

電磁流体シミュレーションを用いた磁気セイルの推力解析

中村 総一郎 [1]; 中村 雅夫 [2]

[1] 大阪府大・工・航空宇宙; [2] 大阪府大・工・航空宇宙

Analysis of thrust of a Magnetic Sail by using MHD simulation

Soichiro Nakamura[1]; Masao Nakamura[2]

[1] Aerospace Engineering, Osaka Prefec. Univ; [2] Aerospace Engineering, Osaka Prefec. Univ.

Magnetic Sail is a propulsion system making use of the solar wind for deep space exploration missions. This system generates the propulsive force by interaction between the solar wind and an artificial magnetic field created by electric currents in a superconducting coil. This interaction is studied by using magnetohydrodynamics (MHD) simulations. In the previous studies, the differences in the thrusts estimated from the simulation results in different methods are within the margin of error but not so small. Therefore a high-order accurate MHD simulation is important to estimate the thrust precisely. We calculated the thrust of Magnetic Sail with a 2-dimensional model and high-order accurate MHD scheme satisfying divergence-free and discontinuous-capturing. We will discuss how to estimate the thrust precisely from the simulation results.

深宇宙探査用推進システムの1つに、太陽からのエネルギーを利用する推進システムがいくつか考案されている。その中の1つに太陽風を利用する磁気セイルがある。太陽風は太陽から放射される高速のプラズマ流で、地球付近では平均約400 km/sの超音速で流れている。磁気セイルは宇宙機に搭載した超伝導コイルに電流を流して発生させた磁場と太陽風のプラズマとの相互作用により太陽風流れを変化させ、その反作用で推力を得る推進システムである。理想電磁流体(MHD)近似が成り立つと考えられる大きなスケールの場合、太陽風と磁気セイルの磁場が相互作用したときの流れ場では、太陽風と地磁場の相互作用と同じように磁気圏が形成され、磁気圏上流には衝撃波が生じる。この推力は磁気圏が大きくなるにしたがって大きくなると考えられる。そのため、大きな推力を得るために、宇宙機からプラズマを噴射することによって、セイルにあたる磁気圏を拡大する方法が提案されている。これを磁気プラズマセイルと呼ぶ。本研究では、MHD法を用いた数値計算によって磁気セイルの推力の解析を行う。計算結果から磁気セイルの推力を評価する方法には次の3つの方法がある。太陽風の運動量変化から算出する方法、磁気圏が境界面で受ける動圧と磁気圧の全圧力から算出する方法、磁気圏境界などに流れる誘導電流とコイル電流との間に働くローレンツ力から算出する方法である。これまで行われた研究では3つの方法から求めた推力を比較すると、示された大きな誤差の範囲内にはおさまっているがかなりの差が見られる。そのため、推力を正しく評価するには、この誤差を小さくして検証することが必要である。誤差を抑えた高精度な計算を行うために、計算負荷が低く比較的容易に計算精度を上げることができる2次元モデルを用いて、磁場のソレノイダル条件、衝撃波捕獲、高次精度を同時に満足するスキームを導入した。この計算結果から推力の各評価方法を検証することで、推力メカニズムを解析し、正しく推力を評価する方法について議論する。