

24 時間雨量を考慮した数量化Ⅱ類による京都市重要文化財後背斜面の崩壊危険度評価

立命館大学大学院 学生会員 ○里見 知昭, 堀部 将
立命館大学 正会員 酒匂 一成
立命館大学 フェロー会員 深川 良一

1. はじめに

わが国では、梅雨期や台風襲来期の大雨による斜面災害が多発し、多くの生命や財産が失われている。京都市内の山麓周辺にも代替性のない重要文化財が数多く存在しており、降雨による斜面崩壊から文化財を守るためには対策工の必要性を視野に入れる必要がある。しかし、全ての斜面に対策工を講じることは財政上困難なため、斜面の崩壊危険度を事前に把握することが望ましい。この危険度評価に対して、従来は斜面傾斜角や表層地質などの素因情報を用いることに重点が置かれてきた。しかし、降雨による斜面崩壊は地盤内の水分変動の影響を受けるため、降雨量も追加する必要があると考えられる。本論文では、多変量解析の数量化Ⅱ類を適用し、素因情報に24時間雨量を加えた分析結果を用いて京都市の重要文化財後背斜面を対象に崩壊危険度を評価し、評価結果に関して検討する。

2. 数量化Ⅱ類を用いた斜面の崩壊危険度評価

数量化Ⅱ類¹⁾とは、質的な形で与えられた外的基準を質的な要因に基づいて予測・判別する方法であり、表層地質や土地利用など数量で表せないデータを扱うことができる。以下、数量化Ⅱ類の定式化を説明する。

はじめに、第 i 群の第 α 番目の個体がどのアイテム(表-1の表層地質など)・カテゴリー(表-1の A_i , B_i など)に反応したかを表すため、ダミー変数 $\delta_{i\alpha}(jk)$ (1: アイテム j のカテゴリー k に反応, 0: それ以外)を適用する。この個体の数量 $Y_{i\alpha}$ は式(2)のように表される。

$$Y_{i\alpha} = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{c_j} a_{jk} \delta_{i\alpha}(jk), \quad (i=1,2,\dots,K) \quad (1)$$

このとき、外的基準による K 個の群を最も良く判別するため、式(2)の相関比が最大となる a_{jk} を定める。

$$\eta^2 = \sigma_B^2 / \sigma_T^2 \quad (= \text{群間分散} / \text{全分散}) \quad (2)$$

ここで、式(2)の相関比を最大にする a_{jk} を一意的に決めるために式(3)の条件を適用すると、式(2)の最大化問

キーワード 降雨, 危険度評価, 重要文化財, 数量化Ⅱ類, 24 時間雨量

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 環境都市系 TEL: 077-561-2666 (内線 6874)

表-1 数量化Ⅱ類に用いるイメージデータ表

外的基準 個体 (群) No.	表層地質			土地利用		
	固結 堆積物	深成岩	その他	針葉 樹林	広葉 樹林	その他
崩壊	1	0	0	1	0	0
	2	0	1	1	0	0
非崩壊	1	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	1	0

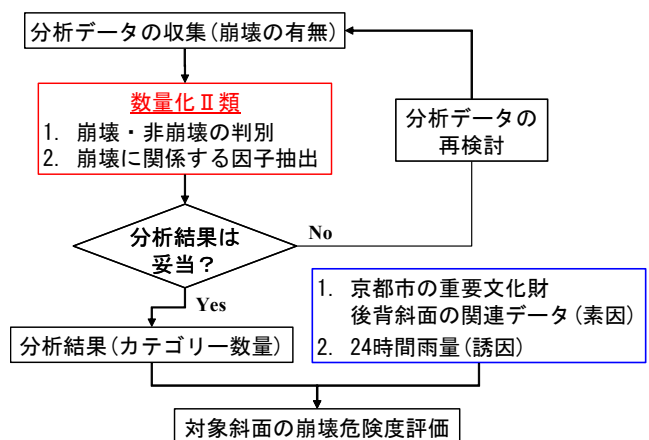


図-1 数量化Ⅱ類による斜面の崩壊危険度評価

題は式(4)の固有値問題に帰着する。

$$a_{j1} = 0, \quad (j=1,2,\dots,R) \quad (3)$$

$$Ba = \eta^2 Ta \quad (4)$$

ここで、 B , T はそれぞれダミー変数 $\delta_{i\alpha}(jk)$ のベクトルの群間および全体の偏差平方和積和行列である。 a は η^2 の固有ベクトルに対応し、各カテゴリーに付与する数量(ダミー変数の係数)である。そして、得られたカテゴリー数量を式(1)に代入することで、対象の個体がどの群に属するかを判別することができる。

以上の概要をもとに、図-1 の評価フローを示す。本論文では、2004 年台風 23 号による京都府北部の災害データ(崩壊データ 96 個, 非崩壊データ 100 個)を用い、表-2 が分析に用いるアイテム・カテゴリーである^{2), 3)}。そして、分析結果が最適と判断されるまで分析・検討を繰り返す。分析結果をもとに、京都市の重要文化財後背斜面における崩壊危険度の予測評価を実施する。

表-2 分析に用いるアイテム・カテゴリー

	アイテム	カテゴリー
素因	斜面傾斜角(°)	0~15, 15~30, 30~
	表層地質	固結堆積物, 未・半固結堆積物, 深成岩, その他
	土地利用	針葉樹林, 広葉樹林, 農地, その他
	風化帯の深度	浅い, 中程度, 深い
	起伏量(m)	0~150, 150~300, 300~400, 400~
誘因	24時間雨量(mm)	0~150, 150~200, 200~250, 250~

表-3 分析結果(24時間雨量有り)

アイテム	崩壊に最も影響		非崩壊に最も影響		レンジ(順位)
	カテゴリー	数量	カテゴリー	数量	
斜面傾斜角(°)	15~30	0.113	0~15	-0.196	0.310 (2位)
表層地質	その他	0.216	深成岩	-0.089	0.305 (3位)
土地利用	その他	0.227	広葉樹林	-0.054	0.282 (4位)
風化帯の深度	深い	0.138	中程度	-0.105	0.244 (5位)
起伏量	400~	0.117	0~150	-0.095	0.212 (6位)
24時間雨量(mm)	250~	0.250	0~150	-0.418	0.668 (1位)

表-4 24時間雨量の有無による判別の中率

24時間雨量なし			推定(サンプル数)		判別の中率 (%)
			崩壊	非崩壊	
実際	崩壊	96	66	30	68.8
(サンプル数)	非崩壊	100	29	71	71.0

24時間雨量あり			推定(サンプル数)		判別の中率 (%)
			崩壊	非崩壊	
実際	崩壊	96	84	12	87.5
(サンプル数)	非崩壊	100	26	74	74.0

3. 分析結果, 重要文化財後背斜面の崩壊危険度評価

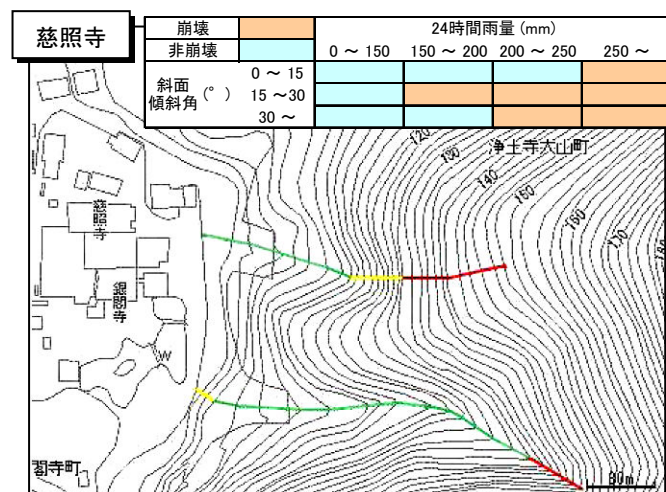
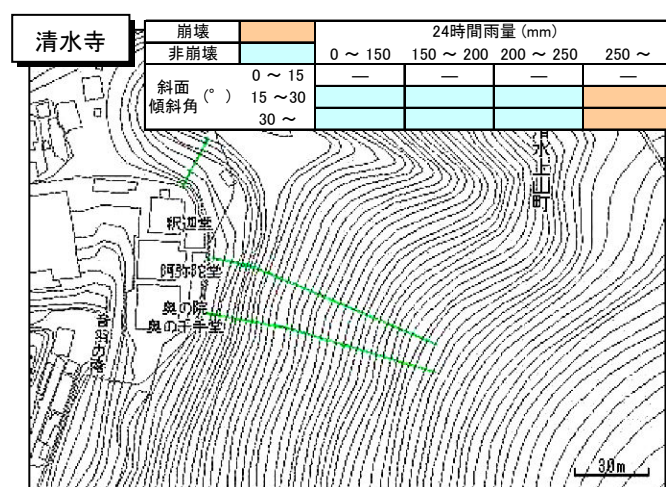
分析結果(カテゴリー数量, レンジ[各アイテムのカテゴリー数量の最大値と最小値の差, 値が大きいはど外的基準への影響大])を表-3に示す。レンジの結果より, 判別への影響は24時間雨量, 斜面傾斜角の順であると解釈できる。次に, 24時間雨量の有無が判別にどの程度影響するかを検討するため, 判別の中率を表-4に示す。表-4より, 24時間雨量を考慮したほうが判別の中率は高くなり, 降雨による斜面崩壊の危険度を評価する際には, 素因に加えて誘因も考慮することが必要であると判断できる。この分析結果をもとに, 京都市の重要文化財後背斜面の崩壊危険度を予測評価する。本論文では, 清水寺と慈照寺を評価例とし, 図-2に結果を示す。図-2のように, 少ない雨量で崩壊と判別した斜面ほど崩壊の危険性は高いものとして危険度をクラス分けすると, 危険度を段階的に評価できる。しかし, 今回は2004年台風23号の災害データのみで分析しているため, 24時間雨量が150mm以下では非崩壊と判別した。今後は, 他の災害データも加え, 時間雨量などを考慮した分析・検討を実施する予定である。

4 おわりに

24時間雨量を考慮した数量化Ⅱ類の適用によって, 降雨による京都市の重要文化財後背斜面の崩壊危険度を評価した。今後は, 現地踏査やGISによる微地形⁴⁾等を追加して分析精度を向上させていく予定である。

参考文献

1) 田中豊, 脇本和昌: 多変量統計解析法, 現代数学社, pp.151-160, 1983. 2) 国土交通省, 土地分類調査: <http://tochi.mlit.go.jp/tockok/inspect/landclassification/index.html> (2009/4/8 現在) 3) 国土庁土地局: 200,000/1 土地分類基本調査(土地利用現況図, 起伏量・谷密度)「京都府」, 1976. 4) 北園芳人, 井上敦裕: 斜面崩壊の素因に注目した斜面の危険度評価, 第4回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.97-102, 2008.



崩壊と判別した際の 24時間雨量(mm)	0 ~ 150	150 ~ 200	200 ~ 250	250 ~	崩壊の 危険度
危険度クラス	黒	赤	黄	緑	青

図-2 崩壊危険度評価(清水寺, 慈照寺)