

【基盤研究(S)】

理工系 (工学)



研究課題名 高エネルギー電磁ビームに誘起される放電とその工学的
応用

東京大学・大学院工学系研究科・教授 こむらさき きみや
小紫 公也

研究課題番号: 15H05770 研究者番号: 90242825

研究分野: 総合工学

キーワード: 航空宇宙工学、エネルギー全般、プラズマ、放電、レーザー

【研究の背景・目的】

高エネルギー電磁ビームにより大気中に誘起される放電は爆轟波を駆動し、その過程で電磁エネルギーが効率的に圧力に変換される。これは工学的にも有用な現象である。図1に研究代表者が撮影したレーザー放電およびミリ波放電の先端構造を示す。ビーム波源に向かって超音速で伝播する電離波面のマクロな構造は相似であるが、ミリ波放電にはプラズマの微細な構造がみられ、長時間露光写真ではフィラメント状の放電痕が認められる。また電離波面伝播速度とビーム電力密度の比は、それぞれ1~2桁ほど異なり、従来の燃焼デトネーション理論では説明がつかない。

本研究では、高エネルギーのレーザーやミリ波ビームにより誘起される爆轟波を工夫された実験系により純粋な1次元現象に帰し、その計測結果の解析によってレーザーとミリ波の双方の放電・爆轟現象に内在する普遍的な物理モデルを構築することを目的とする。さらに得られた知見を将来の大電力伝送で想定される実スケールの現象に適用可能な3次元計算コードの開発につなげる。

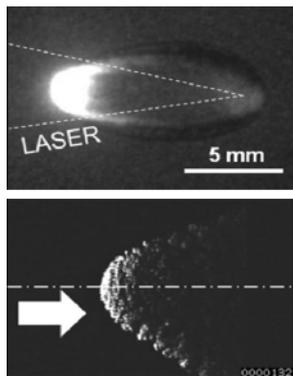


図1 レーザー放電(上)とミリ波放電(下)の高速度カメラ画像

【研究の方法】

1次元伝播実験系を構築し、発振周波数やガス種などを変えつつ実験を行う。ミリ波放電についてはその微細構造、特にフィラメント構造のピッチなど幾何学的特徴を定量的に、レーザー放電については、プラズマパラメータの空間分布を様々な手法を用いて計測する。次に、実験結果に基づきモデル化を行

い、数値シミュレーションで再現を試みる。電磁波エネルギーが集中するフィラメント先端の局所的なパワー密度に注目しており、ミリ波フィラメントの伸展とレーザー放電の伸展を同じ輸送方程式や電離モデルで表現する可能性を追求する。構築した物理モデルおよび開発した3次元計算コードを使い、ミリ波・レーザー放電を利用した様々な工学的応用の提案について、その装置設計および性能評価を行う。

【期待される成果と意義】

高エネルギーミリ波・レーザーの大気放電の研究はこれまで散発的な実験しか行われておらず、特にミリ波の数 $0.1\text{MW}/\text{cm}^2$ 以上の電力密度領域の放電は理解されていない領域で、大電力ジャイロトロンが開発されたことによって初めて実験が可能となった。レーザー支持爆轟波やストリーマ放電との類似点・相違点を勘案しつつ、体系的な研究によって、この電力密度領域におけるプラズマ・放電物理モデルを構築・創出する。

また応用面からは、航空宇宙分野の例として、ミリ波ビームで遠隔に駆動されるロケットや、メガワットからギガワットの電力の空間無線送電・電力変換装置、放電デトネーション風洞など、将来の宇宙インフラ整備や先進的な宇宙プロジェクトの展開を担う基幹技術につながるものと期待する。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- 1) Replacement of Chemical Rocket Launchers by Beamed Energy Propulsion, M. Fukunari, K. Komurasaki, A. Arnault, T. Yamaguchi, *Applied Optics*, Vol. 53, No. 31, pp. I16-I22, 2014.
- 2) Precursor ionization and propagation velocity of a laser-absorption wave in 1.053 and 10.6 μm wavelengths laser radiation, K. Shimamura, K. Komurasaki, J. A. Ofose, and H. Koizumi, *IEEE Transactions on Plasma Sciences*, Vol.42, No.10, pp.3121-3128, 2014.

【研究期間と研究経費】

平成27年度-31年度 154,500千円

【ホームページ等】

<http://www.al.t.u-tokyo.ac.jp/mwp/ja/komurasaki@al.t.u-tokyo.ac.jp>