

オブジェクトモデル導出に関する一考察

妻木俊彦、森澤好臣、岩田裕道、外山晴夫

日本ユニシス株式会社

オブジェクトモデルの作成工程を認知活動とモデル変換作業に分類し、認知工程モデルを提案する。この認知工程モデルは、以下の5つのフェーズからなる。それらは、直感的意味推論、直感的形式推論、論理的形式推論、論理的意味推論、及び体系化である。これらの各推論処理のための操作として自然言語理解、メンタルモデル推論、形式論理および格文法を使用し、最後に、これらの推論結果をネットワークで表現した。この認知モデルをオブジェクトモデルに変換し、実際の人によって作成されたオブジェクトモデルと比較し、この認知工程モデルの妥当性を考察した。

A Consideration About Object Model Derivation

Toshihiko Tsumaki, Yoshitomi Morisawa, Hiromichi Iwata, Haruo Toyama

Nihon Unisys, Ltd

We classify drawing up processes of object model into recognition activities and model transformation operations, and propose the recognition process model. This recognition process model consists of following 5 phases. Those are the intuitional meaning reasoning, the intuitional syntax reasoning, the logical syntax reasoning, the logical meaning reasoning and systematization. We used natural language understanding, mental-model reasoning, formal logic and case grammar as operation for these each reasoning, and, finally, expressed these reasoning results in a network. We transformed this recognition model into object model, and compared it with object model made by a real person, and considered feasibility of this recognition process model.

1. はじめに

物理的な対象物を認識する能力は、人間がきわめて初期の年代から身につけているスキルである¹⁾。すなわち、人間は、我々の世界が供給する多数のオブジェクトを認識するという、天賦の能力を持っているように見える。それ故、人間が持っている認識能力を用いて、人間が現実を理解し処理する仕方をモデル化するオブジェクト指向モデル化技術は、実世界の実体や概念に最も対応がよいとされ、今の所、数ある方法論の中で最も人の認知に適合していると言われて²⁾いる。にもかかわらず、多くの人は、クラスの識別がオブジェクト指向分析・設計作業での最も困難なところであると感³⁾じている。

いくつかの著名な方法論においても、オブジェクトを発見する方法としては、例えば、構造や装置などに着目したり⁴⁾、既存のクラスやオブジェクトに似た抽象があるかどうか見つける⁵⁾のがよいとされている程度である。それでもダメなら、心に浮かぶ全てのクラスを書き下したり⁶⁾、ただそこに転がっていて拾い上げてもらうのを待っているオブジェクトを勝手に拾い上げなさい⁷⁾ということになってしまう。何れにしろ、人間の認識能力とか、抽象化能力に依存せざるを得ないというのが現状であり、実世界のモデル化に対する方法としてオブジェクト指向技術が大いに期待されているにも関わらず、我々は今の所、膨大な知識の中から効率よく必要な知識だけを抽出する良い方法を持たない。

本稿は、オブジェクトモデルの導出を目的とした研究⁸⁾の1つであり、属人的な能力に依存している認知モデルの作成と認知モデルからオブジェクトモデルへの変換という過程をモデル化しようとするものである。最後に、このモデルによって作成されたオブジェクトモデルと実際に人間が作成したオブジェクトモデルの実例を比較する。なお、ここで使用している手順のいくつかはコンピュータ上で処理可能⁹⁾であるが、本研究の目的は認知過程のモデル化にあり、コンピュータ・システム化はその後の課題であると考えている。

2. 認識過程のモデル化

視覚や聴覚などの感覚器によって外界から入手した刺激は、我々の頭脳の中で意味を持った、情報というものに作りあげられていく。この様々な情報同士が互いに関連を持つことによって、更に新しい情報がつくられていく。そして、ついにそれぞれの頭の中にその人自身の独自の仮想世界、即ち、実世界のモデルが描かれていく。この、人の頭脳の中で意味を

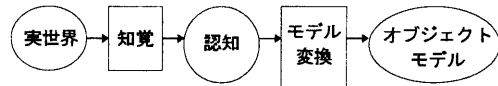


図-1 オブジェクトモデル構築の過程

持っているシンボリックな情報そのものが概念である。このように、我々は、「オブジェクトモデル」を描く前に、自身の実世界モデルを脳の中に描いている。これを、「認知モデル」と呼ぶことにする。(図-1)

「知覚」は生体感覚器系と脳の受容野によるフィルター機構を表す。「実世界」の情報は知覚フィルターによって選択的かつ統制的に入手され、脳の連合野でマルチ・モダルな知覚情報となる。具体的な事物を表す言葉の背後にはまとまったゲシュタルト知覚があるため、人の認識系の中では、この知覚情報は、言語によってシンボリック化されていると考えられている¹⁰⁾。

知覚された情報から概念を生成する操作を「推論」と呼ぶことにする。すなわち、情報は様々な推論によって認知モデルを形成し、長期記憶に記憶される。認知モデルとは、状況について人が持つモデルである。連合野は、推論のためのワーキング・エリアである。ここで、情報を経験的に解釈するためのメカニズムと論理的な推論のメカニズムを分けて考える¹¹⁾。

オブジェクト指向システム開発では、現実世界に対するわれわれの認識結果である認知モデルをオブジェクト指向技術に基づいた表記法で表現することになる。オブジェクトモデルは、工学的基盤によって規定された人工的なモデルである。オブジェクトモデルは、クラスとクラス間の関係によって実世界を表現する。クラスの属性と操作はクラスの内部構造である。オブジェクトモデルを作成するための、認知モデルに対する操作を「モデル変換」と呼ぶことにする。

3. 人の推論とそのメカニズム

このように、人は2種類の推論を行っていると考えられている。それらは、「明示的な推論」と「暗黙の推論」と呼ばれている¹⁰⁾。(図-2)

明示的な推論とは、推論しようと意識的に決心しなければならない推論であり、論理的な思考をベースとしている。それに対し、直感的な判断の基本になっているもので無意識のうちに行われる推論が暗黙の推論である。曖昧な文章から

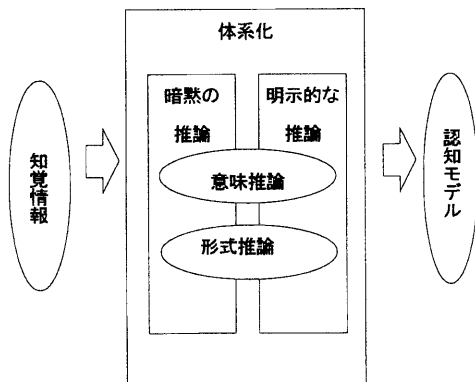


図-2 人の認知活動

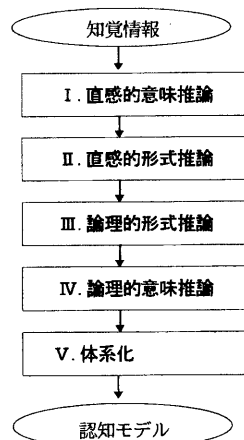


図-3 認知工程モデル

言語的文脈や一般知識によって適切な意味を得たり、代名詞の指示対象を決定するというようなことは暗黙の推論によって行われる。しかしながら、明示的な推論と暗黙の推論の境界線を明確にすることは困難である。なぜなら、繰り返しの訓練や経験によって外界からの刺激に対する人の反応時間が短くなったり¹¹⁾、反応時間や反応の仕方に個人差のあること¹²⁾が知られている。認識速度は次第に高速になり、ついには、反射と呼ばれる推論過程のない反応にまで到達する。それならば、どのような推論でも経験さえ重ねれば暗黙の推論となりうるかと言えば、そうでもないらしい。多量の情報量を必要とする形式推論のような推論は、暗黙の推論にはなりにくい。それに比べ、言語による文脈の理解といった意味推論は、暗黙の推論に向いている。一般の談話においても、単語や文法のような表現形式がほとんど記憶されることはなくとも、その文脈の意味は十分に理解され、記憶される。

一般に、形式推論とは命題論理や述語論理などの演繹推論を示すことが多い。しかし、実際の人間は、その推論を演繹のみに限定してはいない。人の創造性に深く関与していると思われる、いわゆる論理の飛躍（‘XがYなら、Zは何か’という問題）を可能とするためには類推や発見的推論が必要である。類推は、提示された問題と過去の経験に基づく知識との意味のある局面を共有することに基づく論理である¹³⁾。また、非論理的な命題間の論理的関係を埋める手段として、発見的論理としての仮説論理が行われていると考えられる。適用される仮説は、一種の公理として記憶の中から選択される。知識や公理は、人の記憶の中で、1つの世界観を形成

している。世界観は、それを所有している人にとっては、統一的な整合性を持った構造体であり、矛盾を含まない安定的な体系である。それ故、新しく入手した情報に対し、人は、常に、自分自身の統一的世界観に照らしてその意味を理解しようとする。あらゆる推論は、新たに入手した情報から構成した概念を自分自身の世界観に適応させるための情報の補正という側面を持っている。その意味で、世界観とは実世界に対するメタモデルであり、かつ、人の認知プロセスの特徴であるフィードバックシステムの基盤を構成している概念体系である。世界観と推論の関係については、提示された問題世界の中に記憶世界から公理を移行させようとするメンタルモデル¹⁴⁾や、逆に問題世界を記憶世界へマッピングしようとするメンタル・スペース¹⁴⁾などの研究がある。

4. 認知モデルと解析生成手順

人間の認知活動は、様々な推論が相互に補完し合いながら、1つの統一的な認知モデルを生成してゆく。すなわち、それは高度に発達したフィードバックシステムである。しかしながら、それらの相互作用のメカニズムについては、未だによくわかってはいない。本稿では、下記に示す単純な推移モデル(図-3)を提案し、そのモデルに基づいたシミュレーションを試みる。各工程の意味と作業概要を(表1)に示す。

4.1 知覚情報

知覚情報は、象徴的な言語情報として記憶されている。したがって、この認知工程への入力である知覚情報として問題領域に対する記述文を与えることにする。しかし、人は現実

	直感的推論	論理的推論	体系化
意味推論	表層意味理解 (分解と補正)	深層意味理解 (格文法)	概念統合 (ネットワーク)
形式推論	表層構造理解 (メンタル モデル)	概念補正 (形式論理)	

表一 1 認知工程の意味と作業

世界に対し完全な情報を入手する事はできない。すなわち、人の知覚フィルターを通過してきた情報は不完全であり、かつ個々の言葉は象徴的である。

4.2 暗黙の推論

ここでは、暗黙の推論を、“不完全な知覚情報を言語的文脈や一般知識によって補って意味的な完全性を表現する操作”と規定する。

1) 直感的意味推論－表層意味理解

直感的意味推論では、問題文が直接表現していることを理解する。

問題文中の複文や長文は、単文に分解する。また、受動態表現を能動態表現に変換する。単文の命題への変換は、しばしば言語の象徴性を喪失させることになるので、単文の命題への変換は行わない。

個々の用語に関しては、その用語が示している意味の同異を決定する。指示代名詞をその指示対象で置き換えたり、同一の概念に対し統一的用語を適用する。但し、類義語は、その背景に何らかの意味的な違いを包含している可能性があるため、その用語統一は行わない。

2) 直感的形式推論－表層構造理解

分解された単文の集合をもとに、直感的レベルでの文の構造モデルを作成する。モデルの記述には、J-Lairdのメンタルモデル¹³⁾の表記法を用いる。この表記法は、人の認識形式に極めて近い形式をしており、人の行う形式推論の基本的な形式を提供する。

4.3 明示的な推論

明示的な推論を、“複数の知覚情報の関連から、新たな知覚情報を生成する操作”と規定する。すなわち、元の知覚情報では表現されていない状況を、複数の情報から明示的な推論によって推定する。推論結果の妥当性は、常識などの既知

の公理的な知識に照らして、その都度判定される。

1) 論理的形式推論－概念補正

暗黙の推論の結果に対し、論理的形式推論によって、問題文には表現されていない情報を追加し、概念構造を補正する。論理的形式推論には、形式論理を用いることができる。形式論理には文の真偽を判断する命題論理と単語の真偽を判断する述語論理があり、それぞれに演繹、帰納、類推など推論が提要できる。

2) 論理の意味推論－深層意味理解

論理的形式推論の結果、認知モデルが作成される。しかし、この認知モデルは、表層レベルの意味しか表現していない。深層レベルの意味モデルを作成するためにこの認知モデルを格文法によって解析し、欠落している格の補完を行う。使用する格文法はFillmore(1971)¹⁴⁾による。

4.4 体系化－概念統合

格文法によって表現された認知モデルは個々の文に対し、深層レベルまでの意味を表現しているものの、それらの文同士の間で文脈までは表現していない。文脈は、概念の統合であり、時空間の様相を表現する。文脈を表現するために、ネットワークによって格の統合を図る。

体系化されたネットワークが認知モデルである。この認知モデルは長期記憶の中にある世界観とのマッチングが行われ、不整合が発見された場合はその不整合を解消するためにフィードバック機構が働く。どの工程へフィードバックするかは、不整合の度合いと特徴によって決定される。

5. オブジェクトモデルへの変換

ネットワークで表現された認知モデルをオブジェクトモデルに変換する。オブジェクトモデルは、クラスとクラス間の関係によって構成される。クラス間の関係は、is-a関係、関連、part-of関係に分類される。作成されたオブジェクトモデルは、クラス図によって表現する。

以下は、認知モデルからオブジェクトモデルへのモデル変換に関する操作である。

1) 視点の変更

ネットワークとオブジェクトモデルとの違いの1つに視点がある。認知モデルは、その視点を絶対化する。他方、オブジェクトモデルはコンピュータ・プログラムによって情報処理システム化することを目的に作成されるものであり、具体的な主体が暗黙のうちに想定されている。

A社は、コンピュータ関連商品を販売している。用紙類の商品は自社工場で生産しているが、机や椅子のような商品は外部メーカーに製造を依頼している。コンピュータ販売会社であるB社は、A社の主要顧客である。B社からの注文品は、指定されたB社の顧客に納入しなければならない。B社以外の顧客からの注文品は、その顧客に直接納入される。

図-4 問題文

2) インスタンスのクラス化

ネットワークの節点にインスタンスが指定されている場合は、クラスに変換する。インスタンスが持っていた関連は、新たなクラスの関連に持ち上げる。

3) 属性と操作の同定

is-a 関係の下位クラスは、上位クラスの概念の意味の外延を表しているものと意味の内包を表しているものがある。意味の内包を表しているものは、下位クラスから属性へ変更する。これに伴い、元のリンクを操作に変換する。

4) 関係の見直し

関連のうち、構成関係にある関連を‘part-of’関係とする。また、クラス同士を見直し、必要なクラス間の関係を新たに設定する。

6 事例

本モデルによる具体的な例題によるシミュレーション結果を以下に示す。

1) 知覚情報-問題文 (図-4)

①問題文を与える。

2) 直感的意味推論-表層意味理解 (図-5)

①与えられた問題文を単文に分解する。

②指示代名詞の変換や受動態の能動態への変換を施す。

一般的に、「A社は、コンピュータ関連商品を販売する」と「A社は、コンピュータ関連商品販売会社である」は同義と考えられている。オブジェクトモデルでは、後者はis-a関係が適用される。is-a関係を概念の上位/下位を連結するものであると定義しても、結局、この2つの文の意味上の相違を判断することはできない。is-a関係を概念の外延を表現するものと定義することによって、これらの2つの文の意味は違いが明確になる。本稿では、この2つの文は異なった意味を持つものであるとする。

- ・ A社は、コンピュータ関連商品を販売する。
- ・ 用紙類の商品は、自社工場で生産する。
- ・ 机や椅子のような商品は外部メーカーに製造を依頼する。
- ・ B社は、コンピュータ販売会社である。
- ・ B社は、A社の顧客である。
- ・ B社からの注文品は、指定されたB社の顧客に納入する。
- ・ B社以外のA社の顧客からの注文品は、注文したA社の顧客に納入する。

- ・ B社は、B社の顧客を指定する。
- ・ A社の顧客は、A社に注文する。

図-5 問題文の単文への分解

3) 直感的形式推論-表層構造理解 (図-6)

①分解された単文をJ-Lairdのメンタルモデルによって表現する。

4) 論理的形式推論処理-概念補正

形式論理による推論により情報の補完と概念の補正を行う。推論結果に対してはその妥当性を評価する。但し、この例題では、形式推論によって補完すべき新たな情報は得られない。

5) 論理の意味推論-深層意味理解

①格文法により解析する。

②必須格の補完を行う。

6) 体系化-概念統合 (図-7)

①格をノードへ変換する。

②動詞をリンクへ変換する。

③共通なノードによるネットワーク構成する。

リンクをを楕円形、ノードを四角形で示してある。

A : 動作主格 / E : 経験者格 / I : 道具格 / O : 対象格 /

S : 源泉格 / G : 目標格 / L : 場所格 / T : 時間格

7) オブジェクトモデルへの変換 (図-8)

格文法の統合によって得られたネットワークをオブジェクトモデルに変換する。表記法はOMT法⁴⁾に準拠した。

①ノードとリンクの変換

- ・ ネットワークのノード (格文法の格) をクラスへ変換
- ・ ネットワークのis-aリンクをクラス間のis-a 関係へ変換
- ・ ネットワークのリンクをクラス間の関連へ変換
- ・ ネットワークのリンク名 (格文法の動詞) を関連名へ変換

②視点の変換

- ・ ネットワーク上の“A社”を削除する。

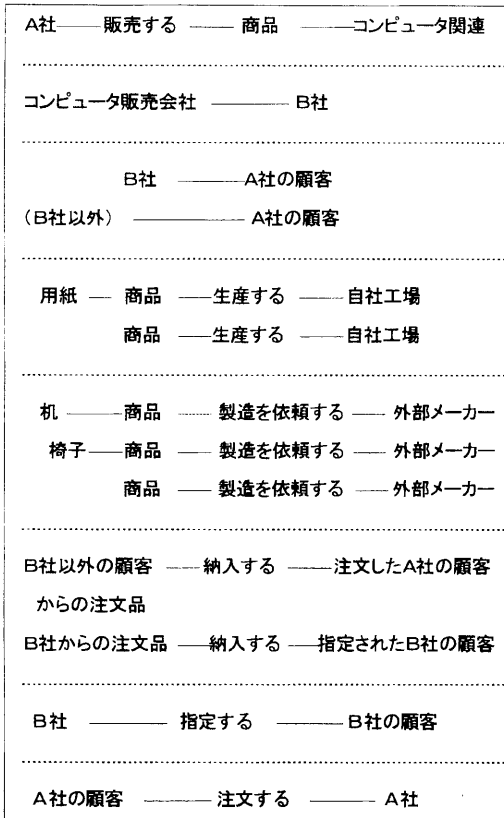


図-6 メンタルモデルによる表現

③オブジェクト指向規則の適用

- ・インスタンスは抽象化することによってクラスにする。
- ・共通化可能な性質を持っているクラス同士によりスーパークラスを設定する。
- ・「全体一部分」の関係にあるクラス間に「part-of関係」を設定する。
- ・多重度を設定する。

④オブジェクトモデルの洗練

- ・不要なクラスや関連を削除する。
- ・関連を見直す。

7 オブジェクトモデルの考察

同一の問題を社内教育で行ったときの実例の1つ(図-9)を提示し、本稿のオブジェクトモデルとの比較する。

- ・インスタンス(B社)とクラスを区別していない。これは、オブジェクト変換過程での単純な誤りである。
- ・実例モデルでは納入品クラスが表されていないが、これは

納入品クラスを手続きの中に吸収しようとしたためである。すなわち、受注処理時にすべての顧客から納品場所が指定されるようにすれば、納入時には納品場所が無条件に決定される。ただし、このモデルではB社とB社の顧客の関係がis-a関係でないので、品物はB社の顧客には届かないが、このような情報処理知識に基づいた処理は、おそらく認知モデルをオブジェクトモデルへ変更する過程で行われたと考えられる。このような処理の背景には、モデルをなるべく単純にしようとする暗黙の意図が働いていると考えられる。これは、概念化や抽象化といった人の思考機能全体に作用している力であり、本稿の認知プロセスのモデルの中では取り扱えなかった問題である。今後の検討課題としたい。

・実例モデルでは、自社工場と外部メーカーのスーパークラスとして工場クラスが新たに導入されている。本稿のモデルの「生産する」と「製造を依頼する」の2つの関連を同義と見なした場合には同じモデルとなる。これは、直感的意味推論のフェーズで類似語処理を行うか、論理の意味推論において動詞の概念化処理¹⁹⁾を行うことによって可能である。しかし、問題文の作成者がこの表現の違いによって、たとえば、購入費の支払いの有無を示唆しようとしているのであれば、安易に意味の共通化を行うべきでないということになる。用語の意味が明確に定義されていない場合には、表現の相違の裏側に意味の相違が隠されていると考えるのが適当である。

8 まとめ

オブジェクトモデルが構造化モデルに比べ人の思考により素直であるといわれながら実際には、オブジェクトモデルを作成する作業は容易ではない。しかし、システム的设计者は、オブジェクトモデルを作成する前に、実世界に対し常に独自の認知モデルを持っているはずであり、その認知モデルの作成が可能なら、そこからオブジェクトモデルへ変換することは工学的な操作によって可能であることが判明した。

一方、本稿で設定した認知プロセスのモデルは、次のようなくつかの欠陥を持っている。

- ・概念化などを支える人の思考の基本的な作用
- ・既存の知識と認知プロセスの関係
- ・各プロセス間のフィードバック・メカニズム
- ・認知プロセスに於ける個人差の現れる原因

今後、より多くの具体的な事例との比較の中でモデルを洗練してゆくことによって、役に立つレベルにまで持ち上げる

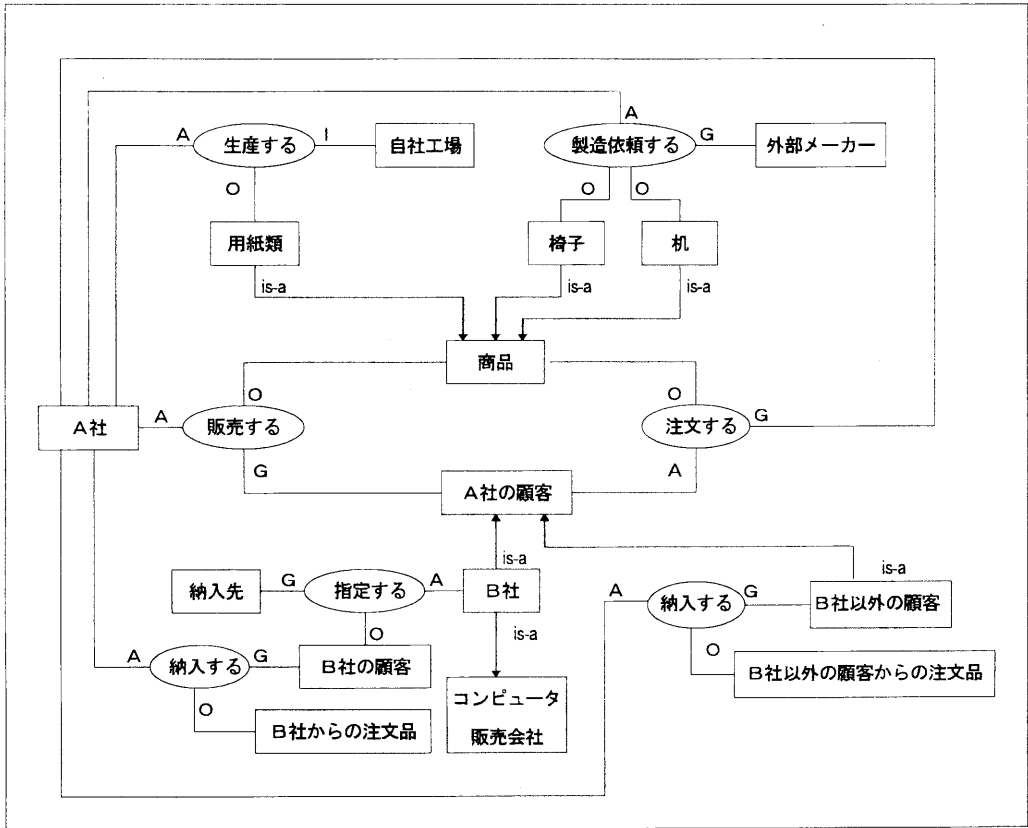


図-7 格文法によるネットワーク

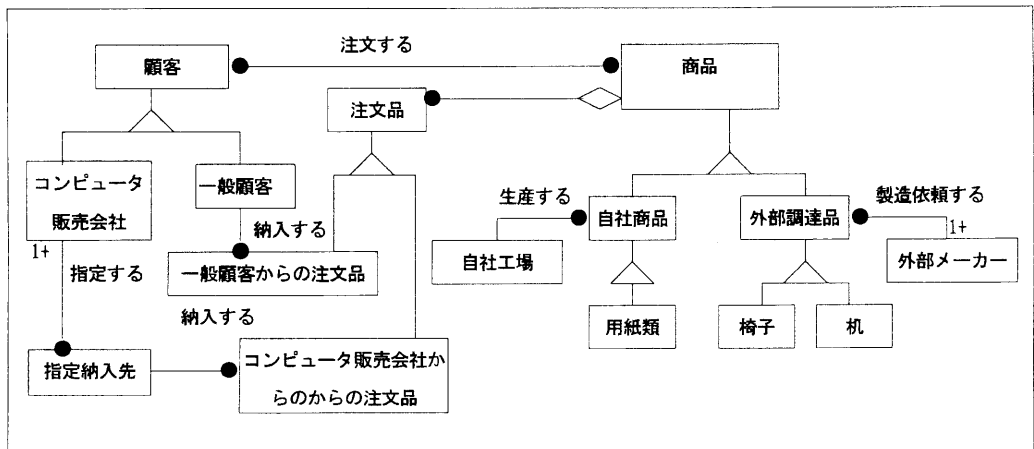


図-8 オブジェクトモデル

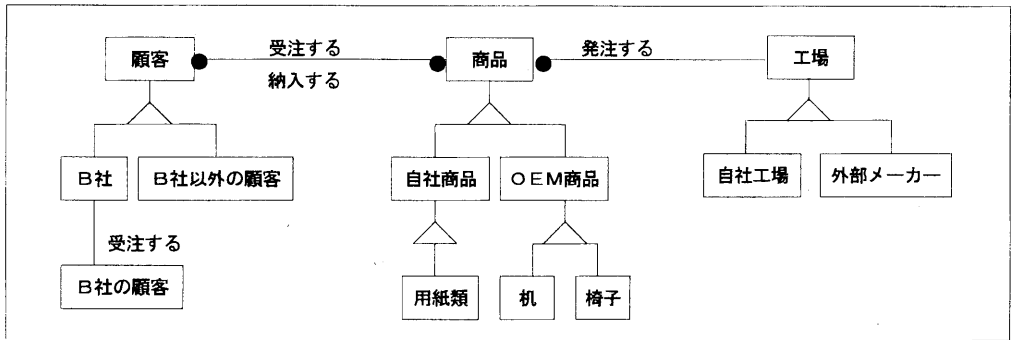


図-9 オブジェクト指向教育で作成された実例モデル

ことが可能であろうと考えている。コンピュータ上への実装は、次のステップと考えている。

参考文献；

- 1)Booch, T. : *Object-Oriented Analysis and Design with Application*, 2nd edition, The Benjamin / Cummings Publishing, 1994.
- 2)Martin, J. and Odell, J. : *Object-Oriented Analysis & Design*, Prentice Hall, 1992.
- 3)Coad, P. and Yourdon, E. : *Object-Oriented Analysis*, 2nd edition, Prentice Hall, 1991.
- 4)Rumbaugh, j., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., and Lorenson, W. : *Object-oriented modeling and design*, Prentice Hall, 1991.
- 5)Meyer, B. : *Object-Oriented Software Construction*, Prentice Hall, 1988.
- 6)大西淳, 中井英輝, 出口智弘 : オブジェクト指向分析におけるモデルの導出と検証支援, オブジェクト指向最前線-情報処理学会O'96シンポジウム, 朝倉書店, 1996.
- 7)妻木俊彦 : オブジェクト指向モデリングに関する一考察, 日本ユニシス-テクニカルシンポジウム, 1994.
- 8)長尾真編 : *自然言語処理*, 岩波講座ソフトウェア科学, 岩波書店, 1996.
- 9)酒田英夫, 安西祐一郎, 甘利俊一 : *脳科学の現在*, 中公新書, 1997.
- 10)Johnson-Laird, P. : *Mental Models*, Cambridge University Press, 1983.
- 11)Rasmussen, J. : *Skills, Rules and Knowledge; Signals and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybanetics, SMC-13, 257, 1983
- 12)高野研一, 佐相邦英, 吉村誠一, 岩井誠司, 関本保夫 : *原子力発電所における運転チームの行動シミュレーションオペレータ行動モデル (個人) の開発*, 電力中央研究所研究調査資料 NO. S93903, 1994
- 13)Carbonell, J. : *誘導類推 : 再生型問題解決と専門知識に関する理論*, 知識獲得と学習誌シリーズ「類推学習」, 共立出版, 1988.
- 14)Fauconnier, G. : *Domain and Cnnections*, 認知科学の発展, Vol. 3, pp. 1-28, 1990.
- 15)Filmore, C. : *Towerd a Modern Theory of Case & other ARTICLES*, Prentice Hall etc, 1975.
- 16)情報処理振興事業協会編 : *計算機用日本語基本動詞辞書 I P A L -解説編-*, 情報処理振興事業協会技術センター, 61技-073, 1987