

## 6 一般物理実験

### 6.1 高瀬研究室

高瀬研究室では、核融合発電の実現を目標に磁場閉じこめ型トラスプラズマの研究を行っている。柏キャンパスに設置された TST-2 装置を用いた球状トカマクプラズマの基礎研究を行うと共に、量子科学技術研究開発機構で建設中の JT-60SA 装置、核融合科学研究所の LHD 装置、京都大学の LATE 装置、九州大学の QUEST 装置を対象とした共同研究を進めており、海外との共同研究も実施している。

#### 6.1.1 TST-2 実験の概要

TST-2 は球状トカマク (ST) 型の装置であり、プラズマの主半径、小半径はおよそ 0.36、0.23 m、電磁誘導、高周波波動を用いた最大プラズマ電流はそれぞれ 120、27 kA である。ST は高い規格化圧力を安定に維持できる方式として魅力的である一方、プラズマ電流の立ち上げ維持は解決すべき課題である。TST-2 では、主として低域混成波 (Lower-Hybrid Wave, LHW) を用いた電流立ち上げ維持研究を行っている。2018 年度は、外側、上側に設置された 2 つのアンテナを用いた比較実験、パワー変調実験を行うとともに、波動物理を理解するために、高周波磁気プローブ、平衡計測用磁気プローブ、干渉計コードを新設増設した。また、プラズマ領域を大きくするために上側アンテナの改造を行った。これまでの所、波動コードの予測と矛盾しない結果が得られている。

#### 6.1.2 高周波実験

##### 静電結合型進行波アンテナ実験

TST-2 では静電結合型進行波 (Capacitively Coupled Combline, CCC) アンテナを用いて低域混成波を励起している。CCC アンテナでは同軸ポートよりパワーを入力し、L-C 回路アレイの共振によってプラズマ表面に特定の波数の静電波を励起することができる。励起される波の磁力線方向の屈折率  $n_{\parallel}$  は外側入射アンテナで 6.1、上側入射アンテナで 4.7 (中心値) である。トロイダル磁場反転時の上側入射は、磁場正転時の下側入射と同様の伝搬特性を示すことから、TST-2 では外側・上側・下側 (模擬) それぞれの入射位置による電流駆動特性の比較を行うことができる。

上側リミター位置  $Z = 350$  mm において、放電の最適化を行い、外側入射で 21.5 kA、上側入射で 26 kA、下側模擬入射で 26.7 kA の電流値を達成した。外側入射に対する上側入射と下側入射の優位性について議論するために、光線追跡コード (GENRAY) およびフォッカープランクコード (CQL3D) によって得られる波の伝搬および速度分布関数の定常解の比較を行った。定性的な違いとして、上側入射はミッドプレーン近くでポロイダルモード数の急上昇に伴う  $n_{\parallel} = 35$  程度までの波数上昇が確認され、これが電流に寄与する高速電子の数を増やしていると考えられる。一方で下側入射では逆に  $n_{\parallel} = 2-3$  程度までの波数減少が確認され、この部分がより多くプラズマ電流に寄与できる比較的高エネルギーの高速電子生成に役立っていると解釈できた。上側入射時の波数上昇効果については冷たいプラズマかつ静電波近似の枠組みで考察し、磁場勾配による波数上昇効果と、低域混成波のレゾナンスコーン角と磁場のピッチ角のつりあいによる波のポロイダル面上における停滞現象の相乗効果で波数が大幅に上昇することが新たに見出された。この現象には強いピッチ角依存性が予想され、これは数値計算により 16 kA 以上で顕在化されることが調べられ、実験的にもプラズマ電流が 16 kA を超える放電で波数の急激な上昇によるものと思われる 200-300 eV の軟 X 線放射光強度の増大を確認した。

##### 硬 X 線計測

硬 X 線計測の精度向上のため、これまで使用していた NaI 結晶より高密度で、蛍光減衰時間の短いシンチレータである LYSO 結晶を用いた硬 X 線計測器を新たに開発し測定を行った。これによって従来の NaI シンチレータによる X 線検出器に比べて 4 倍程度高速な時間分解能で測定が可能となった他、300 keV を超える X 線に対して約 20 % 程度検出効率率が向上した。この LYSO シンチレータを用いて、入射パワーの変調実験における硬 X 線計測を行った結果、硬 X 線計数率の時間変化から、閉じ込め時間の短い高エネルギー電子の存在が示唆された。現在、同様の LYSO シンチレータを用いた垂直方向の計測視線を増設しており、水平・垂直の複数視線による硬 X 線計測を予定している。

##### 干渉計による電子密度計測

上側アンテナ近傍の密度測定のために、赤道面から高さ約 0.3 m の位置に水平な視線を持つマイクロ波干渉計 (周波数 50 GHz) を新設した。入射パワーの変調に対してマイクロ波干渉計で測定した線積分密度、可視カメラ画像で測定した発光強度の応答を比較したところ、以下のことがわかった。入射パワーをオンにした直後に、アンテナ近傍 ( $Z = \pm 0.3$  m) の線積分密度が大きく (約 40 %) 減少した。一方、赤道面 ( $Z = 0$  m) の密度変動は非常に小さい。また、パワーオン時に発光強度が増すこと、アンテナ

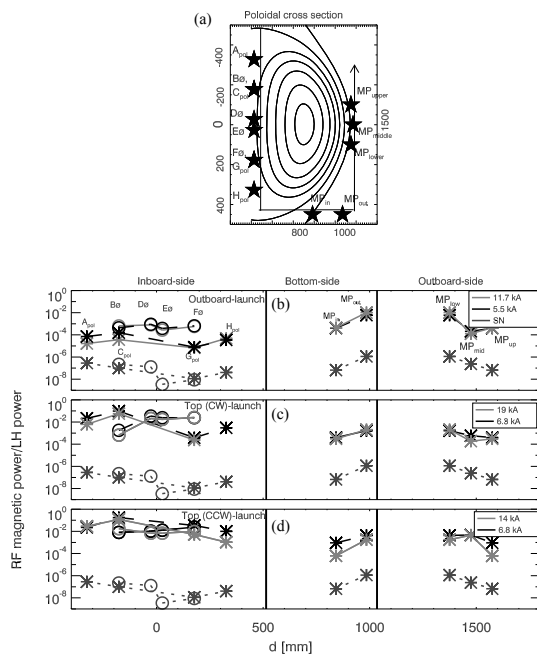


図 6.1.1: (a) ポロイダル断面における磁気プローブの配置図。(b) 外側 (c) 上側 (d) 下側模擬入射時に磁気プローブで計測されたの波動強度分布。

に近い上側と、対称な位置にある下側で応答に差が見られ、下側での発光強度の増加の方が大きいことがわかった。アンテナ近傍の密度を低下させる機構として高周波電場によるポンデロモーティブ力が候補となるが、より定量的な計測と評価が求められる。

#### プローブによる波動伝搬計測

高周波磁気プローブを用いて周辺プラズマ領域における LH 波動伝搬と偏光を計測した (図 6.1.1)。観測結果では LHW の外側入射、上側入射、下側模擬入射の 3 つの入射方法による違いが明らかになった。外側入射では外側アンテナから励起された波は外側、下側でポロイダル偏光の波 (LHW) が強く、CS 近傍ではトロイダル偏光 (FW) にモード変換されることが示唆された。上側入射では上側アンテナから励起された波は CS 上側で LHW が他のプローブに比べ 100 倍ほどパワーが強く、CS 下側では FW 成分が支配的になった。下側模擬入射においては LHW 成分と FW 成分が混合した波が CS 近傍で強くなるという結果が得られた。また、プラズマ電流が高い程、波の吸収に伴い、全体的にプローブが受けるパワーが小さくなる傾向が確認された。

### 6.1.3 OH 実験

#### マイクロ波イメージング反射計による MHD 揺動計測

TST-2 において、内部再結合現象 (IRE) の前兆現象として約 10 kHz の MHD 揺動が発生することが先行研究で報告されている。この約 10 kHz の揺動の性質や IRE の物理を明らかにすることを目指し、電子密度揺動を 3 次元計測するマイクロ波イメージング反射計 (Microwave Imaging Reflectometry, MIR) を TST-2 に設置しプラズマ計測を開始した。その結果 MIR をはじめ、干渉計、磁気プローブ、軟 X 線、 $H\alpha$  の信号から約 10 kHz の揺動が観測された。磁場揺動の振幅はプラズマ電流のスパイクのピーク時刻に最大値を取る一方、MIR で計測した密度揺動の振幅はその 100–400  $\mu$ s 前に最大値を取った。また、密度揺動と磁場揺動のポロイダル方向の伝搬方向を比較したところ、方向はおよそ一致し、約 10 kHz の揺動は電子反磁性流の方向に伝搬することがわかった。

#### 交流オーミックコイル運転

交流オーミックコイル運転とは、オーミックコイルに 1 kHz 前後の交流電場を印可することで、プラズマ中に交流周回電圧を発生させ、これによる予備電離、加熱、電流駆動を行う手法である。小型コイルを新設し実験を行った所、従来のオーミックコイルを用いた場合と比較して、生成されるプラズマのサイズ・形状は大きく異なる一方で、予備電離のための最小電圧は変わらないことが示唆された。さらに、本手法は電子サイクロトロン波による予備電離の代替手段として、LHW 実験に使用できることが実証された。また、交流オーミックコイル運転を含む誘導による予備電離過程を理論的に理解するために、1 次元流体モデルを作成し、予備電離が進行するための条件を求めることに成功した。

### 6.1.4 計測器開発

#### トムソン散乱計測

TST-2 のトムソン散乱計測において迷光は低密度プラズマの精度良い計測の大きな障害となっている。この迷光はレーザーの光軸から必要以上に広がった光が真空容器内壁で反射することが原因であり、これを防ぐには入射管にビーム径を絞るアパーチャーを入れるのが一般的であるが、その最適な形状と配置は明らかになっていなかった。そこで定量的にアパーチャーのパターンを評価するシステムを構築し、最適な形状と配置を明らかにすることで迷光を低減することを試みた。試験の結果、入射管に絞り径が直径 15 mm のアパーチャーを 4 枚入れることが最適であり、これを TST-2 に実装したところ迷光の信号量は総和で約 4 % へと減少した。

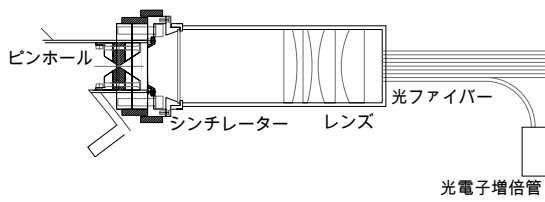


図 6.1.2: 硬 X 線イメージング計測器の外観図。シンチレーターの発光をレンズで光ファイバーアレイに結像する。

### 平衡計算用磁気計測の改善

プラズマの反磁性計測の改善を試みた。ベースラインである真空磁場を求める方法として、リファレンスループの代わりにログスキーコイルにより計測した TF コイル電流値を用いた。回路方程式を用いて渦電流を評価し、オフショットを用いてログスキーコイルの計測値を校正した結果、プラズマが消えた後も信号が残ってしまうことがなくなり、よりもっともらしい計測結果を得られた。

グラッドシャフランド方程式中にある自由関数の形の改善を試みた。プラズマ外部に設置した磁気計測から LH 波により立ち上げたプラズマを再構成した結果、計測結果と整合性の高い結果が得られ、楕円度の高いプラズマが得られた。電流密度分布が誤差を含んだ評価の中でホローな形であることを求められた。このことは、数値計算から得られる結果と矛盾しない。ただし、プラズマ内部での誤差が大きく、ショット間で電流密度分布を比較するには、精度の向上が必要である。

### 硬 X 線イメージング計測

LHW 駆動のプラズマ中の高速電子について調べるために、高速電子から放射される硬 X 線の計測器開発を行った。信号の立ち上がり立ち下りの時間が短い LYSO をシンチレーターとして採用し、プラズマからの X 線の信号が実際に計測できることを確認した。続いてその空間分布を測定する硬 X 線カメラを設計している (図 6.1.2)。シンチレーターとプラズマの間にピンホールを置くことで、シンチレーターの発光箇所を硬 X 線の入射方向に対応させることができる。遮蔽能力が高く真空容器内で使うことができるタングステン合金をピンホールに採用した。シンチレーション光は光電子増倍管で増幅するが、トロイダル磁場の影響を受けないように、シンチレーション光はレンズで集光したのち光ファイバーで伝送して測定する。複数の光ファイバーを束にしたものを用い、それぞれの信号を見ることでシンチレーターの発光箇所および硬 X 線の入射方向を調べることができる。

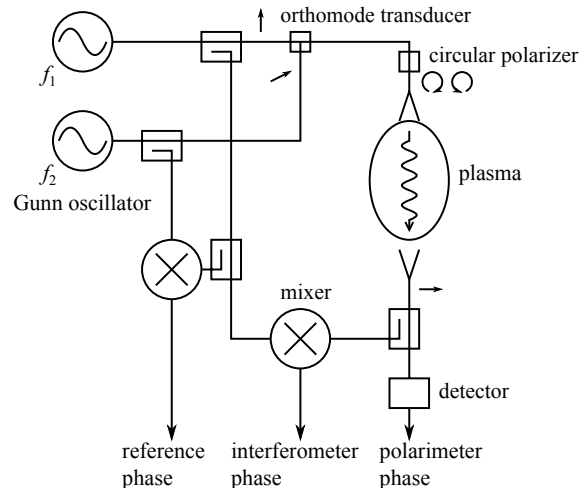


図 6.1.3: 開発中の偏光計の概念図。縦方向と横方向の変更を OMT (Ortho-Mode Transducer) により重ね合わせて、ポーラライザーにより右回りと左回りの円偏光に変換することで、2つの光の差周波数で直線偏光が回転する入射光を生成する。透過光の位相も計測することで、偏光計信号に加えて、干渉計信号も同時に得ることができる。

### 偏光計

低域混成波により非誘導的に駆動されるプラズマの内部電流分布を外部磁気計測のみから正確に推定することは困難である。そこで、内部磁場を直接計測することができる偏光計の開発を開始した。偏光計はプラズマ中を伝播する光の偏光が回転する (ファラデー回転) ことを利用するもので、磁場の光路に沿った積分値を計測できる。局所磁場を計測することはできないが、計測値を平衡計算の拘束条件として加えることで、内部磁場・電流分布の再構成精度を上げることができることが知られている。

今年度は計測器の設計を完了し、部品の調達・組み立てを行った。図 6.1.3 に装置の概念図を示す。計測に必要なポロイダル磁場はトロイダル磁場に比べて1桁以上小さいため、コットン・ムートン効果による楕円度の変化が問題になる可能性があった。僅かに周波数の異なる右回りと左回り円偏光を重ね合わせることで、そのビート周波数で直線偏光を回転させることができる。このような光を入射光として、トカマクの大半径方向、またはトロイダル方向の直線偏光を計測することで、コットン・ムートン効果の影響を受けずにファラデー回転を計測できることがわかったので、そのような計測方式を採用した。初期計測では直線偏光のパワーを (ホモダイン) 検出することで、位相信号を得ることに成功したが、ノイズが大きくファラデー回転角を計測することはできなかった。これからアンプの増設、ヘテロダイン構成の適用により精度を改善し、ファラデー回転の検出を目指していく予定である。

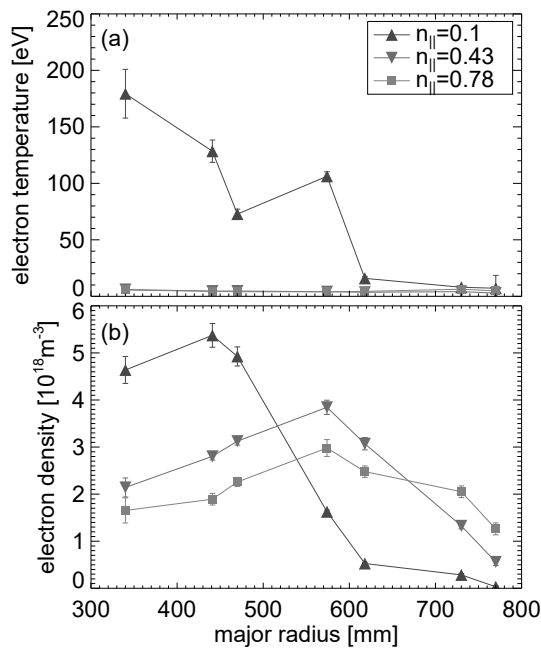


図 6.1.4: QUEST において計測された (a) 電子温度分布と (b) 電子密度分布。

### 6.1.5 共同研究

#### QUEST におけるトムソン散乱計測

九州大学応用力学研究所との共同研究で 28 GHz-ECH 実験においてトムソン散乱計測を行なった。28 GHz の RF ビームの磁場平行方向の屈折率  $n_{||}$  を変化させた時のプラズマの変化を計測する目的で行い、実験結果としては  $n_{||} = 0.78$  では高速電子にパワーが吸収され、 $n_{||} = 0.1$  ではバルク電子加熱が起きるといった結果が観測された (図 6.1.4)。

#### PPPL との共同研究

PPPL との共同研究として、軟 X 線検出器を用いたイメージング計測の設計を行っている。今年度は、これまでに構築した軟 X 線発光量の計算コードを用いて、DIII-D 装置の H モードプラズマおよび JT-60SA 装置の中性粒子ビーム加熱プラズマに対する計測を想定した発光量の計算を行った (図 6.1.5 (a, b))。この計算を元に、DIII-D 装置に導入する予定のピンホールの設計をした他、本イメージング計測システムを JT-60SA 装置に導入することの有効性を検討した。また、当研究室の TST-2 装置においても、本検出器を用いた計測を予定しており、導入に向けた設計を行った。装置の水平面上からポロイダル方向、トロイダル方向のイメージングを行う予定で、2019

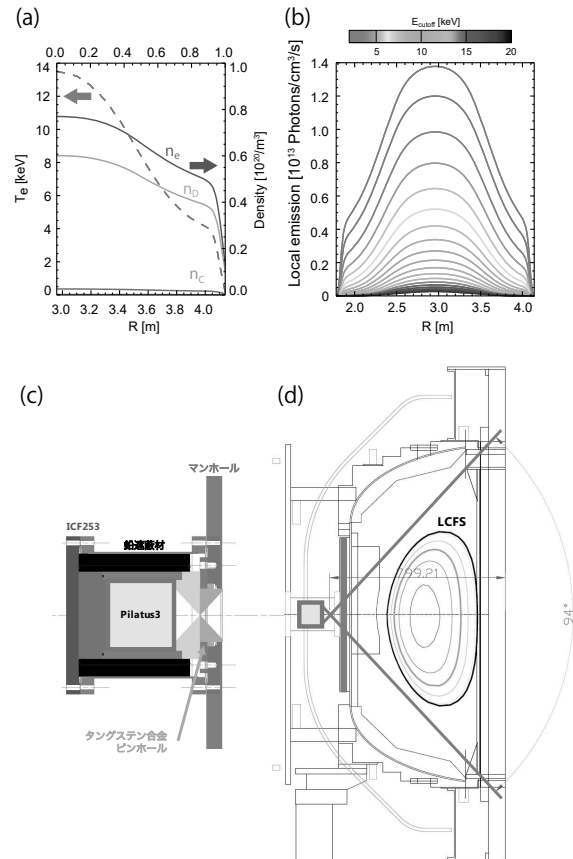


図 6.1.5: (a) 本計算で仮定した JT-60SA プラズマの電子温度、電子密度、不純物密度分布。(b) 計算されたプラズマからの軟 X 線発光量。線の色は計数する軟 X 線のエネルギー閾値 (2 keV (赤) から 20 keV (紫)) を表す。(c) TST-2 装置に導入予定の軟 X 線計測器と周辺構造物の設計。(d) TST-2 装置でのポロイダル方向のイメージング計測における計測視野

年 7 月頃のインストールを計画している (図 6.1.5 (c, d))。

#### <報文>

(原著論文)

- [1] B. Roidl, Y. Todo, Y. Takase, N. Tsujii, A. Ejiri, Y. Yoshida, S. Yajima, T. Shinya: "A simulation environment to simulate lower-hybrid-wave-driven plasmas efficiently," *Computer Physics Communications* **230**, 38 (2018).
- [2] T. Ii Tsujimura, Y. Mizuno, T. Tokuzawa, Y. Ito, S. Kubo, T. Shimozuma, Y. Yoshimura, H. Igami, H. Takahashi, A. Ejiri, the LHD Experiment Group: "Real-time control of electron cyclotron wave polarization in the LHD," *Fusion Engineering and Design* **131**, 130 (2018).

- [3] H. Yamazaki, H. Furui, K. Yamasaki, T. Ushiki, A. Ejiri, M. Inomoto, Y. Takase, Y. Ono, N. Tsujii, UTST group and TST-2 group: “Measurement of the Local Current Density Inside a Current Sheet Using a Rogowski Coil Array on UTST Merging Plasmas,” *Plasma Fusion Res.* **13**, 1202093 (2018).
- [4] S. Yajima, Y. Takase, A. Ejiri, N. Tsujii, H. Yamazaki, C.P. Moeller, T. Shinya, Y. Takei, Y. Tajiri, Y. Yoshida, A. Sato, A. Kitayama and N. Matsumoto: “Current Drive Experiment Using Top/Outboard Side Lower Hybrid Wave Injection on TST-2 Spherical Tokamak,” *Plasma Fusion Res.* **13**, 3402114 (2018).
- [5] T. Tokuzawa, H. Tsuchiya, T. Tsujimura, M. Emoto, H. Nakanishi, S. Inagaki, K. Ida, H. Yamada, A. Ejiri, K.Y. Watanabe, K. Oguri, T. Akiyama, K. Tanaka, I. Yamada, and LHD Experiment Group: “Microwave frequency comb Doppler reflectometer applying fast digital data acquisition system in LHD,” *Rev. Sci. Instrum.* **89**, 10H118 (2018).
- [6] L.F. Delgado-Aparicio, J. Wallace, H. Yamazaki, P. VanMeter, L. Reusch, M. Nornberg, A. Almagari, J. Maddox, B. Luethi, M. Rissi, T. Donath, D. Den Hartog, J. Sarff, P. Weix, J. Goetz, N. Pablant, K. Hill, B. Stratton, P. Efthimion, Y. Takase, A. Ejiri, and M. Ono: “Simulation, design, and first test of a multi-energy soft x-ray (SXR) pinhole camera in the Madison Symmetric Torus (MST),” *Rev. Sci. Instrum.* **89**, 10G116 (2018).
- [7] H. Yamazaki, L.F. Delgado-Aparicio, R. Groebner, B. Grierson, K. Hill, N. Pablant, B. Stratton, P. Efthimion, A. Ejiri, Y. Takase, and M. Ono: “A computational tool for simulation and design of tangential multi-energy soft x-ray pin-hole cameras for tokamak plasmas *Rev. Sci. Instrum.* **89**, 10G120 (2018).
- [8] Y. Yoshimura, A. Ejiri, R. Seki, R. Sakamoto, K. Nagaoka, T. Shimosuma, H. Igami, H. Takahashi, T.I. Tsujimura, F. Warmer, K. Ynagihara, Y. Goto, K. Ida, M. Yoshinuma, T. Kobayashi, S. Kubo, M. Osakabe, T. Morisaki and the LHD Experiment Group: “Effect of Electron Cyclotron Current Drive on the Ion Temperature in the Plasma Core Region of the Large Helical Device,” *Plasma Fusion Res.* **13**, 1402124 (2018).
- (学位論文)
- [9] 矢嶋 悟: 「Plasma Current Start-up by the Lower Hybrid Wave Using Capacitively-Coupled Comblines Antennas on the TST-2 Spherical Tokamak」 (博士論文).
- [10] 岩崎光太郎: 「Improvement of current profile estimation in plasma equilibrium reconstruction based on magnetic diagnostics」 (修士論文).
- <学術講演>
- (国際会議)
- 一般講演
- [11] S. Yajima, Y. Takase, A. Ejiri, N. Tsujii, S. Shiraiwa, H. Yamazaki, Y. Ko, C.P. Moeller, Y. Yoshida, K. Iwasaki, S. Sakamoto, Y. Iida and Y. Kawamata: “Numerical modeling of capacitively coupled combline antennas as lower hybrid wave launcher on TST-2,” 2018 US-EU-Japan RF Heating Technology Workshop/US-Japan Workshop on RF Heating Physics, Gotemba Kogen, Shizuoka, Japan, Sep. 4–7, 2018.
- [12] N. Tsujii and the TST-2 team: “Numerical modeling of lower-hybrid start-up experiments on TST-2,” 2018 US-EU-Japan RF Heating Technology Workshop/US-Japan Workshop on RF Heating Physics, Gotemba Kogen, Shizuoka, Japan, Sep. 4–7, 2018.
- [13] A. Ejiri, Y. Takase, N. Tsujii, S. Yajima, Y. Yoshida, H. Yamazaki, Y. Tajiri, T. Shinya, A. Kitayama, N. Matsumoto, A. Sato, Y. Takei, Y. Iida, K. Iwasaki, Y. Kawamata, S. Sakamoto, B. Roidl, C.P. Moeller, H. Kasahara, T. Mutoh, K. Saito, T. Seki and O. Mitarai: “Plasma Current Generation and Ramp-up by the Lower Hybrid Wave Using Outboard-Launch and Top-Launch Antennas on the TST-2 Spherical tokamak,” EX/P3-23, 27th IAEA Fusion Energy Conference (FEC2018), Ahmedabad, India, Oct. 22–27, 2018.
- [14] Y. Takase, A. Ejiri, Y. Tajiri, Y. Takei, N. Tsujii, S. Yajima, H. Yamazaki, C.P. Moeller, T. Shinya: “Development of capacitively-coupled combline antennas for current drive in tokamaks,” FIP/P7-4, 27th IAEA Fusion Energy Conference (FEC2018), Ahmedabad, India, Oct. 22–27, 2018.
- [15] N. Tsujii, Y. Takase, A. Ejiri, O. Watanabe, S. Yajima, Y. Yoshida, H. Yamazaki, Y. Iida, K. Iwasaki, Y. Kawamata and S. Sakamoto: “Development of a microwave polarimeter for the measurement of the lower-hybrid driven current profile on the TST-2 spherical tokamak,” The 60th Annual Meeting of the APS Division of Plasma Physics, Oregon Convention Center in Portland, Oregon, USA, Nov. 5–9, 2018.
- [16] H. Yamazaki, A. Ejiri, Y. Takase, N. Tsujii, O. Watanabe, S. Yajima, Y. Yoshida, Y. Aoi, Y. Iida, K. Iwasaki, Y. Kawamata, S. Sakamoto, Y.-T. Ko, K. Matsuzaki, T. Oishi, J. Rice and Y. Peng: “Hard X-ray Profile Measurements for TST-2 Lower Hybrid Current Driven Plasmas,” The 27th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research, Ceratopia Toki, Gifu, Japan, Nov. 19–22, 2018.
- [17] Y. Ko, Y. Takase, A. Ejiri, N. Tsujii, O. Watanabe, S. Yajima, Y. Yoshida, H. Yamazaki, Y. Iida, K. Iwasaki, Y. Kawamata, S. Skamoto, Y. Aoi,

- T. Oishi, K. Matsuzaki, J. Rice: “Measurement of the lower hybrid wave using RF magnetic probes on the TST-2 spherical tokamak,” The 27th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research, Ceratopia Toki, Gifu, Japan, Nov. 19–22, 2018.
- [18] Y. Takase, A. Ejiri, N. Tsujii, S. Yajima, H. Yamazaki, TST-2 Group, C.P. Moeller: “LH Antenna Development and Plasma Start-up Experiment on TST-2,” 7th RIAM Workshop, Kyushu University, Jan. 31–Feb. 1, 2019.
- [19] Y. Ko, TST-2 Group: “Wave polarization and distribution measurement in TST-2 LH-driven plasmas,” 7th RIAM Workshop, Kyushu University, Jan. 31–Feb. 1, 2019.
- [20] Y. Takase, A. Ejiri, N. Tsujii, S. Yajima, H. Yamazaki, TST-2 Group, C.P. Moeller: “Lower Hybrid Antenna Development and Plasma Start-up Experiment on the TST-2 Spherical Tokamak,” KSTAR Conference 2019, COEX, Seoul, Korea, Feb. 20–22, 2019.
- (国内会議)
- 一般講演
- [21] 江尻晶、高瀬雄一、辻井直人、矢嶋悟、吉田裕亮、山崎響、御手洗修: 「誘導電場によるトカマクプラズマの予備電離の理論研究」、第12回核融合エネルギー連合講演会、ピアザ淡海(滋賀県立県民交流センター)、2018年6月28–29日。
- [22] 江尻晶: 「トカマクにおける誘導電場による予備電離の理論」、「先進トカマク概念の深化」研究会、核融合科学研究所、土岐、2018年9月18–19日。
- [23] 山崎響: 「マルチエネルギー軟X線イメージング計測の設計のためのX線発光量の計算」、「先進トカマク概念の深化」研究会、核融合科学研究所、土岐、2018年9月18–19日。
- [24] 矢嶋悟: 「TST-2球状トカマク型装置における低域混成波を用いた電流立ち上げ実験」、「先進トカマク概念の深化」研究会、核融合科学研究所、土岐、2018年9月18–19日。
- [25] 辻井直人、高瀬雄一、江尻晶、渡邊理、矢嶋悟、吉田裕亮、山崎響、飯田勇介、岩崎光太郎、川又裕也、坂本将、青井優樹、高竜太、松崎亨平: 「TST-2の非誘導立ち上げプラズマにおける偏光計の開発」、第35回プラズマ・核融合学会年会、大阪大学吹田キャンパス、2018年12月3–6日。
- [26] 岩崎光太郎、高瀬雄一、江尻晶、辻井直人、渡邊理、矢嶋悟、吉田裕亮、山崎響、飯田勇介、川又裕也、坂本将、青井優樹、高竜太、松崎亨平、大石輝希: 「TST-2球状トカマクにおけるフィラメント電流モデルを用いた周辺磁場評価」、第35回プラズマ・核融合学会年会、大阪大学吹田キャンパス、2018年12月3–6日。
- [27] 長山好夫、花島朋弥、飯田勇介、江尻晶、高瀬雄一、土屋隼人、大砂真樹、中西秀哉、山口聡一郎: 「球状トカマクTST-2でのマイクロ波イメージング反射計計測開発」、第35回プラズマ・核融合学会年会、大阪大学吹田キャンパス、2018年12月3–6日。
- [28] 飯田勇介、長山好夫、高瀬雄一、江尻晶、辻井直人、土屋隼人、大砂真樹、山口聡一郎、渡邊理、矢嶋悟、吉田裕亮、山崎響、岩崎光太郎、川又裕也、坂本将、青井優樹、高竜太、松崎亨平、大石輝希: 「TST-2球状トカマクにおけるマイクロ波イメージング反射計を用いた電子密度揺動計測」、第35回プラズマ・核融合学会年会、大阪大学吹田キャンパス、2018年12月3–6日。
- [29] 高瀬雄一、江尻晶、辻井直人、矢嶋悟、山崎響、TST-2グループ、C.P. Moeller: 「LHW用アンテナの開発」、第8回ICRF加熱研究会「ICRF加熱装置の高性能化と将来応用」、核融合科学研究所、2019年3月5日。
- [30] 高竜太、辻井直人、矢嶋悟、高瀬雄一、江尻晶、TST-2グループ: 「LHWを用いた電流駆動実験における波動計測」、第8回ICRF加熱研究会「ICRF加熱装置の高性能化と将来応用」、核融合科学研究所、土岐、2019年3月5日。
- [31] 江尻晶、平田真史、市村真、ジャンソウォン、池添竜也、神尾修治、吉川正志: 「高速発光揺動測定による波動計測」、第8回ICRF加熱研究会「ICRF加熱装置の高性能化と将来応用」、核融合科学研究所、土岐、2019年3月5日。
- [32] 江尻晶、高瀬雄一、辻井直人、渡邊理、矢嶋悟、吉田裕亮、山崎響、彭翊、飯田勇介、岩崎光太郎、川又裕也、坂本将、青井優樹、高竜太、松崎亨平、RICE James, MOELLER C.P.、笠原寛史、斎藤健二、関哲夫、吉村泰夫、御手洗修: 「TST-2球状トカマクにおけるプラズマ生成・電流駆動の研究」、日本物理学会第74回年次大会、九州大学伊都キャンパス、2019年3月14–17日。
- 招待講演
- [33] 江尻晶: 「TST-2における打ち切り平衡」、研究会「平衡再構成のための計測技術と解析手法」、核融合科学研究所、土岐、2018年07月18–19日。
- [34] A. Ejiri: “Interferometer,” 9th Japan-Korea Seminar on Advanced Diagnostics for Steady-State Fusion Plasmas, Toki-Nagoya, Japan, Aug. 7–10, 2018
- [35] 江尻晶: 「原型炉に必要な計測」、研究会「平衡再構成のための計測技術と解析手法(第二回)」、核融合科学研究所、2019年2月19–20日。
- [36] 高瀬雄一、小野靖、田中仁、村上定義、花田和明、永田正義、藤田隆明、飯尾俊二、藤堂泰、竹入康彦、笠原寛史、鎌田裕: 企画講演: 全日本的連携による球状トカマク研究の現状、日本物理学会第74回年次大会、九州大学伊都キャンパス、2019年3月14日-17日

## 6.2 佐野研究室

佐野研究室では、熱平衡から遠く離れた系における法則を探索・解明することを目指し、実験・理論両面から研究を行っている。研究対象は大きく分けて、大自由度で熱ゆらぎが無視できるマクロな非平衡系、熱ゆらぎと非平衡ゆらぎが競合するミクロな