設計事例評価とアナロジーに基づく設計要求展開支援手法 (第 3 報：暗黙的評価基準を考慮した設計要求抽出方法)

Method to Support Expansion of Design Requirements Based on Evaluation and Analogy of Design Cases
(3rd Report: Extraction Method of Design Requirements Considering Implicit Evaluation Criteria)

小西健斗・神戸大学

Taketo KONISHI, Kobe University

○正 妻屋彰・神戸大学

Akira TSUMAYA・Kobe University

正 田浦俊春・神戸大学

Toshiharu TAURA, Kobe University

Key Words: *Design Requirement, Conceptual Design, Expansion of Requirement, Evaluation Criteria, Evaluation Process*

Today, developing various types of products in a short design lead-time is needed to satisfy consumers' needs. In this study, a method to support expansion of design requirements using product cases is proposed. Previously, framework for expansion of design requirements was proposed and a supporting system was developed based on the framework. In this paper, first, a result of experiments using the systems was shown. While the result shows the potential of the system, the result also clarified the problem regarding the efficiency of the system. Then, a method to find implicit evaluation criterion using by the designer was proposed, and the extraction process of the system was extended considering implicit evaluation criteria. Finally, case studies and experiments were done using the system. The results show that the extended system can extract the design requirements effectively.

1. 緒言

今日、製品の高度化・複雑化が進展する中で設計時には幅広い知識が求められ、設計開発に必要とされる労力は増加している。一方で、消費者ニーズの多様化や製品の旬が短くなっている点からは、この点からは製品開発期間の短小化が必要である。そのため、このような状況に対応できるシステムティックな設計・開発環境が求められている。ここで、製品開発期間を短縮しつつ新しい製品を生み出していくために上流設計が重要視されている。例えば藤田は、一般に概念設計・基本設計・詳細設計等とされる設計の各段階は明確に区別されるものではなく、設計は悪問題であるために明確な探索木も定義できないが、このような設計過程を探索過程とみなしたとき、設計の上流段階でいかに適切な探索木の枝刈りを行うことができるかは、最終的に得られる設計解に大きな影響を与えることから、設計の上流段階が重要である⁽¹⁾、と述べている。そこで、我々は設計の初期段階である、要求を明確化して要求仕様とする段階に注目し、暗黙的に漠然と抱いている設計要求を明確化・形式化していく活動の支援手法を構築することを目的として研究を行っている。本報では、前報までで構築した設計要求展開支援システム^(2,3)の評価実験を行った結果と、その結果から得られた設計要求抽出方法に関する課題について暗黙的に用いていると思われる評価基準を見出し、それを考慮することにより効果的に設計要求の候補要素を抽出する方法について述べる。

2. 設計要求展開支援システム

本節では、これまでに提案している設計要求展開支援システムについての概要を述べる。本システムによる設計要求展開の支援は以下の 3 ステップより構成されている。

(1) 設計要求より実現技術情報の探索・収集

設計要求の一部をキーとして、関連する知識・情報を収集する。ここでは、製品に関する設計情報や製品仕様が記述さ

れた製品事例を集めたデータベースを仮定し、そこから事例として知識・情報を収集する。

(2) 収集した情報の検証・評価

収集した知識・情報から評価・検証によって、現在勧めている設計の要求仕様に必要と思われる知識・情報を取り出す過程である。このとき、経験の少ない設計者や、ユーザが設計要求の展開を行う場合には、必要な知識・情報を取り出すことそのものが容易ではないと考えられることから、どのような観点に基づいて評価が行われたかについて明確でなくても情報が取り出せるようにする。そのために、システム利用者には直観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。具体的には、以下の 2 手順により行う。

(2-1) 収集した製品事例群のスクリーニング

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。

(2-2) 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もの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。

(3) 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、設計者はその情報を設計要求項目に追加するかどうかを決定する。このとき、製品/部品や機能に関しては抽出された要素そのものが設計要求展開要素となり得るが、属性に関しては一般に値を伴うため、要素を抽出するだけでは、どの範囲の属性値が必要とされ、どの範囲の属性値が必要とされていないか判断することができず、不十分である。そこで、利

用できると判断した設計事例群と利用できないと判断した設計事例群に含まれる属性値の分布を比較することで、値も含めて採否を検討する。

以上の提案手法は設計者が設計要求を明確化するためのサポートであるため、対話型のシステムとして実装した。本システムは設計要求展開支援エンジン、設計事例データベース、設計要求ディレクトリから構成される。構築したシステムの構成要素と主な役割、関係を図1に示す。各々の要素の役割は以下の通りである。

(a) 製品事例データベース

製品事例を蓄積したデータベースである。ここで、どのように製品事例を記述するかは、設計要求の展開を支援するためには重要である。まず、設計要求の要素である製品・機能・属性について、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ている。また、属性は本来ものに関する性質であるが、機能を表す実体としてもものは存在するため、属性は機能を達成するための性質ともいえるので、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ている。

(b) 設計要求ディレクトリ

設計要求の展開を行う場所である。設計要求データを保管し、設計要求が変更する毎に内容を更新する。

(c) 設計要求展開支援エンジン

前述の設計要求展開支援手法に基づきデータベースからの情報獲得やディレクトリへの情報追加等を行うエンジン部と、情報を設計者に提示するインターフェイス部から成る。

Fig.1 Proposed system architecture.

3. システムの利用評価実験

構築したシステムを用いて、提案手法の有効性を検証するための実験を行った。

3.1 実験の概要・方法

この実験は、提案手法の中で、収集した情報の評価により抽出される製品/部品、機能、属性で表現される要素が設計要求要素としてどの程度利用できるか、また、ユーザが抽出要素を無理なく設計要求として把握することができるかについて評価することを目的としている。実験は以下に述べる方法で行った。

最初に、設計要求展開とは何かについての説明と、設計要求展開支援システムの操作方法を説明する。次に被験者に「もの（生物含む）を移動させる」ための新しい製品というお題で、製品を頭の中で大まかにイメージしてもらう。その後システムを使用してシステム上で設計要求を展開してもらった。

本実験は、直観的に評価した事例群の共通要素が設計要求としてどの程度採用され得るものであるかという、提案システムの基本的な性能を検証することを目的としているため、属性については値の検討部分をシステムから除いている。また、要素抽出基準により抽出される要素と実際に設計要求として採用された要素との合致度により要素抽出基準の有効性を評価できると考え、本実験では、被験者には要素抽出基準によらず、直観的評価で利用できると判断された製品に含まれている要素を全て提示した。設計事例評価では、システムにより提示される22事例に対して、参考になる部分がありそう、参考にならない、どちらともいえない、の3項目から評価してもらった。被験者には、直観的に評価した事例を基に設計要求の候補となるような要素が提示されると説明し、被験者がシステムにより提示される情報を設計要求としてどの程度採用するか分析した。

さらに、設計要求に採用した製品/部品、機能、属性の要素を基に、設計要求を文章で記述してもらった。要求を文章で記述してもらうことで、システムを用いて設計者が採用した設計要求要素が本当に無理なく設計要求として使用されるかの検証を行った。そして、被験者が設計要求に採用した要素を要素抽出基準に従って抽出し、どのような割合で表れる要素を採用していたか分析した。

被験者として、なるべく設計者に近い思考データを得るため、設計に携わった事のある神戸大学学生フォーミュラチーム（FORTEK）のメンバー6名、神戸大学ロボット研究会六甲おろしのメンバー9名、計15名を対象に実験を行った。

3.2 実験結果と考察

実験の結果、提案システムにより提示される設計要求の候補中、被験者は平均54.3%の製品/部品、平均66.6%の機能、平均65.8%の属性をイメージした設計物の設計要求として採用していた。また、製品/部品、機能、属性全体としては平均60.5%を設計要求として採用しており、直観的な評価により設計者が要求に必要としている情報を抽出できていることを確認できた。一方で、被験者によっては製品に関連する機能が設計要求に採用した要素にない場合でも、自身でその機能を想像し製品と組み合わせて記述している例も見られた。

設計要求の文章記述データを分析すると、設計者が採用した設計要求要素のうち、平均して製品/部品は83.9%、機能は84.1%、属性は59.8%、全体では76.6%が実際に用いられていた。このことから、被験者はシステムにより提示される情報の大部分を設計要求として把握できていることが確認できた。一方で、設計要求として採用したにもかかわらず要求として記述されない要素も存在していた。その理由を被験者に尋ねると、要求を記述しているうちに同様の役割を持つ要素があることに気づき、必要ないと感じて記述しなかったという理由が主であった。また、属性に関しては製品や機能とのつながりが分かりにくく、単体としても記述しにくかったという意見もみられた。

さらに、要素抽出基準を用いることの効果を確認するため、被験者が設計要求として採用した要素が直観的評価で参考になる部分がありそうだと評価した事例のどの程度の割合に共通して現れていたものかを分析した。その結果を図2の分布図に示す。この結果より、採用された要素は評価事例中の出現割合としてみると比較的高いものが多いが、出現割合が50%に満たないものもかなりの数となることがわかる。

以上の結果より、被験者はシステムにより提示される要素のうち6割程度を設計要求として採用していたことから、直観的に評価された事例群の共通要素を抽出することで、設計

要求の展開を支援することができる可能性があると考えられる。また、要求記述では、得られた要素の大半を記述していたため、製品/部品、機能、属性の情報を設計要求として無理なく把握することができると考えられる。しかし、属性に関しては単体で提示されると設計要求として把握しにくいという意見もあり、また製品/部品・機能・属性の要素を設計者自身が関連付けて把握することは設計者の負担につながると思われる。そのため、各々の要素を関連付けた状態で設計者に提示することで、システムにより得られた情報を設計要求として把握する際の設計者の負担を軽減する必要があると考えられる。

また、設計要求に採用された要素の約4割近くが、直観的評価によって選ばれた事例での出現割合があまり高くなかった。事例自体や事例の構造が複雑になり、システムにより抽出される要素の数が膨大となる場合は、何らかの方法で提示情報数を制御する必要があるが、要素抽出基準として単純な出現割合では、本来必要となる多くの要素が抽出できなくなる可能性があると考えられる。そこで、設計者の思考をより強く捉えた要素抽出基準を検討する必要がある。

Fig.2 Distribution of appearance rate.

4. 評価基準を捉えた要素抽出手法

設計者が評価した事例群から共通に含まれている要素を抽出するという本手法は、設計者が事例を評価する際に無意識のうちに何らかの評価基準を設けていること、その基準が常に一定であること、を前提としている。このうち前者については何らかの評価を行っている以上は評価基準があると考えてよさそうであるが、後者については多数の事例を評価する際に常に同一の評価基準を用いている保証はないと考えられる。特に直観的な評価を行う場合は事例について様々な側面から検討した結果判断するというよりも、むしろ一側面を取り出してその評価によって判断していると考えの方が妥当である。そこで、どのような評価基準で評価しているかわかれば、単純な出現割合ではない、より効率の高い要素抽出基準を与えることができると考え、本節では、評価基準を見出す方法とそれをを用いた支援システム構築手法を提案する。

4.1 評価基準考慮のアプローチ

評価基準を明らかにする方法としては以下に挙げる3種類のアプローチが考えられる。

- (1) 設計者が設計事例に評価を与える際に、どのような評価基準により評価を行うのか設計者自身が明示する。
- (2) あらかじめ評価基準の候補をシステム側に用意し、設計者はその中から評価基準を選択して、それに従って設計事例に評価を与える。
- (3) 設計者には評価基準の形式化を意識せず設計事例を評価させ、評価された設計事例から得られる共通要素を基に、評価基準が変化していないかどうか判断する。

このうち、(1)、(2)についてはともに評価基準が明確でかつ固定することができるという利点がある反面、事前に決めてしまうことにより、設計者が明確に意識していない、すなわち気づいていないような設計要求の候補をも抽出することができるという本手法の利点を損ねてしまう可能性が高い。一方(3)については、どのような評価基準を用いているのか形式化されていないため、評価基準が変わっていないかどうか推定する必要があるが、前者2手法では問題となる本手法の大きな利点を損ねることはないと考えられる。そこで、本研究においては、(3)のアプローチを取ることにした。

4.2 評価基準を捉えた要素抽出手法

本研究では事例評価の際には直観的に評価を行うものとしている。故に、設計対象に求められる条件を全面的に考慮した上で評価を行うということは起こりにくく、設計対象に対するある一面的な条件下から評価を行うことが多いと考えられる。このような場合には、事例評価を通して評価基準が一定ではない可能性がある。しかしながら、設計対象をイメージしながら評価を行う以上、評価基準が一つ一つの事例評価で変化することはなく、ある一側面からの評価が行われると暫くは同一の条件による評価が続くと考えられる。そこで、以下の2つの仮定をおくこととする。

[仮定]

1. 事例群を評価する途中で評価基準が変化することがある。
2. 評価基準は個々の事例評価毎には変化せず、通常複数事例に渡って同一の評価基準が用いられる。

この仮定に則って、以下のような事例評価基準を捉えた要素抽出の仕組みを提案する。

- (1) 評価対象となる各事例に対して設計者の直観的な評価を行わせる。システムはこのとき各事例の提示・評価の順序と評価結果を記録する。
- (2) 利用できる部分があると判断された事例群について、その提示・評価順に並べ、適当な数で区切ってグループを形成する。
- (3) グループ毎に共通要素を抽出し、要素抽出基準を用いるための基礎データを算出する。ここでは、要素抽出基準の基礎データとして、各要素が各グループ内の設計事例に含まれている割合（出現割合）を用いる。
- (4) 共通要素および出現割合を用いて各グループ間に有意な差が存在するか検定を行う。
- (5) (3)、(4)の操作をグループの括り方を変えて繰り返し、有意差があると判断できる箇所では評価基準が変化するとみなし、各グループから得られる共通要素と出現割合を設計者に提示する。要素数が大量にある場合は、要素抽出基準で決められた閾値よりも高い出現割合となっているもののみ提示する。

提案手法で有意差があると判断できる箇所では評価基準が変化しているとみなせる理由は、評価基準が途中で変化している場合には、抽出した共通要素、もしくはそれに付随する割合も変化していると考えられるためである。どの箇所にも有意差があると判断できない場合には評価基準は変化していなかったとみなし、利用できる事例全体から共通要素抽出を行う。このようにして共通要素を抽出することで、評価基準を強く反映した要素抽出を行うことができ、その結果設計者の思考に沿った要素をより適切に設計者に提示することができると考えられる。また、評価基準を捉え

た特徴的な要素を基に、各々の評価基準を可視化できる可能性があると考えられる。評価基準が可視化されることで設計情報の伝達を上手く行え、各設計段階間での認識のずれを軽減できると見込まれる。検定法として、対応のある一対の標本について代表値に差があるかどうか検定する「ウィルコクソンの符号付順位和検定」を用いている。検定の結果、P 値が 0.05 以下であれば有意差があると判断できる。

5. 提案手法を用いたケーススタディと利用評価実験

評価基準を捉えた要素抽出手法の有効性を検証するため、ケーススタディと利用評価実験を行った。

5.1 ケーススタディ

先に述べた仮定が成り立つとした場合に、提案手法により評価基準が変化している箇所をうまく導出することが可能か、また評価基準を捉えた特徴的な要素を適切な割合で抽出することが可能か、ケーススタディを行い検証した。

まず、あらかじめ評価基準を設定した状態で設計事例を評価し、共通要素を抽出させた。ここでは「ものを照らす」という要求から得られる 13 事例、デスクスタンドライト、スポットライト、キャンドルライト、読書灯、ランタン、アームライト、ペンライト、懐中電灯、ヘッドライト、レーザポインタ、水中ライト、街灯、フットライトに対して、図 3 に示すように、評価基準 1（この程度の明るさを持っているもの）、評価基準 2（遠くまで照らせるもの）それぞれから事例を評価した。評価基準 1 ではデスクスタンドライト、キャンドルライト、読書灯、ランタン、アームライトの 5 事例を利用できると評価し、評価基準 2 ではペンライト、懐中電灯、ヘッドライト、レーザポインタの 4 事例を利用できると評価している。

Evaluation criterion 1				Evaluation criterion 2			
Desk stand light, Candle light, Lantern, Reading lamp, Arm light				Pen light, Flash light, Head light, Laser pointer			
Common elements				Common elements			
【製品】	【割合】	【機能】	【割合】	【製品】	【割合】	【機能】	【割合】
ランプ	100%	光を放射する	100%	スイッチ	100%	電源を入切する	100%
スイッチ	80%	電源を入切する	80%	ランプ	100%	光を放射する	100%
シェード	80%	光を制御する	80%	反射板	50%	光を反射する	50%
台	60%	ものを置く	60%				
アーム	40%	ものを固定する	40%	【属性】	【割合】		
クランプ	40%	関節をつなぐ	40%	照度	100%		
【属性】	【割合】						
照度	100%						

Fig.3 Common elements extracted on each evaluation criteria.

次に、先程評価基準 1、評価基準 2 から利用できると評価したデスクスタンドライト、キャンドルライト、ランタン、読書灯、アームライト、ペンライト、懐中電灯、ヘッドライト、レーザポインタの 9 事例を用いて、通常同一の評価基準が続くという仮定に則って評価基準 1 から評価基準 2 に変化するように並べ設計事例を評価した。そして、提案手法を用いて、検定により有意差がみられる箇所事例をグループ 1、グループ 2 に分割させ、それぞれから抽出された共通要素が図 3 に示した評価基準 1、評価基準 2 から得られた共通要素と一致するかどうか確認した。その結果、抽出された共通要素は評価基準 1、評価基準 2 から得られた共通要素と一致した。このことより、評価基準が変化することがある、同一の評価基準での評価が暫く続く、という 2 つの仮定が成り立つ場合には、提案手法により有意差がみられる箇所が評価基準の変化した箇所となっていることが確認できた。

さらに、先程の評価基準 1、評価基準 2 から利用できると評価した 9 つの事例全体からも共通要素と出現割合を算出

し、事例全体から得られた共通要素と、グループに事例を分割させ得られた共通要素に違いがあるかどうか確認した。その結果、図 4 に示すように事例全体から共通要素を抽出させた際には低い出現割合となっている「シェード」「光を調節する」といった要素がグループ 1 において、「反射板」「光を反射する」といった要素がグループ 2 において高い割合で表れた。ここで、「シェード」「光を調節する」といった要素は明るさを調節するために有効な要素であり、「反射板」「光を反射する」といった要素は遠くを照らすために有効な要素であると考えられる。すなわち、提案手法を用いてより高い割合で得られたこれらの要素は、先で設定した評価基準 1（この程度の明るさを持っているもの）、評価基準 2（遠くまで照らせるもの）を強く反映していると考えられる。

以上より、提案手法を用いることで評価基準を捉えた特徴的な要素が適切な割合で抽出される可能性があることを示せた。しかし、この手法はあくまで先に述べた 2 つの仮定が成り立つとした場合に運用できる手法である。そこで、仮定の妥当性と提案手法の有効性を検証するために実験を行った。

Fig.4 Comparison of common elements between each divided groups and all design cases.

5.2 利用評価実験の方法

ケーススタディの結果、先に述べた仮定が成り立つ場合はグルーピングと検定による評価基準の変化箇所を検出する手法が機能することを確認できたため、3 節で行ったものと同様の利用評価実験を行い、提案手法の有効性を検証する。本システムでは設計事例評価の際には直観的に評価を行うこととしている。直観は本能とは異なり、直観的な基礎による見解を持つ人間は、その見解に至った理由を即座に完全には説明できないかもしれないが、時間をかければ、その直観が有効である理由をより組織化して説明するべく論理の繋がりを構築することで、直観を合理的に説明できることもあるといわれている⁽⁴⁾。このことから、評価理由を被験者に記述してもらうことで、評価基準の推移を分析できる可能性があると考え、この実験では各被験者に対しシステムを用いた実験終了後に各事例を評価した際の理由を記述してもらい、システムでの検出箇所との比較を試みた。

5.3 実験結果と考察

被験者の事例評価理由記述データの一例を図 5 に示す。○は参考になる部分がありそう、×は参考にならない、△はどちらともいえないと評価したことを表している。被験者が記述した評価理由を基に、図 5 のように評価基準が続いている

と思われる部分を抽出した。例えば図5では、モータバイクに関する「多人数での使用ではない」という理由と、船に関する「多人数で使用でき動力部を持つ」という理由は、どちらも大人数を移動させることが可能かどうかという評価基準を含んでいると読み取ることができる。

Evaluation criteria		
	製品名	理由
Whether it able to carry many people	自動車	○ 多くの人が乗れる。
	モータバイク	× 船 多人数での使用ではない。
	船	○ 多人数で移動できる。
	自転車	△ 多人数で移動できる。
Moving path is different	電動自転車	× 多人数で移動できる。
	ベルトコンベア	○ 多人数で移動できる。
	エレベーター	× 多人数で移動できる。
	飛行機	× 多人数で移動できる。
Whether power source is similar	マイクローカー	○ 多人数で移動できる。
	電動自転車	○ 多人数で移動できる。
	電動自転車	○ 多人数で移動できる。
	電動自転車	○ 多人数で移動できる。
Whether it is automatic	エレベーター	△ 多人数で移動できる。
	エレベーター	△ 多人数で移動できる。
	エレベーター	△ 多人数で移動できる。
	エレベーター	△ 多人数で移動できる。
Whether design object is similar	エレベーター	△ 多人数で移動できる。
	エレベーター	△ 多人数で移動できる。
	エレベーター	△ 多人数で移動できる。
	エレベーター	△ 多人数で移動できる。

Fig.5 Data analysis of the description sheet of evaluated reason.

このように評価理由を分析した結果、一定の評価基準から全ての事例に対して評価を行っているような被験者もみられたが（15人中2人）、多くの被験者は事例評価途中で評価基準が変化しているということが確認できた（15人中13人）。また、○と評価された事例のみ抽出して分析した場合でも、多くの被験者では事例評価途中で評価基準が変化していることが確認できた（15人中10人）。このことより、事例評価の途中で評価基準が変化することがある、という仮定は妥当であると言える。また、事例評価途中で評価基準が変化している被験者のデータでは、全てのデータで一定の評価基準の下での評価が続く箇所がみられた。例えば図5のデータでは、エレベーター、エレベーター、新幹線について自動であるかどうかという評価基準が続いていると思われる。特に、○と評価された事例のみ抽出して分析した場合には、評価基準が続いている箇所が多くみられた。この結果から通常同一の評価基準による評価が続くという仮定もおおよそ妥当であるといえる。

次に、○と評価された事例の評価基準のみを抽出した時に、事例評価途中で評価基準が変化しており、なおかつ一定の評価基準が続いている箇所がある被験者のデータを用いて、提案手法の有効性を検証した。ここで、提案手法では○と評価された事例中で評価順番が連続している事例をある程度のグループで括るとしているが、あまりに小さなグループで括ると要素抽出基準による割合に違いが現れにくいため、最低でも4つの事例が1つのグループに含まれるように括っている。そのため、被験者の中で8つ以上○と評価した事例がある6人のデータを分析した。その結果、6人中5人のデータで検定により有意差がみられる箇所を確認できた。しかし、評価基準が続いている箇所と続いていない箇所が混在しているデータが多くみられたため、判断基準が変化している点と有意差が見られる箇所の一致度を明確に判断することはできなかった。

そこで、抽出される要素を基に、従来手法と提案手法の比較検証を行った。また、評価理由のデータを基に、提案手法

により高い割合で得られる要素が評価基準を捉えているか検証した。被験者により設計要求に採用された要素が提案手法によりどのような割合で表れるか分析して分布図を作成し、従来手法による分布図と比較した。図6に分布図を示す。この結果より、提案手法を用いた場合、設計要求として採用された要素が従来手法より高い出現割合となっていることが確認できた。これらのことから、提案手法により、設計者が設計要求に必要と考えている要素をより強く捉えられていることが確認できた。

Fig.6 Comparison of distribution between new proposal method and our conventional method.

また、有意差が認められた被験者のうち1名の評価理由記述シートを図7に示す。このデータは、被験者が○と評価した事例の評価理由のみ抜き出したもので、赤矢印の箇所がシステムによって有意差があるとして分割された箇所である。データ分析の結果、図7に示す通り有意差がみられた箇所の上側では「浮くイメージに合っている」という評価基準が多く、下側には「バッテリーを使いモータを動かす」という評価基準が多いことが確認できた。そして、各々の事例群から得られる共通要素として図8に示すような結果が得られた。その結果、事例全体から抽出された際には低い出現割合だった「揚力を発生する」という機能、「揚力」という属性が、提案手法により事例が分割されグループ1の事例群から抽出される共通要素で高い出現割合となっていることが分かる。また、「モータ」という部品もグループ2で高い出現割合となっている。これらの要素はそれぞれ「浮くイメージに合っている」「バッテリーを使いモータを動かす」という評価基準をうまく捉えていると考えられる。このことから、提案手法により設計者の事例評価基準を捉えた特徴的な要素を適切な割合で抽出できる可能性を示していると言える。

Evaluation criteria		
	製品ID	理由
Whether it float	14	○ 浮くイメージに合っている。
	21	○ 浮くイメージに合っている。
Whether it move motor by using battery	35	○ バッテリーを使いモータを動かす。
	51	○ バッテリーを使いモータを動かす。
Whether it float	55	○ 浮くイメージに合っている。
	75	○ 浮くイメージに合っている。
Whether it move motor by using battery	85	○ バッテリーを使いモータを動かす。
	50	○ バッテリーを使いモータを動かす。
Whether it float	100	○ 浮くイメージに合っている。
	100	○ 浮くイメージに合っている。
Whether it move motor by using battery	100	○ バッテリーを使いモータを動かす。
	100	○ バッテリーを使いモータを動かす。

Fig.7 Example of data analysis and result of divided point by proposed method.

Fig.8 Comparison of common elements between each divided groups and all design cases.

これらの結果より、提案手法を用いることで設計者の事例評価基準を捉えた特徴的な要素を高い割合で抽出することができる可能性が示された。システムにより抽出される要素が膨大な数となってきた場合には、高い割合で表れる要素のみを設計者に提示することで、設計要求への要素採用決定における設計者の負担を軽減できる可能性があると考えられる。しかし、設計要求に採用された要素の中で、提案手法により全く見えなくなってしまう要素も約 3.9%見られた。これは、グルーピングにより母数が減ったため複数回数出現しなくなって共通要素とならなかったために生じたものである。これは、設計要求に漏れが発生することにつながるため、何らかの対策が必要である。また、事例評価基準の変化の仕方について、単純に全く別の基準に変化する以外にも、前の基準に新しい基準が加わるという変化の仕方も見られた。このような変化をした場合には、検定による変化箇所判定が難しくなり、提案手法により事例評価基準を十分に捉えきれない可能性がある。さらに、事例評価基準を捉えた要素抽出を行うことができた場合でも、1つの事例にしか含まれない極めて特徴的な要素は、共通要素抽出のみでは取り出せないという問題があると考えられ、これらの解決は課題として残されている。

実験の終わりに、設計要求展開支援システムを使用して感じたことを被験者に記述してもらっている。得られた感想を以下に示す。

- ▶ 短時間で与えられた要求に関して具体的にどのような部品、技術が必要なのかを示してくれるのはよかった。
- ▶ 自分の思い描いた構想をより実用に近づけられることで、製品の開発がスムーズになるのではないかと考えられる。
- ▶ 想像した機能を具体化するのに役立つ。
- ▶ 思いついた以上の物（機能等）に目がいく。
- ▶ 自分のイメージが徐々に具体化されていくのは面白かったし、なかなか的を射た形で具体化してくれた気がしました。
- ▶ 初めに既に実現している製品から選ぶので、具体的なイメージが実在する製品と近ければ必要とする機能がしっかり選ばれていてよかった。

- ▶ 実験開始時に想像した設計物に必要な最小限の要素を一目で確認できるため、実際にこのようなシステムを利用できれば設計の効率や質の向上につながるのではないかと思います。

これらの結果から、実際に設計者が本システムを使用して設計要求展開を行う際にも、設計者の意思決定を助け、設計を効率的に行える可能性があると考えられる。

一方で、次のような意見もみられた。

- ▶ イメージした製品が実在する製品とは全く違うものであった場合、どれにも当てはまらず機能が選びにくい感じがした。
- ▶ 機能はすぐ選びやすかったが、属性を選ぶ際にどの製品に関わってくるのかというのが少し考えにくかった。
- ▶ システムが示してくる製品が「ものを運ぶ」という要求に対してあまりに限定的であったように思う。
- ▶ 設計事例と要求の候補の入力が難しそうだと思う。多すぎると手間で、少なすぎると役に立たない。
- ▶ 使用環境が分からないと、まともな設計はできないと思う。

これらの意見は、現在インターフェイス部が十分に構築されていないことや、設計事例の数が十分でないことにより得られた意見が主であった。今後、設計事例の数を増やし、インターフェイス部を設計者が利用しやすいように改良する必要がある。

6. 結論

本研究では、設計上流段階の設計要求の展開支援手法の構築を目的としている。これまでに、設計者により与えられるキーワードに基づく設計事例の収集、収集された設計事例のスクリーニングと要素抽出基準に基づく要素抽出、抽出された要素について要求展開に採用するか否かの決定、という3ステップによる設計要求を明確化する手法を構築した。本報では、システム利用評価実験を行った結果、設計者の設計の際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確認した。一方で、得られる情報が膨大となった場合の提示数を制御するための要素抽出基準の選定に難があることを確認したことから、事例評価時の評価基準を捉えた要素抽出を行うための手法を提案した。提案手法によってシステムを拡張し、ケーススタディ、実験を行った結果、設計者の思考をより反映した要素抽出を行える可能性が示された。

参考文献

- (1) 藤田喜久雄, 設計における上流とその意味, 日本機械学会 2004 年度年次大会講演論文集, Vol.8, pp.374-377, 2004.
- (2) 妻屋彰, 設計事例評価とアナロジーに基づく設計要求展開支援手法 (第 1 報 設計事例分析に基づくフレームワークの検討), 日本機械学会第 21 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, 2011.
- (3) 小西健斗, 妻屋彰, 設計事例評価とアナロジーに基づく設計要求展開支援手法 (第 2 報 設計要求抽出手法の提案), 日本機械学会第 21 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, 2011.
- (4) ゲーリー・クライン著, 佐藤洋一監訳, 決断の法則: 人はどのように意志決定するのか?, トップラン, 1998.