

VI-61

ファジィを用いた「岩石判定システム」の開発

関西電力（株） 正会員 藤田 勝己 井土垣 正博
（株）ニュージェック 正会員 浦山 克 正会員 山田 雅行

1. まえがき 近年、ファジィ理論を応用した様々な制御システムが実用化されている。また、ファジィ理論を取り入れたエキスパートシステム構築ツールが提供され、人間による判断を支援・補助するエキスパートシステムについても研究・開発が行われている。

一方、土木工事などで地質の専門家がいない場合に、一般の土木技術者が岩盤を分類・判定することは、非常に困難なことである。したがって、現場において、肉眼またはルーペによる観察だけで岩盤を判定し、岩盤特性を把握するエキスパートシステムがあれば非常に有効である。

そこで、このようなエキスパートシステムのための第一段階として、ファジィ推論を組み込んだ「岩石判定システム」の構築をEWS上で行った。本稿では、このシステムについての報告を行う。

2. 「岩石判定システム」の構成 著者らが構築を行った「岩石判定システム」のシステム概要について述べ、さらに判定対象岩石、質問項目、知識構成、推論方法について言及する。

（Ⅰ）システム概要：本システムは画面に表示される質問に対して対話形式で回答を入力することによって、システム内部で推論を行い、岩石名と確信度を表示するものである。また、岩石に対する写真・特徴の解説等を表示することもできる。本システムの基本構成を図1に示す。本システムは推論機能・説明機能・修正機能の3機能からなり、推論機能は汎用性をもたせるために、知識部と推論実行部が分離されている。

（Ⅱ）判定対象岩石：判定の対象とする岩石は、火成岩10種、堆積岩9種、変成岩4種の合計23種である。それぞれについての岩石名を表1～3に示す。

（Ⅲ）質問項目：質問は1次質問と2次質問に分かれる。前者は色指数、模様、色調、光沢、肌ざわり、割れ方、割れ口、硬度、産状の9項目、後者は粒の種類、粒の形、結晶、結晶の状態、脈の色、優白脈の硬度、縞・層の状態、レンズの状態、網の色の10項目である。2次質問は1次質問の回答状況によって適宜質問される。これらの質問のうち、ユーザー入力のない項目が高いと考えられる模様（粒状）、光沢、肌ざわりの3項目に対しては、ファジィ推論が適用されている。その他の質問に対してはルールベース型推論が実行される。図2、3に通常の入力画面とファジィ推論のための入力画面をそれぞれ示す。

（Ⅳ）知識構成：①ファジィ推論を行うための知識は、岩石毎に定義されたファジィルールとその条件部命題および結論部命題に対して定義されたメンバーシップ関数からなる。メンバーシップ関数の一例を図4に示す。②ルールベース型推論を行うための知識はすべて0.1～0.9の値を持つ確信度で定義されている。確信度は例えば0.9＝「対象岩石を特定する有力な条件となる」、0.1＝「対象岩石ではないことを示す有力な条件となる」という

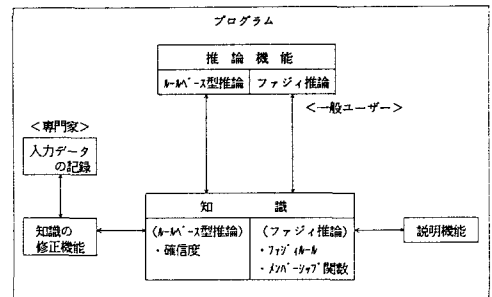


図1 システムの基本構成

表1 火成岩の一覧表

	珪長質岩	中性岩	苦鉄質岩	超苦鉄質岩
深成岩	花崗岩	閃緑岩	斑れい岩	
半深成岩	花崗斑岩	ひん岩	輝緑岩	超苦鉄質岩
火山岩	流紋岩	安山岩	玄武岩	

表2 堆積岩の一覧表

粒 径	火砕性堆積岩	砕屑性堆積岩	沈澱性堆積岩
2 ¹ (2)	凝灰角礫岩	礫 岩	
		砂岩（新第三紀以降）	
2 ² (1/16)mm	凝灰岩	砂岩（古第三紀以前）	
		泥 岩	石灰岩 チャート
変 種	溶結凝灰岩		

表3 変成岩の一覧表

	変成度 → 上 昇	
接触変成岩	ホルンフェルス	
広域変成岩	粘板岩	片麻岩
	結晶片岩	

基準により決定されている。③上述の知識は運用試験を実施する事により信頼性を高めている。例えば、専門家が各質問に対して、ある程度正しい回答を行った場合、推論結果の正解率は100%の精度である。また、一般ユーザーによる運用でも良い結果が得られている。

(V) 推論方法: ①ファジィ推論部には論理積法に基づいて、統合適合度の代表値を計算するという方法を採用している。②ルールベース型推論部は、各回答に対して選ばれた確信度をコンバイン関数によって統合している。③ファジィ推論による代表値を確信度とみなして、コンバイン関数によりルールベース型推論結果と統合して、最終推論結果を得ている。

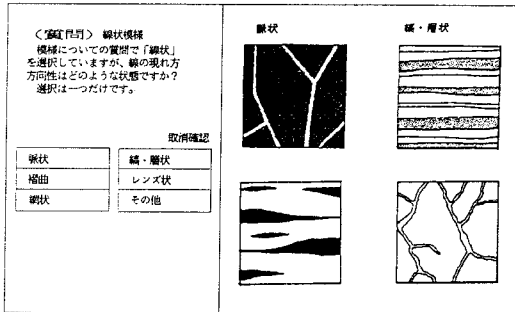


図2 通常の入力画面の一例

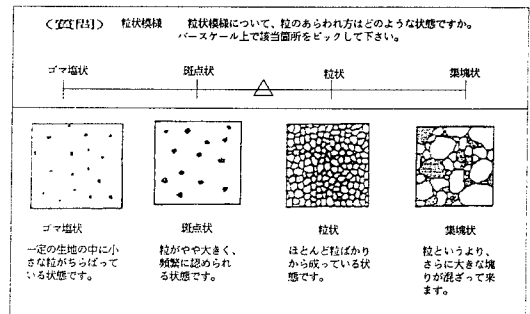


図3 ファジィ推論のための入力画面の一例

3. 現地での適用結果 2箇所の現地地点を選定し、本システムを適用した。その結果、ほぼ正解となった確率は70%以上であった。その実施例を図5、6に示す。

質問項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
色	1.黒	2.中間色	3.灰色	4.その他						
形状	1.放射状	2.楕円状	3.網状	4.その他						
色	1.透明	2.白色	3.灰色	4.黒色	5.黄～黄緑	6.赤～赤黄	7.赤褐色	8.黄褐色	9.黄～黄緑	10.黄褐色
光沢	無	少	中	多	面状					
肌ざわり	ゴツゴツ	サラサラ	ツルツル	スベスベ	ツルツル					
割れ方	1.縦割	2.火花を出す	3.層・片状	4.サイコロ状	5.無					
割れ口	1.ガラス状	2.孔・気泡	3.化石	4.無						
硬さ	1.硬	2.硬より軟	3.軟	4.軟より硬	5.軟					
硬さ	1.地層・互層	2.マサ	3.節理・裂隙	4.火成岩互層	5.その他					

図5 現地適用例(入力データ)

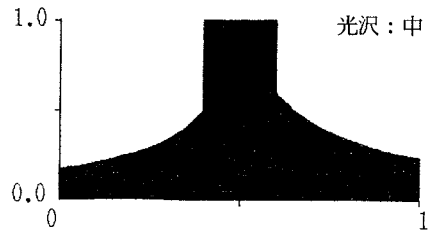


図4 メンバシップ関数の一例

	岩石名	確信度
1	流紋岩	0.89909
2	溶結凝灰岩	0.61550
3	片麻岩	0.61189
4	凝灰岩	0.53094
5	花崗岩	0.51487

図6 現地適用例(推論結果)

4. おわりに 著者らが開発した「岩石判定システム」は運用試験時、及び現地適用時において良好な結果が得られた。また、実用性をさらに高めるために次のような検討を実施している。①「岩級判定」「地質判定」といった判定対象を拡張したシステムの検討。②現状のEWSからパソコン、ハンディシステム等への小型化の検討。③電話回線を利用したシステムの運用に関する検討。なお、本システムは特許出願中である(特願平5-10007)。