

磁気圏境界での観測

磁気圏境界の物理では、太陽風から如何にエネルギーやプラズマが磁気圏に流入するかを理解することが最大の課題である。*Geotail* の観測からは、特に惑星間空間磁場が北向きで「標準モデル」が適用できない場合についての知見が深まった。これまでは重視されて来なかった渦乱流への関心を喚起した功績は大きい。

磁気圏境界層を横切るプラズマ輸送

“磁気圏境界に渦はあるか？その渦はプラズマ輸送に効果的か？”

磁気圏境界を横切って磁気圏内に太陽風プラズマが侵入していることはよく知られている。大規模な磁力線のつなぎ替えがない太陽風磁場が北向きの時にも磁気圏への太陽風プラズマ流入は大規模に起きていることが分かっているが、その流入メカニズムは未解決のままである。Hasegawa et al. (2003) は、イオンのエネルギースペクトルの解析から、昼側の低緯度境界層で観測されるプラズマの混合状態に朝夕非対称があることを発見し、理想 MHD 理論では簡単に説明できないプラズマ流入・混合過程が働いていることを示唆した。また Hasegawa et al. (2004) は、数年間にわたる *Geotail* 衛星の観測データを統計解析し、北向き太陽風磁場における低緯度境界層は、磁気圏前面よりもわき腹でずっと分厚くなることを明らかにした。わき腹におけるプラズマ流入メカニズムとして、ケルビン・ヘルムホルツ不安定にともなう渦を介した輸送が提唱されて

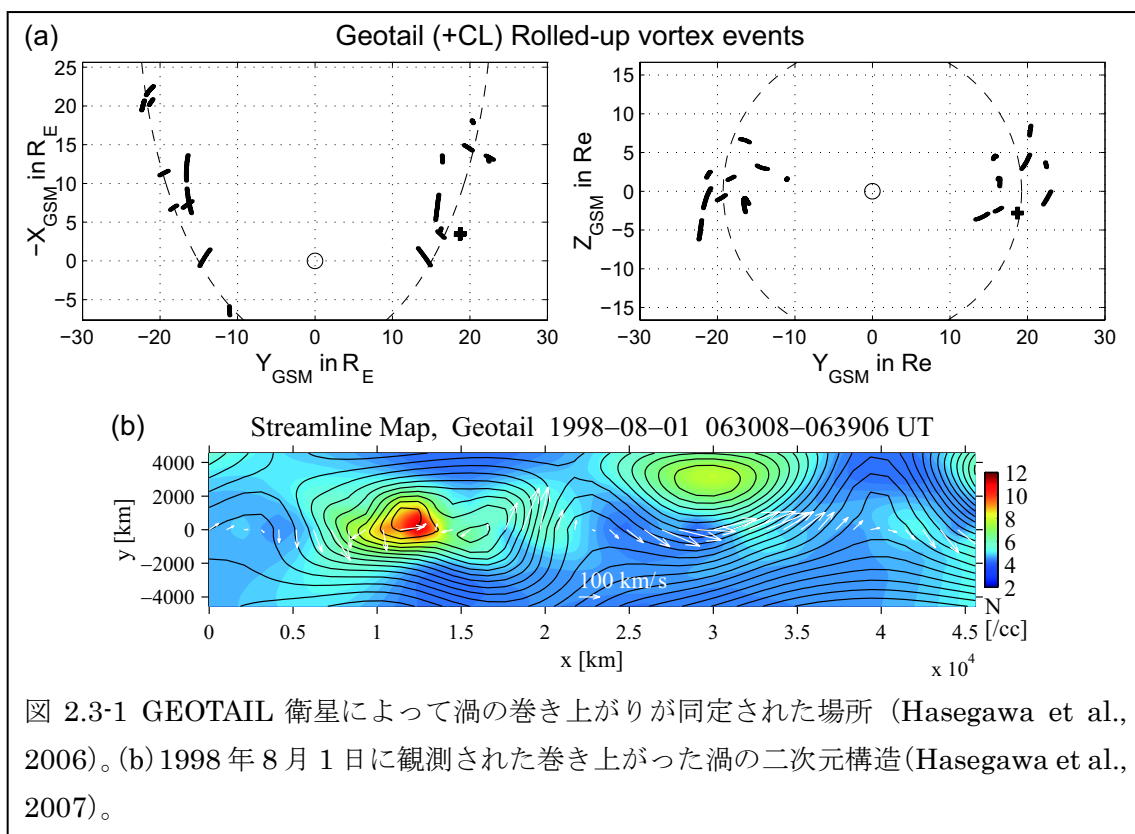


図 2.3-1 GEOTAIL 衛星によって渦の巻き上がりが同定された場所 (Hasegawa et al., 2006)。(b) 1998 年 8 月 1 日に観測された巻き上がった渦の二次元構造 (Hasegawa et al., 2007)。

いる。

Hasegawa et al. (2006) は、単一衛星観測にも適用可能な渦の巻き上がりの指標に基づいて、1995 年から 2003 年までの 9 年間分の観測データから巻き上がった渦の検出を試みた。その結果、北向き太陽風磁場における渦の巻き上がりは稀ではないこと、また渦は朝夕どちらのわき腹でも巻き上がることが判明した (図 2.3-1 (a))。これらの結果は、ケルビン・ヘルムホルツ不安定が北向き太陽風磁場における磁気圏わき腹を経由したプラズマ輸送に重要な役割を果たしていることを示している。また、図 2.3-1 (b) は上の研究によって同定された渦観測イベントに、プラズマ流線の二次元像を再現する手法を適用した結果であるが、Geotail 観測が新しいデータ解析手法の開発・試験にも不可欠なデータを提供していることが分かる (Hasegawa et al., 2007)。

冷たいプラズマシートの起源

“標準モデルでは説明できない「冷たいプラズマシート」の起源は何か？”

惑星間空間磁場 (IMF) が北向きの際に磁気圏プラズマシートが低温かつ高密度になることが Geotail の観測から明らかになった (Terasawa et al., 1997、Nishino et al.,

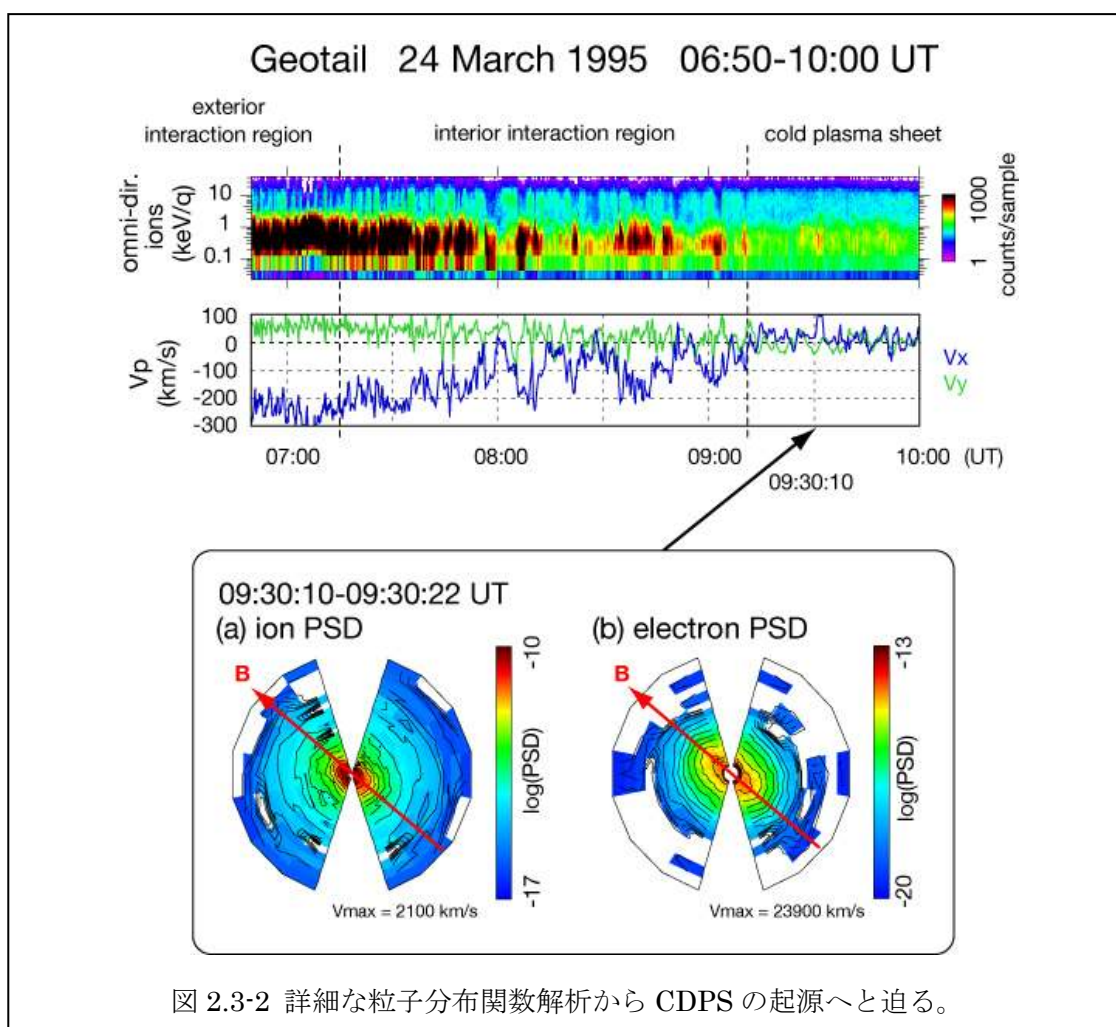


図 2.3-2 詳細な粒子分布関数解析から CDPS の起源へと迫る。

2002)。この低温高密度プラズマシート (Cold Dense Plasma Sheet: CDPS) は磁気圏境界層に近い領域で観測されるため、IMF 北向き時に境界層を横切る何らかの輸送過程が存在すること、しかも、それにはプラズマ加熱が伴わないことが示唆される。さらに、この CDPS は境界層から夜側へと連続して存在し、磁気圏境界面の近傍では同じ磁力線上に磁気圏起源の高温プラズマと太陽風起源の低温プラズマが共存している (Fujimoto et al., 1998)。このことは、起源の異なるプラズマが実空間では混合しているがエネルギー空間では混合していないことを意味し、物理的にたいへん興味深い。磁気圏境界層を横切る輸送およびプラズマ混合を担う物理メカニズムとして Kelvin-Helmholtz 不安定による渦が挙げられている。Geotail による観測と MHD simulation との比較から、渦内部での磁気リコネクションによってプラズマ輸送・混合が起こりうることが示唆されている (Fairfield et al., 2000, 2007)。プロトンの温度非など方が昼間側と夜側とで異なり、北向き IMF の際には夜側でプロトンと電子の磁場平行方向の温度が高くなる (図 2.3-2) (Nishino et al., 2007a, 2007b)。これら CDPS の起源へと迫る研究は、粒子分布関数の詳細な解析が可能な Geotail・データならではの成果であり、検証可能性を提示することから理論研究を刺激するという役割も果たしている。

[参考文献]

- [07-1] Fairfield et al. (2007), J. Geophys. Res.
- [00-7] Fairfield et al. (2000), J. Geophys. Res.
- [98-18] Fujimoto et al. (1998), J. Geophys. Res.
- [07-3] Hasegawa et al. (2007), J. Geophys. Res.
- [06-5] Hasegawa et al. (2006), J. Geophys. Res.
- [04-11] Hasegawa et al. (2004), Geophys. Res. Lett.
- [03-7] Hasegawa et al. (2003), J. Geophys. Res.
- [07-7] Nishino et al. (2007a), Ann. Geophys.
- [07-8] Nishino et al. (2007b), Ann. Geophys.
- [02-33] Nishino, et al. (2002), J. Geophys. Res.
- [97-56] Terasawa et al. (1997), Geophys. Res. Lett.