

CS-144

ネットワークで構成された診断エキスパートシステムの知識洗練機能について

武蔵工大 学生会員 佐藤 茂 武蔵工大 正会員 皆川 勝  
武蔵工大 学生会員 上谷丈和

1.はじめに

エキスパートシステムの開発にあたっては、知識の獲得に多大な労力を要することから過去の事例を用いて推論する事例ベース推論が研究されはじめています。本研究は知識の獲得やメンテナンスを軽減することを目標とし、相互結合型ネットワークで構成された診断エキスパートシステムにおける既存知識ベースの洗練方法を検討した。

2.診断システムの概要

本システムは、三上らにより開発された道路橋鉄筋コンクリート床版の損傷要因推定システムで用いられられた知識ベースを図-1のような相互結合型ネットワークにより構成し、階層型ネットワークの学習アルゴリズムである誤差逆伝播法の考え方を導入したものである。推論の流れは、(1)診断場所と症状として現れた目視できる損傷の情報により損傷種類を推定し、(2)その推定された損傷種類、輪荷重通行位置、診断場所さらに適用示方書の情報を加えることにより表-1に示す損傷要因を求めるものである。

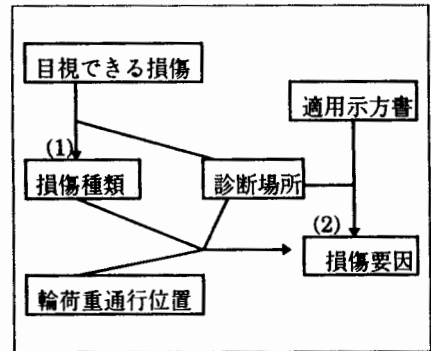


図-1 本ネットワークの概略

3.提案する推論方法と知識洗練方法

3.1 仮説と知識ベースの数値表現

ネットワーク内のユニットを仮説、ユニット間の結合を仮説間の関係とみなし、各仮説の持つ状態と仮説間の関係を数値で表現することにより知識ベースネットワークを構築する。ユニットの入力値は、目視できる損傷や輪荷重通行位置等の既知の情報とする。出力値は演算後の損傷要因のユニットに出力された値であり、これらは全て [0,1] の範囲の実数値をとるものとする。ユニット間の関係(重み)も入力値と考える。本システムではその重みとユニット値を更新するために、全ての入力値に対して“確信度”を与えた。仮説や重みと確信度との関係は、二次曲線で設定し“0”または“1”に近いほど確信度は高く、“0.5”に近いほど低くなるようにした。

表-1 損傷要因

荷重等	(A) 過大な荷重の作用
	(B) 衝撃作用
	(C) 輪荷重通行位置と支持桁配置の関係
設計	(D) 床版厚不足による剛性不足
	(E) 鉄筋量不足による剛性不足
	(F) 配力鉄筋量の不足
	(G) 主鉄筋の曲げ上げ位置の不適合による鉄筋量の不足
構造	(H) 主桁が拘束するための乾燥収縮による引張応力
	(I) 主桁の不等沈下による付加曲げモーメント
上	(J) 連続げた橋、T-系橋梁等で載荷状態における床版の負の曲げモーメント、引張力の作用
	(K) 荷重分配横桁の有無
施工	(L) コンクリートの低品質
	(M) 打設時における冬場の凍結影響
	(N) 養生の施工不良
	(O) 施工打継目の処理不十分
	(P) 配筋の誤差
	(Q) かぶり不足
その他	(R) 気象作用による凍結、融解等の影響
	(S) 塩分
	(T) 表面排水の良否

3.2 推論方法

まず、結論部のユニット値は、単一の結合の時は式(1)により条件部のユニット値と重みとの間で MIN 演算で求め、複数の状態が競合しているときは、入力されてくるすべての値の中で MAX 演算を行っている。次に確信度 C は、単一の結合の時は、式(2)によりユニット値の確信度に重みの確信度を乗じ、競合時には2つのルールから式(2)より得られる確信度に対して式(3)により確信度の結合演算を行う。以上より全ユニットのユニット値と確信度を求める。

$$A_j = \text{MIN}(A_i, W_{ij}) \dots \dots \dots (1)$$

$$CA_j = CA_i \times CW_{ij} \dots \dots \dots (2)$$

$$CA_j = CA_{j1} + CA_{j2} - CA_{j1} \times CA_{j2} \dots \dots (3)$$

MYCIN の結合法則

$$\Delta A = \alpha (A_j - T_j) \dots \dots \dots (4)$$

$$\Delta C = \alpha (CA_j - CT_j) \dots \dots \dots (5)$$

3.3 知識洗練と仮説更新

推論により得られる確信度と初期値として与えた値(教師データ)の確信度とを比較し、確信度の小さい方のユニット値を式(4)により算出された  $\Delta A$  だけ更新する。また、確信度が小さい方に式(5)により算出された  $\Delta C$  の絶対値を加える。ここで、式(4)及び(5)の中の  $\alpha$  は、学習率である。このことにより、不確定さの高い方の

情報がよりよい方向に更新され、全体の不確定さが解消されていくと考えている。この仮説更新を繰り返し実行すると確信度が収束し動かなくなる。この時のエッジ値が仮説の可能性を、重み値が洗練後の知識ベースとなる。

4.適用例

第一に、既存の推論結果を確定的な情報(教師データ)として知識ベース(重み)の洗練を行う。次にこの洗練した知識ベースを確定的な情報として、エッジ値の更新を行い各損傷要因の可能性を求める。本ネットワークの推移を見る上で学習率を一定にし、学習回数を1回、2回、5回、8回とした場合の推論結果を三上らが開発したエキスパートシステムにおける推論結果と合わせて図-2と図-3に示した。図の横軸のアルファベットA~Tは表-1の損傷要因を示している。図-2はハンチ部付近のみの知識ベースで推論した結果であり、図-3は支間中央部付近の知識ベースを追加して推論した結果である。そして図-4と図-5は、各々の収束状況を示したものである。図-2と図-3より共通していることは、学習回数が一回や二回ではさほど知識が洗練されていないが、学習回数を増加させるほどに推論結果は教師データに接近した結果となり、知識がある程度知識の洗練が望ましく機能していることがわかった。

また、特定の損傷場所に関する知識ベースを用いた場合においては、知識の洗練が完遂しているのに対して、図-3より2つ以上の損傷場所に関する知識ベースを用いると、同じ事例に対しても、知識洗練が完全ではない。これは知識の洗練途中で他の診断場所の重みも同時に洗練されてしまっているためだと思われる。この動作を回避するためにはMIN演算やMAX演算の演算方法に新たなルールを加えるか、現在の知識ベースの構成を変える必要があると思われる。

参考文献

- 1)三上市蔵・松井繁之・田中成典・新内康芳：道路橋鉄筋コンクリート床版の損傷要因推定のためのルールとフレームによる知識ベース・エキスパートシステム，構造工学論文集，Vol.34A，土木学会，pp551-562，1983.3
- 2)三上市蔵・田中成典・土田貴敬・北岸秀一：ネットワークモデルによる知識生成機能を持った診断型推論エンジン，土木学会論文集，No.453/VI-17，pp41-50，1992.9
- 3)皆川勝・阿部和秀：知識洗練機能を持つ診断エキスパートシステムの相互結合型ネットワークによる構成，土木学会第50回年次学術講演会，CS-158，pp316-317，1995.9

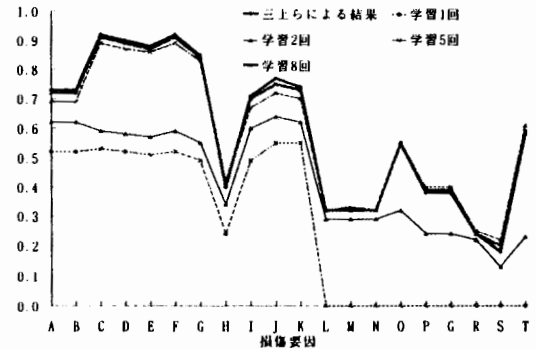


図-2 ハンチ部付近に関する知識ベースのみによる推論結果

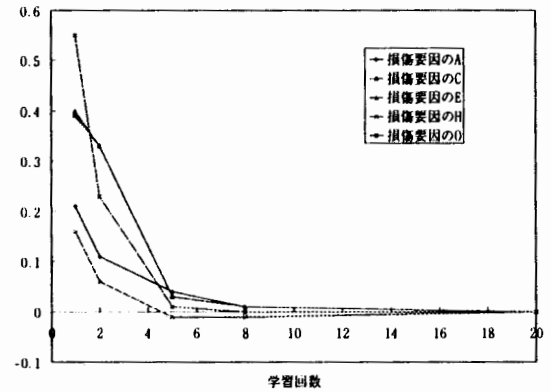


図-3 学習回数による残差の推移

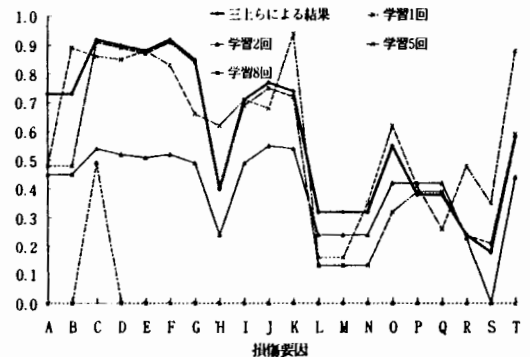


図-4 支間中央部付近に関するルールを追加した時の推論結果

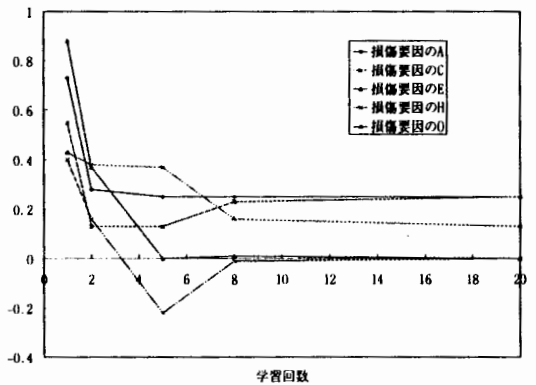


図-5 学習回数による残差の推移