

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月21日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2012

課題番号：21246139

研究課題名（和文） 定常化球状トカマクの突発事象を支配するメゾスケール物理とマクロ系制御

研究課題名（英文） Intermittent events dominated by meso-scale physics and control of a macro system in steady state spherical tokamak

研究代表者

図子 秀樹（ZUSHI HIDEKI）

九州大学・応用力学研究所・教授

研究者番号：20127096

研究成果の概要（和文）：

本研究は高ベータトカマクプラズマの定常化にむけた研究課題として“突発事象を支配するメゾスケール物理解明とマクロ系制御”という観点で、“開放磁場配位から閉磁気面の独立”、“2つの閉磁気面の接触”、“閉磁気面と開放磁気面の接触”等の状況下での磁気再結合によるマクロ構造形成過程とその制御性を調べることを目的としている。具体的な対象として①非誘導方式での開放磁気面配位からの閉じ込め配位の形成過程、②定常プラズマの周辺部の開放磁気面を横切る BLOB（プラズマ塊）伝播などに着目した。これらは、定常プラズマ運転に関わる“突発事象”であり、それぞれ、電流立ち上げ、高プラズマ圧力の維持、揺らぎと構造の形成という点で物理解明とその制御が必須のものである。本研究では多階層物理描像のもとで、ミクロな背景乱流のもとでマクロな構造変化が起きる現象の中からメゾ系のみに特有な現象を抽出する事を目指した。本研究の取組としては、位相緩和時間で評価するメゾ系とマクロ系の“結合力”の定義付けを行い、その連続制御の可能性から定常運転実現への手法確立の展望を切り開くことを最終目標としている。

21-23 年度にかけて、実験装置、計測装置の整備を図り、境界力学実験装置 QUEST（一部 CPD 装置を利用）において実験を行い以下の成果を得た。

（1）高周波（周波数 8.2GHz ～100 kW）印加による方式で開放磁場配位から誘導電場を用いることなくプラズマ電流を立ち上げる事に成功し、世界最高の 35 kA を達成した。物理的には閉磁気面形成過程を高速カメラ、X 線のエネルギースペクトルの時間発展、Li beam による磁気面形成時の発光等を計測し、高周波駆動の高速電子に着目して、開放磁場配位のミラー比と強度を変えた実験と軌道解析の手法を併用して以下の理解に達している。

装置容器の小アスペクト比が複数の ECR 領域の共存を可能とし、高縦横比と強い B_z 印加が高エネルギー捕捉粒子の軌道損失低減に効果がある事を明らかにした。高エネルギー電子（ ≈ 10 keV）が EC 波印加直後に生成され、効率よく閉じ込めるための高ミラー比(M)・高 B_z 磁場配位を提案し、低域混成波と遜色ない電流立ち上げ効率(0.3-0.5MA/s)を得た。特にトラス内側にポロイダルヌル点を有する自発ダイバーター配位（高ポロイダルベータ平衡）が新たに形成されることを見いだしている。特に研究課題との関連では閉磁気面形成時に揺ら

ぎが磁気面方向に非常に長い相関長をもつことを見だし、メゾ系特有の現象が磁力線再接続と閉磁気面形成領域の同定に有効であることを示した。

(2) 開磁気面のみ、あるいは閉磁気面と開放磁気面の接触領域に関して揺らぎの統計的性質、プラズマの輸送に関する研究を行い、Blob 揺動の発生箇所の統計的決定、その2次元構造、blob 伝播と加速過程、さらにプラズマ内部の流れ計測という課題に対して研究を進めることができた。これらの計測は主として高速カメラと光学フィルターを組み合わせた広領域の観測と、探針プローブを用いた局所計測でのプラズマパラメータの計測を併用して研究を進めた。その結果、揺らぎの発生箇所が SOL の密度勾配の急峻な領域に対応しており、揺動振幅の確率密度分布 pdf のガウス分布からのずれが起き始め、ちょうど勾配の低下したあたりで、pdf がガンマ分布に近い形で著しく歪むことを見だした。ガウス分布からのずれの大きい領域はメゾ系としての特徴をもつ現象を支配するサイズと考えることができ、この研究をさらに発展させて、マクロなプラズマ輸送との結合を調べるために、プラズマの流れの2次元計測法の開発に取り組んだ。

こうして限られた実験期間と装置の立ち上がり期の制約の下での21-23年度の研究に於いて著しい成果を挙げることができ、本研究と相補的な課題である“乱流場における偶然力の可視化”(萌芽研究H23-25)や 本研究の発展として、核融合炉の定常化に向けた重要課題である“多階層複雑・開放系における粒子循環物理とマクロ制御”(基盤SH24-28)という研究に発展させることができた。

研究成果の概要 (英文) :

This research is aiming at the subject associated with "Intermittent events dominated by meso-scale physics and control of a macro system in steady state spherical tokamak". Mainly, structure formation and its controllability under a process from an open magnetic field configuration to the closed one, contact to two closed magnetic surfaces, and open field region outside the closed one are of interest. During the research period, 1) current start-up in tokamak using non-inductive method and 2) blob propagation crossing the SOL region, which extends from the closed flux surfaces to the open ones. These phenomena can be recognized as intermitted or off-normal events against the steady state operation of the tokamak plasma. This research aims at pointing out the characteristics of the meso-scale physics for the macroscopic structure formation under the microscopic turbulence. The evaluation for the coupling coefficient between the meso-scopic and macroscopic systems will be investigated by evaluation of a phase relaxation time. Finally we would like to establish control methods for steady state tokamak operation. During H21-23 experiments for rf driven non-inductive plasma production and sustainment have been performed in QUEST and CPD. The followings have been achieved.

(1) Using 8.2 GHz ECWs at ~ 100 kW, non-inductive current start-up and current sustainment has been successfully demonstrated at 35 kA, which is the world record. High poloidal equilibrium at $\epsilon\beta_p=1.5$ and $\kappa<1$ (triangles) has been obtained. The maximum duration of 300 sec is also performed for ST configuration. During the formation phase from the open to closed surfaces, several diagnostic tools have been applied and then the following physical picture could be drawn.

The chamber aspect ratio is small enough for several harmonics to exist inside the plasma, and it has been found that the M_{OMFC} (mirror ratio depending on the B_z curvature) and the amplitude of B_z/B_t contribute to the fast ramp-up of the current, because of the initially born energetic electrons of 10 keV could be well confined in the open magnetic fields. The high $\epsilon\beta_p \sim 1$ plasma scenario has been demonstrated at high $M_{OMFC}=2$ and B_z/B_t of 10 %. I_p of 16 kA at the high current ramp-up rate of 0.3 – 0.5 MA/s was achieved non-inductively. A natural inboard poloidal field null appeared as M_{OMFC} increased and this equilibrium could be sustained for ~ 10 seconds. Based on the fluctuation

measurements it has been observed that the long correlation length along the magnetic surfaces has been measured when a closed surface is formed. This indicates that the phenomenon dominated by a mesoscopic scale occurred during the topological change.

(2)The second aspect addressed in this research is the statistical approach of the SOL turbulence, plasma transport, blob propagation. This is aimed at identification of the generation region of the blob by charactering the pdf of the fluctuations, two dimensional structure of pdf and statistical aspect, blob propagation and acceleration, and flow pattern in the SOL and its impact on the turbulent transport. These observations have been carried out by using the wide viewing fast camera imaging and local probe measurements. Statistical aspects of the convective transport with respect to the variation in magnetic field pitch are dwelled upon. Progressive enhancement of fluctuations and consequent blob generation and propagation are observed with the increase in B_z at a constant B_t . Amplitude and waiting time of the blobs attains a maximum for highest B_z/B_t ($=7.8\%$). 2D statistical analysis of the images enables us to identify blob formation location precisely at the steep density gradient region. Accelerated radial propagation was observed for large sized blobs. The effect of mirror ratio on turbulence is studied with the change in poloidal field curvature. Fluctuation characteristics are quite different for magnetic shears. The region characterized by the deviation of pdf from the Gaussian to gamma can be considered as a typical scale, with which the mesoscopic phenomenon dominates. A new diagnostic and analytical method have been developed to evaluate the plasma flow using the fluctuations.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	11,300,000円	3,390,000円	14,690,000円
2010年度	10,200,000円	3,060,000円	13,260,000円
2011年度	8,700,000円	2,610,000円	11,310,000円
2012年度	3,300,000円	990,000円	4,290,000円
総計	33,500,000円	10,050,000円	43,550,000円

研究分野：核融合学

科研費の分科・細目：核融合学

キーワード：メソスケール、blob、fast camera、PDP

1. 研究開始当初の背景

複雑な磁場 topology を必要とする閉じ込め実験においてはプラズマ（揺動を有する）を媒体とした2種類の磁場配位の接触（内部磁場配位-揺動-外部磁場配位、内部磁場配位-揺動-内部磁場配位）といった状況に常にさらされており、それらの緩和あるいは相互作用は、弱い磁力線再結合をトリガーとしてトポロジーの再構築へと発展しうる爆発的な磁力線再結合現象へとつながっていると考えることができる。その意味でトラス装置における突發現象と宇宙や太陽におけるフレアー現象（原始フレアー、ナノフレアー、マクロフレアー）などとの類似性が指摘されており、当該課題遂行は定常核融合炉実現へ貢献するだけでなく、天体现象の地上実験での検証という性格も有す。これまでの定常運転に関わる高温プラズマと壁の相互作用(PWD)の物理と制御に関する研究に加えて“定常化研究”において“突発事象の発現とその抑制”という側面を課題とすることで、この分野に研究者の幅広い関心を集め、自然認識の深化に貢献するとともに共同研究の成果を非誘導電流駆

動球状トカマクの定常化につなげる。

2. 研究の目的

近年マクロ、メゾ、ミクロの多階層構造による自然認識のモデルが成功を収めつつある。定常核融合炉の実現の観点からはこのモデルに従っていかに安定にマクロ系を維持・制御するかということになるが、そのために必要なステップは1)メゾ系だけに特有な現象を時間・空間のスケールを含めて実験的に明らかにすること、2)これによりメゾ系を単独の巨大ミクロ系集団とみなしうる条件を確立し、3)続いて、マクロ系とメゾ系の結合の度合いを定量化し、4)結合度のうち連続制御可能なものを見出し、実際に制御を行うことである。本研究はこの例としてマクロ系の変化が容易に観測でき、ミクロ系との関連が重要な研究対象になっている磁気再結合をとりあげ、解答を得ようとするものである。もしメゾ系とマクロ系の“結合力”（位相緩和時間で評価）の連続制御が可能になると、エネルギーや粒子輸送に関して開放系と孤立系の間新たな領域を設定

することができる可能性もあり、定常炉の実現に学術的な立場で貢献しうる。

3. 研究の方法

本研究で実施した方法の要点を記す。

問題の設定

まず以下の様な定義付けを行った。

マイクロ系はイオンの回旋半径や磁場拡散の表皮距離を特性スケールとする集団で、互いに相互作用可能な系、マクロ系は開放磁場、閉磁場配位の双方の条件下で存在が可能な集合体、メゾ系はマイクロ系の可干渉巨大・クラスター集団で本研究では poloidal 方向に有限寸法領域をしめる系。こうした定義のもとで、乱流輸送研究で見出されている帯状流に相当するような、突発事象を支配するメゾ系に特有な現象を抽出する。とくにその可干渉空間と可干渉時間を背景マイクロ系の特性やマクロパラメータ（例えば磁気力、勾配、流れ等）の中で実験的に明らかにすることである。

突発事象の統一的仮想表現

突発事象”を背景マイクロ系のもとの2種類のマクロ系の“擬似的な衝突事象”にとらえることとする。駆動力は磁気力、プラズマの運動、勾配力に基づく。衝突には衝突径数の大きなものと小さいものがあると考え。前者は2種類のマクロ系が互いに重なり合った空間領域では激しい反応が起きているが重ならない領域は互いに干渉しない。一方衝突径数の小さい後者では、小さい領域で両者が重なるため爆発的な反応が起き、複合核のような状態から体系の破碎を経て複数のマクロ状態が形成される。ここで破碎はしばしば複合系の膨張を伴うのでプラズマの圧縮性を許すことにより低次のエネルギー緩和状態を形成するマクロ系の再構築が可能である。ここでいう“衝突径数”がメゾ系を特徴づける可干渉空間スケールであり、“衝突時間”が可干渉時間に相当する。本研究での突発事象と磁気再結合の物理描像は以上のようなものである。

以上の定義と突発事象の描像のもとでメゾ系にのみ特有な現象の発見に注目して研究を進める。即ち、干渉空間、干渉時間、位相干渉の3つをセットにして全体の空間構造を明らかにする。この構造をマクロ変化の前後の構造（駆動力の発現・消滅に関係）スケールと関係づけることを試みる。

方法論

”開放磁場配位から閉磁気面の独立”、ここでは2種類の非誘導電流駆動実験において外部に開放された磁場配位のもとで磁気再結合を経て閉磁気面ができる過程を調べる。“開放磁力線”は真空壁に固定されており“衝突径数”の大きい場合に相当する。突発事象は電流の急激な上昇として観測される。“衝突時間”、“衝突効果”、“結合力”を観測する。このためにはシート状Liビームを用いた密度

分布・揺動分布、He 発光を利用した流れ、プラズマ光を利用した揺らぎ計測と pdf 解析、高エネルギーX線 PHA（高速電子分布）などに取り組んだ。

4. 研究成果

主として2つの topology 変化（閉磁気面から閉磁気面形成時、閉磁気面を取り囲む閉磁気面構造）に関して電流生成と平衡配位形成並びに揺らぎのガウス分布からの歪みなどに関して以下の知見を得た。

1) 全面的に閉磁気面配位である単純トラスに近い条件においても ECR によるプラズマ生成と同時に 10 keV 程度の高エネルギー電子の発生を X 線の波高分析(1ms)と高サンプリング(0.2μs)波形計測を用いて確認した。2) ごく小さな閉磁気面のみを有する条件($I_p^{initial} < 3 \text{ kA}$)において、高速電子閉じ込めへの磁場のミラー比 $M(0.85-2)$ 依存性を調べた。高周波遮断後の減衰時間がミラー比に強く依存することを確認している。ミラー比 $M=2$ 、定常垂直磁場($B_z/B_t \sim 10\%$)の条件を見だし、電流増加率 $0.3-0.5 \text{ MA/s}$ と定常値 $\leq 35 \text{ kA}$ の非誘導電流駆動の成果を得ている。さらに自発ダイバーター配位形成とそれに寄与する高速電子の圧力確認した。

2) 全面的に閉磁気面配位においても、垂直磁場強度に依存して、ECR プラズマが著しく不安定になり、blob が生成されること、blob 伝播速度が音速に近い値を持つこと、壁近傍で加速されることを観測した。さらに揺らぎの統計解析を行い、Gauss 分布からのずれがプラズマ生成領域近傍の密度勾配の急峻な領域で起きること、pdf がガンマ分布でよく近似でき、ピアソンシステムに属すると見なせることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 56 件)

3) S. Banerjee, H. Zushi, et al.: Statistical features of coherent structures at increasing magnetic field pitch investigated using fast imaging in QUEST, Nuclear Fusion, 52 (2012) 123016 査読有

5) S. Banerjee, H. Zushi, et al., Fast visible imaging and edge turbulence analysis in QUEST, Review of Scientific Instruments 83, 10E524 (2012) 査読有

10) S. Banerjee, H. Zushi, et al., Statistical Analysis of the Convective Intermittent Transport at the Edge Region of QUEST, IEEJ, 132(2012)545-554 査読有

12) S. Tashima, H. Zushi, et al.,

Non-inductive current drive by EC waves in an inboard poloidal magnetic field null configuration on the Spherical Tokamak QUEST, PFR(2013)accepted. 査読有

13) S. Banerjee, H. Zushi, et.al., Edge turbulence characteristics of the Ohmic-ECRH driven plasma current phase investigated with fast visible imaging in QUEST, PFR(2013)accepted. 査読有

15) H. Zushi, et.al., Non-inductive Current Start-up and Plasma Equilibrium with an Inboard Poloidal Field Null by Means of Electron Cyclotron Waves in QUEST, Proc. 24TH IAEA FUSION ENERGY CONFERENCE 8--13 October 2012, San Diego, USA 査読有

16) Santanu Banerjee, H. Zushi, et.al., Statistical Interpretation of the Density Fluctuations From the High-Speed Visible Images of Edge Turbulence on QUEST, IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, 39(2011) 査読有

18) H. Zushi, et.al., Acceleration of Blob Driven by Helical Instability in a Simple Magnetic Configuration in QUEST, Journal of Nuclear Materials 415 (2011) S624-S627 査読有

22) S. K. Sharma, H. Zushi, et.al., Analysis of PWI footprint traces and material damage on the first walls of the spherical tokamak QUEST, Fusion Engineering Design 87 (2012) 77-86 査読有

23) S. K. Sharma, H. Zushi et.al. Permeation measurements for investigating atomic hydrogen flux and wall pumping / fuelling dynamics in QUEST, Journal of Nuclear Materials, 420(2012)83-93 査読有

26) T. Shikama, K. Fujii, S. Kado, H. Zushi, et.al., Plasma polarization spectroscopy of atomic and molecular emissions from magnetically confined plasmas, Canadian Journal of Physics, 2011, 89:495-501, 10.1139/p10-118 査読有

32) S. K. Sharma, H. Zushi, et.al., Study of the plasma driven permeation of hydrogen through a nickel membrane in RF and ohmic plasmas in the spherical tokamak QUEST, Journal of Plasma and Fusion Research Series, 9 (2010)142-146 査読有

36) S. Tashima, H. Zushi, et.al., Hard X-ray measurement during the current startup phase in QUEST, Journal of Plasma and Fusion Research Series, 9 (2010)316-321 査読有

37) S. K. Sharma, H. Zushi, et.al., Measurement of Hydrogen Permeation due to Atomic Flux using Permeation Probe in the

Spherical Tokamak QUEST, Fusion Engineering and Design, 85 (2010) 950-955 査読有

42) H. Zushi, et.al., Study of Edge Turbulence from the Open to Closed Magnetic Field Configuration during the Current Ramp-up Phase in QUEST, Proc. 23rd IAEA Fusion Energy Conference, 11-16 October 2010 Daejeon, Korea 査読有

45) S. K. Sharma, H. Zushi, et.al., Analysis of the footprint traces on the first walls of the compact plasma wall interaction device (CPD) using surface analysis and electron orbit calculations, Nucl. Fusion 50 (2010) 025017 (11pp) 査読有

46) T. Shikama, K. Fujii, K. Mizushiri, M. Hasuo, S. Kado and H. Zushi: Calculation of a magnetic field effect on emission spectra of light diatomic molecules for diagnostic application to fusion edge plasmas, Plasma Phys. Control. Fusion 51 (2009) 122001 (9pp) 査読有

48) H. Zushi, et.al., Two Dimensional Density Fluctuation Measurements During the Non-Inductive Current Ramp-up Phase in the Compact Plasma Wall Interaction Experimental Device CPD, Plasma Science Technology, 11(2009)397 査読有

49) H. Zushi, et.al. Active particle control experiments and critical particle flux discriminating between the wall pumping and fueling in the compact plasma wall interaction device CPD spherical tokamak, Nuclear Fusion, 49 (2009) 055020) 査読有

56) Shikama, T.; Fujii, K.; Mizushiri, K.; Hasuo, M.; Kado, S.; Zushi, H. Calculation of a magnetic field effect on emission spectra of light diatomic molecules for diagnostic application to fusion edge plasmas PLASMA PHYSICS AND CONTROLLED FUSION, 51 (12), pp. 122001 (2009) 査読有

[学会発表] (計 89 件)

1) H. Zushi, et.al., 非誘導電流駆動を用いた高ポロイダルベータ平衡とその解析, 日本物理学会第 68 回年次大会 広島大学 2013 年 3 月 26 日-29 日

3) H. Zushi: Present status of QUEST experiments, Workshop on QUEST and Related ST RF Startup and Sustainment Plasma Research, Kyushu Univ., February 26 - March 1, 2013

4) H. Zushi: H₂/He retention in QUEST, Workshop on QUEST and Related ST RF Startup and Sustainment Plasma Research, Kyushu

Univ., February 26 - March 1, 2013

5) 図子 秀樹, QUEST ダイバータ配位における非誘導電流駆動と定常運転における粒子循環研究, 平成 24 年度双方向型共同研究成果報告会(於 核融合科学研究所、平成 25 年 1 月 24 日)

) 図子 秀樹, 球状トカマクに於ける粒子制御と定常プラズマ放電, プラズマ・核融合学会第 29 回年会, 2012. 11. 29.

11) H. Zushi, et. al., 電流駆動における自発的 high beta poloidal 配位の解析, 日本物理学会 2012 年 秋季大会 2012 年 9 月 18 日~21 日 横浜国立大学

18) 図子 秀樹: 高温プラズマ力学研究センターに関連した今までの成果と将来構想, RIAM フォーラム 2012 (於 九州大学、平成 24 年 6 月 5 日)

27) H. Zushi, et. al., Non-inductive Current Start-up and Plasma Equilibrium with an Inboard Poloidal Field Null by Means of Electron Cyclotron Waves in QUEST, 24TH IAEA FUSION ENERGY CONFERENCE 8-13 October 2012, San Diego, USA

30) H. Zushi, et. al., QUEST 電流駆動における自発的内側 poloidal field null 配位の形成について, 日本物理学会第 67 回年次大会, 関西学院大学 2012 年 3 月 24 日- 27 日

34) 図子 秀樹: QUEST ダイバータ配位における非誘導電流駆動と定常化研究, 平成 23 年度双方向型共同研究成果報告会 (於 核融合科学研究所、平成 24 年 1 月 26 日)

37) 図子 秀樹, 他 QUEST プラズマ SOL 揺動の高次モーメントをもちいた“偶然力”の評価, PLASMA CONFERENCE 2011 / 第 28 回プラズマ・核融合学会年会 (於 石川県立音楽堂、金沢市、2011. 11. 22-25)

41) 図子 秀樹: QUEST 非誘導電流駆動実験の現状と将来計画, RIAM フォーラム 2011 (於 九州大学筑紫地区 平成 23 年 6 月 9-10 日)

47) T. Shikama, K. Fujii, S. Kado, H. Zushi, et. al., Plasma polarization spectroscopy of atomic and molecular emission from magnetically confined plasmas, 10th International Colloquium on Atomic Spectra and Oscillator Strengths for Astrophysical and Laboratory Plasmas, August 3 - 7, 2010, Berkeley, California

48) 図子 秀樹: 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, 日本物理学会第 66 回年次大会, 新潟大学、2011. 3. 25-28

52) 図子 秀樹: 九大における QUEST を用いた定常プラズマ実験と高温壁定常 PWI 実験機器整備, 平成 22 年度双方向型共同研究成果報告会 (於核融合科学研究所、2011. 1. 20)

53) 図子 秀樹, 他, QUEST における複合サイクロトロン波による EBW 電流駆動実験, 第 27

回プラズマ・核融合学会年会 2010 年 11 月 30 日~12 月 3 日 at 北海道大学学術交流会館

54) 図子 秀樹, 他, QUEST プラズマ SOL 揺動 pdf の高次モーメントの空間構造について, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (於 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、2010/9/23-26)

56) H. Zushi: ST Tokamak: QUEST, The 5th Japan-Korea Seminar on Advanced Diagnostics for Steady-State Fusion Plasma (於 九州大学春日キャンパスおよび九州地区国立大学九重共同研修所、2010 年 8 月 26 日~29 日)

59) 図子 秀樹, 他 壁排気特性における臨界入射束の役割と同位体効果の解明、科研特定領域「核融合トリチウム」領域番号 476、研究成果/計画報告会 (於 核融合科学研究所、平成 22 年 5 月 12 日-13 日)

64) H. Zushi, et. al., Study of Edge Turbulence from the Open to Closed Magnetic Field Configuration during the Current Ramp-up Phase in QUEST, 23rd IAEA Fusion Energy Conference, 11-16 October 2010 Daejeon, Korea

67) 図子 秀樹 他 QUEST の周辺揺らぎと Blob 特性 日本物理学会第 65 回年次大会 (於 岡山大学津島キャンパス、2010/3/20-23)

75) 図子 秀樹 共同研究実施近況 プラズマ・核融合学会第 26 回年会インフォーマルミーティング「長時間維持球状トカマク研究計画 QUEST」(於 京都市国際交流会館 2009 年 12 月 3 日)

76) 図子 秀樹, 他 QUEST における壁状態の実時間計測 (PDP 計測から) プラズマ・核融合学会第 26 回年会 (於 京都市国際交流会館 2009 年 12 月 1-4 日)

80) 図子 秀樹 他, 開放磁場配位における QUEST 高周波プラズマの擬平衡と interchange wave の発生について 日本物理学会 (於 熊本大学黒髪キャンパス 2009 年 9 月 25 日-28 日)

83) 図子 秀樹 QUEST 計画概要 RIAM フォーラム 2009 (於 九州大学 2009 年 6 月 12 日)

[その他]

ホームページ等

www.triam.kyushu-u.ac.jp

6. 研究組織

(1) 研究代表者

図子 秀樹 (ZUSHI HIDEKI)

九州大学・応用力学研究所・教授

研究者番号: 20127096

(2) 研究分担者

四竈 泰一 (SHIKAMA TAIICHI)

京都大学・工学研究科・講師

研究者番号: 80456152

(3) 連携研究者

なし