

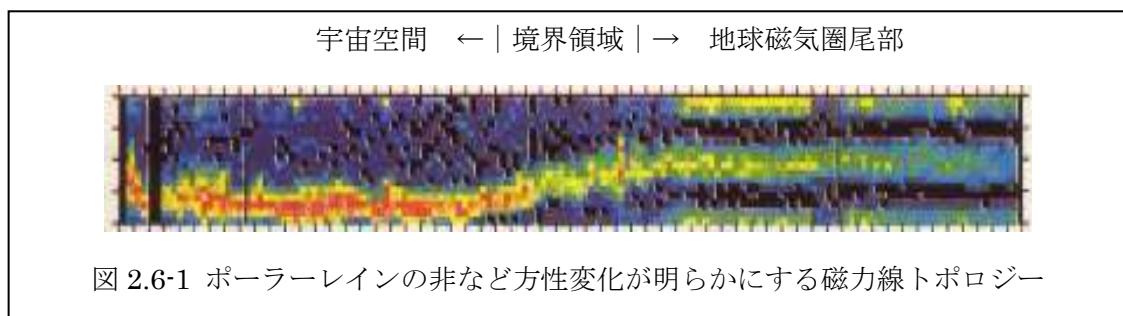
磁気圏遠尾部での観測

遠尾部磁気リコネクション領域は地心距離 ~ 100 地球半径の位置にあり、磁気圏の標準モデルによれば、熱いプラズマシートの源流である。*Geotail* の高性能粒子観測は、磁力線トポロジーを明らかにしスローショック構造の運動論的議論を深めるなど、プラズマシートが生まれる様相を明解にした。

ポーラーレインによる磁力線トポロジーの同定

“「その場」での情報から如何にして磁力線全体トポロジーを精度よく推定するか？”

ポーラーレインとは、もともとは地球極冠域の電離層で観測される $\sim 100\text{eV}$ 電子のことである。ポーラーレインの観測は磁気圏物理を考える上で特別な意味を持つ。ポーラーレインは太陽から磁力線に沿って走ってきた電子であり、それが観測されればその磁力線が太陽とつながっている証拠となるからである。つまり、ポーラーレインは、我々が直接可視化できない磁力線トポロジーを明らかにする。このことは、一方の端が電離層にありながら惑星間磁場と繋がって「開いた」状態となった磁力線が重要な構成要素となる磁気圏遠尾部において貴重である。*Geotail* 衛星は、地球磁気圏尾部の境界構造を詳しく観測し、地球磁気圏の磁力線と宇宙空間の磁力線がつながっていることを示す直接的な証拠を世界で初めて見つけることに成功した。それは同時に、ポーラーレインの起源である太陽風電子の磁気圏への侵入機構の解明でもあった。図 2.6-1 は太陽風電子の侵入過程を示している。磁力線に沿って反太陽風方向に流れる成分が磁力線と共に向きを変え、直接、磁気圏へと侵入していることがわかる。(Shirai et al., 1998)

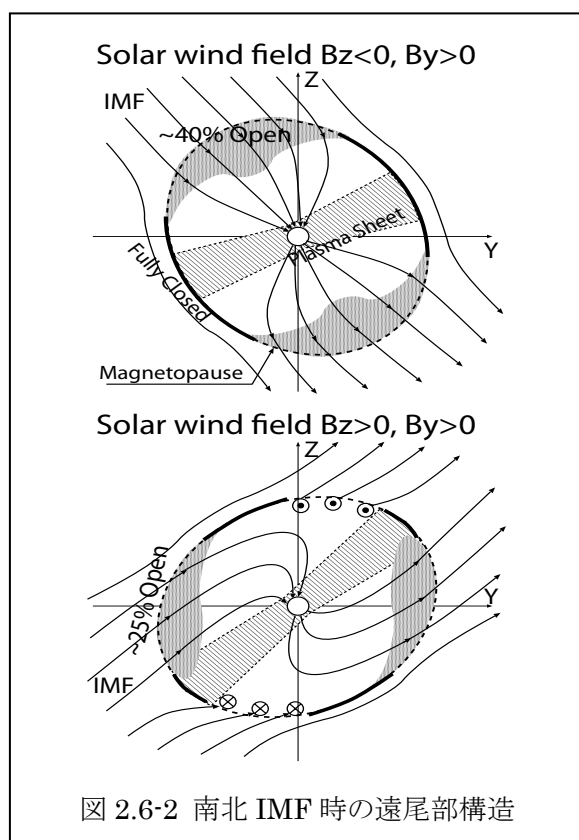


磁気圏遠尾部境界で見つかったリコネクションの証拠

“惑星間磁場北向き時の遠尾部はどう振舞うのか？”

遠尾部磁気圏境界における磁気リコネクションは、太陽風磁場が南向きの成分をもつ時には定常的に起き大規模プラズマ対流を駆動して熱いプラズマシートの形成に寄与するというのが磁気圏対流の標準モデルである。一方、北向き太陽風磁場における遠尾部磁気リコネクションの様相は不明であった。Hasegawa et al. (2002) は、*Geotail*

衛星の磁気圏遠尾部における観測から 1800 以上もの境界通過イベントを同定し、境界



面の MHD 的性質を解析した。その結果、リコネクションの結果生ずる「開いた」境界面が、太陽風磁場の向きとは関係なく、約 25% の確率で存在することが示され（図 2.6-2）、リコネクションは太陽風磁場が北向きの場合にも頻繁に起きていることが明らかになった。

スローショックの物理

“熱いプラズマシートは如何にして熱くなるのか？”

磁気圏遠尾部でローブ磁場が磁気リコネクションを起こしプラズマシートが形成される。そのローブプラズマシート境界がスローショック になっている場合のあることが Geotail によって観測的に実証された。Geotail 衛星で観測されたプラズマシート、ローブ境界の多数のデータを用いて、スローモードショックの同定を行ったところ、遠尾部では約 11% のプラズマシートローブ境界がスローモードショックと同定できるという結果が得られた (Saito et al., 1995)。最近の解析では、温度異方性を考慮することでより多くの境界がスローモードショックと同定出来るという結果も得られている。さらに、スローモードショック境界の微視的構造が初めて明らかとなった。図 2.6-3 に Geotail 衛星の観測で解明されたショックの構造を示す。Cold ion とは、ローブからプラズマシートに流れ込む温度の低いイオンであり、このイオンがスローモードショックを通過して加熱され、プラズマシートの温かいイオンとなる。Backstreaming ion は、磁力線が上流のローブ領域と下流のプラズマシート領域でつながっているために下流の温かいプラズマが上流に逃げ出したものである。衛星が上流のローブ領域から下流のプラズマシート領域に近づくと次第にこのプラズマシートから逃げ出すイオンが観測

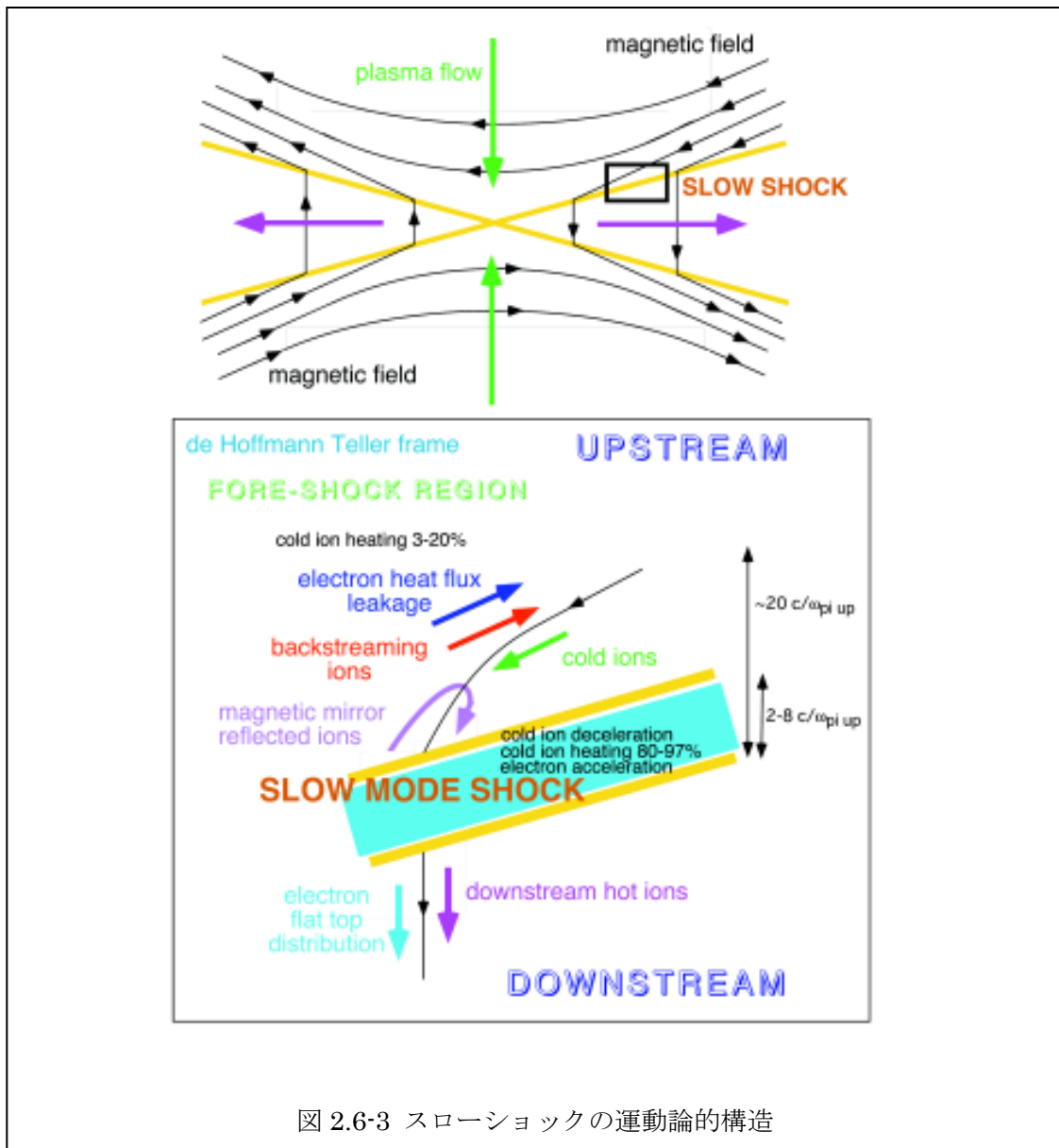


図 2.6-3 スローショックの運動論的構造

されはじめ、それが、磁場が急激に減少する狭い領域で cold ion と混合し、下流の温かいプラズマに変化していく様子が観測される (Saito et al., 1998)。これは衝突のないプラズマ中で起こるエネルギー散逸の一形態を実証したものであり、たいへん興味深い。

[参考文献]

- [02-13] Hasegawa et al. (2002), J. Geophys. Res.
- [98-66] Saito et al. (1998), AGU Geophys. Monogr. Ser.
- [95-16] Saito et al. (1995), J. Geophys. Res.
- [98-72] Shirai et al. (1998), J. Geophys. Res.