

マルチピコ秒ペタワットレーザーによる統計的電子加速の理論研究
**Theoretical study of stochastic electron acceleration by
 multi-picosecond petawatt class laser**

岩田夏弥¹, 千徳靖彦¹, 佐野孝好¹, 三間國興^{1,2}

Natsumi Iwata¹, Yasuhiko Sentoku¹, Takayoshi Sano¹ and Kunioki Mima^{1,2}

¹阪大レーザー研, ²光産業創成大学院大

¹ILE, Osaka Univ., ²GPI

近年、エネルギーがキロジュール、出力がペタワット級の高強度レーザーを用いた実験が開始されている。LFEX (大阪大学レーザー研) [1]やNIF-ARC (米国) [2]に代表されるこれらのペタワットレーザーは、相対論的領域である 10^{18} W/cm^2 レベルのピーク集光強度を、 $50 \mu\text{m}$ 以上の大スポット径で、ピコ秒を上回るパルス時間にわたって照射することができる。

ピコ秒相対論的レーザーを固体薄膜に照射すると、従来のフェムト秒からサブピコ秒の相対論的レーザーとの相互作用に対して用いられてきたスケリング則では説明できない高エネルギー電子発生が見られることが、実験 [3,4]および理論・シミュレーション研究[5-8]により明らかになっている。このようなレーザー吸収・加速プロセスの変化を引き起こす鍵の1つは、ピコ秒というタイムスケールでイオンを含めたプラズマ全体の構造が変化することであり、その結果としてレーザー光の穿孔過程 (ホールボーリング) が停止する[9]など、新しい物理が現れることがわかっている。

ピコ秒相対論的レーザーと固体薄膜プラズマとの相互作用では、高エネルギー電子がレーザー照射中に何度も薄膜の前面と裏面を往復することで、宇宙線のフェルミ加速に類似した統計的な加速を受ける[4]。レーザー薄膜相互作用のプラズマ粒子シミュレーションを行うことにより、このようなレーザー場による統計的加速を受けた高エネルギー電子のエネルギー分布関数は、ピコ秒の時間スケールで定常的なべき乗関数へと発展することが、レーザー薄膜相互作用のプラズマ粒子シミュレーションにより明らかになった。

本研究では、レーザー照射面における電子のレーザー加速を統計的なエネルギー拡散とみなし、また、薄膜裏面におけるシース電場による電子の閉じ込めにおけるエネルギーロスを

散逸とみなす。これらの効果をフォッカープランク方程式に取り入れ、定常状態について解くことで、形成されるエネルギー分布関数を得ることができる。その結果、薄膜中を往復する高エネルギー電子は、べき乗のエネルギー分布を形成することが理論的に導かれた。電子の分布関数形状は、レーザー駆動のイオン加速、X線発生、陽電子生成など様々な応用に対して重要である。講演では、べき乗分布が形成される条件や、べき指数が表わす物理的意味について述べる。

- [1] N. Miyanaga *et al.*, J. Phys. IV France **133**, 81-87 (2006).
- [2] J. K. Crane *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. **244**, 032003 (2010).
- [3] A. Yogo, K. Mima, N. Iwata *et al.*, Sci. Rep. **7**, 42451 (2017).
- [4] S. Kojima *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. **717**, 012102 (2016).
- [5] N. Iwata *et al.*, Phys. Plasmas **24**, 073111 (2017).
- [6] J. Kim *et al.*, Phys. Plasmas **25**, 083109 (2018).
- [7] A. J. Kemp and L. Divol, Phys. Rev. Lett. **109**, 195005 (2012).
- [8] A. Sorokovikova *et al.*, Phys. Rev. Lett. **116**, 155001 (2016).
- [9] N. Iwata, S. Kojima, Y. Sentoku, M. Hata and K., Mima, Nat. Commun. **9**, 623 (2018).