

X型磁気中性線下流域における電子の加熱メカニズム

京大理・M2 藤本桂三

近年、Geotail 衛星などの観測によって、地球から 20~30Re 離れた地球磁気圏尾部の磁気中性面近傍で、磁気圏サブストームに伴って温度が数 keV 程度の高温電子が観測されている。このような高温電子の存在は、磁気圏尾部で何らかの電子の加熱現象が起きていることを示唆している。一方、過去の多くの研究からこの領域では磁気再結合の起こることが予想されている。そのため、人工衛星によって観測されている高温電子は磁気中性面における磁気再結合の結果である可能性が高い。しかしながら、磁気再結合の素過程および電子加熱との関わりについては未だに完全には理解されていない。

このような背景から、本研究では磁気再結合の全貌を解明するための初期的研究として、磁気中性面近傍のセバトロクス下流域で観測される高温電子の生成メカニズムを理論および粒子シミュレーションを行うことによって調べた。シミュレーションコードは、電子スケールの現象を追従することのできる電磁粒子コードを用いた。

地球磁気圏尾部の X 型中性線近傍の磁場拡散領域では、電子のみが磁化されていてイオンは磁化されていないと考えられる。この領域では、磁気再結合に伴って電子が通常のアルベン速度を越えて電子のアルベン速度 V_{Ae} 程度まで加速されることが知られている。一方、イオンは磁化されていないので加速が効率よく行われず、電子とイオンの間に相対的な運動が生じる。その結果、プラズマ中にビーム不安定性が励起され、電子のドリフトエネルギーがイオンや電子の熱エネルギーに変換される。

ビーム不安定性には多くの種類があるが、線形理論解析の結果、ドリフト速度が高速 ($V_d > v_e$) な場合には電子パーンスタイン波とイオンの共鳴によって励起される電子サイクロトロンドリフト不安定性が励起されることがわかった (下図)。数値シミュレーションでも同様の結果が得られることを確認した。さらに、数値シミュレーションによって電子サイクロトロンドリフト不安定性の非線形発展を調べたところ、電子の熱速度がドリフト速度程度にまで加熱され、等方的な分布関数を実現されることを見出した。これにより、磁気中性面近傍で観測されている高温電子の存在を説明できる可能性がある。

