

パソコンを用いた土留め工法選定支援エキスパート システムの構築事例

EXPERT SYSTEM FOR SELECTION OF OPTIMUM TYPE OF
EARTH RETAINING WALL BY PERSONAL COMPUTER

鴻池一季*
By Kazusue KONOIKE

There is a tendency that type of earth retaining wall for a given foundation is chosen mainly on the basis of past experiences or actual performances. Therefore, it is not always the case that a rational type of earth retaining wall is given for a particular foundation.

This paper discusses applicability of Expert System in selection of optimum type of earth retaining wall for a given foundation.

Keywords : expert system, personal computer, earth retaining wall, AI

1. まえがき

コンピュータ利用技術の急速な普及を背景として、土木工学の分野に人工知能の技術を応用しようとする気運が高まっている^{1)~3)}。

一方、工事施工の分野においては、土木構造物や工事施工条件の複雑化、経験や知識の豊富な熟練技術者の不足により、施工計画段階の比重が大きくなっている。また、工事実施段階におけるトラブル発生に対しても迅速な対応が要求される。このため、施工計画作成の合理化、省力化を一層進めなければならないが、中でも工法選定は工事の成果を左右する重要な要因である。

本報告では、土木工事で多く行われる土留め工法の選定を対象とするエキスパートシステム（以下 ES と記す）を、パソコンを利用して開発した事例を紹介し、パソコンを用いる ES の特徴およびその利用に関する知見について述べる。

2. システムの構成

通常、ES は LISP マシン、Prolog マシンと呼ばれる人工知能専用機あるいは汎用中型計算機上で、LISP、

Prolog などの人工知能用言語を用い、ES 構築ツール（計算機と対話しながら ES を構築するプログラム）を使用して構築するのが一般的である。これは、専用機や中型計算機の記憶容量、処理速度が ES に適しているのと、コンピュータ利用技術に詳しくない技術者が ES を構築するためには、ES 構築ツールを利用する方が効率的だからである。しかしその反面、計算機自体や ES 構築ツールが高価格であるという欠点を有しており、先端技術分野として注目されてはいるものの、広く実用化されるまでには至っていない。

それに対し、パソコンを用いた ES の構築は記憶容量、処理速度、開発効率の点では専用機や中型機を用いた ES 構築に劣るが、経済性、利便性、計算機の普及度などの点では優れており、今後のパソコン機能の向上を考慮すると、適用分野、適用方法によっては専用機や中型機と同等あるいはそれ以上の実用性を持つ ES を構築することも可能であると考えられる。

(1) 基本構成

本システムはパソコン上の ES として構築されており主な構成要素は

i) 使用機種

NEC PC-9801 シリーズ

(メモリ容量 640 KB)
(マウス使用)

* 正会員 工修（株）鴻池組
(〒541 大阪市東区北久宝寺町 4-27)

- ii) オペレーティングシステム
MS-DOS
- iii) 使用言語
Prolog-KABA (付録参照)
および拡張機能 WING
- iv) 構築用ツール
開発した簡易ツール (以後
KOEX と称す)
- v) 知識ベース
土留め工法選定 KB

である。

(2) オペレーティングシステム (OS)

ES の構築には通常のプログラミングに比較して相当大容量のメモリを必要とする。KOEX では PC-980 の主メモリ領域を最大限に利用すべく 640 KB に増設している。また、OS には 16 ビットパソコンの OS として使用実績の高い MS-DOS を採用した。このことによって、マウスドライバ、日本語入力フロントプロセッサ、人工知能言語など ES 構築に必要な周辺ソフトを自作することなく、市販のソフトを利用して ES が構築できるようになった。

(3) 使用言語

人工知能用言語には、LISP, Prolog などがある。表-1 にその特徴を示すように、LISP と Prolog の間に本質的な差異は少ないが、Prolog は LISP よりも自然言語に近い高級言語であり、一般的に理解しやすいので、本システム構築で用いることにした。

表-1 Prolog と LISP の比較

	Prolog	LISP
言語型	宣言型	手続き型
解読性	コンピュータ技術に詳しくなくても読みやすい	コンピュータ技術に精通していないと読みにくい
適応能力	制限される (1 階述語論理体系に拘束される)	大きい
実行速度	インターブリダでは一般的に遅い (処理によっては LISP より速いものもある)	インターブリダでは一般的に速い (処理によっては prologの方が速いものもある)
ESでの利用	専用機での ES 構築の利用は日本を除くと少ない	大部分の ES が LISP を用いている
その他	第五世代コンピュータの基本言語として採用している	AI 専用機の多くで採用している

(4) 構築用ツール

構築用ツール KOEX は VAX-11 の C-Prolog 上で作成した基礎工法選定支援システムから、基礎工法選定のための知識ベースを抜きとったものを基本とし、パソコン用ツールとして以下の機能を付加した簡易ツールである。

- i) マウス機能
- ii) カラーウィンドウ機能

- iii) 説明機能 Why 機能 (選定理由の提示)
How 機能 (対処方法の提示説明)
What-If 機能 (条件の変更再選定)
- iv) マルチプロセス機能 (プログラミング領域の切換増設)

3. システムの特徴

本 ES は以下の 3 点に留意して構築した。

- i) コンピュータ利用技術に詳しくない利用者にも利用しやすいシステムとする
- ii) パソコンの機能、特徴を最大限に活用したシステムとする
- iii) 将来の改良 (バージョンアップ) 可能性をできるだけ大きくしたシステムとする

このために採用した主な機能について以下に説明する。

(1) オートスタート機能

コンピュータ利用技術に詳しくない利用者でも、システムに電源を投入し、フロッピーディスクをディスク装置に装着するだけで ES が立ち上がるようとした。

(2) マウス入力機能

利用者と ES の対話にはキーボードを使用せず、2ボタンマウスと呼ばれる入力装置によって全データを入力することにした。すなわち、ディスプレイ上に表示される矢印をマウスの位置によって変化させて選択項目を選び、2個のボタンを適宜押すことによってデータが入力できる装置である。また、その時々の操作法はディスプレイ下段に簡単に表示するようにした。

(3) 日本語表示

ES のプログラム作成は MS-DOS 上の日本語変換フロントプロセッサ ATOK 4 を用いて行い、ディスプレイ上に表示される文章はすべて漢字かな混じり文とした。また、知識ベースを漢字かな混じり文とすることによって、知識ベースの判読性、補修性を良くした。

(4) マルチウインドウ機能

操作手順の概略がわかるように、グラフィック画面を使って階層的な選択ウインドウとし、次段階のウインドウも同時に表示することとした。また、次段階のウインドウを選択する順序は任意であり、選択されたウインドウがトップレベルに表示されるポップアップメニュー方式としている。

(5) カラーグラフィックス機能

人工知能専用機のディスプレイには、1024×808 ピクセル程度の高解像度ディスプレイが使われることが多い。しかし、高解像度のカラーディスプレイは高価であるため、モノクロディスプレイを使うのが一般である。それに対し、パソコンの場合は 640×400 ピクセル程度のディスプレイではあってもカラーディスプレイを使用

することができ、豊富なカラー画面を使って利用者が親しみやすい画像とすることが可能である。ただし、この場合は人工知能専用機のツールのような高機能のグラフィックエディタはそなえていないので、必要に応じ MS-DOS 上で稼働する市販のグラフィックエディタを用い、別途作図する必要がある。

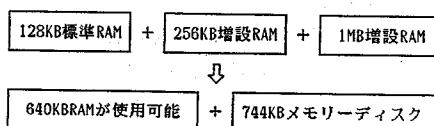
(6) マルチプロセス機能

将来にわたってパソコンを用いた ES を拡張、実用化してゆくためには、Prolog-KABA のプログラム領域 (P-コードエリア) が少なすぎるため、WING のマルチプロセス機能を利用した。プロセス 1,2 を順次切換えることによってプログラム領域を増加させている。理論上はプロセス 1,2 を順次切換えればプログラム領域は何倍にも増加し得るが、実用上は引き数の受け渡しを伴うため、プロセス 2 までしか利用できなかった。

(7) 記憶容量の増設

WING の機能 (マウス使用、dBASE II ファイルアクセス、マルチプロセス) に加え、日本語変換フロントプロセッサ ATOK 4 を組み込み、Prolog の利用容量を最大限に拡張すれば、必要な記憶容量が

60 KB (MS-DOS) + 3 KB (マウス) + 80 KB (ATOK 4)
+ 128 KB (WING) + 202 KB (Prolog-KABA プロセス 1) + 128 KB (Prolog-KABA プロセス 2) = 601 KB
となり、PC-9801 シリーズの最大 RAM サイズ 640 KB にまで増設する必要があった。このため、256 KB の増設 RAM と 1 MB のメモリーディスクを増設して 640 KB とした。増設 RAM の使用状況を図-1 に示す。



4. 暖昧性の取り扱い

人間である専門家の知識を ES としてコンピュータ化するためには、暖昧性をどのように処理するかが重要となる。なお、ここでいう暖昧性とは、意思決定などにおいて人間の主観によって生じる不確実性のことである。ES を構築する際に、何らかの処理が必要な暖昧性には

- i) ES 利用者が入力データに対して持つ暖昧性
- ii) 専門家の意思決定手法 (土留め工法の選定方法) の暖昧性
- iii) ES 開発者がルール設定時に持つ暖昧性
- iv) 複数データまたは複数ルールから求めた結論が持つ暖昧性

などがある。これらの暖昧性に対処する手法には、確信

度の利用、統計的手法の利用、可能性理論、Dempster-Shafer の証拠の理論などがある。しかし、ここでは多量の演算時間や記憶容量を必要とする可能性理論や Dempster-Shafer の証拠の理論は利用せず、確信度の利用や統計的手法 (施工実績データの利用) によってこれらの暖昧性に対処することとした。本システムで採用した手法の概略を以下に示す。

(1) 確信度 (Certainty Factor) の利用

利用者が入力データに対して想定される定量的裏付けのない確率や、経験的に想定される確率 (統計的確率とは異なる) を確信度という表現形式 ($-1 \leq C \leq 1$ または $0 \leq C \leq 1$) で表わす。また、ルール設定時にルール自体が持つ暖昧性も確信度を用いて表現することができる。あるルール 1 が持つ確信度を D_1 とし、入力データ a, b の確信度を C_a, C_b で表わし、条件部 P_1 がデータ a, b で構成されている場合の確信度の計算法を以下に示す。

a) ルールの条件部の確信度の計算法

$$P_1 = a \cup b \text{ の場合 } C_{P_1} = \max\{C_a, C_b\}$$

$$P_1 = a \cap b \text{ の場合 } C_{P_1} = \min\{C_a, C_b\}$$

$$P_1 \neq a \text{ の場合 } C_{P_1} = -C_a \text{ or } (1 - C_a)$$

b) ルールによる結論の確信度の計算法

$$C_{a1} = C_{P_1} \times D_1$$

c) 2 つのルールによる結論の確信度 C_{a1a2} の計算法

$$C_{a1} \text{ and } C_{a2} > 0 \quad C_{a1a2} = C_{a1} + C_{a2} - C_{a1} \cdot C_{a2}$$

$$C_{a1} \text{ and } C_{a2} < 0 \quad C_{a1a2} = C_{a1} + C_{a2} + C_{a1} \cdot C_{a2}$$

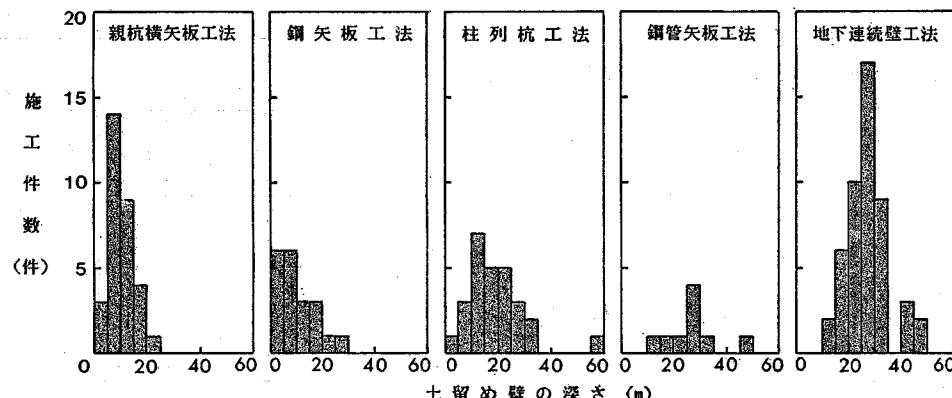
$$\text{それ以外の場合 } C_{a1a2} = \frac{C_{a1} + C_{a2}}{1 - \min\{|C_{a1}|, |C_{a2}|\}}$$

入力データが持つ暖昧性は、表-4 に示すように、入力データに確信度を付して評価することとした。

(2) 施工実績データの利用

土留め工法を選定するために考慮すべき要因が多数存在するため、設計の熟練者にとっても土留め工法の選定手法は暖昧で不明確なものとなっている。本システムを開発する際としては、設計熟練者による土留め工法選定の基礎知識の提示、およびシステム開発に関する討議などの協力を得た。しかし、設計熟練者もすべての土留め工法と掘削深度に関して、熟知しているというわけではないため、過去 5 年間の施工実績 (図-2) から土留め工法の種別とその適用掘削深度の区分値を決定した。

また、掘削深度の区分値を境界とした各クラスに含まれる施工件数の割合によって、マトリックス選定表 (表-3) で示す各工法の適応性を定性的に示す記号 $\bigcirc \times \Delta$ 等の定量的評価をした。たとえば鋼矢板工法の場合、全施工件数が 20 件で掘削深度 15 m 以下の施工件数が 15 件、15 m 以上の施工件数が 5 件であり、これに対応し

図-2 土留め工法種類別の土留め壁深度に対する施工件数 (1981~1985 年度実績)⁶⁾

て、選定記号○の定量的評価を 0.75 (15/20) に、選定記号△の定量的評価を 0.25 (5/20) に決定した。

なお、現在のところ資料が少なく、統計的手法が利用できない選定項目については、選定記号の○を 1.0、△を 0.6、×を 0.2 として定量的評価を行っている。この値は、数回の試行を繰り返した結果を経験に照らしてみて、妥当と考えられた値である。

さらに、確信度を用いた工法選定では表-3 に示す選定表を用い、選定項目間に重み係数を設定して、重み係数と確信度と評価点を掛け合わせたものの総得点から工法を選定することとした。また、選定理由の提示 (Why 機能) には工法選定手法と選定理由提示方法を分離して、図-3 に示す選定樹を後向き推論することにより選

定理由を提示した。なお、選定手法と選定理由提示方法が異なるための違和感は表面化せずに済んでいる。

5. 土留め工法選定知識ベースの構築

土留め工法選定に関する曖昧な知識を、ルール表現による明確な知識ベースとして体系化するために、設計の熟練者と協力して進めた作業手順を以下に示す。

(1) 設計の熟練者による専門知識の提示

土留め工法選定に関連する専門知識を、重要性の大小にかかわらずすべて提示させる。このとき、熟練者と討議しながら、ES 構築者が協力して専門知識を抽出するのが効果的である。熟練者は、簡単すぎる知識や極度に専門的な知識は省略しがちなのである。このようにし

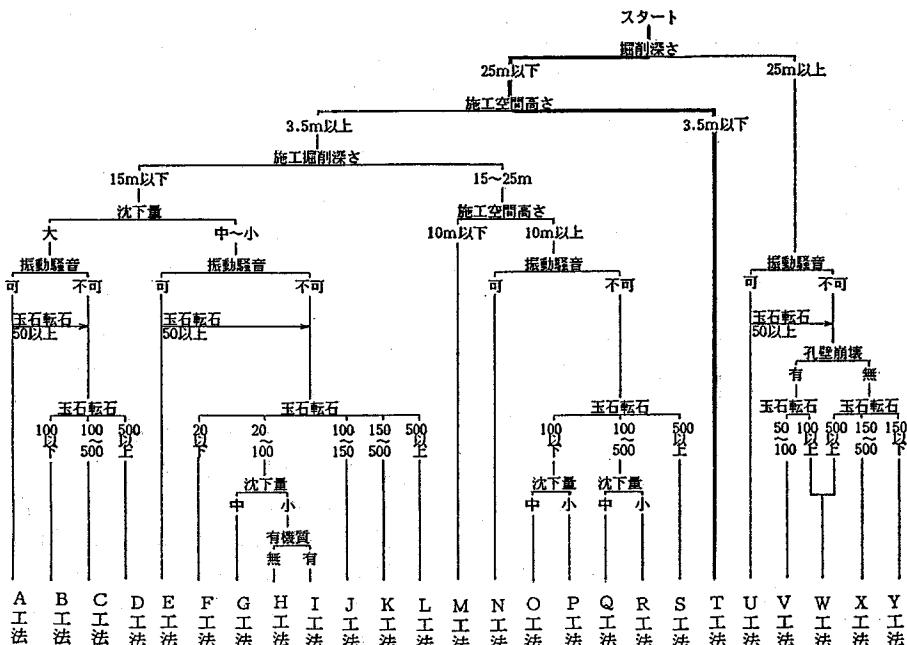
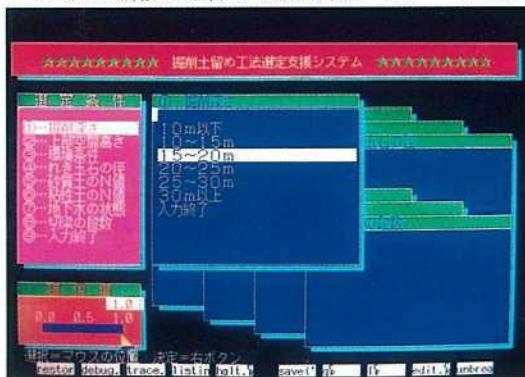


図-3 選定理由提示のための工法選定樹 (後向き推論によって選定理由が提示できる)

パソコンを用いた土留め工法選定支援エキスパートシステムの構築事例



◆写真-1

マウスを使用して選定条件を一つ入力した画面。これから確信度を入力しようとしている。

写真-2

選定条件を二つ入力した画面。最初に選んだ選定条件の一部が残っているので、何を入力したかを確認することができる。



◆

写真-3

選定結果を3工法提示し、簡単な留意事項を示している。

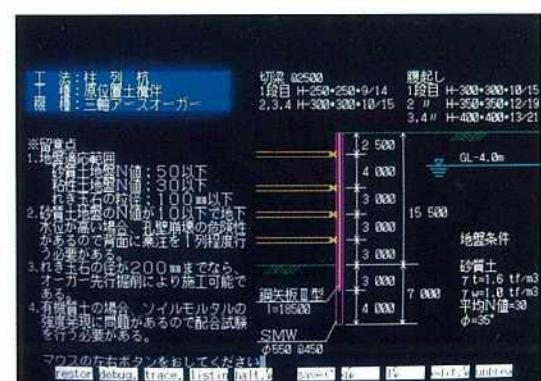


写真-4

選定工法を採用する際の詳細な留意事項および標準設計等を説明している。



◆写真-5

選定工法の選定理由を明示している。

選定樹のみを利用した選定法では、設計者の微妙な選定方法を模擬することが困難であった。そこで、本 ES では、選定表の評価点に重要度・確信度を付け加えて合計する方法を採用した。ここでは、作成した選定樹は後向き推論を用いて選定理由を提示すること(Why 機能)のみに利用している。たとえば、選定樹(図-3)をさかのぼることによって、BH 杖等の特殊工法(図では T 工法と表記)を選定した理由が施工空間高さが 3.5 m 以下であり、掘削深さが 25 m 以下であることを示すことができる。

(10) 選定結果の複数表示

現在、選定結果は上位 3 工法を得点順に提示し、利用者がこのうちの 1 工法を選定するマン・マシンシステムとしている。この理由は、現場運営、営業戦略などの諸条件を考慮していないので、施工計画作成時の工法変更の余地を残し適用性を高めることとしたものである。

6. 土留め工法選定例とシステムの評価

過去に実施された土留め工法選定例を対象として、選定機能の評価を実施した。入力はキーボードを用いず、すべて 2 ボタンマウスを用いて行う。また、出力結果はプリンターによってハードコピーを取ることもできる。本 ES による選定例として、選定各段階におけるディスプレイ表示例を写真-1~5 に示す。これらの写真是、事例 1(後出表-4)において現位置土攪拌混合工法を選定した手順を示している。このようなシステムの評価を 30 例について実施したが、30 例すべてが上位 3 工法内に選定されており、本 ES の有効性を示していると考えられる。

なお、評価に用いた 30 例中の、主な選定例 3 種類を表-4 に示した。これらは、入力項目のすべてが埋めら

表-4 入力条件および本 ES を用いた選定結果と実施工での選定結果の比較

選定例 ES の入力と結果	事例 1		事例 2		事例 3		
	入力値	確信度	入力値	確信度	入力値	確信度	
入力	掘削深さ	15.5m	1.0	21.6m	1.0	8.0m	1.0
	砂質土 N 値	30	0.7	3	0.8	15	0.8
	粘性土 N 値						
	れき玉石の大きさ	10cm	0.9	10cm	0.8	2cm	0.9
	地下水位	GL-4.0m	0.9	GL-4.5m	0.9	GL-2.0m	0.9
	施工上部空間	13m 以上	0.9	13m 以上	1.0	13m 以上	1.0
条件	振動騒音の規制	有り	1.0	有り	1.0	有り	1.0
	背面構造への影響	考慮	0.7	考慮	1.0	考慮せず	
	止水性	必要	0.8	必要	1.0	必要	1.0
選定工法		現位置土攪拌混合工法	地下連続壁工法 (パケット式)	鋼矢板工法 (圧入式)			
		PIP 杖工法	地下連続壁工法 (循環式)	鋼矢板工法 (オーガー併用圧入)			
		泥水固化壁工法	鋼管矢板工法	親杭横矢板工法 (オーガー併用圧入)			
実施工で選定されていた工法	現位置土攪拌混合工法		地下連続壁工法	鋼矢板圧入工法			

れた例であるが、入力項目が若干不足していても選定は可能である。また、このような(この程度の)選定に必要なルール数は約 200 ルール程度であった。

7. あとがき

本報告では、パソコンを用いた土留め工法選定支援システムを開発することによって、パソコンを用いた ES の特徴について述べるとともに、選定要因の抽出と分類、要因と選定工法の対応表の作成、要因の順序付けに関する検討を通して ES を構築する手法を示した。

以下に、このシステムの開発を通して明らかにされた事項をまとめることにする。

(1) パソコンを用いた ES は、専用機を用いるシステムに比べて経済的でインタラクティブなシステムとすることはでき、コンピュータ利用技術にそれほど詳しくない一般技術者にとっても、利用しやすいものにすることができる。

(2) パソコンを用いた ES は、ルール数に換算して約 200~300 程度の規模が限界であると考えられる。しかし、適用する対象を限定して問題を取り扱うならば、十分に実用上有効なシステムとすることができます。施工計画などの全体的な構造の診断に関しては、システムの構成や手法の適用性などに関し、別途の検討が必要である。

(3) 本 ES では、最終的に複数の工法を選定し、その後 ES で考慮していない他の施工計画諸元を検討して全体の工期や経済性を再検討する余地を残している。こうすることによって、施工計画作成に対する適用性が高くなると考えている。

(4) 知識ベースの作成にあたって、知識の不足やデータの曖昧さに関しては、過去の施工実績に対する統計的手法や、選定条件に対する人工知能的手法の適用によ

り、熟練技術者や経験豊かな技術者が持つ専門的知識を定量的に蓄積することができる。

(5) 今回は土留め工法の選定を例として取り上げたが、その他の工種においても同様の手法によって ES を構築することができる。その場合、施工例が比較的多くまた施工条件に曖昧さもしくは不確実性の存在しやすい工種、たとえば基礎工法などの選定に利用するならば、適用の効果は大

きいと考えられる。

(6) 本 ES は教育・研修用として開発したシステムではないが、初級技術者や専門分野の技術者の教育・研修用として十分な機能を有している。

なお、本報告をまとめるにあたり、種々ご助言いただいた神戸大学工学部 谷本喜一教授はじめ、知識情報の提供やたび重なるブレーンストーミングに参加いただいた各位に、謝意を表します。

付録1 Dempster-Shafer の証拠の理論⁷⁾

選定項目数に比較してルールの数が多い場合の確率を取り扱う手法で、選定条件などがうまく絞り込まれていない場合に用いられることがある。

焦点要素 (focal element) A_{1i}, A_{2j} に対し独立な証拠に基づいて得られた基本確率を m_1, m_2 とすれば、焦点要素 $A_k (= A_{1i} \cap A_{2j})$ の基本確率は次式で示される。

$$m(A_k) = \frac{\sum_{A_{1i} \cap A_{2j} = A_k} m_1(A_{1i}) m_2(A_{2j})}{1 - \sum_{A_{1i} \cap A_{2j} = \phi} m_1(A_{1i}) m_2(A_{2j})}$$

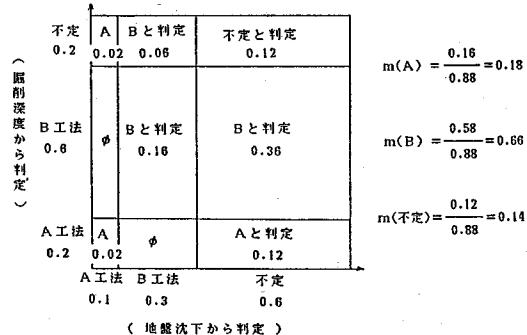
(ただし、 $A_k = \phi, \phi$: 空集合)

この式を土留め工法選定の ES に適用することを想定して説明する。

たとえば、“掘削深度 15m～20m”と“周辺地盤沈下を極力抑える”という 2 つの選定ルール条件を用いて、親杭横矢板工法 (A 工法) と鋼矢板工法 (B 工法) の 2 工法から適正な土留め工法を選択する基本確率を付表 1 に示すとする。2 つの選定ルールを同時に考慮したと

付表 1 施工条件から工法を選定する際の基本確率

	A 工法	B 工法	不定
掘削深度 15m～20m	0.2	0.6	0.2
周辺地盤沈下を極力抑える	0.1	0.3	0.6



付図-1 Dempster-Shafer の証拠の理論を用いた推定

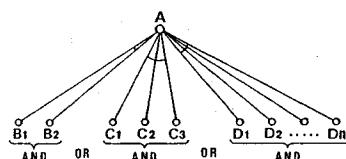
きの基本確率は、付図-1 に示すように、焦点要素であると判定できる面積の総和を、何らかの判定ができる面積の総和 (異なる工法を選択した場合を除いた面積) で除したものとなる。

付録2 Prolog 言語

本 ES で採用した言語は Prolog-KABA である。パソコンで使える Prolog の中では、最も普及している言語の 1 つであり、DEC-10 Prolog の形式を踏襲している。Prolog は 1 階述語論理を基本とした論理型言語であり、いわゆる三段論法で知識を推論する機能がある。Prolog の入力型式には、付図で示す 5 種類があり、条件部の各項目 (アリティ) にマッチする頭部を次々とトレースして、目的の工法あるいは選択項目に達するのである。

また、入力形式の説明をみてもわかるように、表現形式は人間の思考形式、思考過程に近く、プログラミングの専門家以外にも、比較的平易な言語である。また、ES の主要な知識表現形式であるルール形式 (if 条件部, then 基本的作用部), すなわち、「もし～であれば～である」という形式を基本的入力形式としている。

表現形式		説明
① [A]	事実 (fact)	A である。
② [A] :- [B]	規則 (rule)	B であれば A である。
③ [A] :- [B ₁], ..., [B _n]	ホーン節 (horn clause)	B ₁ かつ…B _n であれば A である。
④ ?- [A]	質問 (question)	A ですか？
⑤ ?- [A ₁], ..., [A _n]	ゴール節 (goal clause)	A ₁ かつ…A _n ですか？



付図-2 Prolog の表現形式

たとえば、付図に示す AND/OR の選択樹を Prolog で表現するには、

$A : -B_1, B_2$

$A : -C_1, C_2, C_3$

$A : -D_1, D_2, \dots, D_n$

と表現することになる。

参考文献

- 1) 大北康治・小川 均・田村進一：土木分野におけるエキスパートシステムの利用について、第9回電算機利用に関するシンポジウム、土木学会、pp. 153～156、1984.

- 2) 古田 均・K.S. Fu・J.T.P. Yao：知識工学（エキスパートシステム）の構造工学への応用、土木学会誌、Vol. 70, No. 9, pp. 28～33, 1985.
- 3) 石塚 満：建築物被害査定のエクスペート・システム、情報処理学会論文誌、24, 3, pp. 357～363, 1983.
- 4) Hayes-Roth, F. et al. (ed.) : Building Expert Systems, Addison Wesley Pub. Cd., 1983.
- 5) Baar, A./Feigenbaum, E.A. : 人工知能ハンドブック、田中幸吉／渕一博訳、共立出版、1983.
- 6) (株)鴻池組社内データベース、(1981～1986, IR of CR).
- 7) M. Ishizuka, K.S. Fu, J.T.P. Yao : Inference Procedures under Uncertainty for the Problem-Reduction Method, Information Sciences 28, pp. 179～206, 1982.

(1987.3.20・受付)

●新刊図書案内●

プロフェショナル・コンストラクション・マネージメント

—米国における建設マネージメントのめざすもの—

本書は、海外活動委員会が 1984 年 10 月から 85 年 11 月まで 1 年有余にわたり、第 5 回研究会のテキストとして使用した、Mc. Graw Hill 社刊行の Donald S. Barrie と Boyd C. Paulson Jr. の共著「Professional Construction Management」を翻訳したものである。日本の建設業者が海外に出て行く場合はもちろん、欧米の建設業者が日本の建設市場に参入してくる場合にも参考になる点が多くあると考えられるので、ぜひご一読されますようおすすめします。本書の主な目次は次のとおりである。

- 内容：第1部 建設産業とそのやり方：第1章 エンジニアリング産業と建設産業におけるプロフェショナル・コンストラクション・マネージメント／第2章 プロジェクトの展開と組織／第3章 プロフェショナル・コンストラクション・マネージメントの組織
 第2部 プロフェショナル・コンストラクション・マネージメントの実際：第4章 プロジェクト例の紹介／等5章 現地調査、計画、工程、積算、設計／第6章 入札と落札／第7章 施工／第8章 管理の実行方法／第9章 プロフェショナル・コンストラクション・マネージャーの選定
 第3部 プロフェショナル・コンストラクション・マネージメントの方法：第10章 プロジェクトの計画と管理の概念／第11章 プロジェクトの積算／第12章 作業と資源の計画と管理／第13章 コストエンジニアリング／第14章 調達／第15章 價値工学／第16章 品質保証／第17章 建設工事におけるコンピュータの利用／第18章 建設工事中における安全衛生管理／第19章 労使関係／第20章 プロフェショナル・コンストラクション・マネージメント手法の現状

付 錄：A プロジェクト例の説明／B 入札書類の例／C 契約書様式／参考文献：

体裁：A5 判 545 ページ 定価：10,000 円 会員特価：9,000 円 (税 350 円)

申込先：土木学会