

インヤン格子による磁気圏電離圏結合のHall-MHDシミュレーション

近藤 淳太郎 [1]; 澤田 和英 [2]; 荻野 竜樹 [3]; 陰山 聡 [4]
[1] 名大・STE研; [2] 名大・STE研; [3] 名大STE研; [4] 海洋機構

Hall-MHD Simulation of Magnetosphere-Ionosphere Coupling by Yin-Yang Grid

Juntaro Kondo[1]; Kazuhide Sawada[2]; Tatsuki Ogino[3]; Akira Kageyama[4]
[1] STEL, Nagoya Univ; [2] STEL, Nagoya Univ; [3] STEL, Nagoya Univ.; [4] JAMSTEC

In the global MHD model, the ionosphere has been treated as a sheet model with electrical conductivity. However, the sheet model is not sufficient to essentially understand the magnetosphere-ionosphere coupling system. We need the 3D model to self-consistently solve structure and dynamics of ionosphere. When we calculate magnetosphere-ionosphere coupling system in spherical geometry, it needs too long time.

In this study, we adopt Yin-Yang grid composed of two identical spherical grids. The Yin-Yang grid was developed by Kageyama and Sato [2004]. By using this new grid, some problems that occur in high latitude region of latitude-longitude grid are resolved. In addition Yin-Yang grid has some strong advantage that calculation is speedy, we can heighten accuracy easily, and also it is suitable for massively parallel computers.

We have solved 3D Hall-MHD equations extended by adding Hall term and ion-neutral collision term between an altitude of 80-1090 km. A static equilibrium solution of ionosphere is given in the initial state. The simulation result shows that the convection was given at an altitude of 1090 km as the upper boundary conditions to travel toward the earth, and the current closure is formed in ionosphere. In this time, we made the simulation grid smaller than the previous one, so we can show more detail the effect that collision term strengthens Pederson current and Hall term scatters the current to transfer the perpendicular current to the geomagnetic field. We will present these simulation results on the magnetosphere-ionosphere coupling.

これまでの太陽風と地球磁気圏相互作用の global MHD Model では、電離層は電気伝導度モデルによって 1 枚のシートとして扱われてきた。しかし、電離圏は高度方向にいくつかの層を持つ構造であるため、このモデルは磁気圏電離圏を理解するのに必ずしも十分でない。我々は電離圏の構造やダイナミクスを self-consistent に解く 3 次元のグローバルシミュレーションモデルを必要とする。

この研究では、我々は球座標系の新しいタイプの計算格子であるインヤン格子を利用することで計算時間の縮小を図る。インヤン格子とは陰山、佐藤 [2004] によって開発された組み合わせ格子の一種であり、2つの合同な格子を野球ボールの縫い目のように連結することで構成される。この格子を用いることで、これまで計算格子として一般的であった緯度経度格子の高緯度部分において、格子点が密になるという問題と極での特異点を扱う問題が解決される。さらにインヤン格子の利点として直行系であるため計算速度が速い、高精度化が容易である、大規模並列計算機に適しているといった特徴が挙げられる。

我々は衝突項と Hall 項を追加することによって拡張された 3 次元の Hall-MHD 方程式を、高度 80km ~ 1090km の範囲のインヤン格子系で解いた。シミュレーションはまず、重力とプラズマ圧力が釣り合う球対称 3 次元の定常解を電離圏の高度分布として与える。その静的電離圏構造の元で外側境界条件として高度 1090km に与えた convection が地球に向かってアルフベンモードとして伝搬し、イオンと中性粒子の衝突周波数が大きくなる下部電離圏でペダーソン電流から Hall 電流に変換される過程を見た。シミュレーションの初期値として、衝突周波数と Hall 項の係数であるイオン慣性長の高度分布を与えてあるが、前回の発表ではそれらの高度変化に対して高度方向の格子間隔が 5km と大きいという問題があった。今回の発表では高度方向の格子間隔を小さくすることにより衝突項と Hall 項の効き始める過程を詳しく見ることにした。それにより沿磁力線電流が電離圏 closure を形成する様子をより詳しく見ることが出来る。これらの磁気圏電離圏結合の 3 次元グローバル Hall-MHD シミュレーション結果について報告する。