

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K18747

研究課題名（和文）ベクトルトモグラフィを応用したプラズマ流ベクトル場イメージング計測の開発

研究課題名（英文）Development of plasma flow velocity field imaging using vector tomography technique

研究代表者

田辺 博士（Tanabe, Hiroshi）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：30726013

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、X線CTやMRI等の断層像撮像技法として知られるコンピュータトモグラフィの手法を、プラズマ放射光の分光計測で得られた線スペクトルの測定データ群に応用し、多方向の測定視野で取得したドップラーシフト信号に、スカラー・ベクトルトモグラフィの技法を用いることで温度・流速ベクトル場をイメージングする計測器開発を推進した。96CH/320CHの超高解像分光システム開発、同計測の東京大学プラズマ合体実験応用を進め、磁気リコネクションの加速・加熱を通じて形成される特徴のクリアなイメージングを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではX線CTやMRIで広く知られるコンピュータトモグラフィの応用分野の中でもとりわけ先進的課題として、測定対象のパラメータが単純なラドン変換で投影されない、線スペクトルのドップラー幅やドップラーシフトといった発光の重み付き平均として得られる投影データから逆問題を解決する手法の開発に取り組んだ。医用数学、流体力学、プラズマ分光学の考え方を動員した分野横断的アプローチで逆問題解決を試みる計測科学としての新規性に加え、実際にデータを取得する測定装置開発、プラズマ実験応用が進められ、シミュレーション予測と異なる新しい構造形成現象を実験主導で新たに発見、プラズマ科学の新しいフロンティアを開拓した。

研究成果の概要（英文）：An application study of tomographic reconstruction technique to ion Doppler spectroscopy has been carried out. As in medical imaging such as X-ray CT & MRI, we carried out the development of 2D imaging measurement of internal ion temperature and velocity profile in toroidal plasma from multiple line-integrated spectra using a novel scalar and vector tomography method. We developed a 96CH/320 ultra-high resolution imaging spectroscopy system and applied it to a toroidal plasma merging experiment in TS-6. The tomographic ion Doppler spectroscopy system successfully contributed to reveal ion acceleration and heating characteristics of magnetic reconnection.

研究分野：プラズマ科学

キーワード：プラズマ・核融合 プラズマ診断 磁気リコネクション コンピュータトモグラフィ

1. 研究開始当初の背景

X線CTやMRIで知られる画像再構成による断層イメージング計測は、医用応用における人体断面写真の撮影だけでなく、数学的に相似な系が得られる場合には物理計測にも応用可能なことが知られている。同手法を利用したスカラー場のイメージング研究は広く応用が見られる一方、空間一地点あたり各方向成分が存在するベクトル場のイメージング研究はいまだ応用例が少ない。こういったベクトル場のイメージングは現在実験室プラズマにおけるプローブ計測による擾乱を許容した測定が中心であり、核融合研究をはじめとしたプラズマ中心部へのプローブ挿入が難しい系でも応用できる非侵襲計測を開発しておくことは重要である。

2. 研究の目的

本研究では、同需要に対応した研究として、プラズマ放射光にドップラー効果を利用したドップラー分光計測とコンピュータトモグラフィを融合させたドップラートモグラフィの測定系を対象として、ベクトル場のイメージング研究に着手する。本研究課題の理論検討に加え、計測系整備、逆問題解析コード開発、実験データ解析を推進し、萌芽的な本研究課題の今後の発展に資する調査を推進する。

3. 研究の方法

コンピュータトモグラフィの分野では、一般に測定対象とするパラメータ群 $\mathbf{g}(\mathbf{r})$ に対して測定器が $f(\rho, \theta) = \int_L \mathbf{g}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n} dl$ なる計測器視野 L 上で線積分としてデータを測定する系において (ρ は測定視野の測定系中心からの距離、 θ は投影取得角度)、測定した $f(\rho, \theta)$ からいかにして $\mathbf{g}(\mathbf{r})$ の情報を復元するかという逆問題を扱う。同問題は、単一測定器のデータのみで解くことは難しいが、複数視野で投影をとることができる医用画像再構成と条件は同じとなる。プラズマ診断ではここに測定視野数の不足を補うためにプラズマの軸対称を考慮したアーベル逆変換などの微分系を含む解析的手法や、対ノイズ耐性を組み込むために空間分布を特定の関数の級数展開で記述できるとして各々の係数を最小二乗法を併用して解く手法、あるいは医用画像再構成でも応用例のある最尤推定などがあり、測定系に合わせた適切な手法選択が必要であるが、本質的には計測法として確立済みである。

ベクトルトモグラフィで扱う画像再構成では、以上のトモグラフィの系と比較して、空間地点ごとにベクトル場としてパラメータが存在し、計測系の検出成分の影響を受けたベクトルラドン変換として投影データが取得される点が大きく異なる。計測対象ベクトル場 $\mathbf{g}(\mathbf{r})$ は計測視線ベクトル \mathbf{n} に対して、たとえばドップラーシフト計測の場合測定視野の奥行き方向成分のみが検出されるため、 $f(\rho, \theta) = \int_L \mathbf{g}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n} dl$ として測定パラメータ群はこの内積 $\mathbf{g}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n}$ なる計測視野方向成分のみが検出される。この状況で $f(\rho, \theta)$ から $\mathbf{g}(\mathbf{r})$ をいかにして復元するか、これがベクトルトモグラフィで扱う画像再構成である。

流速ベクトルの再構成では、任意のベクトル $\mathbf{V} = \text{grad}\Phi + \text{rot}\Psi$ として2つのポテンシャル関数に分解できるとするヘルムホルツの分解定理を利用して、ベクトル場の再構成問題を2つのポテンシャル再構成問題に変換すると比較的容易に解くことが可能である。第一項は、 div を計算すると $\text{div}\mathbf{V} = \text{div}(\text{grad}\Phi) + \text{div}(\text{rot}\Psi) = \nabla^2\Phi$ となるため、 $\text{div}\mathbf{V} = 0$ の非圧縮性流れ場では $\text{div}\mathbf{V} = \nabla^2\Phi = 0$ となり、境界条件のもとラプラス方程式の解としてスカラーポテンシャル Φ は数値的に求めることが可能である。第二項のベクトルポテンシャル Ψ は、流体力学の分野で一般に流れ関数と呼ばれているものであり、 \mathbf{V} の渦度 $\boldsymbol{\omega} = \text{rot}\mathbf{V}$ に対して $\nabla^2\Psi = -\boldsymbol{\omega}$ となることを利用すると単純化が可能である。 $\mathbf{V} = (V_x, V_y)$ として $f = \int_L \mathbf{V}(x, y) \cdot \mathbf{n} dx$ なる系で、 x 方向に投影を取得する状況で $y = y_1$ の投影 $f_{y=y_1}$ および $y = y_2$ の投影 $f_{y=y_2}$ で差分をとると $\Delta y = y_2 - y_1 \rightarrow 0$ の極限では、微小渦の面積分と線積分視野の差分経路での大きな渦の間でストークスの定理が使用可能となり、 $\partial/\partial y \int_L \mathbf{V}(x, y) \cdot \mathbf{n} dx = \int_L \boldsymbol{\omega}(x, y) dx$ として渦度の線積分系に変換できる。ここで $\nabla^2\Psi = -\boldsymbol{\omega}$ の関係を考慮すると、 $\int_L \boldsymbol{\omega}(x, y) dx = -\int_L \nabla^2\Psi(x, y) dx$ となり、 $f = \int_L \mathbf{V}(x, y) \cdot \mathbf{n} dx$ の微分形とベクトルポテンシャル Ψ の関係が $\partial/\partial y \int_L \mathbf{V}(x, y) \cdot \mathbf{n} dx = -\int_L \nabla^2\Psi(x, y) dx$ と求まる。両辺積分すると、 $\int_L \mathbf{V}(x, y) \cdot \mathbf{n} dx dy = -\int_L \Psi(x, y) dx$ となり、これは測定したベクトルラドン変換の投影データ群を、測定器配列方向 y について積分したものが、ベクトルポテンシャルの線積分系と等価となることを意味する。この関係を利用すると遠隔測定で求めた \mathbf{V} の視線積分データ解析を通じて、ベクトルポテンシャル Ψ が取得できる。以上の原理により、ヘルムホルツ分解定理の第二項が求まり、ベクトル場 $\mathbf{V} = \text{grad}\Phi + \text{rot}\Psi$ として求めることができる。

以上述べた手法は、投影視野方向成分が検出される系一般の基礎であるが、スペクトルデータを扱うドップラートモグラフィの系では $\int_L \mathbf{V}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n} dl$ と直接検出はされないため、ドップラーシフト $\lambda_{\text{Doppler}} = \mathbf{V}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{n} (\lambda_0/c)$ に対する検出値は、局所発光を $\{\varepsilon_0/(2\pi\sigma)^{1/2}\} \exp\{-0.5(\lambda - \lambda_0 - \lambda_{\text{Doppler}})^2/\sigma^2\}$ なるガウス分布とすると (ε_0 は発光分布)、 $I = \{\varepsilon_0/(2\pi\sigma)^{1/2}\} \exp\{-0.5(\lambda - \lambda_0 - \lambda_{\text{Doppler}})^2/\sigma^2\}$ と、ドップラーシフトの影響を受けたスペクトルの線積分系として現れる。同スペクトル I は波長 λ に対して0次のモーメントをとると $\int I d\lambda = \varepsilon_0$ が得られ、1次のモーメントをとると $\int I \lambda d\lambda = \varepsilon_0(\lambda_0 + \lambda_{\text{Doppler}})$ が検出される。これを応用し、測定スペクトルの0次モーメント形にトモグラフィを当てはめる

ことで発光分布をスカラトモグラフィで事前に求めておき、ヘルムホルツ分解定理の左辺は発光の重み付き流速を代入、逆変換で求めた結果から発光分布の重みを除去すると流速ベクトルの空間分布を求めることができる。

4. 研究成果

本手法を活用した流速再構成技法の確認として、まず最初に顕著なトロイダルフロー駆動が可能な異極性スフェロマック合体実験を活用して再構成手法の検証を実施した。計測視野はトロイダル平面状でトロイダル方向に回転するベクトル場を対象とし、適宜マッハプローブやドップラープローブ(IDSP: Ion Dynamics Spectroscopy Probe)の検証を並行し、双方でX点を起点として流速分布が反転する特徴を確認した。TS-3U(TS-6)実験ではこれと並行して計測視野の本数のアップグレードを並行したが、同実験ではトロイダル方向にアウトフロー流速が駆動されるオペレーションは準備が完了していないため、異極性プラズマ合体方式により、トロイダルフローがクリアに反転する結果が得られる TS-4 実験のデータ解析への応用例を参考として図1に示す。マッハプローブではマッハ数分布が得られるのみであったが、本手法により流速の絶対値も合わせて確認が可能となり、近年のトレンドである水素同位体効果の上位互換として、実験室プラズマのガス種選択の自由度を活かして水素・ヘリウム以外にアルゴン等も活用した質量数スキャン実験を実施すると、駆動される反転フローは再結合磁場 B_{rec} と密度 n_e から予測される $B_{rec}\sqrt{\mu_0 m_i n_e}$ に比例する特徴が得られ、再結合磁場強度と密度一定の条件で質量数 m_i をスキャンすると、 $\sqrt{m_i}$ に反比例して駆動流速が変化するなど背景物理・複合計測による検証が行われた。

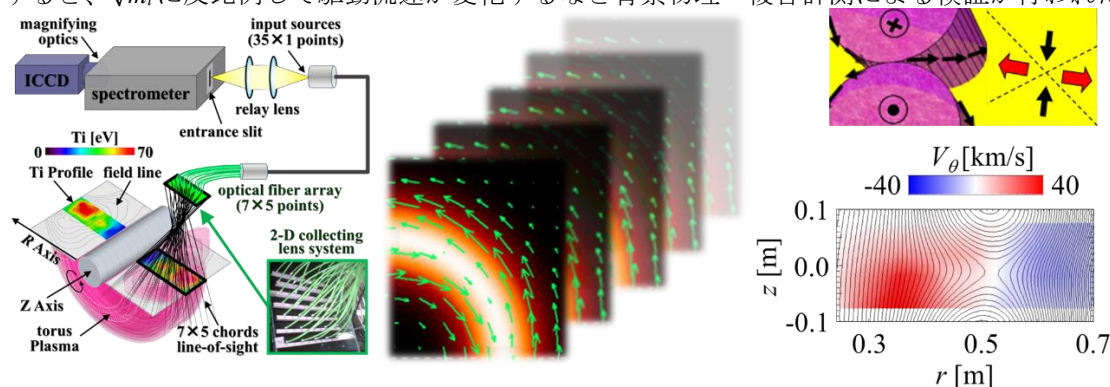


図1 スフェロマック異極性合体で駆動されるX点を起点に反転するトロイダル流速2次元計測(複数 $r-\theta$ 平面切断型計測で得たトロイダル流速分布(V_θ)を $r-z$ 平面上にカラー表示)

トロイダル計測が機能すれば、ポロイダル計測としても応用が可能なため、同計測の発展としてポロイダル計測への応用推進も行った。JT-60SA 共同研究として、JT-60U ポロイダル荷電交換分光装置の passive 視野の計測で得られたデータに逆問題解析法を応用してビームフリー計測手法としての応用を大型装置にも展開。東京大学 TS-3U(TS-6)実験では、プローブ計測群とドップラートモグラフィ計測の連携、得られた結果からさらなる物理解析を進め、熱流束ベクトル場イメージングなどへの応用も推進した。熱流束ベクトル場 \mathbf{q} のイメージングについては、イオン温度分布を2次元で取得し、 $\mathbf{q} = -\kappa_{\parallel}^i \nabla_{\parallel} T_i - \kappa_{\perp}^i \nabla_{\perp} T_i + \kappa_{\perp}^i \mathbf{b} \times \nabla T_i$ を構成する3つの熱伝導率のその場計測とイオン温度勾配のその場計測によるイメージングを実現した。なお、本計測の実現にあたり、従来の35CH 二次元計測方式では計測コード数が十分ではないため、前進となる若手研究で開発したマルチスリット分光法を応用して計測コード数100CH以上の超高解像分光システムの構築を実現した。同計測で同時に得られるイオン温度分布はとりわけ特徴的な構造を検出、リコネクション平面に対して垂直成分となるトロイダル磁場成分の向きを逆転させると、図2のようにイオン温度分布の構造が反転する特徴的な構造形成現象が発見された。この構造形成現象は、はじめ近年のリコネクション研究のトレンドの1つである、ガイド磁場存在化のホール効果によって電子過多の領域で空間電位が下がって四重極電位構造を形成する際、低電位領域にイオンが引き込まれることでエネルギーを得る現象に対応するものと思われていたが、従来のシミュレーション研究の予測と異なり、実験では高電位領域でイオン温度が上昇するという興味深い新現象が実験主導で新しく発見された。従来のシミュレーション研究で提案されてきた四重極電位の勾配として現れる静電場による加速でなければイオンはどのようにして高電位領域でエネルギーを得たのか。静電場以外にイオン温度が上昇する機構として、流速の熱化効果があげられるが、X点より径方向内側でより高い温度が得られる傾向については部分的に流速分布からも説明できたものの、高ポテンシャル領域で高温が得られる特徴については必ずしも説明がつかない傾向が得られた。熱流束ベクトルの第3成分の効果は回転方向の極性とは一致するが、可視化された熱流束ベクトルは同現象を決定的に説明づけるほどの大きな熱流ではなく、現在はこの実験主導で開拓された新しい構造形成現象をどのように説明づけるかを新規課題として基盤研究B(22H01193)として、より詳細な理解を求めて研究を進めているところである。

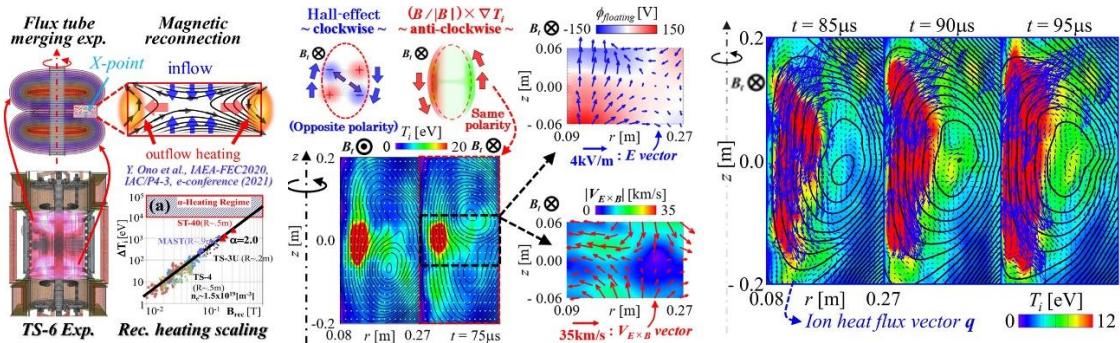


図2 東京大学 TS-3U(TS-6)実験におけるガイド磁場リコネクション加熱の構造形成現象

プラズマ科学研究を支えるプラズマ診断手法の開発に取り組んだ本研究は、研究開始当初流速測定の開発程度を目的としていたが、副産物として実験結果主導でガイド磁場リコネクションの加熱に伴う新しい構造形成現象の発見という、従来の古典的描像では予測できなかった新しい物理フロンティア開拓という形で、新しいプラズマ科学の芽につながる“萌芽”研究の目的に見合う成果を得ることができた。本研究活動で得られた成果は、計測器開発業績部分はアジア太平洋物理学学会(AAPPS-DPP)において U40 award として同学会で 2021 年に表彰を受けた他、核融合エネルギー連合講演会やプラズマ核融合学会における若手賞の受賞、IAEA 核融合エネルギー国際会議日本代表論文採択の他、合計 10 件を超える国内外招待講演選出等の高い評価を受けた。

次期研究につながる萌芽的課題として、本研究課題終了後の将来的には以下の発展を計画している。計測法そのものとしては、非圧縮性流れ場以外の応用に耐える手法としてより一般性の高い流れ場に適用可能な計測手法に昇華させること、物理応用としては今回新しく発見された図2の構造形成現象の解明である。とりわけ、高ガイド磁場リコネクションの実験条件においては、粘性加熱 $P = \int [\eta_D(\text{div } \mathbf{V}_i)^2 + \eta_R(\text{rot } \mathbf{V}_i)^2] dV$ のうち第二項はガイド磁場効果で 0 に漸近する一方、第一項はガイド磁場に依存しないことから、今後リコネクション加熱の根源をなす熱化現象の本質的な解明に当たっては非圧縮の条件が成り立たなくても流れ場を解明可能な計測手法へと、ベクトルトモグラフィをさらに昇華していく必要がある。現在同問題への解決策として検討中の手法は、 $\partial \epsilon_0 / \partial t + \text{div}(\epsilon_0 \mathbf{V}_i) = 0$ の発光分布連続の式を組み合わせた解法である。天体プラズマや米国プリンストンプラズマ物理研究所 NSTX 実験のガスファイメージング計測では、同発光連続の式を応用した optical flow 解析の手法が用いられているが、従来同式の応用では $\text{div} \mathbf{V}_i = 0$ を仮定した解析方法が中心であった。新手法として現在検討しているのはこの連続の式とヘルムホルツ分解との連立である。 $\mathbf{V}_i = \text{grad } \Phi + \text{rot } \Psi$ 形式で流速をそのまま代入する方式では、2 式の連立方程式は閉じることができなかったが、実際の実験においてベクトルトモグラフィ応用時に、 $\int \lambda d\lambda = \epsilon_0(\lambda_0 + \lambda_{\text{Doppler}}) \propto \epsilon_0 V_i$ なる 1 次モーメント形を用いていることを考えると、ヘルムホルツ分解の左辺をそもそも $\epsilon_0 \mathbf{V}_i$ に変更し、 $\epsilon_0 \mathbf{V}_i$ のヘルムホルツ分解をスタート形式として利用すると、この方程式群は閉じることが可能となる。すなわち、 $\epsilon_0 \mathbf{V}_i = \text{grad } \Phi_{\text{new}} + \text{rot } \Psi_{\text{new}}$ である。発光分布の重み付き第二項は最初に述べたベクトルトモグラフィの手法で元から解放が確立されており、第一項は同様にして両辺の div をとると、 $\text{div}(\epsilon_0 \mathbf{V}_i) = \nabla^2 \Phi_{\text{new}}$ であるが、ここで発光の連続の式を応用すると、 $\text{div}(\epsilon_0 \mathbf{V}_i) = -\partial \epsilon_0 / \partial t$ である。つまり発光分布の時空間分布を取得すればその時間微分系から $\text{div}(\epsilon_0 \mathbf{V}_i)$ は求めることが可能である。 $\text{div}(\epsilon_0 \mathbf{V}_i)$ が定まるということは、 $\text{div}(\epsilon_0 \mathbf{V}_i) = -\partial \epsilon_0 / \partial t = \nabla^2 \Phi_{\text{new}}$ は境界条件を与えれば非圧縮条件の仮定なしで解けるポアソン方程式に帰着したということである。このアプローチは $\partial \epsilon_0 / \partial t + \text{div}(\epsilon_0 \mathbf{V}_i) = 0$ が仮定できるかというところが心臓部であり、現在核融合科学研究所川手助教との連携による、NIFS 原子分子分光データベースとの連携を推進中であり、(i) どのような時に $\partial \epsilon_0 / \partial t + \text{div}(\epsilon_0 \mathbf{V}_i) = 0$ が仮定できるか、(ii) $\partial \epsilon_0 / \partial t + \text{div}(\epsilon_0 \mathbf{V}_i) \neq 0$ の時の右辺を複数ライン光測定で電離モデル考察を交えて求めることができないか等の検討を進めている。圧縮性流れ場計測にも応用できるよりロバストな計測として本ベクトルトモグラフィのさらなる昇華が実現すれば、これまで評価不能であった粘性加熱 $P = \int [\eta_D(\text{div } \mathbf{V}_i)^2 + \eta_R(\text{rot } \mathbf{V}_i)^2] dV$ の第一項や、輸送方程式中にしばしば現れる非圧縮成分を厳密な評価が実現することから、今後さらなる実験主導の統合定量解析に応用されることが期待される。

以上、当初計画 3 年とコロナ禍の影響を受けた 1 年延長を交えて本萌芽研究は終了した。非侵襲計測かつ計測用中性粒子ビーム入射(NBI)が不要で、測定系が計測ビーム走査範囲に依存しない 2 次元計測への拡張に柔軟なドップラートモグラフィ方式により、イオン温度・流速・熱流束分布の可視化が実現。2018 年にファーストプラズマを生成した TS-3U(TS-6)実験と連動し、磁気リコネクションの加速・加熱による X 点近傍の微細構造形成過程、トロイダル磁場極性に依存した大域的回転現象の新発見を実現した。国内外各種招待講演や論文掲載の形での評価をはじめ、本研究で開発した計測器応用を通じて従来のシミュレーション予測と異なる新現象を実験主導で開拓。次期研究につながる新たなる萌芽的 open question を獲得し、研究計画を完結した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 26件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 7件）

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Ahmadi T., Tanabe H., Ono Y. | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Two-dimensional resistive MHD simulation of the optimized plasma formation in the spherical tokamaks | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Nuclear Fusion | 6. 最初と最後の頁 066001 ~ 066001 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/abebce | 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 Xiang Janguang, Takeda Shinjiro, Cai Yunhan, Tanabe Hiroshi, Cao Qinghong, Tanaka Haruaki, Ono Yasushi | 4. 巻 92 |
| 2. 論文標題 Double-filter high-resolution soft x-ray tomographic diagnostic for investigating electron acceleration in TS-6 reconnection merging experiments | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments | 6. 最初と最後の頁 083504 ~ 083504 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0058112 | 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 Cheng C. Z., Inoue S., Ono Y., Tanabe H., Horiuchi R., Usami S. | 4. 巻 28 |
| 2. 論文標題 Plasma heating and current sheet structure in anti-parallel magnetic reconnection | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Physics of Plasmas | 6. 最初と最後の頁 072101 ~ 072101 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0039818 | 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 該当する |
| 1. 著者名 Inomoto M., Mihara T., Kondo K., Kaneko H., Kusano K., Kaneko K., Maeda Y., Shinohara A., Jin H., Suzuki T., Tanabe H., Ono Y., Kamio S., Kawamori E. | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Control of electron acceleration process during merging start-up of spherical tokamak | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Nuclear Fusion | 6. 最初と最後の頁 116069 ~ 116069 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ac2107 | 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 Tanabe H., Tanaka H., Cao Q., Cai Y., Akimitsu M., Ahmadi T., Cheng C.Z., Inomoto M., Ono Y. | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Global ion heating/transport during merging spherical tokamak formation | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Nuclear Fusion | 6. 最初と最後の頁 106027 ~ 106027 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ac217c | 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 SOMEYA Ryo, TANAKA Haruaki, FUNATO Yugo, CAI Yunhan, AKIMITSU Moe, TANABE Hiroshi, ONO Yasushi | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Development of Glass-Tube-Pair Type Doppler Probe Array for 1D Profile Measurement of Two Component Ion-Flow Vector | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research | 6. 最初と最後の頁 1202078 ~ 1202078 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.16.1202078 | 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 TANAKA Haruaki, TANABE Hiroshi, CAO Qinghong, ONO Yasushi | 4. 巻 16 |
| 2. 論文標題 Global Ion Heating during ST Merging Driven by High Guide Field Reconnection | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research | 6. 最初と最後の頁 2402068 ~ 2402068 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.16.2402068 | 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 Takeda Shinjiro, Xiang Jinguang, Cai Yunhan, Tanabe Hiroshi, Ono Yasushi | 4. 巻 141 |
| 2. 論文標題 Development of Soft X-ray Stereo Imaging System for Time-evolution Measurement of High-energy Electron Distribution | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials | 6. 最初と最後の頁 604 ~ 605 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.141.604 | 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. Ono, M. Inomoto, H. Tanabe, H. Yamaguchi, M. Akimitsu, M. Gryaznevich, S. McNamara, P. Buxton, J. Kompulla, J. Wood, V. Nemytov, K. McClements, C.Z. Cheng, S. Usami and R. Horiuchi | 4. 巻 IAC/P4-3 |
| 2. 論文標題 Overview of Merging Spherical Tokamak Experiments and Simulations for Burning, High-Beta and/or Absolute Minimum-B Plasma Formation | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Fusion Energy 2020 | 6. 最初と最後の頁 1-8 |
| 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 該当する |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 S. Usami, R. Horiuchi, T. Moritaka, Y. Ono, M. Inomoto and H. Tanabe | 4. 巻 TH/P5-17 |
| 2. 論文標題 Particle Simulation on Merging Processes of Two Spherical Tokamak-Type Plasmoids Confined in a Conducting Vessel | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Fusion Energy 2020 | 6. 最初と最後の頁 1-8 |
| 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 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, T. Ahmadi, A. Sawada, C.Z. Cheng and Y. Ono | 4. 巻 EX/P7-20 |
| 2. 論文標題 "Global ion heating/transport during merging spherical tokamak formation" | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Fusion Energy 2020 | 6. 最初と最後の頁 1-8 |
| 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 該当する |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Ahmadi T., Tanabe H., Ono Y. | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Two-dimensional resistive MHD simulation of the optimized plasma formation in the spherical tokamaks | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Nuclear Fusion | 6. 最初と最後の頁 066001 ~ 066001 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/abebce | 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 Someya Ryo, Tanaka Haruaki, Cao Qinghong, Cai Yunhan, Tanabe Hiroshi, Ono Yasushi | 4. 巻 140 |
| 2. 論文標題 Development of Doppler Probe Array with Two Pairs of View-lines for 1D Ion Flow Vector Measurement | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials | 6. 最初と最後の頁 502 ~ 503 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.140.502 | 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 Cao Qinghong, Cai Yunhan, Akimitsu Moe, Xiang Junguang, Ahmadi Tara, Tanaka Haruaki, Tanabe Hiroshi, Ono Yasushi | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Spontaneous Formation of Plasmoid during Early Magnetic Reconnection Phase of Two Merging Tokamaks | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering | 6. 最初と最後の頁 1403 ~ 1404 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23208 | 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 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, T. Ahmadi, A. Sawada, C. Z. Cheng and Y. Ono | 4. 巻 EX/P7-20 |
| 2. 論文標題 Global ion heating/transport during merging spherical tokamak formation | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC 2020) | 6. 最初と最後の頁 1-8 |
| 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 Y. Ono, M. Inomoto, H. Tanabe, H. Yamaguchi, M. Akimitsu, M. Gryaznevich, S. McNamara, P. Buxton, J. Kompulla, J. Wood, V. Nemytov, K. McClements, C. Z. Cheng, S. Usami and R. Horiuchi | 4. 巻 IAC/P4-3 |
| 2. 論文標題 Overview of Merging Spherical Tokamak Experiments and Simulations for Burning, High-Beta and/or Absolute Minimum-B Plasma Formation | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC 2020) | 6. 最初と最後の頁 1-8 |
| 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 該当する |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 S. Usami, R. Horiuchi, T. Moritaka, Y. Ono, M. Inomoto and H. Tanabe | 4. 巻 TH/P5-13 |
| 2. 論文標題 Particle Simulation on Merging Processes of Two Spherical Tokamak-Type Plasmoids in a Conducting Vessel | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC 2020) | 6. 最初と最後の頁 1-8 |
| 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 TANABE Hiroshi, CAO Qinghong, TANAKA Haruaki, AHMADI Tara, AKIMITSU Moe, SAWADA Asuka, INOMOTO Michiaki, ONO Yasushi | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Recent Progress in High Resolution 2D Imaging Measurements of Reconnection Heating during Merging Plasma Startup in TS-3 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research | 6. 最初と最後の頁 3401110 ~ 3401110 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.14.3401110 | 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 Tanabe H., Cao Q., Tanaka H., Ahmadi T., Akimitsu M., Sawada A., Inomoto M., Ono Y. | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Investigation of fine structure formation of guide field reconnection during merging plasma startup of spherical tokamak in TS-3U | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Nuclear Fusion | 6. 最初と最後の頁 086041 ~ 086041 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ab1cdf | 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 Tanaka Haruaki, Ono Yasushi, Tanabe Hiroshi, Cao Qinghong | 4. 巻 139 |
| 2. 論文標題 First Global Doppler Tomography Measurement of Ion Heating of Merging Tokamak Plasmas | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials | 6. 最初と最後の頁 358 ~ 359 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.139.358 | 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 Ono Y., Inoue S., Tanabe H., Cheng C.Z., Hara H., Horiuchi R. | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Reconnection heating experiments and simulations for torus plasma merging start-up | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Nuclear Fusion | 6. 最初と最後の頁 076025 ~ 076025 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ab14a4 | 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 該当する |

| | |
|---|-------------------------------|
| 1. 著者名 Inomoto M., Ushiki T., Guo X., Sugawara T., Kondo K., Mihara T., Minami Y., Inai Y., Kaneko H., Yanai R., Takahata Y., Tanabe H., Ono Y., Sanpei A., Kamio S. | 4. 巻 59 |
| 2. 論文標題 Effects of reconnection downstream conditions on electron parallel acceleration during the merging start-up of a spherical tokamak | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Nuclear Fusion | 6. 最初と最後の頁 086040 ~ 086040 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ab1e0f | 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 Usami Shunsuke, Horiuchi Ritoku, Ohtani Hiroaki, Ono Yasushi, Inomoto Michiaki, Tanabe Hiroshi | 4. 巻 26 |
| 2. 論文標題 Dependence of the pickup-like ion effective heating on the poloidal and toroidal magnetic fields during magnetic reconnection | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Physics of Plasmas | 6. 最初と最後の頁 102103 ~ 102103 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5099423 | 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 AKIMITSU Moe, ONO Yasushi, CAO Qinghong, TANABE Hiroshi | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 High-Resolution 2D Magnetic Field Measurement of Magnetic Reconnection Using Printed-Circuit Board Coils | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research | 6. 最初と最後の頁 1202108 ~ 1202108 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.13.1202108 | 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 USAMI Shunsuke, HORIUCHI Ritoku, OHTANI Hiroaki, ONO Yasushi, TANABE Hiroshi | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Effective Proton Heating through Collisionless Driven Reconnection in the Presence of Guide Field | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research | 6. 最初と最後の頁 3401025 ~ 3401025 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.13.3401025 | 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 Akimitsu Moe, Ono Yasushi, Cao Qinghong, Masuki Ryota, Tanabe Hiroshi | 4. 巻 138 |
| 2. 論文標題 Development of High-resolution Two-dimensional Magnetic Field Measurement System by Use of Printed-circuit Technology | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials | 6. 最初と最後の頁 480 ~ 481 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.138.480 | 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28件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 20件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 田辺博士 |
| 2. 発表標題 英国核融合ベンチャーカマクエナジー社の企業活動事例紹介 |
| 3. 学会等名 第17回YGN若手勉強会「核融合の早期実現という破壊的イノベーション」(日本原子力学会 若手連絡会) (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Tanabe, M. Gryaznevich, S. Mcnamara, J. Wood, H. Tanaka, M. Akimitsu, Y. Cai, D. Osin, P. Buxton, A. Rengle, O. Asunta, C. Z. Cheng, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2. 発表標題 High field application of merging/reconnection plasma startup in the ST40 and TS-6 spherical tokamaks |
| 3. 学会等名 5th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPs-DPP2021) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Tanabe, H. Tanaka, Y. Cai, M. Akimitsu, T. Ahmadi, R. Someya, M. Gryaznevich, S. McNamara, C. Z.Cheng, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2. 発表標題 Application study of magnetic reconnection for high temperature spherical tokamak formation |
| 3. 学会等名 63rd Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physic (APS-DPP2021) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田辺博士, 吉田麻衣子, 田中暹暁, 若月琢馬, Mikhail Gryaznevich, 井通暁, 小野靖 |
| 2. 発表標題 NBIフリーイオン温度計測の高温プラズマシナリオ開発への応用展開 |
| 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 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, T. Ahmadi, A. Sawada, C.Z. Cheng and Y. Ono |
| 2. 発表標題 Global ion heating/transport during merging spherical tokamak formation |
| 3. 学会等名 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC 2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Ono, M. Inomoto, H. Tanabe, H. Yamaguchi, M. Akimitsu, M. Gryaznevich, S. McNamara, P. Buxton, J. Kompulla, J.Wood, V. Nemytov, K. McClements, C.Z. Cheng, S. Usami and R. Horiuchi |
| 2. 発表標題 Overview of Merging Spherical Tokamak Experiments and Simulations for Burning, High-Beta and/or Absolute Minimum-B Plasma Formation |
| 3. 学会等名 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC 2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 S. Usami, R. Horiuchi, T. Moritaka, Y. Ono, M. Inomoto and H. Tanabe |
| 2. 発表標題 Particle Simulation on Merging Processes of Two Spherical Tokamak-Type Plasmoids Confined in a Conducting Vessel |
| 3. 学会等名 28th IAEA Fusion Energy Conference (FEC 2020) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, T. Ahmadi, M. Akimitsu, R. Someya, M. Gryaznevich, C. Z. Cheng, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2. 発表標題 Global/micro-scale fine structure formation process of magnetic reconnection in high field plasma merging experiments |
| 3. 学会等名 4th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPs-DPP2020) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Tanabe, M. Gryaznevich, Q. Cao, H. Tanaka, T. Ahmadi, M. Akimitsu, Y. Cai, R. Someya, C. Z. Cheng, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2. 発表標題 Exploration of high field reconnection heating in merging spherical tokamak formation experiments |
| 3. 学会等名 62th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田辺博士, 曹慶紅, 田中遥暁, Tara Ahmadi, 秋光萌, 染谷諒, Mikhail Gryaznevich, C. Z. Cheng, 井通暁, 小野靖 |
| 2. 発表標題 高磁場合体・リコネクション加熱実験における大域的構造形成 |
| 3. 学会等名 第27回ひので・実験室研究会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田辺博士, 曹慶紅, 田中遥暁, Tara Ahmadi, 秋光萌, 染谷諒, Mikhail Gryaznevich, C. Z. Cheng, 井通暁, 小野靖 |
| 2. 発表標題 ST40・TS-6における高磁場リコネクション加熱を応用した CS-free球状トカマク急速立ち上げシナリオの開拓 |
| 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 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, M. Akimitsu, T. Ahmadi, R. Someya, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2. 発表標題 Experimental study of energy conversion/transport process during magnetic reconnection in flux tube merging experiments |
| 3. 学会等名 AGU Fall meeting 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, T. Ahmadi, M. Akimitsu, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2. 発表標題 Full-2D imaging measurement of ion heating/transport process during high field merging experiment in TS-6 |
| 3. 学会等名 3rd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPs-DPP2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田辺博士, 曹慶紅, 田中遥暁, Tara Ahmadi, 秋光萌, Thomas O'Gorman, Mikhail Gryaznevich, 井通暁, 小野靖 |
| 2. 発表標題 超解像イオンドップラートモグラフィを用いた高磁場合体・磁気リコネクションのイオン加熱・輸送過程の研究 |
| 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 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, T. Ahmadi, M. Akimitsu, M. Gryaznevich, T. O'Gorman, J. Wood, R. Scannell, K. G. McClements, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2. 発表標題 Micro/macro-scale ion heating and transport process of magnetic reconnection during merging plasma startup of TS-6 spherical tokamak |
| 3. 学会等名 61th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, M. Akimitsu, T. Ahmadi, R. Someya, M. Inomoto, Y. Ono |
| 2. 発表標題 Investigation of ion heating/transport process of magnetic reconnection during CS-free merging plasma startup of spherical tokamak in TS-6 |
| 3. 学会等名 International Spherical Tokamak Workshop (ISTW) 2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田辺博士, 曹慶紅, 田中遥暁, Tara Ahmadi, 秋光萌, Chio-zong Cheng, 井通暁, 小野靖 |
| 2. 発表標題 実験室リコネクションのドップラートモグラフィ計測 |
| 3. 学会等名 宇治リコネクションワークショップ2019 (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 H. Tanabe, M. Gryaznevich, Q. Cao, H. Tanaka, T. Ahmadi, M. Akimitsu, C. Z. Cheng, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2. 発表標題 Ion and electron heating characteristics of magnetic reconnection in high field flux tube merging experiments |
| 3. 学会等名 HINODE13/IPELS2019 (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, T. Ahmadi, M. Akimitsu, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2 . 発表標題 Experimental study of reconnection heating/transport process and its application to high temperature spherical tokamak formation |
| 3 . 学会等名 9th East-Asia School and Workshop on Laboratory, Space and Astrophysical Plasmas (EASW9) (招待講演) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 H. Tanabe, Q. Cao, M. Akimitsu, A. Sawada, H. Tanaka, T. Ahmadi, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2 . 発表標題 Fine structure formation by reconnection heating/transport process in toroidal plasma merging experiments |
| 3 . 学会等名 MAX PLANCK PRINCETON CENTER WORKSHOP 2019 (MPCC2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 H. Tanabe, Qinghong, M. Akimitsu, A. Sawada, H. Takana, S. Kamiya, S. You, M. Inomoto, C. Z. Cheng and Y. Ono |
| 2 . 発表標題 Investigation of global ion heating/transport process during merging/reconnection startup of spherical tokamak in TS-3U |
| 3 . 学会等名 2nd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics (国際学会) |
| 4 . 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 H. Tanabe, Q. Cao, M. Akimitsu, A. Sawada, H. Tanaka, S. Kamiya, S. You, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2 . 発表標題 Investigation of ion heating/transport process during high guide field reconnection using full-2D ultra high resolution ion Doppler tomography |
| 3 . 学会等名 60th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics (国際学会) |
| 4 . 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 H. Tanabe, H. Hatano, T. Hayashi, Q. Cao, A. Sawada, M. Akimitsu, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2 . 発表標題 Investigation of fine structure formation of guide field reconnection during merging plasma startup of spherical tokamak in TS-3U |
| 3 . 学会等名 27th IAEA Fusion Energy Conference (国際学会) |
| 4 . 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 H. Tanabe, Q. Cao, M. Akimitsu, A. Sawada, H. Tanaka, T. Ahmadi, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2 . 発表標題 Fine structure formation by reconnection heating/transport process in toroidal plasma merging experiments |
| 3 . 学会等名 MAX PLANCK PRINCETON CENTER WORKSHOP 2019 (MPCC2019) (招待講演) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 H. Tanabe, H. Tanaka, Q. Cao, M. Akimitsu, A. Sawada, S. You, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2 . 発表標題 Investigation of ion heating/transport process during high guide field reconnection using ultra-high resolution ion Doppler tomography in TS-3U |
| 3 . 学会等名 US-Japan Workshop on Magnetic Reconnection (MR2018) (招待講演) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 H. Tanabe, Q. Cao, H. Tanaka, M. Akimitsu, A. Sawada, S. You, M. Inomoto and Y. Ono |
| 2 . 発表標題 Investigation of ion heating/transport process during high guide field merging/reconnection experiment |
| 3 . 学会等名 The 27th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research & The 13th Asia Pacific Plasma Theory Conference (招待講演) (国際学会) |
| 4 . 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 田辺博士, 田中遥暁, 曹慶紅, 秋光萌, 澤田明日香, Setthivoine You, 井通暁, 小野靖 |
| 2. 発表標題 新実験TS-3Uにおける超解像2次元画像診断を用いた合体・リコネクション加熱輸送過程の研究 |
| 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 田辺博士, 曹慶紅, 姫野俊一, 秋光萌, 澤田明日香, Anup Borade, Setthivoine You, 井通暁, 小野靖 |
| 2. 発表標題 TS-3U 装置における超解像イオンドップラートモグラフィ計測を用いた 合体リコネクション加熱輸送過程の研究 |
| 3. 学会等名 第12回核融合エネルギー連合講演会 |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

| |
|---|
| <p>東京大学 小野・井研究室(所属組織HP) http://tanuki.t.u-tokyo.ac.jp/ 第36回プラズマ・核融合学会年会 若手優秀発表賞(正会員部門) http://www.jspf.or.jp/jspf_annual2019/wakate2019.html AAPPS-DPP Young Researcher (U40) Award受賞 http://aapsdpp.org/DPP2021/2021prize/U40%20and%20U30(2021)J.pdf</p> |
|---|

| | | |
|---------------------------|-----------------------|----|
| 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 |

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 | | | |
|---------|------------------------|--------|--|--|
| 米国 | プリンストンプラズマ物理研究所 (PPPL) | | | |
| 英国 | トカマクエナジー | カラム研究所 | | |