

時空間マルチスケール法による木星磁気圏の MHD シミュレーション

MHD Simulation of the Jovian Magnetosphere by a Spatiotemporal Multi Scale Method

深沢 圭一郎[1], 荻野 竜樹[2]

Keiichiro Fukazawa[1], Tatsuki Ogino[2]

[1] 名大・STE 研, [2] 名大 STE 研

[1] STEL, Nagoya Univ, [2] STEL, Nagoya Univ.

太陽系惑星には、太陽から放射線が絶えず吹き付けている。その一部として、惑星間空間磁場 (IMF) を伴ったプラズマの風 (太陽風) が存在し、エネルギー量としては相対的に小さいが、惑星磁気圏との相互作用に重要な役割を果たしている。そして、それらは惑星の電磁気圏と電磁氣的、物質的、さらに化学的に複雑な作用を引き起こし、太陽風が存在しないと仮定した惑星の電磁気圏構造を大きく変化させている。

地球磁気圏は精力的に研究されているが、その他の惑星については、地上観測から得られる情報は限られていて、いくつかの衛星観測が行われていて基本的な物理データが得られているものの、まだ太陽風との相互作用の結果として生じる電磁気圏の全体像やそこで起こっている物理プロセスの全体的な解明には至っていないのが現状である。

木星は太陽系最大の惑星である。赤道半径だけでなく、その質量も最大であるので、粒子が重力を振り切って惑星間空間に出て行くのに必要な脱出速度が大きく、豊富なプラズマを、その重力勢力圏に留めておくことができる。一方、自転周期が 10 時間と短く、大きな固有磁場があり、かつ電離層の外側に衛星イオという大きなプラズマ源を持っている。これらの際だった特徴から、地球磁気圏と大きく異なった木星磁気圏を形成していることが想像される。本研究では木星磁気圏の構造を調べるために 3 次元 MHD シミュレーションを行った。

木星磁気圏相互作用の 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。また、今回の研究では、衛星イオの影響を考え、木星近傍の磁気圏について詳しくシミュレーションするためにシミュレーションボックスの内部に格子間隔の小さな新しいボックスを作り、高精度の計算をする時空間マルチスケールグリッドを用いてシミュレーションを行った。3 次元格子点の数は境界を含めて $(n_x, n_y, n_z) = (452, 302, 152)$ 、格子間隔は一様で $1.5R_j$ とした。内部のボックスについては境界を含めて $(n_x, n_y, n_z) = (40, 40, 20)$ とし、格子間隔は一様で $0.75R_j$ である。

木星磁気圏は太陽風動圧の変化に対して劇的にその大きさを変えることが、衛星観測で得られたデータからわかっている。そのときのグローバルな磁気圏の全体像を調べるため、IMF を印加せず、異なる太陽風動圧を与えてシミュレーションを行い、磁気圏構造を比較した。

IMF は太陽風動圧とともに、惑星磁気圏の構造を変化させると考えられる太陽風パラメータである。IMF の向きにより木星磁気圏がどのように変化するかを調べるため、太陽風動圧を一定とし、IMF が北向きの場合、南向きの場合、IMF を印加しない場合のシミュレーションを行い、磁気圏構造を比較した。