



技術解説

オントロジー工学とその活用例

溝口 理一郎*

Ontological Engineering and Its Successful Applications

Key Words : Ontology, Ontological engineering, Plant ontology, Ontology server

1. はじめに

コンピュータによる知識処理の進歩にはめざましいものがある。一昔前のエキスパートシステムにおけるルールベースから、知識工学、知識モデリング、そしてオントロジー工学への進化を続けている。本稿では、知識処理研究の歴史を簡単に振り返りつつ、オントロジー工学に関する最新的话题を紹介する。

2. 知識工学からオントロジー工学へ

実世界の知識を扱うエキスパートシステムの構築技術は各分野に浸透し、実際現在も継続的にエキスパートシステムは構築されている。しかし、そこで開発された知識ベースは対象とする問題解決に直結した形で記述されるため、知識の体系化とはかけ離れた知識ベースが構築されるのが常であった。更にそれ以外の問題として、学問上の転機として知識ベース構築技術自体の根本的な発展が望まれている。それは以下の理由による。

- (1) 基本的な前提などが暗黙であり知識の再利用や共有を阻害していること
- (2) 基盤となる共通知識ベースが存在しないこと
- (3) 既存の知識ベースに知識を「積み上げる」技術がないこと

これらに加えて更に社会環境の変化が大きく影響している。すなわち、エキスパートシステムが盛ん

であった頃と比較して、知識ベースに対する要求が大きく異なっているのである。エキスパートシステムではある特定の問題解決を行っている専門家が持つ、属人性の強い、主観的な経験知識をルールベース化することに主眼が置かれていた。しかし、最近の社会の動向、すなわち、電子商取引(EC)、電子データ交換(EDI)、インターネット上の膨大な知識の検索と処理、知識マネジメントに代表される企業に蓄えられている知識や技術文書の管理・活用、STEP(製造物データモデルの標準化活動)におけるモデル設計、XMLタグセットの系統的設計と意味定義などが要求する知識ベースは全く異なっている。むしろ反対の性格、すなわち、客観的で共通性が高く、多くの人が共有できる知識ベースが求められているのである。

この動きは、別の見方をすれば情報処理、あるいはAI(Artificial Intelligence)研究における次の3つのパラダイムシフトに現れていると言える。

- (1) 処理中心から情報中心へ
- (2) コンピュータ中心から人間中心へ
- (3) 形式中心から内容中心へ

これまでのAIシステムの研究はコンピュータが独力で問題解決を行う事、すなわち人間の仕事を「代行」する事を目指して来たと言える。しかし、現実には人々が求めているのは代行して貰うこと(だけ)ではなく、各人の処理の力を増幅する、あるいは助けてくれるパートナーである。具体的にはコンピュータと情報を共有して、適切なタイミングで必要な知識を提供してくれる機能などはその典型例である。この様な機能を実現するには人間主導の処理とそれに相応しい問題解決システムのアーキテクチャが要求される。コンピュータの利用法を人間が学ぶのではなく、人間を中心として処理が進められねばならないからである。

更に、これらの機能の実現には形式指向の研究、

* Riichiro MIZOGUCHI
1948年10月13日生
1977年大阪大学大学院基礎工学研究
科博士課程情報工学専攻修了
現在、大阪大学・産業科学研究所・
知能システム科学研究部門・知識シ
ステム研究分野、教授、工学博士、
人工知能
TEL 06-6879-2125
FAX 06-6879-2126
E-Mail miz@ei.sanken.osaka-u.
ac.jp



いわゆる述語論理に代表される明確に定義された概念だけに基づいた形式理論が成立する範囲の話題を扱う研究だけではなく、現実の問題が抱えるどろどろした知識の「内容」を扱う技術と理論、「内容指向」の研究が一層必要となる。

近年、知識モデリングやタスクオントロジー研究の動きと新しい知識ベースへの要請が相俟って、現実世界の知識を扱う知識工学は転機を迎えつつある。新しい動きの本質は以下に集約される。

- 知識工学の研究が進んだ結果、今後の更なる発展に必要不可欠な要素技術として、共有可能な知識ベースの構築とその上に個別知識を積み上げていく事を可能にする技術が見えてきたこと。
- 社会が要請する知識ベース像が、個別性の高い知識を用いたエキスパートシステム単独に行う問題解決型から、広範囲に渡る標準化された知識を多くの人の利用に供する知識ベースへと大きく変貌したこと。

これらはまさしくオントロジーとその利用技術が本領を発揮する状況であると言える。より普遍性の高い知識、すなわち通常の知識ベースの背景に潜む対象世界自体の概念構造をモデル化するオントロジーは、この新しい知識ベースと知識処理技術への要求に応える可能性を持っている。かくして、知識工学はオントロジー工学へと進化しつつある。

本稿では、この様な新しい知識処理を根底から支えそれを可能にする理論と技術であるオントロジー工学^{[1]・[4]・[6]・[11]}とその具体例として筆者らが旧通産省の国家プロジェクト：ヒューマンメディアプロジェクトにおいて行ってきた研究成果^[5]を紹介する。

3. オントロジーとは

オントロジーとは本来哲学用語で、「存在論」と言う意味であるが、コンピュータ科学では『情報処理が対象とする世界のモデル構築者がその世界をどのように「眺めたか」、言い換えるとその世界には「何が存在している」と見なしてモデルを構築したかを(共有を指向して)明示的にしたものであり、その結果得られた基本概念や概念間の関係を土台にしてモデルを記述する事ができる』と言うように理解されている。

一言で言えば、オントロジーは基盤となる概念の階層(体系)である。

4. オントロジーの役割

オントロジーの知識処理に対する効用は以下のようによまとめることができる。

(1) 暗黙情報を明示化

通常無意識の内に仮定したり、前提としている概念を明示化する。そのようなものの代表が対象世界の「概念化」である。知識ベースはもちろん、一般にソフトウェアは何らかの概念化に基づいているが、その概念化に関する情報は多くの場合暗黙的である。オントロジーはまさにこのような暗黙知識を記述したものであり、それらを明示化する役割を持っている。

(2) 共有と再利用

オントロジーは知識を構成する基本概念に立ち戻って、知識の元になる対象世界を客観的な存在として考察することによってそのような知識を構成する基本概念を同定する。そして知識の抽象度に応じた階層性、知識の分解可能性、そしてコンテキスト(特にタスク)依存概念の同定と除去などを注意深く考察することによって、物事や対象の成り立ちを基本から検討し、共有・再利用可能な知識を見出す糸口を与える。

共有には人と人、人とコンピュータ、そしてコンピュータとコンピュータの3種類の共有があるが、オントロジーはいずれの場合における共有にも貢献する。

(3) 知識の体系化(コンピュータ上での)

人間はこれまで文字と本を使った知識の体系化を行ってきた。しかし、それは人間のための体系化でありコンピュータには理解できない。コンピュータ上で知識の体系化ができるとすればその有用性は極めて高い事は言うまでもないであろう。知識の体系化にとって最も重要なことは、関係する対象世界を支配する概念を明確化することと知識を記述するための共通語彙を定めることであるが、オントロジーはその両方を与える。そして言うまでもなくそれはコンピュータが処理可能である。

(4) 標準(共通)語彙の提供

オントロジーは少なくともあるコミュニティーで共有されることを目指して開発されるが、そのことが示唆するように、オントロジーに含まれる語彙と概念はそのコミュニティーに共通な用語と意味として機能する。

(5) メタモデル的機能

「人工システムを構築する際のビルディングブロックとして用いられる基本概念 / 語彙の体系(理論)」と言うオントロジーの定義とオントロジーをクラス定義と見なして、そのインスタンスを生成しながらモデルを構築するオントロジー利用プロセスを考えれば、オントロジーはモデル構築に必要な基本概念とガイドラインを提供する機能があることが分かるであろう。

(6) 総合的効用

このようなオントロジーが持つ効用を眺めてみると、オントロジーが如何に有用であるかが見て取れる。実際、通常暗黙となっている基本的な世界観(概念化)が明示化され、それが人々に共有されると同時に人々が持つ知識の根元となる概念が明示化され、それらを標準化して(少なくとも企業内で共通化して)必要であればそれらを用いて知識を再記述して体系化を行うと同時に必要なモデル構築を行う。もちろん、そのようにして開発されたモデルは透明性が高く、人々に共有され規範的なモデルとなる。

多少楽観的すぎる表現ではあるが、オントロジーは上述のことを実現する可能性を持っている事は確かである。このことを考慮すればオントロジーは知識マネジメントやXML文書タグ設計の基礎、及び

それらの有効利用に大きく貢献することも理解されよう。

5. プラントオントロジー^[5]

これまでオントロジーの一般論を述べてきたが、本節では実際にオントロジーを構築して利用している例として、筆者が技術リーダを務めた、旧通産省管轄のヒューマンメディアプロジェクトの「次世代プラントヒューマンインタフェース」の中の「プラントオントロジーサーバ」に関する研究を紹介する。

5.1 研究の概要

本プロジェクト全体の目的は知識メディア、仮想メディア、感性メディアを融合したヒューマンメディア技術を駆使した次世代のプラント運転用インタフェース構築に必要な基盤技術の開発にある。インタフェースシステムは開発容易性を考慮して図1に示すマルチエージェント方式を採用している。その中にあって、筆者はプロジェクト全体を統括すると共に、プラントオントロジーとオントロジーサーバと呼ばれるシステムの開発を担当した。

分散協調方式を活用するためにはオープンなアーキテクチャと標準化されたプロトコルの開発が不可欠であるだけでなく、各サブシステムの代理であるタスクエージェントが協調的に機能を発揮できる

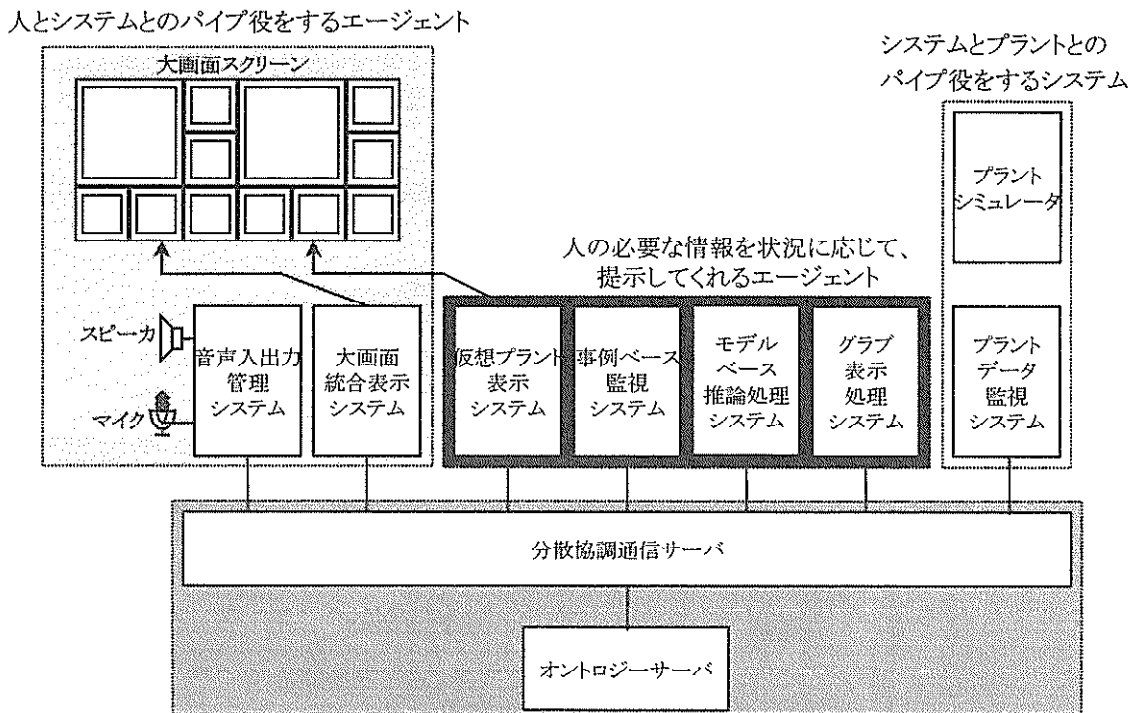


図1 インタフェースシステムの構造

対象物属性の変化などに注目することによりカテゴリ分けでき、部品は、「分離部品」「制御部品」「駆動系部品」「熱交換部品」等、その部品の振る舞いや機能に注目して分類し、例えば「制御部品」の下位概念である「コントローラ」は「制御部品」の意味定義をすべて継承し、さらに詳細な定義を加えたものである。部品の定義としては、その部品が持つ属性や、部品に対象れる。プラントモデルはこのような部品オントロジーを枠組みとして記述され、プラント運転状況説明文生成時に利用される。

5.3 説明文生成システム

プラント運転状況説明生成システムはプラントの運転状態を監視しているエージェントから依頼を受け、石油プラントオントロジーに記述されている知識と、部品オントロジーを枠組みとして記述されたプラントモデルに基づいて、運転状況に適した物の呼び名を使用した運転員が理解しやすい説明文を生成する。

5.3.1 コンテキストに適した説明文生成

運転員はある同じ物でも運転状況によって異なる呼び名で認識している。したがって、運転員にとって理解しやすい説明文を生成するためには物の呼び名をコンテキストに適した語彙で表現する必要がある。

例えば、流量コントローラと液レベルコントローラによってカスケード制御されているコントロールバルブは、コンテキストによって流量コントロールバルブと呼ばれたり、液レベルコントロールバルブと呼ばれたりする(図3)。この時、バルブの呼び名を決定する鍵となるコンテキストは、説明文生成時

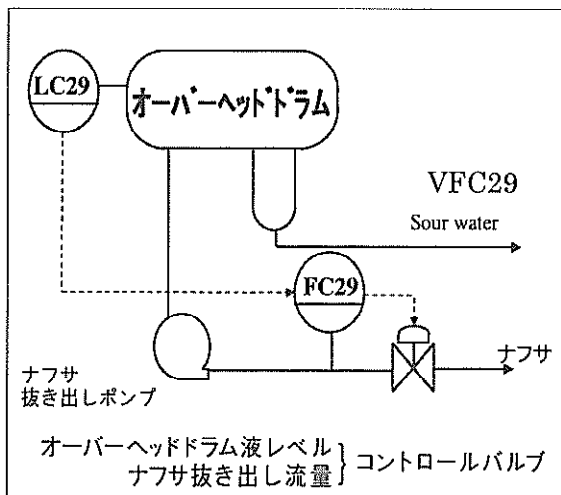


図3 バルブの名前が変わる例

にどちらのコントローラに注目しているかである。このように、物の呼び名は説明文生成時に注目している部品によって変わる。

5.3.2 説明文の生成

システムはプラントの運転状態を監視しているインタフェースエージェントから説明文の内容Typeと状態または操作に関する入力情報を受け取り、テンプレートを選択し、コンテキストに適した物の呼び名を生成し、生成した呼び名をテンプレートに当てはめて文章を生成する。

例えば(警告(VFC29, MV))という入力情報を受け取ると、内容Typeと状態から「警告：[異常状態]しています。」というテンプレートを選択し、状態から部品VFC29の呼び名は「ナフサ抜き出し量コントロールバルブ」となり、「警告：ナフサ抜き出し量コントロールバルブ開度が上昇しています。」という文章が生成される。

次に、(警告(LC29, PV)) (「警告：オーバーヘッドドラム液レベルが上昇しています。」)という情報の後に、(候補(VFC29)スティック)という情報をシステムが受け取ると、現在コントローラLC29の指示値が異常であるというコンテキストから、「原因候補：オーバーヘッドドラム液レベルコントロールバルブのスティック」という文章が生成される。VFC29を操作しているコントローラがFC29とLC29であるということは、プラントモデルに記述されている。

このように、システムは物の呼び名をコンテキストに適した語彙で表現することにより運転員が理解しやすい説明文を生成することが出来る。システムは、テンプレートと物の呼び名の候補や、物の呼び名生成時に適用したルール、説明文生成時に注目している部品を表示することが出来る。各ルールは紙面の都合で省略する。

5.4 オントロジーサーバの開発

オントロジーサーバは上述のオントロジーを保持して、他のエージェントからの要求に応じて適切な用語、並びにプラントモデル情報を提供する機能を持つ一つのエージェントである。他のエージェントとは定められたメッセージ書式に従って交信する。対象プラントモデルはオントロジー構築・利用環境の機能を用いて概念のインスタンスを生成しながらグラフィカルインタフェース上で相互に接続することによって構築されたインスタンス数約2000個から

構成されるものであり、自動的にオントロジーと整合性のとれた対象プラントモデルが構築されると共に、全エージェントに共有されている。オントロジー構築支援環境^[3]の整備も完了している。

6. これからの知識処理

初めに述べた、知識処理/AIの分野で3つの大きなパラダイムシフト(1)処理中心から情報中心へ、(2)コンピュータ中心から人間中心へ、(3)形式中心から内容中心へ、の中でも、21世紀に到来する「知識の時代」に最も深く関係する「形式中心から内容中心へ」の傾向は筆者が主張する「内容指向」研究^[6]に関するパラダイムシフトである。これまでのAI研究では一般的な議論が可能な「入れ物」に関わる基礎研究は精力的に行なわれて来たが、何を入れるかという「内容」の議論はその個別性故に重視されて来なかった。現実の問題を扱うには、対象に関する深い理解とそれに基づく様々な工夫が必要となるが、その議論が欠落していたのである。

これまで述べてきたようにオントロジーは内容を扱う理論と技術を提供する。オントロジー工学は知識の内容、そして知識の源である「対象世界の成り立ち」を考察する。そして、部分的にせよコンピュータが理解可能な形で基本概念を構造化して、現実の対象をモデル化する際のビルディングブロックを提供し、モデル化の規約を与える。

知識ベースシステムが独立した自動問題解決器であることを止めて、上述のパラダイムシフトに順応し、オントロジー工学で武装して生まれ変わりつつある。内容指向研究の基礎理論と基盤技術を与えるオントロジー(工学)に基づく知識処理は新しい技術として今後ますます重要となろう。

参 考 文 献

- [1] Gruninger, M., and Fox, M.S., Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies, Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, IJCAI-95, Montreal, 1995.
- [2] Guarino, Nicola : Some Ontological Principles for Designing Upper Level Lexical Resources. Proc. of the First International Conference on Lexical Resources and Evaluation, Granada, Spain, 28-30 May 1998.
- [3] 古崎晃司, 久保成毅, 来村徳信, 池田満, 溝口理一郎: オントロジー構築利用環境の開発—「関係」及び「ロール概念」に関する基礎的考察—, 人工知能学会研究会資料, SIG-KBS-9803-3, 1999.
- [4] 伊藤, 山口: オントロジーエンタープライズモデル, 人工知能学会誌, Vol.13, No.6, pp.870-879, 1998.
- [5] ヒューマンメディアの研究開発—石油プラント高度情報化システム技術研究開発成果報告書, イメージ情報科学研究所, 2000.
- [6] 溝口理一郎: 形式と内容—内容指向人工知能研究の勧め—, 人工知能学会誌 Vol.11, No.1, pp.50-59(1996)
- [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)
- [8] 溝口: オントロジー研究の基礎と応用, 人工知能学会誌, Vol.14, No.6, pp.977-988, 1999
- [9] 溝口, 池田, 来村: オントロジー基礎論, 人工知能学会誌, Vol.14, No.6, pp.1019-1032, 1999.
- [10] Mike Uschold, Martin King, Stuart Moralee and Yannis Zorgios, The Enterprise Ontology, The Knowledge Engineering Review, Vol.13, Special Issue on Putting Ontologies to Use (eds. Mike Uschold and Austin Tate). (Also available from AIAI as AIAI-TR-195) 1998.
- [11] 山口高平他, 計算機可読辞書を利用した領域オントロジー構築支援環境, 人工知能学会誌, Vol.14, No.6, 1999.

