

宇宙赤外線背景放射の観測のためのロケット実験 CIBER-2

白旗 麻衣*, 新井 俊明, 津村 耕司 (東北大), 松浦 周二 (関西学院大学), 佐野 圭 (東大理), 大西 陽介 (東工大), 松本 敏雄 (ISAS/JAXA), James Bock (Caltech/JPL), 他 CIBER-2チーム

E-mail: mai.sirahata@nao.ac.jp
東北大学 学際科学フロンティア研究所



Abstract

我々は現在、日米韓台の国際協力のもと、宇宙赤外線背景放射の高精度観測に特化したロケット実験 CIBER-2 (Cosmic Infrared Background Experiment 2) プロジェクトを進めている。CIBER-2 の望遠鏡は、使用予定のロケットに搭載可能な最大サイズである口径 28.5cm のリッチー・クレアン式望遠鏡である。CIBER-1より大きな望遠鏡を搭載することにより、より暗い点源 (>24 AB-mag) まで除去したうえで宇宙赤外線背景放射を観測することを実現させる。望遠鏡全体を液体窒素冷却することから、熱収縮によるひずみを最小に抑えるため、全てアルミニウムを用いて製作する。宇宙赤外線背景放射の観測に必要な波長 0.5-2.0 μm における広視野撮像装置 (2.3x2.3 deg²) を搭載し、ビームスプリッタを用いて3つの光学系モジュールが視野を共有する。この光学系モジュールと測光フィルタとを組み合わせることで、一挙に6バンドでの宇宙赤外線背景放射のゆらぎ観測が可能であることに加え、視野の一部にLVFフィルタ (Linear Variable Filter: 1枚のフィルタ上で位置により透過波長が連続的に変化するフィルタ) を追加することで、宇宙赤外線背景放射のスペクトル観測も行うことができる。検出器は、3つの光学系モジュールそれぞれに 2Kx2K の HgCdTe Hawaii-2R2G アレイを搭載する。打ち上げは、NASAの観測ロケット Black Brant によって行われる予定であり、2017年度に第1回目の打ち上げ、その後は半年から1年の装置改修とデータ解析期間を確保し、合計4回の打ち上げを目指している。

CIBER-2 の開発は、今まさに佳境を迎えている。本ポスターでは、望遠鏡と光学系概念設計やCIBER-2の実現の鍵となっていた個々の技術開発要素についてまとめる。また、現在すすめているフライトモデルの製作状況を示し、今後の評価試験計画について紹介する。

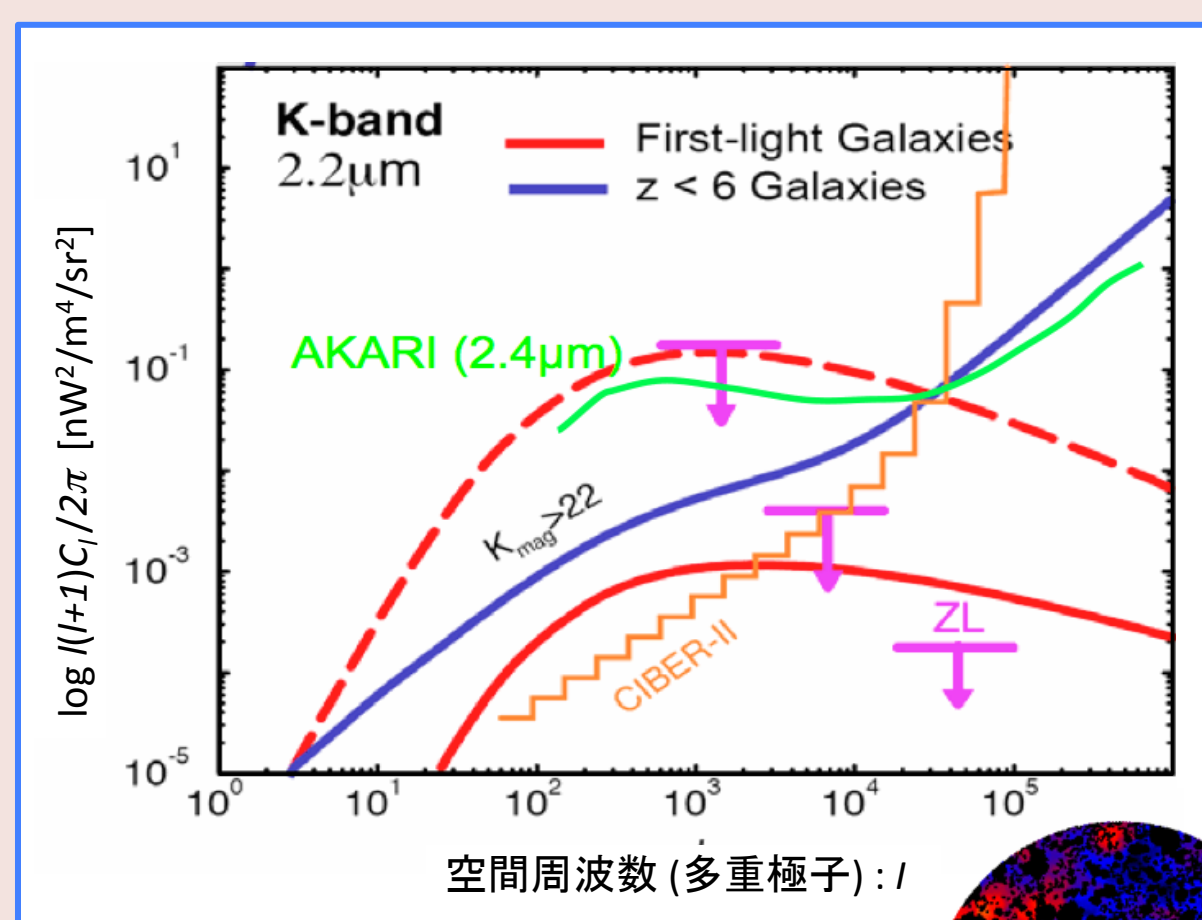
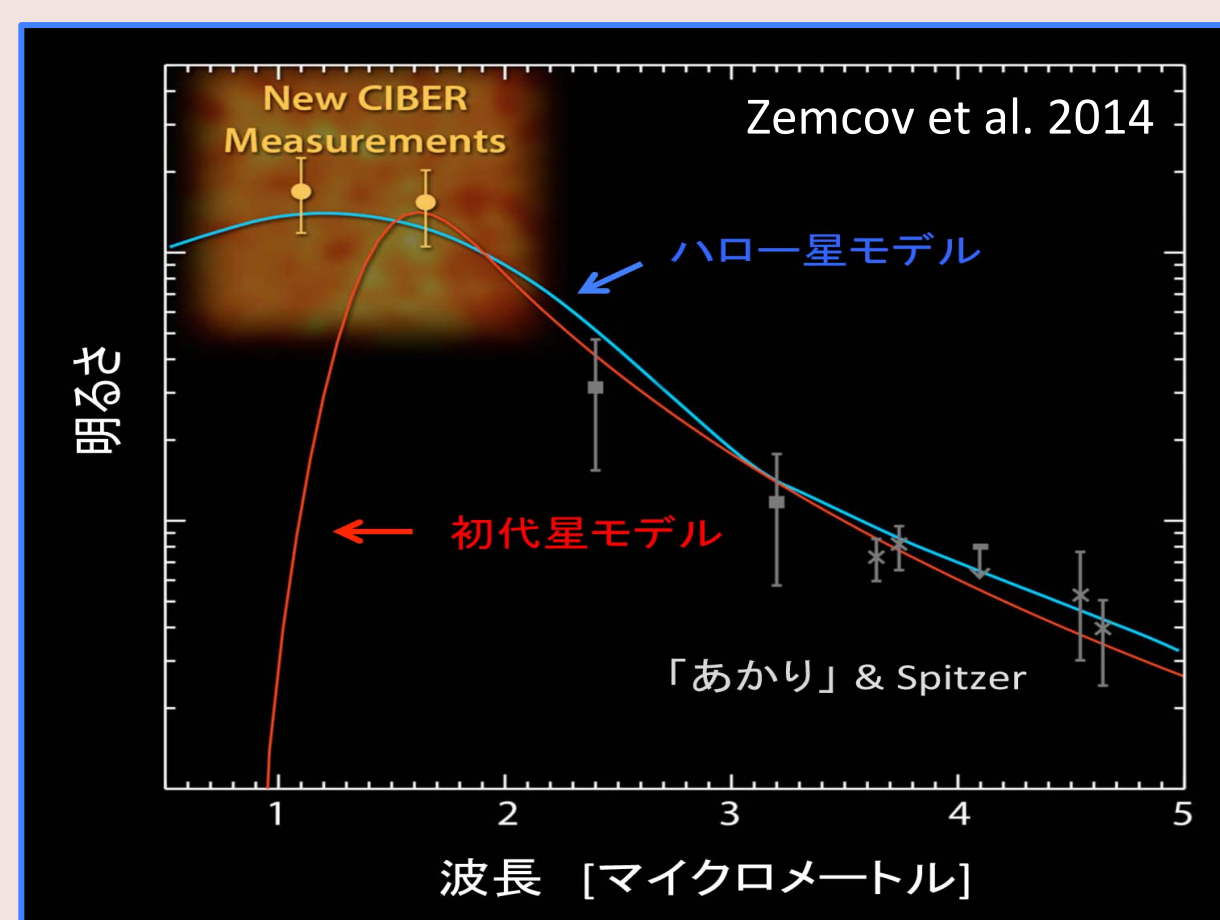
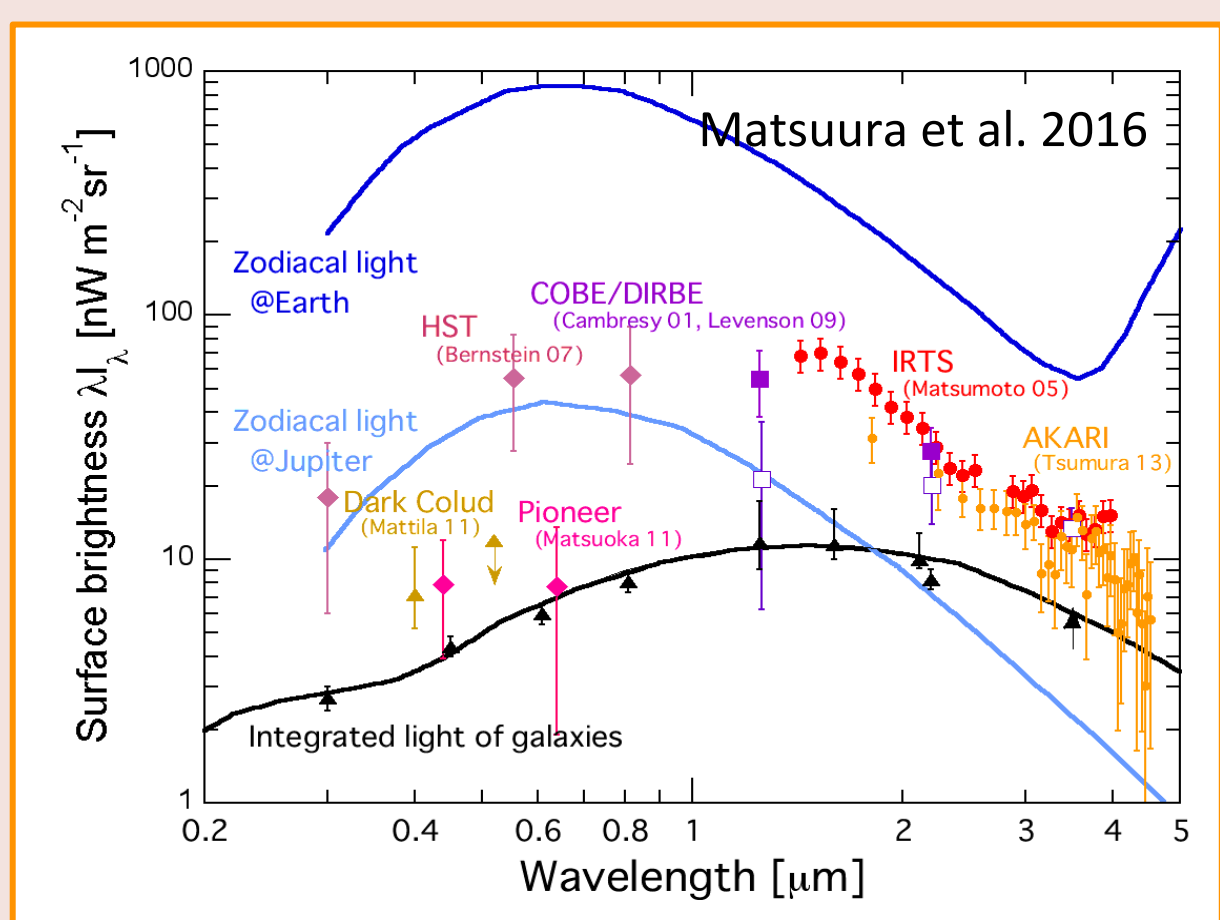
宇宙赤外線背景放射 (CIB)

宇宙赤外線背景放射 (CIB: Cosmic Infrared Background) の観測 — ダークエイジの手がかり

- 個々の天体として点源に分解できない宇宙最初の星からの光を、その足しあわせの面輝度(背景放射)として観測する!
- COBE, IRTS, AKARI, 観測ロケットを用いて CIBスペクトル、空間ゆらぎ の観測が行われてきた

1.5 μm 付近にピークを持つスペクトル

大角度スケールに卓越する空間ゆらぎ



第一世代の星 (z~7) からの Lyman-α 放射か? 遠方銀河の足しあわせでは説明が困難 黄道光の差し引きが鍵

ゆらぎの強度: 既知の銀河モデルの予想値の2倍以上
ゆらぎのスケール: ~15分角
系外銀河のハロー領域に浮遊星が多量に存在?



ロケット実験 CIBER-II

宇宙赤外線背景放射の観測のためのロケット実験
日本、アメリカ、韓国、台湾の国際共同実験、NASA観測ロケットプログラム

科学目標

- 最高精度のCIBゆらぎ観測による第一世代の星の検出
- ゆらぎの角度スペクトルから第一世代の星成分を検出するためには、高い点源検出能力が必要
→ ロケット許容の最大サイズ(口径28.5cm)の望遠鏡を用い、24等級までの暗い星と遠方銀河を除去 異なる赤方偏移の Lyman-α のゆらぎ観測により、宇宙の空間構造の進化を探る
- 多数の連続バンドでのゆらぎ観測により、Lyman-α 成分のゆらぎを抽出
→ 波長 0.5-2.0μm において、同時に6バンドで広域イメージ観測

搭載装置

大口径 (28.5cmφ)、広視野、液体窒素冷却望遠鏡、CIBゆらぎ観測装置 (6-bands、2.0x1.1deg²)

2017年度 打ち上げ目標 !(^o^)!

口径 28.5cm 望遠鏡
実寸大

Pop-up Baffle

観測時(=ロケットの蓋が開くとき)、望遠鏡への迷光を避けるために出てくる 黒色塗料を施した伸縮式のバフフル

Telescope

Star Tracker

観測時の指向安定精度を上げるため、低温部にも Star Tracker を設置

Imager

Detector

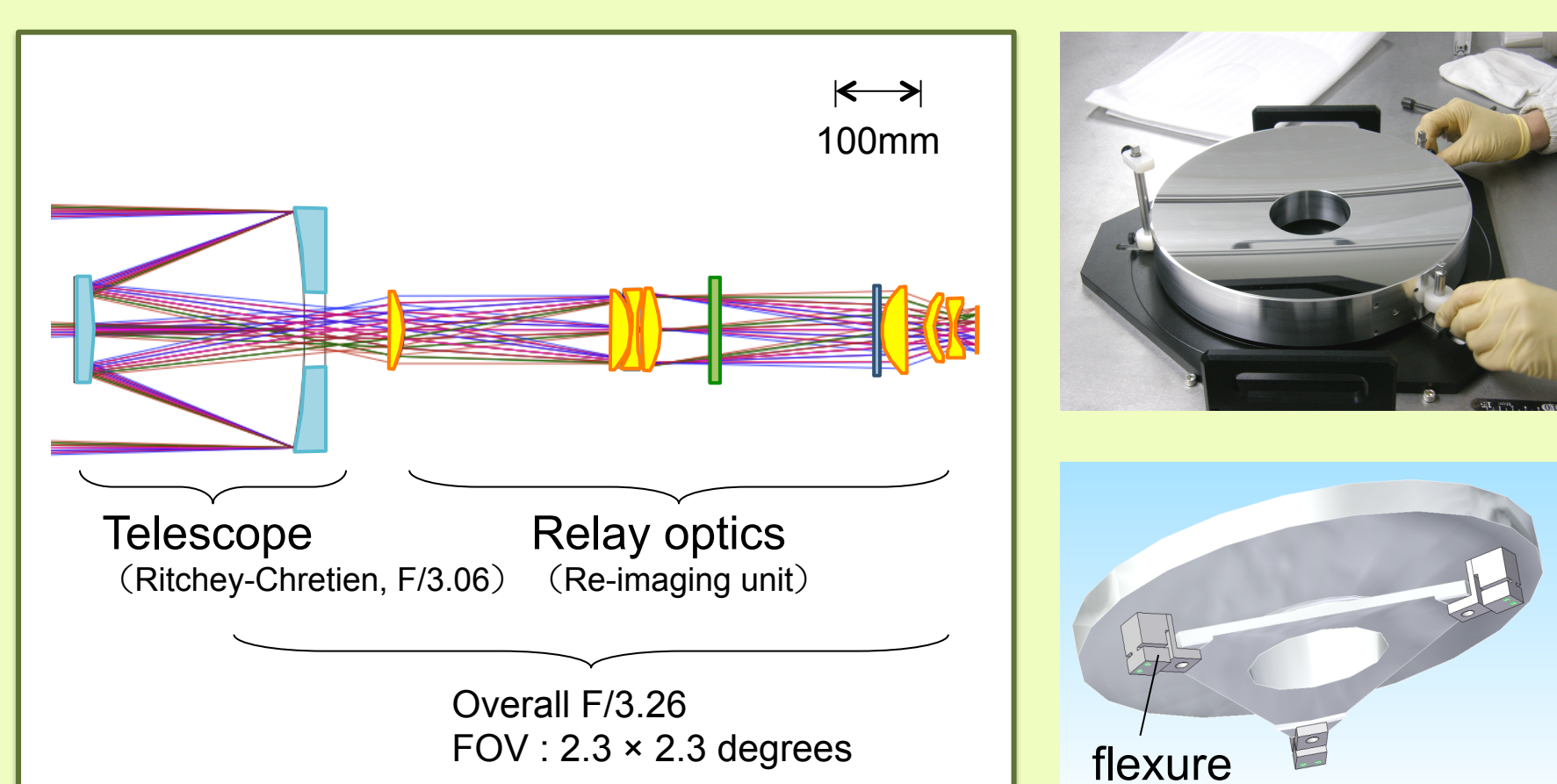
Hawaii-2 HgCdTe 2kx2k 検出器

LN₂ Tank

装置全体を ~80K に冷却

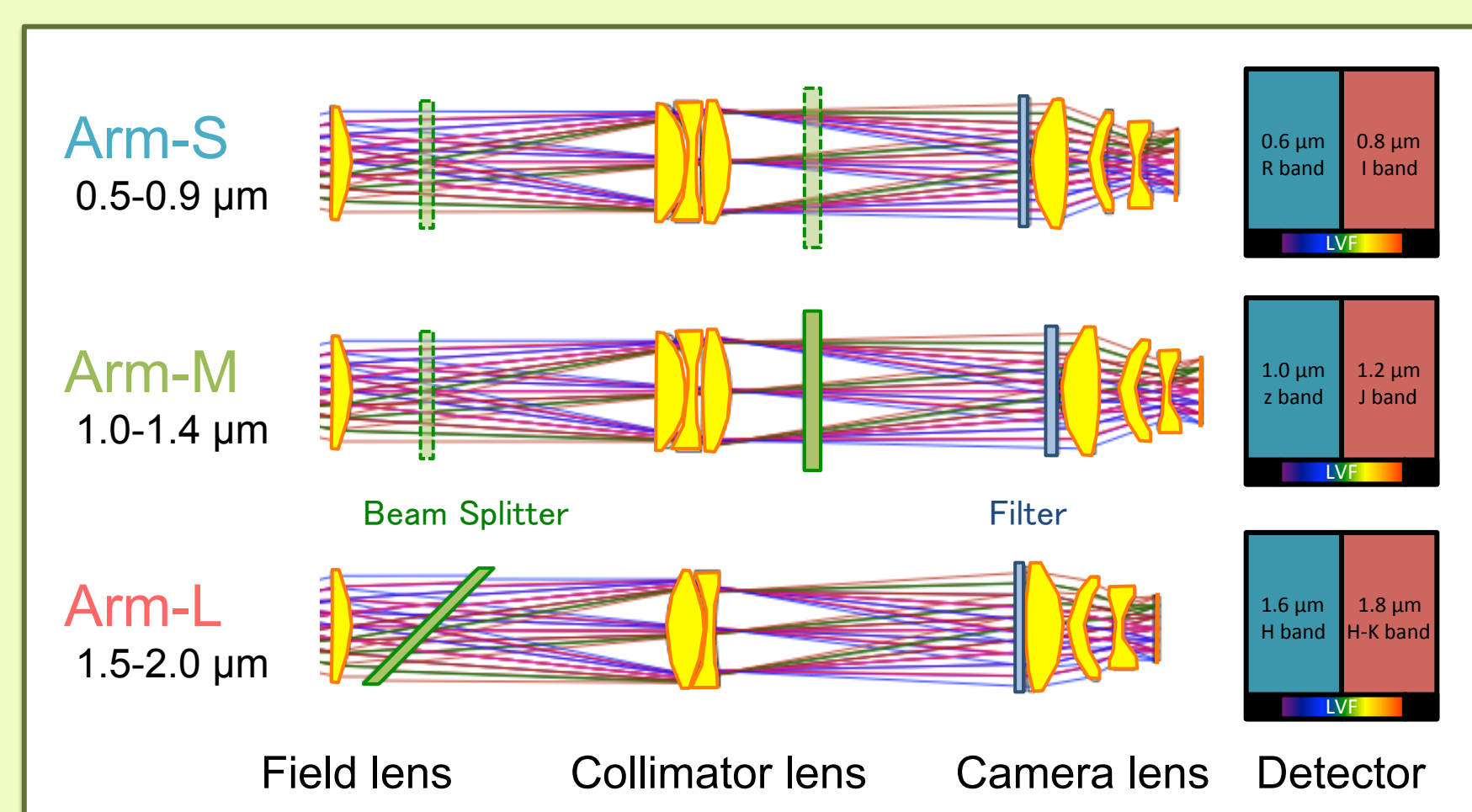
冷却反射望遠鏡

- 望遠鏡タイプ: リッチー・クレアン式望遠鏡
- 望遠鏡サイズ: 主鏡 28.5cmφ、副鏡 11cmφ、F/3.26
- 望遠鏡材質: 可視光観測が可能な表面精度 (λ/5) を持つ アルミ RSA6061-T6。軽量化、熱収縮のひずみの最小化
- 望遠鏡支持方法: 支持機構の機械的構造が望遠鏡表面精度に影響を与えないように、フレクシャ構造を採用
- 望遠鏡表面コーティング: 望遠鏡の反射率を上げ、アルミの腐食を防ぐため、表面にAg+TiO₂のコーティングを施す



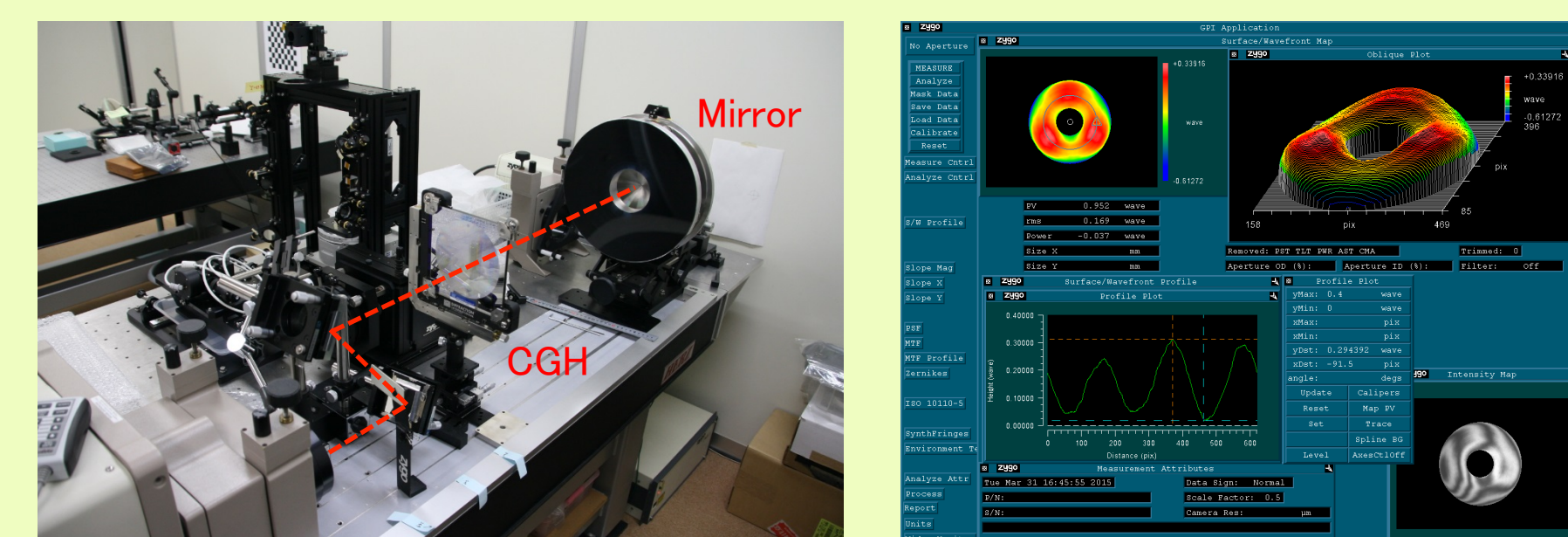
可視近赤外広域撮像装置

- 宇宙赤外線背景放射の観測に必要な 0.5-2.0μm を3つの光学系モジュール (Arm-S、Arm-M、Arm-L) でカバー
- 各モジュールの波長域をフィルタで2つに分け、6バンドで観測
- CIB観測に最適化した光学設計 (90% PSF < Φ3pix)
- LVF搭載により検出器の一部を用いて分光観測も可能に!
- イメージング観測: 6バンド、2.0x1.1deg²
- スペクトル観測: LVF (R~20)、波長0.5-2.0μmを連続的に



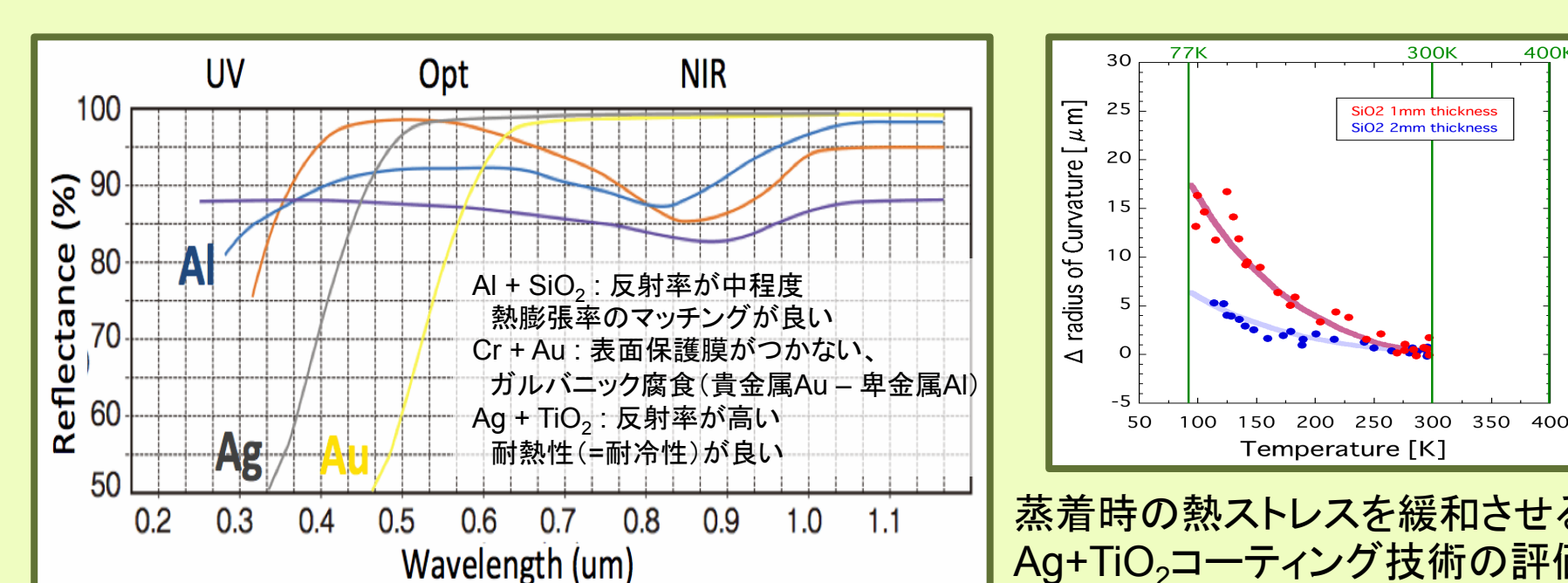
アルミ望遠鏡の表面形状測定

- アルミ望遠鏡の試作モデルと望遠鏡支持フレクシャを組み合わせて、干渉計 (Zygo) を用いて、表面形状を測定
- フレクシャ取り付け時のトルク管理が重要
- 表面の面精度としておよそ 1.0λ (PV値) を達成
- イメージ結像性能には問題のないレベルである



鏡面保護コーティング

- 主副鏡 (アルミ) とベンドミラー (石英) の鏡面における反射率向上と表面保護のため、酸化チタン保護膜つき銀コーティングを施す予定
- 蒸着温度、常温、液体窒素温度という温度変化で鏡面形状が歪まないコーティング技術が必要



ビームスプリッタ保持機構

- 石英 (SiO₂) 製の面積 (10cmx15cm、厚さ10mm) ビームスプリッタを熱膨張の異なるアルミフレームに、面精度を保ち保持する機構が必要
- チタン製のフレクシャ (X-Y方向) とベリリウム製の板バネ (Z方向) を使用
- 熱膨張の違いにより、接着剤の使用は困難
- 常温から液体窒素への冷却の熱収縮によってビームスプリッタに加わる機械的応力を緩和
- ロケットの打ち上げ振動に耐えうる十分な保持機構であることを実証

