

太陽浮上磁場に関する統一的シミュレーション 鳥海森 (東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

利用カテゴリ XT4A ・ SX9MD

はじめに

黒点を含む太陽の活動領域は、太陽対流層を浮上する磁束が太陽表面に出現することによって形成されると考えられている (Parker, 1955)。我々は MHD 数値実験により磁束管が対流層を浮上、光球を突破して太陽コロナへと至る過程を計算した。

XT4A

2009 年度は磁束管の軸と平行な鉛直断面内、軸と垂直な鉛直断面内における浮上磁場計算を 2 次元で行った (このうち平行断面内の浮上については、Toriumi and Yokoyama, 2010 として 2010 年度出版された)。これらの計算では、太陽対流層の深さ 20,000 km に置かれた磁束管が対流層内を浮上、光球付近で減速したのち、磁気圧勾配が十分増大するとコロナへの浮上が生じるという「2 段階浮上」を発見した。

2010 年度は 2 次元パラメータ研究によって発見した深さ 20,000 km における磁束管の条件 (磁場強度 10^4 G、総磁束量 10^{21} – 10^{22} Mx、ねじれ強度 $> 5.0 \times 10^{-4}$ km s $^{-1}$) を初期条件とした 3 次元計算を行った。計算領域は高さ方向に 90,000 km、水平方向に 160,000 km \times 80,000 km とし、総グリッド数は約 10^8 点とした。

結果を図 1 に示す。初期に対流層深さ 20,000 km に置かれた磁束管 (a) は対流層中を浮上し、光球下で水平な構造を取る (b–c)。時刻 $t = 600$ 以降、光球面での磁気浮力不安定性により 2 段階目の浮上を生じ、磁気ドームがコロナ中に形成される (d–f)。光球面において鉛直磁場成分を測定すると、正負極の磁気要素が分裂・シア運動を示した。磁気要素の分裂・シア運動とその速度場は Strous and Zwaan (1999) の活動領域観測によく一致していることが分かった。

SX9MD

SX9MD では小規模な 3 次元磁束管浮上計算を行い、磁束管のねじれ強度に対する浮上の変化を求めた。ねじれた磁束管では、磁場の巻き成分が存在することによって内向きの磁気張力が発生し、磁束管の形状が膨張や対流作用に対して保たれる。本研究ではねじれ強度を変化させ、磁束管の浮上高度などの違いを調べた。

初期磁束管は光球直下、対流層の深さ 2000 km に置かれている。計算領域は高さ方向に 34,000 km、水平方向に 48,000 km \times 48,000 km とし、総グリッド数は $256 \times 256 \times 256$ 点とした。

結果を図 2 に示す。図中に示された数値はねじれ強度パラメータ q を表し、 $q = 0$ はねじれ無しを意味する。ここでは、ねじれ強度を変化させた各磁束管に対して浮上高度の時

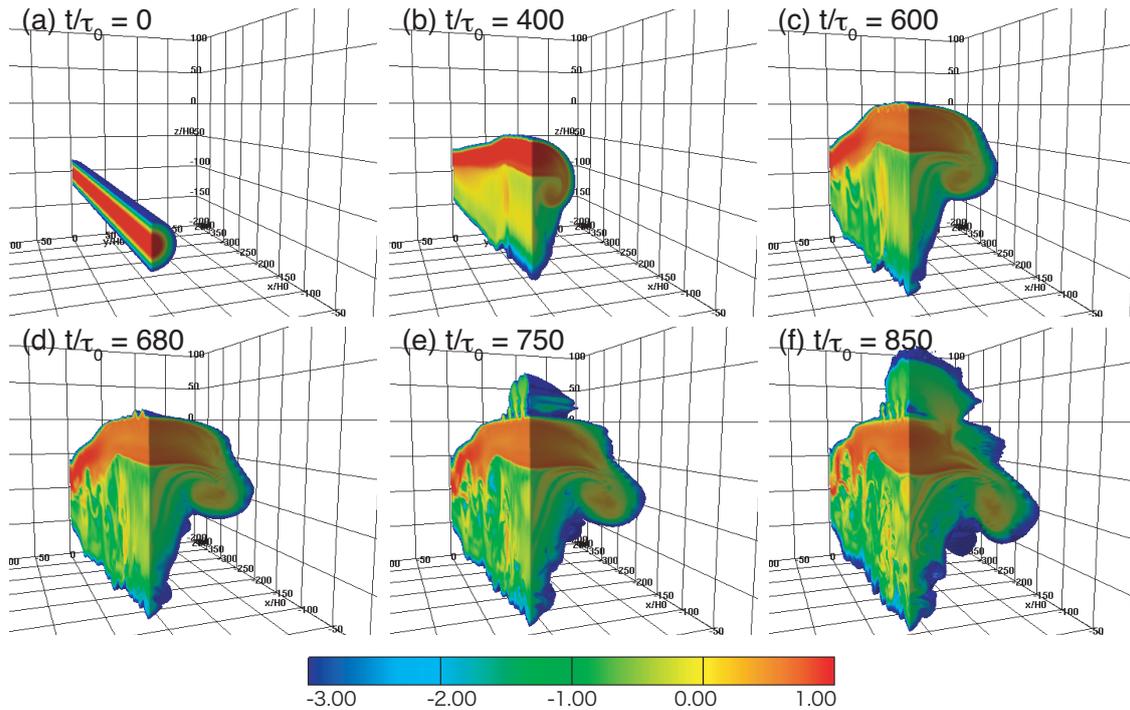


図 1: 磁場強度 $\log_{10}|B|$ の時間発展。

間発展を表示した。その結果、 $q \leq 0.05$ では磁束管は光球付近にとどまり、2段階目の浮上を示さないことが分かった。また、 q の値が大きくなるにつれて、すなわちねじれが強くなるにつれて、浮上速度はより速くなることが分かった。これは、光球付近においても巻き成分により磁束管の形状が保たれるためである。ねじれ強度が弱い場合には、光球付近で磁束管が水平に拡大してしまい、2段階目の浮上を生じる磁場強度を獲得するまでにより長い時間が必要となる。

参考文献

- Parker, E. N. 1955, ApJ, 121, 491
 Strous, L. H. and Zwaan, C. 1999, ApJ, 527, 435
 Toriumi, S and Yokoyama, T 2010, ApJ, 714, 505

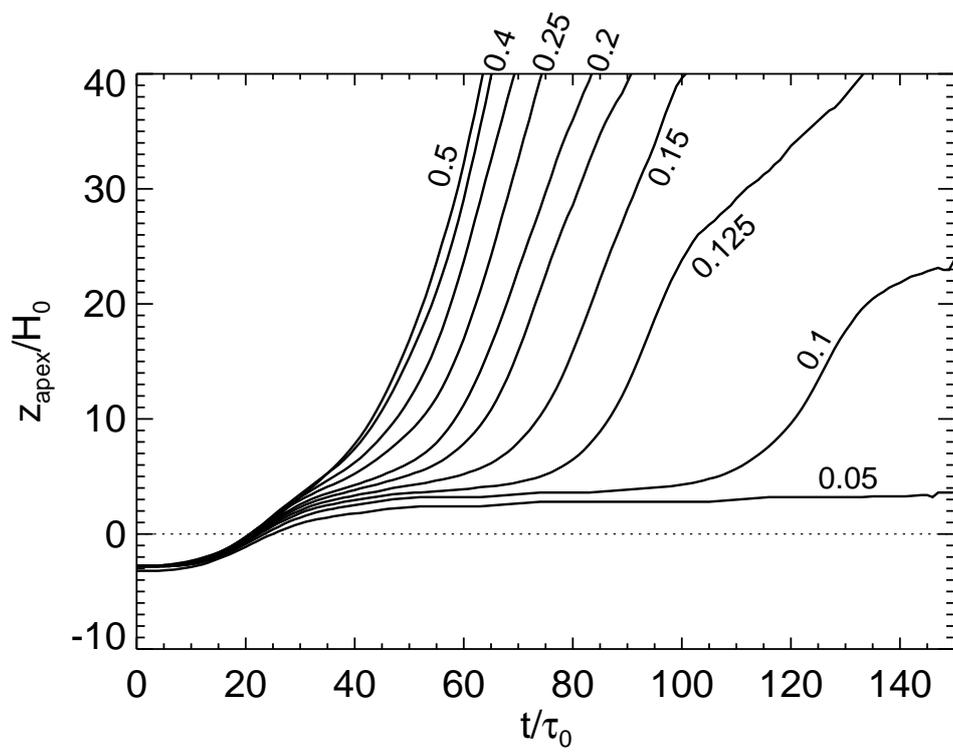


図 2: ねじれ強度を変えたときの、磁束管浮上高度の時間発展。