

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 新谷 浩平
論文題目 数理的アプローチによる機械設計に関する研究

論文審査担当者

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

新谷浩平君提出の学位論文「数理的アプローチによる機械設計に関する研究」は、偏微分方程式の境界値問題が定義された領域を設計対象にした形状最適化理論を自動車の設計に利用するための数理的モデリングと数値解法に関する一連の研究をまとめたものであり、全6章から構成される。

第1章は序論であり、研究の背景と論文の構成をまとめている。

第2章では、Poisson 問題を主問題とした形状最適化問題を取り上げて、形状最適化問題の構成法から解法までを簡潔にまとめている。

第3章では、ブレーキの鳴き現象を取り上げ、ブレーキ鳴きを抑えるような最適形状設計が可能であることを示している。この研究では、ブレーキを Coulomb 摩擦が作用するローターとパッドで構成された線形弾性体の結合体としてモデリングした。ブレーキ鳴きは、その結合体の複素振動固有値の実部が正になったときに起こるという仮説に着目し、正值をとる実部の最大値を最小化する形状最適化問題を構成した。この問題に対して、複素振動固有値実部の形状微分を評価する式を理論的に導き、 H 勾配法による数値解法を示した。さらに、ローターとパッドの有限要素モデルを用いた数値例により、理論の妥当性を実証した。

第4章では、自動車で多用されている薄板構造に注目し、剛性を高めるために成形される微小な凹凸（ビード）形状を最適化する研究に関する成果をまとめている。この研究では、薄板を Mindlin-Reissner の仮定により 5次元の状態変数に対する偏微分方程式の境界値問題としてモデリングした。その上で、薄板の面外方向への移動量を設計対象として、凹凸の高さ制限を設計変数のシグモイド関数により実現し、評価関数に平均コンプライアンスを選ぶことで目的の形状最適化問題を構成した。この問題に対しても理論的に評価関数の形状微分を求め、数値解法を示し、有限要素モデルを用いた数値例により、理論の妥当性を示している。

第5章では、タイヤやゴムブッシュなどの超弾性体やプレス成型や衝突解析における弾塑性現象を対象にした形状最適化問題に取り組んでいる。これらの現象は、Green-Lagrange ひずみと第2 Piola-Kirchhoff 応力に適切な構成則を導入することで非線形偏微分方程式の境界値問題としてモデリングされる。その上で、ゴムブッシュに対しては変形と反力の関係と指定された関係の誤差が最小となるような形状最適化問題を構成し、理論的に評価関数の形状微分を求め、数値解法を示し、有限要素モデルを用いた数値例を示している。また、サスペンションアームに対しては塑性座屈時の反力を最大化するような形状最適化問題を構成し、反力の形状微分を求めて、有限要素モデルを用いた数値例を示している。

第6章では、本論文の内容をまとめ、残された課題と今後の展望について述べている。

別紙1-2

以上、新谷浩平君提出の学位論文は、これまで基礎的かつ抽象的な偏微分方程式の境界値問題のみを対象にしてきた理論が、自動車の設計で求められている実用的な課題に対しても適用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自動車の設計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、論文提出者である新谷浩平君が博士（情報科学）の学位を付与されるに十分な資格を有するものと判断した。