

令和 5 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01906

研究課題名(和文)半導体X線偏光計による中性子星表面近傍の強磁場環境と放射過程の解明

研究課題名(英文) Understanding strong magnetic fields and radiative processes on the surfaces of neutron stars with semiconductor X-ray polarimeters

研究代表者

小高 裕和 (Odaka, Hiroyasu)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・助教

研究者番号：50610820

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,000,000円

研究成果の概要(和文)：装置開発と天体データ解析の両面で強磁場中性子星へのガス降着の問題に取り組んだ。エネルギーが10-30 keVの硬X線帯域で偏光撮像観測の実現を目指し、「微小ピクセルCMOSイメージセンサ」と「微細加工による符号化開口マスク」を組み合わせることで実用的な小型偏光撮像システムを開発した。また、明るい中性子星連星である「Cen X-3」の広帯域X線データの解析を行い、時間変動の原因が星風に由来することを特定し、降着流の観測方向によるスペクトルの変化を高い精度で取得することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した撮像偏光計は、半導体検出器を光電吸収型偏光計として用いるという全く新しいものである。微細加工符号化開口マスクと組み合わせることで、非常に小さな撮像偏光計システムを構築することができ、将来の宇宙科学ミッションへの適用も期待できる。Cen X-3のデータ解析はNuSTAR衛星の高い統計量データを活かして、これまで曖昧だった天体の時間変動の議論を決着させ、降着流の物理モデルを構築するための重要な基礎になる。

研究成果の概要(英文)：We have studied gas accretion onto strongly magnetized neutron stars from the aspects of instrumentation and observational data analysis. We have developed a new compact hard X-ray imaging polarimeter using the combination of a fine-pixel CMOS imaging sensor and a coded mask. We have also found that the time variability of the disk-fed accreting pulsar Cen X-3 is caused by the stellar wind and have obtained spectral variability by the observer's direction.

研究分野：高エネルギー宇宙物理学

キーワード：中性子星 強磁場 X線偏光 符号化イメージング

1. 研究開始当初の背景

中性子星・ブラックホールのようなコンパクト天体のなかでも、1兆ガウスを超える強磁場を持つ中性子星へのガス降着は、未だ理論的な理解が得られていない、天体物理学の難関問題である。このような強磁場のもとでは、光子の散乱過程は大きく変更を受けるため、降着流の物理を理解するためには、散乱過程そのものとその結果の放射がどのようになるかを理解する必要がある。強磁場中の散乱は、光子の偏光状態に強く依存するため、X線偏光観測が極めて重要になる。しかし、研究開始当初、10 keV以上のエネルギーの硬X線の偏光測定は技術的に難しかった。(補足：50 keV以上の帯域ではコンプトン偏光計が実用化されている)

2. 研究の目的

本研究の目的は、強磁場中性子星への降着流という非常に複雑なシステムに対して、実験・理論の両面からこれまでにない手法でアプローチすることで、地上では到底実現できない強磁場のもとで物質と放射が如何に振る舞うかを解明することである。そのために研究計画を装置開発と天体のデータ解析に分け、次の2つを具体的な目的とする。(1) 10-30 keVの帯域の硬X線偏光観測を目指して、半導体ピクセル検出器を用いたX線撮像偏光計を開発すること。(2) 降着プラズマ流の3次元X線放射モデルを構築するため、既存の衛星を用いて降着型パルサーの広帯域X線スペクトルを取得し、その時間変動を理解すること。

3. 研究の方法

(1) 硬X線撮像偏光計の開発

「微小ピクセルCMOSイメージセンサ」と「微細加工による符号化開口マスク」を組み合わせることで実用的な小型偏光撮像システムを開発する。CMOSイメージセンサのデータ取得系を新規開発し、放射性同位体を用いたX線源やシンクロトロン放射光ビームを利用して性能評価を行う。特に偏光感度を評価することと偏光データ解析の手法を解析する。

(2) 広帯域X線スペクトルの解析

硬X線帯域(3-79 keV)に高い感度を持つ「NuSTAR」衛星による降着型パルサー(強磁場中性子星と普通の恒星の連星系で中性子星の自転に伴うパルスが観測される)の観測データを取得する。広帯域X線スペクトルの時間変動に着目し、その解析と天体物理的解釈を行う。

4. 研究成果

(1) 硬X線撮像偏光計の開発

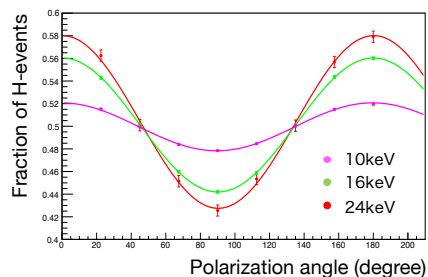
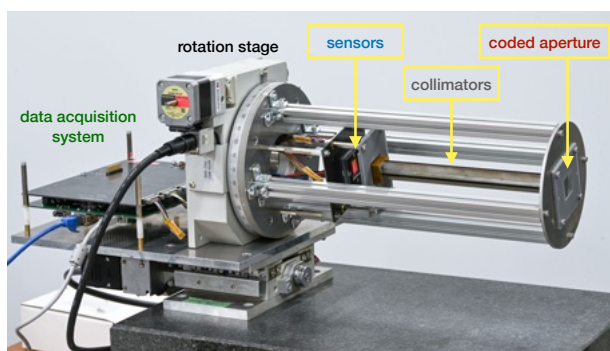
「微小ピクセルCMOSイメージセンサ」と「微細加工による符号化開口マスク」を組み合わせることで超小型衛星にも搭載可能なコンパクトな偏光撮像システムを開発した(図1)。シンクロトロン放射光施設SPring-8の直線偏光X線ビームを利用して、性能評価を行い、10-30 keVでの偏光感度を確立した。また、符号化開口マスクのパターンを分析し、偽像がほとんどでないパターンを発見した。統計的最適化アルゴリズムを利用して、符号化開口イメージングと偏光解析を組み合わせた新しい偏光撮像手法の開発にも成功した。本研究で開発した撮像偏光計は、半導体検出器を光電吸収型偏光計として用いるという全く新しいものであり、将来の宇宙科学ミッションへの適用も期待できる。

(2) 広帯域X線スペクトルの解析

明るい円盤降着型パルサーである「Cen X-3」のNuSTAR衛星による観測アーカイブデータを解析した(図2)。広帯域X線スペクトルの解析を行い、時間変動の原因が連星の相手の星の強い星風に由来することを特定した。また、降着流の観測方向によるスペクトルの変化を高い精度で取得し、降着流の立体的な構造を捉えることに成功した。本データ解析の結果をもとに、初めての軌道2周分の詳細観測をNASAに提案し、採択され、予定通り観測を実施した。Cen X-3のデータ解析はNuSTAR衛星の高い統計量データを活かして、これまで曖昧だった天体の時間変動の議論を決着させ、降着流の物理モデルを構築するための重要な基礎になる。

(3) 偏光データの解析・シミュレーションの開発

(1)(2)と並行して、IXPE衛星の軟X線偏光データ解析や降着プラズマ流の3次元X線放射モデルのためのシミュレーションの基礎開発を進めた。



Energy	Modulation factor
10 keV	4.24% ± 0.03%
16 keV	11.82% ± 0.06%
24 keV	15.15% ± 0.25%

図1：開発した硬 X 線撮像偏光計（左）と SPring-8 で取得した偏光モジュレーションカーブ（右）。偏光モジュレーションが得られたことで、この新しい偏光計が偏光に対して感度を持つことを実証した。

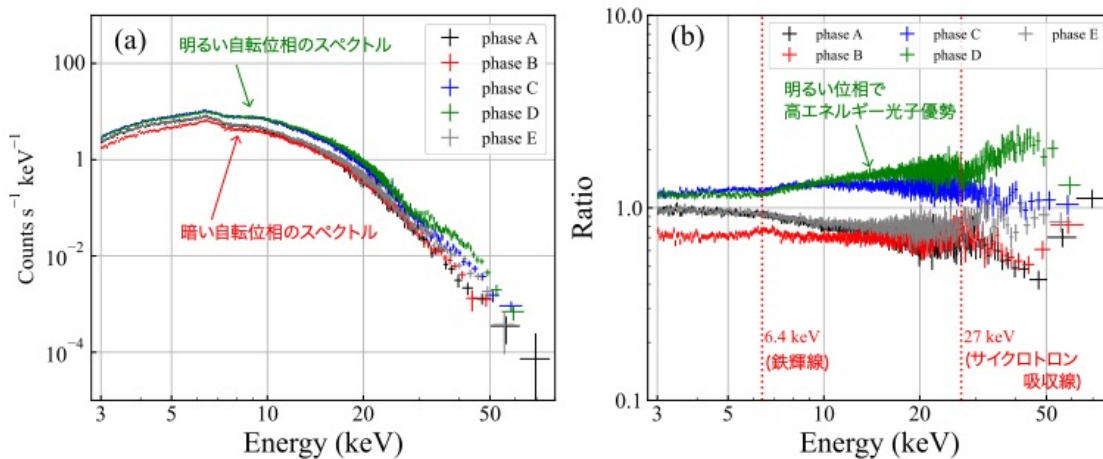


図2：NuSTAR 衛星がとらえた Cen X-3 の広帯域スペクトルの中性子星の時点に伴う変化。(a)は生のスペクトルデータであり、(b)は平均スペクトルとの比を取ったもの。明るく見える自転位相では高エネルギー光子が優勢になっていることを明らかにした。また、鉄輝線やサイクロトン共鳴散乱構造では時間変化が小さくなることも明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tanimoto Atsushi, Ueda Yoshihiro, Odaka Hirokazu, Ogawa Shoji, Yamada Satoshi, Kawaguchi Toshihiro, Ichikawa Kohei	4. 巻 897
2. 論文標題 Application of an X-Ray Clumpy Torus Model (XCLUMPY) to 10 Obscured Active Galactic Nuclei Observed with Suzaku and NuSTAR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 2~2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab96bc	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 Suzuki Hiromasa, Tamba Tsubasa, Odaka Hirokazu, Bamba Aya, Hagino Kouichi, Takeda Ayaki, Mori Koji, Hida Takahiro, Yukumoto Masataka, Nishioka Yusuke, Tsuru Takeshi G.	4. 巻 979
2. 論文標題 Development of the detector simulation framework for the Wideband Hybrid X-ray Imager onboard FORCE	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 164433 ~ 164433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2020.164433	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 Kasuga Tomoaki, Odaka Hirokazu, Hatauchi Kosuke, Takashima Satoshi, Tamba Tsubasa, Aizawa Yuki, Hashiba Soichiro, Bamba Aya, Zhou Yuanhui, Tamagawa Toru	4. 巻 6
2. 論文標題 Artifact-less coded aperture imaging in the x-ray band with multiple different random patterns	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JATIS.6.3.035002	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 Hagino Kouichi, Odaka Hirokazu, Sato Goro, Sato Tamotsu, Suzuki Hiromasa, 他	4. 巻 6
2. 論文標題 Origin of the in-orbit instrumental background of the Hard X-ray Imager onboard Hitomi	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems	6. 最初と最後の頁 46003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JATIS.6.4.046003	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 Mizumoto Misaki、Nomura Mariko、Done Chris、Ohsuga Ken、Odaka Hirokazu	4. 巻 503
2. 論文標題 UV line-driven disc wind as the origin of UltraFast Outflows in AGN	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1442 ~ 1458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa3282	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 Terada Yukikatsu、Holland Matt、Loewenstein Michael、Tashiro Makoto、Takahashi Hiromitsu、他	4. 巻 7
2. 論文標題 Detailed design of the science operations for the XRISM mission	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems	6. 最初と最後の頁 37001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JATIS.7.3.037001	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 Makishima K.、Tamba T.、Aizawa Y.、Odaka H.、Yoneda H.、Enoto T.、Suzuki H.	4. 巻 923
2. 論文標題 Discovery of 40.5 ks Hard X-Ray Pulse-phase Modulations from SGR 1900+14	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 63 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac28fd	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 Tamba Tsubasa、Odaka Hirokazu、Bamba Aya、Murakami Hiroshi、Mori Koji、Hayashida Kiyoshi、Terada Yukikatsu、Mizuno Tsunefumi、Nobukawa Masayoshi	4. 巻 74
2. 論文標題 Simulation-based spectral analysis of X-ray CCD data affected by photon pile-up	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 364 ~ 383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab131	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 Tsuzuki Yutaka, Watanabe Shin, Oishi Shimpei, Nakamura Nobuyuki, Numadate Naoki, Odaka Hirokazu, Uchida Yuusuke, Yoneda Hiroki, Takahashi Tadayuki	4. 巻 92
2. 論文標題 An application of a Si/CdTe Compton camera for the polarization measurement of hard x rays from highly charged heavy ions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 063101 ~ 063101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0050826	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 Tsuji Naomi, Yoneda Hiroki, Inoue Yoshiyuki, Aramaki Tsuguo, Karagiorgi Georgia, Mukherjee Reshmi, Odaka Hirokazu	4. 巻 916
2. 論文標題 Cross-match between the Latest Swift-BAT and Fermi-LAT Catalogs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 28 ~ 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac0341	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 Odaka Hirokazu, Kasuga Tomoaki, Hatauchi Kosuke, Tamba Tsubasa, Takashima Satoshi, Suzuki Hiromasa, Aizawa Yuki, Bamba Aya, Watanabe Taihei, Nammoku Sorato, Tanimoto Atsushi	4. 巻 11444
2. 論文標題 Concept of a CubeSat-based hard x-ray imaging polarimeter: cipher	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 114445V
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2560615	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 Tamba Tsubasa, Bamba Aya, Odaka Hirokazu, Enoto Teruaki	4. 巻 71
2. 論文標題 Temporal and spectral X-ray properties of magnetar SGR?1900+14 derived from observations with NuSTAR and XMM-Newton	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 90-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz073	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 Soffitta Paolo et al.	4. 巻 162
2. 論文標題 The Instrument of the Imaging X-Ray Polarimetry Explorer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astronomical Journal	6. 最初と最後の頁 208 ~ 208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-3881/ac19b0	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 Baldini L. et al.	4. 巻 133
2. 論文標題 Design, construction, and test of the Gas Pixel Detectors for the IXPE mission	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astroparticle Physics	6. 最初と最後の頁 102628 ~ 102628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.astropartphys.2021.102628	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 Weisskopf Martin C. et al.	4. 巻 8
2. 論文標題 Imaging X-ray Polarimetry Explorer: prelaunch	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems	6. 最初と最後の頁 26002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/1.JATIS.8.2.026002	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 Taverna Roberto et al.	4. 巻 378
2. 論文標題 Polarized x-rays from a magnetar	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 646 ~ 650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.add0080	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 Xie Fei et al.	4. 巻 612
2. 論文標題 Vela pulsar wind nebula X-rays are polarized to near the synchrotron limit	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 658 ~ 660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-022-05476-5	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 Kawashima Tomohisa, Kino Motoki, Akiyama Kazunori	4. 巻 878
2. 論文標題 Black Hole Spin Signature in the Black Hole Shadow of M87 in the Flaring State	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 27 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab19c0	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 Kawashima Tomohisa, Ohsuga Ken	4. 巻 72
2. 論文標題 Super-critical column accretion on to strongly magnetized neutron stars in ULX pulsars	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz136	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 Kawashima Tomohisa, Toma Kenji, Kino Motoki, Akiyama Kazunori, Nakamura Masanori, Moriyama Kotaro	4. 巻 909
2. 論文標題 A Jet-bases Emission Model of the EHT2017 Image of M87*	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 168 ~ 168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abd5bb	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 Inoue Akihiro, Ohsuga Ken, Kawashima Tomohisa	4. 巻 72
2. 論文標題 Pulsed fraction of super-critical column accretion flows on to neutron stars: Modeling of ultraluminous X-ray pulsars	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa010	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 -

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Odaka Hirokazu
2. 発表標題 Concept of a CubeSat-based hard x-ray imaging polarimeter: cipher
3. 学会等名 SPIE (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoaki Kasuga
2. 発表標題 cipher: a CubeSat-Based Hard X-ray Imaging Polarimetry Mission
3. 学会等名 YITP workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoaki Kasuga
2. 発表標題 Concept of the cipher Mission: a Cube- Sat for the Imaging Polarimetry in the Hard X- ray Band
3. 学会等名 43rd COSPAR Scientific Assembly (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Satoshi Takashima
2. 発表標題 GRAMS project: A MeV gamma- ray large area telescope using liquid argon and its concept study
3. 学会等名 YITP workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丹波翼
2. 発表標題 X線分光撮像衛星 XRISM 搭載 CCD 検出器のためのパイル アップの分析と補正アルゴリズムの開発 (2)
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 谷本敦
2. 発表標題 クランピートーラスからのX線スペクトルモデルを用いた Compton-thick AGN の広帯域X線スペクトル系統解析
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 畠内康輔
2. 発表標題 CMOS イメージセンサを用いた硬X線撮像偏光計の開発 III
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高嶋聡
2. 発表標題 GRAMS実験 2: 液体アルゴン検出器における多重コンプトン散乱イベントの解析
3. 学会等名 日本物理学会秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊泰平
2. 発表標題 CMOSイメージャを用いたX線偏光撮像システムの開発 VI: シミュレーションによる検討
3. 学会等名 日本物理学会秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丹波翼
2. 発表標題 X-ray observational study for emission mechanism of neutron stars
3. 学会等名 XPS 研究交流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡邊泰平
2. 発表標題 CMOSイメージャを用いたX線偏光撮像システムの開発 VII: 読み出し系の開発
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 丹波翼
2. 発表標題 X線偏光撮像システムの開発 VIII: 偏光イメージング 再構成手法の開発
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 高嶋聡
2. 発表標題 GRAMS 実験 4: 液体アルゴン 検出器のエネルギー測定性能と宇宙線バックグラウンドの研究
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 畠内康輔
2. 発表標題 CMOSイメージセンサを用いた硬X線撮像偏 光計の開発 IV
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 小高裕和
2. 発表標題 GRAMS 計画 1: MeV ガンマ線観測・ダークマター探索気球実験
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小高裕和
2. 発表標題 CMOSイメージャを用いたX線偏光撮像システムの開発 V: 開発と性能評価の現状
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 小高裕和
2. 発表標題 GRAMS実験 1: MeVガンマ線観測・ダークマター探索気球実験 ミッション概要
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 小高裕和
2. 発表標題 GRAMS計画 2: MeV ガンマ線観測・ダークマター探索気球実験
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 會澤優輝
2. 発表標題 CMOS イメージャを用いたX線偏光撮像システムの開発 III
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 春日知明
2. 発表標題 硬X線帯域観測に向けたランダムパターン符号化開口の考察
3. 学会等名 第2回 MeVガンマ線天文学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 春日知明
2. 発表標題 宇宙硬X線偏光撮像の開拓者 cipher
3. 学会等名 第 27 回衛星設計コンテスト
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 春日知明
2. 発表標題 CMOS イメージャを用いたX線偏光撮像システムの開発 IV
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 丹波翼
2. 発表標題 NuSTAR と XMM-Newton を用いたマグネター SGR 1900+14のX線観測
3. 学会等名 第 2 回 MeV ガンマ線天文学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小高裕和
2. 発表標題 CMOSイメージセンサを用いた硬X線撮像偏光計の開発
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 畠内康輔
2. 発表標題 CMOSイメージセンサを用いた硬X線撮像偏光計の開発 II
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高嶋聡
2. 発表標題 降着中性子星 SMC X-1 の「すざく」衛星による X 線スペクトル解析”，日本天文学会 2019 年秋季大会
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高嶋聡
2. 発表標題 「すざく」衛星による降着中性子星 SMC X-1 の広がった鉄輝線の解析とその軌道・超軌道位相依存性
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小高裕和
2. 発表標題 半導体イメージセンサによる X線偏光撮像・液体アルゴン TPC による MeV ガンマ線観測
3. 学会等名 高宇連将来計画研究会
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	玉川 徹 (Tamagawa Toru) (20333312)	国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・主任研究員 (82401)	
研究 分担者	川島 朋尚 (Kawashima Tomohisa) (90750464)	東京大学・宇宙線研究所・特任研究員 (12601)	

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