The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ターゲット特性による超高強度レーザー生成高速電子の制御に関する研究
Author(s)	三島, 陽介
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/53997
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　三　島　陽　介　　）	
論文題名	ターゲット特性による超高強度レーザー生成高速電子の制御に関する研究

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気電子情報工学専攻博士後期課程在学中におこなった「ターゲット特性による超高強度レーザー生成高速電子の制御に関する研究」の成果をまとめたものである．

本論文は以下の５章で構成される．

第１章は「序論」であり，高強度レーザー照射によって生成された高エネルギー粒子の応用について，また，ターゲット特性(材質と表面構造）によって高速電子スペクトルが制御できる可能性について説明した．

第２章は「プラズモニクスの概要」であり，ナノ構造ターゲットの表面で発生する表面プラズモンと局在プラズモンについて説明し，それらを高強度レーザー領域へ応用する試みに関して述べた．

第 3 章では,「ターゲット材料の選択による高速電子スペクトルの制御」について述べた．Ponderomotive の温度スケーリング式から，高強度レーザーと臨界密度プラズマとの相互作用で生成される高速電子の温度はレーザー強度に応じた値をもつとされている．一方，高コントラストなレーザー条件下ではプレプラズマの膨張が抑制されるため，臨界密度以上をもつプラズマから超高強度レーザー加速される高速電子の温度がターゲット材質に依存するという新しい温度スケーリングが示された．本研究では，この新しい温度スケーリングの予測に基づき，電子密度の異なるターゲット材料を選択することによって電子温度を制御する試みをおこなった．高コントラストレーザーシステムを用いて実験をおこなった結果，得られたターゲット材料ごとの電子温度は Ponderomotive スケーリングに近い値を示し，それらに生じた温度差はプレプラズマの電離度と電子密度に起因する可能性が示された．

第 4 章では,「ナノ構造ターゲットを用いた表面プラズマ波励起による高速電子の高効率生成」について述べ，グレーティング本数密度，レーザー波長と入射角が共鳴条件を満たすとき，励起された表面プラズマ波が高速電子生成に及ぼす影響に関して実験・シミュレーションの両面から評価をおこなった．電子フラックスの角度分布を計測した結果，共鳴条件を満たすターゲットではそれ以外のターゲットと比較して大きな信号強度が観測された．続いて，電磁場シミュレーションがなぜ負の誘電率をもつ物質を考慮することができるのかについて説明し，表面プラズモンの性質を再現した．さらに，電磁場シミュレーションから求めた表面プラズモンによる電場増強の効果を粒子シミュレーションへ間接的に組み込むことで，実験から得られた高速電子の角度分布とその利得を再現することができた．

第５章では本論文をまとめ，総括をおこなった．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　三島　陽介　）			
論文審査担当者		(職)	氏　名
	主 査	教授	田中　和夫
	副 査	教授	上田　良夫
	副 査	教授	兒玉　了祐
	副 査	教授	村上　匡且
	副 査	教授	中井　光男
	副査	准教授	河中　準二

論文審査の結果の要旨

本論文は、高エネルギー密度科学のうち、超高強度レーザーにより加速された相対論的速度を持つ電子の発生効率向上手法に関して、実験、理論、シミュレーションを用いて研究したものである。
本論文は、以下の５章から構成されている。

第1章は序論であり，高強度レーザー照射によって生成された高エネルギー粒子の応用について，また，ターゲット特性(材質と表面構造）によって高速電子スペクトルが制御できる可能性について説明した.

第2章はプラズモニクスの概要であり，ナノ構造ターゲットの表面で発生する表面プラズモンと局在プラズモンについて説明し，それらを高強度レーザー領域へ応用する試みに関して述べた.

第3章では，ターゲット材料の選択による高速電子スペクトルの制御について述べた.
Ponderomotive 力を用いた温度スケーリング式から，高強度レーザーと臨界密度プラズマとの相互作用で生成される高速電子の温度はレーザー強度に応じた値をもつとされている．一方，高コントラストなレーザー条件下ではプレプラズマの膨張が抑制されるため，臨界密度以上をもつプラズマから超高強度レーザー加速される高速電子の温度がターゲット材質に依存するという新しい温度スケーリングが示された．本研究では，この新しい温度スケーリングの予測に基づき，電子密度の異なるターゲット材料を選択することによって電子温度を制御する試みをおこなった．高コントラストレーザーシステムを用いて実験をおこなった結果，得られたターゲット材料ごとの電子温度はPonderomotive スケーリングに近い値を示し，それらに生じた温度差はプレプラズマの電離度と電子密度に起因する可能性が示された.

第4章では，ナノ構造ターゲットを用いた表面プラズマ波励起による高速電子の高効率生成について述べ，グレーティング本数密度，レーザー波長と入射角が共鳴条件を満たすとき，励起された表面プラズマ波が高速電子生成に及ぼす影響に関して実験・シミュレーションの両面から評価をおこなった．電子フラックスの角度分布を計測した結果，共鳴条件を満たすターゲットではそれ以外のターゲットと比較して大きな信号強度が観測された．続いて，電磁場シミュレーションがなぜ負の誘電率をもつ物質を考慮することができるのかについて説明し，表面プラズモンの性質を再現した．さらに，電磁場シミュレーションから求

めた表面プラズモンによる電場増強の効果を粒子シミュレーションへ間接的に組み込むことで，実験から得られた高速電子の角度分布とその利得を再現することができた.

以上のように、本論文は超高強度レーザーが、表面プラズモンと結合することで相対論的速度を持つ電子をどのように、効率よく発生するかを、実験で示した．理論的には粒子コードシミュレーションを用いて実験結果を誘電率の議論を通して明らかにしている説明した。研究成果は、高エネルギー密度科学の発展に多大な貢献を為した。
よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。