

# 災害の現象解明と将来のリスク把握に向けた研究（第4年次）

実施期間 令和元年度～令和5年度  
地理地殻活動研究センター 遠藤 涼 岩橋 純子  
地理情報解析研究室

## 1. はじめに

地震に伴う地盤災害や降雨に伴う土砂災害等が発生した際に、なぜそのような災害がその場で発生したのかを知ることは、将来の災害リスクを検討するうえで重要である。本研究は、地震災害や土砂災害等が発生した際に、その被害分布や性状をリモートセンシングや現地調査等により把握するとともに、地形や土地被覆、地盤情報などとの関係性解析により、現象解明や将来のリスク把握手法を検討するものである。また、干渉 SAR による平常時の斜面変動も研究対象とする。

日本列島はプレート境界に位置し、湿潤温暖気候帯に属するため、豪雨と大地震が同時期に発生する可能性については無視できない。また、地震時土砂崩れとして多くの要因が指摘されている（たとえば、Fan et al., 2019）ものの、先行降雨についてはほとんど考慮されていない、あるいは降雨の面的な分布の影響が十分に考慮されていない。

そこで令和4年度は、過去に土砂崩れが多発した地震に着目して、土砂崩れに先行降雨がどの程度影響を及ぼすかを調査した。

## 2. 研究内容

対象とした地震は、平成16年（2004年）新潟県中越地震（ $M_w=6.6$ ）である。この地震では、最大震度は7、最大加速度は1750 galにも到達し、4438箇所もの土砂崩れが発生した（関口・佐藤, 2005）。

先行降雨の影響度を計る手法として、データマイニング手法である、Random Forest (RF) (Breiman et al., 1984)と Classification and Regression Tree (CART) (Breiman, 2001)を用いた。CARTはデータの分割を繰り返し、被説明変数に影響する説明変数と閾値を抽出し、それを木構造で表現する手法である。一方、RFは複数の木を作成・統合して精度を向上させる手法である。

説明変数は、降雨データとして農業・食品産業技術総合研究機構のメッシュ農業気象データシステム（大野ほか, 2016；佐々木ほか, 2022）で提供されている日降雨量データから計算したn日間降雨量（ $n=3, 7, 15, 30, 60$ ）、地形データとして傾斜および曲率（神谷ほか, 2012；2014）、地震動データとして産業技術総合研究所の地震動マップ即時推定システム（QuiQuake）の震度、最大加速度、最大速度のデータを用いた。

被説明変数は、平成16年（2004年）新潟県中越地震 1:25,000 災害状況図（国土地理院技術資料 D・1-No.541；鈴木ほか, 2005）の斜面崩壊地の区分（大・小）を元に、岩橋ほか（2022）によって「地すべり」「斜面崩壊」に再分類し（表-1）、4分の1地域メッシュ（約250mメッシュ）単位の発生密度を計算したものをを用いた。

表-1 本研究で使用した被説明変数

被説明変数	鈴木ほか（2005）の分類	データタイプ	備考
地すべり	斜面崩壊地（大）（崩壊部）	ポリゴン	-
	斜面崩壊地（大）（堆積部）	ポリゴン	発生密度計算には使用しない。
斜面崩壊	斜面崩壊地（小）	ライン/ケバ	-

なお、多重共線性を防ぐため、説明変数それぞれについて相関係数を計算し、相関係数が大きい組み合わせについては、土砂崩れ発生密度との相関係数の小さい変数を除外した。その結果、選択された変数は、傾斜、最大震度、n日間降雨量（n = 3, 7, 30）である。

### 3. 得られた成果

#### 3.1 RF の結果

地すべり・斜面崩壊ともに、傾斜、最大震度、n日間降雨量（n = 30, 3, 7）の順に影響が大きく、長期の降雨量が短期の降雨量よりもわずかに影響が大きかった（図-1）。

#### 3.2 CART の結果

斜面崩壊については傾斜量、最大震度、先行降雨の順に影響が大きく、傾斜量・震度が大きく、先行降雨が多いほど土砂崩れの発生密度が大きくなる傾向が見られた（図-2）。一方で、地すべりについては、先行降雨（30日間、3日間）、最大震度の順に影響が大きかった（図-3）。先行降雨が多いほど、また最大震度が大きいほど土砂崩れの発生密度が大きくなる傾向が見られた。

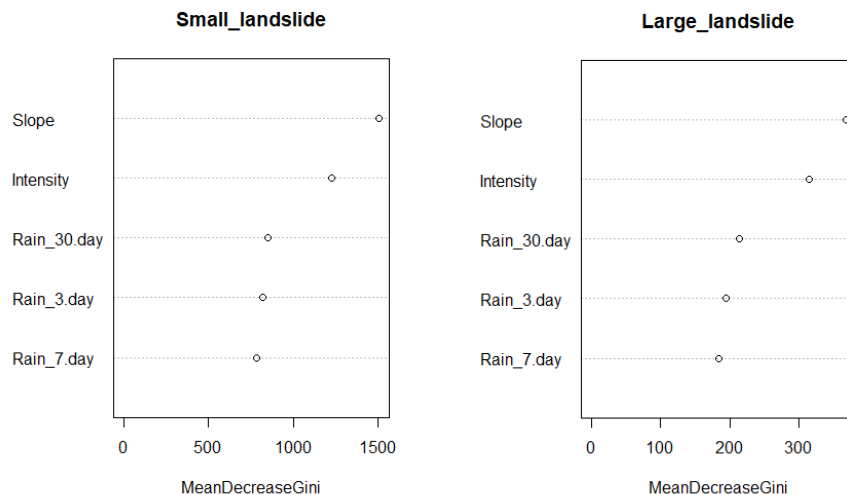


図-1 RF の解析結果（左図：斜面崩壊を対象，右図：地すべりを対象）

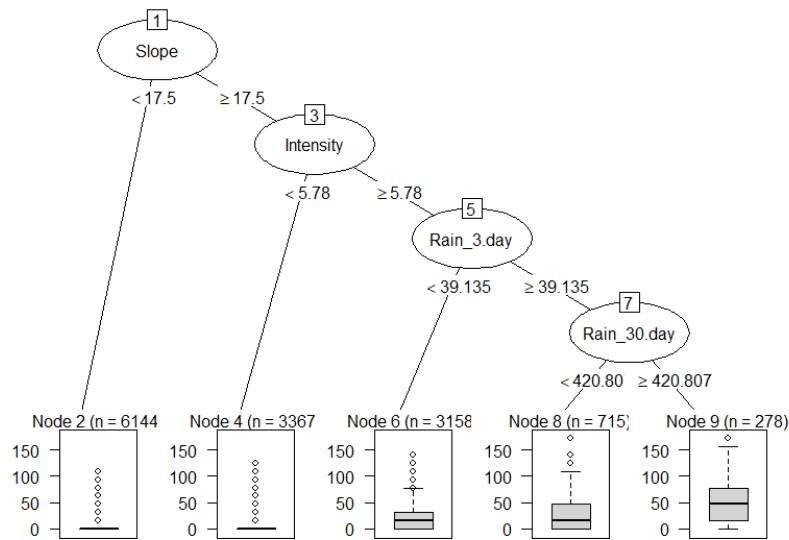


図-2 斜面崩壊を対象とした CART の結果

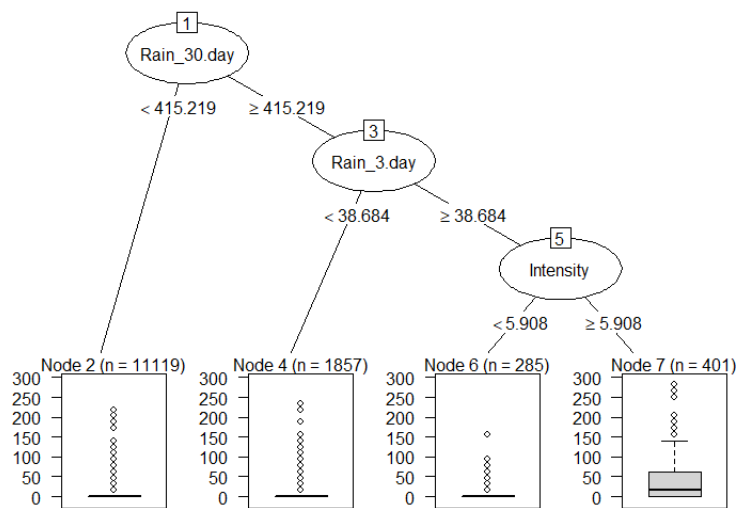


図-3 地すべりを対象とした CART の結果

### 3.3 考察

斜面崩壊については、RF と CART とともに、傾斜、最大震度、降雨指標の順に影響が大きかった。このことは、先行降雨は、地形や地震動と比較して斜面崩壊への影響は限定的であるといえる。一方で、CART の結果から先行降雨が最重要な要因ではないものの、一定程度の影響はあるものといえる。

地すべりについては、RF の結果では傾斜と震度の影響が大きかったのに対し、CART の結果では、降雨指標がトップに現れている。このことは、先行降雨の影響は、斜面崩壊より地すべりのほうが大きい可能性がある。さらに、地すべりに影響を与える降雨の期間に着目すると、RF と CART の結果のいずれも 30 日間降雨量が 3 日間降雨量よりも影響度が大きい、すなわち比較的長期の降雨が影響している可能性がある。

平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震の 3 日前には、台風による豪雨があったが、5 日間降雨量の分布と土砂崩れの分布には相関がなかったことが指摘されている（Wang et al., 2007）。一方で、本研究の

結果からは、土砂崩れが発生しうる傾斜や地震動の条件下であれば先行降雨量が大きいほど土砂崩れの発生密度が増大することから、台風による豪雨は平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震における土砂崩れの発生密度の増大に影響していたと考えられる。なお、Wang et al. (2007)は大規模な土砂崩れが確認された範囲は、池が分布し地下水位が高い状態にあることを指摘しており、高い地下水位と大量の降雨がともに土砂崩れの発生に影響した可能性がある。

#### 4. 結論

RF と CART 法を用いて、平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震における土砂崩れへの先行降雨の影響を調査した。その結果、先行降雨の影響は限定的であるものの、先行降雨量が多いほうがより土砂崩れが多発する傾向が見られた。一方で、発生した土砂崩れの規模で比較すると、地すべりのほうが斜面崩壊よりも先行降雨の影響が大きく、また中長期の先行降雨の影響が大きい可能性がある。一方で、地質構造もまた地すべりに影響することが知られている。先行降雨がすべり面の形成に与える影響についても地質毎に異なることが想定されるため、異なる地質条件での検証が必要である。

#### 参考文献

- Breiman, L. (2001): Random Forests. *Machine Learning* 45, 5–32.
- Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.H., Stone, J.C. (1984): *Classification and regression trees*, Wadsworth International Group.
- Fan, X., Scaringi, G., Korup, O., West, A. J., van Westen, C. J., Tanyas, H. (2019): Earthquake - Induced Chains of Geologic Hazards: Patterns, Mechanisms, and Impacts. *Reviews of Geophysics* 57(2), 421-503.
- 神谷泉, 乙井康成, 中埜貴元, 小荒井衛 (2012): 地震による斜面崩壊危険度評価判別式「六甲式」の改良と実時間運用, *写真測量とリモートセンシング*, 51(6), 381–386.
- 神谷泉, 小荒井衛, 乙井康成, 中埜貴元 (2014): 地震時地盤被害予想システムの構築, *国土地理院時報*, 126, 61–66.
- 岩橋純子, 遠藤涼, 中埜貴元 (2022): 過去の地震時地盤災害発生箇所の 4 分の 1 地域メッシュデータ化, *国土地理院時報*, 135, 69-74.
- 大野宏之, 佐々木華織, 大原源二, 中園江 (2016): 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成, *生物と気象*, 16, 71-79.
- 産業技術総合研究所: QuiQuake - 地震動マップ即時推定システム -, <https://gbank.gsj.jp/QuiQuake/index.html> (accessed 28 Feb. 2023).
- 佐々木華織, 西森基貴, 根本学 (2022): 技術マニュアル「メッシュ農業気象データ利用マニュアル Ver. 5」, 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門 NARO, 77p (2022).
- 関口辰夫, 佐藤浩 (2006): 新潟県中越地震における斜面崩壊の特徴と分布, *日本地すべり学会誌*, 43 (3), 142-154.
- 鈴木義宜, 丹羽俊二, 田口益雄, 関崎賢一, 長谷川学, 飯田誠, 門脇利広 (2005): 新潟県中越地震の災害状況図作成について, *国土地理院時報*, 107, 53-63.
- Wang, H.B., Sassa, K., Yu, W.Y. (2007): Analysis of a spatial distribution of landslides triggered by the 2004 Chuetsu earthquakes of Niigata Prefecture, Japan, *Natural Hazards*, 41, 43–60.