

## 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 RABAGO Julius Fergy Tiongson

論 文 題 目

Analysis and Numerics of Novel Shape Optimization Methods  
for the Bernoulli Problem

(ベルヌイ問題に対する新しい形状最適化問題の解析と数値計算)

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

RABAGO Julius Fergy Tiongson 氏提出の論文「Analysis and Numerics of Novel Shape Optimization Methods for the Bernoulli Problem」は、ベルヌイ問題に対する研究成果をまとめたものである。ベルヌイ問題は、偏微分方程式の境界条件が過剰に与えられた下で境界形状を決定する問題として定義される。本論文では、形状最適化理論に基づく新しい問題の構成法とそれらの問題に対する正則な数値解法が示されており、4章からなる。

第1章は序論であり、本研究の背景と本研究において提案する新しいベルヌイ問題の構成法およびその問題に対する解の存在について述べている。最初に、形状最適化理論の歴史とそれを論ずる上で必要となる表記法と基本的な定理を示したあと、ベルヌイ問題は形状最適化問題のプロトタイプとして位置づけられ、その問題に帰着する実問題がいくつか挙げられることを紹介している。そのうえで、従来の定式化ではディレクレ条件やノイマン条件の解を用いた評価関数が使われていたが、本論文ではロビン条件の解を用いた評価関数を使うことを提案し、その問題に対する解の存在を定理として証明している。

第2章では、従来の評価関数と新しい評価関数に対する形状微分と2階形状微分（形状ヘッシアン）の評価方法を示している。これらの形状微分と2階形状微分は、第3章においてソボレフ空間における勾配法やニュートン法を適用する際に使われる。また、形状ヘッシアンの強圧性は解の存在を保証することになる。ベルヌイ問題の難しさは、偏微分方程式の境界値問題を等式制約条件にもつ関数最適化問題であることに加えて、偏微分方程式が定義される領域が動くことにある。前者の困難に対しては、ラグランジュ乗数法が使われ、その正当性を定理として証明している。後者の困難に関しては、速度法とよばれる定義に基づく汎関数の物質微分に関する定理が使われている。さらに、ロビン条件の定数に平均曲率を用いて、最適性の条件を仮定すれば、形状ヘッシアンの評価が簡略化されることを見出している。

第3章では、第2章で得られた評価関数の形状微分と2階形状微分を用いたソボレフ空間上の勾配法とニュートン法を定義して、それらに基づく数値解法について述べている。ニュートン法は本研究において初めて示された。また、ステップサイズの決め方と平均曲率の正則化法に独自の工夫が施されている。さらに、有限要素法プログラミング言語を用いたコードを開発し、提案されたアルゴリズムの有効性を数値例によって確認している。

第4章では、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、ベルヌイ問題をロビン条件の解を用いた評価関数を用いた形状最適化問題として定式化することによって、従来ではなし得なかった効率的な解法が実現できたことが成果であることを述べている。

以上のように、本論文はベルヌイ問題とよばれる実用上重要な問題に対して新しい研究成果を含んでおり、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 RABAGO Julius Fergy Tiongson 氏は博士（学術）の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。