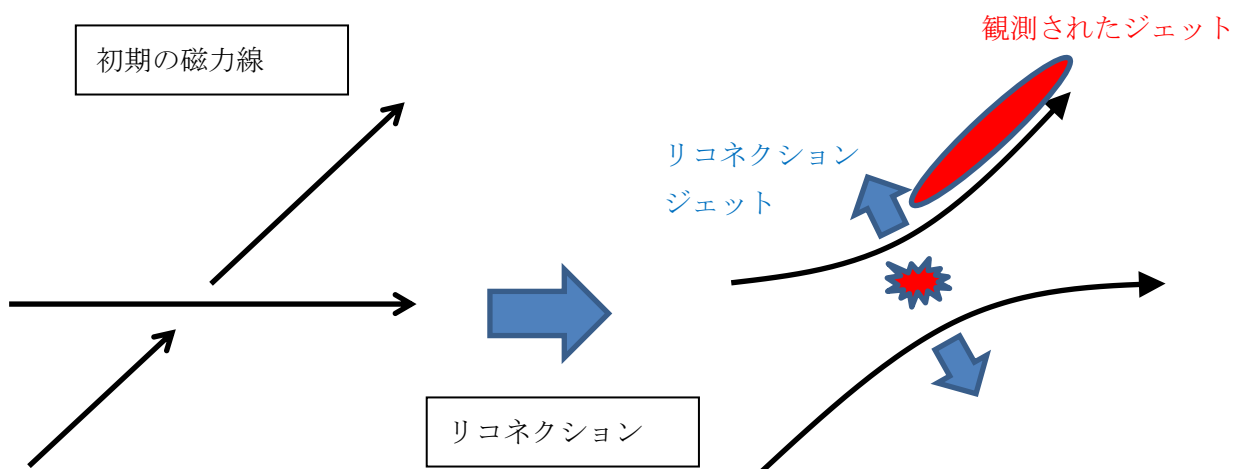


電磁流体シミュレーションによる半暗部ジェットと3次元非対称リコネクションの研究

京都大学理学研究科 宇宙物理学教室 太陽・宇宙プラズマグループ

中村 尚樹

近年の太陽観測により発見された黒点半暗部における現象、半暗部ジェット(Katsukawa et al. 2007)の研究を行った。この現象は半暗部における複雑な磁場構造における三次元的な磁気リコネクションが関係していると考えられているが、リコネクションによるジェットの方法は観測されるジェットの方法とは異なることが知られている。(下図)



一方、半暗部においては水平方向の磁場よりもより傾いた磁場のほうが強いことが知られている。そのような状況でのリコネクションは、磁場強度の異なる磁力線間のリコネクションとなり、磁場強度が対称な場合との比較を行った。

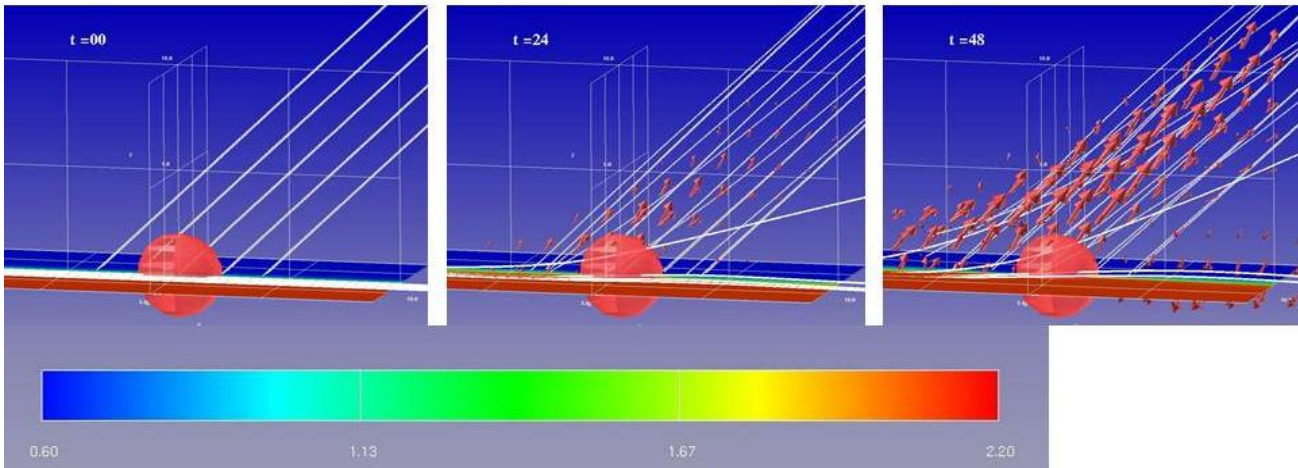
今回は水平方向の弱い磁場とより傾いた強い磁場との間のリコネクションを三次元MHDシミュレーションにより研究した。簡単のために重力、粘性、熱伝導などは考慮していない。計算スキームはCANS(Coordinated Astronomical Numerical Software)のModified Lax-Wendroffスキームを用いた。

初期設定は水平磁場 B_h と傾いた磁場 B_i の強度比 a をパラメータとした。また、初期に力学平衡を仮定し、水平方向の磁場領域では磁気圧が弱いため、ガス圧を高めることにより力のつり合いを保っている。

$$a = \frac{B_h}{B_i}, \quad P_i + \frac{B_i^2}{8\pi} = P_h + \frac{B_h^2}{8\pi}$$

また、水平磁場と傾いた磁場のなす角度は 45° に設定した。

下図は $a=0.5$ の場合の速度場の時間発展である。



ここで白線は磁力線、赤い曲面は拡散領域、カラーマップは $z=0$ における圧力分布、矢印は速度場をあらわしている。図から時間発展とともにジェットは、より傾いた磁力線の方に伸びていることがわかる。

この原因は初期の力学平衡にある。初期に全圧一定という力学平衡を仮定したため、水平磁場の領域は傾いた磁場よりも圧力が高い状況となり、それらの磁力線がリコネクションにより結びつくことにより磁力線にそった圧力勾配が生まれる。ローレンツ力は常に磁力線に垂直に働くために、磁力線に平行方向には圧力勾配がジェットを加速し上図のようなジェットが発生する。 a の値を変化させたときのジェットの速度と方向依存性は表 1 に表される。

$a = \frac{B_h}{B_i}$	ジェットの角度 $\theta_{jet} (^{\circ})$	ジェットの速度 (最大值) $\frac{V_{jet}}{V_{Ai}}$
1.0	117	0.53
0.7	66	0.51
0.5	54	0.70
0.3	49	0.78

表 1 ジェットの角度速度の a 依存性。

ここで、ジェットの色度は最大速度の 50%以上の領域の色度を平均したものである。

この場合のジェットの色度は $0.7V_A$ (アルフベン速度)程度であり、実際に観測された半暗部ジェットは 100km/s は彩層下部のアルフベン速度(10~30km/s)よりもはるかに大きく色度に関しては観測されるジェットとは異なる。これに対する明確な回答はまだ得られていない。観測されたジェットが今回シミュレーションしたように、実際に物質の流れを伴っているものなのか、見かけでジェットに見えるだけなのかもまだ明らかではなく、今後の観測と比較し検証していきたい。