

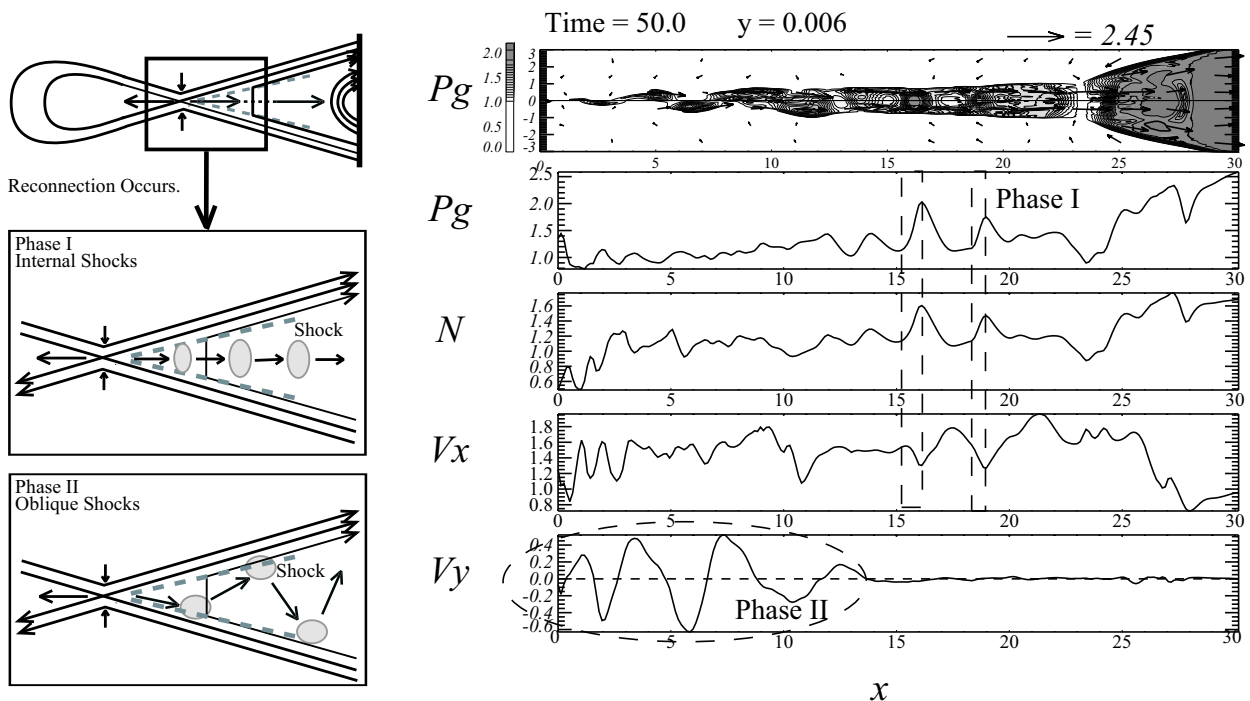
磁気リコネクションジェットに発生する内部衝撃波と粒子加速の可能性

田沼俊一、柴田一成（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、リコネクションジェットの両側に発生するslow shockや、ジェットと磁気ループとの衝突によるfast shockによって作ら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0.3-0.6秒で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にを説明はできる訳ではない。

そこで我々は、ジェットがループトップの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、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、最終的に速い磁気リコネクションが起こった（詳しくはTanuma et al. 2001参照）。そして、その際に、リコネクションジェットに以下の2種類の内部衝撃波が発生することが分かった（図）。(I) 最初に薄いSweet-Parker電流シートで、セカンダリー・テアリング不安定性が発生。その結果作られる小さなプラズモイドが噴出されるために、ほぼ等間隔に内部衝撃波が発生。(II) その後散逸領域から飛ばされるジェットが振動を開始。その結果、slow shockに衝突してさらに多重衝撃波が発生。

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。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：シミュレーション結果のフローチャート。(Phase I) 速いリコネクションが発生すると、まずはセカンダリー・テアリング不安定性に伴う内部衝撃波が発生する。(Phase II) そしてその後、リコネクションジェットが振動を始めて、電流シートの両側のslow shockに繰り返し衝突することで、いくつものfast shockを作る。右図：計算結果（ガス圧分布）と、断面図（ガス圧・密度・速度2成分）。断面図から、2種類の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）。