

グローバルHall-MHDシミュレーションによる磁気圏電離圏結合系の研究

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

Magnetosphere-Ionosphere Coupling by the global Hall-MHD Simulation

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

<http://stelab.nagoya-u.ac.jp/>

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 computation 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 the calculation is speedy, we can heighten accuracy easily, and it is also suitable for massively parallel computers.

We have solved 3D Hall-MHD equations extended by adding Hall term and ion-neutral collision term for altitudes of 80-480 km where a small grid size of 1 km is used in the altitude direction. A static equilibrium solution of ionosphere is given at the initial state. The simulation result shows that the convection was given at an altitude of 480 km as the upper boundary conditions to propagate toward the earth, and the current closure is formed in the ionosphere. 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座標系であるために式が簡単に記述でき、計算速度が速い、高精度化が容易である、大規模スカラー並列機による高速並列計算にも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 ~ 480km 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太陽風と地球磁気圏相互作用のグローバル 3 次元 MHD シミュレーションから得られた磁気圏下部境界を外側境界条件として用いる。その高度 480km 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調べた。初期値として衝突周波数の高度分布を与えて高度方向の格子間隔をさらに小さくした高精度シミュレーションを実行した。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。