

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	おおつじ けんいち 大 辻 賢 一
学 位 (専 攻 分 野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学 位 授 与 の 日 付	平 成 年 月 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 Study of Solar Emerging Magnetic Flux Region (太陽浮上磁場領域の観測的研究)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 北井礼三郎 准教授 一本 潔 教授 柴田 一成 教授

理 学 研 究 科

(続紙 1)

京都大学	博士（理学）	氏名	大辻 賢一
論文題目	Observational Study of Solar Emerging Magnetic Flux Region （太陽浮上磁場領域の観測的研究）		
（論文内容の要旨）			
太陽表面における浮上磁場領域の研究は、フレアやそれに引き続くコロナ質量放出現象等、太陽活動現象のみならず宇宙天気予報の観点からも重要視されている。しかし詳細かつ統計的な研究は十分には行われていない。近年、人工衛星搭載の太陽観測望遠鏡により、浮上磁場領域の詳細な形質が明らかになりつつある。本研究では、この高空間分解能を活かして浮上初期の磁束管の進化を詳細に調査し、浮上磁場領域のサイズ及び磁束量が浮上モードに及ぼす影響を明らかにした。 まず、高い空間分解能を持つ太陽観測衛星「ひので」の可視光望遠鏡(SOT)を用いて浮上初期の磁束管の詳細な観測を行い、形態学的な観点から磁束管の進化を解明した。SOT が観測した浮上直後の磁束管の Ca II H 画像からは、磁束管の両足元は 4.2km/s で広がる一方で、磁束管自身は 3.8km/s で膨張する様子が明らかになった。これは「ひので」の SOT を用いて初めて明らかになった磁束管の浮上直後の進化の様子である。 次に飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡(DST)と「ひので」との共同観測によって、磁束管の浮上直後の上昇速度の時間発展を明らかにした。DST の垂直分光器を用いた Ca II K 線のスペクトロヘリオグラムからは磁束管のドップラー速度が求められた。SOT の水平磁場観測によって光球表面に磁束管が現れてから DST で上昇速度の増加が観測されるまでには約 10 分間の時間差があることが明らかになり、浮上直後の磁束管が光球表面で停滞し、不安定性が成長することで再び上昇を開始することが確認された。これは以前の 2 次元 MHD シミュレーション結果と一致した。 これらの観測結果をもとに、本論文では浮上直後の磁束管の三次元的な進化の詳細を観測的に初めて明らかにした。すなわち、光球に現れた磁束管はまず水平方向への膨張・伸長を行い、その後彩層へと上昇を開始するという描像である。一方で最新の 3 次元シミュレーションでは磁束管は光球面浮上後に水平方向へのみ膨張し上昇しない場合が多く、観測と理論との差を指摘する結果となった。 さらに「ひので」の SOT によって観測された浮上磁場領域の統計解析を行った。これは「ひので」を用いて浮上磁場領域の統計解析を行った初めての研究であり、101 例の磁束管浮上現象について、SOT の Ca II H 画像と磁場データから磁束管の空間サイズと磁束量、磁束増加率、空間サイズ増加率を求めた。その結果磁束管の光球面への現れ方はその磁束管が持つ磁束量で決定されることを明らかにした。一方ローカルに見た際の磁束管の浮上ユニットの空間サイズは浮上磁場領域の全体サイズには依存せず一定であった。このユニットサイズはパーカー不安定性が最も成長する波長と等しく、磁束管が光球面以下からパーカー不安定性によって波打った形状で浮上するというモデルを支持する結果となった。 以上より、本論文ではこれまで明らかにされていなかった、太陽表面での磁束管浮上現象の詳細を解明すると共に、その観測結果から、太陽対流層の奥深くから浮上してくる様々な空間スケールの磁束管浮上現象に統一的な解釈を与えることに成功した。			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

太陽表面における浮上磁場領域の研究は、太陽活動の起源のみならず宇宙天気研究の観点からも重要視されている。しかし詳細かつ統計的な研究は十分には行われていない。近年、人工衛星搭載の太陽観測望遠鏡により、浮上磁場領域の詳細な形質が明らかになりつつある。本研究では、この高空間分解能を活かして浮上初期の磁束管の進化を詳細に調査し、浮上磁場領域のサイズ及び磁束量が浮上モードに及ぼす影響を明らかにした。

本論文における成果として、主に2つが挙げられる。まず1つ目として、太陽表面に現れる磁束管浮上現象の初期段階の詳細な観測である。まず「ひので」SOTを用いた浮上磁束管の観測では、磁束管の膨張現象を捉えることに初めて成功している。これはSOTの高空間分解能観測によって世界で初めて得られた知見である。さらに本論文では飛騨天文台DSTの垂直分光器を用いた上昇速度の測定結果と合わせて解析することによって、磁束管浮上現象の典型的な3次元動的ダイナミクスを観測的に明らかにした。特に磁束管が光球面に浮上後、不安定性が成長するまで停滞するという描像はシミュレーションで示されていたものの、観測的に確認されたのは今回が初めてであり、理論への裏付けを与えるものとして評価される。その一方で、ほとんどねじれていない磁束管が彩層へと上昇できるという観測結果は、シミュレーションで再現できていない過程であり、磁束管の浮上理論に何らかの修正が必要であることを指摘している。

本論文における2つ目の成果として、幅広い空間スケールにおいて磁束管浮上現象の統計解析を行った点が挙げられる。これまでも先行研究では浮上磁場領域や短命活動領域の統計解析は行われているが、いずれも特定の空間スケールのみに着目した研究であった。本論文では先行研究の領域を包括し、さらにこれまでは観測されなかった小規模な磁束管浮上現象をも含む形で統計解析を行った。その結果磁束管浮上現象の様々な物理量がただ1つのパラメータ(全磁束量)で記述できる事を明らかにした。一方で浮上磁束管の最小単位は領域の大きさや全磁束量には依らず一定であることも示すことに成功した。磁束管浮上現象は太陽のみならず、銀河や原始太陽系円盤、ブラックホールの降着円盤等、宇宙物理学の幅広い分野で観測される現象であるため、これらの結果は非常に意義のあるものと言える。さらに本論文では、統計解析で得られた関係式から数多くの考察を行っている。まず浮上磁場領域の全磁束量と最大サイズのとの関係式から、浮上磁場領域の大きさや磁束量はもともと太陽の対流層のどの深さに磁束管があったかを知る重要な手がかりであることを示した。また全磁束量と磁束の増加率との関係式からは、浮上磁束管が光球面を通過する速度が、磁束量に依らないことを示唆した。これらはいずれも簡易な次元解析ではあるが、後の精緻な理論構築への筋道をつけたという重要な意味を持つ。

平成23年1月14日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った。その結果合格と認めた。