

## 2019 (令和元) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：高感度 CMOS カメラシステムによる高速飛翔暗黒物質と流星の探索  
英文：Study of Fast Moving Dark Matters and Meteoroids using High Sensitivity CMOS Camera System

研究代表者 梶野文義 (甲南大学 理工学部)

参加研究者

多米田裕一郎 (大阪電気通信大学 工学部)

篠崎健児、Mario Bertaina (トリノ大学)

Marco Casolino、Lech Piotrowski、戎崎俊一、滝澤慶之 (理化学研究所)

佐川宏行 (東京大学 宇宙線研究所)

研究成果概要

### 1. 研究目的

宇宙の暗黒物質はその存在が確実視され、これまでに数多くの探索実験がなされてきたにも拘らず未だその本性を捉えることができないでいる。本研究の目的は暗黒物質の候補の一つである Nuclearite と太陽系外を起源とする流星体の探索により「我々の宇宙は一体何から出来ているのか？」を明らかにする糸口を見つけることにある。Nuclearite とはマクロサイズのスレンジクォーク体(SQM)が電子を捕獲し電氣的に中性化したものをいい、宇宙開闢の時期や中性子星同士の衝突などでできると考えられている。暗黒物質の探索に関する研究については、その重要性から緊急性は大きい。

本研究では超高感度 CMOS カメラを複数台利用し、その軌跡を立体的に捉えることにより速度と到来方向を決め、明るさから質量を決める。これまで電波、イメージングテンシファイア、および CCD カメラを使った流星観測例はあるが、これらの検出器を用いて Nuclearite までその探索の視野に入れたものは初めてである。最近の CMOS 素子の大型化や高感度化により、このような素子を用いた観測装置を使った探索が可能になってきた。

これまでに Nuclearite の探索を行った実験はいくつかあり、そのフラックスの上限値が求められている。本実験ではそれらの上限値を超える感度で探索を行うことを目指す。このような視点で探索を行う実験は今のところないので、早く実験を立ち上げることができれば国際競争性は十分にある。中性子星のモデルに関しては種々提唱されている。今後、Nuclearite のようなものが発見されれば、暗黒物質や中性子星の構造などに関係する宇宙論、天体物理学、素粒子論、および原子核理論など様々な分野に大きなインパクトを与えることになり、本研究には非常に大きな意義がある。

## 2. 研究成果

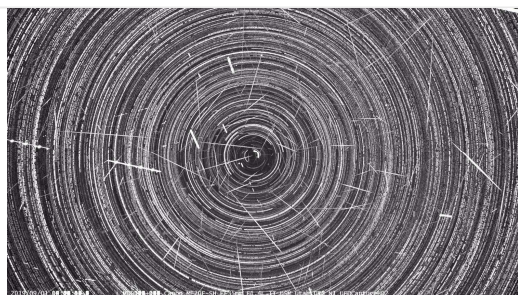


図 1: 2019 年 9 月 1 日にユタで観測した星と流星の重ね書きの写真例。この写真には 500 個以上の散在流星が写っている。

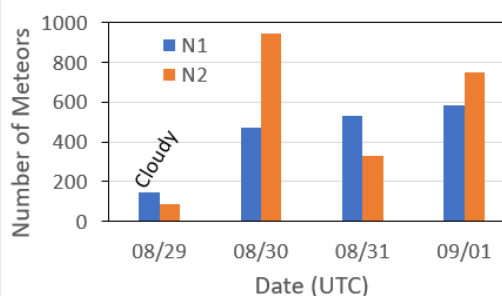


図 2: 2019 年 8~9 月に 4 夜観測した流星数の変化。

本研究提案に関して、我々は 2017 年から 神戸、石垣島、米国ユタにおいて観測方法や観測装置を変えて、これまでにない最高感度で流星の試験観測を行ってきた。2019 年 8~9 月には、米国ユタのテレスコープアレイ宇宙線観測サイト等の 3 カ所に 2 台のカメラ装置を約 20km 離して設置し、流星観測を 4 夜にわたって行った。事象のトリガーは PC 上のソフトウェアで行い、流星事象を 29.97 fps の動画モードで効率よく選別して保存することができた。この結果、約 4,000 個の散在流星の観測に成功した。それらの一部の合成画像を図 1 に示す。また、2 台の観測システムによる観測した流星数の日変化の例を図 2 に示す。その多くは同時イベントであった。

それらの流星のフラックスと等級の関係を求めたところ、これまでの他の観測と矛盾しない結果が得られた。これらの結果は、2020 年物理学会年次大会で公表した。

現在、得られた同時イベントのデータから流星体の軌道を求めるための解析を進めている。また Nuclearite の探索についても解析と計算を進めているところである。

図 3 に示すような連続観測ができる装置 4 台の開発と製作も進めている。この装置はインターネットを通して、遠隔で観測ができる設計になっている。また、カメラの校正を極地研の大型積分球を用いて行った。

## 3. 今後の予定

今後は、米国ユタのテレスコープアレイ宇宙線観測サイトで長期にわたって 4 か所で連続観測できるように、観測システムの構築や観測機の設置場所の検討をさらに進める予定をしている。



図 3: 観測装置の外観