

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13625 号
------	---------------

氏 名 安田 幸平

論文題目

局所ヘリカル磁場コイルによるトカマクプラズマの位置安定化に関する研究

(Study on stabilization of position of tokamak plasma with local helical magnetic field coils)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	藤田 隆明
委員	名古屋大学	客員教授	渡邊 清政
委員	中部大学	教授	政宗 貞男
委員	名古屋大学	准教授	岡本 敦

論文審査の結果の要旨

安田幸平君提出の論文「局所ヘリカル磁場コイルによるトカマクプラズマの位置安定化に関する研究」は、連続巻きヘリカルコイルに比べて構造が簡単な局所ヘリカルコイルを用いたトカマクプラズマの位置安定化について、新規の局所ヘリカルコイルを設計・製作し、プラズマ位置安定化を実証するとともに、ヘリカル磁場の位置安定化効果についての新たな指標の有効性を示した成果をまとめたものである。本論文は全8章で構成されている。

第1章では、トカマクプラズマの位置制御の概要、ヘリカル磁場による位置安定化に関する先行研究、本研究の目的について述べている。トカマクプラズマの性能向上に欠かせないプラズマ断面の縦長化のためには垂直位置不安定性の抑制が必要であることが説明されている。

第2章では、研究に使用したTOKASTAR-2装置、解析コードなどについて述べている。TOKASTAR-2装置の既存の局所ヘリカルコイルは大半径外側の平行四辺形コイルとプラズマ上下の扇形コイルから構成される。3次元平衡解析のためにトロイダル磁気プローブアレイを新設した。

第3章では、既存局所ヘリカルコイルを用いた円形断面トカマクにおける水平位置安定化実験について述べている。フィラメント電流近似法を用いてプラズマ位置形状推定を行う解析コードを開発した。プラズマ電流の6倍程度の非常に大きい渦電流がある状況下での位置形状の推定方法を確立した。先行研究では、大半径外側とプラズマ上下を通るコイルでの水平位置安定化が報告されていたが、より小さく簡易的な大半径外側の平行四辺形コイルのみで水平位置安定化が可能であることを明らかにした。

第4章では、既存局所ヘリカルコイルを用いた縦長断面トカマクにおける垂直位置安定化実験について述べている。プラズマ断面を縦長にするコイル(SCコイル)の電源を新たに整備し縦長断面トカマク実験を行なった。その結果、既存ヘリカルコイル磁場の有無で垂直位置不安定性の発生条件は変わらず、既存ヘリカルコイルが垂直位置に対する安定化効果を持たないことを示した。

第5章、第6章では、ヘリカルコイルが生成する3次元磁場の位置安定化効果を定量的に評価するための指標とそれに基づく新規コイルの設計について述べている。従来安定化効果の指標とされていた回転変換が適用できない場合に、トロイダル方向に周回する磁力線に沿った磁場の平均値として求めた実効的な水平磁場・垂直磁場が安定化効果の指標となると考え、それら进行评估する磁力線追跡計算コードを開発した。同コードにより既存のヘリカルコイルが生成する磁場の垂直位置安定化効果が極めて弱いことを見出した。垂直位置安定化効果を大きくするためには径方向を横切る斜めの辺をもつ形状が有効であると着想し、同コードの計算結果に基づいて、新たにプラズマの上下に設置する三角形の局所ヘリカルコイル(ULTコイル)を設計・製作した。

第7章では、ULTコイルを用いた実験について述べている。ULTコイル磁場の印加により縦長断面プラズマの垂直位置が安定化されることを示した。垂直位置が安定・不安定となるプラズマ位置を調査し、SCコイル電流が高くなると安定領域が狭くなる一方で、ULTコイル電流が高くなると安定領域が広くなり、ULTコイル磁場が垂直位置安定化効果を有することを明らかにした。さらに、垂直位置を不安定とさせる軸対称水平磁場の垂直方向微分とULTコイルによる実効的な水平磁場の垂直方向微分を用いて安定化条件を定量的に整理し、後者が前者の数分の1程度となる場合に安定化が見られることを示した。また、垂直位置が不安定となった場合の垂直方向移動速度が実効的な水平磁場の垂直方向微分とともに低減する傾向を示した。

第8章では、本研究の成果を総括するとともに今後の展望を述べている。

以上のように本論文では、ヘリカル磁場のトカマクプラズマ位置安定性への効果について、大半径外側の平行四辺形コイルによる水平位置の安定化を実証するとともに、実効水平磁場を安定化効果の指標として新規の上下三角形コイルを設計・製作し、同コイルを用いた実験で垂直位置の安定化を実証した。さらに、実効水平磁場を用いて垂直位置安定化の条件を示した。これらの成果は、プラズマ位置安定化のためのヘリカル磁場コイルの簡略化の可能性を示すとともに、トカマクプラズマの位置形状制御研究に新たな知見を与え貢献するものである。よって、本論文の提出者である安田幸平君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。