

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14245 号
------	---------------

氏 名 SUKULTHANASORN Naruethep

論文題目

MULTI-SCALE TOPOLOGY OPTIMIZATION FOR TRANSIENT
HEAT ANALYSIS IN POROUS SOLID MATERIAL
CONSIDERING SIZE-DEPENDENT EFFECT
(多孔質構造体の寸法効果を考慮した非定常熱移動マルチス
ケールトポロジー最適化)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	工学研究科	教授	加藤 準治
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	舘石 和雄
委員	名古屋大学	工学研究科	講師	西口 浩司
委員	豊田工業大学	工学研究科	教授	下田 昌利

論文審査の結果の要旨

SUKULTHANASORN Naruethep 君提出の論文「MULTI-SCALE TOPOLOGY OPTIMIZATION FOR TRANSIENT HEAT ANALYSIS IN POROUS SOLID MATERIAL CONSIDERING SIZE-DEPENDENT EFFECT (多孔質構造体の寸法効果を考慮した非定常熱移動マルチスケルトポロジー最適化)」は、非定常熱移動問題に関するマルチスケルトポロジー最適化法を提案し、材料微視構造を定義するユニットセルのサイズに依存する寸法効果を考慮できる方法論を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、研究背景および動機、文献レビューを行い、本研究の果たす役割や立場、目的を明確にしている。また同時に、非定常熱移動解析を対象としたトポロジー最適化は、材料の微視構造から巨視的な構造の両方を考慮するマルチスケール解析において、世界的にもいまだ研究が進んでいない現状について詳細にその経緯を述べている。

第2章では、多孔質固体材料の2スケール熱移動解析をまとめ、高熱伝導材料と低熱伝導材料に適用可能な一般的なトポロジー最適化の枠組みを紹介している。また、多孔質材料の特徴を熱移動問題に反映するために均質化法の概念を取り入れ、さらにこの研究にとって重要となるユニットセルのサイズ依存性を示す項を新たに導入したモデルを提案している。

第3章では、第2章で紹介した解析モデルをもとに多孔質材料の最適微細構造を設計するための2スケルトポロジー最適化法を提案している。ここでは、微視構造のトポロジーから、材料界面の表面積をサイズ依存項として考慮できる最適化モデルを導入し、伝熱性能を向上させるという重要な方法論を提案している。また、異種材料間の中間的な材料特性を滑らかに補間するためにSIMP法と呼ばれる材料物性の補間関数に線形関数を採用し、汎用性の高い方法としてとりまとめている。また、目的関数として非定常熱コンプライアンスの最小化を取り上げ、随伴変数法による非定常問題の感度解析の定式化を行っている。その結果、非定常状態を考慮する提案手法は、定常状態を前提とした手法よりも高い最適化性能を発揮することを明らかにした。また、微視構造のサイズに依存する効果によって、放熱性能を向上させることが可能になるという重要な結果を示している。

第4章では、第3章の設計フレームを拡張し、微視構造と巨視的構造の両方を同時に最適化する2スケール同時トポロジー最適化法を提案をしている。具体的には、両スケールに対して2つの連続に変化する設計変数を導入し、解析的感度の定式化を行った上で、設計関数のそれぞれの設計変数に対する勾配を情報源として最適化を実施するものである。また、提案手法によって得られる解析的感度は、有限差分法で得られる数値的感度と高い精度で一致することを示し、最適化計算例で紹介する最適化構造の最適性および信頼性を保証している。最後にいくつかの最適化計算例において、微視構造および巨視的構造の両方の非定常熱移動問題のトポロジー最適化結果を示した上で、時間およびユニットセルのサイズ依存性の重要性を強調しており、構造・材料設計学および積層造形の分野に対して示唆に富む結果を示している。

最後に第5章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、ユニットセルのサイズに依存する効果を反映した非定常熱移動問題のためのマルチスケルトポロジー最適化法を提案し、従来の設計フレームワークと比較してその優れた性能を示している。このように本論文で得られた結果は、熱-流体、熱-構造-流体、熱-構造-化学などの複雑な物理現象下の構造・材料設計に拡張でき、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。

よって、本論文の提出者であるSUKULTHANASORN Naruethep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。