

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01 / 07 / 2025

専攻名(専門分野) Department	物理学及応用物理学	氏 名 Name	須賀 友也	指 導 教 員 Advisor	片岡 淳 印 Seal
研究指導名 Research guidance	放射線応用物理学 研究	学籍番号 Student ID number	CD 5323A034 - 1		
研究題目 Title	小型衛星搭載 X 線ガンマ線カメラの 熱真空試験及び観測時間推定				

【研究背景】

本研究室は、2027 年の打上を目指し、50kg 級小型衛星 GRAPHIUM 搭載の広帯域 X 線ガンマ線カメラ INSPIRE の開発を行っている。低コストかつ短期間での開発により宇宙観測の敷居を下げ、小型衛星を用いた先端科学の開拓に貢献する。INSPIRE は体積 $20 \times 20 \times 10\text{cm}^3$ 、重量 10kg 程度の小型検出器にもかかわらず、全天の 1/4 を網羅する広視野をもつ。過去の大型衛星に匹敵する深い感度で MeV ガンマ線の観測が可能であり、元素合成の起源、太陽フレア、ガンマ線バーストなど様々な天体現象の解明が期待される。INSPIRE は BOX 型コンプトンカメラであり、低エネルギー(30keV~200keV)をピンホールモードで、高エネルギー(150keV~3MeV)をコンプトンモードで撮影することで、広帯域観測を可能にしている。検出部は GAGG と MPPC アレイ、シールド部は BGO と単素子 MPPC から構成される(図 1)。また、INSPIRE の信号処理機器である DAQ-BOX の開発も行っている。DAQ-BOX は、AD 変換を行う Analog 基板と、パッケージ化を行う USB 基板から構成される。衛星システム構成を図 2 に示す。

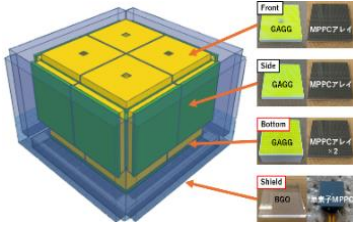


図 1: INSPIRE の構成

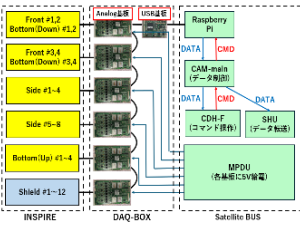


図 2: 衛星システム構成

【熱真空試験】

INSPIRE/DAQ-BOX の各部品は動作温度範囲が狭く、消費電力が大きいため、過酷な宇宙熱真空環境で動作温度範囲を超える恐れがある。本研究では、MPPC アレイ(Bottom)、単素子 MPPC(Shield)、Analog 基板、USB 基板に対して熱真空試験を行った。1 日分の熱サイクル環境(-40~85℃/96 分周期/15 周)、真空環境(0.1Pa)で、構造的損傷が無いことを実証した。MPPC アレイは、過電流(3mA)のため、70℃以上で測定不可であった。また、暗電流の影響で、温度上昇に伴い、測定可能エネルギー下限値が増加し(図 4)、測定可能面積が減少した(図 5)。恒温槽との温度差は、MPPC アレイで+2℃、Analog 基板(CPLD)、USB 基板(FPGA)で+20℃であった。

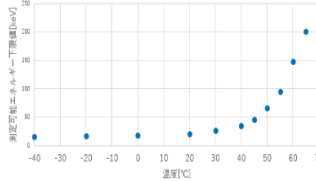


図 3: 温度とエネルギー下限値

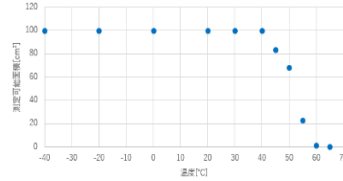


図 4: 温度と測定可能面積

【観測時間推定】

本衛星は、高度 550km, LST10 時の太陽同期軌道を航行する。太陽同期軌道は、太陽方向と軌道面のなす角がほとんど一定となる軌道であり、LST10 時では約 30°である。また、本衛星では、1年で銀河面をマッピングする。超新星残骸や中性子星などの銀河面天体によるガンマ線を観測することにより、元素合成の起源探査など、天文学に新たな知見をもたらすことが狙いである。この際、地球が視野内に入る影響で観測時間が減少し、銀河面が軌道面や赤道面に対して傾いている影響で観測時間が場所によって異なるため、観測時間が不十分な可能性がある。本研究では、2種類のマッピング方法による観測時間を推定する。面内観測は、衛星軌道面と銀河面の交点を観測するマッピング方法である。銀河座標における観測時間を図 6 に示す。反太陽観測は、{赤経=反太陽方向、赤緯=銀河面}となる観測方法である。銀河座標における観測時間を図 7 に示す。

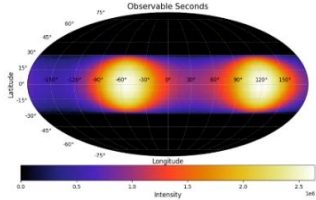


図 5: 面内観測の観測時間

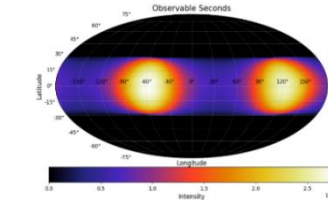


図 6: 反太陽観測の観測時間

【総括と今後の展望】

熱真空試験では、宇宙熱真空環境において、各部品の構造的損傷が無いことを実証した。また、図3より機器許容温度範囲を-40~40℃に決定した。複合モデルでの熱真空試験を今後の展望とする。観測時間推定では、どちらのマッピング方法でも十分な観測時間(10^6 秒程度)を得ることが確認された。熱や電力を踏まえたマッピング方法の決定を今後の展望とする。

【研究業績】

[講演]須賀 友也 他、「INSPIRE 搭載コンプトンカメラの熱試験及び観測時間の測定」、日本天文学会 2024 年秋季年会