

5.2 学位論文

太陽浮上磁場領域の観測的研究 (博士論文)

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。

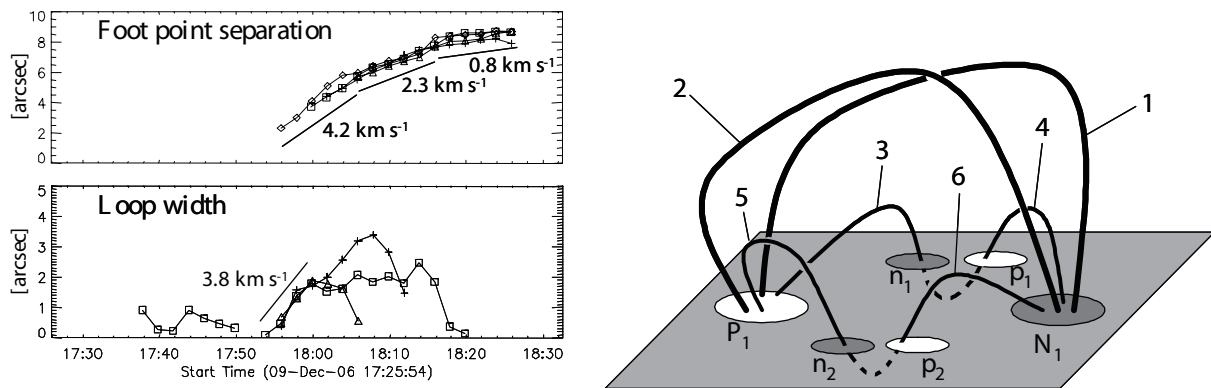


図: 浮上磁束管の発展の様子。左上: 両 footpoint 間の距離。左下: Ca filament の幅。右: 浮上磁束管の模式図。実線は磁力線。

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、磁束管浮上現象の詳細を解明したと共に、様々な空間スケールにおける磁束管浮上現象に統一的な解釈を与えた。

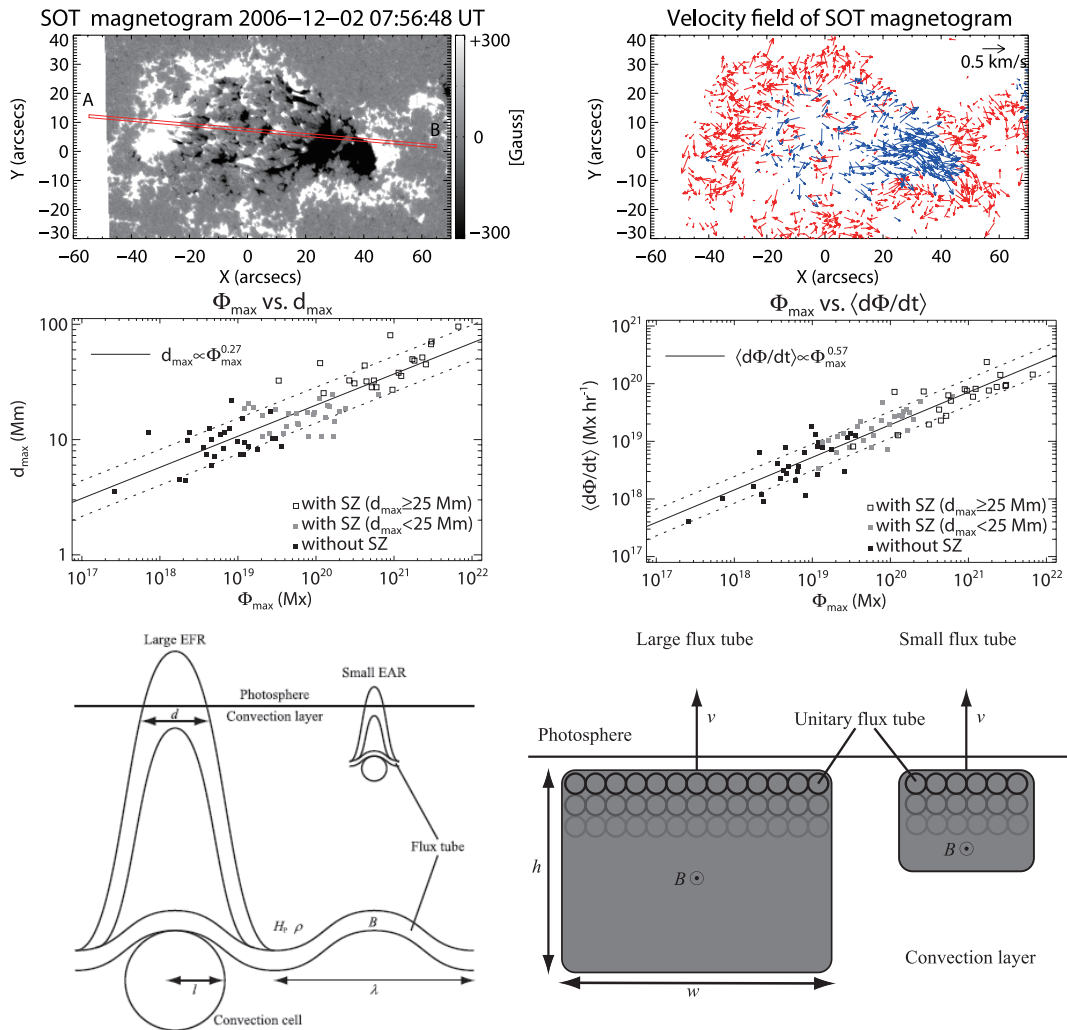


図: 左上: 浮上磁場領域の光球磁場分布。 右上: LCTによる磁気要素の velocity field。 左中: 浮上磁場領域の全磁束量とサイズとの相関。 右中: 全磁束量と磁束浮上率との相関。 左下: 対流層からの磁束管浮上の模式図。 右下: 光球面近傍における磁束管浮上の模式図。

K. Otsuji et al., 2007, PASJ, 59, 649

K. Otsuji, R. Kitai, T. Matsumoto, K. Ichimoto, S. UeNo, S. Nagata, H. Isobe, and K. Shibata, 2010, PASJ, 62, 893

K. Otsuji, R. Kitai, K. Ichimoto, and K. Shibata, 2011, PASJ, 63, Accepted

(大辻 賢一 記)