

マルチメディア設計情報の構造化と可視化を行う 概念設計支援システムの構築

田中洋* 蔵川圭* 中小路久美代**†
e-mail:{hirosi-t, kurakawa, kumiyo}@is.aist-nara.ac.jp

* 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
† (株)SRA先端技術研究所
‡ 科学技術新興事業団 TOREST

詳細設計を支援するシステムは設計者によって既に多くのものが利用されているが、概念設計を支援するシステムのうち実用に耐えうるものは少ない。概念設計で生成される情報は抽象的であり、情報を計算機上に表示し操作を行うためのモデルが少ないためと考えられる。本研究では概念設計を支援するために設計者の思考内容に則した認知的設計問題解決プロセスを基にした、シナリオを考慮した設計プロセスと情報構造のモデルを利用し、設計において生成される情報と設計過程の構造化と可視化を行うシステムを構築した。

A Conceptual Design Support System that Structurizes and Visualizes Multimedia Design Information

Hiroshi Tanaka* Kei Kurakawa* Kumiyo Nakakoji**†

* Graduation School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology
† SRA Key Technology Laboratory Inc.,
‡ TOREST, Japan Science and Technology Corporation

While a number of domain-specific detailed-design support systems have been built and used by design communities, few support systems have been used in the conceptual design phases in practical design settings. Conceptual design involves information that is abstract, and thereby is hard to be dealt with on computer systems. This paper addresses this issue by constructing a cognitive process model of designers who are engaged in conceptual design. Based on the model, we have built a system that structures information generated during a design process, and visualizes them to help designers in conceptual design.

1. はじめに

コンピュータを用いて設計を支援するシステムとして既に多くのものが存在している。しかし、その多くは設計対象物を特定した図面作成といった詳細設計の支援を主に扱っており、製品コンセプトの決定といった概念設計を扱うものではない。しかし、概念設計は最終的な

製品に対して重要な影響を与えるものであり、支援が望まれる。

そこで本研究では、概念設計の支援を目的とし、システムの構築を行う。そのために概念設計において発生している問題に注目し、その解決を目指す。

なお、設計の方法にはさまざまなものを想定

することができるが、本論文では複数人によりミーティングを行いながら進めていく設計として話をする。

実際の設計過程の観察によって、次のような問題が発生していることがわかる⁴⁾。

- ・ 同一議論の繰り返し
- ・ 矛盾する設計解の採用
- ・ 設計理由の不明瞭な設計

これらの問題は、設計者の創出した設計解やその設計解を選択した理由などの情報が、設計が進むにつれて失われてしまうために生じる。そこで、生成した設計解やその設計解の選択理由の情報を記録することで情報の消失を防ぎ、問題の解決が行えると考える。

しかし、設計の過程で生成される情報は膨大で多種多様であるため、すべてを記録することは困難である。また、後に必要な情報を検索し表示するための手法も考えなければ、記録した情報を有効に利用できない。そこで、設計情報の記録方法および検索、表示方法が重要となる。

このような設計過程における設計理由の記録に関する研究分野はデザインラショナル (Design rationale) と呼ばれ、設計議論の構造化を行う IBIS²⁾や、設計の解の選択に注目した構造化を行う QOC³⁾などがあり、既にそれらのモデルを用いた設計支援システムも商用化されている。しかし既存のモデルを用いた設計支援システムは、広く一般に用いられているとは言えない。その理由の一つとして、それらのモデルと設計者の思考との間に大きな隔たりがあり、システムを利用する上での障害になっていることが考えられる。

そこで我々は設計者の思考過程を基本とし、シナリオを考慮した設計プロセスと情報構造のモデルをこれまでに提案し、実際の設計ミーティングを対象としたプロトコル分析によって実証した³⁾。

本研究ではシナリオを考慮した設計プロセスと情報構造のモデルを基に、

- ・ 設計の場において情報を直接入力し、記録された情報を参照しながら設計を進める
- ・ 文字だけでなく動画などの情報を記録、参照できる

という特徴をもつ設計過程および情報構造を外在化するシステムの構築を行う。さらにシステムによる概念設計支援の側面について考察する。

以下、2章ではシナリオを考慮した設計プロセスと情報構造のモデルについて述べ、3章ではモデルを基に実際に構築したシステムについて述べる。4章ではシステムによってどのように支援が行えるかについて述べ、最後に本論分の結論および展望を述べる。

2. シナリオを考慮した設計プロセスと情報構造のモデル

2.1. 認知的設計問題解決プロセス

ミーティングにおいて設計者が行っている設計問題解決のプロセスは、図1に示すように問題の定義、設計解の創出、評価、決定で構成されると考えられる。問題の定義において問題周辺の情報を収集して問題を再定義し、問題に対する解を創出、それら解に対する評価を行い、解が問題に対して十分であれば解を決定する。ここで選択された解は、新たな問題解決プロセスに利用されることとなり、設計は問題解決プロセスのサイクリックな構造を持つ。

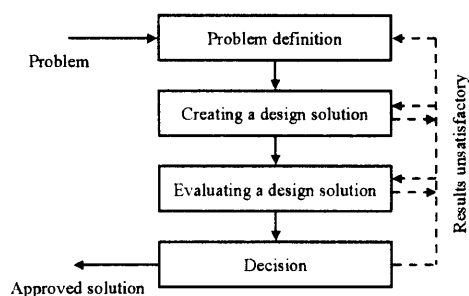


図1 認知的設計問題解決プロセス

2.2. 設計情報の種類

モデルでは、設計の過程において生成される情報を次の4つに分類している。

メタ設計

設計プロセスの管理および制御にかかわる情報、特に設計プロセスについて述べられた情報を指す。

主に設計ミーティング中の発言として生成される。

設計解

設計者の決定する情報を指す。具体的には設計対象に対する要求や制約、あるいは設計対象の振る舞いや実体などをあらわす。認知的設計問題解決プロセスにおいては問題に対する解にあたる。設計の目的や最終的な設計物も設計解にあたり、設計理由を理解する上で重要な情報となる。

設計ミーティング中の発言やアイデアスケッチ、あるいはジェスチャーによる動きの表現などとして生成される。

背景情報

設計者によって参照および定義される、問題を解くための背景となる情報を指す。ここで扱われる事柄は既に世の中に存在している状況であり、基本的に設計者は変更を行えない。認知的設計問題解決プロセスにおいては解決すべき問題を定義し解を導出するために参照される。

設計ミーティング中の発言のほか、ビデオやスライドといったミーティングの資料として生成される。

評価結果

創出した設計解に対する評価および決定を行う情報を指す。最終的な製品へ盛り込むべき要求や機能の選択に当たる。認知的設計問題解決プロセスにおいては解の評価と決定に当たる。

設計ミーティング中の発言として生成される。

2.3. 設計情報構造モデル

設計解を中心として背景情報と評価結果が関連付けられる構造を設計情報構造モデルと呼ぶ。図2に設計情報構造モデルを示す。このモデルにはメタ設計の情報は含まれない。

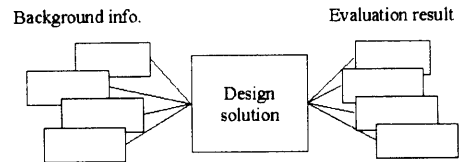


図2 設計情報構造モデル

2.4. 設計プロセスのモデル

設計においては、まず設計の目的からより詳細な設計の要求や要求機能などの設計機能を導出していく段階であるアナリシスフェーズが存在し、その後には有望な設計解の群からそれら設計解の要求する機能を実際に製品として実体化していく段階であるシンセシスフェーズへと移行する。

アナリシスフェーズにおいては、設計解がより詳細な複数の設計解に展開される手順で設計が進み、設計目的を根とする木構造状の形をとる。シンセシスフェーズにおいては、まず実体化を行うことを決定した要求解をあらわす設計解に対し、要求機能を実現するための部分的な実体をあらわす設計解を創造する。そして複数の設計解の合成やその結果生成された設計解とまた別の設計解の合成といった手順で設計が進み、最終的な設計解を根とする反木構造状の形をとる。その様子を図3に示す。

どちらのフェーズにおいても、設計は背景情報を考慮した設計解の生成、その設計解の評価、そして新たな設計解の生成というサイクルによる設計解の連鎖として表現される。

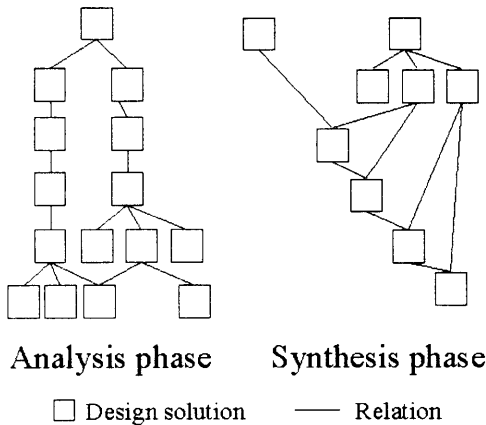


図3 設計プロセスのモデル

2.5. シナリオ

設計解および背景情報の中には、特定の状況と行為者が想定された情報がある。それらの情報を状況および行為者のマトリックス上に配置することで、構造化を行う。配置された個々の情報をシナリオの構成要素と呼び、シナリオの構成要素が配置されたマトリックスの表現する情報をシナリオと呼ぶ。シナリオの例を図4に示す。

設計において、設計対象あるいは設計対象の周辺で、「誰が」「いつ」「何を」行うかという製品のシナリオを考えることは、取り組むべき問題を明らかにできるという点で有効であり、設計の進展時には設計対象の詳細化と同時にシナリオの設定および考慮が行われる。

	Situation 1	Situation 2
Agent 1	Design Solution 1	
Agent 2	Design Solution 2	Background Info. 1

図4 シナリオ

3. シナリオを考慮した設計プロセスと情報構造のモデルによる概念設計支援システム

援システム

前述したモデルによる設計の支援を実現するため、コンピュータ上に設計情報を外在化し構造化して表示するシステムの構築を行った。

3.1. システム概要

3.1.1. 設計情報の入力

モデルに基づき、システムに入力する情報は4つに分類し記録を行う。入力する媒体としては、文字、画像、音声、動画などが考えられる。設計ミーティング中に生成される主な情報は発話であり、参照時の利便性も考え、入力するデータは文字を基本とする。しかし、スケッチやジェスチャー、発言者の表情など、文字で表現できない情報も設計理由の理解に有効である⁵⁾ので、必要に応じて画像や動画も扱う。また、設計ミーティング用の資料として用意される他アプリケーションのファイルなども関連付けて記録可能とする。また情報の検索や理解を容易にするため、記録されたデータには形式にかかわらず、情報内容の要件を理解しやすい短い文章として付記することとする。

また、設計情報の分類に従って入力されたデータに対し、他の入力されたデータとの関連を入力する。背景情報、評価結果についてはその情報が対象としている設計解との関連付けを、設計解については関連する他の設計解との関連付けを行う。また、シナリオ要素である背景情報および設計解については、行為者および状況との関連付けを行う。

3.1.2. 設計情報の表現

記録された情報は、以下に列挙する表現を用いて画面上に可視化される。

- ・ 分類され記録された情報の詳細な内容をあらかず表現
- ・ 設計情報構造モデルをあらかず設計解とその背景情報および評価結果の関連をあらかず表現
- ・ 設計の過程をあらかず木構造的表現
- ・ シナリオをあらかず表構造的表現

設計者はこれらの表現によって構造化および可視化された設計情報を参照しながら設計を進めていく。

3.1.3. システムのインタフェース

実際に入力および情報の参照を行っていく画面例を図5および図6に示す。図5は、設計プロセスを木に表現し、設計情報の入力を行う画面である。図6は、シナリオを表に表現し、設計情報の入力を行う画面である。

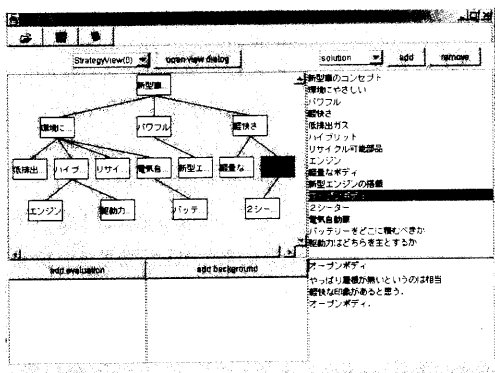


図5 設計過程の入力および参照画面

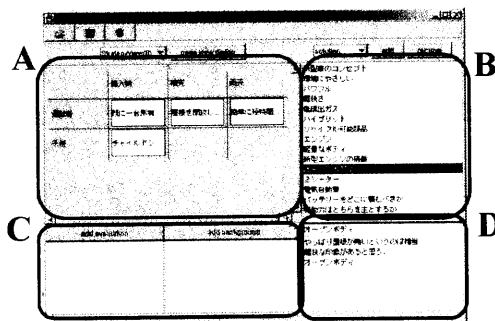


図6 シナリオの入力および参照画面

どちらの画面も大きく4つのパートに分かれている。以下に、それぞれのパートについて詳しく説明する。

- 設計過程およびシナリオ表示部 (図6 A)
設計過程の構造化された表示, あるいはシナリオの表示を行う部分。
シナリオにおいては, 表中のセル上を右

クリックすることにより新たな設計解あるいは背景情報をシステムに追加する。

設計過程の構造化された表示においては, 設計解を示すボックスを右クリックすることにより, その設計解を詳細化する下位設計解をシステムに追加する。また, 設計解を別の設計解にドラッグ&ドロップすることにより, 関連付けを行うことができる。

- 情報の一覧表示部 (図6 B)
システムに入力された設計情報を一覧表示する部分. 分類ごとに時系列に列挙され, 右クリックにより新たな設計情報の追加を行う。また左上の設計過程およびシナリオ表示部あるいは左下の設計情報構造表示部に情報をドラッグすることで情報の関連付けを行う。
- 設計情報構造表示部 (図6 C)

他の表示・入力部において設計解が選択された場合, 選択された設計解に関連付けられた背景情報および評価結果を一覧表示する部分. 右クリックにより, 設計解に関連付ける背景情報や設計解を追加する。

- 設計情報の表示部 (図6 D)
設計情報の短い要件, および詳細な内容を表示, 記述する部分. 他の表示部において情報が選択された場合, 本表示部に詳細な内容が表示され, 編集をおこなうことが可能である。右クリックにより, 画像や動画, 他アプリケーションのデータなどの添付を行い, また表示や再生を行う。

3.1.4. 支援のための機能

システムは構造化された設計情報を表示するだけでなく, 既に構造化された設計情報を利用して以下のような支援のための機能を提供する。

- 背景情報の継承
展開が進んだ設計解について, その背景情報はより上位の設計解に関連付けられた

背景情報を継承していると考えられることができる。そこで、注目する設計解の背景情報は、注目する設計解に直接関連付けられた背景情報以外に、最上位である設計目的の設計解からその設計解までのパスに含まれる設計解に関連付けられた背景情報をすべて含むこととし、設計者に表示する。

・ 設計解の導出過程の抽出

設計解が多数生成されると、設計過程をあらわす木構造の表現のノードが多く煩雑になるため、設計解の導出を把握することが困難となる。そこである設計解に注目した際、最上位である設計目的を示す設計解から注目する設計解までのパス上に存在する設計解のみを表示することで、設計解導出過程の理解を容易にする。

設計解導出過程抽出の様子を図7に示す。

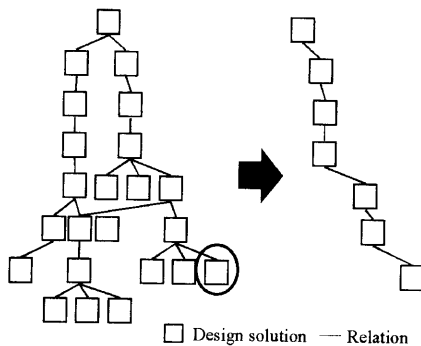


図7 設計解の導出過程の抽出

・ シナリオの合成

ある設計解に注目した場合、注目する設計解およびそれに関連付けられるシナリオ要素である背景情報によってシナリオが生成できる。複数の設計解を選択したときに、それぞれのシナリオを合成し一つのシナリオとして表示することで、選択した設計解の間でシナリオ上の矛盾の有無について判定を行うことができる。

シナリオ合成の様子を、図8に示す。

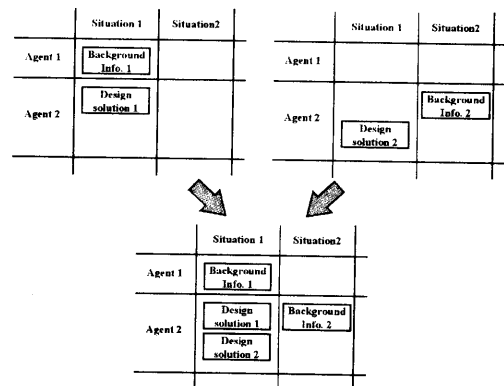


図8 シナリオの合成

3.2. システムの利用方法

構築するシステムは一人から数人の設計者により、概念設計段階において利用する。設計者は、システムが表示する設計過程の構造やシナリオなどの設計情報を参照しながら、設計を進めていく。設計中に生成される発言や板書、用意された資料といった情報は、記録者あるいは設計者自身がシステムに入力し、構造化して記録する。その情報は直ちに表示され、設計者は現在までの設計の過程や生成された情報を把握しながら設計を進める。途中必要に応じて設計対象のシナリオの参照を行い、シナリオを設計の制約として用いながら設計解の詳細化を進めていく。また設計解の評価や選択の場面では設計解の導出過程を参照することで、根拠を明確にした評価や選択を行う。

設計終了後のドキュメントの作成においては、設計の目的から最終的な設計解を導くパス上の設計解・背景情報・評価結果を参照し、設計理由の把握を行う。

4. システムの考察

4.1.1. システムの効果に関する考察

上述したシステムを用いた設計情報の構造化を行い、それらを設計者に提示することによって以下のような効果が期待できる。

- ・ 同一議論の回避

長時間にわたる設計を行った場合に、過去に行った議論を何度も行い、時間を浪費する事がある。

設計の進展を木構造的に構造化された形で表示することで、設計者はそれまでの議論の展開を把握することができ、同一の議論、すなわち既に行った設計解の展開を避けることができる。
- ・ 背景情報の理解の支援

設計解の詳細化が進むと、上位の設計解の導出時に考慮されていた背景情報を忘れてしまう事がある。

背景情報の継承機能を用い、上位設計解に含まれる背景情報も併せて表示することで、背景情報の正確な把握を支援する。
- ・ 設計理由の理解の支援

設計解の詳細化が進むと、どの設計解を詳細化するために導出した設計解であったのか、なぜその設計解を詳細化することを決定したのかといった、設計理由を示す情報の一部を設計者が忘れてしまう可能性があり、設計理由を正確に示すことが難しくなる。

設計解導出過程の抽出機能により、関連する設計解、背景情報、評価結果を表示することで、それら設計理由を想起することができる。
- ・ 設計解同士の矛盾やトレードオフの理解の支援

設計の詳細化が進み、設計に対して有望な設計解の選択を行う際、設計解同士のトレードオフや矛盾の関係が問題となるが、各設計解の導出の過程や過程において考慮された背景情報や評価結果を正確に理解していない場合、関係を正しく考慮できない。

システムを利用することによって、既に

述べた支援機能により設計過程と過程において考慮された背景情報や評価結果を正確に理解でき、設計解同士の矛盾やトレードオフの関係を理解を支援する。

- ・ シナリオを考慮した設計の支援

設計解を詳細化していく段階で、シナリオの構成要素である設計解や背景情報が生成され、考慮されて詳細化がなされていく。しかし、下位の設計解を考える段階で、上位設計解において考慮されていたシナリオの構成要素が忘れられ、矛盾したシナリオが生成されることがある。

現在考慮している設計解の導出過程に含まれるシナリオの構成要素をすべて配置したシナリオを作成し、設計者に表示することにより、考慮している設計解のシナリオの理解を容易にし、シナリオを考慮した設計を支援する。

4.1.2. 設計情報の表現媒体に関する考察

システムが扱う設計の情報としては、設計ミーティング中の発言、設計者の行うスケッチやジェスチャー、用意される資料などが考えられる。それらの情報をシステムが扱うための媒体としては、文字、画像、動画がある。

設計情報の分類と媒体から見たそれらの情報の生成の様子を図9に示す。多くの情報は主に文字として扱うことができる発言として生成される。設計解や背景情報においては、画像や動画が利用されることがあるが、メタ設計や評価結果においては、表現すべき情報が設計の流れや感想などの具現化しづらい情報であるためほとんど利用されない。ただし、発言者の表情といった文字だけでは伝えることのできない情報が必要な発言では、すべての設計情報分類において動画が必要となる。

また、設計過程の観点で考察すれば、アナリシスフェーズにおいては、設計情報の内容として発言といった抽象度の高いものが多く、設計が詳細化されるに従い、スケッチによる図など

形をとるものが増えてくる。シンセシスフェーズにおいては、プロトタイプなどの実体も生成され、参照される。

これらのことから、システムは主に文字を扱うものの、画像や動画も利用できる必要があるといえる。

	メタ設計	設計解	背景情報	評価結果
文字	発言			
画像		スケッチ	資料	
動画 (音声)	発言の様子	身振り		

図9 主な設計情報の分類と媒体

4.1.3. 実用化に向けた課題

本システムの構築において既に挙げることができる大きな問題点としては、入力時の負荷がある。これは、キーボードやマウス操作などのインタフェースに基づく入力の負荷のほか、情報の分類や構造化を行う上で、情報をどの分類にすべきなのか、どの情報と関連するのかの判断といった認知的な負荷が存在する。前者の負荷はインタフェースの改良により軽減することができるが、後者の負荷はモデルが本質的に内包する問題であり、今後検討していく必要がある。

5. 結論

本研究は概念設計支援を目的とし、概念設計における設計情報の消失によって生じる種々の問題に対処するために、シナリオを考慮した設計プロセスと設計情報構造のモデルを用いた設計情報の構造化と可視化を行うシステムを構築した。システムが扱うべき情報は文字だけでなく画像や動画といった媒体が必要であり、マルチメディア設計情報を外在化、構造化することが設計内容を理解する上で重要となることを指摘した。今後は実際にこのシステム

を用いた設計を行い、評価を行う予定である。

参考文献

- 1) A. 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.
- 2) E. J. Conklin and KC Burgess-Yakemovic, "A process-oriented approach to design rationale," *Design Rationale: Concepts, Techniques, and Use*, pp.393-427, 1996.
- 3) K. Kurakawa, "A conceptual design information structure and its formation process based on protocol analysis of the design meeting in CAD models which affect interoperability," 2001 ASME Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, 20th Computers and Information in Engineering Conference, DETC2001/CIE-21226 (CD-ROM), 2001.
- 4) 海谷治彦, 三浦信幸, 穴井豪, 江幡剛, 永岡洋樹, 佐伯元司, "対面式会議を支援する計算機システムの評価実験," *信学論(D-I)*, Vol.J79-D-I, No.6, pp.341-352, June 1996.
- 5) J. M. Carroll, S. R. Alpert, J. Karat, M. V. Deussen, and M. B. Rosson, "Raison d'Etre: Capturing Design History and Rationale in Multimedia Narratives," *CHI '94*, pp.192-197, 1994.