

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：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350010

研究課題名(和文)事例の直観的評価とアナロジー推論に基づく設計支援手法の研究

研究課題名(英文) Research on Supporting Design method Based on Intuitive Evaluation and Analogy of Product Cases

研究代表者

妻屋 彰 (TSUMAYA, Akira)

神戸大学・工学研究科・准教授

研究者番号：10324815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、設計要求・設計記述の具体化・詳細化を支援する手法とそのため
の、各種情報を統合する設計データベースフレームワークの構築を目的とした。あわせて、生活の中から設計要
求を取りだし、それをもとに設計の具体化・詳細化を行ってCADにつなげていく設計情報の共有と一貫通貫的な
活用を支援する方法の確立を目指した。

その結果、収集した製品事例群の直観的評価によるスクリーニングにより得られる、製品事例を構成する要素
の共通性や差違性に基づいて設計要求・設計記述の具体化・詳細化を支援する方法を構築した。また、web上の
ブログ等のデータから対象とする生活シーンを記述する方法を構築した。

研究成果の概要(英文)：In this research, I aimed to construct a design database framework
integrating various kinds of information and construct a method to support expansion of design
requirements / design descriptions. I also aimed to grasp design requirements from the target user's
daily life scenes for preparing the first design requirements.

As a result, a method to support expansion of design requirement / design descriptions based on
commonality and differences of elements constituting product cases obtained by intuitive evaluation
screening of collected product cases was constructed. Then, a model that describes scenes from daily
life to specify the requirements for designing products was proposed. The proposed model was able
to generate a detailed description of daily life situations, including the relationships between the
continuously changing scenes. The modeling methods of the daily life scenes using web blog
information as a description target was also proposed.

研究分野：設計工学

キーワード：設計要求 製品事例 直観的評価 アナロジー 生活シーン トピックモデル

1. 研究開始当初の背景

今日の製品開発においては、「どうやって作るか」と同時に「何を作るか」という観点がますます重要となっている。対して、日本のものづくりは、どうやって作るかという作りこみの技術力に優れる一方、何をつくるかという創造性に欠けると評されており、この点で鍵となる上流設計の重要性が盛んに語られている。このようなもと、概念設計段階の設計支援や創造性支援を目的とした研究が盛んに行われており、一定の成果を挙げているが問題点も有している。設計過程を問題解決行為と捉えたとき、その過程は、設計要求に基づいた設計候補を集め、それらを評価して決定するという一連の行為の繰り返しとなるが、従来の支援手法の多くは、設計候補群を導出するデータマイニング的な行為を主対象としており、それらを評価して設計要求を詳細化・具体化する行為はあまり顧みられていない。しかしながら、設計候補群を評価し、設計要求を詳細化・具体化するフェーズは設計者の意思決定が理由も含め表れやすい部分であり、設計理解に極めて重要である。また、生活の中から設計要求を取り出してきて候補の探索を行う、あるいは詳細化・具体化されていく概念設計段階をより下流で広く使われている CAD システムと連携させるなどの、設計情報を一貫通貫的に用いることについても従来あまり取り組まれてきていないが、設計者と使用者が近づき、使用者が設計により深く関わってくるような時代になりつつある中で、如何に意図も含め設計に関する情報を共有し、一貫通貫的に活用するかが重要となってくると考える。

2. 研究の目的

本研究課題では、アナロジーに基づく推論と設計事例の直観的評価により設計要求・設計記述の具体化・詳細化を支援する手法とそのため、各種情報を統合する設計データベースフレームワークの構築を目的とする。あわせて、生活の中から設計要求を取りだし、それをもとに設計の具体化・詳細化を行って CAD につなげていく設計情報の共有と一貫通貫的な活用を支援する方法の確立を目指す。

3. 研究の方法

具体的な研究方法として、本研究課題を以下のサブ課題に分け、それぞれについて研究を進め、最後に統合を図ることとした。

(1) 設計要求・設計記述の詳細化・具体化に関する研究

設計時の思考過程を、設計要求に関連する設計事例の探索・収集、収集された設計事例から優れた事例群を選択し評価、評価結果を利用した設計者の頭の中にある思いの形式化、それに基づく設計解記述もしくは設計要求記述の詳細化、というステップの繰り返し

と捉える。本研究では、設計解を評価するステップに主眼をおき、アナロジーの考え方に基づく意思決定支援及び決定理由の見える化による設計理解支援手法を構築する。

(2) 使用環境を考慮した要求・制約・設計記述の支援に関する研究

(1)は製品そのものに直接付される要求や設計記述を対象としているが製品は一般にその使用環境に因る制約条件や必要機能を有しており、これらは、開発製品を様々な使用環境へ展開する際にしばしば問題となる。そこで、製品、製品を使用するユーザ、製品のおかれる環境の関係について、これらで構成されるシステムの階層性に注目して記述方法を検討・提案し、使用環境に因る要求や制約を見落とすことなく平易に理解し、当該設計への適用の可否判断を支援する手法を構築する。

(3) 使用シーンに基づく設計要求の抽出支援に関する研究

(2)では製品を使用する環境に注目して要求や制約を得ることを考えたが、ここではさらに製品が使用されるシーンにまで拡張する。具体的には、対象者の生活で表れるシーンを記述する方法およびシーン記述から設計要求を抽出する方法を構築する。

4. 研究成果

研究方法に従って本研究課題を進めていった。その成果について以下に述べる。

(1) 設計要求・設計記述の詳細化・具体化に関する研究

設計を問題解決プロセスとして捉えたときに、製品や状況に関する知識や情報がどのように利用されているかという点に注目して設計実験のプロトコルデータの解析を行った。その結果、図1に示すように、要求を手がかりに、それに関するような実現技術が探索・選択され、その技術について検証が行われて問題点が発見された場合はその問題点が、うまく利用できる場合にはその知識・情報が付加されるという一連のプロセスが繰り返しみられること、この際、既存製品からの類推を用いてアイデアを得る行為が多くみられることがわかった。そこで、製品事例を利用して知識を収集し、それを評価する

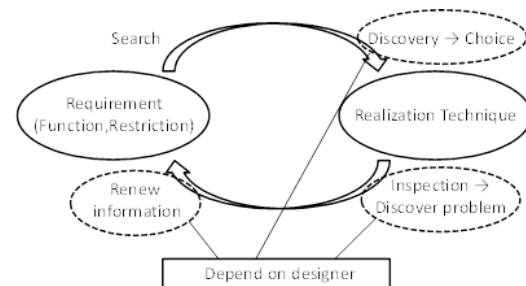


図1 製品知識を活用した問題解決プロセス

ことによって、思考活動を支援するとともに形式化を支援できると考えた。

ここで、経験の少ない設計者やユーザが設計要求の展開を行うことを考え、システム利用者には半ば直感的に利用の可否を判断してもらい、その結果から、可、否それぞれに判定された製品事例群に共通して含まれている知識・情報を抜き出すという方法とした。具体的には、次のような手順となる。

- (i) 収集した製品事例群のスクリーニング
まず、キーワード等を用いて製品事例を収集する。次に、収集した製品事例群について、現在設計を進めているものに利用できると判断するものと利用できないと判断するものに分ける。この分類は設計者自身が行うが、判断基準について、明確に説明できるか否かの有無は問わない。
- (ii) スクリーニング結果に基づく要素抽出
スクリーニング結果を利用して、製品事例群に含まれている各要素から設計要求の展開に採用できる可能性があるかと判断されるものを抽出する。具体的には、利用できると判断した製品事例に共通して含まれる要素等を、設定した抽出基準に従って取り出す。
- (iii) 抽出要素採用有無の決定
抽出基準および抽出された要素が設計者に提示されると設計者はその情報から、設計要求項目に追加するかどうかを決定する。

上記手順は、基本的に製品事例の類似性を手がかりに当該設計への要求を抽出するものであるが、製品の特徴を捉える際には、類似とともに差違が重要なポイントである。差違性に関して、認知科学の見地からは整列可能な差違と整列不可能な差違があるとされている。ここで、整列可能な差違はある観点の下での差違として表現できるため、これを用いると要求される属性の値の範囲を推定することができる。そこで、先の手順において、利用できると判断された機能を実現するための属性の値について、利用の可否判断された値をそれぞれ取り出し、その分布を比較することによって値の範囲を決定する方法を考案した。整列不可能な差違については、ユニークな要素を抽出できる可能性があると考え、利用の可否に加えて提示された製品事例の中でピンと来るものがあれば、その事例のみに含まれている要素を取り出すこと

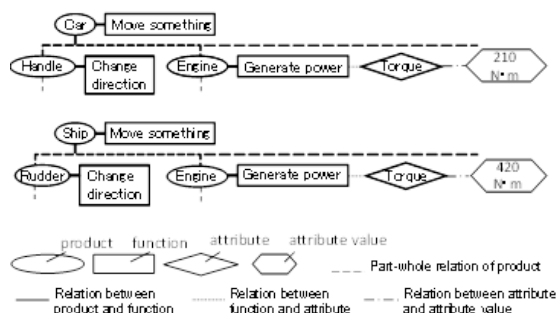


図2 提案手法のデータ構造

とした。製品事例データについて、本研究では製品の構造面と機能面の階層を分割して扱うと二つの面の関係の表現が複雑かつ煩雑になると考え、製品の全体-部分関係で階層化することとした。その上で、製品は機能を発現するための実体と捉え、製品と機能を関連付け、属性は本来ものに関する性質であるが、属性は機能を達成するための性質であると捉えて、属性は機能に付随するものとして機能と属性を関連付けた。データ構造を図2に示す。

以上の方法を実装した支援システムと124件の製品事例を格納したデータベースを試作し、学生フォーミュラやレスキューロボットなどの学生サークル活動をとおして設計に携わったことのある学生15名を被験者としてケーススタディを行った結果、抽出された要素のおよそ6割が当該設計の要求として採用された。また、属性値に関しては利用可否の分布を示すことにより適切な値の設定につながっていることを確認した。

さらに、実験後のインタビューの結果から、事例の利用可否を連続して選択させると可否判断の観点は何らかのタイミングでときどき変更されるという知見が得られた。そこで、連続する選択結果の違いに注目して、検定により観点の変更箇所を推定する手法を考案し、システムに導入することによって、当該設計に採用される要素の抽出割合を向上させることに成功した。一方で、整列不可能な差違に注目することにより、ユニークな要素を抽出しようという試みはうまくいかなかった。この要因としては、用意した製品事例が十分ではなかったことに加え、他の事例と違うという情報のみではどこに注目しているのかわからないということ、また、文字情報だけでなく画像情報を加えると注目点が幾何情報に偏る点などが考えられる。

以上の結果、提案手法によって、比較的設計経験の少ない設計者や製品利用者が直観的に製品事例の利用可否を判断することにより、思考に沿った要素の抽出や要素抽出基準、また属性値検討支援データを提示し、設計時の思考プロセスを支援し、設計要求の展開を支援できる可能性を持つことを示したといえる。一方、ユニークな要求要素を導出することに関しては今後の課題として残っている。

(2) 使用環境を考慮した要求・制約・設計記述の支援に関する研究

製品とその使用環境の関係を考えるにあたり、本研究では、使用環境から受ける影響によって製品が機能しなくなることがあるという点に注目した。数例の予備的な調査の結果、以下のことを確認した。

- ・ 使用環境の有する性質の中には製品へ影響を与えるものが含まれている。
- ・ 使用環境の有する製品へ影響を与える

性質によって製品は影響を受ける。それが製品の有する何らかの部品やその機能・属性に悪影響を及ぼす事象として顕在化したとき、製品は要求機能を発揮できなくなる。

- ・ 製品に、使用環境からの影響を受けないような対策や影響への耐性を持たせるような対策を施すことにより、製品は要求される機能を発揮できる。

そこで、使用環境に起因する製品への影響によって製品に要求されている機能が発揮できなかった事例や、異なった環境で製品を使用するために製品に改良を加えた事例等についての記述を 5W1H を意識しながら分類し、それを手がかりに使用環境と製品の関係を分析した。その結果、使用環境と製品の関係を“使用環境”、“環境ストレス要因”、“起こりうる事象”、“要求”、“機能”、“製品”からなる6種類の要素の連鎖によって表すことができることがわかった。これらの各項目間の関係はそれぞれ次のようになる。“使用環境”と“環境ストレス要因”では使用環境が含む製品へ影響を与える因子を環境ストレス要因として表している。“環境ストレス要因”が製品にどのような影響を与えるのかについて表しているのが“起こりうる事象”である。“起こりうる事象”から問題を認識し、その対策を製品に求めたものが“要求”であり、“製品”や“機能”はその要求に応えたものである。本研究では、使用環境について階層的に分類を行い、それぞれの環境について製品への影響を与える可能性を有する環境ストレス要因をまとめた。環境ストレス要因が製品に与える可能性のある影響については、「現象」のために“機能”することができず、“製品”に“不具合”が起こる。」という因果関係として記述することができる。

以上から、使用環境を考慮した製品への要求や制約の導出支援方法として、本研究では、環境および環境ストレス要因のデータベースおよび環境ストレス要因と製品の不具合の因果関係事例データにより、考慮すべき関係とその条件を抽出する手法を提案した。この手法では、設計中の製品の機能や構造とそれが使用される環境の組み合わせから過去に生じた影響を検索し、事例の有無や、事例が存在した場合には、その事例が生じた条件との類似や差違により考慮すべきか否かの判断を促す支援ができることが確認できた。

(3) 使用シーンに基づく設計要求の抽出支援に関する研究

(2)で実施した内容は、どのような環境下におかれるか、という点のみに注目した使用環境からの受動的な影響を扱うものであった。それに対し、本研究項目では製品を使用する状況や製品を使用することによって使用者を中心とする周辺にどのような変化(価値)をもたらすか、という点に力点をおいている。

すなわち、製品の使用価値や文脈価値を考慮した製品要求の抽出を考えた研究である。製品の使用者と使用シーンを想定した上で製品への要求を把握する方法として、シナリオベースの手法がしばしば適用されており、その作成においては、アンケート調査や行動観察などの手法が用いられる。これに対し、本研究では、比較的容易に、かつ、シナリオ作成側の事前想定を極力含まないシーン記述方法を生活シーン記述モデルとして考案した。ここで生活シーンは生活の一場面を切り取ったものであり、その構成要素として人やその人の感情、周辺の環境や状況、そのシーンに登場する製品や提供されているサービスなどを含むものとして定義している。日常生活はこのような生活シーンの連続であると捉えることができるため、日常生活を関連する生活シーンの連続としてモデル化する。日常生活は、生活シーンの連鎖として表現することから、記述モデルではシーンの記述に加えてシーン間の関係記述が必要となる。そこで、状況を説明するために必要とされる5W1Hのうち、3W (WHO, WHEN, WHERE) についてはシーンを特定する要素、残りはシーンの内容やシーン間の関係を示す要素として整理して記述することとした。図3に提案する生活シーン記述モデルを示す。このモデルでは対象となる人物、時間、場所を記述する3つのレーンが左側に、生活シーンを記述するスペースが右側に配置されている。3つのレーンのうち、1番左のレーンには当該記述で最も注目している対象要素を記述する。日常生活を連続する生活シーンの時間列として表現するため、1番左側のレーンには、人物の活動に注目している場合はWHOが、特定の場所において行われるシーンに注目する場合はWHEREが記述される。2番目と3番目のレーンにはそれ以外の要素が記述される。シーン記述スペースには、シチュエーション、ステータス、イベント、トリガという4種類の要素が記述される。っかうようその詳細はそれぞれ以下のとおりである。

・ シチュエーション

日常を切り取った場面の中でシーンを端的に表す要素や特に注目される要素を記述する。

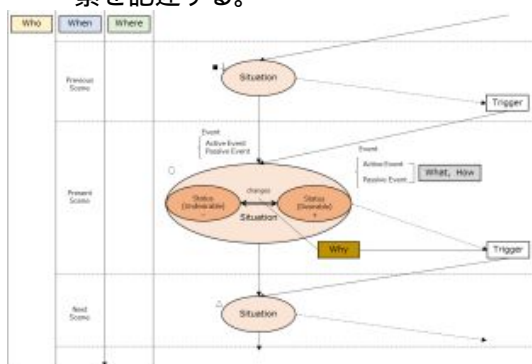


図3 生活シーン記述モデルの構造

- ・ ステータス
シチュエーションの中でユーザがおかれる状態、ユーザの状態、場の状態などが記述される。ここでは特に当該シーンで変化したものに注目して記述する。
- ・ イベント
あるシーンから別のシーンへの変化を引き起こすもの。主体である人物自身の行動である能動的イベントと天候や時間経過など外的要因によって生じる受動的イベントがある。
- ・ トリガ
次のイベントを促す動機が記述される。多くは、あるシーンにおいて不満がある場合やそれを解消したいという感情がトリガとなる。

提案したモデルを用いて、web のブログを参考にある大学生のある一日の生活を記述したところ一日の生活の各シーンが概ね図的にわかりやすく可視化できる結果が得られた。また、被験者に記述方法を説明して自らの生活を記述してもらったところ、比較的容易に記述することができるとの評価を得た。このことから、使用者自身に生活シーンを比較的容易に記述してもらう手法を提供できたと考えられる。

また、大規模なデータから客観的に生活シーンを記述することを試みた。50 件のブログを用いた事前調査により、潜在的ディリクレ配分(LDA)を用いたトピック分析の結果と、ブログの内容を読んで分類した結果がかなりよい一致を得ることが確認できたため、本研究では、LDA を用い得られるトピックを構成する語彙を用いて生活シーンを記述することを考えた。提案方法のコンセプトを図 4 に示す。手順は以下のとおりである。

- web より対象シーンを最も特徴付ける言葉をキーワードにしてブログを収集する。
- 収集されたブログ群に対してトピックモデルを適用して潜在的トピックを分析する。
- 得られた潜在的トピックは背景まで含めた対象シーンを表したものであるとして、トピックに含まれる語句の使用割合を考

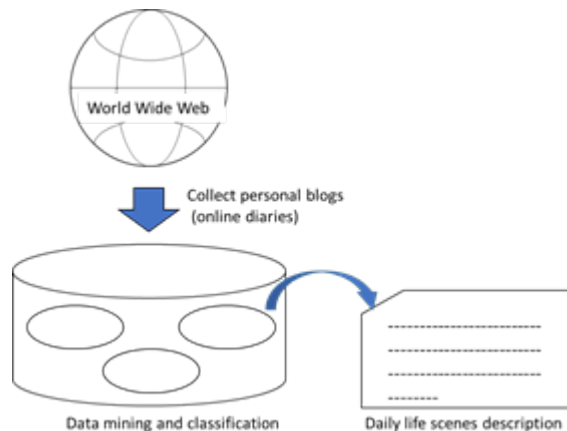


図 4 生活シーン生成・記述方法のコンセプト

慮して収集ブログを分類する。

(iv) 各分類での典型的なブログ(群)を用いて生活シーンを記述する。

この手順を実際に適用した結果、概ねユーザの生活スタイルもしくは一日の内容によって収集されたブログが分類されること、それぞれのトピックの中から典型的なブログを選ぶとその内容とトピック分析の結果得られる語彙から解釈される内容が比較的よく一致していること、がわかった。さらに、典型的なブログを参照しながら先に述べた記述モデルによって生活シーンの記述を行い、トピック分析の結果得られた語彙との比較を行ったところ、記述で用いられた語句の6割程度がトピック分析によって得られた特徴語の上位50語に含まれているとの結果が得られた。これはかなりよい一致を示しているといえる。一方で、トピック分析の結果からは、多くのブログを収集して分析するという方法の性質上、固有名詞を抽出することができない、また、文章をバラバラの語句に分解する手法であるため、時間順序や語句間の関係が取り出せないという問題点のため、生活シーンを直接自動的に生成することは現状では困難であるとの知見も得られた。

本研究課題では、最後に上述した研究や本研究で対象とした概念設計段階から後続する設計過程につながるよう CAD との連携を図ることを計画していたが、これらについては、着手したところで研究期間が終了となった。研究項目(1)~(3)については、ある程度の連携はできている。(1)と(2)は連結されており、(3)に関しては、要求の抽出部分が未完成であるが、そこが完成すれば連携可能となる。CAD との連携に関しては、本研究課題と別の研究として CAD の知能化の一つとして、設計情報間の関係を取り扱うようなアドオンの仕組みを構築中であり、それと接続することにより情報を一貫通貫的に扱うことができると考えているが、これについては今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

1. C. WU, A. Tsumaya, A Study on Modeling of Market Circulation of Production Facility Modules by Considering Diversity of Value, 精密工学会誌/Journal of the Japan Society for Precision Engineering, Vol.82, 2016, pp.298-304.

〔学会発表〕(計11件)

1. 妻屋 彰, 使用者の要求を抽出して共有・反映する設計支援方法の取り組み、精密工学会 2017 年度春季大会、2017.3.14、

慶應義塾大学(神奈川県)(キーノート)

2. 南 俊哉、妻屋 彰、Web 情報を用いた生活シーン抽出とシナリオ生成支援手法に関する研究 -第 1 報：トピックモデルによる生活シーン抽出方法の検討-、精密工学会 2016 年度秋季大会、2016.9.7、茨城大学(茨城県)
3. 妻屋 彰、佐伯 祐亮、南俊哉、製品企画時の要求抽出のための生活シーンのモデル化、平成 28 年度電気学会電子・情報・システム部門大会、2016.9.1、神戸大学(兵庫県)
4. 妻屋 彰、佐伯 祐亮、南 俊哉、PSS 設計支援のための生活シーンの生成・記述手法の提案、サービス学会第 4 回国内大会、2016.3.28、神戸大学(兵庫県)
5. Y. SAIKI, A. Tsumaya, Modeling of the Scene in Daily Life for Extraction of Design Requirements, Proc. Int. Conf. on Design and Concurrent Engineering 2015, 2015.9.6, 阿波観光ホテル(徳島県)
6. 佐伯 祐亮、妻屋 彰、生活シーンに基づく設計要求明確化に関する研究 -生活シーンの記述モデル、2015 年度精密工学会春季大会、2015.3.18、東洋大学(東京都)

6. 研究組織

(1)研究代表者

妻屋 彰 (TSUMAYA, Akira)
神戸大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：10324815

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()