

設計プロセス表現に基づく設計情報の外在化と構造化の効果

蔵川 圭*

概念設計において設計者が直面する問題の一つは、設計者が取り扱うべき情報が複雑多岐にわたることにより、設計の段階を問わず設計内容の把握が困難となることである。本研究は、設計者が製品設計後に設計理由を把握できることを目的とし、設計プロセスと設計情報構造のモデルに基づく設計情報の外在化を提案し、外在化をガイドするシステムの構築および設計実験による検証と考察を行った。設計実験によって明らかになったシステムの最大の利点は、システムを用いて設計を行った場合、設計が終了した時点で設計者が

Efficiencies of design information structuring and visualization in a representation that represents design process

Kei Kurakawa*

One of the issues that designers face during a conceptual design phase is to get hold of a variety of complex information, which emerges during the design task. This paper presents an approach to support designers in understanding such information including design rationale after the conceptual design process. I propose structural representations for design information based on a design process and design information structures prevailed in my preliminary study, and present the CD-Scenery system to help designers to externalize and visualize their design information in the representations. A user study was conducted to validate the efficiencies of the system. The system mainly influenced on design documents that summarize design results to be easy to understand because the design documents have a common form.

1. はじめに

質と量の双方において多種多様な既存製品が存在する今日の状況において、付加価値のより高い機能を提供する人工物を創出するためには、特にその設計の初期段階、つまり概念設計の段階から質の高い広範な議論をする必要がある。設計の初期段階における概念的な決定事項は後期の設計に制約を与え、後の工程になってから概念的な決定事項を変更することは他の多くの決定事項の変更と多大なコストの浪費をもたらすためである。このような背景から、製品設計における概念設計段階の重要性は以前にもまして高くなりつつある。

概念設計においてしばしば問題となることの一つに、設計者の記憶の限界から既に行った議論の繰り返しや、議論の錯綜、決定事項同士の論理的矛盾などが引き起こされるという問題がある。そのため、限られた時間の中でより質の高い広範な議論を行うためにこの問題に対処することは非常に重要である。

問題に対処する一つの方法として、設計理由の明示化が行われる。設計理由を明示化するために、設計者が取り扱うすべての情報、すなわち設計情報を、計算機を用いて外在化、構造化、および視覚化を行う。これらの先行研究

としてデザインラショナルと呼ばれる分野があり、計算機を用いて設計理由を明示化することを目的とした初期の代表例として Conklin らの gIBIS[1]と MacLean らの QOC[2]をあげることができる。最近では Selvin らによる Compendium[3]があり、gIBIS を拡張し Spatial Hypertext[4]の表現が可能となるようにした。

本研究では、特に、設計者が製品設計後に設計理由を把握できることを目的とし、設計プロセスと設計情報構造のモデルに基づく設計情報の外在化を提案し、外在化をガイドするシステムの構築および設計実験による検証と考察を行う。

2. 設計議論の明確化

本論文で取り扱う設計情報、設計情報の分類、設計情報の外在化のための構造表現は、既存の設計プロセスと情報構造のモデル[5]に従う。

2.1. 設計情報

設計情報は、設計プロセスを経て創出されるすべての情報を含むものとし、以下の4つに分類される。

- 背景情報
- 設計解
- 評価結果
- メタ設計

背景情報は、問題の定義の段階において創出される情報であり、製品の周辺状況や問題の前提、関連情報な

*奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Nara Institute of Science and Technology, Graduate School
of Information Science

ど問題の背景となる情報である。設計解は、設計解の創出の段階において創出される情報であり、設計目的を満足する解である。評価結果は、設計解の評価と決定の段階において創出される情報であり、設計解の評価に関する情報である。メタ設計は、認知的設計問題解決プロセスの制御に関する情報である。

また、製品と製品の周辺状況を区別することとし、背景情報と設計解について分類を行う。つまり、設計解は製品そのものを表す対象設計解、製品の周辺状況を表すシナリオ設計解に分類する。また、背景情報については、シナリオの要素を含まない背景情報、シナリオの要素を含む背景情報に分類する。

2.2. 設計情報の構造化表現

設計情報の構造化はそれぞれFig. 1, Fig. 2, Fig. 3の表現形式による。Fig. 1は対象設計解とシナリオ設計解を合わせた設計解の詳細化プロセスを示す。詳細化プロセスは、論理的に下位の設計解が上位の設計解の詳細な実現手段となる構造をもつ。Fig. 2は設計情報構造を示し、中心に設計解、上段に関連する背景情報、下段に関連する評価結果を配置する構造である。Fig. 3はシナリオの表現構造を示しており、縦軸に主体、横軸に状況をとり、縦軸の要素と横軸の要素が交わる位置に行為が含まれる記述を配置する構造である。具体的にはシナリオ設計解とシナリオの要素を含む背景情報が配置される。

設計者は上記 3 つの表現を用いて設計情報の構造化を行う。構造化された設計情報を用いて、注目すべき設計情報のみを抽出し視覚化することができる。例えば、設計解詳細化プロセスの構造と設計解中心構造によって表現された設計情報に対して、ある特定の設計解を対象としたすべての上位設計解を抽出し可視化する。またシナリオ設計解および関連するシナリオの要素を持つ背景情報を抽出し、シナリオとして可視化する。可視化された上位設計解やシナリオは選択した特定設計解の前提条件として確認することができる。

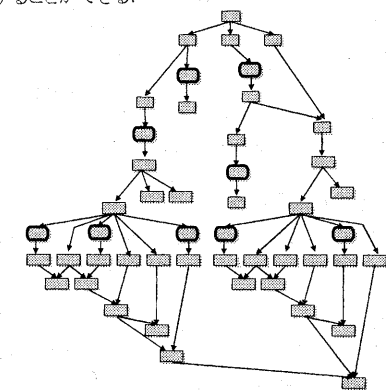


Fig. 1. Design solution refinement representation

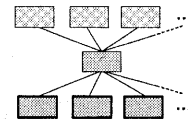


Fig. 2. Design solution-centered structure

Fig. 2. Design solution-centered structure

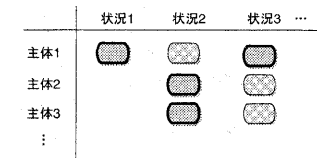


Fig. 3. Scenario representation

2.3. 設計理由を明示化するための CD-Scenery システム

設計議論効率化手法に基づく概念設計支援システム CD-Scenery の構築を行った。システムは Java 言語によって実装されている。

CD-Scenery システムは概念設計段階における一人または複数の設計者の設計、具体的には設計の目的から製品の要求や機能について吟味し最終的にスケッチ程度の製品アイデアを生み出す設計議論の効率化を目的とするものである。設計者は設計議論において適宜 CD-Scenery システムを用いて、設計議論効率化手法に基づく設計情報の外在化と構造化、抽出、視覚化を行い、議論の現状を参照する。

システムを利用する形態はいくつかのパターンを想定している。1 つのパターンは、一人の設計者が行う設計において設計者が自らシステムを操作する場合である。2 つ目のパターンは、複数の設計者が行う設計において設計者の一人がシステムを操作する場合である。3 つ目のパターンは、複数の設計者が行う設計において設計者とは別に議事録者を立て、議事録者がシステムを操作する場合である。いずれの場合においても、システム操作者が設計情報の外在化、構造化、参照を行う。

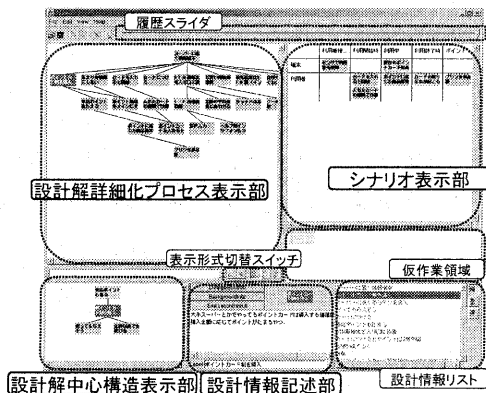


Fig. 4 CD-Scenery System

実装した CD-Scenery システムの画面例をFig. 4 に示す。まず、操作者は設計情報の外在化を、Fig. 4 中下に表示設計情報記述部において行う。また、設計情報の分類もあわせて行う。ここで外在化された設計情報はボックスで表現され、設計者によって自由に記述されたラベルがつけられる。設計情報を示すボックスを設計情報ユニットと呼ぶ。

設計情報の構造化は、設計情報記述部に加え、Fig. 4 上に示す設計解詳細化プロセス表示部、シナリオ表示部、Fig. 4 左下に表示設計解中心構造表示部において行う。設計解詳細化プロセス表示部、シナリオ表示部、設計解中心構造表示部はそれぞれFig. 1の設計解の詳細化を示す表現、Fig. 2のシナリオ表現、Fig. 3の設計解中心構造の表現を表す。構造化は3つの表現を示す表示部において設計情報ユニットを直接ドラッグ&ドロップすることによって行う。設計情報を外在化した直後に構造化を行うことができない場合、Fig. 4右中に示す仮作業領域に設計情報ユニットをドラッグ&ドロップし設計情報の分類や構造化を保留することができる。

外在化した設計情報の参照は、Fig. 4右下に示す設計情報リストによって、入力順、分類順、アルファベット順に整列表示することによって支援される。Fig. 4中央に示す表示形式切替スイッチを用いることで、設計解詳細化プロセス表示部とシナリオ表示部の表示形式を変更することができる。また、システムはすべての設計情報ユニットの操作を記録しており、Fig. 4上に示す履歴スライダを用いることによって操作履歴を再現できる。

3. 設計実験

3.1. 実験方法

システムの有効性を検証するために、グループによるシステムを用いた設計とシステムを用いない設計の両方を比較対照実験として行った。一つのグループは2名で構成され、メンバーとして大学院生7名と大学スタッフ1名を割り振った4グループである。

設計課題は普段設計を行うことのないメンバーが比較的容易にアイデアを創出できるように、馴染みのある

Table 1の2例の要求定義を行う課題を設定した。また、4つのグループが各行う設計課題はTable 1の設計課題双方とし、システムを用いた設計に一方の課題、システムを用いない設計にもう一方の課題を割り当てた。したがって、被験者グループを通し番号をつけて呼ぶとすれば、4つのグループのうち2つのグループであるグループ1、グループ2は設計課題1を対象にシステムを用いない設計を行い、設計課題2を対象にシステムを用いた設計を行うこととした。残る2つのグループであるグループ3とグループ4は、設計課題2を対象にシステムを用いない設計を行い、設計課題1を対象にシステムを用いた設計を行うこととした。

Table 1 Design tasks

課題名	課題内容
設計課題1	次世代携帯電話向け携帯電話アクセサリの企画提案
設計課題2	スーパー店頭に設置する情報端末のユーザーインタフェースの設計

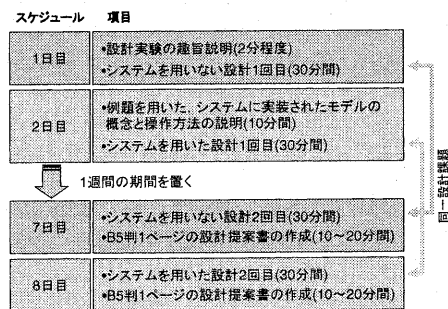


Fig. 5 Design experiment procedure

設計実験は会議室で行い、システムの有無にかかわらず、コピー機能つきホワイトボード、A4 判用紙と鉛筆、A4 判用紙 1 ページの設計依頼書をあらかじめ用意した。設計依頼書には、これから行うべき設計の目的が実務を想定して書かれている。システムを用いた設計の場合は、システムを搭載したPCの映像をLCD プロジェクタによってスクリーン投影し、システムを利用するようにした。ただし、システムの操作は実験者が行うこととした。システム操作の習熟度による実験結果の影響を無くすためである。設計の状況は1台のビデオカメラを用いて録画し、被験者の様子、ホワイトボード、システムの画面を記録する。

各々のグループはFig. 5の実験手順に従って2つの課題を対象に8日間にわたって設計を行った。

3.2. 実験結果と考察

3.2.1. システムの利用が設計効率へ与える影響

システムを利用することによって、少なくとも設計効率が低減されることなく、ひいては向上することが望まれる。そこで、各グループのシステムを用いた設計とシステムを用いない設計の双方に対して、ビデオ録画された被験者の発言をもとに創発された設計情報の数を調べた。設計情

報の数を調べるに当たって、注意深くビデオに録画された被験者のすべての発言を聞き取り、設計情報の分類に従ってアイデアが一つずつ含まれるようにシステムを用いて設計情報ユニットを入力するよう、システムの操作の慣れた開発者に依頼した。システムに入力された設計情報ユニットの数をFig. 6 とFig. 7 のグラフに示す。設計情報ユニットの入力は開発者個人の設計情報に対する主観的な捉え方に依存するため、グラフに示される数は絶対値として意味を成さない。しかし、統一された一つの主観によって入力された設計情報ユニットの、分類ごとの相対的な数の比較は可能である。Fig. 6 は、システムを用いた設計とシステムを用いない設計の双方に対して設計情報の分類である設計解(DS)、背景情報(BI)、評価結果(ER)の数を示している。グループ4のシステムを用いた設計においてのみ背景情報と評価結果の数がシステムを用いない場合に比べて極端に3、4倍に増えている点を特異であるとみなせば、システムを用いた設計とシステムを用いない設計を比較して設計情報の各分類の数に関して明らかな変化があるとはいえない。システムを用いた場合と用いない場合の双方とも設計解は35程度であり、背景情報は18程度、評価結果は15程度である。Fig. 7 は、設計解と背景情報の中でシナリオの要素をもつものを抽出して計上した数を示している。システムを利用した設計とシステムを利用しない設計の双方で同様に設計解の数は35程度であり、そのうち10程度がシナリオの要素を含むものとして計上されている。背景情報に関しては、グループ4のシステムを用いた設計においてのみ極端に他のグループの場合と数が違っているため、これを特異であるとみなす。すると、システムを利用した設計とシステムを利用しない設計の双方で同様に背景情報の数は18程度であり、そのうちシナリオの要素を含むものは9程度である。

システムを用いた場合とシステムを用いない場合とで設計情報ユニットの数を比較すると明らかな変化はない。したがってシステムを用いることによって設計に関するアイデアの数に変化がないことがわかり、設計効率が低減することはないことがわかる。今回のシステムを用いた設計では、設計を行う被験者とは別のシステム開発者がシステムに対する入力を行っている。システムに対する入力は負荷のかかる作業であるが、システム操作者を設計者とは別に設けることによって入力に対する負荷は無視されるため、システムに蓄積され表示される設計情報の表現がもたらす効果に着目した議論が可能となる。設計効率が低減しなかった結果によって、設計情報の表現は設計議論を阻害するものではなかったことが裏付けられる。システム上に規定された情報の表現が設計プロセスに従っていたからこそ、設計議論を阻害しなかったと考えることができる。

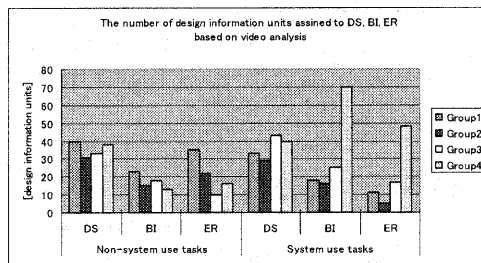


Fig. 6 The number of design information units by video analysis

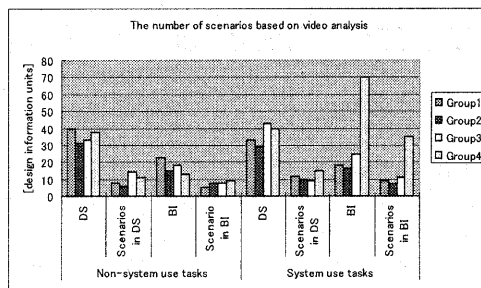


Fig. 7 The number of design information units focused on scenario by video analysis

3.2.2. システムへ入力された設計情報

実験ではシステムへの設計情報の入力を被験者の設計と同時にシステム開発者が行っている。システムの操作に慣れた開発者がシステムへの入力を行うといえども、設計と同時に進めなければならないという時間の制約からすべての被験者の発言を入力することはできない。必要な発言を選択して設計情報として入力することになる。システムはすべての設計情報を入力することを許容するため、実験中に入力した設計情報ユニットの数と、先にビデオを注意深く閲覧しすべての設計者の発言を対象として入力した設計情報ユニットの数を比較すれば、重要視された設計情報の種類が浮かび上がる。

ビデオを閲覧してシステムに入力した設計情報ユニットの数と設計時に入力した設計情報ユニットの数を比較したグラフをFig. 8 およびFig. 9 に示す。Fig. 8は、設計解、背景情報、評価結果に分類された設計情報ユニットの数を示している。グループ4の設計時において入力された背景情報と評価結果は他のグループの場合に比べて著しく多いため特異であるとみなせば、すべての分類において、ビデオを閲覧して入力した場合に比べ設計時において入力した場合は減少の傾向にある。ビデオを閲覧して入力した場合の設計解、背景情報、評価結果の数はそれぞれ35程度、18程度、15程度であるのに対し、設計時に入力した場合はそれぞれ25程度、15程度、3程度である。ビデオを閲覧した場合は設計者の発言として現れたすべての設計情報を対象として累計しており、その累計された数値

は設計時に入力できる設計情報の数の最大値であるため、当然の結果である。評価結果が極端に減少していることは、多くの評価結果に関する発言が印象や直感による良い悪い程度の簡単な結論であることが多かったためである。Fig. 9 は、設計解と背景情報の中でシナリオの要素をもつものを抽出して計上した数を示している。グラフを見て明らかなのは、設計解と背景情報の双方においてシナリオに分類される設計情報ユニットがビデオを閲覧して入力した場合ではそれぞれ 10 程度、9 程度であるのに対し、設計時では共に 1 程度で皆無である点である。設計時においては、シナリオは議論されるにもかかわらず、記録されないか、またはシナリオとして認識されないかのどちらかであることがわかる。設計解においては、製品そのものを示す解の方が製品周辺の状況などのシナリオを示す解よりも記録として残したい設計結果として優先順位が高いことが示されているのである。

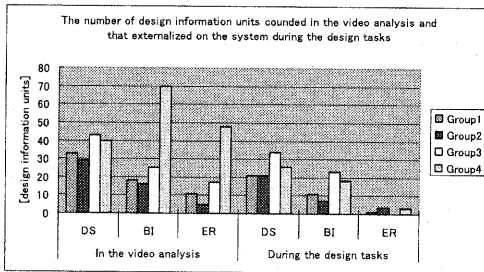


Fig. 8 The numbers of design information units counted on video analysis and the numbers of design information units externalized in the design tasks

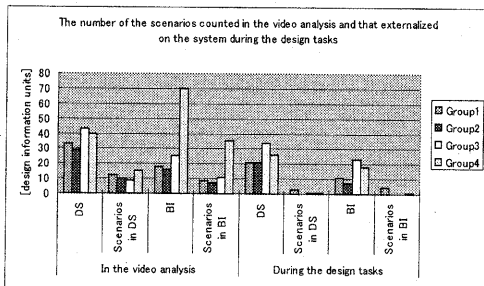


Fig. 9 The numbers of design information units focused on scenario counted on video analysis and the numbers of design information units focused on scenario externalized in the design tasks

3.2.3. 理由が明示化され理解容易な設計結果

システムが設計プロセスや設計結果に与えた影響として最も顕著に現れたのは各グループが提出した設計結果報告書においてであった。システムを用いることによって、設計結果報告書の記述が設計解と設計解創出の理由を関係付けた形式を持つ傾向が強いことがわかった。代表例としてグループ1とグループ2を取り上げ、システムを使

用しなかった場合とシステムを使用した場合の設計結果報告書をFig. 10に示す。図では、設計結果報告書に手書きで記述された項目の中で設計解および設計解創出の理由の関係をなす項目に下線を引き点線で関係を表した。また、関係には番号をつけた。システムを使用しなかった場合のグループ1の報告書(1)とグループ2の報告書(3)では、全体の記述量に対して下線を引いた項目は少ない。一方、システムを用いた場合のグループ1の報告書(2)とグループ2の報告書(4)では、ほぼ全体の項目に下線が引かれている。設計結果報告書の記述が設計解と設計解創出の理由を関係付けた形式に統一されることによって、無秩序に項目が列挙される場合に比べ設計内容の可読性は増す。設計解と設計解創出の理由の関係付けの方法は、項目同士を近距離に配置することが一般的に行われている。また、項目間に距離がある場合、項目に付した番号を明示することによって関係付けることが報告書(2)で行われ、矢印によって関係付けることが報告書(2)と報告書(4)で行われている。

システムを用いて設計を行うことによって、設計結果報告書に設計解と設計解創出の理由が明記されることは、設計解詳細化プロセス表示部における表現形式によるところが大きい。例えば、新たな設計解を創出する際に、設計解創出の直接の目的が明白であり暗黙的である場合、目的を外在化せずに新たな設計解のみを外在化することがある。外在化されない設計目的は、設計結果報告書に反映されることはない。それがゆえに、システムを用いない設計による報告書(1)と報告書(3)では理由のない設計解が列挙される。一方で、システムを用いた設計では、新たな設計解を外在化し構造化する際に、設計目的のすなわち設計理由を上位の設計解として特定し新たな設計解の関連付けを行う必要があり、関連付けと同時に上位の設計解を強制的に外在化することとなる。つまり、システム上にすべての設計解に対して設計理由が外在化され、システムを参照して記述された結果として報告書(2)と報告書(4)のように理由付きの設計解が列挙される。

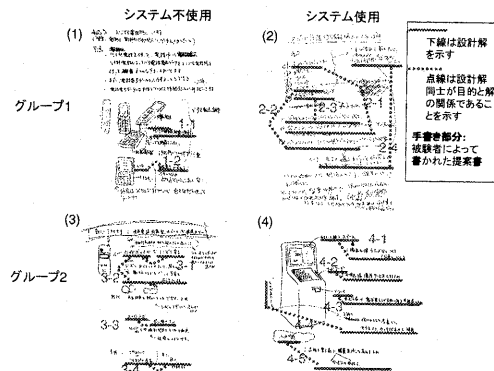


Fig. 10 System efficiencies on design result reports

4. 結論

設計者が製品設計後に設計理由を把握できることを目的とし、設計プロセスと設計情報構造のモデルに基づく設計情報の外在化を提案し、外在化をガイドするシステムの構築および設計実験による検証と考察を行った。

設計実験によって明らかになったシステムの最大の利点は、システムを用いて設計を行った場合、設計が終了した時点で設計者が記述する設計提案書の可読性を比較的高めた点である。設計提案書は設計解と設計解創出の理由を関係付けた形式を持って記述される傾向があり、一定の形式を持つことによって設計内容の可読性が高まった。このことは、システム内に蓄積される情報の表現を規定することによって、システムを用いた行為の結果を制御することができた例であるといえよう。

謝辞

本論文を執筆するに当たり、設計実験に協力してくださった奈良先端科学技術大学院大学の被験者の皆様、システムを構築してくださいました田中洋氏にご協力をいただきました。ここに感謝いたします。

参考文献

- [1] E. J. Conklin and KC Burgess-Yakemovic, "A process-oriented approach to design rationale," Design Rationale: Concepts, Techniques, and Use, pp.393-427, 1996.
- [2] MacLean, R. M. Young, V. M. E. Bellotti, and T. P. Moran, "Questions, options and criteria: Elements of design space analysis," Design Rationale: Concepts, Techniques, and Use, pp.53-105, 1996
- [3] A. M. Selvin, Fostering collective intelligence: helping groups use visualized argumentation, Visualizing Argumentation, P. A. Kirschner, S. J. Buckingham Shum, C. S. Carr (Eds.), Springer-Verlag, London, 2002.
- [4] F. Shipman, C. Marshall, Formality considered harmful: experiences, emerging themes, and directions on the use of formal representations in interactive systems, Computer-Supported Cooperative Work, 8, 4, pp.333-352, 1999.
- [5] K. Kurakawa, "A conceptual design information structure and its formation process based on protocol analysis of the design meeting", ASME DETC/CIE Conference , DETC2001/CIE-21226 (CD-ROM), 2001