

浮上磁場とコロナ磁場との磁気リコネクションによる彩層蒸発ジェット発生過程の研究

太陽光球下から浮上してくる磁場はコロナに存在する磁場と磁気リコネクション過程を通じて、相互作用を起こし、その際大量の磁気エネルギーがプラズマの熱エネルギーに変換される。この際発生した強く加熱されたプラズマの熱エネルギーが磁場に沿って彩層まで伝わり (非等方熱伝導)、彩層蒸発現象を引き起こし、密度の高い彩層プラズマがコロナへ向けて噴出し、それがX線で光るジェットやフレアとなる、と考えられているがこれまで、この過程を統一的に数値シミュレーションで扱った例は無かった。これは、浮上磁場-磁気リコネクション-熱伝導-彩層蒸発、という多数の物理過程を同時に扱わねばならず、しかも浮上磁場や磁気リコネクションの時間スケールと熱伝導のそれが太陽コロナでは全く異なる (後者は前者の10分の1以下) という困難さがあることによる。我々はMHD部分を陽解法で、非等方熱伝導部分を陰解法で解くことによりこれらを統一的に扱う事の出来る数値シミュレーションコードを完成させ、この過程の数値シミュレーションに世界で初めて成功した。図がその結果である。浮上磁場とコロナ磁場が磁気リコネクションを起こし、その磁力線に沿って密度の高いプラズマジェット流 (外向き双方向のガスの流れ) が形成されている。

シミュレーション結果は「ようこう」のX線ジェットの観測から分かっている特徴をよく説明できる事が分かった。特に重要な結果は、彩層蒸発ジェットの質量のスケール則を明らかにした事である。我々はシミュレーション結果から、

$$M = 6.8 \times 10^{12} \text{g} \left(\frac{B}{10\text{G}} \right)^{15/7} \left(\frac{T_{\text{cor}}}{10^6\text{K}} \right)^{5/14} \left(\frac{L}{5000\text{km}} \right)^{12/7} \left(\frac{t}{400\text{s}} \right) \quad (2)$$

というスケール則を得た。ここで、 M はジェット質量、 B は磁場強度、 T_{cor} はコロナ温度、 L は磁気ループの高さ、 t はジェット発生からの時間である。さらに、このスケール則は、リコネクションによる加熱率、磁気ループに沿った熱伝導による磁気ループの冷却率、およびそれらとジェットのエンタルピーフラックスの関係を考慮することにより理論的に説明出来ることが分かった。このスケール則は「ようこう」のX線観測から分かっているジェットの質量および密度をよく説明出来ることが分かった。

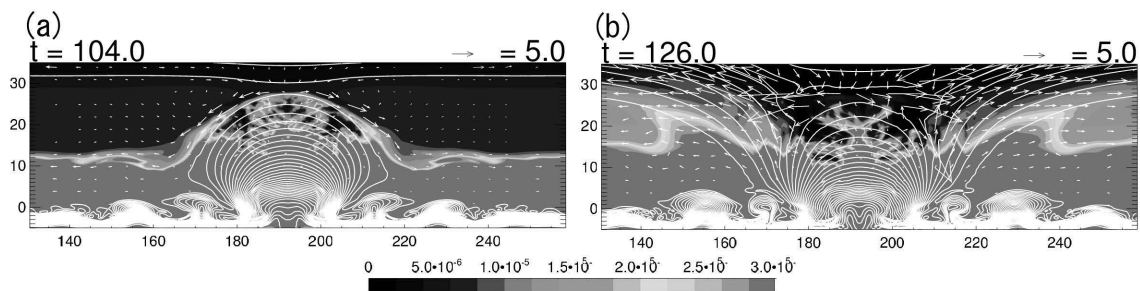


図: 磁力線 (白線)、速度場 (矢印)、密度 (グレーコンター) の時間発展の様子。

Reference: Miyagoshi, T., and Yokoyama, T. 2004, ApJ, 614, 1042

(宮腰剛広 記)