

# 修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01 / 07 / 2026

専攻名(専門分野) Department	物理学及応用物理学	氏名 Name	小笠原 聖純	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 5324A014-9		
研究題目 Title	超小型衛星 GRAPHIUM 搭載 X 線・ガンマ線カメラ INSPIRE の Proto Flight Model 開発及び性能実証				

## 【研究背景・目的】

MeV ガンマ線領域は、超新星爆発や元素合成の歴史を解明する上で重要な「核ガンマ線」が豊富に存在する帯域である。しかし、この領域は観測の困難さから、1991年に打ち上げられた CGRO 衛星搭載の「COMPTEL」以降、他波長と比較し十分な観測が行われていない。そこで、我々は小型かつ低コストで開発が可能な超小型衛星に注目し、COMPTEL と同等の性能を持つ小型 X 線・ガンマ線カメラを用いて MeV ガンマ線領域の観測に挑戦する。本検出器は、東京科学大学が開発している超小型衛星 GRAPHIUM に搭載し、2027 年度打ち上げを予定している。

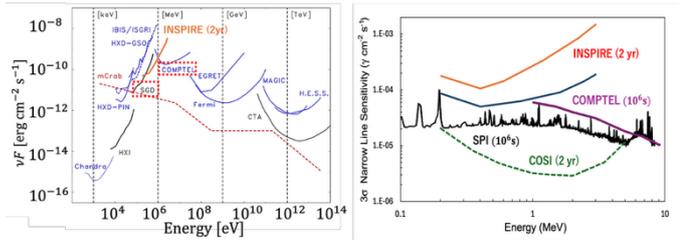


図 1: 他衛星と INSPIRE の感度比較

## 【X 線・ガンマ線カメラ「INSPIRE」の構成】

INSPIRE は Box 型ハイブリッドコンプトンカメラである。後段の吸収体は GAGG シンチレータを 4 枚重ねた DOI (Depth of Interaction) 構造をとっており、高エネルギーのガンマ線の観測や高精度での反応位置検出が可能である。また、吸収体のピンホールを通過したイベントのみを使用することでピンホールカメラとしての撮像できるため、1 台で 30keV-3MeV の広帯域のイメージングが可能である。そして、側面にも吸収体を用いることで、検出効率の向上を図り、コンプトンカメラ部分全体を BGO シンチレータで覆うことで効率的にバックグラウンドを除去することが可能である。

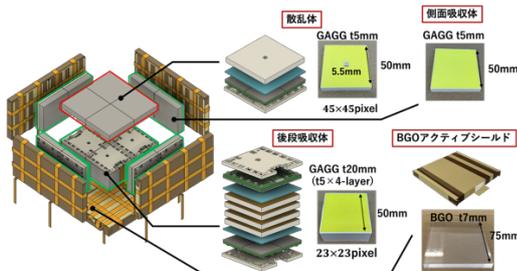


図 2: INSPIRE の構成

## 【Proto Flight Model の開発・性能評価】

今回、打ち上げ機の詳細な性能評価を行うために、同等の性能を持った Proto Flight Model (PFM) の開発を行った。PFM を用いた線源イメージング及び、熱真空試験を実施し、シミュレーションとの比較及び試験結果をもとに設計改

修を実施した。また、データ処理系である DAQ Box を用いた振動試験を実施し、打ち上げ環境に耐えることを実証した。

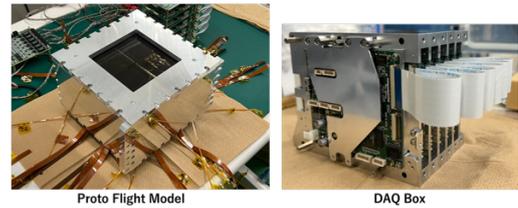


図 3: Proto Flight model (左), DAQ Box (右)

PFM でのエネルギー分解能は 7%@662keV、角度分解能は 8.0deg@662keV、4.7deg@1332keV となり、シミュレーションの値とも概ね一致する結果が得られた。

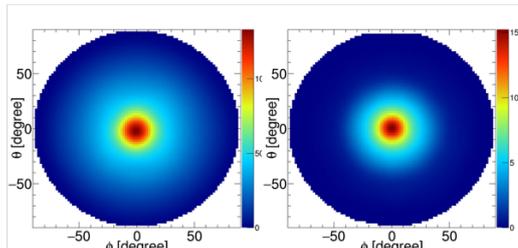


図 4: PFM でのイメージング結果 (右: Cs-137, 左: Co-60)

熱真空試験では、内部センサ及びカメラ管体の温度特性を評価し、カメラが太陽指向した場合においても内部温度が正常値内で十分成立することを確認した。振動試験では、H3 ロケットの QT レベルのランダム環境を模擬して試験を実施し、加振前後でデータ処理系が異常なく DAQ が打ち上げ時の振動環境に十分耐えることを実証した。

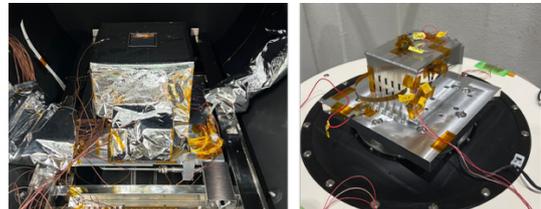


図 5: PFM 熱真空試験 (左), DAQ 振動試験 (右)

【研究業績: 国際学会】

- (1) S. Ogasawara et al. "INSPIRE: a wide-band x-ray and gamma-ray camera onboard the 65 kg small satellite GRAPHIUM" SPIE, Aug, 2025
- (2) S. Ogasawara, et al. "A Wide-Band X-ray and Gamma-ray camera, INSPIRE, onboard the 65kg small satellite GRAPHIUM", IEEE, Nov. 3, 2025
- (3) S. Ogasawara et al. "Development and Performance Evaluation of INSPIRE: A Wide-Field Hybrid Compton Camera for Small Satellite GRAPHIUM", HSTD, Oral, Nov. 20, 2025

【研究業績国内学会】

- (1) 小笠原聖純, 他 "小型衛星 GRAPHIUM 搭載用広帯域 X 線・ガンマ線カメラ INSPIRE の開発", 宇宙科学技術連合講演会, 口頭発表, 2025, 11/27