

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01 / 07 / 2025

専攻名(専門分野) Department	物理学及応用物理学	氏名 Name	神田 健志	指導員 Advisor	片岡 淳 印 Seal
研究指導名 Research guidance	放射線応用物理学 研究	学籍番号 Student ID number	5323A023 CD - 2		
研究題目 Title	冬季北陸地方における雷ガンマ線バーストの高精度観測				

【研究背景・目的】

雷や雷雲に起因するガンマ線バーストが発生する現象が過去に多く観測されている。しかし、その発生機構は明確には解明されていない。ガンマ線バーストは、雷放電と同期して発生する TGF と、雷雲を起源とするガンマ線グローに分類され、前者は継続時間が1秒に満たず、後者は長いイベントで数十分に至ると考えられている。

本研究では、新潟県十日町市と石川県金沢市に観測装置を設置し、ガンマ線バーストの観測を試みている。また、当研究室で開発されたコンプトンカメラを用いて、雷雲ガンマ線のイメージングにも挑戦している。

【感度マップの作成】

コンプトンカメラの入射角度による検出効率の違いを補正するため、感度マップと呼ばれる、検出効率の逆数のリストの作成を行った。医療用コンプトンカメラの場合、対象とするエネルギーが単一であり、そのエネルギーでの感度マップを作成する。一方、雷や宇宙の観測においては、対象が発生するガンマ線エネルギーは不定かつ連続であり、1光子ごとにエネルギーが異なる。そのため、任意のエネルギーに対して、1イベントごとに適用可能な感度マップを作成した。

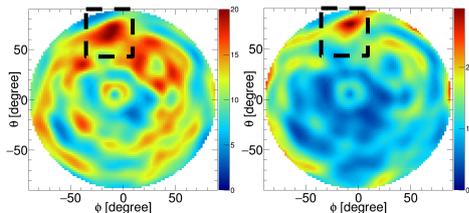


図 1. 実測イベントのイメージング結果
(左)感度マップ適用前 (右)適用後

【HPGe 検出器によるラインガンマ線測定】

新潟県十日町市(2023/10~)、石川県金沢市(2024/10~)に高純度のゲルマニウム検出器を設置した。落雷や雷雲に伴い、大気中の元素との核反応が発生しラインガンマ線を放射する可能性が予想され、その観測に挑戦している。

観測を行う中で、大気中のラドンの子孫核種(^{214}Bi 等)が降雨により増加している様子も確認されている。(図 2)

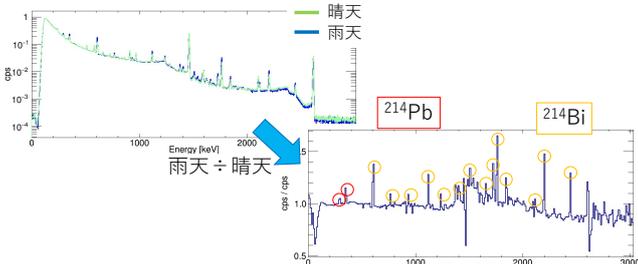


図 2. 降雨による BG ガンマ線の変化

【検出数比率によるガンマ線到来方向推定装置】

板状のシンチレータを立方体の側面位置に配置した形状の測定装置を製作した(図 3 左)。ガンマ線の到来方向に依存して、各面のシンチレータに対する入射角度が変化し、検出数に差が生まれる。予め入射方向ごとの各面の検出数比率を計算しておくことで、実測データの検出イベント数から到来方向を推定する。テスト測定として実験室に ^{152}Eu を設置して測定を行い、方向推定に成功した(図 3 右;星印が実際の線源方向)。この際、連続エネルギーを模した計算値を用いて推定を行った。雷雲ガンマ線の観測に向けて 2024 年冬季より十日町市に設置している。

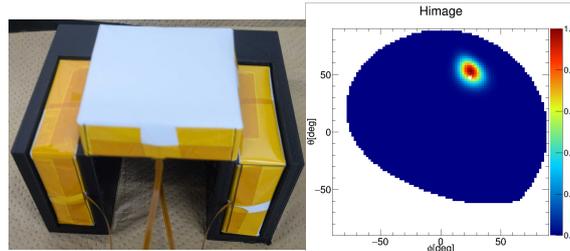


図 3. (左)CsI シンチレータによる到来方向推定装置
(右)実験室における ^{152}Eu の方向推定結果

【冬季観測結果】

2023 年 11 月 28 日、新潟県十日町市設置の検出器によって、持続時間が 1ms に満たないガンマ線バーストを観測した。7.8km 離れた地点での落雷報告との時刻同期も確認されているため、このバーストは TGF だと考えられる。

また、2024 年 11 月 29 日、石川県金沢市において、持続時間が 15ms ほどのバーストを観測した(図 4 左)。一部のシンチレータでは数 MeV ほどのガンマ線の検出が確認されている。この際、ゲルマニウム検出器では 511keV を含む複数のエネルギーのガンマ線を検出した。

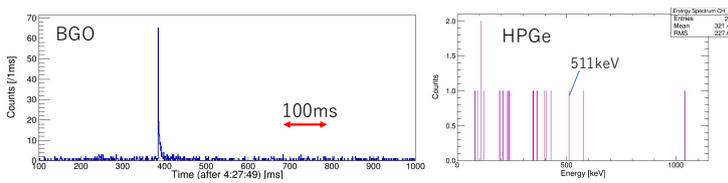


図 4. 石川県金沢市で観測されたガンマ線バースト
(左)BGO シンチレータで観測したライトカーブ
(右)バースト期間(15ms)の HPGe によるスペクトル

【研究業績リスト】

- 【受賞】応用物理学会放射線分科会 放射線分科会学生講演最優秀賞,「新潟県山間部における雷ガンマ線観測システムの開発と観測成果」, 第 71 回応用物理学会春期学術講演会, 2024