小型JASMINE衛星の熱環境試験の現状

白旗 麻衣*, 小林 行泰, 矢野 太平, 鹿島 伸悟, 上田 暁俊, 郷田 直輝 (国立天文台), 山田 良透 (京大理), 宇都宮 真,
安田 進 (JAXA研究開発本部), 間瀬 一郎 (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　E-mail : mai.shirahata @ nao.ac.jp

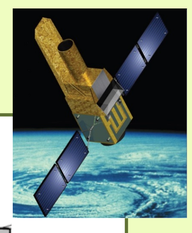
Abstract

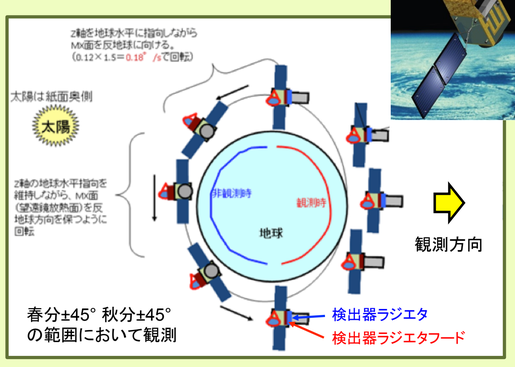
小型 JASMINE (Japan Astrometry Satellite Mission for Infrared Exploration) 計画は、日本が主導する次期位置天文観測衛星であり、銀河系中心領域の星の年周視差を 10−20 μ秒角の精度、固有運動を 10−50 μ秒/年の精度で決定することを目標としている。銀河中心領域に多く含まれるガスによる吸収の影響を低減させるため、観測波長帯は近赤外 Hz バンド (1.1−1.7 μm) である。小型JASMINEの衛星軌道としては、高度550 km の太陽同期軌道を想定しているが、季節や観測対象によって衛星の熱環境が変化してしまうことが予想される。そこで、10μ秒角という位置決定精度を達成するため、観測装置の熱安定性が重要な技術課題となっていた。

我々は、熱安定性を確保するため、小型JASMINEミッション部を熱的に望遠鏡部分と検出器部分の2つに分け、それぞれ独立に温度管理を行う方針を採用した。望遠鏡にはヒーターを取り付け、5℃程度の常温に近い温度において、0.1 K以下の温度安定精度で運用する。検出器は、放射冷却とペルチェの組み合わせにより、検出器の熱電流が許容範囲以下となる 180 K 以下において、0.7 K 以下の温度安定性を実現させる。本ポスターでは、これらの熱環境を実現させるために現在すすめている多層断熱材 MLI の実証実験の現状について報告する。

小型 JASMINE 計画

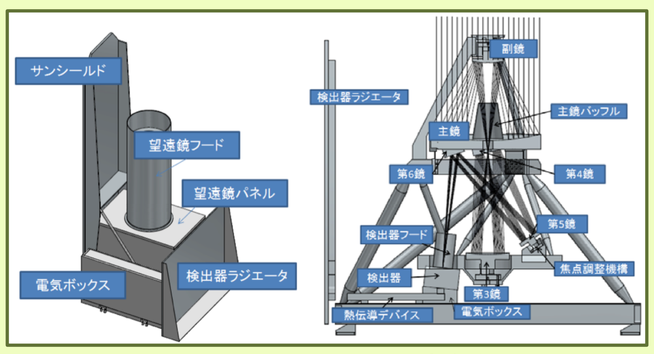
- 日本が主導する次期位置天文衛星計画
- ISAS/JAXAのイプシロンロケットによる打ち上げを目指して開発中
- 観測波長帯：Hzバンド(1.1−1.7μm)
  → 可視光では見通すことが困難である銀河系中心領域を観測
  → 現在活躍中のGAIA衛星(@可視光)と相補的なミッション
- 衛星軌道：高度550kmの太陽同期軌道
  → 季節や観測対象によって衛星の熱環境が変化してしまう



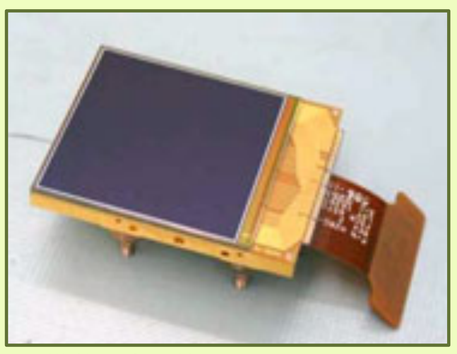


小型JASMINE ミッション部 仕様案

- 主鏡の有効口径：30cm、焦点距離：3.9m
- 観測装置の視野：0.6° × 0.6°
- 搭載検出器：HgCdTe 4k × 4k 1個（位置測定用）、HgCdTe 4k × 4k 2個（測光用）



小型JASMINE ミッション部概観

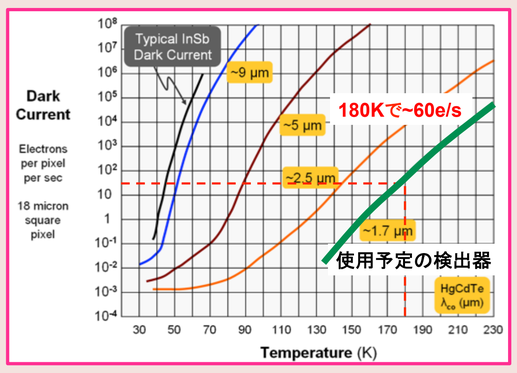


搭載予定の検出器 HAWAII-4RG

検出器Boxの熱設計

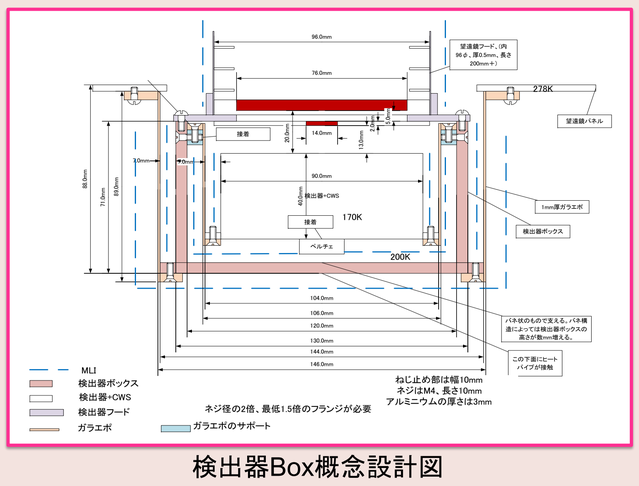
- HgCdTe検出器（1.7μmカットオフ）で発生する熱電流による影響を低減させるため、検出器は180K以下（目標170K）に冷却する
- 地球半周回である約50分の間の検出器の温度の変動は、0.7K以下を保つ

MLIによる輻射断熱（実効輻射率0.01以下）
ペルチェを用いた検出器の冷却

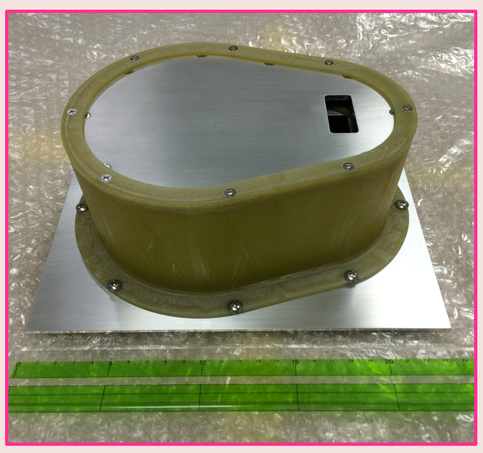


検出器Boxの熱設計概念図

- 断熱性能の良いガラエポとMLIを組み合わせ熱設計の概念モデルを設計、製作
- 熱安定性の性能評価、実証実験をすすめている



検出器Box概念設計図



検出器Boxの断熱性能試験モデル

多層断熱材 MLI 断熱性能試験

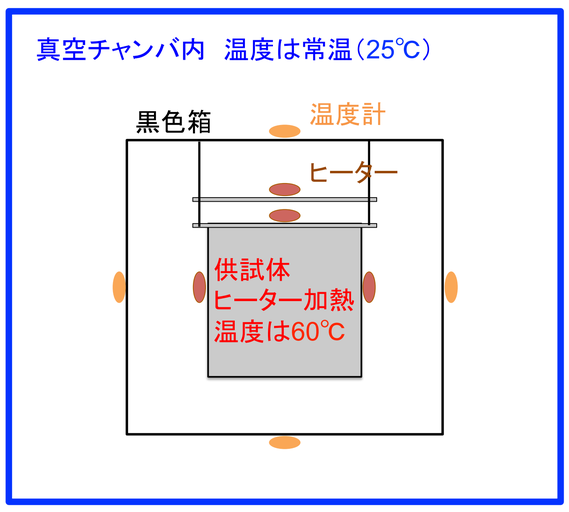
MLI断熱性能試験の目的

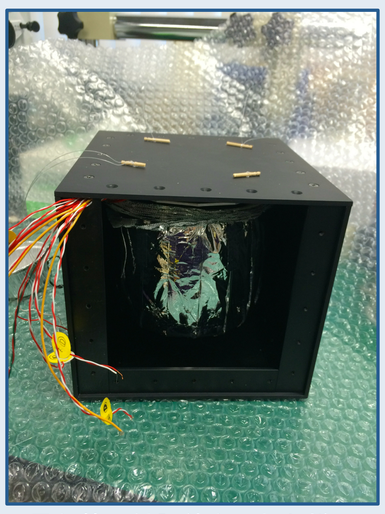
- 多層断熱材MLIを用いて、実効放射率0.01以下を実現するような輻射断熱構造を確立させる
- MLIの巻き方、フランジにおけるMLIの端末処理の方法、などの最適方針を決定する
- アルミ供試体にMLIを巻き、大まかな断熱性能を測定する

MLI性能性能試験の方法

- 直径10cm、高さ10cmのアルミ円柱に、フランジを想定した直径12cmのアルミ板を取り付ける。これに、MLIを10層巻く。
- 宇宙環境を模擬するため、測定は真空チャンバーの中で行い、供試体の周囲は黒い箱にて覆う。供試体は紐で吊る。
- 温度差は実機と反転させ、MLIで巻かれたアルミをヒーターにて温める。
- 供試体周囲の黒色箱の温度変化を測定することにより、MLIによる断熱性能を評価する。

MLIで巻かれた供試体





黒色箱に供試体を入れた様子

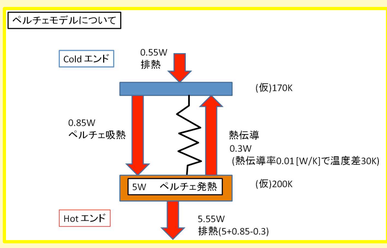
検出器熱環境試験に向けて

- MLI断熱性能試験において実効放射率0.01を確認したあと、検出器Boxの試作モデルを用いて、熱安定性の性能評価と実証試験を行う予定

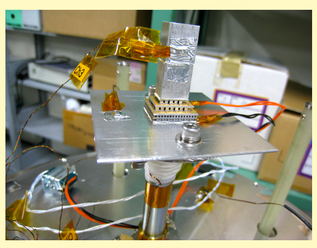
ペルチェ性能評価

ペルチェ性能評価

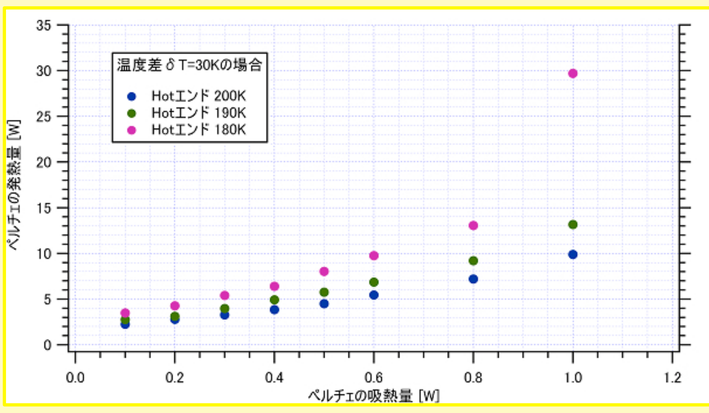
- 衛星のラジエターの温度は、軌道上において190−220Kの範囲で変動する
- ペルチェを用いて検出器を180K以下に冷却するつまりΔT=30Kを実現させる必要がある
- ペルチェとして、KELK社のK4MA010を使用予定



ペルチェの熱流入出図



ペルチェ実験の様子



温度差30Kの場合のペルチェの吸熱量と発熱量との関係

- 常温におけるペルチェの性能は十分である
- 低温において熱負荷がない場合の性能は問題ない
- 実際の衛星環境（低温において熱負荷をかけた状態）におけるペルチェの性能評価試験をすすめている