

マルチピコ秒・相対論的強度レーザー照射による
超ポンドロモーティブエネルギー電子の生成機構Generation of super-ponderomotive electrons
via multi-picosecond relativistic intensity laser irradiation

東 直樹

Naoki HIGASHI

北海道大学 大学院工学研究院

Faculty of Engineering, Hokkaido University

ポンドロモーティブスケールリング [1] を超えて加速される電子の増加が実験・理論の両面から確認されている。相対論的強度を保ちつつパルス幅をピコ秒以上に伸長したレーザーを薄膜ターゲットに照射する実験において、超ポンドロモーティブエネルギー電子の増加が観測された [2]。この現象に対して、レーザー照射中に薄膜ターゲット内を循環する電子がレーザー光と何度も相互作用するという統計的加速モデルによる説明がなされた [3]。

一方、より長時間の電磁プラズマ粒子 (particle-in-cell, PIC) シミュレーションによって超ポンドロモーティブエネルギー電子が減少する可能性が示唆されたが、その機構は未だ明らかでない。我々はパルス幅を 10 ピコ秒オーダーに伸長した長時間の PIC シミュレーションを行った。その結果、数ピコ秒で超ポンドロモーティブエネルギー電子が増加した後に減少に転じるという現象を確認したが [4]、この現象を説明する理論モデルはない。

これまでに得られたシミュレーション結果を手がかりに、先行研究のアイデアを組み合わせることで、超ポンドロモーティブエネルギー電子が減少に転じる条件を示す理論モデルを導出した。これまでの研究から、超ポンドロモーティブエネルギー電子の増減とレーザープラズマ相互作用領域における電子の後方噴出に関連があることを見出した。レーザー照射面の電子密度の空間勾配が一定以上に急峻なとき電子の後方噴出が止まり [5]、また、相対論

的強度レーザーの強度を保ったまま継続照射するとき同領域の電子密度勾配がホールボーリング過程によってレーザー照射中に急峻になる [6]、という先行研究の報告例がある。我々はこれら二つの先行研究を組み合わせ、「レーザー照射中、電子の後方噴出が停止するほど急峻な密度勾配が形成される」という仮説を立て、超ポンドロモーティブエネルギー電子が減少に転じる条件を示す理論モデルを構築した。

本講演では導出した理論モデルの検証について報告する。構築した理論モデルのパラメータ依存性の検証を PIC シミュレーションを用いて行っている。理論モデルとこれまでに得られている PIC シミュレーション結果の比較および今後の展開について議論する。

謝 辞

本研究の一部は大阪大学レーザー科学研究所の共同利用・共同研究のもとに実施された。

参 考 文 献

- [1] S. C. Wilks *et al.*, Phys. Rev. Lett. **69**, 1383 (1992).
- [2] A. Yogo *et al.*, Sci. Rep. **7**, 42451 (2017).
- [3] N. Iwata *et al.*, Phys. Plasmas **24**, 07311 (2017).
- [4] N. Higashi *et al.*, High Energy Density Phys. **37**, 100829 (2020).
- [5] J. P. Geindre *et al.*, Phys. Rev. Lett. **97**, 085001 (2006).
- [6] N. Iwata *et al.*, Nat. Commun. **9**, 623 (2018).