

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第	号
------	-------	---

氏 名 佐竹正義

論 文 題 目

電磁場の形状最適化理論と電子デバイス  
設計への応用

論文審査担当者

主 査	名古屋大学教授	畔上 秀幸
委 員	名古屋大学教授	大岡 昌博
委 員	名古屋大学教授	渡邊 崇

佐竹正義氏提出の論文「電磁場の形状最適化理論と電子デバイス設計への応用」は、偏微分方程式の境界値問題が定義された領域の境界形状を設計対象にした最適化問題に対する一般的な構成法と解法を電磁場の2つの問題に適用し、それらの結果が電子デバイスの設計に有用であることを明らかにした研究に関する成果をまとめたものであり、5章からなる。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的について述べている。最初に、電気・電子機器の設計における課題について概観し、計算機を用いた数値解析と最適化計算への期待が高まっているにも関わらず、電磁場を対象とした実用的な成果が報告されていないことが述べている。そのうえで、本研究では、具体的な電子デバイスとして、電化製品や自動車の操作パネルで頻繁に用いられている「静電式タッチセンサスイッチ」と高周波無線通信やレーダセンサなどで利用されている「円筒型導波管ハイパスフィルタ」に注目して、ノンパラメトリック形状最適化理論に基づいて、それらの最適化問題の構成法と解法を示すことが本研究の目的であることを述べている。

第2章では、電磁場の支配方程式から、「静電式タッチセンサスイッチ」と「円筒型導波管ハイパスフィルタ」の設計に用いられる電磁場の支配方程式を基導出している。これらの支配方程式は、第3章と第4章において具体的な電子デバイスまわりの電磁場を決定し、さらに電子デバイスの形状最適化問題を定義する際に使われる。

第3章では、「静電式タッチセンサスイッチ」の電極形状を最適化する問題の構成法とその解法を明らかにしている。センサの検知感度は、通常、静電容量の変化量によって評価される。しかしながら、静電容量を計算することは容易ではない。そこで、本研究では、検出物があるときとないときの2つの静電場の差に対する2乗ノルムを目的関数に選び、電極の体積を制約関数においた形状最適化問題を構成する方法を提案している。また、この問題の解が静電容量の変化量を最大化することを数値例によって確認している。

第4章では、「円筒型導波管」の管壁形状を最適化する問題を構成し、その解法を示している。このデバイスは、高周波の電磁波を伝送する際にハイパスフィルタとして使われる。フィルタ性能は、通常、カットオフ周波数近傍のリターンロスとよばれる計測値で評価される。本研究では、カットオフ周波数前後にとられたサンプリング周波数における導波管の入力ポートでの電力消費量の和を目的関数に用いることを提案している。その際、電力消費量の係数としてフィルタ特性に対応した符号がつけられた。このような定式化を行うことによって、形状微分を求める際に現れる随伴問題を解く必要がなくなることが示されている。このような定式化の妥当性は数値例によって示されている。

第5章は、本研究の成果を総括し、今後の課題、展望について言及している。本論文では、実用的な2つの電子デバイスの設計問題に対して、計算可能な評価関数を適切に選ぶことによって、それぞれの電子デバイスの性能を向上させるような形状最適化が実現できることを示せたことが成果であることを述べている。

以上のように、本論文は電気・電子機器の設計で求められている実用的な課題に対しても形状最適化理論の適用が可能であることを示した先導的な内容になっている。その内容は形状最適化理論と電子デバイスに関する深い理解と知識がなければ達成されない成果を含んでおり、学術ならびに産業の発展に寄与するところがおおきく、学位論文として相応しい内容であることを認め、本審査委員会は、論文提出者である佐竹正義氏は博士（情報科学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。