

プラズマ生成をともなうポンデロモーティブ加速のモデリング

伊美 暢春 [1]; 諫山 翔伍 [1]; 羽田 亨 [1]; 谷川 隆夫 [2]; 篠原 俊二郎 [3]
[1] 九大総理工; [2] 東海大・総科研; [3] 東京農工大・工

Ponderomotive acceleration model including the plasma production effect

Masaharu Imi[1]; Shogo Isayama[1]; Tohru Hada[1]; Takao Tanikawa[2]; Shunjiro Shinohara[3]
[1] ESST, Kyushu Univ; [2] RIST, Tokai Univ.; [3] 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 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 accelerating the plasma is the so-called ponderomotive acceleration, which utilizes the pressure gradient of a high frequency electromagnetic field. Details of this scheme may be found Otsuka et al (this meeting) and Ichihara et al (SGEPSS, 2011). When the external RF (radio frequency) field is applied to a plasma, there appear two important issues to be answered: (1) what is the penetration scale length of the RF field in the plasma, (2) what are the consequences of newly ionized particles due to the external RF field? The item (1) has been studied by several authors, while the item (2) is new as far as we are aware of.

In this presentation we discuss the above two issues by performing test particle simulations including the impact ionization process, using VORPAL code, and also by laboratory experiment at Tokai University. The penetration scale length of the RF field, plasma production, and plasma acceleration will be evaluated as functions of various parameters of the RF field and the background field.

宇宙開発の技術目標の一つに宇宙探査器・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プラズマに接触しない、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)

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、つまりポンデロモーティブ加速がある。このスキームの詳細については、これまでの学会等で発表してきた(大塚他、市原他など)。一方、プラズマに実際に高周波電磁場をかけた場合、(1)電磁場がどの程度プラズマ中に浸透できるか、さらに(2)高周波電磁場により電子が加速され、これと中性粒子との非弾性散乱によるプラズマ生成、について考える必要がある。項目(1)についてはこれまでいくつかの考察がなされてきたが、項目(2)は新しい視点であり、詳細な検討が必要である。

そこで、本研究ではプラズマに外部高周波電磁場を与えた結果、現実になにが起きるのか、数値モデルおよび東海大学での室内実験により検証する。モデルとしては素過程として衝突電離を取り入れて VORPAL による粒子シミュレーションを行い、浸透スケール長、プラズマ生成、さらにはプラズマ加速が、外部高周波電磁場強度、周波数、また背景磁場等のパラメータにどのように依存するかを議論する。ポンデロモーティブ加速では電磁場エネルギー密度の大きい領域に被加速粒子が滞在する時間が長いほど加速が大きいことが知られているが、外部高周波電磁場により生成されるプラズマはこの条件を満たすものであり、加速にとって好都合である。実験との関わりについても展望を述べる。