

エキスパートシステム構築ツールの調査結果と考察

A result of investigation
for expert system building tools.

システム開発技術分科会 飛田 裕(日本国土開発株)

by Yutaka Hida

エキスパートシステム研究グループは、マネジメント技術小委員会のシステム開発技術分科会に所属し、最終的な目的を「現場マネジメントへのエキスパートシステムの適合性の検討」において、本年初めよりグループ活動を行ってきたが、現状の分析の一部としてエキスパートツールの調査を実施した。

この論文はその第一報であり、単なるツールの機能の調査ではなくユーザー側から考えた現場への適合面に主体をおいた調査結果のまとめと考察を記述したものである。

キーワード：エキスパートシステム、エキスパートシステム構築ツール、アンケート

1. はじめに

現在は建設業全体が追風の中におり受注量は増大の方向に推移しているが、一方では企業存続の礎となる若者の建設業離れが問題となり、各種協会・団体や学会においても建設業のイメージアップが新たな課題として対処をせまられている。

一方では、社会情勢の変化から建設業の技術の流れも、今までのようなハード面の技術力に合わせたソフト技術の適用ではなく、新たなニーズを生み出してゆける、ソフト技術に合わせたハード技術の進歩という形が必須のものとなってきた。

また、こういった技術進歩のスピードも年々加速されており今までのような技術の伝承方法では対処できない面も多くなってきている。

このような背景とコンピュータの進歩を合わせて考えれば、「機械に出来ることは機械に任せて、人間が本来やるべき事を重点的に行える環境を作ってゆくこと」が、今後の建設現場の新しい方向として向かって行くべき時期にあるのではないかと考えられる。

もう少し具体的に言えば、他産業やアメリカで押し進められているCAEやCIMといったシステムに対して、エキスパートシステムを有効な形で適合させて行くことにより建設業にうまく適合したシステムが出来るのではないかと考えられる。

我々のグループはこのようなシステムの基礎的な研究として、建設現場へのエキスパートシステムの適合性を考えてみようとして今年初めから活動を開始しており、研究の最初の足がかりとしてエキスパートシステム構築ツールの調査を実施した。

研究のステップ及びその内容を図-1に示すが、この論文は第2ステップに当たるアンケート調査のまとめと考察の第1報と言うべきものであり、今後

ステップ	研究内容	期 間
Step 1	事例調査	'89.01~'89.03
Step 2	アンケート調査	'89.04~'89.09
Step 3	プロトタイプ構築	'89.10~'90.03
Step 4	建設現場への適用の検討	'90.04~'91.03

図-1 研究のステップと内容

の研究の過程でより詳細な調査が必要となる部分もでてくると考えられる。

2. 建設業におけるエキスパートシステムの現状

現状の調査については、『「選別の時代」に入ったエキスパート・システム』（日経AI 1989年1.16号付録）より建設業のエキスパートシステムを抽出する事でを行った。研究に必要なとする情報が個別のシステムの内容ではなく、建設業におけるエキスパートシステムの取り組みの傾向や方向が重要であると考えたため各社へのアンケートやヒアリングは実施していない。

調査の結果は、

- ① 現在開発されているシステムは設計・計画支援システム（工法選定）が大部分を占めており、現場への対応を考えているものは見えない。
- ② 単独でシステムが構成されており、他とのリンクはできていないようである。
- ③ プロトタイプのまま終わっているものが多い。ということであり、実用化へ進みだしたとは言えないのが現状である。

3. アンケートの結果及び考察

（1）アンケート内容

実用化の段階にあるシステムが少ないのは、エキスパートシステムツール側に問題があるのか、ユーザー側に問題があるのかははっきりしないことや、今後の研究の課題である現場への対応を考えた場合、他のシステムとのリンクの可能性、提出を考慮した場合に必須である出力の編集機能、コンピュータに対する知識がそれほどなくても使えるユーザーインターフェース等が問題となるが、過去に行われた調査がツールの機能の調査中心であり、ツールで出来ることが主体に調査されており、我々の知りたいこと（ツールでは出来ないこと）が、明確でなかったため図-2の様な形式で本年

7月に調査を行った。

アンケートの内容は、そのツールの基本機能やベンダーの建設関係のエキスパートシステム構築の経験等の一般項目と、現場への対応を考えた場合に必要となる項目の大きく分けて2つに分類できる。

また、ツールは適用事例が多いと思われるものを主体に選択した。

アンケートに回答があったツールは表-1に示す12本であり、これらの実行可能なハードウェアによる分類は表-2の様である。

表-1 アンケート回答エキスパートシステムツール名

No.	ツール名	会社名	適用ハードウェア
1	ART-IM	ニチメダデータシステム	パソコン
2	ART	ニチメダデータシステム	EWS・VAX
3	VAX OPS5/VMS	日本DEC	VAXシリーズ
4	KEE	CSK	EWS・VAX・ホスト
5	大創玄	I・アイソフト	パソコン
6	SUPER BRAINS	東洋情報システム	EWS・ホスト
7	G2	伊藤忠テクノサービス	EWS・パソコン
8	ES/KERNEL	日立製作所	WS・EWS・ホスト
9	AI PLAN TELL	岩崎技研工業	パソコン
10	OPS83	パナソニックデータ	EWS・パソコン
11	ラジツール	日本IBM	ホスト・EWS
12	EXCORE	日本電気	ホスト・EWS・ミニコン

表-2 ハードウェアによる分類

区分	ホスト・ミニコン	EWS・WS	パソコン
ツール数	9	8	5

※稼働可能なハードは重複して合計している。

（2）一般項目の調査結果とまとめ

a) ツールの開発言語

ツールの開発言語は表-3に示す通りであるが、ホストとEWSではLISPによる

表-3 ツールの開発言語

言語名	LISP	C	Prolog	PL/I	BLISS
回答数	5	4	1	1	1
ホスト	3	4	0	1	1
EWS	5	3	0	0	0
パソコン	1	3	1	0	0

<一般事項>

- ① E S ツール名
- ② 適用ハードウェア
- ③ 使用言語
- ④ インターフェース可能言語とその程度
(ファイル渡し以外でインターフェースのとれる言語)
- ⑤ 推論方法(前向き・後向き・両方向・黑板・その他 [])
- ⑥ 知識表現(プロダクション・ルール・フレーム・意味ネットワーク・その他 [])
- ⑦ 知識量(ルール数)の最大値
- ⑧ ユーザーズマニュアルの程度は？

ユーザーズリファレンス	冊	P	ユーザーズガイド	冊	P
初心者用マニュアル	冊	P	開発の手引書	有・無	
開発の演習マニュアル	冊	P	Q & A 集	有・無	
- ⑨ 土木関係の E S の開発経験がある場合、それはどのような分野ですか？
- ⑩ 土木関係の E S 作成経験者 (K E ・ S E) は何人いますか？
- ⑪ 情報の入力手段として、将来的には音声・図形・センサー等の入力手段が考えられますが、このような入力手段の適用を考えておられますか？ 手段と、差し支えなければ実用化できると思われる時期を記入下さい。

<建設工事への適用時の質問>

- ① ユーザーが現在使用しているアプリケーションとはどのような方法でリンク出来ますか
アプリケーションの内容は F E M の様なものです。
アプリケーションは、フォートランで主に記述されていますので考慮をお願いします
また、オプションとして付加すべきものがあれば、名称と価格を記入下さい。
- ② 報告書、検討書、計画書としての体裁を整えるためのレポート機能の程度は？
文章の編集・修飾等のワープロ機能
比較表・計画図等の図化機能
推論結果の文書化
- ③ D B とのインターフェースはどの程度可能でしょうか？
特定の D B とのリンクが可能であればその名称を、またオプションとして付加すべきものがあれば名称と価格を記入下さい。
- ④ E S システム内で計算が可能でしょうか？
計算内容は、関数電卓で可能な程度と考えて下さい。
- ⑤ C A D とのリンクは可能でしょうか？
特定の C A D とのリンクが可能であればその名称を、またオプションとして付加すべきものがあればその名称と価格も記入して下さい。
- ⑥ 建設工事へ E S を導入する場合、作業手順等マニュアルを整備する必要がある部分が多いのですが、これらのマニュアルを整備するためのツールがありますか？
整理の手法としては、K J 法・W B S 等を考えています。
- ⑦ このツールで特に強調したい点は何ですか？
問題点は何ですか？
その問題点をどのように解決しようとしていますか？
- ⑧ E S 作成依頼者への注文があれば記述して下さい。

図-2 アンケート質問事項

る開発が多いが、パソコンでは1つのみでありパソコンにおける標準的なLISPがないためであろう。C言語は全てについて多く使用されている。

b) リンク可能言語

表-4の様な結果となった。

ホストにおいては、FORTRAN・COBOLとのリンクが可能なものが多く、EWSの場合はC・FORTRANとのリンクが可能なものが多い。パソコンにおいては、Cについてはほとんどのツールでリンクが可能である。全般的な傾向としては、C・FORTRANについてはリンク出来る場合が多い。FORTRAN・COBOLの場合は過去のアプリケーションの多さが関係しており、Cの場合その言語仕様の融通性のよさが関係しているのではないと思われる。

表-4 リンク可能言語

言語名	回答数	ホスト	EWS	パソコン
C	11	3	5	4
FORTRAN	9	4	4	2
COBOL	4	4	0	0
LISP	2	0	2	0
Ada	1	1	0	0
Pascal	3	1	2	1
Basic	1	0	0	1
Prolog	1	0	0	1

※重複回答も合計している。

c) 推論方式及び知識表現と知識量

それぞれ表-5、表-6の通りであるが、推論方式や知識表現については色々な理論や手法が提案されているにもかかわらず、推論方式は「前向き」「後向き」が主流であり、知識表現は「プロダクションルール」「フレーム」が主流である。理由として

は、構築されたエキスパートシステムの動きを頭で考えて追ってゆき易い、思考の経路や知識を説明し易いためであろう。

知識量は、全てのツールについてハードウェア（主記憶）の制限のみである。

表-5 推論方式

推論方式	回答数
前向き	11
後向き	7
両方向	6
黒板	4
その他	8

表-6 知識表現

名称	回答数
プロダクションルール	12
フレーム	10
意味ネットワーク	4
その他	8

d) マニュアルについて

ユーザーズリファレンス、ユーザーガイド、初心者用マニュアルについては整備されているが、実際の開発を行う場合に必要ない「開発の手引書」「開発演習マニュアル」等はあまり整備されていない。これは、開発の主体がベンダー側であるためであろう。

マニュアルの整備は、ホスト>EWS>パソコンの順となっているが、システムの複雑さがマニュアルの量に影響しているのではないかと考えられる。

e) 土木に関するエキスパートシステムの開発経験

開発経験があるとの回答があったのは全体の約半分である。

また、開発経験者数は各社でばらつきが多く2～50名となっている。

f) 入力の手段について

現状の機器をユーザーが独自にインターフェースを取って使うことでの実用化はあるようだが、現在のキーボードに変わる入力手段としての扱い（目や耳や手の代わり）はまだ数年はかかるようである。

(3) アプリケーションとのリンクについて

EWS上でのツールについては、全てFORTRAN・Cとの相互サブルーチン呼び出しが可能であり、さらにその中の1社はFEM解析プログラムとのリンクの実績があるとの具体的な回答があった。

パソコン上でのツールについては、4社中2社はEWSの場合と同様の回答であったが、1社はBASICについては良好であるがFORTRANについては良好との回答をしていない。また、残りの1社は、アセンブラ以外の言語とのリンクは不可能としている。

ホスト上でのツールについては、5社中3社がEWS内からFORTRANのサブルーチン呼び出しが可能としているものの、2社はデータのファイル渡しによりアプリケーションとの情報交換を行うと明記している。

アプリケーションとのリンクのためにオプションを要するツールはなかった。

ほとんどのツールがFORTRANのサブルーチン呼び出しが可能としているが、受渡しデータ量を考慮した回答があったのは1社のみであり「データ量が多い場合はファイル渡し」と明記してあったが、他のツールの場合については、データ量よっての対応を実際に確認して見る必要がある。

(4) レポート機能について

エキスパートシステムをプロトタイプから実用システムに進めて行くためには、ユーザーに対しての判り易いレポート出力機能が必須と考えられる。

EWS上のツールについては、特にそれ自体に固有の機能としてサポートしているのではなく、同一マシンで稼働するワープロ・図化機能を有する他のソフトで対応している場合が多い。EWSのマルチ画面・マルチタスクの環境をうまく利用してシステムを構築してゆけば一連の流れとしてレポート出力が

可能である。しかし、もともと外国で開発され多種類のEWS上でも稼働するようなツールについては、対応が遅れている。これは、日本語対応の難しさと画面制御等ハードウェアの違いによるものと思われる。

パソコン上でのツールについては、EWSと同様それ自体にレポート機能を持っているものは少なく、他の汎用エディタ及びユーザプログラミングにより対応している。

ホスト上でのツールにおいては、ワープロ機能・図化機能等のレポート機能をサポートしていない。これは、ホスト機の日本語化能力及び作図能力に問題があり、小回りがきかないためである。

エキスパートシステムの実用化については、レポート機能を有するEWS・パソコン側で処理した方がいいと言える。

(5) データベース(DB)とのリンクについて

過去の実績を蓄えたDBを利用してエキスパートシステムの知識として利用することが今後重要である。また、ツール側としてはフレーム表現が可能であり、その中にDBの値を取り込む機能が必要である。

ホスト上のツールについては、LISP・FORTRAN・C等の言語でユーザーがインターフェース部分を作成するものが多い。

しかも、自社のDBだけアクセスが可能であるものが多く汎用的でない。

しかし、現在までの施工実績等のデータを蓄えているのは主にホストであり、新しくDBを構築する必要がないというメリットもあり、DBの検索・加工プログラムに習熟しているSEも多いことからDBの利用は比較的容易と考えられる。

EWS上のツールについてはホストと同様、ユーザーがインターフェース部分を作成するものが多い。この場合でも、オプションでライブラリーが用意されているものは少なく、

DBの構築・データの収集から始めなければならない。

パソコン上のツールでは、dBASE・Lotus等の一般に普及しているソフトとのインターフェースを持っているものがほとんどである。また、パソコンの機能をうまく利用すると、ホストとのデータのやりとりも簡単であり、ユーザーにとって使いやすいシステムを作るのも容易である。

ただ、パソコンに蓄えられるデータの量はメモリーやハードディスクに依存し、あまり大量に保存できないので、ホストに蓄えられたデータを必要なものだけ取入れ活用するのがよいと考える。

(6) ES内部での計算及びCADとのリンクについて

エキスパートシステム内での計算は、全てのツールについて最低仕様でも整数・浮動小数点の四則演算が可能である。各ツールは、その開発言語の関数への依存度が高く、FORTRAN・Cで記述した関数をオブジェクトレベルで呼べるものが多い。

CADとのリンクについては、4社についてはそのまま無条件で可能であり、6社については、記述言語・ハードウェア等の条件を満たせば可能との回答であった。エキスパートシステムで推論した結果をCADで表示することはほとんどのツールで可能であることが判った。

ただ、CADをどのような場面で利用すればいいか十分に検討されているわけではなく、現状では推論結果を図面に書き出している程度である。今後、例えば図形認識をCADを使って行うことで、位置や形状等の入力に利用してゆくこと等が考えられる。

4. エキスパートシステム化を進めるための課題

(1) エキスパートシステム化への問題点

アンケート調査をまとめる過程で以下のよ

うな問題が開発を進める側(ユーザー側)と開発を行う側(ベンダー側)にあるように思われ、これらの問題を双方が解決して行くことがエキスパートシステム化への近道であるように思われる。

a) 開発を進める側の問題(ユーザー側)

- ・エキスパートシステム構築ツールを使いこなせる人がいない。
- ・知識の整理方法が判らないために、ルールの評価が出来ない。
- ・開発にかかる時間が少ない。
- ・エキスパートシステム向けの思考方法ではなく手続き型の思考である。
- ・現実のエキスパート(専門家の知識)そのものをシステムとして取り込もうとしているために知識の複雑化や、例外的なケースのルール化等の現象が生じている。
- ・プロトタイプ的位置付けがあいまいで、プロトタイプと実用化の第1ステップとの関係が明確でない場合が多い。

b) 開発を行う側の問題(ベンダー側)

- ・マニュアルがベンダーの社内マニュアル的であり、専門用語が多く難解である。
- ・エキスパートシステム構築ツールがブラックボックス化している。
- ・建設業や建設工事についての基礎知識がない。
- ・実用化経験が少ない。
- ・ルール作りに協力しないし、その方法も知らない。
- ・ユーザーが気軽に教育を受けられる体制ができていない。

(2) 理想的な開発のステップと現実

エキスパートシステムを構築する場合の開発推進者(ユーザー)、開発実務者(ベンダー)、専門家(エキスパート)の関係は図-3のような関係であることが望ましいと考えられるが、現実には専門家の参加する部分が少

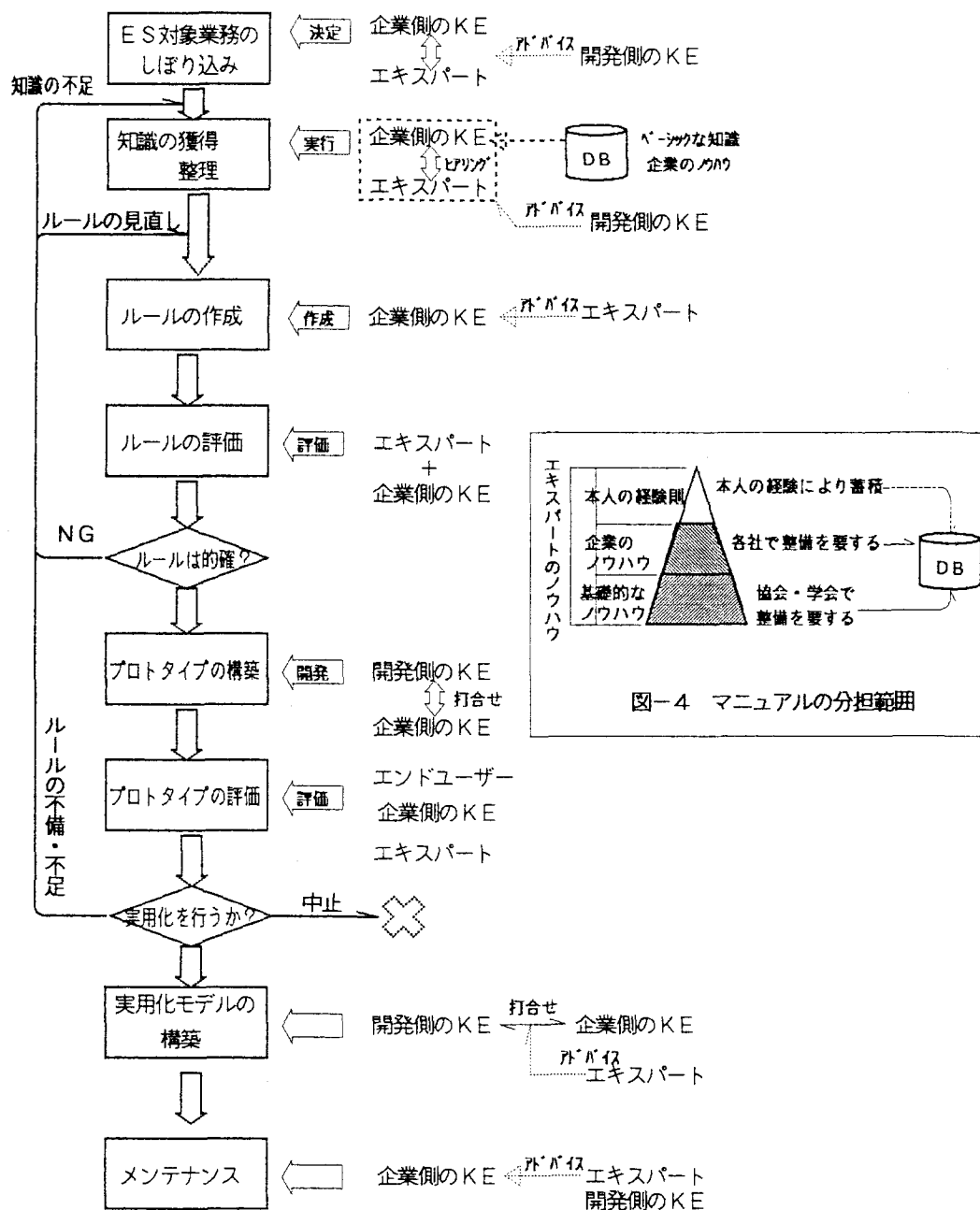


図-3 エキスパートシステム構築の手順とエキスパートの役割

なく、開発推進者と開発実務者の両者のみで開発行為を進行させていることが多い。したがって、それぞれの考えがまちまちで有効な関連がなくルール作成に時間がかかり、さらにプロトタイプ的位置付けがあいまいなことも影響して、実用化を進めた時点でのシステム構築の参加者間の意見の不一致等の問題が生じている。

この結果、社内のエキスパートからのお墨付き（エキスパートからの認知）が得られず実用段階への前進がそこで止まっているのが現状ではないかと思われる。

（３）エキスパートシステム構築を進める上での課題

エキスパートシステム構築を進めて行く上で最も時間がかかっているのは、知識の整理でありスタンダードなルールが存在しないために、関連すると思われる各種のマニュアルを参照しながら、マニュアルの作成の部分から始めているのが現状である。

このために、知識の提供者であるエキスパート各人の間の思考の差、知識をまとめる企業側のＫＥの思考の差や、システムを構築する開発側のＫＥの知識の理解の差が生じ、本来どのシステムであっても同じであるべき基本的な部分も微妙に異なってくるという現象が生じている。

本来、標準的な部分の思考経路はシステムに依存してよい部分であるが、上記のような現象がシステムの信頼を落とす事となり、その結果「実用化段階でその開発に加わったエキスパート個々の考えと実行結果が合致しない場合に、判断の経路の違う部分がはっきりと判らないために実際の事例に使用するのが恐いので使わない。」という事になってしまう。

このような問題を解決するには、図－４に示す基礎的な部分を各社でマニュアル化するのではなく、米国におけるＡＣＩのＤＵＲＣＯＮの例のように、建設に関する協会、学会といった機関がエキスパートシステムの構築を考慮した

マニュアルの作成や基準の統合化を行うことが必要であり急務でもありと考えられる。

また、各社のノウハウである部分のマニュアルについても、「知識をまとめる手法」「知識を残す手段」をうまく機能させるデータベースの構築や運用などで対応して行くことが重要である。

５． おわりに

３までで今回のアンケート調査の結果をまとめたが、我々の質問の意図がうまく回答者側に伝わらなかった面も多くあったように思われる。

開発を実際に進める場合、状況によっては、もう少し細かな点についてのアンケートが必要な部分があると思われる。

今回のアンケートの結果をふまえて今後の研究を進めて行きたいと考えている。

今後のループ活動としては、本年度中をめどに橋梁のひびわれを題材にしたエキスパートシステムのプロトタイプの構築を進め、そこで得られた開発上の問題を考慮しつつ来年度一杯をめどに、建設現場へのエキスパートシステムの適応の提案をまとめて行きたいと考えている。

最後になりましたが、業務多忙の中アンケートに回答を頂きました各社の担当者の方に紙面をかりてお礼申し上げます。

エキスパートシステム研究グループのメンバーは本年１０月現在、以下の１１名である。

- 五十嵐 善一（㈱奥村組）大音 宗昭（東洋建設㈱）
- 折田 和昭（㈱鴻池組）
- 岡田 英明（矢作建設工業㈱）
- 北角 哲（㈱奥村組）高岸 実良（京都大学）
- 富樫 豊明（㈱本間組）原田 満（立命館大学）
- ◎飛田 裕（日本国土開発㈱）
- 前田 和夫（第一技研工業㈱）
- 野沢 富造（国土総合建設㈱）
- ◎グループリーダー ○サブリーダー