

Title	電磁プラズマ加速(MPD)アークジェット推進機内における流れ場の研究
Author(s)	満尾, 和徳
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/41489">https://hdl.handle.net/11094/41489</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	満 尾 和 徳
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14723 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	電磁プラズマ加速(MPD)アークジェット推進機内における流れ場の研究
論文審査委員	(主査) 教授 吉川 孝雄  (副査) 教授 辻本 良信 教授 杉本 信正 助教授 田原 弘一

### 論文内容の要旨

MPDアークジェット推進機は深宇宙探査,ならびに大型宇宙建造物の軌道間輸送を目的として開発されている電気推進機の一つである。MPDアークジェット推進機は同軸形状をしており,環状陽極とその中心に配置された棒状陰極で構成されている。大電流アーク放電により生じたプラズマは,放電電流とその電流自身によって誘起される自己誘起磁場との相互作用により発生するローレンツ力によって加速される。しかし,実際の放電室内における流れは化学反応過程を含む電磁流体流れであり,複雑な物理現象が存在するため,そのプラズマ加速過程と推力発生機構は未だ十分に理解されていない。

本研究では,推力発生機構において重要とされる次の2つの領域を調べた。

- (1) ブローイング力(軸方向ローレンツ力)による電磁気加速が支配的な放電室上流領域
- (2) 主としてポンピング力(径方向ローレンツ力)に寄与する陰極先端に形成されるカソードジェット領域

(1)に対応する領域を模擬するためにMPDチャンネル装置を,さらに(2)に対応する領域を模擬するために,MPD-PFアークジェットを製作し,実験,および数値シミュレーションによりその流れ構造を調べた。以下に得られた主な研究成果を示す。

MPDチャンネル装置では,電流はチャンネル出口に強く集中し,代表的な分子ガスである $H_2$ と $N_2$ の場合,電流は放電室上流域では流れなかった。一方,単原子ガスであるArの場合,理論臨界条件以上の作動において電流はチャンネルの入口と出口に集中した。この現象は軸対称2次元電磁流体数値シミュレーションにおいても確認された。分子ガスでは解離反応過程を含むため電離反応が遅れ,そのためチャンネル上流域では電気伝導度が大きくなり,電流は流れにくいと推定される。

MPD-PFアークジェットを用いた実験から,MPDアークジェット推進機におけるカソードジェットの流れ場の構造は,7KA以下の作動(理論臨界条件以下の作動)において,陽極径,作動ガス種に強く依存することがわかった。陽極径の小さいジェットではより高いエネルギー領域が形成され,これがポンピング力として推力に貢献することがわかった。放電電流が7KAにおいて,推力に占めるポンピング力の割合は約25%であった。一方,陽極径の大きいPF-IIIでは放電領域が拡散するため,プラズマ圧力平衡から予想されるほどのポンピング力は期待できないが,電磁気的体積力を稼ぐことができるので排出速度を大きくすることができる。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、電磁プラズマ加速（MPD）アークジェット推進機の推力発生機構において重要とされる2つの領域に注目し、それぞれの流れ構造を実験および数値シミュレーションによって調べている。

MPDチャンネル装置を用いた研究では、電子温度・電子数密度、電極に流入する電流分布を測定し、チャンネル内のプラズマ状態を調べている。さらに、チャンネル内の流れ構造・プラズマ加速過程を詳しく調べるため、非平衡化学反応過程（解離・電離反応過程）を含む軸対称2次元電磁流体シミュレーションを行っている。作動ガスとして単原子ガスであるArと分子ガスであるH<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>を用い、実験と数値シミュレーションにより作動ガス種の差異による流れ構造・プラズマ加速過程の違いを明らかにしている。

MPD-PFアークジェットを用いた研究では、陰極先端に形成されるカソードジェットの流れ構造の作動ガス種・陽極径への依存性と、ポンピング力の推力に占める割合が調べられている。陽極径の小さいジェットでは軸方向電流が多く流れるため陰極先端領域に高エネルギー領域が形成され、ポンピング力が推力に大きく貢献することが明らかにされている。さらに、ファブリペロー干渉計を利用してドップラーシフトからプラズマ（イオン）速度を計測している。従来の飛行時間法（Time of Flight Method）のように流れの中に探針を設置しないため、流れを乱さずに速度測定が可能になっている。速度測定により、プラズマ排出速度は電磁流体理論から予想される平均速度よりも大きく、それは陽極径に依存することが明らかにされている。

以上のように、本論文は電磁プラズマ加速（MPD）アークジェット推進機の推力発生機構において重要とされる領域を実験、数値シミュレーションによって調べてその流れ構造を明らかにするとともに、MPDアークジェット推進機的设计指針を与えるものであり、博士（工学）論文として価値あるものと認める。