
エキスパートシステムの活用

Applications of Expert System at Kawasaki Steel

新井 慎也(Shinya Arai) 福村 聡(Satoshi Hukumura) 前田 一郎(Ichiro Maeda) 飯田
修(Osamu Iida) 山川 栄樹(Eiki Yamakawa)

要旨：

当社においては、設備操業に代表されるプロセスコントロール分野、生産管理に代表されるビジネスアプリケーション分野の両面にわたり、過去数年、数々のエキスパートシステムの構築を試み、計画立案や計画の実行調整業務でのシステム化範囲の拡大や、プロセス制御における自動化範囲の拡大を実現した。また、システム開発の効率化や環境変化へのシステムの柔軟性確保といった面でも効果をあげている。さらに、これらの構築を通じて、開発方法論の体系化・総合化の基となるエキスパートシステム構築ノウハウを蓄積した。当論文では、エキスパートシステム適用の背景とねらい、推進の考え方、適用事例、構築技術、効果および今後の課題を述べた。

Synopsis：

In the last five years, Kawatetsu Steel has developed many expert systems for steelmaking processes, such as production control and process/operation control. The company has widened the applicable sphere of its computer-controlled production equipment and computer-aided decision-making, for example, production planning or production adjustment. Furthermore, it has realized high efficiency in system development and high flexibility in system maintenance. Through these experience, various know-how for building expert systems have now been acquired and this will become the basis of the systematization and consolidation of the development methodology of the company. This paper reports the background, aim and approach of applying expert systems, examples of expert systems, various know-how for building expert systems, and effectiveness of expert systems.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Applications of Expert System at Kawasaki Steel



新井 慎也
Shinya Arai

本社 システム部 システム研究室 主任研究員(課長)



福村 聡
Satoshi Hukumura

本社 システム部 システム研究室 主任研究員(掛長)



前田 一郎
Ichiro Maeda

千葉製鉄所 設備技術
部電気・計装技術室



飯田 修
Osamu Iida

水島製鉄所 電気・計装
部電気・計装技術室 主査(掛長)



山川 栄樹
Eiki Yamakawa

水島製鉄所 システム
部

要旨

当社においては、設備操業に代表されるプロセスコントロール分野、生産管理に代表されるビジネスアプリケーション分野の両面にわたり、過去数年、数々のエキスパートシステムの構築を試み、計画立案や計画の実行調整業務でのシステム化範囲の拡大や、プロセス制御における自動化範囲の拡大を実現した。また、システム開発の効率化や環境変化へのシステムの柔軟性確保といった面でも効果をあげている。さらに、これらの構築を通じて、開発方法論の体系化・総合化の基となるエキスパートシステム構築ノウハウを蓄積した。当論文では、エキスパートシステム適用の背景とねらい、推進の考え方、適用事例、構築技術、効果および今後の課題を述べた。

Synopsis:

In the last five years, Kawasaki Steel has developed many expert systems for steelmaking processes, such as production control and process/operation control. The company has widened the applicable sphere of its computer-controlled production equipment and computer-aided decision-making, for example, production planning or production adjustment. Furthermore, it has realized high efficiency in system development and high flexibility in system maintenance. Through these experience, various know-how for building expert systems have now been acquired and this will become the basis of the systematization and consolidation of the development methodology of the company. This paper reports the background, aim and approach of applying expert systems, examples of expert systems, various know-how for building expert systems, and effectiveness of expert systems.

1 緒 言

近年、AI (Artificial Intelligence) に対する技術的関心には、すさまじいものがある。なかでも、知識工学に基づくエキスパートシステムは、ハードウェアおよびソフトウェア両面での基盤の進展が見られ、実用化の可能性が最も高いあるいは最短距離にある AI 分野の技術と認識されつつある。

当社においても、エキスパートシステムの技術の可能性のサーベイを主眼とした実験を具体的事例への適用をととして 1982 年頃より着手した。実験着手の動機は、「エキスパートシステム技術は、従来、困難であった人間の知的活動領域のシステム化を可能とする技術である」という期待感であった。1982 年から現在に至るまでプロセスコントロール分野や生産管理を代表とするビジネスアプリケーション分野で十数例の適用を実践してきた。

当論文では、エキスパートシステム適用の背景とねらい、推進の考え方、適用事例、蓄積された構築技術、効果および今後の課題を述べる。

2 エキスパートシステム適用の背景

鉄鋼業を取り巻く環境は、作れば売れる時代から、オイルショック後の省資源・省エネルギー時代へ、さらにユーザニーズの多様化・高度化時代へと大きな変貌をとげてきている。

鉄鋼業におけるソフトウェア分野を、ビジネスコンピュータ分野とプロセスコンピュータ分野に大別して見たとき、各々、次のような問題があった。

(1) ビジネスコンピュータ分野

製鉄所における生産管理システムの再構築に代表されるように、鉄鋼業としての生産方式(受注生産)および生産プロセス(拡散細分化型プロセス)の特性に立って、目標とする品質、納期およびコストを達成するため、製鉄所全体の運営を一貫的・総合的に計画管理することを指向してきた。しかし、システム化が困難な判断および意思決定を含む業務や、従来のシステム技術ではシステム化の効果と費用が見合わない業務が点在している。それら業務の特徴は、(a) 制約条件や評価基準が

* 昭和63年1月20日原稿受付

定量表現できない、(b) 制約条件や評価基準が多数あり、互いにトレードオフ関係にある、(c) 状況がダイナミックに変化し、画一的アルゴリズムであらわせないといったものである。

(2) プロセスコンピュータ分野

製品、設備および操業のライフサイクルが短縮するなかで、設備と操業技術の進展を背景として、生産の自動化・連続化を指向し常に操業最適化をねらう制御を追求している。しかし、物理現象と化学現象のモデルに基づく制御のみでは、最適性の追求が困難であったり、変化する生産環境への追従の遅れが目立ったり、新たな制御方案の検討が困難であったりといった問題が顕在化している。

これらシステム化から取り残された分野は、おおむね熟練者（専門家）の経験則に依存する形で対応しているが、今後さらに一貫化、総合化および完全自動化を追求していく上でのボトルネックになる。

近年、ハードとソフト環境の品質および価格両面での進歩が著しいエキスパートシステム技術を、これら問題の解決手段と位置づけた。

すなわち、知識工学に基づくエキスパートシステムの特徴である人間の思考パターンとの近親性および段階的開発の容易性（システムの柔軟性）に着目し、つぎのようなねらいを持って実験的適用から開始した。

- (1) システム化の対象拡大および迅速化—熟練者の蓄積技術が中心となる業務であり、従来型システムでは仕様の理解・確定が困難であったり、時間がかかる分野への適用
- (2) 専門家のノウハウの蓄積—老齢化やジョブローテーションによるノウハウの散逸・離散の防止
- (3) システムのメンテナンス性の良さに着目し、変更の可能性の大きいシステムへの適用

3 エキスパートシステムの適用

3.1 取り組みの考え方

取り組みにあたっての基本的なねらいを、ビジネスアプリケーション分野では、生産管理業務を中心とした計画および計画調整業務への適用とした。プロセスコントロール分野では、従来の制御モデルでカバーできない領域への適用によるリアルタイム制御システムへの組み込みをねらいとした。

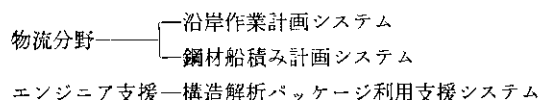
推進体制に関しては、各事業所のシステムおよび制御技術部門が中心となって個別テーマ対応型の試行を行い、一定の成果が得られた時点から全社横断的な取り組みへとステージアップするという方針を採用した。

テーマの選定に関しては、リスクの大きな問題を避け基幹業務の周辺に位置した既存システムとの連携が粗なテーマへの適用から徐々に核心に迫る考え方を採用し、プロセスコントロール分野への試行適用を先行させ、その後ビジネスアプリケーション分野への適用を開始した。

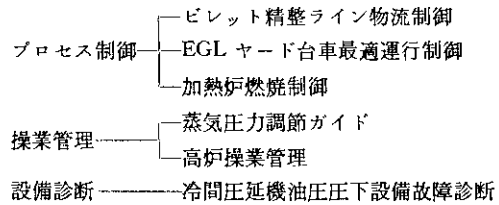
3.2 適用事例

現時点での適用状況を以下にまとめて示す。

(1) ビジネスコンピュータ分野



(2) プロセスコンピュータ分野



以下に代表的適用事例を紹介する。

3.3 加熱炉燃焼制御への適用^{1,2)}

鉄鋼の圧延プロセスにおける加熱炉は、素材の単純な加熱設備というだけでなく、製品品質の決定要因、エネルギー消費の支配要因として鉄鋼プロセスの重要な位置を占めている。とくに最近、鉄鋼製品の小ロット化と高級品質への指向が重なり、さらに最近の連続圧延〜圧延ミル間の連続化プロセスが、加熱炉計算機制御に一層きめ細かさを要求している。

加熱炉燃焼制御—Furnace Combustion Control (FCC)—は、加熱炉での消費エネルギーを最小にしつつ、材料の目標抽出温度と時刻を的中させる最適制御をねらいとしている。すなわち、炉内の各鋼片の抽出スケジュールをもとに、鋼片加熱の制約条件を満たしつつ、消費エネルギーが最小となる昇温パターンを作成し、鋼片の実績計算温度と比較し炉温設定値を決定する機能である。

例えば、消費エネルギーが最小となる昇温パターン決定における制約条件は、加熱する材料の種類や要求仕様により異なり、製品品質要求を満たさせるために過去の操業経験に基づくさまざまなノウハウによって決まる。そして、これらノウハウの変更や操業技術のレベルアップに対応していくには、最適昇温パターン計算のソフトウェアの大幅な改造が発生する。このようなモデル化以前の専門家知識を最適制御の場面に積極的に生かすため、エキスパートシステムの技術を導入し当社の千葉熱延加熱炉のシステムに適用した。

当システムの特徴は、最適昇温パターン計算に線形計画法を用いた最適化モデルと、そのモデルの評価関数や制約条件の選択および上下限値設定を行うエキスパートシステムで構成した点にある。

Fig. 1 に示すように当システムは制御系と知識処理系の2台の計算機によって構成される。オンライン制御中に操業状態が変化して昇温曲線の更新が必要になると、制御系は知識処理系に対し問い合わせを発する。知識処理系は、知識ベース中のルールと制御系から送られてくるデータを用いて推論を行う。この推論によって最適昇温曲線計算に用いる評価関数、制約条件を示す数式が選択され、同時にその係数も決定される。制御系には中間言語を解釈して実行するインタプリタが用意されており、選択された数式に対応するプログラムを実行する。この結果を最適化モデルに適用することにより、鋼材の昇温曲線をきめる。

エキスパートシステムの制御分野での有用性は、診断やデータ解析などバッチ処理を主体とした適用の中で評価されてきた。当システムは、リアルタイム制御へのエキスパートシステム適用の有用性を示した実用例といえる。モデル化以前の最適制御問題にエキスパートシステム技術を適用することにより、熟練運転員のノウハウと数理モデルの融合をはかり、制御の質的向上とソフトウェア開発の効率化を実現している。

3.4 高炉操業管理への適用³⁾

高炉はその操業が不安定となった場合、下工程に多大な影響を与える。そのため安定操業の維持に多くの努力が払われており、プロセス計算機も早くから導入されていた。しかし高炉内部の反応は非

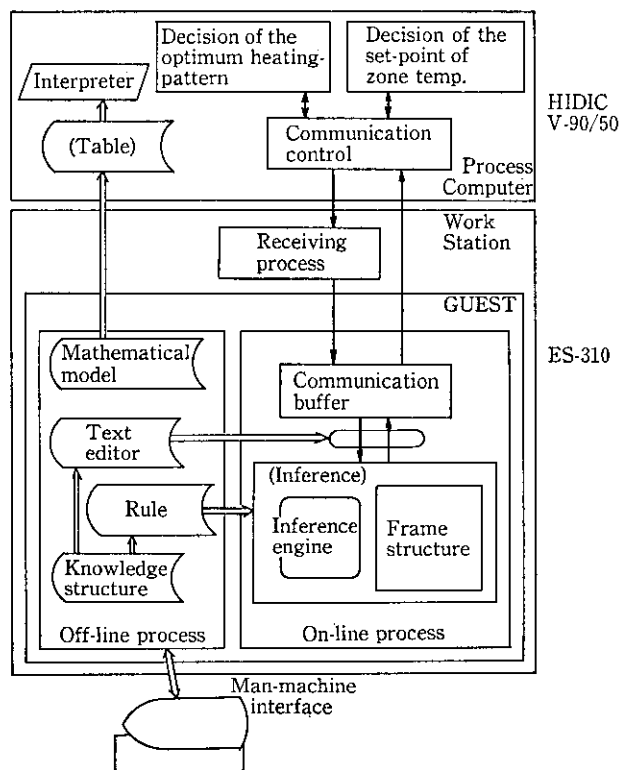


Fig. 1 Structure of the FCC (furnace combustion control) expert system

常に複雑なため、化学的なモデルや制御理論を用いた制御にとどまらず、操業者の経験則を計算機に反映させた制御システムが従来から種々開発されプロセス計算機に適用されてきた。

当社は、鉄鋼他社に先がけて GO-STOP システム⁴⁾と呼ばれる高炉操業管理システムを開発し、高炉操業の安定化に大きく寄与してきた。しかし開発から 10 年を経て、従来のシステムの機能だけでは操業管理上不十分になりつつあり、GO-STOP システムを越える新しい操業管理システムが必要となった。

高炉操業管理システムにエキスパートシステムを適用することのねらいは以下のような点であった。

(1) 操業管理技術の整理と標準化

エキスパートシステムとして操業者の知識を抽出するに際して、従来は個人のノウハウとして整理されずに頭の中だけにあった知識を文書化し、さらに標準化する。

(2) 操業管理アクションの多様化

GO-STOP システムでは「減風」だけであったアクション指示を、操業者の思考に基づいた形で減風、増風、コークス比増大など多様化するとともに、その指示もより具体的ににする。

(3) 管理対象局面の拡大

GO-STOP システムが対象としていた冷え込み防止のための緊急対策だけでなく、その他の炉況悪化防止のための対策や悪化後の復旧対策を実現させる。

(4) メンテナンスの容易なシステムの実現

エキスパートシステムの持つ特性を十分に生かして、改造および保守のしやすいシステムを作る。

本システムにおける知識の構成概念図を Fig. 2 に示す。基本的な炉況判定知識として、炉熱判定知識群と原料降下や通気性などに関する異常の発生とその程度を把握する炉況異常判定知識群、さらに操業レベルを高めるための前進アクションの可能性を判定する知識群がある。これらの判定結果に基づいて、現在採るべき最適アク

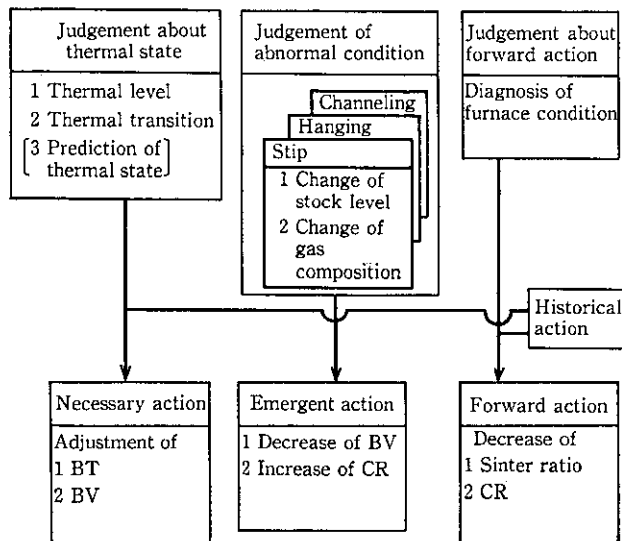


Fig. 2 Structure of knowledge base of the diagnosis and control system for blast furnace

ションが、通常アクション・緊急アクション・前進アクションとして、アクション決定知識群により決定される。そしてこれらの知識群は、エキスパートの思考過程を反映させるために、機能別に「状況把握」「現象認定」「アクション決定」という 3 つのルール群に直列に分割されている。本システムは、現段階でルール数が約 600、フレーム数が約 100 のかなり規模の大きいものとなっているが、このようなルールの分割と構造化により、獲得した知識のたどりやすさを実現している。

また、操業支援というシステムの性格上、なぜそのようなアクション決定に至ったかを利用者に指示することが重要であり、当システムでは推論過程を説明する機能を用意している。

3.5 物流分野における計画業務への適用^{5),6)}

鉄鋼業における物流分野は、生産ラインに比べ合理化の遅れた分野であり、鉄鋼各社とも現在システム化を進めている分野である。

当社は、水島製鉄所出荷システムのリフレッシュにあたり製品出荷業務における計画機能の充実をねらいとして、製品倉庫での厚板製品の出荷計画業務を支援する沿岸作業計画エキスパートシステムを開発した。

沿岸作業計画は、作業の進捗や船の動静から船の要求タイミングを決定し、どの出荷品を、どのバースで、どのクレーンを使って、何時から何時まで船積みするかを決定する問題であり、その立案はベテランの計画担当者に任されていた。

計画精度の質的向上と業務の標準化が求められる中で、沿岸作業計画についてもシステム化の検討がなされてきた。しかしながら、立案基準となるべき評価指標は多数存在し、将来にわたって変化が予想されること、評価指標の中には定量的に表現しにくいものが存在することなどにより、従来の手続的手法ではロジック設計が困難であると判断し、構造的に柔軟なエキスパートシステムの技術を採用し、計画者の実際の思考過程を生かしたシステム化を行うことにした。

当システムの特徴は、計画立案の問題解決モデルとして、数値計画法における一手法である分枝限定法の考え方を知識ベースシステムへ採用した点にある。

すなわち、分枝限定法の考え方を基に Fig. 3 のような問題解決プロセスを構成し、解空間の分割（探索木の生成）、分割問題の評

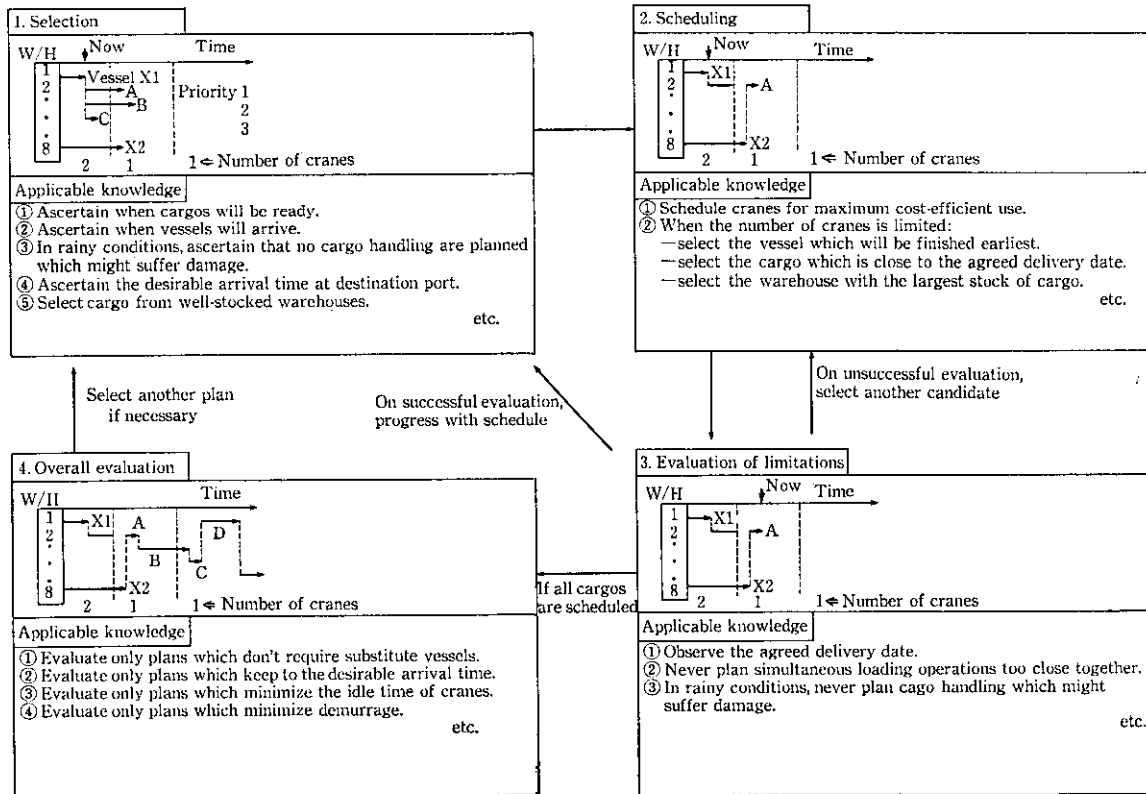


Fig. 3 Basic process of planning in the berth-plan expert system

価（探索木の限定）に専門家の知識とノウハウを活用している。

- (1) ある時点で、船積みを行うべき未スケジュールの船に対して優先順位をつけて候補船を選択する。
- (2) 優先順位の最も高い船について、積み込み開始時刻と終了時刻を決定する。
- (3) その船のスケジュール結果に問題が無いかチェックする。OKなら、時点を進めて(1)へ。NGなら、次候補について(2)へ。
- (4) すべての船がスケジュールされたら、全体としての評価をおこなう、さらに別のスケジュール案が必要なら、優先順位をかえて(2)から始める（バックトラック）。
- (5) 複数のスケジュール案を評価の良い順に並べる。

当システムは、1987年4月より実用化されており、計画精度の均質化、船の停泊時間短縮、クレーンの効率的運用等に効果を上げている。

当システムの成功により、従来、システム化から取り残される傾向にあった論理構造の明確にとらえきれないスケジューリング問題についても、専門家の知識を動的に利用しつつ発見的探索を行うことによって、システム化が可能であることを確認した。

4 エキスパートシステム構築ノウハウ

エキスパートシステムの構築ノウハウは開発方法論の体系化、総合化の基となるものである。数々の事例に基づくエキスパートシステムの構築過程の局面局面で得られたノウハウを、構築フェーズに則して以下に示す。

4.1 問題の選定

どのような問題がエキスパートシステムに技術面でふさわしくか

つ投資効果面で実現性があるかを見極めることは重要である。ここ数年の数多くの適用にもかかわらず、実用化の報告はあまり見られない。その主要原因の一つが、問題選定にあると考える。

実用システムを目指すにあたっては、通常システムと同様、明確なニーズを抽出することが重要である。シーズ先行の適用は、とくに専門家の積極的参画が得られず、エキスパタイズのシステム化という当技術の根幹を揺るがすことになる。現状のハードおよびソフトの環境も含めた技術水準では、ニーズの明確な問題のうち、アウトプットが明確で比較的短時間（2～3時間）で専門家が解決している問題を選ぶべきである。

4.2 開発体制

エキスパートシステムの適用はまだまだ実験的色彩が強く、適用可否そのものの事前検証も難しい状況である。テーマの選定とも関連するが、可能な限り短期間で適用でき評価できる体制を組む必要がある。すなわち、小人数による集中的開発体制を採り、とくに専門家に関しては有能でエキスパートシステムに熱意を持った人の参画が必要である。

4.3 開発方法論

開発工程の典型例としてFig. 4に沿岸作業計画エキスパートシステムでの事例を示す。

4.3.1 プロトタイプング

プロトタイプング手法のねらいは、「知識判断構造の明確化」と「実用化の前段階でのエキスパートシステム技術適用可否検証」とがある。

一般的には、全体問題を部分問題に分割することは難しい。専門家はこのプロセスに最もうまくノウハウを活用している。このプロセスを省いた部分問題のみへの適用は、エキスパートシステムのね

		Classification of works		
1986/9	Development of prototype system (10 man-month)	Knowledge collection		
		Knowledge adjustment		
		Knowledge formulation		
		Description of rules		
		Programming		
10		Integrated test		
11		1st evaluation		
12	Level up for practical use (20 man-month)	Supplement and revision of rules	Improvement of I/O interface	
1987/1			Development of full screen editor	
			Education of terminal use	
			Test run	
2		Last evaluation		
3				
4	Preparation for shift to maintenance phase (10 man-month)	Practical application	Supplement and revision of rules	Preparation for shift to maintenance phase
5				
6				
7				
8				
9	Maintenance			

Fig. 4 Development process of the berth-plan expert system

らいそのものを消し去ることになる。

したがって、Toy model によるスクラップ・アンド・ビルド・スタイルの導入は危険であると考え。プロトタイプといえども問題の基本部分を包含したアプローチが必要である。この基本部分の設定は、対象とする問題の特徴によっていくつかのパターンに分類できる。

第一は、計画問題で多いケースであるが、あくまでも全体を対象とするアプローチである。第二は、複数設備から成るプロセスの診断問題で設備間の独立性が高いケースである。この場合は、対象設備を限定したアプローチを採ればよい。第三は、これらの中間に位置するケースである。部分問題への分割プロセスと分割された部分問題群の一部とを対象とするアプローチである。

4.3.2 知識の収集・整理

専門家からノウハウをインタビューなどにより抽出する過程であるが、専門家は意識して自らのノウハウをとらえていないのが通常である。したがって、専門家が自身の知識を認識し表現できる仕組みづくりが必要である。そのためには、専門家が知識整理フェーズ等の設計フェーズへ参画することが有効である。

システムスコープがあいまいなケース（例えば、コンサルティング業務への適用などではシステム化のレベルの確定が難しい）では、知識の収集範囲が定まらず混乱することがある。このような場合、ラビッドプロトタイピングによるスコープの確定が有効である。

4.3.3 知識の構造化

収集・整理された断片的知識を、効率的問題解決が可能なよう構造化するフェーズである。推論の効率化、専門家の思考過程の反映による説明力の強化、後々のシステムの成長の容易性、システム変更（知識の追加・修正）時の検証の容易性といった観点からのモジュール性を持った構造化が必要である。とくに、問題解決の鍵となる戦略的知識（いわゆる個々の知識をいかに利用するかというメタ知識—meta-knowledge）の切出しには注意を払う必要がある。

構造化にあたっては、例えば、沿岸作業計画エキスパートシステムで分枝限定法による問題解決モデル（パターン）が有効であったように、種々の問題解決モデルが参考となる。しかしながら、そのようなモデルは蓄積されておらず、適用ごとに試行錯誤的に構造化を行っているのが現状である。適用結果を基に個々の問題解決モデ

ルを類型化し蓄積することが今後重要である。

例えば、制御問題では、以下のように知識を構造化することが有効である。

- (1) センサー情報等のデータの見方に関する知識群
- (2) 個別状況の把握方法に関する知識群
- (3) 現象の認定方法に関する知識群
- (4) アクションとその効果に関する知識群

4.3.4 実用化

Fig. 4 で示されるようにプロトタイプの実用化のポイントは、レベルアップ期に発生するプロトタイプでは見出せなかったルールの取り込みである。また、マン・マシンあるいは周辺システムとのインタフェース機能の充実も重要である。この開発負荷は推論部分と同等あるいはそれ以上であることも忘れてはならない。

さらに、実運用を円滑に進めるためには、要員の育成も含めたメンテナンス体制の確立が必要である。

5 エキスパートシステムの効果と課題

5.1 エキスパートシステムの評価

5.1.1 総合評価

エキスパートシステムの応用への期待はつぎのようにまとめることができる。

- (1) 業務の高度化、複雑化にともない、経験者と未経験者の間で業務効果と品質の差が顕著になってきており、それを埋めるための業務の標準化、体系化あるいは経験知識の伝承の仕組みの手段
- (2) ソフトウェア開発部門における開発と保守の生産性向上の手段
- (3) 広い意味でのユーザインタフェースの改善手段

このような期待に対し適用経験をとおして、つぎのような総合評価ができる。

- (1) エキスパートシステムの適用レベルは、実験的試用から普及、実用化の段階へ移行しつつある。しかし、適用範囲はまだまだ小さな限定された領域である。
- (2) エキスパートシステムは、人間と計算機システムの役割分担の境界線をより引き上げるための手段として十分期待できる技術である。

5.1.2 実際の適用効果

この総合評価の根拠となるエキスパートシステム技術の適用効果は以下のとおりである。

- (1) 従来熟練者に依存せざるを得なかった計画立案や計画の実行調整業務に対して、そのノウハウを活用し、問題の構造化あるいは問題解決の具体化を行い、システム化範囲を拡大できる。
- (2) プロセスやプラントの物理化学現象に基づく知識以外に、ベテランオペレータの知識ノウハウを活用し、自動化の枠組みを拡大できる。
- (3) 知識ベースと推論機構が別々に独立してあつかえるため、知識の追加、修正および削除が容易であり、環境変化に対しシステムを容易にレベルアップできる。
- (4) 推論の過程が提示できるので、結論に対する利用者の理解を助けることができ利用者の判断をより確実なものとする。

このような効果を支えるエキスパートシステムの技術的特徴を、従来技術と比較して示すと次のとおりである。

- (1) 知識とそれを用いて問題解決する推論機構を各々独立した枠

組みとして扱うため、ノウハウ等を手続的に整理することなく宣言的に扱える、個々の知識の独立性を保ちながら構造的に表現することが可能等の利点がある。

- (2) ソフトウェアの読解性が高い。
- (3) 開発支援環境の優れたソフトウェアツールが用意されている。

以上のことから「プロトタイプング手法」がとりやすい。

5.2 今後の課題

エキスパートシステムの有効性を生かして、さらにその適用を広げていくために必要と考えられる課題を以下に示す。

(1) 体制の強化

(a) マネージメント層の理解

広範な分野にわたる潜在的なエキスパートシステム化ニーズを具体的な取り組みテーマとしていく上で、専門家を抱える各実務部門マネージメント層へエキスパートシステムの効用および構築にあたっての専門家の役割等に関する理解を深める必要がある。

(b) 人材の育成

勉強会から始まり、核となる人材の育成を経て、一定の技術者 (Knowledge engineer) が育ちつつある。今後は、先端技術の吸収と底辺の拡充を考えて、つぎのような人材を育成する必要がある。

- ・未だ発展段階にあるエキスパートシステム技術を先進的に吸収普及する人材
- ・実適用が可能となった技術をもとに実システムの開発および成長維持を図る人材

(2) 開発方法論の整備

エキスパートシステムの技術は発展途上にあるが、従来システムのような開発方法論を確立する必要がある。そのためには、開発全体手順、問題選定、ツールの選択、知識の構造化およびシステムの検証方法の整備を目的とした適用研究が肝要である。

(3) ハードとソフトの環境整備

効率的な開発・適用の研究を推進するうえで、(1) の人材とあいまった環境の整備が必要である。すなわち、社内のだれでもが自由に利用でき、問題領域に適し、開発・実働の両フェーズで共存の図れるハードとソフトを準備することである。

このほかに、従来の情報処理との統合化技術の開発、知識表現・知識利用技術の発展、市販ツール (ハードおよびソフト) の充実と低価格化など、エキスパートシステム発展に不可欠な課題が残されている。

6 結 言

ビジネスアプリケーション分野およびプロセスコントロール分野にエキスパートシステムを適用してきた実績をもとに、当社におけるエキスパートシステムの活用内容について紹介した。

その成果は、以下のとおりである。

- (1) 適用に際しては、エキスパートシステムの特徴である人間の思考パターンとの近親性および段階的開発の容易性から、従来システムでは難しかった分野、すなわちビジネスアプリケーションでは計画業務への適用、またプロセスコントロール分野ではリアルタイム制御システムへの組み込みを図った。
- (2) いくつかのプロジェクトにおいて、実用化を達成してきた。このうち、加熱炉制御では、熟練運転員のノウハウと数値モデルの融合を図ることにより、制御の質的向上とソフトウェア開発の効率化を実現した。高炉操業管理では、管理対象の拡大および多様な操業対策指示の組み込みを図るとともに、メンテナンスの容易なシステムを実現した。物流に関する計画業務である沿岸作業計画では、計画精度の均質化、船の停泊時間短縮、クレーンの効率的運用等の効果を達成しており、スケジューリング問題へのエキスパートシステム適用の有効性を示した。
- (3) 問題の選定、開発体制、プロトタイプング手法の評価、知識の収集・整理、知識構造化といった開発の全工程にわたる構築ノウハウの蓄積を達成した。

これらの成果を通じて、エキスパートシステムの試行段階から実用段階への移行が可能な水準に達したと評価しその内容を述べた。

当初の強烈な期待感を完全に充足したとはいえないが、以下のようによりエキスパートシステム技術の優位性の評価を行っている。

- (1) 一定の規模であれば、知的領域の問題を解決する手段と成りうる技術である。
- (2) ソフトウェアの開発生産性面で効果が期待できる技術である。
- (3) 環境変化に対するシステムの柔軟な追従性 (メンテナンスビリティ) に優れた技術である。

しかし、エキスパートシステムにかかわるハードウェアおよびソフトウェアの価格とパフォーマンス面での制約、従来の情報処理技術との統合化技術の制約などにより、大規模な問題や従来のソフトウェア資産と完全な融合のとれたシステム構築はまだ難しいといえる。これらを解決するためにも、エキスパートシステムにふさわしい適切な規模の課題に焦点を当て、広範囲に普及を進めていくべきと考える。

参 考 文 献

- 1) 前田一郎, 新田純三, 鈴木道夫, 北尾斉治, 谷藤真也, 堀 真司, 高津戸智史: 「鉄鋼の加熱炉燃焼制御への知識工学の応用」, 昭和62年電気学会産業応用部門全国大会, (1987)
- 2) 谷藤真也, 諸岡泰夫, 新田純三, 前田一郎: 「知識工学を用いた鉄鋼加熱炉燃焼制御」, 電気学会論文誌 C, 107-C (1987) 8, 758-765
- 3) 秋月英美, 山崎 信, 野村 真, 飯田 修, 佐藤政明, 上谷年男, 福村聡: 鉄と鋼, 73 (1987) 12, S 829
- 4) 岡部快児, 福武 剛, 高橋博保, 河合隆成, 岩村忠昭, 崎村 博: 「GO-STOP システムによる高炉の安定操業」, 川崎製鉄技報, 11 (1979) 1, 34-43
- 5) 山川栄樹, 佐能克明, 福村 聡: 「鉄鋼業における計画立案業務へのエキスパートシステムの適用」, 情報処理学会第35回 (昭和62年度後期) 全国大会, (1987)
- 6) 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