

次世代デジタルエンタープライズを支援する高度情報システムの試作

代表研究者 山口 高平 静岡大学情報学部教授
共同研究者 和 泉 憲 明 静岡大学情報学部助手

1. 研究調査の目的

近年の情報通信技術の進歩には目を見張るものがある。近未来的には、顧客がデジタルネットワークを介して企業活動に深く絡むだけでなく、顧客（ニーズ）が様々な職能を駆動することにより、新しい製品・情報・サービスなどを供給できる「仮想的なデジタルエンタープライズ」を編成していくようなマーケットの登場が期待される。このようなデジタルエンタープライズ時代が到来すれば、ビジネスモデル（仕事の仕組み）のライフサイクルが極端に短くなることが想定され、デジタルエンタープライズ時代における情報システムの構築方法の検討が急務となる。

以上の背景から、本研究では、ビジネスアイデアをアジル（俊敏）にソフトウェアとして実現する枠組みを追求することを目的とする。具体的には、仕事の仕組みや組織活動をモデル化したビジネス仕様オントロジーと、それをシステムとして実装していくためのビジネスソフトウェアオントロジーという粒度の異なる2種類のオントロジーを構築し、さらに、ビジネス仕様オントロジーからビジネスソフトウェアオントロジーに半自動的に変換していくためのプラットフォームを開発することを目的とする。

2. 研究方法の概要

本研究で開発対象とするビジネスアプリケーションは、電子メールや Web など、ネットワークを介したユーザや顧客との通信機能や、ユーザとのファイルシステム共有によるデータ管理などの機能を含むもので、ビジネスの仕組みの一部をソフトウェア化したものである。本研究では、ビジネスモデルの明示化から、詳細なビジネスモデルの定義、ソフトウェア化を統合的に取り扱うため、分析レベルからの実装レベルまでの開発支援手法の確立を目指すものである。

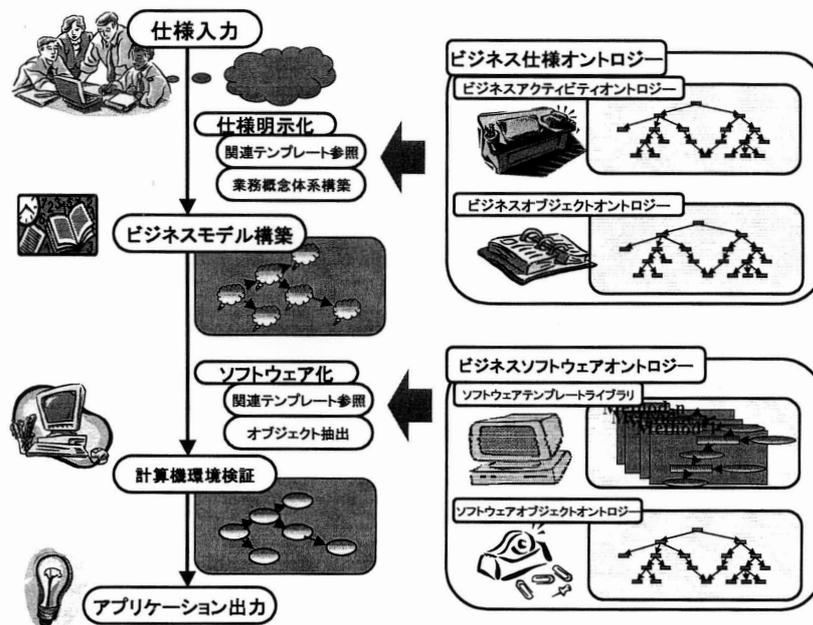


図1 ビジネスアプリケーション開発支援

本システムによるビジネスアプリケーション開発支援の概要は、図1の通りである。

まず、ビジネスモデル定義のフレームワークとしてビジネス仕様オントロジーを規定する。具体的には、e-ビジネスプロセスハンドブック[1] から、動詞概念と名詞概念を抽出し、プリンストン大学から提供されている概念階層 WordNet [2] を利用して再体系化する。こうして得られた動詞と名詞の概念階層を、それぞれ、ビジネスアクティビティオントロジーとビジネスオブジェクトオントロジーとして定義する。さらに、ビジネスアクティビティオントロジーを構成するビジネス活動のうち、細粒度のものをCommon KADS [3] の推論プリミティブの組合せパターンとして設定し、ビジネスオブジェクトオントロジーとの対応履歴とともに、以上のオントロジーの集合としてビジネス仕様オントロジーとする。

次に、ビジネスモデルをソフトウェア化するためのライブラリとして、ビジネスソフトウェアオントロジーを規定する。まず、ビジネスアプリケーションを構成する機能として、ソフトウェアテンプレートライブラリを設定し、ソフトウェアの入出力やモジュール構造の典型的なパターンをライブラリ化する。次に、これを再利用可能メソッドライブラリREPOSIT[4]のメソッドパターンとして定義することにより、ソフトウェアへの展開支援の基礎とする。さらに、ソフトウェアの操作対象であるオブジェクトを実装ファイルシステムの構造を参考に体系化し、ソフトウェアオブジェクトオントロジーとして規定する。

以上の二つのオントロジーを利用し、ユーザが与えた抽象レベルの要求仕様からキーワード抽出を行い、オントロジーを利用して関連するテンプレートの候補を提示し、ユーザに選択を促す。この操作を、最終的に実行可能なビジネスアプリケーションが得られるまで繰り返す。

3. ビジネス仕様オントロジーの構築

本研究では、ビジネスアクティビティの分類階層として、MITのe-ビジネスプロセスハンドブックを用いる。ただし、e-ビジネスプロセスハンドブックの分類属性は多様であるため、ビジネスアクティビティの定義を得るために、e-ビジネスプロセスハンドブックの階層構造をそのまま利用することは難しい。このため、曖昧なビジネスプランからビジネスモデルを明示化し、構築するためには、e-ビジネスプロセスハンドブックの体系を再構成する必要がある。そこで、e-ビジネスプロセスハンドブックから抽出した主要な名詞概念と動詞概念をWordNetにより体系化し、一定の分類による階層を得ることによってプロセスの同定を容易にするためにビジネスオブジェクトオントロジーとビジネスアクティビティオントロジーからなるビジネス仕様オントロジーを構築する。

3.1 ビジネスオブジェクトオントロジーの構築

ビジネスプランの抽象度が高い場合、ビジネスアクティビティに相当する動詞概念は、仕様作成者にとって詳細レベルでは明確になっていないことが多い。従って、ビジネスアクティビティを同定する場合、比較的概念が明確な名詞概念をまず同定し、その後、動詞(アクティビティ)概念を検索することにより、ビジネスモデル構築における検索コストの削減が期待できる。

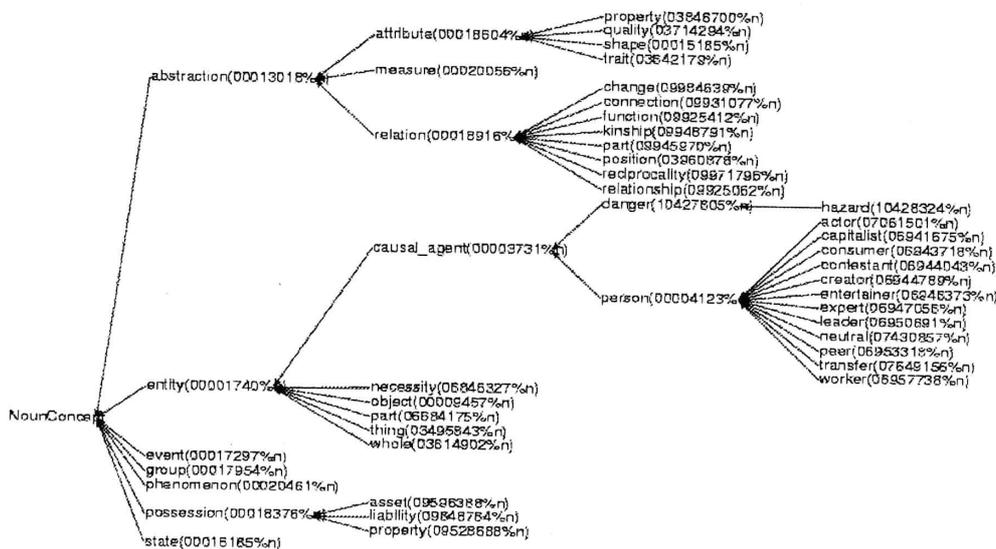


図2 ビジネスオブジェクトオントロジー

そこで、e-ビジネスプロセスハンドブックから主要な名詞概念を抽出し、WordNetからそれらの部分木を取り出し、その階層を利用することによってまず名詞概念を同定する。この階層をビジネスオブジェクトオントロジーとして定義する。ただし、WordNetは一般的な用語としての階層を表しているため、ビジネスドメインでは、階層の上位下位関係が逆転したり、不適当な下位概念として分類されていたりする場合もある。このような場合は、WordNetの階層よりもビジネスドメイン特有の関係の方を優先するものとする。

主要な名詞概念として選択する基準として、我々はe-ビジネスプロセスハンドブックの階層において、入出力(what)を分類属性としている部分に着目する。その部分では、プロセスの入出力が明示的に規定されているため、その入出力に含まれる名詞概念を抽出し、これを主要な名詞概念とする。こうして構築されたビジネスオブジェクトオントロジーの階層の一部を図2に示す。

3.2 ビジネスアクティビティオントロジーの構築

本節では、e-ビジネスプロセスハンドブックの階層中にて手段(how)で分類されていることを条件とし、主要な動詞概念を選択する。こうして構築されたビジネスアクティビティオントロジーの階層の一部を図3に示す。

以上の2つのオントロジーを用いて、ビジネスプロセスに関係すると思われる名詞概念と動詞概念を同定することにより、所望のアクティビティがe-ビジネスプロセスハンドブックの階層の何に対応するのかを知ることができる。

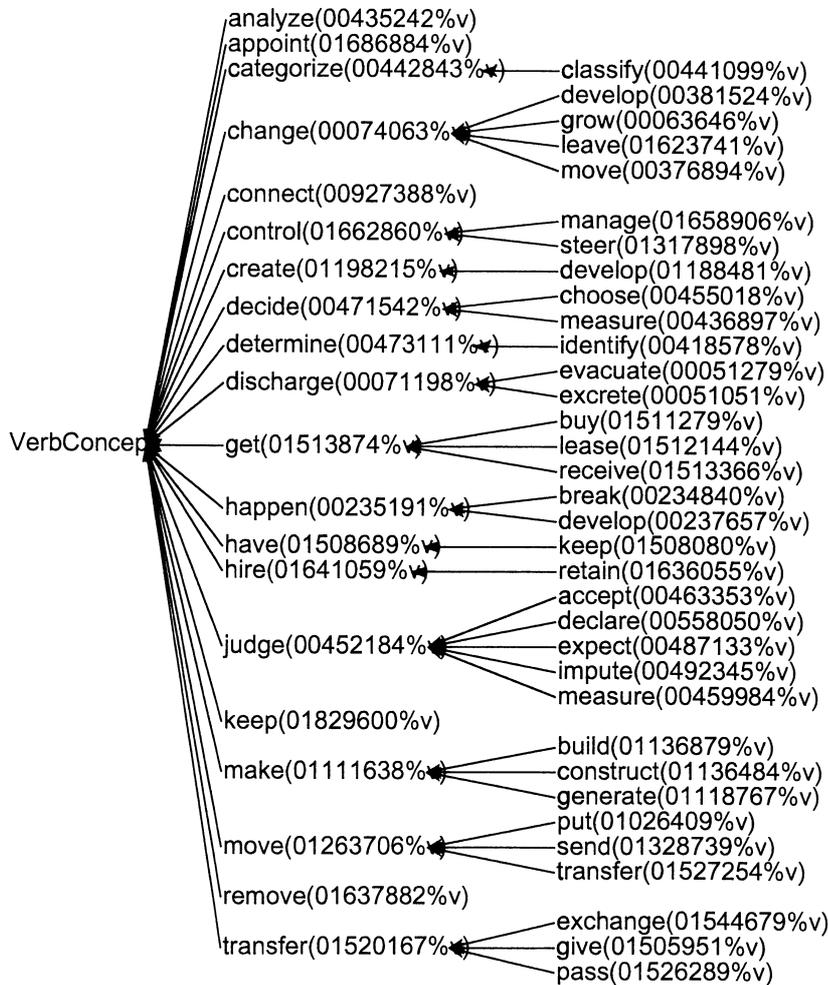


図3 ビジネスアクティビティオントロジー

4. ビジネスソフトウェアオントロジーの構築

所望のビジネスモデルが明示化された後、これをソフトウェア化するためには、まず、ビジネスアプリケーション構築に必要なソフトウェアモジュールをライブラリとして体系化する必要がある。そこで、本研究では、ビジネスアプリケーションの記述を

- ・ ソフトウェアとしての入出力やモジュールの構造
- ・ エージェントが代行するタスクの構造
- ・ タスクを実行するための推論構造

の3つの観点から行い、テンプレートとしてライブラリ化する。各テンプレートは、構成要素に対する入出力・参照の名詞概念の關係に動詞概念を与えるものである。

以下、テンプレートライブラリの構築について詳しく述べる。

4.1 アプリケーション機能の抽出

本節では、ビジネスアプリケーションが実現するタスクに依存しないもので、かつ、アプリケーションがソフトウェアとして備えるべき機能を分析し抽出する。ここでは、抽象度の高いソフトウェアとしてのエージェント構築テンプレートJAT (JAVA Agent Template) [5] を参考にし、テンプレートのプリミティブを抽出しユーザやリソースとのインタラクションのタイプごとに、テンプレートとしてライブラリ化する。

アプリケーションの構造は、外部とのインタラクションを行うためのコミュニケーション機能、実現するタスクを実行するためのリソース処理機能と、これらを組み合わせた複合機能により構成されるものと考えられる。

コミュニケーション機能は、(a)ネットワークを介してアプリケーションの外部のリソースにアクセスする機能、(b)ユーザなどへのメッセージを作成し送信する機能、などにより定義される。

リソース処理機能は、以下の3つの機能により定義される。

- ・ アプリケーションの内部や外部のリソースを生成・修正する機能
- ・ リソースの場所や内容を調べる機能
- ・ ユーザなどからのメッセージを取得し、解釈する機能

また、このようにして抽出されたアプリケーション機能の一部を図4に示す。

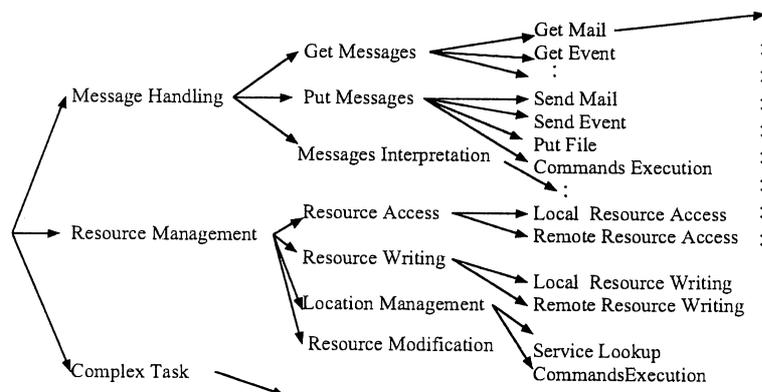


図4 アプリケーション機能

4.2 ソフトウェアテンプレートライブラリの構築

ビジネスモデルからビジネスアプリケーションを開発する段階において、

- ・ 実現データ構造の多様性
- ・ 機能詳細化の多様性
- ・ 制御情報の付加による副作用

などの問題に対応するため、本研究では、再利用可能仕様-実装テンプレートREPOSIT(REUsable Pieces Of Specification-Implementation Templates)を利用する。REPOSIT は、ドメインオントロジーと一般データ階層を援用し、抽象レベルの設計仕様を段階的詳細化するためのライブラリであり(図5参照)、実装レベルのプログラムコードへ展開するため、次の過程により得られたメソッドライブラリである。

- ・ 仕様レベルの最粗粒度の部品として、CommonKADS の標準関数を再構成した部品22個を設定する。
- ・ アプリケーションのProlog言語による実装例を参考にし、実装レベルの部品130個を抽出する。ここでは、汎用言語への移植を考慮し、forall や bag_of などの組み込み述語や、Webや電子メールを用いるためのメソッドを含める。

- ・仕様レベルの部品を入出力の知識タイプにより分類し、さらに、参照知識の運用タイプを考慮し、仕様レベルと実装レベルの中間レベルの部品テンプレート69個を設定する。そして、部品の再利用性を高めるために、各部品を中間レベル部品と実装レベル部品の組合せパターンにより定義し、合計221個の部品を設定する。

REPOSITによる記述単位は、入力、出力と参照の知識間関係として定義され、これを機能関数と呼ぶ。各機能関数は、入出力・参照の知識タイプを抽象化し、ソフトウェアテンプレートライブラリを構成する。

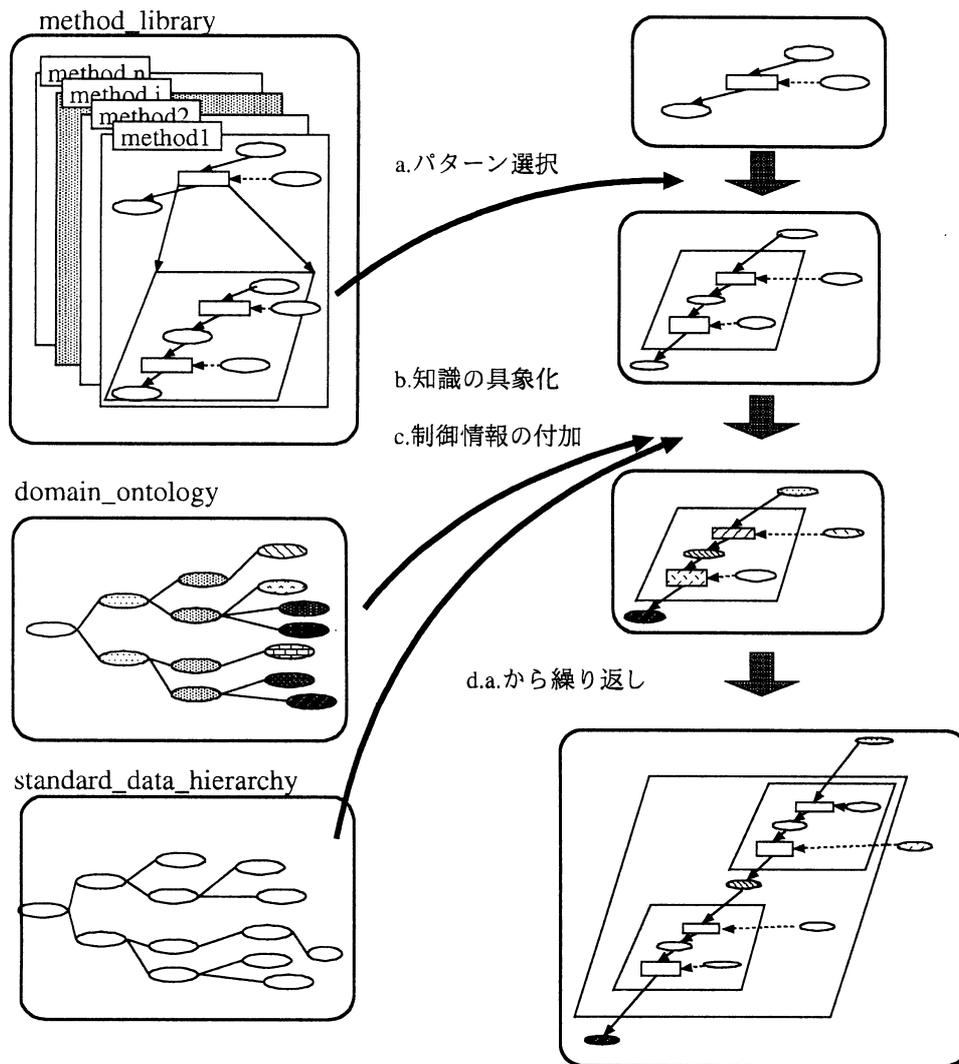


図5 REPOSIT

4.3 ソフトウェアオブジェクトオントロジーの構築

前節で構築したソフトウェアテンプレートライブラリの各プリミティブの操作対象物がオペレーショナルであるためには、実装レベルでの型（タイプ）の多様性を枚挙し、その一覧から選択できなければならない。そこで、本研究では、UNIX上で利用可能な実装ファイルの一覧ファイル: magic や、JAVA言語などで操作可能なオブジェクトのクラスを分析し、それぞれのタイプを体系化する。

ここで得られた概念体系は、ソフトウェアアプリケーションにおける名詞概念であると考えられるが、これを、ソフトウェアオブジェクトオントロジーとして定義する（図6参照）。

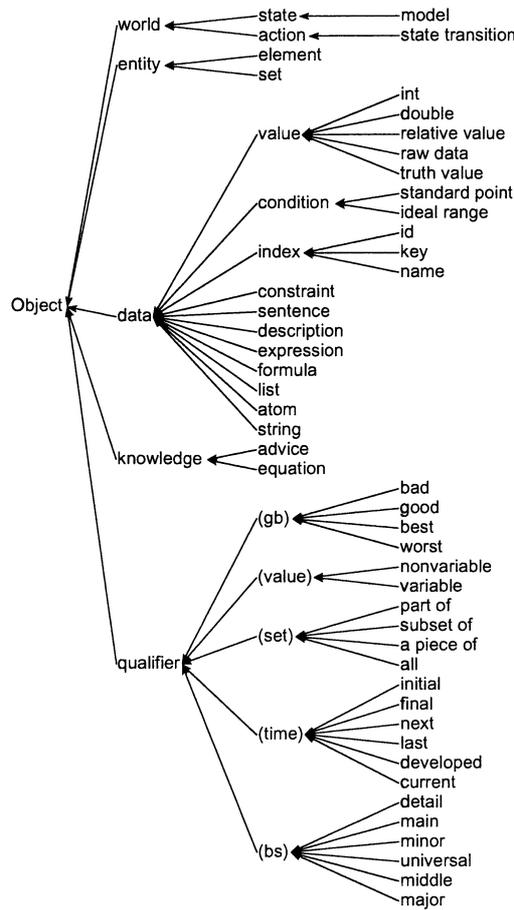


図6 ソフトウェアオブジェクトオントロジー

5. アプリケーション開発支援

本章では、ビジネス仕様オントロジーとビジネスソフトウェアオントロジーという2つのオントロジー間の対応を定義することにより、得られたビジネス仕様からビジネスモデルを構築する。さらに、得られたビジネスモデル中のアクティビティのうち、ソフトウェアと対応付けの可能な部分に対応付けすることによって、ビジネスアプリケーション作成の支援を行う。これらの支援は、ユーザとインタラクションを取りつつ行うが、その概要は既に図1に示されている。ユーザはシステムにビジネスの要件を入力し、入力文中のプロセスとプロセスハンドブックのプロセスの同定をする。具体的には、次の手順により行われる。

- ・ 同定したい文から動詞(プロセス)、目的語(出力)を抜き出す。
- ・ 目的語をビジネスオブジェクトオントロジーから探し出す。見つからなければ、WordNetを利用して、その概念がビジネスオブジェクトオントロジーのどの概念の子概念であるかを調べる。
- ・ 動詞をビジネスアクティビティオントロジーから探し出す。見つからなければ、2と同様にWordNetを利用して、その概念がビジネスアクティビティオントロジーのどの概念の子概念であるかを調べる。
- ・ 上記で同定した概念が2で同定した目的語に対応した動詞であれば、プロセスハンドブックからそれに該当するプロセスを取り出す。
- ・ このプロセスを用いるかどうかユーザに確認をする。

5.1 ケーススタディ

本節では、ケーススタディとして、米国プライスライン[6]の逆オークション特許をとりあげ、机上実験を行った。システムの入力には特許文書を与え、ビジネスアクティビティの抽出を行った。次の文は、プライスライン特許文書中のある部分を抜き出したものである。下線部は、それぞれ動詞と目的語として同定されたとする。

This server software transmits credit card numbers electronically over the Internet to servers located at the Open Market headquarters where card verification and processing is handled.

それぞれの概念近傍の階層を図7に示す。今回の同定手順は以下の通りである。

- ・ card number は名詞概念 credit card に所属する(has-a) 概念であることが分かる。
- ・ transmitはオントロジー中に定義されているが、それ自体がプロセスとして使われていないため、一つ上の transfer であると同定する。
- ・ transfer card number というプロセスは階層中に存在しないため、card number の上位の概念で探すことにする。
- ・ card number の上位の概念である information に、transfer が対応しているため、transfer information であろうと提示する。

以上の手順から、入力文の内容はe-ビジネスプロセスハンドブックの階層中の Transfer information を表していると考えられる。

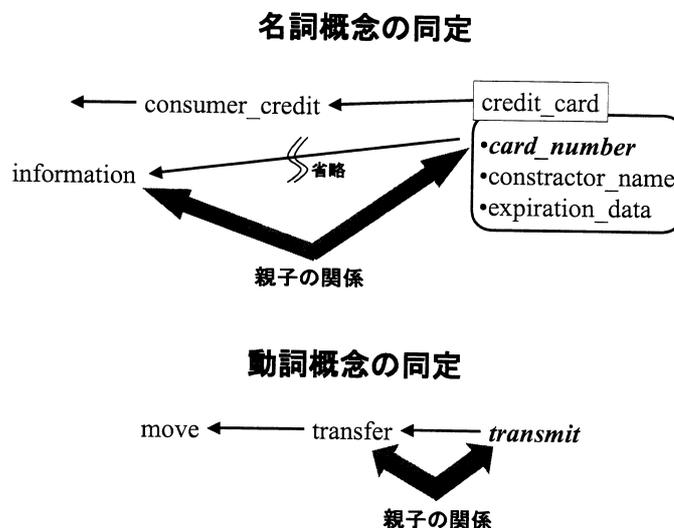


図7 概念近傍の階層

5.2 机上実験の考察

前節の例では、プロセスを同定することができたが、入力文が示しているプロセスに対し抽象度が高い。しかし、transfer information の子概念には、Transfer information securely over internet という今回の入力文が示しているプロセスにより近いものがある。今回の検索の条件として抜き出したものが、動詞及び目的語のみだったために同定されることはなかったが、検索の対象として「場所」どこで (where) という属性を導入することにより導入可能になったであろう。

また、2章で述べたが、ソフトウェアとして実装を目指しているのは、ビジネス仕様オントロジーの細粒度の概念に対してであるので、出来るだけ具体的なプロセスと同定させることが望ましく、そのためには、上の例のように同定するための条件を増やす必要があるだろう。

6. おわりに

近年のIT関連改革を背景に、企業構造の真の情報化を行うためには、既存ビジネスモデルのコンピュータ化や新規ビジネスモデルの構築をサポートしつつ、新規情報産業の創出、ビジネスモデル特許、動的な組織構成などを統合的に計算機で支援する枠組みが不可欠である。本研究では、以上の観点から、ビジネスの仕様を明示化するためのビジネス

仕様オントロジーと、その明示化した仕様をソフトウェア化するためのビジネスソフトウェアオントロジーを構築し、これらの対応を与えることにより、ビジネスアプリケーション構築支援の枠組みを提案した。

また、本枠組みでは一般のテキストを入力として与えることができるため、新規ビジネスモデルの導入だけでなく、既存ビジネスのコンピュータ化や、新規計算機環境の導入に関するの高度の経営判断をサポートする枠組みとしても利用できる。

本研究では、上で述べた2つのオントロジーの紹介および、そのオントロジーを利用してのビジネスモデル構築の手法を示し、また、その事例として、特許文書の一部からビジネスプロセスを抜き出した例を提示した。

今後の課題としては、特許文書のような具体的なビジネスの仕様を入力とした場合に、アプリケーションの半自動生成をどこまで支援できるのかを実験して評価することである。

参考文献

- [1] See <http://ccs.mit.edu/ph/>
- [2] C.Fellbaum ed: Wordnet, The MIT Press, 1998.
- [3] See <http://www.commonkads.uva.nl>
- [4] 和泉, 丸山, 鈴木, 山口: エキスパートシステム開発のための再利用可能メソッドライブラリの実装と実装、人工知能学会学会誌, 14, 6, 1061-1071, 1999.
- [5] See <http://java.stanford.edu>
- [6] See <http://www.priceline.com>

< 発 表 資 料 >

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
ソフトウェアエージェント開発支援のためのオントロジーの構築と利用	人工知能学会第14回全国大会、26-04	2000年7月
Developing Software Agents Based on Product Ontology and Process Ontology	Proc. of European Conference on Artificial Intelligence 2000, Workshop on Applications of Ontologies and Problem Solving Methods, 6-1---6-6.	2000年8月
オントロジーに基づくソフトウェアエージェントのパターン指向開発	電子情報通信学会、ソフトウェアエージェントとその応用特集ワークショップ、pp.191-198	2000年11月
Pattern-based Development of Software Agents Based on Ontologies and PSM Library	Proc. of The 2000 Pacific Rim Knowledge Acquisition Workshop, pp161-176	2000年12月
パターンとオントロジーに基づくビジネスアプリケーション開発支援	人工知能学会第51回知識ベースシステム研究会、pp.111-118	2001年1月
タスクテンプレートを用いた教師業務支援エージェントの開発	電子情報通信学会、人工知能と知識処理・知能ソフトウェア工学共催研究会	2001年3月