

スーパーフレアが太陽でも数千年に一度発生しうることを解明

—分光観測とガイア衛星による観測データを詳細に検証—

概要

太陽の表面では、フレアという爆発現象が頻発しており、磁気嵐などの形で、地球や社会にも大きな影響が及ぶこともあります。2012年、京都大学の研究グループは、ケプラー宇宙望遠鏡の取得した多数の恒星の観測データの解析により、最大級の太陽フレアの100倍を超えるような巨大フレア(スーパーフレア)が太陽でも発生する可能性を発表しました。この結果は地球への影響の検討なども含め、世界的に大きなインパクトをもたらしてきましたが、ケプラー宇宙望遠鏡による星の明るさ変化のデータだけでは、発見されたスーパーフレア星が本当に太陽のように自転の遅い単独星なのか、連星や準巨星など太陽と異なる性質の星が混入している可能性はないのか、という根本的な点において疑問が残っていました。

そこで、京都大学大学院理学研究科 野津湧太 博士課程学生(研究当時、現:コロラド大学・日本学術振興会海外特別研究員)、柴田一成 同教授らの研究グループは、国立天文台、兵庫県立大学、ワシントン大学などと共同で、上記の発見で得られた知見に対し、米国アパッチポイント天文台3.5m望遠鏡等を用いた高分散分光観測のデータと、ガイア(Gaia)衛星によって得られた星の距離と半径データを最大限活用し、詳細な検証を行いました。その結果、年を取り自転の遅くなった太陽のような星でも、最大級の太陽フレアの100倍に達するスーパーフレアが数千年に1回の頻度で生じることが、より確かな結果として示されました。

本研究成果は、2019年5月1日に米国の国際学術誌「The Astrophysical Journal」にオンライン掲載されました。

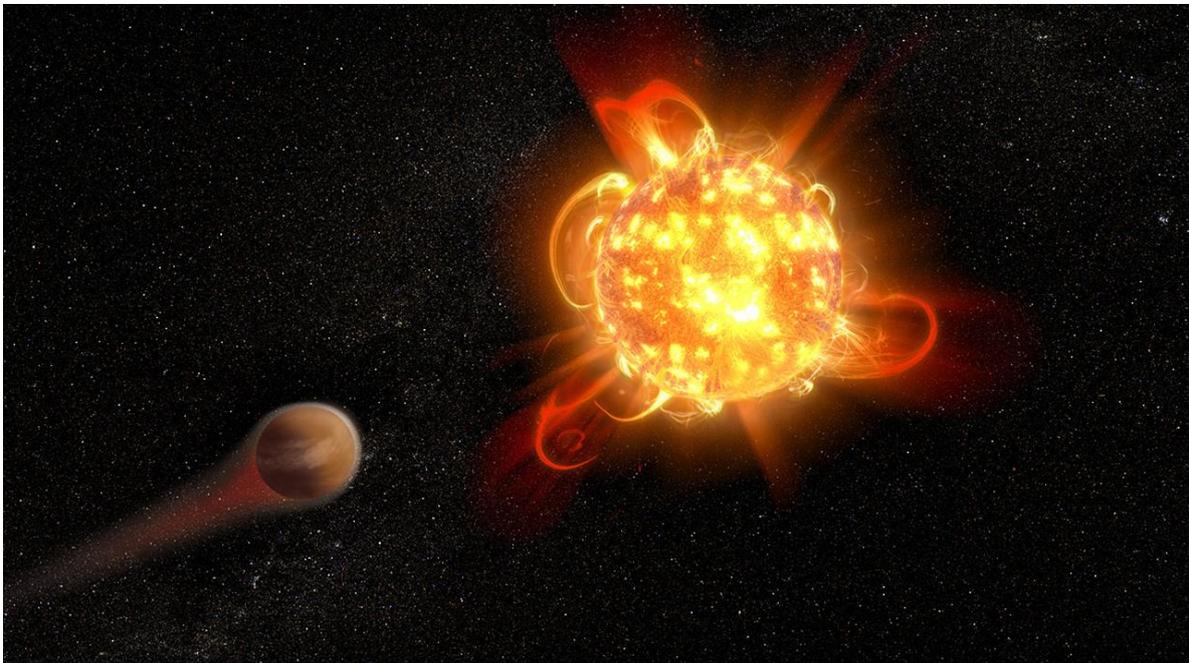


図. 惑星を襲うスーパーフレアの想像図 (Credit: NASA, ESA and D. Player)

1. 背景

太陽フレアは太陽表面での爆発現象であり、表面にある黒点近傍に蓄えられた磁場エネルギーが突発的に解放されることで生じる現象と考えられています。太陽フレアに伴って発生するプラズマ噴出(コロナ質量放出)が地球に衝突すると、磁気嵐などによって、大規模停電や通信インフラに障害が発生するなど人類社会に大きな影響が及ぶこともあります。そのため、どの程度巨大な太陽フレアが太陽で発生するかという問いが、近年重要視されつつあります。太陽以外の近接連星や自転の速い若い星(年齢数億年で、自転周期が2-3日程度)では、「スーパーフレア」(最大級の太陽フレアの10倍から1万倍に達する巨大フレア)が多数発生している事が知られてきました。一方、太陽は誕生から46億年が経過した年をとった星で自転も遅い(自転周期約25日)ので、磁気活動は穏やかで、そのようなスーパーフレアは起きないと考えられてきました。

そのような背景を踏まえ、京都大学理学研究科附属天文台を中心とする本研究グループでは、本学理学部の5人の学部生(当時。今回の報道発表の研究の筆頭著者でもある野津湧太氏も含む)がデータ解析で中心的な役割を果たす形で、ケプラー宇宙望遠鏡の測光データを用いて、スーパーフレアに対応する巨大増光現象の探査を2010年秋から実施してきました。その結果、多数のスーパーフレアを発見するに至りました(cf. **2012年記者発表**：http://www.kyoto-u.ac.jp/static/ja/news_data/h/h1/news6/2012/120517_1.htm)。

これら一連の研究の結果によって、従来の「常識」では起きないと思われていたスーパーフレアが、1000年に1回といった頻度で我々の太陽でも起きる可能性が示されました。そして、太陽物理学分野だけに留まらず、スーパーフレアが太陽で生じた場合の地球や社会インフラへの影響の検討というような分野も含む幅広い分野で非常に大きなインパクトをもたらしてきました。しかし、この一連の研究はあくまでケプラー宇宙望遠鏡の測光観測データのみに基づいた研究であり、本当に太陽のように自転の遅い単独星でスーパーフレアが起きているのか、連星や準巨星など太陽とは異なる性質の星が混入している可能性はないのか、というような根本的な点において大きな疑問が残されていました。

2. 研究手法・成果

そこで本研究は、ケプラー宇宙望遠鏡の測光観測データで提起されてきた知見に対して、高分散分光観測(米国アパッチポイント天文台3.5m望遠鏡やすばる望遠鏡)及び衛星「ガイア」(Gaia:可視光で全天の天体約10億個の位置と距離を測定する宇宙望遠鏡)の半径データという「新たな」手法とデータを最大限活用し、詳細な検証を行いました。

まず分光観測では、ケプラーで発見された約300個のスーパーフレア星のうち明るい64星のデータを用いて、波長スペクトルの中に現れる多数の吸収線の詳細な分析を行い、二つの星の成分が重なって見えたりしないか(=連星系の兆候は棄却できるか)を確認し、43星について単独の太陽型星であることを確認しました。その上で、吸収線のドップラー効果による広がり幅から星の自転速度を測定する等の解析を行い、ケプラーで発見されたスーパーフレア星の中に、太陽と同程度に自転の遅い単独星が含まれることを確認できました。

続いて、ガイア衛星によって得られる多数の星の距離データから、星の半径の導出を行いました。これにより、太陽と比べると半径も大きく明るい巨星など、太陽と似ているとは言えない星を棄却し、より正確に太陽と似ている星と言える星のみを用いて、ケプラーデータを用いたスーパーフレアの統計的な研究について再検討を行いました。その結果、年を取り自転の遅くなった太陽のような星でも、最大級の太陽フレアの100倍に達するスーパーフレアが数千年に1回の頻度で生じることが、より確かな結果として示されました。

その一方で、スーパーフレア活動の星の年齢に伴う変化についても、よりはっきりとした特徴が明らかになりました。太陽誕生直後の時期(年齢数億年)は太陽の自転速度も速いため、スーパーフレアに必要な大量の磁

気エネルギーを生成する機構もより活発であり、自転速度も遅くなった現在の太陽と比べると、100 倍を超えるような頻度でスーパーフレアが頻発していたこともわかってきました。

3. 波及効果、今後の予定

ケプラーの観測データで提示されていた、「自転の遅い太陽のような単独星でも、スーパーフレアを起こし得る」という結果が、本研究によってより確実なものとなり、太陽型星におけるスーパーフレア及び太陽でのスーパーフレア発生可能性の理解の進展に大きく寄与したと言えます。また、本研究の結果は、年齢に伴うフレア活動性の変化や惑星への影響等の観点でも重要であり、太陽及び恒星物理学だけでなく、惑星大気組成への影響などの観点も含めて広く関連分野の進展に寄与しうる内容であるといえます。

現代社会は、多数の電子機器や衛星通信など、太陽フレアによる被害を受ける可能性のある様々な側面を有しています。例えば、1989 年 3 月には比較的巨大的な規模の太陽フレアでも、カナダ・ケベック州で大停電が発生しました。今回、恒星の観測で見つかった、最大級の太陽フレアの 100 倍を超える規模のスーパーフレアは数千年に一度と非常に稀な現象ではありますが、もし発生すれば人類が日々利用する社会インフラに甚大な影響をもたらす可能性もあり、今後の研究が非常に重要です。

今後京都大学理学研究科附属天文台では、岡山天文台で今年から稼働を開始した「せいめい望遠鏡」を最大限活用し、星でスーパーフレアが発生する際の前兆現象や、スーパーフレアに伴う星からの質量放出の強度など、スーパーフレアのより詳しい特徴へと迫る観測を推進していく計画です。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、日本学術振興会による下記の科研費補助金による支援のもとに実施されました。

●番号 JP16J00320, JP16J06887, JP16H03955, JP17H 02865, JP17K05400, and JP18J20048

また、本研究に関係する研究機関は下記のとおりです。

[国内] 京都大学、国立天文台、兵庫県立大学

[国外] コロラド大学, National Solar Observatory, ワシントン大学, ライデン大学

<研究者のコメント>

分光観測とガイア衛星という、「新たな」手法とデータを最大限活用することにより、太陽でのスーパーフレア発生可能性がより確かな結果として得られてきました。スーパーフレア発生の前兆現象はあるのか、また起こった場合に地球にどのような影響があるのか、今後のより詳細な研究が非常に重要です。京都大学岡山天文台で今年から稼働を開始した「せいめい望遠鏡」も活用して、より幅広く研究を展開していきたいと考えています。

<論文タイトルと著者>

タイトル： Do Kepler superflare stars really include slowly-rotating Sun-like stars ?

- Results using APO 3.5m telescope spectroscopic observations and Gaia-DR2 data -

著者： Yuta Notsu, Hiroyuki Maehara, Satoshi Honda, Suzanne L. Hawley, James R. A. Davenport, Kosuke Namekata, Shota Notsu, Kai Ikuta, Daisaku Nogami, Kazunari Shibata

掲載誌： The Astrophysical Journal

DOI： 10.3847/1538-4357/ab14e6

<参考リンク>

コロラド大学プレスリリース

<https://www.colorado.edu/today/2019/06/05/superflares>

<http://lasp.colorado.edu/home/2019/06/17/rare-superflares-could-one-day-threaten-earth/>

アメリカ天文学会での記者発表録画

<https://www.youtube.com/watch?v=jpBf3S5TT9g&feature=youtu.be>

アメリカ天文学会での記者発表時の発表スライド

<https://aas.org/files/resources/notsu.pptx>