

# 24P-5F-05

## 高繰り返し、高出力レーザーを用いたレーザー推進機の推進性能 Propulsive performance of laser propulsion with high repetition rate and high power laser

五十嵐一輝, 岩佐百華, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志  
Kazuki IGARASHI, Momoka IWASA, Kazumasa TAKAHASHI, Toru SASAKI, Takashi KIKUCHI

長岡技術科学大学  
Nagaoka University of Technology

### 1 はじめに

宇宙機に用いられる次世代推進方式としてレーザー推進が期待されている。レーザー推進は、ロケットや宇宙機内の推進剤ターゲットに外部からレーザー光を照射し、その際に発生するプラズマを高速で排出した反作用により、推力を得る推進機である。レーザー推進の特徴として、エネルギー源を外部に設置できるため、その分ロケットや宇宙機のペイロードを増やすことができ、宇宙輸送システムの低コスト化や信頼性向上が見込めることが挙げられる<sup>[1]</sup>。

レーザー推進には、連続発振レーザーを用いたものと繰り返しパルス発振レーザーを用いたものに分けられる<sup>[2]</sup>。特に繰り返しパルス発振レーザーを用いたものは、レーザーの高繰り返し運転により大きな推力を得ることができる<sup>[3]</sup>。そのため、レーザー推進機の実用化に際して、レーザーの高繰り返し運転による推進性能の検討は重要である。

本研究は、高繰り返し、高出力レーザーを用いたレーザー推進機の推進性能を測定し、高繰り返し運転が推進性能に与える影響について検討を行うことが目的である。

### 2 実験方法

実験系と推進性能の測定機構を図1に示す。この実験系は、レーザー(Powerlase製 AO16-60, 波長 1064 nm, 平均出力 1.6kW, パルス幅 64.8 ns, 繰り返し周波数 1 kHz), 真空チャンバー内に設置されたAlターゲットと圧力センサ(分解能28 Pa, センサ部面積24.1 mm<sup>2</sup>)を接着した力積測定系, Alターゲットから400 mmの位置にあるファラデーカップで構成されている。

レーザーは集光レンズ(f=700 mm)を介して、真空チャンバー内に導入される。Alターゲットに照射されると、アブレーションプラズマが高速で排出される。このとき、反作用として受け取る力を圧力センサで測定し、力積を算出した。また、排出されたプラズマはファラデーカップに到達するとイオン電流として観測される。ファラデーカップに到達したイオン電流から、Time of Flight

(ToF)を用いてプラズマ排出速度を推定した。この過程を繰り返し周波数1 kHz, 同一箇所へのレーザー照射で行い、高繰り返し運転における推進性能の影響を実験的に観測した。

### 3 実験結果

測定により得られた力積とプラズマ排出速度を元に運動量結合係数 $C_m$ と比推力 $I_{sp}$ を、以下の式を用いて計算した。

$$C_m = I/E_{laser} [\mu N \cdot s/J] \quad (1)$$

$$I_{sp} = v_{exh}/g_0 [s] \quad (2)$$

この時、 $I$ は力積、 $E_{laser}$ はレーザーエネルギーである。また、 $v_{exh}$ はプラズマ排気速度、 $g_0$ は海面上での重力加速度である。

単一ショットあたりの運動量結合係数は、20~30  $\mu N \cdot s/J$ となり、ショット回数には依存せずほぼ一定であることが分かった。単一ショットあたりの比推力は、1~40ショットにおいて増加していき、41ショット以降は約1700 sでほぼ一定の値となることが分かった。したがって、同一箇所への高繰り返しレーザーを照射することで、レーザー推進機の比推力が向上することが示された。

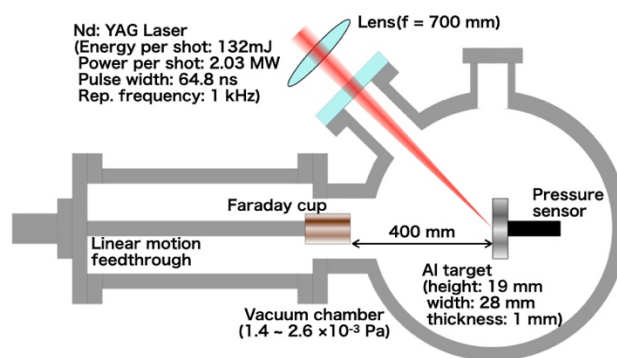


図1 実験系と推進性能測定機構

### 参考文献

- [1] 内田成明: J. Plasma Fusion Res., Vol.81, Suppl. pp.186 - 194(2005)
- [2] 栗木恭一, 荒川義博: 電気推進ロケット入門, 東京大学出版会, pp.191-194(2017)
- [3] 荒川義博, 佐宗章弘: J. Vac. Soc. Jpn., Vol. 45, No. 4, pp.324-328(2002)