

1. 計画タイトル
Sub-MeV/MeV gamma-ray Imaging Loaded-on-balloon Experiments 3
2. 問い合わせ先
高田 淳史 (京都大学) takada@cr.scphys.kyoto-u.ac.jp
3. 想定される提案者
京都大学大学院 理学研究科
4. 計画規模： 中型 B
5. マスタープラン 2017, 2020 への採否状況
提案していない
6. 実施時期
FY2021 準備開始予定 (フライトモデル開発・環境試験)
FY2024 観測開始予定 (数年に一度の頻度で気球実験での観測を実施)
7. 必要経費および予算プロファイル
準備～1 回目フライト 300 百万円
2 回目以降のフライト 数億円/フライト
8. 計画の概要
有効面積 10～20 cm²・空間分解能 約 5～10 度の電子飛跡型コンプトン望遠鏡 (electron-tracking Compton camera: ETCC)を米国 NASA が提供する長時間気球に搭載する実験を複数回実施し、0.2～10 MeV の帯域において天空を広く深く探査、系内・系外拡散ガンマ線や電子陽電子対消滅線・²⁶Al の詳細なスペクトルや空間分布を得て、系内・系外拡散ガンマ線の起源を特定し、暗黒物質の存在や銀河系内における元素合成・循環について明らかにすると共に未発見天体の探索も行い、20 年以上停滞している MeV ガンマ線天文学の大きな進展を図る。
9. 学術的意義、当該分野・社会等での位置づけ
0.1～100 MeV にかけての MeV ガンマ線領域は、超新星爆発や中性子星合体に伴う元素合成・ガンマ線バーストや活動銀河核における粒子加速・宇宙線加速現場の探索・暗黒物質の間接探査等、多様な宇宙物理現象の解明へのプローブとして期待されている。特に放射性同位体の核ガンマ線や励起原子核からの脱励起線といった寿命を持つライン放射は他波長には無いユニークな情報であり、マルチメッセンジャー天文学の重要性が増している現在、特徴的な役割を担うことが期待されている。一方で、天文学に必須なイメージング分光の困難さから 2000 年に観測を終えた COMPTEL 以降 MeV ガンマ線観測は停滞しており、低雑音・高空間分解能な観測が早急に求められている。本研究は、MeV ガンマ線の観測困難さを原理的に解決した ETCC による広域観測であり、天文・物理の両面から大きく期待されている計画である。

10. 実施内容

[総括・飛跡検出器]高田, 谷森 (京都大学); [シンチレータ] 黒澤 (東北大学); [データ収集系]中森 (山形大学), 櫛田 (東海大学), [アンタイカウンタ]澤野 (金沢大学); [熱・電源設計]水村 (ISAS/JAXA); [データ通信]濱口, Hunter (GSFC/NASA); [理論研究]郡 (KEK)

11. 現在までの準備状況

ETCC はコンプトン散乱を利用して入射ガンマ線の運動量を得る検出器であり、散乱で生じた反跳電子の飛跡とエネルギーを測定するガス飛跡検出器と、散乱ガンマ線を捉える位置感度型シンチレーション検出器から構成される。従来の観測器では測定不能であった低エネルギー電子の詳細な飛跡が得られることで、光子毎の到来方向を一意かつ高精度に得られるだけでなく、反跳粒子のエネルギー損失率やコンプトン散乱運動学テストという雑音事象を強力に排除する能力を持つ。この為、低雑音・高空間分解能の観測が実現される。京都大学では 2002 年から ETCC の開発を進めており、原理実証機での MeV ガンマ線イメージング分光の検証だけでなく、陽子線ビームによる強い放射場中でのガンマ線観測や放射光を用いた偏光測定も実施、ETCC の持つ測定能力は検証済である (Tanimori+17, Komura+17)。

ETCC での天体観測実証実験としては、2006 年 (SMILE-I) 及び 2018 年 (SMILE-2+) に気球実験を実施している。SMILE-2+ では高度 38 km 以上での約 1 日の観測から、銀河中心領域を有意度 10σ 、かに星雲を 4σ で検出し、他観測と矛盾しないスペクトルを得た。特に銀河中心領域は、その仰角の時間変化に合わせて光度曲線が増減しており、ETCC のもたらす雑音除去能力の高さを示している。また従来型の MeV ガンマ線観測器は雑音の見積もりが困難である為、地上較正実験から予測される検出感度を宇宙環境下で実現できた例は存在しないが、SMILE-2+ が実現した検出感度は MeV ガンマ線背景放射と大気ガンマ線の 2 つのみが雑音であった場合の予想感度とほぼ一致し、ガンマ線以外の雑音をおおよそ完全に除去できた事が示された。即ち、ETCC は MeV ガンマ線領域の検出感度を設計できる、初めての望遠鏡と言える (Tanimori+20)。

本計画の ETCC では、SMILE-2+ の ETCC から有効面積の拡大・空間/エネルギー分解能の向上を行う。この目的の為、飛跡検出器の電極構造の改良・ガスの最適化・光読み出し回路の改良を既に進めており、フライトモデル開発へ向けた準備ができている状態にある。また、米国 NASA とも 2020 年度から長時間気球実験について協議を開始し、打ち上げに向けた準備を始めている。

・ T. Tanimori+, Scientific Reports, 7 (2017), 41511

・ S. Komura+, Astrophysical Journal, 839 (2017), 41

・ T. Tanimori+, Journal of Physics: Conference Series 1468 (2020), 12046