

道路斜面における落石発生リスク評価に関する一提案

岡山理科大学 正会員 佐藤 丈晴

1. はじめに

直轄国道管理区間における被災リスクは、道路防災点検によって管理運営されているが、カルテおよび現地にマーキングされた重点ポイントのチェックによる経験に基づいた現地調査手法に大きく依存しており、作業効率の向上及び防災点検箇所の一様なリスク評価が求められている。

この課題に対して、航空レーザー測量などで得られた3次元点群データを活用した地形解析図をAIに学習させてリスク評価を行う方法が盛んに実施されている。既往の研究事例から高精度でリスク評価が行われている一方、学習させる地形解析図や画像など数千枚以上を準備する必要があり、これらに関してかなりのコストが必要となっている。

本研究では、3次元データをそのまま用いた、効率的な落石発生のリスク評価方法の検討を行い、斜面防災設計へ適切に反映させることを目的とする。

2. 提案手法の解析方針

2.1 点検技術者の視点を考慮した斜面のリスク評価の考え方

熟練技術者は、AIを用いずとも1m等高線図や地形解析図を眺めれば、大半の落石発生源を抽出する。この技術は、落石発生源周辺の地形が特徴的な形状を呈することを理解し、地形図上に現れる変化を読み取っている。すなわち、当該グリッドの評価は、周辺地形から読み取っている。例えば、小さな崖による落石発生源は、周辺の斜面と比較して崖の部分だけ凹凸が生じ等高線に変化が表れる。

2.2 地形の表現方法

そこで、グリッドデータから周辺地形形状を表現する方法として、評価対象グリッド周辺のグリッドデータを同時に抽出し、3次元空間上に配列した3次元地形モデルを構築する。そして、標高値そのものではなく評価対象グリッドとの比高差を算出することによって、標準化した3次元地形形状を定量的に表現することができる(図-1)。本研究ではこのデータセットを入力データとして用いた。

本研究では、航空測量で得られた0.5mグリッドデータを使用し、評価もこの0.5mグリッド単位で行った。図-1で示した評価対象グリッドの周辺グリッドを3×3から19×19グリッドまで抽出した教師及びテストデータを作成し、最適な3次元地形モデルの範囲の検討に使用した。

データの作成方法は、まずグリッドデータのxy座標に基づき、周辺グリッドの標高値を評価対象グリッドの右列に追加する。3×3であれば評価対象グリッド周辺8グリッド、19×19グリッドであれば周辺360グリッドを追加する。

この3次元地形モデルに、現地調査結果から落石発生源に含まれていれば1、含まれていなければ0で示した目的変数を入力データの最右列に配置した。教師データは、目的変数の数に偏りなく作成することで学習効率が高まることから、目的変数0と評価されたデータを無作為に抽出し、目的変数1とデータ数をそろえた。続いて任意方向の斜面に適応するため、90度ごとの回転とそれぞれ反転したデータを計8ケース作成し、まとめて教師データとした。

テストデータは、その斜面そのものを評価するため、回転、反転の作業は必要ない。斜面上のすべてのグリッドデータについて3次元モデルを構築し、テストデータとして取りまとめた。また、本研究では、解析精度の確認のため、テストデータにおいても目的変数を入力したが、未調査斜面を予測評価する場合は、目的変数も必要としない(目的変数はすべて0としてよい)。これによって任意の斜面に対して評価することが出来る。

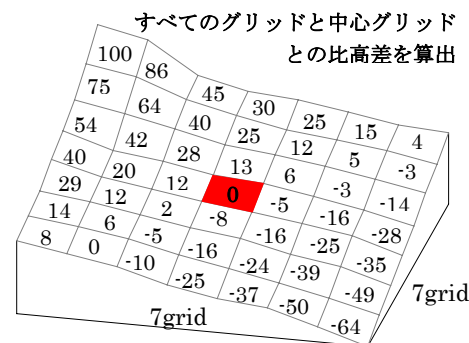


図-1 3次元地形モデル(7×7grid)

キーワード 3次元地形モデル, 深層学習, 落石発生源, AI, 道路斜面

連絡先 〒700-0005 岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学 生物地球学部 TEL 086-256-8431

3. 検討対象地域

本研究では、R53 事前通行規制区間である岡山県御津地区の隣接した落石崩壊斜面 2 斜面 (A039 と A040) に対して、落石調査を実施し、落石発生源の座標を特定した。この結果を地理情報システム (GIS: Geographic Information System) で整理し、この落石発生源の範囲に含まれるグリッドデータを落石発生源と定義して、以下の解析に使用した。御津地区の地質は、古生代超丹波層群の粘板岩、砂岩、凝灰岩類に分類される。

4. 解析結果

解析方法は深層学習を用いた。第 2 章で構築した 3 次元地形モデルの周辺グリッドを入力層に入れて検討した。A039 で構築したモデルを A040 で検証し、また A040 で構築したモデルを A0039 で検証した。その結果 3 次元地形モデルは 9×9 グリッドのモデルを最適モデルとした (再現率 92.4%、正解率 96.2%)。入力層は 81 ユニットとなる。3 層の中間層を入力層の 5 倍のユニット数を 2 層と入力層と同じユニット数を 1 層挟み出力層の 5 層構造とした (図-2)。

この評価モデルで検証した結果を図-3 および図-4 に示した。現地調査で抽出した落石発生源を、ほぼ抽出できた。その中で図-3 において A040 の凹部の側壁に当たる部分で幅 1m 程度、高さ 1m 弱の小崖の写真を示した。この小崖の下にはいくつかの転石が留まっており、落石発生源と判断することもできる。しかしながら、落石発生源と評価しなかった。また、1m 等高線図を用いて、事前に落石発生源と予察することもできなかった。このように熟練技術者でも判断に差が出る場所に対して、AI 評価値を用いて客観的な評価を行うことは、見逃しをなくす意味がある。

図-4 は、A039 斜面の擁壁裏の吹付のり面の状況写真である。重力式擁壁の裏側の切土に吹付を行った箇所、落石発生源と同様の急崖地を呈している。地形のみで判断すれば、この急崖は落石発生源として抽出すべき斜面であり、適切に評価できているといえる。現地調査前に解析し、この資料を予め確認することによって、現地調査の大幅な効率化を図ることができる。

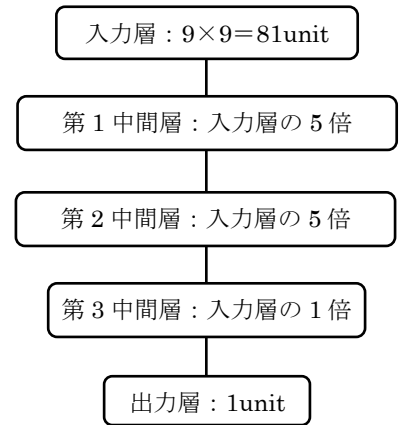


図-2 リスク評価モデル

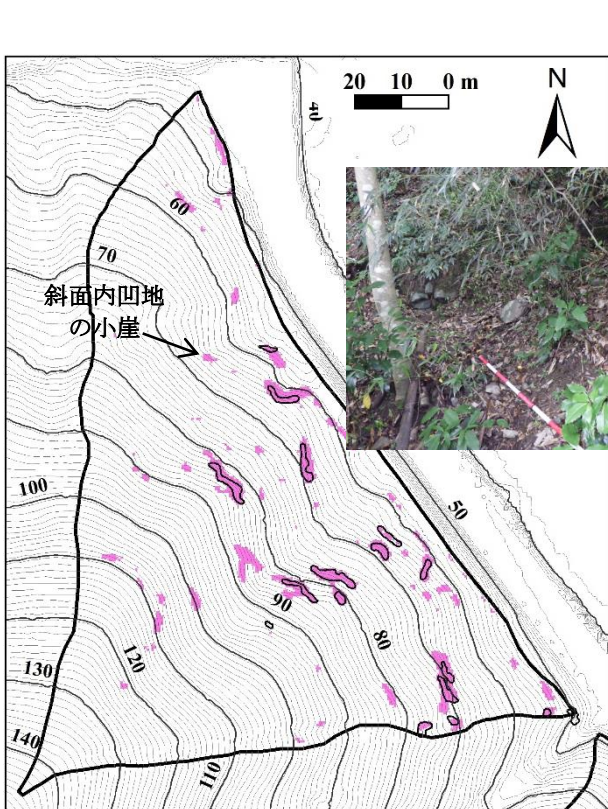


図-3 A040 斜面の解析結果と現地写真

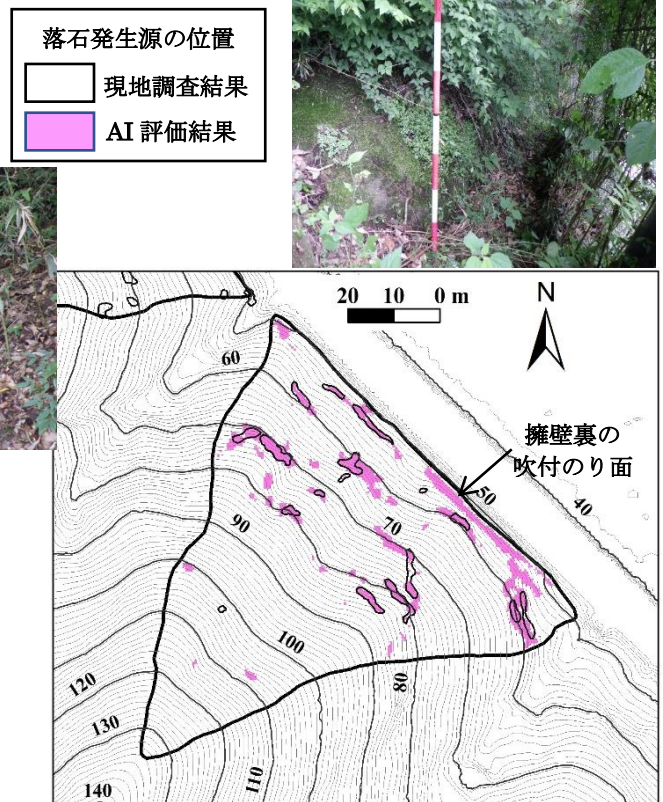


図-4 A039 斜面の解析結果と現地写真