

1. はじめに

エキスパートシステムの開発にあたっては、知識獲得が最も困難な過程である。そこで本研究では、必ずしも広範なルールベースに対しての適用性が確認されているとは言えない皆川らによる知識洗練機能付き推論システムを、鋼橋疲労損傷の補修・補強方法選定問題に適用して、実用化を目的とした場合において、十分有効に機能することを示す。

2. ルールベース洗練機能付汎用型推論システム⁽¹⁾の概要

皆川らによる推論システムの全体構成を図-1に示す。同推論システムは、仮説を表すノードと仮説間の関係を表すリンクでネットワークを構成している。そして、min-max 演算と、ニューラルネットワークで用いられる誤差逆伝播アルゴリズムを応用した推論方法を用いて、ルールベースの洗練と通常の仮説推論を行うことができる。ノード値（仮説の成立する可能性）及び結合係数（仮説間の関係の強さ）を、区間 [0, 1] の実数値で表現している。更に、確信度を区間 [0, 1] で付与している。また、各ノードは、過去の事例から得られる教師データを持つことができる。

以上より、仮説を表すノードは [ノード値, ノード確信度] と、これに対応する [ノード教師値, ノード教師確信度] を属性値として持ち、仮説間の関係を表すノード間の結合は [結合係数, ルール確信度] の属性値を持つ。このように確信度を付与することで情報の不確かさを表現すると共に、仮説推論機能及びルールベース洗練の機能を制御するシステムとなっている。

3. 鋼橋疲労損傷の補修方法選定のためのルールベース

本研究では、田中らにより開発された鋼道路橋に発生した疲労損傷の補修・補強方法選定⁽²⁾のためのエキスパートシステムで用いられたルールベースを適用した。田中らのルールベースでは、各ルールの因果関係の強さを Necessity, High Possibility, Possibility, Low Possibility の4段階に分類していることから、本システムに適用するにあたり、結合係数を、0.8, 0.6, 0.4, 0.2 としてそれぞれ対応させ、同じく4段階に分類してルールベースの初期状態を構築した。またネットワークの構成を図-2に示す。

4. 適用結果

上記のルールベースを適用するにあたり、入力情報とした、亀裂の外的要因・内的要因、継手の作用力及び亀裂様式を、観測された既知の情報として、ノード値を 1.0 (真の場合) または 0.0 (偽の場合) を、確信度として 1.0 を付与した。また、推論の対象となる補修方法に対しては、真偽が不明であるという意味から、ノード値 0.5 及び確信度 0.1 を付与した。

(1) 提示した事例

田中らによる事例ベース推論を用いた補修・補強方法選定システム⁽³⁾で示された推論結果を提示する事例として適用した。事例ベース推論では、対象とする新たな問題に対し、過去の事例群の中から対象問題との類似性の高い事例を提示して推論結果としている。補修・補強方法を表-1に示し、表-2に、事例1、事例2に

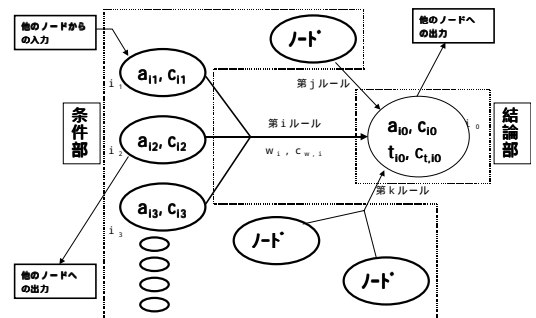


図-1 本推論システムの全体構成

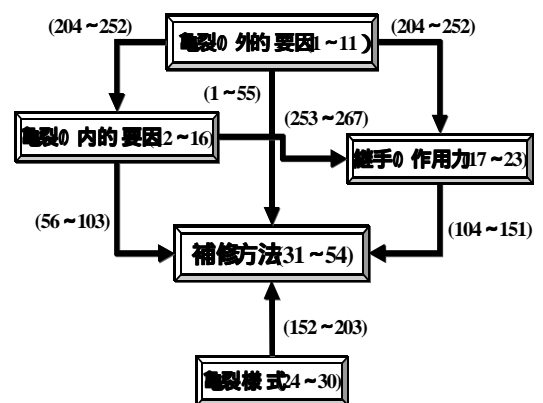


図-2 ネットワーク構成

ついて、それぞれ事例ベース推論によって推論された類似事例を示す。これを本システムで適用した提示事例とする。この場合も、推論対象である類似事例の補修・補強方法選定に対しては、ノード値 0.5 及び確信度 0.1 を付与した。

表-1 補修・補強方法（出力項目）

31 ストップホール	43 溶接板
32 グライダ	44 挿入板
33 グラダ	45 ケーブルによる吊材相互の繋結
34 ビーニング	46 横桁・主桁のフラジ連結
35 腹板ヤカ増大	47 斜剛性主桁のフラジ連結
36 腹板厚の増大	48 アイヤラム主桁のフラジ連結
37 切り接	49 横桁・アイヤラムのフラジ連結
38 再溶接	50 主桁の交換
39 フラジ補鋼材の溶接	51 主桁の交換
40 再溶融	52 溶接板の交換
41 補鋼材付き溶接板	53 新補鋼材の設置
42 高力ボルト	54 制振装置の設置

表-2 適用する損傷事例と類似事例

橋梁名	亀裂様式	外的要因	内的要因	作用力	補修補強方法
事例 1 Yellow Mill Pond 橋	i	活荷重の作用	応力集中		ビーニング、再溶融、高力ボルト添接板
東名高速道路事例 1 1)	不明	横分配作用、活荷重の作用	応力集中		対傾向のガス切断
U.S.51 橋(事例 1 4)	h	溶接不良	応力集中		高力ボルトを用いた添接板、グラインダ
Aquasabon River 橋(事例 1 5)	g	溶接不良、低温	応力集中		カバープレート溶接取付
事例 2 Cuyahoga River 橋	d	輸送架設荷重	次応力		ストップホール、グラインダ
Prairie Du Chein 橋(事例 2 2)	b	次の変形	次応力		横桁フランジとアイヤラムの高力ボルトによる連結、ストップホール
Poplar Street 橋(事例 2 3)	d	デフェールの不適正	次応力の応力集中		主桁フランジと横桁の連結、グラインダ、ストップホール
Chamberlain 橋(事例 2 6)	b	デフェールの不適正	次応力の応力集中		再溶接、主桁フランジと垂直補鋼材の上下端溶接、ストップホール

(2) 適用例

はじめに事例 1、2 をそれぞれルールベース洗練のための事例として提示した。次に、洗練後のルールベースを用いて類似事例についての補修・補強方法選定を行った。

図-3、図-4 に推論結果を、横軸に補修・補強方法のノード番号をとり、縦軸に可能性であるノード値をとって示す。図中には教師データと各類似事例の推論結果を示す。

[1] 事例 1 でルールベースの洗練をした場合

各事例とも、実際にとられた補修・補強方法に対して、推論結果は高い可能性を示している。例えば事例 1-4 で実際にとられた、高力ボルトを用いた添接板とグラインダに注目すると、推論結果では高力ボルトと添接板、グラインダのそれぞれの可能性が 0.8 を示している。

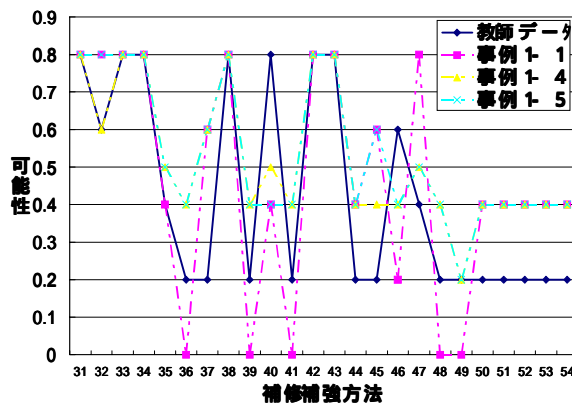
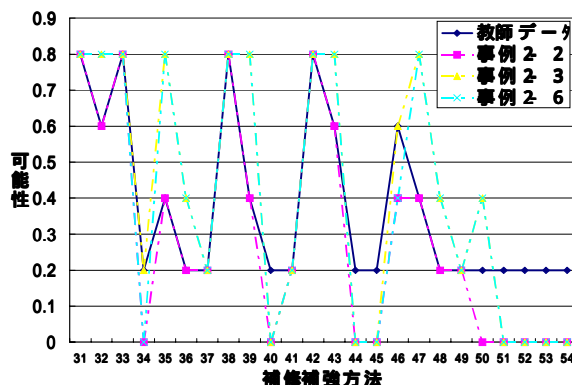


図-3 事例 1 に対する推論結果

[2] 事例 2 でルールベースの洗練をした場合

[1] と同様に各事例とも、実際にとられた補修・補強方法に対して、推論結果は高い可能性を示している。事例 2-6 では、主桁フランジと垂直補鋼材の上下端溶接及びストップホールが実際に補修・補強方法としてとられており、推論結果においても、フランジと補鋼材の溶接、ストップホールの可能性が 0.8 を示している。



この結果、本推論システムのルールベースの洗練機能、及び仮説推論機能の有効性が示された。

5. おわりに

本論文では、皆川らによる知識洗練機能付推論システムにより、ルールベース洗練に適用した事例に類似した事例を対象問題として、補修・補強方法の選定を行った。この結果、本推論システムの実用化を目的とした場合、十分有効にエキスパートシステムとして機能していることが示された。

謝辞：本研究を行うにあたり、上谷丈和さん、関田竜典くんのご協力を得ましたので、ここに感謝の意を表します。

参考文献 1) 皆川 勝, 佐藤 茂, 上谷 丈和: 事例ベース推論を援用した知識洗練機能付診断エキスパートシステムの開発, 土木学会論文集(投稿中)
 2) 田中 成典: 橋梁工学への知識情報処理技術の応用に関する研究, 関西大学学位論文, pp.25-248, 1996.9.
 3) 田中 成典, 三上 市蔵, 前田 秀典: 事例ベース推論を用いた鋼道梁橋度劣損傷の補修方法の選定システム, 第2回ファジー土木応用シンポジウム講演論文集, pp.37-42, 1994.12.