

# 論文審査の結果の要旨

氏名 福成 雅史

修士（科学）福成雅史提出の論文は、「マイクロ波ロケットのリード弁式吸気機構とテーパ管型マイクロ波受電器の開発」と題し、6章から成っている。

マイクロ波ロケットとは、電磁波ビームを用いた遠隔エネルギー供給により駆動されるビーミング推進の一種で、周辺大気を吸い込んで推進剤として利用することにより搭載推進剤が不要な次世代の打ち上げロケットである。デトネーション現象によって高圧を得るため高価なターボポンプなどの精密機器が不要で、構造が非常に簡素にできる一方、最も高コストなビーム発振基地は地上に建設されるため、その繰り返し使用によって建設費用を償還できる。これらの理由からマイクロ波ロケットは、宇宙への物資輸送費用を劇的に低減できると期待されている。

技術実証として高高度まで持続的に推力を発生させるには、二つの技術課題がある。1つ目の課題は、効率的で自律的な空気吸い込み機構の開発であり、アクチュエータを搭載することなく推進器管内に残留する高温希薄な空気を短時間に100%換気することが目標である。2つ目の課題はマイクロ波ビームの長距離空間伝送システムの構築であり、発振器側で径を拡大したビームを受電・集光して推進器内部に導くシステムが必要である。

本論文では、その二つの技術課題に対して効率的なシステムを提案、製作、検証実験を行い、その設計則を示すとともに、ある将来ミッションを想定して、本研究で得られた設計則を適用し、ロケットのサイジングとその経済的実現性の解析を行っている。

第1章は序論であり、研究の背景とマイクロ波ロケットの推力生成原理、および研究目的を述べている。

第2章では、リード弁を用いた吸気機構を設計しその性能を調べている。リード弁は推進器管内外の圧力差で動作するチェックバルブであり、2ストロークエンジン等で使用されているアクチュエータ不要の吸気機構である。一般に用いられるリード塑性変形防止ストッパーは管内で異常着火を誘発するため使用することができない。そこで本研究では、開口面積を大きく保ちつつリード根元での塑性変形を防止するため、降伏応力の高いチタン材を用いた先細テーパ形状のリード弁を設計している。また実際のエンジンサイクルを再現した吸気性能試験を行い、リード弁の吸気性能を評価して、必要な推進器管の設計アスペクト比を求めている。

第3章では、マイクロ波ビームを推進器側で集光し、推進器管に導く円錐台テーパ管型マイクロ波受電器を光線追跡法により計算し、低電力半導体ミリ波発振器を利用してその受電性能を調べている。その結果、本研究で提案する設計手法には既存のテーパ導波管に比べ非常に短い受電器を設計することが可能で構造の軽量化の観点で意義深く、また90%近いマイクロ波電力を推進器管内に導くことができることを明らかにしている。

第4章では、大電力マイクロ波をマイクロ波受電器で集光した後に、推進器管内部に駆動されるマイクロ波放電について観測を行っている。その結果、管内に残留するプラズマによる異常着火を防ぐには、マイクロ波パルスのインターバルが 10 ms から 14 ms 必要であると述べている。またマイクロ波受電器の形状を八角錐台にすることにより推進器管内部での放電伸展速度を抑制可能であることを示しており、将来的には加熱率の最適化やデューティ比の向上が期待できる。

第5章では、地球低軌道に物資を輸送するミッションにおいて、日本で現在主力の打ち上げ機である H-IIB の一段目と付随する固体ロケットブースターをマイクロ波ロケットで置き換えることを提案し、それをモデルケースとしてマイクロ波ロケットのサイジングと経済的実現性の解析を行っている。本研究で得られた吸気バルブの設計則および必要なパルスインターバルの知見を用いて、全長 6 m の推進器管を 40 本束ねた構造を提案している。さらにマイクロ波ロケットで置き換えることで、40 回程度の打ち上げ機会でビーム発信基地の建設費が償還でき、さらに多数回の打ち上げで大幅な物資輸送費用削減が期待できると結論付けている。

第6章は、結論であり、本論文の研究成果をまとめている。

以上要するに、本論文は、マイクロ波ロケットの技術課題を解決するために、リード弁式吸気機構とマイクロ波受電器を開発し、その性能を実験的に検証して設計則を導くとともに、その結果に基づいてロケットのサイジングと実現性解析を行ったもので、これらの結果は先端エネルギー工学、特に航空宇宙工学分野に貢献するところが大きい。

なお、本論文第2章と第4章は山口敏和、栗田哲志、Nat Wongsuryrat、坂本慶司、小田靖久、高橋幸司、梶原健との、第3章は Nat Wongsuryrat との、第5章は Anthony Arnault との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって実験ならびに解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1999 字