



Title	宇宙用パルス型MPDアークジェット推進機の実用化のための研究
Author(s)	加賀谷, 洋一
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/1724">https://hdl.handle.net/11094/1724</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名 <sup>か</sup>加 <sup>が</sup>賀 <sup>や</sup>谷 <sup>よう</sup>洋 <sup>いち</sup>一

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 8 2 2 5 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 16 年 1 月 16 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 名 宇宙用パルス型 MPD アークジェット推進機の実用化のための研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 吉川 孝雄

(副査)

教 授 木本日出夫 教 授 辻本 良信

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は準定常型電磁プラズマ (MPD) アークジェットを宇宙用推進機として実用化するための基礎研究と、キロアンペア級の準定常パルス型アーク放電に於ける放電プラズマの電磁気加速とエネルギー輸送現象に関する研究成果をまとめたものである。

MPD アークジェットは比推力 (推進剤重量当たりの推力) が高く推力性能に優れており、地球低軌道から静止軌道への軌道遷移、月面基地への物資輸送、惑星間航行など将来の大型宇宙輸送の主推進機に適用できる推進機である。本研究は準定常型推進機システムのエンジニアリングモデルの設計製作を行い、開発設計に必要な技術的課題を明確にした。磁気ノズルが比推力と推進効率の向上に有効であることを示し、推進性能の向上、信頼性、耐久性に関する提案を行っている。さらに、推進機システムを使ったアークジェット本体の熱計測と推力計測から、供給電力に対する陽極熱損失、陰極熱損失、プラズマ入力エネルギーバランスを明らかにし、プラズマの加速と電離についての Alfvén の臨界作動原理を使って、プラズマ入力と推力特性を説明した。

第1章では、宇宙用推進機としての電気推進機の優位性と MPD アークジェット推進機の研究背景について述べている。第2章では、準定常型 MPD アークジェット推進機システムのエンジニアリングモデルの設計製作と作動実験で明らかになった事項をまとめている。第3章では、アークジェット本体の熱計測、推力と放電特性の計測の結果からプラズマ入力と推力エネルギーについて Alfvén の臨界作動原理を使って考察し、電磁気加速によってプラズマへ供給されるエネルギーは推力と電離に等分配され、ジュール加熱によるエネルギー供給は電子衝突断面積に依存する現象であり、ガスによって異なることを示した。また、MPD アークジェットの陰極熱損失は陰極材の固有電離ポテンシャルと仕事関数に起因し、ガス種に依存しないことを示した。高速度カメラによって、磁気ノズルによるプラズマの旋回膨張の様子を撮影し、推力計測の結果からスワール加速を確認した。スワール加速に寄与するプラズマの角運動量は放電電流の分布と磁気ノズルの磁場形状に依存し、推進性能を向上させる効果的なノズル磁場の強さと放電条件を明らかにした。イオンのホールパラメータの相違により、磁気ノズルが有効に作用するガスは水素、アンモニア (模擬ガス) であることがわかった。第4章では、推進機システムの作動安定性やパルス放電の信頼性、陰極損耗について実験結果をまとめている。さらに、アークジェット本体の温度解析を行い、実用化で問題となる耐熱設計を考察している。また、MPD アークジェットの適用ミッションを想定した所要電力と推進剤の所要重量から、大きなペイロード率を必要とする大型構造物や貨物物資の軌道間輸送、惑星探査や深宇宙探査の長距離航行ミッションでは化学ロケットに比べ推進剤重量の軽減で圧倒的に有利なことを示した。第5章では、本研究で得られた結果をまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

電磁プラズマ (MPD) アークジェット推進機はキロアンペア級の大電流アーク放電で発生する電磁気力を利用して推進剤を加速する電気推進機の一つであり、高比推力が得られるという特徴をもっている。そのため、今後の大型宇宙船の輸送、深宇宙ミッションに対応できる有望な宇宙推進機と考えられている。

本論文は準定常パルス型 MPD アークジェットを宇宙用推進機として実用化するための基礎研究と、キロアンペア級の準定常なパルス放電におけるプラズマの電磁気加速とエネルギー輸送現象を実験的に追求し、考察を加えたものである。

準定常パルス型 MPD アークジェット推進機の実験研究用システムを設計製作することにより、実用システムの開発設計に必要な技術的課題を明確にしている。また、外部コイルによるノズル型磁場を放電部へ印加することによって比推力と推進効率の向上が得られることを示し、さらに、推進性能の向上、作動の信頼性、耐久性に関する実験結果をまとめ、実用化のための提案を行っている。さらに、連続的な繰り返しパルス作動実験によってアークジェット本体の各部への熱流束を計測し、陰極熱損失、陽極熱損失、およびプラズマへの入力を明らかにしている。放電電力とプラズマ入力を明確に分離して取り扱った研究は外に例が無く、推力特性とプラズマ入力の間を *Alfven* の臨界作動原理と電子衝突によるエネルギー輸送から説明している。さらに、MPD アークジェットのパルス大電流放電では陰極熱損失は陰極材料の固有の電離ポテンシャルと仕事関数に依存し、使用する推進剤の種類には関係しないことを明らかにしている。また、磁気ノズルによる放電プラズマの旋回膨張の様子を高速度カメラで撮影し、計測した推力特性から放電プラズマのスワール加速による推進性能の向上を明らかにしている。

以上のように、本論文は将来の宇宙輸送のための電気推進機の開発・設計に新しい知見を加えるものであり、推進工学・放電工学に寄与するところが大きい。よって、博士論文として価値あるものと認める。