

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06132

研究課題名（和文）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

研究課題名（英文）Cosmic gamma-ray observation by balloon borne emulsion telescope to study unsolved issues

研究代表者

青木 茂樹 (Aoki, Shigeki)

神戸大学・人間発達環境学研究所・教授

研究者番号：80211689

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 153,900,000円

研究成果の概要（和文）：空間分解能に優れたエマルジョンフィルムを用い、大面積かつ広視野角（天頂から天頂角45度まで）のガンマ線望遠鏡を実現し、科学観測気球に搭載して大気最上層で飛翔させ、宇宙から飛来するガンマ線の観測を行った。
2018年に開口面積0.38平米の望遠鏡を用いてオーストラリアで行った観測では、既知の高輝度ガンマ線天体Velaパルサーのイメージングに成功し、現在NASAが運用しているFermi-LAT検出器の角度分解能較べて投影角で1桁（立体角で2桁）改善できることを実天体データで検証した。さらに、1.25平米望遠鏡ユニットを複数搭載して大面積化する望遠鏡を開発・実現し、2023年に科学観測に着手した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ガンマ線天文学は、NASAが2008年に打上げ現在も運用が続いているFermi-LAT検出器によって飛躍的に進歩したが、他の波長域に較べて角度分解能が充分でないことから、放射域の形状比較が困難があったり、天体が密集する銀河中心方向や銀河面に沿った領域の観測で他の波長域で同定されている天体との対応付けが困難などの課題が残っている。銀河中心方向からのGeV帯域ガンマ線について、既知の天体からの放射だけでは説明しきれない過剰成分の可能性など、Fermi-LAT検出器の観測量を増やすだけでは解決の見込みが立たない課題に対して、高角度分解能での観測による質的に新しいデータ提供の見通しが得られた。

研究成果の概要（英文）：Using nuclear emulsion film with excellent spatial resolution, we have realized a gamma-ray telescope with a large area and a wide viewing angle (from the zenith to 45 degrees zenith angle), and performed observation of cosmic gamma rays at the top layer of the atmosphere.

In 2018, observations in Australia using a telescope with an aperture area of 0.38 m² successfully imaged the known bright gamma-ray object Vela pulsar, and confirmed the improvement of angular resolution from the Fermi-LAT detector currently operated by NASA using real celestial data, which is one order of magnitude in the projection angle (two orders of magnitude for the solid angle). Furthermore, we have developed and realized a large-area telescope equipped with multiple 1.25 m² telescope units, and have begun scientific observations in 2023.

研究分野：素粒子実験、宇宙線観測

キーワード：ガンマ線 原子核乾板 エマルジョン

1. 研究開始当初の背景

ガンマ線天文学は、NASA が 2008 年に打上げ現在も運用が続いている Fermi 衛星 LAT 検出器により、それ以前に 300 に満たなかったガンマ線天体を 5000 以上も確認するなど飛躍的な進歩を遂げた。その一方で、他波長に較べて解像度(角度分解能)が大きく不足することと銀河面に沿った拡散ガンマ線放射の影響から、天体が密集する銀河面近傍で銀河中心 GeV ガンマ線超過などの注目すべき課題が浮上しても、その解像度そのまま観測統計を増やすだけでは解明できない状況が続いていた。

それに対して我々は、空間分解能に優れた原子核乾板を用いたエマルジョン望遠鏡を開発し、2015年5月にオーストラリアで実施した JAXA 国外気球実験で、中面積(開口面積0.38m²)望遠鏡による観測実験を実施した。

JAXA との共同により海外で 24 時間オーダーの観測・回収が出来る体制を整え、エマルジョン望遠鏡中に蓄積された電子対生成事象を全自動で抽出する処理を確立し(100MeV 領域で 10⁶ イベントを処理)、100-200MeV の帯域で、on-source および off-source のデータを得る、などの成果を得ていた。しかしながら、この帯域で最も明るい Vela パルサーのイメージングは、検出器の一部の構成要素が十分な稼働効率を發揮できなかったなどの理由により未達成となっていた。

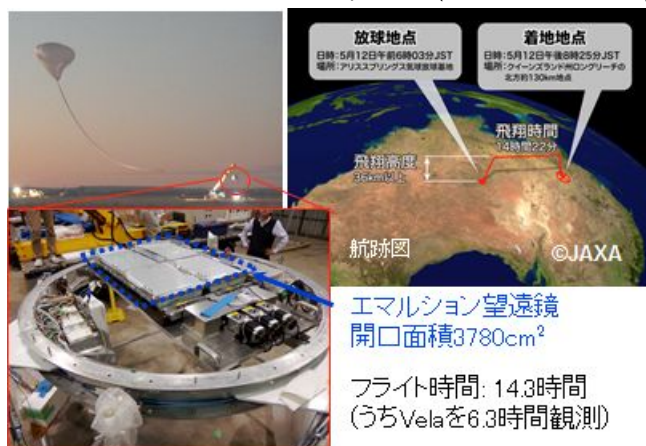


図1: 2015年のオーストラリアでの気球実験

2. 研究の目的

エマルジョン望遠鏡を気球に搭載し、大気トップで宇宙起源のガンマ線を観測する GRAINE (Gamma-Ray Astro-Imager with Nuclear Emulsion) 計画を推進し、角度分解能が Fermi-LAT 検出器に較べて1桁(立体角で2桁)高く、広視野(天頂から天頂角45°まで)の望遠鏡を高い信頼性・稼働効率で実現し、Vela パルサーなどの実天体からのガンマ線のイメージングを達成し、エマルジョン望遠鏡の総合性能を実証する。さらに Fermi-LAT に較べて開口面積が1桁大きい開口面積10m²の望遠鏡の実現に向けての開発を進め、銀河中心 GeV ガンマ線超過の問題などの解決を目指し、GeV/sub-GeV 帯域での宇宙ガンマ線観測において質的に新しいデータを提供できる科学観測を開始する。

3. 研究の方法

図2にエマルジョン望遠鏡の概念図を示す。エマルジョンフィルムを100枚程度積層しガンマ線の電子陽電子対生成事象を捉えるコンバーター部、コンバーター部の下流側で複数層のエマルジョンフィルムを独立な周期で人為的に動かすことで飛跡の通過時刻を秒単位の精度で得るタイムスタンパー部、ガンマ線入射時の検出器の天球に対する方向をスターカメラで捉える姿勢モニター部から構成する。

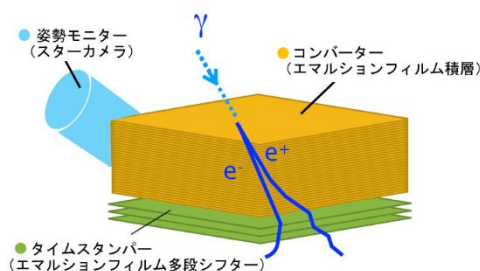


図2: エマルジョン望遠鏡の概念図

2015年実験では、姿勢モニター部やタイムスタンパー部の一部の箇所では、観測中に稼働効率が低下する不具合が発生し、十分な性能が發揮できなかったため、2018年のオーストラリアでの JAXA 国外気球実験では、各構成要素の堅牢性・冗長性を高める対策を講じることによって Vela パルサーのイメージングを実現し、実天体のデータにより望遠鏡の総合性能を実証する。

2018年気球実験を進めるとともに、開口面積10m²の望遠鏡を実現する開発を推し進める。コンバーター部の100枚のフィルムで10m²の開口面積を実現するには、1000m²のフィルムを製造し、現像し、解析するための設備が必要となる。これまでに名古屋大学で運用していた乳剤製造装置の10倍規模の設備を構築するとともに、その乳剤を透明支持体(ベース)に塗

布してフィルムに形成するために、それまで手作業で行っていた塗布を、印刷技術に応用した Roll-to-Roll の機械塗布装置を開発し、それらにより半年から1年で1000m²のフィルムを製造する設備を名古屋内大学内に建設する。飛跡読取のためのフィルムのスキャンについては、2015年で使用した超高速飛跡読取装置 HTS の次世代機 HTS-2 の使用により高速化を図る。

2015年気球実験で使用した多段シフターは、剛性の高い金属レールに沿って金属板ステージにマウントしたフィルムパックを前後に動かすデザインであったが、このデザインのままでは、単位開口面積あたりに占める重量がコンバーター部よりも重くなっており、開口面積拡大の妨げとなっている。多段シフターについては、金属ステージやガイドレールを排して、フィルムの遮光のためにパックしたラミネート紙の両端をローラーで巻き取る方式に転換する。さらに、面積の拡大を柔軟に行えるようにするため、1.25m²程度の開口面積の多段シフターを標準ユニットとして多数制作し、気球の搭載可能重量に応じた台数を搭載できる与圧容器ゴンドラを製作して大面積化を実現する方法を取ることにした。

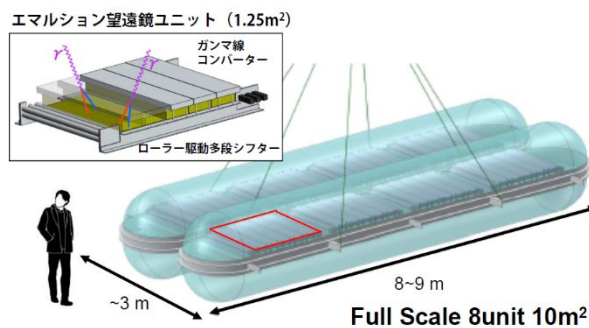


図3:複数のユニット望遠鏡による大面積化

4. 研究成果

2018年4月オーストラリアにて実施した JAXA 国外気球実験で中面積(開口面積 0.38m²)望遠鏡による観測実験を実施した。超高速飛跡読取装置 HTS によりフィルムの総面積 42m²に記録された飛跡データを読み出し、コンバーター部のデータに対してガンマ線反応を検出する解析を進めた。(A)1枚の原子核乾板には、1ユニットあたり約10⁸本の飛跡が記録されている。連続する8枚のフィルムを1セットとし、(B)その8枚を貫通する荷電粒子飛跡を除去した後、8枚中の上流から4枚目のフィルムから始まり、8枚目まで貫通する飛跡のみを抽出する。加えて、(C)近傍に独立した飛跡が並走する特徴を要求することで、 $e^+ + e^-$ の反応点を選び出した。(図4)積層した各フィルムで各処理ステップ毎にほぼ一定の削減率が得られている事が確認できる。

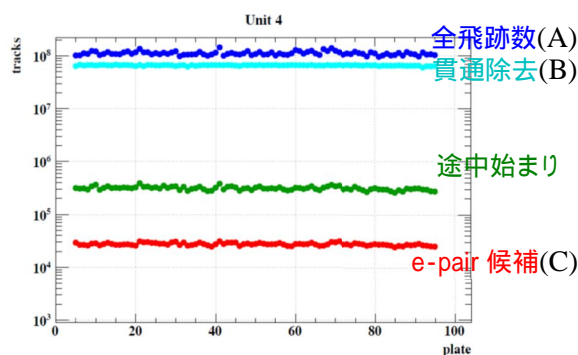


図4:コンバーター部でのガンマ線反応選出結果(積層した99枚の各フィルムの飛跡本数を示す)

各飛跡の通過時刻を得るタイムスタンパーとして、コンバーター部の下流側にエマルジョンフィルム多段シフターを配置した。エマルジョンフィルムをマウントした複数段のステージをアナログ時計の針のように独立した周期で往復させ、飛跡を再構成する際にその位置ズレ情報の組合せから各飛跡の通過時刻を再構成する。2018年実験では動作の確実性を高めるため、CFRP板を背板としてフィルムとともにパックして剛性を高めるなどの改良を施した。タイムスタンパーの解析により得られた飛跡の通過時刻情報に基づき、多段シフターで得られた飛跡の本数の時間変化を観測器高度の時間変化とともに示す。(図5)観測器の高度上昇に応じて期待されるトラックレートの変化が確認され、観測器が水平浮遊に入ってから、ほぼ一定のトラックレートが得られていることが確認できる。グラフ上で水色でカバーされていない Vela パルサー観測時間帯に捉えられたガンマ線事象に対しては、99.1%の効率で時間決定ができています。

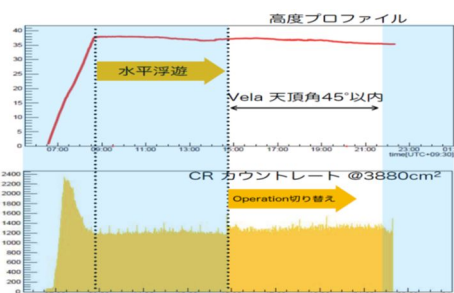


図5:観測器高度の時間変化とトラックレートの時間変化

望遠鏡の天球に対する姿勢は、3台のスターカメラによってモニターした。2018年実験では、堅牢性・冗長性を強化した画像記録システムや迷光の入りにくい対策を施したレンズフードやマウント法を導入する改良を施した。その結果、Vela パルサー観測時間帯のうち98.9%の時間について姿勢決定を行うことができた。

コンバーター部で得られたガンマ線の入射角度、そのガンマ線事象に対してタイムスタンパー部で得られた時刻情報、姿勢モニター部から得られたその時刻での天球に対する望遠鏡の姿勢情報を総合することにより、各ガンマ線事象の到来方向を天球上にマップすることができる。各構成要素について高い稼働効率を実現できたことから、同じ開口面積でありながら 2015 年実験の約 5 倍の効率を得ることに成功した。既知の高輝度ガンマ線天体である Vela パルサーの座標周辺でのガンマ線事象のカウントマップを図 6 に示す。点源からのガンマ線を観測した際にどの程度広がって見えるかを示す Point Spread Function (PSF) という指標があるが、実際の高輝度天体からのガンマ線を観測して、Fermi-LAT 検出器の PSF に較べて、半径 (投影角) で 6 倍以上、面積 (立体角) で約 40 倍の改善ができていたことが検証できた。

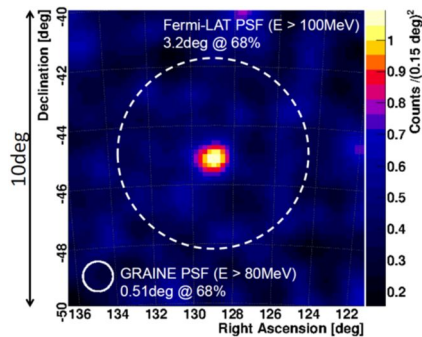


図 6 : Vela パルサー方向近傍のガンマ線事象のカウントマップ (点線は Fermi-LAT の PSF)

2018 年気球実験の解析を進めると同時に、次のオーストラリアでの観測機会となる 2021 年 JAXA 国外気球実験に向けて、大面積望遠鏡を実現する開発を推し進めた。

総面積 1000m² のエマルジョンフィルムの量産体制を確立するため、それまでの原子核乾板乳剤製造装置の 10 倍の容量の原子核乾板乳剤製造設備を名古屋大学内に建設した。乳剤を透明な支持体に塗布してフィルムとして成形する工程についても、従来の手作業による 1 枚 1 枚の塗布からロール状に巻かれた支持体に機械制御で連続的に乳剤を塗布する Roll-to-Roll 塗布装置 (図 7) を名古屋大学内に完成させた。

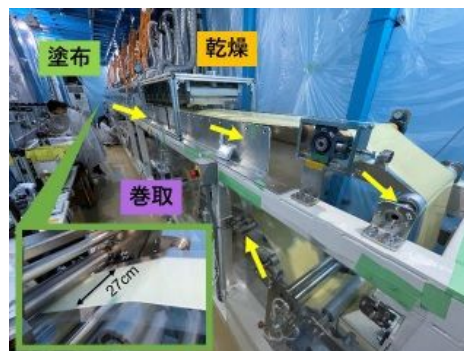


図 7 : Toll-to-Roll 機械塗布装置

現像については東海国立大学機構の岐阜大学が大統計ダブルハイパー核生成実験のために整備した大規模現像設備で実施するための検討を進めている。

飛跡読取のためのフィルムスキャンも総面積 1000m² を 1 年程度の時間で読取りを行いたいが、次世代超高速飛跡読取装置 HTS2 を導入することで高速化を図る。HTS2 は顕微鏡の視野サイズを大きくすることで高速化を図っているが、そのため画素サイズが大きくなり、画素サイズに対する飛跡のグレインのサイズが小さくなって画像コントラストが下がり、検出効率が下がってしまうおそれがある。これに対して、現像後のグレインのサイズを大きくしてコントラストを回復できるような現像処方の開発を行った。

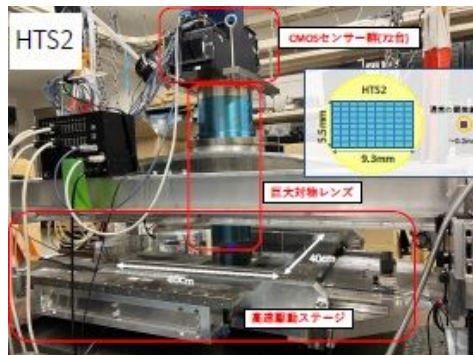


図 8 : 次世代超高速飛跡読取装置

望遠鏡の大面積化にあたって、多段シフターは図 9 のようなローラーでフィルムパックを巻き取る構造に設計変更を行った。ステージガイドやステージ板の金属パーツを無くすことで軽量化し、入れ子構造にすることで段間ギャップを最小化した増段が可能となり、高時間分解能を保ったまま長時間動作を可能とする。これにより、単位面積当たりの重量を 3 分の 1 に削減しつつ 1.25m² の開口面積を実現する多段シフターの標準デザインを確立した。

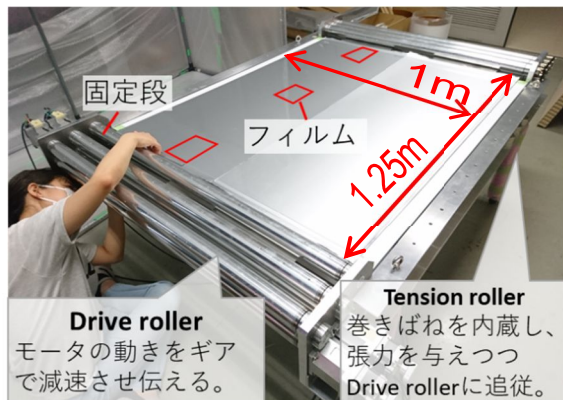


図 9 : ローラー式多段シフター

この多段シフターとコンバーター部を組み合わせ開口面積 1.25m² のエマルジョン望遠鏡標準ユニットとして複数台製作し、搭載する気球の能力に応じたユニット数を搭載することで、望遠鏡本体の基本設計は保持したまま総開口面積を増大する柔軟な運用が可能な方式を採用した。

また、与圧容器ゴンドラについては2018年気球実験で使用した繭型ゴンドラの直線部分を伸長することにより、樹脂膜にかかる最大張力を増やすことなく大面積望遠鏡を搭載できる長繭型風船式与圧容器ゴンドラを開発した。(図10)当初の計画ではユニット望遠鏡4台を搭載した開口面積5m²の望遠鏡を用いての観測を提案したが、JAXA 大気球グループの助言により、より小さい気球での放球が可能となって、飛翔可能条件がより得やすくなる2.5m²望遠鏡を用いて2回の観測を行う計画に見直した上で2021年4月にオーストラリアで実施するJAXA 国外気球実験に採択された。これに伴い、4台のユニット望遠鏡を用いて2機の2.5m²望遠鏡を準備するため、2機の与圧容器ゴンドラを製作することとした。



図10：樹脂膜製長繭型風船式与圧容器ゴンドラ

姿勢モニターのスターカメラについては与圧容器外に設置する必要があり、与圧容器内にインストールする機器よりもさらに厳しい条件にさらされるため、2018年実験に使用したCCDカメラよりも低温耐性に優れているCMOSカメラを採用した。1機の望遠鏡に対して方位角が90°ずつ異なる方向に向けた3台のスターカメラを搭載するため、望遠鏡2機分の6台のスターカメラとその録画システムを準備した。

2020年から始まった新型コロナウイルスによる感染症の流行に伴い、オーストラリアでのJAXA 国外気球実験が2回にわたって実施が延期されたが、予算の繰越し処理を行いつつ、計画通りに開口面積2.5m²の2台のエマルジョン望遠鏡を完成させるため、構成要素の製作、常温下での動作試験、低温・低圧環境下での動作試験を繰返し、信頼性・堅牢性の高いシステムとして完成させた。JAXA 国外気球実験の実施が2023年春と確定した2022年初夏からは、実機で使用する総面積600m²に相当するフィルムの量産を開始し、約5ヶ月で完遂した。

2015年および2018年の国外気球実験では、エマルジョンフィルム以外のエマルジョン望遠鏡システムを国内ですべて与圧容器ゴンドラに実装して、JAXAの気球運用システムとの噛み合わせ試験・制御通信に対する電磁ノイズ試験などを行った後に解体・分解して、すべての構成要素を各パーツの状態にまでした上で梱包してオーストラリアへの輸出を行い、現地で再度パーツから組立て・配線作業を行っていた。これに対して2023年気球実験では、望遠鏡の規模も大きくなる上に2機の望遠鏡を輸出することから、現地での準備作業を短縮するために、国内での噛み合わせ試験・電磁ノイズ試験を行った後のパーツへの解体・分解はせず、与圧容器ゴンドラに実装された望遠鏡システムの状態のままでの輸出を行い、現地での再組立て・再配線の作業を行わずに済むようにした。

望遠鏡の構成要素の海上便での輸出を開始する直前の2022年12月に、JAXAの大気球グループから、ロシアのウクライナ侵攻の影響による入手の難しさからヘリウムガスが高騰し、オーストラリアでの入札の結果エマルジョン望遠鏡2機分のヘリウムガスを準備することができなくなり、2機の気球打上げを行う予定を1機だけの気球打上げに縮小せざるを得ない、という連絡が入った。望遠鏡システムや実装するフィルムについて、すでに2機分を用意した後であったが、1機分と予備・バックアップ分のみを輸出することに縮小した。

2023年春の気球観測実施に向けて、エマルジョンフィルム以外の構成要素は2022年12月に海上便でのオーストラリアへの輸送を行い、エマルジョンフィルムについては2023年1月に航空便での冷蔵輸送を行った。それに続いて、気球実験の実施メンバーが2023年2月に現地に移動した。2024年2月中旬から2023年3月中旬までの約1ヶ月の期間で、輸送後の望遠鏡システムの動作チェックを行った上で、タイムスタンプ部およびコンバーター部などのフィルムの実装作業を完了させ、大面積望遠鏡による科学観測開始のための気球実験打上げレディの状態を達成した。

研究期間終了後の事とはなるが、4月30日に気象条件などが整い、4月30日早朝に打上げに成功し、約24時間の水平浮遊での観測完了後に切離し・緩降下・着地に成功した。翌日から回収作業を行い、日本への冷蔵返送を完了し、現像および解析のための待機中となっている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 15件）

1. 著者名 M. Oda, S. Aoki, T. Azuma, T. Kato, S. Nagahara, S. Takahashi, K. Yamada, T. Yamamoto and M. Yamashita	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 1~11
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 Satoru Takahashi for GRAINE collaboration	4. 巻 ICRC2021
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 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 654 1~8
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 Hiroki Rokujo for GRAINE collaboration	4. 巻 ICRC2021
2. 論文標題 Observation of sub-GeV atmospheric gamma rays on GRAINE 2018 balloon experiment and comparison with HKKM calculation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 638 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.395.0638	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 Atsushi Iyano for GRAINE collaboration	4. 巻 ICRC2021
2. 論文標題 Application of Desensitized Nuclear Emulsion films for Chemical Composition Study of Cosmic-ray Nuclei in GRAINE 2018 balloon-borne experiment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 075 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.395.0075	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 Y. Nakamura, S. Aoki 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 1~12
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 中野 昇、六條 宏紀	4. 巻 84
2. 論文標題 原子核乾板における飛跡認識効率向上のための溶解物理現像法の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本写真学会誌	6. 最初と最後の頁 204~210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11454/photogrst.84.204	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, GRAINE Collaboration	4. 巻 ICRC2019
2. 論文標題 GRAINE project and first results on 2018 balloon-borne experiment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 607 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.358.0607	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 Rokujo Hiroki, Komiyama Masahiro, Nakamura Yuya, Yamamoto Saya, GRAINE Collaboration	4. 巻 ICRC2019
2. 論文標題 Gamma-ray Imaging Performance of Nuclear Emulsion Telescope in GRAINE-2018 Balloon Experiment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Science	6. 最初と最後の頁 596 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22323/1.358.0596	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 Rokujo Hiroki for GRAINE collaboration	4. 巻 208
2. 論文標題 GRAINE project: precise gamma-ray observations with balloon-borne emulsion telescope	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 14003 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/201920814003	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, 高橋寛, 六條宏紀 for GRAINE collaboration	4. 巻 68
2. 論文標題 気球搭載型エマルジョン望遠鏡による宇宙高エネルギーガンマ線精密観測計画 GRAINE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RADIOISOTOPES	6. 最初と最後の頁 877 ~ 891
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3769/radioisotopes.68.877	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 H., Komiyama M., Aoki S. et al.	4. 巻 14
2. 論文標題 Development of a balloon-style pressure vessel gondola for balloon-borne emulsion gamma-ray telescopes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P09009 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/14/09/P09009	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, Aoki Shigeki for GRAINE collaboration	4. 巻 62
2. 論文標題 GRAINE project, prospects for scientific balloon-borne experiments	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Space Research	6. 最初と最後の頁 2945 ~ 2953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.asr.2017.08.029	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 H. Rokujo, S. Aoki et al.	4. 巻 2018
2. 論文標題 First demonstration of gamma-ray imaging using a balloon-borne emulsion telescope	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1~19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/pty056	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 Yoshimoto Masahiro, Nakano Toshiyuki, Komatani Ryosuke, Kawahara Hiroaki	4. 巻 2017
2. 論文標題 Hyper-track selector nuclear emulsion readout system aimed at scanning an area of one thousand square meters	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 103H01 1~20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptx131	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、青木 茂樹	4. 巻 72
2. 論文標題 多段シフターによる時間軸をもつ原子核乾板検出器の開発	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本物理学会誌	6. 最初と最後の頁 734~742
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11316/butsuri.72.10_734	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 -

〔学会発表〕 計126件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 26件)

1. 発表者名 S. Aoki for GRAINE collaboration
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 S. Aoki for GRAINE collaboration
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 (KMI2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青木茂樹 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 気球搭載原子核乾板望遠鏡による宇宙ガンマ線精密観測 GRAINE ~2023年気球実験準備状況と展望~
3. 学会等名 画像関連学会連合会 第8回合同秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本紗矢 for GRAINE collaboration
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 2
3. 学会等名 画像関連学会連合会 第8回合同秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋覚 for GRAINE collaboration
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2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 臼田育矢 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE 計画：次期気球実験に向けた エマルションコパータ準備状況
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小田美由紀 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村友亮 for GRAINE collaboration
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2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南英幸 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 原子核乾板によるガンマ線観測に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2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長原翔伍 for GRAINE collaboration
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2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山下真優 for GRAINE collaboration
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2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

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

1. 発表者名 南英幸 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 次世代原子核乾板読取装置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 高橋寛 for GRAINE collaboration
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 小田美由紀 for GRAINE collaboration
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 六條宏紀 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 大面積・高解像原子核乾板ガンマ線望遠鏡実現のための研究開発
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 志水凱 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 名古屋大学機械塗布乾板へのプロテクションコートへの導入
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 for GRAINE collaboration
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 for GRAINE collaboration
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 for GRAINE collaboration
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 長原翔伍 for GRAINE collaboration
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 臼田育矢 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 原子核乾板のリフレッシュによる飛跡の消去速度の研究
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 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 原子核乾板における高コントラスト現象の開発
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 Y. Nakamura for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE Project balloon-borne sub-GeV/GeV gamma-ray telescope with nuclear emulsion
3. 学会等名 21st International Symposium on Very High Energy Cosmic Ray Interactions (ISVHECRI 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋寛 for GRAINE collaboration
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 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 臼田育矢 for GRAINE collaboration
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フィルムの性能評価
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小田美由紀 for GRAINE collaboration
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 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村友亮 for GRAINE collaboration
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 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村悠哉 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 宇宙ガンマ線観測性能の向上を目的とした新たな原子核乾板の読み取り手法開発
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長原翔伍 for GRAINE collaboration
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 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 六條宏紀 他
2. 発表標題 大統計原子核乾板実験を実現する自動フィルム塗布装置の開発
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Aoki for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE Project: Balloon-borne Gamma-ray Telescope with Nuclear Emulsion
3. 学会等名 the International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021 (ICMaSS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Rokujo et al.
2. 発表標題 Nuclear Emulsion Production Facilities in Tokai National Higher Education and Research System for Large-scale Emulsion Experiments
3. 学会等名 the International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2021 (ICMaSS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋寛 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験結果および次期・将来気球実験
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 臼田育矢 for GRAINE collaboration
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2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小田美由紀 for GRAINE collaboration
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2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村悠哉 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 ガンマ線観測性能向上を目的とした新たな原子核乾板の読み取り手法開発
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋寛 for GRAINE collaboration
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
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小田美由紀 for GRAINE collaboration
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 for GRAINE collaboration
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 S. Takahashi for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE precise γ -ray observations: latest results on 2018 balloon-borne experiment and prospects on next/future scientific experiments
3. 学会等名 the 37th International Cosmic Ray Conference (ICRC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Rokujo for GRAINE collaboration
2. 発表標題 Observation of sub-GeV atmospheric gamma rays on GRAINE 2018 balloon experiment and comparison with HKKM calculation
3. 学会等名 the 37th International Cosmic Ray Conference (ICRC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋寛 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 高エネルギーガンマ線精密観測実験GRAINE：2018年気球実験の最新結果および次期気球実験の展望
3. 学会等名 日本天文学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋寛 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験の最新結果および次期気球実験の展望
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 六條宏紀 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE計画：次期気球実験に向けた大面積エマルジョン望遠鏡の開発現状
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小田美由紀 for GRAINE collaboration
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開発
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村悠哉 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE2018年気球実験におけるエマルジョン望遠鏡のガンマ線観測性能評価
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Takahashi for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE project, Results on 2018 balloon-borne experiment and balloon-borne experiments in 2021 and future
3. 学会等名 43rd COSPAR Scientific Assembly (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Nakamura for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE project, Flight data analysis on 2018 balloon-borne experiment for precisely cosmic gamma ray observation
3. 学会等名 43rd COSPAR Scientific Assembly (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Rokujo for GRAINE collaboration
2. 発表標題 Atmospheric Gamma-ray Observation on GRAINE 2018 Balloon Experiment and Comparison with HKKM Model
3. 学会等名 新学術領域「ニュートリノで拓く素粒子と宇宙」研究会（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Takahashi for GRAINE collaboration
2. 発表標題 Precise high-energy gamma-ray observations in GRAINE, latest results on 2018 balloon-borne experiment and next/future experiments
3. 学会等名 CTA-Japan workshop（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 六條宏紀 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE2018気球実験におけるsub-GeV大気ガンマ線スペクトル測定
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村悠哉 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験フライトデータでのガンマ線観測性能評価
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋寛 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験の最新結果報告および次期気球実験展望
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小田美由紀 for GRAINE collaboration
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開発
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村崇文 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE2018：気球高度における大気ガンマ線の到来方向分析
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 六條宏紀 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE2018実験での気球高度における大気ガンマ線スペクトル測定
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村悠哉 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験フライトデータでのコンバーター部ガンマ線観測性能評価
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松田昌汰 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE計画：時間情報を用いた2018年気球実験フライトデータ解析による高多重度イベント評価
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋覚 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験フライトデータ解析報告
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小田美由紀 for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE計画：GRAINE次期気球実験に向けた新型多段シフターの開発
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Nakamura for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE 2018 experiment: performance evaluation for gamma-ray telescope utilizing nuclear emulsion
3. 学会等名 Exploration of Particle Physics and Cosmology with Neutrinos Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Komiyama for GRAINE collaboration
2. 発表標題 Performance evaluation of gamma ray detectors at observation altitudes for GRAINE experiment in 2018
3. 学会等名 Exploration of Particle Physics and Cosmology with Neutrinos Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 六條宏紀 他 GRAINE collaboration
2. 発表標題 気球搭載エマルジョン望遠鏡の 線イメージング性能
3. 学会等名 日本写真学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 六條宏紀 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018実験での気球高度における大気ガンマ線の測定
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小宮山将広 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験コンバータ部ガンマ線観測性能
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田昌汰 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験における多段シフター搭載フィルムのフライトデータ解析状況の報告
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋覚 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験フライトデータ解析状況
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019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多段シフターの開発
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村悠哉 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018年気球実験におけるハドロン反応起因のガンマ線を利用したコンバータ性能評価
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村元哉 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018：気球搭載型エマルジョン望遠鏡における時刻付与機構、多段シフター報告 ~フライトデータの時間情報解析~
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村崇文 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年豪州気球実験における姿勢情報と時刻情報を用いたエマルジョン望遠鏡性能評価
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村崇文 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年豪州気球実験における姿勢モニターとタイムスタンパーの連携解析によるエマルジョン望遠鏡の性能評価
3. 学会等名 画像関連学会連合会第6回秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Aoki for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE Project: Balloon-borne Gamma-ray Telescope with Nuclear Emulsion
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Iyono for GRAINE collaboration
2. 発表標題 Measurements of Cosmic Ray Nuclei with Balloon-borne Emulsion Gamma-ray Telescope Experiments(GRAINE) and with HIMAC Heavy Ion Beam experiments
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Matsuda for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE 2018 : the flight data of multistage shifter in 2018 balloon experiment
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Oda for GRAINE collaboration
2. 発表標題 A development of next generation multistage shifter for GRAINE scientific observation
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Nakamura for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE 2018: Performance evaluation of converter by analyzing gamma ray from hadronic interaction
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Komiyama for GRAINE collaboration
2. 発表標題 Development of the cylindrical pressurized vessel gondola realizing large observed for GRAINE scientific observation
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村崇文 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018 : 気球高度における大気ガンマ線の到来方向分析
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 六條宏紀 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018実験での気球高度における大気ガンマ線スペクトル測定
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村悠哉 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験フライトデータでのコンパータ部ガンマ線観測性能評価
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田昌汰 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：時間情報を用いた2018年気球実験フライトデータ解析による高多重度イベント評価
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋覚 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験フライトデータ解析報告
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田美由紀 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：GRAINE次期気球実験に向けた新型多段シフターの開発
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 六條宏紀 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画: 2018年豪州気球実験コンバータ部における 線観測初期結果
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋寛 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画: 2018年気球実験フライトデータ解析状況
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村悠哉 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画: 2018年豪州気球実験におけるコンバータ内のハドロン反応を利用したガンマ線角度精度評価
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小宮山将広 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018: 高度における外部ガンマ線のイメージング結果
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村崇文 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画: 2018年豪州気球実験における姿勢モニター「スターカメラ」のフライトデータ解析
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田昌汰 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018豪州気球実験, 多段シフター搭載フィルム蓄積トラックの分析及びノイズトラック除去によるSN向上
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 呉坪健司 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画:2018年豪州気球実験における多段シフターのフライトデータ解析
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸嶋利嗣 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018気球実験におけるタイムスタンパー部性能評価
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本紗矢 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018オーストラリア気球フライト：重粒子チェンバーによる重粒子解析
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S.Takahashi for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE project and a 2018 balloon-borne experiment
3. 学会等名 42nd Scientific Assembly of the Committee on Space Research (COSPAR) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋覚 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年豪州気球実験
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村悠哉 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年豪州気球実験コンバータフィルム性能評価
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 呉坪健司 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018気球実験におけるタイムスタンプ部多段シフターの報告
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 丸嶋利嗣 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018気球実験における姿勢モニタースターカメラの報告
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小宮山将広 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018年豪州気球実験における与圧容器ゴンドラの開発とフライト結果
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村崇文 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018年豪州気球実験における姿勢モニタースターカメラのフライトデータ解析
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 六條宏紀 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE計画2018年豪州気球実験： 線事象解析
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田昌汰 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018年豪州気球実験における，時刻付与機構多段シフター報告
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村元哉 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018年気球実験における時刻付与機構多段シフターの開発及び導入
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋寛 for GRAINE coll
2. 発表標題 GRAINE計画と2018年気球実験
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田 昌汰 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018 豪州気球実験における時刻付与機構多段シフター報告
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋 寛 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE 計画：2018 年豪州気球実験
3. 学会等名 画像関連学会連合会第5回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村 崇文 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE 計画：2018 年豪州気球実験搭載姿勢モニター『スターカメラ』
3. 学会等名 画像関連学会連合会第5回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 丸嶋 利嗣 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018豪州気球実験：多段シフターのフライトデータ解析
3. 学会等名 画像関連学会連合会第5回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松田 昌汰 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018豪州気球実験における多段シフター搭載エマルジョンフィルムの開発
3. 学会等名 画像関連学会連合会第5回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村元哉 for GRAINE coll.
2. 発表標題 GRAINE2018年豪州気球実験：エマルジョン望遠鏡時刻付与機構の開発・導入及び評価
3. 学会等名 画像関連学会連合会第5回秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Rokujo for GRAINE collaboration
2. 発表標題 GRAINE project: precise gamma-ray observation with balloon-borne emulsion telescope
3. 学会等名 20th Intern. Symp. on Very High Energy Cosmic Ray Interactions (ISVHECRI 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森下美沙希 他
2. 発表標題 GRAINE計画：2015年豪州気球実験フライトデータによる東西効果の測定
3. 学会等名 日本物理学会 第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fukashi Mizutani et al.
2. 発表標題 GRAINE Project: Analysis Status of Balloon Experiment in 2015
3. 学会等名 The 31st International Symposium on Space Technology and Science (ISTS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Satoru Takahashi et al.
2. 発表標題 GRAINE, γ -ray observations with a high angular resolving and polarization sensitive large-aperture emulsion telescope
3. 学会等名 The 35th International Cosmic Ray Conference 2017 (ICRC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroki Rokujo et al.
2. 発表標題 GRAINE balloon-borne experiment in 2015: Observations with a high angular resolution gamma-ray telescope
3. 学会等名 The 35th International Cosmic Ray Conference 2017 (ICRC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiroki Rokujo et al.
2. 発表標題 GRAINE project: Measurements of Hadronic Interactions using Nuclear Emulsion
3. 学会等名 Workshop on forward physics and high-energy scattering at zero degrees 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村悠哉 他
2. 発表標題 高速自動飛跡読み取り装置HTSの角度精度測定及び改善
3. 学会等名 日本写真学会2017年度年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河原宏晃 他
2. 発表標題 気球実験GRAINEにおけるエマルジョン検出器中の宇宙線 - 原子核反応の解析
3. 学会等名 日本写真学会2017年度年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水谷深志 他
2. 発表標題 時間情報を用いたエマルジョン望遠鏡のフライトデータ解析
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋寛 他
2. 発表標題 GRAINE計画：全体報告
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中村悠哉 他
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年実験に向けた原子核乾板準備状況報告
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 呉坪健司 他
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年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2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 六條宏紀 他
2. 発表標題 気球搭載エマルジョン望遠鏡によるガンマ線イメージングの実証
3. 学会等名 画像関連学会連合会第4回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋覚 他
2. 発表標題 GRAINE計画：全体報告
3. 学会等名 画像関連学会連合会第4回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 呉坪健司 他
2. 発表標題 2018年豪州気球実験へ向けた原子核乾板多段シフターの準備状況
3. 学会等名 画像関連学会連合会第4回秋季大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>宇宙ガンマ線精密観測実験GRAINE https://neweb.h.kobe-u.ac.jp/labo/aoki/graine.html 宇宙ガンマ線精密観測計画 GRAINE https://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/2011/appli/graine/ 「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/research_at_kobe/NEWS/news/2023_05_25_01.html https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2023/05/post-509.html 2023年オーストラリア気球実験の実施について https://www.isas.jaxa.jp/topics/003316.html オーストラリア気球実験B23-01の実施終了について https://www.isas.jaxa.jp/topics/003384.html 宇宙ガンマ線観測の100倍高解像度化を狙うエマルジョン望遠鏡の性能検証を実施 https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2018_07_17_02.html オーストラリア気球実験B18-03の実施終了について http://www.isas.jaxa.jp/topics/001356.html</p>
--

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	六條 宏紀 (Rokujo Hiroki) (00725814)	名古屋大学・未来材料・システム研究所・特任助教 (13901)	2018年度より連携研究者

	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
研究協力者	森下 美沙希 (Morishita Misaki)	名古屋大学・大学院理学研究科・大学院生 (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	藪 美智 (Yabu Misato)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・大学院生 (14501)	
研究協力者	呉坪 健司 (Kuretsubo Kenji)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・大学院生 (14501)	
研究協力者	丸嶋 利嗣 (Marushima Toshitsugu)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・大学院生 (14501)	
研究協力者	小宮山 将広 (Komiya Masahiro)	名古屋大学・大学院理学研究科・大学院生 (13901)	
研究協力者	中村 崇文 (Nakamura Takafumi)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・大学院生 (14501)	
研究協力者	中村 元哉 (Nakamura Motoya)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・大学院生 (14501)	
研究協力者	松田 菫汰 (Matsuda Shota)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・大学院生 (14501)	
研究協力者	山本 知己 (Yamamoto Tomomi)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・大学院生 (14501)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	小田 美由紀 (Oda Miyuki)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・大学院生 (14501)	
研究協力者	杉村 昂 (Sugimura Kou)	名古屋大学・大学院理学研究科・大学院生 (13901)	
研究協力者	中野 昇 (Nakano Noboru)	名古屋大学・大学院理学研究科・大学院生 (13901)	
研究協力者	奥山 萌生 (Okuyama Moegi)	岡山理科大学・大学院理学研究科・大学院生 (35302)	
研究協力者	加藤 拓海 (Katou Takumi)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・大学院生 (14501)	
研究協力者	臼田 育矢 (Usuda Ikuya)	名古屋大学・大学院理学研究科・大学院生 (13901)	
研究協力者	中村 友亮 (Nakamura Tomoaki)	名古屋大学・大学院理学研究科・大学院生 (13901)	
研究協力者	村上 郁哉 (Murakami Fumiya)	岡山理科大学・大学院理学研究科・大学院生 (35302)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	南 英幸 (Minami Hideyuki)	名古屋大学・大学院理学研究科・大学院生 (13901)	
研究協力者	志水 凱 (Shimizu Kai)	名古屋大学・大学院理学研究科・大学院生 (13901)	
研究協力者	山下 真優 (Yamashita Mayu)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・大学院生 (14501)	
研究協力者	岡本 一紘 (Okamoto Kazuhiro)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究科・大学院生 (14501)	
研究協力者	西村 良太 (Nishimura Ryouta)	名古屋大学・全学技術センター・技術職員 (13901)	
研究協力者	工藤 哲也 (Kudo Tetsuya)	名古屋大学・全学技術センター・技術職員 (13901)	
研究協力者	佐藤 良紀 (Sato Yoshiki)	神戸大学・発達科学部・学生 (14501)	
研究協力者	松本 稔樹 (Matsumoto Toshiki)	神戸大学・発達科学部・学生 (14501)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	烏野 絢花 (Karasuno Ayaka)	神戸大学・発達科学部・学生 (14501)	
研究協力者	菅浪 亜門 (Suganami Amon)	名古屋大学・理学部・学生 (13901)	
研究協力者	東 崇史 (Azuma Takashi)	神戸大学・国際人間科学部・学生 (14501)	
研究協力者	米野 翔真 (Yoneno Shoma)	神戸大学・国際人間科学部・学生 (14501)	
研究協力者	諫山 雄大 (Isayama Yuidai)	岡山理科大学・理学部・学生 (35302)	
研究協力者	秋田 将利 (Akita Shouto)	岡山理科大学・理学部・学生 (35302)	
連携研究者	高橋 寛 (Takahashi Satoru) (40402432)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・特命助教 (14501)	
連携研究者	中村 光廣 (Nakamura Mitsuhiro) (90183889)	名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授 (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	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
連携研究者	伊代野 淳 (Iyono Atsushi) (10211757)	岡山理科大学・理学部・教授 (35302)	
連携研究者	仲澤 和馬 (Nakazawa Kazuma) (60198059)	岐阜大学・教育学部・教授 (13701)	
連携研究者	吉本 雅浩 (Yoshimoto Masahiro) (40854964)	岐阜大学・教育学部・研究員 (13701)	
連携研究者	山本 紗矢 (Yamamoto Saya) (50974573)	名古屋大学・未来材料・システム研究所・機関研究員 (13901)	
連携研究者	中村 悠哉 (Nakamura Yuya) (30964457)	名古屋大学・未来材料・システム研究所・機関研究員 (13901)	
連携研究者	長原 翔伍 (Nagahara Shougo) (60930188)	神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・学術研究員 (14501)	
連携研究者	吉田 哲也 (Yoshida Tetsuya) (50222394)	宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授 (82645)	
連携研究者	福家 英之 (Fuke Hideyuki) (10392820)	宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・教授 (82645)	

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
---------	---------