

始点位置の不確実性を考慮した確率的な土石流被害域の予測 Probabilistic Prediction of Debris-Flow Hit Considering the Uncertainty of the Source Locations

○山野井一輝・大石哲・川池健司

○Kazuki YAMANOI, Satoru OISHI, Kenji KAWAIKE

In order to predict the spatial distribution of debris flow hit probability against rainfall and topographic condition, we have applied a combined method of statistical source location prediction and debris flow transport simulation. In the source location prediction, we have conducted a logistic regression analysis among rainfall and topographical conditions and the location of debris flow sources, obtaining the spatial distribution of the appearance possibility of debris-flow sources. Debris flow runout simulation inputting the predicted source locations generated by the distributed possibility yielded the inundation area and spatial distribution of the topographic change and water levels. By Monte-Carlo simulation based on it, the spatial distribution of relative frequency, which can be regarded as the debris flow hit possibility neglecting the uncertainty of physical properties of debris flow. (words).

1. はじめに

国内で社会実装済みの土石流に対する警戒情報は、主に地形から予測される土砂災害（特別）警戒区域からなる領域情報と、降雨をもとに土砂災害警戒情報からなる発生情報に分かれている。一方で、土石流の発生時に、必ずしも警戒区域の全域で被害が生じるわけではなく、区域内に相対的に被害が生じる確率が大きいところと小さいところが空間的に分布すると考えられる。また、降雨イベント中の被害発生確率は、ほとんど0である状態から、降雨中に徐々に増加し時々刻々と変化するものと考えられる。このような考え方にに基づき、本研究では、降雨データを入力として、土石流による被害発生確率の空間分布をリアルタイム推定可能な手法を開発することを目的とする。

2. Logistic 回帰分析による土石流始点の生起確率空間分布の予測

本研究では、logistic 回帰分析を用いた土石流始点の生起確率予測と、土石流流下シミュレーションを用いた Monte-Carlo Simulation を組み合わせることで、土石流の影響が生じる確率を推定する。まず、広島県内広域で土石流災害が発生した、平成 30 年 7 月豪雨のデータを用いて、土石流始点の生起確率を計算可能な logistic モデルを構築した。対象領域は図 1 に示す。ここでは、土石流始点の生起・非生起の二値データを目的変数に、最大土中水分量と地形量（勾配・断面曲率・接曲率・

集水面積）を説明変数に選定し、logistic 回帰分析を実行した。なお、地質の差による影響を低減するため、ここでは花崗岩領域のみを対象にしている。検証対象の広島県坂町の総頭川流域（図 1 の赤枠線で示した領域、図 2(a)標高の空間分布を示す。）に、再度 H30 年豪雨データを用いて適用して得られた土石流始点生起確率の空間分布を図 2(b)に示す。

3. 土石流モンテカルロシミュレーションによる土石流到達の相対頻度推定

図 2(b)の生起確率の空間分布に対して、セル数に等しい個数の疑似乱数を与えれば、土石流生起地点データを生成することができる。本研究ではこれを 100 回試行することで、100 パターンの土石流始点データを準備した。次に、これら全てを入力として、高橋モデルに基づく土石流シミュレーション²⁾を 1m 解像度で実行した。計算に必要なパラメータは、事前検討での試行錯誤によって決定した¹⁾。その結果 100 通りの土石流の流動深や地形変化量（侵食・堆積深さ）の時間変化が得られた。ここで、地形変化量の絶対値が 0 より大きい領域を土石流影響領域と仮定する。この定義に基づいて、土石流の影響が生じる頻度を求めると、図 3 のように得られた。

これは、シミュレーションと与えたパラメータが正確であったと仮定できるとき、土石流影響率の空間分布とみなすことができる。予測に適用

するには、各パラメータの事前推定が必要であることが課題ではあるが、この手法に基づけばリアルタイムな降雨情報を入力として、土石流の影響確率が定量的に予測可能である。将来的に社会実装できれば、警戒避難時においてリスクの定量化が可能となり、避難行動の最適化に資することが期待できる。

参考文献

- 1) Kazuki Yamanoi, Satoru Oishi, Kenji Kawaike: Prediction of spatial distribution of debris-flow hit probability considering the source-location uncertainty, arXiv:2211.06837
- 2) Yamanoi, K., Oishi, S., Kawaike, K., & Nakagawa, H. (2022). Predictive simulation of concurrent debris flows: How slope failure locations affect predicted damage. Journal of Flood Risk Management, 15(2), e12776.

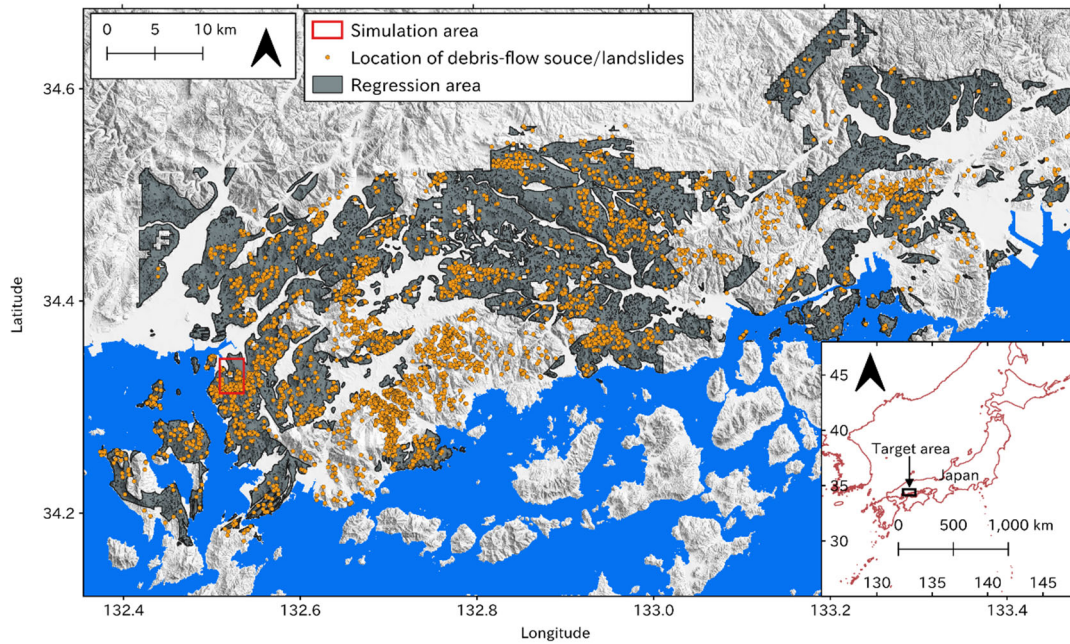


図1 本研究の対象領域と使用した土石流始点データ¹⁾

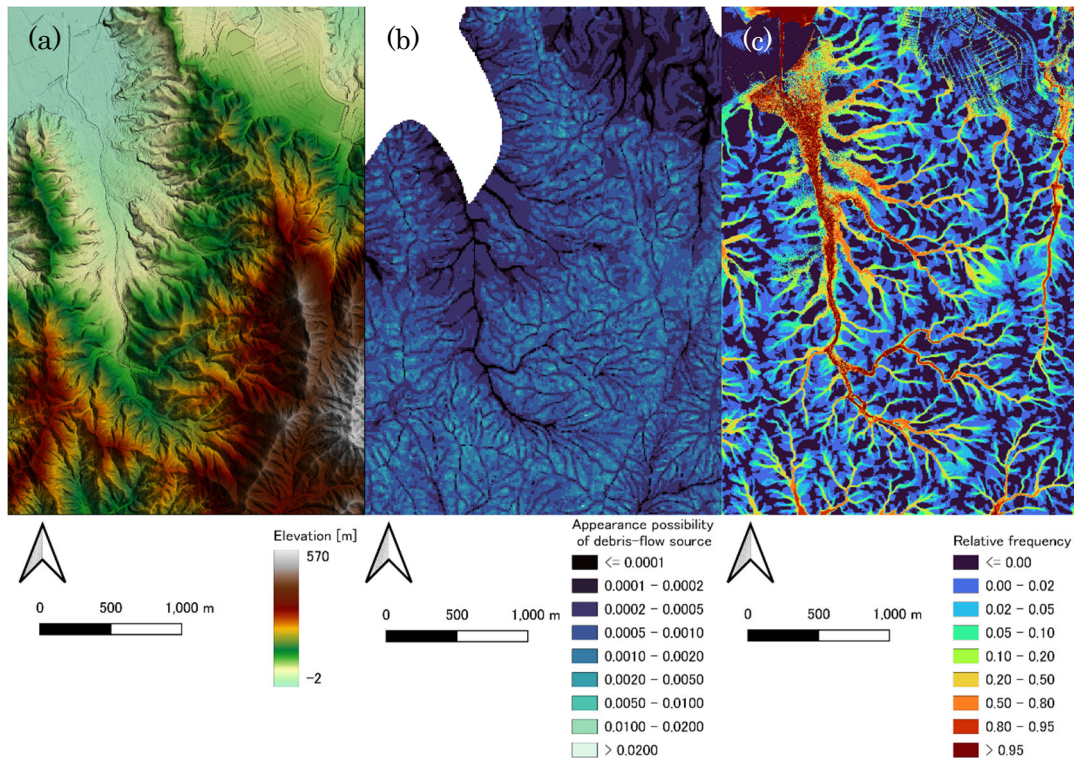


図2 (a)検証対象領域の標高の空間分布, (b)対象領域における土石流始点の生起確率の空間分布¹⁾ (c) モンテカルロシミュレーションの結果得られた土石流到達の相対頻度の空間分布¹⁾