

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2014年3月修了 修士論文要旨

Development of millimeter wave taper tube transmission system for Microwave Rocket

－ マイクロ波ロケット用ミリ波テーパ管型集光器の開発－

学生証番号 47116057 氏名 浅井 健太
(指導教員 小紫 公也 教授)

Key Words : Space Propulsion, Microwave Rocket, Millimeter Wave, Ray Trace

近年の宇宙開発において、宇宙輸送コストの削減は重大な問題である。宇宙太陽光発電衛星などの大型衛星を建設するにあたり大量の物資を宇宙に運ぶ必要があり、宇宙輸送コストの大幅な削減は必要不可欠である。そこで地上から静止軌道への打ち上げコストを現状の百分の一以下にすることを可能にすると期待されているシステムが「マイクロ波ロケット」である。これは、地上からのミリ波ビームにより供給されたエネルギーを推進器内での放電現象を介して高圧ジェットへと変換し推進力とするもので、推進剤として周辺大気を使うことができる上に化学爆轟に似た電磁気的な爆轟現象の利用により推進器を簡素化することが可能である。

マイクロ波ロケットの利点として、1)地上から遠隔でエネルギー供給が行われ、推進剤として大気を利用することで推進剤を搭載する必要がなく高いペイロード比が期待できること、2)パルスドットネーション駆動であるため従来の推進機構が必要となるターボポンプ等の複雑な機構が不要で、簡素で信頼性の高い機体設計が可能となること、3)主要設備であるミリ波発振源ジャイロトロンは地上に設置されており、繰り返し使用が可能であることが大量物資輸送時一回あたりの打ち上げコストを大幅に削減できることの3点が挙げられる。

ミリ波ビームの長距離エネルギー伝送には受電システムと送電システムからなる伝送系を用いるが、先行研究で開発されたそれらには幾つかの問題点があった。本研究ではこの問題点を解決し新しい伝送系の開発を行った。

従来の送電システムでの導波管から送電系までの間でビームが拡散することで送電系通過後のビーム径が想定していたサイズ(半径120mm)よりも大きくなるという課題に対して拡大するビームに合わせた位相補正鏡を設計・製作することで径拡大後のビームを想定していたガウシアンビームにより近づける事に成功した。また受電系では、一対の放物面ミラーを利用したミラー型集光系を使用した従来系の欠点である機体のバランスの悪さと集光器の一部が推力生成を妨げる構造を解決すべく、テーパ管型集光器を提案し設計・製作をおこなった。設計にあたってはビームの波長に対し系全体に対し非常に大きい事に着目し光線追跡を利用し、電力密度分布シミュレータで評価した。製作した送電系・受電系を使ってジャイロトロンを利用した大電力試験で推進機内部にプラズマを生成できることを確かめ、得られた電離波面進展速度と、シミュレーション結果により計算を評価し受電系の形状を変化させることによりマイクロ波ロケットの推力性能をコントロールできることを確かめた。