

[別紙2]

審査の結果の要旨

氏名 于 随然

本論文は、「A Framework for Generation and Evaluation of Design Alternatives in Product Life Cycle Design」(ライフサイクル設計における設計代替案の生成と評価)と題して、製品機能、環境親和性あるいは経済性など多様な要求に対して、製品ライフサイクルを適切に計画・設計するための体系的な手法を提案し、事例によりその有効性を検証したものである。

近年、先進技術の導入による工業製品市場における競争激化とともに、地球環境の持続可能性を視野にいたした製品・製造体系の変革が要求されている。そのためには、製品そのものの性能のみならず、製品を利用し、保守・改良して、最後にリサイクル・廃棄するまで、製品の全ライフサイクルにおける技術的な最適化を追求しなければならない。そこで本論文では、ライフサイクルの評価基準として、製造者や利用者の利益、資源・エネルギー消費や廃棄物排出などの環境負荷などを設定し、製品の全ライフサイクルに対して数理的な最適化手法が適用できるような巨視的なモデルを構築する手法を提案した。そのようなモデルに基づき、設定したライフサイクル評価基準を満たすような可能なライフサイクルの形態を設計代替案として最適化手法により生成する手法を示した。

本論文は5章よりなり、その概要は以下のようなものである。

第1章は序論である。真に環境に適合した製品を製造するためには、単にリサイクル技術などを充実させるだけでは不可能であり、利用者による製品の利用の仕方なども考慮して、最初から製品の全ライフサイクルを環境に適合するように計画・設計していくことが重要であることを述べている。ライフサイクル設計は、利用者や製造者が多くの異なる評価基準で要求を提示する困難な問題であり、そのための製品設計支援の方法論が必要であることを論じて、本研究の目的と基本的な考え方を明らかにしている。

第2章は、製品ライフサイクル設計の課題と題して、本研究の背景となる既存研究や本研究で用いられる手法を解説している。ライフサイクル設計の基礎として従来からの設計工学や設計方法論を概説し、ライフサイクル設計のために必要な事柄をまとめている。ライフサイクル設計の考え方を提案し、関連する既存研究として、設計における最適化手法、ライフサイクル管理やシミュレーション、製品情報管理システム、ライフサイクル評価手法(LCA)などについて、ライフサイクル設計への有効性を論じた。

第3章は、最適化手法に基づくライフサイクル設計の方法を詳しく述べており、本研究の主要な部分である。ライフサイクル設計の手順を、製品ライフサイクルのモデリング方法、モデリングに必要なデータの収集と推定方法、最適化手法によるライフサイク

ル設計方法、設計方法により生成された代替案の評価方法、に分けて述べている。

ライフサイクルモデリングおよびデータ決定のために、変数間の依存性を明示する符号付グラフによるモデリングを基礎として、品質機能展開によりモデル構造を確定していく手法を提案し、更にファジー関数を応用したデータ推定法によりモデルの変数を推定していく方法を述べた。ライフサイクル設計における各種の評価基準を制約条件に設定し、それらの評価値が想定された設定値になるようにライフサイクル設計の変数を決定するために、ゴールプログラミングによる最適化手法を適用した。設定値が厳しければ、実現可能なライフサイクル変数の値は存在せず、緩すぎれば多くの実現可能な変数の組み合わせが存在することになる。これらの組合せを代替案として整理し、主観的な代替案評価をできる限り体系的に行おうとする階層化手法により、設定値の感度解析も含めてライフサイクル設計を合理的に行う手法をまとめた。

第4章では、第3章で提案された手法の有効性を評価するために、二つの例題について設計実験を行っている。評価の例題として、家庭用の標準的な冷蔵庫と空調機をとりあげた。ライフサイクル設計を決定する変数として、製品寿命、部品の信頼性、使用中のアップグレードの可能性などを考え、評価基準として、利用者および製造者の利益、製品の性能や稼働率を設定した。前章の手法により、種々に設定された評価基準に対して、その基準を達成できるライフサイクル設計変数の組み合わせが求められ、また基準を変化させることにより、ライフサイクル設計が影響を受ける様子を設計代替案として評価することができ、ライフサイクル設計への有用性が評価された。

第5章は、以上に記述されたような本研究で得られた成果のまとめと今後の課題を述べている。

以上を要するに、本論文は、製品機能、環境親和性あるいは経済性など多様な要求に対して、製品ライフサイクルを適切に計画・設計するための体系的な手法を提案し、事例によりその有効性を検証したもので、精密機械工学の学術の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。