

学習機能を持った橋梁設計支援 エキスパートシステムに関する研究

A MACHINE LEARNING EXPERT SYSTEM FOR DESIGN PLANNING OF BRIDGE STRUCTURES

白石成人^{*} 古田 均^{**} 中林正司^{***} 細谷 学^{****}

By Naruhito SHIRAIISHI, Hitoshi FURUTA, Masashi NAKABAYASHI and Manabu HOSOTANI

To make an expert system practical, it is necessary to acquire the large amount and high quality of knowledge. However, knowledge acquisition is so difficult that it becomes a bottle neck for establishing a useful system. In this paper, an attempt is made to apply the concept of machine learning so as to reduce the time and load required for the knowledge acquisition. The present expert system is developed for the preliminary design of bridge structures. Especially, it is intended that the system provides a suggestion for the selection of bridge configuration from the point of aesthetic feature. Available information is extracted from past design examples and is stored as production rules in the knowledge base. In the automatic generation of rules, the concept of "mode" is employed to judge the significance and generality of rules assumed. To demonstrate the applicability of the system developed here, the preliminary design of arched bridges are considered. The results show that the machine learning system is useful for establishing an expert system, though some problems remain to be overcome.

1. まえがき

最近、様々な分野においてA I (人工知能)を応用した研究が、盛んに行われるようになってきた¹⁾。土木工学の分野においても、例外なくエキスパートシステムの開発が進められ、多くのプロトタイプが試作され実用化に向けての努力がなされている。現在では、エキスパートシステムは、システム構成の良否というよりも知識ベースすなわちルールの出来如何が、そのシステムの優劣を決定づけているといっても過言ではない。ところが、エキスパートシステムの開発のうち、ルール作成に費やされる労力は非常に大きく、エキスパートシステム開発のボトルネックの1つになっている。

そこで本研究では、A I の考え方を用いてシステムに学習機能をもたせることによって、自動的にルールを作成することを試みた。従来の知識の獲得は、K E (Knowledge Engineer)と呼ばれる技術者が、その分野でのエキスパート(domain expertともいう)にインタビューを行い、種々の専門知識を獲得し、それらを整理することでルールを作ってきた。しかし、専門家から知識を得るという作業はそれほど容易なことではなく、真に有益な知識を獲得するには、多大の時間と労力を費やさなければならない。また、これまでに行われた知識獲得は、不十分とはいえ、すでにある程度知識が整理されている分野でのものがほとんどであった。

[*]	工博 京都大学教授	工学部土木工学教室	(〒606 京都市左京区吉田本町)
^{**}	工博 京都大学助教授	工学部土木工学教室	(〒606 京都市左京区吉田本町)
^{***}	阪神高速道路公団課長補佐	工務部設計課	(〒541 大阪市中央区久太郎町4丁目1の3)
^{****}	京都大学大学院生	工学研究科修士課程	(〒606 京都市左京区吉田本町)

以上に鑑み本研究では、まず知識獲得に必要な労力の削減を目指す。さらに、知識構造が明確でない分野で、定量化や解析が不十分な要因についてルールを獲得することを試みる。つまり事例はあるが何がどう関係するのかよくわからない要因について、システムが学習することでなんらかのルールを作り出すことを目的としている。本システムによって生成されたルールを専門家に検討・修正してもらうことによって労力の削減が可能となり、また専門家にとってもこれまでに気づけなかった新しいルールが見出される可能性もある。適用例として、橋梁の美観問題を取り上げることとする。

土木構造物の設計においては、安全性・使用性・経済性・美観・保守性等の要因を考慮しなければならない。近年、美観・景観を重視する声が高まってきている²⁾～⁴⁾。ところが、これまでの設計支援エキスパートシステムにおいては、美観・景観を重要な要因の一つに取り上げているものは少なく、付加的なものとして扱っている場合が多い。これは過去に橋梁の設計例が多いにも関わらず、美観を定量的に評価する要因の抽出とそれらの関連を明確に把握することが困難であったためであろう。そこで、本研究では過去の設計例から美観の決定に関わる経験的知識および直感等を、知識ベースとして蓄積できるように、ルールとして取り出す方法論について検討する。そして、新たな橋梁の設計時に、それらのルールを有効に利用することを考える。本システムは、設計の際に設計者自身の嗜好が何らかの形で反映されることを目指し、一般的に「よい」とされるデザインのアドバイスではなく、各設計者の個性が考慮された設計が得られることを目標としている。もし、構造形式、材質、色彩等に一定の統一性・共通性があるならば、その嗜好を見出すのは比較的容易である。しかし、構造形式等が異なり、一見何の共通性も見られない場合でも、なぜそれらの橋梁を「好み」としたのか、その本質的な理由をシステムが知識ベースに蓄えてあるルールを利用し、学習することによって探し出せることを考えた。一般に、通常の橋梁設計では過去の設計例から設計条件が類似した橋を選び出し、それらを参考にして設計を行っていくという方法が取られることが多い。本研究でもこのような場合に用いられることを念頭におき、設計支援システムの構築を行った。したがって、全く新しいタイプの橋をシステムにデザインさせるのではなく、これまでに架けられた橋を参考にした設計のコンサルテーションシステムとして使われることを目的としている。そして記号処理言語LISPを用いてエンジニアリング・ワークステーション上にプロトタイプを作成することを最終目的としている。

2. エキスパートシステムにおける学習機能

学習とは、広い概念を表す言葉であり、大別して2つの基本的な形がある⁵⁾。1つは、“知識の獲得”であり、もう1つは“技能の改善”と呼ばれるものである。前者は、例えばある人が方程式を学習したとき、その本質的な意味を理解し、その後同様の問題を解くことが出来る、といったように新しい記号情報を学習し、その情報を効果的に利用する能力のことを表している。一方後者は、自転車に乗ったり、スキーをしたり、練習を通して無意識のうちに、これらの行動が実行できるよう、さらに向上するように技能が改善されることを示している。本研究は学習機能のうち、前者の知識の獲得に注目する。

知識の獲得方法には、次のようなものがあるとされている⁶⁾。

- ①新しい知識の暗記学習と直接的移植
- ②教示による学習
- ③類推による学習
- ④事例からの学習
- ⑤観察からの学習と発見

①は、知識の推論や他への変換を学習者側に要求せず、外部のものが与えたプログラミングやデータを推論せずに、直接記憶することによる学習である。②は、教師や教科書のような体系的な情報から推論を行うことによって知識を獲得し、新しい知識を前の知識と総合して効果的に利用するもので、教える側に大きな

負担がかかる。③では、要求される新しい概念に非常に類似している、現在の知識を新しい状況に利用できる形に変換することによって、知識を獲得する。したがって学習者側にも多くの推論が必要である。④は、ある概念に関する正の例と負の例の組が与えられると学習者は正の例全てを記述し、どの負の例をも記述しないような一般的概念の記述を帰納的に推論する。これは、②の教示による学習に似ているが、一般的概念が教師によって与えられていないので、学習者の推論の量は多くなる。⑤は、帰納的学習の非常に一般的な形であり、教師なし学習とも呼ばれる。学習者には、特定の概念についての実例が1組も与えられず、また内部で生成した実例がある正の実例と負の実例に分類できるすべをも与えられていない。そのため学習者に非常に多くの推論が必要とされる。

上記の様々な学習機能を考慮して、本研究では、帰納的学習法を取り入れることによって、美観に関する各橋梁間に共通な概念を抽出することを試みる。まず、各々の橋梁に「安定感がある」、「安定感がない」という類別をシステムに対して行う。そして、個々の橋梁に、橋梁全体に関するものとして、形式、製作年、材質、色彩等を記述する。また、橋梁の各部分を構成するものとしてアーチリブ、桁、橋脚などの構成部材が考えられる。値としては寸法、形などをもつ。このとき階層を持った知識を与えておき、推論を行うことによって、橋梁の美観を決定する要因の背後にある共通概念あるいは事実を見出す。

3. 学習機能を持った橋梁設計支援エキスパートシステム

3. 1 ルールの自動作成法

最初に本システムの概要を述べる。図-1に示すように本システムは、大きく分けて2つの部分からなる。1つは、ルール作成を行うルール作成システムである。もう1つは、作成されたルールを利用し設計者の好みを判定する嗜好判定システムである。ルール作成システムは、大きく分けて4つの部分から構成される。ルール作成用データファイルには、過去の橋梁の設計例がいてある。ルール作成支援知識ベースにはルール作成に必要な知識が入っており、ルール作成が効率よく行われるのを助ける。ルール作成に成功すれば知識ベースに蓄えられる。次に、ルール作成の流れは、図-2のとおりである。データファイルから概念ごと

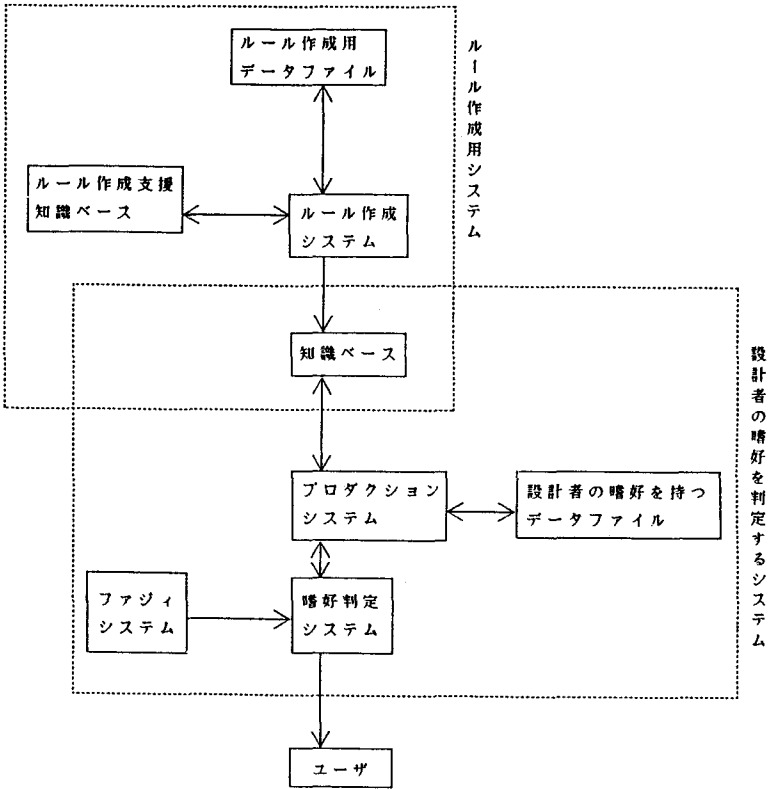


図-1 本システムのしくみ

し、ルール作成システムでルール化を試みる。このとき支援知識ベースにある知識を利用し、効率化を図る。もし1つめの知識でルール化ができれば、2つめの知識を利用して再度ルール化を試みる。ルール作成システムはこの手順を繰り返してルール作成を行っていく。もしルール化が成功すればそれを知識ベースに蓄え、さらに次の概念のルール化を行う。またどのようにしてもルールが出来なければその概念についてのルール化をあきらめ、次の概念のルール化を試みる。

前に述べたように、本システムの学習には、教示あるいは事例を必要とする。そのためまず各橋梁のある概念に基づいて分類する必要がある。例えば「安定感がある」、「安定感が普通」、「安定感がない」の3つのカテゴリーに分類して、各橋梁の部材寸法、材質などの客観的データを入力する。システムは、各々の概念に固有の重要な特性をこれらのデータより見出す。この操作によって「安定感」に関するルールが作成され、一つの美観に対する判断基準が出来上がることになる。このようにして、「安定感」以外に例えば、「圧迫感」などのような別の概念についての知識を得、判断基準を増加していく。ところが概念に固有の特性を効率的に見出すには、なんらかの専門的知識を付加する必要がある。今回は、この専門家の知識に当たるものとして、

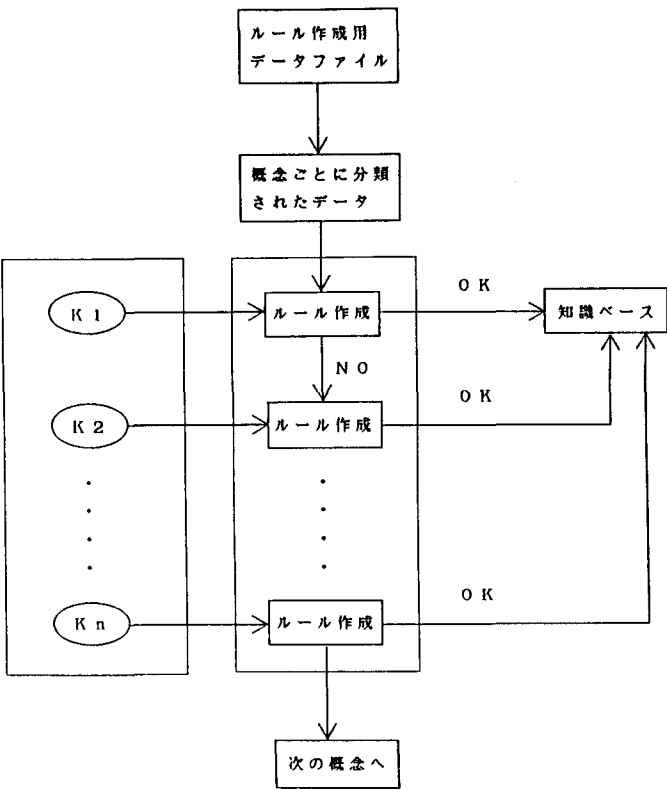


図-2 ルール作成の流れ

- (K 1 : 知識 1) 部材間のプロポーショナルに注目する。
- (K 2 : 知識 2) 「材質」、「製作年」、「設置場所」、「アーチリブの形状」も考慮する。

を予め与え、効率的に固有の特性を見出すようにした。

本システムのデータファイルの中には、図-3に示すような形で橋梁のいろいろなデータが書かれている。また、各橋梁には、予め「安定感」などについての概念をデータとして与えておく。

本システムは、前述の知識K 1より、まず部材間のプロポーショナルに注目することになる。これに基づき各々の寸法どうしの比の値の計算を行い、比較をする。現システムでは専門家の知識が十分に取り入れられていないので、全ての寸法に対する組合せを考慮して計算を行っている。しかし、明らかに無駄と思える組合せもいくつかあり、専門家の知識をさらに導入することにより効率よく計算させることが可能となる。

システムでは、以下のように各橋梁ごとの比の値を項目別に並べかえる。

(寺島大橋((ア-チスハ°ン/ア-チライズ°)6.22)((ア-チスハ°ン/クリアランス)10.7)・・・)
 (青岸橋 ((ア-チスハ°ン/ア-チライズ°)6.28)((ア-チスハ°ン/クリアランス)7.04)・・・)



((ア-チスハ°ン/ア-チライズ°)6.22 6.28 ...)
 ((ア-チスハ°ン/クリアランス)10.7 7.04 ...)

このようにした後、
 各々の項目別にルール
 作成のための推論を行
 う。もし、このような
 数値がある範囲に集ま
 っていれば、その項目
 は現在考えている概念
 に何等かの影響を与え
 るものであろうし、散
 らばっているようであ
 れば、その項目のこの
 概念に与える影響は小
 さいと考えられる。そ
 こで、計算方法として
 「モード」の考え方を

(寺島大橋		(形式 (下路式 吊材垂直 ダブルワーレントラス))	
(材質 (金属 鋼))			
(製作年 (20世紀後半 1980年代 1985年))			
(場所 (海洋 島))			
(部材 (上部工 (アーチ (全体 (アーチスパン 160.5) (アーチライズ 28.0)) (アーチリブ (桁高 1.08) (間隔 10.6) (太さ 0.054))) (高さ 15.0) (幅 3.0))) (クリアランス 15.0))))			
(印象 (下部工 (橋脚 (桁高 1.08) (間隔 10.6) (太さ 0.054))) (高さ 15.0) (幅 3.0))) (クリアランス 15.0))))			
			(圧迫感 ある) (安定感 ある) (重軽感 軽快) (スレンジ-さ 普通) (力強さ 普通) (煩雑感 普通)))

図-3 橋梁のデータ形式

用い、ある範囲に数値が集中している項目については意味ある重要な要因として採用し、そうでないものについては棄却している。本システムでは、図-4のように数値の散らばっている範囲(その最大値と最小値の間)を10等分し、各階級の度数の中で突出しているものがあるかどうかで判断を行っている。あらゆる組合せに対してこの操作を行い、ある項目が残ればルールとして「IF・・・THEN・・・」のプロダクションルールの形に書き直される。もし項目が1つも残らない場合は、新たな考え方を付加して同様の手順を実行する。つまりプロポーションのみでは有意な差がない場合には、さらに形式、材質等のK2の付加的知識を考慮にいれるわけである。こうして出来たルールには、条件部にその要因に関する事項を加える。例えば以下ようになる。

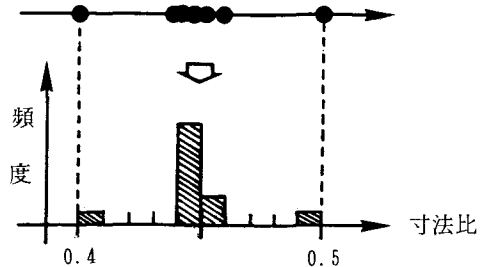


図-4 モードの考え方

< K1のみを利用したとき>

「IF ((ア-チスハ°ン/ア-チライズ°)0.5)((ア-チスハ°ン/クリアランス)0.3)・・・ THEN (安定感ある)」

< K2も利用したとき>

「IF (形式 下路式)(材質 鋼)((ア-チスハ°ン/ア-チライズ°)0.5)・・・ THEN (安定感ある)」

以上の推論手順によって、例えば「安定感がある」という概念についてのルールが作成されることになる。これが終わると、「安定感が普通」についてのルール作成に入り、さらに「圧迫感」や「煩雑感」といった

別の概念についてのルールを作っていく。そしてこの作成されたルールは、別のルールファイルに蓄積される。ここで、K 1、K 2 の順で知識を利用しているのは、K 2 より K 1 の方がより重要であると考えているためである。もちろん、K 2、K 1 の順にと適用すれば、K 2 のみを利用したルールができる可能性がある。

3. 2 設計者の嗜好判定システム

前述のようにして作成されたルールによって、システムは橋の印象についてある判断基準を持つことになる。そこでこれを利用して、次に設計者の嗜好を橋梁設計に取り入れることを考える。図-1で示したように本推論システムは5つの部分からなる。1つは前節で生成されたルールが蓄えてある知識ベースであり、ここはルール作成用システムと共通している。プロダクションシステムはルールと設計者の好みのデータを照らし合わせる部分である。この部分によってデータベースにいてある個々のデータに対して何等かの値が与えられる。そして嗜好判断システムはプロダクションシステムで与えられたさまざまな値を一つの統一した概念にまとめるシステムである。まずシステムは設計者の好みを知らなければならない。設計者は、自分が「よい」と思う橋梁のデータを数例入力する。この後、知識ベースに予め蓄えられているルールとのマッチング操作を実行する。これには、馬野ら⁷⁾によって開発された推論エンジンを利用した。これは、ファジィプロダクションシステムを採用している。すなわち条件部分にファジィ表記を用いることができる。このため条件部に「およそ10ぐらい」といった表現を用いることによって、美観のように曖昧さの度合いが大きいものにも適用することが可能である。また従来のシステム⁸⁾と異なり、マッチングが成功したルールは、マッチ度の大きいものから順に複数個（予め決められたN個または、しきい値以上のマッチ度をもつもの）実行される。N個あるいは、しきい値のいずれかを適切に選択し、指定することによって本システムをより有効に利用することが出来る。本研究では、しきい値を0.1に設定した。しきい値を0.1と低くしたのは、より多くのルールを推論に利用するためである。これにより条件部が完全にマッチしなくてもマッチ度が0.1以上あればマッチングが成功したものとしみなされ、そのルールの実行部がマッチ度の大きいものからすべて実行される。

上記の推論過程が行われると各橋梁には、「安定感がある」、「軽快である」といった各々の概念に対して「ある」、「普通」、「ない」といった言語評価値が与えられることになる。これらの値によって、システムは設計者の入力した情報（好みの橋梁の諸元）それぞれの「安定感」、「煩雑感」などの概念に対する判断を下すことになる。今回は、この推論過程において、曖昧さを含む値をファジィ理論⁹⁾を用い、各概念ごとに数例の橋梁の共通集合をとって、設計者の嗜好を見出す。例えば「安定感がある」、「安定感が普通」、・・・といった値の共通集合をとり、設計者が「安定感」に対してどういった「好み」を持っているのかを推論する。この共通集合は、予め与えられたメンバーシップ関数に基づいて図-5のように複数の関数の重なる部分の最大値をその時の値とするものである。このようにして設計者がどうしてそれらの橋を選んだのか、どういう嗜好を持っているのかを判断することが出来る。

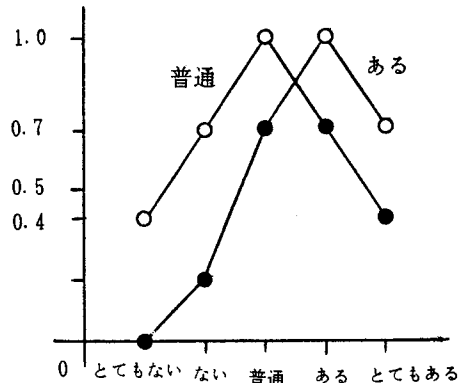


図-5 共通集合

4. 適用例

4. 1 ルールの自動作成

過去の設計例として、「橋梁と基礎」の1976年9月から1988年6月までに掲載されたアーチ橋から30橋選んだ。寸法は、できるだけ実際のものを使ったが、寸法が記載されていないものに対しては、掲載されてある一般図をもとに推定した。したがって、実際の寸法と若干異なる箇所がある。また、知識ベースとしてはじめに与えておく橋の印象は、掲載されてある写真から主観的に決定し、「ある」、「ふつう」、「ない」の3つの言語評価値で表した。つぎにルール自動作成支援知識ベースとして、以下の2つの知識を入れた。

K1： 各寸法の比を計算する、その値がある範囲に集まっているかどうかをモードの概念を使って判断する。

K2： 付加的要因として、「形式」、「材質」、「製作年」、「設置場所」、「アーチリブ形状」を考慮する。

以上のように設定を行って、実際にルールを作成した。作成された一例を図-6に示す。ここで、rule-2、

rule-4、rule-8 では、K2が利用されているのがわかる。次に、これらのルールの有用性について検討を加えた。その結果、以下のことが判明した。

1) 一般によく使われるライズ比がルールの中に現れていない。

2) ルールの中の項目が吊材（支柱）の太さに関するものが多い。

「モード」をとるという考え方の長所は、どのようなオーダーの値に対しても、その値に応じて散らばり具合を計算できるということにある。したがって、値が適度に散らばっており、かつその中の1箇所に値が集中している場合には、この考え方は納得のいくものである。しかし、全ての値が1箇所に集中していたり、1つでも非常にかけ離れた値があるときには、問題が生じる。今回の適用例では、「モード」の考え方が有効に働いていない場合があることがわかった。したがって、「近くに集まっている」という状態をより正確に表す方法を、今後さらに検討しなければならない。

今回選んだ30例は、製作年が過去10年に集中しており、またデザインの的にも似ているものが多かった。そ

rule-1 if (スパン/太さ 209.32) (ライズ/太さ 40.55) (両端厚/太さ 3.13) (両端厚/高さ 0.06) (両端厚/クリアランス 0.04) (頂点厚/太さ 3.13) (頂点厚/高さ 0.06) (頂点厚/クリアランス 0.04) (桁高/太さ 3.1) (桁高/クリアランス 0.05) (間隔/太さ 14.01) (間隔/高さ 0.51) (幅/クリアランス 0.38) then (圧迫感 ふつう)	rule-5 if (幅/クリアランス 0.38) then (重軽感 ふつう)
rule-2 if (材質 金属) (幅/クリアランス 0.38) then (圧迫感 ふつう)	rule-6 if (幅/クリアランス 0.11) then (スレンダーさ ふつう)
rule-3 if (スパン/太さ 211.58) (スパン/高さ 7.01) (ライズ/太さ 40.33) (ライズ/高さ 1.27) (両端厚/太さ 3.36) (頂点厚/太さ 3.36) (桁高/太さ 3.08) (桁高/クリアランス 0.05) (間隔/太さ 15.25) (間隔/クリアランス 0.33) (幅/クリアランス 0.38) then (安定感 ある)	rule-7 if (スパン/太さ 220.1) (ライズ/太さ 36.79) (両端厚/太さ 2.7) (頂点厚/太さ 2.7) (桁高/太さ 3.68) (間隔/太さ 15.65) (幅/クリアランス 0.38) then (スレンダーさ ない)
rule-4 if (材質 金属) (スパン/太さ 207.07) (ライズ/太さ 31.2) (両端厚/太さ 2.93) (頂点厚/太さ 2.93) (桁高/太さ 3.08) (間隔/太さ 15.25) (幅/クリアランス 0.38) then (安定感 ある)	rule-8 if (材質 金属) (幅/クリアランス 0.38) then (スレンダーさ ない)
	rule-9 if (スパン/太さ 200.46) (ライズ/太さ 31.42) (両端厚/太さ 2.7) (両端厚/高さ 0.09) (頂点厚/太さ 2.7) (頂点厚/高さ 0.09) (桁高/太さ 3.1) (間隔/太さ 13.92) (幅/クリアランス 0.38) then (煩雑感 ふつう)
	rule-10 if (間隔/クリアランス 0.5) (幅/クリアランス 0.28) then (煩雑感 ない)

図-6 作成されたルールの一例

のため、各印象を「ある」、「普通」、「ない」の3つに分けるのは、非常に困難であった。ルール作成は学習機能であるから、教える側がいい例を与える必要がある。また、モードの考え方を使ったため設計例の多いものをルールとしてしまう。したがって、与える例題の数についてもバランスを考慮する必要がある。今回の例でいえば、「圧迫感」、「安定感」等のそれぞれに、典型的な橋梁例をバランスよく与える必要があったと思われる。また、形式等の付加的要因についても、バランスのとれた与え方が必要であろう。ところが、このように適用例を選択するのにまた新たに労力が必要となれば、このことがまた知識獲得のボトルネックになってしまう。そこで、数少ない例からも本質的なものを探せるようにシステムの改善を行う必要がある。

4. 2 作成されたルールの適用

今回好ましい橋として入力したのは、伊計大橋、灘大橋、大三島橋の3橋である。今回使用したルールは、4. 1の適用

(setq とてもない {1.0/とてもない, 0.7/ない, 0.4/普通, 0.1/ある, 0.0/とてもある})
(setq ない {0.7/とてもない, 1.0/ない, 0.7/普通, 0.2/ある, 0.0/とてもある})
(setq 普通 {0.4/とてもない, 0.7/ない, 1.0/普通, 0.7/ある, 0.4/とてもある})
(setq ある {0.0/とてもない, 0.2/ない, 0.7/普通, 1.0/ある, 0.7/とてもある})
(setq とてもある {0.0/とてもない, 0.1/ない, 0.4/普通, 0.7/ある, 1.0/とてもある})

図-7 メンバーシップ関数の一例

用例で得られたものである。各概念を表現するルールとのマッチングが失敗した場合には、例えば「安定感が普通」のように、各概念に「普通」というデフォルト値を与えるようにした。さらに、メンバーシップ関数は、図-7のように設定した。

実際にマッチング操作を行った結果を図-8に示す。伊計大橋には、9つのルールがマッチングに成功し、その結果「圧迫感が普通」、「安定感がある」・・・といった値が与えられた。そしてマッチングに失敗した「力強さ」と「煩雑感」については、デフォルト値が与えられた。このようにして、伊計大橋がどのような印象を持つ橋であるかを、システムは評価する。以下、他の橋についても同様の操作を行い、設計者の好みの橋の1つ1つについて評価を行う。今回、灘大橋は、1つのルールだけがマッチングに成功し、大三島橋は成功するルールがなかった。この原因の1つとして得られたルールが未だ不十分であることが挙げられ、今後さらに多くの有用なルールを蓄積する必要があると考えられる。

この後、システムは概念ごとに、橋に与えられた値の共通集合を取り、設計者がどのような嗜好傾向があるかを判定する。今回の結果では、「安定感」と「スレンダーさ」が「0.7 ある」、「0.7 ない」という評価をしているが、それ以外はすべて「普通」という評価になっている。これは、ルールの中に「普通」という値を与えるものが多いこと、ルールとのマッチングが成功せず、デフォルト値が与えられたものが多かったことによる。したがって、ルールの改善、デフォルト値の検討を行い、さらにファジィプロダクションシステムを有効に使うことを考える必要がある。

5. 結論と今後の課題

#####伊計大橋#####
rule-1 圧迫感 普通
rule-2 圧迫感 普通
rule-3 圧迫感 普通
rule-5 安定感 ある
rule-7 安定感 ある
rule-8 重軽感 普通
rule-11 スレンダーさ ない
rule-12 スレンダーさ ない
rule-13 スレンダーさ ない

#####灘大橋#####
rule-9 スレンダーさ 普通

#####大三島橋#####

*****no rules*****

*****learning-result*****

(圧迫感 (1.0 普通))
(安定感 (0.7 ある))
(重軽感 (1.0 普通))
(スレンダーさ (0.7 ない))
(力強さ (1.0 普通))
(煩雑感 (1.0 普通))

図-8 マッチング操作の結果

本研究では、エキスパートシステムの開発のボトルネックになっている知識の獲得が自動的に行えるように、システムに学習機能をもたせることを目的とした。そのため、まず学習機能についての検討を行い、その中の事例学習を参考にして学習機能をもった橋梁設計支援エキスパートシステムの開発を試みた。適用例として橋梁の美観をとりあげ、橋梁本体の美観というものに対象を絞って検討を行った。学習方法としては、各知識を階層的にまとめることを考え、その特性の抽出法として「モード」の考え方を利用した。これは、過去の設計例において数多くみられる形状、寸法比、材質等の要因が、やはり橋梁の美観に対して何等かの意味を持つと思われるためである。設計例の多いものに着目しているという意味では、本研究は統計的な手法に基づく学習方法ということもできる。もし統計的な手法を始めから適用すると、どのようなパラメータを選ぶべきかでその結果が決定されてしまう。これに対し、本学習方法では、重要なパラメータの抽出も含めて有用なルールが自動的に生成されるところに特徴がある。今回はさらに、過去の橋梁の設計例から自動的にルールが作成され、設計者の嗜好が考慮されるような設計支援システムのプロトタイプの構築を行った。そして実際に、橋梁例からルールの自動作成を行い、生成されたルールが有効に利用できるかどうかについて考察を行った。

以下に本研究で得られた結論を示す。

- 1) ルールの自動作成システムのプロトタイプを構築し、実際に過去の設計例からいくつかのルールを自動的に作成することが出来た。これによって、ルール作成の労力を削減することが出来た。また、美観のように十分に整理されていない事例に対しても、何等かのルールを作成することが出来た。
- 2) ルールによって、システムが美観に対して判断基準を持ち、ある橋梁例を入力すればプロダクションシステムを利用することによって、その橋に対する印象を与えることが出来た。
- 3) 得られた印象をもとに設計者の嗜好を判断することが可能になった。

次に、今後の課題を以下に示す。

- 1) ルール化には成功したが、ルールによってはこのままでは判断基準として使うことが出来ないものがある。したがって、実用に耐えるようなルールを作成できるルール作成支援の演算方法や知識についてさらに検討する必要がある。
- 2) 橋梁の設計例をもっと収集し、量、質ともにデータベースの向上をはかる必要がある。
- 3) 今回のシステムでは設計者の嗜好を判断することまでしか出来ないが、設計者に有効な部材寸法等のアドバイスが出来るようにさらにシステムを改善する必要がある。そのときコンピュータグラフィックスなどを用いて視覚的に表示できることが望ましい。
- 4) 設計例が少なくても本質的な要素を探し出せるようにし、色彩など今回考慮しなかった要因についてもルール作成が行えるシステムにする必要がある。

参考文献

- 1) 上野晴樹、知識工学入門、オーム社(1986)
- 2) 杉本博之、北海道における歴史的橋梁の景観、北海道の橋の景観、pp.19-30、(1989)
- 3) 西村 昭、藤井 学、宮本文穂、富田隆弘、橋梁診断のシステム化に関する基礎的研究、土木学会論文集、第378号/V-6、pp.175-184(1987)
- 4) 山本 宏、橋梁美学、森北出版(1980)
- 5) R. S. Michalski 他編 電総研人工知能研究グループ訳、知識獲得と学習シリーズ1 知識獲得入門 帰納学習と応用、共立出版(1987)
- 6) 榎木哲夫、岩井壮介、片井修、プロトタイプ理論に基づく概念の自己組織化 1987、pp.241-248、Human Interface、(1987)

- 7)馬野元秀、：ファジィプロダクションシステムとその実現、SICE 関西支部シンポジウム「あいまい情報処理と知的システム制御」(1988年9月21, 22日)、pp. 75-80、(1988)
- 8)川上、白石、古田、馬野、：R C床版の健全度性評価のためのファジィエキスパートシステム、土木学会年次学術講演会講演概要集 I -P59, 1988. 10 pp. 18-19、(1988)
- 9)菅野道夫、ファジィ制御、日刊工業新聞社(1988)

(1989年10月2日受付)