



Title	品質工学の基本機能の数理的基礎付けに関する研究
Author(s)	山口, 新吾
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72576
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名（山口新吾）	
論文題名	品質工学の基本機能の数理的基礎付けに関する研究

論文内容の要旨

■第1章では、研究の背景と目的について述べる。

品質工学は、設計・製造の全段階に亘り、品質とコストの課題解決の為、専門技術ではなく共通な手法を開発し提供する汎用技術である。製品や技術を、内乱や外乱に晒されながら入力信号に応じて特性を出力するシステムと考え、出力特性の安定性を効率的に評価することで最適なシステムを構築することを目指す。そこでは、基本機能の概念を活用して課題設定しパラメータ設計で最適化して課題を解決する。パラメータ設計は、実験計画法を活用して設計パラメータの効果を表す要因効果図を作図し最適条件を効率的に探索出来る。しかし、課題設定に必要な基本機能は技術者の知見や経験に依存し効率化が出来ていない。

基本機能を数理的な基礎付けのもとで合理的に定式化出来れば、基本機能の依存性を回避でき課題解決が効率化出来る。基本機能の定式化は製品や技術の機能の定式化に繋がり、設計上流の機能レベルで目標達成度や安定性の最適化が期待できる。

本研究における品質工学における基本機能の数理的基礎付けとは、品質工学の基本機能の定式化である。本研究は品質工学の基本機能を合理的に定式化する方法論を提案し、事例研究を通じてその有効性を提示することを目的とする。

■第2章では、代表的な設計方法論と先行研究との比較から本研究の位置づけを述べる。

代表的な設計方法論として品質工学、公理的設計、体系的アプローチ、一般設計学、1DCAEを取り上げ、それらの設計方法論で定義されている機能について比較している。これら設計方法論に共通して、機能はエネルギーに関係するという特徴があり、定式化が難しいという課題が明らかとなった。その中で、品質工学の基本機能のみが理想関数 $y = \beta M$ という定式化を備えていることを発見できた。また、機能をモデル化する先行研究では明確な機能情報が必要であり、ラグランジュ関数を導出し回路論でモデル化する先行研究では詳細な構造情報（3DCAD）が必要など、新機能をエネルギー変分原理と回路論からモデル化する先行研究は見当たらなかった。

■第3章では、本研究で開発した基本機能の定式化の概要を述べる。

本方法論は4つのStepで構成される。Step1は回路論の考え方を活用して製品や技術の機能をモデル化するものであり、Step2は製品や技術の機能モデルをエネルギーで表現したラグランジュ関数を設定するものであり、Step3は変分原理を活用してラグランジュ方程式を導出するものであり、Step4はラグランジュ方程式を基本機能の表式として設定するものである。ここで、ラグランジュ関数は運動エネルギーとポテンシャルエネルギーと散逸エネルギーと外力による仕事で構成され、夫々に慣性機能、弾性機能、減衰機能と定義し機能要素と定義し、機能はこれら機能要素で過不足なく表現されるとしている。

■第4章では、単一システムの基本機能の定式化と事例研究を述べる。

単一システムは一つの技術分野の慣性機能、弾性機能、減衰機能の組合せで構成される製品や技術である。事例研究としてスピーカーコーンシステムの基本機能を導出している。

■第5章では、複合システムの基本機能の定式化と事例研究と設計プロセスでの適用効果を述べる。

複合システムは複数の技術分野の単一システムの組合せで構成される製品や技術である。事例研究として、音響システム（スピーカーシステム）の基本機能を導出している。設計プロセスへ適用することで、設計の上流段階（概念設計etc）で製品や技術の機能の最適化が可能であることを確認している。

■第6章では、階層システムの基本機能の定式化と事例研究を述べる。

階層システムはシステム間で上下の階層構造を構成しているシステムである。階層システムの定式化では、単一システムをZ：ブラックボックスとして議論する作法を導入している。事例研究として、スピーカーコーンシステムの基本機能を導出している。設計プロセスへ適用することで、新製品開発や従来品の機能改善の効率化が期待できることを示している。

■最後に、第7章では、本論文の各章のまとめと結論と今後の展開を述べる。

今回は、基本的な考え方と方法論を提示した。今後、様々な製品や技術に適用して有効性を実証していく予定である。

また、本研究のまとめにあたり、改めて制御理論、システム理論との相違点を整理した。今後、完成度の向上に向けて制御理論、システム理論の活用についても検討する予定である。

本研究の対象は、機械、電気、熱、化学などの技術である。現在の製品や技術の多くはソフトウェアが組み込まれていて、ソフトウェア技術に適用できるか検討する予定である。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (山口 新吾)	
	(職) 氏名
論文審査担当者	主査 教授 森田 浩
	副査 教授 谷田 純
	副査 教授 鈴木 秀幸

論文審査の結果の要旨

品質工学における基本機能の設定が技術者の知見や経験に依存すると、パラメータ設計による設計パラメータや製造条件の最適な組合せを探索することができても、品質工学における技術課題の解決が技術者の知見や経験に依存することとなる。パラメータ設計を含めて品質工学における技術課題の解決を効率化するためには、基本機能を数理的に基礎付けて合理的に基本機能を設定し、一定の手順に従って製品や技術の技術課題を合理的に設定することが重要である。

従来、設計プロセスの中流段階や下流段階である実体設計や詳細設計において、パラメータ設計を活用して製品や技術の設計パラメータや製造条件の目標達成度や安定性の最適化していた。基本機能を数理的に基礎付けて合理的に基本機能を設定することができれば、製品や技術の機能を定式化することにつながり、設計プロセスの上流段階である目標設定や概念設計において、製品や技術の機能の目標達成度や安定性の最適化が可能となる。

本論文では、品質工学の基本機能を合理的に定式化する方法論を提案し、事例研究を通じてその有効性を検証している。まず、代表的な設計方法論として品質工学、公理的設計、体系的アプローチ、一般設計学、1DCAEを取り上げ、それらの設計方法論で定義されている機能について特徴と課題を整理し研究課題を設定している。基本機能を数理的に基礎付けて合理的に基本機能を設定する方法論として、回路論の活用による機能のモデル化、機能モデルのエネルギーで表現したラグランジュ関数の設定、変分原理を活用したラグランジュ方程式の導出、基本機能の表式の設定の4つのステップを提案している。

提案したアプローチによって、一つの技術分野の慣性機能、弾性機能、減衰機能の組合せで構成される単一システムに対して基本機能の定式化を行い、スピーカーコーンシステムを事例研究として取り上げ、基本機能が導出できることを確認した。次に、複数の技術分野の単一システムの組合せで構成される複合システムに対して基本機能の定式化を行い、音響システム（スピーカーシステム）を事例研究として取り上げ、設計プロセスでの適用効果を確認した。さらに、単一システムが下位階層の複数の単一システムの組み合わせに分解できたり、あるいは、複数の単一システムの組み合わせが上位階層の単一システムに統合できたりという階層構造で構成されるシステムに対して、基本機能の定式化を行い、スピーカーコーンシステムを取り上げた事例研究において、階層システムの設計プロセスでの適用効果を確認した。

以上より、本論文は品質工学における基本機能を合理的に定式化し、複数の技術分野の組合せとなる複合システムのパラメータ設計の効率化を図るものである。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。