

## 「太陽表面の孤立した磁力管形成の MHD シミュレーション」

野澤恵 (茨城大学理学部) snozawa@env.sci.ibaraki.ac.jp

太陽内部の対流層から表面に浮上する磁場は、黒点のように「孤立した磁力管」であることがよく知られている。しかし、内部において「孤立した磁束管」がどのように形成されるかはあまりよくわかっていない。そこで本研究では太陽対流層の水平磁気シートに発生する三次元磁気浮力不安定 (a) と、初期に対流層からコロナまで貫く垂直磁場 (b) の大規模三次元並列 MHD シミュレーションの二つを行う。

計算の空間は 3 次元としデカルト座標系  $(x, y, z)$  を使い、 $x$  は太陽の緯度方向、 $y$  は経度方向、 $z$  は鉛直上方を向いているものとした。

モデルは、シミュレーションボックスの下に対流層を設け、温度勾配  $-(dT/dz)/(|dT/dz|_{ad}) = 2.0$  とした。対流層では不安定を励起するために初期にランダムな微小速度摂動を与えた。他のパラメーターとして、 $\beta$  (ガス圧/磁気圧) = 4、気体の比熱比  $\gamma = 5/3$  とした。長さの単位  $H$  は光球での圧力スケールハイトとした。対流層、光球・彩層とコロナでは、静水圧平衡の大気を仮定している。

初期に磁場のある対流不安定なプラズマ中に磁氣的静水圧平衡にある水平磁気シートを考え、磁気シアアの有無の条件 (a) と、初期に彩層、光球、対流層を貫く一様な縦磁場を与え、対流が収束するところに縦磁場が集中するというモデル (b) の 3 次元 MHD 非線形シミュレーションを行う。計算の空間は 3 次元としデカルト座標系  $(x, y, z)$  を用いる。メッシュ数  $(N_x, N_y, N_z)$  と計算領域  $(X_{max}, Y_{max}, Z_{max})$  は、(a) は  $(200, 200, 205)$ ,  $(32H, 32H, 32H)$  を、(b) は  $(200, 200, 135)$ ,  $(20H, 20H, 20H)$  をそれぞれ用いた。

(a) の非線形発展では、初期には線形成長率が示すとおり、レイリー・テラー不安定と同じ性質の pure interchange mode の不安定が起るため安定な磁束管は形成されないが、時間がたつにつれ成長率の小さい Parker mode ( $\mathbf{B} \parallel \mathbf{k}$  のモード) の不安定が発生し、磁力線を曲げるによりループを形成し安定に浮上していくことが確認された。

二次元計算の場合と異なり、三次元計算の場合には、初期には対流がランダムに発生するが、磁場の方向による不均一も見られる。その後、対流層からループを形成しようと上昇するのであるが、上昇後にコロナで拡散してしまうことがあり、明確なループを形成することがなかった。しかし、初期の磁場を強くしたり、対流層を深くし、初期の磁気シートを厚くした場合は、磁気ループを形成しやすくなる傾向があることがわかった。

(b) の計算の結果、対流が成長するに従い、予想通り対流が収束する点に磁場が集中して、対流表面に孤立した磁束管が形成されることができた。しかし、対流層の初期の温度勾配分布が、対流により一様な温度分布になるに従い、大部分の集中した磁場が拡散してしまうことがわかった。