

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11202 号
------	---------------

氏 名 景 果仙

論 文 題 目

A Study on Topology Optimization for Two-Dimensional Steady-State Heat Conduction Problems Using Boundary Element Method

(2次元定常熱伝導問題に対する境界要素法を用いたトポロジー最適化に関する研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	松本 敏郎
委員	名古屋大学	教授	井上 剛志
委員	名古屋大学	准教授	高橋 徹
委員	名古屋大学	教授	北 栄輔

論文審査の結果の要旨

景 果仙君提出の論文「A Study on Topology Optimization for Two-Dimensional Steady-State Heat Conduction Problems Using Boundary Element Method (2次元定常熱伝導問題に対する境界要素法を用いたトポロジー最適化に関する研究)」は、2次元定常熱伝導問題において、最適な熱伝導制御を行うための熱伝導デバイス創成に必要な解析手法の開発を目的とし、レベルセット法と境界要素法に基づき、目的とする最適な熱伝導体の形状を数値計算により自動的に求める方法の開発を行ったものである。本論文は7章からなり、各章の概要は以下の通りである。

第1章は序論であり、本研究の研究背景、研究目的、本論文の構成について述べている。

第2章では、本研究で設計対象となる構造の材料分布のトポロジーの変化に応じて変化するレベルセット関数と、それを目的汎関数のトポロジー導関数と関係づけた発展方程式により、最適なトポロジーを求める方法、最適化計算アルゴリズムの基礎的な解説を行っている。

第3章では、本論文で対象とする定常熱伝導問題の数値解析を行うために用いる境界要素法について、支配微分方程式と境界条件、境界積分方程式、離散化手法について説明している。

第4章では、構造から無限小の円形領域を除去することによって空孔が生じるトポロジーの変化に際して、空孔の境界条件を断熱境界条件とした場合についてのトポロジー導関数を、調和関数の漸近展開から求めた。さらに、レベルセット関数の値を保存する固定設計領域の格子点の値から、レベルセット関数の値が0となる等値線を自動的に求め、境界要素の発生と境界条件を与える方法を提案するとともに、数値実験によりその有効性を検証した。この方法により、新しく生じた境界において境界条件を直接、明示的に指定することができるようになった。

第5章では、無限小空孔の境界条件として実用上より重要となる熱伝導境界条件が規定される場合についてトポロジー導関数を求めた。トポロジーを変化させる無限小空孔の境界条件が異なると、目的汎関数の漸近展開における微小量の次元が第4章のトポロジー導関数と異なることが新たに示された。得られたトポロジー導関数は、目的汎関数の変化の差分近似による計算と比較することによりその正しさを検証し、実際のトポロジー最適化問題の解析例でその有効性を示した。

第6章では、材料分布形状のトポロジーの変化によって新たに生じる境界上でも、温度や熱流束を制御するための目的汎関数を設定する場合について、トポロジー導関数の導出に立ち返って論じている。温度規定・熱流束規定いずれの場合においても、トポロジー導関数の表現の中に、その点の温度、随伴温度、目標温度または目標熱流束が含まれる式が新たに導出された。本章の成果により、線形の境界条件を伴う定常熱伝導問題において想定されるほとんどのトポロジー最適化問題を、境界条件を直接規定して取り扱うことが可能となった。

第7章では、本論文で得られた知見を総括し、結論として述べている。

以上のように本論文は、2次元定常熱伝導問題における構造形状のトポロジー最適化の新しい手法を、レベルセット法と境界要素法に基づき開発したものであり、得られる構造境界をレベルセット関数から自動生成して、境界条件、目的汎関数を直接規定するための定式化を行い、数値実験をもとにその妥当性と実際のトポロジー最適化問題における有効性を明らかにしている。本研究のこれらの成果により、今後の熱伝導デバイスの設計・開発やそれが利用される製品の高性能化等に貢献することが期待され、学術上、工業上寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文提出者 景果仙 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。