

1986 経営工学  
セミナー

## 製造業においてAIはどう使えるか

(株)三菱総合研究所 玉井 哲雄

### 1. AIの現状

人工知能(AI)のブーム現象は、未だ衰えを見せていない。しかし、そろそろこのブームが一過性のものか、それとも地に足のついたものになるのか、という見きわめがなされてよい時であろう。

バイオ、OA、FA、ニューメディアなど、種々の技術がジャーナリズムの主演として登場してきた。AIも、それらのブーム対象とかなり共通の性格を持ち、また共通の受けとめ方をされている。一方で、AIのブームのあり方には、他にない特徴も見られる。主な特徴として、次の2点が挙げられるだろう。

① AIの研究の歴史は30年の長さをもつのに、産業界で注目されブーム現象を生じたのは、最近であること。

② AIのカバーする範囲が広く、そのためその正体があいまいであるという嫌いが強いこと。度々言及されるように、Artificial Intelligence という語がJ. McCarthy によって与えられたのが、今からちょうど30年前の1956年のダートマス会議であった。さらに広い意味でのAI研究は、これ以前から続けられていた。その長い歴史の中で、AIがこれまで応用価値の高いものを全く産み出さなかったわけではないが、産業界で広範な関心を集め、様々な応用の試みが始められたのは、ここ数年のことといってよい。このことは、もともと新しい概念であるOAやニューメディアとは極めて対照的な特徴である。

AIは、一般的に言えば、人間の知能の働きをコンピュータ上に実現しようとする技術である。人間の知能といえ、その領域はきわめて広い。そのためにAIの性格はともすればあいまいとなり、AIとは何かを分りにくくさせている。ブームとなる言葉には、多かれ少なかれその正体のあいまいさがつきまとうものではあるが、AIの場合はとくに、それを提供する側にも利用する側にも混乱が見られる状況といえよう。

AIに関する議論が、まずAIの定義から始められることが多いのも、このような混乱状況を如実に示している。しかし、厳密な定義を求めることは哲学的な問題もからみ、あてのない論議に陥るおそれがある。ここでは、すでに述べたように、「AIとは人間の知能の活動をコンピ

表1 AIの基礎分野

問題解決・推論
知識ベース（知識表現・利用）
学習・認知
言語理解・生成
画像理解
音声理解

表2 AIの応用分野

エキスパート・システム
機械翻訳
自然言語インターフェイス
教育システム（知的CAI）
画像システム（知的CAD, 等）
音声認識システム
知能ロボット

ータ上を実現しようとする技術、といった程度の理解とし、具体的な分野を列挙しておく。表1はAIの基礎分野を、表2はAIの応用分野の代表例を、それぞれ示したものである。

このうち、現在、産業界が最も注目しているのがエキスパート・システムである。したがって以下でも、とくにエキスパート・システムを中心の話題として取り上げる。製造業では他に、画像理解、知能ロボット、等も関連の深い分野であろう。これらについても、適宜触れる。

## 2. エキスパート・システムの技術

今や、エキスパート・システムと称するシステムの開発例は、米国では1,000を越え、日本でも100を下るまい。個々のエキスパート・システムについての論文発表や解説記事も多く、まとまったサーベイもいくつか出ている〔1〕,〔2〕,〔3〕。ここでは、その特徴、開発上の問題、などを簡単にまとめておく。

### 2.1 特徴

エキスパート・システムとは、ある分野の専門家の持つ知識や判断力を、コンピュータ上のシステムとして実現したものである。専門家の知識をある一定の表現形式に従って表現し、蓄積・利用するという意味で、知識ベース・システム（Knowledge Based System）という語も、ほぼ同義として用いられている。

エキスパート・システムの持つ主な特徴には、次のようなものがある。

- ① AIにおける、記号処理、推論、探索、ヒューリスティックスの利用、といった典型的な手段を駆使する。
- ② 限定した問題領域を対象とし、そこでの固有な知識を利用する。
- ③ あいまいさを含む知識を、取り扱い得る。あいまいさを扱う技術は、まだ充分発達した段

階とはいいい難いが、確定因子の扱い、ファジイ論理、などが用いられている。

- ④ 知識とそれを用いた問題解決の制御的な手続きとが、分離されている。これにより、知識の追加・修正が容易になり、システムの柔軟性が増す。
- ⑤ システムの行なう判断に関し、システム自身がそこに至る過程、理由を説明する能力を持つ。

このようなエキスパート・システムの性質から、その開発には次のような効果が期待される。

- ① 専門家を育成するのに時間がかかり、専門家の数も減少しているような分野に対して、その稀少な専門能力を保護する。
- ② 専門家の頭の中に無意識にしまわれている知識を形式化・体系化し、科学的な取り扱いの対象とするとともに、多数にアクセス可能なものとする。
- ③ 人間の専門家は、その技術レベルや個性により専門能力や知識にバラつきがあり、同じ人間でもその時の気分により左右されることもある。システム化すれば、その専門能力は均質化し、安定した判断を得ることが可能となる。これは、専門家を育てるための訓練といった目的には、とくに有効である。

## 2.2 エキスパート・システムの構成

典型的なエキスパート・システムは、知識ベース、知識ベースに知識をとりこむ知識獲得部、知識ベースを基に推論を行なう推論機構、推論過程を説明する説明機能、さらにユーザとの質問応答を受けもつインターフェイス部からなる。これを概念的に示すと、図1のようになる。

専門家の知識を知識ベースに蓄えるという作業は、知識獲得部を介してなされるが、現在の知識獲得部はその処理を自動化するほどのレベルには遠く及ばない。そこで登場するのが、知識エンジニア（KE）である。知識エンジニアは、専門家の知識を抜き出し、整理し、一定の知識表現の枠組に従って形式化し、システムに導入する。

図のうち、枠で囲った部分は、個々のエキスパート・システムに依らず、汎用的な機能を持つ

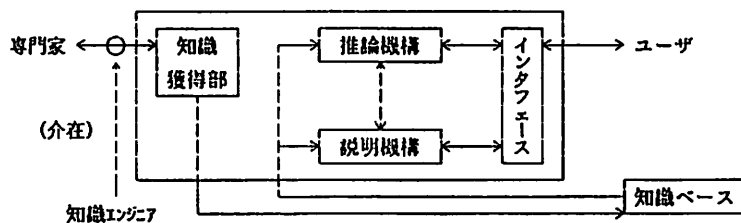


図1 エキスパート・システムの構成

たソフトウェアとして考えることができる。そのようなソフトウェアは、エキスパート・システム・シェルなどと呼ばれ、すでに様々な商品として市場に出ている。

### 2.3 知識表現

エキスパート・システムにとって、知識をどのような形式で表現して知識ベースに蓄えるかは、最も重要な問題である。知識表現の方法により、その上で可能となる推論の形態も決ってくる。代表的な知識表現法には、次のようなものがある。

- ① 論理表現
- ② 意味ネットワーク
- ③ プロダクション・システム
- ④ フレーム
- ⑤ 決定木

これらの表現技法の詳細については、他に譲る（たとえば〔4〕）。ここでは、多少のコメントのみを述べる。

述語論理、等の論理表現は、きわめて基本的なものであるが、その記述力は充分にある。ただし、基本的であるだけに、記述に手間がかかり、記述されたものを理解するのも、容易ではない。なお、論理を基盤とするProlog等のプログラミング言語の登場により、論理表現からかなり自然に推論手続きが実行できるようになった。

意味ネットワークは、物や概念とその間の関係を自然なネットワークとして表わし、図式による分かり易い表現形態を提供する。記述能力としては、述語論理に含まれる。また、フレームとの親近性も強いが、フレームほど構造的な記述はできない。図は小さいうちは見易いが、複雑になると配置なども難しくなる。

プロダクション・システムは、知識をIF-THEN型のルールの集合として表現する。もともと心理学の分野から生まれた概念であるが、現在あるエキスパート・システムでは最もよく用いられている知識表現形態である。個々のルールで表現された知識は分かり易く、それをを用いた推論過程も追跡し易い。しかし、構造を持った複雑な世界のモデル化には、必ずしも向いていない。

フレームは、もともとは画像理解のための知識表現法として、M. Minskyにより考案された。プロダクション・システムでは余り表現し易くない、構造をもった事物や概念とそれらの間の静的な関係の記述に向く。フレームをベースとし、ルール型の表現なども組み入れた高度な知識表現言語システムが、いくつか商品化され、最近はかなり使われるようになってきた。

決定木は、従来から分類や意思決定の手続きの表現として、用いられてきた。プロダクション・

システムとして実現されることの多い分類や診断のモデルでも、決定木で表現した方が、簡便で、推論の実行効率がよい場合が多い。また、そのような問題に対しては、知識をルールのような具体的な形で与えず、例を数多く与えて、そこから帰納的に決定木を成すといった方法も、工夫されている。

## 2.4 専門家の役割

エキスパート・システムは、その対象とする分野に人間の専門家がいることを前提としている。もちろん人工知能の基礎研究では、人間が今まで知らなかった知識をコンピュータで新たに発見することを大きな目標としているが、その実用レベルでの実現はかなり先になるろう。

専門家にとって簡単すぎるような問題はシステム化しても意味がないが、逆に専門家にとって難解で、解を得るのに何日もかかるような問題は、現在の技術レベルではシステムで扱うことも難しい。したがって、エキスパート・システムで取り扱うべき問題は、その難易度が中程度のものが適当である。

エキスパート・システムと実際の専門家との関係には、次の3通りが考えられる。

- ① 専門家の代替
- ② 専門家の補助
- ③ 専門家の教育

専門家を代替するようなシステム例はないわけではないが、一般には実現が難しい場合が多い。またこの場合、エキスパート・システムの開発に、専門家の協力が得られるかどうかといった微妙な問題もある。既存の成功しているエキスパート・システムの多くは、専門家の補助としての役割を果たすものである。また、専門家を育てるための教育用のシステムも、有効な場合がある。

## 2.5 開発手順

エキスパート・システムの開発は、通常、図2のように進む。これ以前に、適用分野を選定し、開発するハードウェアとソフトウェアの環境を整備しておく必要がある。現在、利用可能なエキスパート・システム構築用ツールについては〔5〕などを参照されたい。また、開発要員として知識エンジニアを育成する必要もある。

図2で、問題の同定から定式化までの作業は、知識獲得と呼ばれる。とくに問題の同定と概念

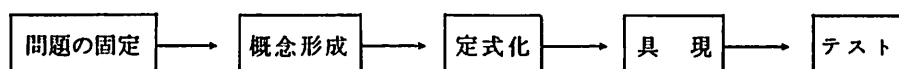


図2 エキスパート・システムの開発過程

形成のところでは、専門家のもつ知識をうまく引き出すことが要求され、それが他のソフトウェア開発と異なるところである。ここでは、次のような方法が用いられる。

- ① マニュアル・テキストがある場合は、その利用。
- ② 専門家へのインタビュー
- ③ 専門家の仕事の観察
- ④ プロトコル分析。すなわち、専門家に声を出しながら作業してもらい、それを記録して分析する。

典型的な開発のスケジュールは、たとえば次のようになる。ここでシステムは、実用レベルの中小規模システムを想定する。

- ① 初期プロトタイプ： 3～6ヶ月
- ② 知識ベース改善およびツール開発： 6ヶ月～1年
- ③ フィールド・テスト： 3ヶ月～1年

エキスパート・システムでは、このように早めにプロトタイプを作って、徐々に改良するという方法が一般にとられる。ルール数などで測った知識の量が、この間に2～3倍になることも珍しくない。

### 3. 製造業の取組み

産業界がAIに注目し始めたのは、1970年代のかなり後の方であるが、その中では製造業が比較的早い取組みを見せた。金融業、建設業、流通業、などがエキスパート・システムの開発に乗りだしたのは、製造業よりやや後になったといえる。その理由としては、いくつか考えられよう。

① 米国では、AIの研究開発を長い間、国防省(DOD)が支援してきたし、現在でもAI開発に巨額な予算を付けている。したがって、早くからAIに取り組んだ企業には、防衛産業や宇宙航空産業の製造メーカーが多かった(Lockheed, Martin Marietta, MITRE, Rockwell等)。

② エキスパート・システムの有用性を世に示したのは、Stanford 大学で医療診断用に開発されたMYCINである。産業界がこれに注目した時、問題分野として類似し、取り上げるのに恰好な問題として、機械やプラントの故障診断があった。すなわち、製造業界には、エキスパート・システムで比較的取り組み易い診断型の問題で、しかもその効果が明確なものも多く存在するという事情がある。一方、たとえば金融業の分野では、エキスパート・システム化する候補

となる問題はやはり多くあるものの、一般的に人間的要素の入る割合が高く（たとえば相場の予測）、故障診断のようなテーマと比べて比較的扱いが難しい傾向が見られる。

③ 鉄鋼、化学、造船、重電などのいわゆる成熟産業では、新しいテクノロジーをとり入れることによる展開の芽を模索している。知識工学は先端技術であると同時に、既存の様々な工学や産業と結びついて威力を発揮するという特性をもつ。したがって、これらの産業が、逸早くAIの応用に取り組んだという経緯もある。

④ コンピュータ・電子産業では、当然のことながらAI技術を取り入れ易い立場にある。そして、これらもまた、分類としては製造業に属する。

⑤ 以上は、主にエキスパート・システム関連の製造業の動きを説明するものだが、AIの他の分野でも、製造業に深いかかわりをもつものが多い。それらが、製造業のAIアプローチの素地を作っているともいえる。たとえば、次のようなものがある。

#### ④ 画像認識

3次元の画像が表わしている対象を理解することは、現在のAIの重要なテーマである。実用面では、製品のキズの検査や回路図の認識など、2次元図形の認識技術が応用されている例はあるが、今後は、3次元認識に基づく制御や組立て等が、期待される。

#### ⑤ 知能ロボット

すでに工業用ロボットの普及はめざましい。このロボットに、移動作業の能力を持たせるには、物理的な移動能力とともに、外界の認識とそれに基づく判断といった知能的な働きが必要となる。このように、環境認識、人間との自然な会話、問題解決、などの能力を持った知能ロボットの動向は、製造業界にとって大きな関心事であろう。

#### ⑥ ファジィ制御

最適制御の理論と応用は大いに進展したが、制御対象の動作の記述や制御目的にあいまい性が伴う場合には、ファジィ論理に基づくファジィ制御が有効だろうとされている。あいまいさの処理という点で、AIの分野と共通点が多く、制御工学と知識工学の境界領域研究が期待されている。

#### ⑦ シミュレーション

製造工程管理、生産計画、等の問題で、シミュレーションが役に立つ場合が多い。このシミュレーション・モデルの記述は、AI分野での知識表現と共通する部分が多い。また、モデル上での種々の判断、問題解決に、AIの技術が応用される。

なお、製造業といっても、企業の活動はもちろん製造部門のみではない。販売、物流、研究開

発、事務、経営、などの多様な業務で、それぞれエキスパート・システムや他のAI技術応用の可能性があることは、いうまでもない。

#### 4. 製造業関連のエキスパート・システム

製造業において、すでに開発例があるか、あるいは開発の可能性のあるエキスパート・システムについて、概観してみよう。

##### 4.1 適用分野

製造業の製造分野におけるエキスパート・システムの事例を、以下のように分類する。

###### (1) 生産計画・管理

広くは、需要予測に基づく生産量設定、設備計画、人員計画、資材導入計画、材料・製品の物流計画、ならびにそれらの実績管理、進捗管理、品質管理等が含まれる。従来、むしろオペレーションズ・リサーチの手法などが用いられてきた。例としては、東亜燃料の石油精製プラント用生産計画エキスパート・システム、ウェスティングハウスの工程スケジューリング・システムISIS、カーネギー・グループのソフトウェア生産プロジェクト管理システムCRYSTAL、などがあるが、これまでのところ余り多くはない。

###### (2) 設計

製品の設計、および生産工程の設計を含み、対象は機械、電子製品、ソフトウェアなど多様である。従来のCAD/CAMを知的にするもの、といういい方もできる。エキスパート・システムとしては、比較的難しい分野であるが、試作例は多い。この分野については、節を改めて論じる。

###### (3) 制御

製造工程を直接制御するようなエキスパート・システムであるが、数は少ない。リアルタイムの応答が要求されること、人間が介在しない完全な自動化が前提のため、高信頼性が要求されること、一方、問題としては従来の制御技術では取り扱えないような、「知識」を必要とするものであること、などが問題を難しくしている。

川崎製鉄のビレット工場精製ラインの制御や、同社の加熱炉燃焼制御システム、等が、制御プログラムの一部をルール化したといった性格のものではあるが、この範疇に属する。

###### (4) 操業監視・運転支援

制御と同様の生産プロセスを対象とするが、監視員や運転員を助けるようなエキスパート・システムがここに含まれる。日本鋼管福山の異常炉況診断システム、新日鉄君津の高炉操業判



断システム，日揮の石油精製プラント（流動接触分解装置部分）運転支援システム，出光石油化学のプラント異常診断システム，等がその例である。

(5) 設備診断・保全

設備の不具合を診断し，保修を支援する，保修員用のエキスパート・システムである。しかし，診断機能は，操業時の監視機能と，必ずしも明確には分けられない。電力プラント，電話ケーブル・ネットワーク，ガスの配管など，製造業よりも公共サービス業の設備保全の例が多いが，それらのプラント・メーカーとして，製造業の関与する部分は大きい。

(6) 製品の検査・コンサルテーション

製造工程の検査・診断とともに，製造した製品の検査，ユーザに渡った後の故障診断，使用コンサルテーション，等，製品の知識に関するエキスパート・システムの必要性もある。これらは，製品の営業員や保修員のためのシステムである。トヨタや日産の自動車エンジン故障診断システム，等が典型的な例である。

なお，製造業の製造以外の分野でも，エキスパート・システムが有効な可能性のあるものは多い。たとえば研究開発における分子設計，新素材開発，製品開発などの支援システム，物流の在庫管理や輸送計画システム，営業販売用のシステム（一部は上にも述べた）などである。表3に，日本の例を中心に，製造業におけるエキスパート・システムの事例をまとめる。各システムについて必ずしも十分な情報はなく，実験的なものも多いようであるが，全体の傾向は掴めよう。

表3 製造業におけるエキスパート・システム事例

(1) 生産計画・管理

開発企業	システム	ルール数	備考（使用ツール等）
東亜燃料	石油精製プラント用生産計画	100	ESHELL
カーネギー・グループ	CRYSTAL ソフトウェア生産プロジェクト管理システム		

(2) 設計

開発企業	システム	ルール数	備考（使用ツール等）
キャノン	レンズ合成設計支援CAD		Zetalisp
東京電力	変電所知的CAD—変電所のレイアウト設計	600	Lisp

開発企業	システム	ルール数	備考(使用ツール等)
凸版印刷	段ボール設計		Fortran, PL/I
富士通	DDL/SX-VLSI回路設計	120	ESHELL
日本電気	WIREX-VLSI配線設計	230	Prolog
Xerox	Palladio-VLSI設計(全体)		LOOPS
カーネギー・メロン大学	DAA-VLSI機能設計	300	OPS5
千代田化工	蒸留システム分離順序合成		CHIPS
日本IBM	TOM一部品形状記述より加工手順を出力		Pascal

### (3) 制御

開発企業	システム	ルール数	備考(使用ツール等)
川崎製鉄	ビレット工場精製ライン制御		
川崎製鉄・日立	加熱炉燃焼制御システム		

### (4) 操業監視・運転支援

開発企業	システム	ルール数	備考(使用ツール等)
日本鋼管	異常炉況診断システム	50	ESHELL
新日本製鐵	高炉操業判断システム	1130	
日 揮	石油精製プラント(流動接触装置部分)運転支援システム	250	BRAINS
出光石油化学	石油化学プラント(蒸留塔)異常診断システム	200	BRAINS

### (5) 設備診断・保全

開発企業	システム	ルール数	備考(使用ツール等)
三菱電機	電力系統自動復旧システム	100	
日立製作所	BWR給水系診断システム		Lisp, Fortran
新日本製鐵	溶融亜鉛メッキ用プロコン故障診断	100	BRAINS
日新電機	イオン注入装置故障診断	250	KWB

### (6) 製品の検査・コンサルテーション

開発企業	システム	ルール数	備考(使用ツール等)
花 王	皮膚診断エキスパート・システム		
トヨタ	自動車電子制御エンジン故障診断	130	
日 産	自動車故障診断		
住友電工	ボイラー故障診断	300	KWB

## 4.2 知的 CAD/CAM

エキスパート・システムの型を、分析型と合成型に二分する考え方がある。分析型は、診断・解釈などの分野を指し、合成型は設計・計画などの分野を対象とする。製造業の例では、故障診断が典型的な前者の例であり、CAD/CAMに関連する設計分野が後者の例に当る。

一般に、合成型の方が分析型より難しいとされる。個々の問題をすべて機械的にどちらかの型に分類することはできないし、その難易の程度もそう単純ではないが、一つの指針となることは確かである。その意味で、製造業で最もニーズの高い問題の一つである知的な CAD/CAM という分野は、AIの応用としてかなり手ごわい問題といえる。

設計といっても、その対象によって作業はかなり異なる。代表的な設計対象として、機械、VLSI、ソフトウェアを取り上げ、その設計過程を比較してみると図3のようになる。

表3-(2)に見られるように、VLSI設計におけるエキスパート・システム開発の試みは、比較的多い。機械設計は、研究レベルの試みはかなり見られるが、実用レベルまでにはまだ少し時間がかかりそうである。ソフトウェア開発のためのエキスパート・システムも、いくつか例があるが、実用レベルに近いものは余り知識工学的アプローチを取り入れているとはいえず、一方AI的なものはまだ研究レベルなのでとくに表には入れていない。

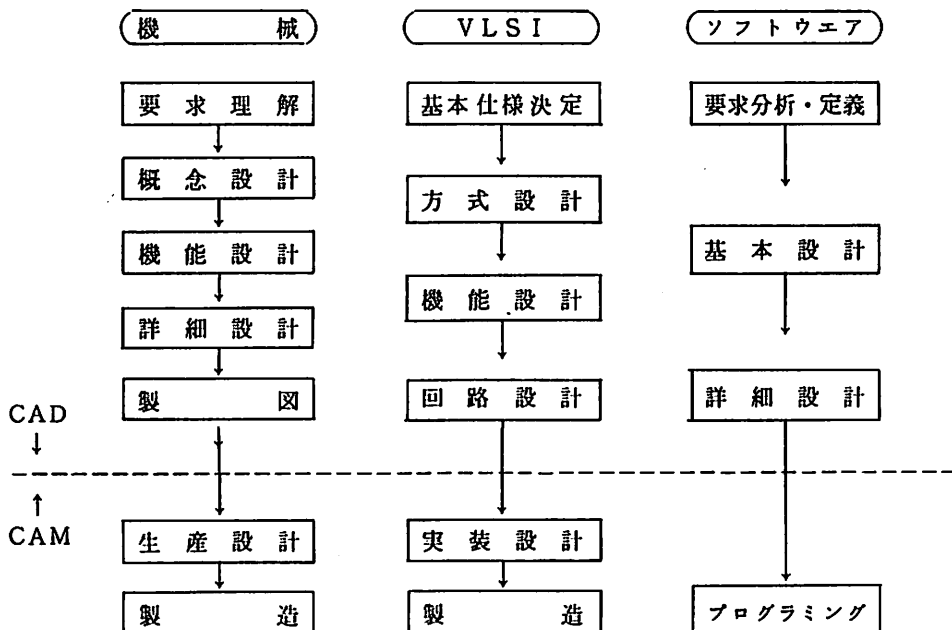


図3 設計工程の比較

## (1) 機械設計

従来の図を描くだけのCAD、NCデータを作るためのCAMから進んで、より高度な設計作業や工程設計の支援が知識工学的アプローチにより可能になるだろうと期待されている。

すでに述べたように、合成的な作業である設計は、一般にエキスパート・システム化するのが困難な部類に属する。しかし、人間が設計する場合も、常に全く新しい機械部品やシステムを設計するわけではなく、むしろほとんどの場合、過去の設計例を参考にし、それを部分的に利用したり変形したり、あるいはその時に得た教訓を活かしたりする。したがって、ここではまず過去の設計例のデータベース化がなされるべきであろう。その上で、これを利用するためにAI手法が工夫されることになる。たとえば、次のようなことが考えられる。

- 類似する設計例、あるいは参考になる例を検索する。これには、相当高度な推論能力が要求される。一方、設計例のデータベースも、様々な視点からの設計間の関連を折りこんで体系化されていなければならない。
- 設計例を参考に、変形したり組み合わせたりして進める設計作業に際し、一般的に有効な設計ルールのアドバイス、定められている設計標準に従っているかどうかのチェック、設計上の矛盾のチェック、などの支援を行う。これらの知識は、設計の専門家の頭の中にあるとともに、過去の設計例や失敗例から導き出されるものであるが、例から知識を引き出すこと自身は、人間が対処しなければならない相当の作業である。

現在、このような知識ベースの構築は、いくつか試みられているが(たとえば、日本電気のATHENAシステム(6))、実用的なものとなるには、従来のCADで扱ってきたグラフィックス技術、および部品や設計例のデータベース技術と総合される必要がある。なお、グラフィックスに関しても、手書き図面の入力など、AIの画像認識技術が応用されつつある。

工程設計、作業設計といったCAMに関する分野は、やや自動化し易いといえよう。たとえば、日本IBMで研究開発されたTOMというシステムは、3次元ソリッド・モデラーCOMPACで定義された部品の形状記述データを入力とし、切削加工に関するルールを参照して最適な加工手順を決定し、NC用自動プログラミング言語EXAPTのプログラムとして出力する(7)。ここでも、知識工学の技術を導入することにより、CADとCAMの有機的な統合が期待される。

## (2) VLSI設計

コンピュータ・電子産業は、すでに述べたように早くからAIに取り組んできた。そこでニーズの面から多く取りあげられたテーマの一つが、VLSI設計に関するエキスパート・システムの開発である。

この分野で先鞭をつけたのが、Xerox 社パロアルト研究所 (PARC) と Stanford 大学が共同で研究開発をしている Palladio である。これは、方式設計から実装設計に至る VLSI 設計全体を支援することを目的としている。Xerox PARC は、Inter Lisp や LOOPS という AI 用のツールを産み出し、また Lisp マシン D シリーズを開発したところでもあり、AI 技術の基盤はしっかりしている。その上で、VLSI 設計に有用な支援ツール群を総合的に開発しようとしている。

他の米国の例としては、カーネギー・メロン大学 (CMU) の CMU-DA という CAD システムに含まれるツールで、DAA (Design Automation Assistant) と呼ばれるものが著名である。これは方式設計の記述から、機能設計を自動的に行おうとするものである。

日本では、富士通の回路設計を支援する DDL/SX、日本電気の実装設計における配線設計を行う WIREX などがよく知られるが、他のコンピュータ・半導体メーカーもそれぞれ様々な試みを行っている。現在のところ、機械設計よりも VLSI 設計の方がやや先行しているといえる。しかし、方式設計や機能設計の段階は、やはりまだ充分に手がつけられていない。

### (3) ソフトウェア

ソフトウェアの生産の一つの特徴は、設計と製造が明確に区別されない点にある。プログラミングとテストが、類比でいけば製造過程に当るだろうが、作業としては本質的に設計と大きな違いがない。

ソフトウェア設計でも、最近は図の利用が強調され、ソフトウェア CAD といわれるツールも出てきているが、機械や回路の設計ほどには、グラフィックスの利用は本質的ではない。この点も、これまでの対象と異なる特徴といえよう。

ソフトウェアでは、機械や電気回路ほど部品の標準化が進んでいない。また部品となるべき単位の数は多く、その組み合わせは複雑である。したがって、AI は一つのソフトウェア技術であるにもかかわらず、ソフトウェア開発への AI の応用はそれ程進んでいない。知識工学アプローチを直接ソフトウェア開発に適用しようとしている数少ない例には、MIT における Programmers' Apprentice (ソフトウェア設計のパターンを知識ベース化し、プログラマが設計する際に、種々のアドバイスをするもの)、シュルンベルジュ研究所の  $\Phi$ NIX (地質データを解析するプログラムを自動生成するもの) などがあげられる。

## 5. 今後の展望

AI が一つの流行になっているが、そのために他の流行語とも安易に結びつけられて論じられ

る傾向がある。たとえば、CIM (Computer Integrated Manufacturing) や MAP である。

CIM は、その概念がまだ漠然としているが、計画、設計、製造から販売にいたるまでをコンピュータ利用によって統合化することであるとすれば、その統合化のために AI 技術が役に立つことは確かであろう。しかし、AI だけですべて解決できるわけでもない。MAP は、ネットワークの protocols 標準案であるから、AI とは直接関連しない。しかし、AI 向きのコンピュータ環境が、他の制御系や情報系のコンピュータ・システムと結合することの必要性は今後高まるから、その意味で係わりが生じうる。

このように、AI、CIM、MAP と並べると、それらは必ずしも互いに直接的な関連は持たないものの、製造業の関心の動向を示すという意味では興味深い。いずれにせよ期待の高い AI であるが、その応用の中心であるエキスパート・システムに、問題点があるとすれば、次のような点である。

- ① 組み込まれている知識の範囲が、きわめて狭い。したがって、とくに異常時などに、人間のような常識的な判断ができない。
- ② 開発に時間とコストがかかる。とくに、知識獲得部分がボトルネックとなる。
- ③ システムに自動的な学習機能が備わっていない。
- ④ システムの動作の正しさを検証する方法が、充分確立していない。
- ⑤ 既存のコンピュータ・システムとの結合性に欠ける。

産業界が、AI の応用に取り組みだしたのは、せいぜいこの 2~3 年のことである。したがってこれらの問題のうち、技術的なことは別にして、かなりの部分は実践の積み重ねの不足から生じている。今年には、AI 学会の発足、通産省関連の AI センターの発足、AI 協会の発足と相次いだ。これらの動きが、AI 応用技術の普及に拍車をかけることが期待される。

#### 参 考 文 献

- (1) Stefik, M., J. Aikins, R. Balzer, J. Benoit, L. Binbaum, F. Hayes-Roth, and E. Sacerdoti, "The Organization of Expert Systems, A Tutorial, Artificial Intelligence, Vol. 18 (1982), pp.135-173.
- (2) Hayes-Roth, F., D. B. Lenat, and D. A. Waterman eds, Building Expert Systems, Addison-Wesley, 1983.

- (3) Waterman, D. A., A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley, 1986.
- (4) Barr, A. and E. A. Feigenbaum eds, The Handbook of Artificial Intelligence, William Kaufmann, 1981 (田中・淵 監訳「人工知能ハンドブック」全3巻, 共立出版).
- (5) 玉井哲雄, “エキスパート・システム用ソフトウェアの展望”, ソフトウェア流通, No.26, 1986年1月.
- (6) Kuno, S. et al, ATHENA : A Knowledge Based CAD System, Proc. International Symposium on Design and Synthesis, 1984.
- (7) 松島克守, “知識工学とCAD/CAM - エキスパート・システムによるプロセス・プランニング,” PIXEL, 1984年2月.