

審査の結果の要旨

モリナ・モラレス ペドロ

論文提出者 Molina-Morales Pedro

修士（工学）モリナ・モラレス ペドロ提出の論文は「EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A MICROWAVE HALL THRUSTER」（マイクロ波放電型ホールスラストの実験的研究）と題し、本文7章から成っている。

ホールスラストは、円環状のプラズマ加速部に半径方向の外部磁場と軸方向電界によって周方向のホール電流を誘起させ、外部磁場との相互作用による電磁加速を行う電気推進機である。1,000秒から2,000秒の比推力範囲において、比較的高い推進効率（エネルギー変換効率）を発生することと、空間電荷制限電流則を受けず推力密度を高めて小型軽量化が計れるなどの利点を有するため、人工衛星の軌道保持や姿勢制御、軌道間遷移といった地球近傍ミッションの推進装置として適し、現在、最も注目されている推進機である。

ホールスラストには、ひとつのアーク放電によりプラズマ生成とホール加速を行う1段加速型と呼ばれるものと、それぞれ独立したふたつのアーク放電により生成と加速を行う2段加速型と呼ばれるものがある。これまでの研究によれば、理論上は2段型の方が推進性能の面で優れていると報告されているが、過去の多くの実験では必ずしも2段加速型の方が高い推進性能が得られるというわけではなく、むしろ効率面で劣るといった報告が多かった。この原因として、2段型の場合にはふたつのアーク放電が存在することで、アーク放電間の干渉の存在やそれぞれに適した磁場強度や磁気形状が異なり磁気回路の最適化が困難になったことによるものと思われる。

上記の観点から、著者は、プラズマ生成にアーク放電に代わってマイクロ波放電を用いた、他では例をみない2段加速型のホールスラストを考案し、スラストから発生する推力の測定を中心とした実験を行った。マイクロ波の投入による効果を検討するため、2つの2段型ホールスラストのプロトタイプを試作し、推進性能やプラズマ特性を調べた。さらに、ホールスラストで通常用いられるキセノン以外の窒素、アルゴンなどの推進剤についても実験を行い、これらの推進剤について将来的な利用可能性を検討した。

第1章は序論で、本研究の背景を述べ、マイクロ波を用いた2段加速型ホールスラストの設計方針をプラズマ加速理論によって説明するとともに、その特徴や優位性を述べ、本研究の目的と意義を明確にしている。

第2章では、実験装置とプラズマ計測の方法について記述している。実験に用いた真空チェンバーからマイクロ波放電やアーク放電のための電源システム、プラズマ診断のための計測システムとデータ処理方法に至るまでを詳述している。

第3章では、マイクロ波放電によるプラズマ生成に関して説明している。マグネトロンにより発振されたマイクロ波は導波管を通過して共鳴器内に入る。マイクロ波はプランジャー間で定在波となり、マイクロ波エネルギーが共鳴器内に蓄えられプラズマ生成部に導かれる。生成されたプラズマはホール加速部でイオン加速を受け推力発生の源となる。

第4章では、プロトタイプ I のホールスラスタに関する実験を行った結果について述べている。このスラスタのホール加速部は種々のマイクロ波放電型プラズマ源に適合できるように磁気回路を下流側においた構造になっている。作動実験の結果、マイクロ波放電によってホール加速部上流で十分なプラズマ密度が得られたが、ホール加速部壁面へのイオン損失の割合が大きくマイクロ波放電による推進性能の向上はみられなかった。

第5章では、イオン壁面損失の低減を重点におき、加速チャンネルの形状の最適化と磁場強度の調整機能を持ったプロトタイプ II のホールスラスタを設計し、その作動実験を行った結果について述べている。その結果、広範囲の作動領域において安定した放電作動が確保されると同時に、マイクロ波放電によって生成されたプラズマイオンが効率よく加速部に導かれ、推進性能の向上がみられた。特にキセノンに比べて電離しにくいアルゴン、窒素などの推進剤を使用した場合、大幅に性能向上することが確認された。

第6章では、マイクロ波の投入によるプラズマ生成の促進とスラスタ形状の最適化をはかるため、電子とイオンの熱運動を考慮した無衝突プラズマモデルを提案している。本モデルによる解析結果は実験結果と比較的よい一致を示し、理論的に裏付けるものとなった。

第7章は結論であり、本研究で得られた結果を要約している。

以上要するに、本論文ではマイクロ波を用いた2段加速型ホールスラスタを提案し、それによる推進性能の向上や多様な推進剤を利用できることを示したものであり、その成果は宇宙推進工学上貢献するところが大きい。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。