

P-41 小型JASMINE 赤外検出器の冷却システムの開発

Development of cryogenic system for IR detector in the small-JASMINE

○間瀬 一郎(次世代宇宙システム技術研究組合 [NESTRA]), 上田 暁俊, 小林 行泰, 宇都宮 真, 鹿島 伸悟, 矢野 太平, 郷田 直輝 (国立天文台), 山田 良透 (京大理), 山口 耕司(次世代宇宙システム技術研究組合), 小型JASMINEワーキンググループ.

自然科学研究機構 国立天文台 JASMINE検討室



Abstract

小型 JASMINE (Japan Astrometry Satellite Mission for Infrared Exploration) 計画は、日本が主導する次期位置天文観測衛星であり、銀河系中心領域の星の年周視差を10-20 μ秒角の精度、固有運動を10-50 μ秒/年の精度で決定することを目標としている。観測波長帯は近赤外 Hz バンド (1.1-1.7 μm) である。

この小型JASMINE赤外望遠鏡の赤外検出器を、検出感度達成に必要な動作温度範囲170K(-103℃)以下にする冷却システムの開発中である。冷却方式は、検出器を収納したBOXを放射冷却で200Kに冷却し、中の検出器をペルチェ素子でさらに170Kまで冷却する。その検出器BOXの試作・熱平衡試験結果を報告する。

赤外検出器の熱設計要求と冷却システム設計

検出器: HgCdTe 4k×4k 1個(位置測定用)、1k×1k 2個(測光用)

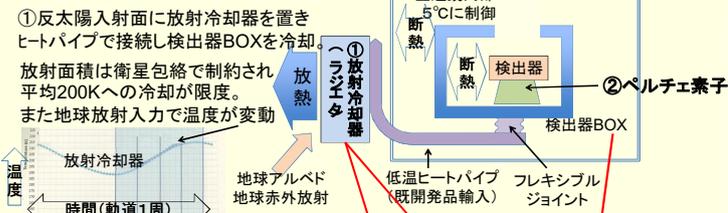


搭載予定の検出器 HAWAII-4RG

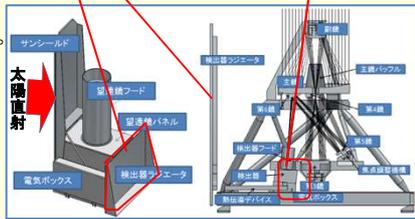
赤外検出器の熱設計要求

- ・温度: 目標170K以下に冷却。
- ・温度変動: 0.7K以下/50分間(地球半周回=観測時間)
- ・検出器発熱: 50mW(4k×4k)1個, 1mW(1k×1k)2個

赤外検出器の冷却システムの設計



衛星軌道: 高度550kmの太陽同期 Dawn-Dust軌道(降交点地方時18時)

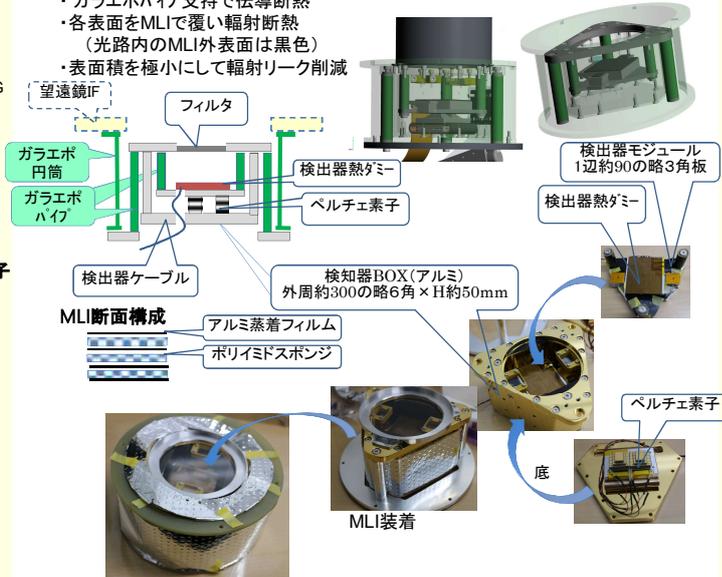


小型JASMINE ミッション部概観

検出器Boxの熱設計: 第2次試作

検出器Boxの熱設計概念図

- ・検知器マウントは熱容量で温度変動抑制
- ・ガラエポパイプ支持で伝導断熱
- ・各表面をMLIで覆い輻射断熱(光路内のMLI外表面は黒色)
- ・表面積を極小にして輻射リーク削減



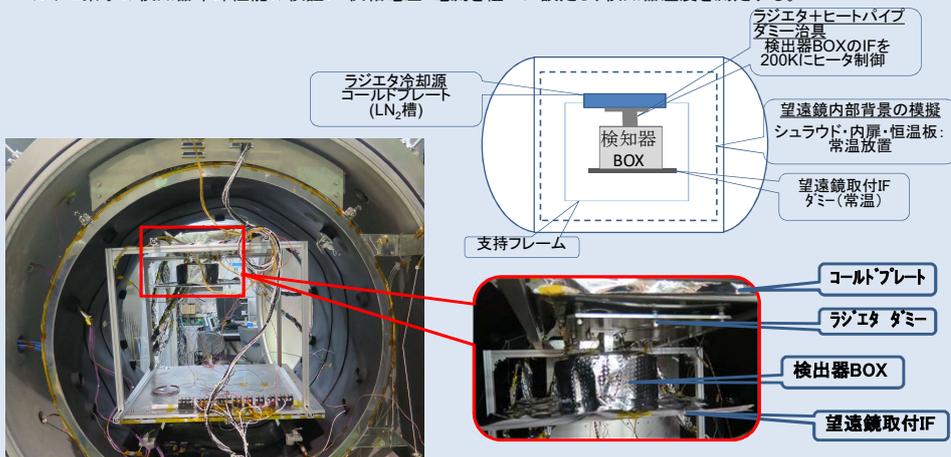
検出器BOX冷却性能の熱平衡試験結果:

試験の目的

- ・検出器BOX内の検出器冷却性能を検証する。
- ・ペルチェ素子の冷却性能と制御特性を取得する。

試験の方法(下図参照)

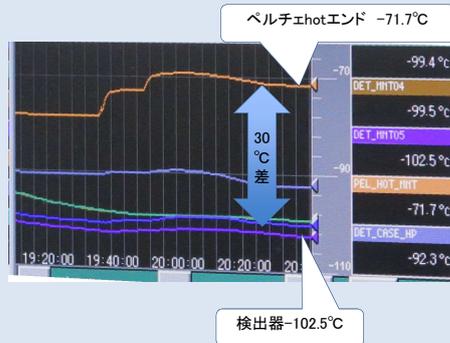
- ・検出器BOXの周囲熱環境を、熱真空チャンバ内で、下記のように模擬する。
* ラジエタ・ヒートパイプとのIFはダミー 治具を作り、設定温度をヒータとLN₂コールドプレートで制御する。
* 周囲の望遠鏡(5℃)はチャンバ内面と取付IFダミーを常温放置し、5℃以上(高温最悪)に維持。
- ・ペルチェ素子の検知器冷却性能の検証: 供給電圧・電流を種々に設定し、検知器温度を測定する。



ペルチェ素子性能評価

検出器を170K(ΔT30℃)に冷却可能なことを実証した。

- ・衛星のラジエターの温度は、軌道上において平均195K、検知器BOXは平均200Kとなる
- ・ペルチェを用いて検出器を170K(-103℃)以下に冷却するつまり平均ΔT=30Kを実現させる必要がある
- ・ペルチェ素子は、KELK社のK4MA010を2個並列使用



謝辞: 本赤外検出器冷却システムの開発の成果の一部は、早稲田大学理工学研究所プロジェクト研究「次世代宇宙システム技術開発」の一環として行われたものである。

於: NESTRA/早稲田大学 熱真空チャンバ@早稲田大学理工学研究所