

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01198

研究課題名(和文)電子バーンスタイン波駆動超高密度球状トーラスにおける間欠的プラズマ噴出現象の解明

研究課題名(英文) Intermittent plasma bursts across the last closed flux surface in a highly overdense spherical torus generated by electron Bernstein wave heating

研究代表者

打田 正樹 (Uchida, Masaki)

京都大学・エネルギー科学研究科・准教授

研究者番号：90322164

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,300,000円

研究成果の概要(和文)：電子バーンスタイン波により無誘導に形成された遮断密度の約7倍を超える球状トカマクにおいて、電子密度上昇とともに現れる間欠的プラズマ噴出の詳細課程を観測するため、軟X線CTシステム的设计・製作・設置、磁気プローブ増設、重イオンビームプローブの整備を行った。軟X線CT像から遮断密度の7倍領域においては最外殻磁気面内の外寄りに電流中心付近をピークとした分布が観測された。磁気計測によりプラズマ噴出の際の電流変化を観測すると、電子が上部に向かって損失(もしくはイオンが下部に損失)するような変化が観測され、最外殻磁気面の外に噴出した粒子が磁力線に沿って真空容器壁に損失していることを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子バーンスタイン波により無誘導に形成された遮断密度の約7倍の球状トカマクにおいて、電子密度上昇とともに現れる間欠的プラズマ噴出の詳細課程について、軟X線CTシステム的设计・製作、磁気プローブ増設、重イオンビームプローブの整備を行い、プラズマ噴出の際のトロイダル電流の変化、軟X線発光像の変化を追跡した。この結果をもとにプラズマ噴出の制御が可能となれば、球状トカマクの無誘導起動の実現性が高まり、低コスト核融合炉へ道が開ける。

研究成果の概要(英文)：A soft X-ray computer tomography system and a magnetic probe array system were designed, fabricated, and installed in the LATE device to observe the plasma behavior during the intermittent plasma bursts across the last closed flux surface (LCFS) in highly overdense spherical tokamak plasmas maintained solely by the electron Bernstein wave heating and current drive. Intense and frequent plasma bursts are observed when the plasma current reaches 10kA and the electron density exceeds 7 times the plasma cutoff density. The X-ray reconstruction image shows a peaked profile centered at the plasma current center which is located the outboard side of the LCFS. Magnetic probe array data shows the toroidal current variation such that the ejected electrons (or ions) from inside the LCFS upon the burst move from the midplane to the top (or bottom) of the device along the magnetic field lines.

研究分野：プラズマ理工学

キーワード：球状トーラス 無誘導起ち上げ 電子バーンスタイン波 不安定性

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) トカマクの許容トロイダルベータはアスペクト比(大半径/小半径)に逆比例する。すなわち、アスペクト比を低減できればより低いトロイダル磁場で核融合プラズマを保持できるので、コイル仕様を軽減でき、装置サイズが減少して建設コストは格段に抑えられる。近年、アスペクト比が約 1.5 以下の球状トーラス(ST)研究が進展し、中型装置である英国 MAST や米国 NSTX での実験がなされて高いトロイダルベータ値 ($\beta_T \sim 40\%$) が実証され、その優位性が示された。この特性を活かして核融合炉だけでなく体積中性子源装置の設計が進められている。

しかし、ST はアスペクト比が小さいために装置の中心スペースが極度に制限されるので中心ソレノイドを置くスペースがほとんど無く、中性子遮蔽が必要となる核融合装置ではこれを取り除かねばならない。ST 型核融合炉では無誘導にプラズマ電流を立ち上げてトーラスを形成する手法の確立が必要である。

(2) 電子サイクロトロン(EC)加熱・電流駆動は、EC 波入射アンテナをプラズマから十分離れた位置に置くことができる上に、伝送路は容易に折曲げることができるので中性子遮蔽が容易であり、加熱装置の中で核融合炉に最も適合している。EC 加熱装置は燃焼プラズマ制御に必須の設備であり、これを用いてトーラス起動が可能となれば新たな設備は不要である。

ただし、ST では低磁場で高密度のプラズマを閉じ込めるため、電子密度が容易にプラズマ遮断密度を超えてしまい、電磁波モードによる通常の EC 加熱は適用できない。このため、伝搬と吸収に密度上限のない静電波の電子バーンスタイン(EB)波へとプラズマ中でモード変換してサイクロトロン加熱・電流駆動を行う。

(3) 低アスペクト比装置 LATE において、入射電磁波からのモード変換により励起した EB 波を用いれば遮断密度を超える ST を立ち上げ可能であることが示された。すなわち、EB 波加熱・電流駆動によりプラズマ電流を発生させて初期磁気面を形成し、さらに、高い磁力線方向屈折率($N_{\parallel} = k_{\parallel}c/\omega$)を持つ EB 波により高速電子テイルに大きな磁力線方向の運動量を与えてプラズマ電流を駆動して、高い電流上昇率(~ 260 kA/s)での電流ランプアップを実現できることを示した。加えて、EB 波分散のバンド構造に注目し、基本波共鳴帯の EB 波への高い結合を確保すれば電流を駆動する高速電子テイルを保ったままバルク電子密度を大幅に上昇させることが出来ることを示し、2.45GHz, 60kW マイクロ波により遮断密度の約 7 倍に達する電子密度において $I_p = 10$ kA のトーラスプラズマを形成・維持出来ることを示した。

(4) しかし、プラズマ電流が 10kA を超える領域に到達して更に密度が上昇すると、磁気プローブに大きなスパイク状の信号が観測され、プラズマが磁気面の内側から外側へと磁場を横切って噴出していることがわかった。線積分密度信号は最大で約 50%減少する場合があります、そのままプラズマ崩壊に至る場合もあった。

EB 波を用いて遮断密度を超える ST 形成が原理的に可能であることが示されたものの、プラズマ噴出現象が現れると密度上昇が抑えられ、場合によってはプラズマ崩壊に至る場合があることがわかった。EB 方式によりプラズマを立上げ、中性粒子ビーム入射(NBI)加熱に十分なプラズマ電流・密度領域にまで到達させて ST 核融合炉への適用可能性を示すには、このプラズマ噴出のメカニズムを解明するとともに、その回避・抑制法を見出さなくてはならない。

2. 研究の目的

EB 波による無誘導 ST 形成において電子密度上昇とともに現れる間欠的プラズマ噴出について、軟 X 線 CT 計測、磁気計測、電位分布計測等の計測器を導入・整備して観測し、その詳細過程を明らかにする。更に、その結果をもとに抑制・回避法の探求を行い、遮断密度の 10 倍を超える ST 無誘導形成の実現性を示して、ST 炉無誘導形成への展望を得る。

3. 研究の方法

(1) 本研究は LATE 装置(大半径 $R \sim 0.25$ m)を用いて行う。トカマクプラズマの誘導起動のためのオーミック加熱コイルは備えていない。2.45GHz, 20kW, 2s のマグネトロン 3 台からのマイクロ波入射を行うことで、電子サイクロトロン加熱・電流駆動による放電の開始・プラズマ電流発生を行い、さらに電子バーンスタイン波加熱・電流駆動によりプラズマ電流および密度を上昇させて、 $I_p \sim 10$ kA においてプラズマカットオフ密度の約 7 倍の線平均密度($n_e \sim 5.5 \times 10^{17} m^{-3}$)を持った球状トカマクプラズマを無誘導に形成できる。

プラズマ電流が 10kA を超え、密度も更に上昇すると、磁気プローブに大きなスパイク状の信号が間欠的に観測され、このときプラズマが最外殻時期面を横切って外側に噴出する様子が、可視光 CCD 画像や 4ch 線積分密度計測、赤道面軟 X 線信号に観測される。

(2) この噴出現象の際のプラズマ分布の詳細な変化や磁場構造の変化を調べるため、磁気プローブの増設、軟 X 線コンピュータトモグラフィシステムの設計・製作・設置を行う。また、重イオンビームプローブを複数点の同時計測が可能となるべく整備して、プラズマ噴出の際の電位分布の変化を調べる。バルクの密度分布に関する計測は 4ch ミリ波干渉計・可視光高速 CCD カメラ、フォトランジスタアレイにより行う。

(3) 整備した計測器を用いて、プラズマ噴出現象の詳細観測を行う。様々なプラズマパラメータにおいて噴出現象の観測を行うとともに、発生条件を明らかにする。ポロイダル磁場配位を変化させてプラズマ形状への依存(縦長さ・三角度)を調べ、また主加熱の 2.45GHz に加えて 5GHz マイクロ波の追加加熱を行って電流分布を変化させることで噴出現象がどのように変化するかを調べるとともに、噴出現象の抑制法の探求も行う。

4. 研究成果

(1) 32 個の磁気プローブを制作し、LATE のポロイダル断面を囲むように取付けた。LATE 装置の容器壁に沿って、上部に 4 カ所、外側に 8 カ所、下部に 4 カ所の合計 16 カ所において B_z および B_r 成分を計測できるようにした。すべての磁気プローブは、プラズマ生成に用いる 2.45GHz マイクロ波によるノイズを遮断するため、ステンレス管内に収めた。ステンレス管によるエディカレントにより周波数応答が制限されるが、ステンレス厚を薄くすることで遮断周波数 \sim 120kHz を確保した。

(2) 図 1 に示すように、20 チャンネル 1 次元軟 X 線検出器アレイ (IRD AXUV-20EL) を用いたピンホールカメラ装置を 4 台製作し、LATE 装置の 1 ポロイダル断面上の上部ポートに 1 台(TP カメラ)、径方向ポートに 2 台(RT カメラ、RB カメラ)、下部ポート(BT カメラ)に 1 台設置し、合計 80ch で LATE プラズマを見込むシステムを完成させた。設置後に LATE の真空容器内で発光ダイオードを用いた視線校正を行い、設計値 \pm 5mm の位置にカメラが取り付けられていることを確認した。

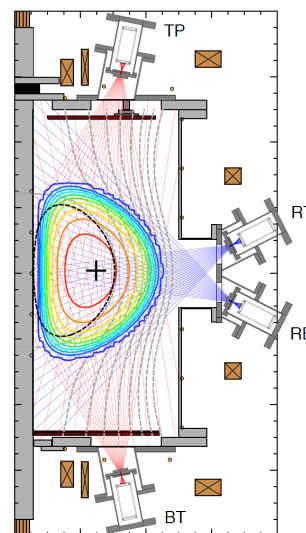


図 1 視線図

各カメラには、Al 極薄膜(53.1nm)および Al ポリイミド複合膜 (Al 26.3nm + ポリイミド 47.8nm)の 2 種類の X 線フィルタを取り付け、それぞれ独立に挿入 (または非挿入) ができる構造とした。フィルタはそれぞれ 50%透過が 230eV および 170eV、70%透過が 300eV および 230eV となっており、これらのフィルタを組み合わせた際の透過特性から、主に数十 \sim 数百 eV 帯でのエネルギー分解が可能システムとした。一方、検出器の検出上限エネルギーは約 10keV である。

プラズマ生成に用いる 2.45GHz マイクロ波からのノイズを低減させるため、AXUV 検出器およびプリアンプを収める容器部分は 2.45GHz マイクロ波に対してカットオフとなるよう設計し、フランジ接続部は金属 O リングを使用して電氣的接触を確保してマイクロ波の侵入を低減させるようにした。

(3) 合計 80ch の線積分軟 X 線信号からポロイダル断面での局所発光像再生を行うためのコンピュータトモグラフィ(CT)コードを作成した。ティホフ正則化法を用い、収束条件として最小 GCV (Generalized Cross Validation) 基準を採用した。図 2 にこの方法による再構成の例を示す。噴出を模擬した発光分布の特徴が再構成像に反映されている。

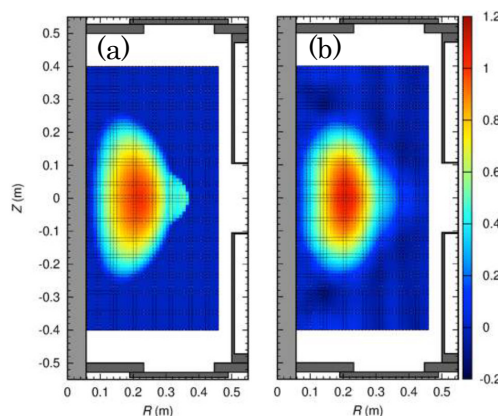


図 2 (a) 仮定した模擬分布 (b) 再構成分布

(4) 軟 X 線 CT システムを用いて、電子バーンスタイン波により形成された球状トカマクプラズマの観測を行った。2.45GHz、50kW 入射によりプラズマ電流 $I_p=8.5kA$ を起ち上げ、遮断密度の 5-7 倍の線平均密度となるプラズマを生成し、

その後 80ms 間定常を保ったプラズマに対して CT を行った。図 3(a) に磁気計測から求められたプラズマ電流分布、図 3(b) に 10ms 平均した軟 X 線信号に対する再構成像を示す。定常の間の平均的な軟 X 線放射分布として、最外殻磁気面内で電流中心近傍にピークを持つ外寄りの分布が得られ、第 1 伝播帯で励起された電子バーンスタイン波による基本 EC 共鳴加熱 ($R_{ECR} = 0.206 \text{ m}$) により生成された通過電子群からの放射を示唆した。

(5) センターポストの $z = 0.05 \sim 0.2 \text{ m}$ の領域を見込むチャンネルの軟 X 線信号が周辺チャンネルより高くなっており、これらの領域は可視光 CCD 画像をみるとホットスポットが生じていた。高速電子がセンターポスト壁に当たって輻射される X 線の影響を受けていると考えられる。この信号強度は、噴出現象による X 線強度

の時間変動に比べて無視できない大きさ ($1/5 \sim 1/2$) であり、噴出現象による分布の時間発展を追跡するにはこの影響を取り除く必要がある。また、ティホノフ正則化による方法では、再構成像に負の値が現れ、図 3 の再構成においても正のピークの値に対して 2 割程度の大きさの負値を持つ領域がある。したがって、このような負値が現れにくい再構成手法の開発を試みている。これらの対策を行い、噴出時における軟 X 線発光分布の時間発展の追跡を行う。

(6) $I_p \sim 6 \text{ kA}$ 、 $n_e \sim 3 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ のプラズマにおいて、プラズマ噴出の際のポロイダル磁場変動の様子を観測した。噴出により密度が減少し始めると、容器上部の磁器プローブでは、最初の 50 マイクロ秒の間プラズマ電流が増加し、次の 20 マイクロ秒で減少するようなポロイダル磁場変化が観測され、下部では逆向きの磁場変化が起きていることが分かった。この間、密度は 200 マイクロ秒かけて単調に減少していた。この磁気変動が仮に電子の移動によるものであるとすると、磁気面の外側のオープンな磁力線に沿って、電子が上部に向かってらせん状に移動して (トロイダル電流を流しながら) 壁へと損失するような動きに相当することがわかった。

(7) 垂直磁場のディケイインデックスを低くし、プラズマ断面の縦長度を高くすると、噴出直前の電子密度はより高い値に到達し、噴出による密度減少幅が大きくなる ($\Delta n_e / \bar{n}_e \sim 0.6$) ことが分かった。一方、垂直磁場ディケイインデックスを高くしてプラズマ縦長度を小さくすると、噴出直前の電子密度は低くなり、噴出による密度減少幅も小さくなった ($\Delta n_e / \bar{n}_e \sim 0.1$)。プラズマ断面形状の制御により噴出現象の抑制が可能であることを示唆した。

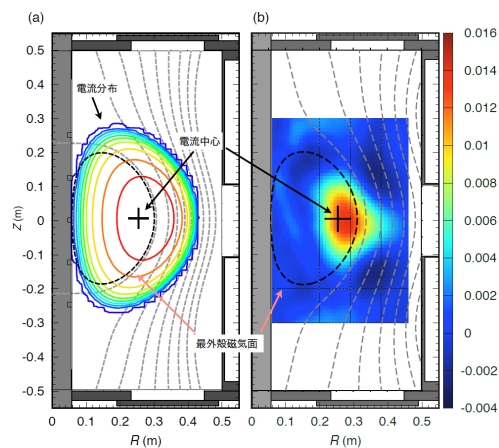


図 3 (a) プラズマ電流分布 (b) 軟 X 線発光分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 T. Maekawa, H. Tanaka, M. Uchida	4. 巻 61
2. 論文標題 Mapping of power deposition zone of electron Bernstein waves externally excited in tokamak plasmas	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma Phys. Control. Fusion	6. 最初と最後の頁 105017
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6587/ab3258	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 0件/うち国際学会 9件）

1. 発表者名 梶田 竜助, 野澤 嘉孝, 郭 星宇, 松井 三四郎, 山形 周平, 久津間 哲人, 中井 隆裕, 芦田 涼, 中井 亮太郎, 長エキ 拓巳, 打田 正樹, 田中 仁, 前川 孝
2. 発表標題 磁気ブローアレイによる LATEマイクロ波球状トカマクにおける間欠的プラズマ噴出の観測と解析
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山形周平, 打田正樹, 梶田竜助, 野澤嘉孝, 郭星宇, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 芦田涼, 中井亮太郎, 長エキ 巧巳, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATEにおける4方向AXUVピンホールカメラを用いた軟X線CTシステムの開発
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梶田竜助, 後藤恵介, 野澤嘉孝, 郭星宇, 大谷純己, 塚本亘, 野口哲夫, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 無誘導 ECH/ECCD で立ち上げたオーバードンス球状トカマクプラズマにおける間欠的プラズマ噴出現象
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 H. Tanaka, R. Kajita, Y. Nozawa, H. Shirai, M. Uchida, T. Maekawa
2 . 発表標題 Density Oscillations by Intermittent Plasma Ejection in the Overdense ST Plasma Produced by EBW in the LATE Device
3 . 学会等名 4th UNIST- Kyoto Univ. Workshop on "Physics validation and control of turbulent transport and MHD in fusion plasmas" (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Masaki Uchida, Yoshitaka Nozawa, Ryusuke Kajita, Junki Ootani, Keisuke Gotou, Wataru Tsukamoto, Tetsuo Noguchi, Hitoshi Tanaka, Takashi Maekawa
2 . 発表標題 Non-inductive startup of spherical torus by electron Bernstein waves using 2.45GHz and 5GHz microwaves on LATE
3 . 学会等名 US-EU-Japan RF Heating Technology/US-Japan RF Heating Physics WS (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 H. Tanaka, Y. Nozawa, M. Uchida, R. Kajita, Y. Omura, Y. Sakai, H. Shirai, J. Ootani, K. Goto, W. Tsukamoto, T. Noguchi, X. Guo, T. Maekawa
2 . 発表標題 Electron Bernstein Wave Heating and Current Drive with Multi-Electron Cyclotron Resonances During Non-inductive Start-up on LATE
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. Tanaka, Y. Nozawa, R. Kajita, J. Ootani, K. Goto, W. Tsukamoto, T. Noguchi, T. Kuzuma, T. Nakai, S. Matsui, S. Yamagata, X. Guo, M. Uchida, T. Maekawa
2 . 発表標題 Non-inductive formation of overdense spherical tokamak plasmas by electron Bernstein waves in the LATE device
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. Tanaka, R. Kajita, W. Tsukamoto, S. Matsui, Y. Nozawa, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題 Present status of EBW experiment in LATE
3. 学会等名 6th Kyushu QUEST Workshop (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 後藤恵介, 梶田竜助, 野澤嘉孝, 郭星宇, 大谷純己, 塚本亘, 野口哲夫, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 電子バーンスタイン波加熱・電流駆動による無誘導球状トカマク立ち上げを阻害する不安定性の様相
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚本亘, 松井三四郎, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 大谷純己, 後藤恵介, 野口哲夫, 久津間哲人, 中井隆裕, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATE 球状トカマクの無誘導 ECH/ECCD 立ち上げにおける HIBP による静電ポテンシャル分布と揺動の計測
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野口哲夫, 中井隆裕, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 大谷純己, 後藤恵介, 塚本亘, 久津間哲人, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 電子バーンスタイン波加熱・電流駆動による無誘導球状トカマク立ち上げ時の高速電子損失と熱流損失
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第35回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 大谷純己, 後藤恵介, 塚本亘, 野口哲夫, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 久津間哲人, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 LATE装置における2周波数(2.45/5GHz)のマイクロ波を用いた電子バーンスタイン波加熱・電流駆動
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 梶田竜助, 後藤恵介, 野澤嘉孝, 郭星宇, 大谷純己, 塚本亘, 野口哲夫, 久津間哲人, 中井隆裕, 松井三四郎, 山形周平, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 無誘導ECH/ECCDで立ち上げたオーバードレンス球状トカマクプラズマにおける間欠的プラズマ噴出現象
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Tanaka, T. Kuzuma, R. Ashida, R. Kajita, T. Nagaeki, T. Nakai, S. Matsui, S. Yamagata, R. Nakai, X. Guo, Y. Nozawa, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題 Electron Beam Injection to Non-Inductively-Produced Spherical Tokamak Plasmas by Electron Bernstein Wave in LATE
3. 学会等名 28th IAEA Fusion Energy Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Tanaka, Y. Nozawa, R. Kajita, X. Guo, T. Kuzuma, T. Nakai, S. Matsui, S. Yamagata, R. Ashida, R. Nakai, T. Nagaeki, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題 Overview of Recent EBW Experiment in LATE
3. 学会等名 8th Kyushu QUEST Workshop (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	X. Guo, R. Ashida, Y. Nozawa, R. Kajita, R. Nakai, T. Nagaeki, Y. Ideta, S. Yoshioka, H. Tanaka, M. Uchida, T. Maekawa
2. 発表標題	Measurement of Mode-Conversion Process to Electron Bernstein Waves in Low Aspect ratio Torus Experiment
3. 学会等名	The 29th International Toki Conference (国際学会)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	R. Kajita, Y. Nozawa, X. Guo, R. Ashida, R. Nakai, T. Nagaeki, Y. Ideta, S. Yoshioka, M. Uchida, H. Tanaka and T. Maekawa
2. 発表標題	Sawtooth-like density oscillations in the overdense ST plasma produced by EBW on LATE
3. 学会等名	Korea-Japan Workshop on Physics and Technology of Heating and Current Drive (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	郭星宇, 芦田涼, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 出田雄己, 吉岡慎太郎, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題	LATE装置における電子バーンスタイン波直接検出実験結果
3. 学会等名	プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名	芦田涼, 郭星宇, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 中井亮太郎, 長エキ巧巳, 出田雄己, 吉岡慎太郎, 打田正樹, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題	LATE装置における電子バーンスタイン波直接検出のための2次元計測システム
3. 学会等名	プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 中井亮太郎, 吉岡慎太郎, 野澤嘉孝, 梶田竜助, 郭星宇, 芦田涼, 長エキ巧巳, 出田雄己, 田中仁, 打田正樹, 前川孝
2. 発表標題 LATE球状トカマクプラズマの空間電位計測用HIBPにおける入射イオンビーム制御による2次ビーム電流の最大化
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会第36回年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長えき巧巳, 打田正樹, 梶田竜助, 出田雄己, 野澤嘉孝, 郭星宇, 芦田涼, 中井亮太郎, 吉岡慎太郎, 田中仁, 前川孝
2. 発表標題 球状トカマク装置LATEにおける4台のピンホールカメラを用いた軟X線CTシステムの構築
3. 学会等名 プラズマ核融合学会
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	田中 仁 (Tanaka Hitoshi) (90183863)	京都大学・エネルギー科学研究科・教授 (14301)	

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