

健全性評価ファジィエキスパート システムの構想

京都大学工学部 正員 白石成人 京都大学工学部 正員 古田 均
大阪大学大型計算機センター 馬野元秀 京都大学工学部 正員〇川上宏一郎

1. まえがき 現存する橋梁の中には、何らかの損傷を呈し、使用性および安全性に問題を有する物も少なくない。これらの橋梁構造物の維持管理を行っていくには、構造物の健全性を評価する必要がある。しかしながら、健全性の評価に利用できるデータは、量的に不十分なばかりでなく、その多くが何らかのあいまいさを含んでおり、それらを有効に利用することは容易ではない。さらに、推論を進めていく際に必要な知識についても質的、量的に十分とは言えず、経験的、直感的なものが多い。したがって健全性の評価は、経験豊富な専門家の工学的判断に頼らざるを得ないというのが現状である。そこで本研究では、維持管理業務の専門家の持つ工学的知識、経験的知識、判断プロセスをコンピュータに入力蓄積することにより汎用性の高い、誰にでも利用できる健全性評価のためのシステム（エキスパートシステム）を作成した。本システムを、実際の維持管理業務での利用に耐えうるような実用的なものとするために、システムの推論機構にファジィ集合を処理する機能を付加したプロダクションシステム（ファジィプロダクションシステム¹⁾）を導入する。プロダクションシステムにファジィ集合処理システム²⁾を組み込むことにより、①あいまいなデータ、知識からでも推論が可能、②ルールの中で自然言語を使用できる、③②により、専門家との対話により自然言語の形で獲得した知識をそのままの形でコンピュータに入力できるため、知識獲得が容易になる、④あいまいな知識をも取り込めることから、評価に必要な知識の数を最小限に抑えることができる、等の利点が生まれる。また、本システムをワークステーション上に構築することにより、利用しやすい環境を整えた。以下、このファジィプロダクションシステムの概念を述べる。

2. ファジィプロダクションシステム いま、「if X is A, then Y is B」というルールを考える。従来のプロダクションシステムによる推論では、「X is A」というデータに対しては上記のルールを使って「Y is B」という結論を導くことができるが、XがAと少し異なるA'である（「X is A'」）というデータに対しては上記のルールだけでは結論を導くことはできない。一方、人間は「X is A'」というデータからでも、「Y is B'」という結論を導けるであろう。このような、人間の頭脳の中で行われる推論メカニズムに近い推論機構（近似推論と呼ばれる）は、ファジィ推論³⁾の概念を用いて実現できる。すなわち、「A'」をファジィ集合「@A'」で表し、データを「X is @A'」と書き換え、上記のルールの「A」、「B」をそれぞれファジィ集合「@A」、「@B」で表し「if X is @A, then Y is @B」のように書き換え、推論を行う。（database {very-true/(体温 やや高い) true/(喉 少し痛い) true/(頭 かなり痛い)}) この結果、「Y is @B'」（@B'はファジィ集合）という結論が得られることになる。本ファジィプロダクションシステムは、このファジィ推論の概念に基づいた推論機構を使って、あいまいなデータと知識から推論を行う。以下、ファジィプロダクションシステムの推論過程を簡単な医療診断を例にとり説明する。

いま、患者から得た図1に示すデータ（入力形式で記述）から、図2に示すルールを使って、病名を診断することを考える。図2中shindantはルールベース名、rule-1、rule-2はルール名を示しており、=matchはデータとルールの条件部との一致度が格納される変数である。結論全体の真値は、=matchとルールの確信度との間でファジィ演算を行うことにより求める。その演算を規定しているのがcf~の部分である。（deposit

図1 入力データ

```
(rules shindant
(rule-1
if (体温 高い)
(喉 痛い)
then (deposit (病名 風邪)
(*cf times very-true =match))

(rule-2
if (体温 高い)
(頭 非常に痛い)
then (deposit (病名 流感)
(*cf times true =match))
```

図2 病名診断ルール

Naruhito SHIRAISHI Hitoshi FURUTA Motohide UMANO Kōichirō KAWAKAMI

A t)は、結論「A」に真理値tを付加し、データベースに登録するという働きをする。ここに示したルール、データには、「高い」、「痛い」等のあいまいな言葉が用いられているのでこれらを図3、図4のようにファジィ集合の形で定義する（ルール中の言語についてはメンバーシップ関数で定義）。

また、図1中のvery-true、trueは各データに対する真理値であり、ここではこれらを表1のように定義する。推論機構は、まずルールベースから最初のルールを取り出し、その条件部とデータを照合し、その一致度を調べる。表2にrule-1に対する一致度の計算過程を示す。この中で、「高い」と「やや高い」の一致度は、図1に示すメンバーシップ関数「高い」をファジィ集合「やや高い」に適用することにより求めている。このようにして求めたrule-1に対する一致度と、同様にして求めたrule-2に対する一致度を併せて表示すると表3のようになる。これらの一致度を使って、どちらのルールを実行すればよいかを判断するが、ここでは一致度をその重心の値で代表させ、その値の大きい方のルールを実行することにする。表3に各ルールの一致度に対する重心値を示す。rule-2の一致度に対する重心の方が大きいので、rule-2の実行を行う。その結果、結論として「(times true 一致度)/(病名 流感)」が得られることになる（真理値の計算は省略）。

以上、ファジィプロダクションシステムの概要を、その推論機構の働きを中心に述べたが、本研究では維持管理業務の専門家の知識を本システムのルールベースに登録することにより構築した橋梁構造物の健全性評価のためのエキスパートシステムを実橋に適用し、その有用性を確認している。

3. 結論 本研究では、橋梁構造物の維持管理には、その健全性を適切に評価することが重要であると考え、実用的な健全性評価のためのエキスパートシステムを作成した。ファジィ理論を導入することにより、あいまいさを持つ自然言語をルールの中で使用できることになり、専門家から獲得した知識（自然言語で表現されている）をそのままの形でシステムに移植することができた。さらに推論方法にファジィ推論の概念を用いることにより、あいまいなデータ、知識からでも妥当な推論結果を得ることができるようになった。

参考文献 1)柴山次郎、森脇高一；ファジィプロダクションシステムの作成、岡山理科大学 卒業論文(1985) 2)久米健司；Lispによるファジィ集合処理システムとそのPascal型言語インタフェースの作成、岡山理科大学 修士論文(1985) 3)寺野寿郎；システム工学入門、共立出版株式会社、pp281-316 (1985)

図3 「高い」「やや高い」の定義

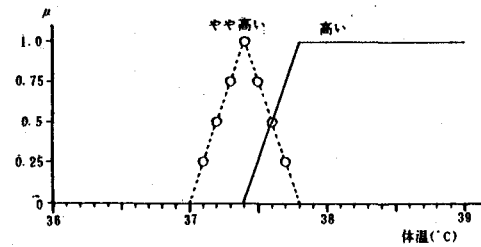


図3 「高い」「やや高い」の定義

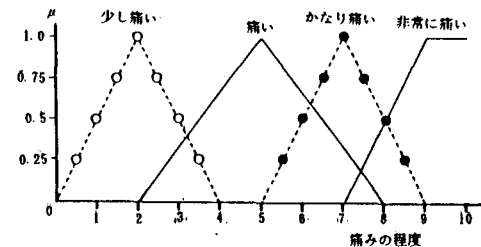


図4 「少し痛い」「痛い」「かなり痛い」「非常に痛い」の定義

表1 very-true、trueの定義

very-true	{0.3/0.8, 0.8/0.9, 1/1}
true	{0.2/0.8, 0.7/0.7, 1/0.8, 0.8/0.9}

表2 一致度の計算過程

	一致度
「体温」と「体温」	一致度①=1
「高い」と「やや高い」	一致度②={1/0.0.75/0.25.0.5/0.5.0.25/0.75}
「(体温 高い)」と「(体温 やや高い)」	一致度③=(min ① ②) ={1/0.0.75/0.25.0.5/0.5.0.25/0.75}
「(体温 高い)」と「very-true/(体温 やや高い)」	一致度④=(min ③ very-true) ={1/0.0.75/0.25.0.5/0.5.0.25/0.75}
「(どのど 痛い)」と「true/(どのど 少し痛い)」	一致度⑤={1/0.0.75/0.17.0.5/0.33.0.25/0.5}
rule-1の条件部	一致度=(min ④ ⑤) ={1/0.0.75/0.17.0.5/0.25.0.5/0.33.0.25/0.5}

表3 rule-1、rule-2の一致度と重心

	一致度	重心
rule-1	{1/0.0.75/0.17.0.5/0.25.0.5/0.33.0.25/0.5}	0.18
rule-2	{1/0.0.75/0.25.0.5/0.5.0.2/0.8.0.25/0.7.0.25/0.75}	0.31

3. 結論 本研究では、橋梁構造物の維持管理には、その健全性を適切に評価することが重要であると考え、実用的な健全性評価のためのエキスパートシステムを作成した。ファジィ理論を導入することにより、あいまいさを持つ自然言語をルールの中で使用できることになり、専門家から獲得した知識（自然言語で表現されている）をそのままの形でシステムに移植することができた。さらに推論方法にファジィ推論の概念を用いることにより、あいまいなデータ、知識からでも妥当な推論結果を得ることができるようになった。

参考文献 1)柴山次郎、森脇高一；ファジィプロダクションシステムの作成、岡山理科大学 卒業論文(1985) 2)久米健司；Lispによるファジィ集合処理システムとそのPascal型言語インタフェースの作成、岡山理科大学 修士論文(1985) 3)寺野寿郎；システム工学入門、共立出版株式会社、pp281-316 (1985)