

平成 21 年 5 月 8 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2006 年度～2008 年度
 課題番号：18760642
 研究課題名(和文) 微視的乱流と相互作用する磁気面破壊磁気流体不安定性のシミュレーション研究
 研究課題名(英文) Simulation study of interactions between reconnecting magnetohydrodynamic instability and micro-turbulence
 研究代表者 石澤明宏 (ISHIZAWA AKIHIRO)
 核融合科学研究所・シミュレーション科学研究部・助教
 研究者番号：30390636

研究成果の概要：巨視的磁気流体不安定性、乱流によって生ずる微視的揺動及びゾーナル流の多階層非線形相互作用のプラズマ閉じ込めへの影響を明らかにするために、新たに開発した二流体シミュレーションコードを用いて数値シミュレーションを行った。その結果、微視的乱流とそれに伴って生ずるゾーナル流を含む準平衡状態中に微視的乱流の揺動から巨視的磁気流体不安定性が発生する過程をはじめて示した。この乱流とゾーナル流を含む準平衡状態の中から乱流の揺動が巨視的磁気流体として成長する過程を示したシミュレーションは、従来の線形不安定性の成長から始まる磁気流体シミュレーションと本質的に異なる新しいシミュレーションである。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	800,000	0	800,000
2007 年度	700,000	0	700,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	150,000	2,150,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・核融合学

キーワード：プラズマ閉じ込め・安定性

1. 研究開始当初の背景

核融合プラズマ実験において、巨視的な磁気流体不安定性はプラズマの巨視的な変形を伴いプラズマ閉じ込めを劣化させる。また、微視的不安定性による乱流(微視的乱流)は異常輸送を引き起こし、プラズマ閉じ込めを劣化させる。従来は、磁気面破壊を起こす巨視的な磁気流体不安定性と微視的乱流のそれぞれのプラズマ閉じ込めへの影響は、空間スケールが分離されているために、独立に研究されてきた。しかし、現実のトーラス磁場

閉じ込めプラズマ実験では、巨視的な磁気流体不安定性、微視的乱流および輸送障壁形成に関連したゾーナル流は共存する。そして、これらの現象の階層間相互作用の結果として、プラズマ閉じ込めを劣化させる過程は理解されていない。

2. 研究の目的

巨視的磁気流体不安定性と微視的乱流およびゾーナル流が共存し非線形相互作用することによりプラズマ閉じ込めが劣化する過程を明らかにする目的で研究を行う。

3. 研究の方法

巨視的磁気流体不安定性、乱流によって生ずる微視的揺動及びゾーナル流の多階層非線形相互作用のプラズマ閉じ込めへの影響を明らかにするために、簡約化二流体方程式の直接数値シミュレーションコードを新たに開発した。そしてこのシミュレーションコードを用いて数値シミュレーションを行った。

4. 研究成果

微視的乱流とそれに伴って生ずるゾーナル流を含む準平衡状態の中に微視的乱流の揺動から巨視的磁気流体不安定性が発生する過程を示した。そして、以下の事を明らかにした(図1)。

(1) 乱流による巨視モードの励起は巨視的磁気流体不安定性の励起と異なる。

(2) 乱流から巨視モードへのエネルギー輸送は乱流からゾーナル流へのエネルギー輸送と同様である。

(3) 巨視的磁気流体不安定性はゾーナル流の分布を変える。

(4) 磁場の乱流混合が磁気リコネクションを起こし巨視的磁気流体不安定性を起こす。

(5) ゾーナル流は巨視的不安定性の安定化不安定化の両方に寄与する。

(6) 巨視的磁気流体不安定性は磁気面を壊すことにより乱流のバルーニング構造を壊し乱流強度を抑える。

(7) 乱流と巨視的磁気流体不安定性の相互作用は熱輸送を増大させる。

以上のことを論文にまとめ、プラズマ閉じ込めにおける乱流および磁気流体不安定性を理解する上で、従来のように磁気流体不安定性と微視的乱流のそれぞれを独立に研究するのではなくそれらの相互作用の理解が重要であることを指摘した。

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7件)

1、A. Ishizawa and N. Nakajima, Thermal transport due to turbulence including magnetic fluctuation in externally heated plasma, Nuclear Fusion, Vol. 49, 055015, (2009). 査読有

2、中島徳嘉, 内藤裕志, 藤堂泰, 石澤明宏 流体としての磁場閉じ込め核融合プラズマ - 実験を意識した電磁流体力学方程式の拡張 -

J. Plasma Fusion Res. Vol.85, No.3 (2009) 105 118、査読有

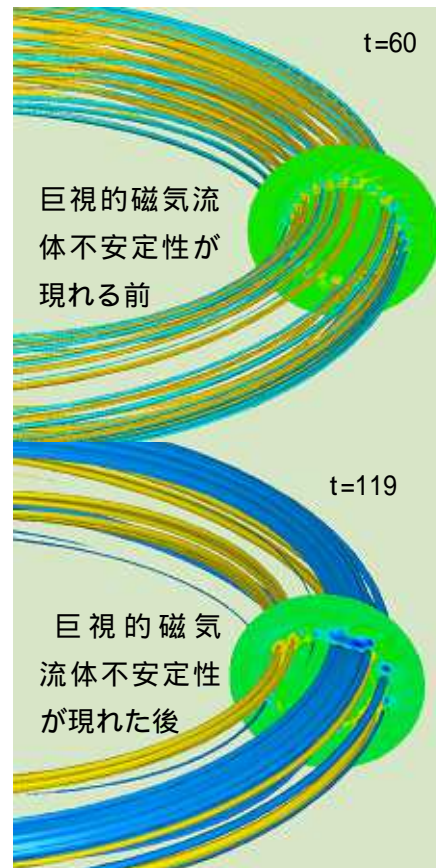


図1 静電ポテンシャルの3次元等値面とトロイダル断面における静電ポテンシャル分布。上図は巨視的不安定性が現れる前の乱流状態を示す。下図は巨視的不安定性が現れ、乱流と混在した状態を示す。

3、A. Ishizawa and N. Nakajima, Effect of zonal flow caused by microturbulence on the double tearing mode, Physics of Plasmas, 15, 084504 (2008). 査読有

4、A. Ishizawa and N. Nakajima, Transport due to Electromagnetic Turbulence in Externally Heated Plasma, Proceedings of 22nd IAEA Fusion Energy Conference, TH/P8-16, (2008). 査読有

5、Akihiro Ishizawa and Noriyoshi Nakajima, Multi-scale interactions among micro-turbulence, macro-MHD, and zonal flow AIP Conf. Proc. 1069 110 (2008) 招待講演論文、査読無し

6、A. Ishizawa and N. Nakajima, Excitation of Macro Magnetohydrodynamic

Mode due to Multi-Scale Interaction in a Quasi-Steady Equilibrium Formed by a Balance between Micro-Turbulence and Zonal Flow,
Physics of Plasmas, 14, (2007), 040702. 査読有

7、A. Ishizawa and N. Nakajima、Multi-Scale-Nonlinear Interactions among Micro-Turbulence, Double-tearing instability, and Zonal Flows,
Nuclear Fusion, 47, (2007), 1540-1551. 査読有

〔学会発表〕(計10件)

1、日本物理学会 立教大学 2009年3月28日
乱流に影響されたテアリングモード
石澤明宏 中島徳嘉

2、US/Japan JIFT workshop “New development of simulation science”
Austin, March 18, 2008; Toki, March 19, 2008
Transport due to electromagnetic turbulence in externally heated plasma
A. Ishizawa and N. Nakajima

3、第57回理論応用力学講演会, Tokyo, June 11, 2008
微視的乱流と巨視的磁気流体不安定性の多階層相互作用
石澤明宏、中島徳嘉

4、THEORY OF FUSION PLASMAS
JOINT VARENNA - LAUSANNE INTERNATIONAL WORKSHOP, August 25-29, 2008
Multi-scale interactions among micro-turbulence, macro-MHD, and zonal flow
A. Ishizawa and N. Nakajima

5、22nd IAEA Fusion Energy Conference, Geneva, Switzerland, TH/P8-16, (2008)
“Transport due to Electromagnetic Turbulence in Externally Heated Plasma”
A. Ishizawa and N. Nakajima

6、12th US-EU Transport Taskforce Workshop
Tuesday, April 17 to Friday, April 20, San Diego, USA, 2007
Multi-scale interactions among macro-MHD, micro-turbulence and zonal flows
A. Ishizawa and N. Nakajima

7、17th International Toki Conference
2007年10月17日 岐阜県土岐市
A model of interaction between magnetic island and drift wave turbulence
A. Ishizawa, P. H. Diamond, N. Nakajima

8、プラズマ・核融合学会第24回年会講演会
2007年11月27日(火)-30日(金) イーグレひめじ
磁気島と微視的乱流の相互作用
A. Ishizawa, P. H. Diamond*, N. Nakajima

9、21st IAEA Fusion Energy Conference, Chengdu, China, TH/P2-21, (2006)
Multi-Scale-Nonlinear Interactions among Micro-Turbulence, Magnetic Islands, and Zonal Flows
A. Ishizawa, N. Nakajima, M. Okamoto, J. J. Ramos

10、プラズマ・核融合学会第23回年会、2006年11月29日、筑波大学大学会館
磁気流体不安定性、微視的乱流および帯状流の相互作用のシミュレーション
A. Ishizawa, N. Nakajima, J. Ramos

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.dss.nifs.ac.jp/ishizawa/>

6. 研究組織
(1)研究代表者
石澤明宏 (ISHIZAWA AKIHIRO)
核融合科学研究所・シミュレーション科学研究部・助教
研究者番号：30390636