

[別紙 2]

審査の結果の要旨

氏 名 山 本 直 嗣

修士(工学)山本直嗣提出の論文は「ホールスラスタの放電振動に関する研究」と題し、七章からなっている。

近年宇宙の商業利用、国際的競争の激化に伴い宇宙開発コストの大幅な低減が要求されている。国際的な宇宙開発の流れとして軌道投入や軌道保持、姿勢制御のための推進系も高性能な電気推進の搭載が不可欠となってきた。電気推進にはアークジェット、イオンエンジンなど加速方式によって異なる様々な推進機があるが、なかでもホール電流を利用した電磁加速方式のホールスラスタは50%以上という高い推進効率(エネルギー変換効率)と高比推力を発生し、イオンエンジンと比較して一桁以上の高い推力密度を発生するため、次世代宇宙推進機として現在最も注目され日欧米で競って研究開発が進められ、月探査のSMART-1の主推進やモバイル放送用衛星MBSATの南北制御など様々なミッションに搭載されつつある。

これらの多くの利点をもつホールスラスタではあるが、その反面、放電の不安定性現象、特に振動電流が多く作動条件によって現われるという問題がある。放電電流の振動は電源への負荷となるだけでなく、作動の停止や加速チャンネル壁の損耗が生じて寿命の低下を招く場合もある。このようなことから、放電振動の低減は電気推進機にとって不可欠な安定性および耐久性の向上につながる重要課題であると考えられる。

本研究の目的は、ホールスラスタの放電振動の機構を明らかにし、広範な作動範囲において振動を低減することにある。

第一章は序論であり、本研究の背景を述べ、研究の目的と意義を明確にしている。

第二章は、本研究で使用した実験装置と計測方法について述べている。使用したスラスタや電力供給系などの実験装置と、電子密度やイオン電流量等の測定方法とデータ処理の方法について述べている。

第三章は、推進性能と放電振動の関係を述べている。ホールスラスタの推進効率や推力、排気プルームの発散角は振動の影響をほとんど受けないが、寿命の低下につながる加速チャンネル壁の損耗は振動によって増加することがわかった。

第四章は、振動特性について述べている。放電振動の現象解明のために、電子密度やイオン密度の計測に加えて高速度カメラによる撮影や放電電流の波形を観察し、この振動がプラズマ生成量の変化に起因することを明らかにした。さらに放電振動特性は放電電圧や推進剤流量に対してあまり依存しないが、磁束密度には大きく依存したため、この放電振動は電子の移動度に大きく左右さ

れることが分かった。

第五章は、第四章の結果を踏まえて構築した振動モデルとモデルの妥当性を検証するための実験について述べている。放電振動は中性粒子の擾乱がイオン生成量の擾乱を引き起こし、中性粒子の擾乱にフィードバックされるという電離不安定性に関する振動モデルを構築した。さらに様々な作動条件での放電振動を観測する実験を行い、振動モデルの妥当性を検証した。その結果、放電振動の振動数および放電振動の起きやすい作動範囲がモデルと実験で良く一致したこと、また異なったタイプのホールスラスタにもこの振動モデルが適用でき、その不安定性を説明できることが明らかにされた。

第六章は、第五章のモデルに基づいた様々な振動の低減方法に関して述べている。モデルからアノード形状、加速チャンネル形状等を変更することにより振動が低減することが示唆された。これにより、放電振動が低減するように電極形状などを変えた推進機を試作し、安定作動範囲を調べる実験を行った。その結果それぞれの方法によってモデルの示唆どおりに、振動を広範な作動範囲において低減させることに成功した。さらにこの変更に伴い推進性能が損なわれていないことも確認した。

第七章は、結論であり本研究において得られた結果を要約している。

以上を要するに、電気推進の主流になりつつあるホールスラスタに関して、克服すべき重要課題である放電振動について、その現象を実験と理論解析の両面から明らかにすると同時に、振動を抑制する方法を考案して振動の低減に成功したものであり、これら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。