

Title	臨界密度プラズマ中を伝搬する超高強度レーザーに関する研究
Author(s)	岩脇, 智行
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.18910/52172
DOI	10.18910/52172
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏 名 (岩脇 智行)

論文題名

臨界密度プラズマ中を伝搬する超高強度レーザーに関する研究

論文内容の要旨

本論文は筆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課程在学中に行った「臨界密度プラズマ中を伝搬する超高強度レーザーに関する研究」を纏めた物である。

レーザー核融合高速点火方式では爆縮によって生成される高密度なコアプラズマを超高強度なレーザー光によって強制的に追加熱する。爆縮されたプラズマに対して超高強度レーザーを直接照射すると、レーザー光はコアプラズマ近傍まで伝搬し、高エネルギーな高速電子ビームを発生させる。ある有限の広がり角を持つこの高速電子ビームはコロナプラズマ中を伝搬し、コアプラズマを追加熱する。効率良くコアプラズマを追加熱するためには、レーザー光から高速電子ビームへの変換効率を高め、且つ発生した高速電子の多くをコアプラズマまで届けることが求められる。そのためには、レーザー光は出来るだけコアプラズマの近くまで伝搬し、且つ多くの高速電子を発生させることが望ましい。このような背景のもと、筆者はレーザーとプラズマとの相互作用が強い比較的高密度な臨界密度プラズマ領域における超高強度レーザーの伝搬に着目した。その結果、レーザー光が臨界密度プラズマまで到達した場合にプラズマチャンネル内に励起される強い磁場によって、高速電子ビームの指向性が向上することが明らかとなった。加えて、プラズマの流速が超高強度レーザーの伝搬に多大な影響を与えることが明らかとなった。

本論文は以下の6章で構成される。

第1章は序論であり、レーザー核融合高速点火方式に関して述べた。加えて、これまでに報告された研究と本研究との関連を説明した。

第2章は本研究と関連の深い基礎理論に関して纏めた。特に本論文での議論に必須となるボンデラモーティブカや相対論的臨界密度に関して、その詳細を記した。また、これまでに知られているレーザー光の伝搬速度や伝搬距離に関して、その導出課程や考慮すべき物理量を明確にすることに注意しながら解説した。最後に、ここで示した伝搬速度と伝搬距離との関係を数値計算に起こすことによって、密度勾配を持つプラズマ中を伝搬するレーザーパルスの伝搬距離を求めた。

第3章では「超高強度レーザーのコロナプラズマ中の伝搬距離と高速電子の角度広がり」に関して述べた。ここからレーザー光が臨界密度まで伝搬することによって指向性の良い高速電子ビームが生み出される可能性が示された。また、この実験によって、これまで考えられていなかった現象がレーザー光の伝搬距離を縮めている可能性が示された。前者の検証を第4章に、後者の考察を第5章に纏める。

第4章では、前章において示された仮定を確認するために行った実験や2次元のシミュレーション、追加計算に関して述べた。実験では低密度プラスチックフォームをプラズマ化させることによって一様な臨界密度プラズマを形成し、そこへ超高強度レーザーを照射した。その結果、発生した高速電子は前章と同様に優れた指向性を示した。2次元の粒子シミュレーションにおいても同様の結果を得た。そこで、シミュレーションから得られた磁場分布を用いて追加計算を行った。その結果、プラズマチャンネル内に励起される数100 MGの強さを持つ磁場が、発生した高速電子の指向性を向上させていることが明らかとなった。

第5章では、第3章の結果を受け、臨界密度プラズマ領域中を伝搬する超高強度レーザーの様子を、粒子シミュレーションを用いて調べた。その結果、背景プラズマの電子流速がレーザー光の伝搬に影響を与えることが明らかとなった。この影響はレーザー光先端領域において顕著に見られ、その領域におけるレーザー強度の低下に繋がる。そのため、レーザー光の伝搬が不安定となり、伝搬速度が低下する。このような伝搬速度の低下は最終的にレーザーパルスの伝搬距離の短縮に繋がる。この影響を回避するためには、レーザー強度を十分に高める必要がある。

第6章はまとめであり、本論文の総括とした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (岩 脇 智 行)	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主 査 教授 田中和夫
	副 査 教授 上田良夫
	副 査 教授 児玉了祐
	副 査 教授 飯田敏行
	副 査 教授 村上匡且
	副 査 教授 中井光男
論文審査の結果の要旨	
<p>本論文は、臨界密度プラズマ中を伝搬する 超高強度レーザーに関する研究に関する成果を記している。</p> <p>第1章では、レーザー核融合高速点火方式に関して述べたあとに、本論文の目的と意義をまとめている。</p> <p>第2章は「超高強度レーザーとプラズマとの相互作用」に関して本研究と関連の深い項目に関して述べている。</p> <p>第3章では「超高強度レーザーのコロナプラズマ中の伝搬距離と高速電子の角度広がり」に関して述べている。</p> <p>第4章では「臨界密度プラズマから放出される指向性の良い高速電子」に関して述べている。前章において示された仮定を確認するために行った実験や2次元のシミュレーション、追加 計算に関して述べている。その結果、プラズマチャンネル内に励起される数 100 MG の強さを持つ磁場が、発生した高速電子の指向性 を向上させていることを示している。</p> <p>第5章は「臨界密度プラズマ中を伝搬するレーザー光の伝搬速度の異常低下」に関して述べている。ここでは、第3章の結果を受け、臨界密度プラズマ領域中を伝搬する超高強度レーザーの様子を、1次元、2次元の粒子シミュレーションを用いて調べている。その結果、背景プラズマの電子流速が レーザー光の伝搬に影響を与えることが明らかになっている。</p> <p>第6章はまとめであり、本論文の総括とした。</p> <p>以上のように、本論文はこれまでに、十分に研究が行われてこなかった臨界密度でのレーザープラズマ相互作用の挙動詳細を明らかにしたものである。研究結果は、十分な新規性を有しており、高エネルギー密度科学特にレーザー核融合の新技术高速点火研究に貢献することが出来る内容となっており、個々の内容は、専門誌に発表され世界に公表された。</p> <p>よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。</p>	