

## 二次元粒子モデル計算による無電極電気推進のためのポンドロモーティブ加速

# 式網 友章 [1]; 大塚 史子 [1]; 羽田 亨 [1]; 篠原 俊二郎 [2]; 谷川 隆夫 [3]  
[1] 九大総理工; [2] 東京農工大・工; [3] 東海大・総科研

### Ponderomotive acceleration for electrodeless plasma thruster in two-dimensional particle-in-cell simulation model

# Tomoaki Shikituna[1]; Fumiko Otsuka[1]; Tohru Hada[1]; Shunjiro Shinohara[2]; Takao Tanikawa[3]  
[1] ESST, Kyushu Univ; [2] Inst. Eng, TUAT; [3] RIST, Tokai Univ.

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 Electrode less Advanced Thruster) project [1], in order to pursue research and development of completely electrode-less (i.e., no direct contact of electrodes with plasma) thrusters.

One way of the plasma acceleration is the so-called ponderomotive acceleration, which utilizes the pressure gradient of a high frequency electromagnetic field. The results of numerical experiments by test particle simulations can be found in Otsuka et al. (SGEPSS,2012) and Ichihara et al. (SGEPSS, 2011). In our previous test particle simulations, we assumed the total penetration of externally applied rf electromagnetic field. However, this assumption is highly optimistic. Thus, the study by Particle-in-cell (PIC) simulation is necessary to evaluate the degree of external rf electromagnetic field penetration into plasma.

In this study, we perform two-dimensional PIC simulation to evaluate the effectiveness of ponderomotive acceleration of plasma. We assume the numerical model of cylindrical plasma and electromagnetic field generated by the external current around the cylinder. We evaluate the penetration of the external rf electromagnetic field, the exhaust velocity and the thrust in realistic parameters. We use the VORPAL code [2] for the PIC simulation.

宇宙開発の技術目標の一つに宇宙探査機・宇宙船等に使用される推進機関の高比推力化がある。現在使用されているイオンエンジン等、既存の電気推進機関の多くはプラズマの生成部もしくは加速部で電極がプラズマに接触する有電極型のため、プラズマとの接触による電極摩耗による寿命の制限が大きな問題となっている。そこで、我々はプラズマ生成、プラズマ加速の両段階ともに電極とプラズマが接触しない、完全無電極型の新しい電気推進機関の開発研究を行っている。(HEAT プロジェクト [1])

内部電極を用いずプラズマを加速する有力な手法の一つに高周波電磁場の圧力勾配による加速、つまりポンドロモーティブ加速がある。テスト粒子計算も用いたポンドロモーティブ加速の数値実験についてはこれまでの学会等で発表されてきた(大塚他、市原他など)。テスト粒子計算では、外部電磁場は完全にプラズマ中に浸透すると想定している。しかし、実際にはプラズマによる影響をうける。そのため、電磁場の浸透の程度も評価できる PIC シミュレーションでの検討が必要である。

そこで、本研究では、ポンドロモーティブ力によるプラズマの加速を二次元の PIC シミュレーションにより検証する。円柱プラズマを想定し、円柱を囲む周方向の電流により生じる電磁場を利用してポンドロモーティブ力を発生させるモデルを考える。このモデルでは、円柱軸の中心に行くほど小さくなる周方向電場が発生することが確認された。プラズマ半径や外部電流アンテナ長などの重要な物理量をパラメータとして、外部電磁場の浸透、排気速度・推力の評価を行い、その結果を報告する。PIC シミュレーションの計算には、VORPAL コード [2] を用いている。

[1] S. Shinohara et al., 32nd Int. Electric Propul. Conf., IEPC-2011-056, (2011).

[2] <http://www.txcorp.com/products/VORPAL/>