

## 第5回 インフラマネジメントテクノロジーコンテスト



経済調査会「建設マネジメント技術賞」受賞

静岡県の斜面崩壊リスク予測に向けた  
オープンデータ活用の現状と課題

沼津工業高等専門学校

和田 莉央, 麦島 好美, 岸本 真理子 (タニシ 2.0 メンバー)

株式会社みてしる 鈴木

雄介, 株式会社グローバル・エンゲージメント・ジャパン 中江 章喜

三島市議会議員

古長谷 稔, 責任著者: 沼津工業高等専門学校 鈴木 静男

## 1. 背景

気候変動の影響により発生頻度が増加している極端な降水が、土砂災害リスクの顕著な高まりを引き起こしており、これに対する的確な予測と防災対策の強化が急務となっています。1時間降水量80 mm以上は、予報用語で「猛烈な雨」と呼ばれ、息苦しくなるような圧迫感があり恐怖を感じるといわれています<sup>1)</sup>。

気象庁の1976年から2024年までのデータによると大雨の年間発生回数は有意に増加しており、より強度の強い雨ほど増加率が大きくなっています。1時間降水量80 mm以上、3時間降水量150 mm以上、日降水量300 mm以上など強度の強い雨は、1980年頃と比較して、おおむね2倍程度に頻度が増加しました<sup>2)</sup>。

国土交通省 砂防部が作成した土砂災害発生件数の報告によると、平均年発生件数は、1982～1992年が852件、1993～2002年が944件、2003～2012年が1,180件、2013～2022年が1,446件と大きく増加しています<sup>3)</sup>。

このように気候変動の影響と思われる猛烈な雨の頻度の増加とともに土砂災害の発生も増加傾向にあることから、気候変動による豪雨の増加を誘因とした土砂災害リスクの予測と防災対策の強化が必要不可欠と考えられます。

防災対策の強化に関しては、中核的な役割をなすものとして土砂災害防止法に基づいて指定される土砂災害警戒区域があります。また、特に被害が甚大になるおそれがある区域については、土砂災害特別警戒区域として、より強い規制や対策が講じられます<sup>4)</sup>。

対象となる土砂災害は、土石流、地滑り、急傾斜地の崩壊（がけ崩れ）です。土砂災害警戒区域等の指定は、都道府県が基礎調査を実施し、その結果を関係のある市町村の長に通知、公表し、市町村への意見照会を行った後に実施されます。

最初の基礎調査では、斜面や溪流、及びその下流など土砂災害により被害を受けるおそれのある区域の地形、土地利用状況等について調査します。土石流に関しては、土石流の発生のおそれのある溪流において、扇頂部から下流で勾配が2度以上の区域となります。

地滑りに関しては、地滑り区域（地滑りしている区域または地滑りするおそれのある区域）、及び地滑り区域下端から地滑り地塊の長さに相当する距離（250 mを超える場合は250 m）の範囲内の区域となります。

がけ崩れに関しては、急傾斜地（傾斜度が30度以上の土地）で高さが5 m以上の区域、急傾斜地の上端から水平距離が10 m以内の区域、及び急傾斜地の下端から急傾斜地の高さの2倍（50 mを超える場合は50 m）以内の区域となります<sup>4)</sup>。

前記で述べた土砂災害警戒区域ですが、基準の妥当性に関する議論が生じています。例えば、近年の大規模降雨災害において、土砂災害による人的被害の多くは、土砂災害警戒区域またはその危険が事前に周知されていた場所で発生していました<sup>5)</sup>。

2018年7月豪雨では、死者が発生した49カ所中、約6割が土砂災害警戒区域内、約2割が危険箇所として公表されていた区域でした。これにより、被災地点の約8割において、何らかのリスク情報が提供されていたことが分かります。

一方、2019年東日本台風等による土砂災害では、人的または建物被害が生じた259カ所中、約4割に相当する112カ所が土砂災害警戒区域に指定されていませんでした。

これらの未指定区域の要因としては、①基礎調査中で指定に至っていなかった箇所、②従来の地形図では把握困難であったが高精度データにより抽出できる可能性がある箇所、③現行の指定基準に該当しない箇所、の3点が指摘されています<sup>5)</sup>。

特に②の例として、千葉県千葉市緑区誉田町で発生した土砂災害では、10mメッシュDEMデータによる分析からはリスク箇所の抽出が困難でしたが、災害後に5mメッシュDEMを用いた分析を行った結果、抽出できた可能性があることが判明しました<sup>6)</sup>。

このような状況は、指定手続の遅延や調査精度の限界、さらには現行基準の妥当性に対する再検討の必要性を示唆しており、土砂災害リスクのより的確な把握と迅速な情報提供体制の整備が喫緊の課題といえます。

その土砂災害リスクの予測に関しては、これまでの先行研究を2つ示します。

鈴木ら<sup>7)</sup>は、土砂災害警戒区域の斜面崩壊発生確率によるリスク情報を評価するために、空間解像度を3次メッシュ(1kmグリッド)単位としました。斜面崩壊発生確率を従属変数とし、動水勾配と起伏量を独立変数として、多重ロジスティック回帰分析を行いました。

なお、このモデル式は地質ごとに作成されてお

り、崖錐堆積物、安山岩、花崗岩、砂岩、泥岩、礫岩、凝灰岩を対象にしています。

平野ら<sup>8)</sup>は、入力データとして3次メッシュ(1kmグリッド)単位で、誘因(60分間積算雨量・土壌雨量指数)と素因(最大傾斜角度・森林面積・表層地質・地形分類など46項目)を用いて全結合型の深層ニューラルネットワーク(DNN)を構築しました。学習には2007年と2011年に起きた3つの台風事例を用い、信頼性の高いがけ崩れセルを選別し、出力は危険度(0~1の連続値)としました。

しかしながら、土砂災害警戒区域は通常、斜面単位または谷筋単位で指定されるため、これら2つの先行研究で用いられた1km四方の3次メッシュ(1kmグリッド)単位での解析は、空間解像度が粗く、実際の斜面の特性を十分に反映できていません。

## 2. 目 的

地形量(傾斜・曲率など)は砂防・災害分野において重要な物理量であり、近年では高解像度のDigital Elevation Model(DEM(特にLiDAR由来))の整備により、精度の高い数値地形解析が可能となっています。

これにより、斜面崩壊の評価や水害の予測が現実的なものとなりました。岩橋<sup>9)</sup>は、地形量計算や体積・浸水量の定量評価手法について、GISとフリーツールを活用した具体的な解析フローを示しています。

また、一部のソフトウェア<sup>10)</sup>には、分水界や河道ネットワークの生成、各河道区間の集水域面積の算出、さらには尾根線の抽出機能が実装されています。分水界とそれに伴う集水域を利用することで、土砂災害警戒区域の設定と親和性の高い評価が可能になると期待されます。

我々の研究目的は、点群データと地理情報システムを用いて独立変数となる数値指標を生成し、斜面崩壊の発生有無を予測するモデルを構築することです。

「1. 背景」に示した先行研究では、3次メッシュ（1 km グリッド）単位の空間解像度で予測が行われてきましたが、本研究では集水域を単位として採用し、より細かな地形変化を捉えることで予測精度の向上を目指します。

本稿では、本研究の途中報告と今後の展開について述べます。

### 3. 方法

#### (1) 解析の単位（集水域）について

本研究では、2020年1月から2024年8月までに静岡県内で発生した土砂災害地点のデータを静岡県 交通基盤部 河川砂防局からいただき、今回は、時間的制約からそのうち50データを用いました。

さらに比較対象として災害が発生していない50地点をランダムに抽出し、合計100地点を対象とした分析を実施しました。これにより、土砂災害の発生・未発生を従属変数とした二値分類モデルにおいて、バランスの取れた教師データの構築を可能としました。

本研究において、独立変数と従属変数を評価する空間的単位を集水域としました。まず分水界を考えます。これは、地形の高い部分を結んだ線であり、その内側に降った雨水が全て特定の河川または水系へと流れ込むような地理的領域の外縁を構成する境界のことです。そして、この分水界に囲まれた区域を集水域と呼びます（図-1）。

本研究では、VIRTUAL SHIZUOKA<sup>11)</sup> から取

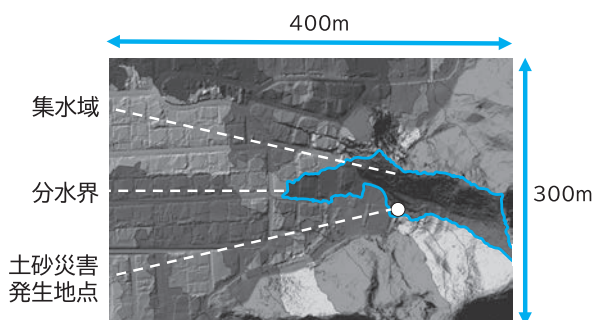


図-1 DEM上に抽出された分水界・集水域と土砂災害発生地点

得したLAS/LAZ形式の点群データを用いて、Global Mapper<sup>10)</sup>にてDEMを生成しました。このDEMに基づき流路を抽出し、水の流れの主要経路を明らかにした後、集水域面積の最小単位を1000 m<sup>2</sup>とし、分水界と集水域を自動生成しました。

図-1は、範囲400 m × 300 mで、静岡県内の土砂災害発生地点周辺を含む分水界と集水域を抽出・表示した一例です。DEM上に描かれた土砂災害発生地点とそれを内包する太実線が分水界を示し、その内部が集水域となります。周辺に同様なグレーの濃淡で色分けされた集水域が見てとれます。

このような集水域単位での分析から、降雨による水収束特性と災害発生との関係性を、より実地的かつ詳細に把握できると考えられます。

本研究では、この集水域単位に対して前述した土砂災害発生の有無を従属変数とし、素因（平均斜度、集水量、平均植生高）と誘因（最大土壌雨量指数）を独立変数（特徴量）とするモデルの構築を目指します。

#### (2) 独立変数（特徴量）

独立変数（特徴量）には素因として平均斜度、集水量、平均植生高を、誘因として土砂災害発生2週間前から発生日までの最大土壌雨量指数を設定しました。土砂災害発生地点を含む集水域と未発生地点の集水域のそれぞれにおいて、地理情報システムソフトウェアのQGISを使用して特徴量の生成を行いました。

平均斜度については、標高データとしてDEMを用い、地形解析機能により各ピクセルの傾斜角を算出し、傾斜ラスタを生成しました。集水域単位のポリゴンデータに対してゾーン統計処理を適用し、各ポリゴン内の平均傾斜を抽出しました。

集水量については、DEMを入力として、各画素の流出寄与面積に基づく集水量ラスタを生成しました。平均植生高については、Digital Surface Model (DSM) とDEMの差分を用いて、Digital Height Model (DHM)を作成し、集水域ポリゴン単位で平均値を算出しました。

誘因特徴量の最大土壌雨量指数については、1時間降水量データ<sup>12)</sup>を用いて、気象庁が採用しているタンクモデルに基づき土壌雨量指数を計算し、土砂災害発生から2週間前までにおける土壌雨量指数の最大値を抽出しました。

土壌雨量指数は、タンクモデルを用いて地表から地下への浸透及び流出のプロセスを3層に分けて模擬し、降雨の蓄積状態を指標化したものです<sup>13)</sup>。1時間降水量は、ボロノイ分割によって特定した土砂災害発生または未発生地点から最寄りのアメダス観測所のデータを用いました。

本研究は、これらの特徴量を独立変数とし、土砂災害発生有無を従属変数とする斜面崩壊の発生有無を予測するモデルの構築を目的としています。現在、どのモデルを用いるかは試行錯誤の状況です。現時点では、解析に用いている土砂災害発生地点と未発生地点の数が少ないので十分な精度は得られていませんが、今後、特徴量の算出を効率的に行う工夫をし、サンプル数を増やします。

### (3) 目指すアウトプット

近年、ハザードマップ等で指定された土砂災害警戒区域以外においても、土砂災害が多数発生している実態が各地で報告されています。このような背景を踏まえ、土砂災害警戒区域外に潜在するリスクを定量的かつ視覚的に把握する手法の構築が必要と考えられます。

そこで本研究では、集水域単位でのリスク評価に基づき、土砂災害の発生確率を可視化したリスクマップの作成を試みました(図-2)。モデルの出力結果は、斜面崩壊の発生確率として表現さ



図-2 集水域単位で予測された土砂災害リスクレベルの出力イメージ

れ、これをもとにリスクレベルを段階的に分類し、それぞれ異なる色とレベル数値を表示することで、集水域ごとの危険度を視覚的に把握可能としました。

図中で色が濃く、数値が高く表示された集水域は、想定される降水シナリオ下においてモデルが高い斜面崩壊発生確率を予測した区域に対応しており、既存の土砂災害警戒区域を補完する新たな情報として活用できる可能性があります。

さらに、対象の集水域を選択することで、平均斜度、集水量、平均植生高、最大土壌雨量指数などの特徴量と、それに基づき予測されたリスクレベルを確認できる機能も実装します。

## 4. 今後の展開

地域住民参加型学習プログラムの「富士・箱根・伊豆おむすび大学」は、一般社団法人富士・箱根・伊豆国際学会が主催する地域住民が自由に参加できる学習コミュニティであり、「地域のどこでもキャンパス」、「誰もが先生・生徒になれる場」という理念の下に運営されています<sup>14)</sup>。

このおむすび大学の講座では、著者の1人、鈴木雄介を講師として「3D点群データの活用に関するワークショップ」が実施されました(写真-1左)。

このワークショップは、地域の自然資源や防災をテーマとした科学的知見の共有を通じて、地域における科学リテラシーの涵養や防災意識の向上を目的としたものです。参加者が実際にコンピュータの操作を行いながら、三次元空間情報の取得・可視化・解析手法について学習しました。

ワークショップの様子からは、参加者が互いに協働しながら能動的に学ぶ姿が見られ、地域住民の主体的な参加と科学的関心の喚起が促されていることがうかがえました。終了後には参加者全員での記念撮影が行われ、参加者間の親睦や学びの共有が図られました(写真-1右)。

今後は、本研究での成果を「おむすび大学」において技術的支援することで、地域の地図を用い



写真－1 「おむすび大学」におけるワークショップの様子（左）と集合写真（右）

た解説を通じて、参加者が身近な地形や植生の特徴に気づく機会を提供します。さらに、講座を契機として地域住民同士の新たな関係性が構築され、地域全体の防災意識の向上につながることを期待します。

#### 【参考文献】

- 1) 気象庁, 雨の強さと降り方. 〈[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/yougo\\_hp/amehyo.html](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/yougo_hp/amehyo.html)〉, Accessed 2025-2-1.
- 2) 気象庁, 大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化. 〈[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme\\_p.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html)〉, Accessed 2025-2-1.
- 3) 国土交通省砂防部 (2024) 令和5年の土砂災害. 〈<https://www.mlit.go.jp/river/sabo/jirei/r5dosha/r5dosyasaigai.pdf>〉, Accessed 2025-2-1.
- 4) 国土交通省 (2019) 土砂災害防止法の概要, 令和元(2019)年12月24日\_第1回土砂災害防止対策小委員会 資料2. 〈[https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001323909.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001323909.pdf?utm_source=chatgpt.com)〉, Accessed 2025-3-1.
- 5) 社会資本整備審議会 (2020) 近年の土砂災害における課題等を踏まえた土砂災害対策のあり方について答申. 〈<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001342249.pdf>〉, Accessed 2025-2-1.
- 6) 国土交通省 (2019) 社会資本整備審議会 河川分科会 土砂災害防止対策小委員会 (第1回) 資料5 土砂災害警戒区域の検証. 〈<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001324550.pdf>〉, Accessed 2025-2-1.
- 7) 鈴木皓達, 斎藤洋介, 浜田崇, 川越清樹 (2020) 気候変動適応策に向けた土砂災害警戒区域のリスク情報の開発. 土木学会論文集 G (環境) 76(5):I\_211-I\_220.
- 8) 平野英孝, 野村俊介, 相馬一義, 宮本崇, 石平博, 馬籠純, 倉上健, 鈴木善晴, 西山浩司 (2024) 富士川周辺地域の土砂災害危険度現況推定におけるデータ選別手法導入の検討. AI・データサイエンス論文集 5(2): 33-40. 〈DOI: 10.11532/jsceiii.5.2\_33〉.
- 9) 岩橋純子 (2019) DEM (数値標高モデル) を用いた地形量・浸水量の計測《現地調査・計測(8)》地形調査(その1). 砂防学会誌 72(2): 43-47.
- 10) BLUE MARBLE GEOGRAPHICS, global mapper, GENERATE\_WATERSHED and GENERATE\_RIDGE\_LINES. 〈[https://www.bluemarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper/cmd/GENERATE\\_WATERSHED%20and%20GENERATE\\_RIDGE\\_LINES.htm?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.bluemarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper/cmd/GENERATE_WATERSHED%20and%20GENERATE_RIDGE_LINES.htm?utm_source=chatgpt.com)〉, Accessed 2025-4-1.
- 11) 静岡県 交通基盤部 建設政策課 未来まちづくり室, VIRTUAL SHIZUOKA Project by SHIZUOKA PREF. 〈<https://virtualshizuokaproject.my.canva.site/>〉, Accessed 2024-8-1.
- 12) 気象庁, 過去の気象データ検索. 〈<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>〉, Accessed 2024-8-1.
- 13) 気象庁, 土壌雨量指数. 〈<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/bosai/dojoshisu.html>〉, Accessed 2024-8-1.
- 14) 一般社団法人富士・箱根・伊豆国際学会, 富士・箱根・伊豆おむすび大学. 〈<https://issfhix.com/omusubiuniv/>〉, Accessed 2024-8-1.