

【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



研究課題名 気球搭載型エマルジョン望遠鏡による宇宙ガンマ線未解決課題の解明

神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・教授

あおき しげき
青木 茂樹

研究課題番号： 17H06132 研究者番号： 80211689

研究分野： 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード： ガンマ線, 原子核乾板, エマルジョン

【研究の背景・目的】

光(電磁波)の中で最もエネルギーの高いガンマ線は宇宙での高エネルギー現象に直結する情報をもたらすが、X線以下のエネルギーの電磁波とは異なり反射・屈折・干渉を利用した結像ができず、望遠鏡の実現が困難であった。2008年に打ち上げられたNASAのFermi衛星に搭載されたLAT検出器は、物質中でガンマ線が対生成する電子・陽電子の飛跡を半導体検出器で捉え、その進行方向から親ガンマ線の天球上の到来方向を求めるといった手法により宇宙からのガンマ線を「撮像」して3000個を超える天体を検出し、ガンマ線天文学に飛躍的な進展をもたらした。他方で、空間構造を他波長での観測結果と比較するには解像度が不十分である、発生メカニズムの議論に有用な偏光に関する情報を得ることが困難である、などの課題も浮上している。

本研究では、銀塩写真と同じ原理のエマルジョン(原子核乾板)フィルムを用いて電子・陽電子の飛跡を高精細に測定することで、ガンマ線を高解像度で捉えた上で偏光に関する情報も得られるエマルジョンガンマ線望遠鏡を実現し、上記の技術的課題の解決を通じて質的に新たな観測を開始する。

【研究の方法】

空間分解能に優れたエマルジョンフィルムを用い、角度分解能をFermi-LAT検出器に較べて投影角で1桁(立体角で2桁)改善する大面積かつ広角(±45°以上)の10MeV~100GeV帯域のガンマ線望遠鏡を実現して科学観測気球に搭載し、大気トップ(残留大気圧1000分の5気圧相当)で飛翔させ、宇宙から飛来するガンマ線を観測する

エマルジョンフィルム内でガンマ線が電子陽電子対生成を起こすと、図1のような飛跡を残す。このエマルジョンフィルムを積層し対生成した飛跡を捉えてガンマ線の入射角度を測定するコンバーター部、入射時刻を得るためのタイムスタンプ部、さらに入射時の観測器の天球に対する姿勢をモニターするスターカメラにより望遠鏡を構成する。

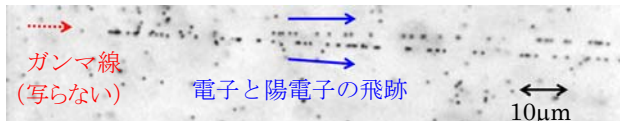


図1 エマルジョンフィルムで捉えた電子・陽電子対生成

超高速飛跡自動読取装置(HTS、図2左)により、現像後のエマルジョンフィルムに記録されているすべての飛跡を読み出す。読み出した飛跡情報を分析

してコンバーター部内で積層されていたフィルム相互の位置関係を再現し、ガンマ線事象を再構成する。

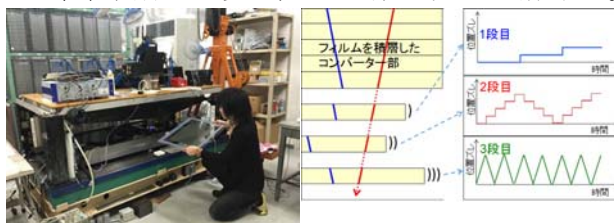


図2 (左) 超高速飛跡自動読取装置 (0.5 m²/h)

(右) 多段シフターによるタイムスタンプ法

フィルム内の飛跡が製造後から現像までのどのタイミングに記録されたかは基本的にはわからない。天球が回転したり観測器の姿勢が変化したりするため、天球上のガンマ線の方向決定には入射時刻の再現が不可欠である。このため、観測器の下側の複数枚のフィルムを観測中にそれぞれ異なる周期で往復させ、解析の際にその位置ズレの組み合わせを再現して各飛跡に対して記録時刻を得る多段シフターによるタイムスタンプ法を考案し、装置を製作・実装してエマルジョン望遠鏡を実現した。(図2右)

【期待される成果と意義】

研究課題期間中に開口面積10m²(世界最大)のガンマ線望遠鏡を実現し本格的科学観測を開始する。Fermi-LATで検出された3000個の天体のうち約3割は他波長との対応がつかない。また、観測結果を既知の発生源の重ね合わせで説明しようとしても銀河中心方向に未知の余剰成分が有意に残ってしまうなどの課題も残されている。高解像度かつ大面積での観測により、これらの未解決課題に挑む。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・"GRAINE 2015, a balloon-borne emulsion γ -ray telescope experiment in Australia", S. Takahashi et al., PTEP, Vol.2016, 073F01
- ・「原子核乾板ガンマ線望遠鏡による宇宙ガンマ線観測計画 GRAINE」高橋寛, 青木茂樹, 日本写真学会誌, 第78巻, 第4号, pp.228-234

【研究期間と研究経費】

平成29年度 - 33年度 153,900千円

【ホームページ等】

<http://neweb.h.kobe-u.ac.jp/labo/aoki/aoki@kobe-u.ac.jp>