

令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：MeV ガンマ線背景放射の放射起源解明に向けた電子飛跡検出型コンプトン望遠鏡内在放射線の精密測定

英文：Measurement of the intrinsic radioisotopes in electron-tracking Compton telescopes for studying the radiation mechanism of extragalactic diffuse gamma-rays

研究代表者 高田 淳史 (京都大学 大学院理学研究科)

参加研究者 池田 智法, 阿部 光 (京都大学 大学院理学研究科),
岡 知彦 (立命館大学 総合科学技術研究機構)

研究成果概要

宇宙から一様等方に到来する背景放射は、MeV ガンマ線帯域においても存在し、系外拡散ガンマ線と呼ばれている。この放射源は遠方の活動銀河核である可能性に加え、 10^{17} g 程度の原始ブラックホールや MeV スケールの暗黒物質である可能性がよく議論され、精密なガンマ線フラックスの測定はこれら重要な科学目標に対する厳しい制限に直結する。一方で、背景放射の観測は、対象を視野に入れない OFF 観測が不可能である為、気球高度での観測で想定される雑音事象を、シミュレーションを元に見積もって差し引くことでしか背景放射のエネルギースペクトルは得られない。従って、雑音事象の理解は既存の観測結果の解析だけでなく、将来計画においても大きな意味を持つ。

我々は、この MeV ガンマ線背景放射の観測を、2018 年に放球された気球実験 SMILE-2+にて実施しており、観測結果の解析の為、雑音事象の理解を進めている。SMILE-2+に搭載された電子飛跡検出型コンプトン望遠鏡は、ガス飛跡検出器とその周囲に配置される位置感度型シンチレータから構成される。2022 年度の共同利用研究により、使用した GSO シンチレータ内部に ^{176}Lu および U 上流の放射性同位体が非常に多く存在する事、光読み出しに使用した PMT の窓に ^{40}K が含まれている事を実際に確認した。そこで 2023 年度は、これら内

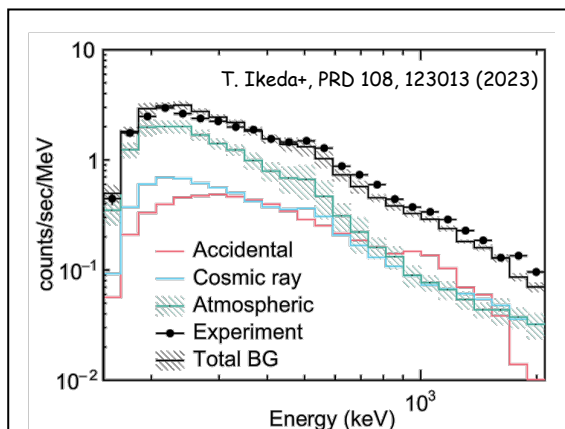


図 1：SMILE-2+の雑音事象のエネルギースペクトル。シミュレーションは実験値を良く説明する。また 1 MeV 付近で偶発事象が支配的になっている。

在放射性同位体を考慮し、雑音量をシミュレーションにより検証した。図 1 の黒丸は水平浮遊中の SMILE-2+が観測した、明るい天体が視野中にない時間帯のエネルギースペ

クトルである。これに対して、シミュレーションから推測される大気ガンマ線(MeV ガンマ線背景放射を含む、図1中緑線)・ガンマ線以外の宇宙線と観測機器ゴンドラが相互作用することで生じる雑音事象(図1中青線)に加えて、大気ガンマ線によるガス飛跡検出器の信号と GSO シンチレータ内の内在放射性同位体との偶然同時計数による雑音事象(図1中赤線)が、雑音事象として存在する事が判明した。この偶然同時計数の雑音事象は、1 MeV 付近に特徴的な bump 構造を形成する。

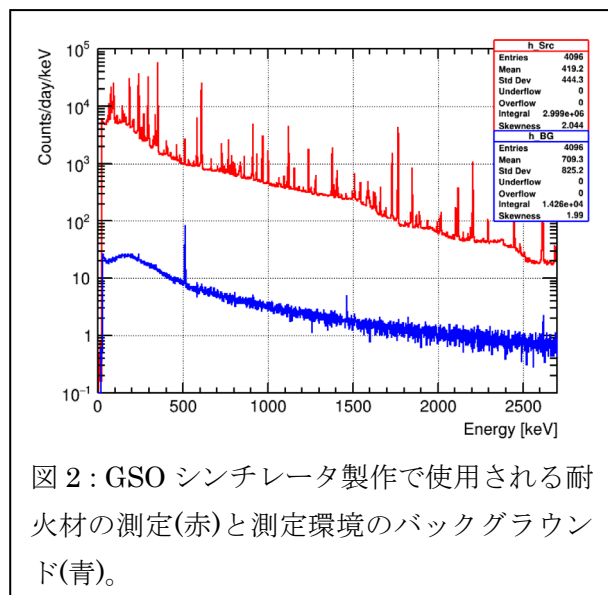


図2: GSO シンチレータ製作で使用される耐火材の測定(赤)と測定環境のバックグラウンド(青)。

実際、SMILE-2+の電子飛跡検出型コンプトン望遠鏡は、地上較正試験・気球高度の双方の観測で 1 MeV 付近に強度が変わらない bump 構造が見られ、GSO シンチレータ内の内在放射性同位体起因の偶然同時計数事象が優位になってしまっている事が示唆される。背景放射のエネルギースペクトルは、1 MeV 付近で大きく傾きが変化している為、検出器に内在する放射性同位体量を抑える事が、将来計画において非常に重要である事が示された。これらの結果は、まとめて論文として公表している (T. Ikeda+, PRD 108, 123013)。

また、GSO シンチレータの製作過程において、どこから U/Th 系の同位体が混入するかを突き止める為の測定も、2023 年度に行った。図2は製作で使用される耐火材を、柏地下微弱放射能測定設備の Ge 検出器で測定した結果である。我々は耐火材から発生した微量の U/Th が成長中の GSO 結晶に混入するのでは、と考えている。現在進めている次期気球観測計画 SMILE-3 では、搭載予定の全てのシンチレータの U/Th の内在量を測定し、使用基準に対し許容範囲外のものを取り除く、また許容範囲内であれば測定された内在量をシミュレータに反映させるというように実験準備を進めている。2023 年度に搭載予定の半分の GSO シンチレータの測定が終了しており、残り半分を 2024 年度に実施予定である。