

Title	高速点火核融合のための超高強度レーザーと物質の相互作用による高速電子の発生に関する研究
Author(s)	谷本, 壮
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57460
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	谷本 庄			
博士の専攻分野の名称	博士(工学)			
学位記番号	第 23835 号			
学位授与年月日	平成22年3月23日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻			
学位論文名	高速点火核融合のための超高強度レーザーと物質の相互作用による高速電子の発生に関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授 田中 和夫			
	(副査) 教授 児玉 了祐 教授 上田 良夫 教授 飯田 敏行			
	准教授 長友 英夫 准教授 羽原 英明 准教授 加藤 裕史			
	准教授 村田 勲 准教授 坂和 洋一 准教授 村上 匡且			

論文内容の要旨

本論文は、著者が大阪大学大学院工学研究科電子情報エネルギー工学専攻博士前期課程及び電気電子情報工学専攻博士後期課程在学中に行った「高速点火核融合のための超高強度レーザーと物質の相互作用による高速電子の発生に関する研究」の成果をまとめたものである。

本研究では、高エネルギー粒子の中でも高速電子に着目し、(1) 高速電子の計測に関し実効的な計測ダイナミックレンジ拡大手法、(2) 物理基礎実験として、プラズマ中を自己集束現象でレーザー光が伝搬した際に発生する高速電子の放射分布、(3) 入射レーザー強度を $10^{18} \sim 10^{21} \text{ W/cm}^2$ と変化させて固体ターゲットに照射させた時に発生する高速電子の電子温度スケールリングについて研究を行った。

本論文は、全6章で構成されている。

第1章は序論であり、超高強度レーザーのこれまでの歴史、レーザー核融合の現状と超高強度レーザーを用いた高速点火核融合方式の概要について述べた。また、これらの研究による課題と本研究との関連について説明した。

第2章では、「超高強度レーザーと物質との相互作用」として、超高強度レーザーとプラズマの相互作用、プラズマ中でのレーザー光の伝搬による自己集束現象、高速電子の生成機構及び電子温度について述べた。

第3章では、本研究遂行の為にに行った「高速電子の計測手法」として、Imaging Plateの特性、Imaging Plateを用いた電子スペクトロメーターの計測方法及び解析方法について示した。また、高速電子等の高エネルギー且つ高密度な粒子を計測する際、Imaging Plateのデータ読み出しに用いているPhotomultiplierが飽和してしまいデータの読み出しが困難になった場合のデータ読み出す手法について説明した。

第4章では、「異なるプラズマ密度プロファイルにおける高速電子の放射分布の計測」として、プラズマ中をレーザー光が伝搬する際に起こる自己集束現象が起こった場合の高速電子の広がり角の計測について述べた。自己集束現象により発生する高速電子の放射分布は固体密度クラスのプラズマの場合に比べて小さくなる結果が得られた。これより自己集束現象によりレーザー光が高密度プラズマコア近傍まで伝搬し、発生する高速電子の広がり角が小さい事から高効率な加熱の可能性を示唆する結果が得られた。

第5章では、「PWクラスの超高強度レーザーと固体との相互作用により発生する高速電子の電子温度スケールリング」について述べた。 $10^{18} \sim 10^{21} \text{ W/cm}^2$ の超高強度レーザーを固体ターゲットに照射してその時発生する高速電子の電子スペクトルの計測を行い、高速電子の傾き温度の計測を行った。得られた高速電子の電子温度は、これまで理論シミュレーション等で考えられていたWilksらの電子温度Scalingより低くなる傾向になった。特に $10^{20} \sim 10^{21} \text{ W/cm}^2$ のレーザー強度においてはWilksらのScalingとの差は3倍近く差が見られた。また、得られた高速電子の電子温度は、Hainesらの高速電子の電子温度Scalingに近い事が分かった。高強度な場合、高速電子の電子温度が低くなる事は、高速電子の全エネルギーに対し、高密度プラズマコアの加熱に寄与する低エネルギー側の高速電子のエネルギーの割合が増加する事につながり、高効率な高密度プラズマコアの加熱になる可能性を示唆する結果が得られた。

第6章はまとめであり、本論文を統括した。

論文審査の結果の要旨

本学位論文は、学位申請者である谷本壮が大阪大学在学中に取り組んだ「高速点火核融合のための超高強度レーザーと物質の相互作用による高速電子の発生に関する研究」の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。

第1章は序論であり、これまでのレーザービームの発展、核融合反応、レーザー核融合方式の現状、高速点火核融合方式の概要について述べた後、本論文の目的を明確にしている。

第2章では、研究対象である超高強度レーザーと固体やプラズマ等の物質との相互作用によって発生する高エネルギー粒子の1つである高速電子の生成機構及び超高強度レーザーがプラズマ中を伝搬する時に起こる自己集束現象の物理機構を説明している。

第3章では、高速電子に感度のあるイメージングプレートの概要、イメージングプレートを用いた電子スペクトロメーターの原理及び解析手法について記述している。イメージングプレート信号を读出装置において光電子増倍管が飽和した時のデータ読み出し方法を考案し、飽和して読む事ができなかったデータも実効的にダイナミックレンジを拡大して読み出しが可能になる手法について報告している。

第4章では、プラズマに超高強度レーザーを照射してそのとき発生する高速電子の空間放射分布結果について記述している。プラズマ中をレーザー光が伝搬する際、自己集束現象により入射レーザー強度に対してレーザー強度が上昇し、その時発生する高速電子の放射分布（広がり角）は、固体に直接超高強度レーザーを照射した時に対し、半分程度の30度の広がり角まで小さくなる。この結果は、高速点火核融合においてより高効率な加熱が可能になる事を報告している。

第5章では、固体ターゲットに超高強度レーザーを照射した時に発生する高速電子の電子スペクトルの計測を行い、高速電子の電子温度の計測を行ったものである。この研究では、入射レーザー強度を変化させて、レーザー強度に対する高速電子の電子温度の電子温度のスケーリングを行っている。レーザー強度が高いとき (10^{20}W/cm^2) これまで理論シミュレーション等で考えられていた高速電子の電子温度に対し研究で得られた高速電子の電子温度は低くなる (2MeV) 事を述べている。この結果は、高速点火核融合において加熱に寄与する低エネルギー側の電子成分の増加に繋がりが、より高効率な高速点火での加熱が可能になることを示している。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめ本論文を総括している。

以上のように本論文は、高速点火核融合に関する相対論電子の生成に関する研究について述べており、今後実施される高速点火核融合方式の統合研究に向けて、実験設計を進める上で必要欠くべからざる結果である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。