

## ジャイロトロン出力ビームの宇宙ロケットへの応用研究

○山口敏和<sup>1</sup>, 小田靖久<sup>2</sup>, 小紫公也<sup>1</sup>, 坂本慶司<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学新領域先端エネ, <sup>2</sup> 原子力機構那珂研

核融合プラズマの加熱・電流駆動用に開発されてきた大電力ジャイロトロンから照射されるミリ波ビームは、将来の低コスト打ち上げロケットとして期待されている「マイクロ波ロケット」のビーム源へ応用可能であるとして、東京大学と原子力機構によって共同研究が進められてきた。

マイクロ波ロケットとは、円筒型の胴体と集光器の頭部から成る推進器であり、外部から照射されるマイクロ波ビームをエネルギー源とする方式により機体を劇的に簡素化し、従来の化学ロケットの百分の一以下の低コストを実現することを目指している。原子力機構の大電力ジャイロトロン(170GHz, 1MW)を地上ビーム源として用いることで、2003年に9.5gの機体を飛行させたが、さらに2009年に109g, 126gの機体をそれぞれ飛行させることに成功した(図1)。



図1 モデル機(109g)打ち上げ実験の様子(2009年)

この方式の推進原理は、マイクロ波を推進器頭部で集光し大気の大絶縁破壊を起こし、生成したプラズマが照射されるマイクロ波のエネルギーを吸収して絶縁破壊により生じた衝撃波を背後から駆動しながら伝播し、推進器内に維持される高圧ガスの排気により推力を得るものである(図2)。パルス状のビームを繰り返し照射することで持続的に推力を得ることが可能で、0.1-1GWのビームを高度100km程度まで照射して加速させることで、100kg級の機体を地球周回軌道に投入できると考えられている。

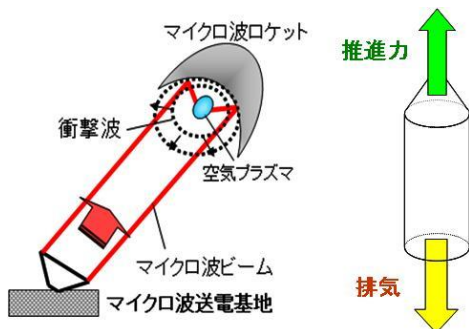


図2 マイクロ波ロケットの推進原理概念図

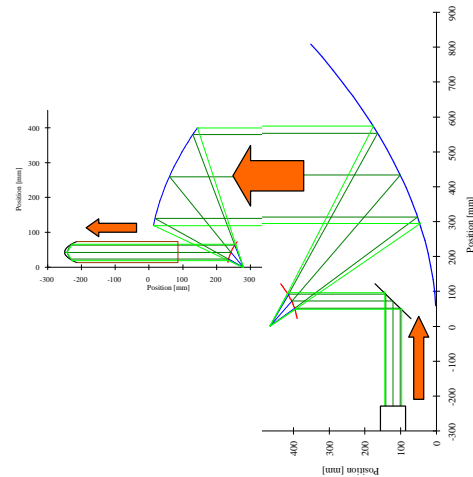


図3 長距離ビーム伝送のためのミラー系

マイクロ波ロケットにおいて研究の対象となるのは、ビームと機体の二つである。機体については単パルス照射時に推力を増大するための円筒胴体の長さやパルス幅の関係、繰り返しパルス照射時に不十分な吸排気による推力低下、および強制的な吸排気による推力回復について検証されてきた。これに対してビームにおける課題は、大電力化、高繰り返し周波数化、空間伝送距離の長距離化などが挙げられるが、それほど活発な検証がされてこなかった。

マイクロ波ビームの空間伝送距離を伸ばすには、そのビーム径を広げて回折による拡散を抑える必要がある。そこで図3に示す放物鏡面の組み合わせで構成されたミラー系を設計し、ビーム径を元の直径40mmから直径240mmへと変換して空間伝送試験を行った結果、1~5mの範囲で拡散を抑えたビームを伝送することに成功し、2m伝送地点における推力をレーザー変位計により測定した。

ジャイロトロンの高繰り返しパルス発振運転による金属製モデル機2機(109g, 126g)の打ち上げ実験を行い、600kW, 1.25msecのパルスビームを100Hzで0.7sec照射することで1.2mまでの持続的な推力生成による飛行を実証した(図1)。