

VI-140 切土のり面崩壊予測に関するデータマイニングによる知識抽出の基礎的研究

八千代エンジニアリング 正員 ○菊池 英明 山口大学工学部 正員 榊原 弘之
山口大学工学部 正員 倉本 和正 甲南大学理学部 正員 中山 弘隆
日本道路公団中国支社 西岡 勲 山口大学工学部 正員 古川 浩平

1. はじめに

高速道路網の骨格が整い、これらの高規格道路の整備に伴い建設された切土のり面の日常の維持管理や防災管理が今後ますます重要となってきた。豪雨時の切土のり面の崩壊はいわゆる素因としての地形・地質要因と誘因(外力)としての降雨とが複雑に影響を引き起こされる。これら素因と誘因の因果関係や、崩壊発生に係わる特徴的な要因を抽出することは、のり面の崩壊現象を解明し崩壊予測を行う上で重要である。

本研究では高速道路の切土のり面の豪雨時の崩壊データに対するデータマイニングとして、ラフ集合論を用いたアルゴリズムによって特徴要因を分析し、崩壊現象の予測のための知識抽出を試みる。

2. ラフ集合

複数の属性を有するデータの集合を考える。一つ一つのデータは各属性のいずれかのカテゴリに属するとする。図1の場合、大きな四角形は斜面に関するすべてのデータの集合を意味する。個々のデータは岩質区分(R_1)、累積雨量(R_2)、上土地利用(R_3)という三つの属性におけるいずれかのカテゴリ(地質区分の場合土砂・軟岩等)に属している。のり面の崩壊現象を考えた場合、事前に収集したデータにおいて各属性のカテゴリが全く同一であっても、崩壊するのり面と崩壊しないのり面が生じることは十分考えられる。これは、カテゴリの組み合わせによって崩壊現象の必要十分条件を得ることができないことを意味する。このようにカテゴリの組み合わせによって定義できないようなデータの部分集合をラフ集合と呼ぶ。ラフ集合は図1の楕円のように示される。

のり面の崩壊・未崩壊データの集合がラフ集合であっても、そこから防災に有益な知識を抽出することは可能である。例えば図1において、岩質区分が「土砂」ののり面において累積雨量が100-150mmであった場合は必ず崩壊している。この場合(土砂、累積雨量 100-150mm → 崩壊)というルールを抽出することが可能である。さらに、図1中の上土地利用のような属性は崩壊・未崩壊の判別に寄与して

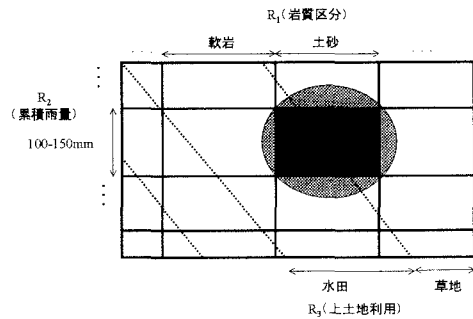


図1 ラフ集合

いないことから、この属性をデータベースから削除することも可能である。一部属性を削除した結果得られるデータベースの評価指標である整合度は以下のように定義される。

$$\text{整合度} = \frac{\text{縮約されたデータベースのもとで矛盾しないデータ数}}{\text{全データ数}}$$

ここで「矛盾しない」とは、各属性のカテゴリが同じならば、結果(崩壊、未崩壊)が同一であることを意味する。

図1の崩壊のデータにおいては、黒色の四角形の内部に属するデータは矛盾しないデータであり、灰色の部分のデータは矛盾するデータ(同一カテゴリでも発生しないことがある)である。また、「YならばXである」というルールの被覆度は以下のように定義される。

$$\text{被覆度(ルールの有意性)} = \frac{\text{原因属性がX、結果属性がYに属するデータ数}}{\text{結果属性がYに属するデータ数}}$$

被覆度はデータベースにおいてそのルールに該当するデータが現れる頻度を意味し、ルールの相対的重要性を表す。

3. 切土のり面データへの適用結果

(1) データの概要 本研究では日本道路公団の切土のり面の崩壊・未崩壊に関するデータに対し、石井¹⁾の開発した、ルールの正確性を維持しつつ属性を削除するアルゴリズムを適用した。切土のり面の斜面要因として12種類、降雨要因として9種類の属性を有している。表1にそれらの属性を示す。

(2) 堆積岩データへの適用結果 堆積岩データへの適用結果を以下に示す。整合度の制約を高めてゆくと、必要な属性

キーワード のり面崩壊 データマイニング ラフ集合

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL0836-22-9721, FAX0836-35-9429

表1 データに含まれる属性

斜面要因 (12 種類)	降雨要因 (9 種類)
のり面の形, 上方の地形, 湧水, 保護工, 大地形, 上土地利用, 岩質区分, 全直高, のり勾配, 小段幅, のり面延長, 段数	時間雨量, 実効雨量 (半減期 1, 3, 6, 12, 18, 24 時間) 累積雨量, 降雨継続時間

表2 整合度の制約に対する必要最小属性数及び属性パターン数

整合度の制約	必要最小属性数	属性パターン数
0.80	3	7
0.85	3	1
0.90	4	40
0.95	4	3

表3 各属性の残存回数

要因の組み合わせパターン																				
斜面要因												降雨要因								
												時間雨量	実効雨量(半減期 (hr))					累積雨量	降雨継続時間	
のり面の形	上方の地形	湧水	保護工	大地形	土地利用	岩質区分	全直高	のり勾配	小段幅	のり面延長	段数		1	3	6	12	18	24		
7	1	0	0	9	0	11	9	1	3	14	11	13	10	25	3	0	11	2	30	0

数は階段状に増加してゆく。また一般に、ある整合度を満足するような属性の組み合わせ（属性パターン）は複数存在する。表2は堆積岩データについて、整合度の制約に対する必要最小限の属性数と、属性パターンの数を示している。必要最小属性数が同じ場合（表2における0.80, 0.85及び0.90, 0.95）、整合度の制約が厳しくなるほど属性パターン数は減少する。またより厳しい整合度の制約(0.85, 0.95)を満足する属性パターンは、より緩やかな制約を満足する属性パターンの部分集合である。

整合度の制約を0.9とした場合の40通りの属性パターンにおいて残存する属性を検討した結果、次のことが明らかとなった（表3は各属性が40通りの属性パターンにおいて属性が残存する回数を示す）。

- ・大半のパターンにおいて、斜面要因と降雨要因両方の組み合わせとなっている。すなわち、のり面の崩壊現象には斜面要因と降雨要因がともに寄与している。
- ・降雨要因については、時間雨量または半減期6時間以下の実効雨量（短期の雨量）と、累積雨量または半減期18時間以上の実効雨量（長期の雨量）の双方が同時に含まれているものが多い。これにより、のり面崩壊現象の予測には降雨に関する短期指標と長期指標の組み合わせが必要であると考えられる。

表4 ルール集合の例

	大地形	岩質	実効 3	累積	被覆度
崩壊	*	*	5	4	0.2346
	*	*	*	7	0.2099
	*	1	*	4	0.1975
	1	*	6	*	0.1235
	*	1	*	6	0.0864
	*	*	10	*	0.0741
	*	*	*	2	0.0741
	*	*	2	*	0.0494
	*	*	7	*	0.0494
	1	*	*	3	0.0494
	*	*	5	5	0.0370
	*	*	*	8	0.0247
	*	*	*	9	0.0247
	*	*	8	*	0.0247
	*	*	6	5	0.0247
	*	*	*	11	0.0124
	*	*	3	12	0.0124
	*	*	4	5	0.0124
	1	*	4	4	0.0124
	*	*	3	5	0.2871
未崩壊	2	4	4	*	0.1710
	2	4	*	3	0.1645
	*	4	5	6	0.1355
	*	*	3	4	0.1258
	1	3	*	*	0.0774
	*	3	*	4	0.0710
	*	4	4	6	0.0709
	2	4	6	6	0.0483
	*	3	4	*	0.0355
	*	*	5	12	0.0290
	*	*	3	3	0.0129

(※は任意のカテゴリ値を示す)

表5 カテゴリー区分表

属性 カテゴリー	大地形	岩質区分	実効雨量 半減期 3時間	累積雨量
1	山岳地形	土砂	0-10mm	0-20mm
2	丘陵地形	軟岩	10-20mm	20-40mm
3	台地地形	硬岩	20-30mm	40-60mm
4	扇状地地形	その他	：	：
5	段丘地形	—	：	：
6	その他	—	：	：
...	—	—	：	：

- ・地形属性では岩質区分、のり面延長、段数、大地形、全直高等がのり面の崩壊現象に何らかの影響を与えている。

表4は表3における一つの属性パターンから得られるルールを示したものである（表5にはカテゴリー区分を示している）。このようなルールから、斜面属性ごとに警戒すべき雨量の基準を知ることが可能である。

4. おわりに

このように、ラフ集合を基本としたデータマイニング手法により、のり面の崩壊発生に係わるルール並びに特徴要因の抽出が可能であることが分かった。今後詳細な検討を行っていく予定である。

参考文献 1) 石井練一：ラフ集合論を用いたデータベースからのルール抽出。甲南大学修士論文、1999。