

協調設計作業を実現するための設計者支援環境

鷹合 基行[†] 武田 英明[†] 西田 豊明[†]

Designers Supporting Environment for Cooperative Design

Motoyuki TAKA[†], Hideaki TAKEDA[†], and Toyoaki NISHIDA[†]

あらまし 設計者は設計対象に関する知識を収集し組合せることによって設計への適合を行い、その過程で設計者自身の持つ設計知識を組織化しつつ拡張する。複数人による協調設計においては、この組織化された知識の共有がなされる。本論文は設計対象の専門領域に関する概念体系（オントロジー）を用いて設計情報の組織化を行い、それを扱うことによって設計者を支援する環境 Designers Amplifier を提案する。Designers Amplifier は個人情報空間を場として、設計情報の組織化の働きをその空間内あるいは空間間で活動するエージェントとして実現し、設計知識の収集、組織化、加工および協調設計を支援する。また試作した Designers Amplifier システムの構成と、その試作システムを用いて自転車荷台の設計を例題に行った実験について述べる。

キーワード 協調設計, 設計情報の組織化, オントロジー, ソフトウェアエージェント

1. はじめに

設計行為は技術者による高度な知的生産行為であり、その設計行為は設計を達成するための知識に支えられている。設計者は新しい要求が与えられたとき、経験や本やネットワークなどありとあらゆる手段で設計方法や設計対象に対する知識を収集する。そして現在の設計に役立ちそうな物を組合せ、それらをうまく適合させる。その過程で設計者の知識は組織化され、拡張されてゆく。複数人による協調設計は、この組織化された知識を他の設計者と共有することによって可能になる。

本論文では設計対象に関する概念体系（オントロジー）を用いて設計知識を扱い、設計者を支援していく計算機環境 Designers Amplifier を提案する。

本システムは設計そのものを支援するのではなく、設計における情報の組織化を支援するシステムである。Designers Amplifier において各設計者は自分のオントロジーと設計情報をおくための場が与えられる。Designers Amplifier は場に置かれた設計情報をソフトウェアエージェントによって洗練し、より使いやすい

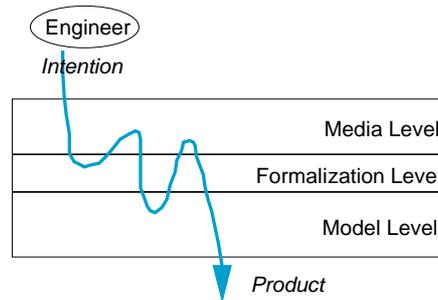


図1 情報表現の3レベル
Fig. 1 Levels of Information Representation

い形にする。具体的には Designers Amplifier は以下のような支援を目指す。1) 複数設計者間のコミュニケーションを支援する。特に複数の設計者でオントロジーを共有することによって設計対象の知識の深い共有をめざす。2) 対象に関する知識をさまざまな方法で収集する。3) 設計メモや議事録など設計に関する断片的な情報をオントロジーを用いて組織化し、再利用可能にする。

このような設計情報の組織化は設計の種類や設計のフェーズに共通するプロセスである。例えば概念設計においては機能や構造をより体系的に収集することにより、詳細設計段階では類似解を検索することに貢献することができる。

[†] 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科, 奈良県
Graduate School of Information Science, Nara Institute of
Science and Technology, 8916-5 Takayama, Ikoma, Nara,
630-01 Japan

以下、第2章で設計知識の組織化について述べる。第3章で Designers Amplifier における場とエージェントについて述べる。第4章で設計者の支援環境 Designers Amplifier の構成について述べる。第5章で Designers Amplifier を用いた実行例を取り上げる。

2. 設計知識の組織化

本章では設計知識の組織化を情報の表現形態から考察し、オントロジーに基づく組織化の方法について述べる。

2.1 設計知識の表現形態

設計とは与えられた要求から人工物の製造に必要な仕様を生成することである。設計の過程においては、抽象的に表現された要求が具体的な仕様に変化してゆくが、その様子を情報表現のレベルとして捕えると図1のようになる。この図における上のレベルは人間による理解を目指した表現（メディアレベル）である。中央は形式表現レベルであり、計算機が処理可能な文法が与えられている。下のレベルはモデルレベルの表現であり、ある特定のモデルにしたがって記述され計算機が解釈するための意味論が与えられている。設計過程は図中の曲線のようにメディアレベルで表現された設計要求からモデルレベルで表現される生産に必要な手順を得ることであると見ることができる。

特にメディアレベルから形式表現言語レベルへの変換は設計知識の組織化ととらえることができる。そこで我々はメディアレベルで表現された情報をその専門領域に関するオントロジーを用いて組織化し、その組織化された情報を扱うことによって、設計者を支援する環境 Designers Amplifier を提案する。

2.2 Designers Amplifier におけるオントロジー

本研究では設計情報の上に出現する表現をオントロジー上の概念と結びつけることによって設計情報を組織化する。

設計者は自分の専門分野に関して多くの概念を持ち、それに基づいて設計を行なっている。それらの概念は教科書などに現れる共通性の高い概念から、グループや個人特有の共通性の低い概念まで含まれる。この意味で、設計におけるオントロジーは一般的で共有可能な部分と個人ごとに特有の部分がある。

Designers Amplifier では設計者個人がそれぞれの設計作業空間を持ち、その上にオントロジーを持つ。その結果、設計者それぞれが自分のスタイルで自分の必要とするオントロジーを構築できる。また Designers Amplifier では設計作業空間上のオントロジーの概念を交換することによってオントロジーの共有を支援する。

本論文ではオントロジーを以下のような目的で用いる。

- 1) メディアレベルで表現された情報を組織化する。
- 2) 設計者の持つ概念を明確に定義し整理する。
- 3) 設計者間でオントロジーを共有し複数設計者間での概念の理解を促進する。
- 4) オントロジー上の概念間の関係を用いた検索などの知的な処理を行う。

本研究では設計者による設計対象物に関するオントロジーの構築と利用という側面に注目する。現在、Designers Amplifier では上記の機能を最低限実現可能なオントロジーとして、フレームに基づくオントロジー [1] を準備している。オントロジーの構成要素は以下のようになっている。

-Class: 一般の概念を記述する。Class は名前とその概念がメディア中で現れる表現 (Expression) と属性 (Slot) をもつ。属性はその概念における属性名、その属性が属する Class, 属性値の3つからなる。

- Super-Sub Class 関係: Class 間の継承関係を表す。
- 接続関係: Class 間で何らかの関係があることを示す。

文書などのメディアレベルの情報はオントロジー上の Class における Expression と結びつけられ組織化される。

なお、本研究で扱うオントロジーはいわゆるドメインオントロジー [7] であり、タスクオントロジーは含まれていない。これは第1章で述べたように本システムは設計というタスクそのものを支援するのではなく、設計における情報の組織化を支援することを目標としているためである。

3. 設計者個人の情報空間としての場

協調設計の現場において、設計者それぞれ固有に所持する知識、経験などの情報が非常に重要な要素とな

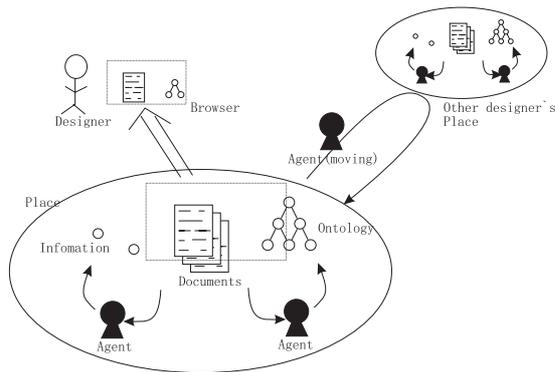


図2 Designers Amplifier の場とエージェント
Fig. 2 Place and agents of Designers Amplifier

る．設計者個人はそれぞれ独自の観点から情報を収集し、応用し、組織化する．これらの情報は協調設計において設計者間で交換され共有される．Designers Amplifier ではこのような情報活動を以下に述べるように個人情報空間を場として、情報組織化の働きをその空間内あるいは空間間で活動するエージェント [4] としてモデル化する．

3.1 エージェントによる設計知識の共有

協調設計において各設計者は設計に必要な専門知識やオントロジーを互いに補いながら設計を行う．ところが、特に最新技術にかかわる設計者にとって個人の情報やオントロジー、そして常識ですら速く変化する．また、いち早く設計を済ませるためプロジェクトのスパンが短くなり、設計者のグループも速く、流動的に変化する．このような場合、仲介器 [6] のように情報のインデックスを集中的に管理するアーキテクチャよりも、移動エージェントのようなネットワークに対して柔軟な動きをみせるアーキテクチャの方が有効である．

Designers Amplifier は図2のように設計者ごとに場を配置し、そこに設計情報やオントロジーやエージェントを保持することによって設計者に作業空間を提供する．これは設計者に代わって設計知識をさまざまな情報源から入手したり、他の設計者と情報を共有したり、場にある情報を加工するための基盤となる．

Designers Amplifier システムにおいてエージェントの機能を用いて実現可能な設計者の支援の例を以下に挙げる．

1. 場の上をさまよいながら必要な情報を収集する

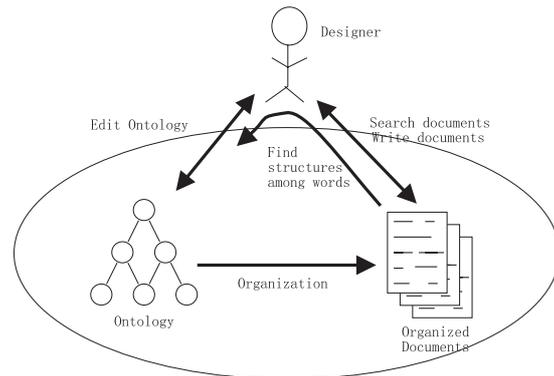


図3 設計者とオントロジーと設計情報の関係
Fig. 3 Relations among designer, ontology and design informations

必要な情報が明確に指定できない場合などは、何か手がかりとなる情報をいくつも連鎖的にたどって絞り込んでゆく．こういった情報収集は情報源の間を移動できるエージェントによって自然に実現できる．

2. 情報の監視を行う

最新情報の出現や、情報の変化を設計者が知る必要のある場合、自律的に通知を行うエージェントをその情報源の場の上に配置することによって容易に実現できる．

3.2 Designers Amplifier システムにおけるエージェント

エージェントは設計者や他のエージェントによる指示によって動作する．エージェントは場の上に存在し、場の間を移動することができる．また、同じ場にある情報を獲得し、配置することができる．

現在 Designers Amplifier システムにおけるエージェントは以下のような特徴を持つ．

- エージェントは場の上に存在する．
- エージェントは状態を保持することができる．
- エージェントはその状態と共に他の場へ移動することができる．
- エージェントはそれ自身のコピーを作る事ができる．
- エージェントは同じ場の上の他のエージェントと情報を交換することができる．
- エージェントは他のエージェントやユーザの指示により動作する．または同じ場の上の情報やエージェントの状態により自律的に動作する．

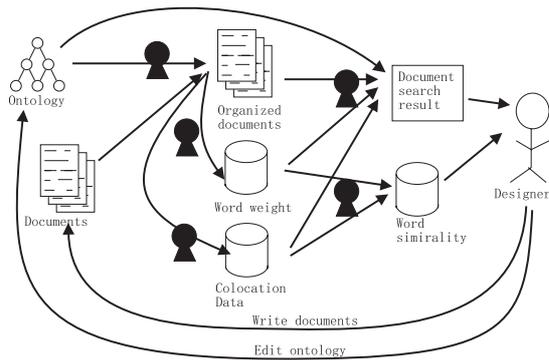


図4 設計文書の組織化エージェント群
Fig.4 A set of document organization agents

- エージェントは同じ場にある情報を獲得したり、配置することができる。
 - エージェントは消滅することができる。
- これは、設計者に代わって設計知識をさまざまな情報源から入手することや、他の設計者との情報の共有、場にある情報の加工などの基盤となる。これらの機能によって他の場の上の情報の変更を自動的に知らせてくれるエージェントなど多様な情報の流通を容易に実現することができる。

4. 設計者支援環境 Designers Amplifier

2章で述べたように設計においてオントロジーは重要である。しかし設計においてオントロジーは固定的なものではなく、必要に応じて構築されて行くものである。設計者支援環境 Designers Amplifierはこのオントロジー構築作業を支援することを目的としている。

オントロジー構築は、個々の設計者による概念抽出とその構造化によって行われる。Designers Amplifierでは設計者個人の場にそれぞれのオントロジーを保持し、その場を概念抽出と構造化および概念体系の共有のための作業空間とする。Designers Amplifierが設計者に配置する場には必ずオントロジーが配置される。場に置かれた情報は場に置かれたエージェントによってオントロジーを基に組織化される。また場を移動できるエージェントは他の場のオントロジーを獲得してきたり、他の場へオントロジーを伝搬させることができる。

設計者は場に置かれた設計情報やオントロジーをブラウザを用いて全体または部分的に見ることができる。

また設計者のエージェントへの指示はブラウザを通して行われる。

以上に述べた枠組のうち、本稿では場の上での設計情報を組織化、発見を行う方法に焦点をあてて説明する。なおオントロジー統合については文献[5]でいくつかの方法で試みている。

図3は設計者の場の上での設計者、オントロジー、設計情報の関係を表している。設計者はオントロジー上の概念を直接編集する。設計情報組織化エージェントはオントロジーを用いて設計情報を組織化する。一般にオントロジーを構築するのは容易ではない。しかし設計者は設計情報を参照するうちに自分自身の中で概念体系を豊富にしている。そこで、Designers Amplifierは設計情報の検索や、単語の類似性の発見を行うエージェントを通じて設計者によるオントロジーの構築を支援する。

図4は試作システムにおいてエージェントが場に置かれた文書を扱う様子を示している。場に置かれた文書集合に対し組織化エージェントは文書を組織化し、共起計算エージェントや単語の重要度計算エージェントによって共起情報と単語の重要度が計算される。それらの情報を基に検索エージェントは文書の検索を行う。単語の類似性計算エージェントは主に共起データから単語の類似度を計算する。

設計者は検索結果や共起データ、単語の類似度から得た情報を設計やオントロジー構築に役立てる。以下ではこれらのエージェントの機能について述べる。

4.1 設計情報の組織化エージェント

設計情報の組織化エージェントは、オントロジー上の概念(Class)の表現(Expression)を用いて組織化を行う。試作システムではオントロジーにおける概念の単語表現を文書中寻找し、概念へのリンク付けを行う。現在は単語の変化形などをほとんど考慮せずに文字列のマッチングによって文書中に単語表現を見つけている。単純な方法であるが、日本語や英語など言語の種類に応じて特別なプログラムを用意することなくシステムが動作できるメリットがある。

4.2 単語の共起情報計算エージェント

文章中近くに出現した単語間に意味上の関係があると仮定すると、2つの単語語間の共起情報を調べることは意味がある。共起情報計算エージェントは、組織化された文書中のオントロジー上の概念と結び付き

た単語に対して、以下の計算に従って共起情報を計算する。

文書集合 D 内の文書 $d \in D$ において単語 w, w' がそれぞれ出現する位置の集合を $loc(d, w), loc(d, w')$ とした場合、 D における単語 w, w' 間の共起

$$M_{ww'} = \sum_d \sum_{l \in loc(d, w), l' \in loc(d, w')} m(w, l, w', l')$$

を成分に持つ行列 M を文書集合 D の共起行列とする。但し $m(w, l, w', l')$ は単語 w, w' が位置 l, l' で出現した場合の共起の重みである。試作システムでは m の計算は、位置 loc を文単位（第 l 文に単語 w が出現する）として、以下の式を用いている。

$$m(w, l, w', l') = \begin{cases} 0 & (|l - l'| > 10) \\ (10 - |l - l'|)/10 & (|l - l'| \leq 10) \end{cases}$$

共起情報計算エージェントはこのように計算された共起行列を場の上に保存する。

4.3 単語の重要度計算エージェント

単語の重要度計算エージェントは組織化された文書からベクトル空間モデル[2]による単語の重み付けを計算する。単語の重み付けは、出現する文書におけるその単語の相対出現頻度 tf (term frequency) と文書の集合におけるその単語の逆文献頻度 idf (inverse term frequency) の積によって与えられる。すなわち

$$tf_{dw} \cdot idf_d$$

ここで、 tf_{dw} は文書 d における単語 w の出現頻度、 idf_d は文書集合 D において単語 w が出現した文書の逆数である。 idf_d は一般的に次式で与えられる。

$$idf_d = \log(N/n_w)$$

ここで、 N は文書集合 D の大きさであり、 n_w は単語 w を含む文書数である。

4.4 設計文書の検索エージェント

設計文書の検索エージェントは場の上にある複数の文書から目的の文書を捜し出すエージェントである。試作システムでは、1) 単語の共起情報を用いた検索、2) オントロジーを用いた検索、の2種類の検索方式に基づく文書検索エージェントを用意している。これらは共にユーザから入力された検索語に関係あると思われる語を含めて検索語とし、与えられた検索語のみによる検索より知的で幅のある検索を目的としている

4.4.1 共起情報を用いた検索

文書の検索を行う際、与えられた検索語集合に共起される語を加えて検索を行うため、与えられた検索語集合にとられない幅のある検索が可能である。つまり検索語集合のベクトル Q (第 w 成分は w が検索語なら 1、 w が検索語でないなら 0) から計算される次のベクトル

$$\sum_w Q_w \cdot M_w \quad (M_w \text{ は共起行列 } M \text{ の第 } w \text{ 列ベクトル})$$

を Q に加えたベクトルを新たな検索語のベクトルとする。さらに単語の重みをこの検索語のベクトルの各要素に掛けることによって重要でない単語に惑わされない検索を行う。文書 d から得られるキーワードベクトル (文書中に出現する単語の頻度から求められる) $V(d)$ と検索ベクトルとの余弦が大きい文書を検索結果とする。

4.4.2 オントロジーを用いた検索

検索語の概念とオントロジー上関係を持つ概念を利用して検索を行う。試作システムでは検索語の概念の下位概念 (Sub Class) をすべて検索語の概念と同様に扱い検索を行う。つまり、検索語の集合 W に対応する概念集合を C 、概念から下位概念への関数を $sub(c) (c \in C)$ としたとき C のすべての下位概念の集合

$$\{sub(C), sub \circ sub(C), \dots\}$$

を C に加えて新しい検索語として用いる。さらに共起による検索と同様にベクトル空間モデルによる単語の重み付けを行い文書の検索を行う。

4.5 単語の類似度計算エージェント

同じような単語が周辺に出現する単語は似た概念であると仮定し、2つの単語の共起の類似度を単語の類似度としている。つまり単語 w_1, w_2 間の類似度を共起ベクトル M_{w_1}, M_{w_2} の余弦とする。重要な単語の共起関係を用いることによって精度が上がると仮定できるので、実際の試作システムでは共起ベクトルのそれぞれの成分に対応する単語の重要度を掛けたものを用いている。

5. Designers Amplifier 実行例

ここでは、例題として自転車荷台の設計に関するブ

661 G because you have .. your backpack frame now has the fitting on it for the seat tubing so you don't have everything in this bracket part of the backpack frame has like a a metal clip y'know wire em .. that type of thing
 662 H ahha ahha
 663 G y'know just thin gauge metal that snaps .. a broomhandle holder
 664 H yeah ahha
 665 F ohh
 666 G any justice here
 667 H and that will live permanently with your backpack
 668 G yeah .. and you can make that wide enough
 669 F and that to be just a holder while you're (?) or part of the integral fastening system
 670 G it keeps it attached to your seat tube
 671 F at all times .. structural (inaudible) OK (inaudible)
 672 G maybe there's a little hook here that you fasten after you snap it on just to make sure it doesn't come off
 673 F ahha yeah yeah that sounds
 674 G then you .. these wires come down here right clip on .. clip on
 675 X sorry could I interrupt could I ask you to put the bike on the table when you're talking specifically about the bike
 676 G sure yeah
 677 X OK sorry to interrupt
 678 G so .. clip on those tubes and that pivoting over here
 679 H mm mm
 680 H and they actually don't have to pivot there .. and it rocks up .. and clicks in

図5 自転車荷台の設計に関するプロトコルの一部

Fig.5 Protocols of the bicycle rack design experiment

ロトコル[3] 用いた Designers Amplifier 試作システムの実験について述べる。自転車荷台の設計に関するプロトコルは設計会議の会話をテキストデータとしたものであり、組織化されていない。この実験の目的は、Designers Amplifier 試作システムによる、

- 1) プロトコルデータの組織化
- 2) プロトコルデータからの設計知識の抽出
- 3) プロトコルデータの検索による再利用性を調べることである。

5.1 自転車荷台の設計に関するプロトコル

このプロトコルは、3人の設計者(あまり自転車設計に詳しくない)にテーマと時間と資料を与えて議論してもらい、そこで行われた設計に関する会話をテキストデータ(約1500行)としたものである。テーマはリュック(backpack)をマウンテンバイクに取り付けることを可能にする荷台または金具の設計であった。

図5はそのプロトコルの一部である。議論のあらすじは以下のようであった。

- (1) おおまかな設計方針

- (2) 問題点の洗い出し
- (3) 固定方法の議論
- (4) さまざまな使い方の検討
- (5) おおまかなプロトタイプ完成
- (6) 問題点の洗い出しと対策
- (7) バッグ・フレーム・取り付け部の詳細な設計を3人で分担
- (8) まとめ・確認

この実験では約1500行あるプロトコルを20行づつ分けそれぞれを1つの文書とした。そして、このプロトコルを基に手作業で約240のClass概念を抜きだしSuper-Sub Class関係を付加してオントロジーを作成した。

5.2 Designers Amplifier 試作システムによるオントロジーの編集

図6はDesigners Amplifier 試作システムのブラウザを用いてオントロジーを編集しているところである。

右のウィンドウはオントロジーウィンドウであり、ユーザーはこの画面を通して場にあるオントロジーの一部または全体を参照しながら編集する。アイコンはClass概念を表し、矢印はSuper-Sub Class関係、線分(ここでは用いていない)は接続関係を表す。右下のポップアップウィンドウは概念編集ウィンドウであり、概念の詳細な定義が表示されている。ここでは概念clipが文書中にclipと表現され、costスロット(そのクラスはmoney)を持つと定義されている。

5.3 Designers Amplifier 試作システムによる組織化された文書のブラウズ・検索

図6はDesigners Amplifier 試作システムを用いた検索の結果も示している。設計者は右のオントロジー編集ウィンドウで検索したい概念(clip)を選択し、検索エージェントに検索を依頼することによって検索結果を左のウィンドウで得ることができる。左上のウィンドウには検索結果の文書のリストが、その評価値とともに表示されている。左下のフレームは検索結果の文書の一つを表示している。この文書は組織化されており、文書中に出現する概念がオントロジーと結び付いている。設計者は表示された文書中の概念に付けられたボタンを押すことによってすぐに右側のウィンドウでその概念を確認することができる。この図の例では、文書中の単語clipはオントロジー上の概念clipによって構造化され結び付いている。この検索では共起

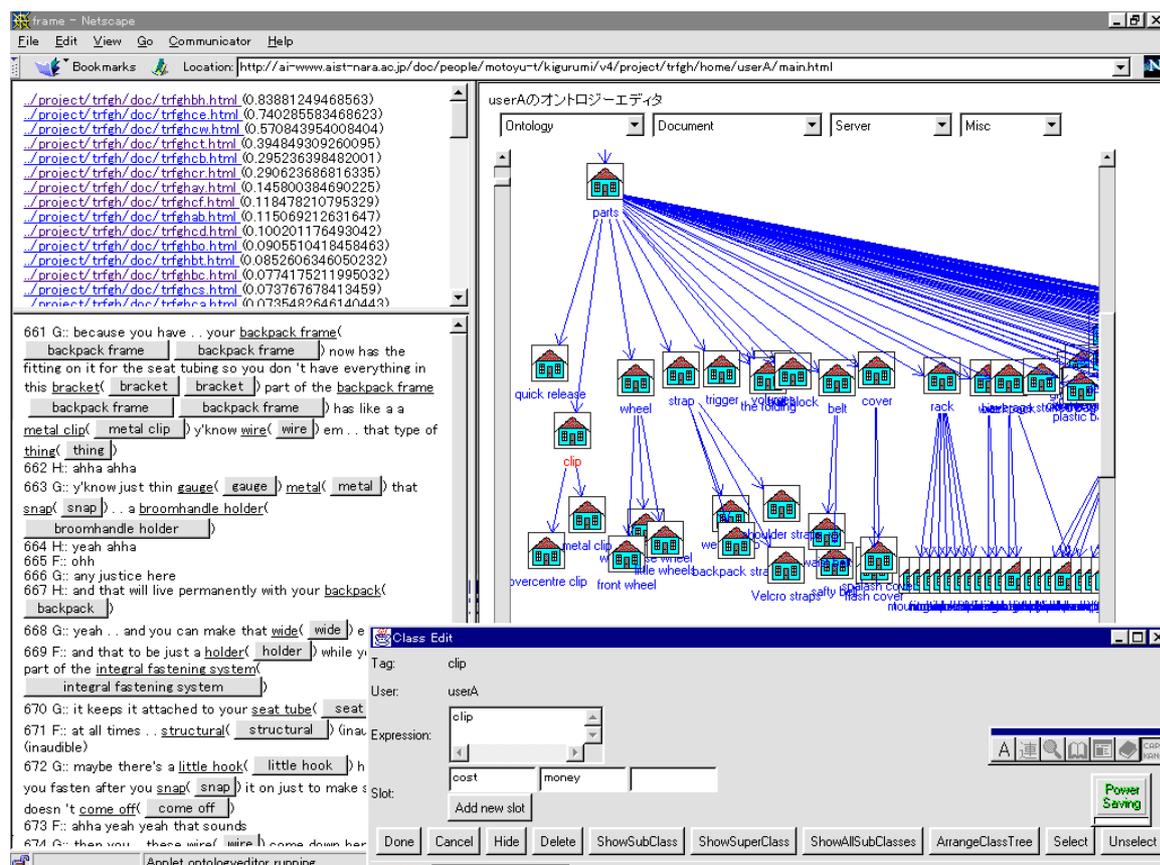


図 6 Designers Amplifier のブラウザの実行画面
Fig. 6 Browser of Designers Amplifier

情報に基づく検索エージェントを用いている。次のセクションでは今回の検索で用いた clip に関する共起情報を説明する。

5.4 共起情報計算

図 7 は自転車プロトコルの文書から計算された共起情報から概念 clip に共起する概念を取り出したものである。左の単語は clip に共起される概念名を表し右の数は 4.2 節で述べた方法で計算された共起の値を表している。上位の多くの単語は clip に対して何らかの関係を持つことがわかる。特に wire, strap, little hook など他の取り付け方法に関する単語が数多く存在し、設計者のオントロジー構築の支援に有効であることを示している。

5.5 試作システムにおけるプロトコル利用の実験

我々は試作システムが設計プロトコルの組織化およ

び共起情報によって設計者に有効な情報を提供できるか実験した。

実験のためのシナリオとして、荷台の自転車への取り付け方法について議論している部分を探し、取り挙げられている取り付け方法について調べることにした。被験者として同じ設計題目（自転車荷台の設計）における別のプロトコルを熟知しているが、今回の実験に用いるプロトコルは見たことのない者を準備し、プロトコルの生データを unix の less コマンドで文字列の検索を行いながら見てもらう方法と試作システムを用いた方法で比較した。

実験方法を以下に述べる。

1. 制限時間は 1 時間
2. 被験者は荷台の自転車への取り付け方法について議論している部分を探しその部分を 6~7 つ答える
3. こちらが用意した解答は 3 箇所

frame 10.9	rigidity 1.9
bag 10.0	rotate 1.8
pack 5.6	belt 1.7
thing 5.0	structural 1.7
bike 5.0	narrow 1.6
wire 2.6	bracket 1.6
outside 2.4	pivot 1.6
strap 2.4	click 1.6
back 2.4	rock up 1.6
slip 2.3	cover 1.5
tube 2.2	seat tube 1.4
snap 2.0	rack 1.4
come off 2.0	wide 1.2
little hook 2.0	original 1.1
connectors 2.0	integral fastening system 1.1

図7 単語 clip の共起情報 (上位 30)
Fig. 7 The colocation of a word 'clip'

実験結果は、less による方法では 1 箇所のみ正解したのに対し、試作システムを用いた場合 3 箇所すべての正解を答えていた。この実験において、被験者が試作システムを用いて行った代表的な手法は以下のようであった。1) 取り付けに関する単語たとえば strap の共起関係を調べ、同様に取り付けに関する単語 (clip, screw, bracket) を発見する。2) オントロジー上関係する単語のうち検索に適したものを発見する。3) 発見したこれらの単語で検索した結果の上位 3, 4 までの文書を読み、取り付け方法について議論しているか調べる。

この実験は、Designers Amplifier による設計情報の組織化が設計情報の再利用において有効であることを示している。

6. おわりに

本論文では、場とソフトウェアエージェントの技術を枠組に協調設計と個人の設計行為を統合的に支援する設計者支援環境 Designers Amplifier システムについて述べた。

我々は場に設計情報やオントロジーを配置し、ソフトウェアエージェントを用いることによって個人的な情報源である設計知識やオントロジーを設計者間で交換・共有する方法を示した。またオントロジーを用いて設計情報の組織化を図ることが、設計情報の柔軟な検索と設計知識の抽出を可能にし、設計情報の再利用およびオントロジーの構築の点で設計者を支援することを示した。

文 献

- [1] T. R. Gruber. Ontolingua: A mechanism to support

portable ontologies. Technical Report KSL 91-66, Stanford University, Knowledge Systems Laboratory, 1992.

- [2] G.Salton. *Intoroduction to Modern Information Retrieval*. MacGraw-Hill, 1983.
- [3] H. Takeda, M. Yoshioka, T. Tomiyama, and Y. Simomura. Analysis of design processes by functional evaluation process. In *Nigel Cross, Henri Christaans, and Kees Dorst, editors, Analysing Design Activity*, pp. 187-209. Chichester, 1995. John Wiley & Sons.
- [4] J.White. Mobile Agents White Paper. <http://www.genmagic.com/agents/Whitepaper/whitepaper.html>
- [5] M. Takaai, H. Takeda, and T. Nishida. Distributed Ontology Development Environment for Multi-agent Systems. Working Notes for AAAI-97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering, pp. 149-153, 1997.
- [6] Hideaki Takeda, Kenji Iino, and Toyoaki Nishida. Agent organization and communication with multiple ontologies. *the International Journal of Cooperative Information Systems*, 4(4):321-337, 1995.
- [7] 溝口理一郎, 池田満: オントロジー工学序説 -内容指向研究の基盤技術と理論の確立を目指して-. 人工知能学会誌, Vol.12, No.4, pp. 559-569, 1997.
(平成9年9月24日受付, 11月14日再受付)

鷹合 基行

平5 大阪府立大学工学部数理工学科卒業。平7 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了。現在 同博士後期課程在学中。知識の共有と再利用、設計者の支援環境などの研究に従事。人工知能学会、システム制御情報学会各会員

武田 英明

昭61 東大・工・精密機械卒。昭63 同大学院修士課程修了。平3 同大学院博士課程修了。平3 財団法人日本システム開発研究所嘱託研究員。平4 ノルウエー工科大学 doctoral fellow。平5 年奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 助手。平7年 同助教授、現在に至る。平4-5 ノルウエー王立科学技術研究会 research fellow。東京大学工学博士。知識の共有と再利用、設計学、知的CADなどの研究に従事。平7 人工知能学会全国大会優秀論文賞。人工知能学会、精密工学会、AAAI 各会員。

西田 豊明 (正員)

昭 52 京大・工・情報卒. 昭 54 同大学院
修士課程修了. 昭 55 同大学院博士課程退
学, 同年より, 京大・工助手. 昭 63 助教授.
平 5 奈良先端科学技術大学院大学教授, 現
在に至る. 京大工学博士. 昭 59 から 1 年
間 Yale 大学客員研究員. 知識の共有と再
利用, 知識メディア, 定性推論などの研究に従事. 昭 63, 平 1,
平 7 人工知能学会全国大会優秀論文賞. 昭 63 人工知能学会論
文賞. 平 2 情報処理学会創立 30 周年記念論文賞. 著書「自然言
語処理入門」(オーム社), 「定性推論の諸相」(朝倉書店)な
ど. 人工知能学会, 情報処理学会, 認知科学会, 日本ソフトウ
ェア科学会, 電子情報通信学会, 日本語処理学会, AAAI, ACL,
IEEE 各会員. 人工知能学会担当編集委員. 電子情報通信学会
英文誌編集委員. Journal of Artificial Intelligence Research
Associate Editor, QR '94 Co-Chair.