

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 28 日現在

機関番号：63902

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008 ~ 2011

課題番号：20760585

研究課題名 (和文) 動的エルゴディックダイバータに対する有限ベータ効果の影響

研究課題名 (英文) Finite Beta Effects on Dynamic Ergodic Divertor

研究代表者

鈴木 康浩 (SUZUKI YASUHIRO)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・助教

研究者番号：20397558

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：プラズマ核融合、シミュレーション

1. 研究計画の概要

トカマク実験において Edge Localize mode(ELM)の発生により大規模な粒子束の吐き出しが起こった場合、ダイバータ部分に致命的な損傷をもたらすと予想されている。ELM による大規模な粒子吐き出しを制御する目的で、動的エルゴディックダイバータ (DED) が提案され、中型・大型トカマク装置で実験がおこなわれている。しかし、DED の理論的考察や実験データの解釈には、2 次元 MHD 平衡計算コードから得られた有限ベータ平衡磁場に外部ヘリカルコイルが作る真空摂動磁場を重畳した「真空近似」のもとで、乱れた磁力線領域の輸送解析が行われている。従って、これらの研究では、有限ベータ効果がプラズマを変形させ、エルゴディシティの大きさそのものが変わることは想定されていない。本研究では 3 次元自由境界 MHD 平衡計算コード HINT2 コードを用いてトカマク DED 配位の 3 次元自由境界 MHD 平衡を考察し、3 次元効果の DED に与える影響とその熱・粒子輸送への影響を考察する。

2. 研究の進捗状況

まず、ヘリカル系プラズマのための 3 次元 MHD 平衡計算コード HINT2 を改良し、現実的なコイル配位をもつトカマクプラズマを考察できるように改良した。その際、計算時間を短縮するために 3 次元 MHD 平衡計算の初期推量として収束した 2 次元 MHD 平衡を使用できるように 2 次元 MHD 平衡計算コードと HINT2 の接続プログラムを製作した。

次に改良したコードをドイツ・TEXTOR

トカマク装置に応用し、完全 3 次元 MHD 平衡解析を行った。その結果、これまで動的エルゴディックダイバータの解析に用いられていた真空近似 (2 次元 MHD 平衡+3 次元真空摂動磁場) と異なる結果が得られた。真空近似により得られた 3 次元磁場配位では、安全係数分布が 1 を下回ることにはなかったが、実際の実験では $m=1$ のテアリングモードによりディスラプションが発生していた。HINT2 の解析結果は、磁気軸上の安全係数が 1 を下回っており、実験結果と定性的に一致する。このことは、プラズマ応答を正しく考慮した 3 次元 MHD 平衡解析がより、実験結果を反映したと考えられる。

改良した方法を、JET(Joint European Tokamak)に応用し、ELM 低減実験の解析を行った。実験結果との比較の結果、これまで真空近似で説明できなかった現象が 3 次元 MHD 平衡解析で説明できる可能性が明らかになった。実験結果からセパトリックス付近の磁力線構造がスプリットしていると考えら得るが、真空近似ではそのような磁力線構造は現れない。一方、プラズマ応答を含む HINT2 による 3 次元モデリングでは、セパトリックス付近の磁力線構造のスプリットを再現できることができた。

国際熱核融合実験炉 ITER を模擬したプラズマの完全 3 次元 MHD 平衡解析を行い、テストブランケットモジュールが設置された場合の誤差磁場成分がプラズマ中心部に磁気島構造を作る可能性があることがわかった。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

主にヘリカル系プラズマの3次元MHD平衡解析に応用されてきたHINT2コードをトカマクの解析に応用することで、従来の真空近似を用いた解析では現れない有限ベータ効果の影響を明らかにすることができた。また、種々の大型トカマク実験の解析に応用することでシミュレーションモデルの妥当性を検証し、将来ITERで必要な外部摂動磁場を評価する準備が整った。

4. 今後の研究の推進方策

今後は、HINT2コードにより得られたトカマクの3次元MHD平衡を用いて、3次元非線形MHD安定性解析、乱れた磁場成分を考慮した熱・粒子輸送解析を行う。解析に必要なシミュレーションコードの整備は完了しており、共同研究者と解析対象を検討した後、シミュレーションを行う。また、本研究の最大の目的として、ITERに対する外部摂動磁場の影響を考察する。

5. 代表的な研究成果

(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2件)

- ① Y.Suzuki、J.Geiger、C.Wiegmann、Y.Liang、N.Ohyabu、”Three-Dimensional Effects on Stochasticity in Non-Axisymmetric Tori”、Contoribution to Plasma Physics、50、2010、576-581、査読有り
- ② Y.Suzuki、K.Y.Watanabe、H.Funaba、S.Sakakibara、N.Nakajima、N.Ohyabu and LHD experiment group、”Effects of the Stochasticity on Transport Properties in High-Beta LHD”、Plasma and Fusion Research、4、2009、036-1~036-6、査読有り

[学会発表] (計3件)

- ① 鈴木康浩、”Three-dimensional effects on MHD equilibrium in tokamaks、37th EPS Conference on Plasma Physics”、2010年7月24日、アイルランド・ダブリン
- ② 鈴木康浩、”3D effects to stochasticity in non-axisymmetric tori”、17th International Stellarator/Heliotron Workshop、2009年9月16日、アメリカ・プリンストンプラズマ、招待講演
- ③ 鈴木康浩、”Equilibrium response on the stochasticity in non-axisymmetric torus”、4th International Workshop of Stochasticity in Fusion Plasma、2009年3月3日、ドイツ・ユーリッヒ