

対流層中における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（千葉大自然）、松元亮治（千葉大理）

対流層中に置かれた磁束管が浮上し時間発展していく様子を3次元磁気流体数値実験によって調べた。その結果磁束管の捻れが小さい場合、磁束管が分裂することにより光球面でAFS(アーチフィラメントシステム)に似た磁束形状が再現できること、磁束管の浮上速度は捻れの強さに依存すること、浮上磁場領域の微細構造が形成されることがわかった。さらに、捻れのある場合は一体性を保った黒点が互いに円を描くように運動するという結果が得られ、これは観測結果と一致することがわかった。

《結果》

＜AFSの再現＞

本研究ではプラズマベータの値が中心部ほど小さく($\beta=10$)、周辺部ほど大きい磁束管を仮定した。そのため磁束管は捻れが無い場合、一体となって浮上せず、中心部から徐々に浮上してそれらが分裂することでAFSに似た磁束形状を再現できた。捻れがある臨界値を越えると磁束管は分裂しない。

また、捻れの強さが増すほど磁束管の軸に対して垂直方向の磁場の成分が大きくなるために膨張もしにくくなった。

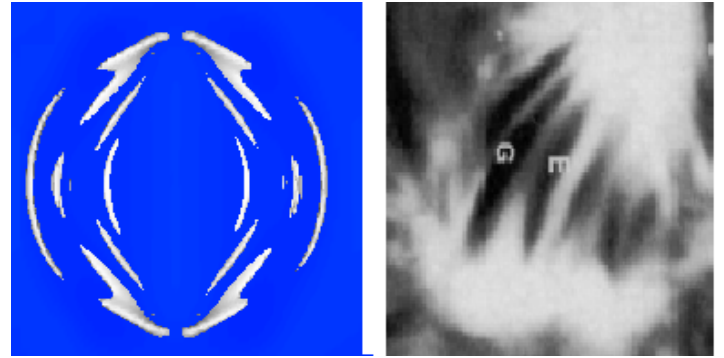
＜浮上速度の磁気捻れ依存性＞

磁束管の浮上開始時、および光球面付近での浮上速度は左のようになった。強磁場($\beta=10$)の場合の3つの磁束管の対流層中での速度を比較すると捻れの強さが中間の値($q=1.0$)のものが常にもっとも大きい値を保つという結果が得られた。これは捻れが弱い場合は捻れが強くなるにしたがって磁束管が分裂しにくくなるため浮上しやすくなるが捻れがある程度強くなると磁束管が膨張しにくくなり、内部の密度が周囲のそれに比べて小さくならず、磁気浮力が生じにくくなるためであると思われる。この結果はWissinkら(1999)の結果とよく一致した。

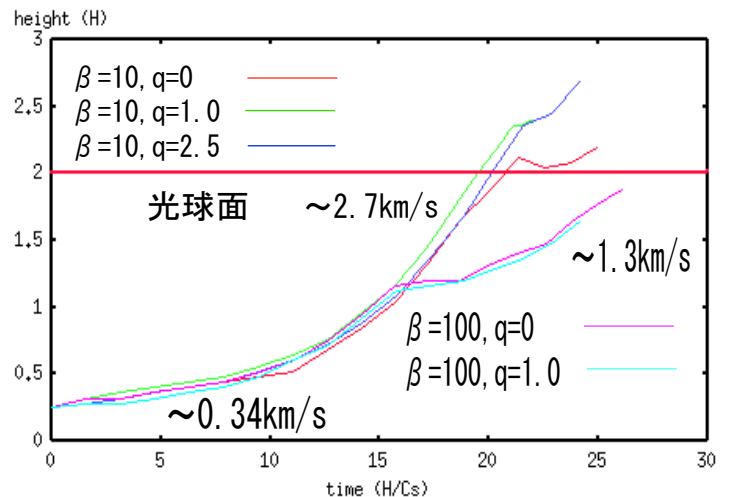
＜黒点の運動と浮上磁場領域の微細構造＞

捻れの無い場合、磁束管の分裂に伴い2つの黒点(右の図で赤い部分がN極、青い部分がS極)がさらに2つに分裂するという結果が得られた。現在このような観測はなされていないが、2005年に打ち上げ予定の人工衛星Solar-Bによる詳細な観測によって得られる結果であると思われる。

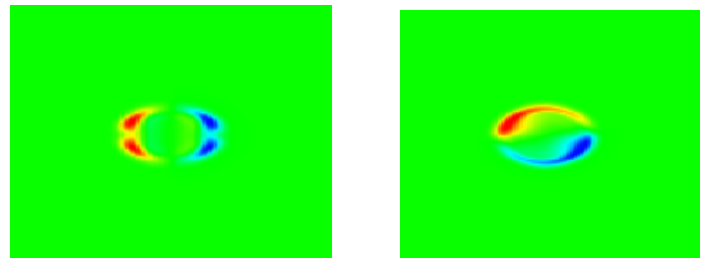
捻れのある場合、黒点はN, S両極ともに円を描くように同方向に回転するように運動した。これは捻れが加わったことにより磁束管の軸に対し垂直方向の磁場の成分が生じたためであると考えられる。



捻れが無い場合の光球面上での磁場の等値面の計算結果(左)とAFSの観測結果(右)。



磁束管頂上のz座標の時間発展。磁束管は加速を伴って上昇した。



捻れの無い場合、黒点はN, S両極ともに2つ分裂した(左)。捻れがある場合、黒点は円を描くように運動した(右)。

《まとめ》

1. 磁気捻れが小さい場合、磁束管は分裂し、捻れが無い場合にAFSに似た磁束形状が再現できた。
2. 磁束管の浮上速度は磁気捻れの強さに依存する。
3. 捻れが小さい場合、黒点は2つに分裂して微細構造を形成する。捻れがある場合は2つの黒点が円を描くように運動した。