

## 6.2 高瀬研究室

### 6.2.1 TST-2 球状トカマクにおけるプラズマ生成・加熱・維持実験

核融合研究に使われるトカマク装置では、プラズマ中に流れる電流（プラズマ電流  $I_p$ ）はプラズマ閉じ込めに不可欠である。通常のトカマクでは変流器の一次巻線にあたるセンターソレノイド（CS）の電流を変化させることで、二次巻線に相当するプラズマに電流を電磁誘導で駆動する。CS はトーラス中心部の貴重な空間を占有するため、これを用いずにプラズマを生成・維持することができれば、トカマク型核融合炉の小型化が可能となり、経済性が著しく改善される。これは当研究室で研究を行っている球状トカマク（ST）という中心部の空間を最小限にした配位では、特に最重要課題である。ST では更に高ベータ（ $\beta = \text{プラズマ圧力} / \text{磁場圧力}$ ）のプラズマが得られるという利点がある。高  $\beta$  が実現できれば、低磁場でも高いプラズマ圧力（核融合出力密度はプラズマ圧力の 2 乗に比例する）を達成でき、高出力密度化が可能となるので、いかに高  $\beta$  プラズマを安定に保てるかが重要な課題となる。本研究室では主に柏キャンパスの TST-2 球状トカマク（図 6.2.5）を用い、複数のアプローチによりこれらの課題に取り組んでいる。



図 6.2.5: TST-2 at Kashiwa Campus.

### 6.2.2 HHFW による電子加熱実験

高次高調速波（HHFW）は ST のように高い誘電率をもつプラズマ中でも良好な伝播特性を持ち、電子に強く吸収されるため、電子加熱や電流駆動に適している。しかし現実にはパラメトリック崩壊などの非線形現象により、伝播および吸収は影響を受ける。これらの影響を評価するため、プラズマの周辺に多数の高周波（RF）プローブを設置し、RF 磁場の計測を行った。典型的な周波数スペクトルを図 6.2.6 に示す。基本波（ $f_0$ ）の他に低周波数側（ $f_{-1}$ ,  $f_{-2}$ ）と高周波数側（ $f_1$ ）にパラメトリック崩壊による周波数成分が見られる。これらの基本波からの周波数差は周辺部におけるイオンサイクロトロン周波数に対応していることから、崩壊はプラズマ周辺部で起きており、低周波モードはイオンサイクロトロン擬似モードであることが示唆される。

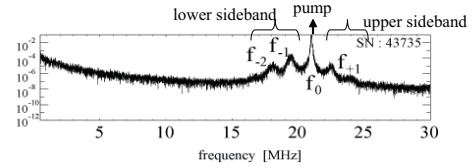


図 6.2.6: Frequency spectrum measured by an RF probe.

パラメトリック崩壊のプラズマ位置依存性を図 6.2.7 に示す。崩壊の強さは崩壊波の基本波に対する比で表し、プラズマの大半径方向の位置はポロイダルコイル電源の充電電圧（大きいほどプラズマは内寄せになる）で表している。これよりプラズマが外寄せの場合にパラメトリック崩壊がより強く起こることが分かった。パラメトリック崩壊の加熱に対する影響を調べるため、ポリプロピレン膜（ $> 0.2 \text{ keV}$ ）や Be 膜（ $> 1 \text{ keV}$ ）でフィルターして軟 X 線を測定したところ、パラメトリック崩壊が殆ど起こらない場合に軟 X 線放射は有意に増加することがわかった。

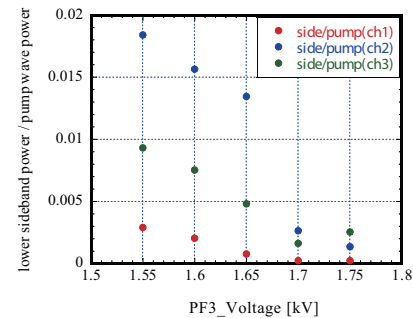


図 6.2.7: Dependence of parametric decay on plasma position.

RF による加熱効果の定量的な評価には、トムソン散乱による直接的な電子温度計測が不可欠である。トムソン散乱計測装置は入射レーザー系、集光光学系、分光検出系より成る。TST-2 では入射レーザーにはパルス当たりのエネルギーが  $0.45 \text{ J}$ 、繰り返し周波数が  $10 \text{ Hz}$  の Nd:YAG レーザー（波長  $1064 \text{ nm}$ ）を用いている。集光光学系にはニュートン光学系を採用し、直径  $242 \text{ mm}$  という比較的小型の球面ミラーで集光しており、分光器にはフィルターポリクロメーター、検出器にはアバランシェフォトダイオードを使用している。装置の校正のため、窒素ガスを真空容器内に導入し、レイリー散乱・ラマン散乱計測を行った後、プラズマ中にレーザーを入射し、トムソン散乱光を計測した。解析の結果、電子温度が  $170 \text{ eV}$ 、電子密度が  $7 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$  と求められた。今後は装置の SN 比の改善後、HHFW による加熱効果の検証を行い、計測点の増設を行う予定である。

### 6.2.3 反射計による密度分布・波動測定

マイクロ波反射計はマイクロ波をプラズマに入射し、プラズマ中のカットオフ層で反射された波を測

定する手法である。カットオフは密度の関数なので、入射周波数を掃引すれば密度分布を測定でき、固定周波数では局所的な密度揺動を測定することができる。特に後者においては、非常に高い感度を有するため、微小な揺らぎを測定することができる。TST-2で加熱に用いている HHFW は振動電場を生じ、密度振動を引き起こす。従って、感度のよい反射計を用いて密度振動を測定することにより、局所的な RF 電場を評価できる。そこで、周波数帯域 26–40 GHz のマイクロ波反射計を設計・製作し、分布・揺動測定を行った。図 6.2.8 は HHFW 入射中の密度分布の変化を示したもので、徐々に密度が上昇している様子がわかる。この場合、密度上昇の主な要因は入射した HHFW であるが、プラズマの条件により密度への影響が異なり、HHFW の吸収が弱いと予想される条件で密度上昇が顕著に現れる傾向がある。

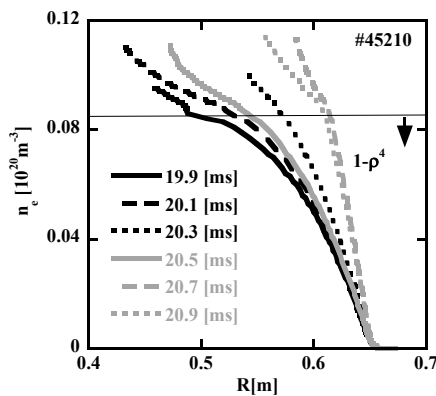


図 6.2.8: Time evolution of the electron density profile during HHFW heating.

図 6.2.9 は周波数を 25.85 GHz に固定した時の反射波の位相のパワースペクトルを示したものである。HHFW の周波数である 21 MHz だけでなく、RF プロブと同様、イオンサイクロトロン周波数だけ離れた 19.3 MHz, 22.7 MHz にピークが見られるほか、イオンサイクロトロン周波数 1.7 MHz にもピークがみられる。反射計で測定した位相変動から電場の値を評価することができ、250 kW の高周波を入射したときの電場はおよそ 0.2 kV/m であった。

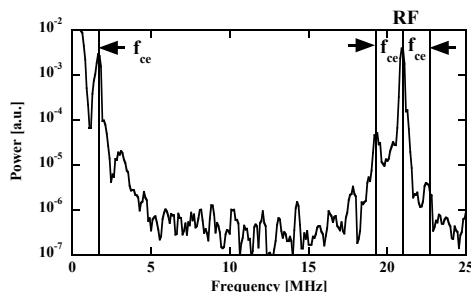


図 6.2.9: Power spectral density of phase fluctuations measured by a reflectometer with a frequency of 25.85 GHz.

## 6.2.4 電流生成過程の単一粒子軌道解析

高周波を用いた自発的な電流立ち上げ・維持において、単一粒子軌道の非対称閉じ込めが重要な役割を果たすと考えられている。トロイダル磁場によるドリフトと磁力線に沿う運動が打ち消された粒子は閉じた軌道を持ち、常に一方向のトロイダル電流に寄与する。実験では、磁場配位、入射パワー、磁場強度、充填ガス圧力など様々な条件を変えてプラズマ電流を測定しているが、最適条件はわかっていない。そこで、単一粒子軌道の観点から生成される電流がどのようなパラメータに依存するかを調べた。与えられた磁場配位、出発座標に対し、速度空間における閉じた軌道の境界(領域)を求め、トロイダル電流を求めた。解析的な近似式を導くとともに、その精度を数値計算により確かめた。速度空間における構造は磁場配位に依存し、エネルギーの低い領域はミラー比のみで決まることが分かった。電流のパラメータ依存性は、ポロイダル磁場で計算したサイクロトロン周波数  $\Omega_p$  と大半径  $R$  の積  $R\Omega_p$  と熱速度との大小で大きく変わり、両者が同程度になる時に大きな電流が流れる。図 6.2.10(a) は 4 種類の磁場配位で、電流の垂直磁場強度に対する依存性を示し、ある垂直磁場強度で電流が最大となる。図 6.2.10(b) は、対応する磁場配位で単一粒子軌道による電流を示したものである。磁場強度とともに電流が増加、減少する様子が再現されているが、配位依存性は実験と理論で異なる。特に、単一粒子軌道では、垂直磁場の曲率が負となる PF3 配位で、電流が流れないと予想されるにも関わらず、実験では有意な電流が観測されている。この現象について、電場の効果を取り入れた単一粒子軌道を検討している。

## 6.2.5 MHD 不安定性

ST に固有の不安定性である再結合現象 (RE) の研究が進められている。2005 年度には軟 X 線放射強度分布の時間発展からプラズマの内部構造の崩壊を実験的に確認し、RE を伴う放電と伴わない放電で軟 X 線放射強度分布の比較を行い、RE が圧力勾配による不安定性であることを示唆するデータを得た。2006 年度には詳細なモード構造を理解するために、トロイダル方向 5ヶ所に取り付けられた磁気プロブとトロイダル接線方向の視野を持つ 20 チャンネルの軟 X 線 (SX) 検出器アレイを同時に用いた特異値分解法による不安定モードの解析を行った。図 6.2.11 に特異値分解されたモードを上段から  $i = 1, 2, 4, 7$  の順に示す ( $i$  はモード強度の強い順の番号)。(a)–(d) は chrono と呼ばれ各モードの時間発展を示し、(e)–(h) は topo と呼ばれ空間分布を示す。チャンネルは 1–20 が SX 強度、21–25 が磁気プロブに対応する。3, 4 行目のモードは磁気プロブがそれぞれトロイダルモード数  $n = 1, 2$  を示している。前兆振動としての  $n = 1, 2$  は MHD シミュレーションの結果と矛盾しない。また RE とそれに伴うイオン加熱の振る舞いを調べるため、磁気エネルギーの変化を RE 時のプラズマ電流の変化から間接的に求めた。イオン温度上昇は不純物イオンからの放射である C III

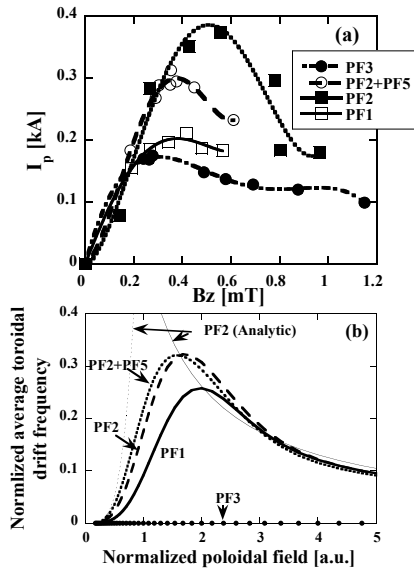


図 6.2.10: Comparison of (a) experimental and (b) theoretical poloidal field dependences. Experimental currents were obtained with ECH power of 4kW, with the fundamental resonance located close to the inboard limiter.

よび 0 V のドップラー幅から求めた。0 V の加熱は C III よりも顕著であり、最大で  $\Delta T_i/T_i \sim 2.4$  の増加を示している、プラズマ電流の変化  $\Delta I_p/I_p$  に対し正の相関を示しており、規模が大きい RE は強いイオン加熱を伴うことがわかった。

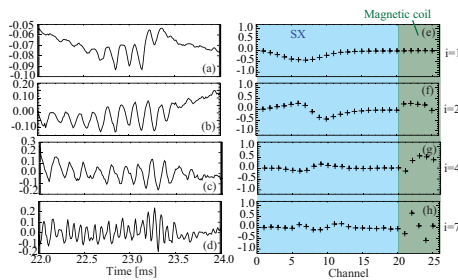


図 6.2.11: Singular value decomposed modes  $i = 1, 2, 4, 7$ . (a)–(d): chrono, (e)–(h): topo. Channels 1–20 are SX intensities, and 21–25 are magnetic probes at 5 toroidal locations.

RE が圧力勾配により駆動される不安定性であることを示すためには、RE 時の詳細な圧力分布の計測が必要である。当研究室では、英国原子力機関 (UKAEA) との共同研究のもと、イギリスにある世界最大級の球状トカマク MAST において、トムソン散乱を用いた圧力分布計測およびその解析を行っている。RE 直前に  $dP/dr \sim 9 \times 10^3$  Pa/m 程度まで圧力勾配の上昇が見られ、RE 後には  $dP/dr \sim 4 \times 10^3$  Pa/m 程度に緩和されていることがわかった。今後は RE を

伴う放電と伴わない放電で圧力分布の比較を行うとともに、前兆振動のモード数の同定や、それらの  $\beta$  依存性を調べる予定である。

## 6.2.6 ゾーナルフローと GAM

通常プラズマには温度・圧力勾配が存在するため乱流状態となり、粒子やエネルギーの異常輸送を引き起こすが、乱流の微視的スケールとシステムサイズの間スケールの電場が非線形過程により自発的に生成され、ゾーナルフロー (ZF) と呼ばれる層流を作り出す。磁場閉じ込めプラズマでは ZF が異常輸送を抑制し、プラズマの閉じ込めを格段に向上する働きがあると考えられている。さらにトロイダルプラズマにおいては、磁力線がトロイダル方向に振れているため ZF の他に geodesic acoustic mode (GAM) と呼ばれる振動モードが発現する。非線形ジャイロ運動論方程式を基礎に、磁場構造 (逆アスペクト比、シャフラノフシフト) やトロイダルカップリングの効果を考慮し、空間構造のパラメタ依存性を明らかにした。今後は乱流、ZF、GAM の多スケール間相互作用を考慮した大域的理論の構築を目指す。

## 6.2.7 コムラインアンテナの特性試験

TST-2 では低域混成波を用いたプラズマ電流立ち上げ実験を予定している。そのためにはプラズマ中に効率よく進行波を励起する必要がある。2006 年度には、JFT-2M トカマクで使われていた 200 MHz 帯コムラインアンテナを TST-2 用に改造し (図 6.2.12)、その特性試験を行った。

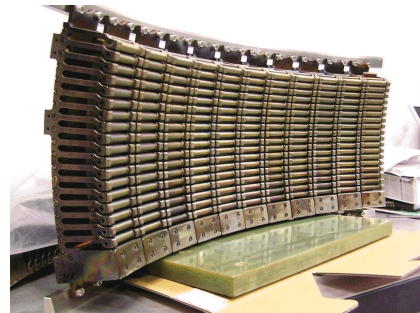


図 6.2.12: 200 MHz combline antenna for TST-2.

方向性を持った進行波を効率よく励起するためには不要な反射を抑え、かつ励起スペクトルが所定の波数のみで大きな成分を持つようにする必要がある。ネットワークアナライザで測定した TST-2 コムラインアンテナの透過率および反射率を図 6.2.13 に示す。160–220 MHz の範囲では反射電力が小さく、透過電力はほとんど減衰しておらず良好なパスバンドが得られていることがわかる。また励起される波数スペクトルを求めるために、アンテナ前面で磁気フ

ローブにより励起磁場の強度・位相分布を測定した結果、トロイダル方向の屈折率  $N_{||}$  は 5 であることがわかった。

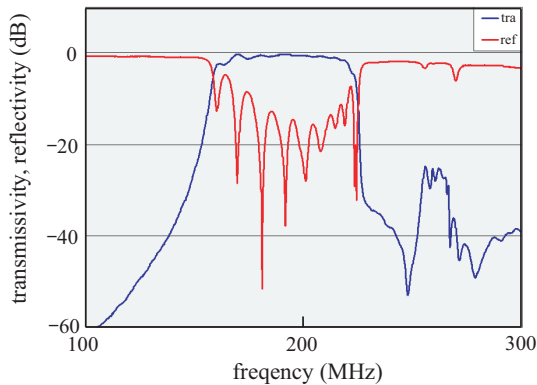


図 6.2.13: Transmissivity and reflectivity of the TST-2 combline antenna.

### 6.2.8 JT-60U トカマクにおける自発電流によるプラズマ電流駆動実験

日本原子力研究開発機構の JT-60U トカマクを用いて、プラズマが自身の圧力勾配により自発的に流すブートストラップ電流  $I_{BS}$  による電流駆動実験を行った。この実験では、垂直入射および反電流駆動方向の接線入射 NBI のみを用い、非誘導電流駆動は負の寄与をしないようにした。また電磁誘導による電流駆動もゼロないしは負となる状態が達成され、この間は正方向の電流はブートストラップ電流のみにより駆動されていると結論された。いくつかの異なるプラズマ制御を用い、この結果の信頼性を高めた。CS 電流を一定にし、このコイルからの誘導の寄与をゼロとした放電では、プラズマ断面全体にわたりほぼゼロまたは負のループ電圧がかかっている状態が 0.1 秒以上維持された。全プラズマ電流は 543 kA、計算された NB による駆動電流は  $-35$  kA、MSE 計測に基づき計算された誘導駆動電流は  $-5$  kA であり、BS 電流が全プラズマ電流を上回る状態が達成された。また、新たに導入された表面磁束一定制御により、プラズマ表面から出入りする磁束がゼロとした放電では、ゆっくりとしたプラズマ電流上昇 ( $10$  kA/s) が 0.5 秒間維持され (図 6.2.14)、ブートストラップ電流によるプラズマ電流上昇がより明確に示された。これらは、プラズマ中に自発的に流れるブートストラップ電流により、プラズマ電流の全てが駆動されるといふ、自己維持トカマクプラズマが実現されたこと、また自発電流が全プラズマ電流を上回ること (従ってプラズマ電流を増加させること) が可能であることを示す画期的な成果であり、経済的競争力の高い核融合炉の実現にとって大変意義の高いものである。

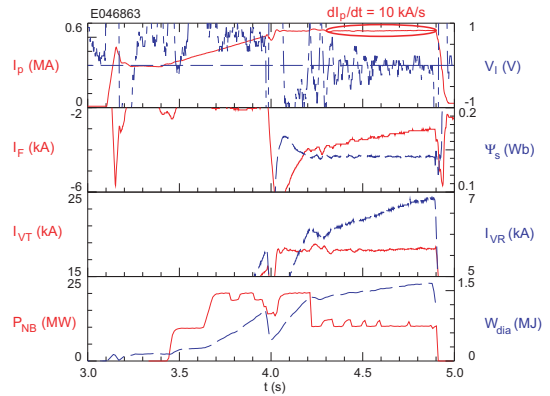


図 6.2.14: Bootstrap overdrive on JT-60U. A slow  $I_p$  ramp-up at  $10$  kA/s is maintained for  $0.5$  s.

### 6.2.9 プラズマ合体を使った超高ベータプラズマ生成・維持の研究

ST の高ベータ・高閉じ込め特性を活用すれば、小型装置で体積中性子源或いは発電実証を実現し、核融合開発の加速に貢献することができる。ST の特徴である高ベータを更に高めた「超高ベータ ST プラズマ」を生成・維持するための新手法を開発することを目的とし、科研費基盤研究 (S) の支援のもとに新装置 UTST (図 6.2.15) を建設し、実験を開始している。ST 核融合炉で採用されるためには、トラス中心部の CS を用いない方法でなければならない。具体的には、真空容器外コイルを用いてプラズマを 2 個生成し、これらの合体に伴う磁気リコネクション (磁力線の繋ぎ換え) による磁場から粒子へのエネルギー変換を利用した超高ベータ ST プラズマ (トロイダルベータが  $30\text{--}50\%$ ) の新生成法の開発、および HHFW などの先進的 RF 手法による高ベータ ST プラズマの維持を目指している。

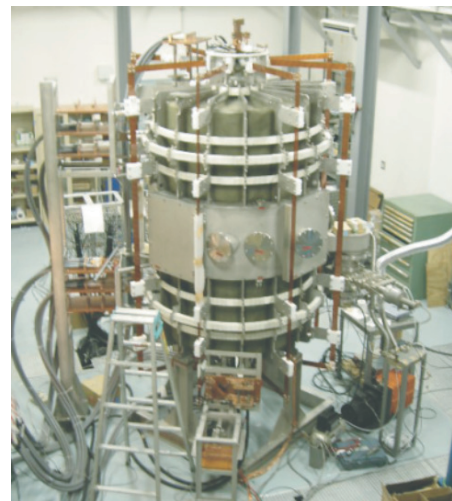


図 6.2.15: Newly constructed UTST device for ultra-high beta ST plasma formation.

## &lt; 報文 &gt;

## (原著論文)

- [1] N. Takei, Y. Nakamura, M. Ushigome, T. Suzuki, N. Aiba, M. Takechi, K. Tobita, Y. Takase, A. Fukuyama, S.C. Jardin: Intermittent beta collapse after NBCD turn-off in JT-60U fully non-inductive reversed shear discharges, *Plasma Phys. Control. Fusion* 49 (3), 335-345 (2007).
- [2] Y. Takase, M. Kikuchi, T. Maekawa, M. Matsukawa, M. Nagata, S. Nishio, Y. Ono, K.N. Sato, K. Tobita: Tokamak and Spherical Tokamak Research in Japan, *Trans. Fusion Sci. Tech.* 51 (2T) 46-51 (2007).
- [3] A. Ejiri, T. Oosako, J. Tsujimura, Y. Shimada, Y. Takase, Y. Torii, M. Sasaki, H. Tojo, T. Masuda, H. Nuga, N. Sumitomo, S. Kainaga, J. Sugiyama and N. Tsujii: ECH and HHFW start-up experiments on the TST-2 spherical tokamak, *Trans. Fusion Sci. Tech.* 51, No. 2T, 168-170 (2007).
- [4] T. Yamada, A. Ejiri, S. Shiraiwa and Y. Takase: Application of differential phase method to interferometry, *Rev. Sci. Instrum.* 77, 124701 (2006).
- [5] K. Tanaka, A. Ejiri, Y. Ito, K. Kawahata, T. Tokuzawa, M. Osakabe, and Y. Takeiri: Homodyne reflectometer for neutral beam injection interlock on large helical device, *Rev. Sci. Instrum.* 77, 10E912 (2006).
- [6] H. Kasahara, T. Oosako, Y. Takase, N. Takeuchi, K. Saito, T. Seki, T. Mutoh, R. Kumazawa, LHD Experimental group: Electron Heating Experiment Using the High Harmonic Fast Wave on LHD, *Journal of the Korean Physical Society* 49, S192-S196 (2006).
- [7] Y. Nagashima, K. Hoshino, K. Nagaoka, K. Shinohara, A. Fujisawa, K. Uehara, Y. Kusama, K. Ida, Y. Yoshimura, S. Okamura, K. Matsuoka, A. Ejiri, Y. Takase, K. Itoh, M. Yagi, S.-I. Itoh, JFT-2M group, and CHS group: Experimental study of nonlinear processes in edge turbulence of toroidal plasmas, *Plasma Fusion Res.* 1, 041 (2006)
- [8] Y. Nakamura, K. Tobita, A. Fukuyama, N. Takei, Y. Takase, T. Ozeki and S.C. Jardin: A Simulation Study on Inductive ITB Control in Reversed Shear Tokamak Discharges, *Nucl. Fusion* 46 (8), S645-S651 (2006).
- [9] Y. Takase, A. Ejiri, S. Shiraiwa, Y. Adachi, N. Ishii, H. Kasahara, H. Nuga, Y. Ono, T. Oosako, M. Sasaki, Y. Shimada, N. Sumitomo, I. Taguchi, H. Tojo, J. Tsujimura, M. Ushigome, T. Yamada: Plasma current start-up experiments without the central solenoid in the TST-2 spherical tokamak, *Nucl. Fusion* 46 (8), S598-S602 (2006).
- [10] D. A. Gates, R. Maingi, J. Menard, S. Kaye, S. A. Sabbagh, G. Taylor, J. R. Wilson, M. G. Bell, R. E. Bell, S. Bernabei, J. Bialek, T. Biewer, W. Blanchard, J. Boedo, C. Bush, . . . , Y. Takase, . . . : Effect of plasma shaping on performance in the National Spherical Torus Experiment, *Phys. Plasmas* 13 (5), 056122 (2006).
- [11] H. Nozato, S. Morita, S. M. Goto, Y. Takase, A. Ejiri, T. Amano, K. Tanaka, S. Inagaki and LHD Expt Grp: A dependence of carbon impurity transport coefficients on fuel ions in hydrogen and helium plasmas of Large Helical Device, *Phys. Plasmas* 13, 092502 (2006).
- [12] A. Ejiri, Y. Takase, H. Kasahara, T. Yamada, K. Hanada, K. N. Sato, H. Zushi, K. Nakamura, M. Sakamoto, H. Idei, M. Hasegawa, A. Iyomasa, N. Imamura, K. Esaki, M. Kitaguchi, K. Sasaki, H. Hoshika, O. Mitarai and N. Nishino: RF start-up and sustainment experiments on the TST-2@K spherical tokamak, *Nucl. Fusion* 46, 709-713 (2006).
- [13] S. Shiraiwa, K. Hanada, M. Hasegawa, H. Idei, H. Kasahara, O. Mitarai, K. Nakamura, N. Nishino, H. Nozato, M. Sakamoto, K. Sasaki, K. Sato, Y. Takase, T. Yamada, H. Zushi, and TST-2@K Group: Heating by an Electron Bernstein Wave in a Spherical Tokamak Plasma via Mode Conversion, *Phys. Rev. Lett.* 96 (18), 185003 (2006).
- [14] Y. Nagashima, K. Itoh, S.I. Itoh, K. Hoshino, A. Fujisawa, A. Ejiri, Y. Takase, M. Yagi, K. Shinohara, K. Uehara, Y. Kusama and JFT-2M group: Observation of coherent bicoherence and biphasic in potential fluctuations around geodesic acoustic mode frequency on JFT-2M, *Plasma Phys. Contr. Fusion*, 48, A377-A386 (2006).
- [15] Y. Nagashima, K. Itoh, S.I. Itoh, A. Fujisawa, K. Hoshino, Y. Takase, M. Yagi, A. Ejiri, K. Ida, K. Shinohara, K. Uehara, Y. Kusama and JFT-2M group: Bispectral analysis applied to coherent floating potential fluctuations obtained in the edge plasmas on JFT-2M, *Plasma Phys. Contr. Fusion*, 48, S1-S15 (2006).
- [16] Y. Nagashima, S.I. Itoh, M. Yagi, K. Itoh, A. Fujisawa, K. Hoshino, K. Shinohara, K. Uehara, Y. Kusama, A. Ejiri, Y. Takase: Convergence study of bispectral analysis in experiments of high temperature plasmas, *Rev. Sci. Instrum.* 77, 045110 (2006).

## (学位論文)

- [17] 住友信幸:「TST-2 球状トカマクにおける静電プローブを用いた周辺プラズマ分布および揺動の研究」(修士論文)。
- [18] 賀賀秀男:「JT-60U トカマクにおけるプラズマ自発電流の研究」(修士論文)。
- [19] 島田善行:「TST-2 球状トカマクにおける高周波加熱の密度分布依存性の研究」(修士論文)。
- [20] 辻村次郎:「TST-2 球状トカマクにおける高周波波動を用いた加熱研究」(修士論文)。

## &lt; 著書 &gt;

- [21] 江尻晶:「プラズマ揺動計測」プラズマ診断の基礎と応用、345-351、プラズマ・核融合学会編、コロナ社、東京、2006
- [22] 江尻晶:「プラズマ」物理データ事典、日本物理学会編、朝倉書店、2006

## &lt; 学術講演 &gt;

## (国際会議)

## 一般講演

- [23] Y. Takase: “Ip start-up by ECH/ECCD without CS in JT-60U” 9th Steady State Operation ITPA Topical Group meeting, Naka, Japan, April 10–13, 2006.
- [24] R. Kumazawa: “Long Pulse Discharge of MW-ICRF Heated Plasma on the Large Helical Device” 33rd EPS Conference on Plasma Phys., Rome, Italy, June 19–23, 2006.
- [25] N. Takei: “A Simulation Study on Stable Current Shutdown in Non-Inductive Reversed Shear Tokamak Discharges” 33rd EPS Conference on Plasma Phys., Rome, Italy, June 19–23, 2006.
- [26] K. Sasaki: “Soft X-ray measurement in IRE on the TST-2 spherical tokamak” 33rd EPS Conference on Plasma Phys., Rome, Italy, June 19–23, 2006.
- [27] Y. Nagashima: “Observation of nonlinear processes between coherent fluctuations and turbulent fluctuations in the edge regions of JFT-2M and CHS” 33rd EPS Conference on Plasma Phys., Rome, Italy, June 19–23, 2006.
- [28] H. Tojo: “Radiation measurements during MHD events in the TST-2 spherical tokamak” The 3rd Japan-Korea Seminar on Advanced Diagnostics for Steady-State Fusion Plasma, Miyagi, Japan, Aug. 31–Sept. 3, 2006.
- [29] A. Ejiri: “ECH and HHFW start-up experiments on the TST-2 spherical tokamak” 6th International Conference on Open Magnetic Systems, Tsukuba, Japan, July 17–21, 2006.
- [30] Y. Takase: “RF Experiments on TST-2” Workshop on Physics and Technology of RF Heating of Fusion Plasmas 2006, Nara, Japan, Sept. 26–30, 2006.
- [31] Y. Takase: “High-Harmonic Fast Wave Experiments on TST-2” 12th International Workshop on Spherical Torus 2006, Chengdu, China, Oct. 11–13, 2006.
- [32] S. Shiraiwa: “Study of electron Bernstein wave heating on TST-2” 12th International Workshop on Spherical Torus 2006, Chengdu, China, Oct. 11–13, 2006.
- [33] Y. Takase: “Evolution of Bootstrap-Sustained Discharge in JT-60U” 21st IAEA Fusion Energy Conference 2006, Chengdu, China, Oct. 16–21, 2006.
- [34] Y. Takase: “RF Experiments on TST-2 and Plans for TST-2 and UTST” 48th Annual Meeting of APS/DPP, Philadelphia, USA, Oct. 30–Nov. 3, 2006.
- [35] Y. Ono: “Initial operation of UTST high-beta spherical tokamak and merging device” 48th Annual Meeting of APS/DPP, Philadelphia, USA, Oct. 30–Nov. 3, 2006.
- [36] M. Sawahata: “Development of low-cost pulsed NBI system for UTST high-beta ST experiment” 48th Annual Meeting of APS/DPP, Philadelphia, USA, Oct. 30–Nov. 3, 2006.
- [37] Y. Takase: “Complex Phenomena in High Temperature Fusion Plasmas” 5th International Conference of the University of Tokyo COE21 Program QUESTS “Perspectives in Nonlinear Physics”, Tokyo, Japan, Nov. 20–22, 2006.
- [38] S. Kainaga: “Thomson scattering diagnostic on the TST-2” 5th International Conference of the University of Tokyo COE21 Program QUESTS “Perspectives in Nonlinear Physics”, Tokyo, Japan, Nov. 20–22, 2006.
- [39] H. Nuga: “Demonstration of bootstrap driven plasma in JT-60U” 5th International Conference of the University of Tokyo COE21 Program QUESTS “Perspectives in Nonlinear Physics”, Tokyo, Japan, Nov. 20–22, 2006.
- [40] M. Sasaki: “Geodesic acoustic mode in toroidal plasma” 5th International Conference of the University of Tokyo COE21 Program QUESTS “Perspectives in Nonlinear Physics”, Tokyo, Japan, Nov. 20–22, 2006.
- [41] N. Sumitomo: “Electrostatic probe measurements on the TST-2 spherical tokamak” 5th International Conference of the University of Tokyo COE21 Program QUESTS “Perspectives in Nonlinear Physics”, Tokyo, Japan, Nov. 20–22, 2006.
- [42] T. Yamada: “Reflectometry for Density Fluctuation and Profile Measurements in TST-2” ITC-16, Advanced Imaging and Plasma Diagnostics, Toki, Japan, Dec. 5–8, 2006
- [43] H. Tojo: “Soft X-ray emission profile and mode structure during MHD events in the TST-2 spherical tokamak” ITC-16, Advanced Imaging and Plasma Diagnostics, Toki, Japan, Dec. 5–8, 2006
- [44] A. Ejiri: “Recent results from TST-2 Spherical Tokamak” Int. WS. Reconnection events in STs, Culham, UK, Feb. 28–Mar. 1, 2007.
- [45] H. Tojo: “Studies of REs on TST-2” Int. WS. Reconnection events in STs, Culham, UK, Feb. 28–Mar. 1, 2007.

## 招待講演

- [46] Y. Takase: “Tokamak and Spherical Tokamak Research in Japan” 6th International Conference on Open Magnetic Systems for Plasma Confinement, Tsukuba, Japan, July 17–21, 2006.

## (国内会議)

## 一般講演

- [47] 高瀬雄一:「高ベータ・高自律系プラズマの物理」日本地球惑星科学連合 2006 年大会(幕張)2006 年 5 月 14-18 日
- [48] 島田喜行:「周波数変調(FM)反射計による TST-2 プラズマの密度分布計測」第 6 回核融合エネルギー連合後援会(富山)2006 年 6 月 13-14 日
- [49] 辻村次郎:「TST-2 球状トカマクにおける HHFW 波動加熱実験」第 6 回核融合エネルギー連合後援会(富山)2006 年 6 月 13-14 日
- [50] 今澤良太:「球状トカマク実験装置 UTST の建設と現状」第 6 回核融合エネルギー連合後援会(富山)2006 年 6 月 13-14 日
- [51] 浅井朋彦:「UTST 球状トカマクへの中性粒子ビーム入射実験計画」第 6 回核融合エネルギー連合後援会(富山)2006 年 6 月 13-14 日
- [52] 澤島公則:「ワッシャーガンを用いた中性粒子ビーム用プラズマ源の開発」第 6 回核融合エネルギー連合後援会(富山)2006 年 6 月 13-14 日
- [53] 徳沢季彦:「高エネルギー粒子・電子による不安定性の研究」第 6 回核融合エネルギー連合後援会(富山)2006 年 6 月 13-14 日
- [54] 江尻晶:「TST-2 球状トカマク装置におけるスタートアップ実験」日本物理学会秋季大会 2006 年(千葉)2006 年 9 月 23-26 日
- [55] 鳥居祐樹:「高速 AXUV 検出器による RF 密度揺動の計測」プラズマ・核融合学会第 23 回年会(筑波)2006 年 11 月 28 日-12 月 1 日
- [56] 住友信幸:「TST-2 球状トカマクにおける静電プローブ計測」プラズマ・核融合学会第 23 回年会(筑波)2006 年 11 月 28 日-12 月 1 日
- [57] 山田琢磨:「反射計による TST-2 の密度揺動・分布測定」プラズマ・核融合学会九州支部会(九大)2006 年 12 月 15-16 日
- [58] 江尻晶:「TST-2 球状トカマクにおける反射計を用いた高周波波動の研究」日本物理学会第 62 回年次大会(鹿児島)2007 年 3 月 19 日-21 日
- [59] 高瀬雄一:「球状トカマクにおける高周波加熱・電流駆動シナリオ」日本物理学会第 62 回年次大会(鹿児島)2007 年 3 月 19 日-21 日
- [60] 海永壮一郎:「コンパクトなトムソン散乱計測装置の開発」日本物理学会第 62 回年次大会(鹿児島)2007 年 3 月 19 日-21 日
- [61] 佐々木真:「トカマクプラズマにおける GAM 固有モード」日本物理学会第 62 回年次大会(鹿児島)2007 年 3 月 19 日-21 日
- [62] 永島芳彦:「変調不安定性を利用した密度揺動による zonal flow 観測」日本物理学会第 62 回年次大会(鹿児島)2007 年 3 月 19 日-21 日
- [63] 永島芳彦:「プラズマ中に励起された波動の空間構造計測」日本物理学会第 62 回年次大会(鹿児島)2007 年 3 月 19 日-21 日

## 招待講演

- [64] 高瀬雄一:「核融合エネルギー科学としての学術の拡がり」高ベータプラズマの学術研究および核融合実用化への貢献 第 6 回核融合エネルギー連合講演会(富山)2006 年 6 月 13-14 日

## (セミナー)

- [65] 高瀬雄一:「デモ炉に向けたプラズマ物理開発 六ヶ所村での連携協力体制について(箱根)2006 年 7 月 24-25 日
- [66] 高瀬雄一:「QUEST 計画の進捗状況報告(1) 第 21 回トリアム研究会&核融合フォーラムサブクラスター会合同研究会「周辺プラズマ及び PWI 研究の進展~モデリングとシミュレーション」(九大)2006 年 8 月 3-4 日
- [67] 佐々木真:「GAM 固有モードの逆アスペクト比、イオンラーマー半径の効果 第 2 回 COE RA 若手交流シンポジウム(東大)2006 年 11 月 6-8 日
- [68] 高瀬雄一:「全日本 ST 研究計画と QUEST 第 22 回トリアム研究会「球状トカマクプラズマ研究の進展」(九大)2006 年 12 月 14-15 日
- [69] 江尻晶:「TST-2 の最近の成果 第 22 回トリアム研究会「球状トカマクプラズマ研究の進展」(九大)2006 年 12 月 14-15 日
- [70] 高瀬雄一:「大学のトカマク(ST)研究と ITPA、BA への貢献 核融合フォーラム・プラズマ物理クラスター「MHD」,「定常運転」,「閉じ込め・輸送」サブクラスター合同会合(京都)2007 年 2 月 28 日-3 月 1 日
- [71] 鳥居祐樹、大迫琢也:「TST-2 における高次高調速波によるパラメトリック不安定性と放射光揺動の計測 第 10 回若手科学者によるプラズマ研究会(那珂)2007 年 3 月 14-16 日

## (その他)

- [72] 高瀬雄一:「プラズマ物理から核融合への挑戦パリティ特集:物理科学、この 1 年 Vol. 22 No. 1 pp. 17-18 (2007.01)
- [73] JT-60 共同研究の進展プラズマ・核融合学会誌(プロジェクトレビュー)H. Kimura, M. Inutake, M. Kikuchi, Y. Ogawa, Y. Kamada, T. Ozeki, O. Naito, Y. Takase, S. Ide, K. Nagasaki, A. Isayama, T. Tanabe, N. Miya, M. Nakatsuka, T. Hatae, K. Ida, H. Takenaga, Journal of Plasma and Fusion Research 83 (1), 81-93 (2007).
- [74] 江尻晶, 小川雄一, 門信一郎:「ITER およびブローダーアプローチに関する若手意識調査」プラズマ・核融合学会誌 82, 250 (2006).

## 6.3 坪野研究室

本研究室では重力と相対論に関する実験的研究を進めている。その中でも、重力波検出は一貫して研