

平成 30 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

井出郁央、井手隆心、町支勇貴 (甲南大学 理工学部)

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発見に成功していない。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トレンジクォーク体(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。太陽系外起源の流星体については、 10^{-7} kg よりも大きい質量のものやその成分についてはまだ観測結果が定まっていないので新しい研究結果が期待される。

本研究では超高感度 CMOS ビデオカメラを台利用し、その軌跡を動画で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 Nuclearite や流星体の質量を決める。これまで電波、イメージインテンシファイア、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。本研究は、宇宙や太陽系の成り立ちに関する重要な情報を与える可能性がある。

2. 研究成果

本研究提案に関して、我々は 2017 年には、神戸、石垣島、米国ユタの 3 地点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。2018 年 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 3

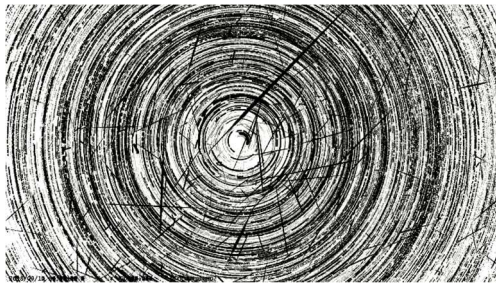


図 1: 2018 年 9 月にユタで観測した星と流星の重ね書きの写真例。この写真には 518 個の散在流星が写っている。

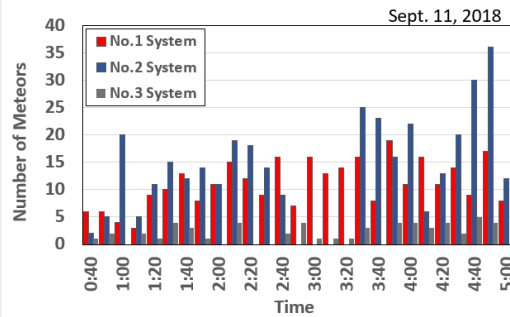


図 2: 2018 年 9 月 11 日の観測した流星数の時間変化。

種類のカメラ装置を約 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 2,000 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、3 種類の観測システムによる観測した流星数の時間変化の例を図 2 に示す。No.1 と No.2 のシステムは No.3 のシステムより感度が高いため観測流星数も多くなっている。

これらの流星のうち、No. 1 と No. 2 のカメラシステムのデータから角速度や等級などのパラメータをそれぞれ 241 個と 423 個の流星について求めることができた。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。これらの結果から、これらの装置を 1 台使って 1 年間観測すると、太陽系外起源の流星体が検出できる Flux の限界値が求められた。これらの値はこれまでの他の観測結果を凌駕できるものとなっている。Nuclearite の探索については現在解析と計算を進めているところである。

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器の設置場所の選定を行い、計画を進める予定をしている。図 3 は CMOS カメラ観測装置の設置場所候補地点を示している。

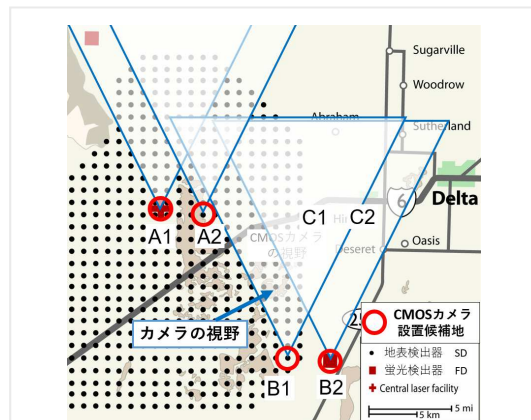


図 3: 観測装置の設置場所候補地点