

【論文審査の要旨】

本学位審査に関して、公聴会および2回の審査会を実施し、論文の内容に関する慎重な審査を行った。審査結果について以下のように報告する。

人工衛星における姿勢制御用一液式推進機として、ヒドラジンに代わる硝酸ヒドロキシルアンモニウム(Hydroxylammonium-nitrate、HAN)系推進剤を用いた宇宙推進機の研究開発が世界で活発に行われている。HAN系推進剤は、ヒドラジンに比べ約1.4倍の密度を有し、低毒かつ低凝固点を有する特性から低温の宇宙環境下での長期間の貯蔵に優れており、宇宙推進機の高性能化および運用性の向上が期待されている。従来のヒドラジン推進機では、イリジウム系の固体触媒を用いた点火システムが一般的であるが、HAN系推進機では、2000 K以上の高い火炎温度と酸化雰囲気下に晒され、触媒の焼結、粉砕や劣化により、HAN系推進剤の反応性の低下や耐久性の低下が問題となっている。

このような背景から、本論文では、HAN系推進剤を燃焼反応可能な新たな点火機構を用いた宇宙推進機として、希ガスを電離し生成した放電プラズマを点火源とした推進機に着目した。本点火機構は、同軸円筒形状の電極間に希ガスを導入し、直流電源により電極間に強電界を発生させガスを電離・プラズマ化させ、その放電プラズマ中にHAN系推進剤を供給し燃焼反応を誘起する機構となっている。放電プラズマを使用したHAN系推進機の作動報告例は、前例が無く、HAN系推進機の実現には、真空環境下でのHAN系推進剤の燃焼特性およびHAN系推進機的设计指針を得ることが不可欠である。本論文では、人工衛星の姿勢制御用小型推進機として0.10 Nから1.0 Nまでの推力レベルを目標とし、放電プラズマによるHAN系推進剤の燃焼特性を実験的に取得することで、HAN系推進機的设计指針および真空環境下での推進機性能を評価した。本論文の成果は、以下の通りである。

- (1) 大気圧下において点火機構単体での作動試験により、プラズマ生成ガスの供給方法の変更による点火特性への影響を評価した。その結果、電極部のプラズマの充満度合い(分布)が火炎の生成およびその維持に強く影響することを明らかにし、ガスに旋回を加えることで、HAN系推進剤の点火の高い再現性を実現した。また、その旋回強度(形状スワール数)およびガス流量の変更により、大気圧下での点火の最適条件を把握し、HAN系推進剤を再現良く点火可能な放電プラズマシステムを構築した。
- (2) 放電プラズマを用いたHAN系推進機的设计指針を得るため、燃焼室特性長さの実験的評価、推進剤供給方法の変更による推進機性能への影響を評価した。その結果、推進機の小型化により反応性が向上し、真空環境下において、15秒間の定常作動に成功した。また、HAN系推進剤の供給方法の変更により点火特性を取得した結果、単一孔型供給機構を使用した場合に最も点火率が高い結果となり、特性排気速度(C^*)効率を43%改善させることに成功した。
- (3) 真空環境下での燃焼特性(C^* 効率)および発光分光分析による反応状況(燃焼生成物)を

評価した結果、HAN 系推進剤の燃焼生成物(主に N_2 、CO、OH)が確認でき、放電プラズマにより燃焼反応が誘起されていることを明らかにした。また、C*効率と各スペクトルの相対的発光強度との関係を明らかにした。

- (4) 推進機の基本的な性能を評価した結果、推進剤流量 0.31g/s (0.75 N 相当の流量)において、消費電力量 2.3 W-Hr で定常推力 0.5 N を達成した。
- (5) 各電極の損耗量を取得することで簡易的に推進機の寿命を評価した結果、約 1650 秒の累積作動により、性能への影響は確認できず、高い耐久性を確認した。

以上のことから、本論文では、人工衛星の姿勢制御用低毒性一液式推進機として、固体触媒推進機に代わり得る放電プラズマシステムを用いた推進機が提案された。真空環境下において、安定した作動を確認し、放電プラズマにより HAN 系推進剤の燃焼反応を誘起することが可能であることを実証した。また、新たな宇宙推進機として、HAN 系一液式推進機の燃焼特性および性能を取得し、その実現の可能性を示した。本推進系の基盤的な研究を促進することにより、将来的に宇宙推進系の高性能化および運用性の向上が期待でき、今後の宇宙開発および宇宙産業にもたらす影響は大きいと考えられ、工学的に重要な意義を有する。よって、本論文は、博士(工学)の学位を授与するのに十分な価値があると認められる。

(最終試験又は試験の結果)

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上で論文発表を行い、学内外から出席者を得て多角的な討論を行った。また、論文審査委員により本論文および関連分野に関する試問を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学識があるものと認め、合格と判断した。