

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H02865

研究課題名(和文) 高速分光観測による恒星フレアの機構の解明

研究課題名(英文) Investigation of the mechanism of stellar flares by high speed spectroscopy

研究代表者

野上 大作 (Nogami, Daisaku)

京都大学・理学研究科・准教授

研究者番号：20332728

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：太陽で観測された最大級のフレアよりエネルギー規模が10倍以上大きなエネルギーのスーパーフレアが太陽型星で起きることを、我々はケプラー宇宙望遠鏡によるデータから2012年に明らかにした。本研究では、ケプラーやその他のデータを用いて、太陽フレアと太陽型星のスーパーフレアにおいて、継続時間と総エネルギーの関係、黒点の出現や減衰の割合などが一致することなどを明らかにした。これは両者で共通の物理プロセスが機能していることを示唆する。また、せいめい望遠鏡でM型星のフレア中の輝線輪郭で太陽フレアとは異なる青方偏移成分が見られたこと、恒星フレアによる惑星大気への影響の計算手法の予備研究結果などを発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の成果は恒星で観測されるスーパーフレアが太陽フレアと同じ物理プロセスで起こることを示唆するものであり、太陽フレアのメカニズムがこれまで考えられていたよりも4桁は大きいエネルギーでも通用すること、太陽でもスーパーフレアが起こりうることを意味する。また、スーパーフレアが惑星大気に与える影響の予備的研究成果は、将来的に太陽が地球環境や地球の生命に与えてきている研究につながるものである。

研究成果の概要(英文)：We clarified in 2012 that solar-type stars could cause superflares having energies over ten times larger than that of largest solar flares observed so far, based on the data obtained by Kepler spacecraft. In this program, our analyses of data by Kepler and others exhibited that the relationship between the flare duration and energy and the emergence/decay rates of starspots are consistent with those of the Sun. This suggests common underlying physical processes between solar flares and stellar superflares. We also presented that the H α emission profile of an M-type star during a flare showed a continuously blue-shifted component which has not been seen in the Sun and a pre-research result of impacts of stellar superflares on exoplanet atmosphere.

研究分野：恒星物理学

キーワード：恒星フレア 太陽フレア 黒点 分光観測 測光観測 多波長観測 磁場 質量放出

1. 研究開始当初の背景

人類が初めて観測した太陽面爆発(フレア)は、1859年にキャリントンによるものである(キャリントン・フレア)。このフレアのエネルギーは 10^{32} erg 程度と推定されており、その後の約 160 年にわたる太陽フレアの研究において、現在でも最大級のエネルギーのフレアとされている。宇宙利用の拡大が急激に進んでいる現代では、同規模のフレアが発生すると、それに伴うプラズマ放出(コロナ質量放出)や放射線(高エネルギー陽子、X線、紫外線)、高速太陽風などの影響を受けることで、人工衛星の故障や通信障害、大規模停電などにより甚大な被害が出る可能性があることが試算されている。また、宇宙飛行士や航空機乗務員は、大フレアの際に放射線被ばくの危険にさらされる。

しかしながら、我々は系外惑星探査衛星ケプラーが取得した最初の 120 日間の 8 万個を超える G 型主系列星の公開観測データを解析し、148 個の星から 365 例のスーパーフレア ($>10^{33}$ erg) を発見した(Maehara et al. 2012, Nature; Shibayama et al. 2013, ApJS)。これまでの常識では、スーパーフレアは生まれたばかりで高速自転する若い星や近接連星系、M 型主系列星のフレア星などで起こる現象であり、太陽のように生まれて数十億年経った古い G 型主系列星では起こらないとされていた。自転速度が遅くなった G 型主系列星では、フレアにおける爆発的なエネルギー解放の源となる強い磁場が生じ得ないと考えられてきたからである。Schaefer et al. (2000)は過去の観測データの網羅的調査から、自転速度の遅い晩期 F 型から G 型主系列星で 9 例のスーパーフレアを報告したが、それらはホットジュピター(中心星と距離の近い木星程度の巨大惑星)を持つのではないかと、そして恒星とホットジュピターの間の磁氣的相互作用によるものではないかと考えていた。しかし、我々が発見したスーパーフレア星の中にはホットジュピターを持つ系は一つも見つからなかった。すなわち、我々の発見は、それまでの常識を覆し、太陽と同じ条件の星でもスーパーフレアが発生する可能性を示すものであり、世界に衝撃を与えた。これは、2012 年~2016 年の 5 年間で、我々のグループ全体で国際研究集会において 34 回の招待講演の依頼があったことでも証明されている。社会的な反響も大きく、把握しているだけで 2016 年までに日本国内のニュースや新聞、TV 番組で 21 回、海外でのニュースや新聞で 17 回の報道がなされている。

太陽型星でのスーパーフレアの発見後、我々はスーパーフレア星そのものやスーパーフレアの性質について、ケプラー衛星の測光データを用いたり(Notsu, Y. et al. 2013, ApJ; Maehara et al. 2015, EP&S)、すばる望遠鏡/高分散分光器 HDS で取得した高分散分光データを用いたり(Notsu, S. et al. 2013, PASJ; Nogami et al. 2014, PASJ; Notsu, Y. et al. 2015a,b PASJ; Honda et al. 2015, PASJ)して研究してきた。しかし、スーパーフレアは発生頻度が低いため、現象そのものは捉えられておらず、したがって、惑星環境に影響を与えるフレア由来のプラズマ放出現象についても研究できていなかった。

2. 研究の目的

この背景を受け、我々は太陽型星よりもスーパーフレアの発生頻度の多く、星そのものが G 型星よりもずっと暗いために同じエネルギーのフレアでも観測が容易な M 型主系列星に目をつけた。ケプラーデータを用いてスーパーフレアの頻度を調べた結果、G 型主系列星の中でも温度や自転周期という観点で太陽に近い「太陽類似星」では 10^{34} erg クラスのスーパーフレアは 1 千年に 1 回しか起こらないが、特に活動的な M 型星では 1 年に 100 回程度起こっている。

そこで我々は、本研究で M 型星について以下の 2 点を明らかにすることを目的とする。

- (1) 京大岡山 3.8m 望遠鏡を用いて M 型星の観測を行い、M 型星のフレアが太陽フレアと同じ機構で起こっていることを明らかにする。
- (2) スーパーフレアの最中に輝線または吸収線として観測されるプラズマ放出現象を捉え、フレアエネルギーとプラズマ放出現象の関係を明らかにする。

これを実現するためには、スーパーフレアの最初に数分から数 10 分のタイムスケールで明るくなっていく時期を時間分解して観測することが重要であり、3.8m 望遠鏡用に高速分光装置を開発する。

これらに加えて、ケプラーデータから見つけた太陽型スーパーフレア星の性質のさらなる調査や、将来的にスーパーフレアが惑星環境や惑星でのハビタビリティ(生命居住可能性)、ひいては地球文明にどのような影響を与えるのかに研究を進めていくための基礎研究も行なっていく。

3. 研究の方法

図 1 は太陽フレアのプロットで、光球の 2 つの黒点から伸びる磁力線などを示している。太陽フレアは反平行な磁力線の繋ぎ変え(磁気リコネクション)による黒点周囲に蓄えられた磁気エネルギーの爆発的な解放現象であるこ

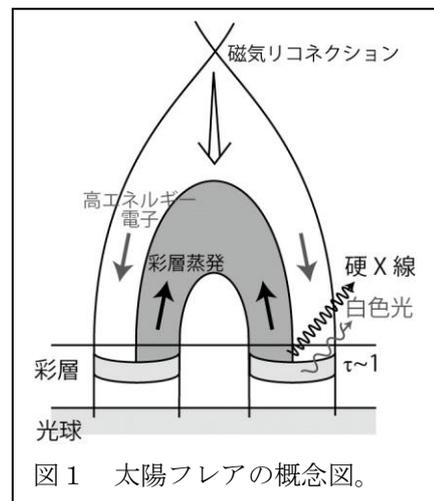


図 1 太陽フレアのプロット。

とが、ここ数十年で確立した(レビューとしては Shibata & Magara 2011, Living Review in Solar Physics)。磁気リコネクションにより生成された高エネルギー電子は磁力線に沿って下降し、高密度な下層大気(彩層)に突入する。この際、彩層プラズマの圧力が一気に上昇し、磁力線に沿った百万度オーダーの温度を持つ上昇流(彩層蒸発)が発生する。一方、彩層蒸発の反作用として彩層下向きの流れも生じる。この彩層下向きの衝撃波により圧縮されたプラズマが、熱不安定を引き起こすことで光学的厚さ(τ)が1となる層が現れ、連続光が放射されると予想される。これが、白色光フレアと呼ばれる大規模太陽フレアの立ち上がり辺りでの連続光増光のモデルの1つとなっている。一方、この彩層下向きの流れで、 $H\alpha$ プロファイルで輝線成分の赤側の超過が太陽フレアではしばしば観測される。太陽とM型星では彩層の厚さや密度が異なるものの、観測結果を比較し、スーパーフレアの機構が太陽と同じであるかどうかを明らかにする。

また、図1の上部では、磁気リコネクションポイントの上方にあるプラズマは宇宙空間に弾き飛ばされていくことになる。これがプラズマ放出となり、惑星へ影響を与えることになる。これまで少数ながら、M型星の恒星フレアに伴うプラズマ放出現象が確認されたという報告がある。Houdebine et al. (1990, A&A)では5,800km/sもの速さのプラズマ放出が確認されたとしている。他にも $H\alpha$ 輝線のプロファイル変化から、675km/sの射影速度のプラズマ放出があったという論文が最近出版されている(Vida et al. 2016, A&A)。 $H\alpha$ プロファイルのモデル計算との比較からおおよそのプラズマの質量が推定でき、これと速度からプラズマの持つエネルギーがわかる。このように、フレアのエネルギーと放出されたプラズマのエネルギーがわかれば、フレアの機構に関して強い制限を与えることが可能になる。

これらの研究を3.8m望遠鏡の初期装置である可視低分散面分光装置であるKOOLS-IFUを用いて進めつつ、より短い時間間隔でデータの取得が可能な高速分光器を開発し、恒星フレアのかつてない光時間分解能での分光データの取得を目指す。

4. 研究成果

まず、3.の最後で述べたように、本計画においては京大岡山3.8mせいめい望遠鏡用に高速分光器を開発し、これを用いてこれまでに行なわれたことのない高時間分解能で分光観測を行ない、輝線あるいは吸収線プロファイルの変動をつぶさに調べることによって、恒星スーパーフレアの機構やスーパーフレアに伴う質量放出現象の定量的な評価を行なう予定であった。しかし、せいめい望遠鏡そのものの完成の遅れと、高速分光器が取り付けられる装置ローテーターの小型装置フランジの仕様の変更が重なり、この装置開発については詳細設計の完了とCMOSカメラの購入、カメラレンズとそのホルダ、コリメータレンズとそのホルダの購入までにとどまった。分散素子の切替機構、カメラホルダ、筐体などの開発、全体の組上げ調整など、そしてこれを用いた観測的研究は今後の課題として残された。

しかしながら、スーパーフレアの機構、スーパーフレアを起こした太陽型星やM型星の性質、光度曲線から黒点について情報を得る手法の開発、M型星のフレア中の分光観測、スーパーフレアが惑星に与える影響についての予備研究などにおいては一定の成果を上げることができた。以下はそれを成果出版の時系列に沿ってまとめる。

1) 太陽のX線/白色光フレアと太陽型星スーパーフレアの比較

ケプラー宇宙望遠鏡による太陽型星のスーパーフレアの継続時間(τ)とエネルギー(E)を調査し、 $\tau \propto E^{0.39}$ の関係があることを明らかにした。これは太陽フレアのX線における継続時間とエネルギーについてこれまでに知られていた関係 $\tau \propto E^{0.2-0.33}$ とよく一致しており、太陽フレアと恒星スーパーフレアで同一のエネルギー解放機構であることを示唆する。また、太陽の白色光フレアでもほぼ同じ関係を示す $\tau \propto E^{0.38}$ が、絶対値としては太陽白色光フレアの方がエネルギーから期待される継続時間が1桁程度長い。これについて、(a)太陽フレアでは冷却時間尺度がリコネクション時間尺度よりも長い、(b)スーパーフレアを起こす太陽型星では太陽よりも数倍程度強い磁場強度を持つ、の2つの解釈を提唱した。この成果はNamekata et al. (2017, ApJ, 851, 91)で発表した。

2) M型星AD Leoのフレア中の時間分解能分光観測

西はりま天文台の2mなゆた望遠鏡で、M型星AD Leoについて波長分解能 $R \sim 10,000$ の中分散分光観測を5晩行なった。そのうち1晩では、 $H\alpha$ 線の輝線強度が20分ほどで急激に強くなり、その後1時間半ほどかけて弱くなるという変動が見られた。同時測光観測は行なわれなかったためはっきりとはしないが、これはフレアによるものであると考えられる。このフレアでは $H\alpha$ 輝線の非対称な線輪郭の変化が観測された。青側の裾ではフレアの最初から最後まで超過が見られたが、赤側の裾ではフレアの初期と終わりかけの時期で吸収成分が観測された。太陽フレアでも少ないながら青側で超過が観測されたことがあるが、いずれもフレア初期のみで今回のようにずっと観測されたわけではない。また、その青側の超過の原因はわかっていない。今回観測されたM型星フレア中の $H\alpha$ 輝線の非対称性の変化は、恒星フレアのメカニズムの理解につながる可能性がある。この成果はHonda et al. (2018, PASJ, 70, 62)で発表した。

3) ケプラーデータを用いた太陽型星の黒点の出現・減衰割合と寿命

ケプラー宇宙望遠鏡で得られた光度曲線の中で、同一の黒点によるものと考えられる極小を追いかけ、その深さの変化から太陽型星の黒点領域の大きさの時間的変化を見積もる手法を開発した。これにより、5356 個の活動的な太陽型星のデータを解析し、56 個の黒点の出現及び減衰割合と寿命を求め、太陽黒点のものと比較した。今回見つけた黒点では、面積は太陽半球の 0.1-2.3%で、黒点の寿命は 10 日から 350 日であった。この結果は、太陽黒点の寿命は面積にほぼ比例するという経験的な関係を外挿したものに比べて寿命がかなり短かったが、これまでの他の恒星黒点の寿命の研究とは一致する結果であった。黒点の出現及び減衰割合は典型的には 5×10^{20} Mx/hr であり、太陽黒点とだいたい一致する。これは物理プロセスが同じであることを示している可能性がある。この成果は Namekata et al. (2019, ApJ, 871, 187) で発表した。

4) アパッチポイント 3.5m 望遠鏡での高分散分光観測と Gaia-DR2 のデータを用いた、我々がケプラーデータで見つけた星が本当にゆっくり自転する太陽型星を含んでいるかの検証

我々はケプラー宇宙望遠鏡の 1 分ケイデンスのデータから見つけた 18 個のスーパーフレア星について、アパッチポイント天文台の 3.5m 望遠鏡を用いて可視光高分散分光観測を行なった。このデータと既に取得していたすばる望遠鏡での高分散分光データを合わせて、計 64 個のスーパーフレア星について吸収線プロファイルを調べ、半分以上にあたる 43 個の天体が(連星の兆候を見つけれない)「単独」星であることが確認された。射影時点速度 $v \sin i$ と Ca II H&K 線及び Ca II $\lambda 8542$ の彩層線の測定結果は、スーパーフレア星の光度変化は大きな恒星黒点を持つ恒星の時点によるものであることを支持する。また、Gaia 宇宙望遠鏡のデータリリース 2 (DR2) の恒星半径の推定値にもとづいて太陽型のスーパーフレア星を調べたところ、スーパーフレアの最大のエネルギーは自転周期が長くなるにしたがって小さくなることが統計的に示された。 5×10^{34} erg 程度のエネルギーのスーパーフレアは古くてゆっくり自転する太陽類似星(自転周期 25 日程度)では 2000 年から 3000 年に一回程度起こるが、若くて速く自転している天体(自転周期数日)では 10^{36} erg にも達するエネルギーのスーパーフレアを起こしていた。最大の黒点面積は恒星が若いうちは自転周期によらずほぼ一定であるが、自転周期が 12 日を超える太陽類似性では急に小さくなっていく。この二つの減少傾向は黒点周囲に蓄えられる磁気エネルギーがフレアのエネルギーとなることから関係が説明できそうだが、磁場構造など他の要素も考えないといけないだろう。この成果は Notsu et al. (2019, ApJ, 876, 58) で発表した。

5) スーパーフレアが惑星のハビタビリティに与える影響

惑星を持つ恒星の宇宙天気現象によって引き起こされる高エネルギー放射は、これまで考えられてきた要素に加えて、惑星のハビタビリティを助長する、あるいは破壊する条件となりうる。我々は恒星のスーパーフレアが系外惑星のハビタビリティに与える影響を、特に恒星陽子イベントに注目して、評価するシステムを開発した。これは、恒星の黒点サイズから最大のスーパーフレアエネルギーを導き、太陽系でよく調べられている二酸化炭素、水素、あるいは窒素+酸素が豊富な惑星大気へのスーパーフレアによる電離放射を調べるものである。粒子・重イオン輸送計算システム The Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) に基づいた計算によると、Proxima Centauri b, Ross-128b, TRAPPIST-1 e の惑星だとしても、地球大気と同じ地表大気圧(1 bar)になるとするならばどの大気成分を仮定しても、地表での被曝量は多細胞生物の致死量とはならないことがわかった。しかし、観測されている最大の黒点サイズに基づく最大のエネルギーのフレアで、エベレスト山頂辺りの大気の深さにしかならない状況であれば、致死量となる可能性もある。活動的な恒星のコロナ X 線や紫外線の強い放射は、恒星に近い惑星の大気流出率を上げるので、このような惑星では地球の表面より大気の深さが非常に小さくなっている可能性がある。地球の 10 分の 1 の大気の厚さを仮定すると、Proxima Centauri b や TRAPPIST-1 e を含む恒星に近い惑星では、中心星の年に 1 回起こる程度のフレアで放射線被曝量が致死量に達する。この成果は、Yamashiki et al. (2019, ApJ, 881, 114) で発表した。

6) 惑星を持つ太陽型星 Kepler-17 の空間分解した個別の恒星黒点の時間的進化

恒星黒点の進化は恒星表面の磁場の出現と減衰を表し、恒星のダイナモや恒星フレアの理解に重要である。我々は、1.5 日周期で恒星表面通過(トランジット)現象を起こすホットジュピターを持つ活動的な太陽型星 Kepler-17 の個々の黒点の時間的な進化を調査した。黒点の経度と面積の進化は、ケプラーデータの自転による光度変化と惑星のトランジット中に黒点の上を通過することによる増光現象から推定した。その結果、黒点の数と位置、および時間的な進化は、ケプラーデータの自転による光度変化の解析から求められたものと、トランジット中の光度変化から求められるものでは大きく違っていた。例えば、1 自転周期中にケプラーデータの自転光度変化では 2 度の極少しか観測されず 2 つの黒点の存在が示唆されていても、トランジット中の光度変化からは多数の黒点が存在することが明確にわかる場合が確認された。また、トランジット中の光度変化から推定される黒点パターンとケプラーデータの自転光度変化がほぼ対応する場合も、そうでない場合も見つかった。トランジット中の光度変化から導かれる黒点の時間的進化は、ケプラーデータの自転光度変化から求めたものとはある程度異なっているものの、黒点の出現及び減衰の割合については両者は 1 桁のオーダーでは一致し、太陽の黒点の場合とも同程度で一致していた。これは、太陽の黒点の出現と減衰は、太陽型星の巨大な黒点のそれと同じ物

理プロセスで起こっているという仮定を支持するものである。この成果は、Namekata et al. (2020, ApJ, 891, 103)で発表した。

以上の既に発表した成果に加えて、せいめい望遠鏡+K00LS-IFU で M 型星のフレアの時間分解能分光観測を行なって、輝線プロファイルの変化をモデル計算と比較することから放出された質量のエネルギーを求めるといった成果なども上がっており、論文にまとめているところである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Namekata Kosuke, Sakaue Takahito, Watanabe Kyoko, Asai Ayumi, Maehara Hiroyuki, Notsu Yuta, Notsu Shota, Honda Satoshi, Ishii Takako T., Ikuta Kai, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 851
2. 論文標題 Statistical Studies of Solar White-light Flares and Comparisons with Superflares on Solar-type Stars	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa9b34	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 Honda Satoshi, Notsu Yuta, Namekata Kosuke, Notsu Shota, Maehara Hiroyuki, Ikuta Kai, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 70
2. 論文標題 Time-resolved spectroscopic observations of an M-dwarf flare star EV Lacertae during a flare	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 62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy055	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 Namekata Kosuke, Maehara Hiroyuki, Notsu Yuta, Toriumi Shin, Hayakawa Hisashi, Ikuta Kai, Notsu Shota, Honda Satoshi, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 871
2. 論文標題 Lifetimes and Emergence/Decay Rates of Star Spots on Solar-type Stars Estimated by Kepler Data in Comparison with Those of Sunspots	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aaf471	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 Namekata Kosuke, Davenport James R. A., Morris Brett M., Hawley Suzanne L., Maehara Hiroyuki, Notsu Yuta, Toriumi Shin, Ikuta Kai, Notsu Shota, Honda Satoshi, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 891
2. 論文標題 Temporal Evolution of Spatially Resolved Individual Star Spots on a Planet-hosting Solar-type Star: Kepler-17	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab7384	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 Yamashiki Yosuke A., Maehara Hiroyuki, Airapetian Vladimir, Notsu Yuta, Sato Tatsuhiko, Notsu Shota, Kuroki Ryusuke, Murashima Keiya, Sato Hiroaki, Namekata Kosuke, Sasaki Takanori, Scott Thomas B., Bando Hina, Nashimoto Subaru, Takagi Fuka, Ling Cassandra, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 881
2. 論文標題 Impact of Stellar Superflares on Planetary Habitability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab2a71	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 Notsu Yuta, Maehara Hiroyuki, Honda Satoshi, Hawley Suzanne L., Davenport James R. A., Namekata Kosuke, Notsu Shota, Ikuta Kai, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 876
2. 論文標題 Do Kepler Superflare Stars Really Include Slowly Rotating Sun-like Stars??Results Using APO 3.5 m Telescope Spectroscopic Observations and Gaia-DR2 Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab14e6	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26件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 野上大作
2. 発表標題 3.8m望遠鏡用高速測分光装置の概要と狙うサイエンス
3. 学会等名 2017年度岡山 (光赤外) ユーザーズミーティング
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 幾田佳、前原裕之、野津湧太、行方宏介、野津翔太、本田敏志、野上大作、柴田一成
2. 発表標題 適応的交換モンテカルロ法を用いたスーパーフレア星の多次元パラメータ推定
3. 学会等名 2017年日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山敷庸亮、黒木龍介、佐藤啓明、村嶋慶哉、野津湧太、前原裕之、野津翔太、佐々木貴教、野上大作、柴田一成、他ExoKyoto開発チーム
2. 発表標題 恒星フレア影響の評価に向けた、太陽系外惑星データベースExoKyotoの整備
3. 学会等名 2017年日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野津湧太、Suzanne Hawley、前原裕之、本田敏志、野津翔太、行方宏介、幾田佳、野上大作、柴田一成
2. 発表標題 Spectroscopic observations of solar-type superflare stars found from Kepler short (1-min) time cadence data
3. 学会等名 2017年日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 行方宏介、前原裕之、野津湧太、野津翔太、幾田佳、早川尚志、本田敏志、野上大作、柴田一成
2. 発表標題 太陽型星の巨大黒点群の時間発展 ~ 太陽黒点との比較 ~
3. 学会等名 2017年日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisaku Nogami
2. 発表標題 Superflares on solar-type stars
3. 学会等名 The 4th Asia-Pacific Solar Physics Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 行方宏介、前原裕之、野津湧太、野津翔太、幾田佳、本田敏志、野上大作、柴田一成
2. 発表標題 太陽黒点と太陽型星の巨大黒点群の時間発展の比較
3. 学会等名 2018年日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前原裕之、野津湧太、野津翔太、行方宏介、幾田佳、野上大作、柴田一成、本田敏志
2. 発表標題 G,K,M 型星におけるスーパーフレアのエネルギーと継続時間の関係
3. 学会等名 2018年日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 幾田佳、前原裕之、野津湧太、行方宏介、野津翔太、本田敏志、野上大作、柴田一成
2. 発表標題 適応的交換モンテカルロ法で探るスーパーフレア星の巨大黒点の寿命と面積
3. 学会等名 2018年日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野津湧太、Suzanne Hawley、James Davenport、前原裕之、本田敏志、野津翔太、行方宏介、幾田佳、野上大作、柴田一成
2. 発表標題 TESS で観測される明るい太陽型スーパーフレア星候補の高分散分光観測
3. 学会等名 2018年日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Notsu, Yuta; Maehara, Hiroyuki; Honda, Satoshi; Hawley, Suzanne L.; Davenport, James R. A.; Namekata, Kosuke; Notsu, Shota; Ikuta, Kai; Nogami, Daisaku; Shibata, Kazunari
2. 発表標題 Do superflares really occur on slowly-rotating Sun-like stars in the long-term activity changes? -Latest statistical results using Kepler and Gaia-DR2 data-
3. 学会等名 SHINE Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Namekata, Kosuke; Maehara, H.; Davenport, J.; Morris, B.; Hawley, S.; Notsu, Y.; Toriumi, S.; Hayakawa, H.; Honda, S.; Notsu, S.; Ikuta, K.; Nogami, D.; Shibata, K.
2. 発表標題 Lifetimes and emergence/decay rates of star spots on solar-type stars estimated by Kepler data in comparison with those of sunspots
3. 学会等名 SHINE Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野上大作
2. 発表標題 高速分光器
3. 学会等名 第49回望遠鏡と装置開発会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野上大作
2. 発表標題 高速測光分光器
3. 学会等名 2019年度せいめいユーザーズミーティング
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nogami, Daisaku; Maehara, Hiroyuki; Notsu, Yuta; Honda, Satoshi; Notsu, Shota; Namekata, Kosuke; Ikuta, Kai; Seki, Takaaki; Okamoto, Soushi; Shibata, Kazunari
2. 発表標題 Superflares on GKM-type Stars
3. 学会等名 Stars and their Variability observed from space (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前原裕之, 本田敏志, 野津湧太, 野津翔太, 行方宏介, 幾田佳, 野上大作, 柴田一成, 山中雅之, 加藤則行, 大島誠人, 村田勝寛, 飯田康太, 大枝幹, 高木健吾, 笹田真人, 秋田谷洋, 他光赤外線大学間連携メンバー
2. 発表標題 光赤外線大学間連携と TESS によるフレア星 YZ CMi の測光分光同時観測
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 行方宏介, 前原裕之, 佐々木亮, 河合広樹, 岩切 渉, 坪井陽子, 野津湧太, 本田敏志, 岡本壮師, 野上大作, 柴田一成, 他 OISTER team
2. 発表標題 せいめい望遠鏡の初期観測成果: M 型星 AD Leo の恒星フレアの連続分光
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 野上大作
2. 発表標題 せいめい望遠鏡始動!
3. 学会等名 光赤天連シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野上大作
2. 発表標題 せいめい望遠鏡の観測装置について
3. 学会等名 第10回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Namekata, K.; Shibata, K.; Maehara, H.; Notsu, Y.; Nogami, D.; Toriumi, S.; Davenport, J.; Hawley, S.; Morris, B.
2. 発表標題 Lifetimes and emergence/decay rates of star spots on solar-type stars estimated by Kepler data in comparison with those of sunspots
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 Notsu, Y.; Kowalski, A.; Maehara, H.; Namekata, K.; Hawley, S.; Davenport, J.; Enoto, T.; Hamaguchi, K.; Honda, S.; Notsu, S.; Ikuta, K.; Nogami, D.; Shibata, K.
2. 発表標題 Blue asymmetries of Balmer lines during M-dwarf flares investigated with multi-wavelength observations
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 野津湧太, Adam Kowalski, 前原裕之, 行方宏介, 本田敏志, 榎戸輝揚 (理研), 濱口健二, 野津翔太, 岡本壮師, 幾田佳, 野上大作, 柴田一成, James Davenport, Suzanne Hawley
2. 発表標題 多波長モニタ観測で探るM型星フレアのバルマー線の輝線輪郭非対称性
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 岡本壮師, 前原裕之, 野津湧太, 野津翔太, 幾田佳, 行方宏介, 本田敏志, 野上大作, 柴田一成
2. 発表標題 Kepler全データを使った太陽類似星スーパーフレアの統計解析
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 行方宏介, 前原裕之, 岡本壮師, 野上大作, 柴田一成, 本田敏志, 野津湧太, A. Kowalski, 佐々木亮, 河合広樹, 岩切 渉, 坪井陽子, 他 OISTER team
2. 発表標題 恒星フレアの多波長モニタ観測 ~OISTER と TESS/NICER の連携~
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 前原裕之, 行方宏介, 岡本壮師, 野上大作, 柴田一成, 野津湧太, 本田敏志, 村瀬洸太郎, 村田勝寛, 安達稜, 飯田康太, 大枝幹, 小川風太, 白石一輝, 戸間紗也香, 細川 稜平, 松村良太, 藤井大地, 松本桂, 安藤和子, 山村春香, 田畑佳美, 福田尚也, 赤澤秀彦, 伊藤弘, 清田誠一郎, 水谷正則, 白神憲一
2. 発表標題 中小口径望遠鏡と TESS の連携によるフレア星 EV Lac の測光分光同時観測
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 野上大作, 松場祐樹, 高木健吾, 川端弘治
2. 発表標題 せいめい望遠鏡に搭載する可視光高速測光分光器の概要と狙い
3. 学会等名 日本天文学会2020年春季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

この期間中に10回程度、本研究で得られた成果を使用した公開講演会や出前授業などの広報普及活動を行なった。

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
連携研究者	川端 弘治 (Kawabata Kouji) (60372702)	広島大学・宇宙科学センター・教授 (15401)	
連携研究者	前原 裕之 (Maehara Hiroyuki) (40456851)	国立天文台・ハワイ観測所・助教 (62616)	
連携研究者	本田 敏志 (Honda Satoshi) (20425408)	兵庫県立大学・自然・環境科学研究所・准教授 (24506)	
連携研究者	柴田 一成 (Shibata Kazunari) (70144178)	京都大学・理学研究科・教授 (14301)	
連携研究者	嶺重 慎 (Mineshige Shin) (70229780)	京都大学・理学研究科・教授 (14301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	山敷 庸介 (Yosuke Yamashiki) (20335201)	京都大学・総合生存学館・教授 (14301)	