

# 修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01/07/2021

専攻名 (専門分野) Department	物理学及 応用物理学専攻	氏名 Name	細越 裕希	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	5319A055-7 CD		
研究題目 Title	MeV ガンマ線観測用コンプトンカメラの開発と偏光測定実証				

## 【研究背景】

1-10MeV のエネルギー帯は原子核反応で生ずる核ガンマ線の宝庫であり、宇宙、医療、環境など幅広い分野での応用が期待されている。たとえば、天文学においては星内部の元素合成や星間物質の空間分布、さらには宇宙線のエネルギー分布を探る新しいプローブとしても期待される。しかしながら、1-10MeV のガンマ線はイメージング技術が十分に習熟していないことに加えてバックグラウンドが卓越しているため、正確な画像化は困難を極める。宇宙観測では約 30 年前に米国 CGRO 衛星が観測に挑戦して以降は開発が停滞しており、「宇宙物理に残された最後の窓」とも比喻される。また電場の偏りを測定することで天体の放射機構を識別する偏光観測では、MeV ガンマ線の観測例がほぼ存在しない。100%直線偏光したガンマ線でもコンプトン散乱後の最大の偏光度は 1MeV で 50%程度となるため、偏光計の開発が非常に難しいことが理由として挙げられる。

本研究では 50kg 級衛星への搭載が可能な小型の MeV ガンマ線観測用コンプトンカメラを試作し、MeV ガンマ線のイメージングと偏光観測を実証した。

## 【コンプトンカメラ・偏光観測装置の開発】

本研究で用いたコンプトンカメラは、2 層の散乱体と 10 層の吸収体、それらに BGO 偏光観測装置を加えた構成となっている。散乱体と吸収体は GAGG と MPPC を用いたシンチレーション検出器であり、小型でありながら高感度、高位置分解能を実現した。BGO 偏光観測装置は吸収体周りの 4 方向に配置されており、それぞれが 16ch のストリップ状のピクセルに分割されている。イメージングには散乱角が小さなイベントが適しているため、散乱体と吸収体で観測されたイベントを使用する。一方、偏光観測は散乱角が 90° に近いほど適しているため、吸収体と BGO で反応したイベントを使用している。

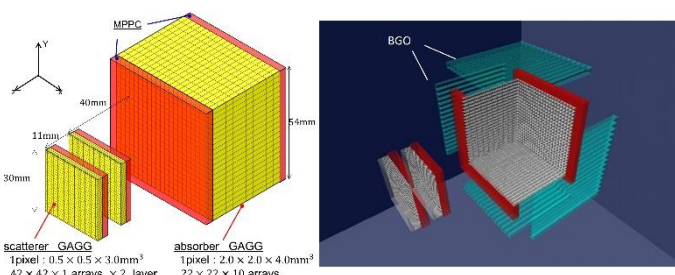


図 1 MeV ガンマ線観測用コンプトンカメラの概観図

## 【MeV ガンマ線イメージングと偏光観測実験】

SPring8 の敷地内にあるニュースバル放射光施設 BL01

では 100%直線偏光した準単色の MeV ガンマ線ビームを使用することができる。本研究では最大エネルギーが 1.7MeV と 3.9MeV のガンマ線ビームを用いてイメージングと偏光観測を行った。

1.7MeV と 3.9MeV ガンマ線のイメージングの結果を図 2 に示す。どちらの場合も入射角に対応した位置にイメージの収束が見られた。角度分解能は 1.7MeV で  $3.4^\circ \pm 0.1^\circ$ 、3.4MeV で  $4.0^\circ \pm 0.5^\circ$  となり、高精度イメージングを実証した。また同時に行った偏光観測の結果を図 3 に示す。それぞれのエネルギーで正しい偏光方向を測定することができた。モジュレーションファクターは 1.7MeV で  $22.7 \pm 0.3\%$ 、3.9MeV で  $8.3 \pm 1.2\%$  となり、シミュレーション結果ともよく一致した。

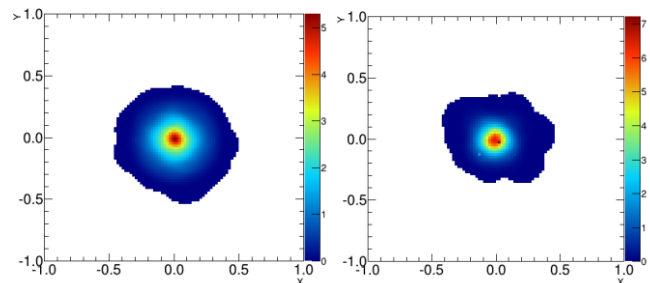


図 2 1.7MeV(左)と 3.9MeV(右)のイメージング結果(実測)

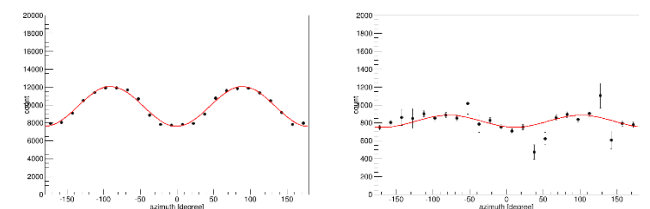


図 3 1.7MeV(左)と 3.9MeV(右)のモジュレーション(実測)

## 【まとめと今後の展望】

本研究では MeV ガンマ線観測用コンプトンカメラを開発し、実験で MeV ガンマ線の高精度イメージングと偏光観測を実証した。今後は 50kg 級衛星による軌道上での観測を見据え、よりバックグラウンド除去性能を高めた BGO シールドの最適化が求められる。

## 【研究業績リスト】

- 【論文】 Hosokoshi, H. et al., "Development and performance verification of a 3-D position-sensitive Compton camera for imaging MeV gamma rays.", Sci. Rep. 9, 1-9, (2019).
- 【国際会議(oral)】 Hosokoshi, H. et al., "Development and performance verification of a novel Compton camera for imaging MeV gamma rays", IEEE NSS/MIC 2019, Manchester, UK.
- 【講演】 細越裕希 他, "MeV ガンマ線コンプトンカメラの最適化及び性能評価", 第 66 回応用物理学会春季学術講演会 2019, 東京, 日本