

知識工学の産業界への応用

佐々木 浩二・井原 廣一

1. ま え が き

昨年8月ピッツバーグで開催された第3回米国人工知能学会(AAAI-82)は、予想をはるかに上まわる約1700名が参加するという盛況を呈した。2日間のtutorialは会場を講堂に移すほどの大入りであり、3日間の発表は90件を越え、この間行なわれたLispマシンなどのデモには人が群集した。企業からの発表ははまだ全体の数分の1にすぎないが、人工知能・知識工学への関心と応用が急速に進みつつある。ここ2年ほどの間にコンピュータ・メーカーなどのいくつかの大企業で人工知能関連の研究所が新設され、それ以外にもかなりの数の大企業で、関連研究が進められている。一方、大学の研究者が、人工知能・知識工学を売物として、ハードウェア、ソフトウェアのベンチャー・ビジネスを設立している。以上のことにも現われているように、この分野の技術は、基礎研究から応用へと展開しつつある。大学と企業の共同研究もふえつつある。大成功といわれるコンピュータ・システム構成設定のためのR1[4]をはじめ、コンピュータ故障診断[1]、VLSI設計など、有力な大学とコンピュータ・メーカーとの共同研究が積極化している。

2. 知識工学導入の狙い

企業における知識工学の応用は、計画、設計、

ささき こうじ, いはら ひろかず

㈱日立製作所 システム開発研究所

管理、制御、診断など、いずれも、社内の問題が主であるという。これらの分野は、今まで主としてOR/MS (オペレーションズ・リサーチ/マネジメント・サイエンス) が活用されてきた。OR/MSは、問題が構造化でき線形化できる場合にはきわめて有効である。たとえ非線形であっても強度でない場合には最適化技法によって解を求めることは困難ではない。これらの範囲の問題は解決され、コンピュータ化されてきたが、より広範囲にわたる複雑な、かつ、より高度の判断は、マン・マシン・システムにおいて人間の側に残されている。人間の考え方をヒューリスティクスとしてコンピュータ化する工夫も行なわれてきた。知識工学は、このように人間の側に残された問題を何とかしてコンピュータ化していこうとする手法であり、従来のヒューリスティクスを、もっと動的に活用しようとするアプローチであると考えることができる。

コンピュータ化されずに人間にゆだねられている問題は、多変数にかかわり、膨大な数の組合せが考えられ、あるいは、あいまい、不確定な情報にかかわるため、構造が不確定であったり、求解が困難なものである。しかし、人間は、このような問題に対しても、専門的・経験的知識にもとづき、そのつど、一連の発見的判断で解決している。そこでこのような専門家の断片的知識の群をコンピュータに移植(知識ベースとよぶ)し、問題に応じて連けい活用(推論とよぶ)して解を得ることができるようにする。問題の構造は不確定

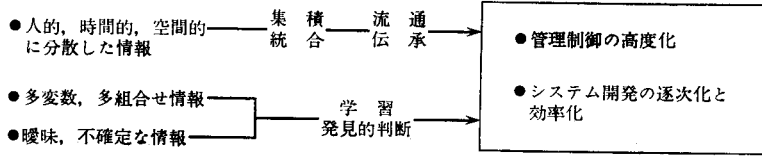


図1 知識工学適用のねらい

であって、すべての場合を考えると無数になるので、いわゆるシステム分析・設計によるアプローチは実際上不可能である。これに対し、知識ベース・システムは、多様な対応が可能ならえ、活用しながら知識を逐次拡充していくことができるので、高度なシステムを、段階的かつ効率的に開発することができるようになる(図1)。

また、大規模、複雑な対象においては、問題解決に必要な情報が、多数の専門家に分散していたり、地理的・空間的に分散していたり、あるいは長期にわたるため時間的に分散していたりする。このような問題に対しては、必要な情報だけでなく、解決のための知識・ノウハウをも集積・統合し、流通・伝承することが重要であり、知識工学が有効と考えられる[2]。

以上のように、知識工学は、より高度なシステムを実現するための有効なアプローチと期待される。

3. 適用実験例

知識工学の実用化のためには、解決すべき多くの課題がある。実際にシステムを作り、適用を通じて人間の思考を追求していく方法が最もよいとされている。われわれもこのアプローチをとっており、次にいくつかの実験例を述べる[2]。

3.1 見積モデル生成[9][12]

大物受注製品の見積シミュレーションなどではその対象は同一種であっても個々の対象の特徴が少しずつ異なるため、標準モデルをあらかじめ用意したのではその多様性に対応できない。そこで繰返し受注のあるプラント品を事例対象として知識ベースを用いて見積要求に応じてそのつど適合する見積モデルを

生成する方式を考案し実験した。過去に見積った案件群の中から、仕様が引合案件と類似するものを逆方向推論して求め、それに対応するモデル式を抽出・組立てる。次に引合案件と類似案件との仕様差異に対してモデルを補正する内容を順方向推論し、引合案件に適合するモデル式を生成する(図2)。

3.2 プロジェクト・リスク管理[10][11]

プロジェクト管理では、種々の分野の熟練を要する経験的知識(ノウハウ)を有効活用する必要があるが、ノウハウの伝承が不十分なため、プロジェクトの遂行が妨げられ、工期遅延、費用超過、性能不良を誘発している。実験は、海外プロジェクトでのリスクやトラブルに関する情報をプロジェクトマネジャーに提供して、同種のリスクの再発防止を支援するリスク管理を対象とした。多数のエキスパート(プロジェクトマネジャー)からの知識を集めるので、それらの統一性、整合性を維持すること、失敗経験に関する知識を上手に集めることが注意を払うべき点である(図3)。

3.3 非線形最適化[14][12]

シミュレーションモデルに最適化技法を適用して解を得るには、モデルの特性を診断し、その結果に応じて技法(アルゴリズム)を選択し操作す

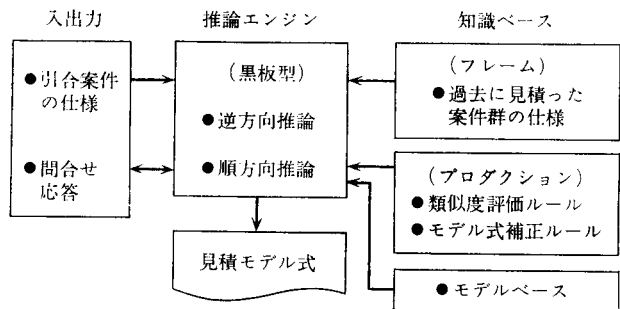


図2 見積りモデル生成システム

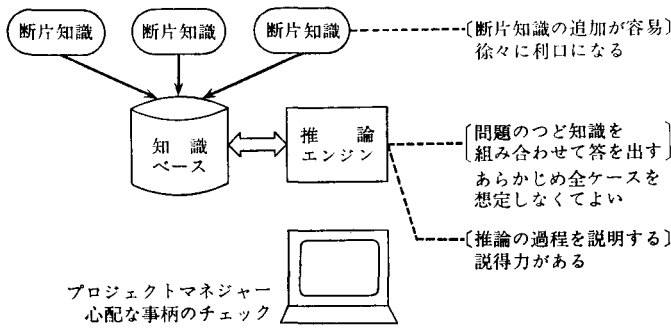


図3 プロジェクト・リスク管理

ることになり、技法利用上の専門知識が必要となる。そこで知識ベースを用いて各種のモデルに対して技法を意識することなく解を求めめることのできる方式を考案した。解探索の効率化にはシステム利用を通じてルールが追加・更新されることが重要である点に注目した。未経験特性の出現に対してルールの条件部を自動形成し対応技法を人間が選定・組合せることによりルールを半自動形成する方式、および、性能評価値によりルールを淘汰する方式など、知識ベースを半自動更新する方式を開発した。集積回路のパラメータ自動最適化などに実験適用した(図4)。

3.4 離散システム計画設計[3]

大規模離散システムの計画は、複数設備間にもたがる運用方法を考慮したシミュレーションを試行錯誤的に実行し、最適設備構成を行なう。シミュレータに与える運用ルールを分野専門家が専門用語で追加削除し、そのルールにしたがって、システムの状態に応じた作業手順が自動決定できるようにしたい。システムの計画手順は、まず分野の専門家が設備、物、運用ルールをモデル化し記

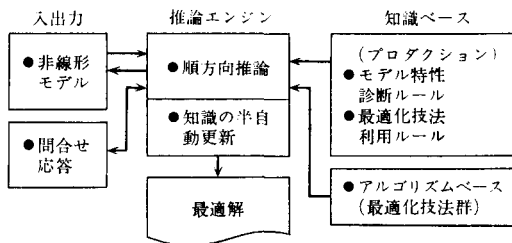


図4 非線形最適化システム

述すると、シミュレータはシステムの状態と運用ルールから実施作業を決め設備を動かす。これにより、システムの状態が変化する。この繰返しにより不具合点を判断し、必要な箇所を修正して最適計画を行なう。実験は石炭積出港ヤードを例にとった(図5)。

3.5 倉庫管理[15]

FA分野での知的問題解決システムの実現には、環境に関する知識を利用して問題解決を行なう情報処理系が必要である。フレームとデモンによる対象世界の統合的記述と、上位目標フレームを受理して下位目標フレームを生成する目的・手段分析型問題解決方式にもとづき、倉庫管理を例にとって実験システムを開発した。入出庫要求伝票の受理、入出庫区画の決定、自動搬送車(フォーク)制御による作業の実行という一連の処理の自動化をめざし、保管場所・通路・製品形状、荷積・荷崩し操作等、環境に関するさまざまな知識ベースとそれを利用するための推論機能を実現した。

3.9 プラント運転ガイダンス[4]

大規模プラントにおいては、多様の事象が互いに関連して一連の事象を呈するが、事象の組合せが多く、事前にすべてのシナリオを用意することが困難である。個々の事象に関する知識から、プラントの状態に応じて一連の運転のシナリオが自動的に作成され、これを運転ガイダンスとしてオ

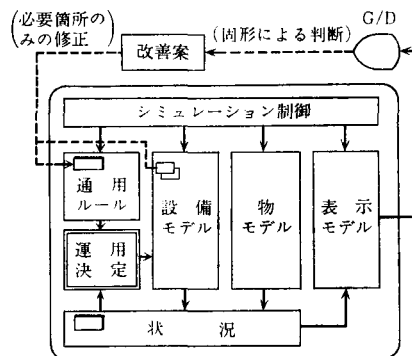


図5 離散システム計画設計システム

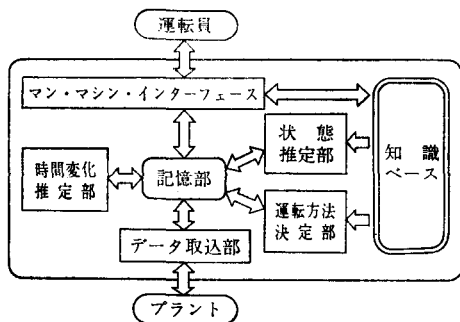


図 6 プラント運転ガイダンスシステム

オペレータに示すことが望まれる。

このシステムにおいては、個々の事象に関する知識をプロダクション・ルールとしている。特徴として、プラント状態の時間変化を扱う時間変化推定部を設けたことにある。実験対象は、BWR原子炉の故障原因の推定である。時間変化推定部は各時刻の特徴を抽出し、知識ベースを検索し、故障原因を推定し、その対策をオペレータに指示する(図6)。

3.7 プロセス制御[7]

プロセス制御の上位レベルでは、定性的知識を援用した状況判断や制御モードの切換など、人間の知的活動に近い高度な推論判断機能が必要である。この部分にプロダクションシステムを利用する場合、事象駆動形、アルゴリズムの結合、処理順序の制御、限定時間内処理などを考慮する必要がある。したがって、このシステムの特徴はルール適用順序の制御、すなわち衝突の防止および時間概念の導入である「ワーキングメモリーに最も新しく加えられたエレメントを条件部にもつルールを最初に実行する」という推論方法を用いることにより衝突を防ぐ。また制御の深さに応じたレベル分割により時間管理を可能としている。航空機発着を例とした。

3.8 プラント緊急制御[13]

大規模プラントにおいて事故等の発生による緊急時には、多くの情報の中から必要なものを抽出し、状況に応じた適切な判断を下す必要がある。緊急時の制御方策についてのオペレータのノウハウ

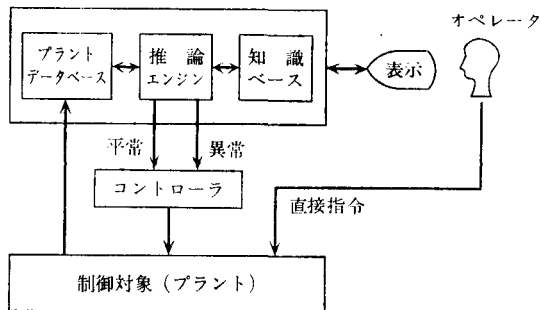


図 7 プラント緊急制御システム

や知識をルール形式で表わし、計算機による推論を可能にする知識ベース制御システムを開発している。その特徴は、単に過去の蓄積データやノウハウの収集だけでなく、シミュレーションにより事故状況を人為的に発生させ、積極的に知識自体を作り出すことができる点にある。上水道配水ネットワーク制御問題をとりあげ、管路破断シミュレーションによる破断地点推定法を導いた(図7)。

3.9 プラント異常診断[5]

大規模で複雑な製造工程により作られる製品は、各工程における微細な変動が製品の品質に影響を与え、結果として不良品になる。しかし、工程ごとに全数検査することはなかなか困難であり、製品検査の段階で不良品が発見される場合がある。熟練者はこの不良の様態から、過去の経験により、不良工程を推定する作業を行なっている。しかし、工程全般を関連づけて推定できるエキスパートは皆無に近く、試行錯誤を行なう。このような人々の間に分散された断片的な知識ベースを利用して、製品の現象からプラントの異常を探ることが可能と思われる。また複雑な電子機器の診断も同様である。観測事実から仮説を立案しQ&A方式で仮定の検定を行なうものである。

4. む す び

システムの開発・実施を成功させるには、OR/MSにおいても、高度なものとなるほど、ユーザーとの緊密な関係が要求されるが[8]、知識工学

においては、より一層、緊密な協力関係が必要となる。知識ベース・システムにおいては、蓄積された知識が決め手であり、知識の獲得が最大の課題である。また、得られた解の妥当性の吟味が容易にできるように、システムの中味がブラックボックス化しないような機能(推論過程の説明など)が、非常に大切である。

OR/MSにおいても、数理的アプローチとヒューリスティクスのアプローチが用いられている。知識工学は後者の定性的側面の能力を、飛躍的に向上させるものであると考えられる。問題解決という観点からも、知識ベース・システムとOR/MSシステムとは結合されて効果を生むべきものである。

参 考 文 献

- [1] Genesereth, M. R.: Diagnosis Using Hierarchical Design Models. *AAAI-82: Proc. the National Conference on Artificial Intelligence*, 1982, 278-283
- [2] 井原廣一: 知識工学の産業への応用. 電気学会雑誌103, 3 (1983), 204-208
- [3] 岩本哲夫, 田代勤, 春名公一, 村田智洋, 大場雅博: プロダクションシステムを利用した離散システム計画・設計用シミュレータの開発. 昭和58年電気学会全国大会, 1469 (1983), 1912-1913
- [4] 木口高志, 吉田健一, 元田 浩, 小林節雄: 知識工学の運転ガイダンス方式への適用. 昭和57年日本原子力学会年会, D35 (1982)
- [5] 栗原謙三, 明石吉三, 天満 正, 三留和幸, 井原廣一: プロダクション・システム応用のプラント異常診断方式—知識表現方式の提案—. 昭和58年電気学会全国大会, 1335 (1983), 1714
- [6] McDermott, J.: R; An Expert in the Computer Systems Domain. *Proc. of the First Annual National Conference on Artificial Intelligence*, 1980, 269-271
- [7] 増位庄一, 船橋誠寿, 井原廣一: 実時間制御に適したプロダクションルール実行管理方式の提案. 昭和58年電気学会全国大会, 1327 (1983), 1702-1703

- [8] 松田武彦: OR実施のシステム・モデルと日本的組織風土. *オペレーションズ・リサーチ*, 23, 11 (1978), 668-672
- [9] 永井義明, 佐々木浩二, 千吉良英毅, 関 進: 知識工学応用によるプラント見積計算モデル生成方式に関する一考察. 情報処理学会 第26回全国大会, 4C-5 (1983), 985-986
- [10] 丹羽 清, 飯塚由美子, 佐々木浩二: 知識工学を用いたノウハウ(経験的知識)管理の基礎検討. 日本OR学会 1982 秋季研究発表会, D-15 (1982), 134-135
- [11] 丹羽 清, 佐々木浩二, 井原廣一: プロジェクトマネジメントにおける知識工学実験システム. 電気学会システム・制御研究会資料, SC-82-45(1982), 39-47
- [12] 佐々木浩二, 渡辺俊典, 永井義明, 井原廣一: 知識工学応用によるシミュレーションのモデル生成と解探索のシステム. 昭和58年電気学会全国大会, 1470 (1983), 1914
- [13] 和歌森文男, 宮岡伸一郎, 船橋誠寿, 井原廣一: プラントシミュレータの活用による知識ベース制御システムの構築. 昭和58年 電気学会 全国大会, 1471 (1983), 1915
- [14] 渡辺俊典, 増田弘生: 集積回路のパラメータ自動最適化法に関する一提案. 電子通信学会論文誌, J 64-D, 9 (1981), 885-892
- [15] 渡辺俊典, 安信千津子, 佐々木浩二, 井原廣一: FA 分野での問題解決への知識工学の応用—倉庫管理システムの実現実験—. 情報処理学会第26回全国大会, 4C-3 (1983), 981-982

次 号 予 告

特集 消費行動の追跡

- | | |
|-----------------|-----------|
| 消費行動の新しい動き | 林 豊彦 |
| 首都圏マンションの需要構造 | 樋口 典昭 |
| 家電製品の需要構造の分析と予測 | 木村裕二・鶴田憲正 |
| 乗用車の需要構造の分析と予測 | 大山俊雄・川嶋弘尚 |
| 耐久消費財市場構造の分析方法 | 城 信雄 |