

【190】

氏 名 (本籍)	^{たか} 高 ^{はし} 橋 ^{とおる} 徹 (茨 城 県)		
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	博 甲 第 6466 号		
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科		
学 位 論 文 題 目	スクラムジェットエンジンを熱源とする MHD 発電機の発電特性に関する研究		
主 査	筑波大学准教授	博士 (工学)	藤 野 貴 康
副 査	筑波大学教授	工学博士	石 川 本 雄
副 査	筑波大学教授	博士 (工学)	石 田 政 義
副 査	筑波大学教授	工学博士	奥 野 光
副 査	筑波大学教授	博士 (工学)	西 岡 牧 人

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は6章から構成されている。第1章では論文全体の構成を述べるとともに、米国の研究グループが進めている HVEPS 計画におけるスクラムジェットエンジン駆動 MHD 発電システムの概要とその計画の中で実施されたスクラムジェットエンジンを熱源とした地上 MHD 発電実験について概説し、最後に本論文の目的を述べている。

第2章では、電磁流体解析に用いた基礎方程式と数値解析手法を記述している。

第3章では、スクラムジェットエンジンを熱源とする小型 MHD 発電機実験装置を対象に3次元電磁流体解析を実施し、得られた結果から電磁流体挙動や発電性能、および損失の要因を調べている。その結果、発電実験では負荷条件が最適化されておらず、その最適化を行えば実験時の発電出力に対して63%程度の発電出力の向上が期待できることが示された。さらに、他の研究者によって予想された発電流路入口のガス温度の非一様分布は、一様分布で流入したと仮定した場合に比べて電気出力を40%程度低下させるとの結果が示された。また実験で用いた磁石のx方向の磁界成分は、その成分が存在しないと仮定した場合に比べて電気出力を12%程度減少させるとの結果が示された。

第4章では、上記の MHD 発電機実験装置を対象に、発電性能の向上に向けて、外部負荷と PTO (Power Take-Off) 電極の接続方式、MHD 発電方式、および流路断面形状に着目した検討が3次元電磁流体解析から行われている。外部負荷と接続する PTO 電極数を変更することで、電気出力は実験条件と比べて最大約23%改善する可能性が示された。次に、MHD 発電方式を変更した5つの発電機の解析結果から、実験で用いられた発電機と同じ DCW 型において最大電気出力が得られることが示された。円形、対称矩形および非対称矩形断面を有する MHD 発電機の最適負荷条件における解析結果から、実験で用いられた発電機と同じ非対称矩形断面を有する発電機で最も高い出力が得られることが示された。

第5章では、実用規模の大型 MHD 発電機の形状および運転条件について準1次元電磁流体解析から検討されている。ダイアゴナル角と負荷電流値に対する発電機流路長の依存性を調べた結果、0.84 m の比較的短い流路長で12 MW 以上の電気出力が得られる発電機の形状および運転条件があることがわかった。また、

上記の準 1 次元解析の結果に基づき、実用規模の MHD 発電機として最適な発電機形状および運転条件を提示し、それを対象とした 3 次元電磁流体解析を実施した。その結果、提案した MHD 発電機が、実際の運用において必要とされる 10 MW 以上の電気出力を抽出できることを確認した。また、この 3 次元解析の結果から、不適切な PTO 電極の配置は電極損耗に繋がる過度な電流集中を招く恐れがあり、その抑制および電気出力の向上のために PTO 電極の傾きを遷移させることが有効であることが明らかにされた。

第 6 章では、本研究の結論と今後の研究課題に関してまとめている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、スクラムジェットエンジンへの搭載を想定した電磁流体発電機（MHD 発電機）に関して、スクラムジェットエンジンを熱源とする小型 MHD 発電実験機の動作特性の理解と性能向上に向けた指針、および実用規模の MHD 発電機の流路形状や電極配置の検討を 3 次元電磁流体解析から検討したものである。本論文から、小型 MHD 発電機を用いた発電実験では負荷や PTO 電極の最適化がされておらず、それらの最適化により実験で用いた MHD 発電機の発電性能が大幅に向上する可能性が示された。また発電実験からは解明されていない発電性能に与える流路入口温度の非一様性や不必要な磁界方向成分の影響が高度な 3 次元電磁流体解析から明らかにされている。さらに、実用時に想定されている発電出力 10MW を可能とする MHD 発電機の流路形状や運転条件、またダイアゴナル電極角度について準 1 次元電磁流体解析をもとに設計し、3 次元電磁流体解析からその MHD 発電機が目標性能を達成できることを示した。

以上のように、本論文では、スクラムジェットエンジンを熱源とする小型 MHD 発電実験機の高性能化への指針が明示され、また、将来の実用規模スクラムジェットエンジン駆動大型 MHD 発電機の設計開発に対しても極めて意義のある解析結果が示されている。それ故、本論文は博士論文の水準に十分に達していると判定した。

平成 25 年 2 月 8 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。