

新任教員紹介

機械工学科・助教 加藤 健郎

略歴

- 1983.2 東京都生まれ
- 2005.3 慶應義塾大学 理工学部 機械工学科卒業
- 2007.3 慶應義塾大学大学院 理工学研究科 総合デザイン工学専攻 博士課程前期修了
- 2007.4 東芝エレベータ株式会社 入社（開発部機械開発担当）
- 2010.2 東芝エレベータ株式会社 退社
- 2010.4 慶應義塾大学 理工学部 機械工学科 助教
- 2011.3 慶應義塾大学大学院 理工学研究科 総合デザイン工学専攻 博士課程後期修了
- 2012.4 現職



担当科目

機械要素設計，機械デザイン1・2，機械工学概論，入門ゼミナール1・2，機械工学ゼミナール，問題発見ゼミナール，卒業研究I・II

研究活動内容

1. はじめに

近年の製品は、使用者の多様なニーズに応えるために多機能化しており、その構造は複雑化しています。さらに、製品の市場はグローバル化しており、成長著しい発展途上国の製品に対抗するために、徹底したコストの低減が強いられています。こうした機能の追及やコストの低減の影で、大前提であるはずの製品の安全性・信頼性が損なわれるケースが散見されており、製品の設計・デザインの在り方を見直す必要性が指摘されています。

筆者は、設計・デザイン分野の研究に従事しており、設計・デザインに関する一般的な原理・原則を導くための設計・デザイン理論に関する研究や、それを応用することで設計・デザインの合理化を図る設計・デザイン方法の構築などを行っています。本稿では、筆者が主に取り組んできた2つの研究について、概要と今後の展望について述べます。

2. 多様場に対応するロバスト設計に関する研究

ロバスト設計は、人工物に生じる様々なばらつきに対してロバスト（頑強）な機能を確保することにより、人工物の安全性・信頼性を実現する設計方法です。例えば、設計パラメータのばらつきを想定しない最適設計では、図1(a)に示すような設計解を導出しますが、ロバスト設計では、図1(b)のようにパラメータのばらつきに伴う機能のばらつきが小さい（ロバストな）設計解を導出します。

従来のロバスト設計の手法の多くは、中央極限定理に基づいて、パラメータのばらつきに伴う機能のばらつきを正規分布と仮定していました。しかし、冒頭で述べたように、近年の人工物の使用者や使用環境（以下、場と称する）は多様化しているため、機能のばらつきを正規分布と仮定することに無理が生じてきています。例えば、場の多様性により機能を表す目的関数が多様化した場合、機能のばらつきは図1(c)のように正規分布が重なった多峰性分布となり、正規分布を想定した手法ではロバスト性を適切に評価できません。さらに、多様場において使用される人工物には、機能のロバスト性を確保するためにパラメータを可変するための機構（例えば、シートにおけるリクライニング機構やリフタ機構など）が設けられますが、従来のロバスト設計法のなかに、可変機構の採否や適切な可変範囲を設定するための手法はありません。

そこで筆者らは、モンテカルロ法を用いたシミュレーションにより、多峰性分布を適切に評価するロバスト設計法¹⁾を構築しました。さらに、同手法を応用し、可変するパラメータを想定したロバスト設計法²⁾を構築しました。

今後は、ロバスト性とコストのトレードオフ問題や、ロバスト性を確保するための製品ラインナップの決定問題などに取り組むことで、実際の設計問題に即した設計方法として拡張していく予定です。

3. 設計理論に基づく品質機能展開に関する研究

品質機能展開（Quality Function Deployment, 以下 QFD と称する）は、設計に関する要素（以下、

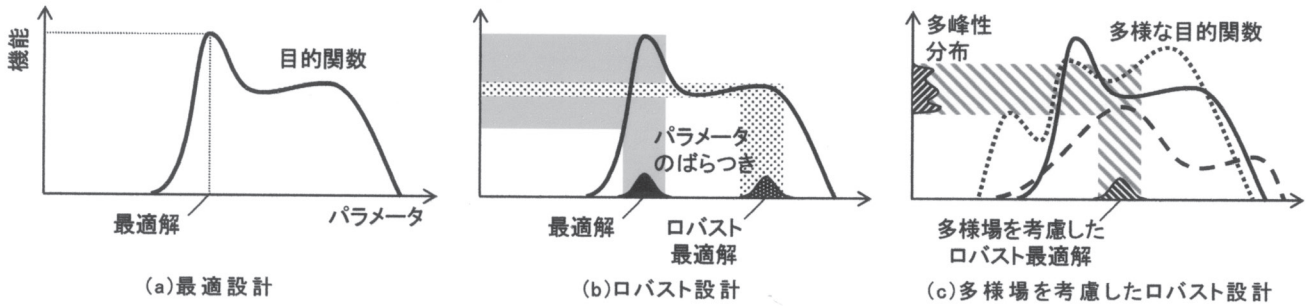


図1 多様場に対応するロバスト設計法の概念図

設計要素と称する)間の関係性を記述し整理するための二元表を用いて、ユーザの要求を、製品の特性、製品を構成する機構や部品の特性、さらには製品の製造や保守における特性へと系統的に展開していくツールであり、設計要素を洩れなく把握するために用いられています。

しかし、従来の主な QFD においては、概念設計、基本設計、詳細設計などの各設計過程において、各過程の担当者が二元表を作成することが一般的でした。このため、担当者間の意思統一や各設計過程間の双方向的な設計を行うことは困難であり、QFD は品質管理などの設計下流過程での利用に限定されていました。

そこで筆者らは、設計行為のメカニズムを究明する設計理論に基づき、設計者の思考展開の考察や設計要素の特徴の分類を行い、得られた知見を基に、設計の上流過程から下流過程までの共通利用を実現する QFD³⁾を提案しました。具体的には、従来の QFD において、「ユーザ要求」、「(製品の)品質特性」、「機構」、「部品」のように概念設計から詳細設計に至るまでの流れに基づいて 4 つに分類されていた設計開発要素を、「価値」、「意味」、「状態」、「属性」の 4 つに再分類し、各分類間の関係性を表す 3 つの二元表と、各分類内の関係性を表す 4 つの相関表を設けました (図 2)。4 つの分類の詳細は、ユーザ側の価値・メーカー側の価値・社会的価値などを表す「価値」、機能性・操作性・生産性など価値を満たすための特性を表す「意味」、製品性能・生産効率・使用環境など意味を物理特性やそれらの場として表現した「状態」、およびその状態を実現するための構造、形状、材料などの「属性」です。これにより、設計要素とそれらの関係性を各設計過程において俯瞰的に捉えることが可能となり、設計の上流から下流過程までの共通利用や、設計過程間の双方向的な設計が可能となります。

現在は、提案した QFD の様々な事例適用 (車椅子や頭部保護帽、自動車のシートやステアリングシステム、切削加工システムやリソグラフィシステムなど)を進めており、その有効性を検証しています。

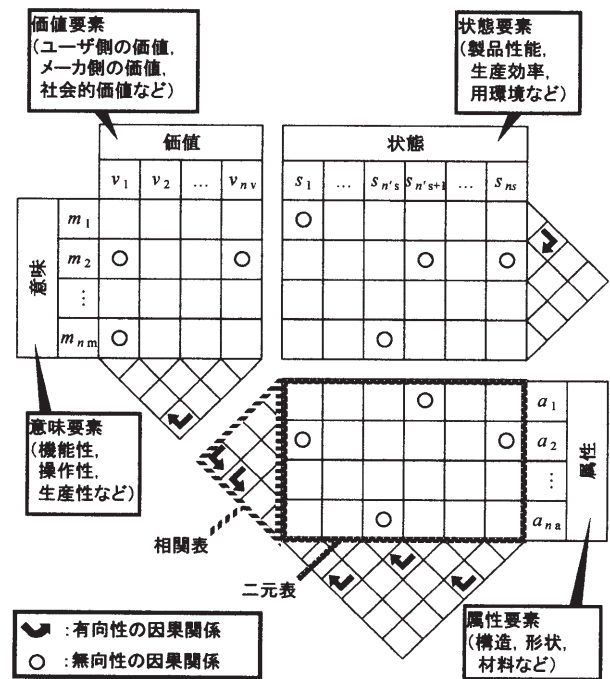


図2 設計理論に基づく QFD の概念図

4. おわりに

以上に述べたように、筆者の研究は、企業や教育・研究機関など、様々なものづくりの現場において汎用な設計・デザイン方法の構築を目標としております。東海大学は数多くの分野の研究者が集まる総合大学ですので、分野横断的な研究を進めていけるよう、努めてまいりたいと思います。

参考文献

- 1) T. Kato et al.: Proposal of Robustness Indices for an Objective Characteristic with Non-normal Distribution, Journal of JSDE, 47-2, pp. 104-111, 2012.
- 2) A. Watai et al.: Robust Design Method for Diverse Conditions, Proceedings of the ASME DETC 2009-87018, 2009.
- 3) T. Kato et al.: Quality Function Deployment based on Multispace Design Model and Interpretive Structural Modeling, Proceedings of the Umtik2012, 2012.