

太陽浮上磁場-アーケード磁場相互作用によるプラズマ放出現象の 2.5次元シミュレーションとパラメーター解析

金子岳史 (東京大学 理学系研究科 地球惑星科学専攻)

利用カテゴリ 汎用 PC

太陽表面では太陽フィラメント放出現象から CME(コロナ質量放出) まで様々なスケールのプラズマ放出現象が見られるが、その物理的メカニズムは未解明なものが多い。プラズマ放出現象のトリガーとして考えられるものの一つに浮上磁場の出現が挙げられる。Feynman & Martin(1995), Wang & Sheeley(1999) では、コロナアーケード磁場近傍への浮上磁場の出現とプラズマ放出現象の相関が示されており、その際リコネクションが重要な役割を果たしていることが示唆されている。Notoya(2006) では、浮上磁場とフォースフリーなアーケード磁場が相互作用することによってプラズモイド構造の形成及び放出が起きることがシミュレーションによって示されている。本研究では Notoya(2006) のモデルを元に、2.5次元(空間2次元、磁場3成分)で、浮上磁場の出現位置及び磁気強度についてパラメーター解析を行い、どのような条件下でプラズマ放出現象が発生するか調べた。

初期状態は、温度については対流層、光球彩層、遷移層、コロナに対応する4層構造で、一様重力下で密度成層させ平衡状態とする。コロナアーケードとして非線形フォースフリー磁場を配置し、さらに対流層内に Gold-Hoyle 型の磁束管を配置して、磁気浮力によって浮上させる。初期に高 β 領域に存在していた浮上磁場は、低 β 領域であるコロナに到達すると急速に膨張し、コロナ内のアーケード磁場と相互作用を起こす。浮上磁場の出現位置及び磁気強度(磁束量)によってプラズマ放出現象が起きる場合と起きない場合があり、放出に至るメカニズムについても浮上位置によって2通りに分けられることが分かった。浮上磁場がアーケード磁場の足元近傍に出現する場合(メカニズム I、図1上段)は、浮上磁場がアーケード磁場を圧縮することでアーケード内でリコネクションが起こり、プラズモイドの形成及び放出に至る。浮上磁場がアーケード磁場の中央付近に出現する場合(メカニズム II、図1下段)は、浮上磁場とアーケード磁場の複数点でのリコネクションの結果、プラズモイドが形成、放出される。パラメーター解析の結果(図2)、メカニズム I では、浮上磁場が強く、出現位置がアーケードに近いほどプラズマ放出現象が起こりやすい傾向にあり、これは膨張した浮上磁場の磁気圧と圧縮されたアーケード磁場の磁気圧の釣り合いで説明できる。メカニズム II では、浮上磁場が弱く、出現位置がアーケードの中心に近く、且つ浮上磁場とアーケード磁場が「互いに反平行な成分を持つリコネクション可能な配位」の場合のみ放出現象が見られた。

今回は2.5次元でのシミュレーションであったが、3次元シミュレーションを行い、より現実的なパラメーター解析を行う必要がある。また、フィラメント放出現象に適用するためには、初期アーケード内に低温高密度のフィラメント構造が存在している方が望ましい。今回のシミュレーションで得られた傾向が実際の太陽で観測されるか調べることも今後の課題である。

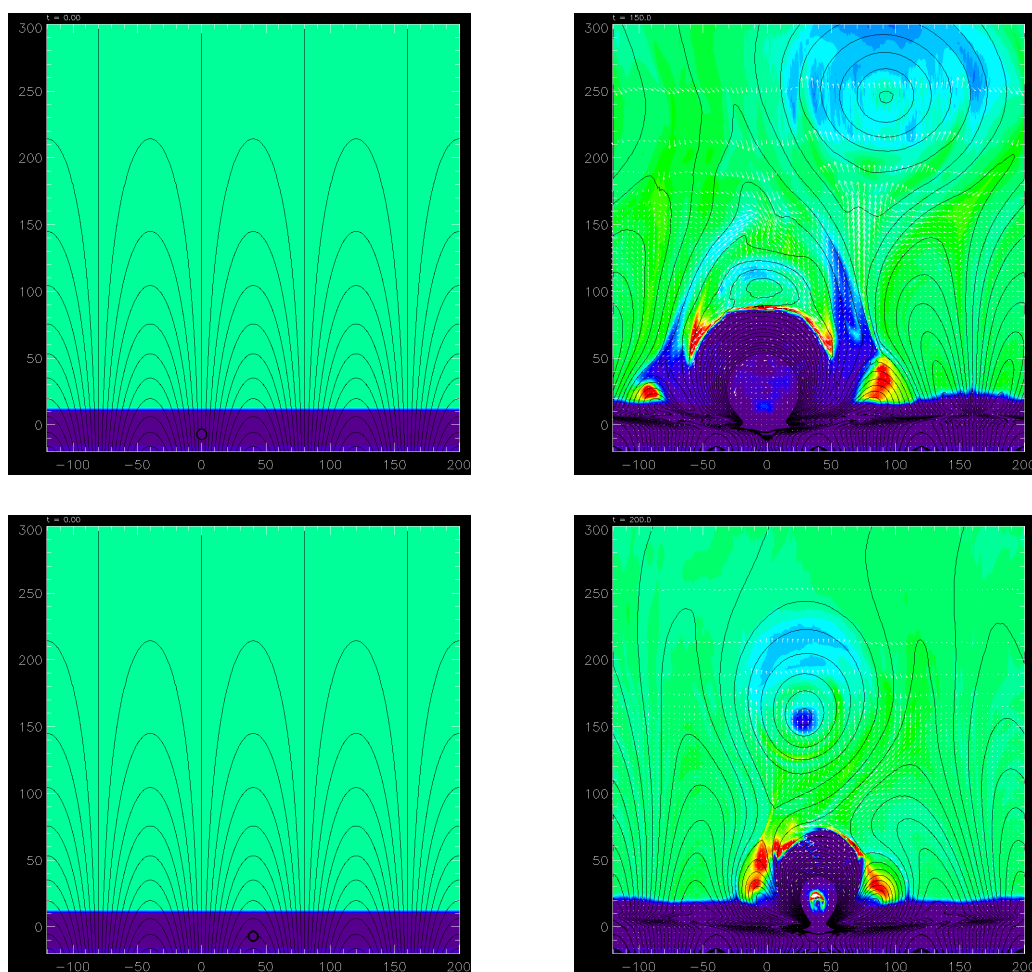


図 1: シミュレーションの結果。背景のカラーは温度、黒い実線は磁力線を表す。上段はメカニズム I の例 $(B_0, x_0) = (15, 0)$ 。下段はメカニズム II の例 $(B_0, x_0) = (11, 40)$ 。左図は初期平衡状態。右図はプラズマ放出に至った状態。

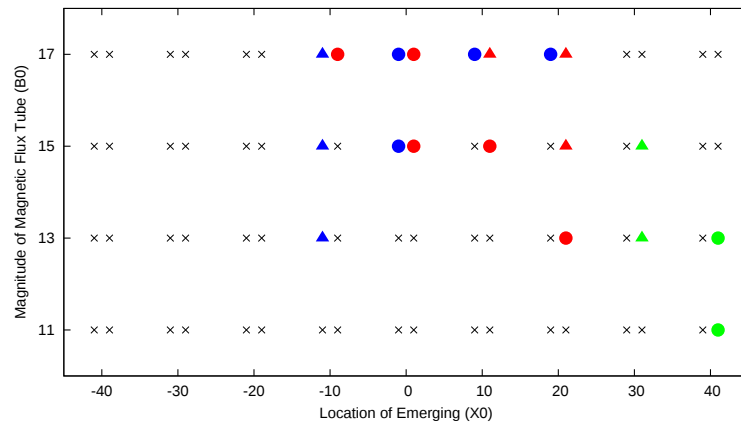


図 2: パラメーター解析の結果。 $x_0 = 0$ は初期アーケードの端、 $x_0 = \pm 40$ がアーケード中央である。●はプラズモイドが形成、放出された例、▲はプラズモイドは形成されるが放出されない例、×はプラズモイドが形成されない例。赤はプラズモイドが右側アーケード (磁場の向きが浮上磁場に対して平行) 由来、青はプラズモイドが左側アーケード (磁場の向きが浮上磁場に対して反平行) 由来、緑はプラズモイドの形成がメカニズム II 由来を表す。

参考文献

- [1] Feynman, J. & Martin, F.S., JGR, (1995) 100, 3355-3367
- [2] Wang, Y.-M. & Sheeley, N.R. Jr., ApJL, (1999) 510, 157-160
- [3] Notoya, S., 東京大学修士論文, (2006)