

41 ファジィエキスパートシステムによる表層崩壊危険度診断

神戸大学工学部 ○沖村 孝

大成建設㈱ 村木由尚

1. はじめに

自然斜面の安定性を検討する場合にはその斜面を対象に調査を実施し、その結果に基づいて安定度を判断するのが本来の方法である。しかし、なんらかの事情で調査ができない場合、あるいは調査計画を立案するために安定度に関するなんらかの情報が欲しい場合には、調査を実施することなく斜面危険度を判断しなければならない場合がある。従来、このような場合には斜面安定に関する専門家が危険度を判断してきたが、本研究ではこのような専門家が有する斜面安定に関する知識を獲得し、これをモデル化しコンピュータを用いて知識表現や推論を行い、非エキスパートでも斜面危険度診断に対して専門家と同程度の推論を行なうことのできるエキスパートシステムの開発およびその過程で得られる要因の崩壊に及ぼす影響を評価することを目的とした。

2. 斜面危険度診断モデルの構築

本研究では人工知能言語のひとつであるPROLOGを用いシステムを作成した。専門家が有する知識に伴う不確実性やあいまい性は、「基本確率」というDempster & Shaferにより提案された考え方をを用いた。さらに、本研究ではこれとは別に調査時におけるデータ（事実）に付随する不確実性とあいまい性を考慮するため「信頼度」という考え方を導入した。データおよび知識は次に示すPROLOGの構文形式に従っている。(a)事実節: fact(質問番号、回答番号、信頼度)、(b)ルール節: rule(ルール項目名、条件部、結論部)。事実節は会話形式によってユーザーから入力されたデータを(a)形式によって新しい節を追加するものである。知識は(b)の形式で記述されており、条件部が満たされれば結論部を実行するプロダクションルールの形で表現されている。結論部は、結論仮説として表層崩壊に対する危険度の大きさを表わす6つのファジィ集合、安全(s)、たぶん安全(ps)、普通(m)、たぶん危険(pd)、危険(d)、未知(uk)を定義し、その各々に基本確率を与えることにより不確実性とあいまい性を扱えるようにした。表-1は本研究に用いた各要因のアイテム、カテゴリを示す。過去の研究成果およ

表-1 各要因のアイテム・カテゴリー

地質要因	
表土の堆積状態	1、残積土 2、運積土
表土層の土性	1、砂質土 2、粘性土 3、シルト系 4、れき混じり
基岩の地質	1、火成岩 2、火山砕屑物・堆積岩類 3、変成岩類
断層の有無	1、ある 2、ない
地形要因	
斜面の高さ(m)	1、～10 2、10～20 3、20～
斜面の勾配(°)	1、～20 2、20～30 3、30～40 4、40～
斜面の集水面積(m ²)	1、～200 2、200～500 3、500～1000 4、1000～
斜面の横断形状	1、凹型 2、やや凹型 3、凸型 4、やや凸型 5、直線型
斜面の縦断形状	1、凹型 2、やや凹型 3、凸型 4、やや凸型 5、直線型
斜面の地表形状	1、でこぼこ 2、なだらか
地盤要因	
平均表土層厚(m)	1、～1.0 2、1.0～2.0 3、2.0～
表土層厚の変化(cm)	1、 $d_u - d_l > 50$ 2、 $d_u - d_l < 50$ 3、 $ d_u - d_l \leq 50$
湧水量	1、多い 2、少ない 3、湿っている
降雨時の湧水量の変化の有無	1、ある 2、ない
湧水の位置	1、上部 2、中部 3、下部
植生要因	
植密度	1、植 2、やや植 3、中 4、やや密 5、密
樹相	1、単相 2、複相
胸高直径(cm)	1、～4 2、4～6 3、6～10 4、10～20 5、20～
その他(崩壊履歴)	
根曲がりの有無	1、ある 2、ない
滑移面の有無	1、ある 2、ない
崩壊復旧工があるか	1、ある 2、ない
崩壊復旧工に変状があるか	1、ある 2、ない

注) d_u : 斜面上部の表土層厚(cm)

d_l : 斜面下部の表土層厚(cm)

び筆者らの主観により、この各カテゴリーの6つのファジイ集合に対して基本確率を決定した。

3. 斜面危険度診断システムの検証

上述したシステムを用いて過去の崩壊地、非崩壊地を調査し、本システムの妥当性を検討した。調査対象地は1983年7月豪雨により表層崩壊が多発した島根県三隅町の花崗岩地域とした。現地調査は1987年12月に実施したが、この際①今回の調査データは崩壊発生前のそれに等しい、②崩壊地のデータは崩壊発生場所に隣接する斜面から推定されたものに等しい、ことを仮定した。なお、現地調査において表-1のアイテムが調査できない場合、または、どのカテゴリーに該当するかわからない場合には「不明」というカテゴリーを準備し、この場合には、ukに基本確率1を割り当てた。図-1は危険度診断の結果である。この図中No.1～No.5は崩壊斜面の結果、No.6～No.8は非崩壊斜面のそれである。縦軸は安全(s)、たぶん安全(ps)、普通(m)、たぶん危険(pd)、危険(d)の結論仮説に対する基本確率(確信度)である。この図から明らかなように、表層崩壊の危険度を表す各ファジイ集合の基本確率は崩壊斜面においては、No.1, No.2, No.5では"pd"、No.3では"m"、No.4では"d"が、それぞれ最大値を示した。さらに、一般的な傾向としてはps、s等の安全側の結論仮説よりpd、d等の危険側のそれを強く支持する結果となった。

一方、非崩壊斜面においてはNo.6、No.7、No.8の斜面とも全て"ps"の基本確率が最大であった。また、全体的にはps、s等の安全側の結論仮説を支持する診断結果となり、No.8を除いてはpd、dとも基本確率は0.1以下となり、危険側の基本確率は小さなものとなった。以上の結果より本システムの推論手続きはほぼ妥当であると考えられる。また、診断過程において得られる各要因の各ファジイ集合の基本確率の値より、地形要因と地盤要因が表層崩壊に大きな影響を及ぼしていることが推察された。

なお、本モデルはあくまでもプロトタイプであり、周知のようにエキスパートシステムにはこれで確定というモデルが存在しないため、今後、インタビュー、例題からの学習等を通して知識データベースや推論エンジンを充実させる必要のあることは言うまでもない。

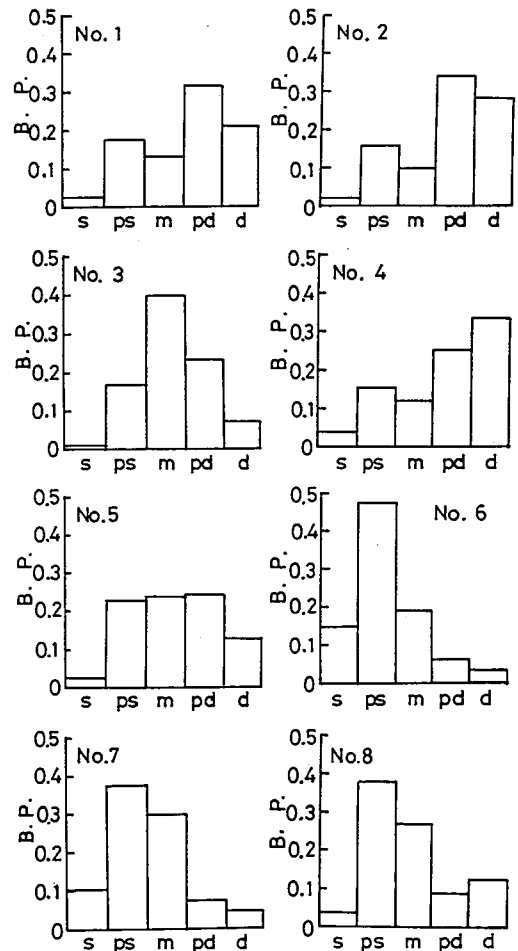


図-1 診断結果