

平成 22 年 5 月 6 日現在

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19206099

研究課題名 (和文) 臨界密度以上のプラズマでの相対論的レーザー光自己集束現象の研究

研究課題名 (英文) Study for relativistic laser self-focusing in over critical density plasma

研究代表者

田中 和夫 (TANAKA KAZUO)

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70171741

研究代表者の専門分野：プラズマ物理

科研費の分科・細目：総合工学・核融合学

キーワード：慣性核融合、高速点火、相対論的自己収束

1. 研究計画の概要

本研究は私たちが新たに提案している高速点火レーザー核融合の新方式、相対論的光自己集束現象を導波路とした高速点火の基礎研究として、(1) 相対論的レーザー光自己集束現象の詳細を明らかにし、(2) その内部又は先端から発生する高速電子の発生とエネルギー輸送の詳細を明らかにすることを目的としています。金コーンの真空ガイドを使わないで燃料コアを加熱するためには、爆縮された高密度コアを取り巻く大スケールのコロナと臨界密度を超えるプラズマを切り裂き、加熱の為のレーザー光パルスを通すための真空チャンネル形成が必要となります。またチャンネルが、爆縮コア付近まで形成された場合、その先端から燃料コアを加熱する高速電子を発生させコアを加熱する必要があります。このチャンネル生成条件が明らかになり、発生する高速電子の特性が判れば、高速点火実験に応用する事が可能となります。

2. 研究の進捗状況

本研究計画は、(1) 臨界密度を超える密度を持つ一次元空間大スケールプラズマを生成させ、(2) 相対論的レーザー光チャンネル生成 (特性の判った一次元プラズマ中でのレーザーによるチャンネル形成) を行い、その生成過程及び条件を明らかにします。(3) そこで生成された電子のスペクトルを、従来開発したイメージングプレート方式をさらに改良し、 10^5 以上の電子検出ダイナミックレンジを可能にする電子スペクトロメータを真空計測用 (新規) に製作し、計測します。(4) チャンネルから発生

する高速電子の高密度プラズマへの加熱機構の解明、及び加熱効率の計測、の4つを明らかにすることで相対論的光自己収束を用いた高速点火研究の実現性を実証することを行いました。

このうち、(1) 及び (2) に関しては大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの激光 MII レーザーシステムで実験を行い、プラスチックターゲットに予め高エネルギーレーザーを照射してスケール長 $30\mu\text{m}$ 程度の大スケールプラズマを形成、そのプラズマ密度の空間分布を別のプローブレザー光を用いた干渉計測で計測しました。得られたプラズマに対し高強度レーザーを照射すると、ある一定の照射位置の場合のみ、綺麗な単一プラズマチャンネルが形成されることを明らかにし、さらにその条件でプラズマ加熱に必要な高速電子の生成量が増大し、ビームの収束性が向上することがわかりました。

(3) に関しては高速電子スペクトルを 5 度間隔で 7 つ計測できる新型マルチチャンネル検出器を開発し、実際の高速点火統合実験で使用して顕著な成果を得ることに成功しました。

また (4) に関しては、プラズマ加熱が起こり核融合発生中性子が増加した場合のみ、得られた多方向高速電子スペクトルが変形する実験結果を得、それをもとに電子磁気流体力学をベースとしたまったく新しい加熱機構をインドとの国際共同研究によって提唱し、実験と定性的な一致を得ることができました。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

当初計画はほぼ達成され、すでに上記(1)、(2)に関してはレーザー核融合の分野では最も権威のある米国物理学会プラズマ分科会やIFSA国際会議にて招待講演として発表し、非常に高い評価を得ました。また(3)に関しても2010年5月に行われる第10回高温プラズマ計測会議で発表し、学術論文として発表する予定です。(4)に関してはすでに2009年にインドとの共同研究をNew Journal Physics誌に投稿し、高い評価を得、2009年度におけるハイライト論文に選出されました。

従って、当初の計画以上に進展しているといえます。

4. 今後の研究の推進方策

計画を前倒して実施する事が出来、十分な知見が得られそれを成果論文としてまとめることが出来たため、新たに基盤研究A22246122として受理され、引き続き研究を推進していく予定です。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ① H. Habara 他、Direct, Absolute, and In Situ Measurement of Fast Electron Transport via Cherenkov Emission、Physical Review Letters、104、055001、2010、査読有
- ② A. L. Lei, K. A. Tanaka 他、Study of ultraintense laser propagation in overdense plasmas for fast ignition、Physics of Plasmas、16、056307、2009、査読有
- ③ A. Okabayashi, K. A. Tanaka 他、Monte-Carlo Simulations for Heating of Superdense Matter by Relativistic Electrons、Journal of Plasma and Fusion Research SERIES (JPFR SERIES)、8、1222-1225、2009、査読有
- ④ K. A. Tanaka 他、Autoinjection of electrons into a wake field using a capillary with attached cone、Physics of Plasmas、16、123103、2009、査読有
- ⑤ K. A. Tanaka 他、Guiding and confining fast electrons by transient electric and magnetic fields with a plasma inverse cone、Physics of Plasmas、16、027702、2009、査読有
- ⑥ H. Habara 他、Effect of reentrant cone geometry on energy transport in intense laser-plasma interactions、Physical Review E、80、045401、2009、査読有
- ⑦ H. Habara 他、Development of High-Order Harmonic Light Spectrometer for Observation of Strong Magnetic Field

Generated by Fast Electrons in Laser-Plasma Interactions、Journal of Plasma and Fusion Research SERIES (JPFR SERIES)、8、1214-1217、2009、査読有

- ⑧ K. A. Tanaka 他、Fast heating of cylindrical imploded plasmas by PW laser light、Physical Review Letters、100、165001、2008、査読有

[学会発表] (計6件)

- ① 羽原英明、Measurement of fast electrons inside the dielectric material via observation of its Cherenkov radiation、J-UK HEDS workshop、2010.1.8、Noboribetsu
- ② 田中和夫、Fast Ignition and High Intense Laser Matter Interactions、The 6th International Conference on Inertial Fusion Science and Applications、2009.9.7、San Francisco, USA
- ③ 田中和夫、相対的レーザープラズマからの高速粒子、日本物理学会 2009年秋期大会、2009.9.25、熊本大
- ④ 田中和夫、Importance of LEAFCAP & APPLE、TITAN Japan-US workshop、2009.10.8、核融合科学研究所
- ⑤ 羽原英明、Measurement of fast electrons inside the dielectric material via observation of its Cherenkov radiation (invited)、第51回米国物理学会プラズマ物理分科会、2009.11.6、Atlanta, USA
- ⑥ 羽原英明、Stable single channel formation in long scale plasma for fast ignition (Invited)、The 6th International Conference on Inertial Fusion Science and Applications、2009.9.11、San Francisco, USA