

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H04472

研究課題名（和文）多段シフターによる時間分解原子核乾板検出器の実現と宇宙ガンマ線観測への展開

研究課題名（英文）Realization of a time-resolved nuclear emulsion detector using a multi-stage shifter and its application to cosmic gamma-ray observation

研究代表者

高橋 覚（Takahashi, Satoru）

神戸大学・人間発達環境学研究科・特命助教

研究者番号：40402432

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 32,700,000円

研究成果の概要（和文）：優れた空間分解能を持つエマルジョンフィルムにより、高エネルギーガンマ線の痕跡を極めて緻密に捉えられる。そして時刻付与機構「多段シフター（多段のエマルジョンフィルムから構成され、各段を固有の周期で動かす）」を併せることによって優れたガンマ線望遠鏡に成り得る。口径面積・観測時間の拡大を図る上で、多段シフターの大幅な軽量化・長時間化が鍵となる。従来の多段シフターの駆動機構を見直し、大口径面積・長時間観測を実現するローラー駆動型多段シフターを考案した。最終的にフライトモデル計4台・全口径面積5m²を実現した。また2023年気球実験を達成し、ローラー駆動型多段シフターの初めてとなる実践投入を果たした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ガンマ線天文学は宇宙線物理学、高エネルギー天体物理学、宇宙論、基礎物理学と多岐にわたる波及効果をもたらす。また近年では、宇宙高エネルギーニュートリノや重力波の観測が実現しており、多波長・多粒子でのマルチメッセンジャー天文学の新たな時代が幕開けとなる中で、ガンマ線は決定的に重要なメッセンジャーを担っており、その観測の重要性はますます高まっている。エマルジョンガンマ線望遠鏡による長時間気球飛翔を繰り返すことで「世界最高角度分解能」「世界初偏光有感」「世界最大口径面積」での宇宙高エネルギーガンマ線精密観測実現を目指す。その先駆けとなる気球実験を達成し、科学観測を開始した。

研究成果の概要（英文）：The emulsion film has excellent spatial resolution and can capture extremely precise traces of high-energy gamma rays. Combined with a time-assignment mechanism called a "multi-stage shifter" (consisting of multiple emulsion films, each stage of which is moved at a specific period), this telescope can become an excellent gamma-ray telescope. In order to expand the aperture area and observation time, the key is to make the multi-stage shifter significantly lighter and longer. We reviewed the driving mechanism of conventional multi-stage shifters and devised a roller-driven multi-stage shifter that can realize a large aperture area and long observation time. Finally, a total of four flight models with a total aperture area of 5 m² were realized. In 2023, the first practical application of a roller-driven multistage shifter was achieved through a balloon experiment.

研究分野：素粒子宇宙物理学

キーワード：ガンマ線天文学 マルチメッセンジャー天文学 気球実験 原子核乾板 多段シフター タイムスタン

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ガンマ線天文学は宇宙線物理学、高エネルギー天体物理学、宇宙論、基礎物理学と多岐にわたる波及効果をもたらす。また近年では、宇宙高エネルギーニュートリノや重力波の観測が実現しており、多波長・多粒子でのマルチメッセンジャー天文学の新たな時代が幕明けとなる中で、ガンマ線は決定的に重要なメッセンジャーを担っており、その観測の重要性はますます高まっている。

2. 研究の目的

優れた空間分解能を持つエマルションフィルムにより、高エネルギーガンマ線の痕跡を極めて緻密に捉えられる。そして時刻付与機構「多段シフター(多段のエマルションフィルムから構成され、各段を固有の周期で動かす)」を併せることによって優れたガンマ線望遠鏡に成り得る。エマルションガンマ線望遠鏡は、エマルションフィルムを積層したコンバーター、多段シフターから成るタイムスタンプ、そして姿勢モニターから構成される(図1)。コンバーターで電子対を捉え、タイムスタンプで時刻情報を付与し、その時刻情報を基に姿勢モニターの情報と併せることで、ガンマ線の天球に対する到来方向が決定できる。エマルションガンマ線望遠鏡を開発し、長時間気球飛翔を繰り返すことで、「世界最高角度分解能」「世界初偏光有感」「世界最大口径面積」での宇宙高エネルギーガンマ線精密観測実現を目指す。

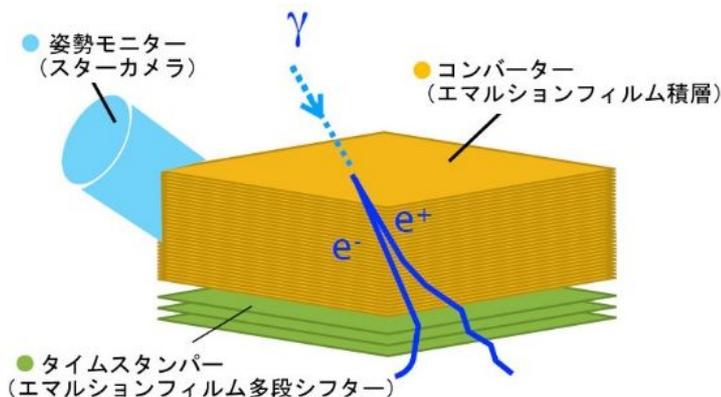


図1: エマルション望遠鏡の概念図

3. 研究の方法

これまでに地上での様々な研究開発やテスト実験、そして2011年気球実験(JAXA 大樹、口径面積125cm²、総飛翔時間4.3時間)、2015年気球実験(JAXA 豪州、口径面積3780cm²、総飛翔時間14.4時間)、2018年気球実験(JAXA 豪州、口径面積3780cm²、総飛翔時間17.4時間)を積み重ね、エマルション望遠鏡による気球飛翔での宇宙高エネルギーガンマ線観測の実現可能性を拓いてきた。特に2018年気球実験では、実際に既知の明るいガンマ線源である「ほ」座パルサーについて世界最高解像度での撮像に成功し、世界最高角度分解能を実現するエマルション望遠鏡を確立した(図2)。これらの経験・実績に基づいて、口径面積・飛翔時間の拡大を図り、気球飛翔を繰り返すことで本格的な科学観測を開始していく。その先駆けとなる気球実験を2023年にオーストラリアでおこなう(JAXA 豪州気球実験)。2023年気球実験は当初2021年に予定していたが、コロナウィルス感染症の影響により2年延期となった。また昨今のヘリウム価格高騰を受け、気球2機から1機へと変更になった。2023年気球実験では前回実験の6.6倍となる口径面積2.5m²の望遠鏡の実現を目指す。世界最大口径面積となるガンマ線望遠鏡を実現するとともに、世界初となる高エネルギーガンマ線偏光観測に向けた「ほ」座パルサーのさらなる観測、発生源不明のガンマ線源が存在する銀河中心領域の高解像度観測、ニュートリノや重力波の発生源にもなり得る突発ガンマ線源の観測等を開始する。

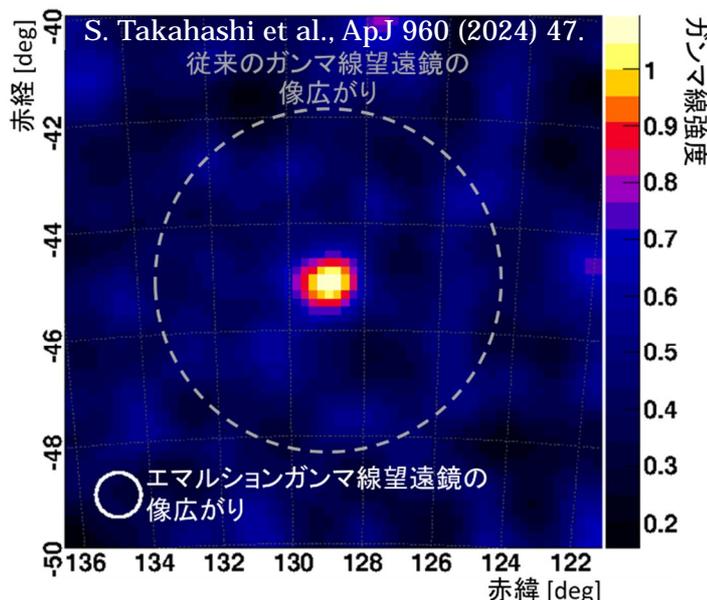


図2: Vela パルサーを中心としたガンマ線到来方向分布(>80MeV)

4. 研究成果

口径面積・観測時間の拡大を図る上で、多段シフターの大幅な軽量化・長時間化が鍵となる。従来の多段シフターの駆動機構を見直し、大口径面積・長時間観測を実現するローラー駆動新型多段シフターを考案した。これまでに科研費若手B(26800138)をもとにローラー駆動機構試作機(単段)を製作し、また科研費基盤B(18H01228)をもとにフライトモデルに向けた試作機(6段)を製作し、動作性能試験を進めてきた。そして、さらにコンパクトで軽量のフライトモデル初号機を完成させた(図3)。従来型に比べ、口径面積あたりの重量にして約3分の1となる大幅な軽量化を達成した。また動作性能の要となるエマルジョンフィルムパックの開発を特注大型真空包装機の導入によって実現した。また科研費基盤A(21H04472)を加え最終的にはフライトモデル計4台、全口径面積5m²を実現した。そしてメカニカル試験、エマルジョンフィルム搭載試験、低温低圧環境試験を繰り返し繰り返しおこない、計4台・全口径面積5m²(気球2機分)について Gondola 実装を果たした。また姿勢モニターであるスターカメラについて、より高感度・低温堅牢・低消費電力を実現する新スターカメラシステムを開発し、電源システムやテレメトリ/コマンドシステムも含めエマルジョンガンマ線望遠鏡気球実験全システムについて大幅に刷新し、様々な開発・準備・試験をおこない、Gondola 実装を果たした(気球2機分)。また研究員を募り、気球実験本番に向けて準備体制を整えた。気球1機分について気球放球拠点である豪州アリススプリングスに向けて2022年12月半ばに発送した(海上便)。またエマルジョンフィルムは実験前処理(リフレッシュ、調湿、真空パック)を施したのち、2023年1月末に現地に向けて冷蔵輸送で発送した(航空便)。2月15日からメンバーが現地入りして最終準備を行い、3月14日に準備をほぼ完了させた(図4)。JAXA 機器との最終かみ合わせ試験や通信電波感度試験を経て、風などの条件が整うのを待った。

4月30日に風などの条件が整い、現地時間午前6:32(UTC+9.5)に気球を放球した(図5)。総飛行時間27時間、うち高度36km水平浮遊24時間17分と、これまでのエマルジョン望遠鏡気球実験で最長の気球飛行を達成した。また「ほ」座パルサーおよび銀河中心を完全にカバーする飛行を達成した。また放球前日にフレアが始まったPKS0402-362について、飛行時の望遠鏡の視野に完全に収まっている。各機器の動作状況について、時刻付与機構多段シフターについては、ローラー駆動型多段シフターの初めてとなる実践投入を果たし、一晚超えて安定した運用および十分な駆動精度を達成した。また姿勢監視スターカメラについては、一晚超えて安定した運用を達成した。また各電池電圧および各機器温度については、一晚超えて問題ない範囲であったことを監視した。総じてエマルジョン望遠鏡を一晚超えて安定した運用を達成した。5月2日にGondolaを無事に回収し、取り外したエマルジョンフィルムを5月4日に日本に向けて冷蔵輸送で発送した(航空便)。Gondolaや関連荷物をアリススプリングスでまとめ、5月15日に日本に向けて発送した(海上便)。最後まで残ったメンバーが引き上げ、現地作業をクローズした(最大11名、計828人・日)。5月16日に日本に返送したエマルジョンフィルムを無事に受け取った。岐阜大学の現像設備で現像処理をおこない、現像後エマルジョンフィルムの表面析出銀をこすり取り、膨潤処理による膜厚調整を進め、名古屋大

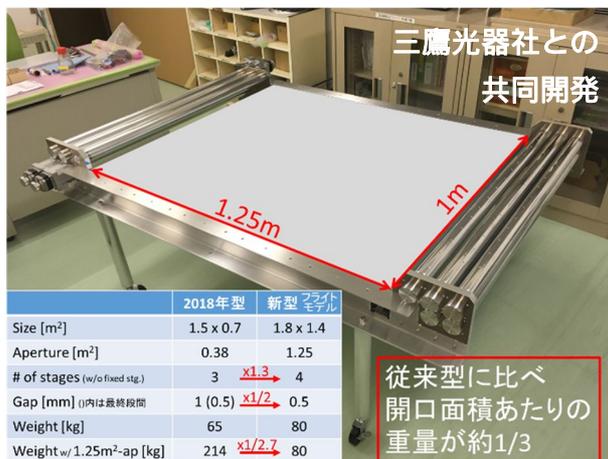


図3：ローラー駆動型多段シフター



図4：全機器・全エマルジョンフィルム搭載完了時(アリススプリングス)



図5：気球放球時

学の自動飛跡読取装置による飛跡読み出しを進めた。

<参考文献>

M. Oda et al., PTEP (2022) 113H03.

S. Takahashi et al., PoS(ICRC2023)598.

S. Takahashi et al., ApJ 960 (2024) 47.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計42件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 30件）

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Takahashi Satoru, et al. | 4. 巻 960 |
| 2. 論文標題 First Emulsion γ -Ray Telescope Imaging of the Vela Pulsar by the GRAINE 2018 Balloon-borne Experiment | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 The Astrophysical Journal | 6. 最初と最後の頁 47 ~ 47 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ad0973 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Takahashi Satoru | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 GRAINE, balloon-borne emulsion telescope experiments for precise gamma-ray observations | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 598 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0598 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 高橋覚、他 | 4. 巻 2023 |
| 2. 論文標題 原子核乾板望遠鏡気球実験による宇宙ガンマ線精密観測GRAINE ~2023年気球実験~ | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 1 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------------------|
| 1. 著者名 高橋覚、他 | 4. 巻 2023 |
| 2. 論文標題 GRAINE計画：エマルジョンガンマ線望遠鏡2023年豪州気球実験 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas23-sbs-008 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Iyano Atsushi | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 Recognitions of cosmic ray nuclear tracks in the GRAINE2018 emulsion films with machine learning approach | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 125 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0125 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Isayama Yudai | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 Evaluation of Emulsion Films Conditions on the Base of Cosmic Ray Tracks Registered in Transport Test Emulsion Films for the GRAINE2023 Experiments | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 810 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0810 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Akita Shoto | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 Analyses of cosmic ray tracks registered in transport test emulsion films for the GRAINE 2023 experiments | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 811 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0811 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Oda Miyuki, Aoki Shigeki, Azuma Takashi, Kato Takumi, Nagahara Shogo, Okamoto Kazuhiro, Takahashi Satoru, Yamada Kyohei, Yamamoto Tomomi, Yamashita Mayu, Yoneno Shoma | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 First demonstration and operation of a roller-driven timestamp mechanism for GRAINE 2023 balloon-borne experiment | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 832 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0832 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Yamamoto Saya, et al. | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 Development of high-contrast developing for nuclear emulsion film for GRAINE experiment | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 883 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0883 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 Usuda Ikuya, Akita Syoto, Isayama Yudai, Nakano Toshiyuki, Nakamura Tomoaki, Nakamura Mitsuhiro, Nakamura Yuya, Minami Hideyuki, Yamamoto Saya, Rokujo Hiroki | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 Development and analysis large emulsion converter for GRAINE2023 balloon-borne experiment | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 915 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0915 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Nagahara Shogo | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 Gamma-Ray Astro Imager with Nuclear Emulsion, Evaluation for timestamper emulsion film for the balloon experiment | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 825 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0825 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Rokujo Hiroki, Akita Shoto, Isayama Yudai, Iyono Atsushi, Komatsu Masahiro, Nakano Toshiyuki, Nakamura Tomoaki, Nakamura Mitsuhiro, Nakamura Yuya, Minami Hideyuki, Sato Osamu, Sugimura Kou, Usuda Ikuya, Yamamoto Saya | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 Nuclear emulsion detector for large-area, high-angular-resolution gamma-ray telescope | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 933 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0933 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Nakamura Yuya | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 New high-precision measurement system for emulsion gamma ray telescope in sub-GeV/GeV | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 829 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0829 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Minami Hideyuki, Iyono Atsushi, Rokujo Hiroki, Usuda Ikuya, Kodama Koichi, Yoshimoto Masahiro, Watanabe Masahiro, Nakamura Mitsuhiro, Komatani Ryosuke, Takahashi Satoru, Yamamoto Saya, Aoki Shigeki, Nakamura Tomoaki, Nakano Toshiyuki, Nakamura Yuya | 4. 巻 444 |
| 2. 論文標題 Developments of the next-generation nuclear emulsion readout system "HTS2(Hyper Track Selector 2)" | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 38th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 901 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.444.0901 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------------------|
| 1. 著者名 青木茂樹、他 | 4. 巻 2023 |
| 2. 論文標題 GRAINE計画：計画のロードマップ | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas23-sbs-007 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|------------------------------|
| 1. 著者名 中村悠哉、他 | 4. 巻 2023 |
| 2. 論文標題 GRAINE計画：2023年豪州気球実験におけるガンマ線事象解析状況 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas23-sbs-009 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 小田美由紀、他 | 4. 巻 2023 |
| 2. 論文標題 GRAINE計画：エマルションガンマ線望遠鏡2023年気球実験におけるタイムスタンパーの初期結果 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 sas23-sbs-010 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------------------|
| 1. 著者名 南英幸、他 | 4. 巻 2023 |
| 2. 論文標題 GRAINE計画：原子核乾板による大面積高解像ガンマ線観測へ向けた次世代高速読取装置の開発 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas23-sbs-011 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 Oda M, Aoki S, Azuma T, Kato T, Nagahara S, Takahashi S, Yamada K, Yamamoto T, Yamashita M | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 First demonstration of a roller-driven timestamp mechanism for long-duration observations with high time resolution using large-area emulsion films | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics | 6. 最初と最後の頁 113H03 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptac143 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 高橋寛、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 原子核乾板望遠鏡気球実験による宇宙ガンマ線精密観測GRAINE ~次期気球実験に向けて~ | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------------------|
| 1. 著者名 高橋寛、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けて | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas22-sbs-018 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 南英幸、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 次世代原子核乾板高速読取装置HTS2によるスキャンデータの応答評価 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 長原翔伍、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 GRAINE次期気球実験に向けたタイムスタンパー用フィルムの性能評価 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 小田美由紀、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 大面積、長時間、高時間分解能を実現する原子核乾板時刻付与機構の性能評価 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 加藤拓海、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 次期気球実験に向けた新スターカメラの性能評価およびシステム開発 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 山下真優、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 GRAINE次期気球実験に向けた原子核乾板時刻付与機構の準備状況 ~総口径面積5平米の実現~ | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 中村友亮、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 大面積高解像ガンマ線観測のための原子核乾板飛跡角度較正機構の開発 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 山本紗矢、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 原子核乾板における高コントラスト現像の開発 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------------------|
| 1. 著者名 青木茂樹、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 GRAINE 計画：計画のロードマップ | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas22-sbs-017 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------------------|
| 1. 著者名 臼田育矢、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 GRAINE 計画：次期気球実験に向けたエマルションコンバーターの準備状況 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas22-sbs-019 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|------------------------------|
| 1. 著者名 小田美由紀、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 GRAINE 計画：次期気球実験に向けたエマルション望遠鏡タイムスタンパーの準備状況 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas22-sbs-020 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|------------------------------|
| 1. 著者名 中村友亮、他 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 GRAINE 計画：次期気球実験に向けた与圧容器ゴンドラおよび飛跡角度較正機構の開発 | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas22-sbs-021 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 岡本一紘、他 | 4. 巻 2023 |
| 2. 論文標題 2023 年エマルションガンマ線望遠鏡気球実験 GRAINE のための電源系統の開発 | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 宇宙科学シンポジウム講演集 | 6. 最初と最後の頁 P-127 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 Nakamura Yuya, et al. | 4. 巻 2021 |
| 2. 論文標題 Performance of an emulsion telescope for gamma-ray observations in the GRAINE2018 balloon-borne experiment | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics | 6. 最初と最後の頁 123H02 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptab148 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 Takahashi Satoru, et al. | 4. 巻 2021 |
| 2. 論文標題 GRAINE precise γ -ray observations: latest results on 2018 balloon-borne experiment and prospects on next/future scientific experiments | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Proc. of 37th International Cosmic Ray Conference | 6. 最初と最後の頁 654 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.395.0654 | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 高橋寛、他 | 4. 巻 2021 |
| 2. 論文標題 原子核乾板望遠鏡気球実験による宇宙ガンマ線精密観測GRAINE ~2018年気球実験最新結果及 び科学観測実験展望~ | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| 1. 著者名 高橋寛、他 | 4. 巻 2021 |
| 2. 論文標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けて | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas21-sbs-024 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 小田美由紀、他 | 4. 巻 2021 |
| 2. 論文標題 GRAINE科学観測を実現する原子核乾板時刻付与機構の開発 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 加藤拓海、他 | 4. 巻 202 |
| 2. 論文標題 GRAINE次期気球実験に向けた姿勢監視スターカメラの開発 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 日本写真学会年次大会要旨集 | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| 1. 著者名 青木茂樹、他 | 4. 巻 2021 |
| 2. 論文標題 GRAINE 計画：計画のロードマップ | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas21-sbs-023 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------------------|
| 1. 著者名 臼田育矢、他 | 4. 巻 2021 |
| 2. 論文標題 GRAINE 計画：次期気球実験に向けた原子核乾板量産体制の構築と環境耐性試験 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas21-sbs-025 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------------------|
| 1. 著者名 小田美由紀、他 | 4. 巻 2021 |
| 2. 論文標題 GRAINE 計画：次期気球実験に向けた新型多段シフターのフィルム搭載試験 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録 | 6. 最初と最後の頁 isas21-sbs-026 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計66件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 15件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Satoru Takahashi, et al. |
| 2. 発表標題 GRAINE, balloon-borne emulsion telescope experiments for precise gamma-ray observations |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高橋覚、他 |
| 2. 発表標題 原子核乾板望遠鏡気球実験による宇宙ガンマ線精密観測GRAINE ~2023年気球実験~ |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高橋寛、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：エマルションガンマ線望遠鏡2023年気球実験 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高橋寛、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：エマルションガンマ線望遠鏡2023年豪州気球実験 |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Iyono Atsushi |
| 2. 発表標題 Recognitions of cosmic ray nuclear tracks in the GRAINE2018 emulsion films with machine learning approach |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Isayama Yudai |
| 2. 発表標題 Evaluation of Emulsion Films Conditions on the Base of Cosmic Ray Tracks Registered in Transport Test Emulsion Films for the GRAINE2023 Experiments |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Akita |
| 2. 発表標題 Analyses of cosmic ray tracks registered in transport test emulsion films for the GRAINE 2023 experiments |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 M. Oda |
| 2. 発表標題 First demonstration and operation of a roller-driven timestamp mechanism for GRAINE 2023 balloon-borne experiment |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Nagahara |
| 2. 発表標題 Gamma-Ray Astro Imager with Nuclear Emulsion, Evaluation for timestamper emulsion film for the balloon experiment |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Y. Nakamura |
| 2. 発表標題 New high-precision measurement system for emulsion gamma ray telescope in sub-GeV/GeV |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Yamamoto |
| 2. 発表標題 Development of high-contrast developing for nuclear emulsion film for GRAINE experiment |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H. Minami |
| 2. 発表標題 Developments of the next-generation nuclear emulsion readout system “HTS2(Hyper Track Selector 2)” |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 I. Usuda |
| 2. 発表標題 Development and analysis large emulsion converter for GRAINE2023 balloon-borne experiment |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Rokujo |
| 2. 発表標題 Nuclear emulsion detector for large-area, high-angular-resolution gamma-ray telescope |
| 3. 学会等名 38th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中村悠哉、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：2023年気球実験におけるガンマ線事象解析状況 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小田美由紀、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：エマルションガンマ望遠鏡2023年気球実験におけるタイムスタンパーの運用 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 六條宏紀、他 |
| 2. 発表標題 エマルション望遠鏡による宇宙ガンマ線精密観測実験GRAINE：2023年豪州気球実験における大型与圧容器ゴンドラの運用結果 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 臼田育矢、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：2023年豪州気球実験エマルションコンバーターの性能評価 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 長原翔伍、他 |
| 2. 発表標題 原子核乾板による宇宙線精密観測2023年気球実験におけるタイムスタンパーフィルムの運用報告 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山下真優、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE2023年気球実験：新型タイムスタンパーを用いたエマルジョン望遠鏡大口径面積の実現 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 南英幸、他 |
| 2. 発表標題 次世代超高速原子核乾板読取装置HTS2 の開発状況 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 山本紗矢、他 |
| 2. 発表標題 原子核乾板における高コントラスト現像液の開発 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名 青木茂樹、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：計画のロードマップ |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中村悠哉、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：2023年豪州気球実験におけるガンマ線事象解析状況 |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小田美由紀、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：エマルションガンマ線望遠鏡2023年気球実験におけるタイムスタンパーの初期結果 |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 南英幸、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：原子核乾板による大面積高解像ガンマ線観測へ向けた次世代高速読取装置の開発 |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Takahashi et al. |
| 2. 発表標題 GRAINE precise gamma-ray observations, latest results and next/future experiments |
| 3. 学会等名 44th COSPAR Scientific Assembly (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Aoki et al. |
| 2. 発表標題 GRAINE: Cosmic Gamma-ray Observation by Balloon-Borne Telescope with Nuclear Emulsion |
| 3. 学会等名 The 5th KMI International Symposium (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 S. Aoki et al. |
| 2. 発表標題 GRAINE project: Cosmic gamma-ray observation by balloon-borne emulsion telescope |
| 3. 学会等名 International Conference on the Physics of the Two Infinities (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 高橋 寛、他 |
| 2. 発表標題 原子核乾板望遠鏡気球実験による宇宙ガンマ線精密観測GRAINE ~次期気球実験に向けて~ |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 高橋寛、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けた準備状況全体 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 高橋寛、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けて |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 南英幸、他 |
| 2. 発表標題 次世代原子核乾板高速読取装置HTS2によるスキャンデータの応答評価 |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 長原翔伍、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE次期気球実験に向けたタイムスタンパー用フィルムの性能評価 |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小田美由紀、他 |
| 2. 発表標題 大面積、長時間、高時間分解能を実現する原子核乾板時刻付与機構の性能評価 |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 加藤拓海、他 |
| 2. 発表標題 次期気球実験に向けた新スターカメラの性能評価およびシステム開発 |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山下真優、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE次期気球実験に向けた原子核乾板時刻付与機構の準備状況 ~総口径面積5平米の実現~ |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中村友亮、他 |
| 2. 発表標題 大面積高解像ガンマ線観測のための原子核乾板飛跡角度較正機構の開発 |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|----------------------------------|
| 1. 発表者名 山本紗矢、他 |
| 2. 発表標題 原子核乾板における高コントラスト現像の開発 |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 長原翔伍、他 |
| 2. 発表標題 原子核乾板による宇宙線精密観測次期気球実験に向けたタイムスタンパーフィルムの準備状況 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山下真優、他 |
| 2. 発表標題 新型多段シフターを用いたエマルジョン望遠鏡大口径面積の実現 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 臼田育矢、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けたエマルジョンコンバーター準備状況 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小田美由紀、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けたエマルジョン望遠鏡タイムスタンパーの準備状況 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中村友亮、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：大面積高解像ガンマ線観測のための飛跡角度較正機構の開発 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 南英幸、他 |
| 2. 発表標題 原子核乾板によるガンマ線観測実験へ向けた次世代超高速読取装置HTS2の開発 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 青木茂樹、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE 計画：計画のロードマップ |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 臼田育矢、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE 計画：次期気球実験に向けたエマルジョンコンバーターの準備状況 |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小田美由紀、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE 計画：次期気球実験に向けたエマルジョン望遠鏡タイムスタンパーの準備状況 |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中村友亮、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE 計画：次期気球実験に向けた与圧容器ゴンドラおよび飛跡角度較正機構の開発 |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岡本一紘、他 |
| 2. 発表標題 2023 年エマルジョンガンマ線望遠鏡気球実験 GRAINE のための電源系統の開発 |
| 3. 学会等名 宇宙科学シンポジウム |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 S. Takahashi et al. |
| 2. 発表標題 GRAINE precise gamma-ray observations: latest results on 2018 balloon-borne experiment and prospects on next/future scientific experiments |
| 3. 学会等名 37th International Cosmic Ray Conference (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高橋寛、他 |
| 2. 発表標題 原子核乾板望遠鏡気球実験による宇宙ガンマ線精密観測GRAINE ~2018年気球実験最新結果及び科学観測実験展望~ |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高橋寛、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験結果及び次期・将来気球実験 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 高橋寛、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けて |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 高橋寛、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けた準備状況 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小田美由紀、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE科学観測を実現する原子核乾板時刻付与機構の開発 |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 加藤拓海、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE次期気球実験に向けた姿勢監視スターカメラの開発 |
| 3. 学会等名 日本写真学会年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 臼田育矢、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けた大口径エマルジョン望遠鏡の準備状況 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小田美由紀、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画:次期気球実験に向けた多段シフターの準備状況 |
| 3. 学会等名 日本物理学会秋季大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 青木茂樹、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE 計画:計画のロードマップ |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 臼田育矢、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE 計画:次期気球実験に向けた原子核乾板量産体制の構築と環境耐性試験 |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小田美由紀、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE 計画:次期気球実験に向けた新型多段シフターのフィルム搭載試験 |
| 3. 学会等名 大気球シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 長原翔伍、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けたタイムスタンパーの準備状況 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 臼田育矢、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けたエマルションコンバーターフィルムの性能評価 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小田美由紀、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：宇宙線飛跡を用いた新型多段シフターの駆動精度評価 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中村友亮、他 |
| 2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けた飛跡角度較正機構の開発 |
| 3. 学会等名 日本物理学会年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

「Aoki Lab web site」
<https://neweb.h.kobe-u.ac.jp/labo/aoki/>

「世界最高解像度」「世界初偏光有感」「世界最大口径」望遠鏡による宇宙高エネルギーガンマ線の観測開始」
https://www.kobe-u.ac.jp/ja/news/article/2023_05_25_01/

「従来の40倍を超える高解像度を実現する新奇ガンマ線望遠鏡を確立」
<https://www.kobe-u.ac.jp/ja/news/article/20231219-21740/>

「Pancake stack of films on a balloon most accurate」
<https://www.kobe-u.ac.jp/en/news/article/20231219-21740/>

【Trending News Releasesに掲載、神戸大学で最高閲覧数を記録】
「Pancake stack of films on a balloon most accu | Eu」
<https://www.eurekalert.org/news-releases/1029429>

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|---------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 中野 敏行 (Nakano Toshiyuki) (50345849) | 名古屋大学・理学研究科・准教授 (13901) | |
| 研究分担者 | 青木 茂樹 (Aoki Shigeki) (80211689) | 神戸大学・人間発達環境学研究所・教授 (14501) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 | | |
|---------|-------------------------------|--|--|
| オーストラリア | University of New South Wales | | |