

# 知識メディア型設計情報可視化システムの試作

A knowledge-media based system for visualizing design information

足立 秀和

Hidekazu Adachi

鷹合 基行

Motoyuki Takaai

武田 英明

Hideaki Takeda

西田豊明

Toyoaki Nishida

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

## Abstract:

In this paper, we present the method of reusing poorly-structured documents(e.g. minutes of meetings) as design information. It is difficult for designers to retrieve design knowledge from minutes. So we propose a new approach that supports designers to retrieve design knowledge. In our approach, the first step is a construction of semi-organized knowledge from minutes, and the second step is an extraction of well-defined knowledge from semi-organized knowledge. In this way, designers can easily retrieve design knowledge from well-defined knowledge that is derived from minutes. With this approach, we implement a prototype of a system for extracting and visualizing resolving-process of design .

## 1 はじめに

科学技術の発展に伴い設計対象が複雑になるにつれ、設計情報は膨大なものとなっている。設計は設計対象に対する深くかつ広範な専門知識を前提としていることから、集団で協調して設計を行うことが現在では一般的である。そこで、設計情報の共有による協調設計の支援、設計情報の再利用による設計の効率化などを目的として、計算機による設計支援の研究が続けられてきた。

設計情報には設計過程情報、設計対象情報、設計行為情報などに分類される様々な情報が含まれる。計算機によって設計支援を行うためには設計情報を計算機が扱うことのできる情報形態に加工する必要がある。また設計情報を集団が共有して利用し、また将来再利用することを可能にするには、設計情報を「知識メディア」[1]に変換して、知識として表現しなければならない。

実際の設計現場における設計情報を記録した記述形態に、設計会議の議事録や設計者のメモ書きがある。これらの情報はテキスト、図、グラフ、表など多様なドキュメントで記述され、意味的に構造化されていない非定型性を特徴とする。しかし、それらを知識メディア化することにより、設計作業の過程、設計対象の情報、問題解決過程など有益な「設計知識」[2]を取得することができれば、議事録を設計情報として再利用することが可能となり、設計者の負担軽減など設計の効率化に貢献すると考えられる。

本研究では、設計情報を含む非定型ドキュメントの例として実際の設計会議議事録を用い、自然言語解析した結

果から、議事録を知識メディア化するための要件を案出し、議事録を設計知識のソースとするための可能性を探った。次に、非定型ドキュメントから設計知識を抽出し、設計知識を可視化するシステムを試作した。また、設計情報可視化の観点からシステムを評価し、考察を加えた。なお、本研究はICoB(工学的知識の体系化と共有のための知的ドキュメントベース)[3]の枠組において設計情報の共有及び再利用の実現を目指した基礎的研究に位置する。

## 2 議事録の解析

設計作業は、「問題設定」「創造過程」「分析過程」「最終チェック」[4]という局面に区別され、その局面が繰り返し反復されて設計プロセスが形成される。

一方、設計作業中に残される議事録は、設計プロセスを詳細かつ忠実に表現するものではなく、その時点における問題、確認した事実、目標などが記され、言わば時系列的に整理されたメモ書きといった体裁を示し、前述の局面よりさらに小さな場面を記述している。すなわち、議事録はその場面における問題の対処を記述しており、全体で問題解決過程を記録していることになる。以下では、問題解決過程を設計知識として抽出することを主眼に議事録の解析を行った。

### 2.1 議事録の構成

図1に、今回システム試作において例題として用いた設計会議議事録の一部を示す。議事録を観察すると、次のような特徴を見出すことができた。

- 一つの意味を表す文などの情報片が比較的小さい

- (1) 2 . ブリッジ回路と差動増幅回路との比較
- (2) ( 図 2 参照 )
- (3) ・ブリッジ回路と差動増幅回路の出力に位相差が生じていた。  
又、波形もきれいな正弦波でなかった。  
(ゆがみが時間によって変化していた。ファンを回していた時だけおこった)
- (4) 原因を考える
- (5) ・ファンなしで時間 ( 15 分位 ) たって  
出力波形は安定してきた。
- (6) 問題ないと判断した
- (7) 使い始めるためには準備時間が必要でないか？

図 1: 設計会議議事録例

- 情報片間の意味的な流れが自明でないことが多々ある ( 熟練者ないし設計者の頭にある前提知識が入る )
- 図やグラフなどの重要性が高い

また議事録中の文章から、互いに近傍にある文章群が図 2 のような典型的な構成を持ち、意味的に関連付けることができた。これらは局所的問題の解決と新しい問題の発生過程を表現していると考えられる。もちろん、全ての文章がこのような構成をとる訳でないが、その他はこの構成のサブセットと考えることができた。

| 目標  | 問題  | 事実      | 新たな問題 |
|-----|-----|---------|-------|
| (1) | (1) | (3)     | (4)   |
| (1) | (1) | (5) (6) | (7)   |

図 2: ブロックの構成と文章内容の言明

ここで、各文章を目標、問題、事実、新たな問題というように言明したとき、解決した「問題」を中心にした塊 ( ブロック ) と捉えることができ、そのとき、ブロック内の文章群を言明化により意味的に定型化したことになる。今、図 1 のデータについてこの考えを当てはめると、図 2 の言明に基づき、

((1), (3), (4)) と ((1), (5), (6), (7))

にブロック化することができる。

## 2.2 言明と文の特徴

次に、ある文章にある言明 ( 目標、問題、事実、新たな問題 ) を与える事ができたとき、文章は自然言語としてどのような特徴を示すか観察し、図 3 の結果を得た。文章の言明とこれらの特徴が必ずしも一致する訳ではなく、また一つの文章が複数の意味を持つことや、一つの文章が複数のブロックに含まれることも確認した。しかし、ある一文が与えられたとき、それが議事録中でどのような言明を与えることができるか、それを推測する判定規準の一つになりえる。

## 2.3 文のブロック化による問題解決の抽出

以上の特徴から、ある文章の言明をすることを助けるような文章間の構造を記述する情報が存在すれば、文章

|       |  |
|-------|--|
| 目標    | (a) 名詞での言いきりで文章が終る<br>(b) 「～したい」で終る<br>(c) 「～する」で終る                                      |
| 問題    | (d) 疑問文である<br>(e) 文章の最後に「？」の記号である<br>(f) 最後の述語が否定されている<br>(g) 目標で言明された文に含まれる単語に関連する単語を含む |
| 事実    | (h) 最後の述語の時制が過去形のである<br>(i) 最後の述語が形容詞である<br>(j) 目標、問題で言明された文に含まれる単語に関連する単語を含む            |
| 新たな問題 | (k) 最後の述語が現在形で終る<br>(l) 疑問文である<br>(m) 目標、問題、事実で言明された文に含まれる単語に関連する単語を含む                   |

図 3: 言明と文章表現の関係

を第 2.2 章に基づき自然言語処理した情報を組み合わせることにより、問題解決を意味する冗長性の少ない定型化された文章群をブロックとして抽出することが可能であると判断した。

議事録からの問題解決過程の抽出には、以下のような手順が考えられる。

Step1 文章を一情報片として、議事録を予め文章構成を反映するよう弱構造化する

Step2 弱構造と自然言語処理の情報から文章に言明を与える

Step3 文章構成のパターンからブロックを取得する

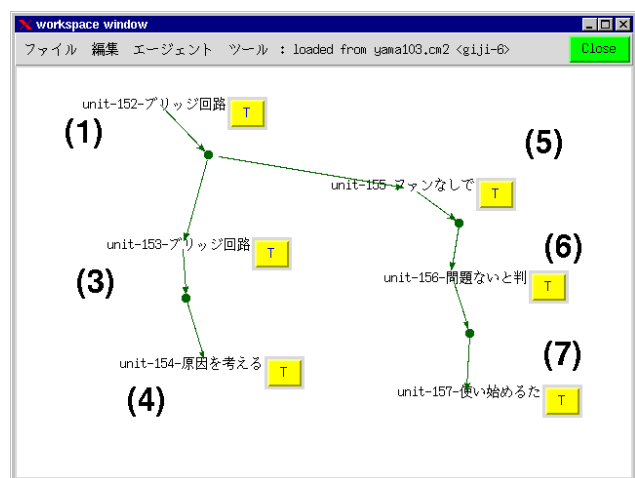


図 4: 弱構造化された文章群

具体的に、図 1 の文章が、図 4 のように弱情報構造の情報を付加されたなら、((1),(3),(4)) のブロックは以下の手順

で導くことが可能である。

- (1) は目標である -(a)
- (1) とリンクされた文を探す
- (3) は問題か事実である -(g)(h)(j)
- (3) とリンクされた文を探す
- (4) は新たな問題である -(k)

以上の分析を基に、議事録に弱情報構造化を施し、リンク情報と自然言語処理情報を用いて、議事録からブロックを抽出し、問題解決過程を設計情報として可視化するシステムの試作を行った。

### 3 設計情報可視化システム

#### 3.1 システム概要

図5にシステムの概略を示す。システムは以下の部分から構成される。

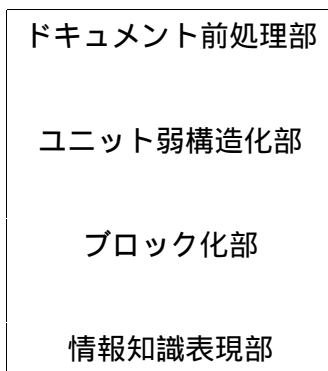


図5: 設計情報可視化システム概略

##### 3.1.1 ドキュメント前処理部

非定型ドキュメントからテキストを抽出し、一文を一つのユニットとして取り扱い、CM-2[5]形式データ(S式)に変換する。議事録などの非定型なテキストの場合、文の区切り文字や接続語が少ないため、意味のある一文の切り出しが困難である。そこで、一文の区切りは人の手を介して行う。s式にしたテキストを図6に示す(簡単のため連想関係の記述を省略した)。また、CM-2システムは画像データなど非テキストデータも統一的に扱い、表示をすることができることから、画像データも一つのユニットとする。

##### 3.1.2 ユニット弱構造化部

ユニット間に弱い情報構造(連想関係)を構築する。第2章で述べたブロック内の言明の構成を参考にし、議事録における議論の流れ、問題解決手順の明確化をするため、話の流れや文脈に沿ってユニット間に連想関係を付加する。

##### 3.1.3 ブロック化部

第2章で述べた考えに基づき、ユニット間の弱情報構造とユニット内テキストの自然言語処理により、ブロックを抽出する。これらの機能をLisp言語で実装した。なお、自然言語処理には日本語形態素解析器茶釜 Version 1.0[6]を利用した。

#### 3.1.4 情報知識表示部

構築した情報ベースをCM-2システムにより視覚表示する。なお、設計知識の可視化には、弱い情報構造における情報の収集、編集、ブラウジングを支援するCM-2システム[5]を利用した。

```
(unit-6 (label "unit-6-ブリッジ回路") ("連想関係データ")
(data "ブリッジ回路と差動増幅回路との比較(図2参照)"))
(unit-7 (label "unit-7-ブリッジ回路") ("連想関係データ")
(data "ブリッジ回路と差動増幅回路の出力に位相差が生じていた。
又、波形もきれいな正弦波でなかった
(ゆがみが時間によって変化していた。ファンを回していた
時だけおこった)"))
(unit-8 (label "unit-8-原因を考える") ("連想関係データ")
(data "原因を考える"))
(unit-9 (label "unit-9-ファンなしで") ("連想関係データ")
(data "ファンなしで時間(15分位)たって
出力波形は安定してきた。"))
(unit-10 (label "unit-10-問題ないと判") ("連想関係データ")
(data "問題ないと判断した"))
(unit-11 (label "unit-11-使い始めるた") ("連想関係データ")
(data "使い始めるためには準備時間が必要でないか?"))
```

図6: CM-2 データ

#### 3.2 実議事録への適用実験

試作システムの有効性を評価するため、実際の設計会議議事録を試作システムに適用する実験を行った。議事録はある機械設計のための設計会議の記録で、A4用紙24枚のテキストとA4用紙29枚の図表からなる。

試作システムを用いた問題解決過程情報のCM-2システムによる表示例を図7に示す。

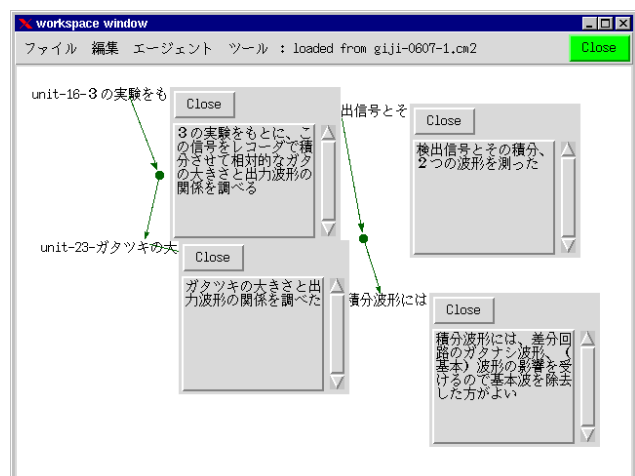


図7: 問題解決過程情報の表示例

### 3.2.1 実験結果と考察

試作システムによりブロック化されたユニット群と議事録を基に手作業でブロック化したユニット群を比較すると、試作システムではブロック化されないユニットが存在することがわかった。特に文章構造が複雑で、一つの文章にブロックが複数重なるとき、ブロック中に入って欲しい文章をブロック化できなかった。これは、試作システムでは、第2章で検討した自然言語処理の実装がまだ不完全であることに起因する。

ブロックの表示において、CM-2システムは問題解決過程の表示に不向きであることが指摘された。問題解決過程の理解を支援するためには、設計知識の効果的な表示があることが示唆された。

議事録の自然言語処理では、文末の時制や活用形よりも関連単語のマッチングが言明の判定の要因になることが多かった。そこで、関連単語リストを使う事が効果的であることがわかった。例えば、

(“積分” “積算”) (“ガタ” “ガタつき” “ガタツキ”)

は前者は厳密な意味は異なるが似ているもの、後者は意味は同じだが表記の異なるものであるが、双方の単語リストを作成することが必要である。議事録の場合、記録者が複数人であることが多いと思われるので、このような記録者間の記述の違いを受け止めるには特に重要であると思われる。

実験目的は、試作システムの設計情報可視化の効果を評価することである。したがって、議事録における設計目的を正確に理解し、設計対象に付随する基礎知識、背景知識を身に付けた専門家よりも、逆にその設計対象に素人の人物の評価が重要であろう。本実験では第三者による評価を得なかったが、議事録をブロック化し、問題解決過程の表現を部分的に行うことができ、設計プロセスの一部を提示することができた。これは第三者による設計の理解に有効であり、設計支援に繋がるものであると思われる。

## 4 考察

会議議事録のような非定型ドキュメントは、一般的に次のような特徴を持つ。

- 照応関係の不完全さ
- 状況記述の欠如
- 文章間における論理の飛躍が多い
- 論理関係の記述がほとんどなく、一文が簡潔である
- 人によって文章記述の仕方が大きく異なる

これらの特徴から、ドキュメントの内容を自然言語処理のみにより、設計情報として知識メディア化することは困難であると考えられる。したがって、非定型ドキュメントの知識メディア化においては、予め人の手作業により弱情報構造化を行い、その後計算機を使ってさらに構造化を行うという発想に優位性があると思われる。また一般に、種々の設計知識の融合、設計知識の再利用に伴う情報の整理などの場面において、弱構造化された情報知識は計算機による扱いが容易であることから、この発想は効果的であると思われる。一方、手作業による弱構造化は、設計情報を正確に理解した設計者でないといふ有意義な構造化を行えない場合があり、設計者に負担を強いることがある。

テキストを基に設計情報の取得、設計知識の構築を行う試みに鷹合 [7]、Andy [8] の研究がある。鷹合は設計対象に関する概念体系 (オントロジー) を用いてテキストから設計知識を取り出すことを行い、設計支援を試みている。また、Andyらは単語の cluster と belief network を組み合わせることにより設計知識の構築を試みている。本研究においてもオントロジーを利用して単語の関連を記述することにより、テキスト情報から問題解決過程の取得を行う際の効率化を図ることなどが考えられ、これらの成果を参考にしたい。

## 5 まとめと今後の展望

本研究では設計情報としての非定型ドキュメントを知識メディア化し、設計情報を可視化することにより設計支援を行うシステムの試作を行った。そしてシステムを実際の設計情報に適用し、設計支援に有効であることを確認した。

今後多く非定型ドキュメントに対する試作システムの適用を行いたい。また、設計情報の視覚表現部の検討を行い、設計情報の表現の改善を行いたい。

## 6 謝辞

本研究は山武八ネウエル株式会社との共同研究の一貫として行いました。実現場における設計情報を使用させていただき感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 西田 豊明, 武田 英明: 知識コミュニティプロジェクト (第3報), 1996年度人工知能学会全国大会 (第10回), 21-01, 1996.
- [2] 吉岡 弘之・富山 哲男: インテリジェントCAD, 朝倉書店 (1991).
- [3] 西田 豊明, 武田 英明: 知識コミュニティプロジェクト (第4報), 1997年度人工知能学会全国大会 (第11回), 16-04, 1997.
- [4] NAM P. SUH: The Principles of Design. Oxford University Press, Inc. 1990.
- [5] 前田 晴美, 梶谷 和人, 西田 豊明: 連想構造を用いた情報収集・整理支援, 1996年度人工知能学会全国大会 (第10回), 21-01, 1996.
- [6] 松本 裕治, 北内 啓, 山下 達雄, 平野 善隆, 今一 修, 今村 友明: 日本語形態素解析システム ChaSen 「茶筌」 <ftp://ftp.aist-nara.ac.jp/chasensys1.0-dic1.4.tar.gz>
- [7] 鷹合 基行, 足立 秀和, 武田 英明, 西田 豊明: オントロジーを用いた設計者の統合的支援環境, 1997年度人工知能学会全国大会 (第11回), 16-04, 1997.
- [8] Andy Dong and Alice M. Agogino: Text analysis for constructing design representations, Journal of Artificial Intelligence in Engineering (Previously published in *Artificial Intelligence in Design '96*, Kluwer Academic Publishers, pp. 21-38, 1996.)