

外部電磁場によるヘリコンプラズマ加速：完全無電極電気推進機関のモデリング

羽田 亨 [1]; 篠原 俊二郎 [2]; 谷川 隆夫 [3]; 船木 一幸 [4]; 西田 浩之 [5]

[1] 九大総理工; [2] 九大・総理工・先端; [3] 東海大・総科研; [4] JAXA・ISAS; [5] 東京農工大・工

Helicon plasma acceleration by external em field and its application to completely electrodeless plasma thrusters

Tohru Hada[1]; Shunjiro Shinohara[2]; Takao Tanikawa[3]; Ikkoh Funaki[4]; Hiroyuki Nishida[5]

[1] ESST, Kyushu Univ; [2] Advanced Energy Engineering Science, Kyushu Univ; [3] Res. Insti. of Sci. & Tech., Tokai Univ.; [4] ISAS, JAXA; [5] Mechanical Systems Eng., TUAT

Electric thruster is a form of spacecraft propulsion that uses electric energy to accelerate plasma propellant. Due to its large specific impulse, the electric thrusters are suited for long duration operations such as missions to outer planets. On the other hand, the performance of many of the conventional electric thrusters is severely limited by electrode wastage. In order to overcome this difficulty, some novel methods of electrodeless discharge and electromagnetic acceleration have been proposed by making use of a compact helicon plasma source. With this application in mind, we here discuss some basic elements on the behaviour of a collisional, cylindrical plasma, when it is driven by an external time-varying electromagnetic field. By introducing a linear response function, we argue that the external field can resonantly drive the plasma to large amplitude oscillations, which may be utilized for the acceleration of the helicon plasma.

宇宙空間での衛星推進および制御、特に外惑星探査等の長距離航行ミッションにおいて、比推力の高い電気推進機関は有用であり、今後の惑星探査計画等において活躍が期待されている。その一方、DC アークジェット、イオンスターなど、既に実用化されている多くの電気推進機関は有電極であり、電極の摩耗が長時間オペレーションのネックとなっている。この問題を根本的に解決するために、我々はヘリコン波プラズマ源を外部アンテナ（外部電磁場）により加速する、プラズマ生成と加速のいずれの段階にも電極を使用しない「完全無電極型」の推進機関を提案し、ここ数年間にわたり基礎的プラズマ実験を行ってきた。

本講演では、このような推進機関のモデリングの手始めとして、時間変動する外部電磁場を外部から加えた際の円柱プラズマの挙動を検討した結果を報告する。我々の提案する推進機関では、時間変動する外部電流によりプラズマ内部に周回方向の内部電流を励起し、これと背景磁場とにより作られるローレンツ力を利用して沿軸方向のプラズマ流を得る。現実の推進機関の解析にあたっては、非一様な背景磁場およびプラズマ分布のもとで、外部電磁場がどのようなプラズマ内部電流を励起し、それがどのような力を生み、そしてそれが最終的にどの程度の推進力を生み出すか、を定量的に評価することが目標となるが、ここではこのような現実的な系の詳細からは離れ、外部電磁場とプラズマ挙動とのカップリングを物理的視点から理解することに重点を置く。そのため、プラズマ、デバイスともに無限長の円柱状と仮定し、衝突項は線形摩擦で近似、またプラズマ応答は外部電磁場に対して線形の範囲のみを考える等の仮定を行う。

まず議論の出発点となるモデル方程式を示し、外部電流に対するプラズマ内部電流密度の応答関数を求めて、その性質について議論する。さらに内部電流密度の積分値と外部電流密度の比として電流増幅率を定義し、これの外部電流周波数および衝突周波数に対する依存性について考察を行う。室内実験との関わり等、今後の展望について述べる。