

三菱重工 正員 谷川 浩司 京都大学工学部 正員 白石 成人  
 京都大学工学部 正員 松本 勝 京都大学大学院 学生員 道浦 真

1. はじめに・・・本研究では、橋梁形式の選定を行う橋梁計画段階において、種々の選定要因に対する検討が不十分であったために、建設時に問題が生じ、橋梁建設費については道路建設費全体が高くなるという問題が生じていること、ならびに、近年の飛躍的なコンピュータ支援システムの発展に注目し、合理的で一貫性を持った橋梁形式選定システムをコンピュータを利用した使いやすい支援システムとして作成するために、知識工学の手法の適用を試みた。知識工学の手法の一つであるプロダクション・システム（以下PSと呼ぶ）の方法を用いることにより、さまざまな選定要因を効率よくコンピュータ上に表現でき、実用的な形式選定システムの作成が可能になると思われる。以下に、PSの概要を述べ、作成した基礎形式選定システムについて説明を加える。

2. PSの概要<sup>1)</sup>・・・PSは、知識ベース、推論機構、ワーキング・メモリーを基本要素として構成されている。PSでは、知識は「もし～ならば・・・（IF～THEN・・・）」というプロダクション・ルールの形式で表されており、このルールの集合が知識ベースである。ワーキング・メモリーは現在行っている問題解決の途中経過状態を保持するための一時的な領域で、問題解決が進むにつれて内容が順次変わっていく。推論機構は、知識ベースのルールの中から、ワーキング・メモリーの状態に対して前提部(IF～部)が適合するルールを探し出し、その結論部(THEN・・・部)を実行するというように三者は互いに関連し合った形で構成されている。しかしながらこれらは、知識ルールの追加削除、変更によりシステム構造上は完全に分離している。したがって、各問題に対してそれぞれ知識ベースとワーキング・メモリーを作成すれば、一種類の推論機構で種々の問題解決を行うことも可能であり、プログラム作成の手間をかなり省くことができる。次にPSのより詳しい実行の過程を図1に示す。まず、知識ベースの中からルールを選択してきて、そのルール的前提部がワーキング・メモリーの内容に適合しているかどうかを調べる。もし適合していればそのルールの結論部を実行するが、適合していなければ他のルールを探す。他のルールが見つければ再び前述の動作を行うが、見つからなければ実行を中止する。このような一連の処理は、認知・実行サイクルと呼ばれPSはこのサイクルを繰り返しながら問題解決を行うものであり、このサイクルを制御するのが推論機構である。さらに、PSと従来のコンピュータ・システムを比較すれば、従来システムではフローチャートなどの形でdecision treeをあらかじめ作成しておき、それをFORTRANなどの言語を用いてプログラム化するのが一般である。一方、PSでは体系的に整理分類された条件をルールという一定形式で蓄えておき、推論機構はこれらのルールをつなぎ合わせてツリーを作成し、スタートからゴールへの道筋を形成するというものである。したがって実行速度という意味では、実行が決定的に行われる従来システムの方が有利であるが、システムの作成、あるいは修正という意味ではPSが有利となる。これらのことから橋梁形式選定システムのように、選定要因が膨大であり、また技術の進歩に合わせて内容を修正していかなければならないシステムに対しては、PSの方が有利であると思われる。

3. 基礎形式選定システムの作成・・・前述のPSの方法を用いて基礎形式選定システムを作成した。なお、システム全体のプログラムは京都大学大型計算機センターで稼働中のコンピュータ言語Prolog/KR<sup>2)3)</sup>により作成した。本選定システムの基本構成は、図2に示すように工法の絞り込みを

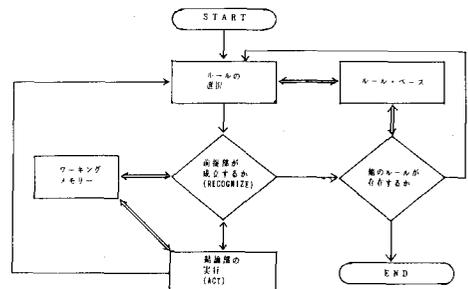


図1 認知実行サイクル

容易にし、システムの効率を向上させるためSTAGE1～STAGE4の4つの段階に分かれている。STAGE1,2は技術的に施工不可能あるいは施工例がほとんどなく選定が著しく不利となる形式を落としていくステージである。STAGE3は、「形式の採用にあたってA-検討不要、B-やや検討が必要、C-かなり検討必要」STAGE4は「形式の採用が、A-有利、B-普通、C-不利」という基準で、それぞれ三段階の得点づけを行うステージである。各ステージで評価する要因を表1に示す。次に、これらの要因を知識ベースとして利用できるように、ルールで表現する。ルールの形式は、今回作成したPSの推論機構に適合するよう、以下のような形式になっている。

(AS (RULE 番号 IF 条件部 THEN 実行部 ルールの優先順位 ステージの番号))

ここで、ASはASSERT (主張する)の略であり、Prolog/KR で事実や規則を宣言する時に用いる。また、ルールの優先順位は、条件部がワーキング・メモリーに適合するルールが複数個存在する時にどのルールから先に実行するかを推定するものであり、10.0～0.0 までの実数値を各ステージごとに与えてある。さらにワーキング・メモリーとしては、STAGE1,2に対しては、実行の現段階で採用可能な基礎形式名をその要素としており、STAGE3,4に対しては、各基礎形式の得点をその要素としている。以下に実際の例とその意味を示す。

```
(AS (RULE 143
  IF
  (AND (CHECK-WM2 (PNEUMATIC-CAISSON)) (YUDOKU-GUSS ARI))
  THEN
  (DEL-WM2 (PNEUMATIC-CAISSON))
  +0.6000000*01
  2))
```

「もし、WM2 にニューマチック・ケーソンがあり、かつ、掘削中に有毒ガスが発生する可能性があるならば、WM2 からニューマチック・ケーソンを除外せよ (ニューマチック・ケーソンは不可)」

この基礎形式選定システムは、簡単な指令の入力により稼動し、画面に次々に質問を表示する。これに対して利用者は決められた形の答を入力するだけでよく、非常に使いやすいシステムとなっている。また実橋へ適用した結果も、STAGE3,4の得点づけにやや問題は残るものの、より実用性の高いシステムになっているものといえる。

4. 結論・・・PSの考え方をういたことにより、各選定条件をルールという非常に読みとりやすい形で表すことができ、またルールの作成にあたってワーキング・メモリーを通じてルール相互間の関係を考えるだけでよく、形式選定のための探索空間を表現しやすくなり、システム全体の作成が容易になった。今後もシステムを修正してゆくことにより、より実用的な基礎形式選定システムに近づけるとともに、上部工、スパン割りなどのシステムもPSを用いて作成してゆく今後の研究に期待したい。

(参考文献)

- 1) 太畑、鈴木 他: "Prolog入門", 啓学出版, 1984
- 2) Hideyuki nakasima: "Prolog/KRM USER'S MANUAL", METER 82-4
- 3) 白石、松本、古田、谷川: "新しいコンピュータ言語Prologの橋梁形式選定システムへの適用について", 第9回電算機利用に関するシンポジウム講演概要集, 1984



図2 「基礎形式選定システム」の基本構成

表1 各ステージで評価する要因(その1)

STAGE	要 因
1, 2	支持層の中央 支持層以下の強度 流動性の有無 基礎の施工高さ 機械施工の可否 富圧地下水の水量 地下水の浸透 水上施工の場合の掘削の可否 有毒ガスの発生 中間層の玉石の径 中間層の粘性土のN値 中間層のレキ層厚 中間層砂質土のN値 作業面傾 杭のストロークの有無 作業用の上方クリアランス ケーソン成下の可否
3	騒音振動 地山保護物への影響 地下埋設物、地下配管物 支持層の傾斜 支持層の凹凸 基礎の無有蓋板

表2 各ステージで評価する要因(その2)

STAGE	要 因
3	地下水の利用 有毒ガスの発生 中間層の粘性土のN値 中間層の砂質土のN値 中間層のレキ層厚 中間層の玉石の径 中間層の浸透性の有無 地下水位 富圧地下水の水量 地下水の浸透 流動性の有無 フーチングの設置の可否
4	基礎の施工高さ 基礎に作用する鉛直方向荷重 基礎に作用する水平方向荷重 水上施工 作業面傾 地山の有無 地山保護の必要性 ネガティブフリクションの可能性 工期の制約 埋設物の有無 基礎の支持方式 水質汚濁