

M38a フレアループ上面におけるプラズマ不安定性と高エネルギー現象

柴崎清登 (国立天文台野辺山)

フレアループに閉じ込められた高温プラズマは、 β 値が無視できなくなってくると、その上面側が不安定になる。それは、閉じ込められたプラズマから見て、磁力線が外に凸の形状をしているからである。磁力線の曲率のために、熱運動するプラズマが遠心力を受け、擾乱に伴って荷電分離を誘起し、 $E \times B$ によってそれが成長して不安定となる。この不安定性は波数が小さい場合によく発達し、フルート (縦溝) 不安定性とよばれる。しかし、コロナ磁場は光球面に根が生えており、このモードは抑制されている。一方、波数の大きい、局在化したモードも発達できる。これはバルーン不安定性と呼ばれる。

バルーン不安定性に関しては、核融合装置 (例えば Tokamak) における実験やコンピュータシミュレーションによって詳しく調べられている。nonlinear 3D resistive MHD code による Tokamak のシミュレーションと実際の実験を比較して、バルーン不安定性が非線形的に発達し、最終的に閉じ込めている磁場を突き破ってプラズマが飛び出す現象が観測されている (Park et al. 1995)。その際、非熱的電子が発生している。

しかし、太陽コロナにおいては、ループは低 β であるとしてほとんど検討がされていない。フレアに伴って発生した高温プラズマがループを満たして β 値を上昇させていくと、ある時点で臨界値を越え、バルーン不安定性が発生することが予想される。野辺山電波ヘリオグラフにより、1993年1月2日に観測されたリムイベントで、フレアループの上空に電波源が出現し、それがループ内のプラズマ圧が上昇した時点と一致しており、バルーン不安定性によってプラズマがループをよぎって飛び出したものと解釈される (1996年秋季年会)。この場合、非熱的現象は伴っていなかった。一方、ようこう SXT の観測によりフレアループの上面からプラズマ雲が上昇する例が報告されており (Tsuneta, 1997, Ohyama & Shibata, 1998)、プラズマ雲が上昇を始める時点で硬 X 線フレアが開始している。Ohyama & Shibata はこのプラズマ雲の放出は、"global MHD instability" によるのではないかと解釈しているが、これは、バルーン不安定性によってループ内のプラズマが飛び出したものと考えられる。