

パワーレーザーによる高エネルギー密度電磁場とプラズマの物理探究

Study on the physics of high energy density electromagnetic fields and plasmas using high power lasers

岩田夏弥^{1,2}

N. Iwata^{1,2}

¹大阪大学レーザー科学研究所, ²大阪大学高等共創研究院

¹ Institute of Laser Engineering, Osaka University

² Institute for Advanced Co-Creation Studies, Osaka University

パワーレーザー照射下の物質は、高いエネルギーフラックスの流入・流出を伴う開放系であり、様々な物質状態にまたがる構造遷移が引き起こされる。中でも高エネルギー密度プラズマの生成過程・加熱過程では、多様な電磁場とプラズマの構造が形成され発展していく。パワーレーザーの光によるエネルギー注入は、系がエネルギー緩和・圧力平衡に至る時定数に比べて速い時間スケールで行われる非熱的なプロセスである。注入された光のエネルギーの一部はプラズマ中で自己生成電磁場を介した不安定性や粒子衝突によって熱的なエネルギーへと変換され、電磁場とプラズマのゆらぎは増幅していく。同時に、荷電粒子の集団相互作用によりプラズマと電磁場のコヒーレント構造が発展していく。このようなゆらぎの中での電磁場とプラズマの秩序構造形成のダイナミクスの理解は、本シンポジウムの主題である「極限状態にある固体・プラズマ・場が織りなすトリケトラ科学」の核の1つとなるテーマである。

本講演では、レーザープラズマ物理の理論・シミュレーション研究の観点から、レーザープラズマで見られる電磁場とプラズマの構造形成に関して議論していく。定常・平衡といった仮定や流体近似が適用できない動的な物質状態を取り扱うレーザープラズマ分野では、スケール分離を取り入れることで多階層にわたる現象の記述に取り組んできた [1]。一方で、マクロな構造や物性の変化を理解するためには、ミ

クロな粒子的相互作用から集団分布形成、そしてマクロ物理量の変化へとシームレスに物理を繋げていくことが必要である。この目的のため、理論モデルの拡張が進んでいる。例えば、レーザー駆動イオン加速では、プラズマが自己生成したマイクロなゆらぎ場（揺動電磁場）中を、レーザー光に加速された電子が通過することにより、エネルギーの閉じ込めが起こり、イオンの流体運動が促進されることがわかってきた。また、レーザー核融合を含む高密度プラズマ加熱においては、背景プラズマの電離度や温度の上昇と、非熱的高エネルギー粒子の輸送構造の発展が同時に進行していくダイナミクスに関する研究が進められている。講演ではこれらの最新の研究を含めて高エネルギー密度プラズマにおける構造形成の物理解明への取り組みを紹介する。これらの物理探究は、天体プラズマやレーザー加工といった異なる物質状態における構造形成との共通物理を議論するための基礎を形成するものである。

[1] N. Iwata and A. Sunahara, J. Plasma Fusion Res. **99**, 177 (2023)