

太陽型星におけるスーパーフレア・巨大黒点の時間変化の 解明に向けた共同研究

理学研究科 博士後期課程 1年

行方 宏介

アメリカ合衆国

2018年10月20日～2018年11月4日

計画の概要

私は、大学院にて、太陽によく似た星(太陽型星)における、「スーパーフレア」と呼ばれる現象を研究しています。フレアとは一般的に、恒星表面における爆発現象のことです。太陽フレアは、磁気嵐や放射線の照射といった形で地球環境に耐えず影響を与えており、宇宙に進出しつつある我々人類文明にとって、その理解は非常に重要です。特に、スーパーフレアとは、太陽の観測史上例のない超大規模フレアのことです。スーパーフレアは太陽では起きないというのが天文学の常識でした。しかし近年、我々の研究グループは、実際に太陽型星でスーパーフレアが頻発していることを発見し、「太陽でもスーパーフレアは起きるのか？起きたら地球はどうなるのか？」という問題が社会的にも大きな関心を集めています。私は、この問題の解決には、スーパーフレアを引き起こすのに不可欠とされている「巨大黒点」(巨大な磁気エネルギーの集まり)の生成・消滅過程の解明が鍵であると考えています。この問題を解明するために、同様に恒星の黒点に注目して研究を行っているワシントン大学(アメリカ、ワシントン州)の Suzanne Hawley 教授の元で、巨大黒点の時間変化の解明に向けた共同研究を行うことが、本渡航の目的です。本共同研究の計画は、私達が開発した手法と、Hawley 氏らが開発した手法を組み合わせ、同一の天体に適用することで、黒点の時間変化の性質を多角的に調査する、という内容です。

成果

黒点とは、星表面にある温度の低い領域のことで、強い磁場強度を示します。太陽における黒点は、星内部で生成された磁束管が表面に浮上して生成し、対流運動によって消滅します。これらの物理が解明されたのは、太陽が唯一空間分解して観測できる恒星だからです。一方で、現状の技術では、太陽以外の星を空間分解して見ることが困難で、私たちが観測できるのは星の光度変化などの数少ない情報に限られています。よって、他の恒星の黒点の生成・消滅過程を調べることは、とても困難なことです。

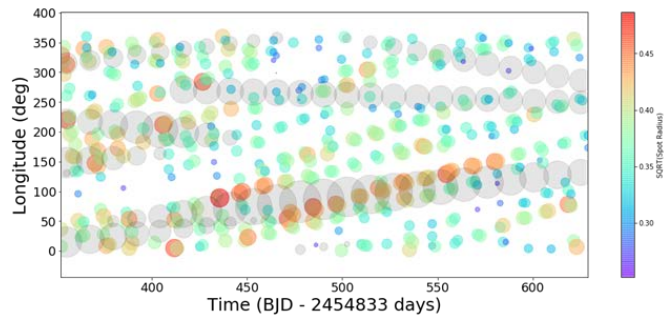
この問題への切り口として、私は、巨大黒点を持つ星の自転による星の光度変化に注目

しており、その情報から黒点の空間分布・時間変化を間接的に推定する手法を開発しています(Namekata et al., 現在論文を投稿中)。一方で、他にも恒星の黒点の時間変化を間接的に調べる手法があり、その一つが、Hawley 氏らが開発している手法です。彼らの手法では、星の前を惑星が通り過ぎる時(以下、トランジット、日食のような現象)の光度変化を用いて、恒星表面の黒点の空間分布・時間変化を推定するという手法です(例, Morris et al. 2017, Astrophysical Journal)。私は彼らの研究を初めて見たとき、この手法を用いれば恒星黒点の時間変化を、新しい視点から解き明かすことができるかもしれないと思い、両者の手法を比較しようという共同研究を持ちかけました。

ワシントン大学では、先方の研究者の方々の手厚いサポートのおかげで、順調に研究を行うことができました。今回私たちは、一つの太陽型星(天体名 Kepler-17)に注目して研究を行いました。まず、自分の手法を Kepler-17 に適用してみるということをしました。今回の研究では、ベイズ統計という原理に基づいて、黒点の経度分布・黒点の面積という2つの物理量を推定する手法を採用しました。その結果、この星の、「グローバルな・星全体としての」黒点の推定することができました(図1、灰色の点)。その後、彼らの手法を適用し、「トランジット経路上での」黒点の経度分布・黒点の面積という2つの物理量を推定しました(図1、カラフルな点)。図1にあるように、一見して見るができなさそうな恒星黒点の表面分布を私たちは間接的に推定することができます。

両者の比較をした結果、両者の空間分布は、部分的には異なるものの、かなり似ているということがわかりました。さらに、時間変化立を比較したところ、両者の手法はとても似た値であるということもわかりました。「グローバルな・星全体としての」黒点と、「トランジット経路上での」黒点は、全く異なる振る舞いをしてもおかしくはないと想像していたので、これはとても驚くべき結果でした。さらに、これらの時間変化立は、太陽黒点の時間変化立と矛盾なく説明できるということもわかりました(例、Otsuji et al. 2011, Petrovay et al. 1997)。つまり、**太陽黒点も恒星の超巨大黒点も、大きさは違えど、同様の背景物理で生成・消滅している**ということを強く示唆しています。

本研究では、2週間という限られた期間であったにもかかわらず、このように大きな成果が得られました。この成果は、日本天文学会での発表や、国際学会誌への論文投稿も予定しており、また、今回の渡航で今後の共同研究の足がかりもつかむことができました(図2)。この訪問で得た成果を、私たちのグループの今後の研究計画にも生かしていきたいと考えています。最後に、このような貴重な渡航の機会を下さった京都大学国際教育交流課の皆様、および関係者の方々に深く感謝いたします。ありがとうございました。



(図1) 研究の結果得られた、星表面の黒点分布(経度分布の時間変化)。横軸は時間(日)で、縦軸は黒点の経度分布。それぞれの丸は、黒点に対応し、丸の大きさは、黒点の大きさに対応。灰色=私の手法、色付き= Hawley 氏らの手法(お互い独立の手法)。横につながっているように見える一連の集団は、同一の黒点とみなせる。



(図2) 共同研究者の方々。
右から、S. Hawley 教授、B. Morris (大学院生)、J. Davenport (研究員)、自分