

## 自己評価報告書

平成 23年 5月 11日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2011

課題番号：20244026

研究課題名（和文） 広視野ガンマ線カメラを用いた気球実験による MeV 領域ガンマ線天体観測の開拓

研究課題名（英文） Development of Astronomical Observations in the MeV Gamma-ray Band Using a Balloon-borne Gamma-ray Camera with a Wide Field of View

研究代表者

窪 秀利（KUBO HIDETOSHI）

京都大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号：40300868

研究分野：天体物理学

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：天体観測、ガンマ線、コンプトンカメラ、気球実験

## 1. 研究計画の概要

X線・ガンマ線領域で、天体観測が最も遅れている MeV ガンマ線を開拓すべく、ガンマ線が検出器中でコンプトン散乱した際の反跳電子の3次元飛跡を測定するという、新しい検出原理に基づいた、高感度広視野のコンプトン散乱型ガンマ線カメラを用いた気球実験を推進し、将来的には、衛星搭載による全天サーベイを目指す。本研究の第一の目的は、コンプトン反跳電子の3次元飛跡を測定する、新しい検出法による30cm角カメラを完成させ、気球に搭載し、天体からのサブ MeV・MeV ガンマ線を検出することである。第二の目的は、この観測の結果を基に、大陸間気球に搭載する銀河面サーベイ用および衛星に搭載する全天サーベイ用検出器の仕様や性能について検討することである。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 8×8 ch のマルチアノード型光電子増倍管に、GSOシンチレータ結晶(6×6×13 mm<sup>3</sup>)の8×8アレイを取り付け、光電子増倍管読出し回路を接続し、ガス検出器中でコンプトン散乱したガンマ線の2次元入射位置とエネルギーを測定するシンチレータ検出器のユニットを量産した。

(2) 気球実験では消費電力の制限が厳しいため、シンチレータ検出器の読出し回路の省電力化を行った。

(3) コンプトン反跳電子の3次元飛跡を捉えるガス検出器を構成する、微細電極型ガス比例計数管、ドリフトケージ、および、ガス封じ切り型耐圧容器を製作した。

(4) ガス検出器からの信号を省電力で読み出すために、高エネルギー加速器研究機構と共同開発した CMOS 型 ASIC をガス検出器に接

続するための回路基板を製作し、ガス検出器からの信号を取得した。

(5) 地上試験用30cm角コンプトンカメラを用いて、エネルギーの異なる2つのガンマ線源のイメージングに成功し、角度分解能とエネルギー分解能を測定した。

(6) ガス検出器中の3次元飛跡を検出する回路の位置演算法を改良し、位置分解能および検出効率を向上させた。

(7) ガンマ線検出効率向上のため、ガス検出器に用いるガスの組成比最適化および高圧化を行った。

(8) ガンマ線測定エネルギー広帯域化のため、電子陽電子対生成過程によるガンマ線検出の角度分解能・検出効率を測定した。

(9) 気球高度の大気中の宇宙線が、検出器周囲の物質と反応して生成するバックグラウンドをシミュレーションし、2006年に行った気球実験のバックグラウンドの定量的評価を行った。

(10) 次回の気球実験で予想される、天体ガンマ線およびバックグラウンドのエネルギースペクトルのシミュレーションを行い、感度向上のための検出器配置最適化を行った。

## 3. 現在までの達成度

③やや遅れている。

（理由）気球放球施設の変更に伴い、気球観測の滞空時間の条件が、当初の計画で想定していた条件より厳しくなったことに加えて、本研究で開発しているガンマ線カメラで、宇宙ガンマ線観測と同時に、極域の大気に影響を及ぼす高エネルギー電子降下現象の観測が可能であるとの新たな知見を計画遂行中に得た。そこで、北極域での気球観測に対応するため、ガンマ線カメラの設計変更が必要

となり、当初の計画に比べ、やや遅れている。

#### 4. 今後の研究の推進方策

##### (1) 気球搭載ガンマ線カメラの製作

2. で述べたコンプトン散乱ガンマ線検出器およびコンプトン反跳電子3次元飛跡検出器からなる、気球搭載ガンマ線カメラを完成させる。

##### (2) 気球搭載ガンマ線カメラの性能評価

(1)で製作したガンマ線カメラの角度分解能、エネルギー分解能、検出効率の角度依存性を測定する。

##### (3) 検出器のシミュレーション

検出器の性能に関するシミュレーションを行い、(2)の実験結果と比較する。

##### (4) 気球搭載システムの製作

気球搭載用の電源供給システムやデータ収集システムを製作する。

##### (5) 気球工学システムとの接続

気球観測データの地上へのテレメトリ及び、地上からの検出器制御コマンドは、宇宙科学研究所の気球工学システムを介して行うため、(4)のシステムと接続し、動作確認する。

##### (6) 環境試験

気球に搭載する全システムを宇宙科学研究所にある低温真空槽に入れ、気球環境での動作試験を行う。

##### (7) 気球観測実験の計画立案および遂行

宇宙科学研究所気球グループと協力し、北海道大樹町からの放球による気球観測実験の計画を立案し、遂行する。

(8) 以上の結果を基に、大陸間気球に搭載する銀河面サーベイ用および衛星に搭載する全天サーベイ用検出器の仕様や性能について検討する。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Atsushi Takada, Hidetoshi Kubo(2 番目), Toru Tanimori(16 番目), 他 13 名, "Observation of Diffuse Cosmic and Atmospheric Gamma Rays at Balloon Altitudes with an Electron-Tracking Compton Camera", *The Astrophysical Journal*, 査読有, 733 (2011) 13
- ② Michiaki Takahashi, Hidetoshi Kubo(6 番目), Toru Tanimori(14 番目), 他 13 名, "Development of an Electron Tracking Compton Camera using CF<sub>4</sub> gas at high pressure for improved detection efficiency", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 査読有, 628 (2011) pp.150-153
- ③ Kazuki Ueno, Toru Tanimori(2 番

目), Hidetoshi Kubo(3 番目), 他 14 名, "Development of the Tracking Compton/Pair-Creation Camera based on a Gaseous TPC and a Scintillation Camera", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 査読有, 628 (2011) pp.158-161

- ④ S. Kurosawa, H. Kubo(2 番目), T. Tanimori(12 番目), 他 10 名, "Development of an 8 × 8 array of LaBr<sub>3</sub>(Ce) scintillator pixels for a gaseous Compton gamma-ray camera", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 査読有, 623 (2010) pp.249-251
- ⑤ Shunsuke Kurosawa, Hidetoshi Kubo(2 番目), Toru Tanimori(13 番目), 他 12 名, "Performance of 8 × 8 Pixel LaBr<sub>3</sub>:Ce and Gd<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>:Ce Scintillator Arrays Coupled to a 64-channel Multi-anode PMT", *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 査読有, 56 (2009) pp.3779-3788
- ⑥ Atsushi Takada, Hidetoshi Kubo(2 番目), Toru Tanimori(5 番目), 他 11 名, "The Observation of Diffuse Cosmic and Atmospheric Gamma Rays with an Electron-Tracking Compton Camera Loaded on a Balloon", *Journal of the Physical Society of Japan*, 査読有, 78 (2009) Supplement A, pp.161-164

[学会発表] (計 14 件)

- ① 岸本祐二, 「SMILE8: 次期気球実験に向けた詳細なシミュレーションとコンプトンカメラの開発現状」, 日本物理学会, 2010年9月11日, 九州工業大学
- ② 高橋慶在, 「電子飛跡検出型コンプトンカメラに用いるガスの最適化」, 日本物理学会, 2010年3月21日, 岡山大学
- ③ 岩城智, 「CMOS ASIC を用いた気球実験用ガス検出器読み出しシステムの開発」, 日本物理学会, 2010年3月20日, 岡山大学
- ④ 上野一樹, 「micro-TPC を用いた電子陽電子対生成カメラの原理実証」, 日本物理学会, 2010年3月20日, 岡山大学
- ⑤ 岩城智, 「6mm 角 LaBr<sub>3</sub>(Ce) ピクセルアレイと 64ch マルチアノード PMT 読み出しシステムを用いたシンチレーションカメラの開発」, 日本物理学会, 2009年9月10日, 甲南大学

[その他]

ホームページ

<http://www-cr.scphys.kyoto-u.ac.jp/research/MeV-gamma/>