

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H01886

研究課題名(和文) 抵抗性磁場ガイドによる高速点火レーザー核融合の爆縮コア高効率加熱法の確立

研究課題名(英文) Establishment of efficient core heating by Resistive field guiding of fast electron beam in fast ignition laser fusion

研究代表者

城崎 知至 (Johzaki, Tomoyuki)

広島大学・先進理工系科学研究科(工)・教授

研究者番号：10397680

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：高速点レーザー核融合での高効率コア加熱には、レーザー加速電子ビームをその強度を高く保ったまま爆縮コアまで誘導する必要がある。本研究では、抵抗率の異なる物質境界に生じる抵抗性磁場による抵抗性磁場ガイド法に着目し、そのレーザー強度・パルス長依存性を数値計算により評価した。高速点火条件(強度 $1e10W/cm^2$ ・パルス長10 ps)では、ニッケルがガイド材として機能することがわかった。LFEX ベタワットレーザーによる基礎実験では、低強度でのシミュレーション結果と同様の結果が得られ、数値計算の妥当性が示された。これらの結果から、爆縮コア加熱効率の高効率化に対する抵抗性磁場ガイド法の有効性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、高速点火レーザー核融合の最大の課題である爆縮コア加熱効率の向上を図るための手法の確立を目的とし、比較的シンプルなターゲット構造で、レーザー加速電子ビームを爆縮コアまで誘導し、加熱の高効率化を可能とする手法の特性を明らかにした。この成果は、高速点火レーザー核融合の高効率化に貢献するもので、レーザー方式によるカーボンフリーな核融合炉の実現に貢献する点に社会的意義がある。また、本誘導法は高速点火レーザー核融合のみならず、レーザー加速電子による物質の高効率化を通して、レーザー高エネルギー密度科学全般に貢献でき、本分野の学術研究に大きな意義を持つ。

研究成果の概要(英文)：For efficient core heating in fast ignition laser fusion, guiding of laser-accelerated electron beam to the imploded core to keep its intensity sufficiently high is indispensable. In the present study, we focused on the electron beam guiding scheme using resistive magnetic fields generated around the boundary between materials with different resistivity, i.e., resistive field guiding scheme. We evaluated the dependence of the resistive field guiding scheme on the laser intensity and duration by the numerical simulations. It was found that for a fast ignition-relevant laser condition ( $1e20 W/cm^2$  intensity and 10 ps duration), nickel works as a guiding material. The fundamental experiment using LFEX laser showed the guiding performance that was qualitatively consistent with the simulations at the low intensity, indicating the validity of the numerical evaluation. These results show the availability of resistive field guiding scheme for improving core heating efficiency.

研究分野：核融合学

キーワード：高速点火レーザー核融合 レーザー加速電子ビーム プラズマ 抵抗性磁場 コア加熱 ビームガイド

### 1. 研究開始当初の背景

我が国が中心となり研究を進めている高速点火方式レーザー核融合では、爆縮により予め固体の数千倍に圧縮した核融合燃料に、相対論的超高強度短パルスレーザーを照射して相対論的高エネルギー電子ビーム(REB)を生成し、この REB で高密度圧縮燃料コアを点火温度まで加熱し、核融合点火・燃焼を実現する。燃料の圧縮と加熱を分けた高速点火方式では、米国 国立点火施設で行われている爆縮で燃料の圧縮と加熱を同時に行う中心点火方式での最も深刻な障壁である爆縮均一性の要請を大幅に緩和することができる。また、小質量燃料で高燃焼率が達成できる。このため、高速点火方式は、従来の中心点火方式に比べて効率的でコンパクトなレーザー核融合方式となり、早期実現が期待されている。

高速点火方式の最大の課題は、高圧縮燃料コアの高効率加熱にある。高効率な核融合炉のためには、加熱効率(加熱レーザーエネルギーのうち爆縮コア加熱に用いられる割合)10%以上が要求される。しかし、生成する REB が大きな発散角(半角~40 度)を持つため、ビーム中の大半の電子がコアに当たらないことが明らかとなった(図 1)。これが高効率加熱を阻害する最大の要因となっている[1]。打開策として、応募者らはキロテスラ級の縦磁場をレーザー照射軸方向に外部から印加し、高発散角の REB を磁力線により捕捉して核融合燃料までガイドする REB ガイド法(外部磁場ガイド法)を提唱し、シミュレーション・要素実験を経て、爆縮加熱統合実験により加熱効率 5%を実現した[2]。

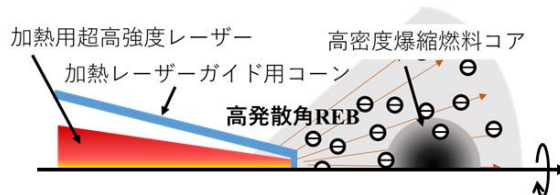


図 1 高速点火方式レーザー核融合の加熱過程模式図. レーザー生成 REB の発散角が大きいが、高効率加熱を阻害。高効率加熱にはコアへの REB ガイドが必須である。

高効率加熱のためには高発散角 REB の燃料コアまでのガイドは不可欠である。しかし、前述の外部磁場ガイド法は、以下の課題により、核融合炉への適用が難しい：(1)印加磁場生成用コイル付加によるターゲットの複雑化や磁場駆動用レーザーの必要性による高繰り返しショットへの導入の困難性、(2) 磁場強度・寿命共に現状から 1 桁の増加が必要、(3) 印加磁場による爆縮コア密度の低下。このため、発電炉への適用が可能な、よりシンプルで効率的なガイド法の開発が必要である。適用可能なガイド法として、素過程の特性評価を行った準備研究 [3]から、構造が単純な低抵抗性磁場を用いるガイド法が適していると考えた。

REB 伝播領域に周囲よりも高抵抗率な物質を配すると、抵抗率の空間勾配に起因して、REB 伝播方向に対して垂直で、REB を伝播領域に閉じ込める方向の磁場(抵抗性磁場)が物質境界に生じる。この抵抗性磁場を利用して REB を伝播領域に閉じ込め、生成点から爆縮コアまでガイドする方法が抵抗性磁場ガイド法である(図 2)。周囲の物質(CH アブレタなど)より高抵抗率な物質をガイド材(Al, Ti, Ni が候補)として REB 伝播領域に配することで、REB をガイドでき、単純なターゲット構造となる。

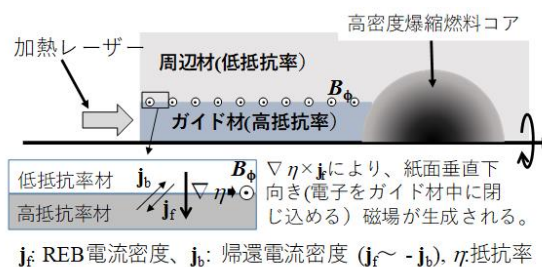


図 2. 抵抗性磁場ガイド概念図. 燃料周辺プラズマ中にプラズマ物質より高抵抗率な物質をガイド材として挿入することで、物質境界に抵抗性磁場を発生させ、この磁場により REB を燃料コアまで誘導する。

### 2. 研究の目的

核融合炉に直接つながる抵抗性磁場ガイド法による爆縮コア高効率加熱手法の確立を目的とする。具体的には、以下の 3 項目を目的とした。

- (1) 固体ターゲットを対象に数値シミュレーションを行い、抵抗性磁場ガイド特性の背景材ならびにガイド材やレーザー強度依存性を明らかにする。
- (2) 上記数値解析の結果に基づいて、ターゲット設計を行い、阪大レーザー研 LFEX レーザーを用いた原理実証実験を行う。
- (3) 爆縮燃料加熱に対する抵抗性磁場により REB ガイド特性を数値シミュレーションにより明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1) 固体ターゲットに対するシミュレーションには、ターゲット材を輻射流体で、REB を粒子法で解く 2次元軸対称ハイブリッドコード FIBMET[4]を用いた。REB 輸送により生じる電磁場の時間発展は、抵抗性電磁場モデルにより取り扱った。ターゲットは固体密度の背景材の中に円柱状のガイド材を配し、その左端から REB を入射した(図 3)。物質境界に生じる磁場強度や物質中での電子のエネルギー損失・輸送特性を評価した。スポット半径  $r=35 \mu\text{m}$  (Gaussian), パルス長 1.5ps or 10 ps (Gaussian)とし、レーザー強度  $10^{18} \sim 10^{20} \text{ W/cm}^2$  を想定し、レーザーから REB への変換効率 30%を仮定した。エネルギースペクトルは波長  $1 \mu\text{m}$  レーザーを仮定して Ponderomotive scaling [5]により決定した。ビーム発散角は 20, 40, 60°を仮定した。

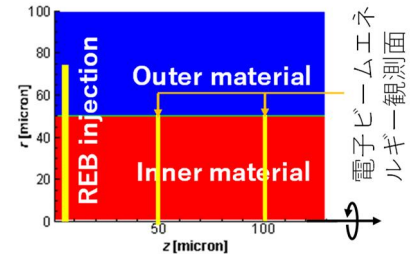


図 3. 固体ターゲットに対するシミュレーション体系

(2) 原理実証実験では、図 4 に示すターゲットに阪大レーザー研 LFEX レーザーを照射し、Cu 層からの  $K\alpha$  線の空間分布をターゲット側面から観測し、ガイド領域通過後の高速電子の空間広がりを評価した。以下の 4 種のガイド材・周辺材組み合わせのもとで実験を行った。

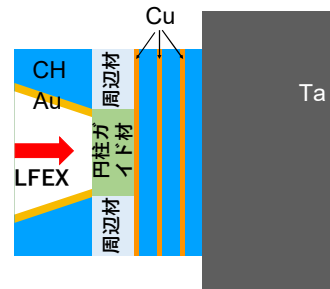


図 4. 原理実証実験用ターゲット

ガイド材	周辺材
CH	CH (reference)
CH	Ni
Ni	CH
Al	CH

(3) 爆縮燃料加熱に対するシミュレーションは、最初に 2次元爆縮コード PINOCO[6]を用い、図 5 に示すコーン付き中実球模擬燃料球の爆縮シミュレーションを行い、最大圧縮時の燃料プロファイルを評価した。次に 2次元ハイブリッドコード FIBMET を用い、最大圧縮時の燃料状態を初期条件とし、REB を入射して、抵抗性磁場による REB ガイド効果を評価した。

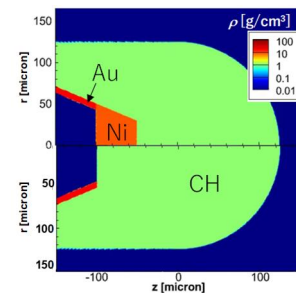


図 5. 爆縮・加熱計算に用いたコーン付き中実球模擬燃料. 中心軸に対して回転対称. 上半分が Ni ガイド材を挿入した、下半分はガイド無しのターゲット.

### 4. 研究成果

(1) 固体ターゲットに対するシミュレーション

REB 入射位置を  $z=0$  とし、 $z_{\text{obs}} = 50 \mu\text{m}$ , ならびに  $z_{\text{obs}} = 100 \mu\text{m}$  離れた位置でガイド材領域 ( $r \leq 50 \mu\text{m}$ ) を通過する REB エネルギーを観測し、入射した REB エネルギーの比をとること

で輸送効率 $\chi_{50}$ ,  $\chi_{100}$ を評価した結果を図6に示す。REB輸送領域にCHに比べて高抵抗率のNiやAlを配した場合、レーザー強度 $10^{18}$  W/cm<sup>2</sup>程度の低強度のレーザーの場合、生成するREBの電流密度が低く、REBを閉じ込めるのに十分な抵抗性磁場が生成しない。また、高Z材は阻止能が大きいため、伝播途中のエネルギー損失が大きい。このため、輸送効率は単体物質であるCHの場合より低くなった。一方、高速点火の点火に要する $I_L = 10^{20}$  W/cm<sup>2</sup>のような高強度領域では電流密度が大きくなり抵抗性磁場が十分に成長し、また、生成電子のエネルギーも高くなるので、輸送途中のエネルギー損失が低強度の場合と比べて相対的に低下する。このため、CH単体物質の場合に比べ、NiやAlを挿入したターゲットでは輸送効率が高くなる。また、AlよりもNiのほうが輸送効率は高くなった。この結果より、高速点火条件でのREBガイド材としてのNiの有用性が示された。

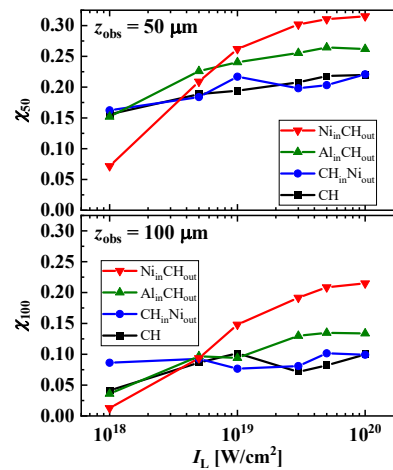


図6. 固体ターゲットにおける抵抗性磁場によるガイドング特性のシミュレーション結果. 凡例の”Ni<sub>in</sub>CH<sub>out</sub>”等は、添え字”in”が内側物質、”out”が外側物質を表す. ”CH”はCH単体物質.

## (2) 原理実証実験

シミュレーションの結果をもとにターゲット作成を行い、阪大レーザー研の高強度レーザーLFEXを用いて実験を実施した。低強度条件( $10^{18}$  W/cm<sup>2</sup>)では先行実験[3]と同じく、CHを内側にガイド材Niを外側に配した場合にガイド効果が確認された。一方、高強度条件では、ガイド材の配置によらずガイドング効果は確認されなかった。生成高速電子の特性を評価した結果から想定外に生成電子のエネルギーが高いことが原因と特定された。これはLFEXレーザーの主パルス前の低強度プレパルスによるものと同定された。このため、プレパルス除去用プラズマミラーの導入により対策を行い、再度実験を実施した。プラズマミラーとレーザーガイドングコーンを導入した実験を行った結果、プラズマミラー導入によるプレパルス除去には成功したが、一方でレーザー強度低下を招くこととなり、 $10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>を超える高強度条件での実験はできなかった。低強度で予測されたNiをREB伝播領域外に配した場合にガイド効果が見られた。現在、LFEXレーザーの高強度化が進められており、今後、シミュレーションで示された高速点火レーザー核融合のコア加熱に要する強度でのガイド効果を実証が期待される。

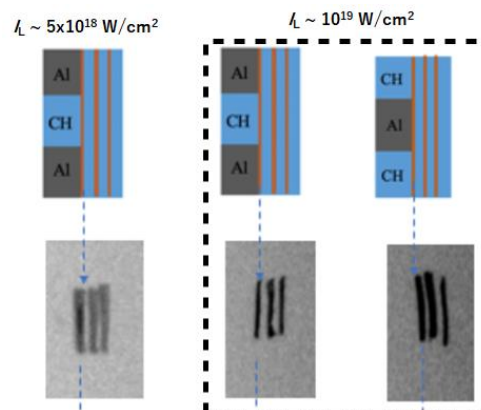


図7. 上図ターゲットに対し、観測された3層のCu層からのK $\alpha$ -X線像(下図). 低強度( $5 \times 10^{18}$  W/cm<sup>2</sup>)の場合は、CHをガイド材とし、外側に高Z材(Al)を配した場合にガイド効果が確認された。一方、高強度( $\sim 10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>)の場合はCu層全体から発光しており、プレパルスによるプラズマ生成が原因で、電子エネルギーが高エネルギー化しすぎてガイドできていない。

## (3) 爆縮燃料に対するシミュレーション

コーンチップ領域をCHとした場合と、ガイド材としてNiを置いた場合の2ケースに対し、爆縮計算を行い、得られた最大圧縮時のプロファイルを用いて、”加熱用レーザー強度”、”パルス長”、”REB発散角”をパラメータとして輸送計算を行った。図8上図に最大圧縮時の密度分布(上半分: Niガイド材有、下半分: ガイド材無し)とREBエネルギー観測位置(A, B, C)を示す。パルス長1 psでの計算において、各条件での各観測面で点線より内側を通過したREBのエネルギー

ギーを観測して評価したエネルギー輸送効率(観測エネルギー/入射ビームエネルギー)を図8の下図に示す。

基礎実験対象計算の場合と同様に加熱レーザー強度が  $10^{18}$  W/cm<sup>2</sup> のような低強度の場合は、抵抗性磁場が十分に成長せず、また高速電子エネルギーが低くガイド材内でのエネルギー損失や散乱の影響が大きく、Ni ガイド材を挿入した場合は爆縮コアへの高速電子の輸送効率が低下した。

一方、高強度( $\geq 10^{19}$  W/cm<sup>2</sup>)の場合は、抵抗性磁場が十分に成長するとともに、電子エネルギーの増加によるガイド材でのエネルギー損失や散乱効果の低減により、Ni ガイド材挿入により、爆縮コアへの高速電子輸送効率が増加した。発散角  $40^\circ$  でレーザー強度  $10^{20}$  W/cm<sup>2</sup> でパルス長が 1ps の場合は、ガイド材挿入によるコアへの高速電子輸送効率の増加割合は 17% となった。さらにパルス長を 10ps に延ばすと増加割合は 47% となった。これらの結果より、将来の点火実証級や炉級燃料でのコア加熱効率向上に対する抵抗性磁場ガイド法の有用性が示された。

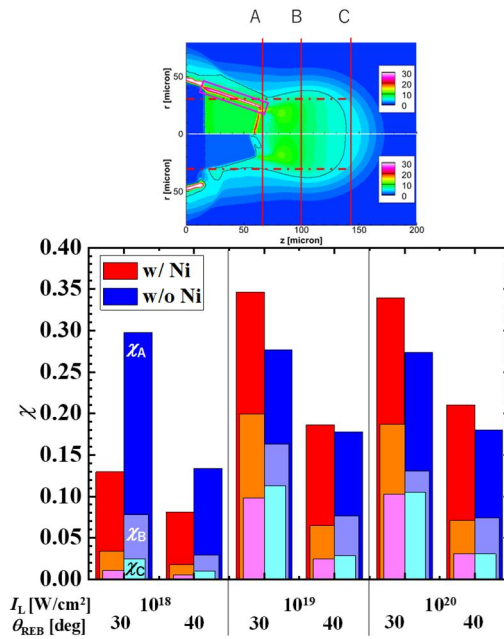


図 8. 最大圧縮時の燃料密度分布(上図, 上半分がNiガイド材有り/下半分ガイド材無し)とREB観測位置(A, B, C)、並びに各計算条件における輸送効率(下図).

#### 参考文献

- [1] S. Fujioka *et al.*, Phys. Rev. E. **91**, 063102 (2015).
- [2] S. Sakata *et al.*, Nat. Commun. **9**, 3937 (2018).
- [3] T. Johzaki *et al.*, Nucl. Fusion **51**, 073022 (2011), T. Johzaki *et al.*, J. Plasma Fusion Res. **89**, 456 (2013).
- [4] T. Johzaki *et al.*, Prof. IFSA 2003, ANS, 474 (2004).
- [5] S.C. Wilks *et al.*, Phys. Rev. Lett. **69**, 1383 (1992).
- [6] H. Nagatomo *et al.* Phys. Plasmas **14** 056303 (2007).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 T. Johzaki, K. Yoshitake, T. Endo, W. Kim, S. Fujioka, H. Nagatomo, H. Morita, R. Takizawa, and M. Takemura	4. 巻 29
2. 論文標題 Dependence of resistivity gradient guiding of laser-driven relativistic electron beams on laser intensity and duration	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physics of Plasmas	6. 最初と最後の頁 112707
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0101615	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 Li Huan, Sakata Shohei, Johzaki Tomoyuki, Tang Xiaobin, Matsuo Kazuki, Lee Seungho, Farley Law King Fai, Arikawa Yasunobu, Ochiai Yugo, Liu Chang, Nishibata Jo, Takizawa Ryunosuke, Morita Hiroki, Azechi Hiroshi, YasuhikoSentoku, Fujioka Shinsuke	4. 巻 36
2. 論文標題 Enhanced relativistic electron beams intensity with self-generated resistive magnetic field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Energy Density Physics	6. 最初と最後の頁 100773 ~ 100773
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.hedp.2020.100773	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 -

1. 著者名 Abe Y., Johzaki T., Sunahara A., Arikawa Y., Ozaki T., Ishii K., Hanayama R., Okihara S., Miura E., Komeda O., Sakata S., Matsuo K., Morita H., Takizawa R., Mizutani R., Iwamoto A., Sakagami H., Sentoku Y., Shiraga H., Nakai M., Fujioka S., Mori Y., Kitagawa Y.	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 ~ 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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Johzaki Tomoyuki, Hino Masaya, Horio Mie, Takeda Shijuro, Kim Wookyoung, Endo Takuma, Fujioka Shinsuke, Sentoku Yasuhiko, Nagatomo Hideo, Sunahara Atsushi	4. 巻 36
2. 論文標題 Intensification of laser-produced relativistic electron beam using converging magnetic fields for ignition in fast ignition laser fusion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Energy Density Physics	6. 最初と最後の頁 100841 ~ 100841
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.hedp.2020.100841	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 該当する

1. 著者名 OZAKI Tetsuo, ABE Yuki, ARIKAWA Yasunobu, OKIHARA Shinichirou, MIURA Eisuke, SUNAHARA Atsushi, ISHII Katsuhiko, HANAYAMA Ryohei, KOMEDA Osamu, SENTOKU Yasuhiko, IWAMOTO Akifumi, SAKAGAMI Hitoshi, JOHZAKI Tomoyuki, et al.	4. 巻 16
2. 論文標題 Hot Electron and Ion Spectra in Axial and Transverse Laser Irradiation in the GXII-LFEX Direct Fast Ignition Experiment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 2404076 ~ 2404076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.16.2404076	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 -

1. 著者名 Martynenko A S, Pikuz T A, Skobelev I Yu, Pikuz S A, Iwata N, Johzaki T, Kawanaka J, Law K F F, Fujioka S, Kodama R, Morace A	4. 巻 65
2. 論文標題 Enhancement of K-shell spectroscopy for temperature measuring of isochorically heated matter in the sub-keV range	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Plasma Physics and Controlled Fusion	6. 最初と最後の頁 055016 ~ 055016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6587/acc357	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 Morita Hiroki, Fujioka Shinsuke	4. 巻 7
2. 論文標題 Generation, measurement, and modeling of strong magnetic fields generated by laser-driven micro coils	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Reviews of Modern Plasma Physics	6. 最初と最後の頁 13-1~14-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s41614-023-00115-6	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 Nagatomo H., Johzaki T., Hata M., Sentoku Y., Fujioka S., Mima K., Sakagami H.	4. 巻 61
2. 論文標題 Improvement of ignition and burning target design for fast ignition scheme	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 126032 ~ 126032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ac2d5a	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 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 松村尚紀
2. 発表標題 中心点火レーザー核融合における磁場による電熱伝導抑制効果
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 城崎知名
2. 発表標題 抵抗性磁場ガイドによる爆縮コア加熱の高効率化
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 長友英夫
2. 発表標題 高速点火用金コーン付ターゲットの多段パルスによる密度圧縮
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 瀧澤龍之介
2. 発表標題 超高コントラストレーザーによる核融合プラズマの加熱
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 城崎知至
2. 発表標題 抵抗性磁場ガイドによる爆縮コア加熱の高効率化
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 城崎知至
2. 発表標題 磁場ガイド高速点火レーザー核融合の点火要件
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 吉武佳菜, 城崎知至, 遠藤琢磨, 金佑勤, 藤岡慎介
2. 発表標題 電子ビーム輸送効率向上のための抵抗性磁場ガイド法のレーザー強度・パルス長依存性評価
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 嶽村真緒, 城崎知至, 藤岡慎介 他 (総著者数15名)
2. 発表標題 テーパ型自己生成磁場を用いた電子ビームの集束に関する実験
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 藤岡慎介、長友英夫、城崎知至 他 (総著者数32名)
2. 発表標題 レーザー核融合高速点火実験の進展
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 瀧澤龍之介、長友英夫、城崎知至、藤岡慎介他 (総著者数19名)
2. 発表標題 超高コントラスト加熱ビームを用いた核融合プラズマの加熱効率
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 A. Morace, S. Fujioka, T. Johzaki et al. (16 authors)
2. 発表標題 Experimental design for ion stopping power in dense plasmas
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 H. Nagatomo, T. Johzaki, M. Hata, H. Sakagami, Y. Sentoku, S. Fujioka, K. Mima
2. 発表標題 Improvement of Ignition and Burning Target Design for Fast Ignition Scheme
3. 学会等名 28th Fusion Energy Conference, International Atomic Energy Agency (IAEA/FEC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 H. Nagatomo, T. Matsukawa
2 . 発表標題 Improvement of Radation Hydrodynamc Simulation code for High Energy Density Sciences
3 . 学会等名 International Conference on High Energy Density Sciences 2022 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Hideo NAGATOMO , Tomoyuki JOHZAKI , Ryunosuke TAKIZAWA , Shinsuke FUJIOKA
2 . 発表標題 Formation of high areal density fuel core using an efficient and robust implosion method for fast ignition
3 . 学会等名 29th Fusion Energy Conference, International Atomic Energy Agency (IAEA/FEC) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 S. Fujioka, R. Takizawa, J. Y. Dun, T. Maekawa, T. Tsuido, Y. Karaki, H. Matsubara, R. Yamada, K. F. F. Law, A. Yogo, N. Iwata, A. Morace, Y. Arikawa, T. Sano, H. Nagatomo, H. Sawada, A. Iwamoto, T. Johzaki, Y. Sentoku, R. Kodama
2 . 発表標題 Recent progress of experimental studies on fast-ignition inertial fusion energy
3 . 学会等名 17th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 T. Maekawa, Y. Sentoku, R. Takizawa, J. Dun, T. Tsuido, K. F. F. Law, S. Fujioka, H. Sawada, T. Johzaki
2 . 発表標題 Recent progress of experimental studies on fast-ignition inertial fusion energy
3 . 学会等名 12th Inertial Fusion Science and Applications ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2023年

1. 発表者名	R. Takizawa, A. Morace, Y. Abe, B. Zhu, Y. Arikawa, H. Morita, Z. Lan, J. Dun, T. Maekawa, T. Tsuido, K. Law, C. Liu, K. Katagiri, N. Ozaki, Y. Hironaka, K. Shigemori, J. Fujiiki, H. Habara, Y. Kuramitsu, A. Yogo, H. Nagatomo, T. Johzaki, H. Sakagami, M. Nakai, H. Shiraga, R. Kodama, Y. Sentoku, S. Fujioka
2. 発表標題	Experimental studies of fast-ignition scheme toward high-gain with high efficiency
3. 学会等名	International Conference on High Energy Density Sciences 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	R. Takizawa, A. Morace, Y. Abe, B. Zhu, Y. Arikawa, H. Morita, Z. Lan, J. Dun, T. Maekawa, T. Tsuido, K. F. F. Law, C. Liu, K. Katagiri, N. Ozaki, Y. Hironaka, K. Shigemori, J. Fujiiki, H. Habara, Y. Kuramitsu, A. Yogo, H. Nagatomo, T. Johzaki, H. Sakagami, M. Nakai, H. Shiraga, R. Kodama, Y. Sentoku, S. Fujioka
2. 発表標題	Fast ignition experiments toward high-efficient ignition
3. 学会等名	12th International Conference on Inertial Fusion Science and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	T. Johzaki, N. Matsumura, W. Kim, T. Endo
2. 発表標題	Magnetic Field Effects on Ignition and Burn Dynamics of Fast Ignition Target
3. 学会等名	International Conference on High Energy Density Sciences 2023 (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	T. Johzaki, N. Matsumura, Y. Kimura, W. Kim, T. Endo
2. 発表標題	Potential of Kilo-Tesla-Class Magnetic Field to Control Ignition and Burn Characteristics in Fast Ignition Laser Fusion
3. 学会等名	12th International Conference on Inertial Fusion Science and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 S. Fujioka, R. Takizawa, H. Nagatomo, H. Sakagami, T. Johzaki, A. Iwamoto, K. Tsubakimoto, K. F. F. Law, J. Hernandez, J.-Y. Dun, T. Maekawa, T. Tsuido, X. Han, Y. Wang, K. Matsuo, M. Nakai, A. Morace, A. Yogo, K. Yamanoi, T. Sano, N. Iwata, Y. Arikawa, Y. Sentoku, R. Kodama
2. 発表標題 Compression of solid spherical fuel for fast ignition based inertial fusion energy
3. 学会等名 29th Fusion Energy Conference, International Atomic Energy Agency (IAEA/FEC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 城崎知至、長友英夫、藤岡慎介
2. 発表標題 高速点火レーザー核融合における点火・燃焼特性の爆縮燃料状態依存性
3. 学会等名 第14回核融合エネルギー連合講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Laser High Energy Density Physics simulation <a href="https://www.rgd1.net/laserplasmasimulation">https://www.rgd1.net/laserplasmasimulation</a>
---

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	長友 英夫  (Nagatomo Hideo)  (10283813)	大阪大学・レーザー科学研究所・准教授    (14401)	

6. 研究組織（つづき）

	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	藤岡 慎介  (Fujioka Shinsuke)  (40372635)	大阪大学・レーザー科学研究所・教授     (14401)	

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