

「若手研究者スタートアップ支援プログラム」(2025 年度実施分)

最終報告書

○ 氏名 : 太田雅人

所属ユニット : 可知化センシングユニット

研究テーマ : 相対論的プラズマ電場を用いた量子物性の探索

1. 研究の目的・意義

高強度レーザーと固体の相互作用で生成される相対論的高エネルギープラズマ中で生じる電荷分離電場は、強度:ギガボルト〜テラボルト毎センチメートル、周波数:テラヘルツという未開拓なパラメーター領域を創出する事が可能である。このような電場下では、特殊な物質系でエキゾチックな量子現象が発現することが理論的に予想されている(室温超伝導化等)。しかし、超高強度電荷分離電場の素課程は実験的に未解明な点が多々存在するため、超高速計測を用いて、相対論的高エネルギープラズマダイナミクスの理解を深める。

2. これまでの研究成果および今後の研究計画

申請者は、高強度レーザーと固体の相互作用で生成される相対論的高エネルギープラズマに対して、Sequentially Timed All-optical Mapping Photography (STAMP) と呼ばれるシングルショットバーストイメージング手法を用いて、フェムト秒からナノ秒にわたる、多階層時間発展計測を実施した。STAMP 計測では、計測光の波長に時間情報を刻むことで、上記の時間発展計測を可能とする。本手法は、バイオセンシングの分野で生体内の衝撃波を可視化することを目的として開発されたが、本研究で初めて相対論的高強度レーザー実験への導入を行なった。

計測されたフェムト秒の時間領域では、当初の目的である電荷分離電場を伴う高エネルギープラズマシースの生成・消滅過程をプラズマ密度分布として可視化した。また、ピコ〜ナノ秒領域では、プラズマフィラメンテーション不安定性の成長過程を観察することに成功した。現在は、妥当性を検証するべく、上記の結果に対して理論・数値計算との比較を行なっている。

今回開発した計測セットアップは、高エネルギープラズマ物理に関する実験的研究のプラットフォームとなりうる。今後は、本手法を用いて、レーザープラズマ加速、核融合、宇宙物理の素過程に迫りたい。

3. 支援を受けた金額及び主な用途

支援金額:500 万円

チタンサファイアレーザー開発における増幅器の励起レーザーとして、EKSPLA 社製 NL303HT-10 型 Nd:YAG レーザーの購入に使用。

4. これまでの客観的成果とそれぞれの項目の今年度の予定

4. 1 共著を含む投稿論文、著書

[1] T. Minami et al., “Ion acceleration with an intense short-pulse laser and large-area suspended graphene in an extremely thin target regime”, High Energy Density Physics 55 101195-101195 (2025).

[2] I. Yu. Skobelev et al., “The role of X-ray self-absorption effects in plasma generated by double-sided irradiation of foil targets with femtosecond laser pulses”, Physics of Plasmas (Accepted Sep. 2025).

4. 2 国際・国内学会等での発表

[1] 太田雅人 他, 「電磁気における特殊相対性理論の直接検証」, 一般社団法人レーザー学会学術講演会第 45 回年次大会, 口頭・招待公演, 2025 年 1 月 21 日～23 日.

[2] 太田雅人 他, 「超高速計測を用いた電磁場とプラズマの基礎研究」, 一般社団法人日本物理学会第 80 回年次大会, 口頭, 2025 年 9 月 16 日～19 日.

4. 3 科研費や他の外部資金への応募・獲得結果(直接経費の配分額)

及び今年度の応募予定

[1] 科研費若手 (2025-2027), 「単発超高速多階層時間発展計測を用いた相対論的レーザープラズマ相互作用素過程の解明」, 直接経費 3,700 千円

[2] 挑戦的研究(開拓) (2025-2028), 「相対論的クーロン電場による光誘起相転移」直接経費 19,600 千円

[3] 自然科学研究機構 OML 公募研究プログラム スタートアップ型 (2025), 「相対論的レーザープラズマ相互作用のシングルショットマルチスケール観察」, 直接経費 1,000 千円

科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業 (ACT-X): 応募中

科学技術振興機構創発的研究支援事業: 応募中

民間: 1 件不採択

大学: 2 件採択

以上