

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01228

研究課題名(和文) 宇宙高エネルギーガンマ線の偏光観測の開拓

研究課題名(英文) Development of polarization observation of cosmic high-energy gamma rays

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) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：望遠鏡の大幅な改善を達成した2018年気球実験によって、既知ガンマ線天体Velaパルサー(>80MeV)に関して確固たる検出を達成し、その像広がりとして0.51度を得た。これは従来のガンマ線望遠鏡に対して点源広がり(半径)にして6.3倍、解像度(立体角)にして39倍の高解像度を達成したことになる。また大口径面積・長時間観測を実現する新型多段シフターの実験機初号機の開発および2・3号機へのフィードバックを達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2018年気球実験によって、世界最高解像度でのVelaパルサーの撮像実証を達成し、世界最高角度分解能を実現するエマルジョンガンマ線望遠鏡を確立した。また新型多段シフターの開発によって、大口径面積・長時間観測の展望を拓き、これまで有意な観測が実現していない高エネルギーガンマ線偏光観測をはじめとする科学観測気球実験の開始へとこぎつけた。

研究成果の概要(英文)：The 2018 balloon experiment, which achieved significant improvements in the telescope, achieved firm detection for the known gamma-ray object Vela Pulsar (> 80MeV), with an image spread of 0.51 degrees. This means that the point source spread (radius) is 6.3 times higher and the imaging resolution (solid angle) is 39 times higher than that of the conventional gamma-ray telescope. In addition, we have achieved the development of the first flight model of a new multi-stage shifter that realizes large-aperture-area and long flight duration, and made feedback into 2nd and 3rd flight model.

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
ブ 偏光

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年の宇宙観測では、電波からガンマ線、宇宙線、ニュートリノ、重力波と多様なプローブによる多角的な観測によって大きな成功を見ている。最近では IceCube による宇宙高エネルギーニュートリノ観測の開拓や、Advanced LIGO による重力波観測の開拓によって、マルチメッセンジャーアストロノミーの新たな時代が拓けつつある。そのような中で、宇宙高エネルギーガンマ線偏光はマルチメッセンジャーアストロノミーにおける残されたフロンティアの一つである。

2. 研究の目的

本研究開発では、これまでの地上における研究開発や、2011年・2015年気球実験における経験・実績に基づき、これまでの研究開発をさらに発展させ、観測面積・観測時間の拡大を図り、有意な偏光観測の開始を目指していく。

3. 研究の方法

本研究開発では、新型多段シフターを実証段階から実用段階へと発展させ、口径面積 10m^2 ・観測時間 1 周スケールでのエマルションガンマ線望遠鏡による有意な偏光観測の開始を目指す。

4. 研究成果

既知の明るいガンマ線源 (Vela パルサー) を観測し、エマルションガンマ線望遠鏡の総合的な性能実証を目指して、望遠鏡の様々な開発・改良・準備をおこない、2015年気球実験に比べ実験規模 (口径面積や飛行時間) は同程度で、有効面積や有効時間の拡大およびバックグラウンドの低減について計 5 倍の改善を図り、2018年4月にオーストラリアで気球実験を無事に達成した (JAXA 大気球実験、口径面積 3780cm^2 、飛行時間 17.4 時間)。

2018年気球実験フライトデータ解析を進めた。スターカメラによる望遠鏡姿勢決定処理については十分良い性能を達成した。エマルションフィルム積層ガンマ線コンバーターでのガンマ線事象検出処理については問題なく進んでいる。多段シフターによる時刻再構成処理については、大幅な性能改善を確認し、十分良い時間分解能が得られている。またエマルション系 - 姿勢系接続処理を進めており、エマルション飛跡ベースでも 99% の高い姿勢付与率達成を確認するとともに、地平座標における到来方向分布から東西効果を確認し、エマルション系 - 姿勢系がうまくつながっている。ここからデータ処理を飛躍的に進め、一通りのデータ処理を完了させた。特に、これまでに部分的に確立してきた時刻付与初期処理に対してさらなる改良およびデータ処理を飛躍的に進め、そしてそれに追従させるように各コンポーネントの統合処理を果たした。統合データについて、ガンマ線時刻付与における高い信頼性およびガンマ線到来方向決定精度に対する十分な時間分解能、そして姿勢情報付与における高いガンマ線到来方向決定率の達成を実際のガンマ線データで実証した。ここからさらに efficiency 改善による統計増大 (~20% 向上)、宇宙線起因ガンマ線事象等識別によるバックグラウンド低減 (~60% 低減)、検出器軸オフセットの詳細な理解を達成し、データの大幅な改善を達成した。そして Vela パルサー (>80MeV) に関して確固たる検出を達成し、その像広がりとして 0.51 度を得た。これは従来のガンマ線望遠鏡に対して点源広がり (半径) にして 6.3 倍、解像度 (立体角) にして 39 倍の高解像度を達成したことになる。世界最高解像度での Vela パルサーの撮像実証を達成し、世界最高角度分解能を実現するエマルションガンマ線望遠鏡を確立した。

また、検出器コントロールサンプルとして大気ガンマ線を実測している。特に大気ガンマ線東西効果をエマルションガンマ線望遠鏡において初めて検出し、世界的にも独自のデータが得られている。検出器の理解とともに、大気ニュートリノフラックス計算シミュレーションとの比較をはじめとする大気ガンマ線物理を展開し始めている。

また、検出器全体に降り注ぐようなハドロンシャワーの探索を進めている。これは検出器全体にわたる校正用線源になり得るほか、荷電粒子との同期による大気ガンマ線識別の可能性も出てきている。現在、偶発予測に対して有意なハドロンシャワー事象の検出を達成しており、検出器全体の校正や大気ガンマ線識別の研究を進めている。

実験規模 (口径面積や飛行時間) の拡大を図り、観測の困難さからこれまでに有意な観測が実現していない高エネルギーガンマ線偏光観測をはじめとする科学観測気球実験の開始を目指す。大口径面積を実現する上で多段シフターの大幅な軽量化が鍵となる。また、2018年気球実験では 15 時間近くの水平浮遊 (高度 35 - 38km) であったが、~日スケールのフライトを目指すうえで、長時間化の実現も必要となってくる。従来のステージ駆動型からローラー駆動型にすることによって、大幅な軽量化が図れ、大口径面積を実現できる。また段間距離 (飛跡外挿距離) を詰められ且つ段数を増やすことができ、長時間・高時間分解能・低エネルギー閾値を実現できる。従来の多段シフター開発と同様に三鷹光器社との共同開発によって、これまでに新型多段シフター試作機 (単段) を製作し、動作・性能試験を進めてきた。それらに基づいて新型多段シフター試作機 (5 段+固定段) 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な新型多段シフターフライトモデル初号機を製作した。従来のステージ駆動型に比べ、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ており、大口径面積実現の見通しが立ってきた。また新型多段シフターフライトモデル 1 号機の動作試験で浮かび上がった課

題について、2・3号機へのフィードバックを果たした。また新型多段シフターにおいてエマルションフィルムの大判真空包装(1mスケール)の高品質での実現が肝要となる。特注大型真空包装機の導入によって、その実現見通しが得られた。2021年に予定していた気球実験は、コロナウィルスの影響により、2022年に順延となった。現在、感染拡大防止に努めながら鋭意準備を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 32件）

1. 著者名 C. Ahdida, et al.	4. 巻 81
2. 論文標題 Sensitivity of the SHiP experiment to dark photons decaying to a pair of charged particles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 1 -- 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-021-09224-3	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 該当する
1. 著者名 H. Oshima, et al.	4. 巻 2021
2. 論文標題 First measurement using a nuclear emulsion detector of the μ charged-current cross section on iron around the 1.2 GeV energy region	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 -- 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptab027	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 C. Ahdida, et al.	4. 巻 2021
2. 論文標題 Sensitivity of the SHiP experiment to light dark matter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	6. 最初と最後の頁 1 -- 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/JHEP04(2021)199	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 該当する
1. 著者名 N. Agafonova, et al.	4. 巻 80
2. 論文標題 First observation of a tau neutrino charged current interaction with charm production in the OPERA experiment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The European Physical Journal C	6. 最初と最後の頁 1 -- 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1140/epjc/s10052-020-8160-y	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 該当する

1. 著者名 高橋寛、他	4. 巻 isas20-sbs-002
2. 論文標題 GRAINE計画：2018年気球実験の最新結果報告	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1 -- 4
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 青木茂樹、他	4. 巻 isas20-sbs-003
2. 論文標題 GRAINE計画：ロードマップと次期豪州気球実験	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1 -- 4
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 六條宏紀、他	4. 巻 isas20-sbs-004
2. 論文標題 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	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1 -- 4
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 isas20-sbs-005
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開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1 -- 4
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 Aoki Shigeki, Takahashi Satoru, Rokujo Hiroki	4. 巻 68
2. 論文標題 GRAINE Project, Precise Observations of High-energy Cosmic Gamma-rays with Balloon-borne Emulsion Telescope	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., 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 ~ P09009
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 Agafonova N., et al.	4. 巻 2019
2. 論文標題 Measurement of the cosmic ray muon flux seasonal variation with the OPERA detector	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 003 ~ 003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2019/10/003	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 該当する

1. 著者名 高橋 寛、他	4. 巻 isas19-sbs-035
2. 論文標題 GRAINE 2018: フライトデータ解析報告	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1-4
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 isas19-sbs-031
2. 論文標題 GRAINE 計画: 2018 年豪州気球実験におけるコンバーター解析報告	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1-4
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 松田蒼汰、他	4. 巻 isas19-sbs-032
2. 論文標題 GRAINE 計画: 多段シフターのフライトデータ解析報告1	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1-4
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 中村元哉、他	4. 巻 isas19-sbs-033
2. 論文標題 GRAINE 2018: 多段シフターフライトデータ解析報告2	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1-4
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 中村崇文、他	4. 巻 isas19-sbs-034
2. 論文標題 GRAINE 2018: 姿勢モニターおよびそれを併せたフライトデータ解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1-4
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 青木茂樹、他	4. 巻 isas19-sbs-036
2. 論文標題 GRAINE 計画: ロードマップと次期豪州気球実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1-4
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 isas19-sbs-037
2. 論文標題 GRAINE 次期気球実験に向けた大面積、長時間、高時間分解能を実現する新型多段シフターの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1-4
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 小宮山将広、他	4. 巻 isas19-sbs-038
2. 論文標題 GRAINE 大面積科学観測を実現する長筒型と圧容器ゴンドラの開発状況	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	6. 最初と最後の頁 1-4
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 S. Takahashi, et al.	4. 巻 358
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 1-6
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 Takahashi Satoru, Aoki Shigeki	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 Ahdida C., et al.	4. 巻 14
2. 論文標題 The experimental facility for the Search for Hidden Particles at the CERN SPS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P03025 ~ P03025
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/14/03/P03025	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 該当する

1. 著者名 Hiroki Rokujo 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 Agafonova N., et al.	4. 巻 2018
2. 論文標題 Final results of the search for μ e oscillations with the OPERA detector in the CNGS beam	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Physics	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) 10.1007/JHEP06(2018)151	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 該当する

1. 著者名 Agafonova N., et al.	4. 巻 120
2. 論文標題 Final Results of the OPERA Experiment on Appearance in the CNGS Neutrino Beam	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	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) 10.1103/PhysRevLett.120.211801	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 該当する

1. 著者名 高橋寛、他	4. 巻 -
2. 論文標題 GRAINE 計画 : 2018 年豪州気球実験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	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 -
2. 論文標題 GRAINE2018 : コンバータフィルム性能評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 六條宏紀、他	4. 巻 -
2. 論文標題 GRAINE2018 : 線事象解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 呉坪健司、他	4. 巻 -
2. 論文標題 GRAINE2018 : 多段シフターの報告	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 丸嶋利嗣、他	4. 巻 -
2. 論文標題 GRAINE2018 : 姿勢モニターカメラの報告	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 小宮山将広、他	4. 巻 -
2. 論文標題 GRAINE2018 : 与圧容器ゴンドラの開発とフライト結果	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	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 -
2. 論文標題 GRAINE 計画: ロードマップと次期豪州気球実験	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 大気球シンポジウム集録	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 高橋 覚
2. 発表標題 GRAINE
3. 学会等名 2020年度 第1回 CRC将来計画タウンミーティング
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 覚
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 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋 覚
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 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Satoru Takahashi
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 高橋 寛
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年豪州気球実験の最新結果および次期・将来気球実験の展望
3. 学会等名 宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Satoru Takahashi
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 The extreme Universe viewed in very-high-energy gamma rays 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 寛
2. 発表標題 GRAINE計画：2018年気球実験の最新結果報告
3. 学会等名 大気球シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 寛
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 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoru Takahashi
2. 発表標題 GRAINE project and first results on 2018 balloon-borne experiment
3. 学会等名 36th International Cosmic Ray Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoru Takahashi
2. 発表標題 GRAINE
3. 学会等名 KUBEC International Workshop on Dark Matter Searches 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 寛
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 高橋 寛
2. 発表標題 GRAINE計画と2018年気球実験
3. 学会等名 第2回MeVガンマ線天文学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 寛
2. 発表標題 GRAINE 2018: フライトデータ解析報告
3. 学会等名 大気球シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 寛
2. 発表標題 GRAINE
3. 学会等名 2019年度 第1回 CRC将来計画タウンミーティング
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 寛
2. 発表標題 GRAINE計画と2018年気球実験フライトデータ解析
3. 学会等名 第19回高宇連研究会「高宇連博士論文発表会・研究会」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 寛
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 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Takahashi
2. 発表標題 GRAINE PROJECT AND A 2018 BALLOON-BORNE EXPERIMENT
3. 学会等名 42nd COSPAR Scientific Assembly (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋寛
2. 発表標題 気球搭載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実験GRAINE
3. 学会等名 第35 回ESR 応用計測研究会、2018 年度ルミネッセンス年代測定研究会、第43 回日本フィッション・トラック研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋寛
2. 発表標題 GRAINE計画と2018年豪州気球実験
3. 学会等名 高宇連研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋寛
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 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋寛
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秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋寛
2. 発表標題 GRAINE 計画：2018 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 2018年

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

1. 発表者名 高橋寛
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

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Aoki Lab web site
<http://neweb.h.kobe-u.ac.jp/labo/aoki/>
令和元年度優秀若手研究者賞授賞式・発表会を行いました
https://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/award/2020_01_29_01.html
令和元年度「優秀若手研究者賞」の受賞者が決定しました
https://www.kobe-u.ac.jp/NEWS/info/2019_08_08_08.html
Aoki Lab web site
<http://neweb.h.kobe-u.ac.jp/labo/aoki/>
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
http://www.kobe-u.ac.jp/research_at_kobe/NEWS/news/2018_07_17_02.html

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
研究協力者	青木 茂樹 (Aoki Shigeki)	神戸大学 (14501)	
研究協力者	呉坪 健司 (Kuretsubo Kenji)	神戸大学 (14501)	
研究協力者	丸嶋 利嗣 (Marushima Toshitsugu)	神戸大学 (14501)	
研究協力者	中村 崇文 (Nakamura Takafumi)	神戸大学 (14501)	
研究協力者	中村 元哉 (Nakamura Motoya)	神戸大学 (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	松田 菫汰 (Syota Matsuda)	神戸大学 (14501)	
研究協力者	山本 知己 (Yamamoto Tomomi)	神戸大学 (14501)	
研究協力者	小田 美由紀 (Oda Miyuki)	神戸大学 (14501)	
研究協力者	烏野 絢花 (Karasuno Ayaka)	神戸大学 (14501)	
研究協力者	六條 宏紀 (Rokujo Hiroki)	名古屋大学 (13901)	
研究協力者	小宮山 将広 (Komiya Masahiro)	名古屋大学 (13901)	
研究協力者	中村 悠哉 (Nakamura Yuya)	名古屋大学 (13901)	

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