

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H01881

研究課題名(和文)高出力レーザー生成プラズマを用いる磁気リコネクションの実験研究

研究課題名(英文) Experimental research on magnetic reconnection with high-power laser-produced plasmas

研究代表者

森田 太智 (Morita, Taichi)

九州大学・総合理工学研究院・准教授

研究者番号：30726401

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：レーザー生成プラズマ中で磁気リコネクションを駆動し、プラズマ発光計測で磁化プラズマ挙動の膨張と衝突の様子を、二方向のレーザートムソン散乱法を用いて電子・イオンの速度分布関数を計測することで、リコネクション率とプラズマ加熱・加速との関係を評価した。レーザースポット間に磁気リコネクションを駆動し、トムソン散乱法によってプラズマ加熱・加速を定量的に明らかにした。また、レーザースポット間隔を変更することで上流プラズマや磁場パラメータを変更した実験も行い、リコネクション率が上流パラメータに大きく依存せず、0.1程度になることがわかった。加速電子の検出にも成功したがその解釈は今後の研究に引き継いでいる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レーザーを用いた磁気リコネクション研究は、これまでの磁場閉じ込めプラズマ、太陽観測、衛星のその場計測に加え、代替手段になり得るが、これまでは詳細なプラズマ計測の不足から、定量的な評価が難しかった。本研究の成果は、レーザーを用いた室内実験でも磁気リコネクションを定量的に検証できることを示している。宇宙プラズマ、核融合プラズマ、磁気圏プラズマ等様々な分野で共通の物理であり、代替研究手法としてレーザープラズマを用いたリコネクション研究が発展すれば、未知のリコネクション物理の解明につながると考えられる。

研究成果の概要(英文)：By driving magnetic reconnection in laser-produced plasma and using plasma emission measurements to observe the expansion and collision of magnetized plasma behavior, we evaluated the relationship between the reconnection rate and plasma heating and acceleration by measuring the velocity distribution functions of electrons and ions using a two-directional laser Thomson scattering method. Magnetic reconnection was driven between laser spots, and plasma heating and acceleration were quantitatively clarified using the Thomson scattering method. Additionally, experiments were conducted to change the upstream plasma and magnetic field parameters by altering the distance between laser spots, revealing that the reconnection rate is not significantly dependent on upstream parameters and is approximately 0.1. The detection of accelerated electrons was also successful, but its interpretation remains for future research.

研究分野：プラズマ物理

キーワード：磁気リコネクション レーザー宇宙物理 プラズマ計測 レーザートムソン散乱計測 粒子加速

1. 研究開始当初の背景

太陽フレアのモデルとして磁力線再結合(磁気リコネクション)が提唱され、ようこう衛星の観測が始まって以来、磁気リコネクションがフレアの標準的モデルとして考えられている。しかし、観測される磁気リコネクションの速度(リコネクション率)は、プラズマが高磁気レイノルズ数 ($Rm \gg 1$) であるにも関わらず、磁気流体(MHD)計算が予想する速度より桁違いに速い。つまり、磁場拡散領域では、流体モデルでは取り扱えないプラズマの運動論的(粒子的)振る舞いが重要である。太陽観測では、リコネクションの様子が捉えられているが、リコネクション下流領域でMHDモデルが予想するファーストショックやスローショック等の直接検出は難しく、磁気張力によって下流領域で加速されるプラズマ(ジェット)の速度場計測は困難である。一方、地球磁気圏においても太陽風磁場と地球磁場の間で磁力線がつなぎかわり、太陽風プラズマが磁気圏に侵入する。地球磁気圏は探査機による”その場計測”で電流シートやスローショックの構造が明らかになってきているが、リコネクション領域を取り囲む大規模なプラズマ構造や磁場構造を知ることができない。また数値シミュレーションでは、プラズマの大規模構造変化とマイクロな運動論的効果は、時間・空間スケールが大きく異なり、統一して計算することは不可能である。上記の欠点を補うのが室内実験であり、その中でもレーザープラズマ実験は磁気リコネクションの研究に適している。レーザーを固体表面に集光照射するだけで10 T以上の自己生成磁場がプラズマ中に生成される(Biermann battery 効果: $\partial B / \partial t \propto \nabla T_e \times \nabla n_e$)。例えば2本のレーザーを異なる点に集光すると、集光スポット間に反平行磁場が生成されリコネクションを検証できる。これまでは、主に高エネルギー(数 MeV)の陽子ビームを用いてリコネクション磁場を可視化できているが、プラズマの空間スケールが数ミリメートルと微小で高速膨張(数百 km/s)するため、特にプラズマの局所計測が難しかった。そのため、磁場拡散領域のプラズマ状態やリコネクションによる加熱・加速を、数値シミュレーションを用いて議論しているのが現状である。

2. 研究の目的

高出力レーザー照射で生成する高エネルギープラズマを用いて磁気リコネクションを駆動し、プラズマ及び磁場のグローバルな構造変化を計測すると同時に、リコネクションによる加熱・加速、上流・下流プラズマの速度・磁場強度を計測する。そして磁気リコネクション最大の謎であるリコネクション率と、磁場からプラズマへのエネルギー変換過程を実験的に明らかにする。また、実験室や宇宙プラズマにおいて二次元的な反平行磁場は稀であり、リコネクション(反平行)磁場に対して垂直成分(ガイド磁場)を考慮する必要がある。ガイド磁場を加えることで、リコネクション領域が小さな磁気島に分かれ、リコネクション率が大きくなるという計算結果もある。そこで以下のように計測・磁場発生装置を開発し、大型レーザーを用いることで実験計測からリコネクションの物理素過程に迫ることを目的とする。

- レーザートムソン散乱法によって磁力線に対して平行・垂直方向と二次元のプラズマパラメータ計測を開発する。
- リコネクション磁場に匹敵するガイド磁場を印加するため、およそ10 Tの安定磁場(空間サイズ~1 cm, 持続時間 > 100 ns) 発生装置を開発する。
- 実験パラメータの最適化、および実験データ解析のため、輻射流体シミュレーション、粒子シミュレーションを開発・実施する。
- 開発した磁場発生装置、局所プラズマ計測を用い、大型レーザーである大阪大学の激光XII号と中国・上海光機所の神光IIを用いて高エネルギープラズマ実験を行う。激光XII号実験では、別の高強度レーザーLFEXによって加速される陽子ビームで磁場構造を計測する。

3. 研究の方法

磁気リコネクションの物理は、電子スケールの微小領域における異常拡散とイオンスケールの磁場・プラズマエネルギー変換過程を理解する必要がある。本研究では、レーザー生成プラズマ中で磁気リコネクション駆動する。プラズマ発光計測や干渉計測でイオンスケールのプラズマ挙動を、陽子ビームを用いてリコネクション磁場を可視化し、磁場拡散領域周辺の磁場を計測する。新たに開発する二次元トムソン散乱計測を用いて磁場拡散領域と、その上流・下流のプラズマを局所的に計測することで、リコネクション率とプラズマ加熱・加速との関係を明らかにする。

- 多次元レーザートムソン散乱法の準備(R2年度)
- 強磁場発生装置の開発(R2年度)
- プラズマ生成とリコネクション領域を計算するシミュレーションの開発(R2-R3年度)
- 大型レーザーを用いた実験(R2-R5年度, 毎年度2回)

4. 研究成果

2020年度

主に必要となる計測手法の開発、磁場発生装置の開発、シミュレーションコードの検証を行った。

- 大型実験に1次元の計測システムを導入し、温度・密度等のプラズマパラメータ計測に成功した。またその結果、磁場の相互作用領域において局所的に大電流が流れていることを検出し、反平行磁場による電流シートが存在することを示した。
- 強磁場発生装置の開発：リコネクション磁場に垂直な磁場(ガイド磁場)を与えることを目的として、磁場発生装置を作成した。プラズマ中の自発的生成磁場はおよそ10-20Tであることが計測から明らかとなり、作成した装置でそれに匹敵するおよそ5Tの磁場を印加できた。しかし、磁場による依存性の検証には、1で述べた検出器の分解能が不足していることがわかった。
- 数値シミュレーションコードの開発：輻射流体シミュレーションを行い、レーザーによるアブレーションプラズマと自己生成磁場の計算に成功した。
- 大型レーザー実験：コロナウィルス感染拡大のため中国・上海での実験は延期となったが、大阪大学の大型レーザーを用いた実験を行った。そこで磁場・プラズマ計測両方に成功し、磁場変化による電流シートの生成を示すと思われるデータを取得した。また磁場計測から磁場構造の変化を計測することに成功した。

2021年度

2021年度は、2回の大型レーザー実験を行い、2方向のレーザートムソン散乱計測からイオンの速度分布関数の変化を検出し、リコネクションによる温度・速度変化を示唆する結果を得た。また、磁場に垂直方向の計測から、電子の分布関数に関する情報の取得にも成功した。つまり、リコネクションによるアウトフローと反平行磁場が生成する電流シートを示唆する結果が得られた。これらを詳細に解析することで、リコネクション前の磁場強度、電流シートの生成と消失、リコネクションによるエネルギー変換、つまり磁場エネルギーから電子・イオンへのエネルギー変換割合と配分を議論できる。また、高強度レーザーによって生成した陽子ビームを用いて、リコネクション領域の電場・磁場構造計測に成功した。実験からは磁場によって偏向された陽子の空間分布が得られるが、ここから磁場構造を逆算する手法が確立されていない。この解析には磁場に偏向された画像データと、偏向されていない画像データの両方が必要であるが、本研究のような大型レーザー実験では、両方のデータを同時に取得することができない。そこで、エネルギー分解した複数の偏向画像データから磁場構造を逆算する手法を開発した。この手法を用いて磁場のつなぎ替わり、リコネクション率の定量的評価が可能になると考えられる。

2022年度

大型レーザーを用いた陽子ビームの計測は、施設側で採択されなかったため実施できなかったが、これまでできていなかったレーザートムソン散乱の電子項計測を試みた。結果として、スペクトルを取得するまでには至らなかったが、大型レーザーを計測用レーザーとして用いて実験を行い、実験が可能であることは示した。おそらくプラズマ密度が高いために計測用分光器の計測領域が不十分であったと考えられる。また、2021年度に取得したレーザートムソン散乱のデータを解析することで、磁場拡散領域におけるイオン速度分布の変化と、磁場からプラズマへのエネルギーを求めることに成功した。またエネルギー変化からリコネクション率を求めた。これらの結果を論文に投稿した(Phys. Rev. E, 106, 055207 (2022))。また本成果は、九州大学からプレスリリースを行なった(<https://www.kyushu-u.ac.jp/ja/researches/view/842/>)。

2023年度

薄膜へのレーザー照射点を変更して磁気リコネクションを引き起こす反平行磁場と上流のプラズマパラメータを変化させることで、リコネクション率や加熱・加速にどう影響するのかを検証した。論文発表した手法を用いてリコネクション率を評価したところ、上流に大きく依存せず、非常に速いリコネクション率 $R \sim 0.1$ を得た。これは無衝突プラズマにおける磁気リコネクションにおいて理論的に予想される速いリコネクション率を示している。また、計測系を充実させるため、これまでプラズマ生成に用いてきた大型レーザーである激光を計測用レーザーとして用いることで十分なエネルギーを確保して、レーザートムソン散乱の電子項の計測に成功した。今後は、これまでのNd:YAGレーザーを用いたイオン項計測と激光を用いた電子項計測を併用することで、イオン、電子両方の速度分布を得ることが可能になる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Morita T., Kojima T., Matsuo S., Matsukiyo S., Isayama S., Yamazaki R., Tanaka S. J., Aihara K., Sato Y., Shiota J., Pan Y., Tomita K., Takezaki T., Kuramitsu Y., Sakai K., Egashira S., Ishihara H., Kuramoto O., Matsumoto Y., Maeda K., Sakawa Y.	4. 巻 106
2. 論文標題 Detection of current-sheet and bipolar ion flows in a self-generated antiparallel magnetic field of laser-produced plasmas for magnetic reconnection research	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 55207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.106.055207	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 Matsukiyo S., Yamazaki R., Morita T. et al.	4. 巻 106
2. 論文標題 High-power laser experiment on developing supercritical shock propagating in homogeneously magnetized plasma of ambient gas origin	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 25205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.106.025205	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 Sakai K., Moritaka T., Morita T., Tomita K., Minami T., Nishimoto T., Egashira S., Ota M., Sakawa Y., Ozaki N., Kodama R., Kojima T., Takezaki T., Yamazaki R., Tanaka S. J., Aihara K., Koenig M., Albertazzi B., Mabey P., Woolsey N., Matsukiyo S., Takabe H., Hoshino M., Kuramitsu Y.	4. 巻 12
2. 論文標題 Author Correction: Direct observations of pure electron outflow in magnetic reconnection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 10921
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-21220-5	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 Yamazaki R., Matsukiyo S., Morita T. et al.	4. 巻 105
2. 論文標題 High-power laser experiment forming a supercritical collisionless shock in a magnetized uniform plasma at rest	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 25203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.105.025203	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 Arikawa Yasunobu, Morace Alessio, Abe Yuki et al.	4. 巻 5
2. 論文標題 Demonstration of efficient relativistic electron acceleration by surface plasmonics with sequential target processing using high repetition lasers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 13062
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.5.013062	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 T Morita, K Tomita, K Sakai, M Takagi, K Aihara, M Edamoto, S Egashira, T Higuchi, N Ishizaka, T Izumi, S Kakuchi, T Kojima, Y Kuramitsu, S Matsukiyo, Y Nakagawa, T Minami, H Murakami, Y Nishioka, M Ota, T Sano, S Sei, K Sugiyama, SJ Tanaka, R Yamazaki, Y Sakawa	4. 巻 36
2. 論文標題 Local plasma parameter measurements in colliding laser-produced plasmas for studying magnetic reconnection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 High Energy Density Physics	6. 最初と最後の頁 100754
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hedp.2020.100754	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21件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 森田太智, 松清修一, 諫山翔伍, 前之園凱夫, 村本裕耶, Yiming Pan, 富田健太郎, 竹崎太智, 蔵満康浩, 境健太郎, 江頭俊輔, 東力也, 高橋健太, 有川安信, 前田亘佑, 坂和洋一, 小口拓哉, 山崎了, 田中周太, 佐藤雄飛, 塩田珠里
2. 発表標題 レーザー生成プラズマ中の磁気リコネクションにおける磁気拡散領域の時間・空間分解計測
3. 学会等名 地球電磁気・地球惑星圏学会 総会・講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森田太智, 前之園凱夫, 村本裕耶, 松清修一, 諫山翔伍, 東力也, 高橋健太, 有川安信, 坂和洋一, 江頭俊輔, 前田亘佑, 竹崎太智, 小口拓哉, 富田健太郎, Yiming Pan, 山崎了, 田中周太, 佐藤雄飛, 塩田珠里, 蔵満康浩, 境健太郎
2. 発表標題 レーザープラズマ中の磁気リコネクションにおける磁気拡散領域の詳細計測と磁場構造変化の検証
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Taichi Takezaki, Takuya Oguchi, Hiroaki Ito, Ryo Yamazaki, Shuta J. Tanaka, Taichi Morita, Shuichi Matsukiyo, Shogo Isayama, and Youichi Sakawa
2. 発表標題 Development of Pulsed Magnet for Collisionless Shock Experiment Using High-power Laser
3. 学会等名 The 9th Euro-Asian Pulsed Power Conference with the 24th International Conference on High-Power Particle Beams (EAPPC & BEAMS 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎了
2. 発表標題 激光XII号による磁化プラズマ中を伝播する無衝突衝撃波の生成実験
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Morita, S. Matsuo, T. Kojima, K. Aihara, Y. Arikawa, S. Egashira, S. Isayama, O. Kuramoto, S. Matsukiyo, Y. Matsumoto, K. Sakai, K. Sugiyama, T. Takezaki, R. Yamazaki, and Y. Sakawa
2. 発表標題 Experimental investigation of magnetic reconnection in laser-driven self-generated magnetic field
3. 学会等名 International Conference on High Energy Density Sciences 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Matsuo, T. Morita, T. Kojima, S. Isayama, S. Matsukiyo, T. Takezaki, Y. Arikawa, Y. Sakawa, S. Egashira, O. Kuramoto, Y. Matsumoto, K. Sakai, R. Yamazaki, K. Sugiyama and K. Aihara
2. 発表標題 Time-evolution of the magnetic field structure in laser-driven magnetic reconnection measured by proton radiography
3. 学会等名 International Conference on High Energy Density Sciences 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 児島拓仁, 森田太智, 松尾涼人, 諫山翔伍, 松清修一, 竹崎太智, 山崎了, 杉山慧, 相原研人, 江頭俊輔, 倉本織羽乃, 松本雄志郎, 蔵満康浩, 境健太郎, 有川安信, 坂和洋一
2. 発表標題 高出力レーザー生成プラズマ中の磁気リコネクションにおけるプラズマ加熱・加速の検証
3. 学会等名 日本物理学会・秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松尾涼人, 森田太智, 児島拓仁, 諫山翔伍, 松清修一, 竹崎太智, 有川安信, 坂和洋一, 江頭俊輔, 倉本織羽乃, 松本雄志郎, 境健太郎, 蔵満康浩, 山崎了, 杉山慧, 相原研人
2. 発表標題 プロトンバックライト法によるレーザー駆動磁気リコネクションの磁場構造の解析
3. 学会等名 日本物理学会・秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Morita, Y. Muramoto, Y. Maenosono, S. Isayama, M. Edamoto, M. Hanano, Y. Kanesada, Y. Kuramitsu, S. Matsukiyo, G. Nakayama, K. Obayashi, K. Oshida, K. Sakai, J. Shiota, Y. Suzuki, T. Takezaki, S. J. Tanaka, K. Tomita, S. Yakura, R. Yamazaki, and Y. Sakawa
2. 発表標題 Laser astrophysics experiments for the investigation of plasma heating and acceleration in magnetic reconnection
3. 学会等名 International Conference on High Energy Density Science 2024 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 森田太智
2. 発表標題 レーザープラズマ中の磁気リコネクションにおけるプラズマ加熱・加速の実験検証
3. 学会等名 名古屋大学宇宙地球環境研究所 共同研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 森田 太智, 松清 修一, 諫山 翔伍, Schilling Nathan, 山本 直嗣, 山崎 了, 田中 周太, 竹崎 太智, 境 健太郎, 枝本 雅史, 蔵満 康浩, Pan Yiming, 富田 健太郎, 森 芳孝, 伊勢 俊之, 村田 駿介, 砂原 淳, 難波 慎一, 梶村 好宏, 坂和 洋一
2. 発表標題 高エネルギー密度プラズマによるレーザー宇宙実験と宇宙推進への応用研究
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第44回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 森田太智, 村本裕耶, 前之園凱夫, 金定功樹, 尾川知也, 松尾涼人, 児島拓仁, 松清修一, 諫山翔伍, 忍田昂太郎, 中山学, 佐藤弓真, 高橋佳夏, 東力也, 高橋健太, 山崎了, 田中周太, 塩田珠里, 矢倉彰真, 近藤颯, 下田仁菜, 森田愛子, 岡田佳純, 須藤洋平, 石川諒弥 et al
2. 発表標題 高エネルギー密度プラズマを用いた磁気リコネクションの実験研究
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Taichi MORITA, Shuichi MATSUKIYO, Ryo YAMAZAKI, Shogo ISAYAMA, Shuta TANAKA, Masahiro HANANO, Yoshiki KANESADA, Yasuhiro KURAMITSU, Yoshio MAENOSONO, Yuya MURAMOTO, Gaku NAKAYAMA, Kaori OBAYASHI, Kotaro OSHIDA, Kentaro SAKAI, Juri SHIOTA, Yuto SUZUKI, Taichi TAKEZAKI, Kentaro TOMITA, Shoma YAKURA, and Youichi SAKAWA
2. 発表標題 Experimental investigation of energy conversion in a magnetic reconnection in laser-produced plasma
3. 学会等名 International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森田太智, 村本裕耶, 前之園凱夫, 金定功樹, 松清修一, 諫山翔伍, 忍田昂太郎, 松尾涼人, 児島拓仁, 東力也, 高橋健太, 山崎了, 田中周太, 相原研人, 佐藤雄飛, 塩田珠里, 城所佑奈, 矢倉彰真, 坂和洋一, 江頭俊輔, 前田亘佑, 鈴木悠斗, 花野正浩, 蔵満康浩, 富田健太郎, Yimin Pan, 竹崎太智, 小口拓哉, 枝本雅史, 境健太郎
2. 発表標題 高エネルギーレーザー生成プラズマにおける磁気リコネクションの加熱・加速の直接計測とパラメータ依存性の検証
3. 学会等名 日本物理学会 年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	村本裕耶, 森田太智, 前之園凱夫, 金定功樹, 松清修一, 諫山翔伍, 忍田昂太郎, 松尾涼人, 児島拓仁, 東力也, 高橋健太, 山崎了, 田中周太, 相原研人, 佐藤雄飛, 塩田珠里, 城所佑奈, 矢倉彰真, 坂和洋一, 江頭俊輔, 前田亘佑, 鈴木悠斗, 花野正浩, 蔵満康浩, 富田健太郎, Yimin Pan, 竹崎太智, 小口拓哉, 枝本雅史, 境健太郎
2. 発表標題	レーザープラズマを用いた磁気リコネクション実験におけるプラズマ加速と磁場変化の直接計測
3. 学会等名	日本物理学会
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	山崎了, 田中周太, 河村有志郎, 正治圭崇, 富谷聡志, 遠田裕史, 宮田親, 石坂夏槻, 角地真, 瀬井柊人, 河村璃子, 杉山慧, 鈴木大介, 相原研人, 神林荘汰, 佐藤雄飛, 椎名遼, 大林花織, 塩田珠里, 高田敦也, 松井啓一郎, 城所佑奈, 鈴木俊輔, 矢倉彰真, 近藤颯, 下田仁菜, 坂和洋一 et al
2. 発表標題	大型レーザー激光XII号を用いた磁化プラズマ中を伝播する無衝突衝撃波の生成実験(6)
3. 学会等名	2022年度までの進捗状況
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	塩田珠里, 山崎了, 田中周太, 矢倉彰真, 近藤颯, 坂和洋一, 松清修一, 森田太智, 諫山翔伍, 富田健太郎, 竹崎太智, 大平豊, 梅田隆行, 石井彩子, 大西直文, 境健太郎
2. 発表標題	大型レーザー激光XII号を用いた磁化プラズマ中を伝播する無衝突衝撃波の生成実験(7): 粒子シミュレーションを用いた2020-2022年度実験デザインの決定
3. 学会等名	日本物理学会
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	竹崎太智, 小口拓哉, 松山隼, 重田宗明, 伊藤弘昭, 山崎了, 田中周太, 大林花織, 塩田珠里, 矢倉彰真, 近藤颯, 松清修一, 森田太智, 諫山翔伍, 坂和洋一, 佐野孝好, 蔵満康浩, 南卓海, 江頭俊輔, 富田健太郎, Yimin Pan, 太田雅人, 境健太郎, 枝本雅史
2. 発表標題	大型レーザー激光XII号を用いた磁化プラズマ中を伝播する無衝突衝撃波の生成実験(8): パルス磁場装置開発
3. 学会等名	日本物理学会
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 諫山翔伍, 忍田昂太郎, 松清修一, 森田太智, 長野鉄矢, 古川将大, Luo Haoyang, 松尾涼人, 児島拓仁, 東力也, 高橋健太, 中山学, 前之園凱夫, 村本裕耶, 金定功樹, 山崎了, 田中周太, 大林花織, 塩田珠里, 矢倉彰真, 近藤颯, 坂和洋一, 佐野孝好, 蔵満康浩, 南卓海 et al
2. 発表標題 大型レーザー激光XII号を用いた磁化プラズマ中を伝播する無衝突衝撃波の生成実験(9): 衝撃波の長時間発展と数値シミュレーションの比較
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前之園凱夫, 森田太智, 松清修一, 諫山翔伍, 松尾涼人, 児島拓仁, 村本裕耶, 金定功樹, 長野鉄矢, 古川将大, Luo Haoyang, 東力也, 高橋健太, 忍田昂太郎, 中山学, 山崎了, 田中周太, 大林花織, 塩田珠里, 矢倉彰真, 近藤颯, 坂和洋一, 佐野孝好, 蔵満康浩, 南卓海, 江頭俊輔, 竹崎太智, 小口拓哉, 富田健太郎, Yimin Pan, 境健太郎, 枝本雅史
2. 発表標題 大型レーザー激光XII号を用いた磁化プラズマ中を伝播する無衝突衝撃波の生成実験(10): 衝撃波遷移領域における不安定性の直接計測と同定
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中周太, 田中一詳, 境健太郎, 蔵満康浩, 當真賢二, 松本仁, 庄田宗人, 山崎了, 森田太智, 松清修一, 諫山翔伍, 竹崎太智, 佐野孝好, 大林花織, 塩田珠里, 城所佑奈, 鈴木俊輔, 矢倉彰真, 安部勇輝, 南卓海, 倉本恭誓, 二階堂颯佳, 田口智也, 姫野公輔, 石原大樹, 小田和昌 et al
2. 発表標題 大型レーザー激光XII号を用いた磁化プラズマ中を伝播する無衝突衝撃波の生成実験(11): 磁場の向きと弧状衝撃波の形状
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2023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	松清 修一 (Matsukiyo Shuichi) (00380709)	九州大学・総合理工学研究院・教授 (17102)	

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	山崎 了 (Yamazaki Ryo) (40420509)	青山学院大学・理工学部・教授 (32601)	
研究分担者	有川 安信 (Arikawa Yasunobu) (90624255)	大阪大学・レーザー科学研究所・准教授 (14401)	
研究分担者	竹崎 太智 (Takezaki Taichi) (90824326)	富山大学・学術研究部工学系・助教 (13201)	

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