

卒業論文概要書

2019年2月提出

所属学科	応用物理	氏名	細越 裕希	学籍番号	1Y15B067-0
研究題目	MeVガンマ線観測用コンプトンカメラの性能評価及び最適化			指導員	片岡 淳

【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が多く存在し、宇宙、医療、環境など様々な分野での応用が期待されている。天文学では核ガンマ線を観測することによって、元素合成に対する知見、宇宙線のエネルギー分布、星間物質の空間分布などを得ることができる。しかし、1-10MeV のガンマ線はエスケープ事象や検出器内部での多重散乱などのバックグラウンドが非常に高く、観測が非常に困難である。CGRO 衛星の COMPTEL のように大型化をすれば有効面積を大きくすることができるが、総重量 1.3t の検出器を打ち上げるには巨額の費用が必要になるなど様々な問題が発生する。

そこで本研究では 50kg 級衛星に搭載が可能な小型コンプトンカメラで、MeV ガンマ線の探査ができる構成を考案した。まず高エネルギー用コンプトンカメラの試作機を用いて、MeV ガンマ線に対する性能の評価を行った。また将来の宇宙観測に向けて、軽量・小型コンプトンカメラの最適化をシミュレーションベースで行った。

【コンプトンカメラの性能評価】

まず高エネルギー用コンプトンカメラの試作機で MeV ガンマ線のイメージング実験を行った。ニュースバル放射光施設は高エネルギー電子でレーザー光を逆コンプトン散乱させて準単色の MeV ガンマ線ビームを出すことができる、世界でも類を見ない実験施設である。そこで 1.73MeV、3.87MeV の準単色ガンマ線ビームをコンプトンカメラに直接入射させてイメージングを行った。1.73MeV と 3.87MeV の再構成画像を図 1 に示す。1.73MeV、3.87MeV 共に平行光線のイメージが点に収束したことから、天体の観測にも使用可能であることを確認した。角度分解能は 1.73MeV で 3.44° (FWHM)、3.87MeV で 4.01° (FWHM) を達成した。また図 2 は 1.73MeV の入射角度 0° と 20° の結果を同時にイメージングした結果である。0° と 20° でははっきりとした分離を確認することができた。

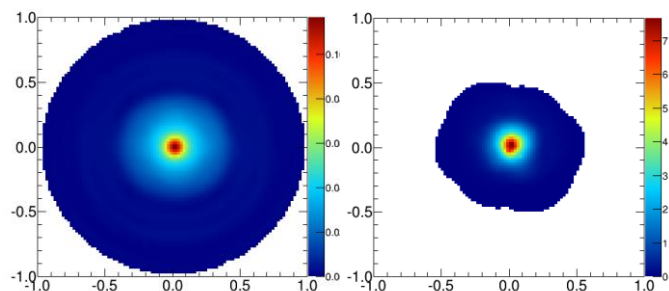


図 1. 1.73MeV (左) と 3.87MeV (右) の再構成結果

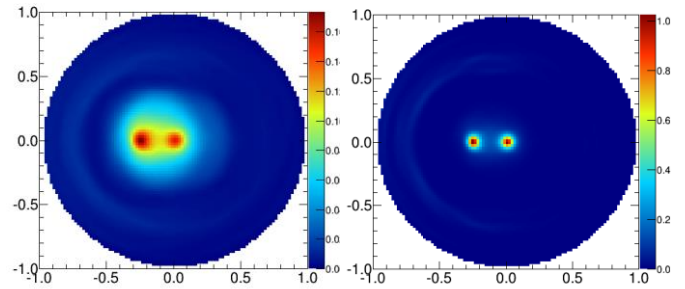


図 2. 入射角 0°, 20° の分離 (1.73MeV)

【宇宙観測に向けた最適化】

宇宙観測に用いる小型コンプトンカメラのジオメトリの最適化を固有効率、角度分解能の評価で行った。最適化するパラメータは散乱体と吸収体の厚さ、散乱体・吸収体間距離、ピクセルサイズである。固有効率を評価した結果、1-2MeV の光子に対して散乱体を 20mm としたとき、最も効率が高くなることがわかった。また吸収体の厚さ 60mm ではほぼ固有効率が飽和することがわかった。角度分解能の評価では散乱体を 2 層 non-DOI 構造に、吸収体を 6 層 DOI 構造にして散乱体・吸収体間距離を 70mm にすると 1-2MeV で COMPTEL の角度分解能を凌ぐ性能を出せることがわかった。最適化したカメラの角度分解能を図 3 に示す。

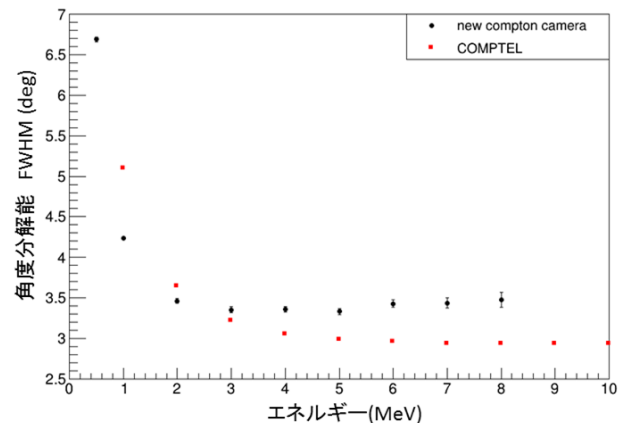


図 2. 最適化したカメラの角度分解能 (COMPTEL との比較)

【まとめと今後の展望】

本研究では MeV ガンマ線の探査が可能な小型コンプトンカメラの開発を目標とし、現状のコンプトンカメラの MeV ガンマ線に対する性能評価とシミュレーションによるジオメトリの最適化を行った。実験の結果、試作機は MeV ガンマ線に対して十分な角度分解能を持っていることを確認した。また最適化では特に 1-2MeV で良い固有効率、角度分解能を持つコンプトンカメラのジオメトリを考案した。今後はバックグラウンド除去の最適化と感度の計算、合わせて実機評価も行っていきたい。