

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04032

研究課題名(和文)高精度測光と測光・分光同時観測で探るM・K型星のスーパーフレアと巨大黒点

研究課題名(英文) Simultaneous photometry and spectroscopy of superflares on M- and K-type stars

研究代表者

前原 裕之 (Maehara, Hiroyuki)

国立天文台・ハワイ観測所・助教

研究者番号：40456851

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)：本研究では、M型星やK型星をターゲットにTESSなどによる測光観測とせいめい望遠鏡などによる分光観測を同時に行い、自転による光度変動や彩層スペクトル線の変動やフレアに伴う変化を観測し、以下のような研究成果を得た。(1)M型星において、フレア発生頻度の異なる時期の自転による変動に差が生じ、フレア発生頻度の高い時期の方が黒点面積が大きくH線の強度も高いことが分かった。(2)M型に加えて、G型星やRS CVn型星においてフレアに伴って生じるプロミネンス/フィラメント噴出を検出した。観測データから求めた噴出物質の質量は、太陽フレアのエネルギーとCME質量の関係の延長線上に載ることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により明らかになった恒星フレアのエネルギーとフレアに伴うプラズマ噴出現象の質量、速度の関係は、恒星におけるフレアが恒星の周りを周回する惑星の大気にどのような影響を与えるのか、特にハビタブルゾーン内の惑星において生命居住可能な環境を維持することが可能かどうか、を評価する上で重要な基礎データとなる。さらに、太陽において現在知られているよりも規模の大きなスーパーフレアが発生した場合、それに伴うCMEによって現代社会に最大でどのくらいの被害が生じるのかを見積もるうえでも本研究で得られた知見が役立つと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we performed simultaneous photometry and spectroscopy of M and K-type stars using TESS and Seimei 3.8-m telescope to observe the rotational modulations and flares. Using the long-term photometric and spectroscopic data of an active M-dwarf, we found that the area of starspots and H-alpha flux increase as the flare frequency increases. In addition, we succeeded in observing several superflares on M-, K-, G-type stars and RS CVn binaries. Furthermore, we found that some flares showed "blue-asymmetries" in the H-alpha line, which are thought to be caused by the prominence/filament eruptions. The estimated masses of the erupted materials are consistent with the empirical relation between the flare energy and CME mass on the Sun.

研究分野：恒星物理学

キーワード：恒星フレア 恒星黒点 コロナ質量放出

1. 研究開始当初の背景

M型星周りの系外惑星探査によって、実際にハビタブルゾーンの中に地球型惑星が発見されている (e.g., Vogt et al. 2010, ApJ, 723, 954)。一般にM型星は活発なフレアなどの磁気活動を示し、またハビタブルゾーンが中心星に近いと、その周りの惑星は恒星磁気活動の影響を強く受けると考えられる。例えば、星からの強い紫外線・X線やコロナ質量放出(CME)、恒星風は惑星大気の流出や化学組成の変化を引き起こすと考えられており (e.g., Airapetian et al. 2016, Nature Geoscience, 9, 452)、ハビタブルゾーン内の惑星が長期的に生命が住める環境を保持することが可能なかは良く分かっていない。このような恒星磁気活動が、その周りの惑星へ与える影響を評価するためには、星で起こるフレアや黒点などの磁気活動がどのような性質を持つのか、またそれらが星の年齢とともにどのように変化してきたのか?を知る必要がある。

研究開始前の十年ほどの間に行われてきた宇宙からの多数の恒星をターゲットとする超精密な測光観測により、恒星で起こるフレアや恒星黒点の統計的な性質についての研究には大きな進展があった。特に、10万個以上の多数の太陽型星をターゲットとした Kepler 宇宙望遠鏡を用いた研究では、フレアの発生頻度は自転周期(=年齢)と関係があり自転の周期の短い若い星ではフレアの発生頻度が高くなることや、太陽のような自転周期の遅い星でも最大で 10^{35} erg (最大級の太陽フレアの 1,000 倍の規模) にもなる「スーパーフレア」を起こすこと (e.g., Maehara et al. 2012, Nature, 485, 478; Okamoto et al. 2021, ApJ, 906, 72; 図 1) や、フレアの発生頻度やエネルギーといったフレアの特徴は、恒星表面の黒点の面積と関係があること (Maehara et al. 2017, PASJ, 69, 41; 図 2) などが発見された。

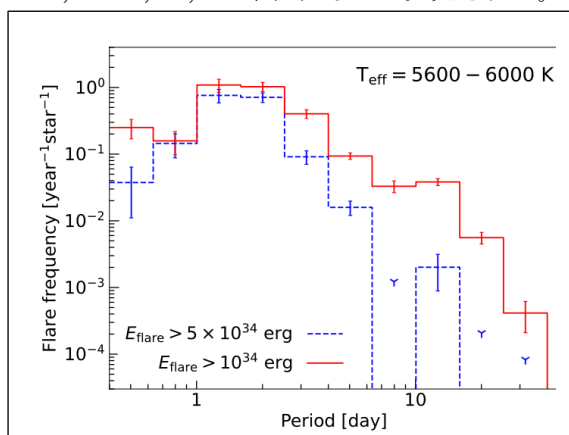


図 1. 太陽型星のフレア発生頻度と自転周期の関係 (Okamoto et al. 2021)

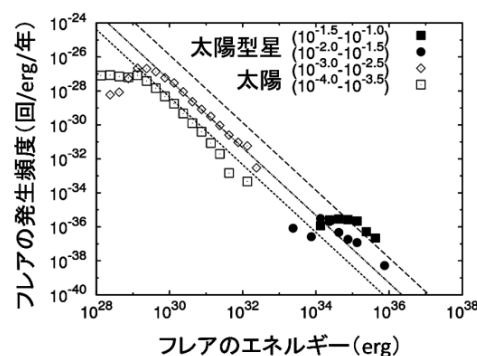


図 2. 太陽と太陽型星の黒点サイズごとのフレア発生頻度分布の違い (Maehara et al. 2017)

さらに、これらの太陽型星の研究で得られた知見を基に、近年発見されたハビタブルゾーンを周回する惑星が、中心星で起こるフレアに伴う紫外線や X 線、高エネルギーの荷電粒子から受ける影響を評価した研究も行われている (e.g., Yamashiki et al. 2019, ApJ, 881, 114)。しかしながら、M型星はフレアや黒点が見られる表面付近の大気の温度・密度構造のみならず、放射コアを持たないなど内部構造も太陽型星とは異なるため、太陽型星の結果をそのまま M 型星に適用することができるかは明らかではない。また、Kepler など測光観測で分かるのはフレアによる電磁波放射のみであるが、惑星大気には CME などフレアに伴うプラズマ噴出現象も影響を及ぼす。このため恒星磁気活動がその周りの惑星に及ぼす影響を評価するには、測光観測以外に、測光と同時に分光観測など他の手法・波長での観測を行い、フレアの規模と CME の規模の対応関係やその発生頻度分布を調べることが必要である。

このような状況において、2018 年 4 月にケプラーの後継となる TESS 衛星が打ち上げられ、7 月から観測を開始した。TESS 衛星は観測期間こそケプラーよりも短いものの、広い視野 ($24 \times 96 \text{ deg}^2$) を有し、多数の近傍の明るい M 型星を、0.1% 以下の測光精度で、ケプラーよりも高い時間分解能 (標準で 2 分、いくつかのターゲットでは 20 秒) で観測する。さらに、京都大学が岡山に設置したせいめい望遠鏡も 2019 年 2 月に科学観測を開始し、近傍の明るい M 型星を TESS と同程度の時間分解能で分光観測が可能となった。これにより、TESS による精密な測光観測と、せいめい望遠鏡を用いた分光観測を同時に行うことで、フレアと CME などフレアに伴うプロミネンス噴出を同時に観測でき、前述のような恒星におけるフレアの規模と CME の規模の対応関係や、恒星 CME の発生頻度分布を観測的に研究することができるようになった。

2. 研究の目的

前述のような学術的背景および昨今の観測的研究の状況を踏まえて、本研究では以下のこと

を明らかにすることを目的として設定した。

(1) M, K 型星について、その星の黒点や活動領域の面積とスーパーフレアの規模や頻度に応じたような関係があるのかを明らかにする。

(2) M, K 型星のスーパーフレアそのものの測光・分光の同時観測を行い、可視連続光と彩層輝線のそれぞれの時間変化の様子や放射されるエネルギーの割合が、太陽フレアのそれと同じかどうかを様々な温度範囲の星について調べる。

(3) M, K 型星のスーパーフレアの分光観測のデータから、フレアに伴うプラズマ噴出現象の兆候を探索する。これらから、M, K 型星のスーパーフレアやフレアと黒点の関係が、太陽フレアや太陽型星のスーパーフレアの研究で得られている知見で理解できるか、違いがあるならその原因は何かを解明することを目指す。

3. 研究の方法

(1) の研究のためには M, K 型星を中心に TESS の測光データの解析を行い、自転による光度変動から黒点の面積を求め、光度曲線から検出したフレアの頻度との関係を調べた。また、TESS と同時期にせいめい望遠鏡を用いた分光観測を行い、 $H\alpha$ 線の輝線強度やその時点変動と黒点面積やフレア発生頻度との関係を調べた。

(2)、(3) の研究のために、活動的な M, K 型星を中心に、TESS の観測期間に合わせてせいめい望遠鏡をもちいた高時間分解能の連続分光観測を行い、複数のフレアを可視連続光と $H\alpha$ 線とで同時に観測を行った。(2) の研究ではフレア全体の光度曲線から、フレアの可視連続光放射のエネルギーとバルマー線で放射されるエネルギーとの相関を調べた。また、(3) の研究のためにフレア中の $H\alpha$ 線の線輪郭の変化からフレアに伴って発生するプロミネンス/フィラメント噴出に起因する青方偏移した成分の有無やその強度を調べ、噴出したプラズマの質量や速度といった物理パラメーターを調べた。

4. 研究成果

本研究では主要なターゲット天体の M, K 型星に加えて、G 型星や RS CVn 型星のフレアについても観測的研究を行い、以下のような研究成果が得られた

・ M 型フレア星の自転による可視連続光の変化と $H\alpha$ 線強度およびフレア発生頻度の関係

M 型フレア星 YZ CMi を TESS による測光観測が行われる期間中に、光赤外線大学間連携の枠組みで国内の中小口径望遠鏡を用いて分光観測を行った。この観測において、YZ CMi の自転による可視連続光の変動にはほとんど変化がないにもかかわらず、フレアの発生頻度が低い時期と高い時期をそれぞれ観測することができた。この結果、以下のようなことが分かった。

- フレア発生頻度は自転位相によらずほぼ一定であった。
- フレア発生頻度が低い時期においては、図 3(a) に示すように自転に伴う $H\alpha$ 線強度の変動は可視連続光の変動と反相関し可視連続光で暗い (= 観測者に見える黒点の面積が大きい) 時に $H\alpha$ 線強度が強くなる。
- 一方でフレア発生頻度の高い時期においては、図 3(b) のように自転に伴う $H\alpha$ 線強度の変動はほとんど見られず、どの自転位相でもほぼ一定の値となり、かつ $H\alpha$ 線強度はフレア発生頻度の低い時期よりも高い値を示した。

このことから、可視連続光の変動の原因となっている最も大きな黒点は星の極付近に存在するため常に観測者から見え、フレアはその黒点の周辺で起こっている、または、可視連続光の変動の原因となっている星の極付近の最も大きな黒点以外に星の全経度にわたって複数の活動領域が存在し、フレアは主に極付近の黒点以外で起きている、という 2 つの可能性が示唆された (Maehara et al. 2021, PASJ, 73, 44)。

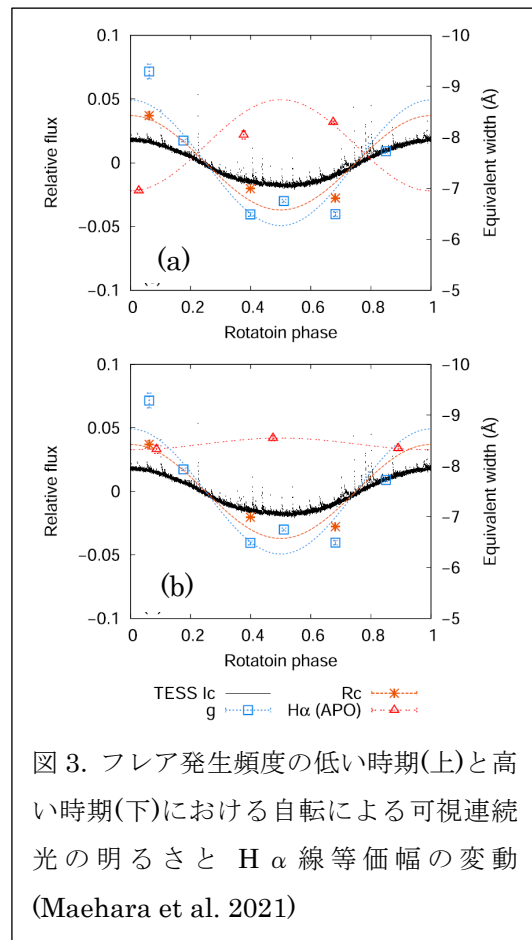


図 3. フレア発生頻度の低い時期(上)と高い時期(下)における自転による可視連続光の明るさと $H\alpha$ 線等価幅の変動 (Maehara et al. 2021)

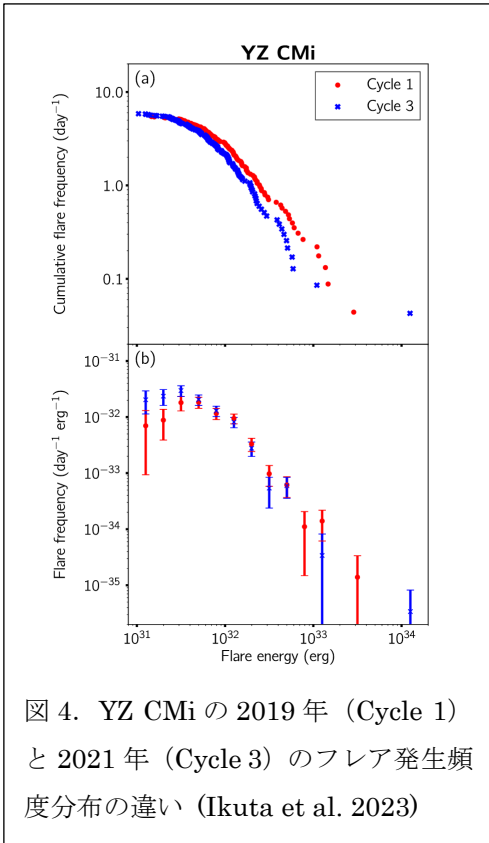


図 4. YZ CMi の 2019 年 (Cycle 1) と 2021 年 (Cycle 3) のフレア発生頻度分布の違い (Ikuta et al. 2023)

さらに、同じく YZ CMi の TESS による 2019 年の観測と 2021 年の観測を比べることで、同じ星で活動性が異なる 2 つの時期の黒点の大きさとフレアの発生頻度の違いに着目した研究も行った。この天体では 2019 年と 2021 年では 2019 年の方がフレア発生頻度が高かった (図 4)。この 2 つの時期において、自転による変動から黒点分布を推定するコード (Ikuta et al. 2020) を用いて黒点の分布や大きさの違いを調べたところ、フレア発生頻度の高い 2019 年の方が黒点面積が大きいことが確かめられた (図 5; Ikuta et al. 2023, ApJ, 948, 64)。

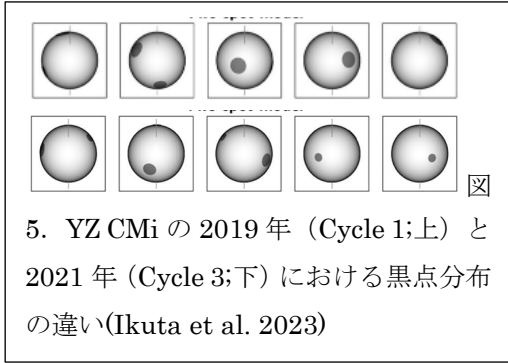


図 5. YZ CMi の 2019 年 (Cycle 1; 上) と 2021 年 (Cycle 3; 下) における黒点分布の違い (Ikuta et al. 2023)

・ G, K, M 型星のフレアにおける可視連続光放射のエネルギーと $H\alpha$ 線放射エネルギーの関係
 TESS や地上の小望遠鏡による測光観測と、せいめい望遠鏡による高時間分解能の分光観測を同時に行い、M5.5 ($T_{\text{eff}}=2900\text{ K}$) から G2 ($T_{\text{eff}}=5800\text{ K}$) までの温度範囲の主系列星において、複数のスーパーフレアの観測に成功した。この結果から、それぞれのスペクトル型 (温度) の天体におけるフレアの可視連続光放射のエネルギー (E_{bol}) と $H\alpha$ 線での放射エネルギー ($E_{H\alpha}$) の比率は星の温度によらずほぼ一定であり、 $E_{\text{bol}}/E_{H\alpha} \sim 100$ であることが分かった。

・ G, K, M 型星フレアに伴うプロミネンス/フィラメント噴出の検出

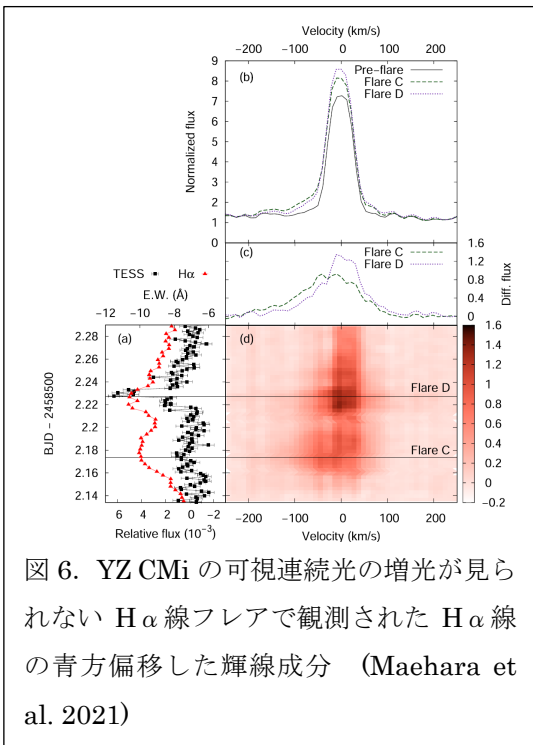


図 6. YZ CMi の可視連続光の増光が見られない $H\alpha$ 線フレアで観測された $H\alpha$ 線の青方偏移した輝線成分 (Maehara et al. 2021)

M 型星 YZ CMi について、TESS による測光観測と西はりま天文台のなゆた望遠鏡+MALLS を用いて、フレアに伴う $H\alpha$ 線線輪郭の変化の観測を行った。この観測においては、2 件の時間変化の様子が異なる $H\alpha$ 線フレアを観測することに成功した。その結果、 $H\alpha$ 線でゆっくり増光するフレアに伴って、 $H\alpha$ 線の線輪郭に 80km/s 程度の青方偏移を示す非対称成分が観測された (図 6)。もう一つの $H\alpha$ 線で速い増光を示すフレアにおいては $H\alpha$ 線の線輪郭には非対称成分は観測されなかった。また、この 2 件のフレアはタイムスケールや線輪郭の変化以外の性質も異なり、前者のゆっくり増光するフレアでは TESS の測光観測からは可視連続光での増光が見られなかったが、後者では $H\alpha$ 線のフレアに対応する可視連続光の増光も観測された。観測された $H\alpha$ 線線輪郭の青方偏移成分の強度から、この青方偏移した成分がプロミネンス噴出によって発生したと仮定して見積もった噴出したプロミネンスの質量は 10^{19} g となった。このフレアにおけるフレアのエネルギーと噴出したプロミネンスの質量は、太陽フレアにおけるフレアのエネルギーと CME 質量の関係 (e.g., Gopalswamy et al. 2003, ApJ, 586,

562)の延長線上に載ることが分かった(図 7a)。一方で、プロミネンス噴出の運動エネルギーは太陽フレアのフレアの電磁波放射エネルギーとCMEの運動エネルギーの関係よりも1-2桁小さくなることも分かった(図 7b)。これはほかの恒星フレアに伴うプロミネンス噴出でも共通してみられることも分かり、プロミネンス噴出の速度とCMEの速度の差が原因であると考えられる(Maehara et al. 2021, PASJ, 73, 44)。

さらに、本研究ではK型星やG型星、RS CVn型星のスーパーフレアの観測も行った。K型星の観測では、LQ HyaとV833 Tau、BF Lynにおいて最大級の太陽フレアの400-1000倍もの大きなスーパーフレアを合計3件観測することができたものの、これらではフレアに伴うH α 線の線輪郭には非対称成分は観測することができなかった。また、G型星EK Draの観測では、最大級の太陽フレアの20倍のエネルギーを解放するスーパーフレアの観測に成功した。このフレアにおいては、フレアに伴ってH α 線の線輪郭に500km/sほど青方偏移した吸収成分が観測され、さらに時間とともに青方偏移の速度が小さくなることが分かった(図 8)。この観測データは、太陽フレアとそれに伴って発生したフィラメント噴出時の太陽全面を1つの星として観測した場合(Sun-as-a-star)のスペクトルと比較すると、速度は1桁近く大きくまた継続時間も長いこと以外は、時間変化の様子も含めて非常によく似ていた。青方偏移した吸収成分の強さから、噴出したフィラメントの質量を求めると、太陽で観測された最大級のCMEの質量も10倍程度であることが分かり、太陽型星でのスーパーフレアが巨大なフィラメント噴出を起こすことを初めて明らかにすることができた(Namekata et al. 2021, Nature Astronomy, 6, 241)。また、同様にRS CVn型星V1355 Oriにおける最大級の太陽フレアの7000倍のエネルギーを解放するスーパーフレアの連続分光観測にも成功し、H α 線の線輪郭に1500km/sほど青方偏移した輝線成分を検出した(図 9)。この結果からは、スーパーフレアに伴ってプロミネンスが星の脱出速度(350km/s)を大幅に超える秒速1500 kmもの高速で噴出し、最終的にCMEとして星の重力圏外へ放出されたことが示唆された(Inoue et al. 2023, ApJ, 948, 9)。

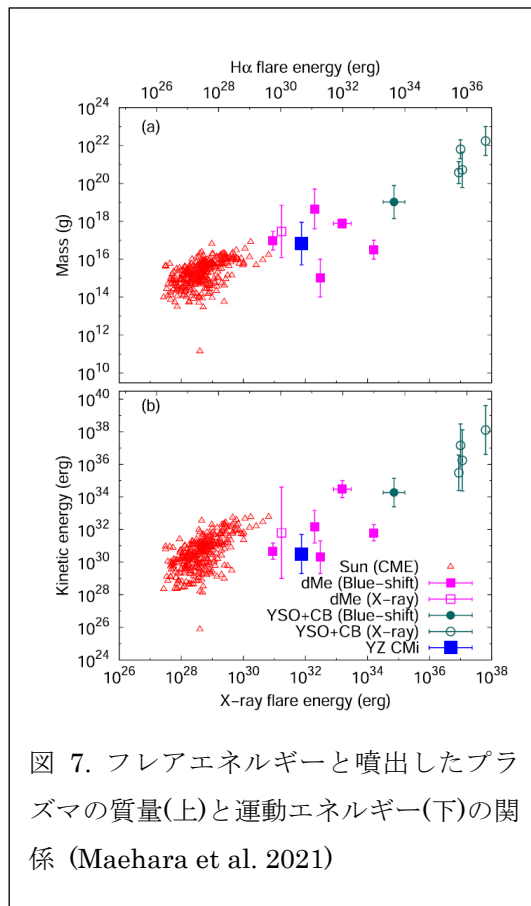


図 7. フレアエネルギーと噴出したプラズマの質量(上)と運動エネルギー(下)の関係 (Maehara et al. 2021)

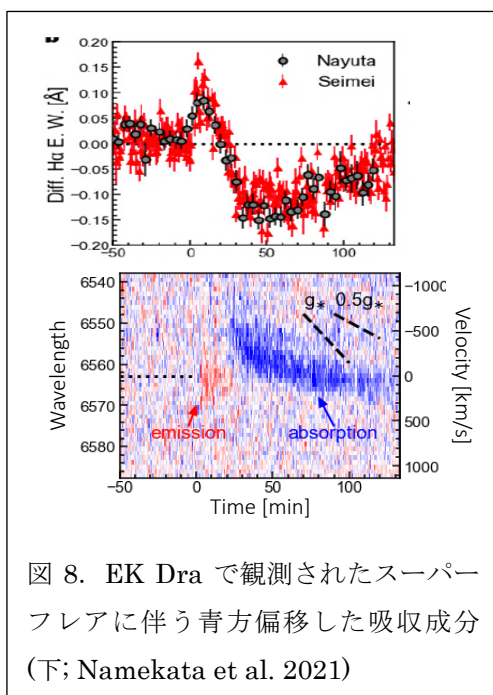


図 8. EK Dra で観測されたスーパーフレアに伴う青方偏移した吸収成分 (下; Namekata et al. 2021)

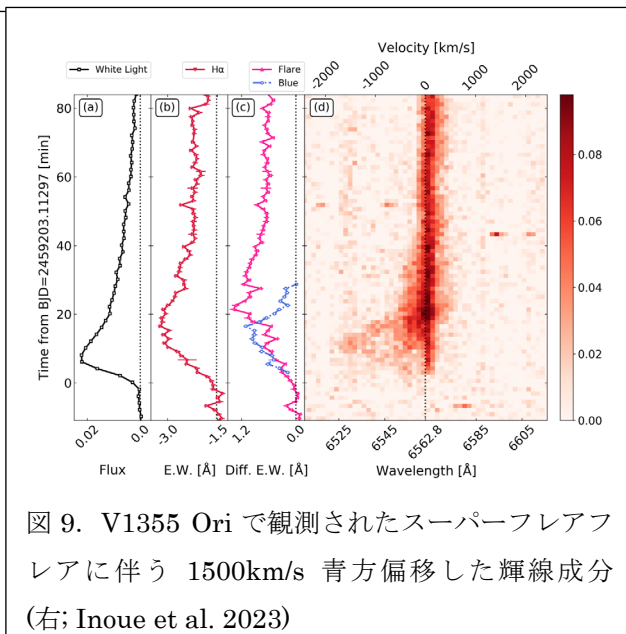


図 9. V1355 Ori で観測されたスーパーフレアに伴う 1500km/s 青方偏移した輝線成分 (右; Inoue et al. 2023)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Ikuta Kai, Namekata Kosuke, Notsu Yuta, Maehara Hiroyuki, Okamoto Soshi, Honda Satoshi, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 948
2. 論文標題 Starspot Mapping with Adaptive Parallel Tempering. II. Application to TESS Data for M-dwarf Flare Stars AU Microscopii, YZ Canis Minoris, and EV Lacertae	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 64 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acbd36	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 Inoue Shun, Maehara Hiroyuki, Notsu Yuta, Namekata Kosuke, Honda Satoshi, Namizaki Keiichi, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 948
2. 論文標題 Detection of a High-velocity Prominence Eruption Leading to a CME Associated with a Superflare on the RS CVn-type Star V1355 Orionis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 9 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acb7e8	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 Namizaki Keiichi, Namekata Kosuke, Maehara Hiroyuki, Notsu Yuta, Honda Satoshi, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 945
2. 論文標題 A Superflare on YZ Canis Minoris Observed by the Seimei Telescope and TESS: Red Asymmetry of H Emission Associated with White-light Emission	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/acb928	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 Namekata Kosuke, Maehara Hiroyuki, Honda Satoshi, Notsu Yuta, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari, 他17名	4. 巻 6
2. 論文標題 Probable detection of an eruptive filament from a superflare on a solar-type star	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 241 ~ 248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-021-01532-8	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 Namekata Kosuke, Maehara Hiroyuki, Honda Satoshi, Notsu Yuta, Okamoto Soshi, Takahashi Jun, Takayama Masaki, Ohshima Tomohito, Saito Tomoki, Katoh Noriyuki, Tozuka Miyako, Murata Katsuhiro L., Ogawa Futa, Niwano Masafumi, Adachi Ryo, Oeda Motoki, Shiraishi Kazuki, Isogai Keisuke, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 926
2. 論文標題 Discovery of a Long-duration Superflare on a Young Solar-type Star EK Draconis with Nearly Similar Time Evolution for H and White-light Emissions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L5 ~ L5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac4df0	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 Maehara Hiroyuki, Notsu Yuta, Namekata Kousuke, Honda Satoshi, Kowalski Adam F, Katoh Noriyuki, Ohshima Tomohito, Iida Kota, Oeda Motoki, Murata Katsuhiro L, Yamanaka Masayuki, Takagi Kengo, Sasada Mahito, Akitaya Hiroshi, Ikuta Kai, Okamoto Soshi, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 73
2. 論文標題 Time-resolved spectroscopy and photometry of M dwarf flare star YZ Canis Minoris with OISTER and TESS: Blue asymmetry in the H line during the non-white light flare	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 44 ~ 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psaa098	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 Okamoto Soshi, Notsu Yuta, Maehara Hiroyuki, Namekata Kosuke, Honda Satoshi, Ikuta Kai, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 906
2. 論文標題 Statistical Properties of Superflares on Solar-type Stars: Results Using All of the Kepler Primary Mission Data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 72 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abc8f5	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 Ikuta Kai, Maehara Hiroyuki, Notsu Yuta, Namekata Kosuke, Kato Taichi, Notsu Shota, Okamoto Soshi, Honda Satoshi, Nogami Daisaku, Shibata Kazunari	4. 巻 902
2. 論文標題 Starspot Mapping with Adaptive Parallel Tempering. I. Implementation of Computational Code	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 73 ~ 73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abae5f	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 K., Maehara H., Sasaki R., Kawai H., Notsu Y., Kowalski A. F., Allred J. C., Iwakiri W., Tsuboi Y., Murata K. L., Niwano M., Shiraishi K., Adachi R., Iida K., Oeda M., Honda S., Tozuka M., Katoh N., Onozato H., Okamoto S., Isogai K., Kimura M., Kojiguchi N., Wakamatsu Y., Tampo Y., Nogami D., Shibata K.	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 68 ~ 68
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

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Maehara, H.
2. 発表標題 Superflares and super-CMEs on solar-type stars
3. 学会等名 XXXIst General Assembly International Astronomical Union (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Maehara, H., Namekata, K., Notsu, Y., Honda, S., Namizaki, K., Inoue, S., Ikuta, K., Nogami, D., Shibata, K.
2. 発表標題 Simultaneous TESS and ground-based spectroscopic observations of stellar superflares: Exploring the connection between stellar mass ejections and superflares
3. 学会等名 44th COSPAR Scientific Assembly (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Maehara, H., Namekata, K., Notsu, Y., Honda, S., Namizaki, K., Inoue, S., Ikuta, K., Nogami, D., Shibata, K.
2. 発表標題 Hunting for stellar mass ejections associated with stellar superflares through time-resolved optical spectroscopy of superflare stars
3. 学会等名 44th COSPAR Scientific Assembly (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Maehara, H.
2. 発表標題 Stellar mass ejections associated with superflares on solar- and late-type stars
3. 学会等名 Solar Extreme Events: Setting Up a Paradigm: the ISSI (Bern) SEESUP team 2nd meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 前原裕之, 行方宏介, 野津湧太, 本田敏志, 幾田佳, 浪崎桂一, 井上峻, 野上大作, 柴田一成
2. 発表標題 せいめい望遠鏡によるK型星BF Lynのスーパーフレアの高時間分解能分光観測
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 前原裕之
2. 発表標題 晩期型星におけるスーパーフレアの測光・分光同時観測
3. 学会等名 第13回 光・赤外線天文学大学間連携ワークショップ
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前原裕之
2. 発表標題 K型星V833 TauとBF Lynにおけるスーパーフレアの高時間分解能分光観測
3. 学会等名 第28回天体スペクトル研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Maehara, H., Notsu, Y., Namekata, K., Honda, S., Kowalski, A. F., Katoh, N., Ohshima, T., Iida, K., Oeda, M., Murata, K. L., Yamanaka, M., Takagi, K., Sasada, M., Akitaya, H., Ikuta, K., Okamoto, S., Nogami, D., Shibata, K.
2. 発表標題 Time-resolved Spectroscopy and Photometry of an M Dwarf Flare Star YZ Canis Minoris with OISTER and TESS: Blue Asymmetry in H-alpha Line During the Non-white-light Flare
3. 学会等名 AOGS2021 Virtual 18th Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Maehara, H., Notsu, Y., Namekata, K., Honda, S., Kowalski, A. F., Katoh, N., Ohshima, T., Iida, K., Oeda, M., Murata, K. L., Yamanaka, M., Takagi, K., Sasada, M., Akitaya, H., Ikuta, K., Okamoto, S., Nogami, D., Shibata, K.
2. 発表標題 Time-resolved Spectroscopy and Photometry of an M Dwarf Flare Star YZ Canis Minoris with OISTER and TESS: Blue Asymmetry in H-alpha Line During the Non-white-light Flare
3. 学会等名 TESS Science Conference II (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前原裕之, 行方宏介, 岡本壮師, 野津湧太, 本田敏志, 幾田佳, 野上大作, 柴田一成
2. 発表標題 K型主系列星LQ Hyaにおけるスーパーフレアの測光分光同時観測
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 前原裕之, 行方宏介, 野津湧太, 本田敏志, 幾田佳, 浪崎桂一, 井上峻, 野上大作, 柴田一成
2. 発表標題 K型主系列星V833 Tauのスーパーフレアの高時間分解能分光観測
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 Maehara, H., Notsu, Y., Namekata, K., Honda, S., Kowalski, A. F., Katoh, N., Ohshima, T., Iida, K., Oeda, M., Murata, K. L., Yamanaka, M., Takagi, K., Sasada, M., Akitaya, H., Ikuta, K., Okamoto, S., Nogami, D., Shibata, K.
2. 発表標題 Time-resolved spectroscopy and photometry of M dwarf flare star YZ Canis Minoris with OISTER and TESS: Blue asymmetry in the H line during the non-white light flare
3. 学会等名 Cool Stars 20.5 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前原裕之, 野津湧太, 行方宏介, 岡本壮師, 野上大作, 柴田一成, 本田敏志
2. 発表標題 せいめい望遠鏡とTESS, 小口径望遠鏡によるM型星フレアの同時測光分光観測
3. 学会等名 日本天文学会2020年秋季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>太陽型星のスーパーフレアから噴出する巨大フィラメントを初検出 https://www.nao.ac.jp/news/science/2021/20211210-okayama.html 太陽型星のスーパーフレアから噴出する巨大フィラメントを初検出 http://okayama.mtk.nao.ac.jp/EK_Dra/EK_Dra_superflare.html 恒星のスーパーフレアに伴う、超高速プロミネンスの噴出を検出 https://www.nao.ac.jp/news/science/2023/20230428-okayama.html</p>

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	行方 宏介 (Namekata Kousuke)		

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	野津 湧太 (Notsu Yuta)		
研究協力者	幾田 佳 (Ikuta Kai)		
研究協力者	井上 峻 (Inoue Shun)		
研究協力者	浪崎 桂一 (Namizaki Keiichi)		
研究協力者	本田 敏志 (Honda Satoshi)		
研究協力者	野上 大作 (Nogami Daisaku)		
研究協力者	柴田 一成 (Shibata Kazunari)		

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			
ブルガリア	Institute of Astronomy			
ハンガリー	Konkoly Observatory			
チリ	European Southern Observatory			
中国	Peking University			
米国	University of Colorado Boulder	NASA		