

氏 名	しお 塩 田 だい こう 幸
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3132 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	Numerical and Observational Studies of Coronal Mass Ejections and Associated Phenomena (コロナ質量放出と付随する現象の数値的観測的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 柴 田 一 成 教 授 長 田 哲 也 助 教 授 太 田 耕 司

論 文 内 容 の 要 旨

コロナ質量放出は、太陽コロナの磁場の活動の結果として発生する最も激しい爆発現象のひとつである。磁場の活動の結果により発生する爆発現象は、多くの天体プラズマで見られる共通の性質であり、その点からコロナ質量放出やフレアなどの太陽コロナの爆発現象は、天体プラズマの性質を調べる上での絶好の雛形である。さらに、地球に向かってきたコロナ質量放出は、地球磁気圏との相互作用により地球周辺の宇宙空間に重大な影響を及ぼす。人類が宇宙空間へ進出する上で、コロナ質量放出の発生メカニズムを理解し予測していく必要があり、これらの研究は「宇宙天気」と呼ばれ近年盛んに行われてきている。

コロナ質量放出の発生のメカニズムを理解する上で、長らく問題になってきたのがフレアとコロナ質量放出との関係である。かつては、「フレア発生の結果としてコロナ質量放出が起こる」と考えられたことがあったが、フレアをともしないコロナ質量放出が多数存在することが発見されて、「コロナ質量放出（さらには地球）にとってフレアは重要か？」(Gosling)と疑問が呈されるようになった。さて、フレアをともしないコロナ質量放出の多くはフィラメント噴出をともしなうことが知られている。ではフィラメント噴出はフレアと全くの別物か？「ようこう」衛星軟 X 線望遠鏡の観測により、コロナ質量放出をともしないフィラメント噴出に、フレアと同様の巨大なアーケードが形成されていることが発見された。巨大なアーケードは、その特徴がフレアと共通であるため、フレアと共通の物理プロセス「磁気リコネクション」によって形成されていると考えられている。この巨大アーケードの発見により、コロナ質量放出、フレア、フィラメント噴出は磁気リコネクションによる磁気エネルギー解放現象として統一的に解釈できることが提唱されたが、まだ広く受け入れられているわけではない。

本研究では、コロナ質量放出における磁気リコネクションの役割を明らかにするために、磁気リコネクションモデルに基づいたコロナ質量放出の2.5次元電磁流体シミュレーションを行なった。このシミュレーションは、現実のコロナで重要な物理過程である熱伝導の効果を考慮したものである。さらに、シミュレーション結果と観測結果との詳細な比較を行なった結果、磁気リコネクションに伴う衝撃波およびリコネクションに伴う電磁流体力学的振る舞いが、「ディミング」や「アーケード」などのコロナ質量放出に伴う様々な現象や構造の形成に寄与していることを明らかにするのに成功した。

さらに本研究では、以上に述べたシミュレーション研究から示唆される磁気リコネクション機構に基づく統一的描像を観測データから検証するために、コロナ質量放出と巨大なアーケードの関係について統計的手法を用いた観測的研究も行っている。また、昨年打ち上げが成功した太陽観測衛星「ひので」搭載の極紫外線撮像分光装置による分光撮像観測結果の合成法の開発を行っている。

本研究は他の研究者との共同研究であるが、申請者は、シミュレーションの実行からその結果の解析のすべての過程、及び観測データ解析の大半、議論、総括、論文の執筆に至るまでの研究のすべての過程において中心的役割を果たしてきた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、太陽コロナにおける爆発現象であるコロナ質量放出、太陽フレア、巨大アーケードについて、磁気リコネクションとそれに付随する物理過程を通して理解することを試みた研究である。

コロナ質量放出における磁気リコネクションの役割については、エネルギー解放の観点で本質的な重要性の議論がいまだに絶えないテーマの一つである。本論文で行われている研究は、コロナ質量放出の構造形成過程および巨大アーケードなどのコロナ質量放出に付随する現象における、磁気リコネクションとそれに伴う衝撃波および速度場の役割を明らかにし、磁気リコネクションの重要性を異なる視点から示した独創的な研究であるといえる。

本研究で行われている、熱伝導の入った太陽コロナにおける磁気リコネクションの電磁流体シミュレーションは、まだ数例しか報告されていない難易度の高いシミュレーション研究である。衝撃波の構造、速度場の構造とその起源について等のシミュレーション結果解析法、また、シミュレーション結果から画像を合成し実際の現象の観測結果との詳細な比較から現象の物理過程を解明した手法は、本論文の非常に独創的な点である。この研究により明らかになった磁気リコネクションに伴う衝撃波のY字型構造・螺旋構造は、本研究によって初めて明らかになったものであり、磁気リコネクションの研究にとって重要な発見であるといえる。

さらに、シミュレーション結果から「ひので」衛星極紫外線撮像分光装置による観測データの合成法を新たに開発しており、観測結果とシミュレーション結果を結びつけ物理的情報を抽出する上で非常に重要な仕事であるといえる。

また、本研究で解析されている巨大アーケードは、その観測難易度からこれまで包括的な研究は全く行われてきていない現象である。巨大アーケードは、このコロナ質量放出の物理過程の理解にとって重要であるにもかかわらず、これまでほとんど研究が行われてきていない。本論文は、このような現象に着目し、唯一の観測手段である「ようこう」衛星軟X線望遠鏡の太陽全面像観測のムービーを太陽活動の半周期にわたって詳細にサーベイしている。サーベイの結果330例のデータベースを作り、コロナ質量放出との関係を明らかにすることに成功している。この研究も太陽物理にとって重要な仕事の一つであるといえる。

以上の点を鑑み、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。