

令和 3 年度 (2021) 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)
参加研究者	多米田裕一郎、神藤大輝、藤岡桃花 (大阪電気通信大学)、阿部新助、長谷川まり、菊地啓太、遠藤未頼 (日本大学)、Mario Bertaina, Simone Valenti, Dario Barghini (トリノ大学, イタリア)、Marco Casolino、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)、篠崎健児、Michal Vrábel (National Center for Nuclear Research (NCBJ), ポーランド)、Lech W. Piotrowski (ワルシャワ大学, ポーランド)、John N. Matthews (ユタ大学, 米国)、Glenn Starkmann, Jagjit Singh Sidhu (ケースウェスタンリザーブ大学, 米国)、Maria Hajdukova (Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, スロバキア)、富田孝幸 (信州大学)、他
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。本研究の目的はマクロダークマター (Macros) 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が電子を捕獲し電氣的に中性化したもので、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暗黒物質候補までその探索の視野に入れて動画で観測するのは初めてである。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 Macros 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。中性子星のモデルに関しては種々提唱されている。今後、こ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

本研究提案に関して、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。2021 年 3 月からは、図 1 のように甲南大、大阪電通大、日大の屋上に 3 台の観測装置を設置し、遠隔制御で試験観測を開始した。これらを試験後、米国ユタ州 TA サイトに移設予定であったが、COVID-19 の影響により、2021 年 8 月から 12 月にかけて、宇宙線研明野観測所、東大木曽観測所、信州大学に移設し、連続的に観測を行っている。(図 2) 一夜で 400 個以上の流星を観測出来ることもある。

現在、これまでに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などを進めている。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。また、観測例として 2021 年 12 月 13 日に明野観測所で観測されたふたご座流星群の時期のコンポジット画像を図 3 に示す。さらに、TA サイト CLF に設置予定のソーラーパネルで電源を供給するシステムも信州大で運転している。

3. 今後の予定

今後は、米国ユタ TA サイトの 3 カ所と国内にカメラを設置し長期にわたって連続観測する予定である。

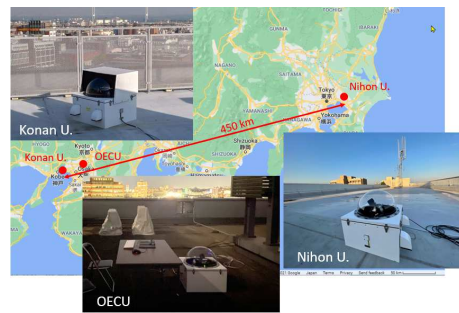


図 1: 甲南大、大阪電通大、日大での観測



図 2: 木曽、明野、信州大での観測

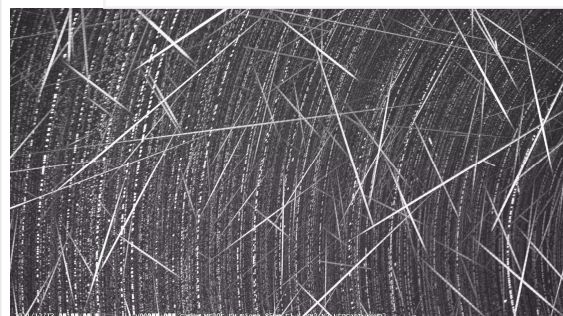


図 3: 2021 年 12 月 13 日夜に明野観測所で観測されたふたご座流星群のコンポジット画像

[会議発表およびプロシーディングス] (2021 年度)

- 1) DIMS Experiment for Dark Matter and Interstellar Meteoroid Study
S. Abe et al. , PoS(ICRC2021)554
- 2) Characterization of the DIMS system based on astronomical meteor techniques for macroscopic dark matter search, D. Barghini et al. , PoS(ICRC2021)500
- 3) Solar Power Supply and Environmental Control System for DIMS Experiment
D. Shinto et al., PoS(ICRC2021)502
- 4) The DIMS experiment for Dark Matter and Interstellar Meteoroid Study
D. Barghini, KASHIWA DARK MATTER SYMPOSIUM 2021
- 5) Meteor observation with the DIMS project: sensor calibration and first results
D. Barghini et al., International Meteor Conference (IMC 2021)
- 6) Faint meteor observation by DIMS and laboratory meteor spectroscopy
S. Abe et al., International Meteor Conference (IMC 2021)
- 7) JPS 2021 Annual Meeting: Online, F. Kajino et al.
- 8) JPS 2021 Autumn Meeting: Online, F. Kajino et. al.