

# 修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01/09/2024

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学専攻	氏名 Name	岩下 稜司	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	5322A014-4 CD		
研究題目 Title	50kg 級小型衛星搭載へ向けた広視野硬 X 線ガンマ線カメラの開発				

## 【研究背景・目的】

数百 keV から数 MeV の帯域では核ガンマ線が豊富に存在し、これらを観測することで重元素合成の起源や天体内部構造に迫ることができる。しかし MeV ガンマ線観測はその難しさゆえ「宇宙観測最後の窓」とも称されている。過去に CGRO 衛星の COMPTEL 検出器が広帯域 MeV ガンマ線撮像に成功したが、大型装置ゆえに長期開発・莫大な費用を有し、COMPTEL の打ち上げ以来 30 年もの間観測が停滞している。

そこで本研究では低コストで短期開発が可能な 50kg 級小型衛星に着目し、COMPTEL に匹敵する性能を有する検出器の開発を目指した。現在医療・環境分野など地上で活躍するコンプトンカメラを宇宙仕様にする事で、より短期間で確実な開発を可能にした。

## 【50kg 級小型衛星: INSPiRE】

コンプトンカメラは東工大が開発したひばり・うみつばめ衛星の後継機である 50kg 級小型衛星に搭載予定であり、2026 年度の打ち上げを目指している。搭載検出器は BOX 型コンプトンカメラ(CC-BOX)であり、検出器面積 100cm<sup>2</sup>、重量約 10kg のシンチレーション検出器である。CC-BOX は従来のコンプトンカメラに加えて検出器側面にも吸収体を配置することで、より高感度でのガンマ線検出を可能にする。散乱体には 5.5mm 角の穴を穿つことで、ピンホールカメラの原理で低エネルギーガンマ線を検出できる。また吸収体に DOI 構造を採用することで、角度分解能を落とすことなく高エネルギーまで感度を持たせられる。これらの工夫により CC-BOX は 30keV から 3MeV の広帯域観測を可能にする。

## 【シミュレーションによる検出器性能評価】

Geant4 simulation を用いて求めた固有効率(ピンホールモードで 0.5%@100keV, コンプトンモードでは 2.2%@400keV)であった。算出した固有効率を用いて、CXB・アルベドガンマ線を仮定した際の連続体感度と輝線感度をそれぞれ求めた(図 2)。また検出器の角度分解能はピンホールモードで 5.5 度(FWHM)@100keV, コンプトンモードでは 5 度(FWHM)@1MeV となった。これは COMPTEL 検出器と比較しても遜色ない性能である。さらにかに星雲観測を仮定したシミュレーションでは、1Ms 観測において 9.7 $\sigma$  (300keV-1.5MeV)で検出できることが示された。

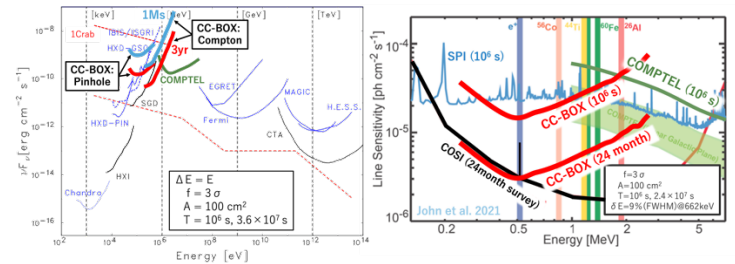


図 2. 連続体感度(左)と輝線感度(右)

## 【宇宙環境試験】

軌道上で 10 年間運用することを想定し、衛星搭載基板にプロトン・ガンマ線を照射し放射線耐性を調査した。ガンマ線照射時は影響がなく、プロトン照射時は SEL/SEU が数ヶ月に 1 回程度起こることが分かった。また、SEL/SEU 発生時は基板電源を再投入することで正常に作動することを確認した。

また衛星ミッション系の総電力は約 18W であり、mPDU 基板を用いた給電方法を確立した。

## 【研究業績】

### 学会発表

- R. Iwashita et al. “Design and evaluation of a MeV gamma-ray camera aboard a 50-kg class small satellite”, 2023, December, HSTD13, Canada,
- R. Iwashita et al. “小型科学衛星搭載に向けた広帯域 MeV コンプトンカメラの開発”, 応用物理学会(秋季), 2023 年 9 月.

### 査読付論文

- R. Iwashita et al. “Broadband radio study of the North Polar Spur: Origin of the spectral turnover with insights into the X-ray and Gamma-ray spectra”, The Astrophysical Journal, Volume 958, 2023.

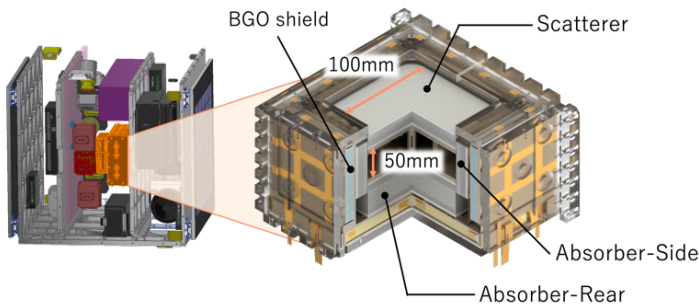


図 1. INSPiRE 搭載 BOX 型コンプトンカメラ