

防災カルテに基づく国道沿い斜面の総合評価判定手法に関する検討

九州大学工学部	学生会員	○森崎 諒	九州大学大学院	正会員	三谷 泰浩
九州大学大学院	正会員	谷口 寿俊	九州大学大学院	正会員	岡島 裕樹
九州大学大学院	正会員	川野 浩平	九州大学大学院	学生会員	村岡 龍

1. はじめに

我が国の国道では、昭和43年の飛騨川バス転落事故を契機として道路防災総点検が実施されている¹⁾。道路防災点検の点検結果をまとめたものは、防災カルテと呼ばれ、点検地点の整理番号、位置情報、技術者による現地のスケッチや所見、安定度調査表、現状写真など多くの情報がまとめられている。防災カルテにおける総合評価は、「要対策」「カルテ対応」「対策不要」の3段階で判定されている。安定度調査表では、様々な項目を点数化して斜面の評点を算出しているが、評点によって斜面の総合評価を判定できるような明確な閾値は設定されておらず、最終的な総合評価は現地を調査した技術者の判断に委ねられている。例えば、斜面に対して恒久的な対策工を設置するほどではなく応急対応に留めるという場合であってもその地点を「要対策」と評価している等、評点のみで評価を判断できないケースが存在する。

現在の総点検で用いられる防災カルテ中の安定度調査表は、日本全国一律の点検項目となっているが、斜面には特殊な地形も存在し、一律の指標に基づく評価が困難なものも存在する。特に国道沿いの急崖地は、上部がオーバーハングしている場合もあり、落石を起こしやすい形態として知られている。「急崖」とは、一般に「傾斜が水平角60°以上の斜面」を指す²⁾が、国道210号の大分県区間では、このような斜面が多数存在する。この区間では、平成19年以降、通行止めを伴う土砂災害が14件発生しており、その内訳は、落石8件、斜面崩壊5件、路面陥没1件であり、落石が半数以上を占める。その理由として、国道210号の周辺には鶴見岳、九重山、阿蘇山などの火山があり、その沿線は風化しやすい火山性の地質（溶結凝灰岩）が広く分布し、この風化した溶結凝灰岩が玖珠川による浸食作用で急崖地となるため、落石が多発しているものと考えられる。このように、円弧すべりなどの斜面の崩壊モードの適用が困難な自然斜面が多く存在することも、評点による一律な斜面の評価が困難である一因となっている。

そこで、本研究では、図-1に示す国道210号の大分県区間を対象に、防災カルテや斜面形状を基に自然斜面の特徴を統計的に類型化し、その特徴から斜面の総合評価を行う手法について検討する。

2. 国道沿い斜面の類型化

斜面の特徴を類型化する手法を図-2に示す。まず、斜面の特徴量として、その「傾斜角」と「道路から最大傾斜地点までの距離」に着目する。図-3に示すようにGISに取り込んだ5mメッシュの標高データを3次元化し、防災カルテに記載されている経緯度の情報から設定される斜面の代表点を通るように、道路中心線と直交する断面図を作成する。これらの断面図から、斜面の上下端と最大傾斜地点を判別し、上下端から算出した傾斜角



図-1 対象区間（国道210号の大分県区間）

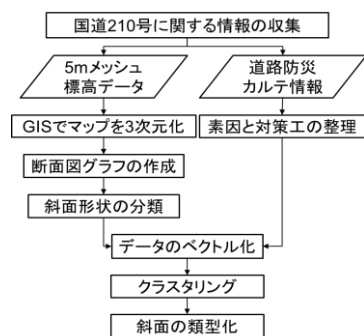


図-2 斜面の類型化手法

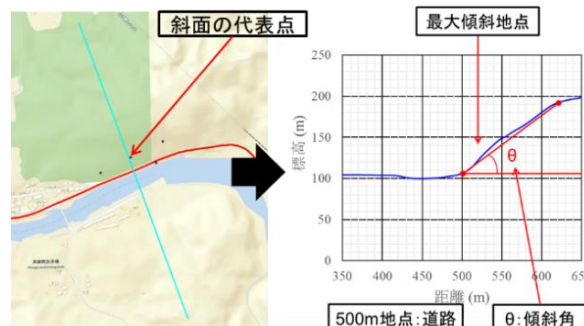


図-3 GISを用いた断面図の作成

には 60°, 道路から最大傾斜地点までの距離には 50m という閾値を設定することで、各特徴量をそれぞれ 0 と 1 の二値に分類する。また、防災カルテに記載されている斜面の特徴を表す用語を表-1 のように表記ゆれを修正した形式で定義し、それらの各用語が各斜面地点の防災カルテ上に存在するか否かを 0 と 1 の二値で表すことで、各斜面の特徴 23 項目をベクトルデータに変換する。

次に、ベクトル化した斜面特徴を用いてクラスタリングを行う。まず、対象の国道 210 号沿線の斜面特徴のベクトルデータ 92 件を元データとし、「要対策」「カルテ対応」「対策不要」の割合が元データと同様になるよう、クラスタ作成用データ 69 件と結果検証用データ 23 件に無作為に分割する。次に、クラスタ作成用データを、k-means 法³⁾を用いて「0」、「1」、「2」の 3 つのクラスタにクラスタリングする。これらのクラスタは、防災カルテに記載されている評価結果の分類である「要対策」「カルテ対応」「対策不要」のいずれかに該当する。そこで、これらのクラスタに対して「要対策」「カルテ対応」「対策不要」のラベル付けを全 6 通りで行い、ラベルと防災カルテの分類が一致した割合を算出する。これらを比較し、一致した割合が最も高くなるラベルの組み合わせを各クラスタに最も適したラベルとして採用する。

以上の手順によって、斜面を「要対策」「カルテ対応」「対策不要」の 3 つのカテゴリに類型化する。斜面を類型化した後、結果検証用データ 23 件を用いて本斜面カテゴリの精度検証を実施する。

3. 精度検証

本検証では、各クラスタの重心ベクトルと検証用のベクトルデータがどの程度類似しているかを、図-4 に示すようなベクトル間内積を用いた正規化類似度によって評価し、検証用データを各クラスタに分類した。そして、各クラスタのラベルと検証用データの防災カルテにおける分類と一致した割合を算出した。検証の結果を図-5 に示す。その結果、最も適したラベルの組合せは 0 が「要対策」、1 が「カルテ対応」、2 が「対策不要」となった。また、この組合せを用いて検証用データを分類したところ、一致率は 65.2%となった。このことから、今回の条件で本手法を適用すると、6 割 5 分の精度で評点に依らない技術者の総合評価を再現できるという結果が得られた。分類の精度が 6 割 5 分程度である原因としては、本来、面として評価すべき斜面の特徴を一つの代表

断面から抽出している点、また、本検証では全ての特徴を二値分類でベクトルデータ化したため、詳細な特徴量の違いが反映されていない点などが一因として考えられる。今後、単位斜面を構成する複数の断面図を基にその形状的特徴を抽出するとともに、特徴量をより細かく設定することによって、本手法の更なる精度向上が見込めると考えられる。

4. おわりに

本研究では、カルテ情報から斜面の特徴を抽出することによって、防災カルテの評点に依らない斜面の総合評価が 65.2%の精度で可能であるという結果を得た。また、本手法で用いた類型化は、カルテ情報を有するすべての斜面に対して、点検者の所見情報から総合評価を判定することができることから、技術者が斜面の総合評価を決定する支援ツールとしての活用が期待される。

表-1 ベクトル化した特徴一覧(23 項目)

分類	ベクトル化した特徴
用語	素因・状態 露岩、浮石、転石、亀裂、倒木、段差地形、巨礫、崩壊跡、崖錐、落石、オーバーハング、トップリング、樹木の根曲がり、湧水または流水
	地質 溶結凝灰岩
	対策工 土留工、ストンガード、モルタル吹付、ロックネット、ロックシェッド、金網
斜面形状	傾斜角、最大傾斜地点までの距離

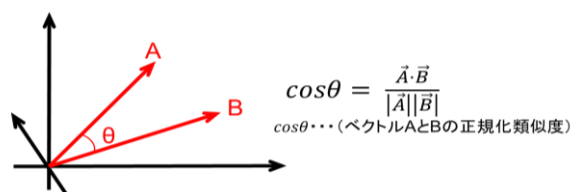


図-4 ベクトル正規化類似度の算出方法

H18年度カルテ情報 元データ 92件			
データ総数	要対策	カルテ対応	対策不要
92	35	47	10

クラスタ作成用 69件			
計	要対策	カルテ対応	対策不要
69	26	35	8

クラスタリングの結果			
最も一致した割合が高い組合せ			
0	1	2	
要対策	カルテ対応	対策不要	

検証用 23件			
計	要対策	カルテ対応	対策不要
23	9	12	2

検証結果			
一致数	0	1	2
15	6	8	1
一致率(%)	0	1	2
65.2	66.7	66.7	50

図-5 クラスタリング結果と検証結果

<参考文献>

- 1) 武部健一：『道路の日本史』，中央公論新社，2015
- 2) 土木学会 岩盤力学委員会：『岩盤斜面の調査と対策』，土木学会，p.20，1999
- 3) 佐藤義治：『多変量データの分類－判別分析・クラスター分析』，朝倉書店，2009