



JASMINE

検出器ボックスユニット (DBU) の検討状況

細川晃, 鹿野良平, 浦口史寛, 清水莉沙, 東谷千比呂, 池之上文吾, 森田正規, 平林誠之, 和田武彦(国立天文台), 坂元祐志(東京大学), 片坐宏一, 臼井文彦(JAXA/宇宙科学研究所), 吉田誠至, 鈴木朝己(住友重機械工業), ほかJASMINEチーム

JASMINEは、2032年頃の打ち上げを目指す赤外線位置天文衛星計画である。その望遠鏡構造の中でも、焦点面検出器への熱流入および迷光を抑制し、安定して173 K以下に冷却する構造のDetector Box Unit (DBU) についても概念検討を推進している。これまでに、DBUの要求仕様を満たす設計解が存在することをモデル解析で確認し、また構成要素であるTECやサーマルストラップの試験を行い、実測値で設計解が実現可能であることが分かった (Uraguchi et al., SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2026にて発表予定)。同時に、熱設計に課題が残ることが分かり、今後は発熱源となる検出器保護回路 (FOB) の最適配置やシングルモードファイバーを用いたフラット校正用光源の検討を進め、ブレッドボードモデル (BBM) 製作に向けて設計精度を高める予定である。

JASMINEの科学目標

位置天文観測による
銀河系中心核構造の探究
年周視差精度： $\leq 40 \mu\text{as}$

トランジット観測による
中期M型星まわりの地球型系外惑星探査
測光精度： $\leq 0.3\%$

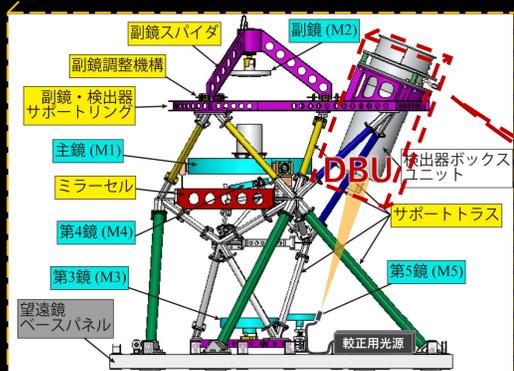
望遠鏡諸元 & DBU要求仕様

望遠鏡の主な諸元

- 広視野 & 像面湾曲のないKorsch光学系
- 焦点面検出器：2K×2K 国産InGaAs赤外線センサ×4台
- 主鏡径： $\Phi 36 \text{ cm}$
- 視野： $0.55^\circ \times 0.55^\circ$
- 観測波長： $0.9\text{-}1.6 \mu\text{m}$
- 科学運用期間：3年

DBUの主な要求仕様

- 包絡域： $\Phi 248 \times 580 \text{ mm}$
- 質量： $\leq 11.5 \text{ kg}$
- 検出器感度ムラ： $\sim 0.1\%$
- 迷光：暗電流と同等
- 検出器温度： $\leq 173 \text{ K}$
- ラジエーター排熱量： $\leq 12 \text{ W}$ (目標)
 - 排熱I/F温度： 200 K
 - 周囲温度： $268 \pm 5 \text{ K}$



出典：高橋他、日本天文学会 2025年秋季年会 V237a (一部追記)

現状のDBU設計

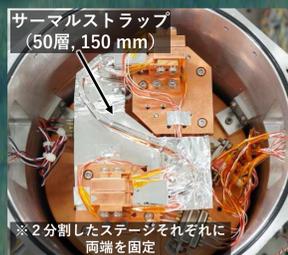
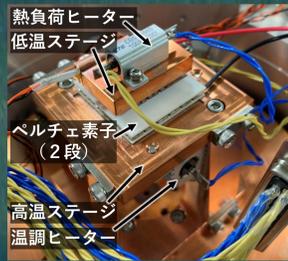
- フード：二重構造 & それぞれの外側をMLIで囲み、周囲からの熱輻射を低減
- バッフル：熱輻射低減(開口絞り) & 迷光低減(遮光)
- 検出器冷却系：
 - 冗長性のある2系統のTEC (ペルチェ素子2段) とラジエーター(望遠鏡担当)により、無擾乱で冷却
 - グラファイトシートを積層した可撓性のある熱パス(サーマルストラップ)によりラジエーターと接続し、望遠鏡外側へ排熱
- 軌道上での検出器感度ムラ補正：
 - DBU前方($\sim 450\text{mm}$)にフラット校正用光源として光ファイバー(SMF)の出射口を設置し、検出器全面を照射(左図)
 - ▶ 検出器の輝度分布とガウシアンとの比から感度ムラを測定し、補正する



これまでの検討内容

要素試験

- TEC：運用環境における吸熱性能・性能低下を試験測定 (フェロテックマテリアルテクノロジーズ社, 2020/059/032M)
 - ▶ 吸熱性能実測値と、温度サイクル(常温 \leftrightarrow 200 K, 20回)による性能低下は起こらないことを確認した
- サーマルストラップ：候補であるグラファイトシートの取扱い特性、様々な層数(50, 100, 150層)・長さ(50, 100, 150 mm)での熱コンダクタンスを測定
 - ▶ 最適なシート加工方法(打ち抜き加工)とコンダクタンス実測値が得られた



熱・構造解析

- 構造解析：固有振動数は $> 150\text{Hz}$ であることを確認
- 熱解析：実測TEC性能に基づき、ラジエーター排熱量が12.8 Wとなる熱設計解がある

今後の課題

ラジエーター排熱量の低減

- 設計解はラジエーター排熱の目標値を上回る
- 発熱源となるFOBをDBU外に配置 & 検出器ケーブル一部を熱伝導率の低いものに代替、検出器への入熱を低減することを検討
- ▶ 検出器ケーブルの許容長さに関連する検出器の実験測定を推進中

フラット校正用光源

- 照射する校正光の一部がDBUのフード・バッフルで散乱を起こす
- 簡素化した散乱モデルを用いた光線追跡により、散乱による検出器面の輝度分布を解析
- ▶ 散乱光の影響を $< 0.1\%$ にする手法を検証した (坂元 2026修論, 右図：主な散乱光路)
- DBUの表面特性(黒色化&散乱特性)を把握した上で、光源の設置位置の詳細検討を行う

