

CS-150

ラフ集合を用いた自然斜面の崩壊危険度判定事例における極小決定アルゴリズムの抽出

関西大学総合情報学部 正会員 ○ 広兼 道幸
 関西大学工学部土木工学科 正会員 三上 市蔵
 復建調査設計(株)地質調査部 正会員 植田 哲司

1. まえがき

斜面崩壊の危険度は、各省庁によって示されている判定基準に従って、専門家が現地を実際に観測して判定している。しかし、観測結果からは決定できなかった要因や誤って判断される要因が含まれる可能性がある。さらに、観測結果に基づく判断を必要とする事例の中には矛盾が含まれている場合が多く、これらの事例を整理するだけでは、専門家の経験的知識を抽出することができない場合が多い。そこで、ラフ集合の考え方¹⁾を用いて、このような矛盾を含む観測結果から、専門家の経験的知識を抽出し、事例における極小決定アルゴリズムを抽出する方法を提案する。

2. 極小決定アルゴリズムの抽出

極小決定アルゴリズムの抽出のため、粘板岩を主体とする自然斜面の崩壊危険度を判定した観測結果を使用する。この観測結果は、高速道路調査会の判定方法²⁾に従い、崩壊危険度を判定したものである。表-1は、この判定方法から、すべての斜面について選択される項目が共通となる要因（条件属性）などを除外したものである。これらの条件属性に対して該当する項目（属性値）を決定し、各斜面の総合的な危険度（決定属性）を判定している。表-2は、ある地域の斜面を30の小ブロックに分割し、条件属性に対する属性値と決定属性をまとめたものである。これらの属性値の決定は、専門家が実際に斜面を観測し行なったものである。

表-1 崩壊危険度判定の条件属性

条件属性	属性値	危険ランク
(a)崩壊地の有無	(1)大規模崩壊地がある	a
	(2)崩壊地が多くある	b
	(3)崩壊地が少しある	c
	(4)崩壊地がない	d
(b)崩壊前兆の有無	(1)段落ち、亀裂、橋造物の変位などの前兆がある	a
	(2)上記の前兆がない	d
(c)崖縁など不安定土壌の存在状況	(1)厚く存在する	a
	(2)薄く存在する	c
	(3)存在しない	d
(d)風化、変質の激しい岩の有無	(1)風化、変質の激しい岩があり、上部は集水地形	a
	(2)風化、変質の激しい岩があるが、(1)以外の場合	c
	(3)風化、変質の激しい岩がない	d
(e)破砕帯の有無	(1)破砕帯がある	b, d
	(2)破砕帯がない	d
(f)自然斜面の勾配	(1)オーバハング状	a, b
	(2)35°以上	c, d
	(3)25°～35°	b, d
(g)ガリーの有無	(1)ある	b, d
	(2)ない	d
(h)斜面土沢状窪みの有無	(1)沢状窪みの出口が道路より上部に位置する	a
	(2)沢状窪みの表土、風化土かず周辺部より比較的厚い	b
	(3)沢状窪みはあるが、(2)以外の場合	c
	(4)沢状窪みがない	d
(i)斜面上部地形	(1)凹型（集水地形）	b, c
	(2)平型	c
	(3)凸型	d
(j)斜面の縦断形	(1)オーバハング状	a
	(2)斜面途中および上部に平坦地がある	b
	(3)明瞭な遡急点、逆緩点がある	c
	(4)(1)～(3)以外	d
(k)湧水の状況	(1)多量の湧水がある	b
	(2)浸出し程度の湧水がある	c
	(3)湧水がない	d
(l)道路による斜面の切り取り状況	(1)厚い不安定土壌を切り取っている	b
	(2)風化、変質の激しい岩盤を切り取っている	c
	(3)比較的新鮮な岩盤を切り取っている	d

表-2 崩壊危険度判定に関する観測結果

斜面番号	条件属性											危険度
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	
x1	2	1	1	2	2	2	2	4	2	2	3	1
x2	4	2	1	2	2	2	2	4	2	2	2	1
x3	4	2	2	3	2	2	2	4	3	4	3	2
x4	4	2	1	2	1	3	2	2	2	3	3	3
x5	3	2	1	1	2	2	2	4	1	3	3	1
x6	3	1	1	1	2	2	2	4	3	2	1	1
x7	4	2	2	2	2	2	2	4	2	4	3	3
x8	4	2	2	2	2	2	2	4	2	4	3	3
x9	3	1	1	2	2	4	2	3	1	4	3	3
x10	3	1	1	3	2	4	2	3	1	4	3	3
x11	4	2	1	3	2	4	2	4	2	3	3	3
x12	4	2	1	3	2	4	2	3	1	3	3	3
x13	4	2	1	3	2	2	2	4	2	3	1	1
x14	3	2	2	3	2	2	1	4	1	4	2	3
x15	4	2	1	3	2	4	1	4	2	4	3	3
x16	4	2	1	3	2	2	2	4	3	4	1	1
x17	4	1	1	3	2	4	2	3	1	3	2	3
x18	3	1	1	2	2	2	1	4	1	3	2	1
x19	4	2	2	2	2	2	2	4	3	3	3	2
x20	4	2	1	3	2	3	2	3	1	3	3	3
x21	3	1	1	3	2	2	2	4	2	3	3	3
x22	4	2	2	3	2	2	2	4	3	3	3	3
x23	4	2	2	3	2	3	1	4	1	3	3	3
x24	4	1	1	2	2	4	2	3	1	4	3	1
x25	4	2	2	1	1	2	2	4	1	4	1	1
x26	4	2	2	2	2	2	1	3	1	4	1	1
x27	4	1	2	3	2	2	2	4	3	4	3	2
x28	2	1	1	1	1	2	2	4	2	4	3	1
x29	2	1	1	1	1	2	2	4	2	4	3	1
x30	2	1	1	1	2	2	1	4	3	3	3	2

2.1 決定属性の条件属性に対する従属性

まず、表-2において、決定属性が条件属性に従属しているか否かを調べる。個々の斜面の条件属性と決定属性の組み合わせ（決定規則）を調べ、同じ条件属性の組み合わせに対して、異なった決定属性を持っているものを抽出する。もし、同じ条件属性の組み合わせから異なった決定属性を持っている斜面が存在すれば、ここで取り上げた条件属性だけでは、これらの決定属性を判定することができない、ということを示している。また、表-2の観測結果に同一の決定規則が含まれている場合は、いずれか一方の決定規則を評価していけばよい。x7とx8、およびx28とx29は、それぞれ同一の決定規則に従っており、x8とx29の決定規則については、この表から削除して、表-3に示す決定規則の一覧（決定表）を作成することができる。

2.2 条件属性の取り消し

次に、表-3から任意の条件属性を取り除き、各斜面の決定規則に矛盾が含まれていないことを確認する。たとえば、(h)、(i)という2つの条件属性を取り除いた場合、x11とx12の決定規則に矛盾が生じる。このように、条件属性のすべての組み合わせを決定表から取り除き、矛盾が生じない組み合わせの中で、条件属性の数が最少となるものは4つであり、

{(a), (c), (h), (k)}, {(a), (c), (h), (l)}, {(a), (d), (h), (k)}, {(a), (d), (h), (l)}, {(a), (e), (h), (k)}, {(a), (e), (h), (l)}, {(a), (h), (i), (k)}, {(a), (h), (i), (l)}, {(a), (h), (j), (k)}, {(a), (h), (j), (l)}, {(b), (e), (i), (l)}, {(b), (h), (i), (l)}, {(d), (f), (i), (k)}

の13通りとなった。これらの条件属性の組み合わせの中から、条件属性の出現頻度の多い組み合わせとし、{(a), (h), (i), (l)}の組み合わせを採用することにする。ここで得られた組み合わせ以外の条件属性を取り除くと同時に、同一の決定規則に従っている斜面も削除して、表-4に示すような

極小決定アルゴリズムを得ることができる。

表-4 極小決定アルゴリズム

3. あとがき

いくつかの条件属性からある決定属性を判定する問題は、ここで説明してきた斜面の崩壊危険度判定以外にも数多く存在し、本研究で述べた方法は、これらの問題に対しても適用することができる。ここで得られた極小決定アルゴリズムは、属性値を個々に評価することで、さらに極小な決定アルゴリズムが抽出することができるが、今後の課題とする。また、得られたアルゴリズムをもとにルールを記述しエキスパートシステムを構築し、構築したシステムを用いて、他の斜面について危険度判定を行ない、その結果について評価を重ねていく必要がある。

参考文献

- 1) 中村昭:ラフ集合-その基本概念と知識情報-,No.372,サイエンス社,1994.6.
- 2) 高速道路調査会:地すべり及び斜面崩壊の防止対策の調査手法に関する研究, 1977.3.

表-3 同一決定規則を取り除いた決定表

斜面 番号	条 件 属 性											危険度	
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)		(l)
x1	2	1	1	2	2	2	2	4	2	2	3	1	A
x2	4	2	1	2	2	2	2	4	2	2	2	1	B
x3	4	2	2	3	2	2	2	4	3	4	3	2	C
x4	4	2	1	2	1	3	2	2	2	3	3	3	B
x5	3	2	1	1	2	2	2	4	1	3	3	1	A
x6	3	1	1	1	2	2	2	4	3	2	1	1	A
x7	4	2	2	2	2	2	2	4	2	4	3	3	C
x9	3	1	1	2	2	4	2	3	1	4	3	3	B
x10	3	1	1	3	2	4	2	3	1	4	3	3	B
x11	4	2	1	3	2	4	2	4	2	3	3	3	C
x12	4	2	1	3	2	4	2	3	1	3	3	3	B
x13	4	2	1	3	2	2	2	4	2	3	1	1	B
x14	3	2	2	3	2	2	1	4	1	4	2	3	B
x15	4	2	1	3	2	4	1	4	2	4	3	3	C
x16	4	2	1	3	2	2	2	4	3	4	1	1	B
x17	4	1	1	3	2	4	2	3	1	3	2	3	B
x18	3	1	1	2	2	2	1	4	1	3	2	1	A
x19	4	2	2	2	2	2	2	4	3	3	3	2	C
x20	4	2	1	3	2	3	2	3	1	3	3	3	B
x21	3	1	1	3	2	2	2	4	2	3	3	3	B
x22	4	2	2	3	2	2	2	4	3	3	3	3	C
x23	4	2	2	3	2	3	1	4	1	3	3	3	C
x24	4	1	1	2	2	4	2	3	1	4	3	1	B
x25	4	2	2	1	1	2	2	4	1	4	1	1	A
x26	4	2	2	2	2	2	1	3	1	4	1	1	B
x27	4	1	2	3	2	2	2	4	3	4	3	3	C
x28	2	1	1	1	1	2	2	4	2	4	3	1	A
x30	2	1	1	1	2	2	1	4	3	3	3	2	A

斜面 番号	条 件 属 性				危険度
	(a)	(h)	(i)	(l)	
x1	2	4	2	1	A
x2	4	4	2	1	B
x3	4	4	3	2	C
x4	4	2	2	3	B
x5	3	4	1	1	A
x6	3	4	3	1	A
x7	4	4	2	3	C
x9	3	3	1	3	B
x12	4	3	1	3	B
x14	3	4	1	3	B
x16	4	4	3	1	B
x21	3	4	2	3	B
x22	4	4	3	3	C
x23	4	4	1	3	C
x24	4	3	1	1	B
x25	4	4	1	1	A
x30	2	4	3	2	A