

Dipolarization Front の時間発展及びダイポール領域との相互作用に関するシミュレーション研究

内野 宏俊 [1]; 町田 忍 [2]
[1] 京大・理・地惑; [2] 名大・STE 研

Time development of Dipolarization Front and its interactions with the dipole region obtained by full-particle simulation

Hirotoshi Uchino[1]; Shinobu Machida[2]
[1] SPEL, Kyoto Univ.; [2] STEL, Nagoya Univ.

A front of bursty bulk flows with large B_z (northward component of the magnetic field) are generated by magnetic reconnection in the magnetotail, is called Dipolarization Front (DF). Under the picture of Near-Earth Neutral Line model, which is one of the models explaining the triggering mechanism and development of a substorm, compressions of the dipole region by DF and pileups of the magnetic fluxes carried by flows cause a considerable increase in B_z in the night-side magnetosphere. There are no full-particle simulations that examine the case in which DF approaches the dipole region, although there are a number observational studies of DF with spacecraft data.

In this study, we have performed a 2-1/2 dimensional full-particle simulation for the initial magnetic configuration akin to Earth's dipole magnetic field together with a stretched magnetic field by a thin current sheet. We have generated the magnetic reconnection and earthward plasma flows accompanied by B_z , and examined the time development of the front of the flow, i.e. DF, until it approaches the dipole-like region.

In the simulation, the B_z carried by the reconnection flow piles up slightly away from the dipole-like region because of the two dimensionality and periodic boundary condition. Time variations in several physical parameters (B_z , J_y : westward current, N : particle density) near the DF in the simulation show the similar features to observations by THEMIS probes [Runov et al., 2011]. We also compare time development of energy pitch angle distribution (PAD) to that of the observation. Energy fluxes near 0, 90, and 180 degrees of ion's PAD increase after the arrival of the DF in our simulation, whereas those of electron's PAD increase in the observation. This result indicates that Betatron and Fermi accelerations which cause the increase of electron's energy flux do not work in this simulation system. The ion's PAD calculated at an off-equatorial location shows the increase of energy flux near 0 and 180 degrees, and this character is also similar to that of electron in the observation.

地球磁気圏尾部での磁気リコネクションによって生じる北向き磁場成分 B_z の増大を伴う Bursty Bulk Flow(BBF) の前面は Dipolarization Front(DF) と呼ばれる。DF によるダイポール領域の圧縮と、 B_z を伴う BBF の pileup によって磁気圏夜側の B_z が広範囲にわたって増大し、サブストームトリガーモデルの 1 つである Near Earth Neutral Line モデルが説明される。人工衛星観測に基づいた DF に焦点を当てた研究は近年数多く報告されているものの、DF がダイポール領域付近に到達した場合の粒子シミュレーション研究は報告されていない。

本研究では、2-1/2 次元粒子シミュレーションの初期条件として地球ダイポール領域を模した磁場構造と尾部横断電流層の磁場構造をつなげた磁場構造を採用した。電流層の中心で磁気リコネクションを発生させ、 B_z を伴う地球向きのプラズマ流の前面である DF が、ダイポール領域付近まで到達するまでの時間発展を調べた。

シミュレーションの空間 2 次元性と周期境界条件によって、ダイポール領域と DF の間でプラズマ流が停留し、DF に伴う B_z はダイポール領域から少し離れた位置に pileup した。また、磁気赤道面の特定の位置における複数の物理量 (B_z 、 J_y : 西向き電流、 N : 粒子密度) を THEMIS 衛星の観測結果 [Runov et al., 2011] と比較し、類似した時間変化を得た。さらに、DF が pileup した場所でのエネルギーピッチ角分布を観測と比較した。THEMIS 衛星観測では、電子について 0 度、90 度、180 度のフラックスが上昇した一方で、シミュレーションではイオンについて同様のフラックスの上昇が得られた。これは、実際の磁気圏で考えられるベータトロン加速とフェルミ加速による電子のエネルギーフラックスの上昇が、シミュレーションの系では成り立たないことを示唆している。シミュレーション内で磁気赤道面から少しはずれたところで求めたイオンのピッチ角分布は、0 度と 180 度のフラックス上昇を示し、こちらも観測の電子のピッチ角分布と同様の特徴を示した。