

Title	アノドレイヤー型ホールスラストの性能向上に関する研究
Author(s)	弓削, 政郎
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47340
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名 ゆ げ せい ろう
弓 削 政 郎

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 2 1 2 5 8 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 19 年 3 月 23 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 アノードレイヤー型ホールスラスト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 杉 本 信 正

論 文 内 容 の 要 旨

通信・放送技術、地球観測システムの性能向上および宇宙利用の促進は、低地球軌道あるいは静止軌道上を周る人工衛星の搭載機器の増加、長期運用により実現可能である。電気推進機は比推力（宇宙用推進機の燃費の指標、単位：秒）が従来の化学推進機よりも高く、1つのミッションに要する推進剤重量を大きく低減させることができる。推進剤重量が低減させられれば宇宙機に搭載できる機器を増加できるため、宇宙機の高機能化が可能となる。また推進剤の量で宇宙機の運用期間が決まることを考えると、燃費が高まることにより宇宙機の作動寿命を長くできる。よって、人工衛星システムの高機能化・長寿命化には電気推進機が必要不可欠であり、特にアノードレイヤー型ホールスラストはその役割を果たす電気推進機として有望である。本研究では、高性能のアノードレイヤー型ホールスラストを開発することを目標とした。まず基礎作動実験および数値シミュレーションにより、推進機の詳細な作動特性とプラズマ生成・イオン加速過程について調べた。その後、その結果をもとに推進機の改良を行い、推進性能の向上を図った。改良機の作動実験の結果、アノード内部の磁場強度を低下させることにより推進効率が7～10%ほど上昇し、またアノード中空部の形状を直線状から末広がり状に変更することで、推進効率がさらに5%程度上昇した。次に、この改良機の噴出プルームを測定し推進機内部のイオン生成・加速過程を考察した。測定の結果、推進機の改良によりイオン生成・加速過程が改善されたことが確認された。また改良機の放電電流振動を測定したところ、中空部が末広がり状のアノードを用いた場合、放電電流振動が小さく安定した作動が得られることがわかった。本研究で開発されたアノードレイヤー型ホールスラストは作動安定性が高く、広い比推力範囲において50%～57%の推進効率を達成した。これらの値は他の研究機関のホールスラストを上回る推進効率であり、これまで作動安定性・作動領域に問題があるとされていたアノードレイヤー型ホールスラストが有用な電気推進機であることが示された。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

電気推進機は化学推進機に比べて比推力（燃費の指標）が高く、人工衛星の姿勢制御・軌道遷移用に適している。その電気推進機の1つであるホールスラストは、他の電気推進機と比べて比推力、推進効率が高く、さらに推力密度が高いことを特徴とする推進機である。その中でもアノードレイヤー型ホールスラストは、構造的な特徴から高効

率・高耐久性が見込める推進機として期待されている。しかし、これまでのアノードレイヤー型ホールスラストは、安定作動領域が狭いなどの理由により、主流となっているマグネティックレイヤー型ホールスラストに遅れを取っており、また研究規模も小さい。よってアノードレイヤー型ホールスラストの実用化には、作動の安定化と高効率化が求められている。本論文は、アノードレイヤー型ホールスラストの詳細な作動特性と電離・加速過程を明らかにし、従来のアノードレイヤー型およびマグネティックレイヤー型ホールスラストよりも高い性能を発揮できる推進機の開発を目的としたものである。

第1章ではこれまでの開発経緯、問題点とそれに対する解決策を提示している。第2章ではホールスラストにおけるプラズマ生成・加速の物理機構を説明している。第3章では実験装置システムについて概説している。

第4章ではアノードレイヤー型ホールスラストの詳細な作動特性が調べられている。作動特性の放電電圧依存性、印加磁場強度依存性、推進剤流量依存性、アノード位置（放電チャンネル長）依存性、アノード流路幅依存性が調べられている。その結果、アノードレイヤー型ホールスラストの作動特性は、アノード位置、アノード流路幅に大きく影響されることを明らかにしている。さらに実験結果に対する考察から、アノード内部の磁場強度を低下させることで推進性能の向上が見込めることを示唆している。

第5章では、アノードレイヤー型ホールスラスト内部での電離・加速領域を把握することを目的とし、定常1次元流体モデルを用いた数値シミュレーションを行っている。その結果、アノード位置、アノード流路幅の変化にともなう推進性能の相違は、プラズマポテンシャル分布およびアノード内部でのイオン生成効率の相違に大きく依存していると推察している。また、アノード内部の磁場強度が強い従来型の磁場強度分布では、イオンの生成が放電チャンネルの奥で起こり、イオン損失が多くなっていることを示唆している。さらにアノード内部の磁場強度を低減させた計算条件でシミュレーションを行い、アノード内部の磁場強度を低下させることが有効な改良指針であることを示している。

第6章では、前章までで得られた改良指針に従い、アノード内部の磁場強度を低下させられるようにスラストを改良し、その改良機を用いて性能試験を行っている。さらにアノード流路形状にも改良を加え、改良型アノードを用いた性能試験も行っている。その結果、アノード内部の磁場強度を低下させることで放電電流が抑えられ、推力・比推力が上昇して、推進効率が向上している。また、アノード内部の磁場強度を低下させた条件で改良されたアノードを用いると、さらに推力・比推力が増加し、推進効率が上昇している。

第7章では、改良機の噴出プラズマ流を測定し、アノード内部の磁場強度の低下およびアノードの改良によるイオン生成・加速過程の変化について考察している。その結果、推進機の改良により推進剤のイオン化効率が向上し、生成されたイオンも効果的に加速されるようになることを示唆している。これらの考察は基礎作動実験および数値シミュレーション結果から予想した改良効果と一致しており、アノード内部の磁場強度を低下させることが性能向上において重要な設計指針であると述べている。また放電電流振動も測定しており、改良されたアノードを用いることで、これまで問題とされていた放電電流振動を抑えられることが示されている。