



グローバルデザインを支援する知的メディアの研究 : Activity Chain モデルの提案と応用

田浦, 俊春 ; 青木, 保一 ; 大島, 有三 ; 嶋本, 公德 ; 池田, 肇 ; 安達, 政夫 ; 永見, 文理 ; 森田, 一雄

(Citation)

精密工学会誌, 65(2):272-278

(Issue Date)

1999-02-05

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001546>





グローバルデザインを支援する知的メディアの研究*

—Activity Chain モデルの提案と応用—

田浦俊春** 青木保一*** 大島有三† 嶋本公徳††
池田 肇††† 安達政夫‡ 永見文理‡‡ 森田一雄‡‡‡

A Study on Knowledge Medium for the Global Design
- A Proposal and an Application of the Activity Chain Model -

Toshiharu TAURA, Yasukazu AOKI, Yuzo OSHIMA, Kiminori SHIMAMOTO,
Hajime IKEDA, Masao ADACHI, Fumitada NAGAMI and Kazuo MORITA

This paper presents a new design style which is called "Global Design" based on designers' collaboration across time and space, and proposes the "Activity Chain Model" for the knowledge medium which realizes "Global Design". This model not only represents design product information such as drawings which is obtained as a result of design processes but also represents dynamic design process information including evolution histories of design product information and design rationale by recording design activities and links between the activities, and enables designers to share the design process information. The model can provide causal explanations based on subjective constraints as well as teleological explanations for the design rationale, and can be used with less difficulty in capturing the design rationale. This "Activity Chain Model" is implemented in a system called "POET Knowledge Media" which realizes interactive searching for the design process information by navigating "Activity Chains" and facilities to support capturing the design rationale. Evaluation of the system through a design simulation shows effectiveness of this model in capturing, storing and transferring the design rationale in cooperation with product information handling tools such as 3D-CAD systems.

Key words: design process, activity chain model, design rationale, capturing, global design, knowledge medium, collaboration, object-oriented database management system

1. 背景

1.1 設計におけるグローバル化

昨今の計算機技術やネットワーク技術の発展は物理的な距離や時間の制約を超えた産業活動を可能にし、数多くの企業が国際分業等に基づいたグローバルな生産スタイルを取り入れるようになってきた。しかしながら、ここで、生産を製造と設計に大別してみると、グローバル化が進んでいるのは主として製造工程においてであり、多くの設計は依然として人と人との直接的な対面コミュニケーションによってローカルに進められているのが現状である。製造のグローバル化がある程度まで達成された現在、設計のグローバル化をどのように実現していくかということが製造業における重要な課題となる。

筆者らは設計のグローバル化を次のようにとらえている。まず、様々なノウハウを持つ複数の設計者が共同設計を行うことにより多様化する商品群に対応したり、海外のマーケットや生産拠点との間で国際分業設計を行うことにより商品の短期開発を実現する、というような設計の「空間的なグローバル化」が考えられる。また、過去の設計事例の参照/再利用や、設計者間の技術伝承を視野に入れた設計ノウハウの蓄積による設

計の「時間的なグローバル化」が考えられる。

本研究では、以上に述べた設計のグローバル化に対応した新しい設計スタイルを「グローバルデザイン」と名付ける。

1.2 新しい設計支援技術の必要性

情報という観点からみても、現在、設計情報と呼ばれるものの多くは実は設計よりもむしろ製造のための情報であり、創造的な設計を真に支援するためにはどのような情報をどのように管理・提供すればよいか、ということについての確たる知見はない。

確かに、3次元CAD等の設計支援ツールの高度化により、幾何情報や属性情報を設計結果として記述することは以前よりも容易になってきている。しかし、これらの設計支援ツールによって設計者自身のアイデアや留意点を表現することは難しく、設計者の設計作業そのものを支援するツールと言えるものはない。また、CALSやSTEP¹⁾等の標準規格も、製品情報をその利用者間で共有するという最大公約数としての枠組みであり、創造的で効率的な設計のための情報共有を目的としたものではない。

今後は、設計作業をグローバルに行うための情報共有の仕組みの実現こそ、最も重要な技術課題の一つであるといえることができる。

2. 本研究の目的

本研究では、グローバルデザインを支援するための電子メディアを「知的メディア」と呼ぶ。

グローバルデザインを支援するための知的メディアは、取り扱う情報の範囲および情報を取り扱う方法において従来のメディアを超えた情報共有手段を提供する必要がある。

* 原稿受付 平成10年8月21日

** 正会員 東京大学人工物工学研究センター(東京都目黒区駒場4-6-1)

*** 正会員 (株)デュオシステム(東京都新宿区早稲田鶴巻町518)

† (株)日鉄エレックス(東京都中央区日本橋本町1-9-4)

†† 新日本製鉄(株)(相模原市淵野辺5-10-1)

††† ソニー(株)(東京都品川区北品川5-9-12)

‡ ソニーシステムデザイン(株)(東京都港区高輪3-13-1)

‡‡ 日本ユニソフト(株)(東京都中央区日本橋人形町2-13-9)

‡‡‡ 正会員 三井造船(株)(千葉市美浜区中瀬1-3-D7)

まず、知的メディアが取り扱う情報の範囲には、図面等の情報に加えて、従来のメディアでは扱うことが困難であった設計の経緯や意図が含まれなければならないと考える。

一方、知的メディアが情報を取り扱う方法としては、従来のメディアでは別々に行われていた設計情報の獲得・蓄積・発信を、一つのメディアにより同時に行う必要があると考える。また、設計の経緯や意図に関する情報の獲得支援により、設計者の情報入力への負担を軽減することは重要である。

このように、グローバルデザインを支援する知的メディアとは、設計の経緯や意図を含む広範囲な設計情報を動的に設計者間で共有するための電子メディアであり、共有された設計プロセスを介して複数の設計者が相互作用しながら設計を行うための新しい種類の設計支援環境である。

本研究では知的メディアを実現するための設計情報モデルを設計プロセスのモデルを中心に構築し、それを計算機システム上に実装してその有効性を検証することを目的とする。

3. Activity Chain モデル

3.1 Activity Chain モデルの提案

現在、コンピュータやネットワークを活用した情報共有による共同設計支援環境の実現に向けて、設計業務におけるプロダクト情報管理システム (PDM) 等の利用が進みつつある²⁾。しかし、PDM では設計成果物 (図面や CAD 情報や設計ドキュメント等) の管理に重点が置かれており、設計の経緯や意図に関する情報についての考慮は設計成果物の管理に必要な範囲に限られている。岡田らの研究³⁾や伊藤らの研究⁴⁾は、設計プロセスにおける設計意図の伝達を目的とする点では本研究と共通しているが、設計対象物のモデルを基本として設計プロセスに関する情報を付加するというアプローチは本研究の設計プロセスのモデルを基本とするアプローチと異なっている。

一方で、設計プロセスに重点を置いた共同作業支援環境についても多くの研究がなされている。菊池らの研究⁵⁾は、設計者や CAD/CAM 等のツールの間の情報の入出力に基づいて設計生産活動の動的側面も含めた表現を試みている。また、岩田らの研究⁷⁾や藪崎らの研究⁸⁾では、設計者間の相互作用を設計対象も含めてモデル化することによりコミュニケーションの支援を試みている。これに対し、本研究では設計プロセスに基づく設計意図の表現に重点を置いている。仲らの研究⁹⁾では、設計プロセスを表現するための行為に基づく業務遂行モデルを提案しているが、行為の根拠については明示的には扱っておらず、設計意図の表現よりも行為と他の要素との関係の表現に重点が置かれている。

Garcia らの研究¹¹⁾では意図の表現形式に基づいて共同作業支援環境に関する研究を、

- (1) 知識モデルベースの意図表現形式
- (2) 議論ベースの意図表現形式
- (3) 行為ベースの意図表現形式

の3つに分類し、意図獲得の容易さと意図に基づく説明力の高さから評価を行っている。それによると、一般に、意図に基づく説明力は、知識モデルベース、議論ベース、行為ベースの順に高く、意図獲得の容易さは、行為ベース、議論ベース、知識モデルベースの順に高いことが示されている。

SHARE¹²⁾、SHADE¹³⁾や n-dim¹⁵⁾では協調設計支援環境を実現する上で知識工学等のコンピュータ技術の活用を焦点を当てているが、設計プロセスにおける設計意図の表現モデルとし

ては知識モデルベースや議論ベース等の従来からのモデルを前提としている。知識モデルベースの設計意図表現モデルでは意図に基づく説明能力は高いが、設計意図の獲得は一般に困難であり、特に設計者自身が設計に関する知識やルールを明示的に表現し難いような創造的分野においては知識モデルとして設計意図を表現すること自体が難しくなってしまうという問題がある。

gIBIS^{16)~18)}や PHI^{19)~21)}は議論ベースの設計意図表現モデルに基づいており、知識モデルの構築が困難な分野に関しても設計意図を表現し、それに基づいた説明を行うことが可能であるが、設計意図獲得のためには一般に設計者が案、議論、意見等やそれらの関係を設計作業に並行してシステムに登録する必要があり、設計意図獲得が必ずしも容易とは言えない。意思決定 (Decision) に基づく設計意図表現モデルも議論ベースモデルの一種と考えることができ、設計意図獲得のためには設計者による意思決定内容等の登録が必要となる。このような広い意味で議論ベースモデルに基づき、コンピュータによる積極的な意図獲得支援を重視した研究としては、JANUS²²⁾、AIDEM²³⁾、Ganesan らのシステム²⁴⁾、DESIGN SCRIBE²⁵⁾、ADD¹¹⁾、DRIM²⁶⁾等が挙げられる。しかし、設計者の意図獲得の上では設計者の意図を議論ベースの意図表現モデルに基づいてシステムが理解する必要があり、設計領域に関する設計者の知識やルールをシステムが把握できなければ設計意図獲得の支援も困難になってしまうという問題がある。また、意図の説明能力という点から見ると、議論ベースの設計意図表現モデルは、Wright²⁷⁾によるプロセス説明の分類に従えば、将来の状態を満足させることに行為の理由を求める「目的論的説明」には適しているが、過去の出来事に行為の理由を求める「因果論的説明」には必ずしも適しているとはいえない。

筆者らの一部が行った先行研究²⁸⁾では、議論ベースの設計意図表現モデルの説明能力を「因果論的説明」にまで拡張できるような行為ベースの新たな設計意図表現モデルを提案している。一般に、行為ベースの設計意図表現モデルでは、Electronic Notebook の研究²⁹⁾に見られるように行為そのものが意図の説明となるため、設計意図の獲得は容易であるが、意図の説明能力は低い。本研究では、行為ベースの設計意図表現モデルの設計意図獲得の容易さを生かしながら意図に基づく説明能力を高めるために、行為に Chain 構造を導入した設計情報モデルを提案する。本論文では、このモデルを「Activity Chain モデル」と名付ける。以下では、Activity Chain モデルによる経緯および意図の表現方法の詳細について説明を行う。まず、用語定義を行う。

- (1) 「プロダクト情報」とは、図面、CAD 情報や設計ドキュメント情報のような設計成果物 (中間成果物を含む) に関する情報をいう。
- (2) 「設計プロセス情報」とは、設計の経緯に関する情報と設計意図に関する情報から構成される情報をいう。
- (3) 「プロダクト単位 (Product Unit)」とは、部品等に対応するプロダクト情報の単位をいう。
- (4) 「設計行為」とは、プロダクト情報に対する操作として表現可能な外的行為をいう。設計者の心的行為は含まない。
- (5) 「行為単位 (Activity Unit)」とは、設計者の行った個々の仕様決定や形状決定等に対応する設計行為の単位をいう。

3.1.1 Activity Chain モデルによる経緯の表現

Activity Chain モデルでは、設計プロセスの履歴情報が属性と

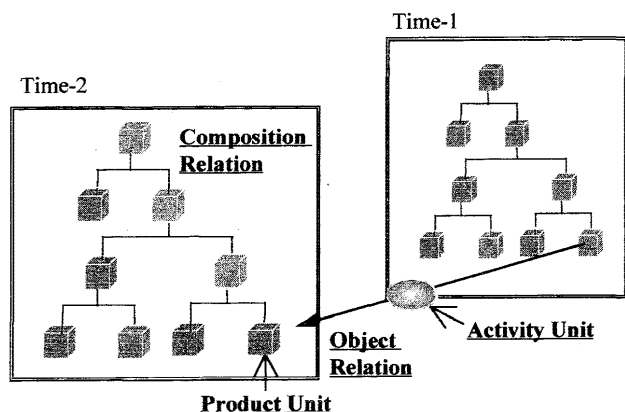


Fig. 1 Product Units and Activity Units

してプロダクト情報を持つことにより設計プロセス情報を中心にプロダクト情報を統合している。

まず、プロダクト情報については、子部品—部品、部品—製品というような「構成 (composition) 関係」(部分全体関係) を考える。プロダクト情報は構成関係に従って関連付けられたプロダクト単位により表現される。

一方、設計行為については、時系列に沿った設計行為の実行順序に基づいて「前後 (sequence) 関係」を考える。設計の経緯に関する情報は前後関係に従って関連付けられた行為単位により表現される。

プロダクト単位と行為単位の間にはその設計プロセスがあるプロダクトを対象にしているという意味での「対象 (Object) 関係」を考えることができる。一つの行為単位に対しては複数の対象を考えることができる。ある行為単位の実行により変化が生じたプロダクト単位はその行為単位の対象であると考えることができる。

このように、Activity Chain モデルでは、プロダクト単位と構成関係、行為単位と前後関係、さらにそれらの間の対象関係により、設計経緯を表現する (図 1)。

3.1.2 Activity Chain モデルによる設計意図の表現

Activity Chain モデルでは、設計意図に関する行為単位間の関係として「制約 (constraint) 関係」と「選択肢 (alternative) 関係」を考える。また、これらの関連の属性として「根拠」の記述を行う。ここでいう「根拠」とは、行為の根拠ではなく制約や選択肢を定めた際の設計者の視点を示している。行為の根拠はその行為単位に関連付けられた制約関係や選択肢関係とそれらの関係の属性である「根拠 (視点)」を合わせた全体の構造により表現されることになる。

「制約関係」は、ある過去の行為単位がそれ以降の別の行為単位に対する制約となっていることを表し、多対多の関係として表現される。制約関係については関連属性として、その行為単位が設計者にとって制約であると感じる理由を「因果論的根拠 (Causal Reason)」として記述することができる。この「因果論的根拠」では設計者の主観的な因果論的説明を表現することができる。

「選択肢関係」は、ある行為単位が別の行為単位に対する代替案となっていることを表し、これも多対多の関係として表現される。選択肢関係については、関連属性として、その行為単位を設計者が実際に採用した (ないしは採用しなかった) 際の原因を「目的論的根拠 (Teleological Reason)」として記述することができる。この「目的論的根拠」では設計者の目的論的説

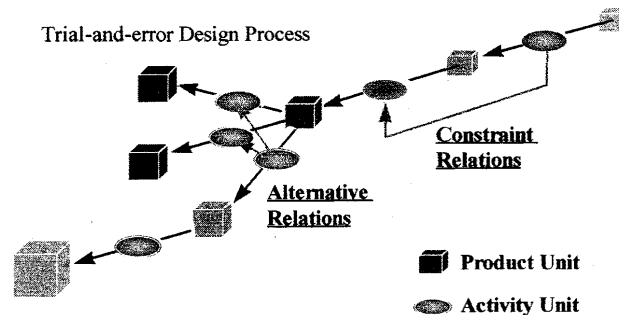


Fig. 2 Constraint Relations and Alternative Relations

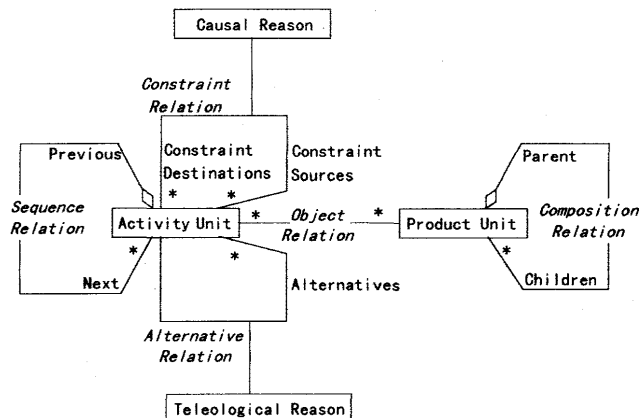


Fig. 3 A class diagram of the Activity Chain Model

明を表現することができる。

このように、Activity Chain モデルでは行為単位の間を、制約関係と因果論的根拠、および、選択肢関係と目的論的根拠によって関連付けることによって設計意図を表現する (図 2)。すなわち、設計意図に関する設計者の心的なプロセスを、外的な行為単位の連鎖 (chain) の構造としてとらえることができるといことが、Activity Chain モデルの仮説である。UML (Unified Modeling Language) 記法³⁰⁾による Activity Chain モデルのクラス図を図 3 に示す。

3.2 設計情報の取扱い方

3.2.1 設計プロセス情報獲得の支援

議論ベースの設計意図表現モデルでは設計意図を確実に獲得することが重要な課題であり、JANUS²²⁾、AIDEM²³⁾、Ganeshan らのシステム²⁴⁾、DESIGN SCRIBE²⁵⁾、ADD¹¹⁾、DRIM²⁶⁾等では意思決定にかかわる依存関係や設計領域に関する知識、ルール等に基づいて設計意図獲得の支援を行っている。

これに対し、Activity Chain モデルにおける設計プロセス情報の獲得支援では、設計行為間の関連付けや関連に対する属性付加の支援が中心となる。以下、その詳細について述べる。

まず、行為単位そのものやそれらの前後関係や対象関係により設計の経緯を獲得する場合には、行為単位を前後関係に従って構造化しプロダクト単位と対象関係により関連付けて蓄積する機能のみを準備すればよい。

次に、設計者が制約関係や選択肢関係を明示的に入力する場合は、制約関係を過去の設計における行為単位から選択することや、選択肢を過去の試行錯誤の履歴中の行為単位から選択することを支援すればよい。Activity Chain モデルでは設計者の意図を第一義的には制約関係や選択肢関係による行為単位間の

Chain の構造自体によって表現しており、因果論的根拠や目的論的根拠は Chain の構造の補足的属性となっている。そのため、設計者と同程度の設計知識を持つ利用者であれば、因果論的根拠や目的論的根拠が記述されていなくても、制約関係や選択肢関係から設計者の視点を把握することにより設計の意図を理解できる。

さらに、設計意図をより確実に獲得するために、制約関係や選択肢関係に対して設計者がその因果論的根拠や目的論的根拠を入力する場合にも、あらかじめ準備するのは構造を持たない単純な語彙だけで十分であると考えられる。このように、根拠自体が構造を持たない単純な語彙として表現できることにより、根拠として入力される可能性の高い語彙をオントロジーの語彙体系に基づいて推定して入力語彙の絞込みを行うことができる。

以上に述べたように、Activity Chain モデルではプロセス情報の詳細度に応じた設計意図の獲得が可能である。そして、各詳細度において設計者の入力を支援することができ、入力負荷を軽減することが可能である。

3.2.2 設計プロセス情報獲得・蓄積・伝達の統合

Activity Chain モデルにより設計プロセス情報を蓄積する場合には、まず設計作業時に設計者が行った設計行為を時系列に沿った行為単位として表現し、それに対して行為単位間の関係を制約関係・選択肢関係として追加すればよい。設計行為の基本情報は利用者が設計のために行ったシステム操作から得られるため、モデル記述に必要な設計プロセス情報の獲得は知識データベースあるいは議論ベースの場合に比べて容易である。同時に、設計参照時においても、まず設計者が過去に行った設計行為を時系列に沿った行為単位として受け取ることができ、それに加えて行為単位間の制約関係・選択肢関係から設計の経緯や意図の理解を深めることができ、設計プロセス情報の伝達が容易である。このように、Activity Chain モデルは、設計プロセス情報の獲得にも伝達にも適したモデルであるため、設計プロセス情報の獲得、蓄積、伝達を同じモデルで単純かつ容易に実現することが可能となる。

その結果、獲得した設計プロセス情報をデータベースに反映し、データベースの更新内容をビジュアライズ機構に反映する仕組みを用意することで、設計プロセス情報の獲得、蓄積、伝達を統合されたモデルにより同時に行うことが可能になる。このような統合により、設計者が設計プロセス情報の獲得、蓄積、伝達機能を組み合わせて利用することも可能となり、設計プロセス情報の蓄積や伝達を行う際に獲得支援機構が提供するナビゲーション的な検索機能を用いることもできるようになる。

4. POET Knowledge Media の構成

POET (Process Oriented Engineering Technology) Knowledge Media は、筆者らの一部による先行研究³¹⁾の成果を踏まえて、前述の考え方に基づく知的メディアを WindowsNT4.0 プラットフォーム上のシステムとして実装したものであり、以下の5つの部分から構成される(図4)。

- (1)設計プロセス情報データベース：EPM (Engineering Process Manager)
- (2)設計プロセス情報獲得支援機構：EPA (Engineering Process Assistant)
- (3)設計プロセス情報可視化機構：PIVS (Process Information Visualizing System)

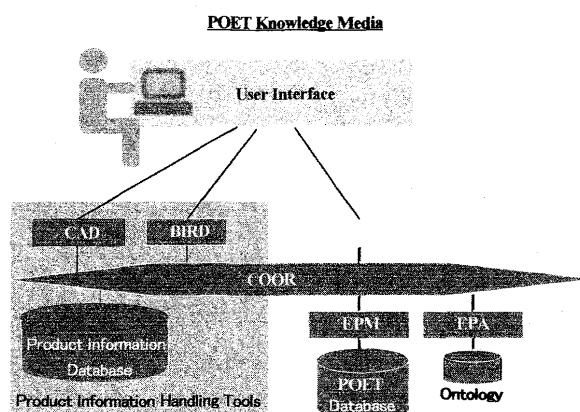


Fig. 4 POET Knowledge Media system architecture

(4)シミュレーション機構：BIRD (Behavior Information Reusable and Distributed environment)

(5)ソフトウェア連携機構：COOR (COORDinator)

POET Knowledge Media では、プロダクト単位を表す情報単位を“PDU (ProDuct Unit)”と呼ぶ。また、行為単位およびその行為単位と他の行為単位あるいはプロダクト単位との関係を表す情報単位を“PCU (ProCess Unit)”と呼ぶ。PCU は行為、対象、制約、選択肢、根拠を表す語彙およびリンク情報から構成される。POET Knowledge Media は、これらの情報単位に基づいて Activity Chain モデルを実装している³²⁾。

POET Knowledge Media では、PDU の変化を設計者の宣言に基づく設計プロセスの時間断面である「ステージ」を単位として管理する。また、設計者の試行錯誤履歴は、時間軸に対するステージの分岐として表現される。

4.1 設計プロセス情報データベース：EPM

POET Knowledge Media において設計情報の蓄積・共有を行うためのデータベース管理システムを EPM と呼ぶ。EPM は ODBMS (Object-oriented DataBase Management System) である ObjectStore (Object Design 社製) を利用して実装されており、Activity Chain モデルの内容を記述する PDU および PCU を永続化し、設計情報の効率的な検索や関係追跡を行うことができる。EPM では、既存の CAD システムやシミュレーションツール等のプロダクト情報作成ツールにより作成されたプロダクト情報を、CAD 操作や設計者の思考プロセス等の設計プロセス情報に関連付けて蓄積、管理することが可能である。

4.2 設計プロセス情報獲得支援機構：EPA

設計プロセス情報獲得のための入力支援機構を EPA と呼ぶ。設計領域に関して事前に得られる静的な知識は、EPA が管理するオントロジーデータベース上で設計対象や設計行為にかかわる語彙や語彙関係として拡張可能な形で表現される。オントロジーデータベースも ObjectStore を利用して実装されている。

オントロジーデータベースに格納される語彙は、行為単位の行為を表現する「行為語」、行為単位の対象を表現する「対象語」、行為単位に影響を与えている制約および根拠を表現する「制約語・根拠語」に分類される。語彙関係は「抽象-具象関係」、「部分-全体関係」を含む一般的な関係と、「対象-行為関係」、「制約-行為関係」を含む行為を中心とした関係に分類される。

オントロジーデータベース上の語彙関係には個々に関連度を定義できる。複数の語彙関係をたどることにより間接的に関

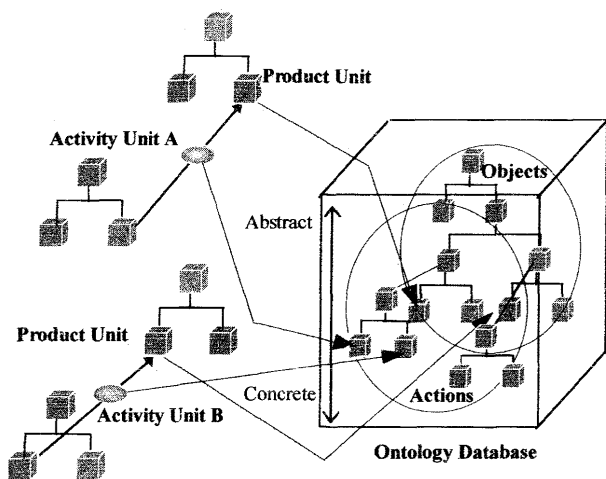


Fig. 5 Relations between design processes and ontology database

連付けられる2つの語彙の間にも、それらの各語彙関係の関連度の組み合わせに基づいた関連度が定義される。EPAでは、語彙を頂点とし語彙関係を辺としたグラフにおいて、語彙関係の関連度を各辺に与えられた重みとし、辺の重みに基づいてグラフ上の2頂点間の距離を求め、この距離に基づいて2つの語彙間の関連度を算出している。

設計プロセス情報とプロダクト情報をオントロジーデータベース上の語彙と関連付けて記録・蓄積することによって、行為単位を標準化された知識体系上で整理して扱うことが可能となるだけでなく、語彙間の関連度に基づいて設計プロセス空間内の行為単位やプロダクト単位の間に関連度を評価することも可能になる。EPAでは、2つの行為単位に関連付けられた各語彙の間に関連度に基づいてそれらの行為単位やプロダクト単位の間に関連度を推定する(図5)。

設計者が設計時に閲覧した情報は操作履歴情報として記録されるが、それらは設計者が設計時に考慮した情報であると推定でき、それらに関連する語彙は設計プロセス情報の登録の際に利用される可能性が高いものと考えられる。また、過去に入力された行為単位に関連する語彙やそれらの行為単位によって変更されたプロダクト単位に関連する語彙も同様に利用される可能性が高いと考えられる。EPAでは、設計プロセス空間

上のこれらの行為単位やプロダクト単位に基づいて、それらと関連度の高い行為単位やプロダクト単位、それらに関連付けられた語彙、および、それらの語彙と関連度の高い語彙を検索して、設計者が入力しようとしている語彙を推定する(図6)。

EPAは行為単位の登録時に、オントロジーデータベースから設計者が選択可能な語彙を推定度の高い順にリストアップし、設計行為やその根拠の入力支援を行う。設計者にとっては、行為単位入力の手荷が軽減されるだけでなく、EPAから提示された語彙に関連する知識や過去の設計事例の想起が促されることになる。その結果、設計プロセスにおける見落としの回避や新たな視点の発見も可能となる。また、設計プロセス空間上でそれらの語彙に関連する過去の設計事例を追体験することによって、自分の行った設計だけでなく他者の行った設計の経緯や意図を把握し、設計知識やノウハウの習得が容易になる。

4.3 設計プロセス情報可視化機構：PIVS

POET Knowledge Mediaにおいて設計プロセス情報を視覚的に表現するための可視化機構をPIVSと呼ぶ。

PIVSは、仮想的な3次元空間である設計プロセス空間に設計プロセス情報を可視化し、その空間上で設計プロセス情報の参照や編集を行うためのグラフィカルなユーザインタフェースを提供する。設計者が行為単位を宣言する際には、EPAの入力支援機能により提示された語彙に基づく知識や過去の設計事例の想起だけでなく、PIVSによる視覚化を通してそれまでの設計プロセス情報からも様々なフィードバックを受けることになる。PIVSはこのような設計者と設計プロセス空間とのリアルタイムな対話を可能にし、他の設計者との間で設計プロセスを視覚的に共有できるようにするだけでなく、設計者自身が自らの設計プロセスを意識しながら効率的に設計作業を進める上でも役立つことになる。

4.4 シミュレーション機構：BIRD

POET Knowledge Mediaにおいて設計プロセス情報に関連付けられたプロダクト情報として「動き」の情報を表現するための3次元シミュレーション支援機構をBIRDと呼ぶ。

BIRDはPOET Knowledge Mediaにおけるプロダクト情報作成ツールの一種であり、試行錯誤等を容易に行うためにシミュレーション情報の再利用支援環境を備えている。BIRDを利用することにより、シミュレーション情報をCAD等のプロダクト情報だけでなく設計プロセス情報と連携させることが可能となり、設計意図表現のためのシミュレーションの活用も可能となる。その意味で、BIRDは、従来のような設計結果確認のためのシミュレーションではなく、設計プロセス空間における設計者の表現手段を拡張するためのシミュレーションを実現するツールである。

4.5 ソフトウェア連携機構：COOR

POET Knowledge Mediaにおいて前記4つのモジュールやCAD等の市販のプロダクト情報作成ツールを連動させるためのソフトウェア連携機構をCOORとよぶ。COORは、モジュール間のインタフェース変換やデータ補完を行うことにより、モジュールの独立性を保ちつつ異なるインタフェースを持ったモジュールどうしの接続を可能にする。COORにより、既存のCADシステムやシミュレーションツール、ドキュメンテーションツール等のプロダクト情報作成ツールとActivity Chainモデルによって表現された設計プロセス情報は相補的な形で統合され、設計プロセス情報からプロダクト情報へのナビゲーション

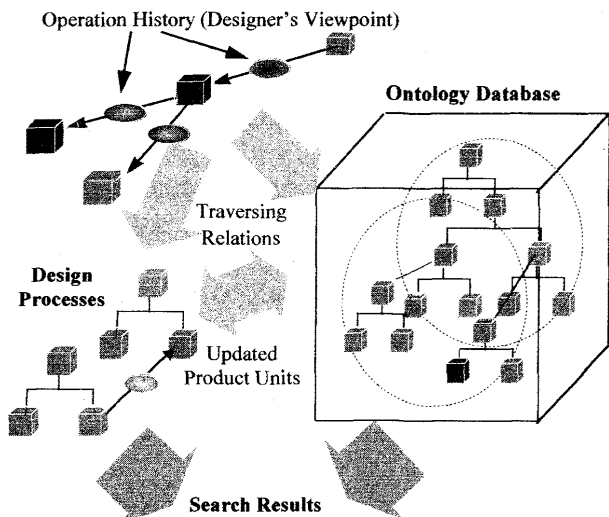


Fig. 6 Navigational search using ontology database

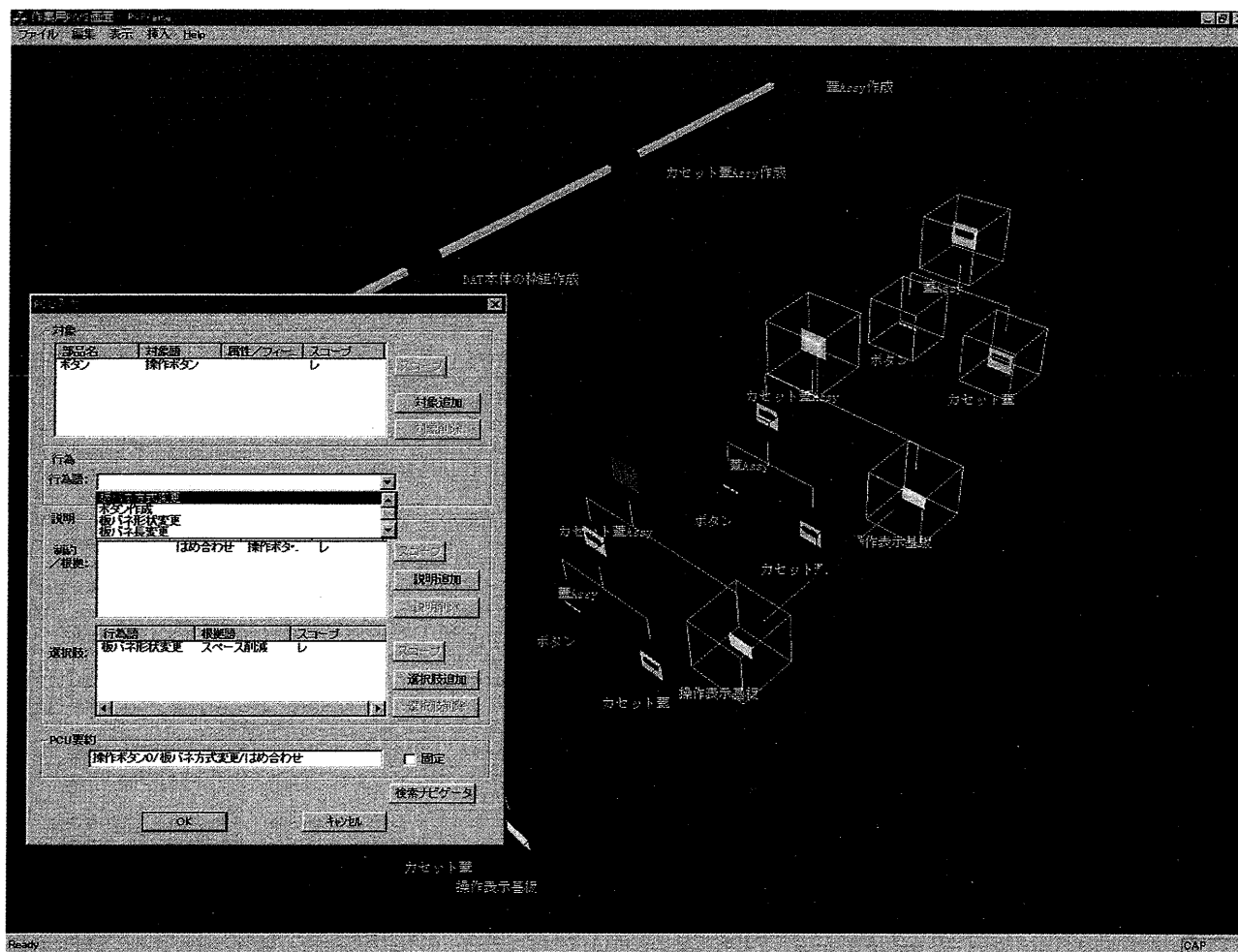


Fig. 7 GUI screen image of PIVS and EPA

ンに基づいて設計者が理解しやすい形で設計プロセス情報を表現することも可能となる。これにより、設計者は POET Knowledge Media を既存の設計支援ツール等を含んだシームレスな設計支援統合環境として利用することが可能となる。

5. 設計シミュレーション

本研究では、POET Knowledge Media を利用した設計シミュレーションの対象領域として機械設計分野を選び、DAT (Digital Audio Tape) の設計を事例としてケーススタディを行った。設計シミュレーションにおいて、PIVS 上で EPA の支援により PCU 入力を行っている際の画面を図 7 に示す。

DAT 設計のシナリオとしては、実際の DAT 設計過程の一部に対応する以下の流れを想定して設計作業を行った。

- (1) 操作表示基板、カセットぶた、ボタンのパーツ作成
- (2) カセットぶた、ボタンを子としてふたアセンブリ作成
- (3) 操作表示基板、ふたアセンブリを子としてカセットぶたアセンブリ作成
- (4) 上キャビネット、下キャビネット、メカデッキアセンブリを既存機種データの再利用により作成
- (5) 上キャビネット、下キャビネット、メカデッキアセンブリを子として本体アセンブリ作成
- (6) メカデッキアセンブリに対して BIRD によるシミュレーションを実施
- (7) シミュレーション結果に基づいてローディングリンクのガイド溝の形状を変更

(8) カセットぶたにボタン用の穴を開ける

(9) 試行錯誤によりボタンの板ばねの形状を変更

その結果、3つの試行錯誤岐分と8つのステージの宣言が行われ、設計変更に関する部分については代表的な7つの PCU の入力が行われた。設計履歴情報においては約 200 の PDU が生成された。

オントロジーデータベース上には、

- (1) 行為語：約 40
- (2) 対象語：約 60
- (3) 制約語：約 50
- (4) 語彙関係：約 160

の登録を行い、入力時に EPA の設計プロセス情報獲得支援機能より提示される語彙の確認を行った。

さらに別の設計者がボタン位置変更の要求を受けて作業を継続する場合を想定し、設計履歴情報に基づいて設計の経緯と意図に関する情報がどの程度まで理解可能であるかを確認した。

作業者からは、設計の経緯や意図に関して設計上明示すべき情報についておおむね表現することができ、EPA により提示された語彙も妥当なものであるという評価が得られた。また、設計履歴情報を追体験することにより設計の経緯と意図に関する情報についての理解も短時間で可能であるという評価であった。さらに、Activity Chain モデルを作業空間として利用して複数の設計者が相互に関連する設計作業を同時に進めて

いくつかの場合には、設計プロセス情報の獲得、蓄積、伝達の統合が設計プロセスを介してそれぞれの設計者の視点をリアルタイムに把握する上で役立つという評価が得られた。

6. 結論および今後の課題

本研究では、設計者間の空間的・時間的なコラボレーションに基づいた新たな設計スタイルであるグローバルデザインを提案し、そのための知的メディアとして Activity Chain モデルに基づく POET Knowledge Media の開発を行った。

設計シミュレーションによる POET Knowledge Media の評価により、設計意図の獲得や伝達だけでなく設計者自身の設計意図の確認や CAD 等のプロダクト情報作成ツールとの連携においても Activity Chain モデルの有効性が確認された。このことから、Activity Chain モデルは実用的な意味で設計意図の獲得能力や説明能力を備えているといえる。

今後は、POET Knowledge Media のような知的メディアにより、海外等に分散した設計者によるチーム編成や、プロジェクト横断型の柔軟な設計組織の動的編成が可能となり、地球規模のグローバルな設計組織形態を実現できるようになると期待される。また、設計にかかわる知識やノウハウの組織的な共有が可能となり、過去の優れた設計事例からの発想による創造的な設計や過去の類似設計事例を参考にしたアーキテクチャ先行型の質の高い設計が可能になると期待される。

本研究の POET Knowledge Media はこのようなデザインのグローバル化や設計品質の向上に貢献するだけでなく、さらに、他の設計者との連絡や調整等に追われている設計の現状の問題点を解決し、分散した設計リソースの効率的な活用と変化する多様なビジネス環境への設計面からの迅速な対応を通して、変化に対してより柔軟でより効率的な設計作業形態を実現する上でも大きく貢献すると考えられる。

今後の研究としては、POET Knowledge Media を多数の設計者がかわる実際の設計作業に利用することによりユーザインタフェースやデータベース上の情報表現モデルに検討を加え、より実用的で洗練された知的メディアへと発展させていくことが重要であると考えている。

謝 辞

本研究の POET Knowledge Media は、情報処理振興事業協会が 1995 年度に募集した「創造的ソフトウェア育成事業」の支援を受け、「ウォークスルー型エンジニアリングナレッジメディアの開発」プロジェクトにより開発された。

参 考 文 献

- 1) K. Al-Timimi and J. MacKrell: STEP: Towards Open Systems, CIMdata, Ann Arbor MI, (1996).
- 2) E. Miller: PDM Today, Computer Aided Eng., **14**, 2, (1995) 32.
- 3) 岡田公治, 荒井栄司: 機械設計における設計意図モデルに基づく CAD, 日本機械学会論文集 (C 編), **57**, 544 (1991) 283.
- 4) 伊藤公俊, 川野辺 衛: 設計対象モデルにおける設計根拠の記述化, 人工知能学会研究会資料, SIG-KBS-9303-9 (1993) 61.
- 5) 菊池慶仁, 岸浪建史: 設計生産コミュニケーションモデルの記述表現及び応用に関する研究 (第 1 報) — 基本概念及び形式仕様記述言語, 精密工学会誌, **61**, 5 (1995) 712.
- 6) 菊池慶仁, 岸浪建史: 設計生産コミュニケーションモデルの記述表現及び応用に関する研究 (第 2 報) — 生産活動の統合モデル, 精密工学会誌, **62**, 3 (1996) 388.
- 7) 岩田一明, 荒井栄司, 小野里雅彦, 藪崎 清・ヒルベルト: 設計・生産におけるコンカレントエンジニアリングのためのコミュニケーションシステムに関する研究 (第 1 報 複数ユーザ間での会話モデルに基づくコミュニケーションシステムの実現), 日本機械学会論文集 (C 編), **61**, 582 (1995) 392.
- 8) 藪崎 清・ヒルベルト, 岩田一明, 荒井栄司, 小野里雅彦: 設計・生産におけるコンカレントエンジニアリングのためのコミュニケーションシステムに関する研究 (人間中心コンカレントエンジニアリングのための対象), 日本機械学会論文集 (C 編), **61**, 584 (1995) 470.
- 9) 仲 義輝, 小野里雅彦, 岩田一明: 設計・生産業務の遂行における行為の分析とその構造化の枠組, 日本機械学会論文集 (C 編), **63**, 616 (1997) 332.
- 10) 仲 義輝, 小野里雅彦, 住岡晋一郎, 岩田一明: 設計・生産における組織的業務遂行に関する構造のモデリング, 日本機械学会論文集 (C 編), **63**, 616 (1997) 339.
- 11) A. C. B. Garcia and H. C. Howard: Acquiring Design Knowledge through Design Decision Justification, AI EDAM, **6**(1), (1992) 59.
- 12) G. Toye, M. R. Cutkosky, L. J. Leifer, J. M. Tenenbaum and J. Glicksman: SHARE: A Methodology and Environment for Collaborative Product Development, Int. J. Intelligent and Cooperative Inform. Syst., **3**, 2, (1994) 129.
- 13) J. G. McGuire, D. R. Kuokka, J. C. Weber, J. M. Tenenbaum, T. R. Gruber and G. R. Olsen: SHADE: Technology for Knowledge-Based Collaborative Engineering, J. Concurrent Eng.: Res. Appl. (CERA), **1**, (1993) 137.
- 14) D. R. Kuokka, J. McGuire, J. C. Weber, J. M. Tenenbaum, T. R. Gruber and G. R. Olsen: SHADE: Knowledge-Based Technology for the Re-Engineering Problem, An. Rep.
- 15) S. Levy, E. Subrahmanian, S. L. Konda, R. F. Coyne, A. W. Westerberg and Y. Reich: An Overview of the n-dim Environment, Technical Report EDRC-05-65-93, Engineering Design Research Center, Carnegie Mellon University, (1993).
- 16) J. Conklin and M. L. Begeman: gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion, Proc. Conf. Computer-Supported Cooperative Work '88, ACM, (1988) 140.
- 17) J. Conklin: Design Rationale and Maintainability, Proc. 22nd An. Hawaii Int. Conf. on System Science, IEEE Computer Society Press, **2**, (1989) 533.
- 18) J. Conklin and K. C. B. Yakemovic: A Process-Oriented Approach to Design Rationale, Human-Computer Interaction, **6**, (1991) 357.
- 19) R. McCall: PHIBIS: Procedurally Hierarchical Issue-Based Information Systems, Proc. Conf. Architecture at the International Congress on Planning and Design Theory, ASME, (1987).
- 20) G. Fischer, A. C. Lemke, R. McCall and A. I. Morch: Making Argumentation Serve Design, Human-Computer Interaction, **6**, (1991) 393.
- 21) G. Fischer, R. McCall and A. Morch: Design Environments for Constructive and Argumentative Design, Proc. CHI '89, ACM, (1989) 269.
- 22) G. Fischer, R. McCall and A. Morch: JANUS: Integrating Hypertext with a Knowledge-based Design Environment, Proc. Hypertext '89, ACM, (1989) 105.
- 23) J. B. Thompson and S. C-Y. Lu: Design Evolution Management: A Methodology for Representing and Utilizing Design Rationale, Proc. 2nd Int. ASME Conf. Design Theory and Methodology, DE-27, (1990) 185.
- 24) R. Ganeshan, J. Garrett and S. Finger: A Framework for Representing Design Intent, Design Studies, Butterworth-Heinemann, **15**, 1, (1994) 59.
- 25) S. R. Bradley and A. M. Agogino: Design Capture and Information Management for Concurrent Design, Int. J. Syst. Autom.: Res. Appl. (SARA), **1**, (1991) 117.
- 26) F. Pena-Mora, D. Sriram and R. Longcher: Design Rationale for Computer-Supported Conflict Mitigation, J. Computing in Civil Eng., **9**, 1, (1995) 57.
- 27) G. H. von Wright: Explanation and Understanding, Cornell University Press, (1971).
- 28) 田浦俊春: 設計の説明と理解のためのヒストリベース, 技術知の位相, 東京大学出版会, (1997) 163.
- 29) F. Lakin, J. Wambaugh, L. Leifer, D. Cannon and C. Sivard: The Electronic Design Notebook: Performing Medium and Processing Medium, Visual Computer: Int. J. of Computer Graphics, **5**, (1989) 214.
- 30) M. Fowler: UML Distilled: Applying the Standard Object Modeling Language, Addison-Wesley, Reading MA, (1997).
- 31) 窪田敦之, 田浦俊春: エンジニアリングコラボレーションメディアの研究 (第 1 報), 精密工学会誌, **63**, 1 (1997) 50.
- 32) 田浦俊春, 小谷勝彦, 奥田 稔, 青木保一, 山田具男, 今井兼久: ウォークスルー型エンジニアリングナレッジメディアの開発, 創造的ソフトウェア育成事業及びエレクトリック・コマース推進事業最終成果発表会論文集, 創造的ソフトウェア育成事業編, 情報処理振興事業協会, (1998) 209.