

データ同化を利用したグローバル MHD シミュレーションモデルの境界条件およびパラメータの最適化

才田聡子¹, 門倉昭², 藤田茂³, 田中高史⁴, 大谷晋一⁵, 樋口知之⁶

¹新領域融合研究センター

²国立極地研究所

³気象庁気象大学校

⁴情報通信研究機構

⁵ジョンズホプキンス大学応用物理研究所

⁶統計数理研究所

Optimization of Boundary Conditions for a Global MHD Simulation Model by Using Data Assimilation

Satoko Saita¹, Akira Kadokura², Shigeru Fujita³, Takashi Tanaka⁴, Shin Ohtani⁵, and Tomoyuki Higuchi⁶

¹*Transdisciplinary Research Integration Center, Tokyo, Japan.*

²*National Institute of Polar Research, Tachikawa, Japan.*

³*Meteorological College, Chiba, Japan.*

⁴*National Institute of Information and Communications Technology, Kokubunji, Japan.*

⁵*Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Laurel, MD, United States.*

⁶*The Institute of Statistical Mathematics, Tachikawa, Japan.*

The global MHD simulation code developed by Tanaka (2010) was used to examine responses of the coupled magnetosphere-ionosphere system to a sudden southward turning of interplanetary magnetic field (IMF). We assume the inner boundary of the magnetosphere and a spherical ionosphere at $r = 3R_E$ and $1R_E$. The processes of the magnetosphere-ionosphere (M-I) coupling are simulated on the inner boundary of the magnetosphere and on the ionosphere. The ionospheric conductivity is calculated from the solar EUV flux, the diffuse precipitation modeled by the pressure and temperature, and the discrete precipitation modeled by the upward field-aligned current (FAC). The potential is projected back along the field line from the ionosphere to the inner boundary. These boundary conditions for the M-I coupling include some scaling factors. These factors are adjustable and are determined through trial and error. The main goal of this study is optimization of these scaling factors in the boundary condition by use of a data assimilation technique. In this paper, we introduce the data assimilation process and impact of optimizing the scaling factors.

TVD スキームを用いたグローバル MHD シミュレーションコード (Tanaka, 2010) を実行し、太陽風の変化に対する磁気圏・電離圏の応答を調べた。このシミュレーションモデルでは磁気圏は電磁流体力学的 (MHD) 方程式、電離圏では Hall・Pedersen 電流系を基礎方程式とする。このモデルでは磁気圏の内部境界を地球半径の 3 倍の距離に設定し、そこからは双極子磁力線に沿って物理量を電離圏上に投影する。内部境界で磁気圏は高度積分した電離圏電気伝導度を使うが、電離圏電気伝導度は太陽からの極端紫外線 (EUV) による電離とオーロラ粒子の降下 (沿磁力線電流やプラズマシートにおけるプレッシャーなど) による電離によって決まる。したがって磁気圏変動に対する電離圏の応答と電離圏変動の磁気圏へのフィードバック過程、すなわち磁気圏-電離圏相互作用過程はできるだけ正確に与えなければならない。しかし、内部境界における磁気圏と電離圏のインターフェースにあたる関係式にはシミュレーション実行の経験から任意に決定されている係数が存在する。本研究の最終的なゴールはデータ同化を用いて磁気圏変動に対する電離圏の応答と電離圏変動の磁気圏へのフィードバック過程、すなわち磁気圏-電離圏相互作用過程における新しい物理を見つけることである。内部境界において磁気圏と電離圏が交換するパラメータをナッジング法により補正する。このとき、物理量の観測値と計算値の差に対して評価関数を設定し、評価関数を最小にする内部境界パラメータの最適な組み合わせを推定する。発表では、本研究で用いたデータ同化の過程を紹介するとともに、データ同化により得られる内部境界パラメータについて考察する。

References

Tanaka, T., A. Nakamizo, A. Yoshikawa, S. Fujita, H. Shinagawa, H. Shimazu, T. Kikuchi, and K. K. Hashimoto (2010), Substorm convection and current system deduced from the global simulation, *J. Geophys. Res.*, 115, A05220, doi:10.1029/2009JA014676