

太陽面プラズマ噴出現象の前兆を発見

— 地上望遠鏡を用いた太陽面爆発予測に向けて —

概要

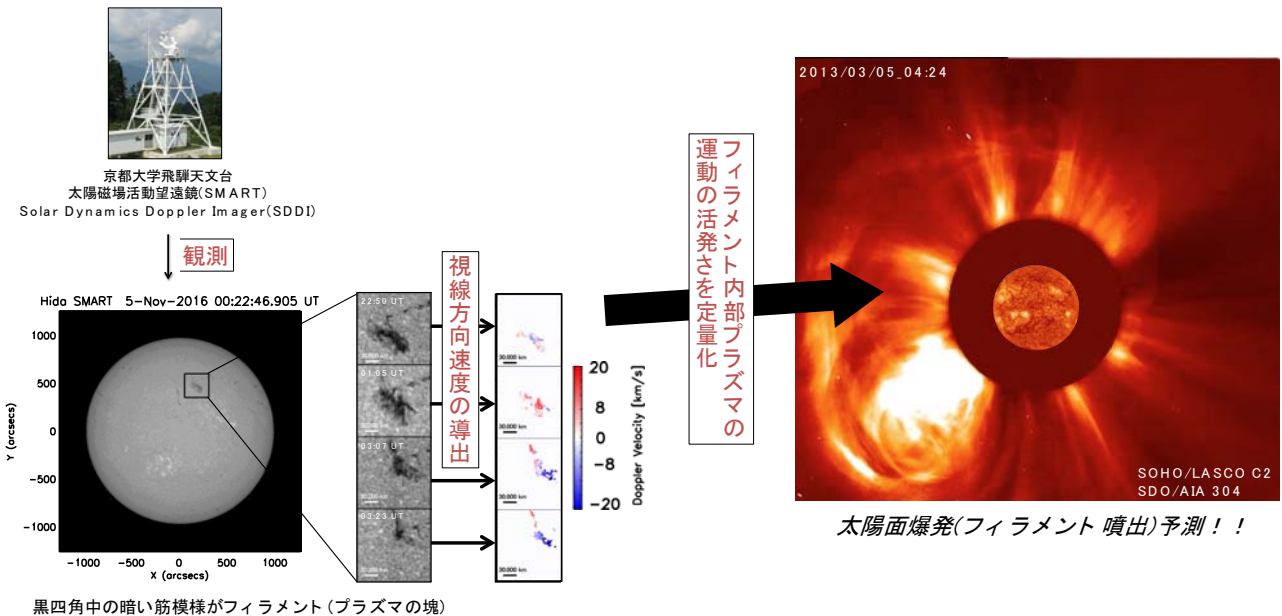
京都大学大学院総合生存学館の関大吉 博士課程学生、京都大学理学研究科附属天文台などの研究グループは、太陽面から大量のプラズマが噴出する現象「フィラメント噴出」の前兆を定量的に捉えることに成功しました。本成果により、約1時間前にプラズマ噴出の予測を行える可能性が示唆されました。

太陽は様々な爆発現象によってX線や極紫外線、大量のプラズマなどを宇宙空間に放出します。しかし、高度に技術が発達した現代社会では太陽面爆発の影響により、人工衛星の故障や地磁気の乱れによる大規模停電などが発生することが指摘されています。そのため爆発の発生予測は喫緊の課題として研究が進められています。

今回、京都大学の研究グループはプラズマの動きの活発さを定量的に追跡することで、太陽面爆発の1つ「フィラメント噴出」の発生を約1時間前には予測可能であることを発見しました。また、フィラメント噴出の物理メカニズム理解にもつながる成果です。

今回の予測手法は地上に設置した望遠鏡を用いています。現在の太陽面爆発予測は大規模な爆発の際に故障する可能性が高い人工衛星データを元に予測しているため、将来の安定した爆発予測体制には不可欠である「地上望遠鏡による精緻な予測手法」の開発にも貢献できる成果だと考えています。

本成果は2017年7月7日、*The Astrophysical Journal Letters*に掲載されました。

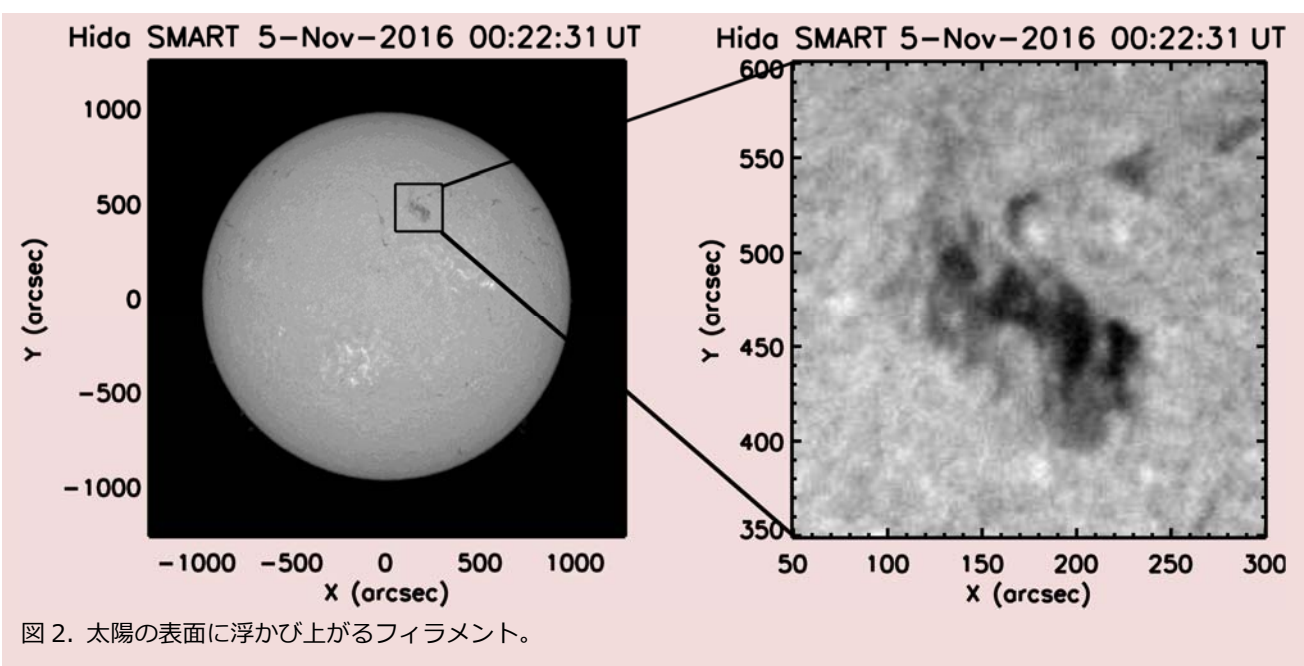


1. 背景

太陽面上では、しばしばコロナ質量放出と呼ばれる爆発現象が発生し、宇宙空間に大量のプラズマを放出します（図 1）。このプラズマが地球に衝突した場合には、地磁気が大きく乱れ大規模な停電が発生する恐れがあります。1989 年 3 月にはコロナ質量放出を原因とする加・ケベック州全域で 9 時間に渡る大停電が発生しました。このような被害をなるべく軽減するため、世界中の太陽物理学者がコロナ質量放出の予測と発生メカニズムの解明に向け盛んに研究しています。

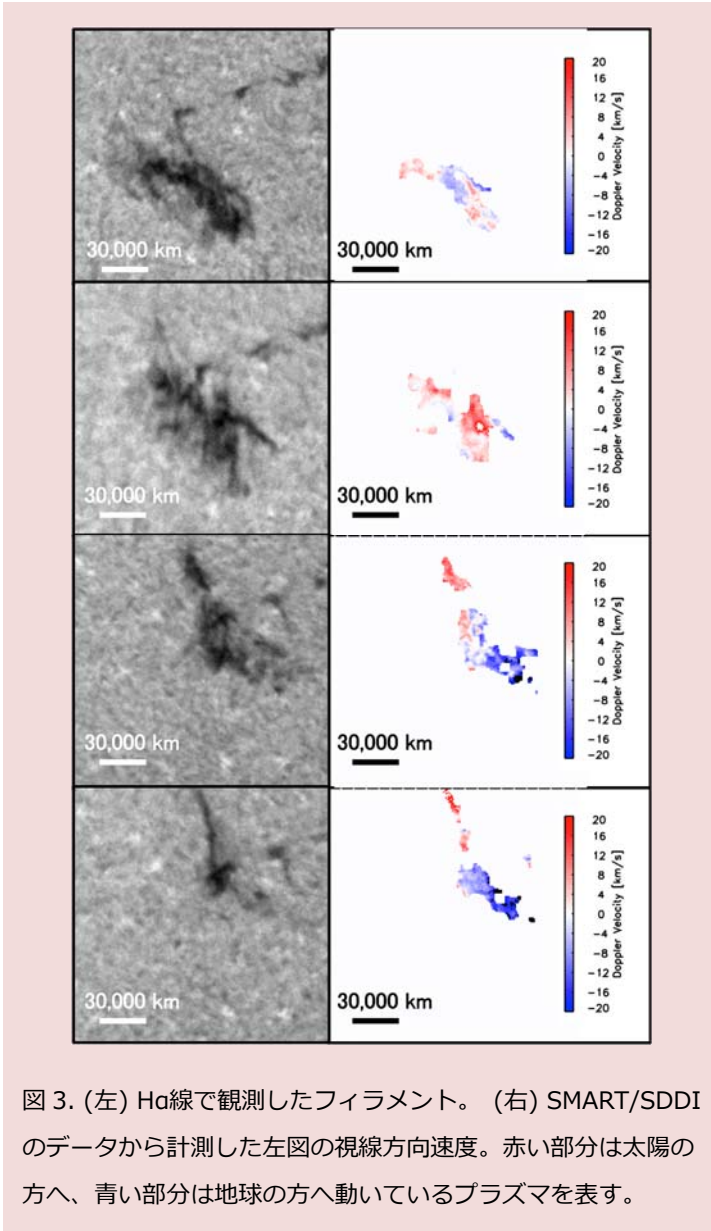


コロナ質量放出を伴う現象の 1 つに、フィラメント噴出があります。太陽の最外層大気であるコロナ中には、周囲より低温高密度な帯状のプラズマ（フィラメント）が磁場により支えられ浮遊していますが（図 2）、しばしば磁場の不安定化により噴出します。この磁場の不安定化によるフィラメント噴出の前には、フィラメントがゆっくりと上昇したり、内部のプラズマが活発に運動したりと、「噴出の前兆」とみなせるような様々な動きを示します。これまでにフィラメントの動きが噴出の前兆と見なしうることは知られていましたが、どのような動きが噴出に繋がるのか、予測に応用した例はありませんでした。



2. 研究手法・成果

フィラメントは、H α 線という波長 656.28 nm の光でその運動をよく見るすることができます。しかし、フィラメントが観測者に向かって動いた場合には、ドップラー効果により動く速度に応じて見える波長が数十から数百 pm (ピコメートル=0.001 nm) ほどずれてしまうため観測が困難でした。そこで、京都大学飛騨天文台



の太陽磁場活動望遠鏡 (SMART) に搭載された Solar Dynamics Doppler Imager (SDDI) では波長 655.38 nm から 657.18 nm の間を 0.025 nm 刻み、計 73 波長で太陽全面を観測することで、フィラメントの視線方向速度の計測を行っています。H α 線近傍の波長に対して、世界で最も広範囲な波長域を最も細かい間隔で観測しているため、フィラメントの微小な動きの小さな速度から秒速 400 km という猛スピードな噴出速度まで世界最高精度で観測することができます。

今回の研究ではこの SMART/SDDI のデータを利用し、噴出する前のフィラメントの視線方向速度を検討した上で、独自の方法で「フィラメントの小スケールな内部運動の活発さ」を定量化しました。そして、この値の時間変化を追跡した結果、フィラメントが安定している時 (=フィラメントが噴出するかなり前) には、この値がほぼ一定の低い値を示していたのに対し、噴出の約 1 時間前から値が急激に上昇することが明らかになりました。これにより、フィラメントはその小さいスケールの内部運動を定量的に追跡することで、噴出を予測できることが示唆されました。

3. 波及効果、今後の予定

今回の研究は 2016 年 11 月 5 日に噴出したフィラメント 1 例のみに対して行われたケーススタディーです。したがって、今回確認した「フィラメントが噴出する約 1 時間前にその内部運動が活発化する現象」がフィラメント噴出一般に見られ、噴出の前兆として予測に活用できるかどうかは議論の余地が残ります。今後は、これまでの約 1 年間で SMART/SDDI が観測してきたフィラメント噴出例と、2005 年 7 月から 2016 年 4 月までに SMART/T1 という類似の観測装置で観測されたフィラメント例に対して、今回と同様の解析を施すことで、今回の評価手法が噴出の予測に本当に活用できるのかどうか検証していきます。

また、今後の波及効果として、地上望遠鏡による太陽面爆発予測体制の確立が挙げられます。現在、コロナ質量放出を含む太陽面爆発現象の予測は、主に人工衛星データに基づいて行われています。しかし、そもそも人工衛星自体が太陽面爆発の影響に脆弱であり、日本のX線観測衛星「あすか」のように太陽面爆発の影響が原因で機能が失われた人工衛星の例は数多く報告されています。このため、安定した爆発予測体制を構築するためには、爆発の影響を受けない地上望遠鏡による予測体制の確立も必要と考えられます。今回の成果は、地上望遠鏡のみを用いて太陽面爆発の1つ、フィラメント噴出の予測が可能であることを示唆した点で、より安定した監視体制確立への貢献が期待できます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究プロジェクトは、日本学術振興会科研費研究課題/領域番号 16H03955 と 15H05814、京都大学宇宙総合学研究ユニット「宇宙学拠点・グローバル人材育成のための派遣プログラム 2017年度第0期」、及び名古屋大学宇宙地球環境研究所統合データサイエンスセンター計算機システムの支援を受けました。

<論文タイトルと著者>

タイトル : Increase in the amplitude of line-of-sight velocities of the small-scale motions in a solar filament before eruption

著者 : Daikichi Seki, Kenichi Otsuji, Hiroaki Isobe, Takako T. Ishii, Takahito Sakaue, Kumi Hirose

掲載誌 : *The Astrophysical Journal Letters*