

審査の結果の要旨

氏名 松山智文

本論文は「逆転磁界配位の巨視的不安定性の検証」と題し、東京大学で考案された逆方向トロイダル磁界を有する2個のスフェロマック同士を合体させて逆転磁界配位(FRC)を形成し、さらに中心対称軸上に挿入したオーム加熱(OH)コイルにより電流駆動する実験を行なった成果を報告している。長寿命化を達成する一方で、寿命を決定する巨視的ティルト不安定の発生限界について検証し、平衡磁界インデックスを用いた抑制法を実証した。FRC炉はベータ値がほぼ1に近く、通常のトカマク配位を大幅に上回るため、経済的な核融合炉となる反面、配位生成法や巨視的不安定の抑制に課題がある。合体法は、合体の際の磁気リコネクション加熱で経済的にFRC配位を生成する意義がある他、従来のテータピンチ法による高速生成と異なり、オーム加熱コイルの付加による長時間電流駆動や磁束増倍が可能である。

第1章は、**序論**であり、研究対象となったFRCがほぼ100%のベータを持つ閉じ込め配位として経済的な核融合炉を実現する可能性がある反面、テータピンチと呼ばれる配位生成法やティルト不安定をはじめとする巨視的不安定の抑制に課題があることが述べられている。スフェロマック合体法にオーム加熱コイルによる電流駆動法を組み合わせ、さらに巨視的不安定を抑制することによって配位の長寿命化を図るといふ研究目的が述べられている。

第2章は、**実験装置**と題し、プラズマ合体実験装置TS-3実験装置の詳細が述べられており、円筒真空容器の左右にあるポロイダルコイルと8対の放電電極によってスフェロマック配位を形成し、異極性トロイダル磁界を有する2個のスフェロマック合体によってFRCを生成すること、さらにオーム加熱コイルによって電流駆動を行う実験について説明している。

第3章は、**計測装置**と題し、2次元ピックアップコイルアレイを用いたr-z平面上の2次元磁界計測システムをはじめとして鍵となるティルト不安定を計測するr- θ 平面上の2次元磁界計測、イオン温度を計測するためのラインスペクトルのドップラー幅を計測するシステムや静電プローブによる電子密度や電子温度の計測などが説明されている。

第4章は、**FRC長寿命化実験**と題し、オーム加熱コイルによりFRCのトロイダル電流を駆動したところ、寿命は30マイクロ秒から60マイクロ秒にのびたものの、オーム加熱コイル磁場が平衡磁界を打ち消すためにFRCのフープ力を打ち消すことができずに配位自体が大きくふくらんでしまって壁にぶつかることにより寿命が決まっていることがわかった。平衡磁界を強めると更に寿命はのびたが、平衡磁界インデックスの値が正に変化してティルト不安定が誘起されていることが明らかとなった。複数のコイルを用いて磁界インデックスを負に立つように改良した結果、130マイクロ秒まで寿命が延長されたことを述べている。

第5章は、**FRCの不安定解析**と題し、現在のFRCの寿命を決定しているティルト不安定について解析し、最近の理論予測に従ってティルト不安定の成長と平衡磁界インデックス、イオンサイズパラメータとの関連を実験的に検証している。その結果、楕円度0.5-1程度の本実験においてはティルト不安定とイオンサイズパラメータとの相関はなく、平衡磁界インデックスの大小によって安定限界が決まっていることを述べている。

第6章 は、**安定度ダイアグラムとの比較実験**と題し、磁界インデックスが大きくなるに従ってFRCの橢円度が上昇すること、FRCの橢円度とティルト不安定との関係について理論研究があることから、実験結果をこの理論と比較した結果、理論的な安定限界が橢円度0.5となるのに対して、実験的な安定限界が橢円度0.73となった。この差は、オーム加熱コイル表面の金属シェルへの誘導電流の影響が全体のテスト不安定のエネルギーに対して10%程度あることで説明できることが述べられている。

第7章 は、**結論**であり、オーム加熱コイルによるFRCの寿命延長とティルト不安定の安定限界の検証という2つの実験を有機的に結合し、平衡磁界インデックス、及び‘橢円度の適切な制御を行いつつ、オーム加熱コイルによるFRCの電流駆動を行えば、FRCの寿命を延長できるとの結論をまとめている。

以上要するに、FRCの最も危険な不安定であるティルト不安定は、平衡磁場の制御によりFRCの橢円度を0.7以下に保てば安定化できることを実験的に明らかにし、更にオーム加熱コイルによるFRCの電流駆動を行い、実際に30マイクロ秒の配位維持時間を130マイクロ秒まで延長することに成功した。一連の成果はFRCの長時間維持に見通しを与え、プラズマ理工学、核融合工学、電気電子工学への貢献は少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。