

宇宙科学センターの活動報告 2011-2012

広島大学宇宙科学センター長
吉田道利

スタッフ

- 研究教育スタッフ

- 常勤教員 4名

- 吉田道利 センター長
 - 川端弘治 准教授
 - 植村誠 准教授
 - 水野恒史 准教授(2011年10月より)

- 特任教員 3名

- 大杉節 特任教授(学長裁量経費)
 - 田中康広 特任助教(学長裁量経費:2012年4月より)
 - 秋田谷洋 特任助教(大学間連携)

- 協力教員 1名

- 観山正見 特任教授(学長室付:2012年4月より)

- 事務支援

- 事務支援員

- 石井尚美

- 学術支援グループ

人員

宇宙科学センター

光赤外部門

- 突発天体観測研究体制の強化
- 観測装置開発・赤外センサ開発体制の強化

教授: 吉田

准教授: 川端

准教授: 植村

特任助教: 秋田谷
(大学間連携事業)

特任助教
(装置開発担当)

X線ガンマ線部門

- アストロH装置開発体制の強化
- フェルミ宇宙望遠鏡運用・研究体制の強化

併任教授: 深澤

准教授: 水野

特任助教: 田中

特任教授: 大杉

研究員: 大野

研究員: 高橋

理論天文学研究部門

- 高エネルギー天体现象の理論・シミュレーション研究の強化
- 光赤外・X線ガンマ線観測に即応した理論研究の展開

特任教授: 観山

併任教授: 小嶌

研究員: 山本

研究員: 加藤

事務職員: 石井尚美

広島大学・学術支援グループ

PD & 大学院生

- 森谷友由紀 (PD)
- 先本清志 (D3)
- 伊藤亮介 (D2)
- 佐藤久之 (M2)
- 宇井崇紘 (M2)
- 高木 勝俊 (M1)
- 浦野 剛士 (M1)
- 上野 一誠 (M1)

HONIR & blazars

IR camera & blazars
novae

IR dectector & YSOs

GRB, Supernovae

blazars & HONIR

Supernovae

予算

- 平成24年度予算
 - 運営費 509万円
 - 教員研究費、付属施設研究経費、消耗品費、旅費等
 - 特任教員人件費(大杉、田中) 800万円
 - 全学共通経費 319万円
 - 光熱水料等
 - 特別経費(一般経費化) 1,773万円
 - かなた望遠鏡維持費、観測装置開発費等
 - 外部資金 4,060万円
 - 科研費(A)(B)、大学間連携、新学術領域
 - 総額 7,461万円

かなた望遠鏡と観測装置

第2ナスミス焦点

高速分光器：(京大・広大)
視野2.3分角□
1秒間に30フレームのレート
で可視低分散分光観測を行
える



第1ナスミス焦点

HOWPol：(広島大)
可視撮像、1露出型偏光撮
像、低分散分光
ガンマ線バーストの初期残光
の偏光観測に最適化

カセグレン焦点

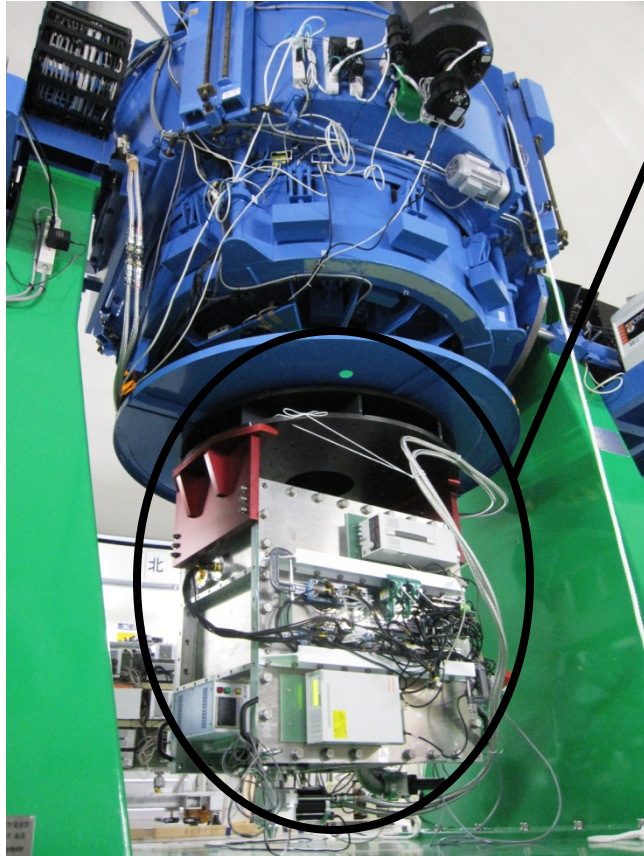
TRISPEC：(名古屋大・～2011年)
可視赤外線3バンド同時撮像分光装置
HONIR：(広島大・2011年～)
可視赤外線3色同時カメラ

いずれも可視1バンド、近赤外2バンドで同時観測可
撮像、分光、偏光撮像、および偏光分光

開発中の装置類

- **HONIR（可視赤外線同時カメラ）**
 - 可視1チャンネル＋赤外1（or 2）チャンネル同時観測
 - 撮像、分光、偏光撮像、偏光分光
- **国内メーカー製近赤外検出器**
 - 浜ホト製 InGaAs素子の性能評価
- **その他**
 - HOWPol
 - 高速分光器
 - 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



HONIR

Hiroshima Optical and Near-InfraRed camera

開発チーム

広島大

先本清志、宇井崇紘、浦野剛志、上野一誠、
高木勝俊（原尾達也、宮本久嗣、小松智之）、
秋田谷洋、森谷友由希、川端弘治、吉田道利

国立天文台

山下卓也、中屋秀彦、酒向重行

東京大

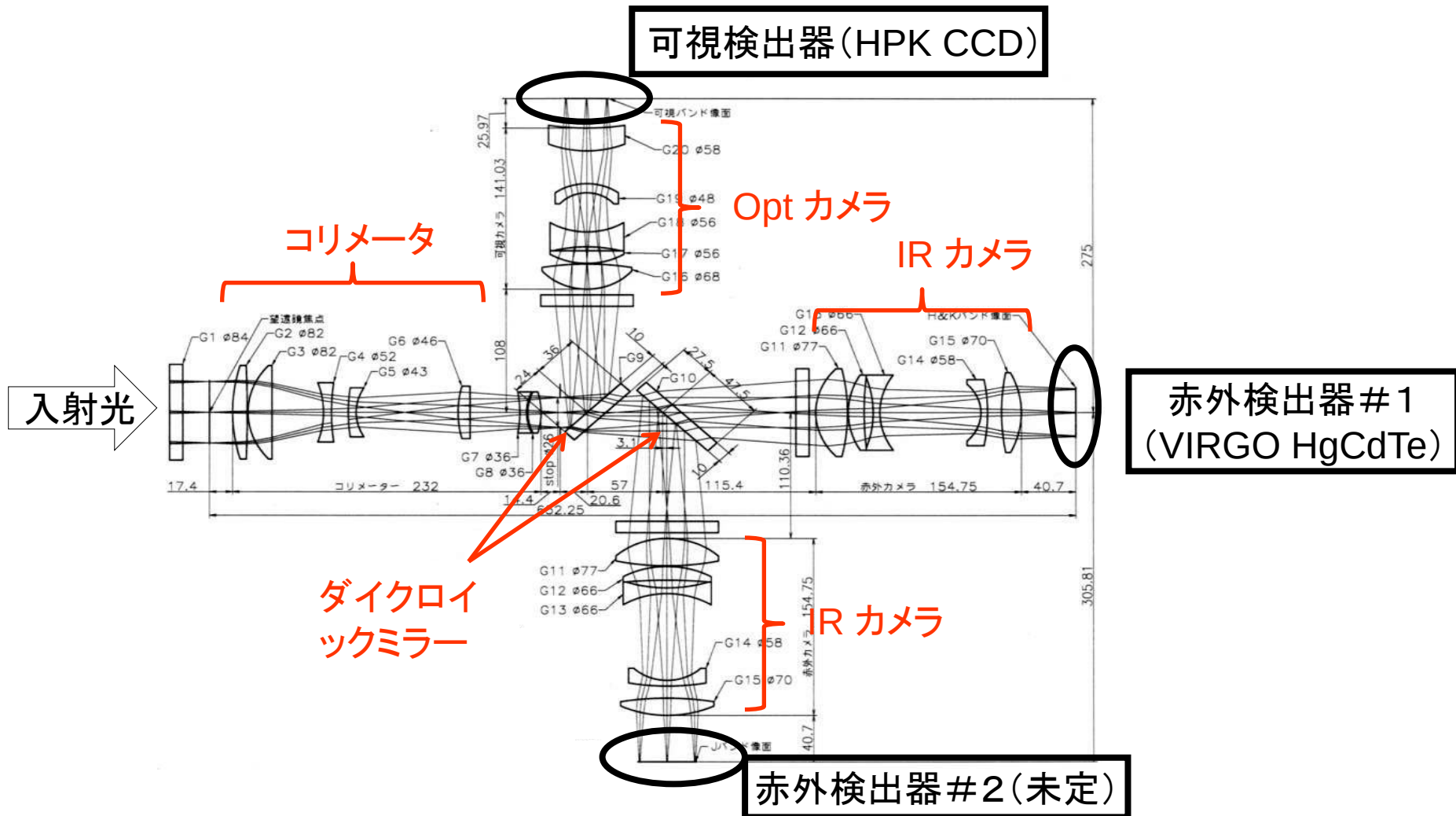
中島亜紗美、酒向重行

可視・近赤外線3バンド同時観測

⇒ 当面は可視・近赤外線の計2バンドで
撮像・分光＋偏光モード

原尾 広島大学修士論文 (2012)

先本、秋田谷、山下ほか SPIE Proc. (2012)



HONIR光学系・検出器系：設計仕様

	可視バンド (Opt)	赤外バンド (IR1, IR2)
視野	$10' \times 10'$ (参考: TRISPEC $7' \times 7'$)	
検出器ピクセルサイズ	$15 \mu\text{m} \times 15 \mu\text{m}$ 、 $2\text{k} \times 4\text{k}$	$20 \mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ 、 $2\text{k} \times 2\text{k}$
ピクセルスケール	$0.30'' / \text{pixel}$ (参考: TRISPEC $0.83'' / \text{pixel}$)	$0.30'' / \text{pixel}$ (参考: TRISPEC $1.65'' / \text{pixel}$)
光学瞳像	$\phi 26\text{mm}$	
使用波長域	$0.5\text{--}1.0 \mu\text{m}$	$1.15\text{--}1.35 \mu\text{m}$ (IR2)、 $1.45\text{--}2.4 \mu\text{m}$ (IR1)
透過率	40–55% at $450 < \lambda < 1000\text{nm}$	40–55% at $1100 < \lambda < 2400\text{nm}$

TRISPECに比べて...

- ・視野が広い
- ・ピクセルスケールがシーイングとマッチ
スカイレベルが相対的に減少

コリメータレンズ・カメラレンズの焦点距離

85° K 0気圧での値

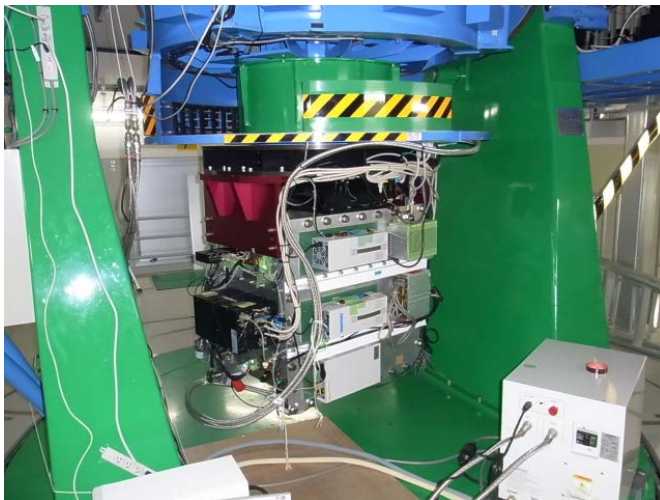
G2～G8 コリメーター $f=312.0\text{mm}$ ($\lambda=1.25 \mu\text{m}$)

G11～G15 赤外カメラ $f=237.2\text{mm}$ ($\lambda=1.25 \mu\text{m}$)

G16～G20 可視カメラ $f=178.0\text{mm}$ ($\lambda=0.65 \mu\text{m}$)

2チャンネル同時撮像モード 試験観測

- 2011年10月12日－11月9日
- 2011年12月12日－2012年2月2日
- 動作試験(駆動制御系、検出器ノイズ等)
- 性能(光学系、検出効率、背景光等)
- サイエンス観測(T Tau型星、超新星、ガンマ線源等)



原尾 修士論文 (2012)
先本、秋田谷ほか SPIE Proc. (2012)

HONIR 開発の進捗: 光学素子関連

撮像モードの光学素子はほぼ揃う

- レンズトレイン、瞳マスク、ダイクロイックミラー、広帯域バンドフィルター(BVR_{C_C} yJHK_S)、分光・偏光モードの素子の状況

- 低分散グリズム 製作中

OPT : 300g/mm ; BK7 51×51mm 頂角23°

0.41μm-0.96μmカバー(0.68μm中心) R=330 (0.2")

IR2 : 180g/mm ; BK7 59×59mm 頂角23.5°

1.15μm-1.35nmカバー(1.23μm中心) R=354 (0.2")

IR1 : 120g/mm ; FTM16 59×59mm 頂角22.5°

1.45μm-2.4nmカバー(1.93μm中心) R=371 (0.2")

- 偏光ビームスプリッター 製作中

瞳マスク位置に全バンド共通のウォラストンプリズム

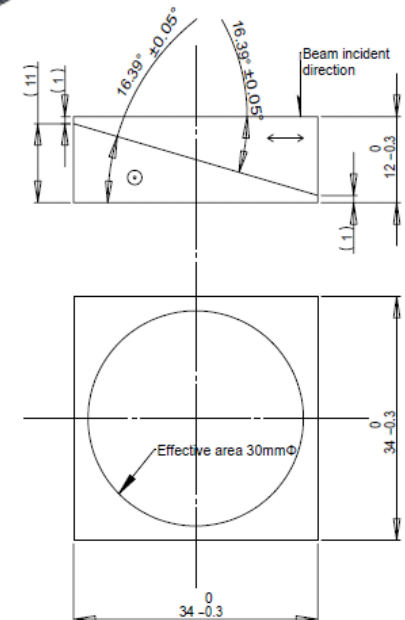
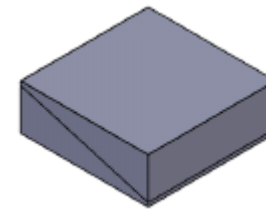
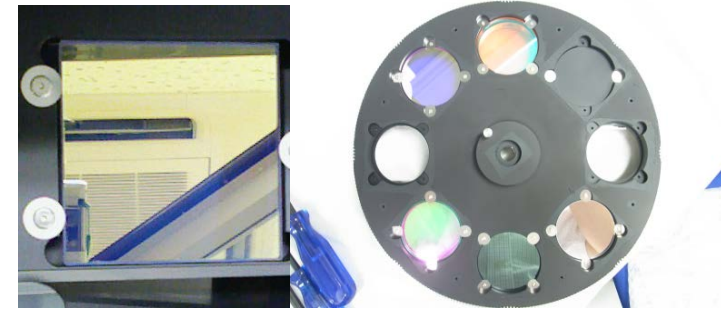
LiYF₄製 34×34mm 12mm厚 分離角0.79-0.74°

焦点マスクは 幅45"の短冊を中心間隔93"で並べる

- 超広帯域半波長板 製作中

Pancharatnum型 0.45-2.3μm 遅延180±9°

- 焦点マスク・オーダーカットフィルター 設計中



大気減光と装置効率(望遠鏡込み)

大気減光の波長依存性

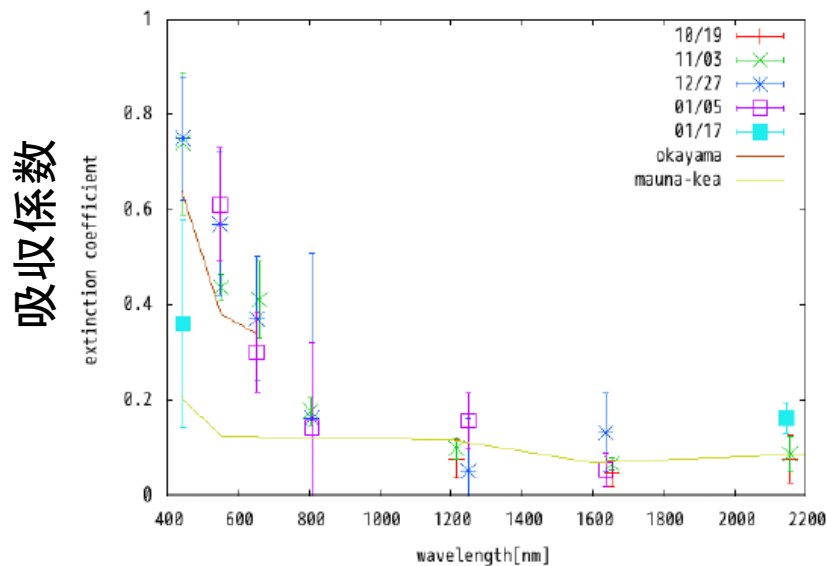
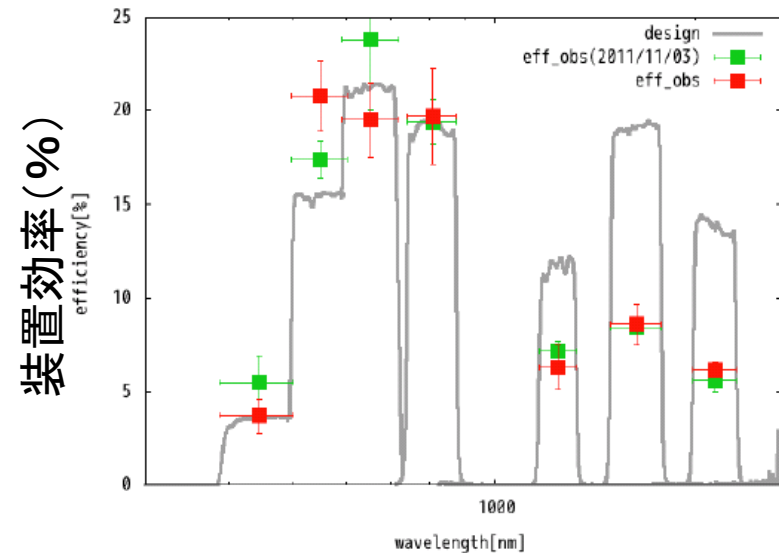


図 3.33: 各バンドの大気減光



バンド	B	V	R	I
	$3.7 \pm 0.9\%$	$20.8 \pm 1.9\%$	$19.5 \pm 2.0\%$	$19.7 \pm 2.6\%$
バンド	J	H	Ks	
	$6.3 \pm 1.2\%$	$8.6 \pm 1.1\%$	$6.2 \pm 0.4\%$	

表 3.4: 大気減光を補正した装置効率 (望遠鏡込み)

原尾 修士論文(2012)

- 可視の効率は、ほぼ設計通り
- 赤外の効率が設計値の半分に留まる(調査中)

HONIRの課題と今後

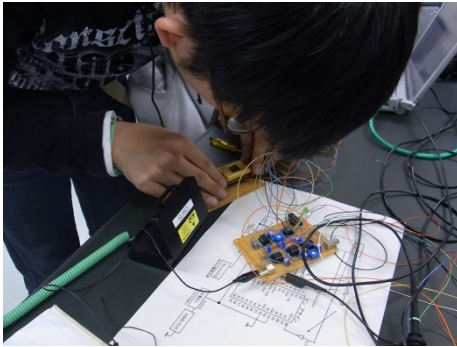
秋田谷 木曾シュミットシンポジウム2012

課題	対応
光学系の不備 (視野端収差、焦点位置が設計と不整合、K-band高バックグラウンド)	レンズ系の再アライメント、レンズユニットごとの光学試験、黒塗り処理の改善
近赤外線の高いスループット?(想定 $1/2$)	要素ごとの効率測定、効率評価法見直し
近赤外検出器読み出し系の不安定動作、高い読み出しノイズ(max $\sim 240\text{ e}^-$!)	読み出しプログラムの改善、配線の改善など
読出システムの刷新・高速化	KWFCシステムのVIRGO 2K用移植
冷却性能向上 (夏季運用に不十分)	輻射シールド強化、吸着ポンプ設置
新機能搭載 (分光、偏光観測モード)	素子(グリズム、Wollaston prism、半波長板)設計・製作、メカトロ追加
観測支援機能・環境整備(Fits ヘッダー、機能的な観測・解析プログラム整備)	随時進行

2012年11月～ 次期試験観測

2013年～ 分光・偏光モードを搭載した試験観測

国内メーカー製 近赤外線検出器



伊藤亮介、大杉節、吉田道利、川端弘治、
山下卓也、中屋秀彦

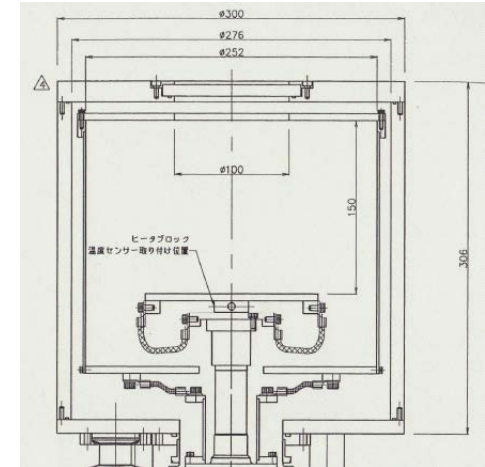
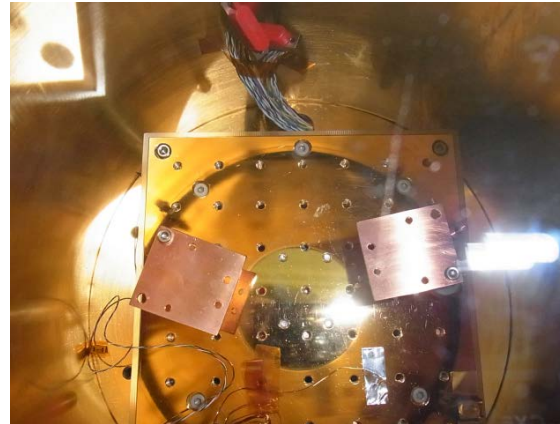
※部外秘の項目が多いため詳細は割愛

- 浜ホト製InGaAsチップの冷却下での性能評価
 - 64×64 pix $50\mu\text{m}$ ピッチ (チャージアンプ型)
 - 冷却下での性能評価(ノイズ、量子効率の波長依存性、リニアリティ等) → メーカーへフィードバック
- 今後、ソースフォロア型のチップ(128×128 pix $20\mu\text{m}$ ピッチ)を試験予定
 - 将来的には安価な大フォーマットのチップを目指す
- 自前の試験用デュワーが完成 立ち上げ中

評価試験用新デュワー (5月納品)



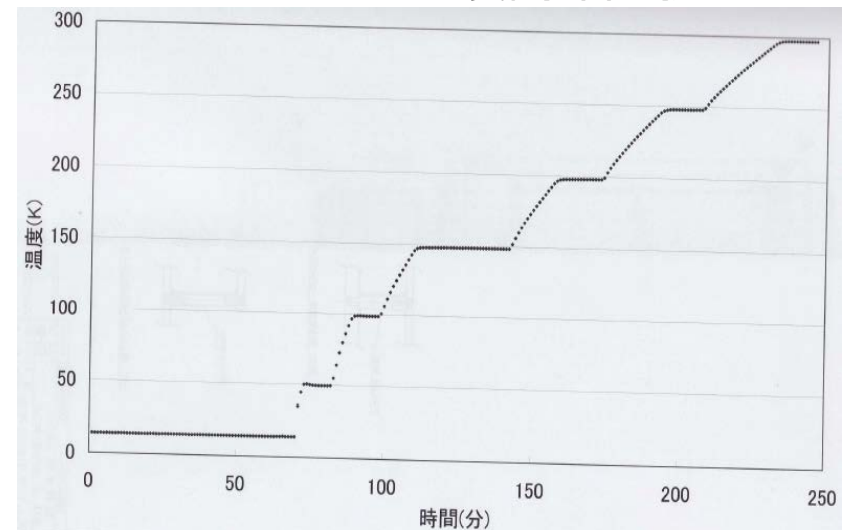
鈴木商館社製(冷凍機 RF273S)



デュワー外径 300mmΦ
放射シールド内径 252mmΦ
冷却ステージ 150×150mm
ステージ上部クリアランス150mm高
※光学ターレットを追加実装予定

二段冷凍機ヘッド(RF273S)を使用
ステージ到達温度 ~14K
ステージ制御温度範囲 20K – 常温
(50Wヒーターアシスト)

ステージ温度調節試験

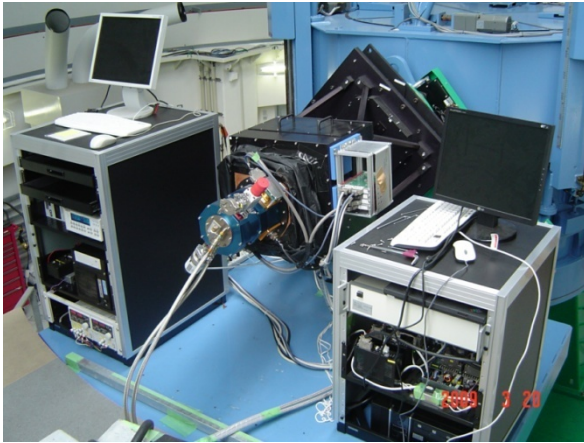


その他

- 1 露出型広視野偏光撮像器 HOWPol
- 高速分光器 — 特に問題なく運用中(報告は割愛)
- 環境モニター
 - 新スカイモニター 2011年1月導入
 - 雨滴センサー 2012年4月導入

HOWPol: 1露出型広視野偏光撮像器

Hiroshima One-shot Wide-field Polarimeter



波長域	450nm–1030nm
観測 モード	撮像 (15' circle) 偏光撮像 (1露出型 1 × 15分角 / 7 × 7分角) 分光 ($\lambda/\Delta\lambda \sim 350$; 400–950nm)

ナスミス焦点に常設 — 2008年11月より観測開始
撮像 (Φ15分角)、低分散分光、偏光 (測定精度 $\Delta p \sim 0.4\%$)
GRB出現時は、即時偏光観測を実行

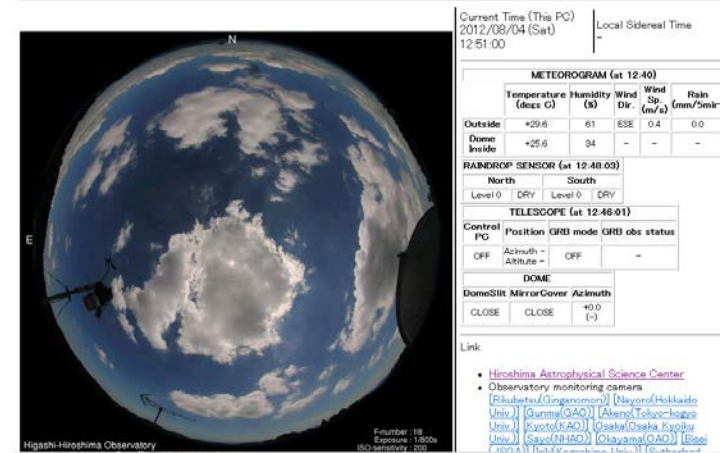
HOWPoI この1年

- オートガイダー整備(未完)
- 偏光観測キャリブレーション方法の統一化(完)
- CCDステージ 10mm=200秒角シフト(完)
 - ✓ 視野中心付近をCCD間ギャップに落とすことなく撮像
- 夏季高湿時のCCD窓 乾燥空気送り(ほぼ完)
- 星像パターンマッチングを用いた自動観測化(伊藤; 完)
 - ✓ 撮像、偏光撮像、ロングスリット分光
- トラブル
 - ✓ 2011.11 制御PC(2つのうち1つ)故障 → 交換
 - ✓ 2012.2 半波長板回転機構の導線切れ → 修理
 - ✓ 2012.3 真空測定子故障 → 交換
 - ✓ 2012.4 冷凍機冷媒ガス漏れ → スペア交換+メンテ・修理へ
 - ✓ 2012.7 冷凍機故障 → 正常に動く組み合わせで使用中
(メンテ済みコンプレッサー故障; 国産機へ交換を検討開始)

デジカメ(ニコン製1眼レフ)+魚眼レンズ

静電容量型センサー（クリマテック製）× 2

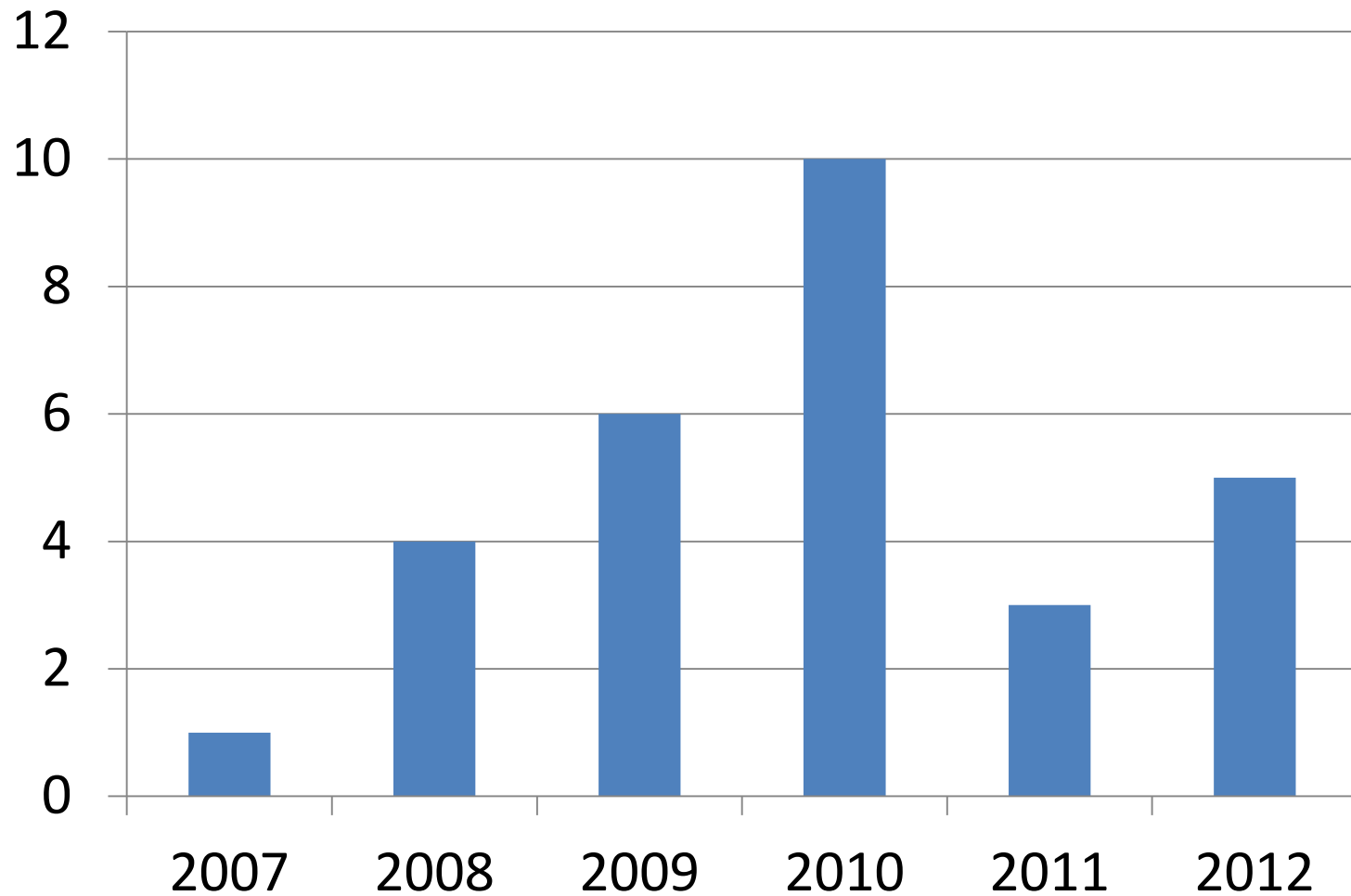
Environment Monitor at Higashi-Hiroshima Observatory



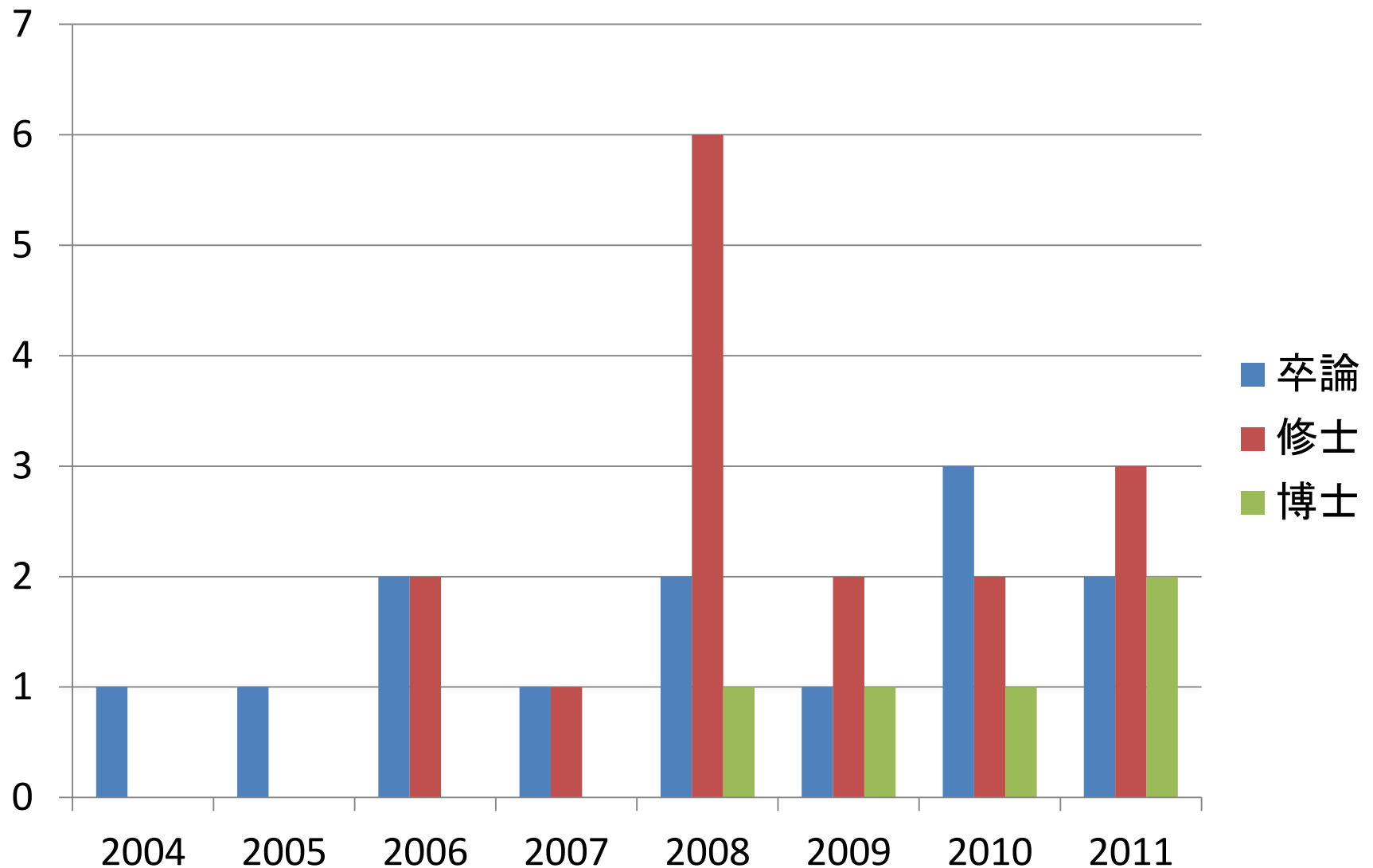
かなた望遠鏡観測の査読論文 (2011/4-2012/7)

1. ``The Structure and Emission Model of the Relativistic Jet in the Quasar 3C 279 Inferred from Radio to High-energy γ -Ray Observations in 2008-2010'',
2. **サイエンストピックについては**,
3. **植村の発表で** and
4. ``GRB 091208B: First Detection of the Optical Polarization in Early Forward Shock Emission of a Gamma-Ray Burst Afterglow'', Uehara, T., et al., 2012, ApJ, 752, L6
5. ``Multi-wavelength Observations of Blazar AO 0235+164 in the 2008-2009 Flaring State'', Ackermann, M., et al., 2012, ApJ, 751, 159
6. ``Photopolarimetric Monitoring of Blazars in the Optical and Near-Infrared Bands with the Kanata Telescope. I. Correlations between Flux, Color, and Polarization'', Ikejiri, Y., et al., 2011, PASJ, 63, 639
7. ``Prominent Polarized Flares of the Blazars AO 0235+164 and PKS 1510-089'', Sasada, M., et al., 2011, PASJ, 63, 489

査読論文数



学位論文数



1年間の共同研究・共同利用

- 東北大グループ 中川 et al.
 - ヘテロダイン式中間赤外高分散分光器の試験観測
 - 2011/09/11-09/23、2012/1/6-1/20
- 東北大グループ 市川、沖田 et al.
 - DIMMの試験観測
- 山口大グループ 藤沢 et al.
 - ブレーザーPKS1749
- 大阪大グループ 林田 et al.
 - セイファート銀河 すざくとの同時観測
- 茨城大グループ 片桐 et al.
 - J0939(フェルミ天体) 電波との連携観測
- 国立天文台グループ 紀 et al.
 - ブレーザー 電波との同時観測
- 埼玉豊岡高校
 - 2012/1/27-1/28
- 観測申し込みは随時受付中です。

社会貢献活動(2006年度～2011年度)

	講演会	天文台 見学	観望会	来訪者数
2006年度	14	27	28	約4000人
2007年度	10	36	23	約2200人
2008年度	7	21	16	約1600人
2009年度	15	42	17	約1600人
2010年度	9	23	23	約1600人
2011年度	9	26	24	約2000人

定例観望会

- 一般公募 東広島市中心
- 毎年4回実施(春2回+秋2回)
- 1回当たり40人+40人の2班構成 → 1年で320人
- 競争率:
 - 6倍(2006年6月) → 約1倍(2010年) → 約2倍(2012年) まだまだ新規需要あり
- 広島市こども科学館と協力して、子供向け観望会を追加
- 観望メニューの工夫(リピーター向け企画とか)も検討中

今年の川端は忙しい

1. 7/5 河内地区おもと会見学(川端)
2. 7/7 東広島ボランティアガイドの会(川端), 七夕観望会(植村、大杉)
3. 7/11 中国徳陽市小中学生見学(吉田)
4. 7/17 東広島熟年大学見学(観山、川端)
5. 7/19 井口高2年見学(大杉)
6. 7/20 アイデック1名+知的財産部門長ほか数名見学(吉田)
7. 7/21,22 特別観望会(大杉、川端、観山、植村、森谷、吉田)
8. 7/23 広島高校訪問(吉田)
9. 7/27 東広島熟年大学見学27名(吉田)
10. 7/30 坂中学科学部見学38名(川端)
11. 8/1 賀茂高校見学(10名)(植村、大杉、川端、観山)
12. 8/4 高校生講座@理学部(吉田、川端、深沢、水野)
13. 8/4 岡山理大学生2名見学・観望希望(大杉)
14. 8/6 益田高 周藤先生、分子光科学 吉田先生 見学(川端)
15. 8/7 オープンキャンパスイベント(川端、大杉、森谷、深沢)
16. 8/11-12 福山附属高校観測実習(植村、川端)
17. 8/20 福富町観望会(観山、川端)
18. 8/24 ライトダウンイベント 西条小(観山、大杉、吉田、川端、植村、秋田谷、森谷)
19. 8/25 広島市野外活動センターイベント(川端)
20. 8/27-29 学生観測実習(川端、吉田、植村、大杉、秋田谷、森谷)
21. 8/31 韓国中高生見学(川端?)





将来計画

- 装置計画
 - HONIR → 今年度中の運用開始
 - 赤外センサ → 科研費基盤A(総額3500万円)。浜ホトと協力して開始。64×64素子試験継続
- 大学間連携
 - 「大学間連携による光学赤外天文学研究教育拠点のネットワーク構築」の推進
- 東アジア・中近東との天文学協力
 - 中国・チベット・サイト調査への協力＋チベットへの小口径望遠鏡設置(「重力波」新学術領域) → 中口径望遠鏡計画へ
 - エジプトとの天文学協力(二国間連携事業へ申請)

新学術領域研究 平成24年度～28年度

「重力波天体の多様な観測による宇宙物理学の新展開」

領域代表: 中村卓史・京都大学教授

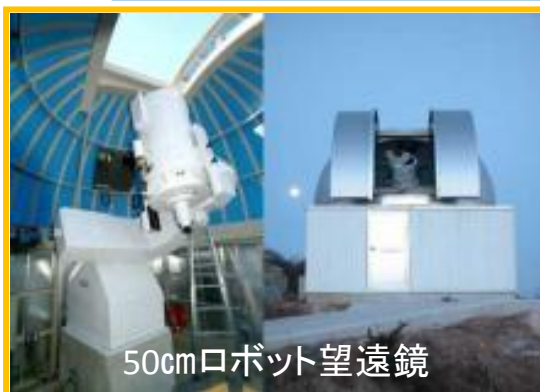
計画研究A02

「天体重力波の光学赤外線対応現象の探索」

研究代表: 吉田道利

広大の計画:

東アジア適地(中国西域が候補)に50cmロボット望遠鏡
「かなた」と連携して重力波候補天体の探索



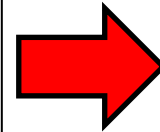
かなた望遠鏡

宇宙科学センター将来計画の柱

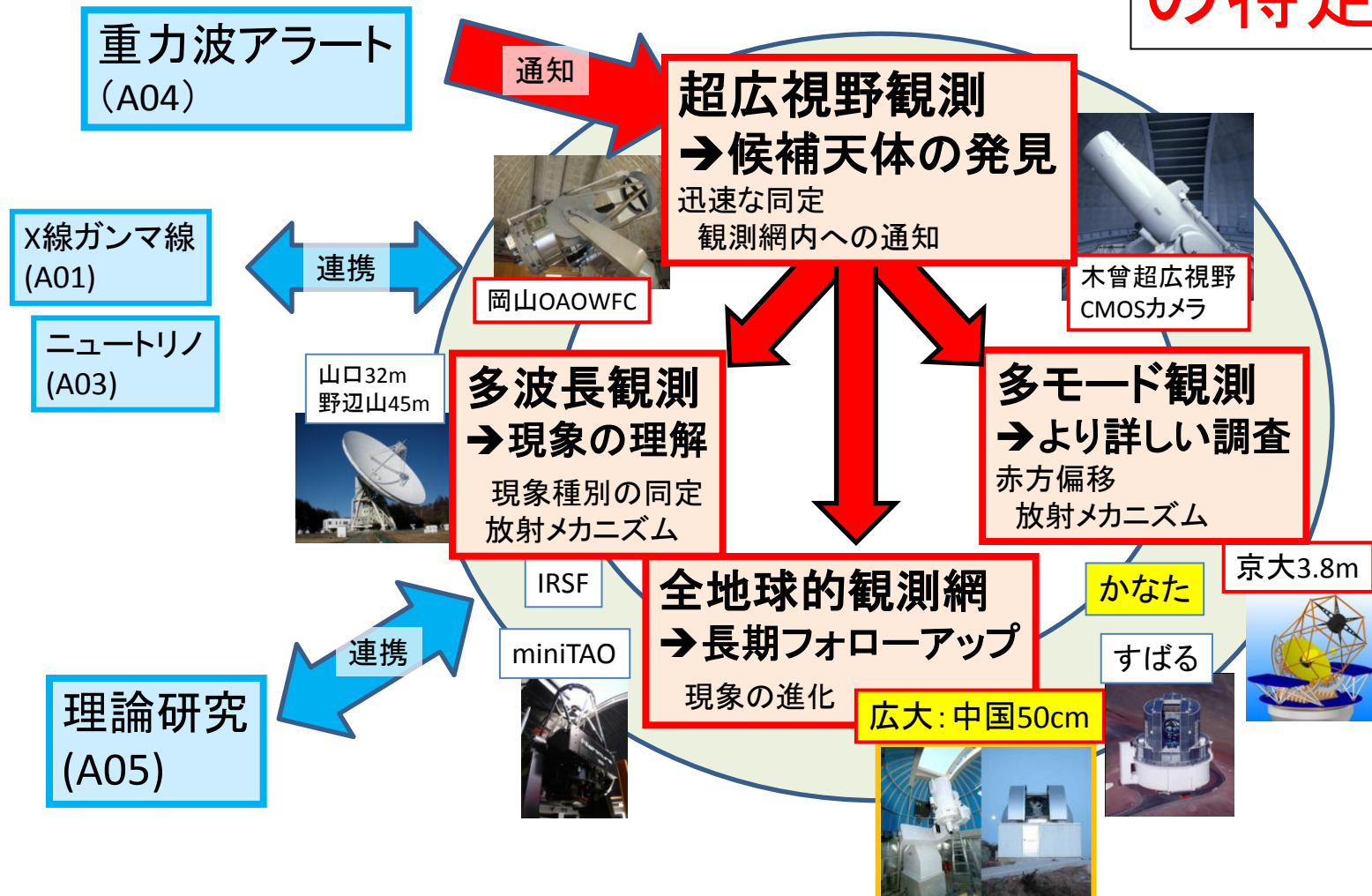
「海外への中口径望遠鏡設置による突発天体研究の推進」

➔ 概算要求へ

超広視野観測による迅速な候補天体の発見→
多彩な観測網による現象の理解

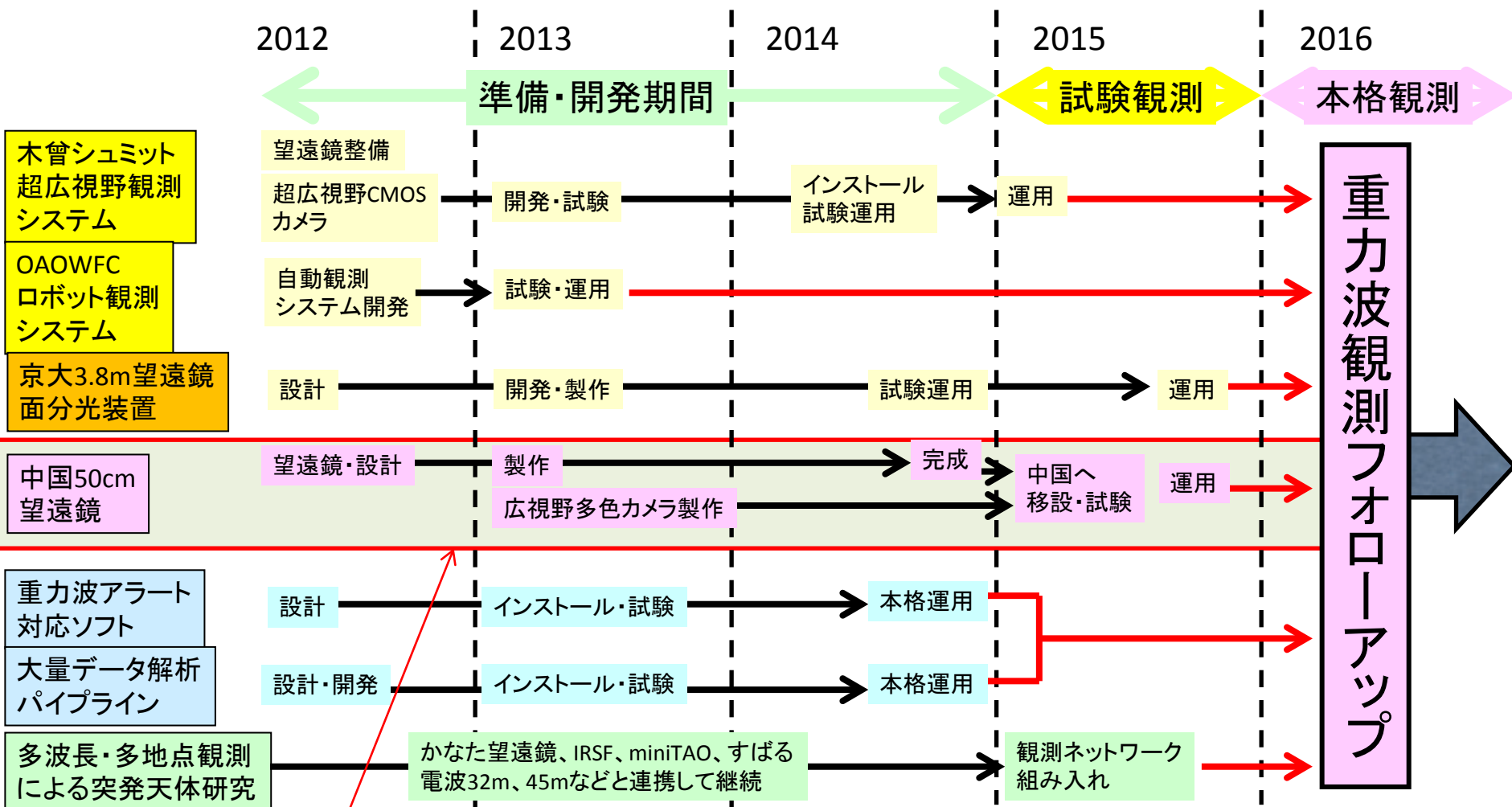


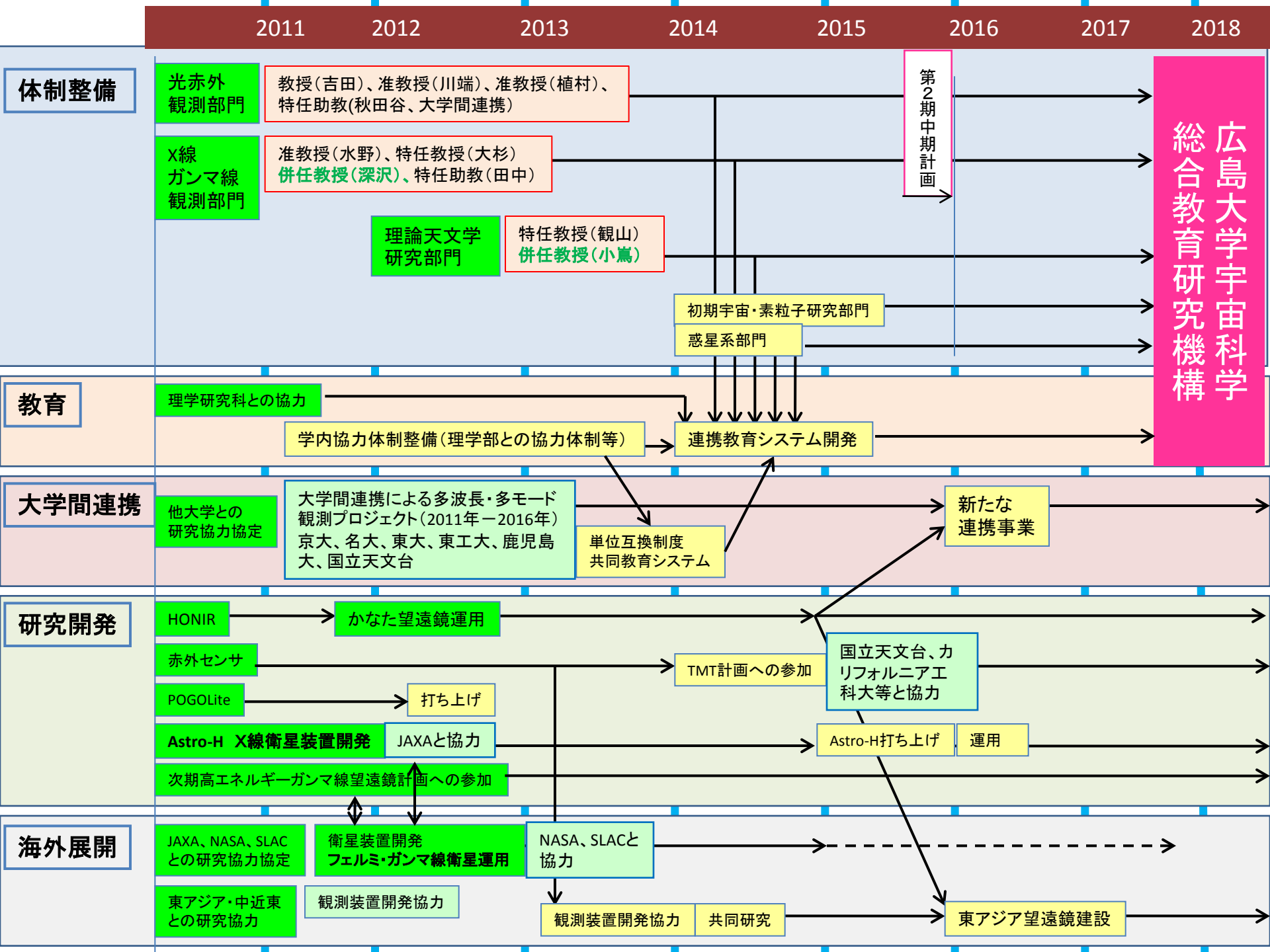
重力波源
の特定!

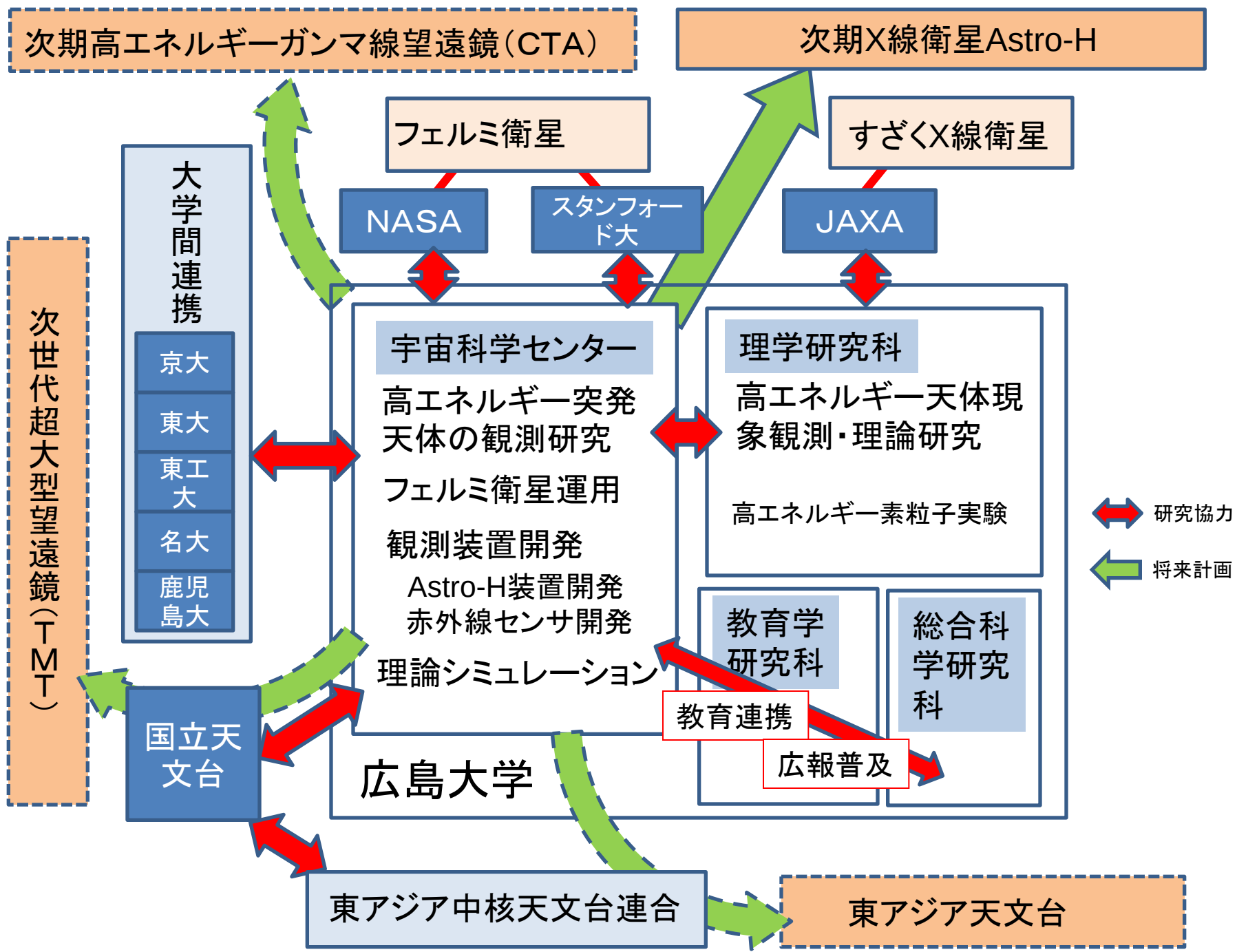


進行スケジュール

2015年iKAGRA観測までに観測ネットワークの基礎を構築

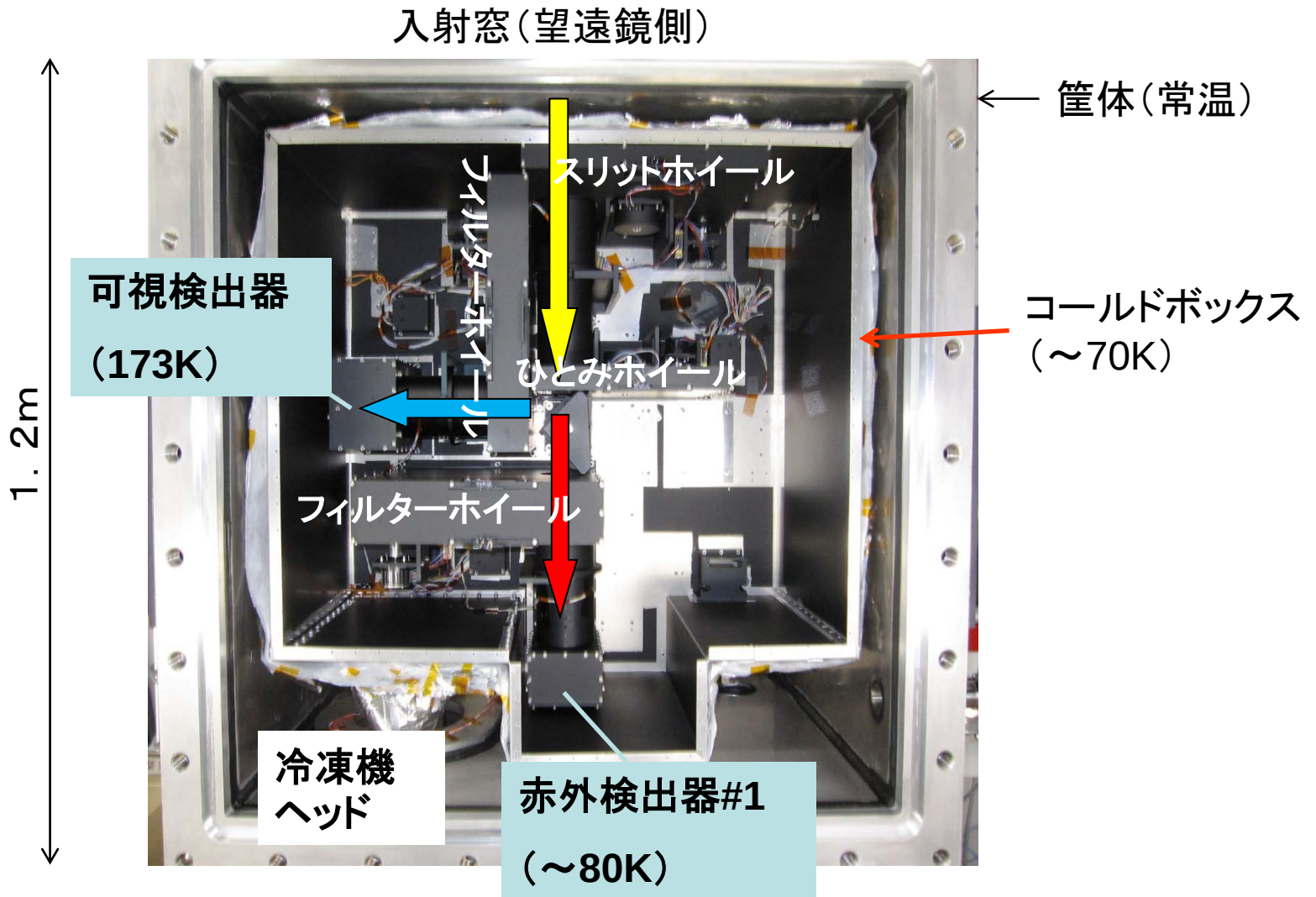






装置開発の状況

HONIR本体内部の様子



HONIR制御系

検出器PC (linux)

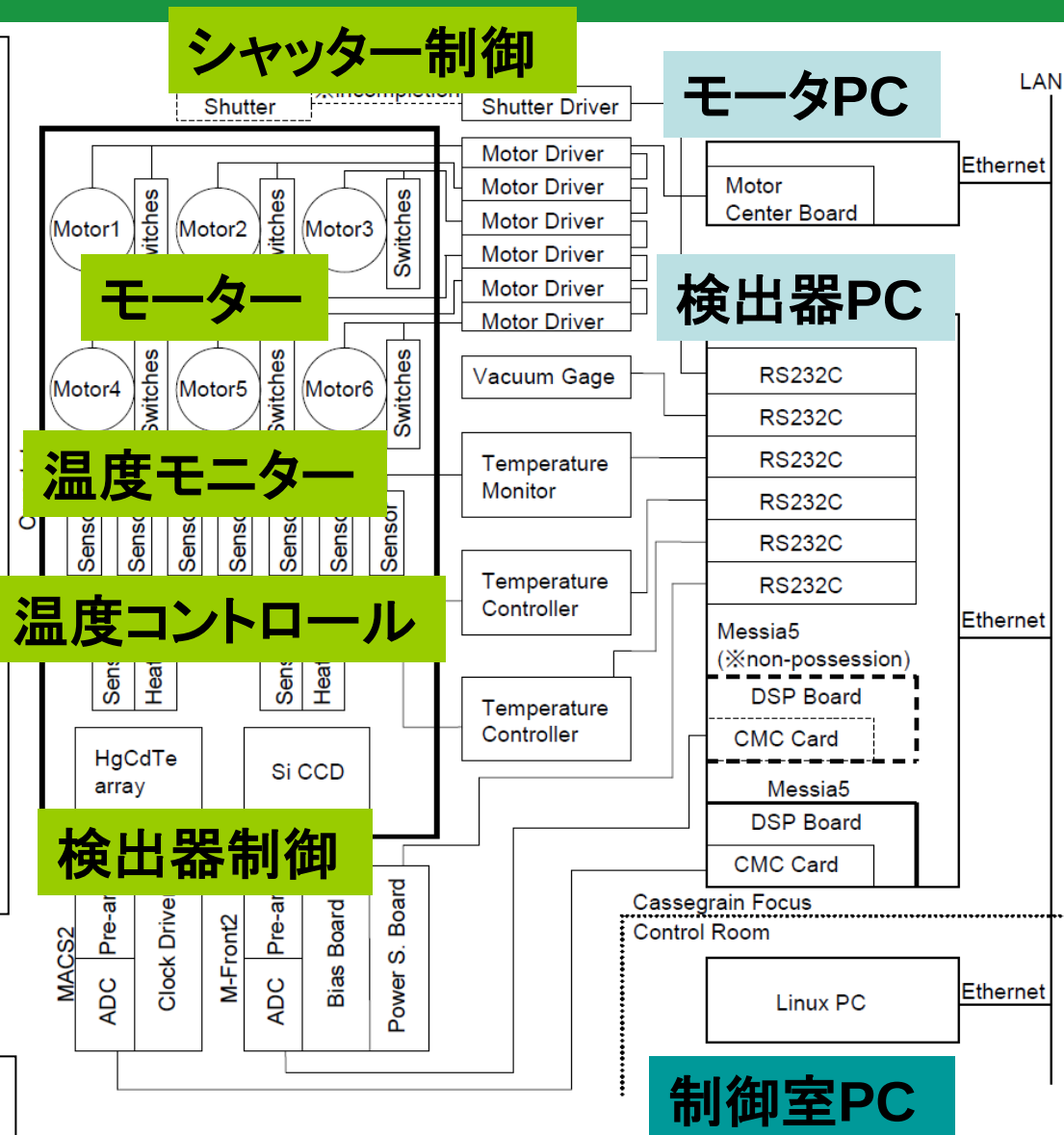
検出器(可視・赤外)
温度制御・真空モニター
シャッター制御

モータPC (Windows)

光学ホイール制御
焦点マスク
瞳マスク
可視 フィルター・プリズム
赤外1 フィルター・プリズム



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

昨年夏まで

到達真空度 10^{-6} Torr

シール部の丁寧な対処(研磨等) → 冷却時の真空悪化率 2×10^{-10} Torr/s まで軽減

[2011年12月-2月]

真空引きしなくても40日以上に亘り、真空度 $< 1 \times 10^{-4}$ Torr、赤外検出器温度 $< 80\text{K}$ を保った。

※しかもコールドボックスの1面が放射シールドされていない状況だった

(冬季の)実用上はこれで充分だろう

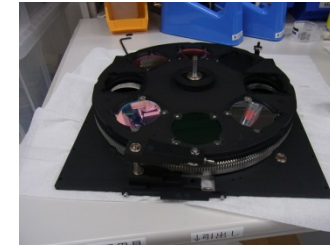
夏季でも十分な真空・冷却を保つため更なる対処を予定

- ・吸着剤を導入(ケース製作済み)
- ・放射シールドをしっかりと貼る

HONIR 開発の進捗: 制御系

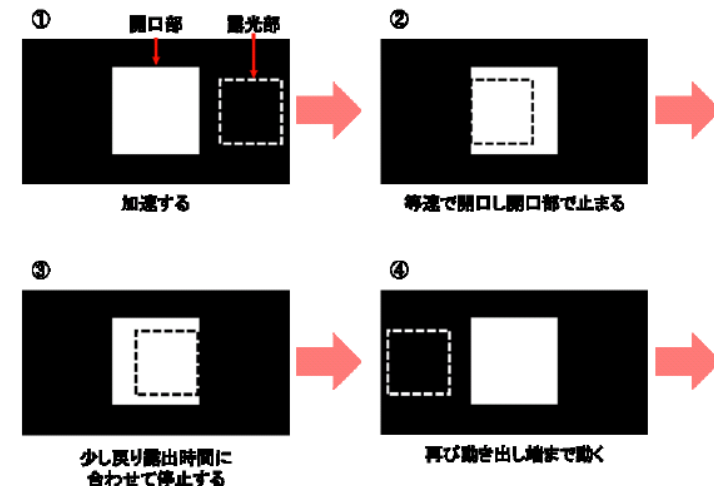
光学系ホイールの駆動試験・調整

- 一部、トルクの大きい真空専用モータに(それ以外は手改造モータを使用)
- 冷却時に原点(マイクロスイッチ使用)を検出しない場合あり → 調整+より安全な方法を採用する



シャッター駆動プログラム整備・校正

- 良い駆動再現性(温度や重力方向に依らず、動作時間のばらつきは5ms以下)
- 露出 0.3s - 500s 全域で誤差3%以下に校正済み
- 最短露出時での露光ムラ 0.7%以下



HONIR 開発の進捗: 検出器系

検出器

- IR (Raytheon Virgo MCT 2k2k)
- Opt (HPK 2k4k 完全空乏型CCD)

コントローラー・読み出しボード

- Messia5
- Mfront2 (CCD – 4ch読み出し)
- MACS2 (MCT – 4ch読み出し)
- 低温時にはMACS2に不具合

同時読み出しスクリプト

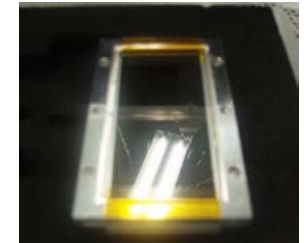
Opt CCDの露出中に、IR MCTを多重露出・読み出し(リセット法を改良し高効率化; 中島) FITS画像のヘッダーは未実装

MCT読み出しボード

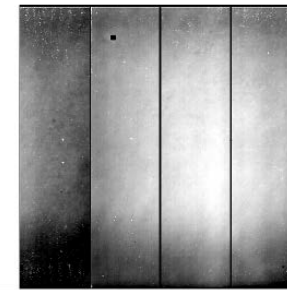
MACS2に代わる、16ch読み出しの新ボードを開発中(木曾WFC用に倣う; 宇井)



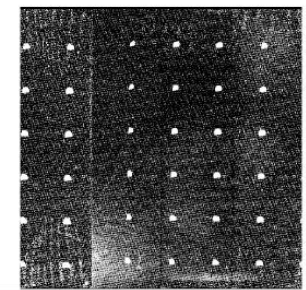
Raytheon Virgo
2k2k HgCdTe



HPK
2k4k Si (FD)



差分前



差分後

HONIR 開発の進捗: 光学系: レンズトレイン

常温下での光学調整

- レンズ系を手作業で組み上げ・調整
- ZEMAXシミュレーションとほぼ一致
- コリメータレンズ系に光軸のシフトがみられる

冷却下での光学調整

- ZEMAXシミュレーションと差異あり

試験観測結果(2011-12年冬季)

- 最良星像サイズ 可視1.7" 近赤外0.9"
(但しすべて同時観測した訳ではないことに注意)
 - デフォーカス像による収差成分の分離
 - 可視・赤外両チャンネルに共通に
 - ✓ 光学系の軸ズレ
 - ✓ および球面収差とコマ収差
 - 光学系の軸ズレは、コリメータの光軸シフトと同じ向き
- コリメータレンズ系を中心に再組上げ・調整中

