

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 26 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24603012

研究課題名(和文)工業製品の内側と外側からの基本コンセプトのデザイン方法論

研究課題名(英文) Design Method of approaching the creation of design concept from inside and outside the product

研究代表者

田浦 俊春 (Taura, Toshiharu)

神戸大学・自然科学系先端融合研究環重点研究部・教授

研究者番号：00251497

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、これまで個別の課題として取り組まれてきた工業製品の内側(製品の内部機能に関する工学設計)と外側(製品の利用形態に関するプロダクトデザイン)のアプローチを統合することにより、革新的な基本コンセプトのデザインを支援する方法を構築した。具体的には、「概念融合(concept blending)」と「主題的関連に基づく概念統合」の考え方をもとに基本コンセプトを生成するための詳細な手法を検討するとともに、最新の自然言語処理手法を用いて一般的に出回っている文章から状況を表す主題的関係を抽出する手法を確立した。それらを計算機に実装し、ケーススタディを試み、本研究の妥当性を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this study, two methods were integrated to develop a new method, which contains: first, the method of approaching the creation of design concept from inside the product, and second, the method of approaching the creation of design concept from outside the product. Specifically, based on the notions of concept blending and the concept integration in thematic relation, the precise procedures to create an innovative design concept and the procedures to extract the thematic relations from ordinary documents using natural language processing techniques were established. These procedures were implemented in a computer and the validity of the established method was verified.

研究分野：デザイン学

キーワード：製品コンセプト 設計 デザイン 機能 概念融合 主題的関係 自然言語処理

### 1. 研究開始当初の背景

近年、工業製品は、その基本コンセプト（製品の基本的アイデアや仕様）により優劣が決まる場合が多い。したがって、より斬新な基本コンセプトをいかに計画的に策定するかが製造業の重要な課題となっている。

基本コンセプトを策定するプロセスは、デザインの極めて初期段階に位置する。工学設計は概念設計（conceptual design）から始まるとされているが、そのベースとなる基本的アイデアや基本的仕様は外部から与えられることが前提となっている。また、プロダクトデザインでは、基本コンセプトは、市場調査や、デザイナーの個人的感性に基づいて生成される場合が多い。いずれにしても、基本コンセプトを導くための体系的な方法論は、いまだ確立されていない。とりわけ、工学設計とプロダクトデザインの双方につながる初期の基本コンセプトの生成は、現場においても一部の優れたデザイナーの能力に委ねられており、学術的にも十分に組み込まれていない。一部、アイデア生成に関する研究が関連するが、工学設計とプロダクトデザインの双方に適用可能なものにはなっていない。基本コンセプトの体系的なデザイン方法論は、未踏の分野である。

### 2. 研究の目的

本研究では、これまで個別の課題として取り組まれてきた工業製品の内部（製品の内部機能に関する工学設計）と外部（製品の利用形態に関するプロダクトデザイン）のアプローチを最新の自然言語処理手法を用いて統合することにより、革新的な基本コンセプトのデザインを支援する方法の構築を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では、内側および外側からのアプローチを、「概念融合（concept blending）」と「主題的関連に基づく概念統合」の方法を用いて行う。ここで、「概念融合」とは、2つの既存のコンセプトを組み合わせることで、それらの概念の性質を部分的には継承しつつ、そのどちらともいえないような新しいコンセプトを生成する方法である。たとえば、「雪」と「トマト」の2つのコンセプトを融合することにより、パウダータイプのケチャップ（雪のさらさらという性質と、トマトの調味料の性質を融合している）のコンセプトが創出される。一方で、「主題的関連に基づく概念統合」とは、「主題的な関係」に基づいて、既存のコンセプトを組み合わせるものである。ここで「主題的な関係」とは、たとえば、リンゴとナイフの間には共通の性質はないが、「切る」という動詞を介して関係づけることができるというものであり、この関係に注目することにより、新たな利用の場面を伴ったコンセプトを生成することができる。たとえば、「雪」と「トマト」の2つのコンセプトを主題的に統合することにより、加湿機

能付冷蔵庫（雪のなかにトマトが冷蔵されるという場面から生成される）のコンセプトが創出される。

以上に述べた基本的考え方に基づき、下記の4つの研究テーマを設定した。

(1) 主題的関係に基づいて新たな場面を生成する方法論を構築する。申請者らはこれまでに、主題的関係は、A:実体を持つ概念（たとえば、物、生物）、Bを実体の持たない概念（たとえば、動作、状態）を用いて、Bを介した2つのA間の関係A1 B1 A2と、Aを介した2つのB間の関係B1 A1 B2として記述できることを見出している。そして、2つの主題的関係を組み合わせることで新たな状況を導くことができることを明らかにしている。たとえば、カーステレオを聞くという場面と散歩中に場面をするという場面から、散歩しながら音楽を聞くという新たな場面が生成されるようなことである。この例は、既存の製品の事後的な説明であるが、本課題においては、さらに事例を蓄積することで、真に新たな状況の場面に結びつくパターンを見出すことを試みる。

(2) 機能を合成することにより新たな機能を生成する方法論を構築する。前述の加湿機能付冷蔵庫の基本コンセプトは、（外側から）「雪のなかにトマトを冷蔵する」という主題的関係から導かれるが、それだけでは、実現性がない。それは、冷蔵庫に加湿器をつけると、霜が増えるからである。実用的な「乾燥させない冷蔵庫」の基本コンセプトとしては、「雪室のような冷蔵庫」が考えられる。この基本コンセプトは、「加湿器」とは異なる「雪室」の加湿原理に注目して得られる。このように、現実性の高い内部の機能構造を導くのが内側からのアプローチである。申請者らは、いくつかの既存の機能を下位のレベルに分解し、それらを下位のレベルにおいて合成することにより、新たな機能を生成する方法論を構築している。本研究では、この方法論を更に発展させ、下位のレベルにおいて合成された機能から新たな上位の機能（上述の例でいえば、「雪室」の機能）を導く方法論を構築する。

(3) 基本コンセプトのデザイン支援のためのデータベースを作成する。

日常生活に内在する主題的関係や、既存の工業製品の有する内部機能をデータベースとして蓄積する。これまでに、申請者らは、単語の3項関係（たとえば、「自動車人が運ぶ」(機能)と「ナイフでリンゴを切る」(主題的関係))として、その抽出を試みている。具体的には、これまで2項関係（たとえば、人を運ぶ）の抽出に用いられてきた手法を発展されることで、半自動的に、マニュアルや特許のテキスト集

合から、3項関係を抽出する方法を構築している。本課題では、更に、機能表現における3項関係と主題的関係における3項関係を関連づけるための方法を構築する。

(4) 基本コンセプトのデザイン支援システムを開発する。内側からと外側からの双方からのアプローチを統合した基本コンセプトデザイン支援システムを構築する。そして、本システムを用いて、基本コンセプトのデザイン支援方法論の検証を行う。

#### 4. 研究成果

(1) 主題的関係に基づいて新たな場面を生成する方法論を構築するという課題に対しては、以下の成果を得た。

主題的関係を以下のように分類した。

##### (a) もの と 場所 の 関係

ある概念とそれが存在する場所を表す概念に存在する主題的関係である。例として、<車, 聞く, 音楽>, <電車, 聞く, アナウンス>が挙げられる。

##### (b) もの と 時 の 関係

ある概念とそれが存在する時を表す概念に存在する主題的関係である。例として、<冬, 温まる, ストーブ>, <夜, 点ける, 電灯>が挙げられる。

##### (c) 全体 と 部分 の 関係

ある概念がもう一方の概念の一部である場合に存在する主題的関係である。例として、<牛, 絞る, 牛乳>, <羊, 刈る, 羊毛>が挙げられる。この関係は、分類学的関係としても考えられる。

##### (d) 原材料 と 加工品 の 関係

一方の概念が原材料となる概念、もう一方がその原材料からできた加工品である場合に存在する主題的関係である。例として、<パン, 作る, 小麦粉>, <コーヒー, 淹れる, コーヒー豆>が挙げられる。

##### (e) 主体 と 使用・利用 の 関係

一方の概念がもう一方の概念を使用や利用する場合に存在する主題的関係である。例として、<犬, 食べる, ドックフード>, <掃除機, 消費, 電気>が挙げられる。

##### (f) 原因 と 結果 の 関係

一方の概念が原因となってもう一方の概念を生じさせる原因となる場合に存在する主題的関係である。例として、<火, 負う, 火傷>, <電気, 供給, 熱>が挙げられる。

##### (g) 道具・方法 と 対象 の 関係

一方の概念が道具や対象であり、もう一方の概念がそれを使用や適用される対象である場合に存在する主題的関係である。例として、<りんご, 切る, ナイフ>, <遠近法, 描く, 絵>が挙げられる。

複数の主題的関係を組み合わせる方法として以下の2通りの方法を確立した。

(a) 主題的関係の合成により新しい状況を生成する手法を構築した。これは、二つの主題的関係を組み合わせることによって新しい

状況を創り出す手法である。複数の主題的関係を合成して新しい主題的関係を作り出すためには、それらの間に何らかの共通性が必要であると考えられる。その共通性を見出すためには、主題的関係に含まれる類義語や同義語等が手掛かりとなる。一般的に主題的関係はどのように組み合わせられてもよいが、組み合わせる主題的関係の一方が日常生活を表現しているものに注目した。生成される新しい状況が日常生活を越えたところに存在するものだとしても、その原型は日常生活の中に存在していると考えられるからである。このような考え方のもとに、具体的な方法論を構築し、計算機システムとして実装した。

(b) 主題的関係の置換えにより新しい状況を生成する手法を構築した。これは、主題的関係の一つの概念をそれとは異なる概念に置き換えることで、新しい状況を生成する方法である。例えば、『携帯電話でメールを送る』という既存の状況について、「メール」を「風景写真」で置き換えることによって<携帯電話, 送る, 風景写真>という新しい状況を生成することができる。本手法も、計算機システムとして実装した。

(2) 機能を合成することにより新たな機能を生成する方法論を構築するという課題については下記の成果を得た。

合成を行うために、機能を詳細化する方法を下記の2つの方法に精緻化した。

(a) 分解的な詳細化：上位機能と下位機能の関係において、下位機能の主体が上位機能の主体を実現しており、かつ、下位機能の動作が上位機能の動作を実現し、かつ下位機能の対象が上位機能の対象と等しい場合の詳細化である。

(b) 因果的な詳細化：下位機能の二つの機能の間において、ある機能（原因側）の対象が他の機能（帰結側）の主体と等しい場合である。

それぞれの方法について定式化し、計算機システムに実装した。

新たな機能を得る方法として潜在機能に注目した方法について研究し、その方法論を確立した。製品には設計者によって意図された機能に加え、潜在的な機能が含まれていることがある。例えば、椅子は「腰を掛ける」という機能を目的に設計されているが、設計者が本来の目的として意図していない「服を掛ける」という機能を持つ服掛けとして、あるいは、「人を高いところに乗せる」という機能を持つ踏み台として使われることもある。このような機能を潜在機能という。潜在機能が製品の使用者にとって、危険な状況を生み出す場合がある。例えば、部屋の照明として用いられている電球は「ものを照らす」という機能を持つ。ここで、部屋の照明としての電球に

不用意に触れると、電球の「ものを加熱する」という潜在機能が「手を加熱する」という形で顕在化し、手の火傷につながる。このような設計者の意図しない使用者に害を与える潜在機能は発現しないように製品を設計することが望まれる。また、潜在機能が使用者にとって、その製品の新たな価値となる場合がある。例えば、中身を使用した後の缶に「筆具をまとめる」という潜在機能を見出して、鉛筆立てとして使用したり、「花を植える」という潜在機能を見出して、ガーデニングに用いたりできる。潜在機能が顕在化し、新たな利用がなされる例として挙げられる。このような潜在機能によって、製品の廃棄行動を抑制し、製品の再利用の向上につなげることができると考えられる。以上に述べたように、潜在機能は「安全なものづくり」や、「持続的なものづくり」の実現において有用であり、基本コンセプトの創案時に、顕在機能のみならず潜在機能を考慮することは重要であると考えられる。本研究では、上述の機能を詳細化する方法をもとに、柔軟で適切に潜在機能を推論するシステムを試作した。

(3) 基本コンセプトのデザイン支援のためのデータベースを作成するという課題については、下記の成果を得た。

本研究では一般的に出回っている文章に日常生活の中にある状況が表現されていると考え、文章から主題的關係を抽出しデータベース化を行った。主題的關係の可能性のある概念の組み合わせは、文章中に存在する係り受け関係（修飾関係）から得ることができる。このような係り受け関係は、構文解析によって得ることができる。構文解析とは、文の内部で複数の単語が一つの句（文節）を形成したり、ある単語または句が別の単語又は句を修飾したりするといった構文構造を同定することである。係り受け関係から主題的關係を抽出する方法を以下に示す。

ステップ1：文章に対して構文解析器を用いて構文解析を行う。出力結果には非常に多くの情報が含まれている。しかし、そのほとんどは主題的關係の抽出には不要なため、本方法では文節番号、文節の修飾している文節番号、形態素、形態素の読み仮名、形態素の原型、形態素の品詞から構成されるシンプルな形式に書き換える。

ステップ2：文節内にある「名詞+名詞（複合名詞）」や「名詞+用言（複合動詞）」などの一定の形態素の組み合わせは複合語であるとみなし、これらの分割された形態素を再合成する。

ステップ3：二つの文節が一つの文節を修飾している係り受け関係にある文節の組合せと三つの概念が連続して修飾している係り受け関係にある文節の組合せを抽出する。

ステップ4：抽出した文節から付属語を取り除く。また、主題的關係に不要と考えられる代名詞や感情表現などを含む文節の組合せ

を除去する。

ステップ5：ステップ4で残った文節の組み合わせから主題的關係の分類に当てはまるものを主題的關係データベースに収録する。

この手法により Web から収集された 5 億文のテキストにステップ4までを行い、7 千万組の主題的關係の可能性のある文節の組み合わせを抽出した。この内の 1000 組の文節の組合せについてステップ5を行ったところ、主題的關係と判断される組み合わせは約 25%存在していた。また、地域の違いや年代の地代などの種々の文脈における主題的關係のデータベースを作成した。

(4) 基本コンセプトのデザイン支援システムを開発するという課題については下記の成果を得た。

(a) 主題的關係を合成し新しい状況を生成するシステムを構築した。システムの利用者が検索キーワードを入力し、主題的關係データベースから入力したキーワードが含まれる主題的關係をシステムが検索する。データベースには、上述の方法により抽出した主題的關係が格納されているが、上述のステップ5まで終了したデータでは分量が足りない為、ステップ4までの約 300 万件のデータも本システムでは用いている。また、背景となる文脈の異なった主題的關係を組み合わせることを試みた。20以上のケーススタディを試み、本手法の妥当性を確認した。本成果は、インドで 2015 年 1 月に開催された国際会議 (3<sup>rd</sup> International Conference on Design Creativity) において発表し、高い評価を得、プログラム委員会から国際ジャーナルへの推薦を受け現在投稿中である。

(b) 本研究の最終目的である、工業製品の内側（合成による新たな機能の推論）と外側（新たな状況の生成による新たな機能の推論）の双方のアプローチを統合するための方法論の検討を行い、両者を同一の形式で記述することにより、効率的に統合できる可能性を見出した。その知見は「書籍「創造デザイン工学」において公表した。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

南 和幸, 田浦 俊春, 妻屋 彰, 潜在機能を考慮した推論過程の検討, 日本機械学会論文集 C 編 Vol. 79, No. 803, 2013, p. 2494-2505

Toshiharu Taura and Yukari Nagai, A systematized theory of creative concept generation in design: first-order and high-order concept generation, Research in Engineering Design, Vo24.

Issue.2,2013,pp.185-199

〔学会発表〕(計11件)

Naofumi Sumitani, Toshiharu Taura and Georgi Georgiev, A Method of Creating New Scenes in which Products are Used by Focusing on Thematic Relations,3rd International Conference on Design Creativity,pp.326-334,2015,Bangalore, India

Hiroki Mori, Toshiharu Taura and Akira Tsumaya,Method for Inferring Latent Functions,19th International Conference on Engineering Design,2013,Seoul,Korea

〔図書〕(計2件)

田浦 俊春,東京大学出版会,創造デザイン工学,2014

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1)研究代表者

田浦 俊春(TAURA, Toshiharu)

神戸大学・自然科学系先端融合研究環・教授

研究者番号:00251497

(2)研究分担者

妻屋 彰(TSUMAYA, Akira)

神戸大学・工学研究科・准教授

研究者番号:10324815

研究分担者

山田 香織(YAMADA, Kaori)

神戸大学・自然科学系先端融合研究環・助教

研究者番号:00628927