

# 論文審査の結果の要旨

氏名 武田 伸一郎

本論文は10章からなり、その研究内容は、高エネルギー宇宙現象に起因するガンマ線観測の感度を飛躍的に増大させるための測定器としてコンプトンカメラを設計、製作、評価し、次世代ガンマ線天文学への応用のため、具体的ミッション提案を行ったものである。

第1章(序章)では、高エネルギー宇宙現象の解明のための硬X線およびガンマ線観測の現状が述べられ、この領域における観測装置の感度を飛躍的に高めることの重要性が論じられている。第2章では、粒子加速による非熱的放射が支配的なエネルギー帯域の高エネルギー宇宙現象を解明するため期待されている、星の重力崩壊プロセスを知る手懸かりとなる核ガンマ線、および銀河中心方向から来るポジトロン由来の511 keV線の観測が議論され、さらに、偏光測定による研究展開が述べられている。第3章では、コンプトンカメラの基本原理が述べられ、コンプトン運動学に基づく測定精度が定量的に議論されている。荷電粒子イベント・検出器の放射化によるバックグラウンドから天体からの信号とを区別を可能とするこの運動学を用いることで、サブMeVからMeV領域の感度を高められること、および偏光測定という新たな展開の可能性が論じられている。第4章では、コンプトンカメラの構成として位置検知型のSiおよびCdTe半導体検出器を用いることの優位性の議論、その構成の最適化、開発項目の分析がなされている。また、次世代ミッションへの応用が例示されている。これらの4章で、本研究の具体的内容であるSi/CdTe半導体検出器によるコンプトンカメラの開発とその実証研究の背景と位置づけが明確に示され、論文提出者の科学的視点の高さが評価される。

第5章では、本研究のテーマであるコンプトンカメラの開発内容が述べられている。開発目標を、X線観測との連続性から数10 keVから数MeVまでカバーし、 $\Delta E/E \sim 2\%$ のエネルギー分解能およびドップラー限界までの角度分解能をもち、偏光観測が可能で、衛星搭載が容易な動作環境な検出器と定め、両面ストリップ型Si半導体検出器とピクセル型CdTe半導体検出器で構成されるコンプトンカメラを

設計、製作している。これらの検出器単独の性能を評価し、ASICを用いた低ノイズ回路を設計・製作し、天体観測にむけた実証実験が可能なコンプトンカメラシステムを世界で始めて確立し、以下の第6～8章で具体的に述べられるように設定した開発目標を満たす測定器を開発した論文提出者の能力は非常に高く評価される。

第6章では、製作したコンプトンカメラの基本性能である検出効率の評価およびカメラの応答関数を再現する高精度モンテカルロシミュレータが示されている。半導体検出器の不感領域および電荷キャリア移動に関する考察に基づいた現実的な応答関数の導出に論文提出者の独創性が現れていると判断される。

第7章では、コンプトン運動学に基づくイメージング能力を、様々な形状のガンマ線源を用いて実証されている。コンプトンカメラの位置検出能力に加え、ヒットの順序の解析および画像構築のアルゴリズムの開発により、画像再現性の高さが示されている。

第8章では、放射光施設Spring-8による偏光した170keVのガンマ線を用いて、コンプトンカメラの偏光測定に関する感度の検証が行われている。無偏光ガンマ線の測定および偏光ガンマ線の測定の比は、予言通りの角度依存性が示され、偏光軸が1度の精度で決定できることが示された。

第9章では、これまでに評価されたコンプトンカメラの性能に基づき、次世代ミッションとして100kg級コンプトンカメラのシミュレーションがなされ、それにより、MeV領域の感度がこれまでの1桁以上向上させることが可能であることが示され、ガンマ線天文学の新たな展開が議論されている。

これらの内容は、第10章にまとめられ、あわせて、将来のガンマ線天文学の展望が述べられている。

以上のように本研究は、サブMeVからMeV領域のガンマ線観測のため、Si/CdTeコンプトンカメラを製作し、その有用性を定量的に実証したものであり、次世代衛星ミッションによるガンマ線天文学研究に大きく貢献するものである。

なお、本論文は共同研究であるが、論文提出者が主体となって開発、実験及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。