

ヘリコンプラズマ生成の外部電磁場と背景磁場配位依存性

相良 雄大 [1]; 羽田 亨 [2]; 谷川 隆夫 [3]; 篠原 俊二郎 [4]

[1] 九大・総理工・大海; [2] 九大総理工; [3] 東海大・総科研; [4] 東京農工大・工

Helicon plasma production: dependence to external RF field and magnetic field configuration

Yuta Sagara[1]; Tohru Hada[2]; Takao Tanikawa[3]; Shunjiro Shinohara[4]

[1] ESST, Kyushu Univ.; [2] ESST, Kyushu Univ.; [3] RIST, Tokai Univ.; [4] Inst. Eng, TUAT

[1] Earth System Science and Technology, Kyushu Univ.; [2] ESST, Kyushu Univ

Electric thrusters are characterized with high specific impulse, and are thus attractive for long-term missions such as those to outer planets. On the other hand, conventional ways to produce and accelerate plasmas often involve contact of electrodes with the plasma. For example, electric discharge (e.g., arc discharge) and ion acceleration by electrostatic field (e.g., ion engine) both involve severe bombardment of energetic plasma particles with electrodes. Resulting erosion and abrasion of electrodes limit the lifetime of the thrusters. In order to overcome this difficulty, we have initiated the HEAT (Helicon Electrodeless Advanced Thruster) project [1], in order to pursue research and development of completely electrodeless thrusters.

In this study, we discuss some fundamental aspects of plasma generation using the helicon wave, based on experiments using Tokai University Helicon Device. The helicon wave is equivalent to a whistler wave in space, except that it is bounded in a cylindrical geometry. The helicon plasma is produced when a neutral (some portion of 'seed' plasma is necessary) gas is confined within a strong magnetic field, and is applied high frequency electromagnetic field via external antenna. Presence of both 'the wave electric field' and 'the external magnetic field' is necessary for the helicon plasma production. However, the relation between the wave electric field, the magnetic configuration, and the magnetic field strength actually has a big influence on the generation of the plasma, and this relation is not yet clear.

In order to clarify this point, we have performed the experiments using Argon and Helium as the neutral gas.

1. Using the pilot machine that has a cylindrical chamber with the helicon source and nine external coils, a variety of magnetic field strength and the magnetic configurations are produced.

2. The high frequency electric field is imposed for each magnetic field condition, and plasma generation is examined. Plasma density is measured using the Langmuir probe at 7 different locations radially and 5 different locations axially (total 35 points). Plasma density distribution is estimated for various configurations of the external magnetic field.

3. Based on the data above, dependence of the external magnetic field configuration and the applied wave field on the plasma production is examined.

Stable production of high density plasma is indispensable for the development of electrodeless thrusters. We will discuss our future plans of the experiment, with particular emphasis on its contribution to the HEAT project.

惑星探査などの長期ミッションにおいては比推力の高い電気推進機関が有効であり注目されている。これは推進剤をプラズマ化し、加速することにより推進力を得る方法である。従来、電気推進は推進剤をプラズマにしてから加速するため放電が必要であった。アーク放電など、放電を行えば電極にプラズマが衝突するため摩耗が起り、その摩耗が電気推進機関の寿命を先に決定してしまう。この現状を踏まえ、我々は電極寿命の制限を受けないプラズマ生成・加速とともに無電極である、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]。

本研究では、ヘリコン波を用いた無電極プラズマ生成法について議論する。ヘリコン波を使用したプラズマ生成は、直流電流により生成された磁場中に中性ガスを封入し、これを特殊なアンテナに高周波電場を印加することで生じるヘリコン波と作用させることにより行う。この「電場+磁場」の中で非常に高い密度のプラズマが安定に得られることが実験的に確立されている[2]。しかし、実際は高周波電界と磁場配位および磁場強度の関係が、プラズマの生成に大きな影響を与えており、この関係はいまだに系統的には明らかにされていない。

そこで本発表では、プラズマ化する中性ガスに Ar と He を用い、それぞれの場合について以下のような手法でプラズマ密度を求め、この関係性を明らかにすることを目的とした。

1. 円筒形のチャンパーにヘリコン源と9個のコイルを配置した実験装置を用い、様々な磁場強度ならびに磁場配位をつくりだす。

2. それぞれの条件においてヘリコン源に高周波電界を印加し、プラズマを生成する。ラングミュアプローブを用い、チャンパー内の径方向に7点、それを軸方向に5点動かし、計35点のイオン電流を測り、プラズマ密度を求める。

3. 上記の結果について、高周波電界と磁場の関係がプラズマ生成に及ぼす影響を調べる。

安定した高密度プラズマ生成は無電極推進機関に不可欠な要素であり、本研究はそのための基盤技術の一つとして大きな意義を持つものである。本実験の無電極推進との関わりと今後の計画についても言及する。