

内部磁気圏の沿磁力線プラズマ密度分布と変動に関する研究

Statistical analysis of field-aligned distribution of plasma density in the plasmasphere

池田 貴博 [1]; 西村 幸敏 [2]; 小野 高幸 [3]; 飯島 雅英 [4]; 熊本 篤志 [5]

Takahiro Ikeda[1]; Yukitoshi Nishimura[2]; Takayuki Ono[3]; Masahide Iizima[4]; Atsushi Kumamoto[5]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理・地球物理; [3] 東北大・理; [4] 東北大・理・地物; [5] 東北大・理

[1] Dept. Geophys, Tohoku Univ.; [2] Department of Geophysics, Tohoku University; [3] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [4] Geophysical Inst., Tohoku Univ.; [5] Tohoku Univ.

<http://stpp1.geophys.tohoku.ac.jp>

地球近傍の内部磁気圏領域には、密度が数 1000/cc 程度のプラズマから構成されるプラズマ圏が存在する。その密度分布に関しては昔から数多くの研究が成されており、古典的な考えではプラズマポーズの内側では拡散平衡分布 [Angerami and Thomas, 1964] に、外側では無衝突モデル [Eviatar et al., 1964] に従うものと考えられてきた。過去のプラズマ圏の研究において、赤道電子密度分布に関しては大体の描像が得られているが、これの古典モデルについてさえデータによって直接検討することができていない。このため Akebono 衛星で見出されるロバの耳現象の理解について、プラズマ圏の静穏時の形態から統一的に究明することができていないのが現状である。近年では IMAGE/RPI によって得られたデータから密度分布を推定する研究 [Huang et al., 2004] や、POLAR/PWI から得られた密度データをモデルの式に当てはめ統計を求める研究 [Denton et al., 2006] が行われている。一方地磁気擾乱時におけるプラズマ圏の密度変動に関しては Whistler 電波による観測でも捉えられており、シミュレーションによる Refilling の研究は過去に多くなされてきた [Singh et al., 1986; Rasmussen and Schunk, 1988; Wilson et al., 1992; Singh and Horwitz, 1992]。IMAGE/RPI によっても磁気嵐後、密度が少しずつ増えていく様子が観測されている [Reinisch et al., 2004] が、磁力線全体での変化の様子はよく分かっていない。沿磁力線密度分布を調べることは、磁力線に沿って運動する電子を支配するダイナミクスを解明するという意味で重要である。本研究では Akebono 衛星 (EXOS-D) 観測から得られた長期のデータベースを用いて、 $L = 3$ 以内のプラズマ圏の統計的な沿磁力線密度プロファイルを作成することを目的とする。

まず、SYMH の範囲が -10nT から 50nT でかつ SC やサブストームの影響のない静穏時において統計解析を行った。この統計による沿磁力線密度分布を電離圏のイオン分布モデル [Craven et al., 1995] による各イオンの密度と、Akebono 衛星の TED によるプラズマ圏の温度モデル [Kutiev et al., 2004] を用いた拡散平衡分布モデル及び無衝突モデルと比較したところ、MLT が 9 時から 16 時の昼側で $L=1.8$ よりも外側では、磁力線の長さ $s=4000$ (km) よりも外側の領域では拡散平衡分布に、内側の領域では無衝突モデルに沿っているという結果が得られた。 $L=1.8$ よりも内側及び MLT が 22 時から 4 時の夜側では全体的に拡散平衡分布に従っている結果となった。また拡散平衡に従う領域においては L が大きくなるにつれて密度が少しずつ減少してゆくと、赤道面上での密度の動径分布が L^{-3} の関数と良く一致することが明らかになった。Akebono/PWS から得られた沿磁力線密度分布の様子については、密度が無衝突モデルから拡散平衡分布に回復するまでの途中の状態であると解釈できるが、これは単に平衡に至るまでの時間が足りないからではないと言え、同様な結果 [Lemaire, 1999; Pierrard and Lemaire, 2001] を支持する結論である。この原因については、拡散平衡と一致しない領域が昼側のみに存在することや密度の季節変化から、電離層の生成・消滅の影響が $s=4000$ (km) 付近まで及んでいるためであろうと考察された。

一方磁気嵐時の磁力線に沿ったプラズマ密度分布の変動に関しては、まず静穏時・主相時・回復相それぞれに関して密度分布の統計的な描像を示した。また磁力線がなす面に近く衛星が周回している時に生じた磁気嵐時のイベントに関して、密度が磁力線方向にどのように変動しているかを示し、固定点での密度の時間変化の解析を行った。その結果、まず密度の統計分布からは Flux Tube 内の密度分布の下限が無衝突モデル (EE-model) によく沿うことが分かった。密度の増え方としては電離圏側の密度は変化せず、衝撃波のような構造は伴わないが赤道側から少しずつ増えていく様子が見られた。また回復相中の密度分布の場合にも L^{-3} が当てはまるのであれば、プラズマ圏の Refilling では赤道付近で密度が増大している可能性が指摘された。Refilling に必要な時定数に関しては各磁気嵐におけるイベント解析から導出した結果、大きな磁気嵐の場合であっても、 $L=2.6$ において EE-model のレベルから元のプラズマ密度に近い 1000/cc まで回復するまでに要する時間は 3 日程度であり、その refilling ratio は電子密度で約 10-20(cc/h) であった。