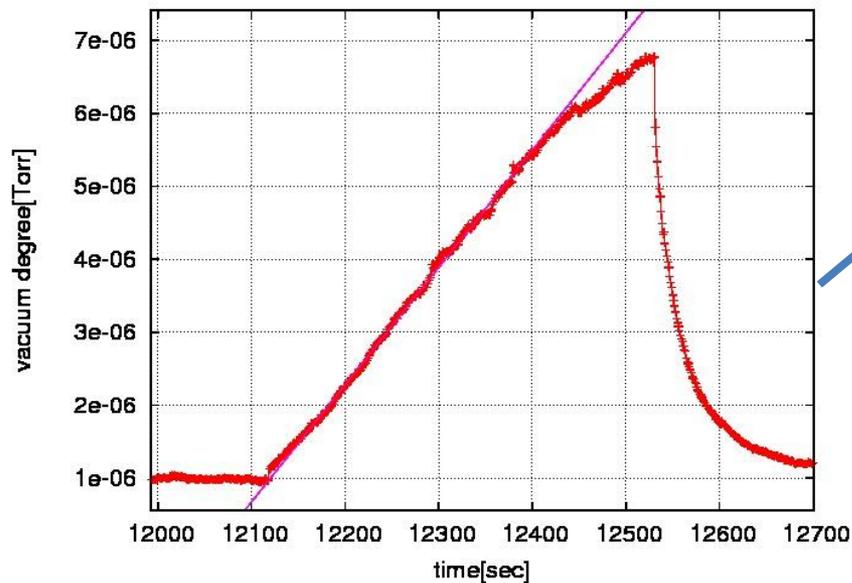
装置内赤外線バックグラウンドを防ぎ、且つ
検出器最適駆動温度にするため~80K保持

評価試験 装置内圧力と温度保持

- 到達圧力 $10^{-4} \rightarrow 10^{-6}$ Torr
- 圧力温度保持: 二時間 \rightarrow 一週間程度

冷却対策:

アウトガス吸着剤ケースの設計・製作をした
評価試験を今後行う



温度保持できる圧力 10^{-4} Torrと
した時に、保持期間は1週間程度