

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26750005

研究課題名(和文) デザイン上流過程を支援するロバストデザインシステムの構築

研究課題名(英文) Development of Robust Design System to Support Early Design Process

研究代表者

加藤 健郎 (Kato, Takeo)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・講師

研究者番号：70580091

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ロバストデザインにおける目標特性とその因子を適切に設定するためのデザインシステムを構築した。本システムは、200種類以上のデザイン手法のなかから、デザインタスクにおけるインプットとアウトプット(デザインにおける与条件、状況、問題構造、デザイン案など)に基づいて適切な手法を選択することが可能である。そして、構築したシステムを用いてリクライニング車椅子のデザインを行うとともに、同車いすの有効性評価を老人ホームで行うことで、提案したシステムの適用可能性を確認した。今後は、提案システムのさらなる有効性検証のために、同システムをその他のデザイン事例にも適用していく予定である。

研究成果の概要(英文)：This study proposed a robust design system to properly select the design objective characteristics and their factors. The proposed system enables designers to properly choose a method from 200 design methods the basis of the combination of the inputs and outputs of design tasks (e.g. design condition, circumstance of design object, design problem structure and design solution candidate). The proposed system was applied to the design problem of a reclining wheelchair, and the effectiveness of the designed wheelchair was confirmed by the usability test held in a nursing home. This revealed the applicability of the proposed system. The future task includes the applications to various design problems in order to confirm the effectiveness of the proposed system.

研究分野：デザイン学

キーワード：デザイン理論・方法論 ロバストデザイン ユニバーサルデザイン 人間中心設計

### 1. 研究開始当初の背景

近年、東日本大震災やそれに伴う原発事故などの想定外の災害や事故が多発しており、製品における安全性・信頼性の確保が重要視されている。それらを確保するための手段としてロバストデザイン(以下、RD)が注目されている。RDは、製品に生じる様々なばらつきに対して機能の頑強性(ロバスト性)を高めるためのデザインであり、加工や材料特性などの人工物のばらつきに対応するための方法論として1970年代に興り、近年では、人工物を取り巻くユーザ特性や使用環境などの複雑なばらつきに対しても適用されている。

RDは、詳細デザインなどのデザインの下流過程において、定められたデザイン目標(目標特性)とそれに関係する因子(デザイン変数やばらつきのパラメータなど)を用いて定量的なロバスト性評価を行い、ばらつきの少ないロバストデザイン解を導出する。しかし、ロバストデザインにおいて、デザイン目標とその因子を適切に選択するための方法は確立されていないため、それらの決定を行うデザイン上流過程において不適切な選択が行われた場合、ロバスト性を確保するのが困難となってしまう。

一方、RDと同様にユーザ特性のばらつきに対応するデザインとして、ユニバーサルデザイン(以下、UD)や人間中心デザイン(以下、HCD)が挙げられる。これらのデザインは、概念・基本デザインなどのデザイン上流過程において挙げられたデザインコンセプトを定性的に評価(確認)することが多い。さらに、それらの評価基準はデザイン対象に特化するものが多いため、デザイン下流過程において一般性のある定量的な評価を得ることは難しい。すなわち、RDとUD・HCDは、類似する概念を有しかつ、補完関係にあるものの、効果的なコラボレーションができていないといえる。このような問題は、インダストリアルデザイン(以下、ID)とエンジニアリングデザイン(以下、ED)間において散見される問題であり、デザインの研究分野ではIDとEDのつながりを支援する(IDとEDの統合化を目指す)研究が多く行われている。

### 2. 研究の目的

本研究では、RDと類似する概念を有しデザイン上流過程に用いられるUDやHCDの知見と、デザイン上流過程において用いられるボトムアップとトップダウンを融合したデザイン展開を行う創発デザインの知見を応用することで、デザイン目標とその因子の設定を支援するロバストデザイン方法(システム)を構築することを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究では、まず、RDの上流過程支援に関する知見を得るために、UDとHCD手法

の調査・分類を行う。次に、得られた調査・分類結果に基づいて、デザインシステムを試作する。最後に、試作したシステムの有効性検証として、デザイン事例への適用を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) UDとHCD手法の調査・分類

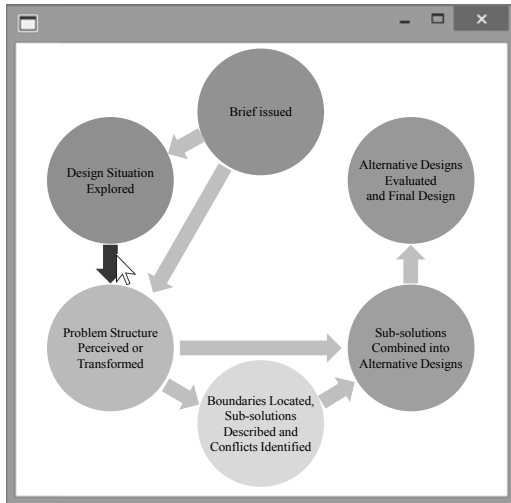
UDとHCDに関する調査を進めた結果、その多くは概念や枠組を与えるものであり、具体的に利用する手法のなかには、一般的なデザイン手法も多く含まれていた。そこで、本研究では、手法の調査範囲を広げ、デザイン手法全体の調査と分類を行うこととした。具体的には「デザイン手法(Design method)」というキーワードで「Web of Science」dream、および「Google Scholar」のデータベースを検索し、研究で用いられている(論文に引用されている)約200種のデザイン手法を抽出した。さらに、それらをJ.C.Jones(1970)により提案されたデザイン手法の選択のための6種類のインプットとアウトプット「与条件」「調査されたデザイン状況」「把握されたまたは変換された問題の構造」「つきつめられた境界・記述された二次的な解と見きわめられた矛盾」「選択制のあるデザイン案に組み合わせられた二次的な解」「評価された選択制のあるデザイン案および選択された最終的デザイン」に基づいて分類した。この分類基準を用いた理由は、創発デザインにおけるボトムアップとトップダウンの繰り返し、すなわち様々な種類の要素の入出力関係に対応する必要があったためである。

#### (2) デザインシステムの試作

デザイン手法の調査と分類に基づいて、適切なデザイン手法を選択するデザインシステムを試作した。その概念図を図1に示す。同図(a)は上述した6種類のインプットとアウトプットの条件を入力する箇所であり、同条件が入力されると同図(b)のように、対応可能な手法が提示される。さらに手法を選択すると同図(c)のように手法の簡単な説明が提示される。これにより、デザインは、適切なデザイン手法を選択することができ、デザイン目標やその因子を適切に設定することが可能となる。

#### (3) デザインシステムの事例適用

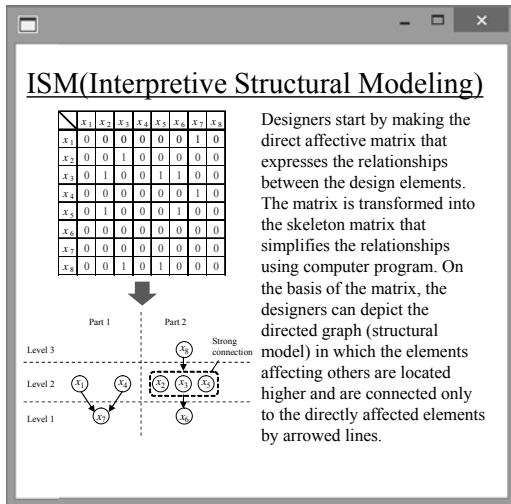
提案したシステムの一部を用いて、多様な体格に対応するリクライニング式車椅子のロバストデザインを行った(図2)。提案システムにより選択された、タスク分析、形態学的チャート、AHP、QFD、ISMなどの手法を用いることで、デザイン対象における目標特性(体圧分布、筋電位、皮膚血流量など)とそれらに関連する因子(クッションアングル、バックアングル、バックチルトアングルなど)を適切に設定することができ、手戻りなくロバスト最適デザイン解を導出することができた。これにより、提案システムの適用可能性が示唆された。



(a) インプットとアウトプットの条件の選択

1	Qualification Theory Type
2	Qualification Theory Type
3	Qualification Theory Type
4	Correspondence Analysis
5	Dual Scaling
6	Positioning Method
7	DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)
8	Mindmap / Concept Mapping
9	Grounded Theory
10	ISM (Interpretive Structural Modeling)
11	Relevance Tree Method
12	Decision Tree / Divergent Tree Method
13	Routes Chart Method

(b) 入力条件に対応可能な手法の一覧

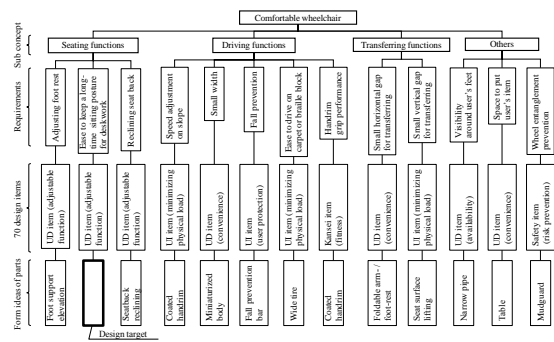


(c) デザイン手法の簡単な説明

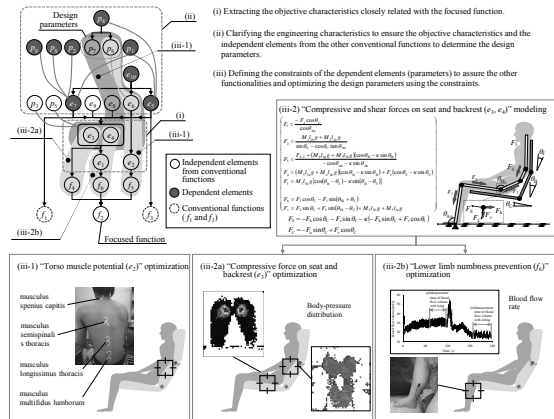
図1 ロバストデザインシステムの概念図

5. 主な発表論文等  
〔雑誌論文〕(計6件)

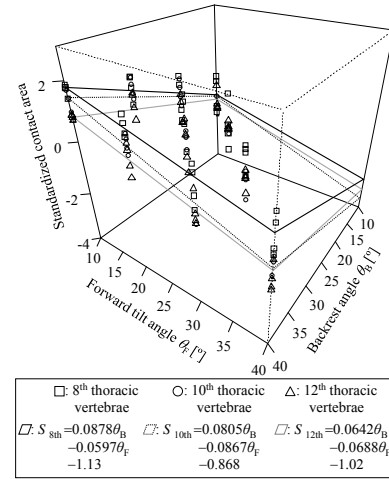
Kengo Yoshinaga, Takeo Kato and Yoshihiro Kai, Clustering Method of Design Structure Matrix for Trade-off Relationships, Bulletin of JSSD, 査読有, In press



(a) 構造化コンセプトに基づく目標特性の明確化



(b) ISMによる因子の明確化



(c) バックアングルおよびバックチルトアングルのロバスト最適化に用いた目的関数の例



(d) 試作車椅子および検証実験

図2 提案システムを用いた車椅子の開発事例

Takeo Kato and Satoshi Katsumata, Human Design Technology Using Quality Function Deployment and Its Application, Bulletin of JSSD, 査読有, Vol.62, No.5, 2016, pp.31-40

加藤健郎, 小山拓海, 勝又隆介, 車椅子の背もたれ中折れ機構における設計指針の提案, 設計工学, 査読有, Vol.51, No.3, 2016, pp.167-180

加藤健郎, 小山拓海, 井上貴朝, オフィスチェアにおける着座姿勢および体圧分布の分類とその座り心地評価, デザイン学研究, 査読有, Vol.61, No.6, 2015, pp.1-8

Saori Sone and Takeo Kato, Optimization of Cushion and Back Angles for Lower Limb Blood Flow and Its Verification Experiment, Bulletin of JSSD, 査読有, Vol.61, No.3, 2014, pp.97-104

Takeo Kato, Souhei Noguchi, Kengo Yoshinaga and Yoji Hoshino, Multispace Quality Function Deployment for Modularization, Bulletin of JSSD, 査読有, Vol.61, No.3, 2014, pp.77-86

[学会発表](計16件)

Kengo Yoshinaga, Takeo Kato and Yoshihiro Kai, Clustering method of design structure matrix based on trade-off relationships between product components, MJJIC2016 Malaysia-Japan Joint International Conference 2016, 2016年9月6日, Kuala Lumpur (Malaysia)

岡本祐輝, 木村圭汰, 加藤健郎, 高野修治, 西村秀和, システムズエンジニアリングに基づくデザイン方法の分類と事例適用, 日本機械学会 第26回設計工学・システム部門講演会 2016年10月9日, 慶應義塾大学(神奈川県・横浜市)

Takeo Kato, Shogo Otagiri, Yusuke Nagamori and Yuichi Izu, Comparison of Hand and Computer Drawings Using Near-infrared Spectroscopy, KEER2016 6th International Kansei Engineering and Emotion Research Conference, 2016年9月2日, Leeds (United Kingdom)

岡本祐輝, 木村圭汰, 加藤健郎, 高野修治, 西村秀和, システムズエンジニアリングに基づく設計方法論の提案, 日本設計工学会 平成28年度春季大会研究発表講演会, 2016年5月28日, 東京工業大学(東京都・目黒区)

加藤健郎, 勝俣慧, 小山拓海, ヒューマンデザインテクノロジーを用いた車椅子の設計, 日本設計工学会 平成27年度秋季大会研究発表講演会, 2015年10月10日, 北海道大学(北海道・札幌市)

Takeo Kato, Shigehiro Horiuchi,

Toshiharu Miwa and Yoshiyuki Matsuoka, Quality Function Deployment Using Multispace Design Model and Its Application, ICED 2015 International Conference on Engineering Design 2015, 2015年7月28日, Milano (Italy)

村松政俊, 加藤健郎, 人間工学設計のための多目的最適化手法の分類, 日本設計工学会 平成27年度春季大会研究発表講演会, 2015年5月30日, 日本大学(千葉県・船橋市)

Saori Sone, Daisuke Sannan, Takeo Kato, Yoshiyuki Matsuoka and Hiromu Hashimoto, Optimization of Cushion and Back Angles for Lower Limb Blood Flow, ICDES2014 The 3rd International Conference on Design Engineering and Science, 2014年9月2日, Pilsen (Czech Republic)

Masatoshi Muramatsu, Keigo Yamamoto and Takeo Kato, Robust Multiple Optimization for Adjustable Mechanisms, ICDES 2014 The 3rd International Conference on Design Engineering and Science, 2014年9月2日, Pilsen (Czech Republic)

Takeo Kato, Takashi Soga and Yoji Hoshino, Multispace Quality Function Deployment Using Design Structure Matrix, UMTIK2014 International Conference on Machine Design and Production, 2014年7月2日, Izmir (Turkey)

Takeo Kato and Yoshiyuki Matsuoka, Quality Function Deployment Using Improved Interpretive Structural Modeling, HCI2014 16th International Conference on Human-Computer Interaction, 2014年6月26日, Crete (Greece)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 健郎 (KATO, Takeo)  
慶應義塾大学・理工学部・専任講師  
研究者番号: 70580091

(2) 研究協力者

松岡 由幸 (MATSUOKA, Yoshiyuki)  
慶應義塾大学・理工学部・教授  
研究者番号: 20286636  
伊豆 裕一 (IZU, Yuichi)  
静岡文化芸術大学・デザイン学部・教授  
研究者番号: 40633871  
高野 修治 (TAKANO, Shuji)  
湘南工科大学・工学部・教授  
研究者番号: 10633654  
佐藤 浩一郎 (SATO, Koichiro)  
千葉大学・工学部・准教授  
研究者番号: 40598330