

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K05392

研究課題名(和文) 恒星ハイパーフレアの発生環境の解明

研究課題名(英文) The physical environment when stellar hyper flares occur

研究代表者

坪井 陽子 (Tsuboi, Yohko)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：70349223

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：(1) 発生頻度が極めて少ない超巨大フレアを、全天X線監視装置MAXIを用いてサーチし、さまざまな波長で追観測を行なった。その結果、何桁にもまたがる範囲での複数の物理量の相関関係を取得し、プラズマの体積、形状、ループ長について、ほぼ初めて統計的に制限した。(2) 多波長観測により、非常に質量が小さく、年齢も1千年歳程度と若い、原始褐色矮星、もしくは原始星と考えられる天体の存在を確認し、星がX線を放射し始める年齢や質量について制限を与えた。(3) フレアループの幾何、位置に情報を与える「偏光」に高い感度を持つ光学系をCFRPと薄いSi結晶を用いて作成し、極めて高い分光能力と偏光感度を実測した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人類の文化的生活を脅かすような巨大なフレアが我々の太陽で起こるか否かは切実な問題である。本研究では、ハイパーフレアとも呼ぶべき、太陽フレアの最大規模に比べても6桁も大きいフレアのサーチを全天に対して行い、その発生機構についてさまざまな制限を与えた。ハイパーフレアにおけるフレアループの大きさを明らかにし、それが星自体の半径の10倍以上にもなりえることや、その断面積が星表面の巨大黒点と同程度であること、などである。これは逆に言えば、太陽では巨大な黒点が出現して初めて巨大フレアが起こるであろうことを示唆する。またフレアの幾何を明らかにするX線偏光計の優れた性能を実測し、実現化を進めた。

研究成果の概要(英文)：(1) We searched for super flares, which occur extremely infrequently, using the MAXI all-sky X-ray monitor, and made follow-up observations at various wavelengths. As a result, we obtained several correlations of physical quantities over many orders of magnitude, and statistically constrained the volume, shape, and loop length of the plasma loop almost for the first time. (2) We confirmed the existence of a proto-brown dwarf or a protostar with a very low mass and a age as young as about 1,000 yr, by multi-wavelength observations, and provided constraints on the age and mass at which the star begins to emit X-rays. (3) We made an optical system with high sensitivity to polarization, which provides information on the geometry and position of flare loops, using CFRP and thin Si crystals. Then we confirmed extremely high spectral resolution and polarization sensitivity.

研究分野：X線天文学

キーワード：フレア X線天文 可視光観測

1. 研究開始当初の背景

太陽フレアは黒点に蓄えられた磁場のエネルギーが突発的に放出される爆発現象であり、大量の荷電粒子の放出を伴う。この大量の粒子が地球磁気圏に衝突・侵入すると巨大な磁気嵐が引き起こされる。実際、通信システムの障害や大規模な停電など、人類の文化的生活を脅かす事態が巨大太陽フレアの際に、過去、起こっている。

現代観測される最大規模の太陽フレアは1発で 10^{32} erg のエネルギーを電磁波として放射するが、太陽と同じG型主系列星、かつ、自転周期、表面温度、表面重力加速度、金属含有比などが太陽に似た天体からは、 10^{32} erg より1桁以上大きなエネルギーの「スーパーフレア」が見つかっている (Shibayama et al. 2013 ApJ 209, 5, Nogami et al. 2014 PASJ 66, L4 など)。その規模のフレアは我々の太陽でも起こりうるのだろうか。この問題は、人類にとって切実である。

われわれは可視光と並んでフレアに高い感度を持つ波長、「X線」で恒星におけるフレアサーチを無バイアスに近い方法で進めてきた。このサーチでは、 10^{32} erg よりはるかに桁数が上の、もはや「ハイパーフレア」とでも名付けたくなるような強大なフレア (エネルギー放出量 10^{35} – 10^{39} erg) が主に検出されている (この報告書ではこれらの規模のフレアを「ハイパーフレア」と呼ぶことにする)。このサーチをさらに遂行し、その発生源を明らかにすることによって、巨大なフレアを起こす恒星の本質にせまることが可能となった。これは、先述の「太陽における磁気活動性の上限」についても制限を加えることにつながるだろう。

2. 研究の目的

本研究では、発生頻度が極めて少ないハイパーフレアをキャッチする全天X線監視装置MAXIを用いて、(1)全天方向に対してハイパーフレアサーチをX線帯域で行い、(2)星の若さや生成環境と、ハイパーフレアの頻度との関係を明らかにする。また(3)フレアループの幾何、位置に新たな情報を与える偏光に高い感度を持つ光学系の開発を行う。

3. 研究の方法

全天X線監視装置「MAXI」を用いて、星の生成環境のバイアスがかかりにくい全天サーチをX線帯域で行う。MAXIは2009年に打ち上げられ、恒星フレアに関する初期成果は、Tsuboi et al. 2016 PASJ にまとめられているが、それ以降のデータを総ざらいする。MAXIで検出された「ハイパーフレア」に関しては、感度の高いX線天文観測器 (チャンドラ、XMM-Newton、NuSTAR やNICER など) での追観測も行い、それぞれのフレアの物理的特徴をより詳細に明らかにする。さらに必要があれば他波長観測での追観測も行う。

また、「ハイパーフレア」の「偏光」に高い感度を持つX線光学系の開発を行い、将来的にフレアループと光球面との幾何をユニークに読み解く準備を進める。我々は薄く大面積な結晶を曲げる技術と知見を取得しており (飯塚亮、坪井陽子、“湾曲結晶の製造方法および湾曲結晶” 特開 2014-009131、飯塚亮、坪井陽子、“X線分光偏光計” 特許 6650301)、ブラッグ反射を利用した、偏光検出能力の高い、かつエネルギー帯域に幅を持つ偏光X線光学系を開発が進んできている。本研究では、性能を評価し実用化に繋げる。

4. 研究成果

- (1) 全天 X 線監視装置「MAXI」を用いて、① 28 の恒星から 200 発を超えるフレアを検出した。フレアの立ち上がるタイムスケールとエミッションメジャーを用いて、プラズマの体積、形状、ループ長について、ほぼ初めて統計的に制限し、黒点の大きさなどの観測値と比較を行い、この手法の有効性を確認した。② フレア探査として機械学習を用い、画像認識からフレアとバックグラウンドとを識別した。これにより従来の 4 倍のフレア候補を見つけるのが可能なことを明らかにした。
- (2) MAXI でフレアを検出した後、ただちに以下の追観測を行なった。① 我々から 500 光年以内の範囲でフレア活動が最も活発な恒星 GT Mus のフレアを「NICER」で追観測した。その良質なデータから、冷却過程に言及した。② Sigma Gem からのフレアの NICER による追観測で、彩層蒸発の証拠と考えられる FIP 効果を検出した。③ 中央大学 6 号館屋上に設置された Spectroscopic Chuo-university Astronomical Telescope (SCAT) を用いて、追観測をシステムティックに行なった。その結果、先行研究とも合わせて、フレア中の放射エネルギー、および光度の減衰のタイムスケールに関して、それぞれ 9 桁、および 3 桁にまたがる両帯域間での比例関係を得た。
- (3) MAXI とトランジット系外惑星探索衛星 TESS を用いて、AT Mic のフレアの同時観測に成功した。その結果、先行研究のデータとも合わせ、X 線のエネルギーにして $10^{26} - 10^{32}$ erg s^{-1} の範囲で白色光フレアの放射エネルギーの積分と、X 線フレアの最大光度との比例関係があることが明らかとなった。これはフレアにおいて彩層蒸発が起こったことを示唆している。
- (4) 8.5 日間にわたって M 型主系列星 AD Leo を多波長モニター観測し、太陽フレアより桁違いに大きい複数のフレアを捉え、その詳しい描像を明らかにした。
- (5) X 線天文衛星「すざく」が太陽光に照らされた地球を見ている際のデータ（通常なら捨てられるデータ）の中から、太陽フレア中のデータを探して解析を行なった。その結果、プラズマ中の元素組成が変化する、Inverse FIP 効果をとらえた。
- (6) ALMA, JVLA, Chandra, Herschel, および Spitzer を用いて、へびつかい座分子雲中から二つの特異な状態の天体を確認した。それらは、非常に質量が小さく、年齢も 10^3 歳程度と若い、原始褐色矮星、もしくは将来は低質量星となる原始星と考えられる天体であった。このような非常に若い段階から星は X 線を放射するという重要な事実の発見であった。
- (7) 「ハイパーフレア」の「偏光」に高い感度を持ち、かつ X 線帯域に幅を持つ X 線偏光計の開発を行った。CFRP（炭素繊維強化プラスチック）と極めて薄い Si 結晶を用いて精巧な回転放物面を作成し、① 鉄の $K\alpha 1$ 輝線と $K\alpha 2$ 輝線の分離、② 銅の $K\alpha 1$ 輝線と $K\alpha 2$ 輝線の分離、を行い、高いスペクトル分解能を持つことを明らかにした。さらに、③ Si(100) 結晶に加え、Si(111) 結晶を重ねた偏光計を作成し、XRD (X 線回折) 法を用いて両結晶からの反射 X 線を同時に得ることを確認した。また、④ 複数のエネルギーにおける偏光感度を実測し、それらが理論値に合うことを確認した。
- (8) 望遠鏡に用いられる全反射鏡の表面に Diamond Like Carbon (DLC) を成膜し、反射率を上げることができないかを模索した。これは反射率があがればフレアを観測した際に、より時間的に細分化して解析することができるからである。まずは、この成膜のための

パラメータを洗い出し、確かに DLC を 10 nm 以下という薄さで成膜できることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 23件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kawai Hiroki, Tsuboi Yohko, Iwakiri Wataru B, Maeda Yoshitomo, Katsuda Satoru, Sasaki Ryo, Kohara Junya, MAXI TEAM	4. 巻 74
2. 論文標題 X-ray/H scaling relationships in stellar flares	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 477 ~ 487
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psac008	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 Terada Yukikatsu, Holland Matt, Loewenstein Michael, et al.	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 1, 42
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 Sasaki, Ryo et al.	4. 巻 910
2. 論文標題 The RS CVn-type Star GT Mus Shows Most Energetic X-Ray Flares Throughout the 2010s	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 25-1, 25-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abde38	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 Namekata, Kosuke et al.	4. 巻 72
2. 論文標題 Optical and X-ray observations of stellar flares on an active M dwarf AD Leonis with the Seimei Telescope, SCAT, NICER, and OISTER	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 4, 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa051	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 Katsuda Satoru et al.	4. 巻 891
2. 論文標題 Inverse First Ionization Potential Effects in Giant Solar Flares Found from Earth X-Ray Albedo with Suzaku/XIS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 126 ~ 126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab7207	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 Hitomi Collaboration, Aharonian Felix, Akamatsu Hiroki, et al.	4. 巻 70
2. 論文標題 Detection of polarized gamma-ray emission from the Crab nebula with the Hitomi Soft Gamma-ray Detector †	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 113-1 ~ 113-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy118	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 Kawamuro T., Ueda Y., Shidatsu M., et al.	4. 巻 238
2. 論文標題 The 7-year MAXI/GSC X-Ray Source Catalog in the High Galactic Latitude Sky (3MAXI)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 32 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/aad1ef	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 Kawabe Ryohei, Hara Chihomi, Nakamura Fumitaka, Saigo Kazuya, Kamazaki Takeshi, Shimajiri Yoshito, Tomida Kengo, Takakuwa Shigehisa, Tsuboi Yohko, Machida Masahiro N., Francesco James Di, Friesen Rachel, Hirano Naomi, Oasa Yumiko, Tamura Motohide, Tamura Yoichi, Tsukagoshi Takashi, Wilner David	4. 巻 866
2. 論文標題 Extremely Dense Cores Associated with Chandra Sources in Ophiuchus A: Forming Brown Dwarfs Unveiled?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 141 ~ 141
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aae153	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 Hitomi Collaboration、Aharonian Felix、Akamatsu Hiroki、et al.	4. 巻 70
2. 論文標題 Hitomi X-ray observation of the pulsar wind nebula G21.5-0.9	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 38-1 ~ 38-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy027	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 Takahashi Tadayuki、Kokubun Motohide、Mitsuda Kazuhisa、et al.	4. 巻 4
2. 論文標題 Hitomi (ASTRO-H) X-ray Astronomy Satellite	5. 発行年 2018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.4.2.021402	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 Hitomi Collaboration、Aharonian Felix、Akamatsu Hiroki、他 191名 (167番目)	4. 巻 70
2. 論文標題 Glimpse of the highly obscured HMXB IGRJ163184848 with Hitomi*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 17-1 ~ 17-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx154	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 Hitomi Collaboration、Aharonian Felix、Akamatsu Hiroki、他 191名 (167番目)	4. 巻 70
2. 論文標題 Hitomi observations of the LMC SNR N132D: Highly redshifted X-ray emission from iron ejecta*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 16-1 ~ 16-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx151	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 Hitomi Collaboration, Aharonian Felix, Akamatsu Hiroki、他 201名 (168番目)	4. 巻 70
2. 論文標題 Hitomi X-ray studies of giant radio pulses from the Crab pulsar*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 15-1 ~ 15-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx083	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 Hitomi Collaboration, Aharonian Felix, Akamatsu Hiroki、他 192名 (167番目)	4. 巻 70
2. 論文標題 Search for thermal X-ray features from the Crab nebula with the Hitomi soft X-ray spectrometer*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 14-1 ~ 14-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx072	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 Hitomi Collaboration, Aharonian Felix, Akamatsu Hiroki、他 191名 (167番目)	4. 巻 70
2. 論文標題 Hitomi observation of radio galaxy NGC1275: The first X-ray microcalorimeter spectroscopy of Fe-K line emission from an active galactic nucleus*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 13-1 ~ 13-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx147	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 Hitomi Collaboration, Aharonian Felix, Akamatsu Hiroki、他 192名 (167番目)	4. 巻 70
2. 論文標題 Atomic data and spectral modeling constraints from high-resolution X-ray observations of the Perseus cluster with Hitomi*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 12-1 ~ 12-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx156	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 Hitomi Collaboration、Aharonian Felix、Akamatsu Hiroki、他 192名 (167番目)	4. 巻 70
2. 論文標題 Temperature structure in the Perseus cluster core observed with Hitomi*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 11-1 ~ 11-30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy004	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 Hitomi Collaboration、Aharonian Felix、Akamatsu Hiroki、他 192名 (167番目)	4. 巻 70
2. 論文標題 Measurements of resonant scattering in the Perseus Cluster core with Hitomi SXS*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 10-1 ~ 10-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx127	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 Hitomi Collaboration、Aharonian Felix、Akamatsu Hiroki、他 195名 (171番目)	4. 巻 70
2. 論文標題 Atmospheric gas dynamics in the Perseus cluster observed with Hitomi*	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 9-1 ~ 9-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psx138	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 Hori T.、Shidatsu M.、Ueda Y.、他28名 (20番目)	4. 巻 235
2. 論文標題 The 7-year MAXI/GSC Source Catalog of the Low-Galactic-latitude Sky (3MAXI)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 7-1 ~ 7-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/aaa89c	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 Yohko Tsuboi; Ryo Sasaki; Yasuharu Sugawara; Masaru Matsuoka	4. 巻 掲載決定済み
2. 論文標題 A Universal Correlation between the Duration and the X-ray Luminosity in Stellar Flares	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Polytechnica CTU Proceedings	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 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 Hitomi Collaboration; Aharonian Felix; Akamatsu Hiroki 他 191名 (166番目)	4. 巻 551
2. 論文標題 Solar abundance ratios of the iron-peak elements in the Perseus cluster	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 478-480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature24301	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 Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D. 他3674名 (2527番目)	4. 巻 848
2. 論文標題 Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L12 ~ L12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/aa91c9	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 Sugawara Yasuharu, Maeda Yoshitomo, Tsuboi Yohko	4. 巻 12
2. 論文標題 Stellar wind measurements for Colliding Wind Binaries using X-ray observations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Astronomical Union	6. 最初と最後の頁 448 ~ 448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S1743921317003325	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 Sugawara Yasuharu, Maeda Yoshitomo, Tsuboi Yohko	4. 巻 -
2. 論文標題 The X-ray monitoring of the long-period colliding wind binaries	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The X-ray Universe 2017, Proceedings of the conference held 6-9 June, 2017 in Rome, Italy	6. 最初と最後の頁 215
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 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 Ryo Sasaki; Yohko Tsuboi; Satoru Katsuda; Ken Yabuki; Yumiko Nakamura; Yasuharu Sugawara; Masaru Matsuoka; MAXI Team	4. 巻 -
2. 論文標題 A Correlation on Stellar Flares detected with MAXI - Quiescent Luminosity vs. Flare Energy -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The X-ray Universe 2017, Proceedings of the conference held 6-9 June, 2017 in Rome, Italy	6. 最初と最後の頁 201
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 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

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 井上諒大 他
2. 発表標題 湾曲 Si 結晶を用いたブラッグ反射型偏光計の分光性能評価 (2)
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 甲原潤也 他
2. 発表標題 恒星フレア自動観測のための中央大学40cm 可視光望遠鏡
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 北古賀智紀 他
2. 発表標題 多波長同時観測で迫るおひつじ座UX星で生じた巨大フレアの特徴 (2)
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本豊 他
2. 発表標題 TESS で観測したけんぴきょう座 AT 星 のフレア検出方法およびフレア発生頻 度分布について
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河合広樹 他
2. 発表標題 巨大フレア同時観測で得た軟X線とH 線のフレア減衰時間の相関
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡本豊 他
2. 発表標題 TESSとMAXIを用いた恒星フレアにおける白色光フレアエネルギーとX線最大光度の関係
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上諒大 他
2. 発表標題 湾曲Si結晶を用いたブラッグ反射型偏光計の分光性能評価
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芳野史弥 他
2. 発表標題 Athena衛星に搭載するSPO望遠鏡のDLCコーティング
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木亮 他
2. 発表標題 全天X線監視装置MAXIを用いた巨大恒星フレアの統計的研究
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北古賀智紀 他
2. 発表標題 多波長同時観測で迫るおひつじ座UX星で生じた巨大フレアの特徴
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 芳野史弥 他
2. 発表標題 湾曲 Si 結晶を用いたブラッグ反射型偏光計の偏光性能評価(2)
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩切涉 他
2. 発表標題 超小型X線衛星NinjaSatに搭載する小型で軽量なX線コリメーターの開発
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉谷朱泉 他
2. 発表標題 超低光度前主系列星 J162656.43-243301.5 周囲のtransition diskのALMA観測II
3. 学会等名 日本天文学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Tsuboi and R. Sasaki
2. 発表標題 X-ray Emission from Stars ~The Results Obtained with MAXI~
3. 学会等名 Multifrequency Behaviour of High Energy Cosmic Sources - XIII - MULTIF2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sasaki et al.
2. 発表標題 A Large X-ray Stellar Flare from the RS CVn type Star Sigma Gem Observed with MAXI and NICER
3. 学会等名 American Astronomical Society meeting #235 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sato et al.
2. 発表標題 Identifying stellar flares from MAXI/GSC imaging data using Deep Learning methods
3. 学会等名 American Astronomical Society meeting #235 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sasaki, Ryo; Tsuboi, Yohko; Iwakiri, Wataru; et al.
2. 発表標題 A Large X-ray Stellar Flare from the RS CVn type Star GT Mus Observed with MAXI and NICER
3. 学会等名 American Astronomical Society, AAS Meeting #233
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 河合広樹、坪井陽子、米倉寛則、岳藤一宏、岩切涉、佐々木亮、梅本智文、新沼浩太郎、青木貴弘
2. 発表標題 X線、H 線、電波による巨大恒星フレアの同時多波長観測体制の構築
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 塚田晃大、坪井陽子、前田良知、岩切渉、佐々木亮、黒川裕平
2. 発表標題 炭素繊維強化プラスチックを用いた湾曲結晶偏光計の鏡面精度の改良
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 岩切渉、佐々木亮、河合広樹、坪井陽子、Keith Gendreau、Zaven Arzoumanian、Stephen Drake、Michael Corcoran、濱口健二、三原建弘、中平聡、芹野素子、根來均、榎戸輝揚
2. 発表標題 MAXI-NICER連携(MANGA)による巨大恒星フレアの軟X線観測
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 佐藤樹、坪井陽子、岩切渉、杉田龍斗、佐々木亮
2. 発表標題 放射層を持たない晩期 M 型星の自転と定常 X 線光度の関係
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 佐々木亮、坪井陽子、岩切渉、Keith Gendreau、Michael Corcoran、濱口 健二、Stephen Drake、Craig Markwardt、Zaven Arzoumanian、前田良知、河合広樹、佐藤樹、三原建弘、中平聡、芹野素子、根來均、榎戸輝揚、志達めぐみ
2. 発表標題 MAXI--NICER連携 (MANGA) によるRS CVn型星GT Musの巨大フレア観測
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 Yohko Tsuboi; Ryo Sasaki; Yasuharu Sugawara; Masaru Matsuoka
2. 発表標題 A Universal Correlation between the Duration and the X-ray Luminosity in Stellar Flares
3. 学会等名 XII Multifrequency Behaviour of High Energy Cosmic Sources Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yohko Tsuboi; R. Sasaki; K. Yamazaki; Y. Nakamura; K. Yabuki; A. Kawagoe; S. Kaneto; Y. Sugawara; H. Negoro; the MAXI team
2. 発表標題 Giant Stellar Flares detected with MAXI
3. 学会等名 The X-ray Universe 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yohko Tsuboi; R. Sasaki; Y. Sugawara; Y. Maeda; Y. Nakamura; K. Yabuki; A. Kawagoe; S. Kaneto; S. Katsuda; H. Negoro; the MAXI team
2. 発表標題 Giant Stellar Flares
3. 学会等名 Variable Galactic Gamma-Ray Sources 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Tsuboi; R. Iizuka; H. Kawai
2. 発表標題 Astronomy Communications with Students using Metropolitan Telescopes
3. 学会等名 COMMUNICATING ASTRONOMY WITH THE PUBLIC 2018 in Fukuoka (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryo Sasaki; Yohko Tsuboi; Satoru Katsuda; Ken Yabuki; Yumiko Nakamura; Yasuharu Sugawara; Masaru Matsuoka; MAXI Team
2. 発表標題 A Correlation on Stellar Flares detected with MAXI - Quiescent Luminosity vs. Flare Energy -
3. 学会等名 The X-ray Universe 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryo Sasaki; Yohko Tsuboi; Satoru Katsuda; Ken Yabuki; Yumiko Nakamura; Yasuharu Sugawara; Masaru Matsuoka; MAXI Team
2. 発表標題 A correlation on hyper X-ray stellar flares between the quiescent luminosity and the largest flare energy detected with MAXI
3. 学会等名 Helicity Thinkshop 3 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yasuharu Sugawara; Yoshitomo Maeda; Yohko Tsuboi
2. 発表標題 Stellar wind measurements for Colliding Wind Binaries using X-ray observations
3. 学会等名 the International Astronomical Union, IAU Symposium (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Kawai; Y. Tsuboi; R. Iizuka; S. Yamada; S. Katsuda; R. Sasaki; Y. Nakamura; R. Sugita; MAXI Team
2. 発表標題 The Extended Linear Correlation between the H and the Soft X-ray Emissions in the Solar and Stellar Flares
3. 学会等名 Helicity Thinkshop 3
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅原泰晴, 前田良知, 坪井陽子
2. 発表標題 Swift/XMM-NewtonによるWolf-Rayet連星系WR 125のX線観測
3. 学会等名 日本天文学会2018年春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村優美子, 坪井陽子, 本田敏志, 勝田哲, 河合広樹(中央大学), 菅原泰晴, 佐々木亮, 杉田龍斗
2. 発表標題 XMM-Newton衛星で偶然検出された恒星フレアとその発生源
3. 学会等名 日本天文学会2018年春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚田晃大, 坪井陽子, 佐々木亮, 勝田哲, 湯川千夏
2. 発表標題 全天X線監視装置MAXIを用いた星のフレアサーチシステムの開発
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木亮, 坪井陽子, 勝田哲, 中村優美子, 松岡勝 他 MAXI チーム
2. 発表標題 全天X線監視装置MAXIによって得られたdMe型星のフレア発生頻度分布
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河合広樹, 坪井陽子, 飯塚亮, 山田宗次郎, 勝田哲, 佐々木亮, 中村優美子, 杉田龍斗
2. 発表標題 恒星フレアの軟X線とH γ 線放射領域の高度比
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坪井陽子, 兼藤聡一郎, 佐々木亮, 中村優美子, 菅原泰晴, MAXI チーム
2. 発表標題 星のフレアの相関内に見られる微細構造
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅原泰晴, 前田良知, 坪井陽子
2. 発表標題 長周期Wolf-Rayet連星系WR 19のX線モニタリング観測 II
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 坪井陽子	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日本天文学会	5. 総ページ数 5
3. 書名 「全天X線監視装置MAXIで捉えた恒星からの超巨大X線フレア」天文月報2020年10月号	

1. 著者名 坪井陽子	4. 発行年 2019年
2. 出版社 プラズマ核融合学会	5. 総ページ数 6
3. 書名 「X線で見える恒星のコロナとフレア」プラズマ核融合学会誌12月号	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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