東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2012年9月修了　修士論文要旨

核融合炉設計の可視化とトレードオフ分析

学生証番号　47106116　氏名　満枝　和也
（指導教員　小川　雄一　教授）
Key Words : Nuclear fusion, System Design, trade off, visualization

本研究では、核融合炉設計における各種パラメータ間のトレードオフ分析を目的として、統合計算コードを用いて設計データを収集した。その際に統合計算コードにおけるブートストラップ電流に関するモデルも変更した。相関を求めるために得られた設計データを用いて、MATLABによる可視化と統計手法による解析を加え、相関式を求め分析を行った。

第1章においては、核融合炉の構造に簡単に触れ、いくつかの要素に関して述べた。
第2章においては、統合計算コードFUSACに関する話を述べた。後の章での分析の前段階として、本研究の中で出てくるパラメータが、FUSACにおいてどのように求められているか述べた。また、本研究において、核融合炉における重要なパラメータの１つであるブートストラップ電流に関するモデルを変更した。これまでFUSACにおいて、ITER Physics Guideline(IPG)モデルに基づきブートストラップ電流は求められていた。今後の核融合炉設計においては、高β・高ブートストラップ電流割合なプラズマの設計が必要となり、その際にIPGモデルによるブートストラップ電流のモデルは適用範囲外である。そのため、本研究ではEUの統合計算コードPROCESSにおいて用いられているNevinsモデルを採用し、実装した。Nevinsモデルにおける式には、プロファイル効果と不純物効果が含まれており、こちらの精度の方が良いと期待される。2つのモデルの簡単な比較も行った。
第3章においては、ITERやDEMO-CRESTにおけるパラメータ範囲を想定し、約100万点の設計点を出力した。MATLABを用いて、可視化を行うプラグラムを構築し、各種パラメータ間の相関を可視化した。また、その図においてJT-60Uなどで得られた実験データとの比較も行った。トロヨン係数β_N とHHファクターHHにおいて相関を取り、グリーンワルド密度限界比をカラーリングパラメータとして設定した。その中で正味電気出力0.5GWを達成するような設計においては、グリーンワルド密度限界比が1.3以上必要であるということが判明した。しかし、グリーンワルド密度限界比とHHファクターを軸に取った図を作成し、同様の実験図との比較を行ったところグリーンワルド密度限界比においては1程度が限界であった。そのため、正味出力を出すような炉設計においてグリーンワルド密度限界比が重要な役割を持つと判明した。
第4章においては、炉としての経済性に注目し、炉の中で最も重量が嵩みかつ炉の性能を決定する上で重要となるトロイダルコイルの重量についての相関を求めた。トロイダルコイル重量に対する、各種パラメータ間の相関傾向を対散布図により把握した。その傾向を踏まえた上で、炉設計の観点からパラメータを最大磁場、トロヨン係数、HHファクターの3つに絞った。そして、それらに最小2乗法による重回帰分析を行い、その3つのパラメータによる相関式を求めた。
第5章において、4章において求められた相関式に基づいたパラメータ間トレードオフを挙げ、その結果について考察した。