

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03724

研究課題名（和文）太陽軟X線撮像分光で拓く磁気再結合・粒子加速研究の新地平：ロケット実験から衛星へ

研究課題名（英文）New horizons in research of magnetic reconnection and particle acceleration opened by solar soft X-ray imaging-spectroscopy: demonstrated by a sounding rocket experiment for a future satellite mission

研究代表者

成影 典之（Narukage, Noriyuki）

国立天文台・太陽観測科学プロジェクト・助教

研究者番号：50435806

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,570,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、磁気再結合と粒子加速の理解のために、太陽フレアに対する軟X線・2次元集光撮像分光観測の実現を目指した研究を実施した。この観測の鍵となるのが、軟X線に感度を持ち、1秒間に数百毎以上の高速連続露光が可能な裏面照射型CMOS検出器を用いたカメラシステムである。そこで本研究では、我々が開発したCMOSカメラシステムをNASAの観測ロケット(FOXSI-3)に搭載し、非フレア時ではあるが太陽コロナの軟X線集光撮像分光観測を世界で初めて成功させた。一方、将来の衛星を用いた太陽フレア観測を目指し、その実用に耐えうるCMOS検出器とカメラシステムの基礎開発を実施、必要となる基礎技術を獲得した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

太陽は人類に最も身近な天体であり、そこで起きる現象の理解は知的価値だけに留まらない。例えば、太陽フレアによって生成される高エネルギー粒子（加速粒子）やX線などの電磁波は、地球周辺の宇宙環境に大きな影響を及ぼす。つまり、本研究が目指す粒子加速過程の理解は、太陽フレアによる宇宙天気変動の理解や、社会環境への影響の把握を通じて社会へ貢献し得る。加えて本研究は、半導体検出器、高速データ処理回路などの最先端技術を活用しており、工学・産業分野との連携で成り立っている。本計画の推進において、現時点でも既に新たな技術の獲得がなされており、今後も更なる工学・産業分野への波及効果が期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study aims to realize two-dimensional focusing imaging-spectroscopy in the soft X-ray band for solar flares in order to understand magnetic reconnection and particle acceleration. The key to this observation is a camera system using a back-illuminated CMOS sensor, which is sensitive to soft X-rays and capable of high-speed continuous exposure of several hundred times per second or more. In this study, we installed our CMOS camera system on NASA's sounding rocket (FOXSI-3) and succeeded in soft X-ray focusing imaging-spectroscopy of the solar corona for the first time in the world, although during non-flare condition. On the other hand, we have developed CMOS detector and camera system for future solar flare observations using a satellite, and successfully obtained the necessary basic technologies.

研究分野：太陽物理学

キーワード：粒子加速 磁気再結合 X線撮像分光観測 観測ロケット実験 FOXSI-3 観測ロケット実験 FOXSI-4 衛星計画 PhoNiX 太陽 フレア

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

磁気再結合は、プラズマ中の反平行成分を持つ磁力線同士がつながり変わることによって、磁気エネルギーを効率的に運動エネルギー(粒子の加速)や熱エネルギーへと変換させるプロセスである。宇宙においては磁気エネルギーが様々な活動現象・爆発現象のエネルギー源であり、磁気再結合がこれらの現象の駆動機構として重要であることが知られている。しかし、実際に起きている現象の時間スケールを説明するには、速い磁気再結合が必要である。最新のモデルでは、磁気流体力学における不安定性の一つであるティアリング不安定性によって多数の小さなプラズマの塊(プラズモイド)が生成し、磁気再結合によってその塊同士が合体、磁気再結合領域を大きくしながら、急速に磁場エネルギーを解放していくと説明されている。このモデルを検証するには、温度・密度などの物理量を測定し、定量的に調べた観測的証拠をそろえる必要がある。

一方、磁気再結合が駆動する諸現象の中で、注目すべきは粒子の加速である。加速された粒子は宇宙の至る所で見つかっているが、その加速メカニズムは完全には解明されておらず、宇宙科学における未解決の難問である。近年では、短時間の加速現象については、磁気再結合が関係しているのではないかと考えられている。良く知られている例は太陽フレアであるが、それでも観測から得られているのは「加速済みの粒子」の情報がほとんどで、太陽フレア領域全体を観測して「加速の現場」を捉えた例は数例しかなく、加速のプロセスそのものは未解明である。観測の観点からは、今後新たな観測手法を導入し、観測的に加速の現場を捉える必要がある。

この様に、磁気再結合と粒子加速はプラズマ物理における未解決の基礎研究課題であり、かつ密接に関係している。また、これらは様々なプラズマ環境で発生しているため、統一的な理解も必要である。即ち、磁気再結合と粒子加速は、分野横断的に理解すべき極めて重要な問いである。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、磁気再結合と粒子加速の理解のために必要な新機軸の観測手法を開拓し、その手法の技術的・科学的実証を行うことである。具体的には、太陽フレアを観測対象とし、軟X線域(エネルギー解放初期に熱的成分と非熱的成分の両方の観測に最適である 0.5 keV 程度 ~ 10 keV 程度のエネルギー帯域)における2次元集光撮像分光観測を行う。この手法を用いることで、太陽フレア領域全域を適切に空間分解した上で、磁気再結合や粒子加速に関連する構造、および、加速電子そのもののエネルギースペクトルの時間発展を追跡することが可能となり、磁気再結合と粒子加速の理解に迫ることが出来る。そのためには、太陽フレアの時間スケールよりも短い時間間隔でスペクトルを作成するための技術、例えば、毎秒数百枚程度の高速度読み出し可能なX線用のカメラシステムが必要であるが、その実現は技術的に困難であった。本研究では、我々が開発と評価を進めてきたCMOS検出器技術を活用することで、このキーデバイスを実現し、太陽フレアに対する軟X線域の2次元集光撮像分光観測を実現するための基盤を構築する。

### 3. 研究の方法

まず、我々が開発してきたX線用高速度カメラをNASAの観測ロケットに搭載し、太陽軟X線・2次元集光撮像分光観測の実証実験を実施する。その後、将来の衛星を用いた太陽フレア観測に向け、最適な検出器とカメラの基礎開発を実施する。以下にこれらの研究方法の詳細を記載する。

【日米共同・観測ロケット実験 FOXSI-3 の実施】 日米共同・太陽X線集光撮像分光観測ロケット実験 Focusing Optics Solar X-ray Imager (FOXSI) の3回目の打ち上げ(FOXSI-3)に、我々が開発した「裏面照射型CMOS検出器を用いた軟X線用高速度カメラ」を搭載し、世界初となる太陽コロナ(非フレア時)の軟X線2次元集光撮像分光観測を実施する。

【衛星搭載に向けた軟X線・2次元撮像カメラの基礎開発】 衛星による観測が実現すれば、年単位での定常的な観測が可能となり、様々な規模・種類のフレアが観測出来る。しかし、観測装置は宇宙の厳しい環境に長期間さらされる。また、観測対象であるフレア自体からも強烈なX線を受ける。そこで本研究では、衛星による太陽フレア観測に耐えうるCMOS検出器の開発を行う。

一方、CMOS検出器から出てくるデータ量は毎秒数百MBと膨大である。衛星に搭載できるデータレコーダーの容量は有限であるため(数10GB程度を想定)、リアルタイムでデータ量を減らすことが求められる。検出器から出力されるデータから有効な光子情報のみを抽出すれば、データ量は約1/100の毎秒数MB以下に減らすことができ、衛星搭載レコーダーでもフレア発生時の観測データを十分保存できる。そこで本研究では、宇宙用で実績のあるロジックボードの能力(最新の民生品より低い能力)でも対応できるように、光子検出ロジックを最適化し、フレア観測用CMOS検出器と合わせて、衛星搭載に向けた軟X線・2次元撮像カメラシステムを開発する。

### 4. 研究成果

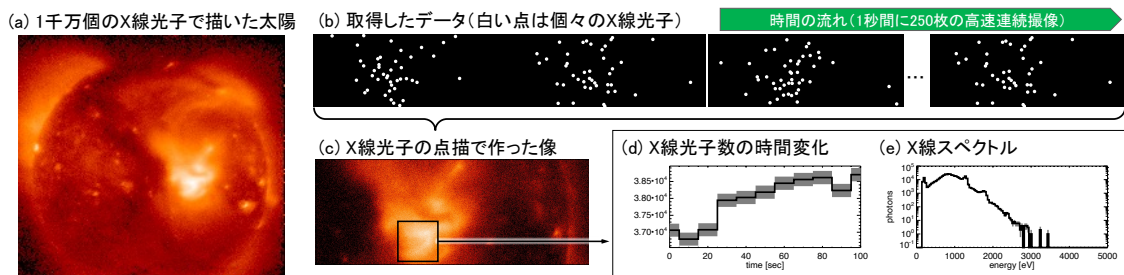
研究の方法に記載した2つの方法について、それぞれの成果を記載する。また、その成果によって拓かれた将来展開について説明する。

【日米共同・観測ロケット実験 FOXSI-3 の実施】 2018年9月7日、日米共同観測ロケット実験 FOXSI-3 の打ち上げを行い、世界初となる太陽コロナの軟X線2次元集光撮像分光観測を成功させた。観測時間は、高度150km以上を弾道飛行する間の約6分間と短いものであるが、その間にロケットの姿勢を5回変更し、太陽全面をくまなく観測、活動領域・静穏領域・X線輝点・雲状にプラズマが広がった構造・太陽の北極領域・コロナホールなど、特徴の異なる様々なコロナ構造の観測に成功した(図(a)参照)。検出したX線光子の数は合計で一千万個以上にも上り

(図(b)参照)、これらを用いることで、各構造の X 線スペクトルの時間発展を追うことが出来る(図(c)-(e)参照)。現在、観測装置の機器較正と地球大気による吸収の影響の評価がほぼ完了し、科学データ解析を実施している。ここでは、その一つの例を紹介する。我々は、太陽面上に点在する複数の X 線輝点でのエネルギー解放現象に着目し、そのスペクトルの時間発展を調査している。これにより、定常的に存在する成分を取り除くことができ、既存のエネルギー分解能を持たない観測装置では検出できなかった極めて小さなエネルギー解放現象の検出に成功した。この検出により、未発見のエネルギー解放について定量的に議論することができ、太陽物理学における重要未解決問題であるコロナ加熱問題の解明に向けた大きな成果が出せると考えている。

この様に、FOXSI-3 の成功によって、X 線 2 次元集光撮像分光観測という新しい観測手法の技術的実現性と科学的優位性を確かめることが出来た。我々は、FOXSI-3 の科学成果を最大化するために、データの公開も計画しており、それに向けたデータ解析用ソフトウェアも開発した。

図：FOXSI-3 で実施した世界初の太陽軟 X 線・2 次元集光撮像分光観測：観測時間は約 6 分間と短いですが、太陽全面を観測することに成功した(a)。FOXSI-3 の最大の特徴は光子計測で、太陽コロナから放たれた軟 X 線光子 1 個 1 個に対し、それぞれが持つ位置・時間・エネルギー情報を計測した(b)。これにより、空間構造(c)、時間変化(d)、スペクトル(e)などが調査できる。



【衛星搭載に向けた軟 X 線・2 次元撮像カメラの基礎開発】 FOXSI-3 の成功の鍵となったのが、我々が開発した「裏面照射型 CMOS 検出器を用いた軟 X 線高速度カメラ」であった (Narukage et al. 2020, Ishikawa et al. 2018)。しかし、FOXSI-3 で用いた CMOS 検出器に太陽フレアを観測した場合と同等量の X 線を照射した所、最短 100 秒程度でダメージ (ベDESTAL レベルとノイズの増加) が生じた。これでは 1 回の太陽フレアさえも十分に観測することが出来ない。そこで、この原因を調査すべく、感受層の厚さのみ異なる CMOS も評価したところ、感受層の厚さが増すほどダメージの症状が現れるまでの時間が長くなり、感受層の X 線透過率と耐性の増加には相関があることが判った。このことから、ダメージを受けていた箇所は、X 線の入射側から見て感受層の後面にある回路層であると結論づけた。そして、X 線に対する耐性の向上には、感受層の厚みを 15 ミクロン以上に増やすことが不可欠であるという結論に至った。感受層の厚みを増やすことは、検出器の X 線に対する感度の向上にも繋がり、多くの利点がある。ただし、エネルギー分解能を確保するために、完全空乏化した上で厚みを増やす必要がある。そこで、本研究では 2 つのアプローチを実施した。なお、FOXSI-3 に用いた CMOS の感受層の厚みは 4 ミクロンであった。

1 つ目は、国産 SOI 技術を活用し、比抵抗の大きな完全空乏化したシリコンから成る感受層を、回路層に接合するというものである。これにより、厚い感受層が確保できる。本研究では、太陽フレア観測に必要なスペックを定義し、それを満たす検出器の実現可能性検討を実施した。結果、実現可能であるという結論を得るに至った。次の開発ステップは、評価用チップ (TEG) の試作となるが、それにはまとまった費用が必要で、今後、改めて予算を確保して実施する必要がある。

2 つ目は、FOXSI-3 に搭載した CMOS 検出器 (外国製) の感受層の厚みを 25 ミクロンにするとともに、完全空乏化するというものである。メーカーの多大な協力もあり試作品が完成したため、この試作検出器の X 線に対する光子計測能力と耐性を評価した。結果、光子計測能力の重要なパラメータであるエネルギー分解能と感度に向上があり、X 線に対する耐性も期待通り格段に向上していた。ただし、感受層が厚くなったことで、X 線光子が作る信号が周辺のピクセルにまで広がる傾向が強くなった。この点に関しては改善が必要であり、今後の研究課題である。

以上のように、太陽フレア観測に向けた CMOS 検出器開発は、大きな成果を得ることができた。

また、宇宙用で実績のあるロジックボード RTG4 を用いた光子検出ロジックの検討も行った。具体的には、RTG4 用の FPGA ロジックを構築した上で、FOXSI-3 に搭載した CMOS 検出器で取得したデータを擬似入力データとして用い、リアルタイムでの光子検出が可能かを評価した。その結果、リアルタイムで処理可能との結論が得られた。なお、この検討は他の予算も使用した。

【将来展開】 以上のように、本研究で計画していた、「日米共同・観測ロケット実験 FOXSI-3 の実施」と「衛星搭載に向けた軟 X 線・2 次元撮像カメラの基礎開発」は予定通り完遂した。これを受け、この新しい X 線観測手法を用いた世界初の太陽フレア観測に挑むロケット実験 (FOXSI-4) を日米共同で NASA に提案、Excellent の最高評価で採択された。FOXSI-4 の打ち上げは 2024 年春を予定している。また、この手法で太陽フレアを観測する衛星計画 (PhoENiX) の推進にも弾みが付いた。この様に、本研究の成果を基盤とした将来計画も確実に芽吹いている。

(引用文献)

- ① Narukage et al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, 950, 162974 (2020)
- ② Ishikawa et al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A, 912, p. 191-194. (2018)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Buitrago-Casas J.C., Christe S., Glesener L., Krucker S., Ramsey B., Bongiorno S., Kilaru K., Athiray P.S., Narukage N., Ishikawa S., Dalton G., Courtade S., Musset S., Vievering J., Ryan D., Bale S.	4. 巻 15
2. 論文標題 Use of a ray-tracing simulation to characterize ghost rays in the FOXSI rocket experiment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P11032 ~ P11032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/15/11/P11032	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 Narukage Noriyuki, Ishikawa Shin-nosuke, Sakao Taro, Wang Xinyang	4. 巻 950
2. 論文標題 High-speed back-illuminated CMOS sensor for photon-counting-type imaging-spectroscopy in the soft X-ray range	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 162974 ~ 162974
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2019.162974	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 Athiray P. S., Vievering Juliana, Glesener Lindsay, Ishikawa Shin-nosuke, Narukage Noriyuki, Buitrago-Casas Juan Camilo, Musset Sophie, Inglis Andrew, Christe Steven, Krucker Sam, Ryan Daniel	4. 巻 891
2. 論文標題 FOXSI-2 Solar Microflares. I. Multi-instrument Differential Emission Measure Analysis and Thermal Energies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 78 ~ 78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab7200	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 Musset Sophie, Buitrago-Casas Juan Camilo, Glesener Lindsay, Bongiorno Stephen, Courtade Sasha, Athiray P. Subramania, Vievering Juliana, Ishikawa Shin-nosuke, Narukage Noriyuki, et al.	4. 巻 11118
2. 論文標題 Ghost-ray reduction and early results from the third FOXSI sounding rocket flight	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 id. 1111812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2530029	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 Ishikawa Shin-nosuke, Takahashi Tadayuki, Watanabe Shin, Narukage Noriyuki, Miyazaki Satoshi, Orita Tadashi, Takeda Shin'ichiro, Nomachi Masaharu, Fujishiro Iwao, Hodoshima Fumio	4. 巻 912
2. 論文標題 High-speed X-ray imaging spectroscopy system with Zynq SoC for solar observations	5. 発行年 2018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 191 ~ 194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2017.11.033	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69件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 25件)

1. 発表者名 成影 典之、岡 光夫、深沢 泰司、松崎 恵一、渡辺 伸、坂尾 太郎、萩野 浩一、三石 郁之、水野 恒史、篠原 育、川手 朋子、下条 圭美、高棹 真介、田辺 博士、上野 宗孝、高橋 忠幸、高島 健、太田 方之、他PhoENiXワーキンググループ
2. 発表標題 磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画PhoENiXの進捗報告 (2020年秋)
3. 学会等名 日本天文学会2020年秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長澤 俊作、川手 朋子、成影 典之、高橋 忠幸、Amir Caspi, Tom Woods
2. 発表標題 超小型衛星を用いた太陽フレアからの熱的・非熱的放射の時間発展の研究II
3. 学会等名 日本天文学会2020年秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小高 裕和、畠内 康輔、春日 知明、渡邊 泰平、丹波 翼、鈴木 寛大、高嶋 聡、南木 宙斗、谷本 敦、馬場 彩、周 圓輝、玉川 徹、長澤 俊作、峰 海里、高橋 忠幸、成影 典之、佐久間 翔太郎、朝倉 一統、林田 清
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2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	Noriyuki Narukage, Mitsuo Oka, Yasushi Fukazawa, Keiichi Matsuzaki, Shin Watanabe, Taro Sakao, Kouichi Hagino, Ikuyuki Mitsuishi, Tsunefumi Mizuno, Iku Shinohara, Masumi Shimojo, Shinsuke Takasao, Hiroshi Tanabe, Munetaka Ueno, Tadayuki Takahashi, Takeshi Takashima, Masayuki Ohta
2. 発表標題	Satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region)
3. 学会等名	SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	Taro Sakao, Satoshi Matsuyama, Jumpei Yamada, Takato Inoue, Kentaro Hata, Hiroyuki Yamaguchi, Taku Hagiwara, Nami Nakamura, Kazuto Yamauchi, Yoshiki Kohmura, Yoshinori Suematsu, Noriyuki Narukage
2. 発表標題	Development of precision Wolter mirrors towards PhoENiX mission for the Sun
3. 学会等名	SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation 2020 (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	成影 典之、岡 光夫、深沢 泰司、松崎 恵一、渡辺 伸、坂尾 太郎、萩野 浩一、三石 郁之、水野 恒史、篠原 育、下条 圭美、高棹 真介、田辺 博士、上野 宗孝、高橋 忠幸、高島 健、太田 方之、他 PhoENiX WG メンバー
2. 発表標題	磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画 PhoENiX
3. 学会等名	第21回 宇宙科学シンポジウム (2020年度)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	岡 光夫、深沢泰司、成影典之、PhoENiX科学検討チーム
2. 発表標題	PhoENiXミッションの科学目的
3. 学会等名	第21回 宇宙科学シンポジウム (2020年度)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名 坂尾 太郎、松山 智至、井上 陽登、波多 健太郎、萩原 拓、中村 南美、西岡 柚香、田中 優人、山内 和人、山田 純平、香村 芳樹、末松 芳法、成影 典之
2. 発表標題 PhoENiXに向けた高精度軟X線Wolterミラー開発研究の現状
3. 学会等名 第21回 宇宙科学シンポジウム (2020年度)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 成影 典之、渡辺 伸、坂尾 太郎、高橋 忠幸、長澤 俊作、南 喬博、三石 郁之、川手 朋子、石川 真之介、Lindsay Glesener 他
2. 発表標題 日米共同・太陽フレアX線集光撮像分光観測ロケット実験FOXSI-4
3. 学会等名 第21回 宇宙科学シンポジウム (2020年度)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 成影 典之、長澤 俊作、川手 朋子、萩野 浩一、三石 郁之、渡辺 伸、坂尾 太郎、松崎 恵一、高橋 忠幸、石川 真之介
2. 発表標題 太陽X線光子計測データの解析
3. 学会等名 2020 (令和2) 年度 宇宙科学情報解析シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Noriyuki Narukage
2. 発表標題 PhoENiX (solar X-ray imaging-spectroscopy and soft gamma-ray spectro-polarimetry)
3. 学会等名 第20回高宇連研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊 泰平、小高 裕和、畠内 康輔、春日 知明、丹波 翼、鈴木 寛大、高嶋 聡、南木 宙斗、谷本 敦、馬場 彩、佐久間 翔太郎、林田 清、成影 典之、高橋 忠幸
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 第76回年次大会（2021年）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 成影 典之、渡辺 伸、坂尾 太郎、高橋 忠幸、長澤 俊作、南 喬博、三石 郁之、川手 朋子、石川 真之介、Lindsay Glesener 他
2. 発表標題 日米共同・太陽フレアX線集光撮像分光観測ロケット実験FOXSI-4（概要）
3. 学会等名 日本物理学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺 伸、成影 典之、長澤 俊作、南 喬博、高橋 忠幸
2. 発表標題 日米共同・太陽フレアX線集光撮像分光観測ロケット実験FOXSI-4（CdTe半導体焦点面検出器の開発）
3. 学会等名 日本物理学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長澤 俊作、川手 朋子、成影 典之、高橋 忠幸、Amir Caspi、Tom Woods
2. 発表標題 超小型衛星を用いた太陽フレアからの熱的・非熱的放射の時間発展の研究III
3. 学会等名 日本物理学会2021年春季大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 成影 典之、渡辺 伸、坂尾 太郎、高橋 忠幸、長澤 俊作、南 喬博、三石 郁之、川手 朋子、石川 真之介、Lindsay Glesener、FOXSI-4 members
2. 発表標題 日米共同・太陽フレアX線集光撮像分光観測ロケット実験FOXSI-4
3. 学会等名 第3回 観測ロケットシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taro Sakao, Satoshi Matsuyama, Jumpei Yamada, Takato Inoue, Taku Hagiwara, Kentaro Hata, Hiroyuki Yamaguchi, Nami Nakamura, Kazuto Yamauchi, Yoshiki Kohmura, Yoshinori Suematsu, Noriyuki Narukage and Shin-nosuke Ishikawa
2. 発表標題 Advances in the Development of Precision Wolter Mirrors for Future Observations of the Sun
3. 学会等名 XOPT2019; International Conference on X-ray Optics and Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成影 典之、岡 光夫、深沢 泰司、松崎 恵一、渡辺 伸、坂尾 太郎、石川 真之介、萩野 浩一、三石 郁之、水野 恒史、篠原 育、下条 圭美、高棹 真介、田辺 博士、上野 宗孝、高橋 忠幸、高島 健、太田 方之
2. 発表標題 Satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region)
3. 学会等名 JpGU2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Noriyuki Narukage, Mituso Oka, Yasushi Fukazawa, Keiichi Matsuzaki, Shin Watanabe, Taro Sakao, Shin-nosuke Ishikawa, Kouichi Hagino, Ikuyuki Mitsuishi, Tsunefumi Mizuno, et al.
2. 発表標題 Satellite mission PhoENiX: Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (=magnetic reconnection) region
3. 学会等名 18th RHESSI Workshop (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Noriyuki Narukage
2 . 発表標題 Satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region)
3 . 学会等名 AAS Meeting 234 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Juan Camilo Buitrago-Casas, Lindsay Glesener, Sasha Courtade, Juliana Vievering, Subramania Athiray Panchapakesan, Sophie Musset, Daniel Ryan, Gregory Dalton, Shin-Nosuke Ishikawa, Noriyuki Narukage, et al.
2 . 発表標題 The FOXSI-3 rocket: Overview and early results of its latest flight
3 . 学会等名 AAS Meeting 234 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 P. S. Athiray, Lindsay Glesener, Juliana Vievering, Shin-Nosuke Ishikawa, Andrew Inglis, Noriyuki Narukage, DanielRyan, Juan Camilo Buitrago-Casas, Steven Christe, Sophie Musset, Sam Krucker
2 . 発表標題 FOXSI-2 Solar Microflares : Multi-Instrument Differential Emission Measure Analysis
3 . 学会等名 AAS Meeting 234 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Noriyuki Narukage, Mituso Oka, Yasushi Fukazawa, Keiichi Matsuzaki, Shin Watanabe, Taro Sakao, Shin-nosuke Ishikawa, Kouichi Hagino, Ikuyuki Mitsuishi, Tsunefumi Mizuno, et al.
2 . 発表標題 Satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region)
3 . 学会等名 SPIE Optical Engineering + Applications ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Taro Sakao et al.
2. 発表標題 Advances in precision Wolter mirrors for future solar x-ray observations
3. 学会等名 SPIE Optical Engineering + Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sophie Musset, Juan Camilo Buitrago-Casas, Lindsay Glesener, Stephen Bongiorno, Sasha Courtade, P. S. Athiray, Juliana Vievering, Shin-nosuke Ishikawa, Noriyuki Narukage, et al.
2. 発表標題 Ghost-ray reduction and early results from the third FOXSI sounding rocket flight
3. 学会等名 SPIE Optical Engineering + Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成影 典之 ら
2. 発表標題 PhoENIX衛星計画の概要と関連ミッション
3. 学会等名 宇宙プラズマにおける粒子加速ワークショップ2019前期
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Noriyuki Narukage, Mituso Oka, Yasushi Fukazawa, Keiichi Matsuzaki, Shin Watanabe, Taro Sakao, Kouichi Hagino, Ikuyuki Mitsuishi, Tsunefumi Mizuno, et al.
2. 発表標題 Satellite mission PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region)
3. 学会等名 Hinode-13/IPELS 2019 international meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成影 典之、岡 光夫、深沢 泰司、松崎 恵一、渡辺 伸、坂尾 太郎、萩野 浩一、三石 郁之、水野 恒史、篠原 育、下条 圭美、高棹 真介、田辺 博士、上野 宗孝、高橋 忠幸、高島 健、太田 方之、他PhoENiXワーキンググループ
2. 発表標題 磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画PhoENiXの進捗報告 (2019年秋)
3. 学会等名 日本天文学会2019年秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水 貞行、三石 郁之、加藤 渉、大西 崇文、石川 真之介、成影 典之、高棹 真介、高橋 忠幸、古川 健人、長澤 俊作、渡辺 伸、L. Glesener、Athray P.、S. Musset、J. Vievering、J. C. Buitrago-Casas、S. Krucker、S. Christe、D. Ryan
2. 発表標題 太陽 X 線撮像分光観測ロケット実験 FOXSI (1) -遮光フィルター開発と FOXSI-3 の観測初期解析結果-
3. 学会等名 日本天文学会2019年秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Noriyuki Narukage and PhoENiX Working Group member and FOXSI Sounding Rocket team
2. 発表標題 Satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection region))
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Juan Camilo Buitrago-Casas, Lindsay Glesener, Sasha Courtade, Juliana Therese Vievering, P. S. Athiray, Sophie Musset, Daniel Ryan, Gregory Dalton, Shin-nosuke Ishikawa, Noriyuki Narukage, et al.
2. 発表標題 Hardware upgrades and science outcomes from the latest flights of the FOXSI rocket
3. 学会等名 AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Jessie McBrayer Duncan, Subramania Athiray Panchapakesan, Sophie Musset, Juliana Therese Vievering, Alastair A MacDowell, Lindsay Glesener, Lance Davis, Juan Camilo Buitrago-Casas, Connor O'Brien, Shin-nosuke Ishikawa, Tadayuki Takahashi, Shin Watanabe, Noriyuki Narukage, et al.
2. 発表標題	Characterization of Charge Sharing in the FOXSI Sounding Rocket Hard X-ray Detectors Using the Advanced Light Source at Berkeley
3. 学会等名	AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Juliana Therese Vievering, Lindsay Glesener, Juan Camilo Buitrago-Casas, Subramania Athiray Panchapakesan, Sophie Musset, Jessie McBrayer Duncan, Noriyuki Narukage, Daniel Ryan, Andrew R Inglis, Tadayuki Takahashi, Shin Watanabe, Steven Christe, Sam Krucker, Paul Turin and Brian Ramsey
2. 発表標題	FOXSI-4: Instrument Upgrades for a Proposed Fourth Focusing Optics X-Ray Solar Imager Sounding Rocket Experiment
3. 学会等名	AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	Patrick R. Champey, Sabrina L Savage, Amy R Winebarger, David Broadway, Ken Kobayashi, Jacqueline Davis, Jeff Kolodziejczak, Charlie Griffith and Noriyuki Narukage
2. 発表標題	The Solar High-Resolution X-ray imager (SHRX): A Concept for a Sounding Rocket Experiment
3. 学会等名	AGU Fall Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年	2019年

1. 発表者名	成影 典之、岡 光夫、深沢 泰司、松崎 恵一、渡辺 伸、坂尾 太郎、萩野 浩一、三石 郁之、水野 恒史、篠原 育、下条 圭美、高棹 真介、田辺 博士、上野 宗孝、高橋 忠幸、高島 健、太田 方之、他PhoENiXワーキンググループ
2. 発表標題	Satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection region))
3. 学会等名	高エネルギー宇宙物理学連絡会タウンミーティング
4. 発表年	2019年

1. 発表者名 成影 典之、岡 光夫、深沢 泰司、松崎 恵一、渡辺 伸、坂尾 太郎、萩野 浩一、三石 郁之、水野 恒史、篠原 育、下条 圭美、高樟 真介、田辺 博士、上野 宗孝、高橋 忠幸、高島 健、太田 方之、他PhoENiXワーキンググループ
2. 発表標題 磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画：PhoENiX
3. 学会等名 第20回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 明啓、三枝 峻也、竹内 雅耶、内海 裕一、成影 典之
2. 発表標題 X線微細加工によるX線コリメーターの研究開発2
3. 学会等名 第20回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡 光夫、深沢 泰司、成影 典之
2. 発表標題 PhoENiXの目指すサイエンス
3. 学会等名 第20回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂尾 太郎、松山 智至、山田 純平、井上 陽登、波多 健太郎、山口 浩之、萩原 拓、中村 南美、山内 和人、香村 芳樹、末松 芳法、成影 典之
2. 発表標題 PhoENiX/SXISに向けた高精度軟X線Wolterミラーの開発研究
3. 学会等名 第20回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	岡本 文典、石川 遼子、McKenzie David、Trujillo Bueno Javier、鹿野 良平、SongDonguk、Rachmeler Laurel、Auchere Frederic、吉田 正樹、都築 俊宏、浦口 史寛、篠田 一也、久保 雅仁、原 弘久、成影 典之、末松 芳法、石川 真之介、坂尾 太郎、他
2. 発表標題	太陽観測小規模プログラム・ロケット実験CLASP2打ち上げ成功と初期成果報告
3. 学会等名	第20回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	成影 典之、他FOXSIチーム
2. 発表標題	観測ロケット実験FOXSI-3の成果とFOXSI-4の準備状況
3. 学会等名	太陽研究者連絡会シンポジウム
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	成影 典之、岡 光夫、深沢 泰司、松崎 恵一、渡辺 伸、坂尾 太郎、萩野 浩一、三石 郁之、水野 恒史、篠原 育、下条 圭美、高棹 真介、田辺 博士、上野 宗孝、高橋 忠幸、高島 健、太田 方之、他PhoENiXワーキンググループ
2. 発表標題	衛星計画PhoENiXの紹介と検討状況
3. 学会等名	太陽研究者連絡会シンポジウム
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	成影 典之、岡 光夫、深沢 泰司、松崎 恵一、渡辺 伸、坂尾 太郎、萩野 浩一、三石 郁之、水野 恒史、篠原 育、下条 圭美、高棹 真介、田辺 博士、上野 宗孝、高橋 忠幸、高島 健、太田 方之、他PhoENiXワーキンググループ、FOXSIチーム
2. 発表標題	磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画PhoENiXの進捗報告（2020年春）
3. 学会等名	日本天文学会2020年春季年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 長澤 俊作、川手 朋子、成影 典之、高橋 忠幸、Amir Caspi、Tom Woods
2. 発表標題 超小型衛星を用いた太陽フレアからの熱的・非熱的放射の時間発展の研究
3. 学会等名 日本天文学会2020年春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 成影 典之
2. 発表標題 リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す PhoENiX ミッションの現状
3. 学会等名 宇宙プラズマにおける粒子加速ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Noriyuki Narukage
2. 発表標題 Overview of a future satellite mission: physics of energetic and non-thermal plasmas in the X (reconnection) region (PhoENiX)
3. 学会等名 SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Noriyuki Narukage and PhoENiX working group member
2. 発表標題 New satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region)
3. 学会等名 17th RHESSI Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 成影 典之、PhoENiXワーキンググループ
2. 発表標題 PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal Plasmas in the X-region)
3. 学会等名 日本学術会議・学術の大型研究計画 マスタープラン2020 天文学・宇宙物理学の大型計画 第1回大型計画に関する公開シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成影 典之、石川 真之介、ほかFOXSIチーム、PhoENiXワーキンググループ
2. 発表標題 太陽X線の光子計測型・2次元集光撮像分光観測計画(FOXSI-3 と PhoENiX)の進捗報告
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 Noriyuki Narukage
2. 発表標題 FOXSI-3 Succeeded in Focusing Imaging Spectroscopic Observation in Soft X-rays from the Sun for the First Time in the World!
3. 学会等名 UVSORシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成影 典之
2. 発表標題 PhoENiX計画の概要と提案準備状況
3. 学会等名 宇宙プラズマにおける粒子加速ワークショップ
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Narukage, N.
2 . 発表標題 New satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region)
3 . 学会等名 2018 AGU Fall Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ishikawa, S. N.; Narukage, N.; Takahashi, T.; Furukawa, K.; Watanabe, S.; Mitsuishi, I.; Glesener, L.; Athiray, P. S.; Musset, S.; Vievering, J. T.; Davis, L.; Courtade, S.; Buitrago-Casas, J. C.; Dalton, G.; Turin, P.; Turin, Z.; Christe, S.; Ryan, D.; Bongiorno, S.; Ramsey, B.; Krucker, S.
2 . 発表標題 Soft X-ray imaging spectroscopy of the Sun using a high-speed CMOS sensor with the FOXSI-3 sounding rocket
3 . 学会等名 2018 AGU Fall Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Vievering, J. T.; Glesener, L.; Courtade, S.; Buitrago-Casas, J. C.; Athiray, P. S.; Musset, S.; Ryan, D.; Dalton, G.; Ishikawa, S. N.; Narukage, N.; Bongiorno, S.; Furukawa, K.; Davis, L.; Turin, P.; Turin, Z.; O'Brien, C.; Takahashi, T.; Watanabe, S.; Krucker, S.; Christe, S.; Ramsey, B.
2 . 発表標題 FOXSI-3: Mission Overview and Observations from the Third Sounding Rocket Flight of the Focusing Optics X-Ray Solar Imager
3 . 学会等名 2018 AGU Fall Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Buitrago-Casas, J. C.; Glesener, L.; Vievering, J. T.; Musset, S.; Athiray, P. S.; Davis, L.; Ramsey, B.; Elsner, R.; Bongiorno, S.; Christe, S.; Ryan, D.; Narukage, N.; Ishikawa, S. N.; Furukawa, K.; Courtade, S.; Dalton, G.; Turin, P.; Turin, Z.; Krucker, S.
2 . 発表標題 The third flight of the FOXSI rocket: Performance and results
3 . 学会等名 2018 AGU Fall Meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Athiray, P. S.; Glesener, L.; Vievering, J. T.; Ishikawa, S. N.; Inglis, A. R.; Narukage, N.; Ryan, D.; Buitrago-Casas, J. C.; Christe, S.; Musset, S.; Krucker, S.
2. 発表標題 Constrained Differential Emission Measure of Microflare Heating Observed with FOXSI-2, Hinode/XRT and SDO/AIA
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太陽X線光子を数える！宇宙プラズマの理解を目指した新観測手法とそれに必要な精密技術
2. 発表標題 成影 典之
3. 学会等名 超精密加工専門委員会第72回研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成影 典之、岡 光夫、深沢 泰司、松崎 恵一、渡辺 伸、坂尾 太郎、石川 真之介、萩野 浩一、三石 郁之、水野 恒史、篠原 育、下条 圭美、高棹 真介、田辺 博士、上野 宗孝、高橋 忠幸、高島 健、太田 方之、他 PhoENiX WG メンバー
2. 発表標題 磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画：PhoENiX
3. 学会等名 第19回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡 光夫、深沢 泰司、成影 典之
2. 発表標題 PhoENiXの目指すサイエンス
3. 学会等名 第19回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松崎 恵一、成影 典之、渡辺 伸、坂尾 太郎、石川 真之介、深沢 泰司、萩野 浩一、上野 宗孝、高島 健、他 PhoENiX WG メンバー
2. 発表標題 PhoENiX 衛星のシステム検討
3. 学会等名 第19回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川 真之介、成影 典之、高橋 忠幸、古川 健人、渡辺 伸、萩野 浩一、Glesener Lindsay、Panchapakesan Athiray、Musset Sophie、Vievering Juliana、Cortade Sasha、Buitrago-Casas Juan Camillo、Dalton Gregory、Turin Paul、Christe Steven、Ryan Daniel、Bongiorno Stephen、Ramsey Brian、Krucker Sam
2. 発表標題 観測ロケット実験 FOXSI-3 による太陽X線高感度撮像分光
3. 学会等名 第19回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂尾 太郎、松山 智至、山田 純平、井上 陽登、萩原 拓、山内 和人、香村 芳樹、末松 芳法、成影 典之、石川 真之介
2. 発表標題 将来太陽観測に向けた高精度Wolterミラーの研究
3. 学会等名 第19回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三枝 峻也、山口 明啓、竹内 雅耶、内海 裕一、成影 典之
2. 発表標題 X線微細加工によるX線コリメーターの研究開発
3. 学会等名 第19回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成影 典之、PhoENiXワーキンググループ
2. 発表標題 PhoENiX
3. 学会等名 日本学会議・学術の大型研究計画 マスタープラン2020 天文学・宇宙物理学の大型計画 第2回大型計画に関する公開シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成影 典之
2. 発表標題 磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画PhoENiX
3. 学会等名 2018年度太陽研連シンポジウム「太陽研究の将来展望」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Narukage, M. Oka, Y. Fukazawa, T. Sakao, S. Watanabe, K. Matsuzaki, S.-N. Ishikawa, K. Hagino, S. Takasao, M. Shimojo, H. Tanabe, T. Takashima, I. Shinohara, T. Takahashi, M. Ueno, and PhoENiX WG
2. 発表標題 PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal Plasmas in the X-region)
3. 学会等名 The 20th Symposium on Planetary Sciences (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成影典之、岡光夫、深沢泰司、松崎恵一、渡辺伸、坂尾太郎、石川真之介、萩野浩一、三石郁之、水野恒史、篠原育、下条圭美、高棹真介、田辺博士、上野宗孝、高橋忠幸、高島健、太田方之、他PhoENiXワーキンググループ
2. 発表標題 磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画 PhoENiX の進捗報告(2019年春)
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 石川真之介、成影典之、川手朋子、高橋忠幸、古川健人、渡辺伸、L. Glesener、Athray P.、S. Musset、J. Vievering、J. C. Buitrago-Casas、S. Krucker、S. Christe、D. Ryan
2. 発表標題 FOXSI-3 ロケットの軟X線撮像分光観測による太陽コロナの温度診断
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 成影 典之
2. 発表標題 Satellite mission: PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X (= magnetic reconnection) region)
3. 学会等名 第18回高宇連研究会「高エネルギー宇宙物理学の最前線と2020/30年代のロードマップ」
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 成影 典之 他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 国立天文台	5. 総ページ数 16
3. 書名 国立天文台ニュース No. 310 2019年5月号	

1. 著者名 Noriyuki Narukage et al.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Committee on Space Research	5. 総ページ数 158
3. 書名 Space Research Today	

〔産業財産権〕

〔その他〕

FOXSI-3 打ち上げ成功の webリリース  
 世界初！太陽観測ロケット実験FOXSI-3、太陽コロナからの軟X線を集光撮像分光観測することに成功！  
<https://hinode.nao.ac.jp/news/topics/foxsi-3/>

FOXSI-3 観測データの webリリース  
 観測ロケットFOXSI-3が軟X線太陽像を新手法で描く  
<https://hinode.nao.ac.jp/news/topics/foxsi-3-data-release-jp-20190115/>

観測ロケット実験 FOXSI のホームページ  
<https://phoenix-project.science/foxsi>

衛星計画 PhoENiX のホームページ  
<https://phoenix-project.science/>

日本学会会議・マスタープラン2020・重点大型研究計画に掲載された衛星計画PhoENiXの説明資料  
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-24-t286-3-2-91.pdf>

観測ロケット実験 FOXSI のホームページ (ミネソタ大学)  
<http://foxsi.umn.edu/>

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	石川 真之介  (Ishikawa Shin-nosuke)		
研究協力者	高橋 忠幸  (Takahashi Tadayuki)		
研究協力者	渡辺 伸  (Watanabe Shin)		
研究協力者	三石 郁之  (Mitsuishi Ikuyuki)		
研究協力者	坂尾 太郎  (Sakao Taro)		

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	川手 朋子  (Kawate Tomoko)		
研究協力者	萩野 浩一  (Hagino Kouichi)		
研究協力者	鶴 剛  (Tsuru Takeshi)		
研究協力者	武田 彩希  (Takeda Ayaki)		
研究協力者	古川 健人  (Furukawa Kento)		
研究協力者	長澤 俊作  (Nagasawa Shunsaku)		

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	ミネソタ大学	カリフォルニア大学バークレー校	NASA	
----	--------	-----------------	------	--