

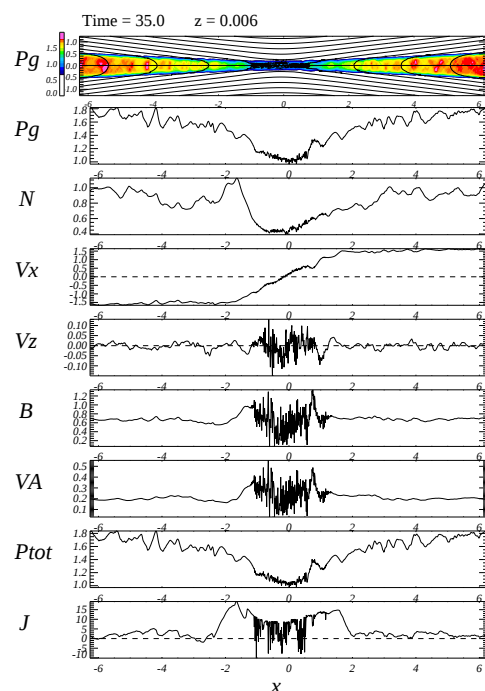
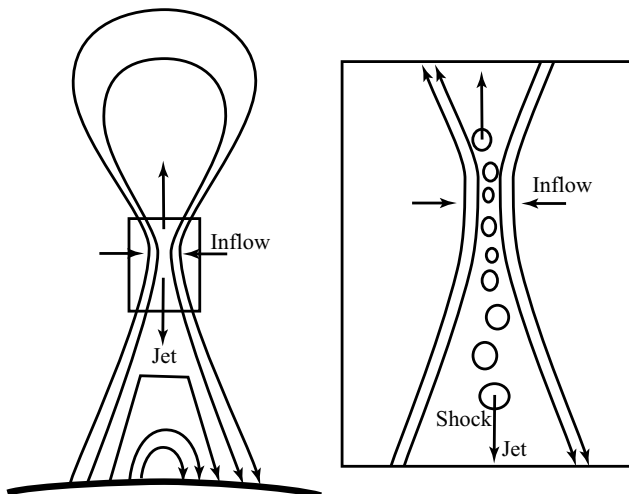
太陽フレアにおける磁気リコネクション・ジェットの内 部衝撃波と粒子加速の可能性

田沼俊一（京都大学大学院 理学研究科 附属天文台）

太陽フレアは磁気リコネクションによって発生すると考えられている。その際、短時間のうちに磁気エネルギーが解放され、高温ガスや高エネルギー粒子が作り出される。それらが放射するX線や γ 線は、YohkohやRHESSI衛星などによって観測されている。ところで、これらの高エネルギー粒子は、ジェットと磁気ループとの衝突によるfast shockや電場によって加速されている可能性がある。しかし、太陽における粒子加速を完全に説明する理論モデルは、まだない。例えば、Tsuneta & Naito (1998) は、ループトップのfast shockが斜め衝撃波になれば、Fermi加速によって20-100 keVに加速可能であると提案した。しかし、それでも、すべての太陽フレアの高エネルギー粒子を説明はできる訳ではない。

そこで我々は、リコネクション・ジェット（ダウン・フロー）がループトップのfast shockにたどり着く前に、ジェットの内部で衝撃波を作る（その結果粒子加速が起こる）のではないかと考え（左図）、高分解の2次元MHDシミュレーションによって検証した。初期条件として、互いに反平行な磁場を置いて電流シートを作り、電流シートの中心に摂動を与えた。その結果、電流シートは以下の順に時間変化した。(i) テアリング不安定性（電流シートが契れるように薄くなる現象）によって電流シートが薄くなる。(ii) その非線形段階で電流シートが潰れ、Sweet-Parker型リコネクションが起こる。(iii) 細長くなった電流シートで再度の（セカンダリー）テアリング不安定性が発生。(iv) その結果作られる小さなプラズモイドが噴出され、その直後に異常抵抗が励起されてPetschek型リコネクションが始まる（ここまでは、詳しくはTanuma et al. 2001 参照）。そして、その際に、テアリング不安定性によって次々に作られるプラズモイドが電流シート中を飛ばされ、リコネクション・ジェット内部に多重衝撃波が発生することが分かった（右図。投稿準備中）。

こうして作られる衝撃波が実際の太陽でも作られているとすれば、太陽における粒子加速に効くはずである。3次元シミュレーションでは、ジェット先端で別の不安定性が発生することが分かっている。これらの結果を詳しく調べれば、TRACE衛星で観測されているダウン・フローの振動を説明できる可能性がある。また、このようなリコネクション・ジェットの内部衝撃波は、原始星や銀河・銀河団における粒子加速にも効くはずである。



左図：太陽フレアにおけるリコネクション・ジェット内部の多重衝撃波発生の想像図。右図：計算結果（ガス圧分布）と断面図。ほぼ等間隔にfast shockが作られていることが分かる（ $x = 0$ 付近からジェットが噴出する）。