

捻れた磁束管浮上の3次元磁気流体数値実験

布施谷洋帆、松元亮治(千葉大)

1. はじめに

太陽表面活動は対流層からの磁束浮上に起因していると考えられている。松元ら(1998)は図1のように対流層内に埋め込まれた捻れた磁束管の時間発展を3次元磁気流体コードを用いて調べ、磁気捻れをあらゆるパラメータ $q=B_p/(rB_x)$ (r は磁束管軸からの距離、 B_p は図の yz 面内の磁場成分)が十分大きい($qR \gg 1$ 、 R は磁束管の半径)場合、キンク不安定性が発達して浮上磁場領域がS字形の構造を示すことを示した。Abbettら(2000)は磁気エネルギーが十分小さい($=P_{gas}/P_{mag} \gg 1$)という近似のもとで、磁束管が一体として浮上するには $qH > 1$ 程度の捻れが必要であり、それより捻れが小さいと磁束管は分裂することを示した。本研究では $=10 \sim 100$ の場合の時間発展を3次元MHDコードを用いて調べた。

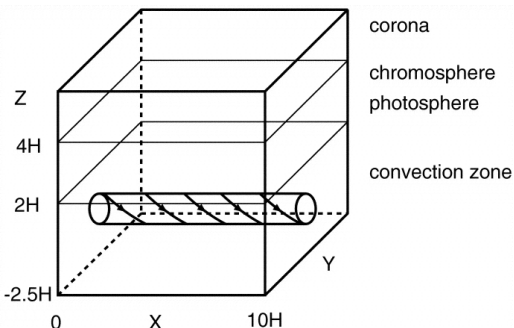


図1: シミュレーションの初期条件。 H は $z=0$ でのスケールハイト。温度分布は $z < 2H$ で $T(z)=1-0.4z$ 、 $2H < z < 4H$ で $T(z)=0.2$ 、 $4H < z$ で $T=5$ とした。

2. シミュレーション結果

図2に初期に磁束管中心で $=10$ 、捻れがない($q=0$)場合のシミュレーション結果を示す。磁束管が複数に分裂していることがわかる。図3に多重分裂のメカニズムを示す。Abbettら(2000)は初期に磁束管内密度が周囲よりも小さい非平衡な磁束管を仮定したため分裂は1回しか起きなかった。我々の計算では磁束管が初期に平衡状態にあり、磁束が少しずつ浮上するため太陽表面浮上磁場領域で観測されるアーチフィラメントシステム(AFS)に類似した多重構造が形成されている。図4に光球面に投影した磁場強度等値面の磁気捻れ依存性を示す。捻れが大きいと磁束管は一体として浮上する。図5は磁束管頂上高さの時間変化とその初期磁場強度依存性を示す。

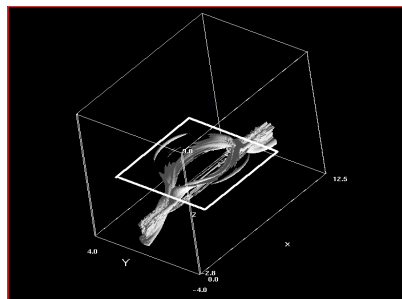


図2: $=10$ 、 $q=0$ の場合の時刻 $t=23.8$ での磁場強度等値面。白い枠は光球面をあらわす。

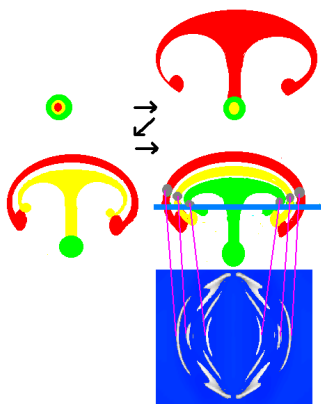


図3: 磁束管の多重分裂機構

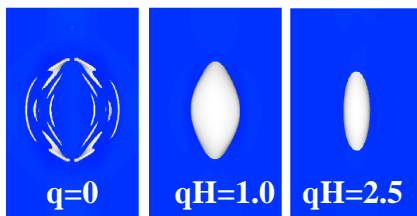


図4: 光球面磁場強度等値面の磁気捻れ依存性。

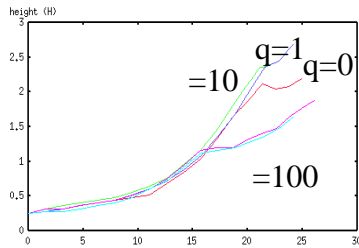


図5: 磁束管頂上高さの時間発展

Reference

Abbett, W.P., Fisher, G.H., and Fan, Y. 2000, ApJ 540, 548
Matsumoto, R., Tajima, T., Chou, W., Okubo, A., and Shibata, K. 1998, ApJ 493, L43