

太陽近傍における太陽風の3次元MHDシミュレーション

天野 正明 [1]; 荻野 竜樹 [2]; 梅田 隆行 [3]
[1] 名大・工・電子; [2] 名大 STE 研; [3] 名大 STEL

Three-Dimensional MHD Simulation of the Solar Wind Near the Sun

Masaaki Amano[1]; Tatsuki Ogino[2]; Takayuki Umeda[3]
[1] Electrical Engineering, Nagoya University; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ.

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

Geospace environment changes have become an important problem because troubles of the satellite may seriously affect human daily life. It often connects with magnetic storms which are originated by interplanetary disturbances ejected from the sun. We set this Parker solution and a dipole magnetic field to the initial conditions of the solar wind in the simulation. The three-dimensional structure of the solar wind near the sun has been simulated by using a three-dimensional global MHD model.

The helmet-streamer configuration with a sharp boundary between the closed and open field regions has been demonstrated. At that time, the solar wind speed in the open field regions is faster than that in the closed regions. Moreover a current sheet is formed in the magnetic equatorial plane.

地球宇宙環境の変化は、時として衛星などを故障させる原因となり、社会活動に与える影響は非常に大きく、それを知ることが重大な課題となっている。その変化は、太陽面フレア発生に伴う放射線粒子の増大や、太陽から放出される惑星間擾乱に起因する磁気嵐と関連付けられる。過去には、太陽近傍における太陽風の2次元構造を調べ、赤道面の磁場強度が太陽からの距離の2乗に反比例して減少する結果を得た研究 (Washimi et al. (1987)) がある。

本研究では、2次元から3次元シミュレーションに拡張することを目的とし、太陽近傍における太陽風の3次元構造を、デカルト座標系に対してMHDシミュレーションを行って解析した。また、惑星間空間には太陽から絶えず超音速のプラズマの流れ(太陽風)が吹き出しており、太陽自転のために惑星間磁場(IMF)が螺旋状の構造を持つ。そのため、太陽の回転も考慮に入れたシミュレーションを行った。3次元MHDモデルでは、MHD方程式とマクスウェル方程式を初期値境界値問題として、高精度計算法の一つであるModified Leap-Frog法を用いてその時間発展を解いた。このモデルを用いることで、CMEやCIRなどの複雑な物理現象をより詳細に研究することが可能である。

計算に用いた太陽表面のパラメータは、Washimi et al.(1987)より、密度 $N_0=10^{14}[\text{m}^{-3}]$ 、圧力 $P_0=3.8 \times 10^{-3}[\text{N}/\text{m}^2]$ 、温度 $T_0=1.38 \times 10^6[\text{K}]$ 、速度 $V_0=0.97[\text{km}/\text{s}]$ 、磁場 $B_0=1.0 \times 10^{-4}[\text{T}]$ とした。さらに、太陽風の初期条件として、速度分布には球対称1次元のParker解を用い、太陽表面にダイポール磁場を与えた。シミュレーションにより、開いた磁力線と閉じた磁力線領域の境界がはっきりわかれた3次元のヘルメットストリーマー構造を再現することができた。太陽風速度は閉じた磁力線領域よりも開いた磁力線領域の方が速く、赤道面においてカレントシートが形成されることがわかった。