- [91] 水野恒史,林克洋,高橋弘充,片桐秀明,(7名),奥村 時,牧島一夫,福井康雄,田島宏康,釜江常好,Seth Digel,ほかFermi LAT Collaboration:「フェルミ・ ガンマ線宇宙望遠鏡で見た拡散 線放射、27aXD-10
- [92] 山岡和貴,杉田聡司,田代信,寺田幸功,(19名),中 澤知洋,榎戸輝揚,牧島一夫,(9名):「『すざく』衛星 搭載硬 X 線検出器広帯域全天モニタ部 (HXD-WAM) の現状 (V)」、28pSH-2
- [93] 湯浅孝行,中澤知洋,牧島一夫,高橋忠幸,能町正治, 高島健,国分紀秀,小高裕和,寺田幸功,藤代巌,程 島文夫,田苗明,遠山正明:「SpaceWire I/Fを用い た衛星内時刻配信の検証」、28pSH-7
- [94] 土屋晴文,榎戸輝揚,鳥居建男,中澤知洋,湯浅孝行, 福山太郎,鳥井俊輔,山口貴弘,加藤博,岡野眞治, 牧島一夫:「高山における雷雲からの高エネルギー放 射線の観測,30aSP-8
- [95] 国分紀秀,高橋忠幸,渡辺伸,勝田隼一郎,小高裕和, 石川真之介,青野博之,杉本宗一郎,古関優,Peter von Ballmoos,中澤知洋,内山泰伸:「ガンマ線レ ンズを用いた新世代ガンマ線検出システムの開発」、 28aSH-3
- [96] 常深博,林田清,山崎典子,中澤知洋,大橋隆哉,深 澤泰司,鶴剛:「高分解 X・ガンマ線撮像分光学の開 拓、30pSP-7
- [97] 穀山渉,安東正樹,森脇成典,石徹白晃治,高橋走, 新谷昌人,麻生洋一,高島健,中澤知洋,高橋忠幸, 国分紀秀,吉光徹雄,小高裕和,湯浅孝行,(10名): 「宇宙実験実証プラットホーム(SWIM)を用いた超小 型重力波検出器の開発 VII(打ち上げと初期運用)」、 30pSC-8

その他の学会

- [98] Enoto, T., Tsuchiya, H., Yamada, S., Yuasa, T., Kawaharada, M., Kitaguchi, T., Kokubun, M., Kato, H., Nakamura, S., & Makishima, K.: "Observations of high-energy gamma rays from winter thunderclouds on the Sea of Japan", 地球惑星合同 大会 E207 セッション (2008 年 5 月 30 日 幕張)
- [99] 榎戸輝揚,三谷烈史,中澤知洋,牧島一夫,坂野井健, 高島健,吉田和哉,高橋幸弘:「SPRITE-SAT 搭載の 小型ガンマ線検出器の開発と製作,地球電磁気・地球 惑星圏学会(SGEPSS)(2008 年 10 月 9-12 日 仙台)
- [100] 榎戸輝揚,中川友進,牧島一夫,山岡和貴,山田真 也,中澤知洋,村上弘志,国分紀秀,坂本貴紀,吉田 篤正,「すざく」チーム:「すざく衛星を中心としたマ グネター研究の最新成果(1)」,第9回宇宙科学シン ポジウム(2009年1月6-7日、JAXA 相模原)
- [101] 榎戸輝揚,三谷烈史,上田剛,牧島一夫,坂野井健, 高橋幸弘,高島健,中澤知洋:「雷雲ガンマ線の宇宙 観測を狙う小型ガンマ線検出器の製作と今後」、第9 回宇宙科学シンポジウム(2009年1月6-7日、JAXA 相模原)
- [102] 山田真也,牧島一夫,中澤知洋,上原悠一,高橋弘 充,堂谷忠靖,北本俊二:「『すざく』によるブラック ホールの観測」、第9回宇宙科学シンポジウム(2009 年1月 6-7 日、JAXA 相模原)

[103] 山田真也:「X 線で探る BH 時空 (2):「すざく」衛 星による最新結果」、第2回ブラックホール磁気圏勉 強会,(2009年2月22-24日、名古屋大学)

(セミナーなど)

- [104] 牧島一夫:「X線・ガンマ線で探る宇宙の高温・高エ ネルギー現象」、熊本大学理学部集中講義(2008 年 7 月 22-24 日、熊本大学)
- [105] 牧島一夫:「牧島宇宙放射線研究室最終レビュー」 (2008 年 8 月 4 日、 理化学研究所和光キャンパス)
- [106] 榎戸輝揚,土屋晴文,湯浅孝行,山田真也,牧島一夫,&GROWTH Collaboration:「雷雲ガンマ線の地上観測と粒子加速」、第1回宇宙天気サマースクール(2008 年 8 月 28-31 日、山梨清泉寮)
- [107] 牧島一夫:「『すざく』観測結果のハイライト III」、 ビッグバン宇宙国際センター夏の学校 (2008 年 8 月 31 日、浅虫温泉)
- [108] 山田真也:「『すざく』が切り開いたハード状態におけ るブラックホールの新しい描像」、宇宙高エネルギー 物理学セミナー(2008 年 10 月 10 日、千葉大学)
- [109] 牧島一夫:「MAXI で解き明かす激動宇宙の姿」、第
 29回宇宙ステーション利用計画ワークショップ(2008年12月8日、一橋記念講堂)
- [110] 牧島一夫:「極大からのアプローチ~宇宙での元素 合成を探る~」、理研「物質の創成研究」終了シンポ ジウム (2008 年 12 月 22 日、理化学研究所和光キャ ンパス)
- [111] 牧島一夫:「ブラックホールの素顔を暴く」、首都圏 中高教員研修会(2009年1月6日、理化学研究所和 光キャンパス)
- [112] 湯浅孝行:「SpaceWire 標準組み込みソフトウェアの開発」、第三回 SpaceWire ユーザ会, (2009 年 1 月 21 日、JAXA 相模原)

6.2 高瀬研究室

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 $I_{
m p}$) 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 マに電磁誘導で電流を駆動する。CS はトーラス中心 部の貴重な空間を占有するため,これを用いずにブ ラズマを生成・維持することができれば装置の工学的 制約が軽減されるため, 炉の小型化が可能となり経 済性が著しく改善される。当研究室で研究を行って いる球状トカマク(ST)という配位では, CSの有無 はプラントの経済性を大きく左右するため,最重要 課題である。ST では高 β ($\beta =$ プラズマ圧力/磁場 圧力)のプラズマが得られるという利点があり,これ は低磁場でも高いプラズマ圧力を達成できることを 意味する。核融合出力密度はプラズマ圧力の2乗に 比例するので,いかに高 β 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。

6.2.1 TST-2 実験

TST-2 は柏キャンパスに設置された ST 装置であ り、プラズマ電流 100 kA 程度の ST プラズマを安定 に生成できる。2008 年度は、主として 21 MHz の高 周波(RF)パワーを用いた、ST プラズマの加熱実 験と、高周波(21 MH および 2.45 GHz)を用いた自 発的な電流、トカマク配位生成実験を行った。特に RF による ST 配位維持は世界で初めての成果であ る。また上記実験に必要な、電子温度・密度測定用 のトムソン散乱計測器、線積分密度測定用のマイク 口波(104 GHz および 140 GHz) 干渉計、周辺部の揺 動測定用の静電プロープを整備し、高周波による可 視発光強度の振動を測定するための高速発光システ ムの開発をおこなった。

高周波加熱実験

高次高調速波 (HHFW) は,イオンサイクロトロン 周波数の高次高調波帯の波であり,高βプラズマ中 でも伝播可能のため,ランダウ減衰や走行時間減衰 による電子加熱が期待できる。HHFW 実験では, 部の放電条件で,乱流密度揺動による散乱やパラメト リック崩壊不安定性 (PDI) によりプラズマ中心部へ の波動伝搬が制限される。図 6.2.10 では 21 MHz の HHFW(ポンプ波)の(a) 真空入射時と(b) プラズマ 入射時の RF 磁気プローブで測定した周波数スペク トルを比較している。プラズマ入射ではポンプ波成 分の有意な広がりが観測され,スペクトルはポンプ 波強度によらないため,乱流による散乱に起因する と考えられる。プラズマ入射では,ポンプ波は低域サ イドバンドとイオンサイクロトロン周波数帯準モー ド (ICQM) に崩壊する。低域サイドバンド波は別の HHFW もしくはイオンバーンスタイン波 (IBW) と 考えられる (図 6.2.10(b)) [T. Oosako, et al., Nucl. Fusion (2009), in press.



⊠ 6.2.10: Comparison of frequency spectra during HHFW injection (a) without plasma and (b) with plasma.

真空容器内の赤道面外周に多数の RF 磁気プロー

ブを設置し, HHFW の空間分布を調べた。図 6.2.11 は波動パワーのトロイダル分布を示す。アンテナから 離れた位置で最大となり,アンテナに対して左右非対 称の分布が見られる。アンテナで励起された HHFW がプラズマ中を伝播し吸収・減衰するため,HHFW 強度はアンテナ(トロイダル角 = 0°)付近で最大と なり離れるほど減少すると予測されたが,全く逆の 結果が得られた。これは,波動伝播が一様等方では なく,伝播経路を反映したものであることを示して いる。また PDI により励起されたサイドバンド波も ポンプ波と類似した分布をもつことがわかった。



 \boxtimes 6.2.11: Toroidal distribution of the pump wave component.

波動伝播と揺動による散乱の相関を検証するため, 多点に設置された RF 磁気プローブから代表的な4 点(青:トロイダル角-9°トーラス外側,黒:-55°外 側,緑:155°外側,赤:トーラス内側)を選び,周波 数広がりの空間位置依存性を調べた(図 6.2.12,ス ペクトルは最大パワーで規格化してある)。周波数 広がりは,アンテナから離れるほど広くなり,CS 側 (プラズマを隔てたトーラス内側)で最も大きい。こ の結果は,ポンプ波がプラズマ中を進むにつれ散乱 を重ね,周波数広がりが増大していくという描像で 説明できる。さらに,周波数広がりが大きい155°と CS で測定されたピーク周波数は21 MHz から低周波 側へシフトしていることが明らかになった。今後,周 波数ピークシフトのパラメータ依存性を明らかにし,物理過程の解明を進める予定である。



 \boxtimes 6.2.12: Frequency spectra around the pump wave frequency.

トムソン散乱による電子温度計測器を整備し, RF

による加熱効果の検証をおこなった [5]。0.45 Jの Nd:YAG レーザーをプラズマに入射し,散乱光を球面ミラー で集光,ポリクロメーターで分光し,アバランシェ フォトダイオード (APD) で検出する。電子温度の高 周波入射パワー依存性を調べ,入射パワー 100 kW と 300 kW の間に温度上昇の閾値があることが判明 した。また,入射終了後に電子温度の低下が観測さ れた。計測点を増設して高温部と低温部を同時計測 するために,より高出力(1.6 J)のレーザーの導入 と,ポリクロメーターの増設に伴う APD の増幅器 等の再設計をおこなっている。

高周波によるプラズマ生成実験

TST-2 では, 2.45 GHz/5 kW のマグネトロンを用 いた電子サイクロトロン共鳴加熱(ECH)によるST プラズマの生成実験をおこなっている[4,9]。電磁波 を用いた非誘導法によるトカマクプラズマの生成が 可能となれば, CS 除去によるトカマク炉の小型化 と定常維持へ大きく展望が拓ける。ECH により生成 されたプラズマがトカマク配位に変化するまでの間 に,プラズマ電流の増加率が急増する「電流ジャン プ」と呼ばれる現象が確認されており , その物理機構 を明らかにするため,各種パラメータ依存性を調べ た。ECH は磁気共鳴を用いるため,トロイダル磁場 強度を変えると,共鳴層の大半径方向の位置 R_{ECH} が変化する。図 6.2.13 に電流波形のトロイダル磁場 依存性を示す。加熱電力と垂直磁場は,時間的に-定に保たれている。加熱開始と共に漸増するプラズ マ電流が , 時刻 30-50ms あたりから急増している。 トロイダル磁場を弱めて, 共鳴層を大半径内側に寄 せると,電流ジャンプは早まる。電流ジャンプ後に, 閉じた磁気面が形成されていることを,磁気計測に 基づく平衡解析より確認した。この時のプラズマの 密度変化を,大半径 (R = 280, 390, 555 mm) の3 垂直経路,及び赤道面より(Z = 200 mm)の高さの 1水平経路で,線積分電子密度(NL)をマイクロ波 干渉計で計測し,電流ジャンプ前後の NL と平衡解 析, CCD 画像を相互比較する事で電流ジャンプ前後 の電子密度分布を明らかにした。ECH start-up 実験 のプラズマ電流波形と4経路で計測された NL を図 6.2.14 に示す。Z=200 mm の経路で電流ジャンプ直 後に NL が一旦減少し, その後増加している。プラ ズマが上下方向に一旦収縮し,その後上下方向へ広 がったことを示唆している。プラズマ柱の中心に近 い R=390 mm (プラズマ中心)の NL は,電流ジャ ンプ直後から放電終了時にかけて R=280,555 mm と比べて高い NL 値を示している。プラズマ柱中心 部の電子密度が最も高くなっていると考えられる。

平衡解析より求めた磁気配位と CCD カメラ画像 より得られた可視光発光分布を図 6.2.15 に示す。最 外殻磁気面と発光領域の境界がよく一致し,プラズ マの上下方向の収縮後に膨張する様子が確認された。 NL 計測も考慮すると,電流ジャンプに伴い,プラズ マは最外殻磁気面内部に凝縮すると考えられる。一 方このプラズマ構造には,最外殻磁気面の外側に流 れるプラズマ電流が大きく寄与すると考えられる。 その影響を調べるため,電流注入の可能な LaB₆(六



 \boxtimes 6.2.13: Time evolutions of (a) plasma current and (b) major radiaus of ECH layer $R_{\rm ECH}$.



 \boxtimes 6.2.14: Time evolutions of line integrated densities (NL) along four paths.

ほう化ランタン) 電極をもつ電子銃を TST-2 に設置 した。

6.2.2 UTST 実験

および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 加速に貢献できる。STの特徴である高 β を更に高め た「超高ベータ ST プラズマ」を生成・維持する新手 法の開発を目的とし,新装置 UTST (図 6.2.16)を 建設し,実験を開始した[27]。ST核融合炉で採用さ れるためには,トーラス中心部の CS を用いない方 法でなければならない。具体的には,真空容器外に 配置された上限2対のコイルが作る磁気中性点(図 6.2.17 左) 付近に2個のST プラズマを生成し, 軸対 称合体させる。磁場強度は0.1 T 程度であり,合体後 には大半径 0.4m, アスペクト比 1.4 程度, 最大プラ ズマ電流 150 kA 程度の高ベータ ST プラズマ生成に 成功した(図6.2.17右)。これは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による加熱と考えられる。同規 模の TS-4 装置では,イオン温度,電子温度,密度分 布の実測により,イオン加熱を中心とする 4-5 MW の加熱を確認している。現状では高ベータの維持時 間は数十アルフベン時間であるため, HHFW などの 先進的 RF 手法および中性粒子ビームによる追加熱 を導入中である[32]。



 \boxtimes 6.2.15: Magnetic flux surfaces (upper frames) and visible images (lower frames) at the beginning of current jump (30 ms), immediately after current jump (50 ms), and at the end of sustainment (80 ms). The red lines show flux surfaces which contact the inboard wall or the outboard limiter.



 \boxtimes 6.2.16: Newly constructed UTST device for ultra-high β ST plasma formation. The vertically oriented cylinder on the right is the UTST vacuum vessel, while the horizontally oriented cylinder on the left is the neutral beam injector.



 \boxtimes 6.2.17: Constant flux surfaces without plasma (left) and with plasma formed by merging (right).

6.2.3 プラズマ乱流の研究

プラズマ乱流場における振動径電場の構造とダイナ ミクス

強い乱流状態にある磁場閉じ込めプラズマでは,乱 流の非線形過程を通じてプラズマ輸送の促進あるい は抑制が起こり,自発的に秩序が形成される。本研究 では輸送抑制効果の期待される測地線音波(GAM) と呼ばれる構造の非線形ダイナミクスを理論的に解 析した。流体方程式を基礎に,乱流振幅モデルによ るレイノルズ応力項を採用し,非線形効果は三次ま で摂動的に導入した。その結果,GAMの二倍高調 波,飽和振幅の解析的表現を得,JFT - 2Mトカマ クで得られた実験結果とよい一致を示し,レイノル ズ応力モデルの妥当性を検証できた。さらにGAM 同士の非線形結合による低周波帯状流の励起を世界 で初めて見出した[7,14]。

乱流プラズマの非線形・非局所エネルギー伝達の観測

九州大学・核融合科学研究所との共同研究で,直 線プラズマ装置にて多スケール乱流場の非線形エネ ルギー移送過程の実験研究を行った。多スケール乱 流では、線形不安定な微視的乱流がさらに変調不安 定性を起こし,別の微視的乱流や中間スケール揺動 (例えば帯状流:木星などに見られる大域的な速度シ ア構造)に運動量を与え,周波数空間や実空間にエ ネルギーを分配する機構が存在する。乱流揺動によ る運動量輸送量(Reynolds応力)を計測可能な静電 プローブを開発し , 実験解析をおこなった。 乱流の質 的変化(スペクトルの幅が狭いコヒーレントな揺動 が複数共存する系から、幅が広がった広帯域揺動が 卓越する系への遷移)が観測される臨界放電条件に て,微視的ドリフト波揺動(7-8kHz)と低周波帯状 流(~0.4 kHz)の共存系を見出した。詳細な非線形 解析の結果、ドリフト波の径方向波数が帯状流の周 波数で変調され,ドリフト波の波面が規則的にたわ み,理論で予測されたパラメトリック変調不安定性 を実験で初めて観測した。また,バイスペクトル解 析によってドリフト波間,ドリフト波と帯状流間の 非線形エネルギー移送関数の符号を評価し,ドリフ ト波間では高調波への順カスケード,ドリフト波-帯状流間では帯状流強度の極大点で逆カスケードが 起こっていることを突き止めた。さらに移送関数の 符号が周波数空間・実空間内で変化し(図 6.2.18), 帯状流を介した揺動の非局所的・非線形エネルギー 伝達を世界で初めて発見した[10, 11, 15]。



 \boxtimes 6.2.18: Nonlinear energy transfer functions between the drift wave and the zonal flow in (a) frequency space and (b) real space (integrated). Positive sign indicates transfer from the drift wave to the zonal flow.

6.2.4 共同研究

MAST における MHD 不安定性

ST における MHD 不安定性の一つとして磁気再結 合現象 (IRE) が挙げられる。英国原子力機関(UKAEA) との共同研究で,球状トカマク装置 MAST において, IRE と磁気揺動の相関に焦点を当てた実験解析をお こなった。MAST では放電前半で小規模な IRE 及び 後半にディスラプションを伴う大規模な IRE が頻繁 に観測され,プラズマの性能を制限している。

小規模な IRE によるプラズマ崩壊直前には,磁気 揺動及び軟 X 線放射強度分布に数 kHz の周波数を伴 うのテアリングモードと 10 kHz 程度の別のモード が混在していることが新たに明らかになった。2 つの モードを仮定した,三次元へリカルフィラメントモデ ルでポロイダル断面の磁気揺動の構造を調べると,ポ ロイダル/トロイダルモード数 m/n = 2/1 のテアリ ングモードおよび m/n = 5/2 もしくは m/n = 6/2の磁気揺動は両モード共に局所的に強め合っている 部分があり,2 つのモードによる局所的な分布の変 形が IRE の原因と示唆される結果を得た [H. Tojo, et al., Plasma Fusion Res. (2009), in press]。

大規模な IRE では磁気揺動に 100 kHz 程度の高周 波成分が見え,その後軟 X 線放射強度分布は中心付 近で減少する。この高周波数モードは高n バルーニ ングモードのような圧力勾配駆動型不安定性と推定 されているが,その実験検証を行った。まず圧力勾配 の検証を行い,電子温度分布の時間発展から圧力勾配 因子 $P_f = P_{\rm max}/L_{\rm FM}$ を求め,それが 3.1×10^4 Pa/m から 4.0×10^4 Pa/m まで増加することを確認した。 またトロイダル方向に 10° 離れた 2 つの磁気コイル で測定した信号のクロスフェーズから n を求めた。 100 kHz 程度に強い相関があり, クロスフェーズは 最大で 70° と大きく, 高 $n(\sim 7)$ モードの存在が示唆 された。さらにトーラス内側と外側の磁気揺動振幅 を比較すると,外側の方が磁場の揺動振幅が強いこ とが判明した。これらの解析結果は,このモードが 高 n バルーニングモードであることを支持するもの である [6]。

JT-60U トカマクの高自発電流プラズマ

日本原子力研究開発機構のJT-60Uトカマクにお いて,全プラズマ電流中のブートストラップ電流(BS 電流)が占める割合が100%を超えること(BS オー バードライブ)を示唆する実験データが得られてい る。本実験ではBS電流以外の駆動電流の寄与を極力 抑え,また垂直中性粒子入射を行いプラズマに粒子 供給、加熱を行い、BS電流によりプラズマを維持す ることに世界で初めて成功した。これまでの平衡解 析に動的シュタルク効果計測による磁場ピッチ角分 布データを反映させ,解析精度を向上させた。その 結果,全電流中のBS電流の占める割合が100%を超 えている事が示され,計測誤差を考慮してもBS オー バードライブが達成できていることを実証できた。

<受賞>

- [1] 佐々木真,理学系研究科研究奨励賞,理学系研究科, 東京大学大学院理学系研究科,平成21年3月24日
- [2] 永島芳彦,第3回日本物理学会領域2若手奨励賞,日 本物理学会,平成21年3月27日。

<報文>

(原著論文)

- [3] A. Ejiri, T. Yamada, Y. Adachi, O. Watanabe and Y. Takase: "The Response of microwave reflectometry under generalized configuration", Plasma Phys. Contr. Fusion 50 No. 6, 065003 (2008)
- [4] J. SUGIYAMA, A. EJIRI, Y. TAKASE, et al.: "Electron Cyclotron Heating Start-Up Experiments on TST-2", Plasma Fusion Res. 3, 026 (2008).
- [5] S. KAINAGA, A. EJIRI, Y. TAKASE, et al.: "Development of a Compact Thomson Scattering System for the TST-2 Spherical Tokamak", Plasma Fusion Res. 3, 027 (2008).
- [6] H. TOJO, M.P. GRYAZNEVICH, A. Ejiri, A. SYKES and Y. TAKASE: "Temporal Evolution of the Pressure Profile and Mode Behavior during Internal Reconnection Events in the MAST Spherical Tokamak", Plasma Fusion Res. 3, S1065 (2008).
- [7] M. SASAKI, K. ITOH, A. EJIRI and Y. TAKASE: "Geodesic Acoustic Modes in Multi-Ion System", Plasma Fusion Res. 3, S1017 (2008).

- [8] T. TOKUZAWA, A. EJIRI, K. KAWAHATA and LHD Experimental Group: "Observation of the Internal Structure of Energetic Particle-Driven MHD Modes in a Large Helical Device", Plasma Fusion Res. 3, S1064 (2008).
- [9] O. WATANABE, A. EJIRI, T. YAMAGUCHI, et al.: "Plasma Current Sustainment by RF Power in ECH Start-up Plasma in the TST-2 Spherical Tokamak", Plasma Fusion Res. 3, 049 (2008).
- [10] Y. Nagashima, S.-I. Itoh, S. Shinohara, et al.: "Coexistence of Zonal Flows and Drift-Waves in a Cylindrical Magnetized Plasma", J. Phys. Soc. Jpn. 77 114501 (2008).
- [11] Y. NAGASHIMA, S.-I. Itoh, S. Shinohara, et al.: "Nonlinear energy transfer of drift-wave fluctuation in a cylindrical laboratory plasma", Plasma Fusion Res. 3, 056 (2008).
- [12] Y. Adachi, A. Ejiri, Y. Takase, et al.: "Detection of a new parametric decay instability branch in TST-2 during high harmonic fast wave heating", Rev. Sci. Instrum. **79**, 10F507 (2008).
- [13] H. Tojo, A. Ejiri, M. P. Gryaznevich, Y. Takase, and Y. Adachi: "Poloidal mode analysis of magnetic probe data in a spherical tokamak configuration", Rev. Sci. Instrum. **79**, 10F120 (2008).
- [14] M. Sasaki, K. Itoh, Y. Nagashima, A. Ejiri, and Y. Takase: "Nonlinear self-interaction of geodesic acoustic modes in toroidal plasmas", Phys. Plasmas 16, 022306 (2009).
- [15] Y. Nagashima, S-I. Itoh, S. Shinohara, et al.: "Observation of the parametric-modulational instability between the drift-wave fluctuation and azimuthally symmetric sheared radial electric field oscillation in a cylindrical laboratory plasma", Phys. Plasmas 16, No.2, 020706 (2009).
- (学位論文)
- [16] 佐々木真: "Structure and Dynamics of Oscillatory Radial Electric Field in Plasma Turbulence (プラ ズマ乱流場における振動径電場の構造とそのダイナ ミクス)"(博士論文).
- [17] 東條寛: "A Study of Magnetohydrodinamic Events Accompanying Magnetic Reconnection in Spherical Tokamak (球状トカマクプラズマにおける磁気り コネクションを伴う MHD 事象に関する研究)"(博 士論文).
- <学術講演>

(国際会議)

一般講演

[18] H. Tojo, et al.: "Poloidal Mode Analysis of Magnetic Probe Data in a Spherical Tokamak Configuration": 17th High temperature Plasma Diagnostics, Albuquerque, New Mexico, USA May 11-15, 2008

- [19] Y. Adachi, et al.: "Detection Of A New PDI Branch In TST-2 During High Harmonic Fast Wave Heating": 17th High temperature Plasma Diagnostics, Albuquerque, New Mexico, USA May 11-15, 2008
- [20] Y. Nagashima, et al.: "Coexistence of the drift wave spectrum and low-frequency zonal flow potential in cylindrical laboratory plasmas": 35th Euro. Phys. Soc. Plasma Phys. Conf., Crete, Greece, June 9-13, 2008
- [21] Y. Adachi, et al.: "Features of a New PDI Branch Observed in TST-2 During High Harmonic Fast Wave Injection": The 35th IEEE International Conference on Plasma Science (ICOPS2008), Karlsruhe, Germany, June 15-19, 2008
- [22] M.Sasaki, et al.: "Nonlinear Processes in Geodesic Acoustic Modes": 2nd ITER International summer school (IISS 2008), Fukuoka, Jul.22-25, 2008
- [23] Y. Nagashima, et al.: "Reynolds stress measurements for investigation of nonlinear processes of turbulence in the Large Mirror Device and Large Mirror Device-Upgrade": International Congress on Plasma Physics (ICPP) 2008, Fukoka, Japan, Sep 8-12, 2008
- [24] O. Watanabe, et al.: "Non-inductive plasma startup and sustainment by wave heating at two frequencies in the TST-2 Spherical Tokamak": International Congress on Plasma Physics (ICPP) 2008, Fukoka, Japan, Sep 8-12, 2008
- [25] T. Oosako, et al.: "Fast Wave electron heating experiments focusing on competition betweendamping mechanisms on Large Helical Device": 18th International Toki Conference (ITC18), Toki Dec.9-12, 2008 (P2-13)
- [26] H. Tojo, et al.: "Features of High Frequency Mode during Internal Reconnection Events on MAST": The Joint Meeting of 4th IAEATechnical Meeting on Spherical Tori and 14th Int. Workshop on Spherical Torus, Frascati, Roma, Oct. 7-10, 2008
- [27] T. Yamada, et al.: "Initial Resutls from the UTST Spherical Tokamak": The Joint Meeting of 4 th IAEATechnical Meeting on Spherical Tori and 14th Int. Workshop on Spherical Torus, Frascati, Roma, Oct. 7-10, 2008
- [28] Y. Takase for the TST-2 Group: "Plasma Start-up, sustainement, and heating by RF waves in TST-2": The Joint Meeting of 4 th IAEATechnical Meeting on Spherical Tori and 14th Int. Workshop on Spherical Torus, Frascati, Roma, Oct. 7-10, 2008
- [29] A. Ejiri, et al.: "Non-inductive Plasma Current Start-up by EC and RF Power in the TST-2 Spherical Tokamak": 22nd IAEA Fusion Energy Conference, Geneva, Switzerland, Oct 13-18, 2008 (EX/P6-6)
- [30] Y. Takase, et al.: "Parametric Decay Instability During High Harmonic Fast Wave Heating Experiments on the TST-2 Spherical Tokamak":22nd

IAEA Fusion Energy Conference, Geneva, Switzerland, Oct 13-18, 2008 (EX/P6-27)

- [31] A. Ejiri, et al.: "Equilibrium analysis of the startup plasma in the TST-2 spherical tokamak":8th Japan-Australia Plasma Diagnostics Workshop, Canberra and Murramarang, Australia, Feb. 2-5, 2009
- [32] T. Oosako, et al.: "High Harmonic Fast Wave Experiments on TST-2 and UTST": US-J and Korea-Japan RF plasma physic WS, Gifu, Japan, Mar. 16-18, 2009

招待講演

[33] K.Hanada, K.N.Sato, H.Zushi, ..., Y.Takase, ...,A.Ejiri, et al.: "Steady-state operation scenario and the first experimental result on QUEST"::18th International Toki Conference (ITC18), Toki Dec.9-12, 2008 (P2-13)

(国内会議)

一般講演

- [34] 渡邉理他: "TST-2 球状トカマクにおける高周波による電流生成実験":第7回核融合エネルギー連合講演会(青森),2008年 6月19日-21日: 19C-21
- [35] 高瀬雄一他:"TST-2 における電流立ち上げ実験":第 2回 QUEST 研究会(春日)2008 年 7月 25-26 日
- [36] 江尻晶,高瀬雄一"電流立ち上げ配位における粒子軌 道と電流のモデリング":第2回QUEST研究会(春日)2008年7月25-26日
- [37] 江尻晶他: "TST-2 球状トカマク立ち上げ実験におけ る MHD 不安定性":日本物理学会第 63 回秋季大会 (盛岡)2008 年 9 月 20 日-23 日: 21pZH-10
- [38] 花田和明,石黒正貴,崎村尚史,...,高瀬雄一,江尻 晶他:"QUESTにおける閉磁気面形成シナリオ":日 本物理学会第63回秋季大会(盛岡)2008年9月20 日-23日21pZH-14
- [39] 江尻晶他: "TST-2 球状トカマクにおける非誘導立ち 上げプラズマの平衡解析": プラズマ・核融合学会第 25 回年会(宇都宮)2008 年 12 月 2 日-5 日: 2pB08
- [40] 渡邉理他:"TST-2 球状トカマクにおける 21MHz 電 磁波を用いた加熱電流駆動実験":プラズマ・核融合学 会第 25 回年会(宇都宮) 2008 年 12 月 2 日-5 日: 4aA01P
- [41] 崎村尚史他: "QUEST における閉磁気面形成のためのオペレーション最適化について": プラズマ・核融合学会第 25 回年会(宇都宮)2008 年 12 月 2 日-5 日: 4aA09P
- [42] 石黒正貴他: "CPD 及び QUEST における渦電流を 考慮した磁気計測":プラズマ・核融合学会第 25 回年 会(宇都宮) 2008 年 12 月 2 日-5 日: 4aA13P
- [43] 渡邉理他: "TST-2 球状トカマクにおける 21MHz 電 磁波を用いた加熱電流駆動実験"「高性能へリカルプ ラズマに向けた先進へリカル研究の進展」「周辺プラ ズマ挙動と SOL,プラズマー壁相互作用」「核融合エ ネルギーフォーラム物理クラスター:周辺ペデスタル サブクラスター会合」(土岐)2009年1月6日-7日

- [44] 江尻晶: "TST-2 球状トカマクにおける プラズマ立ち上げ実験":自律燃焼系プラズマでの特性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・輸送サプクラスター会合」合同研究(土岐)2009年1月8日-9日
- [45] 高瀬雄一, TST-2 Group: "TST-2 における RF に よるプラズマ立ち上げ"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」電気学会(土岐)2009年3月10日-11日
- [46] 渡邉理: "X-BAND 表面波発振器の開発": 平成 21 年電気学会全国大会(北海道)2007 年 3 月 17 日-19 日: 1-020, p.25
- [47] 江尻晶,高瀬雄一: "スタートアッププラズマでの電場と粒子軌道":第3回QUEST研究会(春日)2009年3月23,24日
- [48] 山口隆史他: "TST-2 におけるトムソン散乱計測と
 QUEST における計測の検討":第3回 QUEST 研究
 会(春日)2009年3月23,24日
- [49] 佐々木真他: "GAM の非線形結合によるゾーナルフローの励起":日本物理学会第年会64回年次大会(池袋)2009年3月27日-30日:27pXE-8
- [50] 倉品博樹他: "TST-2 球状トカマクにおける 非誘導 立ち上げプラズマの密度の振る舞い":日本物理学会 第年会 64 回年次大会(池袋)2009 年 3 月 27 日-30 日:28aXe-3
- [51] 小林弘明他:"高次高調速波によるパラメトリック崩壊不安定性":日本物理学会第年会64回年次大会(池袋)2009年3月27日-30日:27aXE-5
- [52] 永島芳彦他:"高次高調速波入射時の波動の非線形解析":日本物理学会第年会64回年次大会(池袋)2009 年3月27日-30日:27aXE-6
- [53] 東條寬 他: "Analysis of internal reconnection events in the MAST spherical tokamak": 日本物 理学会第年会 64 回年次大会(池袋) 2009 年 3 月 27 日-30 日: 28pSA-5

招待講演

- [54] 永島芳彦,山田幸太郎:"トロイダルプラズマ・基礎 直線プラズマにおける乱流の非線形過程の実験的研 究":第12回若手科学者によるプラズマ研究会(原子 力機構那珂)2009年3月16日-18日
- [55] 永島芳彦:受賞記念講演"トロイダルプラズマ・基礎 直線プラズマにおける乱流の非線形過程の実験的研 究":日本物理学会第年会64回年次大会(立教大学 池袋)2009年3月27日:27pXE-2

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 究室の中心テーマとなっている。現在は、高感度な レーザー干渉計を用いた重力波検出に力を注いでい