

次世代無電極推進機関のための発散磁場と周方向定常電流によるプラズマ加速

繁田 彬 [1]; 平田 義治 [2]; 羽田 亨 [3]; 篠原 俊二郎 [4]
[1] 九大総理工; [2] 九大・総理工・大海; [3] 九大総理工; [4] 東京農工大・工

Fluid model of plasma acceleration by stationary azimuthal current and divergent magnetic field

Akira Shigeta[1]; Yoshiharu Hirata[2]; Tohru Hada[3]; Shunjiro Shinohara[4]
[1] ESST, Kyushu Univ.; [2] ESST, Kyushu Univ; [3] ESST, Kyushu Univ; [4] Inst. Eng, TUAT

Electric thrusters, characterized with high specific impulse, are considered to be useful for long-term space missions such as those to outer planets. On the other hand, the performance of many of the conventional electric thrusters (e.g., ion engines) is limited by electrode wastage. In order to overcome this difficulty, we are conducting the HEAT (Helicon Electrodeless Advanced Thruster) project, in order to pursue research and development of completely electrodeless thrusters (the electrodes do not directly contact with the plasma).

Currently, there are several plasma acceleration schemes being examined in the project. Among them are the Rotating Magnetic Field (RMF) and the Rotating Electric Field (REF) schemes, which both produce time-stationary, azimuthal electric current inside the plasma. If the background magnetic field has a radial component (divergent magnetic field), the Lorentz force due to the above azimuthal current and the background magnetic field will have the axial component, and this accelerates the plasma in the axial direction, yielding the thrust. We note that the time-stationary (DC) azimuthal current inside the plasma is a consequence of nonlinear self-coupling of the external AC current. In the presentation we discuss plasma acceleration due to the DC azimuthal current and the divergent magnetic field, obtained by performing 2-d fluid simulation in the radial (r) vs axial (z) directions. Details of the plasma flow field and distribution of other plasma and the field variables will be presented. Estimation of the thrust using parameters typical to our laboratory experiments will be given.

宇宙空間での衛星推進および制御、惑星探査などの長距離航行ミッションにおいて高比推力の電気推進機関は有効であり注目されている。これは推進剤としてプラズマを用い、これを加速することにより推進力を得る方法である。しかし、イオンエンジン等、既に実用化されている多くの電気推進機関は有電極型であり、電極摩耗による寿命の制限が大きな問題となっている。そのため、私達はプラズマの生成、加速過程において電極とプラズマが非接触である無電極電気推進機関の研究を行っている (HEAT プロジェクト)。プラズマ生成はヘリコン波を用いることにより、安定に高密度・低温度プラズマが得られることが実験的にほぼ確立している。プラズマ加速としては様々な方法が考えられているが、本講演では回転磁場 (RMF) や回転電場 (REF) などにより励起された周方向電流と発散磁場とのローレンツ力によって、プラズマを軸方向に加速して推力を得る方法について述べる。

プラズマ外部のアンテナに電流を流すことにより、プラズマ内部に電流および電磁場を励起することができる。ただしこれが可能なのは、電磁波の方程式から直ちにわかるように、外部電流 (つまりインプット) が交流の場合である。一方、軸方向へのプラズマ加速 (アウトプット) は直流でなければならないので、何らかの非線形過程が関与して、交流のインプットから直流のアウトプットを作りだしていることになる。前述の RMF や REF はこれらの非線形過程を実現するスキームである。本講演では、プラズマ内部に生成された周回方向の定常電流と、発散磁場 (径方向の背景磁場) とのローレンツ力により、プラズマが加速され、その軸方向成分がスラストとして利用できることを、円柱座標系の r - z 平面での 2次元流体計算によりモデル化する。プラズマ流の分布、推力の推定を行い、今後の実験計画への寄与を行う。