

# 研究スタッフ

教授： 犬竹正明、 助教授： 安藤 晃

助手： 服部邦彦

## 研究目的

電磁的にプラズマを加速するMPD (Magneto-Plasma-Dynamic) アークジェットを用いて、高速プラズマ流の発生と制御の実験研究を行っています。マッハ数が1を超える超音速プラズマ流を準定常的に生成できる装置は世界にも例がなく、磁気ノズル加速、宇宙ジェットの模擬実験、アルヴェン波によるプラズマ加熱などの基礎研究と共に、次世代の宇宙航行用プラズマ推進機への応用研究を進めています。

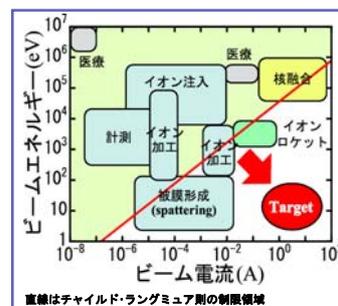
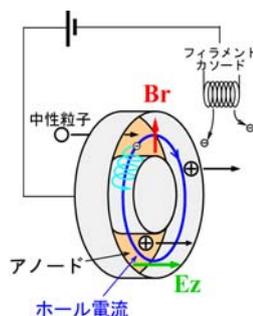
また、ミリ波によるイメージング計測法などのプラズマ新診断法や非破壊検査法の開発、さらに、環境工学・材料工学への応用を指向した液体中や大気圧中の放電プラズマによる水の浄化、有害ガスの分解、材料の表面改質・創製、医用工学への応用を指向した応用研究も行っています。

## 主な研究テーマ

1. 宇宙および核融合プラズマ中の電磁流体现象の研究
2. 超音速プラズマ流の生成と制御の研究
3. 宇宙航行用プラズマ電磁推進機の研究
4. 高電圧・大気圧プラズマによる新物質創製、環境問題、生体医用工学への応用
5. 高効率ミリ波発生技術の開発と新プラズマ診断法の開発

## 1. ホールスラスタを用いた低エネルギー高密度ビーム源の開発

ホール加速は、電氣的に中性のプラズマ中に電位勾配を形成し粒子を加速するため、低エネルギーでも空間電荷制限電流よりはるかに大電流のイオンビームが引き出せます。このビーム源は、種々の材料の表面改質や小型核融合実験の中性粒子ビーム加熱などへ応用ができます。

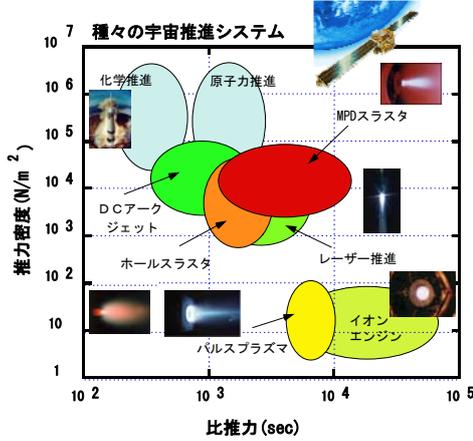
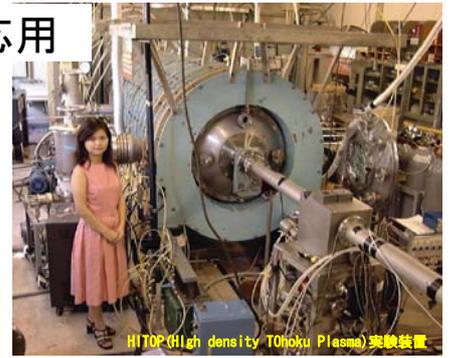


ホール型加速機構とビーム源の開発

ホール加速は、軸方向電場 $E_z$ と半径方向磁場 $B_r$ との相互作用により、放電チャンネル内を準中性に保てるので、静電加速型に比べてイオンビーム電流を大きく引き出せる。また、放電電圧が加速電圧になり、電源系を簡素化できる。

## 2. 超音速プラズマ流の生成と宇宙推進機への応用

高速プラズマを噴射できる電気推進機は、人工衛星や深宇宙探査機の軽量化・長寿命化などに不可欠です。MPDスラスタは宇宙デブリ（塵）回収、地球直撃小惑星の軌道変更、有人火星探査用として期待されています。

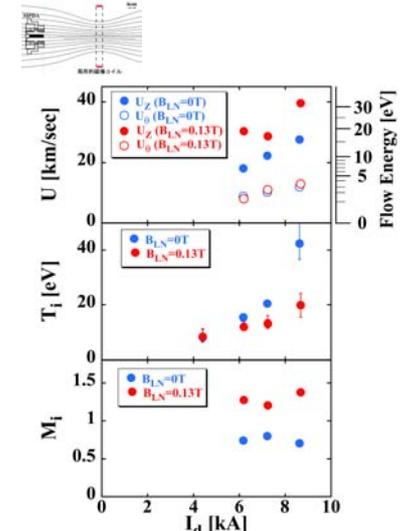
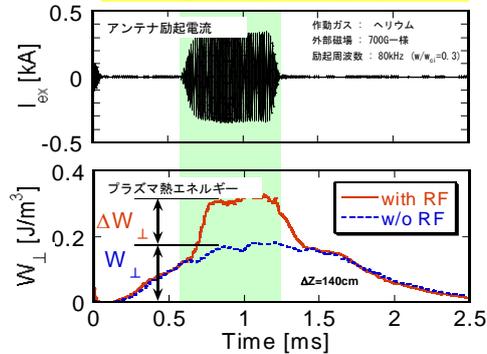


**化学ロケットおよび電気推進機の比較**  
 電気推進機は、化学推進機に比べて比推力は大きいが推力密度は小さいことから、低重力空間で利用され、人工衛星の姿勢制御や軌道保持、さらに軌道間輸送や惑星間輸送のために用いられる。  
 \* 比推力 = ロケットエンジンが発生する推力 ÷ 単位時間当たり消費する推進剤の重量



**NASAのVASIMRプロジェクト**  
 比推力可変型電気推進機を使用すれば、有人火星探査をわずか約3ヶ月で行える

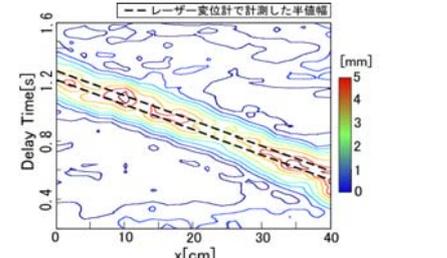
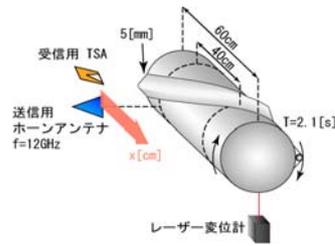
比推力可変型電気推進機をめざした高速プラズマ流の高周波加熱実験  
 有人火星探査など次世代の宇宙航行用推進機として、比推力可変型電気推進機の開発がNASAで進められている。この実現のためには高速プラズマ流のイオン加熱を実証する必要があるが、未だ成功していなかった。今回、図に示すように高周波の励起中に熱エネルギー  $W_{\perp}$  が上昇し、MPDプラズマ源により生成された高速高密度プラズマ流の高周波加熱にHITOPは、世界で初めて成功した



ラバール型磁気ノズル印加による高速プラズマ流の生成  
 MPD出口付近にラバール型磁気ノズルを付加することにより軸方向プラズマ流速が増加し、亜音速流から超音速流に変換できることが確認された。

## 3. 電磁波（マイクロ波、ミリ波）を用いたプラズマ診断法の開発

新しいプラズマ診断法であるマイクロ波イメージング反射計を開発しています。これは、核融合プラズマやプロセス用プラズマ測定ばかりでなく、地中探査や材料内部の非破壊検査にも応用できます。

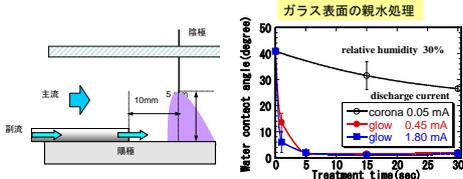


受信アンテナを走査させて得られた模擬振動の2次元再構成図

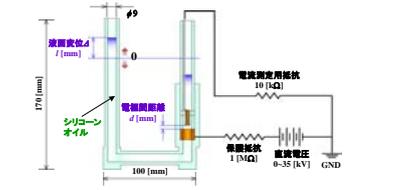
**マイクロ波イメージング反射計の模擬実験**  
 磁場閉じ込め核融合プラズマ診断に用いるためのマイクロ波イメージング反射計の開発を行っている。東北大学電気通信研究所水野研究室で開発されたフェルミアンテナを利用し、プラズマにマイクロ波を入射し反射波をアンテナアレイで受信しプラズマ密度揺動を可視化している。

## 4. 高電圧、大電流現象を利用したプラズマ応用

高速気流による大気圧中の直流グロー放電の維持と表面改質への応用、および水中パルスアーク放電による水質浄化、EHD効果を用いた小型ポンプの開発などの応用研究を行っています。



**高速気流を用いた大気圧グロー放電実験**  
 放電路に高速気流を流すことで、大気圧グローが維持できる。この大気圧グロープラズマを用いてガラス表面の親水処理を行ったところ短時間で耐久性のある処理を施すことができた。



**電気流体力学 (EHD) 効果を用いた小型ポンプの開発**  
 電極間に高電圧を印加することで、機構的揺動のない小型ポンプを実現できる。この技術は、小型電子機器の冷却、医療やバイオテクノロジーの開発にもなる小型化学分析装置の開発につながる。