

プレプラズマが高強度レーザー生成高速電子のエネルギー分布
及び発生効率に与える影響

Energy Distribution and Conversion Efficiency of
Fast Electrons Generated with Relativistic Intensity Laser
Depending on Pre-plasma Scale

小島完興, 有川安信, 畑昌育, 藤岡慎介, Alessio Morace, Xavier Vaisseau, 坂田匠平, 匂坂明人¹,
余語覚文, 戸崎翔太, 池之内孝仁, 尾崎哲², 安部勇輝, 李昇浩, 側貴行, 田口雄基, 松尾一輝,
小倉浩一¹, Alexander Pirozhkov¹, 錦野将元¹, 近藤公伯¹, 城崎知至³, 砂原淳⁴, 坂上仁志²,
Zhe Zhang⁵, 長友英夫, 西村博明, 白神宏之, 中井光男, 疇地宏, GEKKO& LFEX Team
Sadaoki Kojima, Yasunobu Arikawa, Masayasu Hata, Shinsuke Fujioka, Alessio Morace et al.

阪大レーザー研, 原研関西研¹, 核融合研², 広島大³, レーザー総研⁴, 中国科学院⁵
ILE Osaka Univ., KPSI¹, NIFS², Hiroshima Univ.³, ILT⁴, CAS, China⁵

ターゲット表面に作られるプレプラズマがレーザー生成高速電子のエネルギー分布とエネルギー変換効率に与える影響について報告する。実験は、コントラストの異なるレーザーパルス (低コントラスト 10^{-8} , 高コントラスト 10^{-11}) を、金ブロックと金ウエッジブロック (開き角 45°) に照射することで行った。レーザーは金ブロックに垂直、金ウエッジ (斜壁) に対して P 偏光になるように照射した。ターゲットは 1mm 角程度と大きく、ターゲット内部で高速電子は制動放射 X 線に変換される。発生した制動放射 X 線は吸収膜型分光器で分光し、モンテカルロ・シミュレーションによる解析から高速電子のエネルギー分布、及びエネルギー変換効率 (CE) を見積った。^{[1],[2]} エネルギー分布は低コントラストのパルスを照射した場合にどちらのターゲットでも高エネルギー化する傾向が現れた。一方で、CE はターゲットの形状に依存して異なる傾向が現れた。金ウエッジを照射した場合には両方のコントラストにおいて、金ブロックと比べて高い CE が得られ、またコントラストによる CE の違いは少なかった。しかしながら、金ブロックの場合はパルスを高コントラストにすることで CE に大幅な低下 (1/2) が見られた。この CE の低下はレーザーの非圧縮 (フットパルス、ペDESTAL など) によってターゲット表面に作られるプレプラズマが減少したことによるものと考えられる。2次元輻射流体シミュレーションによる計算からは低コントラストの場合には $7.5\mu\text{m}$ の長スケールのプレプラズマがターゲット表面に作られ、一方で高コントラストの場合には $1.5\mu\text{m}$ まで抑えられていることが示唆された。このような高コントラスト化により実現された急峻な境界面ではレーザーの吸収率が低下しその結果、金ブロックでは CE が大幅に低下したと考えられる。一方で、金ウエッジブロックの場合、レーザー (P 偏光) は斜壁に対して直接に作用出来るため CE の低下が生じなかったと考えられる。これらの結果は、高速電子への高い変換効率を維持しながらエネルギー分布を低温化することが要求されている高速点火核融合にとって重要な知見である。講演は、実験データと 2次元 PIC シミュレーションの定性的な比較について行う。

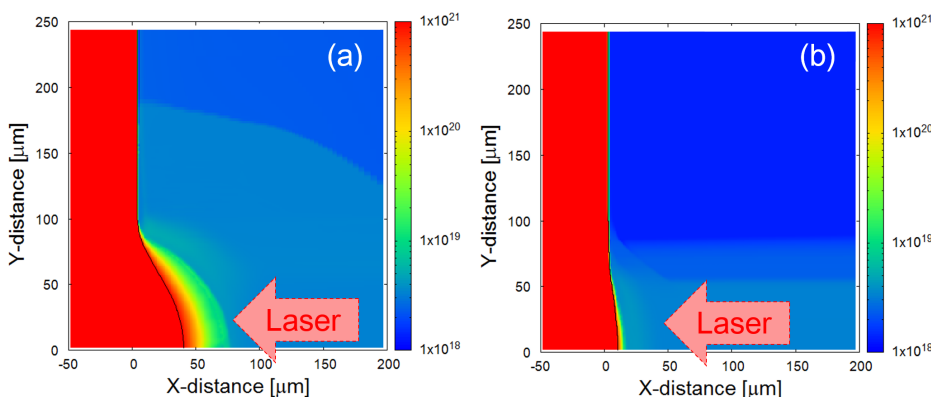


図 1: 2次元輻射流体コード (PINOCO) により求めたメインパルス到着時のプレプラズマの分布 (a) 低コントラストの場合、(b) 高コントラストの場合。図の黒実線は 1053nm のレーザーに対するプラズマの臨界密度を表している。

[1] S. Fujioka, Y. Arikawa et al. Physical Review E **91**, 063102 (2015).

[2] C. D. Chen, P. K. Patel et al. Physics of Plasmas **16**, 082705 (2009).