

グローバルMHDシミュレーション磁力線追尾システムによる、 太陽風磁場の磁気圏への侵入過程の研究

久保田康文¹、村田健史¹、山本和憲¹、深沢圭一郎²、坪内健³

¹ 情報通信研究機構

² 九大・情報基センター

³ 東京大学

Study of IMF transport into the magnetosphere using a system of Magnetic Field Tracing in Global MHD simulations

Yasubumi Kubota¹, Ken T. Murata¹, Kazunori Yamamoto¹, Keiichiro Fukazawa² and Ken Tsubouchi³

¹NICT

²RIIT, Kyushu Univ.

³The University of Tokyo

Dayside magnetic reconnection is a main mechanism that transports solar wind energy into the magnetosphere. When the IMF is northward, the energy transfer is small and relatively constant. When the IMF is southward, the energy transfer increases in proportion to the strength of the field. The purpose of this study is to investigate transport process of the solar wind energy into the magnetosphere by tracing a field line reconnected with the geomagnetic field at the dayside magnetopause using a system of Magnetic Field Tracing in Global MHD simulations.

The simulation is an MHD simulation of the interaction between the solar wind and magnetosphere. The data of ACE satellite with 5 minute interval at Galaxy15(2010/4/5) event is used as the solar wind input. We use the simulation data which are the size of $450 \times 300 \times 300$ in the Cartesian coordinates and are outputted for 2 hours which has 14400 steps and a time resolution of 0.5 s. We visualize large quantities of the simulation data using visualization application 'Virtual Aurora' developed by based on AVS and the parallel distributed processing at "Space Weather Cloud" in the National Institute of Information and Communications Technology (NICT).

As a first result, we trace the IMF when the IMF is southward ($B_z = -12\text{nT}$, $B_y = 5\text{nT}$) at 8:20 UT. We find that the magnetic field lines tracing in the region from the subsolar point to $\pm 5\text{Re}$ in the dawn-dusk directions reconnect with the geomagnetic field at the dayside magnetopause as shown in Figure 1 and are transported into the nightside magnetosphere. In region of flank sides over $\pm 5\text{Re}$, magnetic field lines do not reconnect and are transported through the sheath region to the downstream. In this lecture, we discuss relation between directions of IMF and dayside reconnection region and which path the reconnected IMF is transported through into the magnetosphere.

磁気圏と太陽風の相互作用において、昼側の磁気リコネクションは太陽風エネルギーを磁気圏へ侵入させる主要なメカニズムの1つである。IMFが北向きの場合、エネルギーの輸送は比較的小さく、ほぼ一定で、IMFが南向きの場合、エネルギー輸送は太陽風磁場の強度に比例して大きくなる。本研究ではグローバルMHDシミュレーションの結果を用いて、昼側でリコネクションした磁力線 (flux tube) を追尾することによって、磁気圏尾部にどのような経路で太陽風のエネルギーが輸送されるかについて調べることを目的としている。

磁力線追尾に使用したMHDシミュレーションデータは、Galaxyイベント(2010/4/5)についてACE衛星から得られた太陽風データを5分幅でインプットし8:00UTから10:00UTの計算結果である。空間解像度は等方直交格子で $450 \times 300 \times 300$ である。磁力線を高精度で追尾するため、MHDシミュレーションを0.5秒の高時間分解能で出力し全データを用いた。磁力線の追尾方法は、ある点についてMHDシミュレーションデータから速度ベクトルを内挿し、1step時間で積分し、次の点を求める。Frozen-inが成り立つ場合、磁力線を追尾することができる。10TB以上にもなる大規模データを格納と高速処理をするため、情報通信研究機構(NICT)で構築したサイエンスクラウド(OneSpaceNet)とAVSを基に開発したバーチャルオーロラを用いて、並列分散可視化を行った。

初期結果として、8:20UTの太陽風磁場が南向きの場合($B_z = -12\text{nT}$, $B_y = 5\text{nT}$)について、太陽風磁場を追尾した。リコネクション領域では磁場が拡散し追尾することができないため、すべての始点がリコネクション領域を通過しないように、一本の太陽風磁場に磁場方向に30点始点を取り追尾した。その結果、太陽直下点からdawn-dusk方向に $\pm 5\text{Re}$ 程度の幅の領域から流した太陽風磁場が磁気リコネクトし夜側に輸送されることがわかった。 $\pm 5\text{Re}$ よりも側面から流した太陽風磁場は磁気リコネクションをせず、シース領域をテール方向に流されていく(図1)。

講演では、太陽風磁場の向きと昼側リコネクション領域の関係を明らかにし、どのような経路で太陽風のエネルギーが夜側に輸送されるかを議論する。

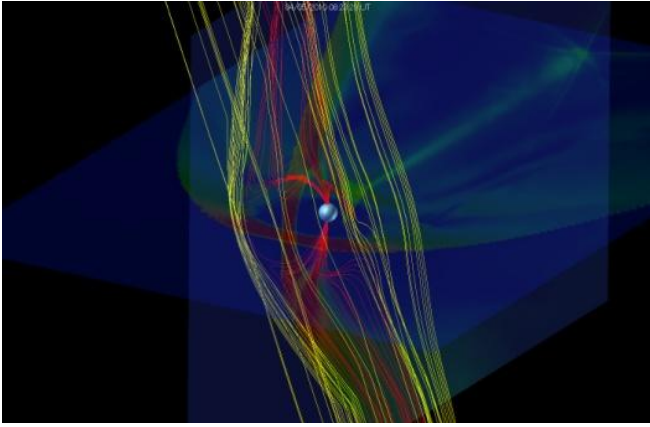


Figure 1. The magnetic field lines tracing in the region from the subsolar point to $\pm 5R_E$ in the dawn-dusk directions. These lines reconnect with the geomagnetic field at the dayside magnetopause.