

氏 名	うえ の かず ゆき 上 野 和 之
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1322 号
学位授与の日付	平成 5 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 航 空 工 学 専 攻
学位論文題目	誘導型 MHD 発電チャンネル内の 2 次元液体金属流れの理論的研究

(主 査)
論文調査委員 教授 森岡茂樹 教授 櫻井健郎 教授 卯本重郎

論 文 内 容 の 要 旨

宇宙機や宇宙構造物等におけるエネルギー変換や熱制御に関連して、液体金属を用いると有利である。このとき液体金属の駆動や電力への変換に誘導型 MHD 機器の利用が考えられる。本論文は、誘導型 MHD 機器の基本的問題である移動交番磁場を伴うチャンネル内の流れ場の構造とそれが誘導型 MHD 発電機の諸特性に及ぼす影響を理論的に解明したものである。

第 1 章では、取り扱われる問題の設定、問題を取り扱う上で必要となる仮定について述べている。また、誘導型 MHD 機器内の流れ場が直流型 MHD 機器内の流れ場と本質的に異なる理由、流れ場の構造に関連した損失の種類、関連したこれまでの理論的及び実験的研究について述べている。

第 2 章では、磁場の位相速度で動く座標系へのローレンツ変換により、問題が定常問題に帰着されるとともに、変換された座標系で電場が消えることを示している。これは、これまで取扱いが困難とされたこの問題に解決の糸口を与えたものである。また、複数の長さ及び速度の存在に注意し、適切な規格化の方法を考えることにより、問題を見通しよく定式化できることを示した。基礎式は、流体慣性、流体粘性、誘導磁場、印加磁場の二次元性、負荷率に対応する五つの無次元パラメータを含む。流れ場の構造は、一様磁場の場合と異なり、また、流体慣性が小さい場合と大きい場合で大きく異なる。

第 3 章では、液体金属の慣性が小さい場合に現れる多様な流れ場の構造について述べている。流体慣性が誘導磁場及び印加磁場の二次元性とともに見捨てる極限で、簡単な形の解析解の存在することを見出している。この解は一様磁場の場合のハルトマン流れと形式的に一致しているが、ハルトマン数が定数でなく、チャンネルにそった座標の正弦関数である点で異なる。これらの極限から離れるとき、磁束線が反転する領域に流れ場が急速に変わる節領域の存在することを示した。今の問題に適切な特異摂動法及び数値解法を考案し、それらを用いて、節領域が四つの型に分類できることを示した。それらは、粘性力、圧力勾配、ローレンツ力の釣合により構築される“粘性型節領域”、慣性力、圧力勾配、ローレンツ力の釣合により構築される“慣性型節領域”、圧力勾配と印加磁場に関連したローレンツ力の釣合により構築される

“対称ノズル型節領域”，圧力勾配と印加磁場及び誘導磁場に関連したローレンツ力の釣合により構築される“非対称ノズル型節領域”である。

第4章では、液体金属の慣性が大きい場合の流れ場の構造について述べている。流れ場が新型の非周期成分と周期的変動成分からなることを示した。非周期成分は、誘導磁場及び印加磁場の二次元性が無視できる極限で、一様磁場の場合の（双曲線関数で表される）ハルトマン流れと一致するが、それらが無視できない場合、それぞれ、四次及び二次の多項式で表される補正を受ける。一方、周期成分は、ハルトマン数の逆数程度の厚さのMHD境界層と壁に隣接した薄い底層から成る二重構造をもつ。力の釣合から見て、これらはいずれも従来のMHD境界層（ハルトマン境界層）ではなく、新型の境界層である。流体慣性が大きくなるにつれて、周期成分は小さくなる。

第5章では、まず、流体力学的入力、流体中でのジュール熱損失、流体の粘性損失、固定子巻線損失、電気的出力に対する表式を与え、次に上に得た流れ場の結果を代入して、流れ場の構造の違いがこれらの特性に与える影響を明らかにした。流体の慣性が小さい場合、流れ場の多様な構造にもかかわらず、それらは誘導型MHD発電機の諸特性にはほとんど影響しないことを示した。一方、流体の慣性が大きい場合、境界層、誘導磁場、印加磁場の二次元性は誘導型MHD発電機の諸特性に影響を与える。この論文では、流れは層流であると仮定し、導体側壁上の境界層が主流及び絶縁側壁上の境界層に影響しないと仮定しているが、それらの妥当性についても議論している。

第6章では、本研究で得られた結果を要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、誘導型MHD機器の基本的問題である移動交番磁場を伴うチャンネル内の流れとそれが誘導型MHD発電機の諸特性に及ぼす影響を、適切な特異摂動法と数値解法により調べたものである。主な成果は次の通りである。

1. 磁場の位相速度で動く座標系へのローレンツ変換と、複数の長さ及び速度による適切な規格化により、流体慣性、粘性、誘導磁場、印加磁場の二次元性、負荷率に対応する五つの無次元パラメータを含む基礎式を与えた。

2. 流体慣性、誘導磁場、印加磁場の二次元性が無視できる極限で、簡単な形の解析解が存在することを見出した。

3. 流体慣性が小さい場合、磁束線が反転する領域に多様な流れ場（節領域）の現れることを見出し、それが四つの型（粘性型、慣性型、対称ノズル型、非対称ノズル型）に分類できることを示した。

4. 流体慣性が大きい場合、流れ場が非周期成分と周期的変動成分から成ることを示した。非周期成分は双曲線関数、四次及び二次の多項式の重畳で特徴づけられる新型の流れ場から成る。一方、周期成分は二重構造の境界層を持ち、いずれの層も一様磁場の場合の境界層とは異なることを示した。

5. 流れ場及び磁場が誘導型MHD発電機の入出力や各種損失に与える影響を示した。流体慣性が小さい場合、多様な流れにもかかわらず、その影響がないこと、一方、流体慣性が大きい場合、発電機の諸特性は、境界層、誘導磁場、印加磁場の二次元性によって影響されることを明らかにした。

以上要するに、本論文は誘導型 MHD 機器の流れ場の多様な構造と、それらが誘導型 MHD 発電機の諸特性に及ぼす影響を明らかにしたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 5 年 7 月 26 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。