

## 能登半島地震・豪雨による斜面崩壊の発生場の特性について

新潟大学 ○榎田 豊, 信州大学 堤 大三, 東京大学 堀田 紀文, 神戸大学 ゴメス クリストファー  
 国際航業株式会社 堀 大一郎, 朝日航洋株式会社 對馬 美紗, 中日本航空株式会社 星野 慎司  
 株式会社パスコ 小更 亨, 八千代エンジニアリング株式会社 宮田 直樹, アジア航測株式会社 屋木 わかな

## 1. はじめに

能登半島では、令和6年(2024年)1月の能登半島地震により多数の斜面崩壊が発生した。さらに同年9月には豪雨が発生し、新たな崩壊や、地震によって不安定化した斜面の拡大崩壊が確認された。近年、地震と豪雨が短期間に連続して発生する事例が増加しており、複合的な土砂災害への備えが重要な課題となっている。

豪雨による斜面崩壊については多くの研究が行われてきた一方、地震による崩壊の発生場特性や、地震後に豪雨が作用した場合の崩壊特性の違いについては十分に整理されていない。特に、地震と豪雨という異なる誘因が、どのような地形・地質条件のもとで崩壊を引き起こすのかを比較することは、将来的な複合災害に備える上で重要である。

令和6年能登半島地震砂防学会調査団第2班では、地震による土砂災害のリスクを把握し、地震による土砂災害のハザードマップの作成の可能性を検討すること、地震がその後の豪雨による土砂災害に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、調査・研究を実施した。

解析対象範囲は、地震と豪雨により崩壊が多発した、能登半島北部とし、令和6年1月の能登半島地震による崩壊および同年9月の豪雨による崩壊を対象として、GISを用いた統計的な手法および力学的な手法の2通りの手法により、地震による崩壊発生危険度評価およびその後の崩壊に及ぼす影響の把握の可能性について検討した。

本報では、地震および豪雨による崩壊が集中した、石川県輪島市町野川水系鈴屋川・寺地川流域およびその北部沿岸地域と同県珠洲市鶴飼川流域(解析対象面積、68km<sup>2</sup>、図1)を対象として、斜面崩壊を地震後崩壊、豪雨後新規崩壊、豪雨後拡大崩壊の3種類に分類し、地形・地質・降雨条件との関係を整理し、誘因ごとの崩壊発生特性の違いを解析結果を報告する。

## 2. 研究対象地と解析方法の概要

研究対象地は、能登半島北部の山地流域(約28km<sup>2</sup>)

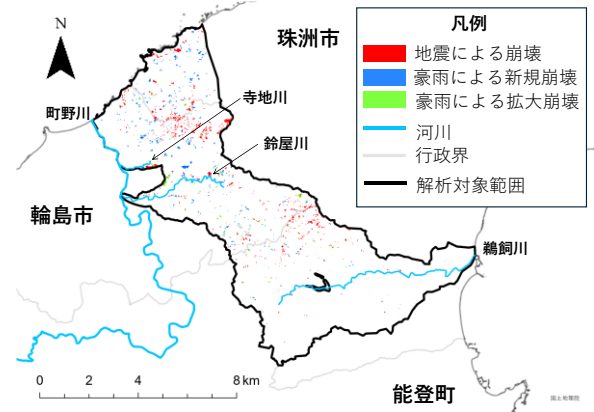


図1 解析対象範囲および崩壊の分布

であり、急峻な地形と多様な地質を有する地域である。本地域では地震時および豪雨時の両方で多数の斜面崩壊が発生しており、比較解析に適した条件を備えている。現地踏査の結果、地震後崩壊は斜面上部から広範囲に及ぶ比較的大規模なものが多く、豪雨後崩壊は中腹部を起点とする小規模なものが多い傾向が確認された。

解析にはGISおよびPythonを用いた。国土地理院の「令和6年能登半島地震による斜面崩壊・堆積分布データ」と令和6年9月能登半島豪雨により発生した「斜面崩壊・土石流・堆積分布データ及び斜面崩壊・土石流・堆積分布図」の崩壊のポリゴンから、表層崩壊の源頭部のみを抽出したポリゴン(以下崩壊ポリゴン)を作成し、地震後崩壊、豪雨による新規崩壊(以下、豪雨後崩壊(新規))、地震時崩壊の豪雨による拡大(以下、豪雨後崩壊(拡大))の三つに分類した。さらに、G空間情報センターの「令和6年能登半島地震能登東部グラウンドデータ(発災前)」の5mメッシュDEM、産総研地質調査総合センターの20万分の1シームレス地質図、活断層データ、令和6年9月豪雨時の気象庁のレーダー・アメダス解析雨量から傾斜角、傾斜方向、平面曲率、断面曲率、地質、断層からの距離、72時間解析雨量の計7因子のラスタを作成した。各ラスタを適切なカテゴリに分類し、カテゴリ別に総面積を算出した。さらに、崩壊ポリゴンをオーバーレイして、カテゴリごとに崩壊地の面積や崩壊占有面積率を

算出することで、因子別に崩壊発生場の特性を解析した。さらに、数量化理論類により、各因子の崩壊発生への寄与度を評価した。

### 3. 結果と考察

地震後崩壊の総面積は0.91 km<sup>2</sup>、豪雨後崩壊（新規+拡大）は0.66 km<sup>2</sup>であり、豪雨後崩壊は地震後崩壊の約7割の規模であった。一方で、平均崩壊面積に着目すると、豪雨後拡大崩壊は地震後崩壊の約2倍の値を示しており、豪雨が既存の地震崩壊地を拡大させ、大規模化させる役割を果たしている可能性を示唆している。

単因子解析では、全ての崩壊において、傾斜角が大きな区分ほど崩壊占有面積率が増加する傾向がみられた。特に地震後崩壊では、40°以上の急傾斜域で崩壊占有面積率が高く、凸地形および断層近傍の区分においても占有面積率が高い傾向がみられた。一方、豪雨後新規崩壊では集水地形である凹地形や特定の地質区分において崩壊占有面積率が高く、解析雨量の増加に伴い占有面積率が増加する傾向がみられた。

数量化理論Ⅱ類による解析では、地震後崩壊では傾斜角・断層距離・断面曲率が崩壊発生に及ぼす影響が大きく、豪雨後新規崩壊では解析雨量・傾斜角・地質の影響が大きい結果となった。豪雨後拡大崩壊では傾斜角と地質に加え、降雨の影響が確認され、地震により崩壊し不安定化した斜面が、降雨によって再崩壊した特徴が示された。

以上より、これらの結果は、地震と豪雨による崩壊は、崩壊を引き起こした誘因（外力）に関する因子（地震の場合、「断層からの距離」、豪雨の場合「累積雨量」と斜面勾配の影響を強く受けるという点は共通しているものの、その他の因子の寄与の仕方は異なることから、両者の崩壊場には地形的・地質的な差異があることを示している。

### 4. おわりに

本研究では、地震後崩壊と豪雨後崩壊の発生特性の違いを明らかにすることを目的として、単因子解析および数量化理論Ⅱ類による多変量解析を行った。その結果、地震とその後の豪雨という誘因の違いにより、崩壊の発生場には、地形的・地質的な差異が生じることが示された。本研究成果は、地震後の豪雨災害リスク評価や、将来の複合災害を想定した斜面防災対策の高度化に資する知見を提供するものである。

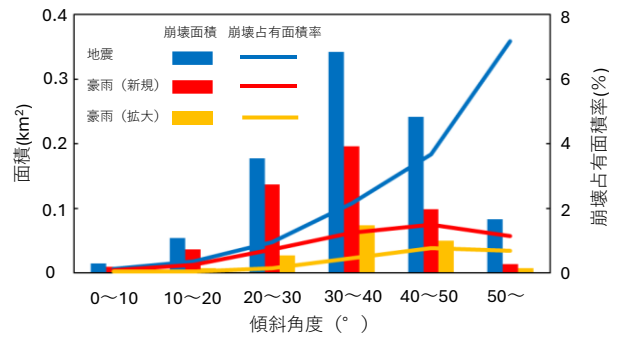


図2 傾斜角度別の崩壊面積と崩壊占有面積率の比較

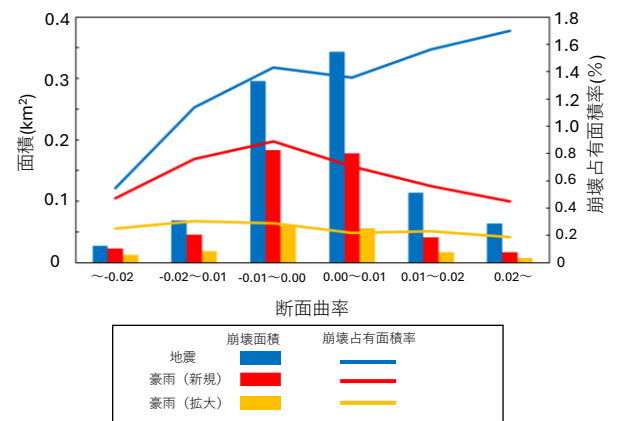


図3 断面曲率別の崩壊面積と崩壊占有面積率の比較

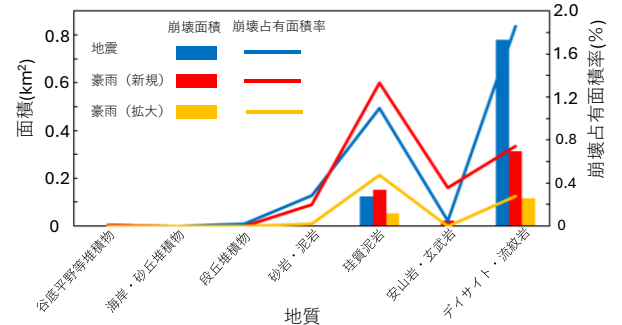


図4 地質別の崩壊面積と崩壊占有面積率の比較

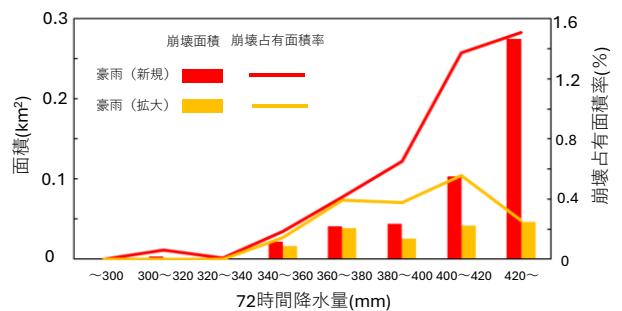


図5 解析雨量別の崩壊地面積と崩壊占有面積率の比較