

清水建設(株) 正会員○益成一郎 神戸大学工学部 正会員 宮本文穂
神戸大学工学部 正会員 森川英典 神戸大学大学院 学生員 古川正典

1. はじめに 従来より著者らが開発中の「コンクリート橋診断エキスパートシステム」¹⁾内での推論機構は、現段階において比較的高い処理(評価)能力を持つと考えられるが、蓄積された知識は必ずしも十分であるとは言えないため、今後は知識ベースの保守および質の向上という観点から、知識の更新を行っていく必要があると考えられる。このような実用的エキスパートシステム(ES)開発における知識更新の作業は、これまで多大な時間と労力を要することが明らかとなってきたため、ES開発のボトルネックとなっているのが現状である。本研究では、「コンクリート橋診断エキスパートシステム」において、ニューラルネットワークと双方向連想記憶を組合わせた推論システムを構築し、複数の実験時に実施した専門家に対するアンケート調査結果を教師データとすることにより、知識更新機能を付与することを試みたものである。

2. コンクリート橋診断エキスパートシステムの概要¹⁾ 現在のシステムは、橋梁諸元、環境条件、交通量および目視点検程度の情報から、final goalである「橋梁の耐用性」の診断を行うものである。システム内の推論機構は、まず、入力データをもとに診断プロセスの下位goalに専門家の知識として知識ベース内に移植した帰属度関数を決定し、これをDempsterの結合則に基づいて上位のsub goalへと順次結合していく。そして、final goalである耐用性(耐荷性、耐久性)評価の際に「影響度」および「信頼度」という2つの特性値を考慮したファジイ画像を行い、橋梁の耐用性診断結果の出力を行う。前述のように、このシステムに蓄積されている診断に関連した知識は完全ではないため、ある種の入力に対しては矛盾した結果を出力する場合があることが明らかとなっている²⁾。しかし、システム全体の整合性を保ちながら知識ベースの更新を行っていくことは現在のシステムにおいては容易な作業ではないため、知識更新機能を付与することにより知識ベースの保守を簡単化していくことが必要となる。

3. 知識更新機能を有するコンクリート橋診断エキスパートシステムの開発 プログラクションルに準拠するシステムは、一般的に前件部の命題、後件部の命題および「IF-THEN」関係の組合わせで構成される。本研究では、前件部および後件部の命題をそれぞれニューラルネットワークで表現し、さらに、「IF-THEN」関係を連想記憶^{3), 4)}により表現した構造を有する推論機構を考えた。すなわち、ネットワーク層に階層型ネットワークを用い、学習は誤差逆伝播アルゴリズム⁵⁾により行うこととした。ここで、学習とは、いくつかの望ましい入力と出力の組(教師データ)を与えることにより、望ましい変換を真似できるように各ユニット間の重みとしきい値を決定することである。また、各ユニットの入出力関数にはシグモイド関数($f(x)=1/(1+\exp(-x))$)を用いた。なお、本研究ではニューラルネットワークのブラックボックス化を極力抑えるために、各ルールごとに分割した複数のネットワークを用いることとした。次に、「IF-THEN」関係は、図1に示すように連想記憶を2つ連結(関係M)した構造で表現した。ここで、3つの層(入力層(I)、中間層(H)、出力層(O))の各ユニットはそれぞれ、前件部命題の想起度、各ルールの想起度、後件部命題の想起度を表している。連想記憶部は、フィードバック結合を含む離散時間形システムとして表現され、ネットワークが平衡に達するまでの状態遷移は、複数のルールから適切な1つのルールを選択する過程を表す。したがって、平衡に達するまでの適当な時間出力を取り出すことにより、ファジイ推論に対応する推論を行うことが可能となる。改

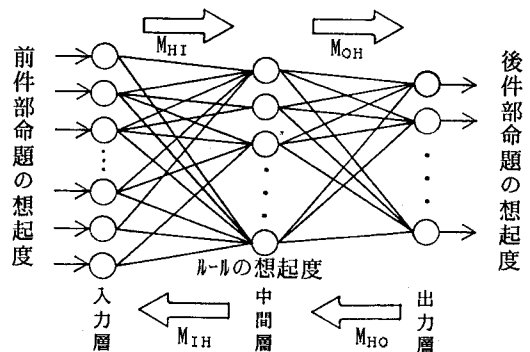


図1 連想記憶を用いたIF-THEN関係概略

良後のシステムの構成を図2に示す。ここで、知識ベースおよび推論エンジンはProlog言語で、連想記憶部、部分モデル部(ニューラルネットワークモデル)および学習部はC言語により記述されている。また、本システムはパーソナルコンピュータ(PC-9801VX)上に構築されており、ニューラルネットワークによる学習はUNIXワークステーション(SONY NEWS)上で行っている。なお、初期知識の獲得として、前システムの知識ベースに蓄積されている知識を「教師データ」としてニューラルネットワークによる学習を行った。

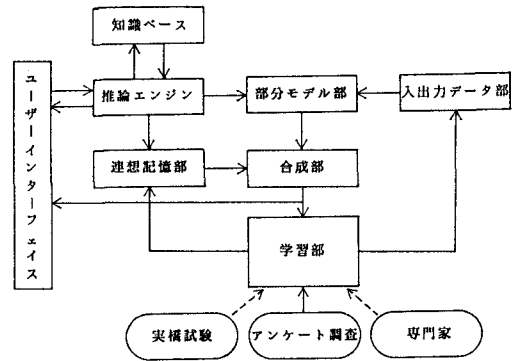


図2 知識更新機能を有するシステムの構成

4. 知識の更新例 本システムにおける知識の更新を行うためには、現場実橋試験等から得られる定量的データを「教師データ」とする事が理想的であると

いえるが、ここではシステムの出力形式を考慮して、過去数橋に対して行った専門家への耐用性診断アンケート調査結果をそのまま「教師データ」として用いることとした⁶⁾。

このアンケートは、複数の専門家に実際に橋梁を目視、観察してもらいながら回答を得たものである。このアンケート結果と橋梁に関

するデータをシステムに入力し、学習部を起動することにより部分モデルが自己組織化されるため、容易に知識の更新を行うことができる。表1、2は、一例として前システムおよび知識更新機能を付与したシステムによる「旧青木橋」⁷⁾の床版および主桁のひびわれに関する診断結果(sub goal)をそれぞれ示したものである。

これより、「床版中央のひびわれ」および「主桁腐食ひびわれ」に対する評価が、前システムでは「slightly danger」と評価されていたものが、学習(知識更新)により「slightly safe」を支持する評価に変更されたことがわかる。また、「主桁曲げひびわれ」については、前システムでは評価ランク間に大きな差がなくあいまいな評価となっていたが、知識更新後はmoderateを高く支持する結果となっており、あいまいさが減少している。このような知識更新後の評価結果は、実橋試験などを通じて得られた評価結果ともほぼ一致しており、アンケート結果をもとに適切な知識更新が行われたといえる。

5. まとめ 本研究は、知識更新機能を有する「コンクリート橋診断エキスパートシステム」の開発を行ったものである。本システムは、ニューラルネットワークを適用しており、専門家に対するアンケート調査結果等をもとに容易に知識更新を行うことが可能である。また、各ルールごとにニューラルネットワークを構築しているため、ブラックボックス化を最小限に抑えることができるのみならず、必要なネットワークだけを学習すればよいため学習時間を短縮できる。今後は、さらに実橋への適用を通じて知識の更新を行っていき、システムの信頼性を高めていく予定である。

参考文献 1)宮本、他:コンクリート橋診断エキスパートシステムの開発と実用化、材料、40-450、1991.3、2)宮本、他:橋梁診断エキスパートシステムにおける知識の更新手法、構造工学論文集、Vol.37A、1991.3、3)Bart Kosko:Adaptive bidirectional associative memories,APPLIED OPTICS,Vol.26,No.23,1987.12、4)今崎、他:773にニューラルネットに向けて、Computer Today、No.35、1990.1、5)麻生:ニューラルネットワーク情報処理、産業図書、1988、6)宮本、他:アンケートを利用したRC橋診断エキスパートシステムの知識更新に関する一考察、土木学会関西支部年講、1991.6、7)宮本、他:3径間連続RC橋の現場試験に基づく安全性評価、土木学会関西支部年講、1991.6