

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2013

課題番号：22246122

研究課題名(和文) 相対論レーザー光自己集束による高速点火加熱の有効性検証

研究課題名(英文) Validation of Relativistic Laser Self-focusing for Fast Ignition

研究代表者

田中 和夫 (Tanaka, Kazuo)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70171741

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,600,000円、(間接経費) 10,680,000円

研究成果の概要(和文)：この研究では、プラズマ中でのレーザー光自己集束現象の実験を展開し、その理解に基づいてレーザー核融合の高速点火手法に応用することを目標としている。此処までに、臨界密度以上の密度を持つプラズマ中を一本のプラズマチャンネルを形成し、プラズマ中を侵入するレーザー光自己集束現象の観測に成功した。高速電子の発生角度が極端に狭くなる現象の観測にも成功した。この現象の一般性を確かめるため、米国ロチェスター大学のレーザー装置を用いて共同研究という形で実施した。レーザー集光強度 $10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>、波長1ミクロン、パルス幅10ピコ秒という条件で行った結果、明確にレーザー光自己集束現象が観測された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to study the self-focusing of ultra-intense laser in plasmas and to apply the physics understanding to the application of fast ignition laser fusion. We have successfully observed a single channel self-focusing in a plasma as well as the narrowing of fast electron emission angle via self-focusing. In order to confirm the self-focusing without the loss of generality, we have committed the experiment using the laser system at University of Rochester, U.S.A. Using the laser wavelength 1053 nm, pulse width 10 psec, intensity  $10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>, the self-focusing in overdense plasmas has been observed.

研究分野：工学

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 レーザー自己集束 高速電子

## 1. 研究開始当初の背景

1984年に(米)Max Tabakにより提案された高速点火方式[2]は、レーザー爆縮により高密度に圧縮された燃料コアをその静止時間内(~100ピコ秒)に、コアを取り巻くプラズマコロン中に導波路を確保し、そこに超高強度レーザー(強度 $>10^{18}$ W/cm<sup>2</sup>)パルス(時間幅1-10ピコ秒)を注入し、そのレーザーエネルギーを燃料コア近傍にて高エネルギーの電子に変換し、この電子により瞬時に密度燃料コアを加熱し、高速(瞬間)点火しようとするものです。コアでは密度だけを高くし、温度は低いままで形成すれば良いため、レーザー爆縮時に従来の中心点火方式で最重要課題とされてきた流体力学的不安定性の回避が本質的に必要なく、数分の1のレーザーエネルギーで核融合点火を達成できると考えられています。我々は既に、高速点火ターゲットとして中空の金コーンを超高強度レーザーパルスの真空ガイドとして使用し、1keVまでイオン温度の加熱を世界で初めて実証しました[1]。この成果は世界中から注目を集め[3]、各国がこぞって高速点火方式を研究するに至りました[4]。

その後、エネルギー増強されたレーザーシステムを用いて、金コーンを使った高速点火研究は盛んに行われるに至りました。しかし、エネルギー増強を行ったために、レーザーメインパルスの前に存在するプレパルスのエネルギーが増大し、このプレパルスにより金コーン内がメインパルスが到着する前にプラズマで満たされてしまい、不必要なレーザープラズマ相互作用が起きるのを回避できず、研究が停滞しているのが現状です。

本研究では金コーンのガイドは使わず、レーザー光自己集束チャンネルをレーザーパルス自身のガイドとして利用する高速点火方式を提案します。通常核融合プラズマでは、誘導ラマン散乱など非線形のレーザープラズマ相互作用は、回避する対象となってきました。私どもの提案は、この非線形性を積極的に利用することで、自然な相対論レーザー自己集束というメカニズムの流れの中で核融合反応に導こうとするものです。レーザー光圧力であるポンデロモータティブ力と、相対論効果で誘起されるプラズマ中のレーザー光異常透過性を利用し、通常では伝搬不能な高密度プラズマにレーザー光自己集束を起こし、プラズマ穿孔によるチャンネルを生成します。レーザーは、コア近傍まで到達し、そこでパルスのレーザーエネルギーをコア加熱に使用するというものです。将来レーザー核融合炉設計の観点から、

コーンのdebris(ゴミ)問題が無い、爆縮が均一になり、容易に高密度コアが形成できるなどの利点のある「金コーンを使用しない高速点火方式」に繋がる研究をすることは、レーザー核融合のより早い実現を目指す場合、非常に重要な研究となります[5]。私どもの研究が起点となり、欧州の高速点火プロジェクトHiPERでは、此処で提案する手法を計画に取り込

み、フランス、英国の基礎実験に参加するよう要請が来ております。フランスにおいて私どもが提案する実験が2010年に計画されています。また米国に於いても、ロチェスター大学の高速点火計画では私どもの手法を採用しており共同研究の要請が来ており、2009年12月以降の実験に継続的に参加する事が決まっています。

代表者らは、既に100ピコ秒のパルス幅を持つ高強度レーザー光自己集束(強度 $<10^{16}$ W/cm<sup>2</sup>)によるプラズマ穿孔で多くの実績[6]を挙げ、次のステップである超高強度レーザーレーザー光自己集束(強度 $>10^{18}$ W/cm<sup>2</sup>)によるプラズマ穿孔への足がかりとなる基礎物理を確立しました。更に平成19年度より科研A「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」において1ピコ秒のパルス幅を持つレーザー光自己集束現象(強度 $>10^{18}$ W/cm<sup>2</sup>)及び高速点火に必要な電子発生に関する詳細を明らかにする事に成功しました[7]。こうした成果は、米国、フランス、イギリス、中国、インドとの共同研究としても進めており[8、9]ます。さらに学術的見地からは、高速点火実現の為に必要な物理を理解する事は、相対論レーザープラズマ相互作用という分野の体系化に発展させようとしています。科研A(平成19年度より3年目)において当初目的とした課題「超高強度レーザー光自己集束によるプラズマ中でのチャンネル形成と強度評価、チャンネル内部及び先端より生成される高速電子の発生エネルギー(1~50MeV)、必要な計測装置の開発・製作に関してはすべて達成され[7,8]、これら以外に全電流量100MAを超える高速電子のエネルギー付与機構に関しても全く新しい理論提案をNew journal of Physics (IF 3.44 (2008))発表するに至りました[8]。

[1] R Kodama, KA Tanaka et al., Nature 412, 798 (2001); ibid 418, 933 (2002), [2] M Tabak et al. Phys. Plasmas 1, 1626(1994), [3]KA Tanaka, APS (米国物理学会) Fellow (USA03); 文部科学大臣賞(05); APS Excellence Award (USA,06); Daiwa Award(UK,08), [4]Vucan PW 計画 (UK), HiPER Project (EC), ARC 計画 (USA), OMEGA-EP(USA), PETAL(France), [5] T Goto, PhD Thesis, University of Tokyo(2007), [6] KA Tanaka et al., Phys. Rev E. **60**, 3283 (1999); K Takahashi, KA Tanaka et al., Phys. Rev. Lett. **84**, 2405 (2000), [7]T Matsuoka, KA Tanaka et al., Plasma Phys. Contr. Fus.50, 105011(2008), A Lei, KA Tanaka et al., Phys. Plasmas, 16, 056307 (2009), [8]T Tanimoto, KA Tanaka, KL Lancaster, P Norreys et al., Phys. Plasmas 16, 062703(2009)

## 2. 研究の目的

将来レーザー核融合炉を見通す場合、高速点

火方式は、2002年に示したその有効性[1]を点火温度数 keV のレベルで且つより簡単な構造のターゲットで検証出来れば高速点火炉の実現により速く繋がります。相対論レーザー光自己集束現象という非線形メカニズムをフルに利用し、通常の臨界密度以上のプラズマにレーザー光を伝搬させ、実効的臨界密度に達した所でレーザー光を効率良く高速電子に変換させます。高密度燃料を複数レーザービームで一端爆縮し(保持時間~100 ピコ秒)がその爆縮コアが再度爆発崩壊する前に、加熱が可能かどうかを検証します。この研究は、高速点火という有力なオプション確立だけではなく、相対論プラズマ非線形物理という未踏の科学の体系化という目的も合わせて達成します。

### 3. 研究の方法

#### 【高速点火基礎実験】

こうした積分型実験を支えるために、基礎実験として次の内容を計画します。

(1)レーザーから高速電子への正確な変換効率を計測します。(Karl Krushelnick 教授、ミシガン大学(米)、Ravi Kumar 教授、Tata Institute of Fundamental Research (印)のレーザーも併用。)

(2)大規模スケール長を持つ臨界密度を超えるプラズマに超高強度レーザーを照射し相対論的光自己集束のパラメータサーチによりデータベースを構築します。レーザー干渉計測(既存)によりプラズマ密度スケール長を正確に測定し、相対論レーザー光によるプラズマ中へのチャンネル生成を測定します。干渉計測手法は、既に代表らにより 100 ピコ秒のレーザーパルスにより確立されています[11]。(Sophie Baton 教授、エコーポリテクニク(仏)レーザーも併用)

(3)高速電子のエネルギー輸送、エネルギー付与機構を理解・同定するために、粒子コード(PC クラスタ:新規)を開発し(大学院生 1 名と坂上仁志教授(核融合研)、田口俊弘教授(摂南大学))実験をシミュレーションします。

#### 【高速点火積分実験】

高速点火のレーザー光自己集束による加熱の可能性を調べるために、高速点火モデル実験を実施します。

12本のレーザービーム(波長 527nm,パルス幅 2 ナノ秒、エネルギー300J/ビーム)によりCD(重水素プラスチック)球を爆縮し、高密度コア(密度 50~100g/cm<sup>3</sup>)を生成し、コア密度が最大になるタイミングを確定します。タイミングは、X線ストリークカメラによるイメージングで行います。我々は、この実験で最も重要なファクタである爆縮に関しては、02年[1]の実験を始め、米国との高速点火共同実験(米ロチェスター大学のレーザーで実施)の豊富な経験を有しています[18]。

加熱用レーザー(波長 1053nm,パルス幅 1~10 ピコ秒、エネルギー10kJ)を相対論光自己集束現象を用いて爆縮されたコア近傍まで注入し、コア加熱を行います。この実験では、

此処までに得られたデータから、プラズマのどの密度付近に加熱レーザーの集光ポイントを配置するかというレーザーのポインティングを決めて、注入します。実験は、本提案の中で最も高度な実験の総合技術が要求されます。

### 4. 研究成果

#### 【高速点火基礎実験】

(1)レーザーから高速電子へ変換効率を計測  
インドムバイの Tata Institute of Fundamental Research の 40-100 TW レーザーシステムを用いて実験を行った。高速電子の変換効率を向上させるために、銅フォーム構造ターゲットを用いました。そのフォーム構造のフォームの構造最適化を行うことが出来ました。

レーザーの条件は、レーザー強度が $\sim 10^{18}$ W/cm<sup>2</sup>で、パルス幅 40 fs、波長 800 nm、スポットサイズは 17  $\mu$ m です。また、入射角度は 40° で P 偏光、f/3 の軸外し放物面鏡(OAP)を用いて集光される。レーザーの繰り返し条件は 5Hz です。このレーザー光パルスターゲットに照射し高速電子の発生を計測しました。

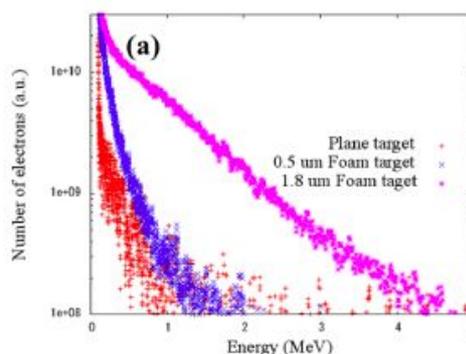


図 1 Foam 構造の径を 500nm,1880 nm に変化させた場合の高速電子スペクトル。平板の場合と比較している。

図 1 は、平板に対し、粒径 500 nm のフォームの方が、0.5 MeV 付近で見ると約 1.3 倍ほど多く、高エネルギーの電子を生成していることが分かる。また、粒径 1880 nm のフォームでは、圧倒的に高速電子が生成された様子が見とれます。1 MeV のエネルギーで見ると 500nm のフォームに較べても 10 倍の開きがあることが判ります。

(2)大規模スケール長を持つ臨界密度を超えるプラズマに超高強度レーザーを照射し相対論的光自己集束のパラメータサーチによりデータベースを構築。

ロチェスター大学(米)のオメガ EP レーザーシステムを用いて爆縮球対称プラズマの際に出来るプラズマスケール長を持つプラズマを模擬的に平板ターゲット上に作り、オメガ EP レーザーによる相対論効果を含むレーザー自己集束現象の実験を実施しました。

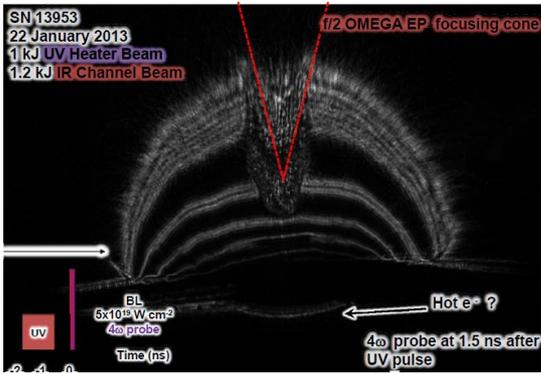


図 2 プラズマ中を穿孔するレーザー自己集束を捉えた 263nm 波長、パルス幅 10 ピコ秒のプロブレーザーによるシャドウグラムの像。

この像からは、1053nm 波長、パルス幅 10 ピコ秒の自己集束用レーザーがプラズマ中に 1kJ のエネルギーで注入され、レーザー自己集束を起こして、非常に高い臨界密度まで侵入していることが判る。この実験ではさらに、高密度プラズマでのレーザー自己集束の様子を計測する新手法として、レーザー誘起プロトンビームによるシャドウグラム計測の開発にも成功しました。プロトンビーム計測からは、レーザー光が臨界密度を超えてさらに超臨界密度を進入する様子が観測されています。

#### 【高速点火積分実験】

大阪大学レーザーエネルギー学研究中心のレーザー装置を利用した積分実験を実施しました。爆縮に用いたのは、CDプラスチックの中空球ターゲットで、プラスチックには、1.6%の銅が混入されています。この銅は、超高強度レーザーから発射される高速電子により励起されたK殻から特徴的なK $\alpha$ 線(8keV)を放出します。爆縮されたコアからのK $\alpha$ 線を観測することで、高速電子がどの程度コアを通過したかが判別できます。

実験では、爆縮用に 300 ジュールの 1.3 ナノ秒のパルス幅を持つ波長 527nm の 12 本のレーザーパルスを 470 ミクロン直径のターゲットに照射しました。爆縮コアが生成されたタイミングで超高強度レーザーを爆縮プラズマに注入しました。その結果図3に示すように、明らかにコアからのK $\alpha$ 線が増大しました。超高強度レーザーを照射しない爆縮だけの場合と較べると約 2 倍の増大となりました。この結果から、加熱レーザーエネルギーの約 20 - 30%の割合が、高速電子として爆縮コアを通過したことになります。

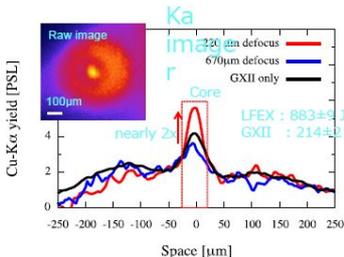


図 3 コアからの K $\alpha$ 線発光強度を加熱ビーム有り (プラズマ中への集光ポジション 230 及び 670  $\mu$ m) と加熱ビーム無しの場合の比較

#### 【成果のサマリー】

此処までに示したのは、実験研究成果のうち、科研Aで成果を約束した部分に限定したものです。この成果から、このレーザー自己集束を用いて、爆縮コアを加熱する方法が、有効に機能することが検証されたことになります。

#### 要するに

1. プラズマに注入された加熱用レーザー光は、注入方向に向かってまっすぐにレーザー自己集束しながら進入します。先端が割れたりして、レーザーの進行方向が定まらないなどの問題は無いことが確認されました。加熱用レーザーは、1~10 ピコ秒のパルス幅で、強度  $10^{19}$  W/cm $^2$  を超えていれば加熱ビームとして爆縮コアに向かって安定に注入が可能であることが判りました。
2. 加熱レーザーから放出される高速電子は、発散角が 10 度前後となり非常にコリメート (発散角が小さいこと) されていることが実証されました。これにより高い立体角で、高速電子がコアを照射できることが実証されました。
3. 高速点火積分実験では、爆縮させるプラスチックに銅を混入させ、そのK $\alpha$ 線が高速電子により誘起放出されたx線の空間画像を取得しました。この画像から、レーザーエネルギーの約 30%がコアを通過していることが実証されました。こうした成果から判ることは、次の段階に進む準備が完結したことになります。次の段階とは、実際に高密度爆縮を発生させ、加熱ビームによる爆縮コア加熱をこのレーザー自己集束手法を用いて実験することです。

実験は、レーザーエネルギー学研究中心のレーザーとロチェスター大学のレーザー装置を用いてのみ実行可能となります。この加熱実験は、レーザー核融合の高速点火手法の有効性を実証するという非常に重要な役割を担うことになります。そのため、此処まで傑出した実績を挙げてきた本科研Aの組織を中心にして進める必要があります。

基礎研究についても、高速電子の増加方法、高速電子のプラズマ中でのエネルギー付与機構の解明、加熱温度計測手法開発など重要な課題が残されています。こうした研究を一気に進めて高速点火手法の有効性を実証することが、次段階の研究として求められております。我国の研究が世界をリードしており、この機会を失うことなく研究遂行することで、プラズマ科学分野での優位性を確実なものとし、レーザー核融合分野への革新的手法の提唱へとつながります。

## 5. 主な発表論文等

(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 13 件)

1. “Interpenetration and stagnation in colliding laser plasmas”, K.F. Al-Shboul, S. S. Harilal, S.M. Hassan, A. Hassanein, J.T. Costello, T. Yabuuchi, K.A. Tanaka, and Hirooka, PHYSICS OF PLASMAS 21, 013502(2014), 013502-1 ~ 013502-8, 査読有, 10.1063/1.4859136
2. “Temperature dependence of laser-induced damage threshold of optical coatings at different pulse widths”, K. Mikami, S. Motokoshi, T. Somekawa, T. Jitsuno, M. Fujita, and K. A. Tanaka, OPTICS EXPRESS, 18 November (2013), Vol.21, No.23, 28719-28728, 査読有, 10.1364/OE.21.028719
3. “Stopping and transport of fast electrons in superdense matter”, A. Okabayashi, H. Habara, T. Yabuuchi, T. Iwawaki, and K. A. Tanaka, PHYSICS OF PLASMAS 20, 083301(2013), 083301-1 ~ 083301-3, 査読有, 10.1063/1.4816812
4. “Ultrafast Electron Radiography of Magnetic Fields in High-Intensity Laser-Solid Interactions”, W. Schumaker, N. Nakanii, C. McGuffey, C. Zulick, V. Chvukov, F. Dollar, H. Habara, G. Kalintchenko, A. Maksimchuk, K. A. Tanaka, A. G. R. Thomas, V. Yanovsky, and K. Krushelnick, PHYSICAL REVIEW LETTERS, PRL,110, 015003(2013), 015003-1 ~ 015003-5, 査読有, 10.1103/PhysRevLett.110.015003
5. “Plasma-wall interaction in laser inertial fusion reactors : novel proposals for radiation tests of first wall materials”, J Alvarez Ruiz, A Rivera, K Mima, D Garoz, R Gonzalez-Arrabal, N Gordillo, J Fuchs, K Tanaka, I Fernandez, F Briones and J Perlado, PLASMA PHYSICS AND CONTROLLED FUSION, 54(2012)124051(7pp), 査読有, 10.1088/0741-3335/54/12/124051
6. “高強度レーザーによる相対論プラズマの物性”(“Characteristic of Relativistic Plasma Created by Ultra Intense Laser”), H. Habara, T. Iwawaki, T. Yabuuchi, and Kazuo A. Tanaka, レーザー研究 2013 年 1 月号、第 41 巻第 1 号 P7-12、(2012), 査読有
7. “高コントラストレーザーにより生成される高速電子スペクトルの材料依存性”(“Material Dependence of Energy Spectra of Fast Electrons Generated by Use of High Contrast Laser”), Y. Mishima, H. Habara, T. Iwawaki, K. Kikuyama, T. Kono, T. Morioka, K. Morita, M. Nishiuchi, A. Yogo, A. S. Pirozhkov, Y. Fukuda, K. Ogura, T. Tanimoto, K. Kondo, Y. Sentoku, T. Johzaki, T. Yabuuchi, and K. A. Tanaka, レーザー研究 2013 年 1 月号、第 41 巻第 1 号 P49-53、(2012), 査読有
8. “Fast ignition integrated experiments with Gekko and LFEX lasers”, H. Shiraga, S. Fujioka, M. Nakai, T. Watari, H. Nakamura, Y. Arikawa, H. Hosoda, T. Nagai, M. Koga, H. Kikuchi, Y. Ishii, T. Sogo, K. Shigemori, H. Nishimura, Z. Zhang, M. Tanabe, S. Ohira, Y. Fujii, T. Namimoto, Y. Sakawa, O. Maegawa, T. Ozaki, K. Tanaka, H. Habara, T. Iwawaki, K. Shimada, H. Nagatomo, T. Johzaki, A. Sunahara, M. Murakami, H. Sakagami, T. Taguchi, T. Norimatsu, H. Homma, Y. Fujimoto, A. Iwamoto, N. Miyanaga, J. Kawanaka, T. Jitsuno, Y. Nakata, K. Tsubakimoto, M. Morio, T. Kawasaki, K. Sawai, K. Tsuji, H. Murakami, T. Kanabe, K. Kondo, N. Sarukura, T. Shimizu, K. Mima, and H. Azechi, PLASMA PHYSICS AND CONTROLLED FUSION, 53, 124029, 6pp,(2011), 査読有, 10.1088/0741-3335/53/12/124029
9. “Model experiment of cosmic ray acceleration due to an incoherent wakefield induced by an intense laser pulse”, Y. Kuramitsu, N. Nakanii, K. Kondo, Y. Sakawa, Y. Mori, E. Miura, K. Tsuji, K. Kimura, S. Fukumochi, M. Kashihara, T. Tanimoto, H. Nakamura, T. Ishikura, K. Takeda, M. Tampo, R. Kodama, Y. Kitagawa, K. Mima, K. A. Tanaka, M. Hoshino, and H. Takebe, PHYSICS OF PLASMAS 18,010701(2011), 査読有, 10.1063/1.3528434
10. “Development of multi-channel electron spectrometer”, T. Iwawaki, H. Habara, T. Tanimoto, N. Nakanii, K. Shimada, T. Yabuuchi, K. Kondo, and K. A. Tanaka, REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, 81,10E535(2010), 査読有, 10.1063/1.3485102
11. “Laser generated neutron source for neutron resonance spectroscopy”, D. P. Higginson, J. M. McNaney, D. C. Swift, T. Bartal, D. S. Hey, R. Kodama, S. Le Pape,

A. Mackinnon, D. Mariscal, H. Nakamura, N. Nakanii, K. A. Tanaka, and F. N. Beg, PHYSICS OF PLASMAS 17,100701(2010), 査読有, 10.1063/1.3484218

12. "Measurement of fast electrons spectra generated by interaction between solid target and petawatt laser", T. Tanimoto, H. Habara, K. A. Tanaka, R. Kodama, M. Nakatsutsumi, K. L. Lancaster, J. S. Green, R. H. H. Scott, M. Sherlock, P. A. Norreys, R. G. Evans, M. G. Haines, S. Kar, M. Zepf, J. King, T. Ma, M. S. Wei, T. Yabuuchi, F. N. Beg, M. H. Key, P. Nilson, R. B. Stephens, H. Azechi, K. Nagai, T. Norimatsu, K. Takeda, J. Valente, and J. R. Davies, Journal of Physics: Conference Series 244, 022067(2010), 査読有, 10.1088/1742-6596/244/2/022067
13. "Stable single channel formation in long scale plasma for fast ignition", H. Habara, M. Hatakeyama, T. Tanimoto, N. Kageiwa, S. Hino, A. L. Lei, K. A. Tanaka, Journal of Physics: Conference Series 244,022035(2010), 査読有, 10.1088/1742-6596/244/2/022035

[学会発表](計 13件)

1. 岩脇智行, 臨界密度プラズマ中を伝搬する超高強度レーザーに作用するドップラー効果, 日本物理学会, 2014.3.27, 東海大学・湘南キャンパス
2. 田中和夫, Ultra-intense laser behaviors in high density plasmas at its intensity over  $10^{18}$  W/cm<sup>2</sup> intensity, 非平衡プラズマ・複雑系科学国際シンポジウム International Symposium on Non-equilibrium Plasma and Complex System Sciences, 2014.2.26, 大阪大学 銀杏会館
3. 永見亮介, Enhancement of MeV electron creation using metal nano-foam target, 日中ターゲット材料ワークショップ, 2014.1.23, 岐阜大学サテライトキャンパス
4. 田中和夫, Ultra-intense Laser Self-focusing at Relativistic Intensity Regime, HEDS In Asia 2014, 2014.1.19, Dong Busan Hotel, 韓国
5. 田中和夫, Relativistic Laser Self-focusing at above  $10^{18}$ W/cm<sup>2</sup> Intensity, ICPSA2013, 2013.12.4, Nanyang Technological University, Singapore
6. 籾内俊毅, 慣性核融合炉内でのアブレーションプラズマの挙動, 日本物理学会,

2014.9.25, 徳島大学・常三島キャンパス

7. 三島陽介, Multiple electron beam generation with plasmon resonance field, APPC12, 2014.7.14, 幕張メッセ
8. 永見亮介, Enhancement of MeV electron creation using metal nano-foam target, APPC12, 2014.7.14, 幕張メッセ
9. 田中和夫, 羽原英明, Scientific Horizon Seen with Combination of XFEL and Power Lasers, HEDS2013, 2013.4.25, パシフィコ横浜
10. 籾内俊毅, Fast electron transport in cone-wire-targets surrounded by plasma, 高速点火ワークショップ, 2012.11.4, アメリカナハリレー
11. 岡林篤紀, モンテカルロ法による高速電子の超高密度物質中での挙動に関する数値解析, 日本物理学会 2012 年秋季大会, 2012.9.18, 横浜国立大学
12. 森田澄, Measurement of electron density of plasma channel in long scale plasma via interferometry, High Energy Density Sciences 2012 (HEDS2012), 2012.4.25, パシフィコ横浜
13. 岩脇智行, 臨界密度プラズマ中における超高強度レーザー伝搬に関する研究, 日本物理学会, 2012.3.24, 関西学院大学 西宮上ヶ原キャンパス

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

田中 和夫(Kazuo Tanaka)  
大阪大学・工学研究科・教授  
研究者番号:70171741

##### (2)研究分担者

羽原 英明(Hideaki Habara)  
大阪大学・工学研究科・准教授  
研究者番号:60397734

##### (3)連携研究者

坂上 仁志(Hitoshi Sakagami)  
研究者番号:30254452  
核融合科学研究所・連携研究推進センター・教授

田口 俊弘(Toshihiro Taguchi)  
研究者番号:90171595  
摂南大学・工学部・教授