

防災カルテを活用した国道沿い斜面における落石・岩盤崩壊危険箇所抽出手法に関する研究

九州大学	学生会員	○川浦 悠梨乃	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	本田 博之
九州大学大学院	非会員	中西 隆之介	九州大学大学院	学生会員	伊藤 友希

1. はじめに

大分県の国道 210 号には、柱状節理の発達した溶結凝灰岩からなる急崖地が多数存在し、落石や岩盤崩壊が頻発している。従来の国道の安全管理では、災害の危険性がある斜面を机上調査や現地確認により見つけ出し、道路防災点検においてそれらの斜面を継続的に監視している。しかし、国道 210 号のような急崖を擁する道路沿いでは、広範な管理区域の斜面から人手で漏れなく危険箇所を選定するのは困難である。実際に、擁壁や植生などにより見落とされていた危険箇所において災害が発生した事例が数多く報告されている。そのため、落石・岩盤崩壊の危険性がある斜面を網羅的に抽出し、優先的に点検すべき斜面を特定することが望ましい。

道路防災点検では、落石・岩盤崩壊の危険性があると判断された斜面について、専門技術者による総合評価判定（要対策・カルテ対応・対策不要）が実施され、現地スケッチや専門技術者の所見などを記録した防災カルテが毎年作成される。しかし、作成されたカルテ内には危険度の異なる箇所が混在しているにもかかわらず、カルテごとに一つの総合評価で管理されているため、カルテ内のどこが危険であるか不明確である。そのため、斜面の評価単位を細かく定義する必要がある。

そこで本研究では、大分県の国道 210 号を対象に、地形的特徴に基づいて斜面の評価単位を定義したうえで、カルテのある斜面と類似した地形・地質を持つ斜面を機械学習の一つである教師あり学習を用いて抽出し、点検優先斜面を特定する手法について検討する。

2. 斜面評価単位（斜面ユニット）の検討

斜面災害の発生形態に大きく関係している傾斜角および傾斜方向が類似する領域を一つの斜面とする「斜面ユニット」を地理情報システム（GIS）と LP データを用いて作成し、斜面の新たな評価単位として使用する。

まず、山地部にのみ斜面ユニットを作成するため、平地と山地を分類する。具体的には、平地と見なす目安の傾斜角（本研究では傾斜角 13 度以下）が密集している

箇所を平地として抽出し、それ以外の箇所を山地とする。

次に、山地の領域において斜面ユニットを作成する。斜面災害の発生形態は斜面の凹凸や谷の有無によって異なることから、谷線を基準に、尾根線で囲まれる領域を「凸型斜面（谷の存在しない斜面）」、「谷沿い斜面（谷に隣接する斜面）」、「谷上部斜面（谷沿い斜面上部の斜面）」の 3 つの斜面ユニットに類型化する（図-1）。

類型化された斜面ユニットには、過剰に分割されている凸型斜面（図-1 の緑枠）や、緩斜面と急斜面が一つになっている斜面（図-1 の青丸）が存在する。そこで、まず隣り合う凸型斜面の平均傾斜方向が類似する斜面ユニット同士を結合する処理を繰り返す。次に、各斜面ユニット内で平均傾斜角に基づいたクラスタリングを繰り返すことで、遷急線や遷緩線の位置で斜面ユニットを分割する。その結果、図-2 に示すように、傾斜角・傾斜方向の類似する領域が一つの斜面として定義される。

3. 教師あり学習による危険斜面抽出

落石・岩盤崩壊の危険性がある斜面を教師あり学習で抽出するため、まず地形・地質に関する説明変数として、平均傾斜角、平均傾斜方向、傾斜角を重みとした最小コスト距離、最大コスト距離、20 万分の 1 地質¹⁾、20 万分の 1 地形分類、土壌分類、表層地質²⁾を全斜面ユニッ

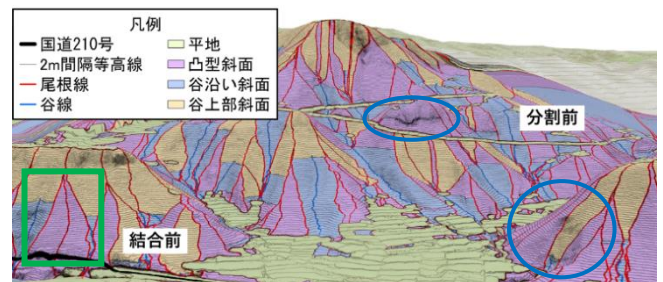


図-1 類型化後の斜面ユニット

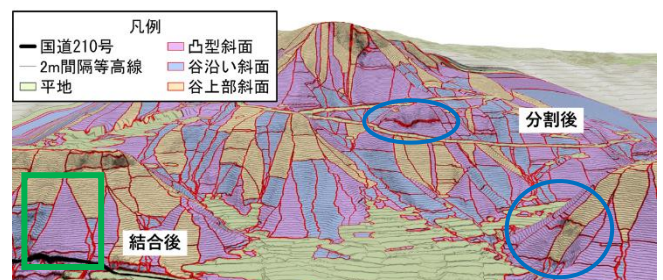


図-2 傾斜角・傾斜方向による補正後の斜面ユニット

トに格納する。また、カルテのある斜面ユニットには、落石・崩壊および岩盤崩壊に関する防災カルテを参考に、最新の総合評価を格納する。例えば図-3 に示す斜面の場合、落石・崩壊の危険性があると判断された露岩および崩壊跡が存在する斜面ユニットに「カルテ対応」という総合評価を格納する。本研究では、カルテのある斜面ユニットは全部で 394 箇所（要対策が 84 箇所、カルテ対応が 212 箇所、対策不要が 98 箇所）であった。これを教師データとして用いて、教師あり学習の一つである Random Forest により危険斜面を抽出する。

まず、Random Forest による危険斜面抽出の精度を検証するため、教師データの 7 割を学習させ、残り 3 割を分類し、実際の総合評価と一致するかを検討する。この操作を 3 回繰り返して、予測の正解率、適合率、再現率、F 値を算出した結果は表-1 であり、全 3 回の評価指標すべてにおいて 70%以上の精度を示した。

次に、カルテのない斜面において、カルテのある斜面と類似した地形・地質を持つ斜面を抽出する。教師データをすべて学習させ、カルテのない斜面における総合評価を予測した結果を表-2 および図-4 に示す。表-2 より、要対策・カルテ対応相当と予測された斜面が全体の約 86%を占めることがわかる。また、図-4 より、抽出された危険斜面のなかには、すでに落石防護柵などにより対策されている箇所や、道路と斜面の間の平坦地が落石・崩壊の緩衝帯として機能する箇所が存在することが確認できる。このことから、点検優先斜面を特定するには、抽出された危険斜面をさらに分類する必要がある。

4. 点検優先斜面の特定

対策工および緩衝帯の有無に基づいて点検優先斜面を特定するため、まず対策工のGISデータを作成し、各斜面ユニットにおける対策工の有無を求める。具体的には、落石防護柵などの落石防護工（以下、対策工 1）については、その対策工の位置から尾根までの範囲を表すポリゴンを作成し、ポリゴンに完全に含まれる斜面ユニットを「対策工 1：有」とする。覆式落石防護網などの落石予防工やモルタル吹付などののり面保護工（以下、対策工 2）については、その対策工の範囲を表すポリゴンを作成し、ポリゴンに接する斜面ユニットを「対策工 2：有」とする。緩衝帯（平坦地）の有無については、防災カルテに記載された専門技術者の所見をもとに、緩衝帯として機能する距離を10m以上とする。そして、「対

策工の有無」と「緩衝帯として作用する平坦地の有無」に「総合評価予測結果」を加えて、表-3に示すように斜面の点検優先度を付ける。表-3より、道路に近接し、かつ対策が不足している可能性が高いA1・A2の危険斜面は、最優先点検斜面として、カルテのない斜面7,988箇所に対して約19% (1,535箇所) に絞り込むことができた。

5. おわりに

本研究では、地形的特徴が類似する領域を一つの斜面とする「斜面ユニット」を斜面の評価単位として定義し、防災カルテのない斜面において、カルテのある斜面と地形・地質が類似する箇所を Random Forest により抽出した。さらに、対策工や緩衝帯の有無に基づいて点検優先度を付けた結果、カルテのない斜面の約 19%が最優先点検斜面として抽出された。

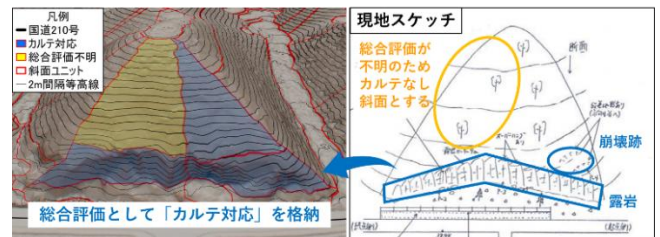


図-3 斜面ユニットへの総合評価の格納例

表-1 Random Forest による危険斜面抽出の精度

	正解率 (%)	適合率 (%)	再現率 (%)	F値 (%)
1回目	76.5	73.8	74.6	74.2
2回目	76.5	75.7	73.6	74.3
3回目	75.6	78.7	71.4	73.6

表-2 カルテのない斜面における総合評価の予測結果

要対策	カルテ対応	対策不要	総数
675	6,222	1,091	7,988

(単位：斜面ユニット数)



図-4 Random Forest による危険斜面抽出結果の一例

表-3 点検優先斜面の絞り込みの結果

点検優先度	総合評価予測結果	対策工 1の有無	対策工 2の有無	緩衝帯の有無	箇所数
A1	要対策	無/一部無	無	無	97
A2	カルテ対応	無/一部無	無		1,438
B1	要対策	無/一部無	有		36
B2	カルテ対応	無/一部無	有		239
C	要対策	有	—	有	33
	カルテ対応				318
D	要対策	—	—		509
	カルテ対応				4,227

<参考文献>

- 産業技術総合研究所地質調査総合センター：20 万分の 1 地質幅図, <https://www.gsj.jp/Map/JP/geology2.html> (参照 2022.12.28).
- 国土交通省：国土調査 (土地分類調査), <https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html> (参照 2022.12.28).