

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05539

研究課題名（和文）ニュートリノ質量測定・TeVを超える物理の探索を実現する次世代CMB観測

研究課題名（英文）The next generation of CMB observation that will realize the neutrino mass measurement and the exploration of super-TeV physics

研究代表者

日下 暁人（Kusaka, Akito）

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・准教授

研究者番号：20785703

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 127,100,000円

研究成果の概要（和文）：Simons Arrayの前身であるPOLARBEAR実験のデータを用いて、Subaru/HSCの銀河サーベイとの統合解析による重力レンズ効果の 3.5σ の有意度で検出や、宇宙初期インフレーションの探索、偏光の強やかに星雲の観測によるアクシオン暗黒物質の探索を達成した。GroundBIRDにおいても、高感度焦点面での観測を行うと共に、較正手法の開発を行った。次世代実験に向けた研究開発では、多数の超伝導検出器を同時に評価するシステムの構築、5G技術による読出しエレクトロニクス開発、光学素子開発を進めた。また、前景放射についてもこれまで無視されてきた寄与に関する研究を進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、宇宙背景放射（CMB）の偏光観測から宇宙の暗黒物質やニュートリノなどの宇宙の暗黒成分の理解が深まり、またより高い精度でCMBの偏光観測を行うための方法論を進歩させた。この成果を将来実験に適用すれば、我々の住む宇宙がどうやって始まったのか、どうやって進化してきたのかという誰もが持ちうる問いへの答えに結びつき、社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：Using data from the POLARBEAR experiment, the predecessor of the Simons Array, we achieved: 1) the detection of the correlation of the gravitational lensing effect with the Subaru/HSC galaxy survey with a significance level of 3.5σ , 2) the search for the cosmic inflation signature, and 3) the Axion search using observations of strongly polarized Crab Nebula. We also conducted observations with GroundBIRD at a high-sensitivity focal plane and developed a calibration method. In research and development for next-generation experiments, we built a system to simultaneously characterize thousands of superconducting detectors, developed readout electronics using 5G technology, and developed optical technology. We also conducted research on the contribution of galactic foreground contribution on the components that have been neglected to date.

研究分野：宇宙物理学

キーワード：宇宙マイクロ波背景放射 ニュートリノ インフレーション アクシオン

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

宇宙背景放射(CMB)と宇宙背景ニュートリノ(CvB)は、どちらも初期宇宙のビッグバンに起源を持ち、CMBの観測を介してCvBの研究が可能である。現在、CMBはその偏光パターンも含めた超精密観測が進展している。特に、奇パリティを持つパターン「Bモード」の観測から、銀河団が作る重力レンズ効果の強度測定と、原始重力波の探索が可能である。両者は角度スケールの違い等から分別される。

CvBは銀河ハローに局在しない暗黒物質粒子であり、宇宙の進化(膨張と、銀河団分布に現れる大規模構造の形成)に痕跡を残す。この痕跡は、重力レンズ効果を通じてCMB偏光Bモードに刻まれ、その精密測定によりニュートリノの質量和が測定できる。また、ニュートリノの世代数(素粒子の標準理論では3)は宇宙膨張に影響を与えるため、CMB観測からその世代数が測定できる。そして、世代数測定の精密化は、相互作用が弱く質量の軽い未知の暗黒物質粒子(アクシオンやステライルニュートリノなど)の探索を可能にする。一方、原始重力波は、ビッグバンの起源ともいえる「インフレーション」の決定的証拠であり、その検出は大統一理論エネルギースケール(10^{16} GeV)の実験研究となる。

これらの物理をCMBの精密測定によって過去最高感度で測定するための次世代地上実験CMB-S4が2020年代前半の建設開始に向けて立ち上がった。CMB-S4計画は、いくつかの有力な現行CMB観測実験グループを統合する形で発展しており、50万チャンネルの超伝導検出器を擁する、これまでの実験を大きく上回る規模の実験計画である。

2. 研究の目的

初期宇宙観測という他計画研究と異なる切り口で、本領域の目標「ニュートリノを軸とした新しい素粒子・宇宙像の創造」に貢献する。宇宙マイクロ波背景放射(CMB)観測によって、初期宇宙インフレーション探索と、ニュートリノ質量とそれ依存する宇宙大規模構造の測定を目的として、現行実験であるSimons ArrayとGroundBIRDの観測遂行とデータ解析を行う。これにより、ニュートリノ質量和の制限に繋がる重力レンズ効果の測定や、初期宇宙インフレーション探索を行うと共に、次世代実験であるCMB-S4のためのデータ解析手法の研究・開発も行う。全てで2万という現行実験の中でも大きな検出器数を誇るSimons Arrayや、20度という超大角度スケールの観測を目指し特に緻密な系統誤差制御を必要とするGroundBIRDは、CMB-S4が必要とする大統計・低系統誤差のデータ解析を研究開発するための格好の実データを与える。

さらに、CMB-S4やSimons Observatoryアップグレードなどの将来計画に向けた開発研究を推し進めることも目的とする。超伝導検出器およびその読出し技術の多チャンネル化に寄与する研究開発、それに追従した高スループットの検出器性能評価手法の確立、系統誤差を抑制した光学素子の開発を行う。加えて、次世代実験で間違いなく大きな課題となる我々の銀河からの放射「前景放射」による汚染についての研究を進め、現在想定されていないような放射・汚染メカニズムによる微少な効果が将来実験にどのような影響を与えるかについても研究する。

3. 研究の方法

現行地上実験である Simons Array と GroundBIRD の観測遂行とデータ解析を行う。Simons Array は、一ピクセルが2つの周波数に感度を持つ「dichroic detector」や代表者らが開発した低温半波長板などの先端技術を搭載し、高感度で CMB 観測を行うのみならず、将来実験 CMB-S4 の候補技術を実証する側面も持つ。このため、Simons Array での観測・データ解析は同時に将来実験へ向けた開発研究となる。一方、GroundBIRD は国産の CMB 偏光実験であり、特に高速で掃天することによって 20 度という超大角度スケールでの偏光観測をめざす。将来実験がカバーしないユニークな観測であると共に、これに要求される精緻な系統誤差制御が将来実験に向けた装置開発・データ解析にも寄与する。このように、本研究では現行実験の遂行による物理成果の達成と将来実験に向けた開発の両取りを目指す戦略をとる。

また、将来計画に向けた研究開発においては、実験の大型化や 50 万という多数の検出器の製造方法がクローズアップされる中で、取り残されている重要課題に焦点を当てて研究を進める。検出器については、製造方法への開発が進む一方で、大量に製造した検出器をどう試験・評価していくのが課題である。希釈冷凍機による 100mK 下で、1000 以上の検出器を同時に評価するシステムを構築するとともに、効率的かつ安価な読み出し技術も開発する。系統誤差制御を目指す中で、光学素子の果たす役割も大きい。特に、屈折率が大きく熱膨張率が他の素材に比べて小さいアルミナやサファイアについては、赤外線フィルタや半波長板など重要な用途があるにも関わらず確立された防反射加工の手法がない。熱膨張率を一致させたセラミック溶射と、それに対する接着性の良いラミネート素材を組み合わせた多層膜防反射技術を開発する。前景放射除去については、放射機構に焦点を当てる事で、微少であるためにこれまでに見落とされてきたが今後重要になるであろう効果について注目し、理論的・観測的な研究を進める。

4. 研究成果

Simons Array と GroundBIRD については、コロナ禍や装置の不具合による観測中断の影響を受けて必ずしも期待したデータが得られなかったが、Simons Array の前進である POLARBEAR のデータ解析でいくつもの成果を達成した。POLARBEAR 実験から再構成した重力レンズマップと Subaru/HSC の銀河サーベイから再構成した重力レンズマップを統合解析することで、 3.5σ の有意性で相関を検出した。この領域では相関の大きさが理論予測と無矛盾だがやや大きいことが見いだされた。また、POLARBEAR 実験データの再解析により、宇宙初期インフレーションに 95% C.L. で $r < 0.33$ の制限を与えた。これは、チリからの CMB 観測として最も良い制限である。これにより、将来実験で検出器数を増やしていくことで、チリからの観測による高感度インフレーション探索が可能であることを示した。さらに、偏光の強い超新星残骸 (かに星雲) を観測した較正観測データを活用して、その偏光に変動があるかどうかを調査した。この測定は将来実験の較正に役立つと共に、これを用いた「アクシオン (Axion Like Particles; ALP)」の探索を行った。これは、アクシオンがその質量に応じた偏光変動を引き起こすからである。この解析では、この種の偏光変動を用いた探索の中で最も精度の良い制限を与えた。このアクシオンは、ニュートリノよりもさらに軽い粒子であり、暗黒物質候補として注目されている。今後、CMB-S4 など

の将来実験においても重要な科学目標となりつつあり、本研究はそれら将来実験に向けた方法論を確立した点でも影響力があった。Simons Array と GroundBIRD についても COVID 後の観測再開を達成しており、データを蓄積している。GroundBIRD は焦点面に搭載する超伝導センサをフルアップグレードし、観測再開している。また、これまで蓄積した試験観測データに基づいて望遠鏡の視線方向の較正手法を確立した。

次世代実験に向けた研究開発では、1000 個以上の超伝導検出器を同時に評価する設備を整備し、次世代 CMB およびサブミリ波望遠鏡のための超伝導検出器開発を行うと共に、新しい超伝導転移点センサ評価法について提案・実証して論文として出版した。5G 技術 RFSoc を用いた読み出しエレクトロニクス開発を進め、性能向上と共により安価でのエレクトロニクス製造を可能にした。また、これまで CMB コミュニティの中でも大きな課題であり、スタンダードと呼べる手法がなかった赤外線フィルタ用のアルミナや半波長板用のサファイアの防反射加工についても、セラミック溶射とラミネートを組み合わせた技術の開発に成功した。論文として出版すると共に Simons Array や Simons Observatory に採用されて実機に搭載し、観測に用いられている。この技術は、CMB-S4 の候補技術にもなっている。また、前景放射について、これまで無視されてきたダストの影が CMB 観測に与える影響の解析や、Anomalous Microwave Emission (AME) をダスト放射の一部として理解する新しいモデル提案を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 16件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 POLARBEAR Collaboration, Shunsuke Adachi, et al.	4. 巻 accepted
2. 論文標題 Exploration of the polarization angle variability of the Crab Nebula with POLARBEAR and its application to the search for axion-like particles	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 N/A
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.48550/arXiv.2403.02096	査読の有無 有
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 該当する
1. 著者名 Kenji Amasaki, Masashi Nashimoto, Makoto Hattori	4. 巻 accepted
2. 論文標題 Cosmic very small dust grains as a natural laboratory of mesoscopic physics: Modeling thermal and optical properties of graphite grains	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 PASJ	6. 最初と最後の頁 N/A
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.48550/arXiv.2405.12632	査読の有無 有
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 The polarbear Collaboration	4. 巻 931
2. 論文標題 Improved Upper Limit on Degree-scale CMB B-mode Polarization Power from the 670 Square-degree POLARBEAR Survey	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac6809	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 Yume Nishinomiya, et al.	4. 巻 209
2. 論文標題 Development of the Characterization Methods Without Electrothermal Feedback for TES Bolometers for CMB Measurements	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 1079-1087
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-022-02864-z	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Tomoki Terasaki, et al.	4. 巻 209
2. 論文標題 Development of Al-Nb hybrid Lumped-Element Kinetic Inductance Detectors for infrared photon detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 441-448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-022-02745-5	査読の有無 有
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 Kana Sakaguri, et al.	4. 巻 209
2. 論文標題 Broadband multi-layer anti-reflection coatings with mullite and duroid used for half wave plate and alumina filter for CMB polarimetry	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 1264-1271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-022-02847-0	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Kevork Abazajian et al.	4. 巻 926
2. 論文標題 CMB-S4: Forecasting Constraints on Primordial Gravitational Waves	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ApJ	6. 最初と最後の頁 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac1596	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 Nashimoto Masashi, Hattori Makoto, G?nova-Santos Ricardo, Poidevin Fr?d?rick	4. 巻 72
2. 論文標題 Thermal emission from the amorphous dust: An alternative possibility of the origin of the anomalous microwave emission	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 6-1~6-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz124	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Kutsuma H., Hattori M., Koyano R., Mima S., Oguri S., Otani C., Taino T., Tajima O.	4. 巻 115
2. 論文標題 A measurement method for responsivity of microwave kinetic inductance detector by changing power of readout microwaves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 032603 ~ 032603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5110692	査読の有無 有
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 Faundez M. Aguilar、他POLARBEAR Collaboration	4. 巻 886
2. 論文標題 Cross-correlation of CMB Polarization Lensing with High-z Submillimeter Herschel-ATLAS Galaxies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 38 ~ 38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab4a78	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 Namikawa T., Chinone Y., Miyatake H., Oguri M., Takahashi R., Kusaka A., Katayama N., 他 POLARBEAR Collaboration and SUBARU/HSC Collaboration	4. 巻 882
2. 論文標題 Evidence for the Cross-correlation between Cosmic Microwave Background Polarization Lensing from Polarbear and Cosmic Shear from Subaru Hyper Suprime-Cam	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 62 ~ 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab3424	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 Kaneko Daisuke、他Simons Array Collaboration	4. 巻 199
2. 論文標題 Deployment of Polarbear-2A	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 1137 ~ 1147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-020-02366-w	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Elleflot T., Arnold K., Barron D., Crowley K. T., Dobbs M., Groh J., Hasegawa M., Hazumi M., Hill C., Howe L., Ito J., Jeong O., Kaneko D., Katayama N., Keating B., Kusaka A., Lee A. T., Lowry L. N., Raum C., Seibert J., Silva-Feaver M., Siritanasak P., Suzuki A., Takakura S., Takatori S., Tsai C., Westbrook B.	4. 巻 199
2. 論文標題 Effect of Stray Impedance in Frequency-Division Multiplexed Readout of TES Sensors in POLARBEAR-2b	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 840 ~ 848
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-020-02387-5	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 Kiuchi K., Oguri S., Mima S., Otani C., Kusaka A.	4. 巻 200
2. 論文標題 Development of Large Array of Kinetic Inductance Detectors Using Commercial-Class External Foundries	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 353 ~ 362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-020-02453-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 -

1. 著者名 Lee K., 他GroundBIRD Collaboration	4. 巻 200
2. 論文標題 GroundBIRD: A CMB Polarization Experiment with MKID Arrays	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 384 ~ 391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-020-02511-5	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 S. Takakura 他 POLARBEAR collaboration	4. 巻 870
2. 論文標題 Measurements of Tropospheric Ice Clouds with a Ground-based CMB Polarization Experiment, POLARBEAR	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 102 ~ 102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaf381	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Peter Ade 他 Simons Observatory collaboration	4. 巻 2019
2. 論文標題 The Simons Observatory: science goals and forecasts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Cosmology and Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 056 ~ 056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1475-7516/2019/02/056	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 T. Elleflot 他	4. 巻 193
2. 論文標題 Detector and Readout Assembly and Characterization for the Simons Array	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 1094 ~ 1102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-018-2058-1	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 B. Westbrook 他	4. 巻 193
2. 論文標題 The POLARBEAR-2 and Simons Array Focal Plane Fabrication Status	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 758 ~ 770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-018-2059-0	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Hill C. A., Kusaka A., Barton P., Bixler B., Droster A. G., Flament M., Ganjam S., Jadbabaie A., Jeong O., Lee A. T., Madurowicz A., Matsuda F. T., Matsumura T., Rutkowski A., Sakurai Y., Sponseller D. R., Suzuki A., Tat R.	4. 巻 193
2. 論文標題 A Large-Diameter Cryogenic Rotation Stage for Half-Wave Plate Polarization Modulation on the POLARBEAR-2 Experiment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 851 ~ 859
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-018-1980-6	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Kutsuma Hiroki, Hattori Makoto, Kiuchi Kenji, Mima Satoru, Nagasaki Taketo, Oguri Shugo, Suzuki Junya, Tajima Osamu	4. 巻 193
2. 論文標題 Optimization of Geomagnetic Shielding for MKIDs Mounted on a Rotating Cryostat	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Low Temperature Physics	6. 最初と最後の頁 203 ~ 208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10909-018-2036-7	査読の有無 有
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 該当する

〔学会発表〕 計77件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 Y. Sueno
2. 発表標題 The CMB polarization telescope "GroundBIRD" - Status and future prospect
3. 学会等名 Galactic science and CMB foregrounds (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsuto Takeuchi for POLARBEAR Collaboration
2. 発表標題 Status of the ?Simons Array Experiment
3. 学会等名 International Conference on the ?Physics of the Two Infinities (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kana Sakaguri for PLARBEAR Collaboration
2. 発表標題 Preparation fot the Simons Array CMB polarization experiment and development of optical elements
3. 学会等名 2nd International Symposium on Trans-Scale Quantum Science (TSQS) 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kana Sakaguri for PLARBEAR COllaboration
2. 発表標題 Preparation for the second telescope of the Simons Array CMB polarization experiment
3. 学会等名 International Conference on the Physics of the Two Infinities (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akito Kusaka
2. 発表標題 The next generation of CMB observation that will realize the neutrino mass measurement and the exploration of super-TeV physics
3. 学会等名 International Conference on the Physics of the Two Infinities (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akito Kusaka
2. 発表標題 Cosmic Microwave Background - challenges and future prospect
3. 学会等名 Frontiers in Cosmology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akito Kusaka
2. 発表標題 Exploration of Inflation and Dark Universe through Cosmic Microwave Background
3. 学会等名 2nd International Symposium on Trans-Scale Quantum Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本多俊介 他
2. 発表標題 CMB望遠鏡GroundBIRDのサイエンス観測に向けた準備状況 - ワイヤーを用いた偏光応答特性の評価
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 末野慶徳 他
2. 発表標題 CMB望遠鏡GroundBIRD - 天体を用いた望遠鏡の較正研究
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 末野慶徳 他
2. 発表標題 CMB望遠鏡GroundBIRD - 高速回転による大気放射揺らぎの抑制研究
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山田恭平 他
2. 発表標題 Simons Array 実験, POLARBEAR 実験の蟹星雲の観測による Axion 探索
3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田恭平 他
2. 発表標題 Simons Array 実験, POLARBEAR 実験のかに星雲の観測による Axion 探索
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西ノ宮ゆめ 他
2. 発表標題 Simons Array実験における検出器応答および視線方向の評価
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 西ノ宮ゆめ 他
2. 発表標題 Simons Array実験における検出器応答の非線形性の評価
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村田雅彬 他
2. 発表標題 Simons Arrayにおける角度較正手法の開発
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 村田雅彬 他
2. 発表標題 Simons Array実験におけるデータ選別手法の開発
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 竹内敦人 他
2. 発表標題 CMB偏光観測に向けたSimons Array実験の解析の現状
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 茅根 裕司 他
2. 発表標題 POLARBEAR 実験による CMB 偏光を用いた Axion 探査の現状
3. 学会等名 日本天文学会 2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 茅根 裕司 他
2. 発表標題 インフレーション起源Bモード検出に向けたE/Bモード分離手法の性能評価
3. 学会等名 日本天文学会2022年秋季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂栗佳奈 他
2. 発表標題 Simons Array実験の概要と2台目望遠鏡の準備状況
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y. Sueno
2. 発表標題 Characterization of two-level-system noise for microwave kinetic inductance detector made with niobium film on silicone substrate
3. 学会等名 19th International Workshop on Low Temperature Detectors (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 J. Suzuki
2. 発表標題 Development of low-cost readout electronics for resonator-based multiplexing detector arrays
3. 学会等名 19th International Workshop on Low Temperature Detectors (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 末野慶徳
2. 発表標題 CMB望遠鏡GroundBIRDに搭載する検出器の性能評価 - 2021年度観測用MKIDの評価
3. 学会等名 日本物理学会 第76回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 末野慶徳
2. 発表標題 CMB望遠鏡GroundBIRDの較正観測 - 超伝導検出器MKIDの応答性評価
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 鈴木惇也
2. 発表標題 超伝導検出器のマイクロ波読み出し--GHz 帯域の達成とさらなる拡張
3. 学会等名 日本物理学会 第76回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木惇也
2. 発表標題 超伝導検出器のマイクロ波読み出し技術開発
3. 学会等名 計測システム研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木惇也
2. 発表標題 RFSoc を用いた超伝導検出器のマイクロ波読み出し
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 本田俊介
2. 発表標題 CMB望遠鏡GroundBIRDのフルリモート観測に向けた開発状況
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 安達俊介
2. 発表標題 Millimeter-wave absorber using 3-D printed mold for cryogenic application
3. 学会等名 19th International Workshop on Low Temperature Detectors (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H.Kutsuma
2. 発表標題 Development of a design optimization method for hybrid-type MKIDs
3. 学会等名 日本天文学会2022年春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本田俊介
2. 発表標題 CMB望遠鏡GroundBIRDのコロナ禍での再始動
3. 学会等名 日本物理学会 第76回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Nishinomiya
2. 発表標題 Development of the characterization methods for tes bolometers for cmb measurements
3. 学会等名 19th International Workshop on Low Temperature Detectors (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西ノ宮ゆめ
2. 発表標題 CMB偏光観測に用いるTESボロメータの時定数測定
3. 学会等名 日本物理学会 第76回秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西ノ宮ゆめ
2. 発表標題 Simons Array実験における電波天体観測による望遠鏡の視線方向評価
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 T. Terasaki
2. 発表標題 Development of Al-Nb hybrid Lumped-Element Kinetic Inductance Detectors for infrared photon detection
3. 学会等名 19th International Workshop on Low Temperature Detectors (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺崎友規
2. 発表標題 CMB偏光観測用マイクロ波多重読み出し回路の測定
3. 学会等名 日本物理学会2021秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺崎友規
2. 発表標題 単一光子検出用集中定数型力学的インダクタンス検出器の開発
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 山田恭平, 他 POLARBEAR コラボレーション
2. 発表標題 Simons Array 実験における惑星観測による検出器評価
3. 学会等名 日本天文学会2021年秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuji Chinone
2. 発表標題 Polarbear/Simons Array
3. 学会等名 Cosmoglobe Kickoff Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 茅根裕司, 他
2. 発表標題 インフレーション起源Bモード検出に向けたE/Bモード分手法の開発
3. 学会等名 日本天文学会2021年秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 茅根裕司
2. 発表標題 Synergies between ALMA/LST and wide-field high-cadence CMB surveys
3. 学会等名 Synergies between ALMA and wide-field high-cadence multi-wavelength (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 茅根裕司
2. 発表標題 次世代地上実験による広天域・高精度・高頻度CMB 偏光観測と将来の素粒子・宇宙論解析
3. 学会等名 Upcoming CMB Observations & Cosmology (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuji Chinone
2. 発表標題 The search for primordial gravitational waves from cosmic inflation with CMB experiments in the Atacama desert and space
3. 学会等名 KMI Colloquium (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Kutsuma, M. Hattori, R. Koyano, S. Mima, S. Oguri, C. Otani, T. Taino, and O. Tajima
2. 発表標題 Novel measurement method for responsivity of microwave kinetic inductance detector by changing a power of readout microwaves
3. 学会等名 18th international workshop on Low Temperature Detectors (LTD18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kyungmin Lee, GroundBIRD Collaboration
2. 発表標題 GroundBIRD: CMB polarization experiment with MKID array
3. 学会等名 18th international workshop on Low Temperature Detectors (LTD18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Kutsuma他GroundBIRDコラボレータ
2. 発表標題 GroundBIRD: an experiment for CMB polarization observation with high-speed scan and MKIDs
3. 学会等名 The 20th Workshop on Submillimeter-Wave Receiver Technology in Eastern Asia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. ISHIDA, S. MIMA, 他GroundBIRD Collaboration
2. 発表標題 Development of MKIDs for the CMB polarization experiment "GroundBIRD"
3. 学会等名 超伝導エレクトロニクス研究会 (SCE)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島治、他GroundBIRD Collaboration
2. 発表標題 CMB偏光観測実験 GroundBIRDの観測地設置状況および性能評価
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小栗秀悟、他GroundBIRD Collaboration
2. 発表標題 CMB偏光観測実験 “GroundBIRD” - 観測所における回転冷却系の設置と運用
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会（2020年）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本多俊介、他GroundBIRD Collaboration
2. 発表標題 CMB偏光観測実験 “GroundBIRD” - 天体を用いた初期観測と望遠鏡の性能評価
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会（2020年）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 美馬寛、他GroundBIRD Collaboration
2. 発表標題 CMB偏光観測実験 “GroundBIRD” ?実験室での検出器の製作と評価
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会（2020年）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 沓間弘樹、他GroundBIRD Collaboration
2. 発表標題 CMB偏光観測実験GroundBIRD - 天体を用いた観測地での性能評価 -
3. 学会等名 日本天文学会2020春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長崎岳人 (理研)、他GroundBIRD Collaboration
2. 発表標題 CMB 観測実験 GroundBIRD における最終試験ならびに観測サイト整備状況
3. 学会等名 日本天文学会2019秋期年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西ノ宮ゆめ, Simons Observatory collaboration
2. 発表標題 CMB偏光観測に用いるTES性能評価における環境・手法の開発
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西ノ宮ゆめ, 木内健司, 日下暁人, Johannes HubmayrA, Adrian LeeB, C, Christopher RaumB, Trevor SasseB, Aritoki SuzukiC, Ben Westbrook
2. 発表標題 CMB偏光観測に用いるTESの熱的・電気的特性評価の進捗および光学評価の準備状況
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 茅根裕司 他
2. 発表標題 POLARBEAR実験による最新Bモード偏光観測結果の総括
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤野琢郎 他
2. 発表標題 POLARBEAR実験によるCMB円偏光成分の探索
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西野玄記 他
2. 発表標題 POLARBEAR-2/Simons Array実験の現状
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高取沙悠理 他
2. 発表標題 較正光源を用いた観測サイトにおけるPOLARBEAR-2の光学試験状況
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田邊大樹 他
2. 発表標題 POLARBEAR-2装置温度モニターシステム開発の現状
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 茅根裕司 他
2. 発表標題 POLARBEAR実験による重力レンズ起源Bモード偏光サーベイと原始重力波起源Bモード偏光サーベイの最新結果
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西野玄記 他
2. 発表標題 POLARBEAR-2実験の現状
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊地修平 他
2. 発表標題 POLARBEAR-2実験における望遠鏡常温部の温度モニターシステムの研究
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高取沙悠理 他
2. 発表標題 POLARBEAR-2用較正光源の観測サイトでの運用試験状況について
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Chinone
2. 発表標題 Ongoing Data Analyses at Polarbear and Prospects of Simons Array
3. 学会等名 FY2018 Symposium Conference for "Cosmic Acceleration" Research Grant program (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuji Chinone
2. 発表標題 CMB Activities @ Berkeley: Data Analysis, Systematic Study, and Hardware Deployment of POLARBEAR, Simons Array, and Simons Observatory
3. 学会等名 Accurate lensing in the era of precision Cosmology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nashimoto, M. Hattori
2. 発表標題 Can Amorphous Dusts Explain AME?
3. 学会等名 Dusting the Universe (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池満拓司, 小栗秀悟, 鈴木惇也, 田島治, 本多俊介
2. 発表標題 タイミング同期機能を実装した超伝導検出器MKID用データ取得システムの開発とその応用
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 阿部倫史, 安達俊介, 田島治
2. 発表標題 宇宙マイクロ波背景放射観測実験のための金属ワイヤーを用いたアンテナ角度較正装置の開発
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 茅根裕司
2. 発表標題 CMB偏光観測実験POLARBEARの最新結果とSimons Arrayパイプライン開発の進捗
3. 学会等名 日本天文学会 2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 茅根裕司
2. 発表標題 POLARBEARによる原始重力波起源Bモード解析の現状とSimons Arrayパイプライン開発の進捗
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 茅根裕司、他POLARBEAR Collaboration
2. 発表標題 POLARBEAR実験による原始重力波起源Bモード偏光観測・解析の現状と将来計画
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金子大輔、他POLARBEAR Collaboration
2. 発表標題 CMB 偏光観測実験 POLARBEAR-2の開発状況
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 金子大輔、他POLARBEAR Collaboration
2. 発表標題 POLARBEAR-2用較正光源スティミュレーターの開発と望遠鏡への組み込み
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 日下暁人
2. 発表標題 ニュートリノ質量和測定・TeV を超える物理の探索を実現する次世代CMB 観測
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 沓間弘樹、他GroundBIRDコラボレータ
2. 発表標題 CMB偏光観測実験GroundBIRD望遠鏡の検出器の応答性評価
3. 学会等名 日本天文学会 2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梨本真志、服部誠、山本哲生、F. Poidevin
2. 発表標題 アモルファスダスト熱放射による AME 放射起源の検証:遠赤外線からミリ波 帯への物理モデルに基づいたアモルファス熱放射モデルの適応
3. 学会等名 日本天文学会 2019年春季年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	木内 健司 (Kenji Kiuchi) (00791071)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・助教 (12601)	
研究分担者	小栗 秀悟 (Oguri Shugo) (20751176)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・助教 (82645)	
研究分担者	服部 誠 (Hattori Makoto) (90281964)	東北大学・理学研究科・准教授 (11301)	

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
研究分担者	鈴木 惇也 (Suzuki Jun-ya) (90795014)	京都大学・理学研究科・助教 (14301)	
研究分担者	田島 治 (Tajima Osamu) (80391704)	京都大学・理学研究科・准教授 (14301)	

	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	宮武 広直 (Miyatake Hironao) (20784937)	名古屋大学・高等研究院（理）・准教授 (13901)	
研究協力者	大谷 知行 (Ootani Chikou) (50281663)	国立研究開発法人理化学研究所・光子工学研究領域・チームリーダー (82401)	
研究協力者	茅根 裕司 (Chinone Yuji) (90649675)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・量子場計測システム国際拠点・特任助教 (82118)	
研究協力者	成瀬 雅人 (Naruse Masato) (10638175)	埼玉大学・理工学研究科・助教 (12401)	

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

米国	UC Berkeley	Lawrence Berkeley National Laboratory	UC San Diego	他1機関
韓国	コリア大学			
スペイン	カナリア天体物理研究所			
オランダ	SRON	Delft T. U.		