

恒星間物質と太陽磁気圏相互作用の MHD シミュレーション

MHD simulation of the interaction of the heliosphere with a magnetized local interstellar medium

二井 征一郎[1]; 梶原 靖人[2]; 深沢 圭一郎[3]; 荻野 竜樹[2]

Seiichiro Nii[1]; Yasuto Kajiwara[2]; Keiichiro Fukazawa[3]; Tatsuki Ogino[2]

[1] 名大・STE 研; [2] 名大 STE 研; [3] 名大・STE 研

[1] STE Laboratory, Nagoya Univ; [2] STEL, Nagoya Univ.; [3] STEL, Nagoya Univ

惑星間空間には、太陽から絶えず螺旋状の惑星間磁場 (IMF) を伴った超音速のプラズマの流れ (太陽風) が吹き出している。この太陽風プラズマと局所的恒星間物質 (LISM) との相互作用により太陽磁気圏の基本的な構造は決まる。また、惑星間磁場や恒星間磁場にも影響を受けることが予想される。

太陽風の流れは、その起源から 100 AU 程離れた場所で局所的恒星間物質や磁場の圧力を受けて超音速から亜音速に減速され、その場所に終端衝撃波 (Termination Shock) とよばれる不連続面が形成される。また外側には、地球や惑星の太陽側にみられる外側衝撃波 (Bow Shock) が発生し、その間には恒星間物質と太陽風プラズマの境界としての Heliopause ができる。

現在、太陽圏の果てへ向け飛行中のボイジャー 1 号、2 号は太陽圏の勢力範囲の端である Termination Shock に到達した可能性があると報告されているが、太陽圏全体の直接観測はいまだなされておらず、太陽風プラズマと局所的恒星間物質との相互作用の結果として生じる太陽圏の全体像や、物理プロセスの全体的な解明にはいたっていないのが現状である。

過去には、MHD シミュレーションにより Heliopause の先端が膨らむような形状になる Linde et al. (1998) や、電流シートを含めた MHD シミュレーションにより Heliopause の表面の先端が V 字型にへこみ、そこに恒星間磁場がまきつくようになる Tanaka & Washimi et al. (2001) といった研究がある。

本研究では、太陽磁気圏の構造を調べるために恒星間物質と太陽風プラズマ相互作用の 3 次元 MHD シミュレーションを行った。太陽磁気圏相互作用の 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。

計算に用いたパラメータは、Linde et al. (1998) より太陽風プラズマが密度 $n=0.0078/\text{cm}^3$ 、速度 $v=450\text{km/s}$ 、温度 $T=30000\text{K}$ 、磁場 $B=0.2\text{nT}$ 、恒星間物質が密度 $n=0.07/\text{cm}^3$ 、速度 $v=26\text{km/s}$ 、温度 $T=7500\text{K}$ 、磁場 $B=0.15\text{nT}$ とした。

シミュレーションから、外側衝撃波 (Bow Shock)、Heliopause、終端衝撃波 (Termination Shock) の 3 つの不連続面から形成される太陽磁気圏の基本的な構造を得ることができた。