

206 設計知識管理のための CAD アーキテクチャーの提案

A Proposal of CAD Mechanism
for Design Knowledge Management

○ 野間口 大 (東京大学)

正 吉岡 真治 (国立情報学研究所)

正 富山 哲男 (東京大学)

Yutaka NOMAGUCHI, The University of Tokyo, Komaba 4-6-1, Meguro-ku, Tokyo 153-8904

Masaharu YOSHIOKA, The National Institute of Informatics

Tetsuo TOMIYAMA, The University of Tokyo

In this paper, we propose a fundamental idea of a new CAD architecture to facilitate design knowledge management. This architecture is based on knowledge-based design environment for encouraging the designer to externalize his/her knowledge. We also discuss the implementation of this idea. DDMS (Design Documentation Management System) works as a front end for KIEF (Knowledge Intensive Engineering Framework), which we have been developing. We also illustrate an example of machining tool design to demonstrate the system's features.

Key Words: Knowledge management, Design rationale, Knowledge intensive engineering, Design documentation

1 序論

知識を共有、再利用する試みは企業においては一般に、設計の最終結果としての図面等と共に設計者の持っているノウハウや設計事例を文書として記録・管理することによって行われ、その支援を行う研究が行われている (例えば [1][2])。家電リサイクル法の施行に代表される環境問題に対する消費者の関心の高まりや PL 法など、近年の製造業をとりまく環境はますます複雑化している。このため、設計者に必要な知識の量は増大する一方であり、その知識の管理は効率的な設計活動のための重要な課題の一つとなっている [3][4]。

本論文における著者らの目的は、特に設計活動を支援する立場で知識管理を実現する方法を明らかにし、その実装を試みることである。

2 設計知識管理のための要件

本節では、設計知識管理を実現する設計支援システムの基本的要件について議論する。

設計のモデル化については様々な研究があり、設計対象に依存しないレベルの抽象度で一般的なモデルを構築する試みが行われている [5]。例えば、著者らのグループでは、設計者の知識操作に着目した推論モデルを提案しており、その一般性、網羅性の議論を通じ、

設計者の思考過程を支援するシステムの構築を行っている [6]。こうした試みは設計支援環境を構築する上での中心課題の一つと考えられるが、現状では研究者の間で合意に達するモデル化は成されていない。

一方で、実際の設計活動は本質的に様々な活動を含んでいる事が指摘されている。例えば Crabtree は、設計事例の分析に基づいて設計活動を 6 つのカテゴリに分類した上で、各活動に費やされている平均時間が全活動に占める割合を表 1 に示すようにまとめている [7]。これら各活動を支援する計算機ツールは多種多様である。製図システムや 3 次元ソリッドモデラ、各種 CAE ツールはもとより、電子メールや Web を用いて、必要な情報の収集や、クライアントとの交渉に役立てることも可能であるし、マルチメディア・ベースの電子会議システム (例えば、[8]) やインターネットを利用した知識ベース共有システム (例えば、[9]) は、地球上に分散した設計者間での協調作業の支援を実現する。近年の e ビジネスや IT 導入の成功例を見るまでもなく、知識管理を実現する上で Web 技術を利用した環境構築は欠かせない要件の一つと言ってよいだろう。このように、設計過程においては、種々の情報が種々の計算機ツールにおいて使われるので、計算機による設計支援環境を構築するためには、各ツールは統合されている必要がある。

Table 1: 設計活動の分類と平均所要時間の割合 [7]

情報収集	問題解決	文書化	計画	交渉	支援	その他
13.7%	28.0%	23.5%	7.8%	7.7%	17.1%	2.3%

一方、文書化作業は直接設計作業に関わるものではないものの、設計過程において利用される知識や、いわゆる設計根拠 (Design Rationale、例えば [10] を参照) を記録して、共有・再利用するためには欠かせない作業であり、設計知識管理を実現する上でその支援が重要なポイントであると考えられる。事実、表 1 に示すように設計者は文書化作業に比較的長い時間を費やしている。しかしながら、現状では設計過程の文書化作業は、市販のワードプロセッサおよび CAD との統合環境¹により計算機環境下で行うことは可能であるが、計算機による十分な支援が行われているとは言い難い。このため、設計者にとっては大変負担の大きい作業となっている。

一般的に言って、設計過程の情報は、2 種類の情報を含むと考えられている [11]。一つは、設計作業の明確な結果である図面や CAD データおよび製品仕様といった情報である。もう一つは、要求仕様や、設計結果としての情報を生成するために使われた知識や参照した情報といった背景情報である。背景情報は、設計根拠を理解する上で重要であるが、通常は設計者が無意識に処理している事が多く、設計終了後に設計者が記憶していることは少ない。たとえ、メモなどの形で残されることはあっても、明確な形で残されることは少ないので、その管理は難しいと言わざるを得ない。このことが、設計作業の文書化にあたっての背景情報の不足を引き起こし、設計知識の管理を難しくしている一因となっている。背景情報獲得のためには、設計作業と同時にその文書化を行う必要があると考える。また、たとえ設計過程が文書に完全に記録されているとしても、設計者が適切な知識を検索できるようなフォーマットで管理することは困難である。このことも、設計者を設計文書化作業から遠ざける一因であると考えられる。

本研究の目的は、設計知識管理のための新しい方法論と CAD における知識管理機構を開発することである。本節での考察に基づき、著者らが開発する機構の要件として以下の点を挙げる。

1. 設計作業と同時に文書化作業の支援を行う。
2. 効果的な情報検索を実現する。
3. Web を通じた知識の共有・再利用を可能にする。

¹ 例えば Lotus Notes(<http://www.lotus.co.jp/>) 等が有名である。

著者らはこの考察に基づき、設計文書作成管理システム (DDMS; Design Documentation Management System) の開発を行った。以下の各節で DDMS における、設計知識管理の具体的な方法論について述べる。

3 設計文書のコジェネレーション

本節では、DDMS における著者らの設計文書作成支援手法を説明する。この手法の基本的なアイデアは、設計者に大きな負担をかける事なく、設計情報の欠落無しに設計文書化を容易に行うために、設計の副産物として設計文書を作成することである。著者らはこれを「設計文書のコジェネレーション」と呼んでいる。著者らは、さらにこのアイデアを次の 3 つのコンセプトにブレークダウンし、その実現方法について本節で詳しく述べる。

1. 複数のモデル推論システムと文書作成ツールの統合
2. 知識操作に基づく設計文書作成
3. ハイパーテキストによる設計過程記述

3.1 知識集約型工学環境 (KIEF; Knowledge Intensive Engineering Framework)

前節で述べたように、設計作業においては、種々の製品情報が扱われる。これは、設計活動の全体を支援する CAD システムは製品の複数のモデルを取り扱うためのフレームワークを必要とすることを意味する。本研究において、著者らは複数モデル推論システムを統合したシステムとして、著者らのグループが開発を続けている知識集約型工学環境 (KIEF; Knowledge Intensive Engineering Framework) [12] を利用し、DDMS を KIEF のフロントエンドシステムとして構築する。

知識集約型工学は、工学活動で利用される種々の知識を集約し、製品ライフサイクルの各段階を支援するための新しい工学のスタイルである [13]。KIEF はこの概念を実現する計算機環境である。

KIEF の目的は、設計、製造、操作、保守、リサイクル、再利用など製品ライフサイクルに関する知識を柔軟に統合して、より効果的に設計活動を実行することである。KIEF の基本構成を、Fig.1 に示す。KIEF は、メタモデル機構、VLKB (Very Large-scaled Knowledge Base)、および設計対象モデラから構成される。

メタモデルは、物理現象と設計対象の構成要素についての概念ネットワークであり [14]、製品を構成する部品およびそれらの位相関係、製品の属性およびその

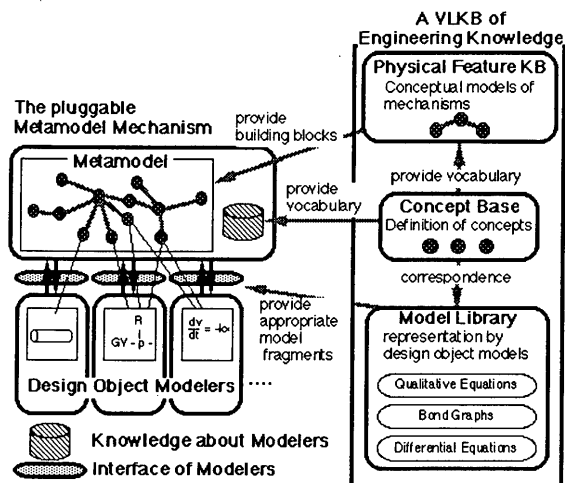


Fig. 1: KIEF のシステム構成

値、製品に起こる物理的現象とそれらの因果関係を記号論理で表現するものである。メタモデルは KIEF における設計のワークスペースとして機能し、KIEF における設計過程はメタモデルへの操作の列として表現される。

VLKB には KIEF 上で設計者を支援するための種々の知識が蓄えられており、その代表的なものが概念辞書である [15]。概念辞書は、物理的な概念 (例えば実体、関係、属性、および物理現象) についてオントロジカルに定義した知識ベースである。これらの概念は、メタモデルおよびその他の知識に語彙を提供する。

設計対象モデラは、ソリッドモデラや有限要素モデラおよびその他の解析ツールなどの各種工学ツールである。複数のモデラが各々持っている独立した知識を統合するために、著者らはプラグブル・メタモデル機構を採用している [16]。プラグブル・メタモデル機構は、設計対象モデラにおけるモデルの構成要素とメタモデルの概念との対応を取ることによって、設計対象モデラとメタモデルを概念レベルで統合し、各モデラで使われる概念間の関係を維持する。この機構によって、KIEF は設計者に統合設計支援環境を提供する。

3.2 知識操作としての設計

先に述べたように、設計知識獲得を困難にしている原因の 1 つは、背景情報を利用して無意識に行われる思考過程の存在である。

この問題の最も効果的な解決策は、設計者の中で進行している思考過程の全てを観察し、記録することであろう。しかし、残念ながら現在の技術水準ではこのアプローチの実現は難しいと言わざるをえない。

ところで KIEF の設計過程はメタモデルに対する操

作の列として表現される。メタモデルはある瞬間における製品の概念モデルであり、設計者が持っている製品のメンタルモデルと考えることができる。このため、著者らは、設計者の知識操作のモデルとして、メタモデルに対する操作を考え、メタモデルへの操作を記録することで、論理の飛躍の無い設計記述を実現することを目指す。これは、著者らが文書作成支援を行うために KIEF を利用するもう一つの理由である。

しかし、メタモデルは製品情報の論理モデルであるので、メタモデルを直接操作することは設計者にとって難しい作業である。このため、メタモデルへの直接操作である論理操作に加え、KIEF は以下の 2 つの操作をサポートしている。

- モデル操作：「モデルの構築」や「修正」など、特定のモデルに依存しない、モデルに対する一般的な操作である。プラグブル・メタモデル機構に対して行われる。
- モデラ操作：特定のモデルに依存する操作である。たとえば、FEM における「要素の選択」、機能モデリングシステムにおける「機能分解」などである。

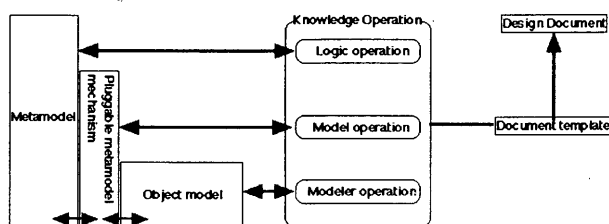


Fig. 2: メタモデル操作の対応関係

これらの操作は、Fig.2で示すようにプラグブル・メタモデル機構を通じて、最終的にメタモデルに対する操作に変換される。

著者らは、KIEF におけるこれらの知識操作に対応付けられた文書テンプレートを用意する (Fig.2参照)。文書テンプレートは、Fig.3に示すように KIEF の操作および操作の結果生成された情報に関して自然言語でその操作の説明を記述したものである。

論理操作「物理現象の導出」:
物理現象 "<name of physical phenomenon>" が<a part of a product>に発生する可能性があります。

モデル操作「モデルの構築」:
<modeler> が起動されました。構築されたモデルへは<link to model>からたどれます。

モデラ操作「機能分解」:
機能 "<function>" は下位機能 "<sub-functions>" に分解されました。

Fig. 3: 文書テンプレートの例

KIEF で操作を行う度に、文書テンプレートを用いて自動的に現在作成中の設計文書にその内容を記述す

ることにより、KIEF の設計作業を自動的に文書化し、文書内容をリッチにすることが可能であると考えられる。しかし、設計者が持っている背景知識や設計者が考えている設計根拠を獲得することが本来の目的であるので、設計者を妨げることなく、設計者がいつでも文書に記述できる自由度は保つべきであろう。

3.3 ハイパーテキストによる設計過程記述

メタモデルはある瞬間における製品情報のスナップショットを表現するが、メタモデルそのものはメタモデルの操作の履歴としての設計過程を記録することができない。そこで設計過程を記述する枠組みについて議論する必要がある。

実際の設計作業における設計過程は、一般に試行錯誤の過程である。つまり設計者は要求仕様から設計解を直接導出するのではなく、複数の設計解候補の間で試行錯誤を繰り返したり、途中で元の段階へ後戻りしたりすることが指摘されている [17]。他者がその設計根拠を理解するためには、途中の試行錯誤過程も含めて記述されていることが望ましい。このため、設計過程を記述する枠組においては試行錯誤過程を扱う事を考慮しなければならない。

設計根拠の研究グループの間では、ハイパーテキスト技術を用いて設計過程の論理的依存関係を記述することが一般に受け入れられており (例えば、[18])、本研究でもこれを採用することとする。ハイパーテキストにより、試行錯誤の過程を表現できるだけでなく、ハイパーリンク機能により、設計過程で参照される多様な種類のメディア情報や、対応する設計行為において構築されるモデルを文書上に記述することができる。

本研究において、著者らは設計過程を記述するための単位として「設計単位」を採用する。設計単位は、メタモデルの操作列の一部に対応する設計過程のチャンクである。この設計単位は一つの「設計行為」に対応するものとする。設計行為は、例えば、モデルの構築、選択肢の提案、計算、などが考えられ、設計単位のチャンキングの粒度設定の際のガイドラインとなる。DDMS では、KIEF における設計過程をこの設計単位をノードとするネットワークグラフとして表現する。この設計過程のネットワーク構造も、知識操作の解釈の結果として自動的に記録されることが望ましいが、本論文ではこの問題については議論しない。

設計単位は文書上においては、文書のチャンクとして表現される。このチャンクを「セクション」と呼ぶ。

ところで、設計の試行錯誤の過程を記述するメリットは単に他者が設計を理解するためだけではない。設

計作業の間、各々の選択肢の設計情報を管理することは設計者が、選択肢を同時並列的に評価するのに役立つし、また一旦破棄された解に後戻りして評価をやり直すこともできる。これらは、設計過程の情報を記述することで設計者自身が受けることができるメリットである。

4 設計文脈に基づく文書検索

DDMS において作成される文書は、途中で参照した情報や、試行錯誤の過程を含む設計過程全体の情報を記述したものである。しかし、設計者が過去の設計事例の文書を利用したいとき、文書全体ではなく部分的に利用することが多いと考えられる。そこで著者らは、文書の一部だけをチャンク化することで知識としての再利用性を高めることを考える。著者らは、このチャンクを文書知識と呼んでいる。

本節では、設計知識管理の重要な課題の一つである文書検索を効率的に行うため、設計の文脈に基づく手法を説明する。この手法の基本的な考えは、現在の設計の状況に最も良く似た状況を持った事例の文書が最も有効な知識として利用できる、ということである。

4.1 設計の文脈

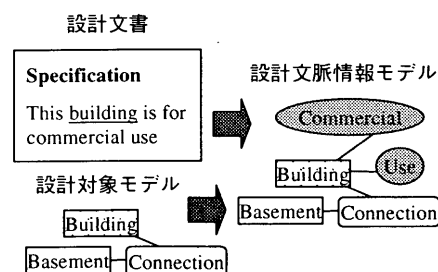


Fig. 4: 文脈モデルの例

テキスト文書を検索する際の最も一般的な手法は、キーワード検索である。情報検索研究の分野では、検索結果のランク付けのために、単語に適当な重み付けを行う手法の提案も行われている [19]。しかし、単純なキーワード検索はしばしば本来の意図とは無関係な幾多もの検索結果をもたらすことになり、実際には効率が悪い場合が多い。

例えば、設計者が治具の表面の精度を評価する方法を検索する場合を考える。一般的な Web ベースの検索エンジンに、キーワードとして「精度」と「治具」を与えてみる。ブール演算子 AND で 2 つのキーワードを接続すると効果的だろう。しかしそれだけでは、設計者が知りたいと要求している情報の内容を表現す

るには不十分である。なぜなら、この情報要求に対して返される結果には、文書内にこの2つのキーワードさえ含んでいる全ての文書、例えば、治具に関するあらゆる情報を含む文書や、他のあらゆる部品の精度に関する文書が含まれる可能性があるのである。このように、設計者は無関係な何千もの検索結果を扱わなければならない、効率的な検索への大きな障害となる。この理由として、検索に際してキーワード間の関係が考慮されていない事が挙げられる。

このため著者らは、ある時点における製品の情報および設計者の要求を表現するものとしての設計文脈を導入し、これを概念ネットワークとしてモデル化したものをキーワード式の代りに用いることを考える。

DDMSを利用する設計者は、設計の間、テキストおよび対象モデルによって設計したい製品の情報を記述しており、そのような情報は製品の情報だけでなく、製品情報として具体化されていない設計者の要求を表現している。そこでDDMSでは、設計文書に記述されたテキスト情報とメタモデルにおける製品情報から設計文脈をモデル化する。

このような設計文脈によって検索対象となる文書をインデックス付けすることを考えると、進行中の設計における文脈モデルと検索対象の文書における各文脈のモデルとのパターンマッチによる効果的な検索が期待できる上、その類似度を比較することにより、最も似た状況を持った設計文書を高くランク付けすることができると思われる。

4.2 設計文脈のモデリング

次に、設計文脈モデルを生成するため具体的なアルゴリズムを説明する。本研究では、製品および製品を構成する部品に関して記述している一つの文に含まれる単語の集合により一つの文脈が形成されると考える。例えば、「この建築物は商用である。」という文、が文書に記述されていたとする。この文からは、「商用」が「建築物」を特徴づける条件として抽出され、「建築物」に関する文脈を形成すると考えられる (Fig.4)。

Fig.5にDDMSにおける文脈モデリングの生成アルゴリズムを示す。なお、本研究では形態素解析ツールとして「茶筌」[20]を用いている。

こうして生成された設計文脈モデルと、各文書知識にインデックスとして与えられた設計文脈モデルを比較することにより、関係のない文章のフィルタリングが可能になる。

4.3 設計文脈モデルの類似度の評価

次に、設計文脈モデルの類似度の評価について説明する。

4.2節で述べたアルゴリズムによって生成される設計文脈モデルはメタモデルの概念ネットワークに文書から抽出された単語が付加されたものである。2つのモデル間の類似度は、メタモデル部分のマッチする概念の数および、実体にリンク付けされた単語集合の中でマッチする単語の数によって定量的に表現される。

ここで、類似度の評価として以下の4つの方法が考えられる。

1. マッチした概念の数
2. マッチした概念の割合
3. マッチした単語の数
4. マッチした単語の割合

これらの4つの方法は状況に応じて使い分けるべきであり、統合された1つの評価式を使用することは不相当であると考えられる。例えば、設計者が特定のサブ問題に関する文書を検索したい時には2の方法が有効であろうし、設計事例全体に興味を持っている場合は1の方法が有効であろう。DDMSでは設計者が状況に従ってこれらの方法を選択できるようになっている。

5 システムの実装

以上の考察に基づいて、設計文書作成管理システム (DDMS; Documentation Management System) を開発した。DDMSは、Smalltalk言語の開発・実行環境であるVisualWorks 3.0²上で開発されている。またVisualWorksのアドオンツールでありWebアプリケーションの開発環境であるVisualWaveを用いているので、Webブラウザを通じてDDMSの文書およびKIEFの知識にアクセスすることが可能となっている。

DDMSの基本構成要素は、KIEFのインターフェースとして機能する文書エディタである。このためDDMSの文書エディタで文書を作成しながら、設計者はメタモデル機構に接続される種々の設計対象モデラを使うことができる。メタモデルに接続されるモデラとしては、機能モデリングシステムであるFBSモデラ[21]、2次元形状モデラ、数式処理システムMathematica³、3DソリッドモデラPro/Engineer⁴などがある。各モデラ上での操作および操作の結果はDDMSの文書テ

²VisualWorksはCincom Systems社の登録商標である。

³MathematicaはUlfram Research社の登録商標である

⁴Pro/EngineerはParametric Technology社の登録商標である

ンプレートによって自動的に文書に記述される。また DDMS では、文書は HTML(Hyper-Text Mark-up Language)で記述される。このため、HTMLのハイパーリンク機能により設計中に参照された図表などの情報を文書に記録することが可能である。

Fig.6に、DDMS のシステム構成を示す。

```

contextModelingFor: currentDU
|
currentDU      "currently active design unit"
oe             "Ontology of entity"
activeSentences "Set of sentences"
activeConcepts "Set of concepts in metamodel"
activeEntities "Set of entities"
answer
|

answer := OrderedCollection new.
oe := VLKB getEntityOntology.
activeSentences := currentDU getActiveSentences.
activeConcepts := currentDU getActiveConcepts.
answer addAll: activeConcepts.
activeEntities := activeConcepts selectEntities.
sentences do:
[:sentence]
activeWords := sentence morphologicalAnalysis.
activeEntities do:
[:entity]
|entitySynonyms|
entitySynonyms:= oe getSynonymsOf: entity.
(activeWords includesOneOf: entitySynonyms)
ifTrue:
[
entity connect: activeWords.
]
]
]
^answer

Step1:
設計単位の論理的依存関係に基づき、現在の設計対象モデルおよびその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。

Step2:
形態素解析ツールを用いて、文章中の単語について、形態素タグを付与する。この時、助詞などの情報は使わない情報として削除する。

Step3:
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、概念辞書を参照して、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。例えば、メタモデルに「ステッピングモータ」が含まれていた場合、「ステッピングモータ」と「モータ」は抽象具体関係にあることが定義されているので、文書中に記述された「モータ」は上記のメタモデルで「ステッピングモータ」に対応付けられる。

Step4:
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モデルに加え、設計の文脈モデルとする。
    
```

Fig. 5: 設計文脈モデル生成アルゴリズム

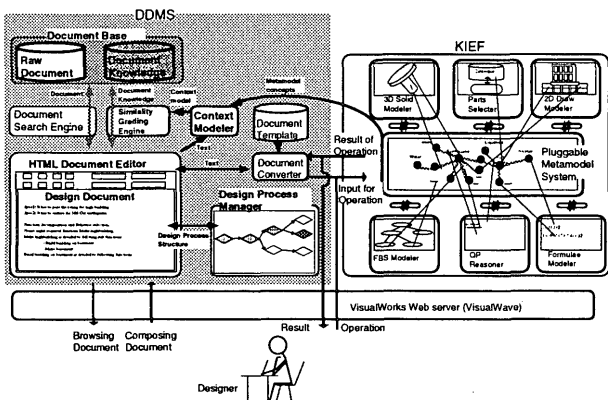


Fig. 6: システム構成

また、DDMS での設計作業の大まかな流れは Fig.7に

示すようなものとなる。

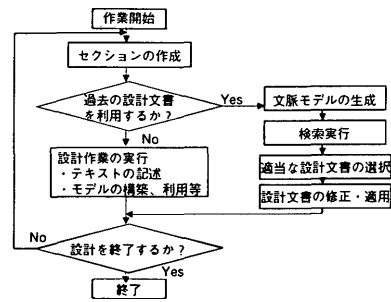


Fig. 7: DDMS における設計作業の流れ

5.1 システムの機能

先に述べたように、DDMSの基本的な機能はHTMLテキストエディタであり、設計者はいつでもHTMLで設計文書を作成することが可能である。その基本機能に加えて、DDMSは以下の機能を持つ。

1. KIEFに接続された設計対象モデルをDDMSを通じて利用することができる。
2. 設計対象モデルでの操作およびその結果を自動的に文書化することができる。
3. 文書構造の論理的な依存関係に基づき、試行錯誤の過程のうち、現在注目している設計候補に関連する情報のみを正当化する。この機能はKIEFに組み込まれているATMS (Assumption-based Truth Maintenance System)[22]によって実現される。
4. 設計の文脈をモデル化して、設計者に明示的に示すことができる。
5. 必要に応じて文書知識を検索、利用して作業を進めることができる。検索の際、その時点の設計の文脈に応じて適切な知識の提示を受けることができる。
6. 必要に応じて設計文書を再構成できる。
7. 設計意図の明示化を支援すること。具体的には以下の2つの方法で設計者が文書に記述するのを支援する。
 - 設計者が計算またはモデル操作を実行した時、ダイアログを表示し、設計者に自然言語でその意図を記述するように促す。
 - 検索された文書知識を選択する際、その文書知識にインデックスとして付けられた全ての設計文脈をリストアップして提示し、今回の設計の文脈として採用できるものを選択するよう促す。

8. Web ブラウザを通じて DDMS の知識にアクセスすることができる。

5.2 実行例

本節では、DDMS 上で行われたレーザー加工機的设计例を示し、DDMS の持つ機能について説明する。例題の実行に先立ち、著者らは実際の設計活動によって作成された設計文書から、40 件程度の文書知識を抽出し、文書知識ベースに蓄積した。ここで抽出した知識は、問題解決の方法および問題解決する際に参照された情報、要求仕様に対して提案された設計解、解の評価のための計算式、解を評価する方法、図面などである。本節で示す実行例において、これらの文書知識が実際の設計事例における設計過程に沿った形で検索できれば、本研究における知識管理の手法は成功していると考えることができる。

DDMS 上で実行された設計過程を簡単に説明する。

設計者はまず、製品に対する大まかな要求をテキストや各種モデルで表現できる。本例では、今回の設計はレーザー光線を用いたワーク加工機を設計することや、安全性を考慮する必要があることなどを記述した。また、プラグブル・メタモデルメカニズムに接続されている 2 次元形状モデラを起動し、大まかなスケッチ作業を行った。このスケッチ上でスケッチにおける各部に対して概念名を対応付けた後、スケッチの各データはメタモデル機構へ伝搬される。ここで行われた作業は自動的に文書へ記録され、構築されたモデルは文書の上へハイパーリンクされる (Fig.8)。

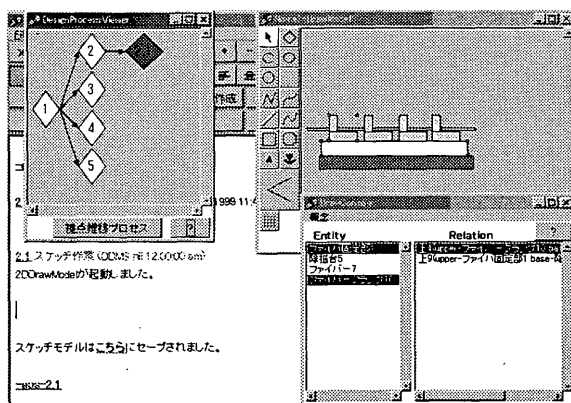


Fig. 8: テキスト・スケッチによる要求記述

次に、設計者は、設計を行う製品について詳しく調査するために、文書知識の検索を行った。DDMS は文書知識を検索するために、この時点でのメタモデルとテキストから文脈モデルを生成する (Fig.9)。この例では、「ワーク」が「レーザー」によって加工されること、「安全性」を考慮する必要があること、など

が文脈としてモデル化されている。この文脈とマッチする文書知識が検索され、類似度の高い順にランクを付けられて提示されるので、設計者は今回の設計に最も適した文書知識を選択することができる。本例の場合、加工機的设计事例が検索され、その中でもレーザーによる加工機的设计事例に高いランクが付けられた 10。

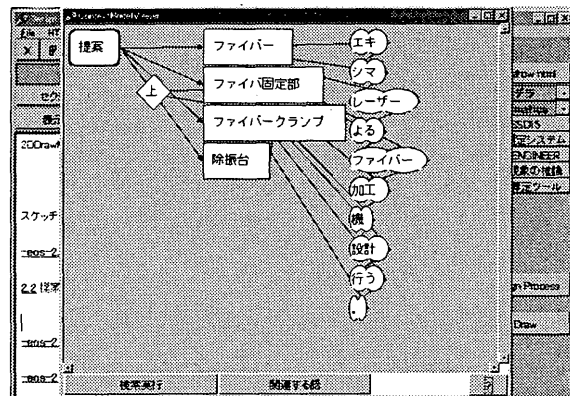


Fig. 9: 設計文脈モデルの生成

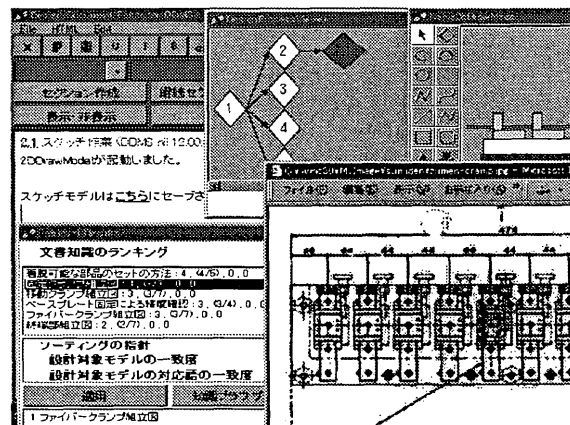


Fig. 10: 文書知識の検索

選択された文書知識は、その内容が現在編集中的設計文書にコピーされるので、設計者は文書知識に記述されたテキスト情報や、ハイパーリンクされた図表、モデルなどの設計情報を再利用することができる。

このように、DDMS を用いることによって、設計と同時に文書作成を行うことが可能である。

6 考察

本節では、DDMS の持つ特徴の一つである設計根拠獲得能力について考察する。DDMS によって作成される文書は、可能な限り多くの設計過程の情報を含む。この情報獲得能力を評価するために、著者らはこの例で実際の設計活動において設計者が作成した文書に含まれる情報量と、DDMS によって作成される文

書の情報量の比較を行った。表2に、この比較の結果を示す。具体的に比較を行ったのは、文書中に記述された単語数、属性値の数、図表の数およびモデルの数である。括弧内の数字は、DDMSによって記録された情報(左側)および設計者によって記述された情報(右側)の内訳である。

この結果によれば、DDMSによって行われる文書化作業は、通常の本書化作業よりも多くの情報を獲得することができる。この理由は、DDMSの以下の特徴によって説明できると考えられる。

Table 2: 情報量の比較

	文字	数値	図表	モデル
実際の設計文書	約720	21	4	0
DDMSによる文書	約4000(約3300, 約700)	96(18,78)	4(4,0)	7(3,4)

1. 結果の情報だけでなく、設計過程の情報も記録している
2. 途中で破棄された設計案の情報も記録している
3. 設計中にユーザが計算機を通じて得た参照情報を、ハイパーリンクで文書中に記録している
4. 設計作業で構築されたモデルを、ハイパーリンクで文書中に記録している

特に4は、通常の本紙を用いて整理される設計文書では困難であり、本システムで作成した設計文書の特徴的な点である。過去の設計において構築されたモデルに簡単にアクセスすることができるために、過去の設計を部分的に編集するような設計を容易に行うことができると考えられる。しかし、設計者は設計の間に、情報をそれほど大量に記録するのは退屈であると感じるかもしれない。このオーバーヘッドの評価については、今後の検討課題であると考えている。

7 結論

本研究では、設計支援の立場で知識管理を実現する方法を提案し、その実装システムとして、設計作業を行いながら設計文書作成をし、後の設計において知識としての再利用を可能とする設計文書作成管理システムを開発した。

なお、本研究の一部は、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「シンセシスのモデル論」プロジェクト(JSPS-RFTF 96P00701)の研究費によって実施された。また、本研究は国際研究プログラムIMS(Intelligent Manufacturing Systems)内のコンソーシアムGNO-SISの一環として行われた。本研究で例題として用いた設計事例については、(株)住友電工の布施雅義氏、

西出裕氏、三宅秀一氏、藤崎正一郎氏に協力して頂いた。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 中山康子, 真鍋俊彦, 竹林要一. 知識情報共有システム (advice/help on demand) の開発と実践: 知識ベースとノウハウベースの構築. 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 5, pp. 1186-1194, 1998.
- [2] 野村直之. ナレッジマネジメントツールの配備, 実践動向と次世代技術. 人工知能学会誌, Vol. 16, No. 1, pp. 33-41, 2001.
- [3] 野中郁次郎, 竹内弘高. 知識創造企業. 東洋経済新報社, 1995.
- [4] 西田豊明, 富山哲男, 桐山孝司, 武田英明. 工学知識のマネジメント. 朝倉書房, 1998.
- [5] Lucienne T.M. Blessing. Comparison of design models proposed in prescriptive literature. In *The role of design in the shaping of technology. COST A3/COST A4 International research workshop*, pp. 187-212, 1995.
- [6] 栗原彰, 野間口大, 吉岡真治, 武田英明, 村上存, 富山哲男. 設計知識に注目した設計の推論モデルの提案(第5報) -異なる設計過程のモデルとの比較-. 第10回設計工学・システム部門講演論文集, pp. 289-292, 2001.
- [7] R. A. Crabtree, M.S. Fox, and N. K. Baid. Case studies of coordination activities and problems in collaborative design. *Research in Engineering Design*, Vol. 9, No. 2, pp. 70-84, 1997.
- [8] F. Pena-Mora, K. Hussein, and R. D. Sriram. Cairo: A system for facilitating communication in a distributed collaborative engineering environment. *Computers in Industry*, Vol. 29, pp. 37-50, 1996.
- [9] K. Bok, S. Myung, and S.H. Han. Lens barrel design based on distributed knowledge-base. In T. Tomiyama, M. Mäntylä, and S. Finger, editors, *Knowledge Intensive CAD-3*, pp. 255-271. Chapman & Hall, 1999.
- [10] Jintae Lee and Kum-Yew Lai. What's in design rationale? In Thomas P. Moran and John M. Carroll, editors, *Design Rationale - Concepts, Techniques, and Use*, pp. 21-52. Lawrence Erlbaum Associates, 1996.
- [11] H.Suzuki, F.Kimura, B.Moser, and T.Yamada. Modeling information in design background for product development support. In *Annals of the CIRP*, pp. 141-144, 1996.
- [12] 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デザイン支援環境の実現. 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 6, 1999.
- [13] Tetsuo Tomiyama. From general design theory to knowledge-intensive engineering. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing (AI EDAM)*, Vol. 8, No. 4, pp. 319-333, 1994.
- [14] T. Kiriya, T. Tomiyama, and Yoshikawa.H. Building a physical feature database for integrated modeling in design. In *The Sixth International Workshop on Qualitative Reasoning about Physical Systems*, pp. 124-138, 1992.
- [15] M. Ishii, T. Sekiya, and T. Tomiyama. A very large-scale knowledge base for the knowledge intensive engineering framework. In N.J.I. Mars, editor, *KB&KS'95, the Second International Conference on Building and Sharing of Very Large-Scale Knowledge Bases*, pp. 123-131. Amsterdam, Oxford, Tokyo, Washington, DC, 1995. IOS Press, Ohmsha.
- [16] M. Yoshioka and T. Tomiyama. Pluggable metamodel mechanism: A framework of an integrated design object modelling environment. *Proceedings of the 1997 Lancaster International Workshop on Engineering Design CAD '97*, pp. 57-69, 1997.
- [17] 武田英明, 富山哲男, 吉川弘之. 設計過程の計算可能モデルと設計シミュレーション. 人工知能学会誌, Vol. 7, No. 5, pp. 877-887, 1992.
- [18] F. M. ShipmanIII and R. J. McCall. Integrating different perspectives on design rationale: Supporting the emergence of design rationale from design communication. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, Vol. 11, No. 2, pp. 141-154, 1997.
- [19] P. イングベルセン. 情報検索研究-認知的アプローチ-. トッパン, 1995.
- [20] 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. 松本研究室, 奈良先端科学技術大学院大学, 1999.
- [21] 梅田靖, 富山哲男, 吉川弘之. 機能設計支援のためのFBSモデリングの提案. 精密工学会誌, Vol. 63, No. 6, pp. 795-800, 1997.
- [22] J. de Kleer. An assumption-based tms. *Artificial Intelligence*, Vol. 28, pp. 127-162, 1986.