

# ジャイロトロンを用いたマイクロ波ビーミング推進ロケットの開発

○福成雅史、山口敏和、Nat Wongsurayrat、小紫公也(東京大学)、  
小田靖久、梶原健、高橋幸司、坂本慶司(日本原子力研究開発機構)

## はじめに

マイクロ波ロケットは外部から照射したミリ波を推進エネルギーとして用いるビーミング推進ロケットである<sup>1)</sup>。機体にエネルギー源を搭載する必要がなく、また空気を推進剤として利用できるため、高比推力・高ペイロード比を実現でき、宇宙への物資輸送コストを大幅に低減すると期待されている。

本研究ではkg級推進機を10 mの高度まで打上げる飛行実証を最終目標としている。そのため、出力1MWのジャイロトロンを用いて、ロケットの性能を最大限に引き出す推進機設計・開発及び試験を行っている。

## マイクロ波ロケットの動作原理

図1にエンジンサイクルを推進機内部の圧力履歴と合わせて示す。推進機は片端が開放の筒型をしている。1)ミリ波ビームが開放端より閉管端の集光ミラーに向けて入射すると、集光点に絶縁破壊によってプラズマが発生し、2)ミリ波を吸収しながら、開放端に向かって進展していく。このときプラズマの伝播によって衝撃波が形成され、その圧力上昇によって推進機は推力を得る。3)プラズマが排気されると推進機内部に膨張波が伝搬する。4)推進機にはリード弁が搭載されており内部の圧力振動により受動的に吸気を行う。

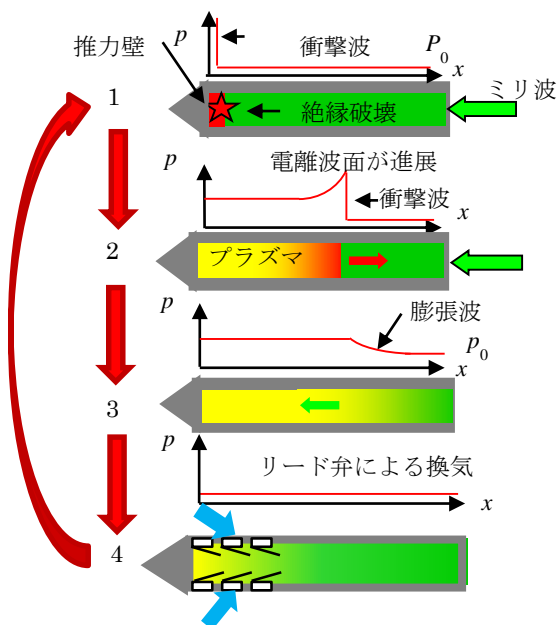


図1 マイクロ波ロケットのエンジンサイクル

## 打ち上げ実証試験

2003年に930kWの単パルスにて打ち上げを達成している。2009年には100gのモデルロケットを用いて打ち上げ試験を行い、600kW、繰り返し周波数100Hzのマルチパルスにて1.2mまでの持続的な推力の生成を達成した(図2)。

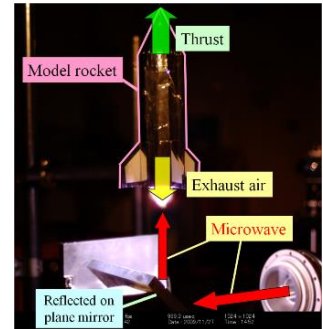


図2 打ち上げ実証試験系。  
(モデルロケット重量100g、  
ビーム電力600kW、パルス幅  
1.25 ms、繰り返し周波数  
100Hz)

## 30Nの推力を達成

高電力・高繰り返し周波数での推力計測試験を行い、パルス幅0.8ms、パルス繰り返し周波数200Hzのパルス運転(パルス5発)にて30Nの時間平均推力を得た。この成果によりkg級推進機の飛行に十分な推力を生成できることが明らかとなった。

## 異常点火の発生

パルスカウントを数10発に増やした場合、高いパルス繰り返し周波数では、推進機内部に残留したプラズマにより異常点火が発生し、推力性能が大幅に低下した。kg級推進機の飛行に向けてこの異常点火の抑制が必須の課題である。

## まとめ

100g級の推進機の飛行実証はすでに達成している。また推力試験においてkg級推進機の飛行に十分な推力を生成できることが明らかとなった。今後、kg級推進機の飛行に向けて異常点火の抑制が必須の課題となる。

## 謝辞

本研究は、宇宙航空研究開発機構戦略的開発研究費、科研費基盤研究(A)No. 23246145の助成を受けた。

## 参考文献

- 1) Y. Oda, T. Shibata, K. Komurasaki, K. Takahashi, A. Kasugai, and K. Sakamoto, "Thrust Performance of a Microwave Rocket Under Repetitive-Pulse Operation", *J. Propulsion and Power*, Vol. 25, No. 1, 2009, pp118-122.