

氏 名	なる かげ のり ゆき 成 影 典 之
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2999 号
学位授与の日付	平 成 18 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	Observational Studies of Flare-Associated Waves and Reconnection Inflows (太陽フレアに伴う波動現象とリコネクションインフローの観測的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 柴 田 一 成 助教授 北井礼三郎 教 授 長 田 哲 也

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、太陽フレアに伴う波動現象とリコネクションインフローの観測データを解析し、衝撃波とリコネクションの物理を調べたものである。

太陽フレアは、短時間で膨大なエネルギーを放出する爆発現象である。現在、「フレアのエネルギーはコロナ中の磁場に蓄えられており、磁気リコネクションによって解放される」というリコネクションモデルが支持されている。磁気リコネクションとは、反平行な磁場がつなぎ変わることによって、磁気エネルギーをプラズマの運動・熱エネルギーに変換するプロセスである。このプロセスにおいては、磁場のつなぎ変わる場所(Xポイント)へのプラズマの流入(インフロー)が重要であり、リコネクションモデルを確立するためには、この流れを発見することが不可欠である。2001年に最初のインフローが発見され、2005年に2例目が報告されたが、観測はこの2例のみでその存在の一般性を示すには十分な数ではなかった。そこで申請者は、1996年から2000年に、極紫外線で観測された太陽像のデータを調査し、新たに6例のインフローを発見した。多数のインフローの発見は本論文が初めてであり、その存在の一般性を確立した。そしてこのデータを元に、リコネクションの進行具合の指標であるリコネクションレートを0.001-0.07と見積もった。また、インフローの速度と、コロナ質量放出の速度に相関があることも発見した。

太陽フレアが発生すると、太陽面を伝播する波動現象がしばしば観測される。最初の波動現象は、1960年、モートンによって発見され、現在、H α 線で観測される波は「モートン波」と呼ばれている。モートン波はコロナ中を伝播する衝撃波によって押し下げられた彩層部分で、コロナ中を伝播する衝撃波を間接的に捉えたものであるというモデルが確立している。しかし、モートン波(衝撃波)の発生メカニズムは、太陽フレアと関係すること以外まだ分かっていなかった。京都大学飛騨天文台の太陽フレア監視望遠鏡は、モートン波もしくはその存在を示唆する現象を20例観測しており、このデータを調べることで、モートン波の発生にはフィラメントの噴出が強く関係していることを発見した。また、これらのデータの中には、他波長でも波動現象が同時に観測されているものがあり、「ようこう」衛星の軟X線望遠鏡が2例の波動現象(X線波)を捉えていた。X線波はコロナ中を伝播する衝撃波を直接捉えたものであると考えられていたが、これまで観測例が少なかった。申請者は、X線のデータから得た物理量と電磁流体理論を用いることで、X線波が衝撃波であることを初めて理論的に確かめた。また本論文では、この結果を用いて、2006年に打ち上げられる「Solar-B」衛星搭載のX線望遠鏡でのX線波観測の可能性を調査し、最適の観測プランを提案した。一方、申請者は、飛騨天文台の最新望遠鏡SMARTを用いて、一つのフレア中に3連発で発生したモートン波(衝撃波)を発見した。これは世界初の発見で、3度ともフィラメントの噴出が関係していることを突き止めた。また、先行した低速の衝撃波に、高速の衝撃波が追いつき、合体する様子も捉えることに成功し、このタイミングで電波バーストの増光があることを発見した。

論文審査の結果の要旨

申請者は、近年の衛星観測によって新発見が続々と報告され注目を集めている太陽フレアに伴う波動現象と、太陽フレアを説明する磁気リコネクションモデルにおいて重要な流れであるインフローを、膨大な観測データの中から探し出し、詳細な解析を行った。波動現象、インフローとも太陽物理において重要なテーマであるが、非常にフェイント（かすかな）現象であり、ともに研究報告例は少なかった。申請者は、2つの現象の重要性を理解し、注目して調査することで多数のサンプルを探し出すことに成功したのが本研究の特徴である。

インフローは、太陽フレア時にリコネクションが起こっている証拠であるだけでなく、リコネクションの進行具合を知るのに重要な流れである。インフローの発見は、太陽フレアにおけるリコネクションモデルの確立に役立つだけでなく、リコネクションの物理を解明するという天体プラズマ物理学の課題を解明する上でも非常に重要である。申請者は、発見したインフローの速度を測定し、リコネクションレート（＝インフロー速度／アルフェン速度）を見積もった。これまでの研究では、発見されなかったインフローの速度を、他の現象や理論から推定し、リコネクションレートを求めていたが、本論文では直接測定したインフローの速度から、リコネクションレートを求めた点が特徴である。

太陽フレアに伴う波動現象は様々な波長で観測されているが、申請者は京都大学飛驒天文台にある「太陽フレア監視望遠鏡」で観測された20例のモートン波もしくはその存在を示唆する現象の研究を行った。本論文で報告された20例という数は、これまでに世界で観測されたモートン波の1／3強であり、非常に優れたサンプルである。申請者はこれらのデータを元に、モートン波の発生にはフィラメントの噴出が密接に関係していることを発見した。この発見は、モートン波（衝撃波）の発生メカニズムを探る上で、大きな手がかりになる。また、モートン波と同時に観測されたX線波を2例発見し解析を行った。申請者は、X線の観測データから得られた物理量と電磁流体理論を用い、X線波が衝撃波を直接捉えたものであることを初めて定量的に示し、衝撃波の伝播過程における物理量の変化も見積もった。申請者の解析手法は、衝撃波の物理を解き明かすのに非常に有用である。さらに申請者は、飛驒天文台の最新望遠鏡SMARTを用いて、一つのフレア中に3連発で発生したモートン波（衝撃波）を発見し、3度ともフィラメントの噴出が関係していることを突き止めた。また、衝撃波同士の衝突も捉えており、そのタイミングで電波バーストの増光があることを発見した。これらはともに、衝撃波研究における重要な新発見である。

以上のように、非常にフェイントな現象である太陽フレアに伴う波動現象とリコネクションインフローについて、観測データを徹底的に調査し、数々の新発見をもたらしたことが特筆すべき点である。さらに理論を用いて、それらのデータを詳細に解析することで、優れた成果を挙げた。よって、本論文は博士（理学）の学論文として価値あるものと認める。また、本論文に記載の研究業績と、それに関連した研究分野について口頭試問を行った結果、合格と認めた。