

M06a 斜め衝撃波による粒子加速とループ上空の硬 X 線源

常田 佐久 (国立天文台)、内藤 統也 (東大理・地球惑星)

フレアループ上空に見られる硬 X 線源 (Masuda et al. Nature, 1995) の起源に関して、ループ上空の磁気リコネクションの outflow による fast mode shock (Tsuneta et al. ApJ 1996, 1997) によるフェルミ加速の可能性を定量的に検討し、斜め fast shock により電子加速が可能であることを示す。従来、エネルギー的に主要な 20-100keV の電子加速は、フェルミ機構の場合 injection energy が非常に高く、難しいと考えられてきた。そこで我々は、「ようこう」で明らかになったフレアの新しい描像を用いて、fast shock による電子フェルミ加速が可能となるための次の条件: (a) $dE/dt = dE/dt(\text{加速}) - |dE/dt|$ (衝突制動) がバックグラウンド熱プラズマのエネルギーに対して正になる (加速が衝突制動に勝ち、熱プラズマからの加速が可能である)、(b) 磁力線が fast shock を通過する時間内に、熱プラズマのエネルギーからループ上空の硬 X 線源を作るに十分なエネルギーまで加速される、が成立するかどうかを調べた。「ようこう」の観測からは、(1) slow shock により reconnection outflow がすでに 1-2 keV に加熱されていること、(2) reconnection 領域の磁場構造が自然に磁場と衝撃波が平行に近い斜め fast shock を形成していること、(3) 加速領域が slow shock に挟まれ有限の広さに区切られていること、が示されている。従って、斜め fast shock によりフェルミ加速が boost され (Jokipii ApJ, 1987, Naito, Ph.D. Thesis, Naito&Takahara MNRAS, 1995)、(a), (b) の条件を満たすことが期待される。ここでは、2つのスケール長: fast shock の広がり $L = 7000$ km と電子の散乱のスケール距離 l を導入し、衝撃波面の法線と磁場のなす角 θ とする。衝撃波上流と下流の相対速度に $u=1000$ km/s、熱プラズマの密度に $n = 10^{10}$ cm⁻³ を用いる。その結果、 l と θ をパラメーターとし、条件 (a), (b) を満たすパラメーターの組を求めると、例えば $\theta \geq 80 - 85$ 度の場合、 $l \sim 1000$ km で条件を満たすことが分かる。すなわち、(2) により加速効率は大幅に増加し injection energy が下がり、加えて (1) により熱プラズマは injection energy に達することができ、(a) を満たす。また、(3) の条件下でも $L > l \gg r_g$ (電子のラーモア半径) であれば十分に (b) を満たし、硬 X 線源を作ることができる。さらに、(3) による磁気ミラーの効果で電子は加速領域に閉じこめられるため、効率の良い加速が実現されていると期待される。下向き outflow がこの slow shock で囲まれた領域を出ると加速電子の閉じこめは効かなくなり、加速電子は直ちに磁気ループの根元に流れ込み、2つ目の硬 X 線源を作る。これが、2つ目の同時性 (Sakao et al., PASJ, 1997) の説明と考えられる。