

学位申請者：

東直樹 物理学専攻およびレーザー科学研究所 D3

論文題目：

A theoretical and numerical study of isochoric heating in relativistic laser produced plasmas (相対論的レーザー生成プラズマの等積加熱に関する理論的研究)

日時：

場所：

主査：千徳靖彦

副査：中井光男、藤岡慎介、越野幹人、岩田夏弥

論文要旨：

学位申請者は相対論的強度のレーザーによる固体密度プラズマの等積加熱過程について理論的研究を行い、主に以下に挙げる研究成果を得た。

- 支配的な等積加熱過程の遷移を詳細な数値シミュレーションによって示した。詳細な数値シミュレーションによって、支配的な加熱機構が熱拡散に遷移する現象を克明に捉え、熱拡散過程の物理的描像を明らかにした。
- 等積加熱過程のうち熱拡散過程の理論モデルを構築し、その理論モデルを数値シミュレーションによって検証した。構築した理論モデルによって、熱拡散過程の加熱機構およびパラメータ依存性を理論的に明らかにし、従来モデルでは説明できなかった現象を理論的に説明可能となった。さらに今後の実験デザインに対して指針を与えられるようになった。

相対論的強度のレーザーによる固体密度プラズマの等積加熱過程を理解することは高エネルギー密度科学の進展に欠かせない。中でも特に、臨界密度以上の高密度領域への熱輸送機構を解明することは、レーザー核融合研究の最重要課題の一つである。チャープパルス増幅法の発明以降、レーザーの集光強度が飛躍的に向上したことに伴い、熱輸送機構の議論の重点が熱拡散から高速電子ビームに推移してきた。しかしながら、相対論的強度の領域においても、ピコ秒の時間スケールにおいては熱拡散が主な熱輸送機構となるのが近年実験的に示唆された。一方で、従来の理論モデルに基づく熱拡散が主な熱輸送機構となるのは、およそ数 100 ピコ秒と二桁以上長い時間がかかると考えられてきた。

学位申請者は、実験と従来モデルの間にある隔たりを解消する熱拡散の理論モデルを提案した。従来は密度の様なターゲット構造を考えていたが、相互作用の初期にターゲットの前面に形成されるプリプラズマの構造を考慮することで、従来よりも早く熱拡散が主な加熱機構となること、そして、その伝播速度が時間によらず一

定になることを導出し、非線形なレーザー・プラズマ相互作用および非平衡なエネルギー輸送過程を自己無撞着に計算可能な Particle-in-Cell 法シミュレーションを用いて検証した。

この新しいモデルは、将来のキロジュールペタワットレーザーを用いた等積加熱に対する指針を与えるものである。