

## エキスパートシステム開発事例にみる知識獲得の諸相

諏訪 基\*・小林 重信\*\*  
 いわ した やす お\*\*・くに ふじ すすむ\*\*\*  
 岩 下 安 男\*\*\*・國 藤 進\*\*\*

## 1. はじめに

本稿は昭和60年度に(財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)が(社)日本機械工業連合会から受託した「新世代コンピュータに関する技術開発動向及び適用分野等の調査研究事業」として実施した“エキスパートシステムにおける知識獲得の様相”に関する調査結果をもとに、著者らの見解をまとめたものである。本調査においては、エキスパートシステム構築の最大の隘路となっている知識獲得問題に対して、解決のための知見を得ることを目途として、エキスパートシステム開発事例の知識獲得に関するヒアリングを行い、その調査結果をまとめた。そこで本稿では、まず上記調査結果の簡単な要約を紹介し、ついでそれに対する著者らの考察結果を述べる。

エキスパートシステムの発展の中で、知識の表現・利用を支援するツールの整備が急速になされつつある。しかし、現実世界で人間が問題解決を行う際、人間の扱う知識はきわめて多様かつあいまいである。そのような知識をAIツールの入力情報として利用するには、知識の表現や利用に関する問題の解決以前に、知識の獲得に関する基本問題が解決されなければならない。知識獲得問題の研究は、知識の表現・利用問題の研究に比べて遅れているが、最も重要な課題のひとつであるといえよう。

文献1), 2)で筆者が指摘したように、知識獲得問題はつぎの3局面からなる。

## ●知識獲得問題の第1局面：知識抽出問題

さまざまな応用分野の専門家の頭の中にあって具体的な問題解決に役立ってはいるものの、それをはっきりした記号(言語)で表現したことがないような知識をどのようにして収集し、整理・分析するかという局面。

## ●知識獲得問題の第2局面：知識変換問題

第1局面を通して得られた専門的知識を、計算機システムで処理できるように、どのような知識表現形式に変換・加工し、格納するかという局面。

## ●知識獲得問題の第3局面：知識ベース管理問題

第2局面を通して得られた抽象化された知識に対する新たな知識の追加・修正に対して、格納・蓄積されている知識体系全体をいかに矛盾なく、かつ系統的に管理していくかという局面。

ここでの関心は、実用的見地からいって、主として第1および第2の局面にある。その理由は、第3局面についてはすでに著者らの研究<sup>2), 3)</sup>により、かなり系統的にその解決法が調べられ、その解決の方向と計算量からみての困難さ<sup>4), 5)</sup>がわかってきたからである。第1および第2の局面を攻略するにあたって、独断と偏見で枠組みを当てはめるのではなく、実際にエキスパートシステムを開発した当事者から知識獲得の方法をヒアリングによって聞き出すというやり方を採用した。ヒアリングにあたっては、可能な限り専門分野の異なる例を調査した。具体的には知識獲得に関する調査票に基づきヒアリングを行い、その結果をできるだけ客観的に分析する。

## 2. 開発事例紹介

本章では、知識獲得に関するヒアリングを行ったつぎの9エキスパートシステム開発事例について、それぞれの簡単な紹介を行い、さらにそれらの特徴を分

\* 電子技術総合研究所 茨城県新治郡桜村梅園 1-1-4

\*\* 東京工業大学大学院総合理工学研究所  
横浜市緑区長津田 4259

\*\*\* ICOT 東京都港区三田 1-4-28 三田国際ビル

\*\*\*\* 富士通(株) 国際情報社会科学研究所  
沼津市宮本 140

キーワード：知識獲得(knowledge acquisition), エキスパートシステム(expert system), 知識源(knowledge source), 知識の抽出(extracting knowledge), 知識システム方法論(a methodology for building knowledge-based system).

類・整理する。

(1) 製造ラインにおけるエキスパートシステム…  
日立製作所<sup>6)</sup>

本システムは製品モデルチェンジなどに対応容易な物流ライン制御ソフトを知識処理のパラダイムによって実現したもので、制御規則を改変容易なルール型知識として記述することにより柔軟性のあるシステムを実現している。本システムはエキスパートシステムというよりも、ルール型制御の実用版として先駆的なものといえよう。改変性・保守性の向上、ソフトウェア開発工数の大幅削減にその特徴がある。

(2) 電力系統解析支援エキスパートシステム…  
三菱電機<sup>7)</sup>

本システムは電力系統の計画業務を省力化し、適切な計画案を効率良く作成するにはどのような支援環境が必要かという観点から検討されたもので、計画立案のための知識ベース、親しみやすいインタフェース、機器や解析データを管理するデータベースや高速なインタラクション機能の統合された知的支援環境を目指したものである。知識ベースの導入により、専門家が 1 時間近くかかった問題を 2 分で解けるようになったことからわかるように、解析時間の大幅な短縮にその特徴がある。

(3) パーソナルファイナンスアドバイザー…富士通<sup>8)</sup>

本システムはエキスパートシステム構築支援ツール ESHELL の評価を目的として試作された個人財産相談エキスパートシステムのプロトタイプである。サラリーマンを対象とし、利用者の家族構成や現在の資産状況などをもとに家計の将来について予測し、住居取得などに対して実現可能性の評価・助言を行う。

(4) 大型直流電動機故障診断システム…東芝<sup>9)</sup>

本システムは知識ベースシステム構築ツール TDES 2 上に開発された大型直流電動機（金属圧延プラントにおける圧延主機）に異常状態が発生したときなどに、オペレータと対話しながら原因の推定・保守の支援を行うシステムである。本システムは知識のモジュール化、不確かなデータの取り扱いの重視、テキストの重視にその特徴がある。

(5) ダムゲートの余寿命診断エキスパートシステム…電力中央研究所<sup>10)</sup>

本システムは、ダムゲートのデータベースから変位・応力などの定量的な観測データならびに外観状態などの定性的なデータを、また簡易解析システムから測定データに対応する解析値を取り込んで、個々のダムゲートの総合的な余寿命の診断・評価を行うシステ

ムである。本システムは安全性評価、余寿命予測、補修の必要時期という 3 つの属性で、与えられた定量的・定性的データから結論しうるすべての解を表示するところにその特徴がある。

(6) LSI 配線設計エキスパートシステム…日本電気<sup>11)</sup>

本システムは LSI の自動配線プログラムでは結線できなかった端子間を配線するエキスパートシステムで、熟練者の配線のノウハウをルール形式で表現し、知識ベースに格納・利用しており、配線設計の非専門家でもこのシステムを用いれば良質の設計を短時間に完成することができる。本システムの特徴は、既存の CAD システムとの結合をはかるため、Fortran とリンク可能な Prolog 処理系 CADLOG を作成し、そのうに開発したことである。

(7) レンズ設計エキスパートシステム…  
キヤノン<sup>12)</sup>

本システムはレンズ設計の方式・機能設計という初期設計段階の設計作業を代行するシステムで、レンズシステムの仕様や骨組みのパラメータの値の変更が指示されると、システムの類型設計のプランや CAD の知識などによって、新しいレンズシステムを自動生成する。本システムは初期状態生成、CAD コマンド自動生成、設計プラン自動化などといった支援機能をもつが、知識獲得にさいして弟子入り方式を採用したので注目される。

(8) 計算機室機器レイアウト CAD…  
日立製作所<sup>13)</sup>

本システムは計算機システムの技術サービスに従事するシステム・エンジニアの業務である計算機機器の室内レイアウト作業を、知識処理手法によって自動化したエキスパートシステムである。本システムは前向き推論によって意味的制約を守った計画を作成する。領域固有の知識を使用するため、計算速度は速いが、扱える問題領域は狭い。本システムで取り扱っている問題は基本的に探索問題であるが、従来手法では意味的制約の処理が困難なため、知識処理手法が活用された。

(9) 特許法エキスパートシステム…電子技術総合研究所<sup>14)</sup>

本システムは特許法の手続き法に関するコンサルテーション・システムで、手続き法記述上の諸問題を解決するために、KRIP/L というオブジェクト指向と区間論理式という考え方を融合した手続き法記述論理プログラミング言語を提案し、そのうに法律のエキスパートが法律知識を知識ベース化するのに使用するエ

キスパート支援系と素人ユーザが具体的な事例のデータベースを作成し事例効果の判定を行うユーザ支援系からなる。

さて以上9種類のエキスパートシステムの概要をまとめたのが表1である。表1においては、与えられた課題の複雑さの順に、診断型、制御型、計画型、設計型のエキスパートシステムとして分類・整理した。表1を整理するとき、つぎのような諸点に留意した。

- “開発段階”欄は、プロトタイプ版と実用版の2分類とした。情報の得られたもののみ、扱える問題範囲などを付記した。
- “開発環境”欄は、上からシェル、言語、マシンの順に示した。
- “知識ベースとその規模”欄は、主にルール数を示したが、与えられた問題の知識表現法や推論方式によりルールの意味は異なるので、ルール数の大小のみにとらわれてはいけな。
- “推論機構”欄は、前向き／後向き推論の区別、あいまいさの扱いなどを示した。
- “外部とのインタフェース”欄は、外部リソース、外部プロセスとの入出力、グラフィックスなどが記入されている。
- “その他”欄は、上記項目以外で各執筆者が強調していることを掲げた。

### 3. 知識獲得の諸相

2. で述べた9種類のエキスパートシステムの知識獲得の概要をまとめたのが表2である。表2を整理するとき、つぎのような諸点に留意した。

- “参加者とその知識、役割”欄は、専門家（略称 DE）と知識工学者（略称 KE）との区別を示した。ただし、両者の境界は定かでない。
- “知識源”欄は、専門家のノウハウや図形・パターンといった非定形情報からテキスト化された記号まで、種々のレンジの知識源（略称 KS）がある。
- “補助ツール”欄は、既存 AI ツール上に構築したものか、専用ツールを開発したものか、既存資源（システム）を利用（結合）したものかの区別が重要である。
- “基本方針”欄は、与えられた課題の種類とその難しさの度合とのかねあい基本方針が異なってくる。
- “基本的な流れ”欄は、与えられた AI ツールで与えられた課題を解決するという意味で種々のフィードバック・ループをもつ問題解決の方法論とみなすこともできる。
- “詳細な経過、工数”欄は、プロトタイプ版か実用版

かで異なり、後者は与えられた問題の難しさにも依存する。

- “知識表現や量などの変化”欄は、バージョン・アップに伴い、いわゆる S 字曲線の 2 段階発展のイメージを示している。
- “最終的な知識の分類”欄は、与えられた開発環境のもとで処理可能な知識表現形式にきわめて強く依存している。
- “知識獲得の方法の詳細”欄は、今回のヒアリングの中心であるが、今回の調査は不十分だったので、今後綿密な再調査が必要である。今回のヒアリングでは、インタビュー方式か弟子入り方式かの区別に注意されたい。

- “検討事項”欄は、うまくいった点とうまくいかなかった点の代表的事項を明記した。

- “コメント”欄は、既存エキスパートシステムではうまくいかない未解決問題を中心に指摘した。

上述のエキスパートシステムにおける知識獲得の事例報告をもとに分析すると、一般に知識ベースへの知識獲得はつぎのような段階からなると考えられる。

- 1) 問題の設定：現在の AI 技術で実現可能なシステムを構築することができるか、開発するだけの価値があるかなどの評価を行い、問題を選択する。
- 2) 既存技術の評価：設定された問題に対し、従来のシステム技術で取り扱いが可能な範囲と限界を明らかにし、AI 技術導入の必要性を明らかにする。
- 3) 知識源の同定：設定された問題の解決に必要なとされる知識とその利用可能性を評価するとともに、各知識源ごとに使われる知識の質と量を分析する。
- 4) 専門家モデルの同定：主要な知識源が人間の専門家の場合、その専門家がどのような知識を、どのような問題解決戦略および推論方法に従って用いているのか、その基本的な枠組みを明らかにする。
- 5) ユーザモデルの同定：構築しようとしているシステムの利用者は、システムに何を期待し、どのような使い方をするのか、その基本的な枠組みを明らかにする。
- 6) 知識表現の選択：3)～5)の分析結果に基づき、適切な知識表現形式の選択または組合せを行う。
- 7) 知識の抽出：6) で選択された知識表現の枠組みのもとで、各知識源に存在する知識を抽出する。
- 8) 知識の変換：7) で抽出された知識を計算機で利用可能な形式に変換し、実際に計算機に移植する。
- 9) 知識ベースの管理：知識ベースに追加される知識の整合性を検証したり、外から与えられる知識を説明する知識を知識ベース内に自動構築する。

表 1 エキスパートシステムの概要

項目	分類	開発段階	開発環境 (言語・マシン)	知識ベースとその規模	推論機構	外部とのインタフェース	その他
システム名 大型直流電動機故障 診断システム	診断	プロトタイプ開発完了 (専門家の即答範囲の 50% 実用版を開発中)	TDES 2 Lisp-7 Tosbac 7/70 (制御用ミニコン)	ルール (確信度付き) モジュール化 200 40 故障数 入力データ 1,000	前向き/後向き 条件分岐 確率計算	監視系からの オンライン・データ入力	
ダムゲートの余寿命 診断エキスパートシ ステム	診断	プロトタイプ開発完了 将来は現場で使えるよ うにする	KEE-2 ZETA-LISP SYMBOLICS 3670	フレーム 200 ルール 40 メソッド 70	前向き/後向き 評価用スコアと 複数解	大型計算機上の ・関係型データベース ・数値解析プログラム	
パーソナルプロファイナ ンスアドバイザ	診断 (住宅購入のコン サルテーション ション)	プロトタイプ開発完了 (扱える問題領域は狭 い)	ESHELL UTILISP FACOM M 380 R	フレーム 97 黒板 6 ルール 90(知識源16)	前向き 黒板モデル	パソコンにグラフ表示	
特許法エキスパート システム	診断 (特許法のコン サルテーション ション)	プロトタイプ開発完了 将来は PSI 上で特許 法全文をのせる	なし KRIP/L, Prolog-KABA PC 9801	オブジェクト (クォータ数50) 区間論理式 40 Prolog	原則として後向 きメッセージ通信 併用	なし	条文の組合せにより推 論
製造ラインにおける エキスパートシステ ム	制御 (製造ラインの) (物流制御)	実用版開発完了	(不明) HIDIC-V 90/50 (制御用ミニコン)	ルール (変数付き ユーザ定義手続き) 528 ルール群	前向き	マイクロコンピュータを 通して ・実プロセスからの信号 センス ・制御信号出力	・制御ソフト開発の効 率化 ・改変性・保守性の向 上 ・生産技術者でもわか る
電力系統解析支援エ キスパートシステム	計画 (電力系統解 析・計画支援)	プロトタイプ開発完了 今後は知識ベースを充 実する	なし FORTRAN 77, C-Prolog Apollo DN- 420 (ワークステーション), VAX 11/780 (ホスト)	ルール 150 プログラムベース データベース	後向き	解析計算ソフトウェア グラフィックインタフェ ース	・親しみやすいマンマ シン・インタフェエ ース ・解析計算の高速化
LSI 配線設計用エキ スパートシステム	設計 (人間が介入)	実用版開発完了 (普通の専門家程度)	CADLOG Prolog NEC MS/190	ルール 300 メタ知識	後向き 手続きの制御	CAD システム (FORTRAN) CAD データベース	
レンズ設計エキスパ ートシステム	設計 (支援)	実用版開発完了 テスト前	独自シミュ ZETA-LISP SYMBOLICS 3600	フレーム ルール (Lisp 記述可) 500~600 ルール群	前向き	CAD	
計算機室機器レイア ウト CAD	設計	実用版開発完了 (扱える問題領域は狭 い)	なし UTILISP M 200 H	フレーム 400 ルール 400 手続き 1,000	前向き	FORTRAN グラフィックルーチン	・意味的制約を守った レイアウト

表 2.1 知識獲得の概要 (1)

項目 システム名	知識獲得環境		知識獲得の経過			知識獲得の方法 の詳細	検討事項	コメント
	参加者とその役割	知識源	補助ツール	基本方針	基本的な流れ	詳細な経過、工数	知識表現や量などの変化	最終的な知識の分類
大型直流電動機故障診断システム	DE 2 KE 3	専門家、学会、技術報告、教科書、論文、社内資料、データ、相談	知識ベース、エディタ、説明機能	PS による専門家の知識、推論方法の近似	問題設定から問題試験までのフェーズ	問題設定、第1次開発、第2次開発	診断という観点から故障診断知識の構築、不確実な知識から確実な知識を得るための知識の調査に重点	DE が KE を一部兼ねていたのでうまくいった。現実的な知識の調整に労
ダムゲートの余寿命診断エキスパートシステム	DE 2 KE 3	対象物の構造、DB & Fortran への組み込み知識、経験的知識	Lisp 環境 + KEE	既存システムから深い知識を得る経験則の定式化	DB & Fortran 部までに3～4年、ES 部に5ヶ月	DB & Fortran 部、ES 部、知識ベース	システムの動かしながらかの追加、インタビュー行わず	経験のまとめ方がうまく、既存システムの高利用方式を実現。既存システムと密結合できないことやデータ中の異常値処理に不十分
パーソナルファインアナライザ	DE 2 KE 1	専門家、雑誌、教科書、データ	ESHELL、ユーティリティ、履歴採取機能	ESHELL の知識表現に合うように抽出、変換	利用者モデル設定からデバッグ検証までの6フェーズ	イメージ作り、モデリング、予商品追加、予測・判断に6週間	教科書からの抽出、インタビュー、プロトコル解析の3種を併用	インタビュー法でうまくいった。フレーム、KB、KS などの知識表現の長短がわかった。
特許法エキスパートシステム	DE 2 KE 1	専門家、専門書	エディタ、スレクタ、推論エンジン、説明機能	法律専門家の分析を参考に記述	問題分析から評価までの5フェーズ	84年10月からスタートし段階の開発・改良	KB の知識はオブジェクト、区間論理式、Prolog で記述	例外規定、時間表現などの記述はうまくいった。知識表現形式の任意性に問題あり
製造ラインにおけるエキスパートシステム	DE ? KE ?	専門家	実験前に条件やルールの抜けを人手で論理的にチェック	ルールベースを構成する制約ルールの分類に特色あり	システム設計から統合デバッグまでの4フェーズ	従来手法による6人・月が1.9人・月に減少	制御ソフトウェア開発の効率化、変遷性・保守性の向上などを目的とした先駆的システムで、知識獲得は DE と KE との共同作業	ソフトウェア開発工数が従来手法の1/3



以上からわかるように、広義の知識獲得は 1)～9) の 9 の段階で構成されるが、システム工学の用語法でいえば、1)～6) の段階はシステム分析、7)～9) の段階はモデリングに相当する。本格的な専門的知識が要請される対象ほど、モデリングよりもシステム分析の方法の適用が重要なウェイトを占めることに注意されたい。したがって、与えられた問題に対して、AI 技術を冷静に評価・選択し、システム分析とモデリングの方法論を有機的に結合したエキスパートシステム構築のための新しい方法論を開拓することが当面最も重要な検討課題である。

#### 4. 知識獲得の方法論<sup>15), 16)</sup>

エキスパートシステムの応用分野のうち、①データ解釈、②診断、③監視と制御、④計画と設計、の 4 分野<sup>16)</sup>における問題の基本的な性格と知識獲得上の問題について考察する。

##### ① データ解釈における知識獲得

データ解釈とは、計測器やセンサを通じて観測されたデータを分析して、システムの状態を推定し、これに物理的な意味づけを与える解釈を行うことをいう。音声データ、画像データ、信号データ、スペクトルデータなどの解釈が対象とされる。

データ解釈における知識獲得は、連続的なアナログデータを意味のある単位でセグメントに分割し、各セグメントを記号的に特徴づけるとともに、セグメント間に存在する高次の相関を形式化する知識を抽出することが基本になる。従来の信号処理技術やデータ解析技術では、データ間の低次相関を把握することはできても、高次相関は計算量の面からみて事実上不可能である。ここに知識処理の必要が生じる。

データ解釈に利用される知識は、対象システムの構造や性質に関する知識と人間の専門家による経験的知識に分かれる。どちらの知識のウェイトが高いかにより、知識獲得の様相は異なる。前者のウェイトが高い場合、知識獲得は対象の構造をどう形式化するかに力点がおかれる。後者のウェイトが高い場合、知識獲得は人間のパターン認識的知識をどう記号化するかに力点がおかれる。

データ解釈では、データの欠落やノイズの存在を前提として、知識の表現と利用を考える必要がある。知識の表現においてはあいまい性の導入、知識の利用においては黑板モデルに代表される協調型推論が要請される。あいまいな知識や協調型推論に関する知識獲得の基本データは人間の専門家から得るとしても、システム論的観点からこれらの知識を再構成し、最適化する

ことが不可欠である。

##### ② 診断における知識獲得

診断とは、システムに生じた異常の原因を同定するために、観測されたデータおよびシステムにおける因果関係の知識を利用することをいう。医学における診断、プラントにおける異常診断、機械設備における故障診断などが対象とされる。診断における知識獲得は、診断対象が自然システムか、人工システムかによって、その様相が異なる。

生体のような自然システムの場合、マクロな構造についての定性的な知識は知られていても、ミクロな構造についてはほとんどブラックボックス的であり、人間の専門家の経験に基づく表層的な因果関係知識に頼らざるをえない。そのような知識はあいまい性が伴い、あいまいな知識の取り扱いが大きな課題とされる。特に推論が多段階に及ぶ場合、あいまいな知識の整合性と診断結果の信頼性を確保するために、システム論的観点からあいまい知識統合化のための手法開拓が要請される。

一方、人工システムの場合、因果関係に関する知識は、システム設計レベルの知識から導出可能なはずであり、これらの知識を診断の過程で利用できるように形式化しておくことが必要である。しかし大規模システムの場合、システム構造だけの知識から原因を同定することは、それが可能であっても、計測器によるデータ取得やオペレータとの対話を必要とするときには冗長になりがちである。ここに人間の専門家の経験的知識の利用が要請される。経験的知識は表層的であっても、推論の途中結果がカットされるため異常や故障の原因箇所近傍へのアクセスには効率的である。要するにシステム構造の知識のみに依存して診断を下すことは、完全ではあっても冗長になるおそれがあり、経験的知識のみに依存して診断を下すことは、効率的ではあっても不完全になるおそれがある。この両者のトレードオフのもとでの知識獲得を考慮すべきである。

##### ③ 監視と制御における知識獲得

監視と制御とは、システムの状態を監視していて、あらかじめ設定してあった計画どおりにシステムの状態が推移するように、システムに制御を加えることである。プラントの制御、航空管制、ジョブショップ型生産システムの制御など制御問題はきわめて普遍的である。

制御対象が連続系であるか、離散系であるかにより、知識獲得の様相は異なる。連続系の場合、従来の古典的フィードバック制御や現代制御理論での接近が困難なシステムが知識処理の対象となる。たとえば時

間遅れが大きく、かつ非線形な系が対象となる。

制御系における知識獲得とは、状態空間を適当な数に分割し、分割された各副状態空間に対し適切と思われる制御則を抽出することである。状態空間の分割数を増せばそれだけきめ細かい制御が可能になるが、知識獲得のためのコストが増大する。この場合、ファジイ制御が有用である。ファジイ制御では、状態空間のいくつかの代表点に対し、人間の専門家から制御則を求め、状態空間の任意の点についてはファジイ推論によって近傍の制御則を組合せて統合化することにより制御則を導出する。この方法で知識獲得の問題は大幅に緩和される。ただし代表点の選択方法は容易ならざる問題であり、また情報量的に適切な代表点の数を設定する必要があり、試行錯誤的側面が付随する。

システムの状態が過去の履歴に著しく依存し、適切な制御則を決定するうえで多段階の推論を必要とする場合には、ファジイ制御は困難となり、通常のルールベース制御に頼らざるをえない。この場合、知識獲得に大きな負荷がかかる。ただしシステム自体がもともと自律性が高く大局的な制御さえ施せばあとは自動的に最適な状態に復帰する可能性が高い場合には、知識獲得の問題はある程度緩和される。生体の制御や高炉の制御がこのクラスに属する。

対象が離散系の場合、従来はシーケンス制御の問題とされてきたが、ルールベース制御は可読性が高く保守が容易なことから、知識獲得のうえからも有利である。ただしシステムの完全性を検証するための支援環境を必要とする。

制御システムは一般に厳しい実時間性を要求するために、獲得した知識をそのままの形式で保持するのではなく、コンパイルしたり、再組織化することにより、推論の高速化を達成することが要請される。

#### ④ 計画と設計における知識獲得

計画と設計の問題では、最適なシステムを構成するために膨大な探索が必要であり、組合せ問題を克服するために問題解決の基本制御ループを同定することが重要である。

これまでに開発されている計画・設計型エキスパートシステムの多くは、今回のヒアリング調査にみられるように、従来のシステム技術のうえに知識処理の部分を付加することにより、自動化の範囲をさらに広げたものであり、知識獲得コストと自動化によるコスト削減がバランスする点が知識処理の対象とされている。

計画や設計は、問題の性質により程度の差はあってもきわめて創造的な行為であって、同一の問題であっ

ても設計者によって異なったアプローチがなされる。

しかし基本的なアプローチは、問題分解法、階層的生成検査法、トップダウン精密化法などのいくつかの方法<sup>15)</sup>、またはその組合せからなっている。これらの基本的問題解決戦略を明らかにすることおよびその妥当性を評価することが計画や設計における知識獲得上の重要な役割と考えられる。弟子入り方式による知識獲得は、このような戦略をシステム分析者が抽出するうえで有用と思われる。

## 5. おわりに

本稿は、ICOT が昭和 60 年度に行った“エキスパートシステムにおける知識獲得の様相”に関する調査内容をもとに、著者らのエキスパートシステム開発事例における知識獲得に関する見解をまとめたものである。この調査において、著者らはエキスパートシステム構築の最大の隘路となっている知識獲得問題に対して解決のための知見を得ることを目途として、エキスパートシステム開発事例の知識獲得に関するヒアリングを行った。本調査のヒアリング結果を分析するとともに、著者らのエキスパートシステム開発における知識獲得に関する考察結果を述べた。最後に、知識獲得に関する現状分析および今後の課題を要約する。

(1) 知識獲得の過程がインタビューやプロトコル解析といった直接的方法で、あまりに経験的すぎる。大規模かつ複雑な対象を分析するという意味で、知識工学とシステム工学とは共通部分が多いはずである。システム工学方法論に精通した知識工学者の養成が急務である。

(2) 対象から得られる知識と専門家から得られる知識とを明確に分離し、前者の高次利用を考え、後者への依存を極小化すべきである。得られた知識も問題の複雑さが多様に増大するにつれて、さまざまなタイプのものがある。どういう知識源から得られたどのようなタイプの知識かによって、その高次利用の方法が異なる。

(3) 知識の表現・利用方式が決まらなないと、知識獲得方式を論じても無意味である。したがって、得られた知識のタイプによって、柔軟に知識表現法と推論エンジンが選択できることが望ましい。

(4) 知識獲得過程への学習機構の導入法には、文献 17) で述べた知識ベースエディタ、知識ベース管理<sup>17, 18)</sup>、問題定式化支援、知識獲得の半自動化への適用などが考えられる。それ以外にも、あいまいさの度合の学習、部分計算によるコンパイルされた知識の学習、発見的知識やメタ知識の学習、確率論的な帰納推



論モデルの導入, など多くの検討課題がある。

要約すると, 「はじめに AI ツールありき」ではなく, 「はじめに問題ありき」という問題の原点からの接近を図るべきである。知識工学, 認知科学とシステム工学の統合という幅広い見地のもとで, 対象とする問題を冷静に正視し, 適切なシステム分析法とモデリング法を選択・評価するためにも, 各種応用分野ごとの知識システム方法論を確立することこそ, エキスパートシステムの知識獲得支援に関心のある人々に課せられた当面最も重要な検討課題である。

謝辞 ICOT が実施した調査には, 著者らのほか, 三菱重工業(株)市川雅也氏, (株)東芝河野 毅氏, 日本電気(株)後藤 敏氏, 大阪大学真田英彦氏, 東京大学田中 博氏, (財)電力中研寺野隆雄氏, 石油資源開発(株)長田享一氏, 三菱電機(株)房岡 璋氏, 富士通(株)門前弘邦氏, (株)日立製作所渡辺俊典氏, ICOT 岡 夏樹氏が参加し, 有益なご意見をいただいた。これら各氏に感謝するとともに, ヒアリングに快く応じていただいた法人, 企業のご協力に対し, 厚くお礼申し上げます。次第である。

(昭和 61 年 7 月 23 日受付)

#### 参 考 文 献

- 1) 國藤, 北上, 宮地, 古川: 知識工学の基礎と応用 [第 4 回]—Prolog における知識ベースの管理一, 計測と制御, 24-6, 539/548 (1985)
- 2) 國藤, 北上, 宮地, 古川: 論理型言語 Prolog による知識ベースの管理, ICOT Proc. of Logic Programming Conference '85, 141/154 (1985)
- 3) 北上, 國藤, 宮地, 古川: 論理プログラミング言語 Prolog による知識ベース管理システム, 情報処理, 26-11, 1283/1295 (1985)
- 4) 國藤, 古川: 学習システム研究の現状と課題, 本号.
- 5) 菅原, 外山: 帰納的推論の理論, 同上.
- 6) 都島, 田代, 鷹田, 馬場, 高倉: 流れ作業ライン制御へのルール型制御方式の適用, 計測自動制御学会論文集, 21-10, 1113/1120 (1985)
- 7) R. Fujiwara, T. Sakaguchi, Y. Kohno, H. Suzuki: An Intelligent Load Flow Engine for Power System Planning, IEEE Proc. of Power Industry Computer Application Conference, 236/241 (1985)
- 8) 門前, 宇佐見: 黒板モデルを採用した商用 AI ツール「ESHELL」, 日経コンピュータ, 1985 年 6 月 10 日号 (1985)
- 9) 川北, 森田, 高良: 大形直流電動機の故障診断知識の分析とその結果に基づく診断システムの開発, 情報処理学会「知識情報処理シンポジウム」, 87/96 (1985)
- 10) 寺野, 篠原, 松井, 中村, 松浦: 発電所のダムゲート余寿命診断エキスパートシステム, 情報処理学会第 32 回全国大会講演論文集 2L-3 (1986)
- 11) 後藤, 森, 藤田, 光本: 対話型配線設計の処理時間を短縮する LSI 配線設計用エキスパート・システム, 日経エレクトロニクス, 1985 年 11 月 4 日号 (1985)
- 12) 菊地, 飛鳥井, 加藤, 佐々木, 浅野: レンズ設計エキスパートシステム, 情報処理学会「知識工学と人工知能研究会」資料 44-4 (1986)
- 13) 渡辺, 安信, 佐々木, 山中: 知識処理の計算機室機器レイアウト CAD への応用, 情報処理学会「記号処理研究会」資料 33-1 (1985)
- 14) 新田, 長尾: 工業所有権法エキスパートシステムの事例問題解決機能, ICOT Proc. of Logic Programming Conference '85, 375/386 (1985)
- 15) 小林: 知識工学の基礎と応用 [第 5 回]—エキスパートシステム (1)—, 計測と制御, 24-8, 730/739 (1985)
- 16) 小林: 知識工学の基礎と応用 [第 6 回]—エキスパートシステム (2)—, 計測と制御, 24-9, 838/840 (1985)
- 17) 諏訪: 知識工学と応用人工知能, システムと制御, 30-5, 269/273 (1986)