

地球磁気圏電子異方性による宇宙天気のマニタリング

榎田 達弘 [1]; 友池 昌俊 [2]; 羽田 亨 [1]
[1] 九大総理工; [2] 九大・総理工・大海

Generation of anisotropic electron distributions in the earth's magnetosphere

Tatsuhiko Enokida[1]; Masatoshi Tomoike[2]; Tohru Hada[1]
[1] ESST, Kyushu Univ; [2] ESST, Kyushu Univ.

Anisotropic electron distributions are often found in the earth's magnetotail, in the energy range from about 10eV to 10keV [1-3]. Theoretical models are proposed to account for these distributions, based on parallel (Fermi) and perpendicular (betatron) electron heating due to deformation of the magnetic field lines [1]. Recently, Wang et al (2014) made a statistical analysis on variation of the electron pitch-angle anisotropies during geomagnetic dipolarization events using THEMIS data [3]. They found that, after the dipolarization, pancake type (perpendicular temperature > parallel temperature) anisotropy increases when the electron energy $E < 1\text{keV}$, while cigar type (perp < parallel) anisotropy dominates for $E > 1\text{keV}$.

When typical parameters are used for the magnetic field and the electron energy, the first adiabatic invariant (magnetic moment) is always conserved while the second invariant (action associated with the bouncing motion along the field lines) can be violated depending on the electron energy. When both the first and the second invariants are conserved, types of anisotropy produced by compression of the field depend only on the shape of the magnetic field configuration. If the field remains dipolar, pancake type will be produced. If the magnetic field lines are stretched like those in the magnetotail, cigar-type anisotropy will be produced since compression (earthward motion) of the field reduces the field line length without much changing the field strength.

In this presentation we show our results of test particle simulations to discuss what types of pitch-angle anisotropies would emerge for various field line configurations. In particular, we show that the observed dependence of the types of anisotropies on the electron energy can roughly be explained in the present model. We will make quantitative study using realistic magnetic field model. Dependence of electron anisotropy production on depolarization time scale will be presented.

[1] Hada et al., JGR, 1981.

[2] Shiokawa et al., Ann. Geophys. 2003; Smets et al., JGR, 1999; Sergeev et al., GRL, 2001.

[3] Wang et al., JGR, 2014.

磁気圏尾部領域には 10eV から 10keV 程度のエネルギーにおいて、異方性を持った電子分布が出現することが知られている [1-3]。これらの成因として、この領域の磁力線変形により、磁力線に平行方向と垂直方向とで電子が異なる加速を受けるモデルが提案されている [1]。このモデルにおいて、断熱不変量の保存・非保存が重要である。周知のように、地球磁場中での荷電粒子の運動は 3 種の周期運動（サイクロトロン、ミラー、ドリフト）の重ね合わせとしてほぼ表現でき、それぞれに断熱不変量が定義できる。これらの運動はオーダーの全く異なる周期を持ち、第 1 不変量（磁気モーメント）はどのような状況でもほぼ保存されるが、第 2 不変量（沿磁力線ミラー運動の伴う作用）の断熱性は、外力のタイムスケールと電子のエネルギーに依存して決まる。

最近、Wang et al (2014) は THEMIS 衛星のデータを用いて、磁気圏尾部の磁場の dipolarization に伴う電子ピッチ角分布の変動を解析した [3]。統計解析の結果によれば、出現する異方性は電子のエネルギーに依存し、1 keV 程度よりも低いエネルギーでは dipolarization に伴ってパンケーキ型（垂直温度 > 平行温度）の異方性、1keV 程度よりも高いエネルギーではシガー型（垂直 < 平行）の異方性が形成されることが明らかとなった。

第 1 不変量、第 2 不変量ともに保存される場合には、ダイポール磁場がその形を保ったまま圧縮されたときに形成されるのはパンケーキ型、尾部方向に引き伸ばされた磁力線上の電子の場合にはシガー型が形成される。しかし第 2 不変量の保存は電子エネルギーに依存するため、形成される異方性にもエネルギー依存性が現れることが期待される。本研究では、地球磁気圏内における電子の運動をテスト粒子計算により解析し、外部電場によって磁気圏が圧縮された場合にどのような異方性が出現するか、電子エネルギー依存性に注目して解析を行い、Wang et al の観測結果がほぼ説明できることを示す。計算には現実的な磁場モデルを使う。異方性出現の磁場変動時間スケール依存性について議論を行う。

参考文献

[1] Hada et al., JGR, 1981.

[2] Shiokawa et al., Ann. Geophys. 2003; Smets et al., JGR, 1999; Sergeev et al., GRL, 2001.

[3] Wang et al., JGR, 2014.