

令和 7 年度（2025） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：宇宙線研究のためのコンプトンカメラの検討 英文：Design study of a Compton camera for study of cosmic rays
研究代表者	茨城大学・准教授・片桐 秀明
参加研究者	（令和 7 年度の所属） 榎本 良治（北里大学大学院医療系研究科 客員教授）、村石 浩（北里大学医療衛生学部教授）、加賀谷 美佳（仙台高等専門学校総合工学科 准教授）、吉田 龍生（茨城大学理学部 教授）、渡辺 宝（北里大学医療衛生学部 助教）、塚本 ひかり（北里大学大学院医療系研究科 D3）、溝口 孝大（北里大学大学院医療系研究科 D4）、大久保 幸祐（北里大学大学院医療系研究科 M2）、栗原 知寿（茨城大学大学院理工学研究科 M2）
研究成果概要	宇宙線起源の解明は、宇宙物理学における未解決の重要課題である。フェルミ衛星による観測により、超新星残骸（SNR）が銀河内宇宙線の有力な加速源であることは確立されたが、加速される粒子が陽子か電子かという根本的な問題は未解決である。この判別には、宇宙線陽子が星間物質中の原子核を励起した際に生じる脱励起ラインガンマ線（特に 2-10 MeV）の観測が有効である。 本研究の目的は、これらのガンマ線を高感度で観測するためのアドバンスドコンプトンカメラの実現可能性を検証することである。 特に本研究では、シンチレーションファイバーを用いた新しい検出手法を提案している。この手法は、低原子番号材料により電子飛跡の多重散乱を抑制できることに加え、長尺化による大面積検出器の構築が容易であり、従来の半導体検出器やガス検出器とは異なる低コストかつ高効率なアプローチを提供する。数 MeV 以上のガンマ線に対しては、反跳電子の飛跡長が数 mm 以上となるため、約 1 mm の位置分解能が実現できれば高性能な反跳電子検出型コンプトンカメラとして動作する可能性がある。 本課題では、GEANT4 シミュレーションにより性能評価を行うとともに、科研費等により試作機を製作し、実測との比較による実証研究を進めている。 令和 7 年度は、検出器システムの高度化と安定運用に向けて以下の成果を得た。 (1) 高時間分解能の実現 EASIROC 信号読み出しモジュールによる波形取得を改良し、約 1 ns の時間分解能を達成した。これにより偶発的バックグラウンド事象の大幅な低減が可能となった。

(2) システム構成の簡素化・高柔軟化

従来の NIM モジュールを多用した複雑な構成を見直し、吸収体については SiTCP 搭載 Flash ADC ボードへ置き換えた。さらに同期制御に BRoaD III を導入することで、イーサネット経由で柔軟に制御可能なシステムを構築し、運用の省力化と継続性の向上を実現した。

(3) 同期ロジックの最適化

散乱層におけるピークホールド信号のタイミングを安定化するため、BRoaD III 内部ロジックの最適化および疑似信号による評価を行い、安定した波高取得条件を確立した。

これらの成果により、バックグラウンド抑制性能とシステム運用性が大きく向上した。