

川崎製鉄技報  
KAWASAKI STEEL GIHO  
Vol. 23(1991) No.3

---

エキスパートシステム開発基盤の整備

Establishment of Foundation for Expert System Development

福村 聡(Satoshi Fukumura) 新井 慎也(Shinya Arai) 佐能 克明(Katsuaki Sanou)

---

要旨：

川崎製鉄におけるエキスパートシステムの普及促進を図るため、システム開発基盤の整備を行った。その具体的施策としては、開発手順の標準化として「エキスパートシステム開発ガイド」、および開発用シールの標準化として「エキスパートシステム構築支援ツール」の開発が中心である。前者では、エキスパートシステムの適用判定基準、開発手順の進め方、各作業工程での作業内容・留意点などをまとめた。後者では、計算機環境への依存をなくすこと、ツールへの習熟が容易であること。特にニーズの多い計画問題で使いやすい仮説推論機能をもたせることなどに工夫した。1989年以降、これらを利用したアプリケーション開発事例も次第に蓄積されつつあり、効果をあげている。

---

Synopsis：

In order to popularize expert system (ES) technology. Kawasaki Steel has compiled "ES development guide book" and made "ES development tool". The former is aimed at standardization of system developing process and suggests how to select a proper problem and how to proceed with development projects. The latter is aimed at standardization of tools (including programming language) and designed to be independent of computer environment and to have a hypothetical reasoning function for planning systems. Since 1989 the number of applications using these tools is increasing, and they are contributing to effective and efficient system development.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

|                   |
|-------------------|
| 本文は次のページから閲覧できます。 |
|-------------------|

## Establishment of Foundation for Expert System Development



福村 聡  
Satoshi Fukumura  
システム部システム研  
究室 主任研究員 (課  
長)

新井 慎也  
Shinya Arai  
システム部システム研  
究室 主任研究員 (課  
長)

佐能 克明  
Katsuaki Sanou  
システム部 部付 (掛  
長)

### 1 緒 言

近年めざましい発達を遂げてきた AI (artificial intelligence) 技術の中で、エキスパートシステムがその実用面において最も進んでいることは衆目の一致する所であろう。当社における AI 技術の導入もエキスパートシステムを中心として進んでいる。その導入の過程は、技術習得を目的とした「実験」からスタートし、実用化技術としての「評価」の時期を経て、「普及のための課題解決」を意識した適用研究に移り、いままさに「普及・拡大」の時代に入ろうとしている。言葉を換えて言えば、シーズ先行の時代からニーズ主導の時代へと移ろうとしているのである。

このような経緯の中で、当社ではエキスパートシステムの普及促進を図るため、システム開発基盤の整備が必須と考え、1988 年より「エキスパートシステム開発ガイド」および「エキスパートシステム構築支援ツール」を 2 本の柱として作成してきた。さらに全社に分散する人材および技術の共有化を図るため、AI 情報交流会という技術情報交換の場を作り、技術力の向上に努めている。

当論文では、エキスパートシステム開発における問題点を明確にした上で、それを解決するための開発基盤整備活動の概要、その中心をなすエキスパートシステム開発ガイド、およびエキスパートシステム構築支援ツールの紹介を行い、最後に今後の課題についてまとめる。

### 2 エキスパートシステム開発における問題点

当社におけるエキスパートシステムの適用は、1982 年より開始し、すでに約 30 件のシステムが開発過程を終了し、さらに 20 件以上が製作段階もしくは試行段階に入っている (Fig. 1)。

これらのなかには初期の技術実験的性格のものや、研究開発テ-

### 要旨

川崎製鉄におけるエキスパートシステムの普及促進を図るため、システム開発基盤の整備を行った。その具体的施策としては、開発手順の標準化として「エキスパートシステム開発ガイド」、および開発用ツールの標準化として「エキスパートシステム構築支援ツール」の開発が中心である。前者では、エキスパートシステムの適用判定基準、開発手順の進め方、各作業工程での作業内容・留意点などをまとめた。後者では、計算機環境への依存をなくすこと、ツールへの習熟が容易であること、特にニーズの多い計画問題で使いやすい仮説推論機能をもたせることなどに工夫した。

1989 年以降、これらを利用したアプリケーション開発事例も次第に蓄積されつつあり、効果をあげている。

### Synopsis:

In order to popularize expert system (ES) technology, Kawasaki Steel has compiled "ES development guide book" and made "ES development tool". The former is aimed at standardization of system developing process and suggests how to select a proper problem and how to proceed with development projects. The latter is aimed at standardization of tools (including programming language) and designed to be independent of computer environment and to have a hypothetical reasoning function for planning systems.

Since 1989 the number of applications using these tools is increasing, and they are contributing to effective and efficient system development.

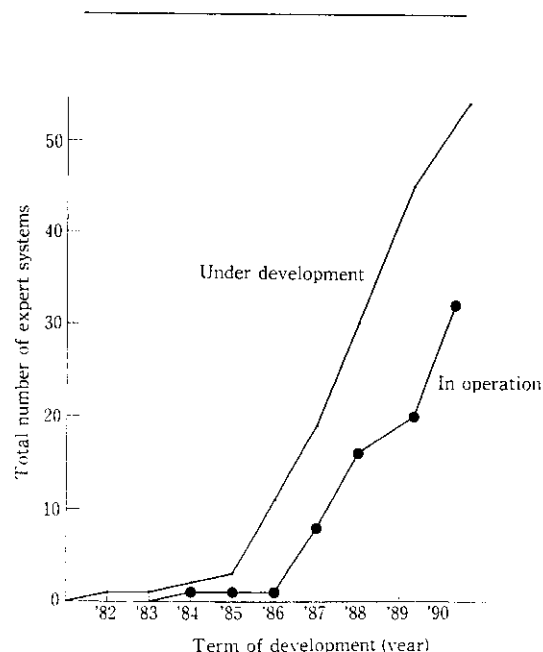


Fig. 1 Increase in total number of expert systems developed by Kawasaki Steel

\* 平成 3 年 5 月 7 日原稿受付

マとして開発されたものから、最近では大規模な基幹システム開発の中のサブシステムとして明確に位置づけられ、基幹システムと同時に進行で開発されたものまでさまざまなものを含んでいる。

エキスパートシステムの最大の特徴は、機能的には熟練者の持つ専門知識やノウハウを活用することにより、従来、アルゴリズムとして定式化が困難であった業務をも、コンピュータシステムのカバー範囲に取り込む可能性が大きい点である。また、機構的な特徴としては、「知識ベースシステム」の名が示すように、知識を一種のデータとして蓄積し、その利用は推論エンジンという汎用機構がつかさどるといふ点である。すなわち知識とその利用法を分離させるとともに、知識を独立した小単位で記述することにより、ソフトウェアの可読性が向上し、その結果、プログラムの段階的構築（プロトタイプングアプローチ）が可能となり、稼働後のメンテナンスも容易になる。従来システムのシステムエンジニアがエキスパートシステム開発を経験して実感する最大の良さも、仕様変更に対する柔軟性である。具体的な効果については、本特集号の各事例論文を参照されたい。

一方、上に述べた30例近くのエキスパートシステムがすべて成功裏に開発され運用されているわけではなく、当初のねらいどおりの成果を確実に生んだものは、半数を越えないのが実態である。その原因を一言で言えば、研究および実用経験の蓄積の浅さということに帰着するが、アプリケーション開発の場面では以下のような問題となって現れていた。

## 2.1 システム開発プロセスに関する問題

### (1) 開発手順が標準化されていないこと

開発手順に規範がないため、システム開発スケジュールが立たず、開発に入ってから手戻りが発生したり、要員確保ができず開発作業に支障をきたした。その結果、信頼性の高いシステムが開発できなかった。

### (2) 問題の選定を誤ること

実用化の歴史の浅い技術においては、その技術に向いた問題を適切に選択しながら、適用を進めていく必要がある。導入初期においては期待が先行して、この技術の基本的な特徴とみなすべきプログラミング流儀を活かせない問題に取り組むケースがあった。

### (3) 必要資源（工数、コンピュータ等）の事前見積もり基準がないこと

エキスパートシステムでは、基本的にシステム仕様がかなり遅い段階でしか決まらないという特徴を持っている。また、組合せ問題など、ケースによって求解までの推論回数が増えるような問題を扱う場合が多い。これらが原因となって、必要資源の事前見積もり方法が確立されていない。

### (4) システムの検証が困難なこと

システム仕様が不明確あるいは流動的ということと、処理そのものがフローチャートで表現できるような手続き的なものではないことから、全件チェックのような形での検証は、本質的に不可能である。

## 2.2 システム開発環境に関する問題

### (1) ツール、言語の整備・標準化の遅れ

市販のエキスパートシステム構築支援ツールは数多いが、一長一短があり、かつ稼働環境（コンピュータ）に依存するため、社内での標準化も困難であり、問題ごとに適切なツールを選定する必要があった。そしてこのことが、技術交流、人材育

成をも困難にしていた。

### (2) 市販ツールが高価なこと

ワークステーションで稼動する高機能ツールは、高価であり、現状のエキスパートシステムのカバー範囲がそれほど大きくないことから考えるとメリット計算に乗せにくい面が多かった。このためシステム化投資効果導出を困難にしていた。

### (3) 合成型問題によるコンピュータ資源の消費量が多いこと

計画問題等の合成型問題は組合せ最適化問題を内包しておりその解決方式をよほど吟味しないと、「組合せの爆発」を生じることになる。例えばメインフレームで稼働させる場合などは特に配慮が必要である。

### (4) 既存システムとの統合が困難なこと

情報システム化の進展している現在、既存の膨大なシステム資産との連携が必要となるが、コンピュータ環境、使用言語などのちがいが、統合に困難が伴った。

### (5) 熟練者の情報収集力に対応するデータ基盤がないことの認識に欠けていたこと

センサ能力の不足や、プロセスデータの一元管理がなされていないため、熟練者が意思決定の材料にしている重要データの捕捉が困難である場合があった。

## 2.3 知識表現など基本技術に関する問題

### (1) 知識表現がルール表現など画一的なものに限られており、必ずしも問題とマッチしないこと

特に計画問題などにおいては、ものごとを決めていく手順が必ず存在し、その手順の制御もルールで表現する必要がある。本来、制御ルールと問題を解くためのルールは性格の異なるものであり、適切な表現方法があってしかるべきである。

### (2) 熟練者の知識を引き出すのが困難であること

現在のエキスパートシステムでは、すべての知識はナレッジエンジニア（KE）と呼ばれるシステム開発者が熟練者からインタビューなどにより抽出し、整理しなければならない。この知識獲得の作業が困難であった。

## 2.4 管理体制、推進体制面の問題

### (1) システム開発効果の評価が難しいこと

エキスパートシステムは熟練者のやりかたをまねることを基本とする。その意味では熟練者の業務を質的に越えるものではない。また業務の標準化、明文化などの利点はあるものの、定量的な評価に結びつかない場合が多い。

### (2) エキスパートシステムの開発ができる KE の不足

KEの育成は、実際のシステム開発への参画を通してのみ可能である。現実には、そのような機会を与えられたシステムエンジニアはごく少数に限られていた。

### (3) プロジェクトへの専門家の参加の不足

エキスパートシステムの開発においては、従来システム以上に実務専門家の参画が必須であるが、十分でない場合が多かった。

### (4) メンテナンス体制に対する理解の不足

エキスパートシステムでは、環境条件が変化しやすいような問題を扱うことが多い。したがってメンテナンス体制をとり、フォローアップをする必要がある。この点に関しても理解不足があった。

以上のような問題に対して、一つ一つどう対応すべきかをこたえ

ていくことがエキスパートシステム適用技術の蓄積につながり、ひいては普及拡大の鍵ともなる。またそれだけの価値のある技術であることは、現在でも変わらないニーズの多さがそれを示している。

### 3 開発基盤整備のための活動概要

上記の課題に対して、エキスパートシステムの普及促進という観点から、もっとも必要かつ基本となる活動として、以下の二つを開発基盤整備活動と位置づけた。

#### 3.1 エキスパートシステム開発ガイドの作成

##### 3.1.1 背景と動機

前述のようにエキスパートシステムの開発事例は、ここ数年大きく伸びてきている。しかしその実態をみると、開発者が手探り状態で進めており、彼らのスキルに依存してきたといっても過言ではない。そのためシステム開発の生産性は一向に上がらず、エキスパートシステムの「開発が容易」という特長に対して疑問の声が呈される状況であった。

エキスパートシステム開発方法論の必要性は世の中一般の実務家からも出されており、それに対応する形で学会やコンピュータメーカ等で各種の開発方法論が提案されている。しかしそれらは技術解説的なもの、知識ベースのみの設計法を論じているもの、プロジェクトマネジメント法に偏ったものが多く、我々が置かれた状況に必ずしも即しておらず、標準工法とするには不十分であった。

そこで、我々の経験に基づいて、開発の進め方、各段階での留意点をまとめることにより、今後の開発者が、過去の反省を活かしながら、より確実な方法で推進できるようにするためのガイドを作成することとした。

##### 3.1.2 作成上の基本方針

###### (1) エキスパートシステムの位置づけ

エキスパートシステムは、従来システムと相互補完的に使われていくものである。したがって開発ガイドとしても、基幹システムといかに整合性をとるか、そのためになすべき仕事はなにか、それらをどういう手順で遂行していくべきか、といった内容に重点を置くものとする。

###### (2) エキスパートシステムの開発者

世の中では、エキスパートシステムを「専門家自身が作るもの」と喧伝する向きもあるが、現実にはシステム開発の経験豊かなシステムエンジニアが注意深く設計・製作しないと実用的なものではない。したがって、このガイドもシステム設計、製作を担当しているエンジニアを対象とする。

###### (3) ガイドに盛り込むべき内容

教科書的なあるべき論ではなく、「事例・経験中心のボトムアップアプローチ」をとり、過去の事例の反省点・問題点から学べるものとする。

#### 3.2 エキスパートシステム構築支援ツールの開発

##### 3.2.1 背景と動機

エキスパートシステムの開発においては、構築支援ツールを利用するのが効率的であり、一般的である。エキスパートシステム構築支援ツールとは、知識ベースシステムの構成要素のうち、アプリケーションに依存しない汎用的な部分である、推論エンジン、作業記憶管理、開発者インタフェース、利用者インタフェースなどを統合的な環境としたものである。コンピュータメーカ、ソフトウェアハウス、特に米国のサードパーティなどから既に非常に多くの種類の

ものが市販されている。

当社においても、エキスパートシステムの導入開始以来、問題により、あるいはシステム稼働環境からの制約により、市販ツールの中から適切と思われるものを選択しながら導入してきた。この段階では、問題や環境に見合ったツールを選択すべきであると考えた。

その結果、各事業所、各部門でさまざまなツールが使われるようになり、システムの構築方法に関する蓄積技術が共有化できないという問題が生じた。

またこれらの市販ツールは、機能的にも價格的にも大きなばらつきがあり、我々が望む大規模、複雑な問題解決のツールとしては、高価なものが必要となり、エキスパートシステム普及の阻害要因にもなっていた。

そこで、いくつかのツールを使用した経験をもとに、既存のビジネスコンピュータ、プロセスコンピュータシステムと親和性の高い独自のものを開発し、標準ツールとしていくことが必要と考えた。

##### 3.2.2 開発上の基本方針

###### (1) ツールの動作環境

当社では、ビジネスコンピュータ分野、プロセスコンピュータ分野を含めるとさまざまなメーカのコンピュータが利用されている。したがって、それらのメーカに依存しないオープンシステムである UNIX の上で動作させることとする。

###### (2) 使用言語

当初、LISP や Prolog といった AI 専用言語を利用してきたが、従来言語との差が大きく、普及の阻害要因になっていた。そこで、従来言語に比較的近く、かつ汎用性も高い C 言語をベース言語とする。

###### (3) ツールの持つべき推論機能

知識表現としては、プロダクションルール、フレームの両者を持ち、前者については高速な前向き推論と後ろ向き推論、後者については継承機能、デモン機能をサポートすることにより第2世代ツールと呼ばれるものの基本条件は備える。またニーズの多い計画問題に対応するため、仮説推論機能を取り込む。

#### 3.3 運用方法

以上 3.1、3.2 で取り上げた二つの施策は、前者はシステム開発手順に関する問題および管理体制、推進体制面の問題への対応策であり、後者はシステム開発環境に関する問題への対応策である。エキスパートシステム基本技術に関する問題は、本社システム研究室を中心として最新技術の試行あるいは適用研究を行い、技術評価のうえ、順次採り入れていくこととした。

またこれらの活動を広報し、開発ガイドや構築支援ツールの普及および改善活動を行っていく場として AI 情報交流会を位置づけた。AI 情報交流会は年2回 AI システムの開発に従事している川崎製鉄および川崎製鉄関連会社の各部門の代表が集い、上記普及活動以外に、事例発表や技術トピックスの発表討議を通じて、技術交流を図るものである。

### 4 エキスパートシステム開発ガイド

ガイドで示したエキスパートシステムの構築方法の要点を以下に示す。

#### 4.1 問題選定方法

##### 4.1.1 エキスパートシステムの得意とする問題タイプ

現状のエキスパートシステムの基本技術であるルールベースシス

テムを前提とすると、「条件判定が中心であり、その判定フローが複雑に分岐する問題や事前にすべてのフローを準備することができない問題」が向いているといえる。その代表として計画問題と診断問題がある。前者は組合せ問題を内包しており、試行錯誤というきわめて複雑な条件判定プロセスが必然的に発生する。後者は原因結果の複雑な判定フローを表現する必要がある。

#### 4.1.2 エキスパートシステムで扱える問題の範囲

現状のエキスパートシステム技術のレベルから見て、扱える問題には以下のような制約がつく。

- (1) 対象問題を解決できる専門家がいないこと。エキスパートシステム技術は一種の高級プログラミング言語を提供するものであり基本的問題解決方法はあくまでも人間が設計する（新しいプロセスの制御など、現存しない業務に対しても適用可能であるが、結果の評価や処理効率の問題が発生した場合、対処の拠り所がなくなる危険性があるので注意を要する）。
- (2) 基幹システムにおける1サブシステム程度の規模であること。
- (3) あまり厳しいレスポンスを要求されないこと。

#### 4.1.3 システム運用形態の要件

現状では、資源多消費の問題や HMI (human machine interface) の観点からエキスパートシステムは、ホストコンピュータではな

く、分散環境のワークステーションで開発・運用すべきである。その上で基幹システムとの連携形態が問題ないか否か判断しなければならない。

#### 4.1.4 その他の要件

実際に開発を進めていく上では、以下のような要件も重要である。

- (1) 専門家の解き方をまねたシステムを作ることが価値を生むとの合意が得られていること。
- (2) 専門家がシステム開発のために時間を割けること。
- (3) ユーザ側、システム側の双方ともメンテナンス体制が取れること。

## 4.2 開発の進め方

我々が設定した開発の進め方は、以下の7つのフェーズと、その作業単位として18のステップからなる (Fig. 2)。

### 4.2.1 フェーズ I—エキスパートシステム適用判定

ステップ1—適用方針決定と開発体制作り： エキスパートシステムによるシステム化に関して、プロジェクトリーダーの承認を得、開発体制、スケジュール等を仮決めする。

### 4.2.2 フェーズ II—知識獲得

ステップ2—問題の理解： システム開発を担当する KE が、問

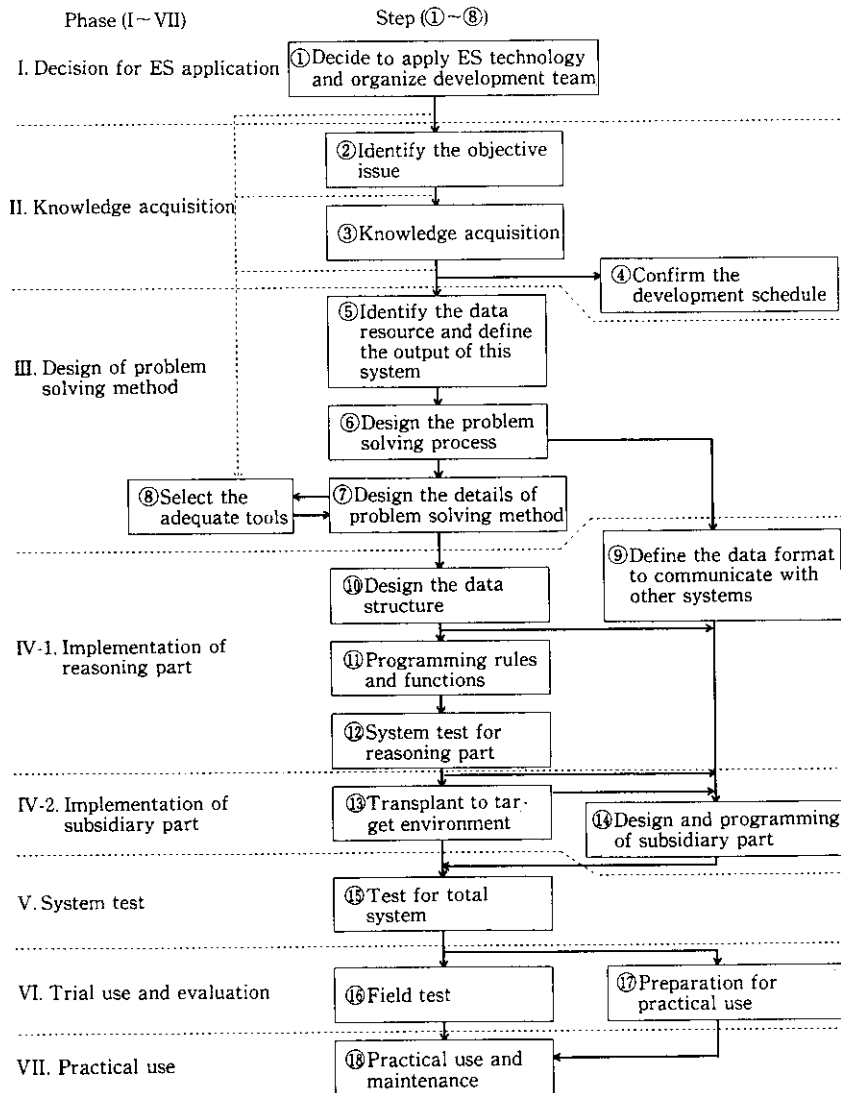


Fig. 2 Phase chart of ES development

題領域での専門用語や、問題そのものの概要を理解する。

ステップ3—知識抽出・整理: 専門家の知識を詳細に引き出すとともに、その整理を通じて知識の矛盾や抜けがないようにしていく。

ステップ4—開発スケジュールの確定: 知識整理結果をもとに開発スケジュールを見直すとともに、段階的開発の必要性も検討する。

#### 4.2.3 フェーズ III—問題解決方式の設計

ステップ5—データ入手源の確認と推論結果提供方法の確定: 周辺システムまたは業務系とのインタフェース要件を確認する。

ステップ6—処理プロセスの分割: コンピュータ処理の内部プロセスを確定し、整理した専門家の知識をそのプロセスに当てはめる。

ステップ7—問題解決方式の設計: 基本的な問題解決プロセスを設計し(前半)、それをツールの持つ制御機構・知識表現方法に合わせて具体化する(後半)。

ステップ8—ツール選定: 問題解決方式の設計(前半)をもとに、適切なハード/ソフトの選定を行う。

#### 4.2.4 フェーズ IV-1—推論部インプリメント

ステップ9—推論部送受信データの仕様決定: 推論部と周辺システムとのインタフェースの詳細を決定する。

ステップ10—データ構造の設計: 知識処理で使用するデータの事前加工方法および表現方法を決定する。

ステップ11—推論部の詳細設計・製作: 推論部の製作を実施。

ステップ12—推論部のテスト: 他システムとの送受信まで含めて、推論部のテストを行う。

#### 4.2.5 フェーズ IV-2—周辺部インプリメント

ステップ13—ターゲットシステムでの再構築: 構築してきたプロトタイプシステムを、最終的な対象範囲、動作環境に合致させるべく再構築する。

ステップ14—周辺部の設計ならびに製作: ここで周辺部とは基幹システム側の前処理、後処理であり、従来型のシステムの設計・製作の手順に準拠して開発する。

#### 4.2.6 フェーズ V—システムテスト

ステップ15—システムテスト: 従来システムと同様に、運用時を想定して実データを使用したテストを実施する。

#### 4.2.7 フェーズ VI—試行・評価

ステップ16—フィールドテスト: ユーザが主体となって、実働環境のもとでシステムを運用し、その実用性を検証する。

ステップ17—実運用移行準備: システム維持管理が行えるように仕組み作りをする。

#### 4.2.8 フェーズ VII—実運用

ステップ18—実運用: システムの維持管理を行う。

ガイドでは、これらのステップごとに、作業目的、作業内容、留意すべきポイントなどをまとめ、次のステップに進むためのチェックリストとなるようにした。

### 4.3 開発事例集

当開発ガイドは、以下に示す6つのエキスパートシステムの開発過程を吟味・分析した結果に基づくものである。

- (1) 厚板出荷沿岸作業計画システム<sup>1)</sup>
- (2) 原料炭配合計画システム<sup>2)</sup>
- (3) 汎用構造解析パッケージ利用支援システム<sup>3)</sup>
- (4) 回転機械故障診断システム<sup>4)</sup>

(5) 高炉操業管理システム<sup>5)</sup>

(6) 冷間タンデムミル板厚精度診断システム<sup>6)</sup>

(1)~(3)がビジネスコンピュータ系、(4)がパソコン系、(5)と(6)がプロセスコンピュータ系のアプリケーションである。問題のタイプは、(1)と(2)が計画型、(4)と(6)が診断型、(3)がコンサルティング型、(5)が制御型と全般におよんでいる。

各システムでは、各ステップでどのような作業を行い、どのような問題が発生し、どのように対処したか、を開発過程で作成したドキュメント例を含めて整理した。またそれぞれについて、各ステップでの投入実績工数をシステム担当、実務担当者(専門家)ごとに明記した。実際に開発を進めていく上で、大いに担当者の参考になるものとする。

## 5 エキスパートシステム構築支援ツール

当ツールに関しては、本特集号に製品紹介<sup>7)</sup>があるので、ここでは機能概要とその特徴、および社内での使用実績について述べる。

### 5.1 運用環境とその特徴

我々は、エキスパートシステムの特性から、ホストコンピュータでの開発・運用は避け、近年性能向上の著しいワークステーションでの分散環境で行うべきと考えている。この場合、ホストコンピュータ上の既存システムとの連携が必要となり、最も一般的な運用形態としては Fig. 3 のようなものとなる。

以上の統合形態を実現するため、当ツールはオープンシステムとしての UNIX を OS とし、C 言語を使って記述した。また他システムとのデータ共有を容易ならしめるため、SQL インタフェースによるルールからの RDB(relational database) の参照更新を可能とした。

### 5.2 推論機能とその特徴

#### 5.2.1 前向き推論、後ろ向き推論

当ツールでは、ルールの独立性を確保するため、データ駆動型の推論制御を行っている。推論の形式としては前向き推論、後ろ向き推論、および前向き推論から条件の評価を行うために後ろ向き推論を起動する双方向推論も可能である。そして推論の高速化を実現するため、Rete アルゴリズム<sup>8)</sup>を採用した。

#### 5.2.2 ルールセット機能

実用レベルのルールベースでは、たいていの場合ルールは構造化する必要があり、各ルール群を制御するために別途ルールを作成する必要がある。これらの推論制御ルールと個別知識としてのルールとを混在させることは、知識ベースの柔軟性を大きく損なうものである。そこで当システムでは、ルールをグループ化し、それらの制御をメタルールとして一般ルールとは別に、陽に表現する方法を採った。

#### 5.2.3 仮説推論機能

実用システムの開発面でもっともエキスパートシステムへの期待の大きな業務は計画問題である。計画問題は、本質的にジョブをリソースのスケジュール表上に割り当てる問題であり、組合せ最適化問題を内包している。この種の問題は一般に生成検査法で解かれるが、これを容易にするために ATMS (assumption-based truth maintenance system)<sup>9)</sup> による仮説推論機能を採用した。

#### 5.2.4 フレーム機能

問題対象に対する静的で構造的な知識を表現するためフレーム機

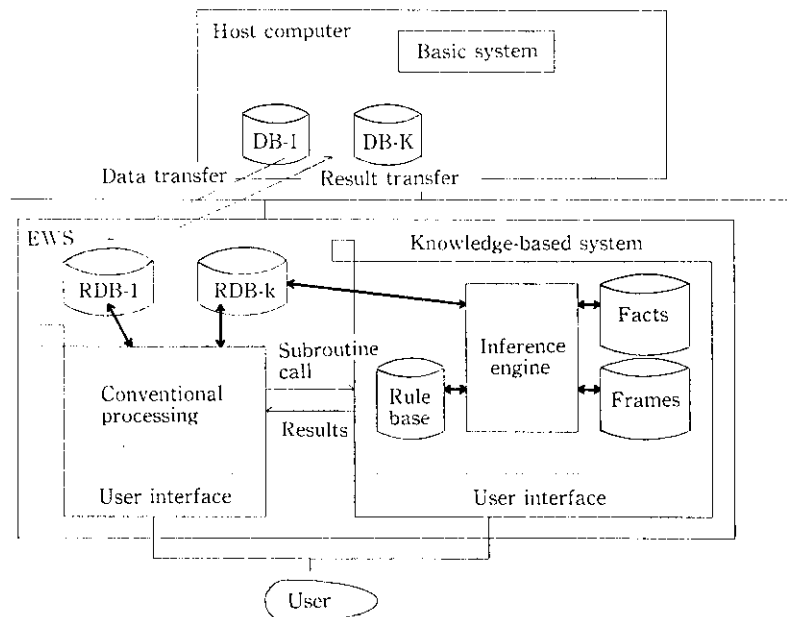


Fig. 3 Cooperative usage of basic system and knowledge-based system

能がある。フレームは、データの縮約表現としての継承機能（インヘリタンス）と、手続きをデータとして扱う付加手続き（デモン）にその特徴があるが、その両者を具備した。

### 5.3 適用事例

当ツールについては、90年1月の第1版完成以降、社内のさまざまなエキスパートシステム開発に利用し、評価してきた。

#### 5.3.1 計画型システム

- (1) 小径シームレス圧延順序組<sup>10)</sup>: 小径シームレスパイプ1本ごとの圧延順序を品質、製造条件および作業効率を考慮して立案する。
- (2) ストウェージプラン作成<sup>11)</sup>: 船内への製品の積付け形態、積込順を、航海中の安定性、作業効率を考慮して立案する。
- (3) コイルビルドアップ計画作成: 予備コイル群から、品質、操業制約を守りながら、大型コイルへのつなぎ合わせ計画を立案する。
- (4) 製鉄原料荷揚げバースプラン作成: 原料置場計画や輸送機器の修理計画を加味して、荷揚げ用岸壁の利用計画を立案する。

#### 5.3.2 診断型システム

- (1) 回転機械故障診断: 現場で調査した回転機械の振動計データをもとに、異常の有無、原因の種別を判定する。

#### 5.3.3 コンサルテーション型システム

- (1) 汎用構造解析パッケージ利用支援: 構造解析パッケージMARCのパラメータ作成をガイドするとともに、例題によるサンプルを提示する。
- (2) 送水管事故復旧支援: 送水管の漏水事故発生時に、その場所や破損状況をもとに、復旧作業の手順を指示する。
- (3) 画像処理システム利用支援: 当社で販売している画像処理システム『画像博士』を素人でも利用できるように支援する。

システム部門からの評価は、きわめて好評であり、現在ビジネスアプリケーション分野でのエキスパートシステム開発は、すべて当ツールを利用している。今後プロセスコントロール分野も含め当初

のねらいである社内標準とすべく、普及していく予定である。

## 6 今後の課題

### 6.1 開発ガイドの充実とツールへの反映

今回作成した開発ガイドは、以下のような点で課題を残している。

- (1) 必要開発工数の影響要因の指摘しかされておらず、今後具体的見積もり法が必要である。
- (2) 問題解決方式に関しての方法論を、具体的な手法にブレークダウンする必要がある。またこれを反映して知識獲得の手法も具体化する。

前者に関しては当初、システム仕様確定の時期が遅いこと、問題とツールの適合性に差があること、知識の表現単位に自由度が大きいことなどの理由で、見積もり基準を提示するのは困難と考えてきた。しかしツールが標準化されつつあり、その適用事例も蓄積されてきた現在、ある程度のレベルでは基準が提供できるはずであり、着手すべき時期になっている。

後者に関しては、特に計画問題についてその必要性が高く、すでに開発ガイドの補足版として『問題特性の分析とそれに適した問題解決方式』などを検討してきている。今後は、さらに充実させるとともに、そこでの方式を具体的なツール部品の実現する必要がある。

### 6.2 問題限定型ツールの開発

当社内で、エキスパートシステムへの期待の高い問題を分析してみると、いくつかの典型的な問題タイプがあることがわかる。具体的には、ビジネスアプリケーション分野においては計画型の範ちゅうで、例えば「充当問題」や「輸送機器の運行計画問題」、プロセスコントロール分野では、動特性が未解明の設備に関する「操業支援（自動化）問題」である。

これら類型タイプについては、それぞれ共通の問題解決方式の枠組みや、利用者インタフェースの枠組みがあるはずであり、これら

を備えたツールを準備することで、システム開発の生産性は大きく向上すると考えられる。今後のエキスパートシステム構築支援ツールはこのように多様化の方向に進むべきであり、ニーズに応じて各種の問題限定型ツールを開発していく必要がある。

### 6.3 新技術の取り込み

AI 関連の新技術として、事例ベース推論、ファジィ理論、ニューラルネットワークなどが注目されている<sup>12)</sup>。これらは従来のエキスパートシステムとはその適用すべき対象分野、問題特性が異なるといわれているが、現実の問題ではこれらを統合的に使っていく必要がある。今後はエキスパートシステムの技術を核として、これら新技術も適切に取り込めるようなシステム開発の方法論、およびハイブリッド型のツールを開発していくべきと考える。

## 7 結 言

エキスパートシステム技術の普及促進を図るための、当社における開発基盤整備活動について述べた。要点をまとめると以下のとおりである。

- (1) 開発基盤整備活動として「エキスパートシステム開発ガイド」の作成と「エキスパートシステム構築支援ツール」の開発を行うとともに、その普及の場として AI 情報交流会を設けた。

- (2) エキスパートシステム開発ガイドでは、問題選定方法、開発の進め方と各作業フェーズでの作業内容・留意点などをわかりやすく記述した。また事例集も添付し、具体的作業を明確にした。

- (3) エキスパートシステム構築支援ツールでは、UNIX/C という計算機環境に依存しない OS・言語を用い、また機能的にはニーズの多い計画問題にこたえられるよう仮説推論機能などを具備させた。

1982 年に当社で初めて試行されたエキスパートシステムは、その後多数の事例を重ね、さまざまな経験を通して、さまざまな評価を受けてきた。これらの活動を通じて人工知能という語感からくる過大な期待も、拒絶反応も軽減し、実際のシステム開発の一手法として冷静に捉えられ、本当の意味でその効果を発揮しやすい状況ができてきた。

このような中で、通常システム開発手法の一つとして、一般のシステムエンジニアがエキスパートシステム技術を利用できる状況にしていこうため、独自の「エキスパートシステム開発ガイド」と「エキスパートシステム構築支援ツール」を開発できたことは、普及のための大きな基盤として価値あることと考える。今後は、これらの普及に努めるとともに、使用経験者の声をそのレベルアップ活動につなげていきたい。

## 参 考 文 献

- 1) 福村 聡, 佐能克明, 山川栄樹: オペレーションズリサーチ, 33 (1988) 1, 33-39
- 2) 中田衛志, 木村 晋, 三宅真弓, 藤本英男: 富士通ジャーナル, 16 (1990) 2, 22-28
- 3) 四方博実, 森範圭子, 小林宏是, 梶原賢生: 「構造解析汎用パッケージのコンサルテーションシステムの開発」, 情報処理学会第 36 回 (昭和 63 年前期) 全国大会, 2Q-1, (1989)
- 4) 笠井 聡, 多田吉男, 長谷川恒也, 佐能克明, 藤本茂樹: 川崎製鉄技報, 22 (1990) 2, 74-82
- 5) 山崎 信, 佐藤政男, 木口 満, 飯田 修, 福村 聡: 材料とプロセス, 2 (1989) 1, 6-9
- 6) 新井慎也: 「庄延プロセスにおける異常要因推定エキスパートシステムの概要」, 人工知能学会全国大会, 11-7, (1989)
- 7) 菊地みどり: 川崎製鉄技報, 23 (1991) 3, 261
- 8) C. L. Forgy: Artificial Intelligence, 19 (1982), 17-37
- 9) J. de Kleer: Artificial Intelligence, 28 (1986), 127-162
- 10) 深谷直文, 片桐忠夫: 川崎製鉄技報, 23 (1991) 3, 191
- 11) 入月克巳, 山川栄樹, 福村 聡, 野上邦久, 生田 淳: 川崎製鉄技報, 23 (1991) 3, 232
- 12) 小林重信, 山川 烈, 福崎邦彦: 「次世代コンピュータの近未来」, (1990), [NHK 放送研修センター]