

授賞者の研究業績の紹介

2021年度 第14回宇宙科学奨励賞授賞者

宇宙理学分野

鳥海 森 (とりうみ しん)

JAXA宇宙科学研究所・国際トップヤングフェロー

業績の題目：衛星観測データを駆使した太陽の磁気活動現象の解明

「太陽のプラズマ爆発現象のフレアやコロナ質量放出現象（CME）の原因となる黒点は、どのような特徴をもち、それはどのように誕生するのか？」という、黒点形成の問題は、太陽物理学のみならず宇宙物理学の長年の課題であり、太陽観測衛星「ひので」やNASA SDO衛星が解明をめざす大きなテーマのひとつである。鳥海森氏は、観測データ解析と磁気流体シミュレーションを組み合わせ、「太陽内部からのねじれた磁束管の浮上と、その途上での熱対流との相互作用により、複雑な磁極構造が形成されることがカギとなる因子である」という考え方にに基づき、この問題の解明に挑戦してきている。そこにおいては、太陽表面の観測データを緻密に見るだけでなく、太陽表面の振動から太陽内部を診断し太陽表面下の磁場の分布を推定する手法も取り入れ、シミュレーション計算と組み合わせて、太陽内部からの磁束管の動きを追っている。そして、以下に述べるようないくつものすぐれた業績を上げてきた。

1) デルタ型黒点の形成メカニズムの解明

「強大な太陽フレアはデルタ型と呼ばれる黒点で生じやすい」ことが経験的に知られている。鳥海氏はこのデルタ型黒点の形成過程を数値シミュレーションで研究した。その結果、対流層内部で一本の磁束管が二カ所で Ω 字状に浮上し、太陽表面で互いに衝突するシナリオがもっともよく観測を説明することを見出した。そして、現実的な熱対流モデルの下で、デルタ型黒点の自発的形成を再現する世界初の輻射磁気流体シミュレーションに成功した。

2) 黒点形成磁束浮上に伴う黒点上空のジェット現象の解明

「ひので」衛星は、黒点の上空で活発なジェット噴出現象が見られることを発見したが、鳥海氏は、「ひので」衛星の観測データとともに米国太陽紫外線観測衛星の観測データも用い、輻射磁気流体シミュレーションによる黒点再現計算と比較した。その結果、太陽内部からの磁束浮上とそれに続く黒点形成に伴う磁束集積と熱対流との

せめぎあいにより、磁気リコネクションが誘発されジェット噴出のような強い活動現象が生じることが示された。磁気シミュレーションの結果と「ひので」観測の画像との比較図は驚くほど整合的である。

3) 巨大フレアやコロナ質量放出 (CME) を起こす黒点群の特徴抽出

フレアやCME規模の予測は、その物理に迫る意義だけでなく地球環境への影響との関連でも広く関心を集めている。鳥海氏は2010年以降の比較的大きなフレアを起こした活動領域の磁場データを統計的に調べることで、デルタ型黒点を持つ活動領域が巨大フレアを起こしやすいという従来の知見を確認したことのほかに、新しい知見としてCME発生がフレアリボン面積と黒点面積との比に相関することを明確に示した。これは、地球への直接影響の大きいCME発生についての予測可能性を示している点でも意義深い。

以上のように、鳥海氏は太陽活動現象の原因となる活動領域磁場形成について観測・理論シミュレーション両面から挑み、それを有機的につなげることで余人に代えがたい実績をあげてきている。これを受けて、この分野の実績ある観測家と共著で太陽物理分野での権威ある雑誌にレビュー論文を執筆するに至っている。さらには、研究の幅を恒星表面の磁気活動現象に広げ、恒星黒点の磁氣的・熱的構造を観測的に探る方法を提案している。

鳥海氏はコミュニケーション能力に優れ、国際共同研究を数多く進めてきている。我が国の次期太陽観測衛星として検討が進んでいるSolar-C計画においても、科学目標策定・科学運用策定・データマネジメント策定などを担当し、米欧のパートナーとやりとりしながら活躍している。若手の指導にも携わっており、日本の太陽物理学・宇宙物理学研究、ひいては、これからの宇宙科学を牽引していく人材と考えられる。

関連する論文リスト

1. Light bridge in a developing active region. I. Observation of light bridge and its dynamic active phenomena, Toriumi, S. et al. 2015, *Astrophysical Journal*, 811, 137
2. Magnetic properties of solar active regions that govern large solar flares and eruptions, Toriumi, S. et al. 2017, *Astrophysical Journal*, 834, 56
3. Flare-productive active regions, Toriumi, S., and Wang, H. 2019, *Living Reviews in Solar Physics*, 16:3
4. Sun-as-a-star spectral irradiance observations of transiting active regions, Toriumi, S. et al. 2020, *Astrophysical Journal*, 902, 36