

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：63902

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2014

課題番号：22560822

研究課題名(和文)磁気島効果を含む圧力上昇時のトロイダルプラズマの巨視的構造変化の研究

研究課題名(英文)Global structure change of toroidal plasmas including magnetic islands in pressure increasing phase

研究代表者

市口 勝治 (ICHIGUCHI, Katsuji)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授

研究者番号：90211739

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：トロイダル核融合プラズマでは、不安定性の非線形発展によってプラズマ圧力や磁場構造が変化する。そのような巨視的構造変化に対しては、圧力上昇、背景磁場の実時間変化、外部印加された磁気島が大きな影響を及ぼす。そこで本研究では、その影響を、電磁流体力学に基づく数値シミュレーションを用いて解明した。結果として、圧力上昇に伴う連続的な緩やかな自己組織化による安定化が生じ得ること、及び背景磁場変化と加熱によって崩壊現象が繰り返されることを示した。また、摂動磁場による磁気島形成が三次元的に平衡圧力分布を変形させ、それによって圧力駆動型不安定背性のモード構造が変化することも示した。

研究成果の概要(英文)：In toroidal fusion plasmas, the structure of the plasma pressure and the magnetic field is changed by the nonlinear evolution of instabilities. The increase of the plasma pressure, the change of the background field and the application of the perturbed field affect such global structure change. In this study, we analyzed these effects by means of the numerical simulation based on Magnetohydrodynamic equations. We have obtained that the continuous self-organization can contribute to the stabilization in the increase of the plasma pressure, that a partial collapse is repeated by the change of the background field and the plasma heating, and that the magnetic island generated by the resonant magnetic perturbation causes the three-dimensional deformation of the equilibrium pressure profile which changes the mode structure of the pressure driven instability.

研究分野：核融合学、プラズマ物理学

 キーワード：核融合プラズマ ヘリオトロン 数値シミュレーション 電磁流体力学 圧力駆動型不安定性 磁気島
ベータ値

1. 研究開始当初の背景

磁場を用いてトロイダル核融合プラズマを効率よく閉じ込めるためには、入れ子状の磁気面が存在していることが望ましい。しかし、実際の実験装置では誤差磁場等の要因で静的磁気島が存在し、その成長は、輸送増大による閉じ込め劣化をもたらすだけでなく、急激な崩壊現象の原因にもなりうる。LHDプラズマでは、磁気シアの弱い配位において、静的磁気島が存在する場合に圧力駆動型モードによる崩壊現象が生じることが報告されている(S.Sakakibara, et al., Fusion Sci. Tech. vol.50 (2006) 177)。この場合、揺動の回転が止まっていることが観測されており、この崩壊現象自体にその静的磁気島が関与している可能性が高いと考えられる。また、トカマクプラズマでも、静的磁気島が存在すると、新古典拡散テアリングモード (NTM) が不安定となり、圧力上昇とともに磁気島が成長して、破壊的な現象が生じる(A.Isayama, et al., Phys. Plasmas, vol.12(2005) 056117)。このように、プラズマの巨視的安定性に対して静的磁気島による影響が大きいことは、トロイダル磁場配位全般にわたって共通である。従って、圧力上昇とともに静的磁気島が不安定モードにどのように影響を及ぼすかを解明することは、核融合炉を目指す上で重要な課題である。しかし、これまで、圧力上昇効果を直接取り入れた静的磁気島を含む非線型解析は行われてこなかった。

これまで、磁気島のない入れ子状の磁気面を持つプラズマに対して、簡約化 MHD 方程式に基づく非線型シミュレーションを行ってきた。その結果、圧力駆動型モードの非線型発展の結果として、プラズマの緩やかな自己組織化による安定配位への移行と急激で不安定な崩壊現象の二種類の巨視的構造変化が生じることが得られている(K.Ichiguchi et al., Nucl. Fusion, vol.43 (2003) 1101)。通常の線型安定性解析だけでは安定限界の議論には不十分であり、従って、巨視的不安定性によるベータ限界は、ベータ値の増加に伴う自己組織化現象から崩壊現象への遷移によって決まると言える。そのため、数値シミュレーションによってベータ限界を策定するためには、圧力上昇とともに不安定モードの非線型発展を連続的に追跡しなければならない。この場合、背景平衡量のベータ上昇による変化が重要となるため、平衡量、摂動量の両方を同時に時間発展させなければならない。しかし、平衡量は輸送の時間スケールで変化するのに対し、摂動量によるエネルギー変化はアルペン時間スケールで変化し、両者の間には、10の5乗程度の時間差がある。そこで、近年、ベータ上昇とともにこの両者の変動を同時に取り扱う数値手法として、マルチスケール非線型 MHD 時間発展法を開発してきた。この手法を用いて、線型不安定な LHD 配位での高ベータプラズマの達成メカニズムを連続的な自己組

織化の観点から解明してきた。

2. 研究の目的

トロイダルプラズマでは、不安定性の非線型発展によってプラズマ圧力や磁場構造が変化するが、そのような巨視的構造変化に対しては、圧力上昇、背景磁場の実時間変化、外部印加された静的磁気島が大きな影響を及ぼす。そこで本研究では、その影響を、電磁流体力学に基づく数値シミュレーションを用いて解明する。特に、非線型構造変化を連続的に追跡し、緩やかな自己組織化による安定化が生じるのか、あるいは急激な崩壊現象による不安定化が生じるのかを追跡する。そのために必要な数値計算手法の開発も併せて行う。そして、この結果から、ベータ限界を非線型ダイナミクスの観点から議論する。

3. 研究の方法

圧力上昇及び背景磁場の実時間変化に対するプラズマ応答を調べるために、新たなマルチスケール数値計算スキームを開発する。この計算では、圧力上昇や背景磁場による平衡の時間変化と摂動の時間変化の両方を追跡する必要がある。しかし、一般に両者の間には、10の5-6乗程度の大きな差が生じる。今回開発するスキームでは、一定間隔のダイナミクス計算と、平衡計算を交互に繰り返すことによって、両方の時間スケールを取り扱う。ダイナミクスの計算では、簡約化 MHD 方程式に基づいて、早い時間スケールの摂動の時間発展を追跡する。この計算には、これまで開発してきた NORM コードを用いる。また、平衡計算では、圧力上昇または背景磁場の変化とその時点でダイナミクス計算から得られている圧力分布及び回転変換分布の変化とを取り込んで新たな平衡を計算する。この計算には、オークリッジ国立研究所の Hirshmann らによって開発された VMEC コードを用いる。この平衡の変化が、ゆっくりした時間スケールの変化に対応する。このスキームを用いて、背景変化の効果を取り込んだ非線型構造変化を解析する。

外部印加された磁気島構造の変化を調べるためには、静的な摂動磁場を加えた解析を行う必要がある。ここでは、2通りの手法を用いて、その効果を解析する。一つ目は、簡約化 MHD 方程式を用いる方法である。この場合、プラズマ端において、磁場の境界条件として摂動磁場を導入する。ここでは、基本的な性質を調べるために、円柱ヘリオトロン近似を用いた解析を行う。この解析には、NORM コードを利用する。もう一つの手法は、完全三次元に対応した、平衡コード及び、安定性コードを利用する方法である。特に、平衡計算においては、摂動磁場を含んだ磁場配位に対応した圧力分布を持つ平衡を計算することが必須であり、そのために、Suzuki らによって開発された、入れ子状の磁気面の存在を

仮定しない平衡計算コード、HINT2 コードを採用する。また、安定性に関しては、Todoらによって開発された、この平衡解をそのまま取り扱える、フル MHD 計算コード MIPS を利用する。

4. 研究成果

核融合科学研究所の LHD 装置における実験では、この装置の目標の一つである平均ベータ値 5% を達成している。ところが、このときの磁場配位では、プラズマは理想交換型モードに対して線型不安定であることが既に得られている。従って実験では何らかの安定化メカニズムが働いていると考えられる。そこで、そのメカニズムを交換型モードの非線型発展の観点から数値シミュレーションを用いて調べた。交換型モードは圧力駆動型モードであるので、その解析においては、ベータ上昇効果を取り入れることが重要となる。そのため、このベータ上昇効果を含むマルチスケール非線型 MHD 解析スキームを開発した。特に、連続加熱と背景圧力分布拡散の効果を予測子 修正子法に取り込んで、1% を超えるベータ値まで解析できるようにした。この手法を LHD プラズマに適用したところ、ベータ上昇に伴って、交換型モードは励起されるが緩やかに非線型飽和し、共鳴面近傍で圧力分布に局所平坦領域を作り出すことが得られた。このことから、このような局所平坦構造の形成という巨視的構造変化を与える自己組織化現象が安定化メカニズムの候補の一つであると考えられる。

この手法を応用して、背景磁場の変化を取り込んだ電磁流体力学的数値シミュレーションを行った。大型ヘリカル装置では、背景垂直磁場を変化させて磁気軸位置を放電中に内側へシフトさせる実験では、あるシフトのところで電子温度分布に崩壊現象が観測されている。そこで、この崩壊現象を数値シミュレーションで再現することにした。この場合、背景磁場の変化をシミュレーションに取り込むことが本質的である。しかし、背景磁場の時間変化は、プラズマダイナミクスの時間変化に比べて、10 の 5 乗程度ゆっくりとしている。そこで、このかけ離れた時間スケールを同時に取り扱うために、マルチスケールスキームを改良した。平衡圧力分布だけでなく、平衡回転変換分布においても、摂動のダイナミクスの効果を取り入れられるようにした。また、初期条件においても、圧力分布には実験で得られたものを用い、回転変換分布には、以前のシミュレーションにおいて非線型飽和したときに得られたものを用いた。このシミュレーションを行った結果、背景磁場の変化が無い場合には、プラズマは安定で、背景磁場を変化させた場合には崩壊現象が生じるという実験結果を再現することができた。また、このとき生じた摂動は交換型モードではなくインファーマルモードであること、また、その支配的なモード数が実

験で観測されたものと一致しているということも示すことができた。さらに、崩壊が生じた後も加熱入力によって圧力が回復するため、崩壊現象が繰り返し生じるということも再現されている。

一方、直線ヘリオトロン配位での交換型モードと静的磁気島の非線型相互作用についても、簡約化 MHD 方程式を利用して解析を行った。まず、磁気島の存在しない平衡に対して、摂動磁場を印加するという手法で解析した。特に、平衡圧力に対する磁場に平行方向の拡散を導入した効果について数値シミュレーションを用いて解析を進めた。その結果、この拡散項のない場合には、交換型モードの成長によって磁気島が成長する場合と減衰する場合の両方の結果が得られるが、この項が入ると必ず成長するという結果が得られている。これは、平衡圧力分布に対する平行拡散項が方程式系に対して非同次項を作り出し、この項が磁気島を成長させる関数成分を解に与えていることによることがわかった。

次に、この研究を進展させて、磁気島と矛盾のない平衡解を計算する手法を確立し、それに基づく数値計算コードを開発した。この手法では、平衡解を 2 段階に分けて計算する。第一段階では、固定された磁場に対して、磁力線方向に一定であるような圧力分布を求める。第二段階では、第一段階で求められた圧力分布を固定して、力の均衡を満たす磁場を求める。第二段階で求められた磁場を用いて第一段階での圧力を求める。このようにして、磁気島幅が収束するまで、この 2 段階を繰り返す。この計算手法を直線ヘリオトロン配位に適用した結果、磁気島の X 点において圧力勾配がゼロとなる平衡と有限である平衡が存在することがわかった。セパラトリクスにおいて圧力勾配が連続である場合には前者の平衡が、また、セパラトリクスにおいて圧力勾配の不連続性が許される場合には、後者の平衡が存在する。このようにして求めた磁気島を含む平衡に対する交換型モードの振る舞いを調べた。前者の平衡では、共鳴面近傍においてほぼ一様に圧力分布が平坦化されており、このような圧力分布は交換型モードに対して安定化の寄与を持つことが既に知られている。そこで、X 点で有限の圧力勾配を持つ後者の平衡について線型及び非線型解析を行った。磁気島幅に対する線型安定性を調べたところ、磁気島幅を増加させるにつれて、成長率は減少し、ある閾値を超えると完全に安定化されることが得られた。この閾値は、磁気島がない平衡における不安定モードの流れ関数の半値幅とほぼ同程度である。また、この線型不安定領域での、交換型モードの非線型発展も追跡した。その結果、運動エネルギーの非線型飽和レベルが、磁気島幅の増加とともに減少していくことも得られている。また、非線型飽和領域では、磁気島幅も変化を受け、交換型モードと同位

相の場合には増加し、反位相の場合には減少することが得られている。

さらに、より現実的な形状での磁気島の効果を解析するために、三次元解析コードを用いて、共鳴摂動磁場（RMP）による構造変化を調べた。LHDプラズマでは、誤差磁場が内在した状態になっている。この状態を解析するために、一様水平な摂動磁場を加えた状況を解析した。まず、HINT2コードを用いて三次元電磁流体力学的平衡を計算した。その結果、この摂動磁場によってプラズマ内部に磁気島が存在する平衡が得られた。このとき、圧力分布はこの磁気島形状に対応した分布となり、セパトロクス内部のO-点近傍では平坦な構造を持つ。一方で、X-点近傍では、急峻な圧力勾配が存在しており、ポロイダル方向に非一様な分布を持つことになる。この平衡の線型安定性をMIPSコードを用いて解析した。その結果、磁気島が無い場合には、典型的な交換型モードが不安定になるのに対し、磁気島がある場合には、モード構造が大きく変化し、X-点近傍に局在するバルーニングモードのような圧力駆動型モードが不安定となった。これは、O-点近傍では圧力勾配が弱いため、圧力勾配の大きいX-点近傍に局在することが最も効率よく駆動力を利用することになるためであると考えられる。このモードの非線型発展についても解析を行った。交換型モードの非線型発展においては、圧力分布はマッシュルーム状の変形をした後に、全体が崩壊していく。このとき、崩壊現象の空間構造において特別な位相は存在しない。一方、磁気島が存在する場合には、必ずO-点近傍から崩壊が生じ、それがコア部へと進展して全体的な崩壊となる。この場合、崩壊現象の空間構造は、磁気島形状に支配されることになり、X-点はその空間的位相を決めることになる。この崩壊現象の位相の固定は、LHD実験においても観測されている。

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 10件)

K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi and B.A. Carreras

“Multi-scale MHD analysis of LHD plasma with background field changing”

Nuclear Fusion, vol.55, 2015, 043019,1-8 (査読有)

Katsuji ICHIGUCHI, Yasuhiro SUZUKI, Masahiko SATO, Yasushi TODO, Satoru SAKAKIBARA, Satoshi OHDACHI and Yoshiro NARUSHIMA

“Three-dimensional Numerical Analysis of Pressure Driven Mode in RMP-Imposed LHD Plasma”

Plasma and Fusion Research, vol.9 2014, 3403134,1-5 (査読有)

K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi and B. A. Carreras

“Multi-Scale MHD Analysis of Heliotron Plasma in Change of Background Field”

Proceedings of 24th IAEA Fusion Energy Conference, October 8-13, 2012, San Diego, USA, vol.24, 2012, TH/P3-14 (査読無)

K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi, B.A. Carreras

“MHD Simulation of Heliotron Plasma in Change of Background Field”

Proceeding of 39th European Physics Society Conference on Plasma Physics & 16th International Congress on Plasma Physics, Stockholm, Sweden, 2-6 July 2012, vol.39, 2012, P5.082 (査読無)

K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi, B. A. Carreras

“Numerical Magnetohydrodynamic analysis of Large Helical Device plasmas with magnetic axis swing”

Plasma Physics and Controlled Fusion, vol.55, 2013, 14009 (査読有)

K. Saito, K. Ichiguchi, R. Ishizaki

“Numerical Analysis of Resistive Interchange Mode in Equilibria Consistent with Static Magnetic Islands in a Straight Heliotron Configuration”

Plasma and Fusion Research, vol.7, 2012, 1403156 (査読有)

K.Saito, K. Ichiguchi, R. Ishizaki

“Low Beta MHD Equilibrium Including a Static Magnetic Island for Reduced MHD Equations in a Straight Heliotron Configuration”

Plasma and Fusion Research, vol.7, 2012, 1403070 (査読有)

K.Saito, K. Ichiguchi, R. Ishizaki

“Numerical Calculation of MHD Equilibria including Static Magnetic Islands in a Straight Heliotron Configuration by Means of a Field Line Tracing Method”

Plasma and Fusion Research, vol.7, 2012, 2403032 (査読有)

K.Saito, K. Ichiguchi, R. Ishizaki,

“Effect of parallel diffusion of equilibrium pressure on interaction between interchange mode and static magnetic island”

Plasma and Fusion Research, vol.6, 2011, 2403072, 1-5 (査読有)

K. Ichiguchi, B.A. Carreras,

“Multi-Scale MHD analysis

incorporating pressure transport equation for Beta-Increasing LHD Plasma”
Nuclear Fusion, vol.51,2011 053021、
1-7 (査読有)

[学会発表](計 25 件)

市口勝治、鈴木康浩、佐藤雅彦、藤堂泰、
T.Nicolas, B.A.Carreras、榊原悟、大館
暁、成嶋吉朗

“ヘリオトロンプラズマでの圧力駆動型
モードに対する共鳴摂動磁場の影響”
日本物理学会第70回年会、2015年3月
21日 2015年3月24日、早稲田大学(東
京都新宿区)

K. Ichiguchi, Y. Suzuki, M. Sato, Y.
Todo, T. Nicolas, B. A. Carreras,
S.Sakakibara, S. Ohdachi, and Y.
Narushima

“MHD Simulation of Pressure Driven
Modes in LHD Plasmas with RMP”

Plasma 2014, 2014年11月18日 2014
年11月21日、朱鷺メッセ(新潟県、新
潟市)

K. Ichiguchi, Y. Suzuki, M. Sato, Y.
Todo, T. Nicolas, B. A. Carreras,
S.Sakakibara, S. Ohdachi, and Y.
Narushima

“Effects of Resonant Magnetic
Perturbations on Pressure Driven
Modes in LHD Plasmas”

24th International Toki Conference,
2014年11月4日 2014年11月7日,
Ceratopia Toki. (岐阜県土岐市)

K. Ichiguchi, Y. Suzuki, M. Sato, Y.
Todo, T. Nicolas, S.Sakakibara, S.
Ohdachi, Y. Narushima, and B. A.
Carreras,

“Three-Dimensional MHD Analysis of
Heliotron Plasma with RMP”

25th IAEA Fusion Energy Conference
(FEC2014) St Petersburg, Russian
Federation, 13-18 October 2014(ロシア、
セントペテルブルク)

K. Ichiguchi, Y. Suzuki, M. Sato, Y.
Todo, T. Nicolas, B. A. Carreras, S.
Sakakibara, S. Ohdachi and Y.
Narushima

“Numerical Simulation of Pressure
Driven Modes in Heliotron Plasmas
with Resonant Magnetic
Perturbations”

17th International Congress on Plasma
Physics 2014, 2014年9月15日 2014
年9月19日, Instituto Superior Tecnico,
(ポルトガル、リスボン)

K. Ichiguchi, Y. Suzuki, M. Sato, Y.
Todo, T. Nicolas, B. A. Carreras,
S.Sakakibara, S. Ohdachi, and Y.
Narushima

“Effects of RMP on Pressure Driven
Modes in Heliotron Plasma”

12th Asia Pacific Plasma Theory
Conference and Japan-Korea
Workshop on “Modeling and
Simulation of Magnetic Fusion
Plasmas” 2014年7月1日 2014年7
月4日、ケンジントンホテル(韓国、チ
ェジュ)

K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S.
Ohdachi, B.A. Carreras

“背景磁場変化を伴う LHD プラズマの
MHD 数値シミュレーション”

プラズマ核融合学会第30回年会、2013
年12月3日-2013年12月6日、東京工
業大学(東京都目黒区)

K. Ichiguchi, Y.Suzuki, M.Sato,
S.Sakakibara, S.Ohdachi,
Y.Narushima

“MHD Simulation of RMP-Imposed
LHD Plasma”

23rd International Toki Conference,
2013年11月18日-2013年11月21日、セ
ラトピア土岐(岐阜県土岐市)

市口勝治、鈴木康浩、佐藤雅彦、榊原悟、
大館暁、成嶋吉朗、

“RMP 印加時の LHD プラズマにおける
圧力駆動型モードの三次元 MHD シミュ
レーション”

日本物理学会 2013 年秋季大会、2013 年
9月16日 2013年9月20日、徳島大学
(徳島県、徳島市)

K. Ichiguchi, Y.Suzuki, M.Sato,
S.Sakakibara, S.Ohdachi,
Y.Narushima,

“Three-Dimensional MHD Analysis of
Pressure Driven Modes in LHD
Plasmas with RMP”

Joint 19th International
Stellarator/Heliotron Workshop and 16
RFP workshop, 2013年9月16日 2013
年9月20日、サンガエタノ文化センタ
ー(イタリア、パドバ)

K. Ichiguchi, Y.Suzuki, M.Sato,
S.Sakakibara, S.Ohdachi,
Y.Narushima,

“Three-Dimensional MHD Analysis of
Pressure Driven Modes in LHD
Plasmas with RMP”

第19回 NEXT 研究会、2013年8月29
日 2013年8月30日、京都大学桂キャン
パス(京都府京都市)

市口勝治、B.A.Carreras

“ヘリオトロン型核融合閉じ込めプラズ
マでの MHD ダイナミクス”

日本地球惑星科学連合 2010 年大会、
2010年5月24日、幕張メッセ国際会議
場(千葉県千葉市)

K. Ichiguchi, S.Sakakibara, S.Ohdachi,
B.A.Carreras

“MHD Simulation of Heliotron Plasma in Change of Background Field”
Japan-Korea Workshop, 2013年8月19日 2013年8月20日、京都大学吉田キャンパス(京都府京都市)
市口勝治, 榊原悟, 大館暁, Benjamin A. Carreras
“背景磁場変化を伴うLHDプラズマの非線型MHDシミュレーション”
プラズマ・核融合学会第29回年会, 2012年11月27日、福岡県春日市クローバープラザ(福岡県春日市)
K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi, B.A. Carreras
“Multi-Scale MHD Simulation of LHD Plasma in Magnetic Swing Operation”
22nd International Toki Conference, 2012年11月22日、セラトピア土岐(岐阜県土岐市)
K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi and B. A. Carreras
“Multi-Scale MHD Analysis of Heliotron Plasma in Change of Background Field”
24th IAEA Fusion Energy Conference, October 8-13, 2012, San Diego, USA, 2012年10月10日、Hilton San Diego Bayfront Hotel(米国、サンディエゴ)
K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi, B.A. Carreras
“MHD Simulation of Heliotron Plasma in Change of Background Field”
39th European Physics Society Conference on Plasma Physics & 16th International Congress on Plasma Physics, Stockholm, Sweden, 2-6 July 2012, 2012年07月05日、Stockholm Waterfront Congress Center(スウェーデン、ストックホルム)
K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi, B.A. Carreras
“Numerical MHD Analysis of LHD Plasmas in Magnetic Axis Swing Operation”
18th Stellarator/Heliotron Workshop & 10th Asia Pasific Plasma Theory Conference, 2012年1月31日、Murramarang Beachfront Nature Resort(オーストラリア、ムラマラング)
K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi, B.A. Carreras
“Numerical MHD Analysis of LHD Plasmas in Magnetic Axis Swing Operation”
21th International Toki Conference, 2011年11月29日、セラトピア土岐(岐阜県土岐市)
K. Ichiguchi, S. Sakakibara, S. Ohdachi, B.A. Carreras
“Numerical MHD Analysis of LHD

Plasmas in Magnetic Axis Swing Operation”
Plasma Conference 2011, 2011年11月23日、石川県立音楽堂(石川県金沢市)
21 K. Ichiguchi, B.A. Carreras
“Multi-Scale MHD Simulation for Beta-Increasing Heliotron Plasma”
6th Workshop on Theory and Simulation of Magnetic Fusion Plasmas, 2011年7月28日、核融合科学研究所(岐阜県土岐市)
22 市口勝治, B.A. Carreras,
“圧力上昇効果を含むヘリオトロンプラズマの非線型シミュレーション”
NIFS 共同研究 研究会「MHD 理論研究の進展と課題」2010年12月22日、核融合科学研究所(岐阜県土岐市)
23 K. Ichiguchi, B.A. Carreras,
“Multi-Scale MHD Simulation of LHD Plasma Including Continuous Heating and Background Pressure Diffusion”
20th International Toki Conference, 2010年12月8日、Ceratopia Toki(岐阜県土岐市)
24 K. Ichiguchi, B.A. Carreras
“Multi-Scale MHD Analysis Incorporating Pressure Transport Equation for Beta-Increasing LHD Plasma”
23rd IAEA Fusion Energy Conference, 2010年10月14日、Daejeon Convention Center(韓国、テジョン)
25 市口勝治, B.A. Carreras
“ベータ上昇効果を含むLHDプラズマの非線型MHD解析”
第8回核融合エネルギー連合講演会、2010年6月11日、高山市民文化会館(岐阜県、高山市)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0件)
取得状況(計 0件)

〔その他〕
ホームページ等 なし。

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
市口 勝治 (ICHIGUCHI, Katsuji)
核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授
研究者番号: 90211739
- (2) 研究分担者 なし。
- (3) 連携研究者 なし。
- (4) 研究協力者
Benjamin A. Carreras
斉藤 欣也 (SAITO, Kinya)