

建設工事の工程計画を事例としたAI技術の一考察

編フジタ 池田 将明

1. はじめに

数年前の熱気が嘘のように、AI(Artificial Intelligence)という言葉を開く機会が、近年少なくなったような気がする。これはAIがより身近かで当たり前の技術となった証であると言う者、いや実務に供するには未だ未熟な技術であると言う者など、その評価は分かれる。

ここでは、知的工程計画システムの開発を一例として、建設マネジメントにおけるAI技術の位置づけについて再考してみた。

2. システム開発におけるAI技術の位置づけ

(1) 問題解決方法とAI技術

AIについては、これまで語り尽くされてきた感があるが、その実体には未だに曖昧なイメージが多く残されている。これは、AI研究の基本的な目的「人間の持つ知的能力を機械で代替する」において、人間の知的能力とは何か？それはどのように実現されているのか？—といった基本的な疑問が、未だ解決されていないことによる。

しかし、システム開発のためのAI技術とすると、その位置づけはかなり明確に定義できる。つまり、人間の問題処理方法は表-1のように分類できるが、この中の②と③まで対応するのがAI技術となる。すなわち、①は問題解決のアルゴリズムが明確であることから、従来よりFORTRANやCなどの手続き型言語でシステム化が進められてきた。残る②と③を知識ベース・システムやニューラル・ネットワーク、ファジィ制御などのAI技術でシステム化することとなる。

(2) AI技術のジレンマ

このように、従来からの手続き型言語だけを用了のでは、人間の問題解決行動の一部分しかシステム化することができない。このことを工程計画問題を例に示したのが図-1で、これまでに多大な努力が払われシステム化されてきたのは、問題全体から見るとほんの一部分しかない。

このことは、AIが主として対象とする問題が、これまでのシステム化から取り残された、より複雑で曖昧な問題ということとなる(これを悪構造問題と呼ぶ)。この事実は大変に重要で、ある意味ではAIの持つジレンマとも言える。すなわち、本来の悪構造問題を対象としていてはシステム化は困難を極めるし、かといって簡単な問題を対象としていてはAI技術を適用する意味を問われる。

このジレンマを端的に示す事例は多い。例えば、工法選定ES(Expert System)がそれで、対象工法や適用範囲を限定し、判断材料も限定するなどしているために、AI技術が何故必要なのかを示すことができていない例が多い。

表-1 人間の行動から見た問題処理方法の分類

① 手続き的処理
経験的に記憶された行動パターンに従って 無意識的、手続き的 → プログラム
② 知識処理
記憶された知識や個人の規範に従って 意識的、発見的 → 知識ベース・システム
③ コネクショニズム(connectionism)
脳に焼き付けられたパターンに従って、 無意識的、反射的 → ニューラル・ネットワークやファジィ制御

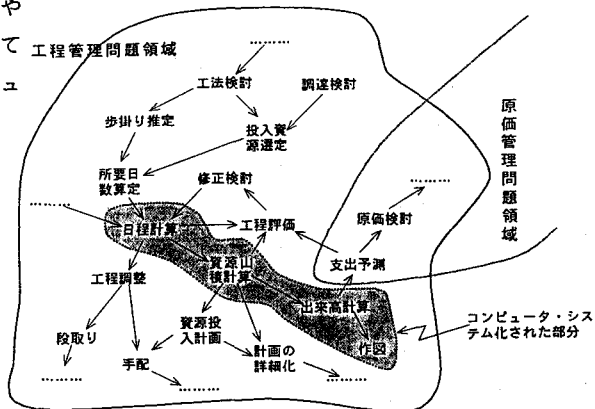


図-1 工程計画問題領域とシステム化の範囲

3. 開発事例「知的工程計画システム」

(1) 開発の目的

これまで、工程計画・管理業務の効率化を目的に、スケジューリング・システム PF-NETSを開発・運用してきた¹⁾。しかし、このシステムを利用する場合でも、施工法や工区分割、施工順序の検討を行った後、さらに数日間かけて、複雑な作業量の計算や作業手順の検討、所要日数の推定、仮設材料の選定などを行い、数千にもものぼるデータを入力しなければならない。

そこで、AI技術を用いて、工程計画に関する種々の知識を予めコンピュータに蓄積しておき、これを利用してPF-NETSが必要とする入力データを効率よく作成するES(PF-PLAN)を開発した。この両システムを合せて知的工程計画システムと呼ぶ。

(2) システムの構成

現場事務所でも簡便に利用できるように、パソコンをベースに、工程図作成用のプロッターと音声案内用の音声合成ボードを加えたハードウェア構成とした。同様に構築支援ツールの選定では、パソコン上で実行可能なもの、加えて①ハイブリッド型の知識表現・推論機能、②ホスト・EWS

・パソコン間の知識ベースの互換性、③C言語変換機能等のデリバリ環境、④MMI (Man-Machine Interface)作成機能などを考慮した。

ちなみに、PF-PLANの規模は、ルールセット12、ルール68、フレーム294種類、lisp関数306となった。図-2に本システムの全体構成を示す。

(3) PF-PLANの概要²⁾

【機能】

- ①工程ネットワーク自動生成機能
- ②資源選定機能
- ③仮設足場・支保工の選定機能
- ④作業所要日数の推定機能
- ⑤構造物形状の簡易入力機能

【特徴】

- ①階層的アイコンによる構造形式の指定
- ②CAD的な構造物と現地情報の指定
- ③音声コンサルティング
- ④オブジェクト指向によるネットワーク生成

【対象】

①橋脚、②橋台、③擁壁、④底版基礎、⑤ボックスカルバート、⑥管渠、⑦開渠などから構成される、鉄筋コンクリート構造物構築工事

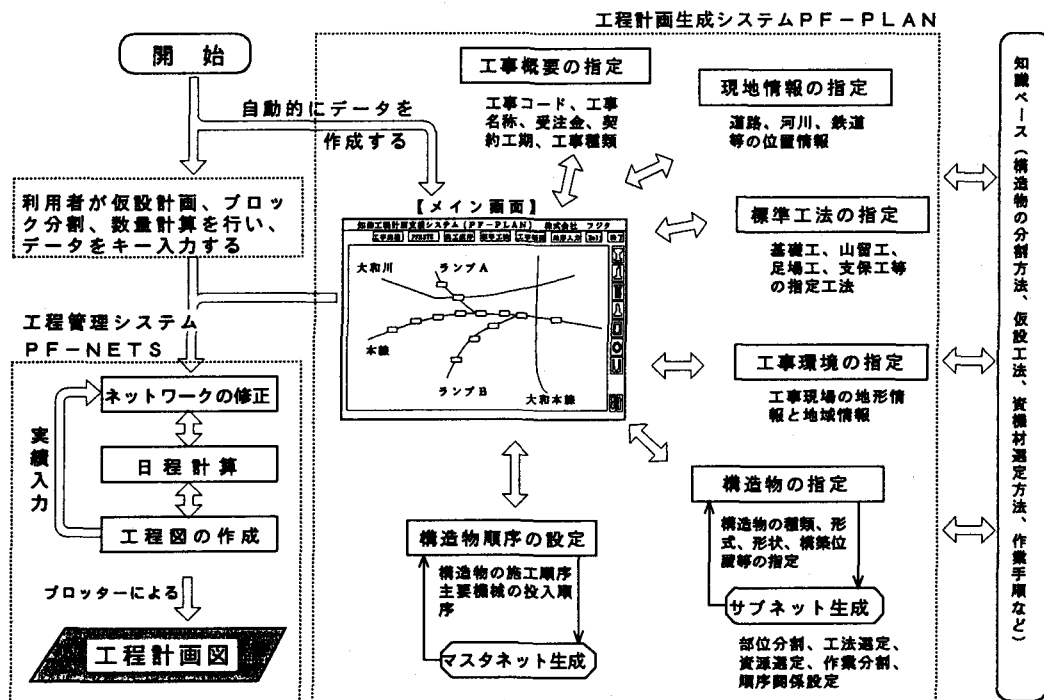


図-2 知的工程計画システムの全体構成

4. AI技術の今後に関する一考察

(1) 選定型ESと計画型ES

AIのジレンマの例として工法選定を上げたが、診断や選定という行為自体は、それを行う技術者の力量が問われる問題で、深く考えれば考えるほど難しい。このため、五感（もしくは六感？）を持たず（コネクショニズムの進展が期待される）、深い推論も苦手な現在のコンピュータには酷な問題と言える。

ただし、金融業界では、加入者の与信能力の査定という診断問題にAI技術を実用化し、成功を収めている。これは、コンピュータの持つ高速演算、多量処理能力を積極的に利用した例で、このあたりにES活用のポイントがある。

また、以上のような選定型ESに対して、計画型ESが存在する。これは、開発事例として示した知的工程計画システムがその一例で、ここでは蓄積された知識を合成して、対象工事に適した工程計画を創造している。創造と言うと少し大げさだが、選択型ESが内蔵した答の中から条件に適した答を選び出すのとは大きな違いがある。

そして、このような計画型問題では、機械や材料選定、工法選定など、多くの選定型問題を包含していて、我々が普段行う業務に近い。つまり、人間の判断だけをシステム化する選択型ESより、開発した場合のメリットは大きい。

(2) シェルやMMIとしてのAI技術

実際の業務の中には様々な形式の問題が含まれる。例えば工程計画業務では、図-3のように、工法や施工機械などの選定問題、ネットワーク計算などの手続き型問題、それに、計画評価などのパターン認識問題などが存在する。

このように、より広範な問題をシステム化していくためには、異なる問題に対して適切な技法を用いることが重要となる。このような、いわゆるシェルの役目をするものとして、ESの重要性が高い。つまり、利用者からの問い合わせ（または指示）に対して、最適な解決方法を組み合わせる機能としての位置づけである。

また、コンピュータに不慣れな利用者にとって、良好なMMIはシステムの普及に必要不可欠である。上記の事例では、試みとして音声による入力の指示や利用方法の説明機能をESシェルに組み込み、好評を得ることができた。

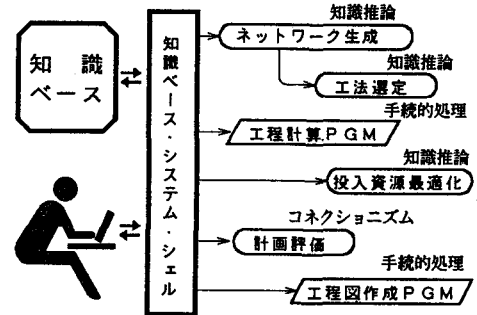


図-3 シェルとしての知識ベース・システム

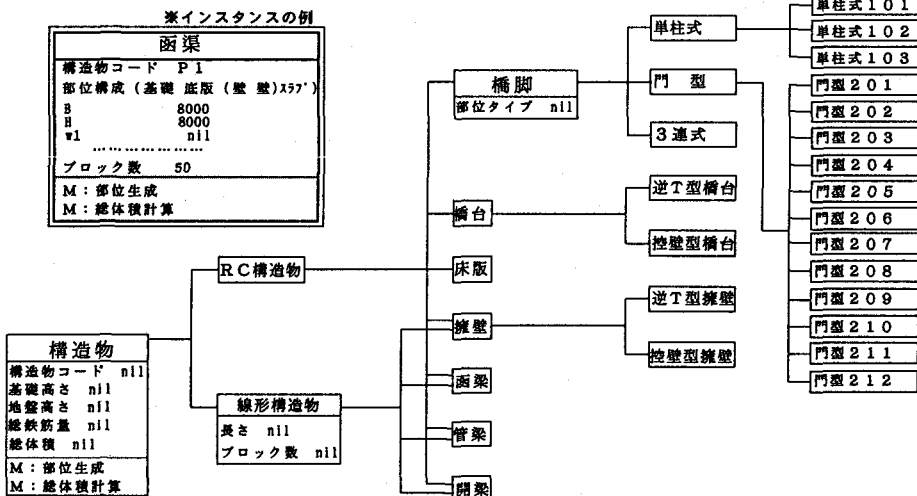


図-4 階層型フレームを用いた構造物の知識構造（一例）

(3) オブジェクト指向ツールとしてのAI

AIにおけるオブジェクト指向といった場合、2つの意味がある。一つは、フレーム理論に基づく静的知識の記憶メカニズムで、知識間の関係付けや、それに基づいた属性値の遺伝を実現できる。

工程計画の対象となる構造物は、形式の違いや細部の異なる形状により、少なからぬバリエーションが存在する。そして、これらの知識を一度にシステムに蓄積することには無理がある。また、技術革新により知識の追加や変更は頻繁に発生する。そこで、上記の事例では、構造物、部位、工法、資源などの知識を階層型フレーム構造（オブジェクト指向ではクラスと呼ぶ）を用いて記憶さ

せこの問題に対応した。図-4に一例を示す。

また、今一つのオブジェクト指向は、各クラスに内蔵した付加手続きを利用する方法で、これを用いることにより、従来より自律的な問題解決機構を作ることができる。上記の事例では、構造物の部位分解や、工法や工種、それに資源選定など、工程ネットワーク生成のための一連の処理を、メソッドやトリガーという付加手続きを用いて要所所のクラスに埋め込み、工程ネットワークを効率的に生成する機構を開発した（図-5）。

つまり、問題解決のための膨大な情報の逐次的な蓄積と、柔軟な処理機構を実現するオブジェクト指向ツールとしても、AI技術の未来はある。

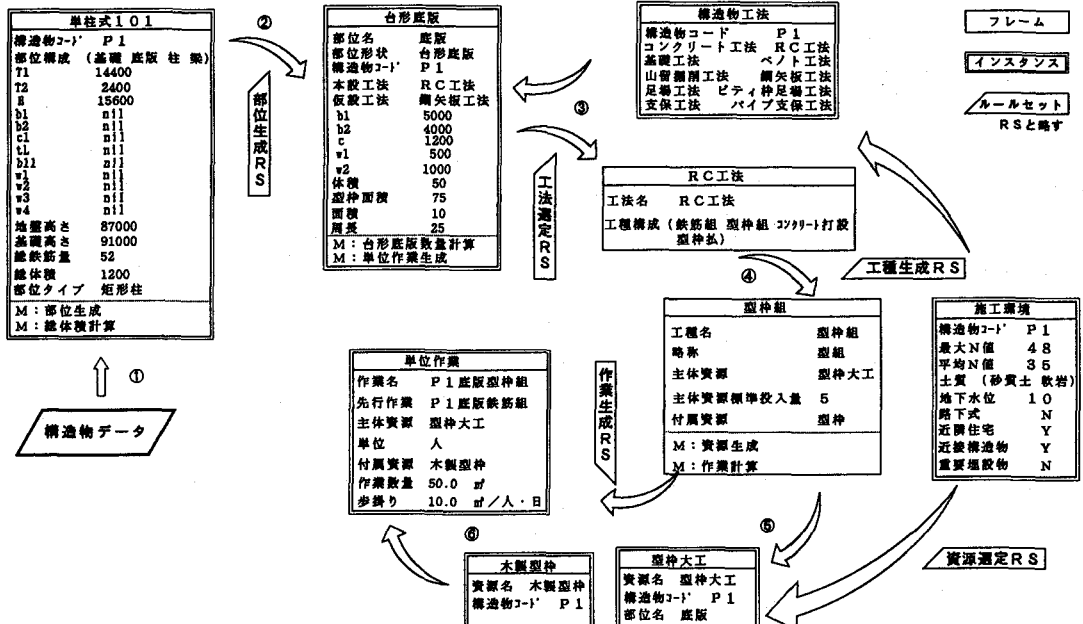


図-5 オブジェクト指向による工程ネットワークの生成過程（紙面の関係から一部を示す）²⁾

5. おわりに

ここでは、知的工程計画システムを事例として、AI技術について考察を加えてきた。AI技術の将来を期待して、現状の問題点には余り触れなかったが、ここで述べたAIの長所を現段階で実現しようとした場合、やはり開発ツールの機能不足や処理速度が問題となる。

この開発事例では、パソコンとLISP言語ベースの開発環境に加え、AIの理想を追求し複雑なシステム構造としたことから、当初、処理スピードが極端に遅かった。また、メモリやディスク

容量の増設も、普及のための障害となった。

しかし、それから2年余り立った現在、パソコンの高速化と大容量化、低廉化により、これらの問題点は急速に解決されつつある。逆に、業務量の増加は留まる所を知らず、AI技術による一層のシステム化が求められているように感じられる。

【参考文献】

- 1) 池田将明、他：パーソナルコンピュータを用いた工程管理システムの開発に関する方法論的研究、土木学会論文集 No. 391/VI-8, pp. 179~187, 1988
- 2) 池田将明、他：知的工程計画支援システムの開発に関する研究、第15回土木情報システム、1990