

サブストーム時の磁気圏近尾部 X-line 近傍における カレントシートの構造

Thin current sheet structure near the X-line in substorms

浅野 芳洋[1], 向井 利典[1], 斎藤 義文[1], 早川 基[1], 長井 嗣信[2]

Yoshihiro Asano[1], Toshifumi Mukai[1], Yoshifumi Saito[1], Hajime Hayakawa[1], Tsugunobu Nagai[2]

[1] 宇宙研, [2] 東工大・理・地球惑星

[1] ISAS, [2] Dept. Earth & Planet. Sci.

GEOTAIL 衛星のデータを用いて、サブストーム時の磁気中性線近傍の電流密度を計算し、その結果から流層の構造について議論する。

磁気中性面に近い領域では電子による cross-tail current が顕著に見られ、この厚さは X-line に近づく程薄くなる。その外側の領域の電流密度は顕著に小さくなる。

一方でプラズマシート境界層付近には磁力線方向向かう X-line から流れ出る電流が、そのやや内側には X-line 方向に流れ込む電流が観測された。またこの電流に伴う cross-tail 方向への磁場構造も見られた。これは磁気中性線近傍における Hall current system の存在を示していると考えられる。

サブストーム expansion phase において、磁気圏近尾部には Near-Earth Neutral Line (NENL) が生成される。この近傍では加速されたプラズマがプラズモイドに伴い X-line の両側へ排出される。その後にはポストプラズモイドプラズマシートと呼ばれる温度の熱く密度の低いプラズマシートが出来るが、GEOTAIL 衛星によりこの領域には薄い電流層が見られるということが観測的に明らかになった。

cross-tail 電流密度は主にプラズマ の小さい領域で増大し、 ≈ 0.5 付近まで広がっている。その外側に電流密度の低いプラズマシートが更に広がるという2層構造を示す。この電流層の幅はローブの磁場の大きさをプラズマシートとローブの圧力バランスを仮定して見積もると、Ampere の法則を用いて平均的には 2000-3000km の値と見積もられる。しかしこの値は非常に大きく変動し、短い時間及び空間スケールで変動していること示していると考えられる。また X-line から距離が離れるにつれ幅が広がっていく傾向がある。この intense current sheet は growth phase において顕著に電流密度が増大するのは >1 の neutral sheet 近傍であるが、その一方 expansion phase においては $2 > > 0.5$ の領域で顕著に増大し、やや違う傾向を示す。

一方で X-line から地球側、尾部側に加速されて高速で流れ出るプラズマは、X-line 近傍ではまだイオンと電子が分離しており、電子の方が速度が早いために X-line に向かう向きの電流が生じる。その分 PSBL 付近では比較的エネルギーの低い粒子が X-line に向かって流れ込み、X-line 近傍における電子の不足を解消する際に外向きの電流が形成される。その結果このように XZ 面内にも Hall 電流系が作られる。この領域では大きな dB_y/dt が見られ、電流の向きにより北側プラズマシートでは X-line よりも尾部側では dawn 方向へ、X-line よりも地球側では dusk 方向へ向いた B 磁場が、南側プラズマシートでは X-line よりも尾部側では dusk 方向へ、X-line よりも地球側では dawn 側へ向いた磁場がそれぞれ B_y 上に観測された。X-line 向き電流と X-line から出る向きの電流の境界は状況により変化し、明瞭ではないが、cross-tail 電流と同様 ≈ 0.5 付近に見られる。 B_y の値はこの領域でもっとも大きくなるから、Lobe 及び neutral sheet での $B_y=0$ を仮定して見積もった B_y の最大値と電流密度の大きさから、電流層の幅と電流の強さを見積もることが出来る。その結果この Hall 電流の電流層は平均し 400km-600km であり、この幅は X-line からの距離にはほとんど依存しない。電流の強さは 4mA/m 程度となり、これらは過去に磁場の変動から観測された沿磁力線電流と同程度の大きさを示している。