

# エキスパートシステムシェルのユーザインタフェース

## Characteristics of Users' Interfaces of the State-of-the-Art Expert Shells

寺野 隆雄\*

Takao TERANO

\* (財) 電力中央研究所経済研究所情報システム部知識処理研究室  
Knowledge Engineering Section, Information System Department, Economic Research Center, Central Research Institute of Electric Power Industry.

1987年2月24日 受理

**Keywords:** expert systems, expert shells, users' interfaces, advanced workstations, knowledge engineers, domain experts, end users.

### 1. はじめに

最近さまざまな分野においてエキスパートシステムの開発例が、非常に増加している<sup>(1)-(6)</sup>。エキスパートシステムを業務に導入する目的は、専門家の知識の共有化、新しい技法によるプログラムの開発などさまざまであるが、重要な目的の1つは、従来型のプログラムでは実現の困難であった高度なユーザインタフェースを実現することである<sup>(7)(8)</sup>。

エキスパートシステム特有のユーザインタフェースとしては、柔軟な対話処理機能があげられる。たとえば、初期の医療診断エキスパートシステム MYCIN<sup>(9)(10)</sup>においては、HOW, WHY など推論処理の経過を説明するための機能が実現されていた。しかし、MYCINは結局は実用システムにはならなかった。この理由としては、取り扱う対象領域が狭すぎたという医療問題固有の欠点に加え、当時のハードウェアの貧弱さに起因するキーボードとテキストのみによるユーザインタフェースが専門家にとってあまりに使いにくいものであったことが指摘されている。

それに対し、最近の高度パーソナル・ワークステーション上で稼動するソフトウェアシステムでは、通常キーボードとテキストによる入出力機能に加えて、ビットマップディスプレイに複数のウィンドウやグラフィックオブジェクト、アイコンを同時に表示し、その操作に主にマウスを利用する方式が中心となってい

る<sup>(11)</sup>。このような方式は、エキスパートシステムの研究開発の効率化をめざす開発ツール(エキスパートシステムシェル(シェルと略す))にも数多く採用されている。そして、シェルの中には、ユーザインタフェースの良さをセールスポイントにしているものもある。

シェルの定義にはいろいろなものが考えられる<sup>(12)</sup>が、本稿では、これを広くとらえ、「知識ベースと推論機構を備えたソフトウェア(知識ベースシステム)の開発を支援するためのツール」と定義する。ただし、以下の議論を明確にするために、ソフトウェア開発全般で利用される高度なプログラミング環境は本稿の考察から除くこととする。これらプログラミング環境に共通の問題については、たとえば、文献(13)などを参照されることをおすすめする。

現在、シェルの種類はわが国で入手できるものに限っても、パーソナル・コンピュータ用からメインフレームの大型計算機用にいたるまで、20種類を越える状況になっており、機能的にも性能的にもさまざまなレベルのものが混在している<sup>(14)(15)</sup>。そして、単純なプロダクション・ルールのみをサポートする OPS 5<sup>(16)</sup>のような第1世代のシェルにかわって、ART<sup>(17)</sup>、KEE<sup>(18)</sup>、Knowledge Craft<sup>(19)</sup>などに代表される豊富な機能をもつ第2世代のハイブリッド・シェルが注目を集めている。国内のメイン・フレームが発表するツール<sup>(20)</sup>はすべてこの方向を目指しているといつてよい。また、これらのシェルに関する評価も試みられている<sup>(21)</sup>。

したがって、推論エンジンの開発までをシステム開発者が行っていた数年前の状況とは異なり、エキスパートシステム開発にこれらシェルのはたす役割も次第に重要になりつつある。本稿は、現在の技術水準で実現された市販のエキスパートシステムシェルを中心に、ユーザインタフェースの特性について解説し、その現状と課題とについて考察する。本稿の内容は、いくつかのシェルに対するわれわれ自身の使用経験、ならびに、われわれが内容を比較的よく理解している各シェルに関する資料と、各シェルを使用して実現した代表的なエキスパートシステムに関する記述とに基づいている。なお、本稿では、紙数の関係もあって、各シェルやその応用システムそのものについては解説を行わない。シェルで使われる基本的な人工知能の概念については文献(22)、(23)などを、各シェルの機能と特徴についてはまとまりの良い文献(14)、(15)などの資料を適宜参照されたい。

## 2. エキスパートシステムのインタフェースの視点

エキスパートシステムシェルのインタフェースは一般にそれが実装されるハードウェアの特性に大きく依存する。しかし、その特性は図1に示すようにシステムインタフェースとユーザインタフェースの2つに大きく分けて考えることができる。

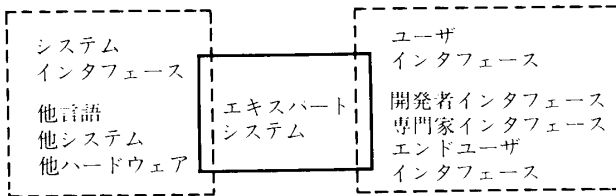


図1 エキスパートシステムのインタフェースの視点

システムインタフェースは、他のプログラム言語や他のソフトウェアシステム、他の計算機との結合方式を定める。大規模な人工知能システムの多くは既存プログラムとの結合・融合で成り立つので、この部分も複雑なシステムに人工知能技法を組み込むための言語を提供するという視点からは利用者と密接な関係にある。

一方、ユーザインタフェースはさらに3つに分けることができる。その第1は、開発者、特に知識技術者がシステムを容易に開発しうる環境を提供するものである。そのためには、基本的な人工知能技法が簡単に扱え、人工知能プログラム言語と容易に統合化するための機能が重要である。ここでは、知識表現の問題

と知識の手続き的な扱いがポイントとなる。

第2のインタフェースは、エキスパートシステムの行うタスクの内容を(専門家が理解しやすいように)表現する環境を提供する。それには、対象とする問題を適度なレベルで抽象化する機能が重要である。この部分では専門知識の獲得の問題と(エキスパートシステム技術の特徴である)宣言的な知識の扱いとがポイントである。

第3は、完成したエキスパートシステムのエンドユーザが利用するインタフェースであり、エンドユーザにとって真に使いやすいシステムを実現することを目的とする。この目的は当然ながらすべての計算機システムに共通のものである。ただし、エキスパートシステムの立場からは、エンドユーザとどのように知的なコミュニケーションを行うか、また、特にプレゼンテーションのための知識をどう扱うかがポイントとなる。以下ではこれら3つのユーザインタフェースについてより詳細に論ずる。

## 3. 開発者向けのインタフェース

エキスパートシステムの開発者が、特に大規模なハイブリッドシェルを利用する場合には、人工知能の基本的な概念を理解し、さらに、各概念のシェル特有な扱い方を把握する必要がある。このため、開発者向けのインタフェースでは、シェルの提供する人工知能技術(知識表現とメカニズム)をどう表現するかが中心的な課題となる。現在利用されている手法は表1のようにまとめられる。

テキスト形式で記述されるエキスパートシステムの静的な表現には、自然言語風(主に、英語風)のシンタックスシュガーが多く使われ、これによって開発者

表1 知識表現・メカニズムの表現手法

人工知能の概念	表現手法	
	静的	動的
全 般	自然言語風表現	トレース
ル ー ル	自然言語風表現 グループ化	トレース グラフィクス
フ レ ーム	グラフィクス	—
黒 板	—	トレース
A T M S	—	グラフィクス トレース
T M S	—	—
手 続 き	グラフィクス フレーム	—

の理解を容易にすることをめざすシェルが多い。ところが、現状では、これらの表現は、たとえ同じルールという概念に基づいていても、各シェルごとに固有の表現・意味をもつと考えたほうがそのシェルに適した使い方が可能となる。一方、エキスパートシステムのデバッグ時などにシステムの状態を動的に表現するためのインタフェースは、最近、ルール、フレーム、黒板 (Black Board) などの人工知能のパラダイムによって、標準的な方式が次第に定まってきている。

ルールの静的な記述方法は、各シェルごとに大きく異なっており、Recognize-Act の概念を素直に表現するもの (OPS 5<sup>(16)</sup>) からプログラム言語的な性格が強いもの (ART<sup>(17)</sup>, OPS 83<sup>(24)</sup>) まで幅が広い。ただし、どのシェルでもルールに推論を制御するためのメタ知識の記述を許している。たとえば、R1/XCON<sup>(25)</sup> のような大規模なルールベースシステムでは、推論制御用のメタ知識をルール中に記述しなければ実現はほとんど不可能となろう。また、ルールの管理には知識源によるグループ化 (ESHELL<sup>(20)</sup>) や、フレームによる階層化 (KEE<sup>(18)</sup>) が有用である。

一方、動的な手法としては、MYCINに見られるような単純なルールの実行トレース機能 (説明機能) が現在のシェルのインタフェースの中心である。これを拡張して、グラフィック画面を用いて推論過程をネットワーク表示するルールグラフの手法が可能なものもある (KEE<sup>(18)</sup>)。さらに、シェルの中には、パターンマッチングの機能を拡張して述語論理風の記述が柔軟にできるものもある。

フレームについては、グラフィック表現で階層構造を表示する方式が有用であり、LISP マシン上のシェルではこれが標準的なインタフェースとなってきた。ただし、リンクの意味や各スロットの属性・値については階層構造図では表示しきれないために各シェルごとにいろいろな工夫がなされている。一方、推論処理中に変化するフレームの状態を、わかりやすく表示する機能をもつシェルは少ない。したがって、たとえば Knowledge Craft (SRL) の機能を十分に生かしたフレームベースのエキスパートシステム ISIS<sup>(26)</sup> およびその拡張システム<sup>(27)</sup> などでは、システムの実行タスクを十分理解していないとシェルの提供する階層構造図表現のみからは、推論過程を把握することは難しい。

黒板は、静的には簡単な形式で表示しにくい概念である。これは、推論処理過程で作業記憶として使われる黒板が、あまりに柔軟すぎるため開発者がどのようにも利用できることによる。特に、フレームの概念と

黒板の概念との両方をサポートするシェルにおいては、両者の使い分けが難しく、エキスパートシステムでうまく利用した例は少ない<sup>(28)</sup>。インタフェースとしては動的にトレースをとって黒板上の情報を利用者に表示する方式がとられる<sup>(20)</sup>。

また、探索空間の横型探索の高速化を実現する ATMS (Assumption-based Truth Maintenance System)<sup>(29)</sup> は、従来の黒板の概念を拡張したものと考えられる。この手法においては、推論処理中に作成される View Point (ワールド)<sup>(17)</sup> の状況を把握するのが重要である。黒板に比較すると、View Point の手法では、作業記憶が自然に局所化・階層化されるので、この動きを動的かつ階層的に表示するのにグラフィック機能は非常に有効となる。ただし、現実のアプリケーションでは複雑な状況に対応する View Point を高速処理できるように管理することは難しく、単純なグラフィック表示のみではインタフェースとして役立たない場合もある<sup>(30)</sup>。また、従属関係に基づく TMS (Truth Maintenance System)<sup>(31)</sup> は、静的な概念としては比較的わかりやすいが、現在のシェルでは、動的に変化する従属関係の情報を適切に表現する方法は与えられていない。

シェルを利用してエキスパートシステムを開発する場合には (シェルが提供する人工知能技術が完全であれば静的に表現できたはずの)、宣言的に記述された知識を適切に手続き的に解釈して処理することが重要である。さらに LISP など人工知能用語による手続きもシェルのもつ知識表現に付加されるのが普通である。これらの手続き的知識はシステムを柔軟なものにはするが、一方、ルールやフレーム中に埋め込まれるので、システムの透明性を妨げる可能性も高い。そこで、この欠点を補うのに、各手続きをオブジェクト指向の考え方で統一・管理し、メッセージパッシングで起動する方法がしばしばとられる。この方法によるとフレーム用のインタフェースで手続き的な知識もわかりやすく表示できるようになる<sup>(18)</sup>。

#### 4. 専門家向けのインタフェース

現在シェルを用いて開発されるエキスパートシステムでは、シェルの提供する知識表現・推論機構などの本来の人工知能研究が提供する技術よりも、専門家の知識の果たす役割のほうが實際上重要である。専門家向けのインタフェースは、知識を提供する側 (対象とする問題のエキスパートである) の専門家にとっては知識の収集・獲得を支援するものであり、また、知識

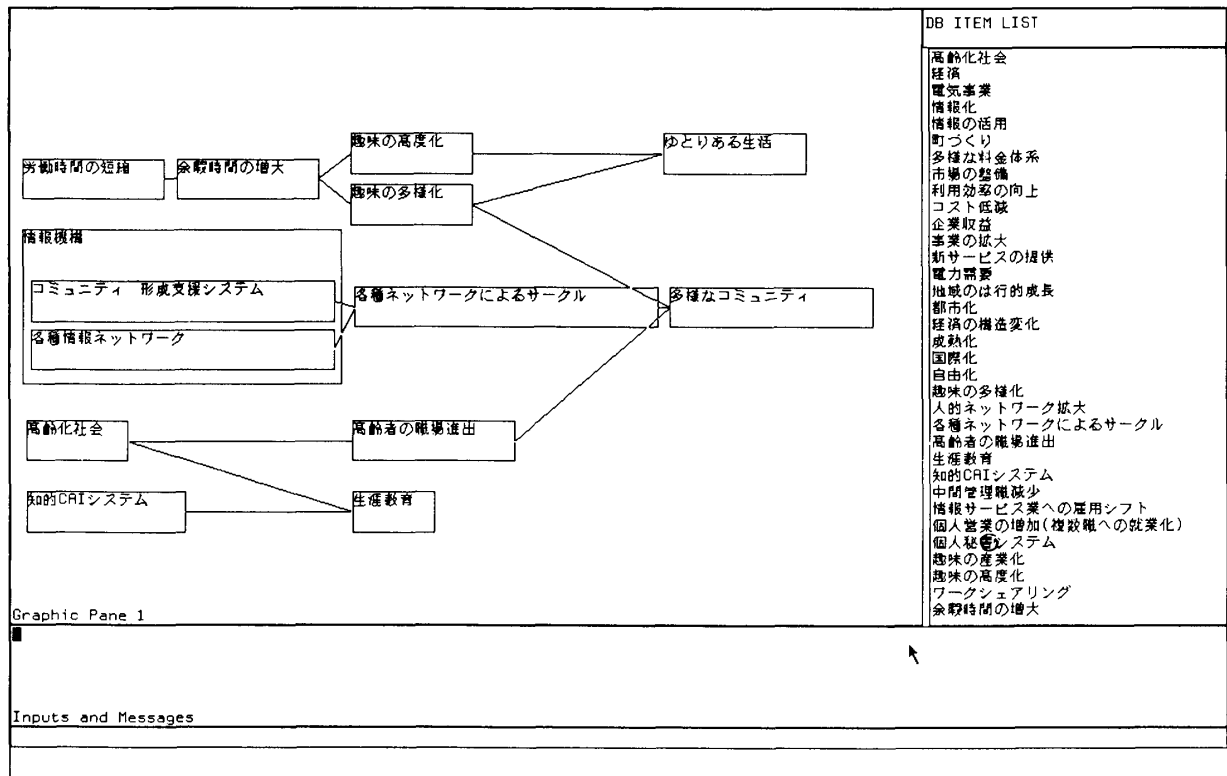


図 2 知識ベース構築支援システムCONSIST のユーザインタフェース (画面のハードコピー)

を利用する側 (対象とする問題に対してはエキスパートではないがやはりその分野の知識をもつ) の専門家にとっては (宣言的な) 専門知識の伝達を容易にするものでなければならない。Faught, W. S. は、文献 (32) で前者の役割を専門家用ワークステーション (Expert Workstation), 後者の役割をエキスパートシステム (Expert System) と呼んで区別している。そして、実際にシステムを開発する場合は、専門家用ワークステーションをはじめに作成し、それにエキスパートシステムを付加するアプローチが有用であると主張している。

専門家向きのインタフェースはこのように2つの側面をもつ。両者に共通の課題は、各分野のドメイン知識をどのようにして陽に表示するか、換言すれば、対象とする問題をどのレベルで抽象化・モデル化するかという点にある。その中心となるのがモデルベースの考え方である。特に、産業界での応用システム (エンジニアリング・エキスパートシステム) の開発の場合には、対象システムの視点が比較的明確になりやすいので、モデル化にはフレーム表現がよく用いられる。そして、その表示には、知識ベースの内容を、ウィンドウシステム、アイコン、グラフィクスと組み合わせるさまざまな工夫がこらされている。高度パーソナル・ワークステーション上の第2世代シェルが優れているという印象をわれわれに与えるのは、このグラフィック・インタフェース機能が充実しているためである。

グラフィック・インタフェース機能を実現するための手法は2つに大別される。1つは、スイッチ、メータ、グラフなどエンジニアリングシステムでしばしばインタフェースに利用される基本的な表示モデルをパッケージとしてあらかじめシェルに組み込んでおき、インタフェース作成に用いる方法である。これは、KEE<sup>(18)</sup> が提供するアクティブ・イメージ (Active Image) の考え方である。アクティブ・イメージでは、グラフィック画面に表示された情報の変更をただちにフレームのスロット値の変更に反映させることができる。もう1つは、エキスパートシステムに必要なグラフィック・インタフェースの作成を容易化するための専用の言語を提供する方法である。これは、ART<sup>(17)</sup> で採用されている。ARTIST と呼ばれる ART のインタフェース開発ツールで作成されたオブジェクトはすべてスキーマに変換され、これをルールで操作することで任意の処理を行うことができる。

これらのグラフィック・インタフェース機能は、専門家向きのエキスパートシステムを開発するには有用である。ただし、われわれの知見によれば、専門家が日常問題解決に利用する知識の表現方法、ならびに、そのときの専門家の意識と、現在のシェルが提供しうる人工知能の知識表現との差異は非常に大きい。シェルで表現できるレベルまでに専門家の知識を整理するには、前節の意味での開発者が、人工知能のパラダイム

にあわせた強引な変換をしばしば行わなければならない。

このギャップを埋めるアプローチとして注目に値するのは、米国電力研究所 (EPRI; Electric Power Research Institute) で実施されている原子力分野向きに特化したシェルの開発プロジェクトである<sup>(33)</sup>。これは、専門家向きのインタフェースの改善だけを目的とするものではないが、優れたシェルを実現するためには、対象分野の特性にあわせた研究開発が不可欠であることを示唆している。

また、われわれはこれとは別のアプローチから研究を行っている。それは、対象分野の知識がきわめて Ill-Structured なシステムの開発の初期過程において、問題解決の元となる情報から情報の整理の枠組みを見いだすという、いわば、ボトムアップ型の知識獲得支援手法である。われわれはその第1歩として、KJ法の知識整理過程を拡張し、当初は漠然とした専門家の問題解決知識をフレーム形式まで整理する作業を支援する知識ベース構築支援システムを開発した<sup>(34)</sup>。このシステムでは、Note Cards<sup>(35)</sup>と同様に、紙、カードと、その間の関連性という一般的な概念を専門家向きインタフェースとして提供している(図2)。

### 5. エンドユーザ向きのインタフェース

専門家向きのシェルのグラフィック・インタフェース機能は、対象システムのモデルを専門家に見た目よく表示することに徹底しているため、シェルの機能が対象とする問題に適切であれば、必然的にエンドユーザ向きのインタフェースの改善にも役立つはずである。しかし、実際は、専門家の思考形態とエンドユーザのシステムに対する意識とは一般に大きな差があるために、そのようなケースはまれである。エンドユーザがエキスパートシステムを使う目的は、システムに組み込まれた専門知識によって、自分では解けない問題を解決させる、もしくは、その支援をさせることであり、システムが実用に近ければ近いほど、そこで使われる人工知能技術にまでは興味を示さない。専用マシン上でプロトタイプを作成したのち、実用システムを別の環境で再開発する例が多い理由のひとつは、専門家向きのインタフェースではエンドユーザに使わせるのが難しいことによる。

一方、パーソナル・コンピュータ上のシェルは、提供できる機能こそ少ないが、エンドユーザにとっての

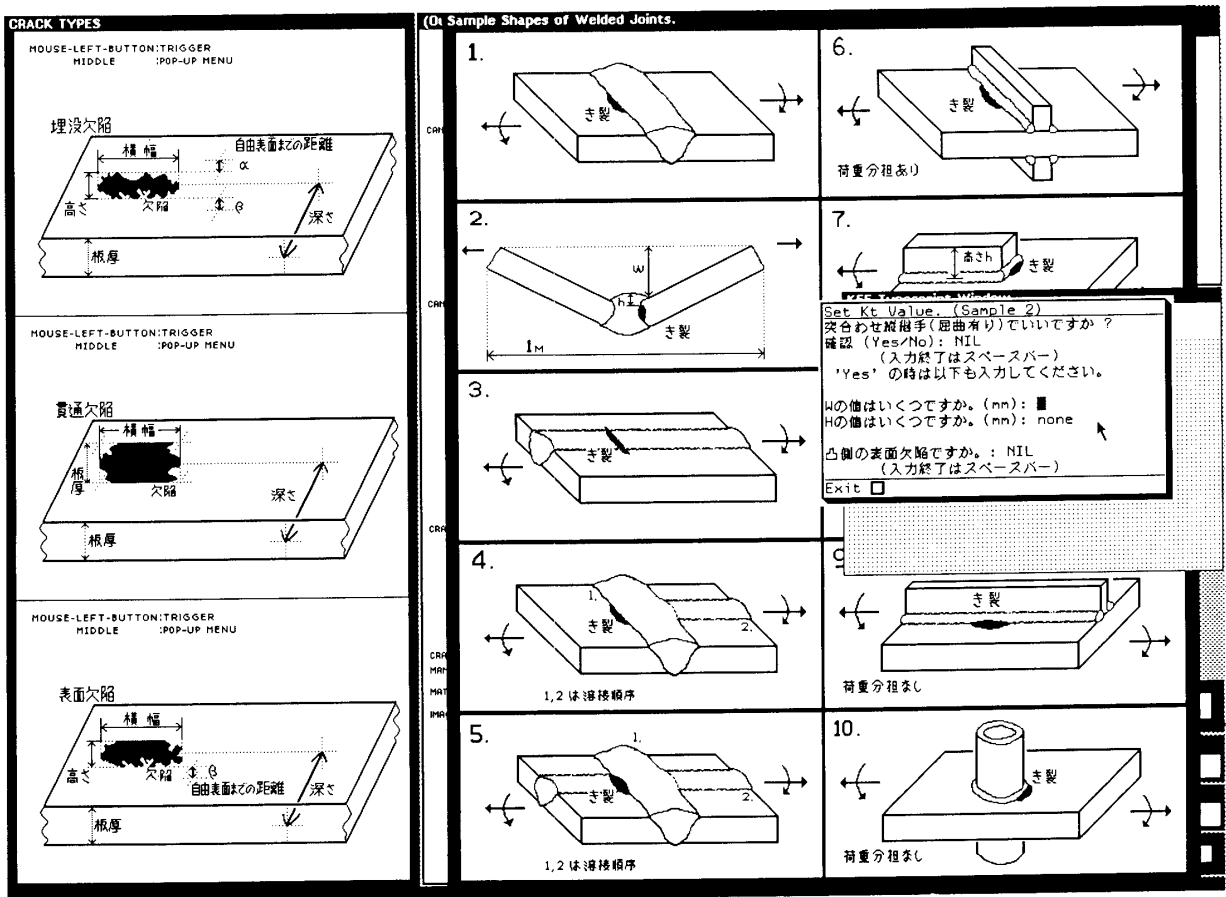


図3 エキスパートシェルによるエンドユーザ向きインタフェースの実現例 (画面のハードコピー)

使い勝手の良さを重視しており、システム開発者自らが推論機構を実現するよりははるかに容易に利用できる、目的によっては相当の効果を期待できる。それは、エンドユーザ向けのインタフェースに対する以下の要件を満足させるものが多いからである。第1にエキスパートシステムがハードウェア、ソフトウェアを含めて安価で実現できることである。これについては説明は不要であろう。第2には、自然言語インタフェース、それも日本語インタフェースを提供する必要がある。この意味では、わが国はアメリカなどに比較するとエキスパートシステム技術に対して最初から大きなハンディキャップを負っていることになる。しかし、たとえば、MICCS<sup>(36)</sup>、創玄<sup>(37)</sup>などのシェルは疑似的にはあるが、日本語による質問応答機能を備えており、また、ルールには Canned Text の形で文章、グラフィックイメージなどのさまざまな説明情報を付加することができる。第3には、エンドユーザが日常慣れ親しんである概念をモデルとして組み込んでいることである。たとえば、GURU<sup>(38)</sup>などは、データベース、スプレッドシートに加え、ビジネスグラフィクスなどのプレゼンテーション用インタフェースを備えている。これらの概念をサポートするインタフェースは、どのような分野のエキスパートシステムにも必要であろう。

しかし、エキスパートシステムのエンドユーザインタフェースについては、他のソフトウェアシステムと同様、シェルでサポートできる範囲は少なく、今後の研究が重要である。特に、エンドユーザインタフェースとして評価の高い直接操作 (Direct Manipulation)<sup>(39)</sup> の概念を実現しようとする、シェルを使う使わないにかかわらず膨大な開発作業が必要となる。

例として、われわれが試作した溶接物の欠陥評価を行うエキスパートシステムの画面を図3に示す<sup>(40)</sup>。本システムは、規準書に規定された欠陥評価を行うという非常に狭い範囲の問題を扱っており、機能的には、従来の手続き型プログラムとして開発することも比較的容易である。本エキスパートシステムの目的は、既存のシェルを利用してエンドユーザインタフェースを開発する場合の手間とインタフェースの評価を行うことであった。その結果、明らかとなったのは、シェルがまったくない状態からエンドユーザインタフェースを開発するのに比較すると開発作業そのものは容易になるものの、シェルの提供できる知識表現とエンドユーザのシステムに対するイメージとのギャップは大きく、特に、図3にあるような日本語やグラフィクス、

ポップアップメニューなどを備えたきめの細かいインタフェースを実現するには、従来型のプログラムに頼らなければならない面が多いということである。

## 6. おわりに

本稿では、現在入手可能なシェルを中心に、エキスパートシステムシェルのインタフェースの現状と問題点とについて、開発者、専門家、エンドユーザの3つの視点から論じた。本稿では特定のシェルにとらわれないように議論をすすめてきたが、シェルを特定すれば、より適切な記述が可能であったかもしれない。この方向からエキスパートシステムシェルを考察した文献も存在するので興味のある方は参照されたい<sup>(41)</sup>。

今後、エキスパートシステムシェルのインタフェースをより充実させる方向にはいろいろな考え方がある<sup>(42)</sup>。筆者は次の3つの立場からの研究開発が重要であると考えている。第1は、知識表現技術の充実、適切な抽象レベルの設定、エキスパートシステム開発方法論の整備という、3、4節で論じた課題に共通するアプローチである。これに関しては、ジェネリックタスク<sup>(43)</sup>の考え方およびそれに関連する研究に注目する必要がある。第2は、より現実のエキスパートシステムに近いところ、すなわち、対象分野に近いところでインタフェースの課題を考察するという、4、5節で論じた方向からのアプローチである。これは、知識処理技術ばかりでなく、ソフトウェア工学全般の課題であり、特に今後は、より基礎的な認知科学的研究が重要となる<sup>(8)(44)(45)</sup>。第3は、現在のエキスパートシステムシェルをどのように評価し、現実の問題解決(エキスパートシステム開発)に利用していくかという課題である。このためには、ある程度客観性のあるエキスパートシステムシェルの評価基準を作る必要もあろう。この課題については、現在さまざまな機関で調査研究が実施されている。さらに、われわれの考え方についても別の機会に発表の予定である<sup>(46)</sup>。

## 謝 辞

本研究の機会を与えてくださった当所・情報システム部長若林剛氏、知識処理研究室長鈴木道夫氏に感謝の意を表します。また、本稿を取りまとめるにあたっては、当所の知識処理研究会における討論、ならびに、ICOT/JIPDEC-AI センターの知識処理技術調査委員会、ICOTのKSS-WG、KAS-WGにおける討論がたいへん参考となった。あわせてメンバー諸氏に感謝の意を表します。

## ◇ 参 考 文 献 ◇

- (1) Hayes-Roth, F., Waterman, D. A. and Lenat, D. B. (eds.): Building Expert Systems, Addison-Wesley (1983).
- (2) Waterman, D. A.: A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley (1985).
- (3) Harmon, P. and King, D.: Expert Systems—Artificial Intelligence in Business, John-Wiley (1985).
- (4) 寺野隆雄: 電力分野における人工知能適用の将来展望, 電気四学会関西支部専門講習会講演論文集; 電力分野における最近の計算機応用技術, pp. 91-98, (1987).
- (5) 佐々木浩二, 嶋田 晋: 知識工学の産業への応用, 人工知能学会誌, Vol. 1, No. 1, pp. 64-71 (1986).
- (6) 諏訪 基, ほか: エキスパート・システム開発事例にみる知識獲得の諸相, 計測と制御, Vol. 25, No. 9, pp. 801-809 (1986).
- (7) 情報処理とヒューマンファクタ調査委員会: 情報処理とヒューマンファクタ, 電気学会技術報告(Ⅱ部), 第212号 (1986).
- (8) Norman, D. A. and Draper, S. W. (eds.): User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction, Lawrence-Erlbaum (1986).
- (9) Shortliffe, E. H.: Computer-Based Medical Consultation, MYCIN, Elsevier (1976).
- (10) Buchanan, B. G. and Shortliffe, E. H. (eds.): Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments, Addison-Wesley (1984).
- (11) Sheil, B. A.: Power Tools for Programmers, in (13), pp. 19-30 (1984).
- (12) 溝口理一郎, 角所 収: エキスパート・システムにおける新しい研究動向, in (23), pp. 207-217 (1987).
- (13) Barstow, D. R., Shrobe, H. E. and Sandwall, E. (eds.): Interactive Programming Environments, McGraw-Hill (1984).
- (14) 日経コンピュータ別冊: AI; 実用化の夜明け (1985).
- (15) 日刊工業新聞社: 人工知能ウォーズ, NK-MOOK, No. 31 (1985).
- (16) Brownston, L. S., Farrel, R. G., Kant, E. and Martin, N.: Programming Expert Systems in OPS 5, Addison-Wesley (1985).
- (17) Clayton, B.: ART Programming Primer, Inference Corp. (1985).
- (18) Fikes, R. and Kehler, T. P.: The role of frame-based representation in reasoning. Comm. ACM, Vol. 28, No. 9, pp. 904-920 (1985).
- (19) Popper, J. and Kahn, G.: Knowledge Craft: An environment for rapid prototyping of expert systems, Proc. SME Conf. on A. I. for the Automotive Industry (1986).
- (20) 富士通株式会社: Eshell 解説書—エキスパート・システム構築ソフトウェア, 99 AR-3030-1 (1985).
- (21) Richer, M. H.: An evaluation of expert system development tools, Expert Systems, Vol. 3, No. 3, pp. 166-183 (1986).
- (22) 寺野隆雄: 知識システムの構築環境, 計測自動制御学会講習会資料—エキスパートシステム: 方法論と応用 (1987).
- (23) 情報処理, 特集: エキスパート・システム, Vol. 28, No. 2 (1987).
- (24) McDermott, J.: R1: A rule-based configurer of computer systems, Artif. Intell., Vol. 19, No. 1, pp. 39-88 (1982).
- (25) Forgy, C. L.: OPS 83 Report, Technical Report CMU-CS-84-133, Dept. Computer Science, Carnegie-Mellon University (1984).
- (26) Fox, M. S. and Smith, S. F.: ISIS: A knowledge-based system for factory scheduling, Expert Systems, Vol. 1, No. 1, pp. 25-49 (1984).
- (27) Smith, S. F., Fox, M. S. and Ow, P. S.: Constructing and Maintaining Detailed Production Plans: Investigations into the development of knowledge-based factory scheduling systems, The AI Magazine, Vol. 7, No. 4, pp. 45-61 (1986).
- (28) Kawato, N., Saito, S. and Sugimoto, H.: DDL/SX: A Rule-based expert system for logic circuit synthesis., Proc. Int. Symposium on Circuits and Systems, Kyoto, IEEE-CAS, pp. 885-888 (1985).
- (29) de Kleer, J.: An assumption-based truth maintenance system, Artif. Intell., Vol. 28, No. 2, pp. 127-162 (1986).
- (30) Nishimori, T.: AI—An application in Kansai Electric Power—Maintenance scheduling of electric power systems, UNIPEDE/CORECH-IERE Workshop on Expert Systems (1987).
- (31) Doyle, J.: A truth maintenance system, Artif. Intell., Vol. 24, No. 3, pp. 231-272 (1979).
- (32) Faught, W. S.: Application of AI in engineering, IEEE Computer, Vol. 19, No. 7, pp. 17-27 (1986).
- (33) Faught, W. S.: Functional specifications for AI software tools for electric power applications, EPRI Report NP-4141, Research Project 2582-1 (1985).
- (34) 篠原靖志, 寺野隆雄: 関係の階層化を利用した知識ベース構築支援システム, 電子通信学会技術研究報告; 人工知能と知識処理研究会資料, AI 86-32 (1986).
- (35) 嶋津恵子, 土井宏之: Note cards, Information, Vol. 5, No. 8 (1986).
- (36) 古在豊樹(監修), 星 岳彦(著): 農業用コンサルテーションシステム(MICCS), (株)インフォメーションサイエンス (1985).
- (37) エー・アイ・ソフト(株): 日本語エキスパートシェル創玄: 操作マニュアル (1986).
- (38) Holsapple, C. W. and Whinston, A. B.: Manager's Guide of Expert Systems Using Guru, Dow Jones-Irwin, Homewood (1986).
- (39) Shneiderman, B.: Direct Manipulation: A step beyond programming languages, IEEE Computer, Vol. 16, No. 8, pp. 57-69 (1983).
- (40) 矢沢利弘, 寺野隆雄: 溶接構造物の健全性評価エキスパート・システムの開発と技術評価, 電力中央研究所報告, 研究報告〔準備中〕(1987).
- (41) Kidd, A. L. and Cooper, M. B.: Man-Machine interface issues in the construction and use of an expert system, Int. J. on Man-Machine Studies, Vol. 22, No. 1, pp. 91-102 (1985).
- (42) Carroll, J. M. and McKendree, J.: Interface design issues for advice-giving expert systems, Comm. ACM., Vol. 30, No. 1, pp. 14-31 (1987).
- (43) Chandrasekaran, B.: Generic Tasks in Knowledge-Based Reasoning: High-level building blocks for expert system design, IEEE Expert, Vol. 1, No. 3, pp. 23-30 (1986).
- (44) Card, S. K., Moran, T. P. and Newell, A.: The Psychology of Human-Computer Interaction, Lawrence-

Erlbaum (1983).  
(45) 佐伯 胖：認知科学の方法；認知科学選書 10，東京大学出版会 (1986).

(46) 寺野隆雄：エキスパート・システム開発ツールの一評価方法，人工知能学会全国大会〔準備中〕(1987).

---

著 者 紹 介

---



寺野 隆雄 (正会員)

昭和 51 年東京大学工学部計数工学科卒業，昭和 53 年同大学院工学系研究科情報工学修士課程修了，同年 (財) 電力中央研究所に入所，現在，同所・経済研究所情報システム部知識処理研究室主査研究員，専門は，知識工学，ソフトウェア工学，最近は特にエンジニアリング分野のエキスパートシステムに興味をもつ，AIUEO，情報処理学会，日本 OR 学会，電気学会会員。

---