



Title	電熱加速型パルスプラズマ推進機の性能向上に関する研究
Author(s)	枝光, 敏章
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46766
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	えだ 枝	みつ 光	とし 敏	あき 章
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)			
学位記番号	第 20412 号			
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科機能創成専攻			
学位論文名	電熱加速型パルスプラズマ推進機の性能向上に関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授 川野 聡恭			
	(副査) 教授 辻本 良信 教授 小林 秀敏 助教授 田原 弘一			

論 文 内 容 の 要 旨

現在、人工衛星のコスト削減とリスク低減のための手段として、人工衛星を数十 kg 以下まで小型化することが望まれている。小型衛星の姿勢・位置制御用の推進機の候補として、電気推進機の一つであるパルスプラズマ推進機 (Pulsed Plasma Thruster: PPT) が挙げられる。PPT は、固体である四フッ化エチレン (Polytetrafluoroethylene: PTFE) を推進剤として用いるため、推進剤タンクなどが不要であり、小型・軽量化に有利であるが、性能の改善が望まれている。PPT の内部物理現象には不明な点が多く、性能改善の指針が得られていない。本研究では実験と数値計算により、電熱加速型 PPT の内部物理現象解明と性能向上を目指すとともに、実用化のための推進機試作とその性能評価を行った。

予備実験においては、キャビティ (放電室) の断面積を縮めることにより大幅に性能が向上すること、キャビティ長さには推進効率に対して最適値が存在することがわかった。固体推進剤供給機構を有する PPT は、初期エネルギー 14.6 J 以下の作動条件で、推力・電力比 43~48 μ N/W、比推力 470~500 s、推進効率 10~12% の PPT としては高い初期性能を示した。10000 ショットの連続作動試験においては、約 3.6 Ns の総発生力積が得られた。放電からプラズマの排出を非定常現象を計算する空間 1 次元の非定常数値計算により、一般に LTA (Late Time Ablation) と呼ばれる主放電に遅れて昇華する推進剤は、電熱加速型 PPT においては、性能を低下させる要因ではないことがわかった。計算された性能は実験結果と近い値を示した。固体推進剤供給機構に代わる多量の固体推進剤を利用する手段として、1 つのイグナイタで多数のキャビティに主放電を誘発する多放電室誘発型 PPT を提案・試作し、長期使用における有用性が確認された。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

次世代小型衛星用推進機の候補として、電気推進機の一つであるパルスプラズマ推進機 (Pulsed Plasma Thruster: PPT) が挙げられる。PPT では主に固体推進剤が用いられるため推進剤タンク、供給管、バルブ等が不要となり、容易に小型・軽量化が図れる。しかし、他の電気推進機と比べ、推進性能が大幅に劣っているためその性能向上が望まれている。本論文は、PPT における非定常内部物理現象の解明とその性能向上を行うことを目的としたものである。

第1、2章ではまず、従来のPPTの種類と特徴の概略を述べ、本研究で対象とする電熱加速型PPTの加速原理について説明している。また、PPTの推進性能を表す指標を説明し、従来のPPTに関する問題点を述べている。第3章では実験装置システムについて詳しく述べている。

第4章ではチューブ状の固体推進剤を用いる電熱加速型PPTによる予備実験について説明している。予備実験では、安定作動条件などの基本特性をはじめとし、性能のエネルギー依存性、キャビティ長さ依存性などについて、極力広い作動条件における基礎データの取得を行っている。性能に大きな影響を与える主放電回路の解析も行い、性能向上の指針にまとめている。

第5章では予備実験結果を考慮して、Side-fedタイプの固体推進剤供給機構を持つ電熱加速型PPTの試作と作動試験・性能評価を行っている。1万発の連続作動試験を行いその実用性を検証すると共に、問題点も明らかにしている。

第6章では、PPT内部の非定常物理現象を計算する数値計算モデルについて説明し、計算モデルが計算仮定と矛盾しないことを示している。計算は固体推進剤供給機構を持つ電熱加速型PPTを対象に行い、実験結果と比較・検討され、定量的にもよく一致することを述べている。

第7章では、トリプルプローブ法を用いた時間変化するキャビティ内のプラズマパラメータの計測について述べている。また下流においてはトリプルプローブ法に加えて、Time of Flight (TOF) 法によるプラズマ排気速度の測定を行っている。これらの計測で得られた結果は数値計算および実験の結果と比較・検討され、物理現象を解明している。

第8章では電熱加速型推進機では重要な役割を果たすノズルの形状の性能への影響を実験により明らかにしている。様々な形状のノズルを用いたときの性能を測定し、比較することによりノズル形状の性能への影響を調査している。

第9章では、固体推進剤供給機構に代わる多量の推進剤を利用する手段として、多放電室誘発型PPTを提案している。本構造の実現のために必要となる1つのイグナイタによる複数の放電室における主放電の誘発構造の作動確認、およびそのときの性能を評価している。さらに得られた結果を用いて、本構造を用いた人工衛星用推進機システムの実施形態の提案と概略設計を行うことにより、本構造の有用性について議論・検証を行っている。

以上のように、本論文ではPPTにおける非定常内部物理現象の解明とPPTの性能向上を行い、さらに固体推進剤供給手段の開発が行われている。本論文で得られた成果は今後の人工衛星用推進機システムの発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文としての価値が認められる。