

令和 4 年 6 月 29 日現在

機関番号：33811

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01870

研究課題名(和文) 高強度レーザーの対向照射による高効率プラズマ加熱の実証

研究課題名(英文) Verification of efficient plasma heating by counter illuminating ultra-intense laser pulses

研究代表者

森 芳孝 (MORI, Yoshitaka)

光産業創成大学院大学・光産業創成研究科・准教授

研究者番号：60440616

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：高強度レーザーの対向照射によるプラズマ加熱の高効率化に取り組んだ。プラズマ加熱の指標となる特性X線と核融合中性子を同時計測可能な銅ドーブ重水素化ポリスチレン素材の開発に成功し、実験頻度を高めるためにワイヤ連続供給ターゲットシステムを開発した。照射実験では、今回新たに発見されたプラズマボイド構造の形成解明をおこなった。ボイド成長速度の解析から、対向高速電子流がその形成に寄与している可能性を見出し、高効率加熱の緒を得た。さらに、プラズマミラーと呼ばれる光学素子を導入し、キロジュール級高強度レーザーによる対向照射を世界に先駆けて実現し、実験に供した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脱炭素化社会の実現にむけて、核融合エネルギーへの期待が高まっている。レーザー光を用いた核融合炉では、プラズマ状態にある高密度圧縮燃料へ超高強度レーザーを照射して燃料温度を増大させて核融合反応を促進し、点火燃焼する。今回取り組んだ対向照射方式では、従来の一方向照射くらべて、燃料の加熱率向上が示唆されている。今回、対向照射で発生する高速電子流の交差がプラズマ構造を形成することを見出し、一方向電子流と異なる現象の駆動力となりうる知見を得た。さらに、プラズマミラーと呼ばれる光学素子を導入し、キロジュール級高強度レーザーによる対向照射を世界に先駆けて実現した。

研究成果の概要(英文)：Counter illumination of ultra-intense laser is applied for efficient plasma heating. To clarify heating mechanism, Cu-doped deuterated target is developed to identify plasma temperature from characteristics X-ray and fusion reaction. In the laser illumination experiments with air breakdown, we found that counter illumination of intense create plasma void with size of 100 micron meter. The growth velocity of void reveals that fast electron flows possibly contribute for the void creation, leading to identification of efficient plasma heating mechanism. In addition, by introducing plasma mirror as a beam steering tool, we demonstrate two-sides counter ultra-intense irradiation platform for kJ-laser system with relativistic intensities for the first time.

研究分野：プラズマ科学、高エネルギー密度科学、高強度レーザー

キーワード：高エネルギー密度科学 高速点火 高強度レーザー 対向照射

# 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

高強度レーザーによる高エネルギー密度状態の実現は、圧力 10 ギガバールを超える恒星惑星の物性及び慣性核融合プラズマを達成するための研究基盤である。低温高密度状態から高温高密度状態を実現する方法の一つとして高速点火がある。高速点火では、従来、固体密度以上の高密度プラズマに対して、加熱レーザーを一方から照射する方式が採用されてきた。一方、対向照射による高速点火方式では、従来の片側照射による方式と比べて、その対称性から高効率なプラズマ加熱が期待される。例えば、超高強度レーザーを超臨界密度プラズマへ対向照射すると、対向高速電子流による 2 流体電磁ワイベル不安定性が生じ、プラズマ中に MG 級の強磁場が励起され、プラズマ加熱に寄与しうることがシミュレーションより示され、実験で観測された X 線発光の増大を説明した [1, 2]。対向照射におけるレーザーからプラズマへの加熱効率は 10%以上と見積もられ、片側照射で報告されている世界最高値 7% (米国ロチェスター大、阪大) を凌駕するものであった。この結果は、これまで高密度プラズマ中では、高速電子流駆動のワイベル不安定性は抑制されると考えられていたことを覆すものである。このように、対向照射は、従来の片側照射と比べ、高エネルギー密度状態を効率的に実現できる可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、対向照射における高速電子束、ワイベル不安定性、プラズマ密度の相互関係を明らかにし、効率的なプラズマ加熱の条件を見出すことである。現有の繰り返し数 1~10 Hz 対向照射レーザー照射システムに、新たに連続ターゲット供給システムを整備することで実験の統計性を高め、高強度レーザー対向照射特有のプラズマ加熱を実証する。現有の連続供給ガスジェットシステムと、今回整備する連続供給固体ワイヤシステムを活用することで、気体から固体にわたる幅広い密度領域 (カットオフ密度以下から固体密度以上) のプラズマを生成し、高強度レーザーの照射配位、交差条件、及びパルス幅等を変えることで、ワイベル磁場の成長条件を変える。高速粒子及び輻射等を計測することで加熱プラズマを診断し、加熱効率のスケールングを実験的に導く。これまで体系的に明らかにされていない対向照射特有のワイベル磁場を介したレーザープラズマ相互作用及びエネルギー輸送を解明し、超高強度レーザーからプラズマへの加熱効率を見極める。

## 3. 研究の方法

本研究期間では、2 種類のレーザーを活用し、対向照射実験を実施した。一つは、(1) 10Hz ジュール級チタンサファイアレーザーであり、申請時に想定していたものである。もう一つは、(2) シングルショットキロジュール級大型高強度 LFEX レーザーであり、対向照射という提案の新規性が認められ、科研費採択後に実験が可能となった。

(1) については、高強度レーザー対向照射によるプラズマ加熱機構の解明にむけて、対向ビーム交差タイミングが調整可能な照射システムを整備した。さらに、実験の統計頻度を向上させるために、連続供給固体ワイヤターゲットの整備を進めた。

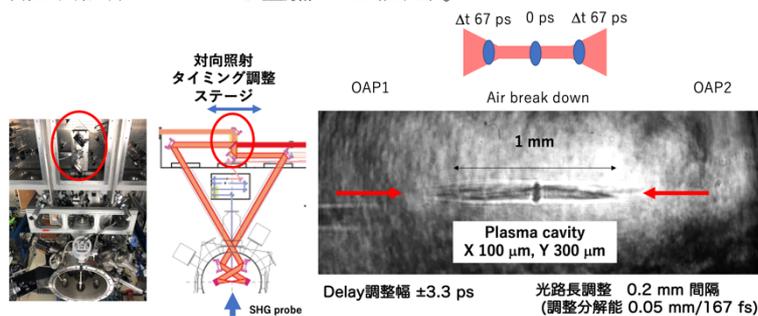
(2) については、これまで一方照射で運用されてきた LFEX に対して、プラズマミラーという光学技術を導入して、対向照射配位を実現し実験に供した。照射ターゲットには、プラズマ電子温度の指標となる特性 X 線の発光と、プラズマイオン温度および核融合反応の指標となる中性子信号の両者が同時計測可能となる銅ドープ重水素化ポリスチレンターゲットを新たに開発し、実験に供した。

## 4. 研究成果

### (1) 10Hz ジュール級チタンサファイアレーザー実験

#### ① 対向ビーム交差タイミング調整とボイド構造の形成

高強度レーザー対向照射によるプラズマ加熱機構の解明にむけて、対向ビーム交差タイミングが調整可能な照射システムを整備した (図 1)。



日本物理学会 2020年秋大会 2020.9.8 オンライン 8pB1-11 高強度レーザーの対向照射による高効率加熱の検証 II、森

図 1: 対向ビーム交差タイミング調整

大気中に高強度レーザーを対向照射することで形成されるサイズ  $100\ \mu\text{m}$  のプラズマボイドを、対向照射アライメントの指標とした。調整の時間幅は  $\pm 3.3\ \text{ps}$  以内であり、調整の分解能は  $0.05\ \text{mm}/167\ \text{fs}$  である。

対向照射によるプラズマボイドの構造形成は、申請者の知る限り、今回の対向照射実験によって初めて明らかとなった現象である。成長速度速度を計測したところ、光速の  $1/3$  程度、 $10^{10}\ \text{cm}/\text{sec}$  で形成されていることが判明した(図 2)。

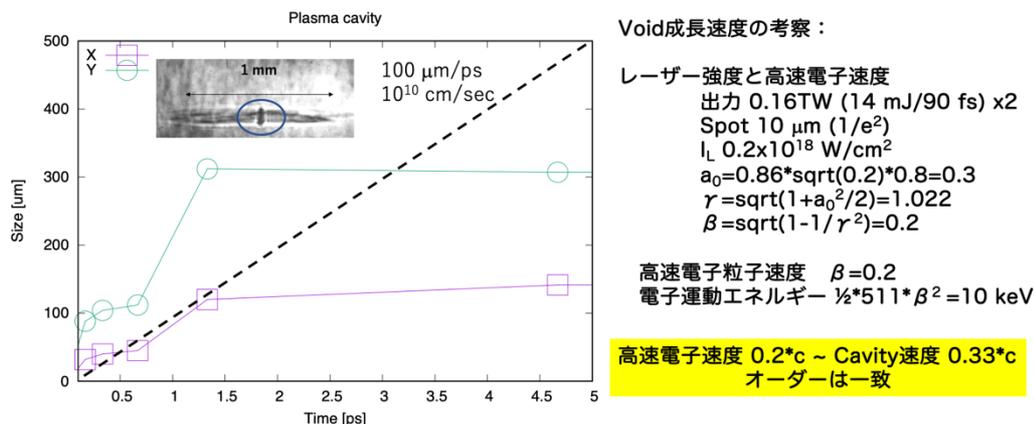


図 2：プラズマボイド成長の時間発展。

プラズマボイドは、レーザー照射後  $1.5\ \text{ps}$  程度でレーザー伝搬方向に  $100\ \mu\text{m}$ 、垂直方向に  $300\ \mu\text{m}$  程度まで成長し、その後、構造を維持している。レーザーの照射強度は  $2 \times 10^{17}\ \text{W}/\text{cm}^2$  であり、照射強度から予測される高速電子エネルギーは  $10\ \text{keV}$  程度である。光速で規格化した高速電子の速度  $\beta$  は  $0.2$  であり、ボイドの成長速度  $0.33$  とオーダーが一致した。さらに、一方向照射では、このようなボイド構造が観測されていない。このことから、構造形成には対向の高速電子流が関係していることが示唆される。尚、この構造形成が高速電子流によるものなのか、あるいは対向照射に付随する衝撃波に起因する流体的な現象かについては、理論シミュレーションを含めた今後の検証と考察が必要である。

## ② 連続供給ワイヤターゲットの整備

実験統計頻度の向上のため、連続供給固体ワイヤターゲットシステムを整備した(図 3)。



図 3：連続供給ワイヤターゲット供給システム

直径  $50\ \mu\text{m}$  チタンワイヤターゲットをレーザー照射位置  $50\ \mu\text{m}$  以内に  $5$  秒以内に連続供給可能としたシステムである。本システム開発のために、オフライン照射システムを構築した。ワイヤ材質としてチタンを選定した理由は、特性 X 線のエネルギーが低いためである。プラズマ加熱の結果放出される特性 X 線のエネルギーは  $4.2\ \text{keV}$  であり、銅の  $8.06\ \text{keV}$  と比較して  $2$  倍ほど低いため、ジュール級レーザーを用いた対向照射による加熱の有意性の確度が向上すると考えた。ターゲット位置補正については、 $2$  台の位置検知ターゲット監視カメラシステムと位置検知補正プログラムで構成される自動位置補正システムを稼働させることで、レーザー照射平面上における最大  $500\ \mu\text{m}$  程度の位置ずれが  $50\ \mu\text{m}$  以内に補正される。

本システムを活用したチタンサファイアレーザーによる対向照射実験を予定していたが、チタンサファイアレーザーを構成するポンプレーザーの故障とコロナ禍による修繕の遅延のため、照射実験は先送りした。

さらに、連続供給ターゲット開発の一環として、申請前に着手していた直径 1mm の重水素化ポリスチレン中実球を自由落下方式で供給する 10Hz 連続供給対向照射実験の成果をまとめた [3]。本システムは、5 分間の運用で、3500 個のターゲットを供給する。超高強度レーザーが中実球に照射される割合は 2.1Hz、高強度でレーザーが照射された指標となるガンマ線の発生効率 0.7Hz であり、従来の 1Hz 運用と比べて、照射確率が 3 倍向上した。以上により、対向照射実験のターゲット供給システム整備が強化された。

(2) シングルショット kJ 級ガラスレーザー実験

① 銅トープ重水素化ポリスチレンターゲットの開発

プラズマ加熱の検証のために、プラズマ電子温度の指標となる特性 X 線の発光と、プラズマイオン温度および核融合反応の指標となる中性子信号の両者が同時計測可能となる銅ドープ重水素化ポリスチレンターゲットを新たに開発した (図 4)。

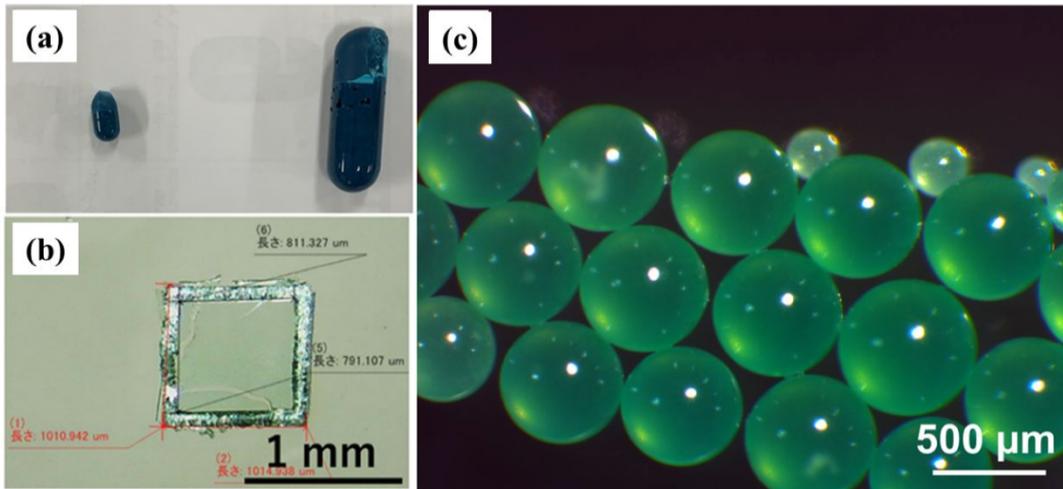


図 4 : Cu ドープ重水素化ポリスチレンターゲット (a) 母材、 (b) 薄膜、 (c) 中実球

銅のドープ量は、これまでのプラズマ加熱実験で実績のあるオレイン酸銅ドープポリスチレンのドープ量 10 wt%以上を目指し、ICP 発光分光分析で想定ドープ量が達成できることを確認した。さらに、本ターゲットを LFEX レーザー照射実験に供し、特性 X 線の発生と、ビーム核融合中性子発生を確認し、ターゲット素材として高強度レーザー照射実験へ適用可能であることを実証した。現在、論文投稿中である : Fabrication of high-concentration Cu-doped deuterated targets for fast ignition experiments.

② プラズマミラー対向照射システムの構築

キロジュール級 LFEX レーザーで対向照射を実現するため、プラズマミラーを用いた LFEX 対向照射システム (エネルギー伝送率 50%) を整備した (図 5)。

低強度プラズマミラーを用いた LFEX 対向照射システム (エネルギー伝送率 50%) を整備した

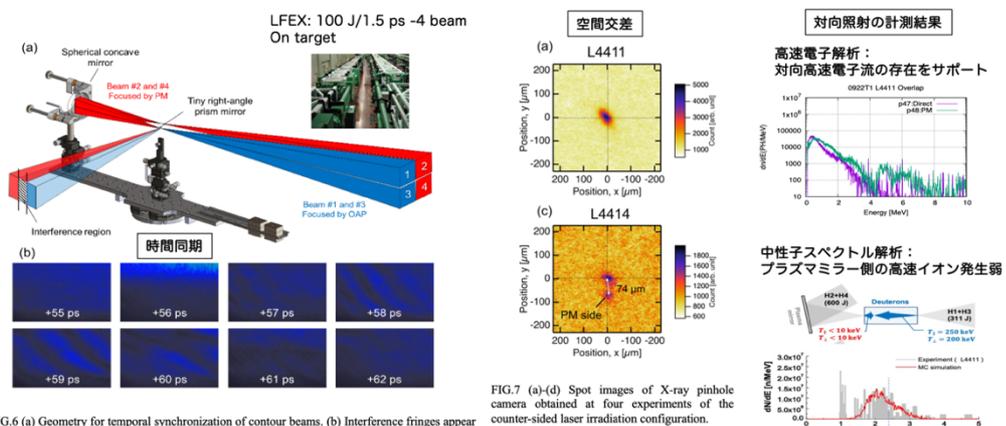


FIG.6 (a) Geometry for temporal synchronization of contour beams. (b) Interference fringes appear when lasers are temporally synchronized.

FIG.7 (a)-(d) Spot images of X-ray pinhole camera obtained at four experiments of the counter-sided laser irradiation configuration.

15pGA41-1「プラズマミラーを用いた LFEX レーザー対向照射システムの概要」2022.3.15 物理学会第 77 回年次大会 オンライン  
図 5 : プラズマミラーを用いた LFEX 対向照射システム

Kojima in preparation

プラズマミラー用球面反射光学系は、プリアライメントシステムで事前調整し、照射系へ導入した。対向レーザー間の時間同期は、光路遅延を調整し、6Hz 増幅光干渉縞強度で確認した。干渉縞強度の半値全幅 2.3 ps は、レーザーパルス半値全幅 1.5 ps と同程度であった。空間交差は、アライメントレーザーを用いて精度 $\pm 50 \mu\text{m}$ で調整した。ショット後に X 線ピンホールカメラで照射領域の X 線発光を解析し、空間交差が達成されたショット(L4411)を同定した。プラズマミラー反射レーザー光に対するプラズマ相互作用は、電子計測と中性子計測で見解が異なる。電子計測では、プラズマミラー側の片温度 0.59 MeV が反射率 50%を仮定したときの Wilks スケーリング則 0.6MeV と一致したことから、高速電子発生が確認されたとした。一方、中性子計測では、二体衝突モデルを用いた中性子スペクトル解析によると、重陽子のスロープ温度 100 - 250 keV に対して、プラズマミラー側の高速度イオンスロープ温度が 10keV に留まり、現状プラズマミラー側からの高エネルギーイオン発生は弱いという結論である。実験解析は進行中である。世界に先駆け、プラズマミラーによる LFEX 対向照射システムを整備した。

#### <引用論文>

- ① Y. Mori, Y. Nishimura, R. Hanayama, S. Nakayama, K. Ishii, Y. Kitagawa, T. Sekine, N. Sato, T. Kurita, T. Kawashima, H. Kan, O. Komeda, T. Nishi, H. Azuma, T. Hioki, T. Motohiro, A. Sunahara, Y. Sentoku, E. Miura, Fast heating of imploded core with counterbeam configuration, Physical Review Letters 117, 055001 2016.
- ② Y. Mori, Y. Nishimura, R. Hanayama, S. Nakayama, K. Ishii, Y. Kitagawa, T. Sekine, Y. Takeuchi, T. Kurita, N. Satoh, T. Kawashima, O. Komeda, T. Nishi, H. Azuma, T. Hioki, T. Motohiro, A. Sunahara, Y. Sentoku, E. Miura, Fast heating of fuel assembled in a spherical deuterated polystyrene shell target by counter-irradiating tailored laser pulses delivered by a HAMA 1 Hz ICF driver, Nuclear Fusion 57, 116031 2017.
- ③ Y. Mori, K. Ishii, R. Hanayama, S. Okihara, Y. Kitagawa, Y. Nishimura, O. Komeda, T. Hioki, T. Motohiro, A. Sunahara, Y. Sentoku, A. Iwamoto, H. Sakagami, E. Miura, T. Johzaki, Nuclear Fusion 62, 036028 2022.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 森 芳孝, 西村 靖彦, 米田 修, 石井 勝弘, 花山 良平, 沖原 伸一朗, 北川 米喜, 岩本 晃史, 砂原 淳, 千徳 靖彦, 三浦 永祐, 坂上 仁志	4. 巻 49
2. 論文標題 核融合ターゲット連続投入技術開発の現状と連続中性子発生	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 167 - 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 森 芳孝, 西村 靖彦, 花山 良平, 石井 勝弘, 北川 米喜, 米田 修, 関根 尊史, 竹内 康樹, 栗田 隆史, 砂原 淳, 千徳 靖彦, 三浦 永祐	4. 巻 49
2. 論文標題 対向照射による高エネルギー密度プラズマの加熱	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 161-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 E. Miura, Y. Mori, K. Ishii, S. Sakatac, Y. Abec, Y. Arikawac, N. Nakajimac, R. Takizawac, H. Moritac, K. Matsuoc, S.R. Mirfayzic, A. Sunaharad, T. Ozakie, A. Iwamotoe, O. Komedaf, R. Hanayamab, S. Okiharab, Y. Sentokuc, S. Fujiokac, H. Sakagamie, T. Johzakig, Y. Kitagawa	4. 巻 37
2. 論文標題 Verification of fast heating of core plasmas produced by counter- illumination of implosion lasers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Energy Density Physics	6. 最初と最後の頁 100890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hedp.2020.100890	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Y. Abe, T. Johzaki, A. Sunahara, Y. Arikawa, T. Ozaki, K. Ishii, R. Hanayama, S. Okihara, E. Miura, O. Komeda, S. Sakata, K. Matsuo, H. Morita, R. Takizawa, R. Mizutani, A. Iwamoto, H. Sakagami, Y. Sentoku, H. Shiraga, M. Nakai, S. Fujioka, Y. Mori, Y. Kitagawa	4. 巻 36
2. 論文標題 Monte Carlo particle collision model for qualitative analysis of neutron energy spectra from anisotropic inertial confinement fusion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Energy Density Physics	6. 最初と最後の頁 100803
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hedp.2020.100803	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 加藤義章、森芳孝	4. 巻 75
2. 論文標題 チャープパルス増幅と位相制御による 超高速・高強度光科学	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本物理学会誌	6. 最初と最後の頁 139-147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森 芳孝、千徳靖彦	4. 巻 49
2. 論文標題 「高速点火レーザー核融合の進展-点火・燃焼実証に向けて」特集号によせて	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 128-129
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 森 芳孝、坂上仁志、岩本晃史、重森啓介、三浦永祐、城崎知至、河仲準二、有川安信、藤岡慎介、	4. 巻 97
2. 論文標題 2030 年以降を見据えたレーザー核融合研究開発の中長期展望	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 プラズマ・核融合学会誌	6. 最初と最後の頁 352-364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 兒玉了祐、森 芳孝	4. 巻 141
2. 論文標題 レーザー核融合研究開発の概況	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会誌	6. 最初と最後の頁 551-554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岩本晃史、森芳孝、重森啓介	4. 巻 141
2. 論文標題 高繰り返し運転への取り組み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 電気学会誌	6. 最初と最後の頁 563-566
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Mori and K. Ishii and R. Hanayama and S. Okihara and Y. Kitagawa and Y. Nishimura and O. Komeda and T. Hioki and T. Motohiro and A. Sunahara and Y. Sentoku and A. Iwamoto and H. Sakagami and E. Miura and T. Johzaki	4. 巻 62
2. 論文標題 Ten hertz bead pellet injection and laser engagement	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 36028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ac3d69	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 森芳孝他32名
2. 発表標題 プラズマミラーを用いたLFEXレーザー対向照射システムの概要
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池田智一, 兼安裕美, 細川仁美, 重森啓介, 乗松孝好, 森芳孝, Marilou Cadatal-Raduban, 長井圭治, 山ノ井航平
2. 発表標題 慣性核融合実験のプラズマ温度と密度計測のための新規高濃度Cuドーブ重 $^{12116}$ 素化ターゲットの開発
3. 学会等名 第38回 プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森芳孝他33名
2. 発表標題 プラズマミラーを用いたLFEXレーザー対向照射プラズマ加熱実験
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Mori, K. Ishii, R. Hanayama, S. Okihara, Y. Kitagaw, O. Komeda, A. Sunahar, E. Miura, A. Iwamoto, T. Ozaki, H. Sakagami, T. Johzaki, Y. Sentoku, Y. Arikawa, Y. Abe, N. Nakajima, S. R. Mirfayzi, S. Sakata, K. Matsuo, S. Fujioka
2. 発表標題 Progresses of inertial fusion energy program at GPI Hamamatsu toward mini-reactor CANDY
3. 学会等名 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森芳孝, 若本晃史, 澤田寛, 石井勝弘, 花山良平, 北川米喜, 佐野孝好, 岩田夏弥, 千徳靖彦, 砂原淳, 太田唯斗, 飯塚森人, 中右樹, 梶村好宏
2. 発表標題 高強度レーザーの対向照射による高効率加熱の検証III
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森 芳孝, 岩本 晃史, 澤田 寛, 石井 勝弘, 花山 良平, 北川 米喜, 佐野 孝好, 岩田 夏弥, 千徳 靖彦, 砂原 淳, 中右 樹, 飯塚 森人, 太田 唯斗, 梶村 好宏
2. 発表標題 高強度レーザー対向照射実験における対向ビームアライメント
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Mori他28名
2. 発表標題 Present status of direct heating experiments of counter illuminated imploded core using GXII/LFEX
3. 学会等名 4th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森芳孝, 岩本晃史, 澤田寛, 石井勝弘, 花山良平, 北川米喜, 佐野孝好, 岩田夏弥, 千徳靖彦, 砂原淳, 太田唯斗, 中右樹, 梶村好宏
2. 発表標題 高強度レーザーの対向照射による高効率加熱の検証II
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森芳孝
2. 発表標題 高強度レーザーの対向照射による高効率加熱の検証
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 芳孝
2. 発表標題 LFEX直接照射による GXII対向高密度爆縮コアの高速点火加熱の検証
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Mori, R. Hanayama, S. Okihara, K. Ishii, Y. Kitagawa, A. Sunahara, Y. Sentoku, E. Miura, A. Iwamoto, H. Sakagami, T. Jhozaki
2. 発表標題 Activities of Inertial Fusion Energy program at GPI Hamamatsu
3. 学会等名 TOKI Conference ITC28 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Mori, A. Iwamoto, K. Ishii, R. Hanayama, Y. Kitagawa, Y. Nishimura, O. Komeda, T. Hioki, T. Motohiro, A. Sunahara, Y. Sentoku, H. Sakagami, E. Miura, T. Jhozaki
2. 発表標題 Present status of pellet injection system for repetitive inertial confinement fusion experiments
3. 学会等名 3rd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森芳孝, 岩本晃史, 西村靖彦, 石井勝弘, 花山良平, 沖原伸一朗, 北川米喜, 米田修, 砂原淳, 城崎知至, 千徳靖彦, 三浦永祐, 坂上仁志
2. 発表標題 繰り返しレーザーを用いた レーザー核融合ペレットインジェクションシステムの開発状況
3. 学会等名 第36回プラ核学会年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 David Webbe-Wood, Satoshi Konishi, Shutaro Takeda, Yoshitaka Mori, 他12名	4. 発行年 2020年
2. 出版社 IOP Publishing Ltd	5. 総ページ数 250
3. 書名 Commercializing Fusion Energy: How Small Businesses are Transforming Big Science	

〔産業財産権〕

〔その他〕

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岩本 晃史  (Iwamoto Akifumi)  (00260050)	核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授    (63902)	
研究分担者	梶村 好宏  (Kajimura Yoshihiro)  (20403941)	明石工業高等専門学校・電気情報工学科・教授    (54501)	
研究分担者	花山 良平  (Hanayama Ryohei)  (20418924)	光産業創成大学院大学・光産業創成研究科・准教授    (33811)	
研究分担者	石井 勝弘  (Ishii Katsuhiko)  (30311517)	光産業創成大学院大学・光産業創成研究科・教授    (33811)	
研究分担者	山ノ井 航平  (Yamanoi Kohei)  (30722813)	大阪大学・レーザー科学研究所・助教    (14401)	
研究分担者	北川 米喜  (Kitagawa Yoneyoshi)  (40093405)	光産業創成大学院大学・光産業創成研究科・特任教授    (33811)	削除：2019年8月7日

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関