

2-1/2次元 Full-Particle コードを用いた磁気圏サブストーム発生機構の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

Simulation study on the triggering mechanism of the magnetospheric substorm by using 2-1/2 dimensional Full-Particle code

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

The triggering mechanism of substorm in the Earth's Magnetotail is thought to be closely related to the magnetic reconnection and the tearing mode instability. Recently we proposed a new scheme of the substorm onset called "Catapult Current Sheet Relaxation Model (CCSR Model)" to physically understand the results from statistical analyses of GEOTAIL and THIMIS data. In the results, it can be seen that the local maximum region of the northward magnetic field around $X \sim -17R_E$ are created a few minutes before substorm onset, and the magnetic reconnection occurs at the tailward edge of the enhancement at the time of substorm onset. In order to precisely explain those observations, we have adopted a magnetic field structure which is akin to the Earth's dipole magnetic field together with a stretched magnetic field by the thin current sheet as a basic initial condition in our previous particle simulations. We obtained two major results by those simulations: (1) the node of tearing mode instability has spontaneously appeared at the location tailward of the boundary between dipole-field and current sheet with a distance about one wave length of the tearing mode with a maximum growth rate, (2) the local enhancement of the northward magnetic field which has been added in the current sheet controls the instability in the current sheet.

In the previous simulations, the thickness of the current sheet was the same with the ion inertia length, and the mass ratio of ions and electrons was 25, but in this study, we have performed two kind of simulations in which: (a) the thickness of the current sheet is doubled, (b) the mass ratio is increased to 100. By scaling associated with the change of the mass ratio, we have found that the simulation results are not largely changed from the results of the previous simulations in simulations (b). On the other hand, in simulations (a), the result that the linear growth rates decrease compared to the previous simulations has been obtained as we can expect by a theoretical calculation. Furthermore, we have seen that the effect of the local enhancement of the northward magnetic field on the instability in the current sheet is changed. The reason can be understood that the curvature radius of the magnetic field at the location where the local magnetic field is added has increased. In our presentation, we will discuss these results in terms of the instability depending on parameters in the current sheet.

地球磁気圏尾部におけるサブストーム発生の物理過程は、磁気リコネクションやテアリング不安定性などと密接に関わっていると考えられている。最近の THEMIS 衛星データの統計解析結果に基づき、我々のグループでは新たなサブストームオンセットのモデル (Catapult Current Sheet Relaxation Model : CCSR Model) を提唱した (Machida et al., submitted to Ann. Geophys.)。その統計解析の結果では、サブストームオンセットの数分前から、 $X \sim -17R_E$ 付近の電流層に北向き磁場成分の極大領域が現れ、オンセット時刻に極大領域の尾部側の端から磁気リコネクションが発生していることが見いだされている。統計解析結果の詳細な理解のために、これまで我々は、地球磁気ダイポールに似た形状の磁場配位と、電流層により引き伸ばされた磁場配位をつなげたものを初期条件とした粒子シミュレーションを行ってきた。それらのシミュレーションにより (1) 磁気ダイポールと電流層の境界から、電流層中のテアリングモードの最大成長波長程度隔たった磁気圏尾部側の位置で、テアリングモードの節が自然に現れたこと、(2) 前述の初期条件に北向きの極大磁場を電流層に付加すると、この極大磁場が電流層内の不安定性をコントロールすること、の2つの主要な結果が得られている。

今回の我々の研究では、今までのシミュレーションに加えて、さらに異なるパラメータを仮定した2種類のシミュレーションを行った。(a) 今までイオン慣性長と同じの値としていた電流層の厚さを2倍としたもの、(b) 今まで25としていたイオン・電子質量比を100としたものである。(b)のシミュレーションにおいては、質量比に合わせたスケールングを行うと、従来のシミュレーション結果から殆ど変化しないということがわかった。一方で(a)のシミュレーションにおいては、理論的な計算から予想されるように、テアリングモードの線形成長率が、今までと比較して減少するという結果が得られた。さらに、北向きの極大磁場成分の電流層内の不安定性への効果が変化することがわかった。これは、電流層を厚くしたことで、極大磁場を付加した位置における磁場の曲率半径が大きくなったためと考えられる。本発表では、これらの結果を中心として、パラメータに依存する電流層内の不安定性という観点から考察を行う。