

平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

◆ 記入に当たっては、「平成18年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書記入要領」を参照してください。

ローマ字		TAKASE YUICHI					
①研究代表者氏名		高瀬 雄一		②所属研究機関・部局・職		東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授	
③研究課題名	和文	新手法による高ベータ球状トカマクプラズマの生成及び維持					
	英文	Production and maintenance of high beta spherical tokamak plasmas using a new method					
④研究経費		平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	総合計
18年度以降は内約額 金額単位：千円		29,700	16,800	25,800	7,100	4,200	83,600
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者） *平成18年3月31日現在							
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）				
高瀬 雄一	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授	プラズマ物理学	研究の統括及び高周波によるSTプラズマの維持				
小野 靖	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授	プラズマ工学	外部コイルによるSTプラズマの生成				
江尻 晶	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教授	プラズマ物理学	圧力分布の計測、揺動計測、及び磁気計測				
河森 栄一郎	東京大学・高温プラズマ研究センター・助手	プラズマ工学	流れ分布の計測、安定性解析、及び平衡計算				
板垣 敏文	東京大学・大学院工学系研究科・助手	プラズマ工学	分光計測の開発				
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）							
<p>「超高ベータ球状トカマク（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する。真空容器外コイルで生成したプラズマの合体に伴う磁気リコネクション（磁力線の再結合）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 プラズマ新生成法の開発、および先進的高周波（RF）手法を用いた高ベータ ST プラズマの維持を目指す。このため既存の研究設備を有効利用する。TS-3 および TS-4 では、内部電極や内部コイルを使ったプラズマ合体の基礎実験を行い、磁気リコネクションによるイオンおよび電子加熱の物理を解明し、これを有効利用した超高ベータ ST プラズマの生成法を開発する。TST-2 では、高次高調速波（HHFW）、電子バーンシュタイン波（EBW）などの高誘電率プラズマ中の波動物理の研究を行い、RF 加熱・電流駆動による高ベータ ST プラズマの維持法を開発する。更にこれらの要素研究の成果を統合し、新装置 UTST において、真空容器外に位置するコイルのみを用いて合体生成した超高ベータ ST プラズマを生成し、これを RF 等により維持できることを実証することを目標とする。また、この手法の核融合炉への適用の可能性を検討する。</p>							

⑦これまでの研究経過 (研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。)

平成16年度および17年度には、TS-3/TS-4装置で内部コイルの誘導とプラズマ合体を組み合わせた高ベータ球状トカマク(ST)立ち上げ実験を行い、リコネクション加熱のメカニズムを解明した。TST-2装置ではHHFWによる電子加熱実験を行ったほか、以前行ったECW/EBW実験の詳細解析の結果、高効率モード変換の条件、RFで維持されたプラズマの平衡に関する新たな知見が得られた。これらの要素研究の統合実験を実施するための新装置UTSTの真空容器、主要コイルの製作を完了させ、初期試験が開始されている。

TS-3およびTS-4装置では、合体する2個のSTプラズマの磁気中性点付近でイオン温度および電子温度の2次元計測を行い、合体加熱機構の理解を大きく前進させた。イオン温度分布は、磁気中性点から放出されるリコネクションアウトフローが再結合後の磁力線に衝突する部分が選択的に加熱され、高温領域が2ヶ所現れることがわかった(図1)。これより、イオン加熱はアウトフロー下流領域で起こり、アウトフローの運動エネルギーが再結合した磁力線に衝突するときに形成されるファーストショックやイオン粘性を通じて加速されたイオンの運動エネルギーが熱化されるプロセスが明らかになった。一方、電子温度分布のピークは電流シート内の磁気中性点付近にあり(図1)、電子加熱は電流シートの異常抵抗損失により起こることが明らかとなった。また、リコネクションによるプラズマ加熱エネルギーがポロイダル磁場の2乗に比例することを実験・理論の両面から明らかにした。プラズマ中心部の安全係数(q_0)が1.5程度のSTの場合、合体による加熱エネルギーは磁気エネルギーの10-20%程度である。

TST-2装置では、高次高調波(HHFW)の波数を変更できるアンテナを設置し、増力された発振器2系統を用いて電子加熱実験を開始した。1 keV以上の軟X線放射の増加分(図2)は、HHFW入射パワーに比例し、その空間分布より電子加熱はプラズマ中心付近で起こることが示された。波動物理を解明するため、RFプローブや反射計による波動計測を開始した。揺動による回折効果を取り入れた波動計算に基づき、イメージング光学系を設計・製作し、動作確認を行った。HHFW(21MHz、約100kW)入射時にプラズマからの反射波の位相を測定し、その変動から密度揺動、高周波電場の振幅を評価した結果、高周波電場の上限は、オーダー評価による予測と矛盾しない1 kV/m程度であることがわかった。また以前行った実験の詳細解析の結果、Xモード電子サイクロトロン波から電子バーンシュタイン波(EBW)へのモード変換は、L遮断-UH共鳴-R遮断三重層がプラズマ周辺部の十分急峻な密度勾配領域にあり、互いに接近している場合に効率がよく、50%以上の加熱効率を得ることができることが実証された。またRFのみにより維持された放電においてはトーラス外側周辺部にピークをもつ圧力駆動型の自発電流が流れていることが明らかとなり、これを記述できるtruncated equilibriumと呼ばれる新たな平衡モデルを提唱した。

これらの要素を統合し、高ベータSTプラズマのダブルヌル合体立ち上げ、および革新的手法による高ベータ状態の維持を実証するための新装置UTSTが製作され、柏キャンパスの実験棟に設置された(図3)。2次元MHDシミュレーションによるUTSTにおけるプラズマ立ち上げ過程の模擬に成功したほか、外部コイルによるダブルヌル配位の生成が実験的に確認されている。プラズマ生成実験は間もなく開始できる予定である。また低域混成周波数帯の波動を使った実験のため、200MHz帯の高周波発振器の準備を進めている。

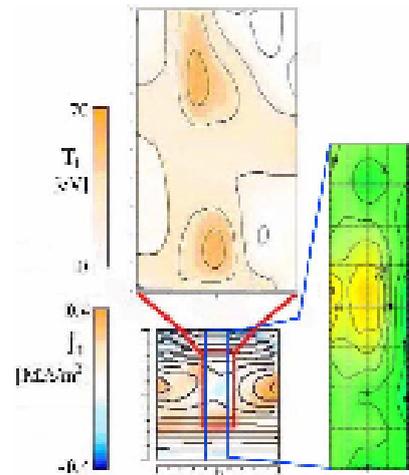


図1. 合体直後のイオン温度、電子温度の2次元分布、および対応する磁気面。

電子加熱は電流

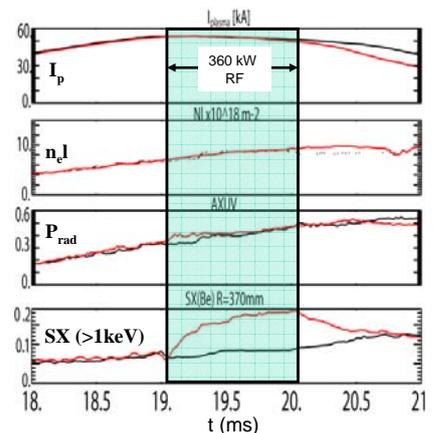


図2. HHFW加熱を示すデータ。1 keV以上の軟X線の増加が見られる一方、密度や放射パワーの増加は見られない。



図3. 新装置UTST。

⑧特記事項 (これまでの研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。)

(1) 磁気リコネクションによる加熱機構の解明

(1-1) イオン加速およびイオン加熱 (TS-3/TS-4)

リコネクションによりイオンが選択的に加熱される現象は自然界でも広くみられるが、その機構は断片的にしか理解されていない。ドップラー分光を用いた 2 次元イオン温度計測により、プラズマ合体時に磁気中性点の下流領域で 2 ヶ所にピークをもつイオン温度分布が測定された。これは太陽フレアの衛星観測による硬 X 線分布に類似しており、アウトフローが再結合した磁力線に衝突することにより形成されるファーストショックやイオン粘性を通じてアウトフローのイオン運動エネルギーがプラズマの熱エネルギーに変換され、再結合した磁力線によって閉じ込められるプロセスが明らかになった。

(1-2) 電流シートおよび電子加熱 (TS-3/TS-4)

静電プローブアレイを用いて、合体で生成された ST プラズマの 2 次元電子温度分布を測定した。リコネクション時に電流シート内の磁気中性点付近で電子温度が最大になることを初めて実測し、イオン加熱と異なり、電子加熱は電流シート内で発生することが判明した。

(1-3) ST 合体法によるプラズマ加熱のスケーリング則 (TS-3/TS-4)

磁気リコネクションによるプラズマ加熱エネルギーがポロイダル磁場の 2 乗に比例することを実験・理論の両面から明らかにした。実験によればリコネクション加熱は最大アルベーン速度まで加速されるアウトフローの熱化によるので、加熱エネルギーはアルベーン速度の 2 乗、即ち磁場の 2 乗に比例して増加する。実験的にも、加熱エネルギーは磁場の 2 乗に比例することが明らかになった。

(1-4) ST プラズマにおける自発的な磁気リコネクション (TST-2)

ST プラズマの自発的変形およびリコネクションを伴う、内部リコネクション現象 (IRE) と呼ばれる不安定性による構造変化を軟 X 線分布計測により測定し、不安定性の成長および放射分布の時間変化を明らかにした。また、IRE によりイオン温度が 100 eV 程度から 500 eV 程度にまで上昇することがドップラー分光によって確認されている。

(2) 高誘電率プラズマ中の波動物理の解明

(2-1) 高周波波動のみによるプラズマ立ち上げおよび維持 (TST-2)

誘導電場を全く使わないプラズマ生成および維持を実証した。プラズマは電子サイクロトロン波により生成される。平衡は高いポロイダルベータをもち、最外郭磁気面外にも圧力駆動電流が流れている。このような状態を記述するため、truncated equilibrium という新たな平衡を提唱した。

(2-2) ST プラズマの EBW による電子加熱 (TST-2)

X モードからのモード変換によって励起された EBW による電子加熱を実証した。これは ST プラズマのような高誘電率プラズマの EBW による加熱を示した世界初の成果である。周辺部密度分布計測によると、50%を超える加熱効率が得られたのは、L 遮断-UH 共鳴-R 遮断三重層が周辺部の電子密度分布の急峻な領域に存在する場合であることがわかった。この結果は理論に基づく予測と一致する。

(2-3) ST プラズマの HHFW による電子加熱 (TST-2)

大電力の発振器、伝送系、アンテナを準備し、加熱実験を実施中である。軟 X 線放射分布計測や蓄積エネルギーの増加から、電子加熱がプラズマ中心部で起こっていることが示唆される。また、電子加熱は電子密度が高い場合、またトロイダル磁場が低い場合により効率的であり、これは理論予測と一致している。現在、電子温度を直接測定するためトムソン散乱計測を準備中である。

(2-4) 波動計測 (TST-2)

マイクロ波反射計および RF プローブによる HHFW の直接測定を開始し、初期結果が得られている。RF プローブはプラズマ周辺部に複数ヶ所で同時計測可能である。周波数 21 MHz で入射された HHFW は、プラズマにより周波数幅が広がること、強い吸収が期待できない条件下ではパラメトリック不安定性が励起されていることがわかった。反射計によるプラズマ内部の波動計測では、信号雑音比が 1 程度の初期結果が出ている。

(3) 新装置 UTST の準備およびプラズマ立ち上げシナリオの開発

(3-1) UTST の製作および予備試験

真空容器および主要コイル製作は平成 16-17 年度に完成済みである。コイル通電試験により、ダブルスル磁場配位の形成も既に確認されている。平成 18 年度からはプラズマ実験を開始する予定である。

(3-2) トーラス外側コイルの誘導によるプラズマ立ち上げ (TST-2/JT-60U)

TST-2 で、トーラス外側に位置する真空容器外コイルの誘導電場のみでプラズマ電流を立ち上げることに成功した。これは UTST で予定されているシナリオの基礎となる。TST-2 では初期プラズマ供給に 100kW 程度の高周波電力を用いたが、UTST ではワッシャーガンを用いる予定である。この後、JT-60U においても同様のシナリオでプラズマ電流立ち上げに成功し、その普遍性が示されており、中心ソレノイド無しのトカマク炉の可能性を示す画期的な成果として世界的に注目されている。

⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

<学術誌等>

[1] H. Kasahara, Y. Kamada, K. Sasaki, A. Ejiri, K. Hanada, M. Hasegawa, H. Hoshika, A. Iyomasa, K. Nakamura, H. Nozato, S. Ohara, S. Shiraiwa, Y. Takase, T. Yamada and H. Zushi, "Preliminary EBW heating experiments on the TST-2 Spherical Tokamak", Proc. 31st European Physical Society Conference on Plasma Physics, London, June 28-July 2, 2004, ECA 28G (CD ROM) P2-128.

[2] Y. Ono, K. Umeda, "FRC Formation Process of Two Colliding Spheromaks with Counterhelicity", IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials 124-A (1), 62-67 (2004).

[3] O. Mitarai, Y. Takase, A. Ejiri, S. Shiraiwa, H. Kasahara, T. Yamada, S. Ohara, TST-2 Team, K. Nakamura, A. Iyomasa, M. Hasegawa, H. Idei, M. Sakamoto, K. Hanada, K.N. Sato, H. Zushi, TRIAM Group, N. Nishino, "Plasma current start-up by ECW and vertical field in the TST-2 spherical tokamak", J. Plasma Fusion Res. 80 (7), 549-550 (2004).

[4] Y. Takase, S. Ide, S. Itoh, E. Jotaki, L. Lao, O. Mitarai, S. Shiraiwa, T. Suzuki, S. Tanaka, M. Ushigome, T. Fujita, P. Gohil, Y. Kamada, T. Luce, Y. Miura, T. Ozeki, P. Politzer, Y. Sakamoto, JT-60 Team, "Development of a Completely CS-less Tokamak Operation in JT-60U", Proc. 20th IAEA Fusion Energy Conference 2004, Vilamoura, Portugal, Nov. 1-6, 2004 (IAEA-CSP-25/CD) EX/P4-34.

[5] E. Kawamori, Y. Ono, Y. Murata, K. Umeda, D. Hirota, T. Ogawa, T. Sumikawa, T. Iwama, K. Ishii, T. Kado, M. Katsurai, T. Itagaki, A. L. Balandin, "Ion Kinetic Effect on Bifurcated Relaxation to a Field-Reversed Configuration in TS-4 CT experiment", Fusion Energy 2004, EX/P5-7 (2005).

[6] Y. Ono, K. Umeda and A. L. Balandin, "Direct Access to Burning Spherical Tokamak Experiment by Pulsed High-Power Heating of Magnetic Reconnection", Fusion Energy 2004, ICP6/44 (2005).

[7] Y. Takase, A. Ejiri, K. Hanada, S. Ide, O. Mitarai, S. Shiraiwa, M. Ushigome, JT-60 Team, TST-2@K Team, "Plasma Current Start-up by Outboard PF Coils in JT-60U and TST-2," in Radio Frequency Power in Plasmas (Proc. 16th Top. Conf., Park City, 2005) pp. 365-368.

[8] S. Shiraiwa, A. Ejiri, K. Hanada, M. Hasegawa, H. Hoshika, H. Idei, A. Iyomasa, Y. Kamada, H. Kasahara, O. Mitarai, K. Nakamura, N. Nishino, S. Ohara, K. Sasaki, M. Sakamoto, K.N. Sato, Y. Takase, Y. Takagi, T. Yamada, H. Zushi, "Evidence of Electron Bernstein Wave Heating on the TST-2 Spheridcal Tokamak", J. Plasma Fusion Res. 81 (1), 3-4 (2005).

[9] A. L. Balandin and Y. Ono, "The method of series expansion for 3-D vector tomography reconstruction", Journal of Computational Physics 202, 52-64 (2005).

⑩ E. Kawamori and Y. Ono, "Effect of Ion Skin Depth on Relaxation of Merging Spheromaks to a Field-Reversed Configuration", Physical Review Letters 95 (18), 085003 (2005).

[11] E. Kawamori, Y. Murata, K. Umeda, D. Hirota, T. Ogawa, T. Sumikawa, T. Iwama, K. Ishii, T. Kado, T. Itagaki, M. Katsurai, A. Balandin, Y. Ono, "Ion kinetic effect on bifurcated relaxation to a field-reversed configuration in TS-4 CT experiment", Nucl. Fusion 45 (8), 843-848 (2005).

[12] Y. Ono and M. Inomoto, "Heating Properties of Merging/ Reconnection Startup of High-Beta ST", IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials 125-A (11), 958-959 (2005).

[13] T. Sumikawa, K. Yamashita, M. Onoda, T. Tokuzawa, E. Kawamori and Y. Ono, "Development of the two-dimensional Thomson scattering diagnostic system by use of multiple reflection and time-of-flight of laser light", Plasma and Fusion Research 1, 014 (2006).

[14] M. Ushigome, S. Ide, S. Itoh, E. Jotaki, O. Mitarai, S. Shiraiwa, T. Suzuki, Y. Takase, S. Tanaka, T. Fujita, P. Gohil, Y. Kamada, L. Lao, T. Luce, Y. Miura, O. Naito, T. Ozeki, P. Politzer, Y. Sakamoto and the JT-60 Team, "Development of completely solenoidless tokamak operation in JT-60U", Nucl. Fusion 46 (2), 207-213 (2006).

⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）

○[15] 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”, accepted for publication in Nucl. Fusion (2006).

[16] 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”, accepted for publication in Nucl. Fusion (2006).

○[17] 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 the Electron Bernstein Wave in a Spherical Tokamak Plasma via Mode Conversion”, accepted for publication in Phys. Rev. Lett. (2006).

[18] 小川徹、木村俊郎、小野靖、「球状トカマクの形状効果に関する数値解析」、電気学会論文誌 A、124-A (5) 393-398 (2004).

[19] 河森栄一郎、五十嵐拓朗、小野靖、「コンパクトトラスプラズマの低次トロイダルモードに対するイオン粒子運動安定化効果」、電気学会論文誌 A、124-A (10) 915-924 (2004).

[20] 住川隆、河森栄一郎、小野靖、「球状トカマク立ち上げ時の巨視的不安定」、電気学会論文誌 A、125-A (3) 268-269 (2005).

[21] 今澤良太、小野靖、「ドップラー分光のための空間・波長分布の再構成法の開発」、電気学会論文誌 A、125-A (12) 1067-1068 (2005).

<国際会議>

[1] H.Kasahara, Y.Kamada, K.Sasaki, A.Ejiri, K.Hanada, M.Hasegawa, H.Hoshika, A.Iyomasa, K.Nakamura, H.Nozato, S.Ohara, S.Shiraiwa, Y.Takase, T.Yamada and H.Zushi, “Preliminary EBW heating experiments on the TST-2 Spherical Tokamak”, 31st European Physical Society Conference on Plasma Physics (June 2004, London, UK) P2-128.

[2] Y. Takase, “RF-assisted CS-less Start-up in JT-60U”, US-Japan Workshop on applications of RF physics for plasma heating and current drive (July 2004, Tsukuba, Japan).

[3] S. Shiraiwa, “Study of electron Bernstein wave on TST-2 spherical tokamak”, US-Japan Workshop on applications of RF physics for plasma heating and current drive (July 2004, Tsukuba, Japan).

[4] S. Shiraiwa, “Evidence of EBW heating on the TST-2 spherical tokamak”, 10th International ST Workshop (Sept. 2004, Kyoto, Japan).

[5] A. Ejiri, “RF start-up experiments on TST-2@K”, 10th International ST Workshop (Sept. 2004, Kyoto, Japan).

[6] Y. Ono, “Pulsed high-power heating of magnetic reconnection in TS-3/4”, 10th International ST Workshop (Sept. 2004, Kyoto, Japan).

[7] Y. Takase, S. Ide, S. Itoh, E. Jotaki, L. Lao, O. Mitarai, S. Shiraiwa, T. Suzuki, S. Tanaka, M. Ushigome, T. Fujita, P. Gohil, Y. Kamada, T. Luce, Y. Miura, T. Ozeki, P. Politzer, Y. Sakamoto, JT-60 Team, “Development of a completely CS-less Tokamak Operation in JT-60U”, 20th IAEA Fusion Energy Conference (Nov. 2004, Vilamoura, Portugal).

[8] Y. Ono, K. Umeda and A. L. Balandin, “Direct Access to Burning Spherical Tokamak Experiment by Pulsed High-Power Heating of Magnetic Reconnection”, 20th IAEA Fusion Energy Conference (Nov. 2004, Vilamoura, Portugal) ICP6/44.

⑨研究成果の発表状況（続き）（この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文（掲載が確定しているものを含む。）の全著者名、論文名、学協会誌名、巻（号）、最初と最後のページ、発表年（西暦）、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。）

[9] E. Kawamori, Y. Murata, K. Umeda, D. Hirota, T. Ogawa, T. Sumikawa, T. Iwama, K. Ishii, T. Kado, T. Itagaki, M. Katsurai, Y. Ono, “Ion Kinetic Effect on Bifurcated Relaxation to a Field-Reversed Configuration in TS-4 CT experiment”, 20th IAEA Fusion Energy Conference (Nov. 2004, Vilamoura, Portugal) EX/P5-7.

[10] Y. Takase, A. Ejiri, Y. Kamada, H. Kasahara, H. Nozato, S. Ohara, S. Shiraiwa, T. Yamada, K. Esaki, K. Hanada, M. Hasegawa, H. Hoshika, H. Idei, N. Imamura, A. Iyomasa, M. Kitaguchi, K. Nakamura, M. Sakamoto, K. Sasaki, K.N. Sato, H. Zushi, “ECW/EBW heating and current drive experiments on the TST-2 spherical tokamak”, Bull. Am. Phys. Soc. 49 (8), 302-303 (2004). 46th Annual Meeting of American Physical Society Division of Plasma Physics (Nov. 2004, Savannah, USA) PP1.014.

[11] Y. Ono, K. Umeda, and Y. Murata, “Pulsed High-Power Heating of Magnetic Reconnection for Burning ST/CT Formation”, Bull. Am. Phys. Soc. 49 (8), 46 (2004). 46th Annual Meeting of American Physical Society Division of Plasma Physics (Nov. 2004, Savannah, USA) BP1.083.

[12] E. Kawamori, A.L. Balandin, K. Urayama, T. Iwama, T. Ogawa, T. Sumikawa, Y. Ono, “Measurement of Instability in Compact Torus by use of 3-D Tomography”, Bull. Am. Phys. Soc. 49 (8), 49 (2004). 46th Annual Meeting of American Physical Society Division of Plasma Physics (Nov. 2004, Savannah, USA) BP1.103.

[13] Y. Murata, D. Hirota, R. Imazawa, E. Kawamori, Y. Ono, “Plasma Pile-up Effect of Current Sheet as a Fast Reconnection Mechanism”, Bull. Am. Phys. Soc. 49 (8), 46 (2004). 46th Annual Meeting of American Physical Society Division of Plasma Physics (Nov. 2004, Savannah, USA) BP1.076.

[14] K. Umeda, Y. Ono, “Pressure-driven instabilities of high-beta ST in TS-3 reconnection heating experiment”, Bull. Am. Phys. Soc. 49 (8), 305 (2004). 46th Annual Meeting of American Physical Society Division of Plasma Physics (Nov. 2004, Savannah, USA) PP1.026.

[15] Y. Ono and TS-3/4 group, “Transient and Intermittent Magnetic Reconnections in TS-3/ 4 Tokamak Merging Experiments”, International Workshop on “Explosive Phenomena in Magnetized Plasma - New Development of Reconnection Research”, (Mar. 2005, Naruto, Japan).

[16] Y. Takase, A. Ejiri, K. Hanada, S. Ide, O. Mitarai, S. Shiraiwa, M. Ushigome, JT-60 Team, TST-2@K Team, “Plasma current start-up by outboard PF coils in JT-60U and TST-2”, 16th Topical Conference on Radio Frequency Power in Plasmas (April 2005, Park City, USA).

[17] H. Kasahara, N. Takeuchi, K. Saito, T. Oosako, T. Seki, T. Mutoh, R. Kumazawa, Y. Takase and LHD Experimental Group, “Electron heating experiment using the high harmonic fast wave on LHD”, 5th Asia Plasma Fusion Association (Aug. 2005, Jeju, S. Korea) TP36.

[18] E. Kawamori, T. Sumikawa, T. Kado, M. Sonoda, H. Imanaka, K. Yamashita, T. Hayamizu and Y. Ono, “Sustainment of an Oblate FRC using Center Solenoid in TS-4”, US-Japan CT Workshop on Physics of Compact Torus Plasmas, (Sept. 2005, Himeji, Japan), p. 5.

[19] Y. Ono, E. Kawamori and TS Group, “Recent Progress in TS-3/4/UTST Merging Experiments”, US-Japan CT Workshop on Physics of Compact Torus Plasmas, (Sept. 2005, Himeji, Japan), p. 8.

[20] Y. Takase, “Plasma Current Start-up Experiments without the Central Solenoid in TST-2 and Future Plans”, 11th International Workshop on Spherical Torus (Oct. 2005, St. Petersburg, Russia).

[21] Y. Ono, “Heating Properties of Merging/ Reconnection Startup in TS-3/4 High-Beta ST Experiments”, 11th International Workshop on Spherical Torus (Oct. 2005, St. Petersburg, Russia).

[22] Y. Takase, A. Ejiri, Y. Adachi, N. Ishii, H. Kasahara, H. Nuga, T. Oosako, M. Sasaki, Y. Shimada, N. Sumitomo, I. Taguchi, H. Tojo, J. Tsujimura, M. Ushigome, T. Yamada, “Status of the TST-2 spherical tokamak and future plans”, Bull. Am. Phys. Soc. 50 (8), 328 (2005). 47th Annual Meeting of American Physical Society Division of Plasma Physics (Oct. 2005, Denver, USA) RP1.046.

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

[23] Y. Ono, E. Kawamori, A. Balandin, TS-3/4 Group, "Heating Properties of Merging Startup in TS-3/4/5 High-Beta ST Experiments", Bull. Am. Phys. Soc. 50 (8), 328 (2005). 47th Annual Meeting of America Physical Society Division of Plasma Physics (Oct. 2005, Denver, USA) RP1.047.

[24] A. L. Balandin and Y. Ono, "3-D Vector Tomography Diagnostics for Spherical Tokamaks", Bull. Am. Phys. Soc. 50 (8), 95 (2005). 47th Annual Meeting of America Physical Society Division of Plasma Physics (Oct. 2005, Denver, USA) CP1.108.

[25] T. Sumikawa, K. Yamashita, M. Onoda, E. Kawamori and Y. Ono, "Construction of the two-dimensional Thomson scattering diagnostic system using time-of-flight method". 47th Annual Meeting of America Physical Society Division of Plasma Physics (Oct. 2005, Denver, USA) post-deadline.

[26] T. Yamada, A. Ejiri, Y. Shimada, N. Ishii, N. Sumitomo, J. Tsujimura, H. Nuga, T. Oosako, M. Sasaki, I. Taguchi, H. Tojo, Y. Adachi, H. Kasahara, M. Ushigome and Y. Takase, "Density Fluctuation Measurements in TST-2 Spherical Tokamak", 7th Australia-Japan Workshop on Plasma Diagnostics (Dec. 2005, Toki, Japan).

[27] Y. Ono, "Transient and Intermittent Magnetic Reconnections in TS-3/4 Merging Experiments and Their Extension to UTST High-Beta ST Experiment", Proc. Petschek Memorial Conference (Mar. 2006, College Park, USA).

<国内学会発表>

[1] 鎌田悠介、高瀬雄一、荒益将、出射浩、彌政淳洋、江尻晶、大原伸也、笠原寛史、川崎昌二、坂本瑞樹、佐々木啓介、佐藤浩之助、白岩俊一、高木康伸、中島寿年、中村一男、長谷川真、花田和明、東島亜紀、星加博之、関子秀樹、山岸健一、山田琢磨、「球状トカマクTST-2における内部磁力線再結合現象の観測」、第5回核融合エネルギー連合講演会(2004年6月、仙台) E06a.

[2] 岩間健宏、河森栄一郎、小川徹、住川隆、小野靖「多チャンネルCO₂レーザ干渉計を用いたコンパクトトーラスプラズマの密度分布計測」、第5回核融合エネルギー連合講演会(2004年6月、仙台) E12a.

[3] 小川徹、河森栄一郎、岩間健宏、住川隆、小野靖「合体ST実験における高ベータ球状トーラス研究の進展」、第5回核融合エネルギー連合講演会(2004年6月、仙台) A51p.

[4] 梅田耕太郎、杉本広紀、河森栄一郎、小野靖、「球状トカマク合体立ち上げ過程の検証」、第5回核融合エネルギー連合講演会(2004年6月、仙台) A52p.

[5] 廣田大輔、村田幸弘、五十嵐拓朗、加戸孝允、今澤良太、小野靖「磁気リコネクションのイオン加熱現象の2次元検証実験 - 電流シート放出現象と加熱機構の解析 -」、第5回核融合エネルギー連合講演会(2004年6月、仙台) A53p.

[6] 住川隆、河森栄一郎、岩間健宏、小野靖「プラズマ合体を用いた高βST立ち上げ方法の比較検討」、第5回核融合エネルギー連合講演会(2004年6月、仙台) A54p.

[7] 石井謙一「分光法を用いたコンパクトトーラスのプラズマ流速計測」、2004年電気学会基礎・材料・共通部門大会(2004年8月、仙台)。

[8] 加戸孝允、五十嵐拓朗、河森栄一郎、村田幸弘、小野靖「二次元分光計測を用いた磁気リコネクションのイオン加熱・加速現象の検証」、2004年電気学会基礎・材料・共通部門大会(2004年8月、仙台)。

[9] 佐々木啓介、花田和明、荒益将、出射浩、彌政淳洋、江尻晶、大原伸也、笠原寛史、川崎昌二、坂本瑞樹、佐藤浩之助、白岩俊一、高瀬雄一、中島寿年、中村一男、西野信博、長谷川真、東島亜紀、星加博之、関子秀樹、山田琢磨、「TST-2 球状トカマクにおけるIRE(内部磁力線再結合現象)時の軟エックス線計測(2)」、日本物理学会2004年秋季大会(2004年9月、青森) 14aXB04

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

[10] 江尻晶、白岩俊一、高瀬雄一、笠原寛史、山田琢磨、大原伸也、花田和明、佐藤浩之助、凶子秀樹、中村一男、坂本瑞樹、出射浩、長谷川真、彌政淳洋、今村紀仁、江崎康一、北口将博、佐々木啓介、星加博之、御手洗修、西野信博、「TST-2 球状トカマクにおける高周波入射実験」、日本物理学会 2004 年秋季大会(2004 年 9 月、青森) 14aXB06

[11] 江尻晶、笠原寛史、高瀬雄一、牛込雅裕、山田琢磨、高木康伸、鎌田悠介、石井菜穂、大迫琢也、佐々木真、田口勇、東條寛、山岸健一、「TST-2球状トカマク装置の電源系改造と新キャンパスにおける初期実験結果」、第21回プラズマ核融合学会年会(2004年11月、静岡) 24aA11P

[12] 笠原寛史、高瀬雄一、江尻晶、牛込雅裕、山田琢磨、高木康伸、鎌田悠介、石井菜穂、大迫琢也、佐々木真、田口勇、東條寛、山岸健一、白岩俊一、「TST-2球状トカマクにおけるHHFW加熱実験計画」、第21回プラズマ核融合学会年会(2004年11月、静岡) 26aB02P

[13] 住川隆、河森栄一郎、岩間健宏、小川徹、小野靖「LIDAR トムソン散乱法を用いた電子温度・密度の2次元空間分布計測システムの構築」、第21回プラズマ核融合学会年会(2004年11月、静岡)

[14] 岩間健宏、河森栄一郎、小川徹、住川隆、加戸孝允、今澤良太、小野靖「コンパクトトラスプラズマにおけるCO₂ レーザ干渉計を用いた電子密度計測及びイオン電流・電子電流分布の計測」、第21回プラズマ核融合学会年会(2004年11月、静岡)

[15] 小川徹、河森栄一郎、岩間健宏、住川隆、小野靖「合体を用いたコンパクトトラス配位の長寿命化」、第21回プラズマ核融合学会年会(2004年11月、静岡)

[16] 廣田大輔、村田幸弘、加戸孝允、今澤良太、小野靖「プラズマ・磁束堆積効果による磁気リコネクションの高速化」、第21回プラズマ核融合学会年会(2004年11月、静岡)

[17] 江尻晶、「RF start-upプラズマの平衡」、第2回電気学会球状トカマク調査専門委員会(2005年2月、東京)

[18] 高瀬雄一、「TST-2における球状トカマク研究」、東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究「学際的新領域プラズマの基礎と応用」研究会(2005年2月、仙台)

[19] 小野靖、「磁気リコネクション室内実験の最近の進展」、平成16年度逆磁場ピンチ研究会(2005年3月、筑波)

[20] 小野靖、「磁力管合体における磁気ヘリシティ保存性に関する実験的検証」、天文学会(2005年3月、日野)

[21] 江尻晶、高瀬雄一、「高周波波動およびマイクロ波反射計を用いた高波数TAE計測模擬実験」、第1回シンポジウム「プラズマ燃焼のための先進プラズマ計測」(2005年5月、名古屋)

[22] 笠原寛史、大迫琢也、江尻晶、足立裕樹、石井菜穂、牛込雅裕、佐々木真、島田喜行、住友信幸、高瀬雄一、田口勇、辻村次郎、東條寛、奴賀秀男、山田琢磨、「TST-2 球状トカマクにおける実験準備状況及び実験計画」電気学会プラズマ研究会(2005年8月、東京大学) PST-05-62

[23] 河森栄一郎、住川隆、梅田耕太郎、小野靖、「TS-4 における球状トカマク生成実験の現状」、電気学会プラズマ研究会(2005年8月、東京大学) PST-05-63

[24] 佐々木真、江尻晶、石井菜穂、島田喜行、住友信幸、辻村次郎、奴賀秀男、大迫琢也、田口勇、東條寛、足立裕樹、笠原寛史、山田琢磨、牛込雅裕、高瀬雄一、「TST-2 における平衡解析」、日本物理学会 2005 年秋季大会(2005 年 9 月、京都) 19pWG02

[25] 山田琢磨、江尻晶、石井菜穂、島田喜行、住友信幸、辻村次郎、奴賀秀男、大迫琢也、佐々木真、田口勇、東條寛、足立裕樹、笠原寛史、牛込雅裕、高瀬雄一、「反射計による球状トカマクの密度揺動測定」、日本物理学会 2005 年秋季大会(2005 年 9 月、京都) 21pXK12

⑨研究成果の発表状況(続き) (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

[26] 東條寛、江尻晶、島田喜行、住友信幸、辻村次郎、奴賀秀男、石井菜穂、大迫琢也、佐々木真、田口勇、足立裕樹、笠原寛史、山田琢磨、牛込雅裕、高瀬雄一、「TST-2における磁気再結合現象のふるまい」、第22回プラズマ核融合学会年会(2005年11月、東京) 02aA06P

[27] 石井菜穂、江尻晶、東條寛、大迫琢也、佐々木真、田口勇、足立裕樹、笠原寛史、牛込雅裕、山田琢磨、高瀬雄一、「TST-2球状トカマクにおける電子温度の振る舞い」、第22回プラズマ核融合学会年会(2005年11月、東京) 02aA12P

[28] 小野靖、高瀬雄一、佐藤浩之助、飛田健次、岸本泰明「全日本S T研究計画—日本独自のS T研究の進め方と将来展望」、第22回プラズマ核融合学会年会(2005年11月、東京) シンポジウムV

[29] 菌田将人、小川徹、河森栄一郎、小野靖「TS-4装置におけるワッシャーガンの適用」、第22回プラズマ核融合学会年会(2005年11月、東京) 30aC25P

[30] 今澤良太、小野靖「磁気リコネクションによるイオン加熱の実験的検証」第22回プラズマ核融合学会年会(2005年11月、東京) 01pC04P

[31] 石井謙一、木村俊郎、村田幸弘、梅田耕太郎、小野靖「S T・F R Cにおける流速分布の分光計測」、第22回プラズマ核融合学会年会(2005年11月、東京) 30aB16P

[32] 高瀬雄一、「TST-2およびJT-60UにおけるIp立ち上げ・電流駆動実験」、電気学会ST調査専門委員会(2006年1月、核融合研)

[33] 江尻晶、高瀬雄一、「高周波波動およびマイクロ波反射計を用いた高波数TAE計測模擬実験」、第2回シンポジウム「プラズマ燃焼のための先進プラズマ計測」(2006年2月、福岡) C11-1

[34] 佐々木真、住友信幸、江尻晶、石井菜穂、島田喜行、辻村次郎、奴賀秀男、大迫琢也、田口勇、東條寛、足立裕樹、笠原寛史、山田琢磨、牛込雅裕、高瀬雄一、「TST-2におけるMHD不安定性とq分布の関係」、第9回若手科学者によるプラズマ研究会(2006年3月、那珂核融合研究所)

[35] 小野靖、「磁気リコネクション室内実験の進展 —TS-3実験からTS-4・UTST実験へ—」、仙台プラズマフォーラム平成17年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会(2006年3月、仙台)

[36] 小野靖、「TS-3/4における球状トカマクの合体立ち上げ実験とUTSTへの展開」、平成17年度逆磁場ピンチ研究会(2006年3月、つくば)

[37] 東條寛、江尻晶、島田喜行、住友信幸、辻村次郎、奴賀秀男、石井菜穂、大迫琢也、佐々木真、田口勇、足立裕樹、笠原寛史、山田琢磨、牛込雅裕、高瀬雄一、「TST-2球状トカマクにおける磁気再結合現象に伴う構造変化」、日本物理学会第61回年次大会(2006年3月、松山) 27aUD05

[38] 大迫琢也、辻村次郎、笠原寛史、高瀬雄一、石井菜穂、島田喜行、住友信幸、奴賀秀男、佐々木真、田口勇、東條寛、足立裕樹、山田琢磨、牛込雅裕、江尻晶「TST-2におけるHHFW波動加熱実験」、日本物理学会第61回年次大会(2006年3月、松山) 30aUD01