

# レーザー誘起プラズマにより生成する衝撃波を利用した宇宙推進器の研究

嶋村耕平（東大新領域・院）

レーザー誘起プラズマとそれによって大気中に生成する衝撃波は医療や工学など様々な分野で利用されている。特に航空宇宙分野では、レーザー推進ロケットの研究が国内外で盛んに行われている。このロケットの最大の利点は、エネルギー源と推進器が独立するところであり、レーザー発振器は地上にありメンテナンスが容易、一方で推進器はターボポンプ・燃焼器などの複雑なシステムは不要である。従って、打上回数に伴い輸送コストは大幅に削減できる。葛山らの研究では 50 回程度で化学ロケットと同程度、500 回程度の打ち上げでその 1/10 までコスト削減可能であると算出されている。<sup>(1)</sup>

レーザー推進器の性能最適化には、レーザー支持デトネーションを利用していかに高効率でエネルギーを変換できるかにかかっている。パルスデトネーションエンジン型のレーザー推進器では、大気中にレーザー支持デトネーションを発生させ、その爆風波を推力に変換する。森らの研究では、大気中・10 J 発振の炭酸ガスレーザーを使用して約 50% のレーザーエネルギー変換を爆風波エネルギーに変換可能である。<sup>(2)</sup> このため、レーザー推進器の基礎研究としてレーザー支持デトネーション波の伝播限界を明らかにする必要がある。

デトネーション限界を導くためには、電離過程による流体加熱と付随的に発生する衝撃波を考慮した流体解析が必要となる。これは伝播速度に関係なく放電波面が衝撃波を追い越して伝播している報告から明らかだが、レーザー支持デトネーションは衝撃波誘起の現象ではなく放電面が衝撃波を誘起している。<sup>(3),(4)</sup> つまり、レーザーデトネーションの伝播速度は放電面の電離過程から決まり<sup>(5)</sup>、衝撃波は付随的に発生しているため、デトネーション限界はこれらを考慮した流体解析が必要となる。

本発表では、レーザー支持デトネーションの伝播限界およびデトネーション後面の状態を 1 次元のユゴニオ解析を利用して求めた。過去の研究において、デトネーション限界はデトネーションと垂直方向に膨張するそれぞれのエンタルピ比による半実験式が提案されている。<sup>(6)</sup> 実験室レベルの小口径レーザーには有効な説明である一方、アレイ化した大口径レーザーなど現象が 1 次元である場合は難しい。そこで矩形で透明なデトネーション管を使って側面へのエンタルピ流出を封じた実験を行うとともに、検査体積法を用いた一次元ユゴニオ解析を行って、実験点を圧力-比体積線図に表した。

## 参考文献

- (1) H. Katsurayama, et al., *Acta Astronautica* 65, 1032 (2009).
- (2) K. Mori, et al, *Journal of Applied Physics* 95, 5979 (2004).
- (3) K. Shimamura et al., *J. Appl. Phys.* 109, 084910(2011).
- (4) 遠藤琢磨等, *プラズマ核融合学会誌* 86 (2010), pp.598-603.
- (5) K. Shimamura, et al, *IEEE TPS*, 2014(accepted).
- (6) K. Mori et al., *Appl. Phys. Lett.* 88, 121502 (2006).