

The property of the magnetospheric plasma sheet: Data analysis of electric current density and thickness of the current sheet

西野 真木[1], 寺沢 敏夫[2], 星野 真弘[3]

Masaki Nishino[1], Toshio Terasawa[2], Masahiro Hoshino[3]

[1] 東大・理・地球惑星物理, [2] 東大・理・地球惑星, [3] 東大・理・地球物理

[1] Earth and Planetary Phys., Tokyo Univ., [2] Dept. Earth Planetary Phys., Univ. of Tokyo, [3] Earth and Planetary Phys., Univ of Tokyo

磁気圏尾部のプラズマシートを構成するプラズマ粒子の供給源には大きく分けて太陽風と電離層とがある。そのうち、太陽風から磁気圏へのプラズマ輸送には磁力線再結合によるものと拡散過程(その有力な候補として Kelvin-Helmholtz (K-H)不安定がある)によるものがあると考えられている。特に近尾部においては、太陽風のプラズマ粒子が磁力線再結合過程を経ずに地球磁気圏に直接流入している可能性があることが以前から指摘されていた。その主な証拠として、プラズマシート内で冷たい高密度のプラズマが観測されることが挙げられる。そこで、近尾部におけるプラズマシートの構造とダイナミクスを調べることを目的として研究を行った。

磁気圏尾部のプラズマシートを構成するプラズマ粒子の供給源には大きく分けて太陽風と電離層とがある。そのうち、太陽風から磁気圏へのプラズマ輸送には磁力線再結合によるものと拡散過程(その有力な候補として Kelvin-Helmholtz (K-H)不安定がある)によるものがあると考えられている。特に近尾部においては、太陽風のプラズマ粒子が磁力線再結合過程を経ずに地球磁気圏に直接流入している可能性があることが以前から指摘されていた。その主な証拠として、プラズマシート内で冷たい高密度のプラズマが観測されることが挙げられる(以下では Cold Dense Plasma Sheet と呼ぶ)。そこで、近尾部におけるプラズマシートの構造とダイナミクスを調べることを目的として以下の研究を行った。

地球磁気圏尾部は、主にプラズマシートと Lobe 領域から成っているが、Lobe 領域の密度は非常に希薄(~ 0.01 [/cc]程度)であり、磁気圏尾部のプラズマ粒子はプラズマシート内部に集中的に存在する(~ 0.3 [/cc]程度)ことが分かっている。従って、プラズマシートの厚さを求めることによって、磁気圏尾部の地球磁場に捕捉されたプラズマ粒子の総量を推定することができる。

さて、プラズマシートのような1次元的なMHD構造の特徴的空間スケールの推定には Sergeev et al. [1998]の方法が提案されてきた。これは、磁場の時間変化と法線方向のプラズマ流速との相関から電流密度 J_y を見積もる方法であり、 V_z の offset を除去できることが特徴である。また、このとき Lobe 領域とプラズマシートとの間の圧力バランスを仮定することで Lobe の磁束密度の大きさが推定できるので、Lobe の磁束密度と電流密度の逆数の積からプラズマシートの厚さを求めることができる。しかしこの方法をプラズマシートに対して適用するためには、何らかの手段を用いて法線方向をあらかじめ知っておく必要がある。法線方向の推定には例えば Minimum Variance Analysis などがあるが、磁気圏尾部に適用すると中間固有値と最小固有値がよく分離されず、法線方向が精度良く決まらないことが多い。

今回、Sergeev の方法を拡張し、磁場・流速相関解析空間スケールと法線方向を同時に決定する方法を考案した。この方法を磁気圏尾に適用し、その構造、特にプラズマシートの厚さ、傾きなどを推定することが可能である。この方法により、従来は主として統計的に知られているに過ぎなかったプラズマシートの厚さや傾きを、個々のケース毎に決定できる。

次に、拡張した Sergeev の方法を用い、GEOTAIL 衛星によって観測された磁気圏近尾部のデータを解析した。推定した厚さ L [Re] (実際には L は半分の厚さである。)と観測されたプラズマ個数密度 N_p [/cc] の積 $N_p L$ を求め、これがプラズマシートに含まれるプラズマ粒子の総数を表すパラメタであると考えた。厚さ L [Re] と粒子総数 $N_p L$ の双方について、温度・個数密度によって場合分けを試みた結果、Cold Dense Plasma Sheet の場合には、通常よりもプラズマシートが薄くなっているが、粒子総数は増加する傾向があることが明らかになった。このことは、太陽風から地球磁気圏への磁力線再結合によるプラズマ輸送モデルからの期待とは矛盾しており、加熱過程を伴わないプラズマの流入過程を示唆するように見える。

以上の統計解析の他に、Case Study として Substorm 時のデータ(1995年2月9日)を解析した結果、薄い plasma sheet が観測されるのは

(1) Substorm の Growth phase のとき (古典的描像と一致)

(2) Cold Dense Plasma のとき

の2種類あることが明らかになった。ただし、この日の Cold Dense Plasma については、NpL はそれほど大きな値ではなく、前述の統計結果とは必ずしも一致していない。この日以外の Substorm イベントについては現在解析中である。