

審査の結果の要旨

氏名 オフォス ジョセフ アンペドゥ

修士（科学）OFOSU Joseph Ampadu 提出の論文は“Characterization of laser-induced discharge extending in various gas species”（邦題：様々なガス種中を進展するレーザー誘起放電の研究）と題し、5章から成っている。

繰り返しパルスレーザー推進はビーミング宇宙推進システムの一つであり、キログラム級のペイロードを地球周回軌道に投入できる可能性を持つ推進システムである。レーザー支持デトネーションを利用した推力生成により、従来の化学推進ロケットと比較して、高い比推力と低いリフトオフ質量、ならびに低打ち上げコスト化が可能である。

レーザー支持デトネーションは、入射レーザービームとレーザー誘起放電プラズマの相互作用により、電離波面が進展しつつレーザーエネルギーを吸収し、それを効率的に推力に変換する物理過程である。レーザー支持デトネーションにより発生する推力は、その伝播速度に大きく依存するため、レーザー推進器の最適設計および開発にはレーザー誘起放電の進展メカニズムを解明し、その進展速度を解析的に精度よく予想することが必要不可欠である。

第1章は序論であり、研究の背景と目的を述べている。種々の雰囲気ガス中において、レーザー誘起放電の進展速度をレーザー強度の一意の関数として求めるために必要な実験条件を調べることで、また計測された進展速度を従来のレーザー誘起放電モデルで予想される解析結果と比較し、そのモデルの妥当性を検証することを目標として掲げている。

第2章では、空気他に、モデル化のしやすい単原子分子気体であるヘリウムおよびアルゴンを雰囲気ガスに選び、炭酸ガスパルスレーザーを用いて誘起された放電の進展速度をシャドウグラフ法により測定した結果について述べている。放電面で吸収されたエネルギーがレーザー軸に対して垂直方向に散逸することで進展速度が変化しないよう集光系および実験系の工夫を行い、結果的に空気およびアルゴンガスでは5.1 mm以上、ヘリウムガスでは7.2 mm以上の太い径のレーザービーム内で、進展速度がレーザー強度の関数として一意に定まることを見出している。また、その進展速度のレーザー強度に対する変化率は、化学デトネーションで普遍的に見られるものと大きく異なることが示され、この相違は、レーザー支持デトネーション波伝播のメカニズムが化学デトネーションを支配する流体力学的な物理過程ではなく、レーザー誘起放電が駆動する過程であることを補強する証左であり、またレーザー誘起放電モデルの妥当性の検証に有効であると述べている。

第3章では、レーザー放電プラズマの発光分光計測を行ってそのバルク部の電子密度等

を求め、それらを用いて嶋村らが提案する一次元レーザー誘起放電モデルを検証している。ヘリウムガス中で一次元レーザー誘起放電モデルが予想する放電進展速度は、レーザー強度に対する単調増加傾向を再現したが、その大きさは計測された進展速度と比較して3倍から6倍過大に評価してしまうことを明らかにしている。また計測されたバルク部電子密度は、このレーザー誘起放電モデルで仮定している吸収エネルギーの100%が電離に消費されるという仮定と矛盾することも指摘している。

第4章では、第3章で指摘されたレーザー誘起放電モデルの問題点について定量的に検討を行っている。計測されたバルク部電子密度を用いて見積もられた、吸収されたレーザーエネルギーのうち直接電離に使われたエネルギーの割合は5%から25%であり、レーザー強度が下がるに従ってその割合は低下することを示している。これらの結果は、レーザー誘起放電において中性粒子の電子励起モードに蓄えられるエネルギーを考慮することが不可欠であることを示唆しており、励起された中性粒子が電離に至る累積電離を組み込んだレーザー誘起放電モデルが有効であろうと述べている。

第5章は結論であり、本論文の研究成果をまとめている。

以上要するに、本論文は、レーザー推進器の最適設計に不可欠なレーザー誘起放電進展の物理モデルを検証するために、様々なガス種について放電進展速度のレーザー強度依存性を注意深く計測し、従来の物理モデルでは放電進展速度を過大に評価してしまうことを明らかにし、その原因がエネルギー分配のモデルにあることを示したもので、その結果は、先端エネルギー工学、特に宇宙推進工学上貢献するところが大きい。

なお、本論文第2章は島野徹、松井康平との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験ならびに解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1861 字