

6.2 高瀬研究室

高瀬研究室では、主に柏キャンパスの TST-2 装置を用い、核融合研究に用いられる「トカマク」と呼ばれるトーラス型プラズマの高性能化に向けた研究を行っている。特に磁場によるプラズマ閉じ込め効率の指標である β (= プラズマ圧力/磁場圧力) を高くとれる球状トカマク (ST) 方式による核融合炉の経済性向上を目指している。トカマクプラズマを閉じ込め、維持するには、プラズマを加熱しつつ、プラズマ中にトーラス大周方向の電流 (プラズマ電流) を駆動する必要がある。電流駆動の有力な方法として高周波波動を使う方法がある。当研究室では 2 つの周波数帯の高周波波動を使った加熱・電流駆動の原理検証実験を行っている。また、高周波加熱・電流駆動の実測に向けた平衡解析・レーザートムソン散乱計測の開発等を進めている。一方、トカマクプラズマは遠非平衡物理系の典型例であり、その輸送現象は微視的乱流揺動に支配されている。乱流の理解と制御法の確立はプラズマ閉じ込めの高性能化に不可欠であるため、乱流揺動の詳細計測および分析を通じて乱流揺動の物理解明とその制御を目指している。

6.2.1 TST-2 実験

高周波加熱・電流駆動実験

高周波波動によるプラズマ加熱・電流駆動を目的として進行波を励起できる「コムラインアンテナ」を TST-2 に設置し、周波数 200 MHz の進行波をプラズマ中に励起した。これは低域混成波と呼ばれる波の周波数に対応する。比較的高いプラズマ電流 (~ 100 kA) および密度 ($\sim 10^{19} \text{ m}^{-3}$) のプラズマに最大 130 kW のパワーを入射することに成功しているが、これまでは明らかな加熱・電流駆動効果は観測されていない。プラズマ位置をアンテナに対し相対的に移動させることにより、アンテナからプラズマ中に放射される電力が最大となる条件が特定された。アンテナによる波動励起およびプラズマ中の伝搬・吸収を考察するため、有限要素法汎用コード COMSOL によりアンテナから励起される波動を計算した (図 6.2.14)。進行波が励起されている様子が確認できる。この結果より、励起された波の波数スペクトルを求め、波動伝搬やプラズマとの相互作用を詳細に調べるための全波解析コードに与える初期条件として用いる。プラズマ中の波動伝搬は電子密度に強く影響されるため、プラズマ周縁部で静電プローブによる電子密度測定を行った。実験に用いられたプラズマの場合、計算で得られた励起波の波数と測定した電子密度から、励起された速波はプラズマ周縁部で遅波と結合し、プラズマ中心部まで到達できないことがわかる。これは実験結果と矛盾しない。実験では 0.1 T のトロイダル磁場を用いたが、0.3 T を用いれば 200 MHz の速波がプラズマ中心部まで到達できることが指摘されているので、今後はより高磁場で実験を行う予定である。

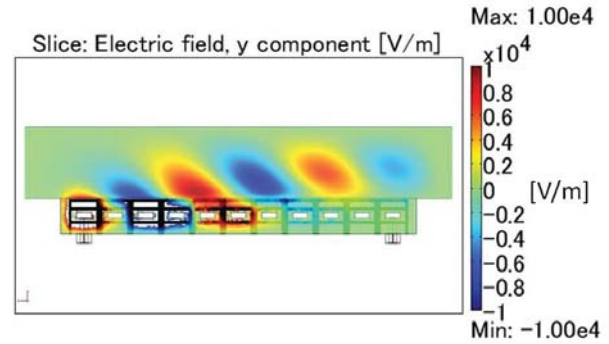


図 6.2.14: Wave electric field excited in the plasma by the comblin antenna.

TST-2 では前年度までに、中心ソレノイド (CS) による電磁誘導を用いずに 2.45 GHz の電子サイクロトロン波を用いてプラズマを立ち上げる方法 (EC 立ち上げ) を確立しており、立ち上げられたプラズマは 21 MHz の波動を用いて維持できることも示されている。今年度、200 MHz の波動を使ってプラズマ立ち上げ実験を行ったところ、EC 立ち上げの際と同程度の 1 kA のプラズマ電流を流せることを示した。また、プラズマ立ち上げが可能なトロイダル磁場は EC 立ち上げの場合の下限より 1/3 程度低い領域まで拡張できることが分かった。これらの実験で励起される波は進行波ではない。次に進行波を励起できるコムラインアンテナを用いてプラズマ立ち上げ実験を行った。垂直磁場および RF パワーのゆっくりとした増加により、最大 12 kA のプラズマ電流が得られた。EC 立ち上げでは、プラズマ電流の大きさおよび方向は垂直磁場に比例することがわかっていった。コムラインアンテナによるプラズマ立ち上げ実験では、進行波方向に対する垂直磁場の向きによって到達できるプラズマ電流の大きさに違いが表れた (図 6.2.15)。これは進行波による直接電流駆動の効果と考えられる。軟 X 線放射計測からプラズマ電流が大きくなるに従って電子温度が高くなっていること、硬 X 線計測からプラズマ電流の増大に合わせて高速電子が生成されることも明らかになっている。

EC 立ち上げが可能であることは以前から知られており、いくつかの ST 装置で精力的に研究されている。一方、維持された配位がどのような特徴を持ち、運転条件にどう依存するかは整理されていなかった。そこで様々な運転条件で維持されたプラズマの平衡解析を行い、平衡の特徴を調べた結果、平衡の形状と分布には 2 つの自由度があることが分かった。一つはトーラス外側での垂直磁場強度とトーラス内側での垂直磁場強度の比であり、もう一つは閉じた磁気面領域と全プラズマ領域の体積の比である。前者は充填ガス圧、EC 共鳴位置に依存し、後者は EC 加熱パワーに依存する。図 6.2.16 に充填ガス圧の異なる放電、EC 加熱パワーの異なる放電を含め 3 つの放電の平衡配位を示す。左側の平衡では電流密度がプラズマ中心で大きく、垂直磁場強度の比が 1 に近い。中央の平衡では電流密度がトーラス外側で大きく、トーラス内側の垂直磁場は 0 に近い。右側の平

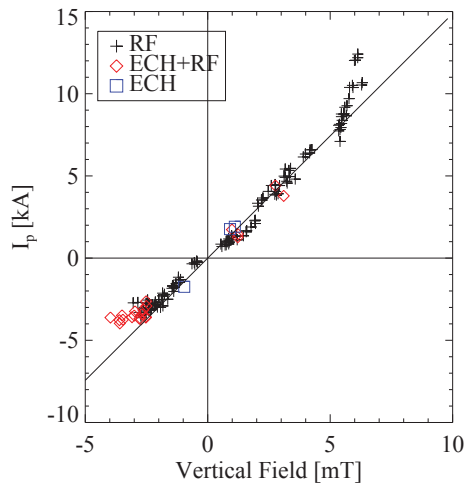


図 6.2.15: Relationship of plasma current and applied vertical field in plasma current start-up experiment using the combline antenna.

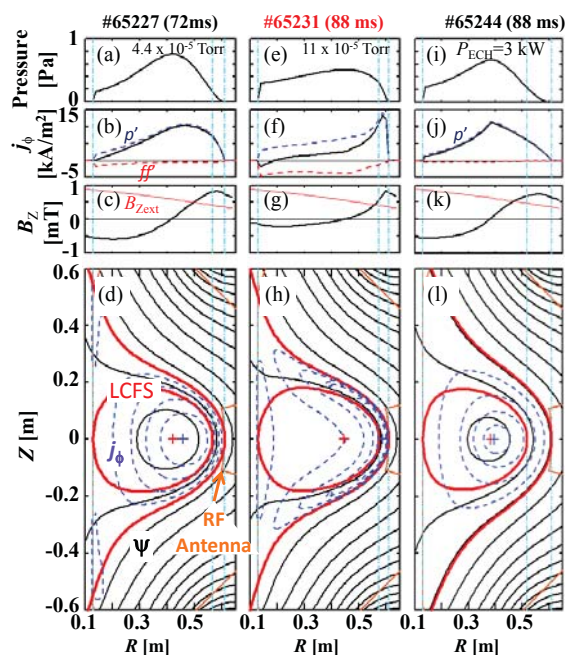


図 6.2.16: Comparison of reconstructed magnetic configuration and profiles for low filling pressure (a)–(d), high filling pressure (e)–(h), and low EC power (i)–(l) equilibria.

衝では開いた磁気面領域が大きく上下に広がっているのがわかる。さらに 200 MHz の高周波で維持されたプラズマを解析したところ、ループアンテナを用いた場合は図 6.2.16 の中央とよく似た配位、コムラインアンテナを用いた場合は図 6.2.16 の右側とよく似た配位となることがわかった。垂直磁場強度とその極性を変えて EC および 200 MHz (上記 2 種のアンテナ) で維持されたプラズマを調べた。プラズマ電流はおおよそ垂直磁場に比例し、平衡がプラズマに大きな影響を与えている。また EC の場合は垂直磁場極性を変えてもプラズマ電流の絶対値は変わらず、圧力駆動電流が支配的であることが示唆された。

新アンテナ設計

TST-2 では低域混成周波数帯の波動により 12 kA までのプラズマ電流を得ているが、最終的な目標はプラズマ電流を 100 kA 程度まで増大させ、ST において CS を使わず低域混成波で高速イオン閉じ込めに十分なプラズマ電流が得られることを示すことである。現在使用しているコムラインアンテナは速波進行波を励起するアンテナなので、遅波である低域混成波の励起効率は低い。現在、低域混成波を直接励起できるグリルアンテナを設計中である。グリルアンテナは位相差をつけた導波管列で構成される。200 MHz 電磁波の波長は 1.5 m と長いので、導波管内に誘電体を詰めてアンテナの小型化を行う。波動励起効率を有限要素法パッケージ COMSOL を用いて計算した結果、アンテナ前面のプラズマ密度に強く依存することが確かめられた。そのため、アンテナ前面のプラズマ密度を調整するための可動式リミターをアンテナ周囲に設置する。励起された波動の伝播・吸収は TORLH 全波解析コードと CQL3D Fokker-Planck コードの反復によって行う。マクスウェル分布のプラズマでは波の吸収は弱い、準線形拡散による速度分布関数の歪みが大きくなるにつれて吸収が強くなることがわかった。

TST-2 では 0.1 T 程度のトロイダル磁場で EC 立ち上げを行ってきたが、低域混成波実験では 0.3 T 程度のトロイダル磁場が必要である。高磁場での EC 立ち上げには、現在使っている 2.45 GHz ではなく、8.2 GHz 程度の周波数が必要である。吉田研究室の所有するクライストロン (周波数 8.2 GHz, 電力 ≤ 25 kW) からの高周波出力を分岐し、TST-2 まで導引するための導波管の敷設をほぼ完了し、8.2 GHz のマイクロ波を入射するためのホーンアンテナの設計を行っている。

乱流計測

プラズマの乱流輸送の物理解明は核融合プラズマ研究の最重要課題の一つである。TST-2 は実験機動性が高いため、統計精度を高めた乱流研究が可能である。プラズマの微視的不安定性を同定するため、電子密度・温度、空間電位、速度場、磁場などの揺動場の多点計測を目指している。観測可能な揺動場を拡

張するため、高速電圧掃引シングルプローブ法を開発した。シングルプローブ法は電極サイズ程度（数百 μm –数 mm ）の極めて優れた空間分解能を持ち、電子温度・密度、空間電位が得られるが、時間分解能は電圧掃引時間（通常 ms オーダー）である。本研究では掃引周波数を高め、200 kHz までの揺動計測を目指した。掃引周波数を上げた場合に想定される問題は、測定回路の交流インピーダンスによる計測信号の歪み、得られた高速サンプルデータの妥当性の確立である。計測データの詳細な分析により、歪みを生じさせている交流インピーダンス起源の成分を取り除くことに成功した。妥当性の検証については、近接した2点において一部の揺動場を浮動電位法によって実測し、高速電圧掃引法と比較する手法が適用可能との指針を得、乱流による密度・温度・運動量輸送研究に必要な電子温度・密度および空間電位の揺動パワースペクトル推定の展望が得られた。

種々のプラズマ装置の周辺揺動観測で、乱流揺動のパワースペクトルや揺動の輸送への寄与について、ポロイダル断面上で非一様性が報告されている。乱流輸送の非対称性を観測することを目的として、静電プローブを用いて TST-2 の周辺プラズマで浮遊電位およびイオン飽和電流揺動の多点計測を行った。揺らぎが発生すると、プラズマ中の荷電粒子はその電場揺らぎによる $E \times B$ ドリフト運動によって、径方向の粒子速度の揺らぎが生じ、径方向に粒子輸送を引き起こす。揺らぎによる粒子輸送は密度揺らぎと電位揺らぎの相関と位相に依存するため、実験的に乱流輸送を同定するには、各種揺らぎの波数や周波数、あるいはそれら揺らぎの間の相関を計測する必要がある。初期結果として得られた周辺乱流のクロススペクトル構造は、浮遊電位とイオン飽和電流揺動は低周波から 100 kHz 付近まで相関が高く、プラズマの内側と外側では両者の位相差が異なることがわかった。

計測器開発

トムソン散乱はプラズマの基本パラメータである電子温度・密度を精度よく測定できる優れた計測法であり、TST-2 において開発が進められてきた。現在、レーザー1パルスに対して複数回散乱信号を計測するマルチパストムソン散乱法の開発を行っている。マルチパス法は、従来のトムソン散乱に比べ数倍の信号が得られるほか、プラズマの圧力非等方性や電流密度分布に関する情報も得られる。今年度はマルチパス法の原理実証として、レーザー1パルスに対し2回の信号を得るダブルパス配位でラマン散乱およびトムソン散乱計測を行い、電子密度、磁場に平行・垂直方向の電子温度 ($T_{e\parallel}$, $T_{e\perp}$)、および磁気軸上の電流密度の測定に成功した (図 6.2.17(a), (b))。プラズマ圧力の非等方性はプラズマの平衡・不安定性に大きな影響を与える可能性がある。圧力非等方性の直接測定手法は確立していないため、トムソン散乱による非接触測定法が確立できれば画期的である。現状のシステムでは電子密度 $n_e > 3 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ の範囲で 15% 以上の非等方性があれば測定可能である (図 6.2.17(c))。電子密度 $n_e < 3 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ にお

いて $T_{e\parallel}$ と $T_{e\perp}$ の大きな差 ($T_{e\parallel}/T_{e\perp} > 40\%$) が観測されているが、これが測定誤差によるものかプラズマの非等方性を反映しているのかについては解析中である。低域混成波を用いた電流駆動実験を行う TST-2 においては、非等方性や電流密度に関する情報は非常に重要である。プラズマ電流 $I_p \approx 100 \text{ kA}$ 程度のプラズマに対し、ダブルパストムソン散乱を用いて推定した電流密度は $j_e \approx 640 \text{ kAm}^{-2}$ であった。

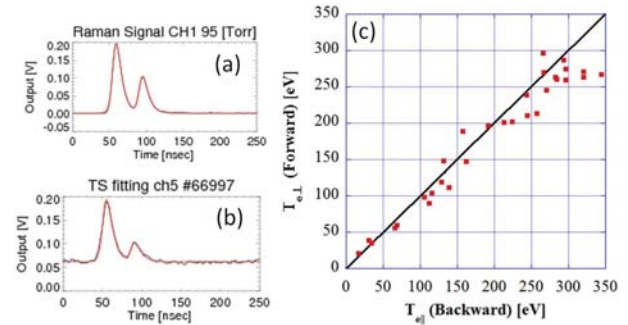


図 6.2.17: Double-pass Raman scattering signal (a), double-pass Thomson scattering signal (b), and comparison of $T_{e\parallel}$ and $T_{e\perp}$ (c). Two pulses in (a) and (b) correspond to the first and second laser paths.

中性ヘリウムの発光ラインの強度比は電子温度・密度に依存するので、計測結果と衝突輻射モデルに基づく計算結果を比較することにより、電子温度・密度が得られる。空間 8 チャンネルで 3 つの発光ラインを同時計測した。測定したライン強度は視線方向に積分された値なので、アーベル変換して放射率の径方向分布を得る。EC 立ち上げ実験では電流ジャンプ後の電子温度・密度ともプラズマ周辺領域で高いと推定された。

6.2.2 共同研究

QUEST におけるトムソン散乱

九州大学の球状トカマク QUEST で高周波波動による電流駆動実験が行われている。TST-2 と類似の方法でトムソン散乱計測システムの開発を行っている (図 6.2.18)。トムソン散乱で得られる信頼性の高い電子温度・密度分布を使うことにより、平衡解析の精度を向上でき、電流駆動機構の解明にも貢献できる。今年度は作業ステージを設置し、レーザー入射・集光フランジ部、レーザー出射フランジ部を設計・製作・設置した。高周波電流駆動プラズマは密度が低いので、レーザー入射・集光フランジ部には可能な限り大きな観測窓を設置し、未使用時に観測窓をプラズマから保護するため、観音開き式のシャッターを取り付けた。光源である Nd:YAG レーザーは

エネルギー 1.65 J, 繰り返し 10 Hz, パルス幅 6–8 ns, ビーム径 9 mm, ビーム広がり 0.45 mrad 以下であり, QUEST 本体からの電磁的影響が少ない位置に設置した。ビームはミラーを用いた伝送路を通り QUEST プラズマに入射される。伝送路の設置とビーム形状の確認を行い, 出射フランジよりも遠い 20 m 遠方でもビーム広がり十分小さいことを確認した。散乱光を集光する球面ミラーは直径 500 mm のものを使用する予定である。ミラーホルダーを製作し, 集光試験を行った。温度を算出するための分光システムも構築中である。設計・製作したポリクロメータ 6 台を東京大学で波長校正する予定である。モノクロメータで分光した光を用いてポリクロメータの校正を行うが, 効率良く且つ高精度に波長校正を行うために, 自動波長スキャンシステムを構築した。今後, 集光系及び分光・データ収集系等を設置してシステムを完成させ, 計測を開始する予定である。

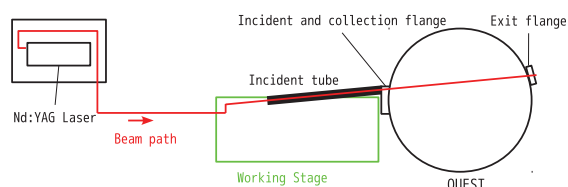


図 6.2.18: Schematic of Thomson scattering system in QUEST.

LHD におけるマイクロ波反射計を用いた ICRF 波動計測実験

プラズマ中に励起した高周波波動の非接触計測は, 高周波によるプラズマの加熱・維持の物理機構を解明する上で重要である。核融合科学研究所の LHD では, イオンサイクロトロン周波数帯の波動 (38.47 MHz) によるプラズマの加熱・維持実験が行われている。本研究はマイクロ波反射計による波動計測法の確立を目指している。マイクロ波反射計とは, プラズマ中にマイクロ波を入射し, カットオフ層で反射されたマイクロ波を計測するものであり, 入射波と反射波の位相を測定する。得られた信号のスペクトルを図 6.2.19 に示す。(1) は, マイクロ波の入射口および反射口に設置されたシャッターを閉じた場合の信号で, (2) がプラズマからの反射を測定した信号である。これらを比較すると, プラズマからの反射を測定した信号には広い裾野成分が確認でき, プラズマ中の揺らぎの影響を表していると考えられる。また, 得られた位相揺らぎよりカットオフ層における振動電場を見積もると, 入射パワーから見積もられる振動電場に比べ小さかった。これは, プラズマによる高周波波動の吸収が原因であると考えられる。

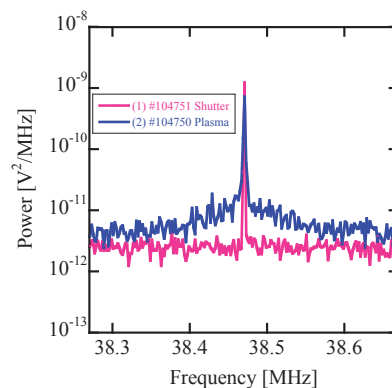


図 6.2.19: Frequency spectra without plasma (a) and with plasma (b).

微視的乱流による大域的運動量輸送

九州大学との共同研究で, プラズマの過度・運動量輸送量 (レイノルズ応力) を全方位角方向で測定可能な計測器を開発し, 直線プラズマ装置に設置して実験を行った。直線プラズマでは, 高温不均一磁化プラズマで普遍的な不安定性であるドリフト波を起源とした乱流や, その二次的不安定性が観測されており, 過度の 2 次元パターンの実測に成功した。また乱流運動量輸送量を方位角方向に積分して大域的な運動量輸送量を得, その確率分布関数を調べたところ, 非ガウスの振る舞いが見出された。

< 報文 >

(原著論文)

- [1] Y. Nagashima, S. Inagaki, K. Kamakaki, H. Arakawa, T. Yamada, S. Shinohara, Y. Kawai, M. Yagi, A. Fujisawa, S. -I. Itoh, K. Itoh and Y. Takase: Development of radially movable multi-channel Reynolds stress probe system for a cylindrical laboratory plasma, *Rev. Sci. Instrum.* **82** (2011) 033503.
- [2] M. Ishiguro, K. Hanada, K. Nakamura, O. Mitarai, H. Zushi, H. Idei, M. Sakamoto, M. Hasegawa, Y. Higashizono, Y. Takase, T. Maekawa, Y. Kishimoto, S. Kawasaki, H. Nakashima and A. Higashijima: Reconstruction of Vacuum Magnetic Flux in QUEST, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2083.
- [3] T. Kobayashi, S. Inagaki, H. Arakawa, K. Kamakaki, Y. Nagashima, T. Yamada, S. Sugita, M. Yagi, N. Kasuya, A. Fujisawa, S. -I. Itoh and K. Itoh: Bispectral Analysis of Density and Potential Fluctuations in a High Neutral Density Cylindrical Plasma, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2047.
- [4] K. Kamakaki, S. -I. Itoh, S. Inagaki, H. Arakawa, Y. Nagashima, T. Yamada, M. Yagi, A. Fujisawa and K. Itoh: ECRH Superposition on Linear Cylindrical Helicon Plasma in the LMD-U, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2046.

- [5] H. Arakawa, S. Inagaki, Y. Nagashima, T. Yamada, K. Kamataki, T. Kobayashi, S. Sugita, M. Yagi, N. Kasuya, A. Fujisawa, S. -I. Itoh and K. Itoh: Probability Density Function of Density Fluctuations in Cylindrical Helicon Plasmas, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2044.
- [6] T. Yamada, S. -I. Itoh, S. Inagaki, Y. Nagashima, S. Shinohara, N. Kasuya, K. Terasaka, K. Kamataki, H. Arakawa, M. Yagi, A. Fujisawa and K. Itoh: Nonlinear Mode Couplings in a Cylindrical Magnetized Plasma, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2016.
- [7] T. Yamada, R. Imazawa, S. Kamio, R. Hihara, K. Abe, M. Sakumura, Q. Cao, T. Oosako, H. Kobayashi, T. Wakatsuki, B. I. An, Y. Nagashima, H. Sakakita, H. Koguchi, S. Kiyama, Y. Hirano, M. Inomoto, A. Ejiri, Y. Takase and Y. Ono: Merging start-up experiments on the UTST spherical tokamak, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2100.
- [8] A. Ejiri, T. Yamaguchi, J. Hiratsuka, Y. Takase, M. Hasegawa and K. Narihara: Development of a bright polychromator for Thomson scattering measurements, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2082.
- [9] T. Yamaguchi, A. Ejiri, J. Hiratsuka, Y. Takase, Y. Nagashima, O. Watanabe, T. Sakamoto, T. Oosako, B. I. An, H. Kurashina, H. Kobayashi, H. Hayashi, H. Matsuzawa, K. Yamada, H. Kakuda, K. Hanashima and T. Wakatsuki: Development of a Thomson scattering system in the TST-2 spherical tokamak, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2092.
- [10] M. Sugihara, K. Oki, R. Ikezoe, T. Onchi, A. Sanpei, H. Himura, S. Masamune, T. Akiyama, A. Ejiri, K. Sakamoto, K. Nagasaki and V. Zhuravlev: Density Regimes of Low-Aspect-Ratio RFP Plasmas in RELAX, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2061.
- [11] Y. Nagashima, J. Ozaki, M. Sonehara, Y. Takase, A. Ejiri, K. Yamada, H. Kakuda, S. Inagaki, T. Oosako, B. I. An, H. Hayashi, K. Hanashima, J. Hiratsuka, H. Kobayashi, H. Kurashina, H. Matsuzawa, T. Sakamoto, T. Yamaguchi, O. Watanabe and T. Wakatsuki: Fluctuation measurement in the edge plasma on TST-2, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2049.
- [12] O. Watanabe, A. Ejiri, H. Kurashina, T. Ohsako, Y. Nagashima, T. Yamaguchi, T. Sakamoto, B. I. An, H. Hayashi, H. Kobayashi, K. Yamada, H. Kakuda, J. Hiratsuka, K. Hanashima, T. Wakatsuki and Y. Takase: Comparison of Hydrogen and Deuterium Plasmas in ECH Start-Up Experiment in the TST-2 Spherical Tokamak, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S2032.
- [13] J. Hiratsuka, A. Ejiri, Y. Takase and T. Yamaguchi: Feasibility of a Multi-Pass Thomson Scattering System with Confocal Spherical Mirrors, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) 044.
- [14] H. Kurashina, A. Ejiri, Y. Takase, K. Hanashima, T. Sakamoto, O. Watanabe, Y. Nagashima, T. Yamaguchi, B. I. An, H. Kobayashi, H. Hayashi, K. Yamada, H. Matsuzawa, H. Kakuda, J. Hiratsuka, T. Wakatsuki and T. Oosako: Electron Density Measurements of Non-Inductive Start-Up Plasmas in the TST-2 Spherical Tokamak, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) 024.
- [15] J. Ozaki, M. Sonehara, Y. Nagashima, Y. Takase, A. Ejiri, K. Yamada, H. Kakuda, S. Inagaki, T. Oosako, B. I. An, H. Hayashi, K. Hanashima, J. Hiratsuka, H. Kobayashi, H. Kurashina, T. Sakamoto, T. Yamaguchi, O. Watanabe and T. Wakatsuki: Evaluation of Edge Electron Temperature Fluctuations Using a Conditional Technique on TST-2, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) 023.
- [16] Y. Nagashima, T. Oosako, Y. Takase, A. Ejiri, O. Watanabe, H. Kobayashi, Y. Adachi, H. Tojo, T. Yamaguchi, H. Kurashina, K. Yamada, B. I. An, H. Kasahara, F. Shimpō, R. Kumazawa, H. Hayashi, H. Matsuzawa, J. Hiratsuka, K. Hanashima, H. Kakuda, T. Sakamoto, and T. Wakatsuki: Observation of Beat Oscillation Generation by Coupled Waves Associated with Parametric Decay during Radio Frequency Wave Heating of a Spherical Tokamak Plasma, *Phys. Rev. Lett.* **104** (2010) 245002.
- [17] K. Hanada, K. Sato, H. Zushi, K. Nakamura, M. Sakamoto, H. Idei, M. Hasegawa, Y. Takase, O. Mitarai, T. Maekawa, Y. Kishimoto, M. Ishiguro, T. Yoshinaga, H. Igami, N. Nishino, H. Honma, S. Kawasaki, H. Nakashima, A. Higashijima, Y. Higashizono, A. Ando, N. Asakura, A. Ejiri, Y. Hirooka, A. Ishida, A. Komori, M. Matsukawa, O. Motojima, Y. Ogawa, N. Ohno, Y. Ono, M. Peng, S. Sudo, H. Yamada, N. Yoshida and Z. Yoshida: Steady-State Operation Scenario and the First Experimental Result on QUEST, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) S1007.
- [18] Y. Nagashima, K. Nagaoka, K. Itoh, A. Fujisawa, M. Isobe, T. Akiyama, C. Suzuki, S. Nishimura, Y. Yoshimura, K. Matsuoka, S. Okamura, Y. Takase, A. Ejiri, S. -I. Itoh, M. Yagi and CHS Group: Observation of Edge Reynolds Stress Increase Preceding an L-H Transition in Compact Helical System, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) 022.
- [19] T. Wakatsuki, Y. Nagashima, T. Oosako, H. Kobayashi, B. I. An, H. Kakuda, T. Yamada, R. Imazawa, O. Watanabe, T. Yamaguchi, H. Kurashina, H. Hayashi, K. Yamada, T. Sakamoto, K. Hanashima, J. Hiratsuka, S. Kamio, R. Hihara, K. Abe, M. Sakumura, Q. Cao, M. Inomoto, Y. Ono, A. Ejiri and Y. Takase: Direct Measurements of High Harmonic Fast Wave Profile in the UTST Spherical Tokamak Plasma, *Plasma Fusion Res.* **5** (2010) 018.

(会議抄録)

(学位論文)

- [20] 角田英俊: Plasma heating and current drive experiments using radio frequency waves at 200MHz on the TST-2 spherical tokamak, (修士論文)
- [21] 坂本拓也: Electron temperature and density profile measurements using Helium line intensity ratio on TST-2, (修士論文)
- [22] 平塚淳一: Development of advanced Thomson scattering system for the TST-2 spherical tokamak, (修士論文)
- [23] 花嶋賢太郎: TST-2 球状トカマクにおける高周波生成プラズマの電子密度分布, (修士論文)
- [24] 若月琢馬: Plasma Start-up and Heating Experiments Using Radio Frequency Waves in Spherical Tokamaks, (修士論文)
- [25] 小林弘明: TST-2 球状トカマクプラズマにおける高次高調速波入射時の非線形波動現象の研究, (修士論文)

< 学術講演 >

(国際会議)

一般講演

- [26] H. Kakuda, T. Wakatsuki, Y. Takase, C. P. Moeller, A. Ejiri, Y. Nagashima, O. Watanabe, T. Oosako, H. Kobayashi, R. Kumazawa, K. Saito, H. Kasahara, F. Shimpo, T. Muto, T. Seki, G. Nomura, S. Shiraiwa, O. Meneghini, T. Yamaguchi, T. Sakamoto, K. Hanashima, J. Hiratsuka, T. Ambo, R. Shino, and M. Sonehara: 200 MHz Fast Wave Experiment Using a Compline Antenna in the TST-2 Spherical Tokamak, US-Japan RF Physics Workshop. Toba, Japan, Feb. 7-9, 2011
- [27] T. Wakatsuki, H. Kakuda, Y. Takase, A. Ejiri, Y. Nagashima, O. Watanabe, T. Yamaguchi, H. Kobayashi, H. Kakuda, T. Sakamoto, K. Hanashima, J. Hiratsuka, T. Ambo, R. Shino, M. Sonehara, Y. Ono, M. Inomoto, T. Yamada, S. Kamio, K. Abe, Q. Cao, and M. Sakumura: Plasma Start-up Experiments in TST-2 and Direct Measurement of HHFW Field Profile in UTST, US-Japan RF Physics Workshop. Toba, Japan, Feb. 7-9, 2011
- [28] Y. Nagashima, A. Ejiri, Y. Takase, M. Sonehara, H. Kakuda, T. Oosako, J. Hiratsuka, O. Watanabe, T. Yamaguchi, H. Kobayashi, T. Wakatsuki, T. Sakamoto, K. Hanashima, T. Ambo, R. Shino, and S. Inagaki: Evaluation of edge electron temperature fluctuation by the use of fast voltage scanning method on TST-2, 20th International Toki Conference, Toki, Japan, Dec. 7 - 10, 2010, P1-62.
- [29] Y. Takase, A. Ejiri, H. Kakuda, T. Wakatsuki, P. Bonoli, J. Wright, S. Shiraiwa, O. Meneghini, C. Moeller, T. Mutoh, R. Kumazawa, K. Saito, H. Kasahara, TST-2 Group: Development of a Plasma Current Ramp-up Technique for Spherical Tokamaks by the Lower-Hybrid Wave, 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Korea, Oct 11-16, 2010 (FTP/P6-15)
- [30] H. Idei, M. Sakaguchi, E. I. Kalinnikova, K. Nagata, A. Fukuyama, H. Zushi, K. Hanada, M. Ishiguro, H. Igami, S. Kubo, K. Nakamura, A. Fujisawa, M. Sakamoto, M. Hasegawa, Higashizono, S. Tashima, R. Ogata, H. Q. Liu, I. Goda, T. Ryokai, S. K. Sharma, M. Isobe, A. Ejiri, K. Nagao, M. Osakabe, A. Tsushima, H. Nakanishi, T. Morisaki, N. Nishino, Y. Nakashima, H. Watanabe, K. Tokunaga, T. Tanabe, N. Yoshida, K. N. Sato, S. Kawasaki, H. Nakashima, A. Higashijima, Y. Takase, T. Maekawa, O. Mitarai, M. Kikuchi, K. Toi and Y. Kishimoto: Phased-array Antenna System for Electron Bernstein Wave Heating and Current Drive Experiments in QUEST, 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Korea, Oct 11-16, 2010 (EXW/P7-31)
- [31] A. Ejiri, H. Kurashina, Y. Takase, K. Hanashima, T. Sakamoto, O. Watanabe, Y. Nagashima, T. Yamaguchi, B. I. An, H. Kobayashi, H. Hayashi, K. Yamada, H. Kakuda, J. Hiratsuka, T. Wakatsuki and M. Goto: Non-inductive Plasma Current Start-up Experiments in the TST-2 Spherical Tokamak, 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Korea, Oct 11-16, 2010 (EXW/P2-02)
- [32] H. Meyer, M. F. M. De Bock, N. J. Conway, S. J. Freethy, K. Gibson, J. Hiratsuka, A. Kirk, C. A. Michael, T. Morgan, R. Scannell, G. Naylor, S. Saarelma, A. N. Saveliev, V. F. Shevchenko, W. Suttrop, D. Temple, R. G. L. Vann and the MAST and NBI Teams: L-H Transition and Pedestal Studies on MAST, 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Korea, Oct 11-16, 2010 (EXC/2-3Ra)
- [33] T. Yamada, R. Imazawa, S. Kamio, R. Hihara, K. Abe, M. Sakumura, Q.H. Cao, Y. Takase, Y. Ono, H. Sakakita, H. Koguchi, S. Kiyama, and Y. Hirano: Double Null Merging Start-up Experiments in the University of Tokyo Spherical Tokamak, 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Korea, Oct 11-16, 2010 (EXS/P2-19)
- [34] D. Moreau, D. Mazon, J. Ferron, M. Walker, E. Schuster, Y. Ou, C. Xu, Y. Takase, Y. Sakamoto, S. Ide, T. Suzuki, ITPA-IOS Group Members and Experts: Plasma Models for Real-Time Control of Advanced Tokamak Scenarios, 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Korea, Oct 11-16, 2010 (EXW/P2-07)
- [35] M. Uchida, T. Maekawa, H. Tanaka, S. Ide, Y. Takase, F. Watanabe, and S. Nishi: Generation of Initial Closed Flux Surface by ECH at Conventional Aspect Ratio of R/a = 3; Experiments on the LATE device and JT-60U Tokamak, 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Korea, Oct 11-16, 2010 (EXW/P2-12)

- [36] Y. Nagashima, Y. Takase, A. Ejiri, J. Ozaki, M. Sonehara, K. Yamada, B. I. An, H. Hayashi, K. Hanashima, J. Hiratsuka, H. Kakuda, H. Kobayashi, H. Kurashina, T. Sakamoto, T. Yamaguchi, O. Watanabe, and T. Wakatsuki: Evaluation of edge electron temperature fluctuation by the use of conditional techniques in the TST-2 spherical tokamak, US Transport Taskforce Workshop 2010, Annapolis, Maryland, USA, 13-16 April, 2010. I-P18
- (国内会議)
一般講演
- [37] 江尻晶: ワーク・ライフ・バランスに関する大規模アンケート分析について, 第 66 回日本物理学会年次大会, 新潟大学五十嵐キャンパス, 新潟, 2011 年 3 月 25-28 日: 日本物理学会講演概要集第 4 分冊 27pTH-4
- [38] 永島芳彦, 江尻晶, 高瀬雄一, 曾根原正晃, 角田英俊, 渡邊理, 山口隆史, 平塚淳一, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 若月琢馬, 安保貴憲, 篠遼太: 高速電圧掃引法と浮遊電極法により観測された揺動パワースペクトルの比較, 第 66 回日本物理学会年次大会, 新潟大学五十嵐キャンパス, 新潟, 2011 年 3 月 25-28 日: 日本物理学会講演概要集第 4 分冊 26pGW-9
- [39] 曾根原正晃, 永島芳彦, 江尻晶, 高瀬雄一, 角田英俊, 渡邊理, 山口隆史, 平塚淳一, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 若月琢馬, 安保貴憲, 篠遼太: TST-2 球状トカマクにおける周辺揺動計測, 第 66 回日本物理学会年次大会, 新潟大学五十嵐キャンパス, 新潟, 2011 年 3 月 25-28 日: 日本物理学会講演概要集第 4 分冊 26pGW-10
- [40] 関子秀樹, 西野信博, S. BANERJEEB, 花田和明, 長谷川真, 石黒正貴, 田島西夜, 中村一男, 藤澤彰英, 出射浩, 坂本瑞樹, 川崎昌二, 中島寿年, 東島亜紀, 江尻晶, 高瀬雄一, 前川孝, 御手洗修, 福山淳: QUEST プラズマ SOL 揺動の高次モーメントを用いた“偶然力”の評価, 第 66 回日本物理学会年次大会, 新潟大学五十嵐キャンパス, 新潟, 2011 年 3 月 25-28 日: 日本物理学会講演概要集第 4 分冊 26pGW-11
- [41] 山田琢磨, 神尾修治, 阿部圭太, 作村守央, 曹慶紅, 鈴木直人, 渡辺岳典, 今澤良太, 井通暁, 高瀬雄一, 小野靖: UTST における外部コイルを用いた球状トカマク合体実験, 第 66 回日本物理学会年次大会, 新潟大学五十嵐キャンパス, 新潟, 2011 年 3 月 25-28 日: 日本物理学会講演概要集第 4 分冊 27pGY-4
- [42] 若月琢馬, Paul Bonoli, John C. Wright, 白岩俊一, Orso Meneghini, 高瀬雄一, 江尻晶, 永島芳彦, 渡邊理, 山口隆史, 角田英俊, 平塚淳一, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 安保貴憲, 篠遼太, 曾根原正晃: TST-2 球状トカマクにおけるグリルアンテナを用いた低域混成波実験の検討, 第 66 回日本物理学会年次大会, 新潟大学五十嵐キャンパス, 新潟, 2011 年 3 月 25-28 日: 日本物理学会講演概要集第 4 分冊 27pGY-12
- [43] 平塚淳一, 江尻晶, 高瀬雄一, 山口隆史, 長谷川真, 永島芳彦, 渡邊理, 角田英俊, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 若月琢馬, 安保貴憲, 篠遼太, 曾根原正晃: TST-2 球状トカマクにおけるダブルパストムソン散乱を用いた電子温度非等方性測定手法の開発, 第 66 回日本物理学会年次大会, 新潟大学五十嵐キャンパス, 新潟, 2011 年 3 月 25-28 日: 日本物理学会講演概要集第 4 分冊 28aGZ-9
- [44] 永島芳彦, 江尻晶, 高瀬雄一, 曾根原正晃, 角田英俊, 渡邊理, 山口隆史, 平塚淳一, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 若月琢馬, 安保貴憲, 篠遼太: TST-2 における周辺揺動の観測, 電気学会「球状トカマク炉の経済性志向に伴う技術的課題」調査専門委員会、NIFS 共同研究「球状トカマク炉の経済性志向に伴う技術的課題」合同ワークショップ (土岐) 2011 年 3 月 15 日
- [45] 若月琢馬, 角田英俊, 高瀬雄一, 江尻晶, 永島芳彦, 渡邊理, 山口隆史, 小林弘明, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 平塚淳一, 安保貴憲, 篠遼太, 曾根原正晃, 小野靖, 井通暁, 山田琢磨, 神尾修治, 阿部圭太, 曹慶紅, 作村守央: TST-2 におけるプラズマ立ち上げ実験と UTST における高次高調速波空間分布測定, NIFS 共同研究「球状トカマク炉の経済性志向に伴う技術的課題」合同ワークショップ (土岐) 2011 年 3 月 15 日
- [46] 江尻晶: 二周波数 ICRF 波動励起を利用した波動計測, LHD 計画共同研究成果報告会 (土岐) 2011 年 1 月 13-14 日
- [47] 江尻晶: QUEST 用コンパクトトムソン散乱計測器の開発, 双方向型共同研究成果報告会 (土岐) 2011 年 1 月 20 日
- [48] 永島芳彦, 江尻晶, 高瀬雄一, 曾根原正晃, 角田英俊, 渡邊理, 山口隆史, 平塚淳一, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 若月琢馬, 安保貴憲, 篠遼太: TST-2 における高速電圧掃引法を用いた揺動計測, 「燃焼プラズマでの輸送特性の理解と予測の高精度化に向けたトロイダルプラズマの閉じ込め・輸送に関する体系的研究」及び「閉じ込め・輸送サブクラスター会合」合同研究会 2011 年 1 月 27 - 28 日 於核融合科学研究所 (土岐)
- [49] 江尻晶: 機械萌え、高校物理、核融合の接点, 社会と核融合クラスター Web 広報サブクラスター平成 22 年度第 1 回会合 (宇治) 2011 年 1 月 29 日
- [50] 石黒正貴, 花田和明, 劉海慶, 緒方良太, 磯部光孝, 田島西夜, 関子秀樹, 中村一男, 藤澤彰英, 出射浩, 坂本瑞樹, 長谷川真, 江尻晶, 高瀬雄一, 前川孝, 御手洗修, 川崎昌二, 中島寿年, 東島亜紀: 球状トカマク QUEST における高周波入射を用いた電流立ち上げ実験, プラズマ・核融合学会第 27 回年会 (札幌) 2010 年 11 月 30 日-12 月 3 日、予稿: 02P77
- [51] 角田英俊, 若月琢馬, 安保貴憲, 高瀬雄一, 江尻晶, 永島芳彦, 渡邊理, 大迫琢也, 小林弘明, 熊沢隆平, 斎藤健二, 笠原寛史, 新保富士夫, 武藤敬, 関哲夫, 野村吾郎, 白岩俊一, O. Meneghini, 山口隆史, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 平塚淳一, 篠遼太, 曾根原正晃: TST-2 球状トカマクにおける進行波アンテナを用いた 200 MHz 速波実験, プラズマ・核融合学会第 27 回年会 (札幌) 2010 年 11 月 30 日-12 月 3 日、予稿: 02P80
- [52] 阿部圭太, 神尾修治, 作村守央, 曹慶紅, 鈴木直人, 渡辺岳典, 今澤良太, 山田琢磨, 井通暁, 江尻晶, 高瀬雄一, 小野靖: UTST プラズマ合体実験における

- 球状トカマク配位維持時間の改善, プラズマ・核融合学会第 27 回年会 (札幌) 2010 年 11 月 30 日 - 12 月 3 日, 予稿: 02P79
- [53] 神尾修治, 曹慶紅, 阿部圭太, 作村守央, 鈴木直人, 渡辺岳典, 石口孝司, 今澤良太, 山田琢磨, 井通暁, 江尻晶, 高瀬雄一, 小野靖: ドップラー分光を用いた ST プラズマ合体効果の実験的検証, プラズマ・核融合学会第 27 回年会 (札幌) 2010 年 11 月 30 日 - 12 月 3 日: 予稿: 01P16
- [54] 永田和也, 出射浩, 関子秀樹, 銅野皓介, 川崎昌二, 花田和明, 中村一男, 坂本瑞樹, 長谷川真, 中島寿年, 東島亜紀, 高瀬雄一, 前川孝, 御手洗修, 岸本泰明: QUEST における位相配列アンテナを用いた AM 反射計計測, プラズマ・核融合学会第 27 回年会 (札幌) 2010 年 11 月 30 日 - 12 月 3 日: 予稿: 01P35
- [55] 池田旭彰, 花田和明, 石黒正貴, 長谷川真, 関子秀樹, 中村一男, 藤澤彰英, 出射浩, 坂本瑞樹, 高瀬雄一, 前川孝, 御手洗修, 川崎昌二, 中島寿年, 東島亜紀: QUEST における真空磁気面に対する渦電流の影響の評価, プラズマ・核融合学会第 27 回年会 (札幌) 2010 年 11 月 30 日 - 12 月 3 日: 予稿: 02P08
- [56] 永島芳彦, 江尻晶, 高瀬雄一, 渡邊理, 山口隆史, 小林弘明, 角田英俊, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 平塚淳一, 若月琢馬, 安保貴憲, 篠遼太, 曾根原正晃: TST-2 における周辺電子温度揺動計測の試み, プラズマ・核融合学会第 27 回年会 (札幌) 2010 年 11 月 30 日 - 12 月 3 日: 予稿: 02P41
- [57] 緒方良太, 花田和明, 西野信博, H. Q. LIU, 石黒正貴, 関子秀樹, 中村一男, 藤澤彰英, 出射浩, 坂本瑞樹, 長谷川真, 高瀬雄一, 前川孝, 御手洗修, 川崎昌二, 中島寿年, 東島亜紀: QUEST における blob 径方向伝搬特性計測, プラズマ・核融合学会第 27 回年会 (札幌) 2010 年 11 月 30 日 - 12 月 3 日: 予稿: 03P75
- [58] 永島芳彦, 大迫琢也, 高瀬雄一, 江尻晶, 小林弘明, 渡邊理, 笠原寛史, 新保富士夫, 熊澤隆平, 山口隆史, 角田英俊, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 平塚淳一, 若月琢馬, 安保貴憲, 篠遼太, 曾根原正晃: TST-2 高次高調速波熱実験時のポンプ波周辺の非線形スペクトル解析, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪) 2010 年 9 月 23 日 - 26 日: 日本物理学会講演概要集第 2 分冊 24pQJ-8
- [59] 関子秀樹, 西野信博, 花田和明, 長谷川真, 石黒正貴, 田島西夜, 中村一男, 藤澤彰英, 出射浩, 坂本瑞樹, 川崎昌二, 中島寿年, 東島亜紀, 江尻晶, 高瀬雄一, 前川孝, 御手洗修, 福山敦: QUEST プラズマ SOL 揺動 pdf の高次モードの空間構造について, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪) 2010 年 9 月 23 日 - 26 日: 日本物理学会講演概要集第 2 分冊 24pQJ-6
- [60] 石黒正貴, 花田和明, 劉海慶, 緒方良太, 磯部光孝, 田島西夜, 関子秀樹, 中村一男, 藤澤彰英, 出射浩, 坂本瑞樹, 長谷川真, 江尻晶, 高瀬雄一, 前川孝, 御手洗修, 岸本泰明, 川崎昌二, 中島寿年, 東島亜紀: QUEST における非誘導電流駆動による閉磁気面形成について, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪) 2010 年 9 月 23 日 - 26 日: 日本物理学会講演概要集第 2 分冊 26pQJ-9
- [61] 出射浩, E. Kalinnikova, 福山淳, 奴賀秀男, 伊神弘恵, 久保伸, 関子秀樹, 花田和明, 中村一男, 藤澤彰英, 坂本瑞樹, 長谷川真, 石黒正貴, 田島西夜, 了戒智文, S. K. Sharma, 劉海慶, 緒方良太, 川崎昌二, 中島寿年, 東島亜紀, 江尻晶, 高瀬雄一, 前川孝, 御手洗修: QUEST における電子バーンシュタイン波加熱・電流駆動実験のための多重光線・フォッカープランク解析: 日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪) 2010 年 9 月 23 日 - 26 日: 日本物理学会講演概要集第 2 分冊 26pQJ-8
- [62] 花田和明, 石黒正貴, 関子秀樹, 長谷川真, 田島西夜, 中村一男, 藤澤彰英, 出射浩, 坂本瑞樹, 川崎昌二, 中島寿年, 東島亜紀, 西野信博, 江尻晶, 高瀬雄一, 前川孝, 田中仁, 御手洗修, 福山淳: QUEST における非誘導電流駆動実験, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪) 2010 年 9 月 23 日 - 26 日: 日本物理学会講演概要集第 2 分冊 26pQJ-7
- [63] 若月琢馬, 渡邊理, 高瀬雄一, 江尻晶, 永島芳彦, 山口隆史, 小林弘明, 角田英俊, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 平塚淳一, 安保貴憲, 篠遼太, 曾根原正晃: TST-2 球状トカマクにおける 200MHz 電磁波を用いた非誘導立ち上げプラズマの電流維持, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪) 2010 年 9 月 23 日 - 26 日: 日本物理学会講演概要集第 2 分冊 26pQJ-6
- [64] 永島芳彦, TST-2 グループ: TST-2 実験の現状, 第 5 回 QUEST 研究会 (春日) 2010 年 8 月 30 日 - 31 日
- [65] 高瀬雄一: TST-2 での 200MHz 高周波実験, 第 5 回 QUEST 研究会 (春日) 2010 年 8 月 30 日 - 31 日
- [66] 江尻晶, 山口隆史, 平塚淳一, 篠遼太, 高瀬雄一, 長谷川真, 成原一途: コンパクトなトムソン散乱システムの開発, 第 5 回 QUEST 研究会 (春日) 2010 年 8 月 30 日 - 31 日
- [67] 江尻晶, 高瀬雄一: 非等方圧力平衡によるバナナ状圧力分布, 第 8 回核融合エネルギー連合講演会 (高山) 2010 年 6 月 10 日 - 11 日: 10A-25p
- [68] 平塚淳一, 江尻晶, 高瀬雄一, 山口隆史: 共焦点ミラーを用いたトムソン散乱計測, 第 8 回核融合エネルギー連合講演会 (高山) 2010 年 6 月 10 日 - 11 日: 11B-12p
- [69] 渡邊理, 永島芳彦, 倉品博樹, 山口隆史, 小林弘明, 角田英俊, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 平塚淳一, 若月琢馬, 江尻晶, 高瀬雄一: TST-2 における EC 立ち上げ ST プラズマ生成時の波動スペクトル解析, 第 8 回核融合エネルギー連合講演会 (高山) 2010 年 6 月 10 日 - 11 日: 11A-37p
- [70] 若月琢馬, 永島芳彦, 大迫琢也, 小林弘明, 安乗日, 角田英俊, 渡邊理, 山口隆史, 倉品博樹, 林裕之, 山田幸太郎, 坂本拓也, 花嶋賢太郎, 平塚淳一, 今澤良太, 神尾修治, 日原竜磨, 作村守央, 曹慶紅, 山田琢磨, 井通暁, 小野靖, 江尻晶, 高瀬雄一: UTST 球状トカマクにおける高次高調速波空間分布測定, 第 8 回核融合エネルギー連合講演会 (高山) 2010 年 6 月 10 日 - 11 日: 11A-36p
- [71] 出射浩, 関子秀樹, 花田和明, 中村一男, 藤澤彰英, 坂本瑞樹, 長谷川真, 東園裕太, 石黒正貴, 田島西夜, E. Kalinnikova, H. Liu, 坂口政嗣, 永田和也, 了戒

智文, S. K. Sharma, 高瀬雄一, 御手洗修, 前川孝,
岸本泰明: QUEST における位相配列アンテナを用いた加熱・電流駆動実験, 第 8 回核融合エネルギー連合講演会 (高山) 2010 年 6 月 10 日-11 日 : 10A-24p