

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13618 号
------	---------------

氏 名 XIE Suqiong

論文題目

Topology Optimization Method for Flow Channel Design Using Lattice Kinetic Scheme Considering Thermal and Unsteady Flows (格子運動論スキームを用いた、非定常流と熱伝導問題を考慮した流体流路のトポロジー最適化)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	松本 敏郎
委員	東京大学	准教授	山田 崇恭
委員	名古屋大学	准教授	伊藤 靖仁
委員	名古屋大学	教授	奥村 大
委員	名古屋大学	准教授	高橋 徹

論文審査の結果の要旨

XIE Suqiong君提出の論文「Topology Optimization Method for Flow Channel Design Using Lattice Kinetic Scheme Considering Thermal and Unsteady Flows (格子運動論スキームを用いた、非定常流と熱伝導問題を考慮した流体流路のトポロジー最適化)」は、流れ問題および熱と流れが連成するトポロジー最適化問題で、それらの数値解析に格子運動論スキームを用いて、新しい流れ問題および熱・流れ連成問題のトポロジー最適化法を開発している。

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章においては、格子ボルツマン法から格子運動論スキームの導出過程を説明し、それをトポロジー最適化に用いる上でより効率的な計算が可能となるように、局所平衡分布関数の新しい形を提案している。

第3章では、レベルセット法と格子ボルツマン法に基づく流れ問題のトポロジー最適化の方法を示し、目的汎関数のレベルセット関数に対する感度係数を計算する方法と随伴ボルツマン方程式の導出方法を示した。さらに、流れ問題の順解析に加えて随伴ボルツマン方程式の格子運動論スキームを新たに示した。提案した手法は、従来示されている別の方法で計算された定常流れ問題のトポロジー最適化結果と比較することにより、精度、必要な計算機のメモリー容量などを比較・検証している。

第4章では、流入・流出する流れの流速が時間とともに振動する非定常流れ問題を考え、流入口と流出口間のエネルギーフラックスの最小化、および流路内の流体の散逸エネルギー最大化に対するトポロジー最適化問題に、第3章で開発した解法を適用した。その結果、格子運動論スキームを用いる本研究で開発した解法により、流速変動が周波数が異なると得られるキャビティ形状の複雑さが変わるという知見が得られた。

第5章では、流路境界との熱交換と流体内の熱伝導を伴う非定常流れ問題を対象としたトポロジー最適化問題に、レベルセット法と格子運動論スキームを用いる方法を開発した。この問題では、Navier-Stokes方程式と熱方程式の両方の格子運動論スキームを、元の問題と随伴問題の両方に対して定式化した。また、流体の流速ベクトルと密度に加えて温度を含む形の目的汎関数の感度係数を求めている。開発した解析法を、流速が周期的に変動し、熱が流路境界の一部から供給されるような流路のトポロジー最適化問題に対して適用し、流体が効率的に熱を輸送することができる熱交換デバイスのキャビティ形状の最適化を行なうことが可能となった。

第6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、流れ問題および熱伝導問題の数値解析に格子運動論スキームを用いることを提案し、新しい流れ問題および熱・流れ連成問題のトポロジー最適化法を開発している。これら解析法並びに得られた結果は、流体を利用したエネルギー交換素子の開発への応用を実現するために重要であり、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XIE Suqiong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。