

設計文書作成管理システムの研究

○吉岡 真治

学術情報センター 研究開発部

yoshioka@rd.nacsis.ac.jp

野間口大 富山哲男

東京大学 人工物工学研究センター

{noma,tomiyama}@race.u-tokyo.ac.jp

概要: 設計者は一つのものを設計する過程において、様々な情報や知識を利用して、設計解の選択や設計解の評価と言った判断を下していく。この様な判断の過程で生み出される情報は、その設計解に至った理由を理解するためだけではなく、設計者の持つ知識が反映された再利用可能な有益な情報であると考えられる。そのため、様々な企業で、設計過程の情報を設計文書として蓄積する事が行われている。しかし、実際の設計文書の作成は、設計作業が終了してから説明のために作成されることが多く、情報の欠落などが起りやすい。また、これらの文書は紙や光ディスクなどで蓄積されているが、あまり有効な再利用の枠組みが用いられていない。そこで、我々は、この設計文書を管理する枠組みとして、設計を進めながら同時に設計文書の作成を行うことができ、設計の文脈に応じた設計文書の検索と再利用が可能である 設計文書作成管理システムを提案している。本報では、この設計文書作成管理システムの日本語化と全文検索技術の応用について述べる。

Reserach on Design Documentation Management System

Masaharu Yoshioka

National Center for Science Information Systems (NACISIS)

Yutaka Nomaguchi, Tetsuo Tomiyama

The University of Tokyo, Research into Artifacts Center for Engineering (RACE)

Abstract: In a design process, the designer uses a variety of information and knowledge for generating design solution and evaluating it. These types of process information are useful not only for understanding the design rationale but also for the source of designers' knowledge. Therefore, many companies try to store these types of information as design documents. However, since most of the documents are made for explaining the design solution after finishing whole design, most of the documents do not cover all of information in design process. In addition, there is not good framework to retrieve and reuse these documents and that prevents the designers to reuse these useful documents. For tackling these problems, we have proposed the design documentation management system. This system can record design documents as a result of design process. The system can also retrieve and reuse related design documents based on the design context. In this report, we discuss the Japanization of the design documentation system and application of text retrieval technique.

1 はじめに

近年の工業製品の複雑化や環境問題への対応などにより、一つの製品を設計するにあたり必要とされる知識の量が増大している。そのため、設計という行為はもはや一人の設計者によって単独で行う作業ではなくなり、様々な分野の技術者が設計に参加し、多様な観点からの評価を行う作業へと変質している。

また、これらの複雑な製品は、その実物や設計図のみを見ただけでは、設計された製品がどのような意図を持って設計されたかを理解することが困難である。この様な意図が理解されずに設計が個別に行われると、製品の設計の最終段階で、問題が生じる場合がある。例えば、お互いに矛盾する二つの要求(例えば、スピードとバランス)の妥協点として設計されたある部品について、一方の要求に関する設計意図が読み取れない場合に、読み取れた設計意図の部分に対して最適化したような設計が行われ、いざ試作品を作成した段階で問題が明らかになるという様な事態が生じる場合などがある。

よって、複数の設計者が協調して作業をするためには、設計図などのものを作るための情報だけではなく、設計解に至った経緯の情報も重要な役割を果たす。また、この設計の過程で生み出された情報は、様々な設計者の知識の集積であり、実際の作業に関わった人達だけではなく、後々の設計者にとっても有用な情報である。よって、これらの情報を管理保存し、再利用を図ることは大きなメリットがあると考えられている。

そこで、多くの企業において、設計作業における設計の意図や、不具合に対する対策方法などについて、設計文書として記録し、上記のような問題に対して対処しようとする試みがなされている。しかし、設計意図の表現形式についても多くの研究が行われているものの [1, 2]、設計意図や設計作業中に参照した情報など、設計過程における製品情報以外の多様な設計情報を記述する枠組みとしては不十分である。また、納期に終われる設計者にとって、この様な設計文書の作成に関する作業は、労力のいる付加的作業と認識される事も多く、設計が終了した後に設計作業を思い出しながら作成されている。そのため、即時の情報の共有がうまくできない事

や、設計者の記憶があいまいになっているために、正確な記述がなされない事や細かい試行錯誤の情報が抜け落ちてしまう事などの問題点がある。

そこで、我々は、この設計文書を管理する枠組みとして設計文書作成管理システムを提案している。このシステムでは、設計を進めながら同時に設計文書の作成を行うことができ、設計の文脈に応じた設計文書の検索と再利用が可能である。本報では、この設計文書作成管理システムの日本語化および全文検索技術 [3] の応用について述べる。最後に建築工程設計への応用について述べる。

2 設計文書作成管理システム

設計過程に関する情報を出来る限り設計文書として記録し、その記録した設計文書を有効に再利用するために、我々は、次の3つの項目を考慮し、設計文書作成管理システムを作成した。

- 設計文書の記述力の向上
設計結果の情報だけでなく、設計意図や設計中に参照した情報など、設計過程の多様な形態の設計情報を扱えるようにする。
- 設計文書の再利用方法の提案
獲得した設計文書に設計過程の情報を付加することにより、再利用性を向上させる。
- 設計文書を設計の進行と同時に獲得
設計文書を設計の進行と同時に獲得することにより、より正確で役に立つ設計文書を作成する。

2.1 設計文書の記述力の向上

設計文書を通じて、設計情報の共有、再利用をするためには、設計対象に関する情報に加え、設計者の試行錯誤の過程に関する情報や、設計解の選択の基準などといった設計者の意図の情報が必要であると考え、本システムでは、次の4つの情報を設計文書の記述の対象として扱う事とした。

1.設計対象に関する情報

設計対象を表現するモデルや、寸法等の定量的な属性値などの情報 本システムでは、以下の4種類の情報を扱う。

- 設計対象のモデル
形状モデルなど、設計対象を表現したモデル

- 実体概念や関係概念の属性名
軸の長さなど、設計対象を構成している実体概念や関係概念を定義付ける属性名
- 属性値
属性に対する実際の値
- 属性間の制約関係
属性間の制約関係を表現する数式

2.設計意図に関する情報

設計対象の情報を生成・操作・修正した行為に対する設計者の意図に関する情報

3.設計中に参照した情報

部品のカatalogや設計マニュアルなど、設計中の意思決定において参照された情報

4.設計過程に関する情報

設計対象の情報を生成・操作・修正した過程の情報

これらの情報のうち、1 から 3 については、設計対象に関する情報であり、設計文書に直接記述される情報である。本システムでは、我々が提案している設計支援システムである KIEF(Knowledge Intensive Engineering Framework) [4] を用いて主に 1 の情報を扱い、ハイパーテキストを用いることにより 2、3 の情報を取り扱う。この KIEF において設計対象モデルは、設計対象を構成する実体概念、関係概念、属性概念、物理現象概念などをノードとして表現したネットワークモデルとして表現される。各々の概念については、概念辞書と呼ぶ知識ベース中でオントロジカルな定義(例えば、抽象具体の概念階層など)が与えられている。

また、4の設計過程に関する情報は時系列などの情報を含むため、文書の中に直接記述するのではなく、文書の流れとして記述する。設計作業においては、幾つかの作業を分散して平行に進め、その結果を統合するという操作や幾つかの案を並行して検討すると言った操作が行われるため、単純な時系列による記録を保存するだけでなく、論理的なつながりを表現する必要がある。そこで、本システムでは、一つのサブ問題の解決過程に関連する文書をセクションとして整理し、これらのセクション間の論理的依存関係をネットワークグラフとして表現する。時系列的な章だてとネットワークグラフの組み合わせにより、設計過程に関する情報を記述する。

2.2 設計情報を用いた設計文書の検索

本システムでは、各々の文書に対してキーワードを付与し、そのキーワードによる検索を行う。しかし、キーワードにマッチする文章の全てが同じように役に立つとは限らない。設計においては、同じ機構要素の問題を取り扱っていても、その文脈(context)にしたがって、その解決方法が異なる場合が考えられる。例えば、歯車による回転伝達機構の設計を考えた場合に、それが、カメラなどの精密機械に使われるのか、フォークリフトのような建築機器で使われるのか、おもちゃに使われるのかで、設計時に考慮しなければいけない点は大きく異なってくる。そのため、設計者にとって最も役に立つ設計文書とは、検索時の設計の状況と似た状況を持つ過去の設計事例の設計文書であると考えられる。

本システムでは、設計支援システム KIEF が保持している設計途中の暫定的な設計解である設計対象モデルと、その暫定的な設計解に至るまでに作成した設計文書から、以下の手順により設計の文脈情報モデルを作成する。

- 1.設計文書の論理的依存関係に基づき、その設計対象モデルを作成するのに直接関係した設計文書のみを取り出す。
- 2.Brill のタガー [5] を用いて、文章中の単語について、形態素タグを付与する。
- 3.この時、前置詞、be 動詞、冠詞などの情報は使わない情報として削除する。
- 4.文章中の単語と設計対象モデル中の概念の名前を比較する。この比較時に、各々の設計対象モデル中の概念については、それをより抽象化した概念の名前についてもマッチするかどうかを調べる。
- 5.文章中の単語が設計対象モデル中に表れている場合は、その他の文章中の単語は対応する設計対象モデル中の概念に関係ある語としてネットワーク表現に加え、設計の文脈情報モデルとする(図1)。

各々の文書については、あらかじめこの文脈情報モデルを作成しておき、文書といっしょに蓄積する。文書検索の際には、これらの文脈情報モデルと設計の流れに応じて作成した文脈情報モデルと比較して、設計文書の類似度とする。この比較は、各々の文脈情報モデルに共通して

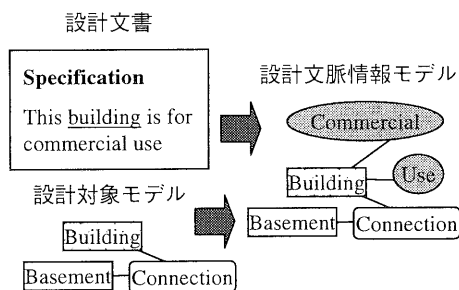


図 1: 設計の文脈情報モデル

存在する実体に対して関係ある語がどれだけ共通しているかを調べる事により行う。

2.3 設計文書の作成支援

本システムでは、設計文書の作成支援の方法として次の2通りの方法を用いている。一つ目の方法は、設計支援システム KIEF の推論結果をそのまま文書化することである。この支援により、KIEF が指摘した問題点に対しては、文書作成が大幅に簡略化されることになる。

また、一度、作成した設計文書をテンプレート化し、設計文書知識として汎用化する。この知識を再利用することにより、設計文書の作成支援を行う。また、この再利用性を向上させるために、次の2種類の方針によりテンプレートを作成する。

- 単位文書知識
設計対象の部分的なモデルの構築や、計算などの一つの問題解決における設計作業をモジュールとして提供する知識である。
- 項目文書知識
モーターの設計方法といった一つの問題を解決するために行う一連の設計作業について、この作業手順をセクションのネットワークグラフとして表現する知識である。

これらの知識を用いることにより、定型的な作業については、文書作成の手間を省くことができる。

2.4 システムの考察

このシステムを建築物の基礎構造物の設計例に適用し、その有効性を検討したところ、文書知識を用いた文書作成の支援、システムの推論結果の文書化により、あらかじめ文書知識を作

成するために用いた設計文書に比べ、より多くの情報が設計文書に記述され、その多くが再利用されたことが確認された。

また、設計文書の検索の有効性については、文書数も少なかったため、細かな議論はできなかった。また、作成したシステムが英語の文書を対象にしていたため、日本人のユーザからのフィードバックをもらいにくいという問題があった。さらに、各々の文書に対応するキーワードをつける必要があり、文書の再利用のための手間がかかるという問題があった。

3 日本語化と全文検索技術の応用

前節で述べた設計文書管理作成システムの長所を踏まえた上で、このシステムが持つ問題点を解決するために、設計文書作成管理システムの日本語化をすると共に、全文検索の技術を利用することにより、文書の再利用のための作業の効率化を試みる。

3.1 設計の文脈情報モデルの作成

設計文書を英語から日本語に変更するために、次の2つの作業を行った。

- 概念辞書の日本語化
設計対象モデルの概念を表す知識ベースである概念辞書中の概念名を英語から日本語に切り替える。
- 形態素解析ツールの変更
取り扱い言語の変更にともない形態素解析ツールを「茶筌」[6]に変更する。

概念辞書の日本語化については、単純な翻訳作業であるが、概念辞書中の概念と文章中の単語との対応関係が、日本語の形態素の単位切りの問題のために、対応塚無い場合が多く存在した。この問題には細かい単位に切られてしまう問題(漢字の複合語などに見られる)と大きな単位のまま残ってしまう問題(カタカナ語の場合などに見られる)の2種類が存在した。前者の問題に対処するために、形態素と部分マッチする語に対しては、前後の形態素をつなげることにより、構成的に複合語を作成し、比較を行うこととした。また、後者の問題に対応するため、一つの形態素が概念名よりも長い場合は、その概念名を形態素の文字列中に含むかどうかの判断を行うこととした。

3.2 全文検索エンジンの利用

また、設計文書に対してキーワードをつける手間を省くために、全文検索エンジン *namazu*[3] を用いた文書検索を行うこととした。全文検索の利点は、キーワードなどの付加作業を伴わずに文書が再利用できるという点にあるが、その反面、各々の文章が取り扱っている問題がメインの話題ではない文章に対して、関連する語が入っているために、設計者が直面している問題に適していない文書を拾い上げてくるという問題点がある。全文検索の研究では、このような文書に対して *tf·idf* (Term Frequency · Inverse Document Frequency) 法などの指標を用いて文書のランキングをつけることにより対応を行っている。このようなランキング手法は検索語の頻度や検索語の有効性を文書集合の特徴などにより決める手法であり、一般的な検索時において有効であるが、今回の問題のような文書の長さにはばらつきがある場合や、検索の要求の文脈が明らかになっている場合には、必ずしも良い方法とは言えない。

本研究では、設計者にとって役に立つ文章を次の2種類にわけて考え、各々の性質に応じた検索について考える。

- 問題解決に直接的に役立つ文章
設計者が直面している問題と同じあるいは類似している問題を取り扱っている文章であり、設計対象モデルに基づく文脈モデルにできる限り類似している文脈モデルを持つ文章が有用である。
- 問題解決に間接的に役立つ文章
「コストを削減したい」とか、「工期を短くしたい」といった問題に対するアプローチの仕方などの直接の問題より抽象化した問題について考える場合には、文脈モデルとの類似度は余り関係なく、全文検索的アプローチが有用である。

前者の検索を実現するために、設計文書の性質を考慮した文脈モデルの類似度について検討する。設計文書では、設計仕様を満たす製品を作るという全体の問題を分割していったサブ問題を取り扱った結果として記述される。そこで、このサブ問題を類似度の指標として利用する。つまり、設計文書に対して、単に文脈情報モデルを対応づけるだけではなく、その文脈情報モ

デルのどの部分に注目したサブ問題を取り扱っているかを記述する。この情報と、設計文書を検索する設計者が注目しているサブ問題の対象となる文脈情報モデルの部分と比較することにより、類似度の判定が可能になる(図2)。

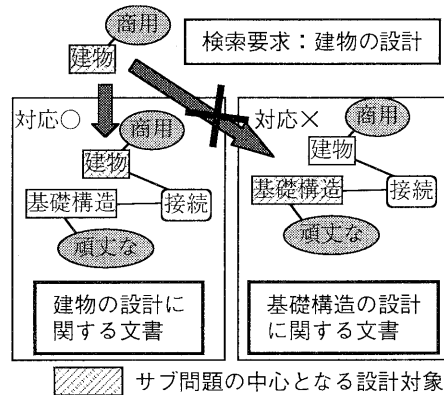


図2: 設計文書の類似度判定

そこで、本システムでは、次の手順により、文書検索を行う。また、各々の手順により3つのランキングのための指標を得る。

- 1.全文検索を行い、比較対象となる文書集合を限定すると共に、*tf·idf*の指標を得る。
- 2.サブ問題の中心となる設計対象を中心に、各々の設計対象モデルに対して、グラフのマッチングを行い、文脈情報モデル中のノードとの対応関係を調べ、設計対象モデルの一致度の指標を得る。
- 3.2.で得た対応する各々のノードについて、共通する関連する語の対応関係を調べ、設計対象モデルの対応語の一致度の指標を得る。

文書検索のランキング時には、先ほど述べた、設計者に役に立つ文書の性質の違いを考慮して、3つの指標の結果をそれぞれ提示する。設計者はその要求に応じて指標を選択すると、選択された指標に基づくソートが可能である。また、文書知識のような本当に問題に関係のある文脈だけがモデル化されている文書と、実際の設計結果を全て文脈モデルとして持っている設計文書の違いを扱うために、設計対象モデルの一致度と設計対象モデルの対応語の一致度については、絶対数と一致した割合の2つの値を指標として利用する。

3.3 建築物の工程設計への適用

今回改良したシステムの有効性を検証するために、建築物の工程設計を例として、文書知識の作成ならびにその利用を試みた。この文書知識を作成するにあたり、「施工計画ガイドブック」[7]に記述される工法の一部を文書知識として入力した。

その結果、「経済的」や「短期間」と言ったキーワードを建築構造と対応づけて、設計仕様として与えておくことにより、複数の工法の中からより適切な工法が、設計対象モデルの対応語の一致度のランクで上位に上がって来ることが確認できた。

3.4 システムの考察

本システムでは、設計文書の検索時に設計文書の文脈によるランク付けと問題として取り扱う設計対象に関するフィルタリングを行う事により、文書知識の検索とその再利用の支援が可能であった。

しかし、表記の振れや、否定や反意の語の取り扱いを明確に行わなかったため、設計文書のランク付けがこちらが意図しているものと違う順序に並ぶことがあった。設計対象を表す実体やその関係については、設計対象モデルが持つ概念辞書の言葉を統一的に利用すると決めることにより表記の振れをなくすことは可能であるが、これらを形容するような語については、表記の振れをなくすことは困難である。このような問題に対応するためには、シソーラスのようなものを導入することを検討すべきである。また、否定や反意の語については、単純に文脈モデルの語がマッチしたので適応度が高いとするだけでなく、否定と組み合わせられている場合には適応度を下げると言った操作が必要であることが明らかになった。

また、今回は文書知識のみを用いたため、設計文書検索のランキングにおいて、大きな問題が起らなかったが、実際の設計文書もまとめて利用する場合のランキングについても、実際問題への適用を通じて考察を深めていく必要がある。

4 結論と展望

本研究では、我々が提案している設計文書管理システムについて説明し、このシステムの日本語化と全文検索技術の適用について述べた。こ

のシステムでは、各々の設計文書に対してキーワードを付加するのではなく、設計文書を作成するに至った設計文脈やその設計文書で取り扱う設計対象の情報を記述することにより、設計文書の再利用が可能である。

これからの展望としては、表記の振れや、否定や反意の語などをどう取り扱っていくかを検討し、最適な文書のみをうまく取り出すことを可能にする枠組みについても考えていきたいと思っている。

謝辞

本研究の一部は、国際研究プログラム IM-S(Intelligent Manufacturing Systems) 内のコンソーシアム GNOSIS の一環として行われた。また、建築工程設計の例題については清水建設(株)の中村氏よりコメントを頂いた。記して謝意を表します。

参考文献

- [1]B. Moser H. Suzuki, F. Kimura and T. Yamada. Modeling information in design background for product development support. In *Annals of the CIRP*, pp. 141-144, 1996.
- [2]J. Lee and K.-Y. Lai. What's in design rationale? In T. P. Moran and J. M. Carroll, editors, *Design Rationale - Concepts, Techniques, and Use*, pp. 21-52. Lawrence Erlbaum Associates, 1996.
- [3]馬場肇. 日本語全文検索システムの構築と応用. ソフトバンク, 1998.
- [4]関谷貴之, 吉岡真治, 富山哲男. オントロジーを用いた統合的設計支援環境の実現. 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 6, 1999. (to appear)
- [5]Eric Brill. Some advances in rule-based part of speech tagging. In *Proceedings of the Twelfth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-94)*, 1994.
- [6]松本裕治, 北内啓, 山下達雄, 平野善隆. 日本語形態素解析システム『茶筌』version 2.0 使用説明書. 奈良先端科学技術大学院大学 松本研究室, 1999.
- [7]彰国社(編). 施工計画ガイドブック 工事編 I 総合計画・地下工事. 彰国社, 1985.