

内部磁気圏での観測

磁力線形状が双極子から引き伸ばされた電流シート状へと変化する内部磁気圏外縁は、サブストームや磁気嵐といった大規模擾乱現象において重要な役割を果たす。中でもサブストーム初期の電流層崩壊機構と磁気嵐中のリングカレント・イオンの捕捉限界の把握は重要である。

サブストーム開始時の磁場擾乱

“電流層崩壊は電子スケールまでも巻き込んで起きているのか？”

磁気圏の基本的な擾乱現象の1つであるサブストームは、1日数回、急激に磁気圏尾部が大規模に変動する現象である。そのトリガーに関しては、地球半径の20–30倍の距離にある尾部で起こるリコネクションなのか、距離10倍地球半径の内部磁気圏で起こるプラズマ不安定現象なのか、大議論となっている。いずれにしても、内部磁気圏がサブストームに重要である。この研究では、Geotail衛星の近地点（地球半径の10倍）付近のデータを利用し、サブストーム開始時内部磁気圏の振舞いを詳しく調べた（Shiokawa et al., 2005a, 2005b）。Geotailで観測された近尾部プラズマシートでの磁場擾乱のスペクトルを調査し、周波数スペクトルの傾き $f^{2.0}$ が3次元乱流 ($k^{-5/3}$ 、 k は波数)に近いことから、近地球尾部電流シートでは磁場の変動が3次元乱流に伴っていることを初めて示した。さらに、1例に関して詳しく見た結果、図2.4-1に示すように、サブストームに伴う磁場のdipolarization（磁場の B_z 成分が正に増える）の直前に、 B_z が2–4秒程度、負にふれる現象が、2分間隔で連続して見られる例を見いだした。

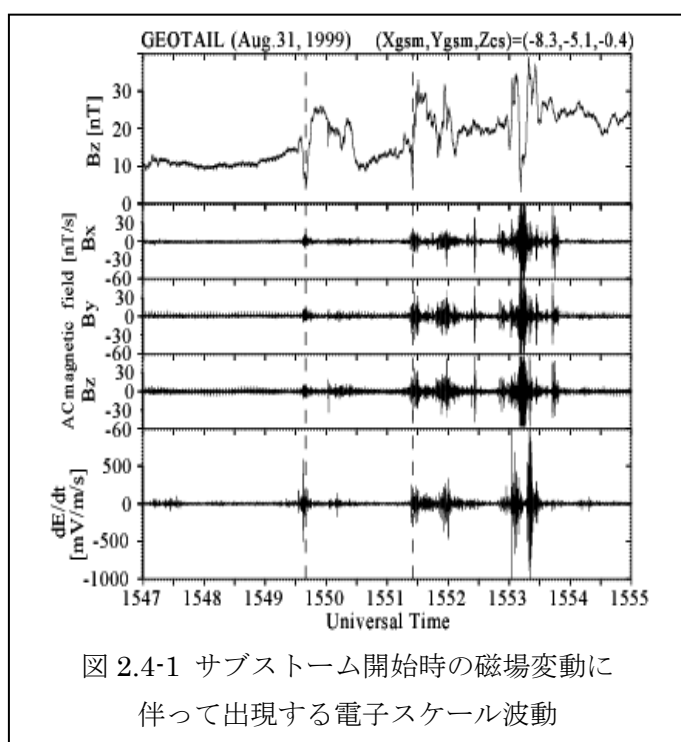


図 2.4-1 サブストーム開始時の磁場変動に伴って出現する電子スケール波動

この変動と同期して、高周波の電磁場変動に非常に大振幅（電場で1–3 mV/m、磁場で5–15 nT/s）で、周波数が5–20 Hzの変動が同時に観測された。この周波数帯は電子ダイナミクスが関与する lower hybrid 周波数の波であり、Geotailの高時間分解能（電場64 Hz、磁場128 Hz）のデータを用いて、サブストーム開始時の大スケール尾部電流シートの崩壊に、この電子スケールの波動が深く関わっていること、つまり、スケール間結合が電流シート崩壊の本質である可能性を示唆した。

磁気嵐回復期のリングカレント・イオンの損失過程

“磁気嵐の最大サイズを決める物理は何か？”

地球周辺電磁場環境が激しく変動する磁気嵐の主因は、地球半径の 3〜10 倍の領域において新たに加速・捕捉される高エネルギーイオンが担う東向きのリングカレントが発達することにある。リングカレントの発達、主に磁気圏近尾部での粒子加速と内部磁気圏への粒子輸送により起こるが、それは発達開始から数時間から十数時間後に回復に転じる。リングカレントが回復する原因は、環状電流を担う高エネルギーイオンが減少することにあるが、その減少プロセスとして、磁気圏外への流出、ジオコ罗纳中性粒子との電荷交換反応、プラズマ圏低エネルギーイオンとのクーロン衝突、極域電離圏への降り込みの 4 つのプロセスが考えられている。Geotail 衛星の観測は、上記プロセスのうち、磁気圏外への粒子流出について詳細な解析を可能にし、以下の成果を上げた。Zong et al. (1999, 2000, 2001) は事例解析によって、環状電流を担う高エネルギー酸素イオンが磁気圏境界面から流出していることを確認した。Keika et al. (2004) は 7 年間にわたる長期間のデータを用いて、イオン流出は磁気圏活動度が高い時に特に夕方側磁気圏境界面から多く流出していることを明らかにした。イオン流出量と流出幅の定量的見積もりは Keika et al. (2005) によって行われ、イオン流出過程が環状電流の減衰に対して無視のできない寄与をしていることが示された。Keika et al. (2005) は、イオン流出量が太陽風動圧の強化に伴い増加することから、環状電流の減衰に対する太陽風動圧の重要性を提案した。これは、磁気嵐という地球周辺宇宙空間の変動現象が非線形性により飽和することを示した重要な成果である。

[参考文献]

- [05-28] Keika et al. (2005), J. Geophys. Res.
- [04-19] Keika et al. (2004), J. Geophys. Res.
- [05-79] Shiokawa et al. (2005), J. Geophys. Res.
- [05-80] Shiokawa et al. (2005), J. Geophys. Res.
- [01-74] Zong et al. (2001), J. Geophys. Res.
- [00-85] Zong et al. (2000), Inner Magnetosphere Dynamics
- [99-75] Zong and Wilken (1999), Geophys. Res. Lett.