OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	磁場反転配位プラズマの磁気圧縮に関する研究
Author(s)	北野, 勝久
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3184337
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

氏名	北野勝久（きたのかつひさ）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第16200号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻
学位論文名	磁場反転配位プラズマの磁気圧縮に関する研究
論文審査委員	（主査） 教授 後藤 誠一 （副査） 教授 萩行 正憲　助教授 木村 吉秀　講師 菅 誠一郎 講師 齋藤 誠慈

論文内容の要旨

本論文は磁場反転配位（FRC：Field－Reversed Configuration）プラズマを対象とし、プラズマの形状制御を可能にすることと、それに伴うプラズマ特性の変化を調べることを目的とし、新しい磁気圧縮法の提案、これを実現するためのコイルシステムの技術開発、さらにFRCプラズマを軸方向に圧縮する実験とこれに伴うプラズマの1次元ダイナミクスについて行った研究をまとめたものであり、以下の9章より構成されている。

第1章では、磁場閉じ込めプラズマの研究目的である核融合の原理を説明した後に、本論文の目的と構成について述べている。

第2章では、本研究に必要なFRCプラズマの基本的な構造、物理、特徴について説明を行い、セパラトリックス形状と深く関わっている閉じ込め特性と不安定性について検討している。

第3章では、一般的なプラズマ圧縮について説明を行い、新しく提案した軸方向圧縮の基本概念を説明している。ミラー間隔により軸方向の長さが制限された状態にあるFRCプラズマに対して、ミラー間隔を短くすることにより軸方向への圧縮が可能であることを提案し、過去に行われた2次元圧縮実験と比較することにより本提案の意義を示している。

第4章では、FRCプラズマ生成保持装置と測定装置に関する説明を行っている。

第5章では、真空容器内に設置可能なコイルモジュールとコンデンサバンクを用いた電源を、予備実験を行った後に設計、製作し、これらを用いることにより、圧縮実験に必要な圧縮磁場を発生させることが可能であることを確認し、開発した装置について述べている。

第6章では、軸方向圧縮の検証実験を行うために、コイルモジュールをシステムに組み込み、弱い圧縮実験を行い、また、得られたデータを評価するために1次元断熱モデルを提案し、実験結果との比較を行うことにより、断熱的に圧縮が行われていることについて述べている。

第7章では、軸方向圧縮によりセパラトリックス形状の制御を行うために、コイルモジュールを増設し、強い圧縮実験を行い、新たに開発したセパラトリックス半径の測定法を用いて得られたデータから、アスペクト比を12.6から4.1に形状制御しうることを示している。

第8章では、圧縮過程の動的制御に注目し議論を行うため、FRCプラズマが含まれる領域を2つに分けて評価を行い、圧縮磁場を印加後、径方向への圧縮の後に軸方向への圧縮が進行することについて詳しく分析している。

第9章では、本論文の結論を述べ、新しい圧縮法の評価を行っている。

論文審査の結果の要旨

現在大規模に研究開発が進められている核融合研究では、燃料としてトリチウムを想定し、炉心形式をトカマクとしている。これに対し、炉構成材料の放射化問題を抜本的に回避し、プラント効率の飛躍的向上が期待されている核融合形式は、先進燃料ヘリウム3を燃焼しうる炉心形式が要求される。その最も有望な候補の一つがFRCプラズマである。

本研究は、未だ黎明期にあるFRCプラズマの閉じ込め特性を明確にするために必要とされるプラズマ形状の能動的制御法を探求するため、プラズマ中心軸方向の1次元磁気圧縮法を提案し、その実験に必要な技術開発を行い、さらにFRCプラズマ圧縮実験を行った結果とプラズマ挙動のダイナミクスに関する研究をまとめたもので、その成果を要約すると以下のとおりである。

(1)FRCプラズマを軸方向に保持している両端磁気ミラーの間隔を動的に短縮するという新しい磁気圧縮法を提案し、これまでの2次元あるいは3次元圧縮と根本的に異なる特徴を有することを明確にし、その特徴を利用することによりFRCプラズマの形状制御が可能であることを初めて見出している。

(2)提案した圧縮法の理論的検討を行うために、1次元断熱モデルを構築し、圧縮後のプラズマ形状と特性変化を予測することを可能にしている。

(3)提案した圧縮法を実証するために必要なコイルシステムと電源に関する技術研究を行い、それに基づき圧縮装置を開発している。

(4)開発・製作した装置を用いてFRCプラズマの軸方向圧縮実験を行い、理論モデルと比較することにより、圧縮過程が断熱的であることを明確にしている。

(5)最大圧縮比の実験により、プラズマ形状のアスペクト比（長さ／半径）を1／3にまで形状制御しうることを実証している。また、この実験に不可欠なプラズマ半径の測定技術の精度を大幅に向上させている。

(6)圧縮過程の動的挙動に注目し、圧縮磁場印加後、径方向の圧縮が先行し、引き続き軸方向への圧縮が進行することを詳細に分析し、軸方向圧縮の機構を明らかにしている。

以上のように、本論文は、高温プラズマの閉じ込め形式としてもっとも新しい磁場反転配位プラズマの形状制御法とプラズマ特性の変化について詳細に研究したものであり、数多くの新しい有益な知見を得ており、応用物理学、とくにプラズマ理工学、核融合学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。