

訪問日 2014年7月16日

東北大学 大学院工学研究科 電気エネルギーシステム専攻 高橋 和貴 准教授

研究題名：無電極電気推進開発へ向けたヘリコンプラズマの磁気ノズル離脱現象

東北大学・高橋和貴先生を訪ねて

高橋先生は今回の助成研究の出発となる研究で、岩手大学時代に奨励研究助成、更には学術賞奨励賞を受けられており、今回古巣の東北大学に戻っての研究で、ポスドク時のオーストラリア国立大学との共同研究です。

研究題目が分かり難いということで、研究の背景となる電気推進機の説明からいただきました。電気推進機は「はやぶさ」のイオンエンジンで有名になりましたが、燃料をプラズマ化し電氣的に加速、噴射して、その反力で推力を得るものです。一般的なロケットは、大量の燃料を燃焼させる、言わば燃料の持つ化学エネルギーを利用していますが、電気推進は宇宙空間で獲得した電力を使うため、地上から持って行く燃料（推進剤）が少なく済みます。最終的には宇宙でも手に入る水、人間の排泄物を燃料にしたいそうです。化学推進は短時間で速度が上がるが燃料切れで加速は止まる一方、電気推進は加速されるまで長時間掛かるが、数年間動かし続けると、化学推進を凌駕する速度が得られます。イオンエンジンは推進剤のキセノンガスにマイクロ波を照射、陽イオン化し、噴射口近くに負電極を置くことで陽イオンが静電加速されます。エンジンのチャージアップを防ぐために、キセノンガスにマイクロ波を照射し分離した電子により陽イオンは中和されます。他にMPDアークジェットもありますが、いずれも電極がプラズマに暴露されるため損傷が大きく、推進機の長寿命化が原理的に難しく、電気推進機の長所を生かせないと言います。そこで助成テーマ名の『無電極電気推進機』の研究、先生が世界に先駆けて実現した無電極ヘリコンプラズマ推進機の高性能化の研究が求められます。

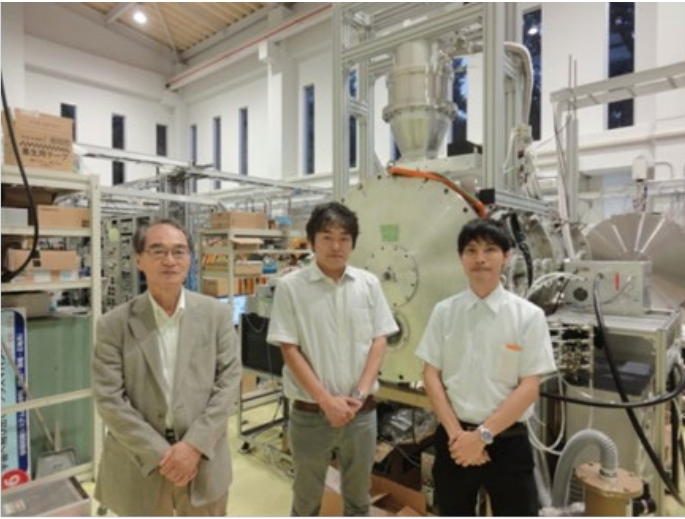
その原理は、高周波で絶縁管中にプラズマを形成させ、外部から磁場を掛けておくとヘリコン放電と言う2ヶタ高密度なプラズマができ、そのプラズマをノズル形状の磁場に沿って吐き出します。最終的には磁力線はマックスウェル方程式に従い戻ってきます。プラズマが磁力線に巻き付いて動くと、吐き出されたプラズマも戻ってきてしまい、系から出ないので何も推力を生まれません。そこで、最終的にはプラズマを磁力線から離脱、テーマ名の『ヘリコンプラズマの磁気ノズル離脱』が必要になります。

先生は磁気ノズル領域で自発的電場（電気二重層）が形成され、イオンが静電的に加速され、プラズマ生成部の電子はこの電場により高エネルギー電子として下流に下り、結果的にイオンエンジンと同様な加速と中和機構が無電極でも生じることを、推力と推力成分の計測により世界で初めて実証し、ヘリコンプラズマスラスタの推力計測、その推力発生機構に関して先駆的な実験を行ってきております。また、ソレノイドコイルによる磁場形成は消費電力（重量・コスト）も大きいので、永久磁石を使った方式も開発しているとのこと。今までは小さな実験装置で基礎的な実験を実施してきましたが、残された大きな課題であるプラズマ離脱現象を実験室としての立場から大きな真空容器を使っての実測に挑戦しているところです。プラズマ離脱のシナリオも想定しており結果を期待したいと思います。

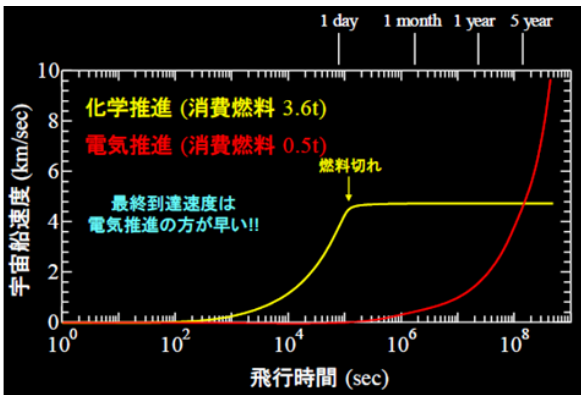
この技術の応用例としてエッチング、スパッタリングがあり、半導体の小型製造プロセスに使えないかと打診されているとのこと。また、惑星探査用以外にも、超小型衛星の自立システムに適用可能な、10Wクラスの推進機開発も検討しているところです。

人類の夢を載せた第2の『はやぶさ』の搭載につなげて欲しいと思います。

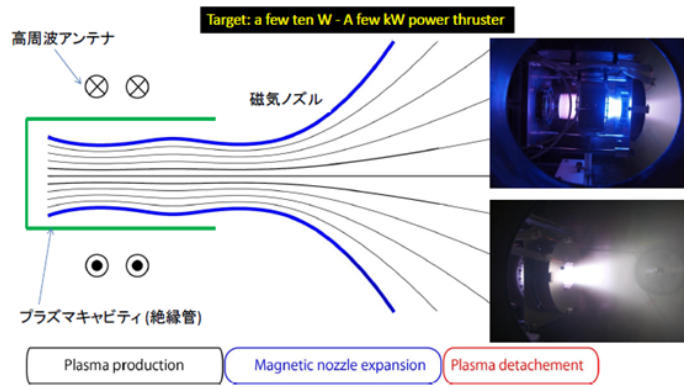
（2014年7月16日訪問、技術参与・飯塚）



高出力ヘリコンプラズマスラスタ実験装置の前で; 中央が先生



推進エンジン動作による到達速度



磁気ノズルヘリコンプラズマスラスタ