

審査の結果の要旨

氏名 吉川 哲史

修士（工学）吉川 哲史提出の論文は「推進剤供給式電熱型パルスプラズマスラスタの実験的研究 **Experimental Study on Electrothermal Pulsed Plasma Thruster with Propellant Feeding System**」と題し、推進剤供給式電熱型パルスプラズマスラスタの提案と実験的検証を行なった。パルスプラズマスラスタ（以下、PPT）には、放電により昇華した気体を、開口部から噴射する電熱加速方式と、さらに電離して電磁加速する2方式がある。前者は構造が簡便で、比推力が数百秒程度で比較的高い推力電力比のため、50kg級小型衛星への応用が期待される。具体的に電熱型PPTは、筒状の固体推進剤ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）の両端に電極を配して放電室とし、陰極に開口部を設けて昇華した気体を噴出させる。しかし、作動を続けると推進剤が消費されて放電室の内体積が増加するため、一定の気体発生量では内圧が上がらず、次第にインパルスビットが低下してしまう。加えて、電極間絶縁部でもある固体推進剤表面の炭化（チャーリング）が進行し絶縁不良や作動不良となりスラスタの恒久的故障に繋がる。そのため、数J程度を投入するスラスタの場合、1スラスタあたりの消費可能な推進剂量（スルー putt）は1g程度であり、50kg衛星を想定すると増速量 ΔV は0.1m/sしか賄えない。そのため大型化・大電力化した複数のスラスタをクラスターで搭載するといった技術試行の先行研究が多いが、本研究ではこれらとは異なるアプローチを取っている。電熱型PPTを主題とし、放電室で消費した推進剤を外部から補給して、高スルー puttの実現・高インパルスビットの維持・噴射パルスの多数化を目標にしている。本研究では、推進剤供給式電熱型PPTを開発し、インパルスビット・連続推力・推進剤消費量の3パラメータを計測可能な独自のスラストスタンドと組み合わせて、推進剤供給成立性の実験的検証を行った。本論文は7章から成り、構成は以下となっている。

第1章では、研究背景として超小型衛星搭載電気推進系であるPPTの必要性と課題や先行研究を説明し、本研究の位置づけと研究目的を明示し、最後に論文構成をまとめている。

第2章では、電熱型PPTの原理・特徴・ミッション要求などの技術的詳細とその宇宙利用に向けた課題について述べている。

第3章では、本研究で使われた真空装置等の地上実験の設備や、PPTの主放電やイグニッション（点火）のための電源系、およびその他の計測系の仕様と

構成を図表とともにまとめた。

第4章では、電熱型PPTのインパルスビットと固体推進剤の消費質量（マスロス）の同時測定が可能なシーソー型スラストスタンドとそのキャリブレーション装置の開発について述べている。ここで開発したスラストスタンドはマスロス測定が可能なため、従来必要であった大気開放が不要で、大気曝露時の水分の付着や酸化などによる性能への影響を除去できる。また、比較的構造が複雑な推進剤供給電熱型PPTの分解が不要となり、性能取得の高効率化も期待できる。加えてキャリブレーション装置そのもののキャリブレーションが不要で、よりシンプルで直接的なキャリブレーション法を提案・実施した。この章では、以上の結果を用いて電熱型PPTの性能測定と測定精度の評価を行った。

第5章では、推進剤の供給性とキャビティ（放電室）内の気密性の両立が可能で、異常放電や供給不能といった故障モードを回避できる「推進剤供給式電熱型PPT」の設計・製作を行った。前章のシーソー型スラストスタンドを利用し、このPPTの性能測定を行い、手動での推進剤供給によるインパルスビット維持の可否を、放電室寸法形状が類似した推進剤非供給の電熱型PPT（通常型）と比較することで確認した。さらに性能決定要因・問題点を考察し、さらなるトータルインパルス向上の指針を検討した。

第6章では、推進剤供給装置（機構）を製作し供給可否の確認を行った。また、本装置を用いた推進剤供給を行いつつ作動試験を行い、スラストシステム構築に向けた作動実証を行った。また、この試験を通じてシーソー型スラストスタンドによる大気開放とスラスト分解を行わない性能測定が推進剤供給装置の併用中においても適用可能であることを実証した。

第7章では、本研究の成果をまとめ、推進剤供給式電熱型PPTシステムの成立性の実験的検証に成功したと結論づけた。

以上を要約すると、本研究では、インパルスビット・連続推力・推進剤消費量の3つの指標を途中の大気開放なしで連続計測可能なスラストスタンドを新たに開発し、これと推進剤供給機構を備えた電熱型PPTシステムを組み合わせた実証実験により、上記3指標の観点で将来的に従来品を凌駕できる可能性を見出した。これらの成果は、宇宙輸送工学において、スラストそのものの宇宙応用性が期待されるだけでなく、研究資産としてのスラストスタンドの汎用性や波及効果が認められる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。