



Title	Experimental Study of Energy Transport toward Fast Ignition in Inertial Fusion Energy
Author(s)	遠山, 祐典
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44311
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	遠山祐典
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第17844号
学位授与年月日	平成15年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子情報エネルギー工学専攻
学位論文名	Experimental Study of Energy Transport toward Fast Ignition in Inertial Fusion Energy (レーザー核融合高速点火方式に於けるエネルギー輸送に関する実験的研究)
論文審査委員	(主査) 教授 田中 和夫 (副査) 教授 西川 雅弘 教授 堀池 寛 教授 朝日 一 教授 児玉 了祐 教授 西原 功修 教授 飯田 敏行 教授 三間 圭興 教授 粟津 邦男

論文内容の要旨

本論文では、レーザー核融合高速点火方式に於いて最も重要な加熱物理、特に超高密度相対論電子によるエネルギー伝搬、及び、先進的な高速点火ターゲットを用いた爆縮コアプラズマの高速加熱に関する実験的研究についてまとめたものである。本論文は、以下の5章から構成されている。

第1章は緒論であり、超高強度レーザーによる新しい点火方式として注目されている高速点火の原理を中心に、超高強度レーザープラズマによる新しい物理研究について述べた。

第2章では、超高強度レーザーと高密度プラズマとの相互作用によって発生する相対論電子に関するこれまでの研究成果をシミュレーション結果を含めてまとめ、それらの問題点について述べた。また、本研究に於いて行ったターゲット裏面発光計測が、相対論電子の発生、伝搬特性、加熱を調べる上で重要であることを示した。

第3章では、超高密度相対論電子の平板ターゲット中の伝搬に関する研究成果について述べた。ターゲット厚、レーザーパワー、ターゲット材質を変化させ、エネルギー輸送に関して体系的に調べた。ターゲット裏面発光の変化を観測し、相対論電子はジェット状に発生、伝搬し、その形状はプラズマの条件によって収束、フィラメント化することがわかった。相対論電子伝搬形状の変化は、抵抗率の空間的な変化によって発生する磁場を導入することで理解できることを明らかにした。また、ターゲット形状を変化させる事により、相対論電子伝搬を制御する事に成功した。

第4章では、先進的なターゲットである金コーンを用いた爆縮コアプラズマの加熱に関する研究成果について述べた。基礎実験として、超高強度レーザーと金コーンとの相互作用によって発生する相対論電子のエネルギースペクトル、放射分布を計測した。この実験から、金コーンターゲットによってレーザー光はガイドされていることを明らかにした。また、超短パルスレーザーによる爆縮コアプラズマの加熱実験を行い、効率良く追加熱されることを確認した。ペタワットレーザーを用いた場合では、3桁の中性子増加を達成し、効率的な高速加熱を実証し、高速点火の可能性を示した。

第5章は、まとめであり、本論文を総括した。また、レーザー核融合研究における本研究の意義を明らかにした。

論文審査の結果の要旨

本論文は、レーザー核融合高速点火方式に於ける加熱物理、特に超高密度相対論電子によるエネルギー輸送、及び、新しい形状のターゲットを用いた爆縮コアプラズマ高速加熱に関する実験成果をまとめたものであり、得られた主な成果は以下の通りである。

(1) 超高強度レーザーと固体ターゲットの相互作用によって発生する相対論電子は、レーザーパワーが 20 TW 程度の場合は、ターゲット厚 $200 \mu\text{m}$ まで拡がり角 20 度のジェット状に伝搬することが観測された。さらに厚いターゲット中においてはフィラメント状に割れて伝搬する事を観測している。

(2) フィラメント状に伝搬する超高強度レーザー生成相対論電子はレーザーパワーを上げていくことにより、1 つに収束していくことが実験的に明らかにされている。

(3) 超高強度レーザー生成相対論電子のエネルギー輸送（伝搬特性）は、自己加熱によるプラズ抵抗率の空間的な変化で発生する自己磁場が影響していることを提案している。人為的に空間的な抵抗率変化を持つターゲットを作成、予測通りの伝搬特性を得ている。

(4) ターゲットの形状を変化させる（シリンドー状、先尖り状）事により、超高強度レーザー生成相対論電子の伝搬特性を制御し、エネルギー密度を増大させることに成功している。

(5) 超高強度レーザーとコーンターゲットの相互作用に関する実験により、コーンターゲットによってレーザー光がガイドされ、レーザー強度が強くなる事を示唆している。

(6) コーンシェルターゲットによる爆縮実験を行い、コーンの先端に高い密度で燃料を爆縮できることを実験的に示している。さらに短パルス超高強度レーザーを爆縮した瞬間にコーン内部に照射することで爆縮コアプラズマを高速加熱することに成功している。0.5 ペタワットレーザーにより 3 衍の中性子增加（プラズマ温度 1 keV）を達成している。

(7) 高速点火条件を満たすプラズマ温度条件下（1~10 keV）に於いても、相対論電子の伝導帶チャネリングが生成され、相対論電子はプラズマ中を集束した状態で伝搬し、効率的な加熱の可能性を予測している。

以上のように、本論文はレーザー核融合高速点火方式における高速加熱を可能にする媒体としての高密度相対論電子エネルギー輸送を明らかにし、さらにその制御を試みている。これらをもとに新しいターゲット幾何学配置による爆縮コアプラズマ高速加熱を実現しており、将来の高速点火実現に大きく寄与するものである。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。