

氏名	かみ 神	お 尾	すぐる 精
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)		
学位記番号	理 博 第 2995 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	Spectroscopic study of dynamic phenomena in the solar atmosphere (太陽大気における活動現象の分光観測による研究)		
論文調査委員	(主査) 教授 黒河宏企	助教授 北井礼三郎	教授 長田哲也

論 文 内 容 の 要 旨

太陽表面ではフレアに代表されるようなダイナミックな活動現象が多く観測され、これらの物理機構を解明することは、恒星の基本構造と活動の実態を知る上で基本的に重要である。

本研究では、フレア輝点と彩層 CaII H₂ 輝点の高分解多波長同時分光観測を行うことによって、これら輝点周辺のプラズマ速度場の深さ及び時間変化を導出することに成功し、太陽コロナ加熱及びフレアループの物理機構の理論モデルを検証する上で重要な結果を明らかにしたものである。

まず一つ目の成果として、フレアの立ち上がり相に遷移層の温度域 (10⁵K) で高速の下降流が存在することを明らかにした。2002年7-8月にドームレス太陽望遠鏡 (DST) と SOHO 衛星に搭載された極紫外線分光器 (CDS) で協同観測を行い、CDS では42秒の短い時間間隔で走査観測を実行することによって、それまでの観測に比べて早い時間変動を捉えることに成功した。観測された4つのフレアについて、初期の軟 X 線の立ち上がり相における H α フレアカーネルの場所について CDS のデータを解析した結果、遷移層の OV(2 \times 10⁵K) のスペクトルで下向き 60-80km/s の高速流があることがわかった。これまでの観測で、フレア時に彩層 (10⁴K) で下降流が存在することは知られていたが、今回の極紫外線スペクトルの解析によって、遷移層 (10⁵K) でも下降流が存在することを明らかにした。これと同時に彩層 He I では 20km/s の下降流が検出されたが、コロナ温度 (10⁶K) の Mg IX では速度は変化しないこともわかった。今回の観測では、可視光と極紫外線で同時観測をすることにより、彩層からコロナにわたる広い温度範囲でフレアの彩層蒸発にともなう速度場変化を調べることができた。これは彩層蒸発のモデルを構築する上で重要な観測結果である。

二つ目の成果として、DST の水平分光器 (HS) を用いて静穏領域の多波長分光観測を行い、Ca II H_{2v} で見られる彩層グレイン (輝点) の発生と彩層および光球の3分周期の速度振動の振幅の間に相関があることを明らかにした。グレインは3分周期で見られる 1000km 程度の大きさの輝点で、彩層やコロナの加熱機構にも関係していると考えられるため、その発生機構を明らかにすることは大きな意義がある。データ解析では Fe I と H α スペクトルのドップラーシフトから彩層と光球の運動速度を求め、Ca II H_{2v} グレインの発生との関係を調べた。光球では5分周期の振動が卓越しているのに対して、彩層では3分周期の振動が卓越しているため、光球と彩層の速度場を直接比較しても相関は見られない。本研究ではウェーブレット解析によって3分周期の振動成分を取り出すことにより、光球と彩層の3分振動の強度分布に相関があり、同時に彩層の3分振動の大きさと Ca グレインの発生にも相関があることを明らかにした。さらに、彩層の振動は光球の振動よりも位相が30秒程度遅れており、光球から彩層に超音速のショックが伝播したことを示唆している。これらの結果は、光球から彩層に伝播した3分周期の音波がショックを形成し、彩層中でのショックによる密度・温度上昇が Ca II H_{2v} グレインとして観測されるという理論を観測的に支持するものである。またこの結果は、彩層で卓越している3分周期の速度振動は、その直下にある光球の3分周期の振動に起源があることを観測的に初めて明らかにした。

論文審査の結果の要旨

太陽は表面の構造を分解して観測することができる唯一の恒星であり、太陽活動現象を観測することは、太陽におけるエネルギーの解放と輸送過程を解明するために重要である。フィルターを用いた撮像観測では太陽表面の二次元構造が見られるに対して、分光観測では活動現象の機構を解明するために不可欠となるプラズマの速度場が求められる。本研究は高精度の望遠鏡と高分散分光器を用いることによって、太陽フレア輝点及び彩層 Ca II H₂ 輝点内のプラズマ速度場を、これまでになく精密に測定することに成功し、これらの物理機構の理論モデルを検証する為の重要な新しい観測結果を導出することに成功した論文であるということができる。

まず、太陽フレアの彩層蒸発の過程については、これまでの分光観測により彩層の温度域で下降流があることは明らかにされていたが、遷移層の温度域では信頼できる観測結果はなかった。その理由として、(1)遷移層スペクトル線が含まれる極紫外線は地球大気に吸収されるため、宇宙空間の人工衛星からしか観測できないこと、(2)分光観測ではスリットを走査して観測すると時間分解能が低くなり、時間変化の激しいフレアを観測するのは困難になることが挙げられる。本研究では、SOHO 衛星の極紫外線分光器 CDS を用いて強いスペクトル線を選択することにより、これまでよりも短い42秒間隔の観測を実現した。さらに、CDS と同時に飛騨天文台のドームレス太陽望遠鏡 (DST) で H α 単色像を観測することによって、フレア中の彩層と遷移層の変動を同時に捉えることに成功した。

その結果、H α でフレアカーネルが現れるのと同時に、遷移層と彩層で高速な下降流が発生していることが明らかになった。今回観測された4つのフレア全てについて彩層と遷移層の両方で下降流が発見され、これらがフレアに共通する性質であることを示している。これまでの理論モデルに基づく計算結果と比較すると、大きなエネルギーフラックスが彩層に注入された場合の爆発的な彩層蒸発が起こっていることを示唆するもので、これはフレアの彩層蒸発モデルに制限を加える重要で新しい観測結果である。

次に、本研究では太陽静穏領域における彩層グレインの発生と、彩層および光球における3分振動の振幅との間に相関があることを明らかにした。DST の水平分光器は、可視から近赤外域までの広い波長域で高分散のスペクトルを同時に観測する能力を持っており、本研究ではこの水平分光器の特長を活かして光球と彩層の速度場および Ca II H スペクトルを初めて同時に観測することによって、これらの解析を可能にした。光球では5分周期の振動が卓越しているため、光球と彩層の速度場を単純に比較してもはっきりとした相関は見られないが、本研究ではウェーブレット変換により3分周期の振動成分を取り出すという申請者が独自に開発した解析方法によって、光球の3分周期の振動が彩層の3分振動を引き起こしていることを初めて明らかにすることに成功した。また、彩層の振動は光球よりも30秒程度位相が遅れていることを示したのも新しい結果である。これらの結果は、光球から彩層に伝播した音波がショックとなり、Ca グレインを作るという理論モデルを観測的に初めて明確に支持したものであり、この分野の研究の進展に大きく貢献した重要な研究であるということができる。

よって、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られる。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。