

(続紙 1)

京都大学	博士 (理 学)	氏名	井上 峻介
論文題目	Femtosecond Electron Deflectometry for Measuring Ultrafast Transient Fields Induced by Intense Laser Pulses		
(論文内容の要旨)			
高強度短パルスレーザーを物質に照射すると、高エネルギー密度のプラズマが生成される。このプラズマ中より発せられる様々な放射線（電子線、陽子線、X線、テラヘルツ波など）は短パルス、高強度、点源、異種放射線間の完全同期等の優れた特徴を有しており、次世代の放射線源として注目されている。これらレーザー生成放射線は、レーザーの作り出す非常に強い電磁場により加速された電子（高速電子）の運動により発生する。このため、高速電子の運動の時間発展もしくは高速電子の作り出す電磁場の時間発展を調べることが、レーザープラズマ相互作用やレーザー生成放射線発生 of 物理を理解するために極めて重要である。しかしながら、高速電子の運動はレーザーパルス幅の数百フェムト秒 (10^{-13} 秒) 程度という極短時間のうちに変化するため、その時間分解測定は困難であった。 本論文は、フェムト秒程度の高い時間分解能での電場測定法を提案し実証した成果をまとめたものである。6章より構成され、第1章では、レーザープラズマ物理における本研究の意義、および関連研究の世界の動向を解説し、第2章では、短パルスレーザーにより加速される電子パルスをプローブパルスとし、電子結像系を用いてフェムト秒レーザープラズマ近傍の電場を観察するポンププローブ法「フェムト秒電子偏向法」を提案している。第3章ではその実証実験を示している。フェムト秒電子偏向法を用いることで、高速電子によって生成された数百フェムト秒の時間内に変化する電場を捉えることに成功した。第4章においては、レーザーと薄膜との相互作用により生成プラズマ近傍に生成される電磁場の測定について報告している。薄膜の導電性により薄膜表面に生成される電界の方向と強度に時間的挙動が全く異なる事を発見した。第5章では、フェムト秒レーザーによって生成される高速電子がレーザープラズマから放出される時間は、レーザーのパルス幅によって変化することを始めて観測した結果について報告している。第6章により本論文を総括している。 第2章で述べた手法を用いた実証実験（第3章）を発展させた実験（第5章）の概要は以下の通りである。中心波長 800nm のテラワットレーザーをアルミニウム薄膜上に集光照射した。照射レーザーを2本のエネルギーの等しいビームに分割し、ターゲット表面上の 27μm 離れた2点に等集光径になるように集光することで、それぞれの照射位置から同等の電子を発生させる。一方のレーザービームに時間遅延を与えることで、電子の発生する時刻を変化させることができる。発生した電子は磁場型の電子レンズと蛍光スクリーンからなる高空間分解能の電子結像系によって拡大撮像される。レーザー照射直後に一方の電子が他方のレーザーにより生成された電子の影響を受けると、電子の軌道が変化し、その結果スクリーン上に結像される位置が変化する。この結像位置の変位量は電子が受けた電磁場に関する情報を持つため、変位量の光学遅延時間依存性を測定することで、電子の放出時間を評価することができる。レーザーパルス幅を変化させると、電子の相互作用時間も変化することが分かった。レーザーパルス幅を 200 から 690 fs と変化させた場合の電子変位量についての実験結果と電子源のパルス幅を同様に变化させた場合の電子運動数値計算結果から、電子の放射時間はレーザーパルス幅にほぼ等しい事を世界で初めて検証した。			

(論文審査の結果の要旨)

レーザーの作る高強光場中における物質の物理が新しい対象の物理として世界各国で研究が行われている。特に超高強度レーザーとプラズマの相互作用では、様々な放射線が発生し、次世代の放射線源として注目され、その学術的基盤となるレーザープラズマ物理の研究が重要となっている。レーザープラズマ相互作用の物理を明らかにするためには超高速で変化する現象を捉える手法が必要になる。

本論文は、フェムト秒程度の高い時間分解能での電場測定法を提案・実証したものであり、当該関連分野に大きく貢献する成果である。実験手法は独創的であり、実験も精緻に行われており、考察も妥当である。特に、レーザー加速電子の放射時間がレーザーパルス幅と同程度であること世界で初めて実験的に検証した意義は大きい。本論文を構成する第2、3、5章はそれぞれ世界的権威のある一流学術雑誌 Review of Scientific Instruments, Applied Physics Letters, Physical Review Letters に掲載されており、当該分野において評価を得ている。

本論文について論文調査委員により記述内容審査を行ない、博士(理学)の学位論文とし価値のあるものと認めた。そして平成25年1月15日に論文内容とそれに関連した口頭試問を公開で行ない、その後の審査委員会により、全委員一致で合格と認めた。