

M30a 磁気ループ中の高速プラズマ流の崩壊

柴崎清登 (国立天文台野辺山)

曲がった磁力線に沿うプラズマ流が存在する場合、その平衡条件を以下に示す。これによると、流れの運動エネルギー密度が磁場のエネルギー密度を越えると、磁力線に直角方向の平衡が成立しなくなる。磁力線はプラズマを支えきれなくなり、プラズマは磁力線を破って外向きに飛び出す。プラズマの熱エネルギー密度と磁場のエネルギー密度の比はプラズマ β と呼ばれるので、同様に運動エネルギー密度と磁場エネルギー密度の比を「運動的 β 」(kinetic beta、 β_K) と呼ぶことにする。つまり、 β_K 値が1を超えると、プラズマ流は平衡状態を維持できなくなり、崩壊を起こす。これが原因と思われる現象が、野辺山電波ヘリオグラフ、TRACE、SXT/YOHKOHで見ついている。 β_K を求めることができるのは電波ヘリオグラフで観測されたイベントだけであるが、プラズマ流の速度が似通っていることから、同一原因であると推測される。SXT/YOHKOHで見つかった例では、崩壊に伴ってm波帯で type II パーストが観測されているので、プラズマ崩壊が衝撃波の原因であると推測される。このような現象をつかまえるためには、広視野、高時間・空間分解能、広い輝度範囲(ダイナミックレンジ)の条件を兼ね備えた観測が要求される。

MHD運動方程式から求めた、磁気ループ上面での磁力線に直角方向の平衡の条件は：

$$(\beta_T/2)\kappa_P + \kappa_B = (1 - \beta_K)\kappa_C$$

となる。ここで、 β_T : plasma (thermal) beta, β_K : kinetic beta, κ_P : (1/ pressure scale length), κ_B : (1/ magnetic scale length), κ_C : = 1 / R (curvature).

平衡条件式の左辺は正であるから、この式が成り立つためには β_K は1以下でなくてはならない。この式はプラズマ流速 = 0 の場合の平衡の条件をも示しており、容易に $\beta_T < a/R$ の関係式が求められる。($a = 2/\kappa_P$ ~ 磁気ループの太さ)