

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01193

研究課題名(和文) 低温・高密度プラズマの規格化パラメータを用いた緩和時間モデルの構築

研究課題名(英文) Development of relaxation time model using normalized parameters for warm dense matter

研究代表者

佐々木 徹 (Sasaki, Toru)

長岡技術科学大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90514018

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)：低温・高密度プラズマの電気伝導や熱伝導特性は固体やプラズマの理論モデルでは理論的に表すことができておらず、その特性の取得とともに電気伝導や熱伝導特性の関係を統一的に明らかにすることが必要である。本研究結果より、規格化パラメータを用いて表した結果、縮退度が1程度の領域で熱伝導率と電気伝導率の比が大幅に異なることを示した。さらに、低温・高密度プラズマに関連したパルスパワー放電によるプラズマの生成方法、観測方法を開発し、従来観測することが困難であった材料などに対する低温・高密度プラズマの特性取得をできるようにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、低温・高密度プラズマの輸送特性を規格化パラメータによって記述したことで、高エネルギー密度プラズマに関わる学理に新たな知見を与えた。これにより、極端環境下でのプラズマの特性を知ることで、材料のアブレーション時の熱輸送等を知ることができる。これにより、核融合に関わる炉壁の損耗や慣性核融合における爆縮過程の理解、天体プラズマのダイナミクスへの適用が考えられる。また、本研究を通じて新たに開発した高速度撮像方法や液体金属負荷、皮膜負荷などは、多方向同時観測、高エネルギー密度プラズマの高繰り返し応用、遮断現象の制御などに利用することができるため、更なる開発を進める。

研究成果の概要(英文)：The electrical and thermal conductivities in a warm dense matter are difficult to explain in the conventional theoretical models, neither solid-state physics nor plasma physics. To understand their characteristics, we observe their value and construct the models consistently. From the obtained results, we found that the ratio between the electrical and thermal conductivities was drastically changed around the degeneracy parameter = 1. We also developed the plasma generation and observation methods by using the pulsed-power discharge. It reveals that the methods provided the characteristics of warm dense matter.

研究分野：高エネルギー密度プラズマ

キーワード：定積パルスパワー放電 低温・高密度プラズマ 電気伝導率 熱伝導率 液体金属流 高速度撮像

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

金属(固体)の性質とプラズマの性質を併せ持った低温(0.1eV-10eV)・高密度プラズマ 0.001ps~ps: psは固体密度)である Warm Dense Matter は、固体物性やプラズマ物性が共存する体系であるため、その理解を進めることで普遍的な物性論を構築できる可能性を秘めている。近年、レーザーやパルスパワー放電などを用いて高エネルギー密度状態を実現できるようになってきたが、この領域の物性の不確かさが、理論(数値解析)と実験の間に乖離が見られるようになってきた。例えば、

- 慣性核融合の燃料標的圧縮時の先行加熱
- レーザー加工時のアブレーションプラズマの熱伝導・エネルギー輸送過程
- 木星などのガス型天体内部の構造の理解

が挙げられる。これらには、従来、固体物性あるいはプラズマ物性のモデルから外挿された状態方程式及び電気伝導率や熱伝導率などの輸送係数が用いられている。しかし、低温・高密度プラズマ領域の物性のモデリングの成否がその後の運動や状態に影響を与えることが知られている。

一方、低温・高密度プラズマ領域の物性を詳細に解析することは困難であった。これは、物性的には相変化を含む状態やクーロン衝突、荷電粒子が集団で形成するポテンシャル(結合定数)、電子の縮退度及び電離度が複雑に絡み合うため、定量的な評価が困難であった。そのため、Warm Dense Matter 領域の物性を観測する方法の構築とともに、そのモデリングを検討する必要がある。

2. 研究の目的

これらの背景から、規格化パラメータであるローレンツ数、イオン-イオン結合定数、電子縮退度に対する輸送特性をモデル化し、荷電粒子の運動量緩和時間及びエネルギー緩和時間に着目して、固体-プラズマ境界領域である低温・高密度プラズマ領域の衝突・緩和時間モデルを構築することが目的である。

3. 研究の方法

Warm Dense Matter 領域の物性を観測する方法として、本研究ではルビーキャピラリーをタンパーに用いた定積パルスパワー細線放電により計測を行っている。図1はルビーキャピラリーを用いた定積パルスパワー細線放電装置の概略図である。コンデンサーに蓄えられたエネルギーをチャンパー中心にある細線へ投入する。細線は投入されたエネルギーにより融解-蒸発をし、最終的にプラズマ化する。このときに細線に印加した電圧・電流波形から投入エネルギーおよび抵抗値が算出できる。またプラズマがルビーキャピラリーに到達する時間以降のデータは定積状態と仮定することができるので、それ以降のデータからは電気伝導率を観測することができる。また、ルビーは500nm近傍の光を投入すると蛍光を発することが知られており、この蛍光の特性を利用して、ルビーキャピラリーにかかる圧力観測やルビーキャピラリー自身の温度観測ができる。このため、ルビーキャピラリーへ Nd:YAG レーザーの二倍高調波のパルス照射し、それにより発生した蛍光の時間変化を観測することでルビーキャピラリーにかかる圧力観測やルビーキャピラリー自身の温度観測した。

これを用いると、生成したプラズマからルビーキャピラリーへの熱伝導による温度変化は、

$$\rho C_p \frac{\partial T_R}{\partial t} = \nabla \cdot (\kappa \nabla T) \quad (1)$$

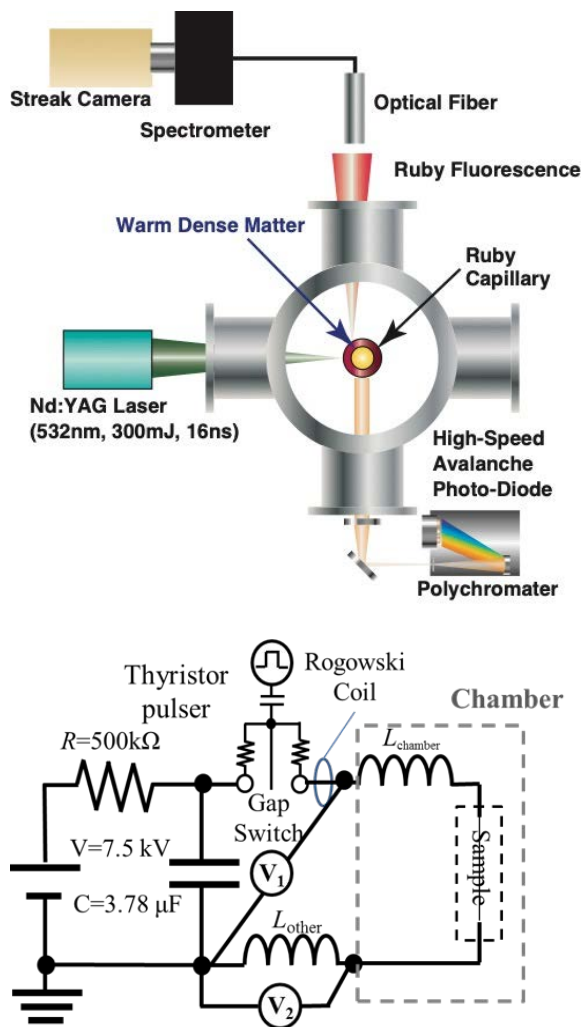


図1 ルビーキャピラリーをタンパーとした定積パルスパワー細線放電装置

と書き表すことができる．ここで，生成したプラズマが軸対称であると仮定すると，熱伝導は一次元的になり，近似的に

$$\rho_R c_p \frac{\partial T_R}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \kappa \frac{\partial T}{\partial r} \right) \sim \frac{\kappa_W \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right)_{W-S} - \kappa_R \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right)_{S-R}}{\Delta r} \quad (2)$$

と書き表すことができる．ここで， ρ は質量密度， c_p は定圧比熱， T は温度， κ は熱伝導率であり，添字は，R がルビーの物理量，W は生成した Warm Dense Matter の物理量，S はルビーと Warm Dense Matter の境界面の物理量を指すことになる．また，円柱での面積の広がり十分小さいとして近似をしている．さらにこの式に境界面の条件として， $T_S = (T_W + T_R)/2$ として境界面の温度を仮定すれば，熱伝導率を一意に求めることができる．

$$\kappa_W = \frac{\rho_R c_p \frac{\partial T_R}{\partial t} \Delta r^2 + \kappa_R (T_W + \frac{T_R}{2} - T_R)}{T_W - (T_W + T_R)/2} \quad (3)$$

この結果，ルビーキャピラリーの温度と生成したプラズマの温度を独立に観測すれば，熱伝導率が推定できる．これらの結果を基に，規格化パラメータであるローレンツ数，イオン-イオン結合定数，電子縮退度に対する輸送特性のモデル化を進めた．その際に必要となる高速度撮像系の開発も合わせて行なった．

また，様々な材料に対する物性をモデル化するための実験データを取得するためには，定積パルスパワー細線放電法だけでは観測することが難しい．特に初期状態が絶縁体の場合には，パルス放電によっても電気伝導をさせることが難しいので，この輸送特性を観測することが難しい．このため，Warm Dense Matter の絶縁特性を利用して細線表面に対象となる絶縁物をコーティングすることで，その電気伝導特性の観測を行なう手法を開発した．

さらに，Warm Dense Matter 状態と比較的物性的に似ている状態の一つであると考えられる液体金属からプラズマを発生させる手法とその計測準備を行い，比較を目指した検討を行なった．

4. 研究成果

まず，細線をタングステンとして直径を変えながら熱伝導率の計測を行なった．その結果を図2に示す．この結果より，密度が高い場合には温度依存性があるように見えるが，密度が固体密度の4%相当の時はほとんど温度依存性が見られなかった．関連して，これらの領域に対応する熱伝導率モデル等と比較を行なった結果，従来のプラズマから導出したモデルや固体等のモデ

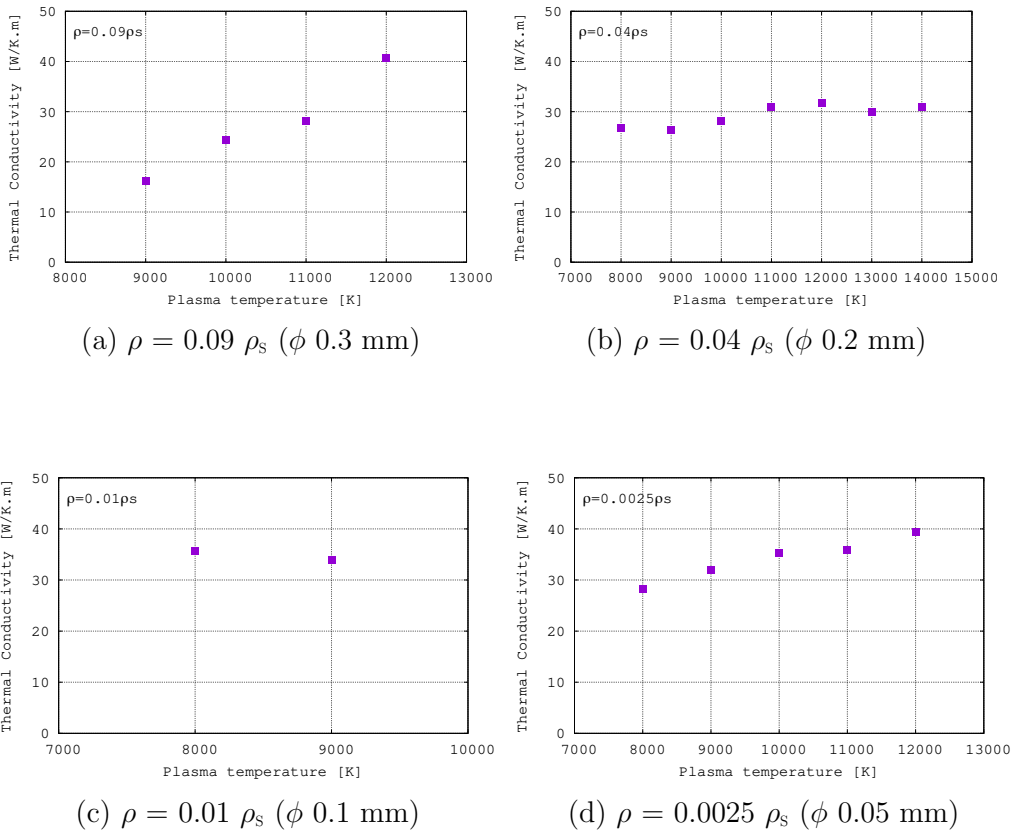


図2 タングステンの熱伝導率の観測結果

ルから外挿したものに比べて高い熱伝導率を示すことを明らかにした。また、昨今検討されている統計モデル等と比較して10倍程度高い熱伝導率を示すことが明らかとなった。この結果は、Warm Dense Matter 領域で数値計算等を併用せず直接的に求めたものであり、本領域の計測手法の構築に繋がった。

規格化パラメータであるローレンツ数、イオン-イオン結合定数、電子縮退度に対する輸送特性をモデル化し、荷電粒子の運動量緩和時間及びエネルギー緩和時間に着目して、固体-プラズマ境界領域である低温・高密度プラズマ領域の衝突・緩和時間モデルを構築するため、実験で得られた電気伝導率および熱伝導率を用いて、タングステンの Warm Dense Matter 領域の実効的な熱伝導率と電気伝導率の比を求めた結果を図3に示す。この結果より、縮退度が1程度である領域で、電気伝導に寄与する自由電子が少なくなるため、大きな値となることがわかる。現在他の材料などの観測を進め、それらの原子番号依存性や仕事関数等の伝導体電子の役割とプラズマとしての自由電子の振る舞いの組み合わせであることから、体系化を進めるための検討を進めている。

これと同時に進めた高速度撮像系の開発を進めた。図4は本研究により新たに開発した多方向高速度撮像装置のデモンストレーションの装置である。この装置は、2つの光源を一つのカメラで撮像する装置になっており、それぞれに圧縮センシングのための符号化モジュールを通じて、両方の光をマージングさせ、その画像をストリークカメラで撮像する。撮像した結果は、ストリークカメラで時間と縦方向の積分結果として観測される。ストリークカメラで得た画像に対して、画像符号化情報を逆問題として解くことにより、スパースモデリングが可能である。本手法により1台のカメラで、観測したい現象を他方向から複数の画像を取得できることを示し、さらに従来法の復元に必要な基底よりもより再現性の高い基底を見出した。

また、初期状態が絶縁体の場合の材料に対して電気伝導率の観測を数値計算と実験結果を併用して行なった。その手法として、金の Warm Dense Matter 状態が低温の場合には他の金属等と比較して電気抵抗率が大きくなることを利用して絶縁物を圧縮加熱することにより、絶縁物を Warm Dense Matter 状態まで到達させることができると考えた。図5は、絶縁体の Warm Dense Matter 状態を生成するために製作したコーティング細線とその設計のための1次元流体シミュレーションの結果である。金細線の表面に薄いアルミニウムを RF スパッタでデポジションし、DLC 薄膜をプラズマイオン注入法により膜形成した。この膜厚等の設計には数値解析結果を用いて目的とする金の抵抗値と

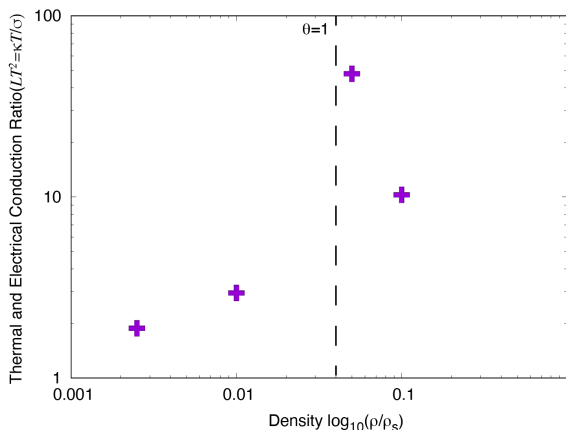


図3 ローレンツ数の密度依存性

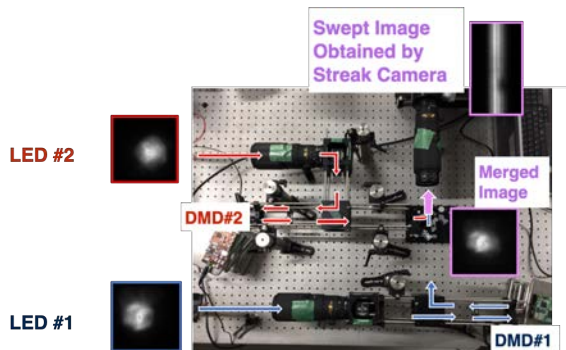


図4 圧縮センシング法を用いた多方向高速度撮像カメラ

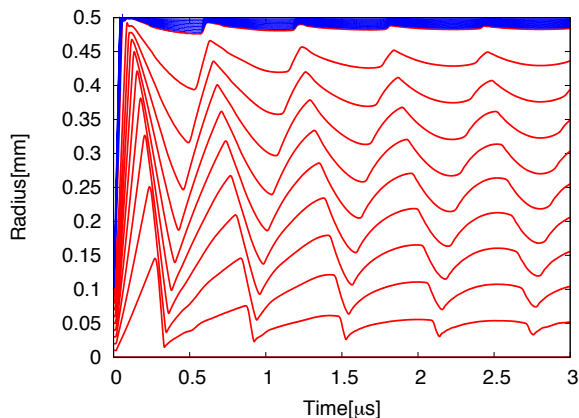
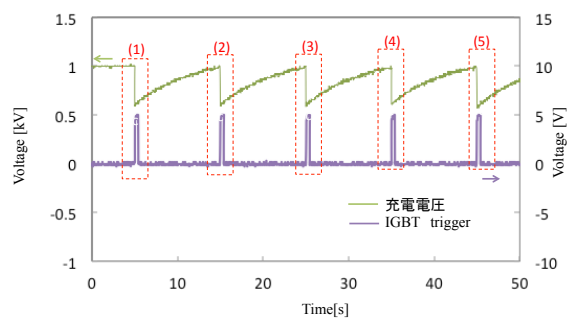


図5 絶縁体の Warm Dense Matter 状態を生成するために製作したコーティング細線とその設計のための1次元流体シミュレーション結果

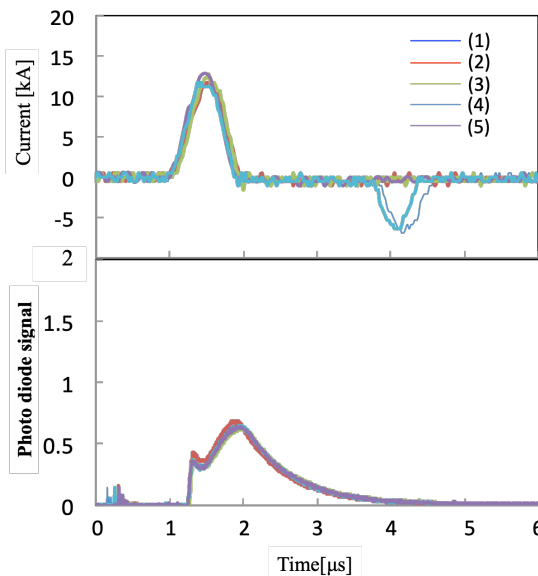
DLC の予測抵抗値により決定した。この結果、放電波形には明確に金細線がアブレーションするまでの過程、金細線が DLC を圧縮し加熱する過程が見られ、発光スペクトルからは DLC を構成する元素である、炭素に関連する吸収スペクトルが観測された。この結果を用いて、吸収スペクトルから温度計測を行なった結果、生成した DLC を起源とする炭素プラズマは、およそ 8000-9000K に達し、そのときの電気伝導率についてはシミュレーション結果で得られた表面積と比較を行なった結果、 $3 \times 10^6 \text{S/m}$ 程度となり、理論的に予測されているダイヤモンドの Warm Dense Matter の電気伝導率と近い値であり、一方でグラファイトから生成した Warm Dense Matter の電気伝導率とは 1 桁以上異なっていること実験的に示した。これは、従来手法ではパルスパワー放電を用いて Warm Dense Matter の生成が困難であったが、直流の電気伝導率を直接観測できる手法を切り開くことができた。

最後に、Warm Dense Matter と似たような特性を持つと予測される液体状態およびそれにより発生した高密度プラズマの電気伝導率を観測するため、細線を模した液体金属柱の生成条件とそれを用いたプラズマ発生の実験を行なった。使用した液体金属は、ガリウムと U-alloy であり、これらをヒーターで加熱して液体化させた。液体金属はノズルから射出し、液体金属柱や液滴を発生させる。本手法ではいくつかのノズルを用いて直径 $30 \mu\text{m}$ 以下の液体金属柱を定常的に発生させることに成功し、また、液体金属の流速を制御することにより、液滴の発生や液柱への揺動を与えることができるようになった。そのためには、液体金属の流速、特にレイノルズ数とウェーバー数で統一的に液体金属の形状を制御でき、さらに初期揺動を抑制するためには、外部からの磁場印加が重要であることを明らかにした。生成した液体金属流に対し、長岡技術科学大学極限エネルギー密度工学センターに設置されている繰り返し性を有する磁気パルス圧縮電源を用いて、プラズマ生成実験を行なった。その結果を図 6 に示す。この結果より、繰り返しプラズマを発生させても再現性のある発光特性が得られることを明らかにした。これは、従来の固体密度近傍のプラズマ発生法とは大きく異なり、光源プラズマの一つと期待される X-pinch と呼ばれるプラズマ発生方法への応用や新たな高エネルギー密度物理実験手法、更には大電流イオン源や高密度プラズマ発生によるイオンインプラネーション技術等に適用することが考えられる。

これらの成果から、規格化パラメータであるローレンツ数、イオン-イオン結合定数、電子縮退度に対する輸送特性をモデル化し、荷電粒子の運動量緩和時間及びエネルギー緩和時間に着目して、固体-プラズマ境界領域である低温・高密度プラズマ領域の衝突・緩和時間モデルを構築することを目的に、(1) Warm Dense Matter 領域の熱伝導率・電気伝導率から規格化パラメータを用いて表現し、その特性が平衡プラズマであっても従来の固体物性あるいはプラズマ物性からの外挿ができず、それらの特性がフォノン、伝導体電子およびプラズマ様の電子に依存し無次元パラメータでまとめると特性が俯瞰できること、(2) 電気伝導特性の計測が容易なパルスパワー放電装置を用いて固体近傍の絶縁体に対する物性計測手法を確立したこと、(3) 液体金属や高速度撮像技術により、極短時間で発生する高エネルギー密度プラズマ現象へのアプローチ手法を確立すること、を示した。これらによって得られた成果を元に、Warm Dense Matter 領域および高エネルギー密度プラズマの特異な物性計測を加速させるとともに、このような高エネルギー密度プラズマの工学的応用に必要な技術に関する知見を得ることができた。



(a) 繰り返し放電時の充電電圧と IGBT 信号



(b) 繰り返し放電時の電流および可視領域の発光信号の時間変化

図 6 液体金属流を用いた繰り返しパルスパワー放電とその発光の時間変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Sasaki Toru, Takahashi Kazumasa, Kikuchi Takashi, Sunahara Atsushi, Nagatomo Hideo, Fujioka Shinsuke	4. 巻 36
2. 論文標題 A numerical study on the pulse duration dependence of a magnetic field generated using a laser-driven capacitor-coil target	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Energy Density Physics	6. 最初と最後の頁 100818 ~ 100818
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.hedp.2020.100818	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 Sasaki Toru, Ohuchi Takumi, Watabe Arata, Sugimoto Satoshi, Takahashi Kazumasa, Kikuchi Takashi, Koga Mayuko, Fujioka Shinsuke	4. 巻 47
2. 論文標題 An Exploding Wire-Compression Method for Evaluating the Electrical Conductivity of Diamond-Like Carbon in a Warm Dense State	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Plasma Science	6. 最初と最後の頁 1477 ~ 1481
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TPS.2018.2890594	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 NAGAI Shinichiro, YAMAZAKI Kensho, TSUMORI Masahiro, TAKAHASHI Yusuke, HARAKAWA Ryosuke, TAKAHASHI Kazumasa, SASAKI Toru, KIKUCHI Takashi, IWAHASHI Masahiro	4. 巻 37
2. 論文標題 Construction of multi-directional high-speed imaging system using a streak camera and image compression method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Energy Density Physics	6. 最初と最後の頁 100902 ~ 100902
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.hedp.2020.100902	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 Mabe Ryota, Ishikawa Hiroki, Takahashi Kazumasa, Sasaki Toru, Kikuchi Takashi	4. 巻 36
2. 論文標題 Dependence of diameter on flow velocity of liquid metal jet for repeatable pulse powered plasma sources	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Energy Density Physics	6. 最初と最後の頁 100830 ~ 100830
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.hedp.2020.100830	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 Masahiro Tsumori, Shinichiro Nagai, Ryosuke Harakawa, Toru Sasaki, and Masahiro Iwahashi	4. 巻 117
2. 論文標題 Contour-adaptive image restoration based on compressed sensing for ultrafast phenomena	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 044102 ~ 044102
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 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Toru Sasaki, Ryota Mabe, Kazumasa TAKAHASHI, Takashi Kikuchi
2. 発表標題 Fine Liquid-Metal Load for Repeatable Applications of Pulsed-power Discharge
3. 学会等名 2019 IEEE Pulsed Power & Plasma Science (PPPS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shingo Kusano, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi
2. 発表標題 Experimental measurement of thermal and electrical conductivities in warm dense state generated by pulsed-power discharge for efficient energy conversion of fast ignition
3. 学会等名 2019 IEEE Pulsed Power & Plasma Science (PPPS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 草野慎吾, 西沢悠哉, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志
2. 発表標題 パルスパワー放電定積加熱により生成した金のWarm Dense Matterの導電率の温度・密度依存性
3. 学会等名 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Sasaki, Takao Yamamoto, Kazumasa Takahashi, Takashi Kikuchi, Atsushi Sunahara, Hideo Nagatomo, Shinsuke Fujioka
2. 発表標題 A Numerical Study on the Pulse Duration Dependence of a Magnetic Field Generated Using a Laser-Driven Capacitor-Coil Target
3. 学会等名 Eleventh International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (IFSA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinichiro Nagai, Yusuke Takahashi, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi, Masahiro Iwahashi
2. 発表標題 Construction of Multi-Dimensional High-Speed Imaging System Using Streak Camera and Image Compression Method
3. 学会等名 Eleventh International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (IFSA2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinichiro NAGAI, Kensho YAMAZAKI, Masahiro TSUMORI, Ryosuke HARAKAWA, Kazumasa TAKAHASHI, Toru SASAKI, Takashi KIKUCHI, Masahiro IWAHASHI
2. 発表標題 Construction of multi-dimensional high-speed imaging system using streak camera with image sparse representation method
3. 学会等名 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川大貴, 間部僚太, 高橋一匡, 佐々木 徹, 菊池崇志
2. 発表標題 高密度プラズマ源の実現に向けた微細液体金属流の制御と発光特性
3. 学会等名 第36回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Sasaki, Shingo Kusano, Kazumasa Takahashi, and Takashi Kikuchi
2. 発表標題 Thermal conductivity measurement of warm dense matter using laser-induced rigid-capillary fluorescence
3. 学会等名 22nd International Symposium on Heavy Ion Fusion and Beam-Driven High Energy Density Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toru Sasaki ¹ , Kazumasa Takahashi, Takashi Kikuchi, Shigeo Kawata, Kazuhiko Horioka, and Ken Takayama
2. 発表標題 Study on fuel pellet design for giant cluster-ion-beam inertial-confinement-fusion
3. 学会等名 22nd International Symposium on Heavy Ion Fusion and Beam-Driven High Energy Density Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toru Sasaki, Shingo Kusano, Kazumasa Takahashi, and Takashi Kikuchi
2. 発表標題 Thermal conductivity measurement for warm dense matter using laser induced fluorescence and isochoric pulsed-power discharge
3. 学会等名 The 7th Euro-Asian Pulsed Power Conference (EAPPC) and 22nd International Conference on High-Power Particle Beams (BEAMS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 樋口 弘宜, 宮本 泰成, 石谷 暢規, 田村 文裕, 高橋 一匡, 佐々木 徹, 菊池 崇志, 櫻根 健史
2. 発表標題 慣性核融合のための大強度パルスパワー発生装置を用いた通電加熱により生成したWarm Dense Matterの電圧・電流計測とその特性
3. 学会等名 新世代パルスパワー技術で拓くプラズマ・ビーム物理と応用の新展開
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木徹, 草野慎吾, 高橋一匡, 菊池崇志
2. 発表標題 剛体キャピラリーの誘起蛍光を利用した 高密度プラズマの熱伝導率計測
3. 学会等名 第35回 プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木徹, 高橋一匡, 菊池崇志, 川田重夫, 堀岡一彦, 高山健
2. 発表標題 巨大クラスターイオンビームを用いた慣性核融合の非線形ビーム阻止能と爆縮への影響
3. 学会等名 第35回 プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木徹, 草野慎吾, 高橋一匡, 菊池崇志
2. 発表標題 レーザー誘起蛍光法を利用したWarm Dense Matter のローレンツ数計測
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木徹, 石川大貴, 五十嵐一輝, 高橋一匡, 菊池崇志
2. 発表標題 液体金属流制御が拓くパルスパワー放電・実験室宇宙物理応用
3. 学会等名 令和2年度核融合科学研究所共同研究型研究会「最先端パルスパワー技術とプラズマ・粒子ビームへの応用の最前線」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木徹, 石川大貴, 成田祐貴, 五十嵐一輝, 高橋一匡, 菊池崇志
2. 発表標題 高繰り返しプラズマ生成のための液体金属流の電磁流体的応答
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 佐々木徹, 草野慎吾, 廣瀬岳志, 高橋一匡, 菊池崇志
2. 発表標題 定積パルスパワー放電を用いた種々のWarm Dense Matter状態の輸送特性計測とその依存性
3. 学会等名 第37回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮本泰成, 鶴山博也, 田村文裕, 菊池崇志, 佐々木徹, 高橋一匡, 樫根健史, 江偉華, 徳地明
2. 発表標題 大強度パルスパワー発生装置を用いた通電加熱によって生成したWarm Dense Matterの実験と数値解析を組み合わせた温度計測の検討
3. 学会等名 第37回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鶴山博也, 宮本泰成, 菊池崇志, 佐々木徹, 高橋一匡, 田村文裕, 樫根健史
2. 発表標題 大強度パルスパワー発生装置を用いた通電加熱型Warm Dense Matter生成実験のための放射・熱伝導数値解析による放射スペクトルの検討
3. 学会等名 第37回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 服部司真, 田村文祐, 櫻根健史, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 徳地明, 江偉華, 藤岡慎介, 佐野孝好
2. 発表標題 高速点火慣性核融合用材料のWarm Dense Matter物性評価のためのサーマルガンへの投入エネルギー密度取得に向けた容量分圧型電圧測定器の検討
3. 学会等名 第37回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮本泰成, 鶴山博也, 田村文裕, 菊池崇志, 佐々木徹, 高橋一匡, 櫻根健史
2. 発表標題 パルス通電加熱によって生成したWarm Dense Matterの数値解析を用いた到達温度の推定
3. 学会等名 第30回電気学会東京支部新潟支所研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 廣瀬岳志, 草野慎吾, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志
2. 発表標題 パルスパワー放電定積加熱によるニッケル warm dense matter の導電率計測
3. 学会等名 第30回電気学会東京支部新潟支所研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木徹, 山崎健将, 津守将弘, 原川良介, 高橋一匡, 菊池崇志, 岩橋政宏
2. 発表標題 ストリークカメラと圧縮センシングを用いた単純なプラズマ拳動の多方向計測法の検討
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 山崎健将, 永井信一郎, 津守将弘, 原川良介, 高橋一匡, 佐々木徹, 菊池崇志, 岩橋政宏
2. 発表標題 多方向高速度撮影手法における欠損率と再構築画像の関係
3. 学会等名 電気学会 放電・プラズマ・パルスパワー研究会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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	高橋 一匡 (Takahashi Kazumasa) (10707475)	長岡技術科学大学・工学研究科・助教 (13102)	

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
---------	---------