

## 土石流被害領域の確率的予測に向けた土砂生産量の統計的予測モデル構築 Statistic Prediction of Sediment Yield Volume by Debris Flow for Probabilistic Damage-Area Prediction

○鹿倉佳央梨・山野井一輝・川池健司・小柴孝太

○Kaori SHIKAKURA, Kazuki YAMANOI, Kenji KAWAIKE, Takahiro KOSHIBA

In this study, using data of 2014, 2018, 2021 sediment disasters in the southern part of Hiroshima Prefecture, regression models that predict each probability of categories on sediment yield scale expressed in four stages were constructed. Short-term rainfall indices, long-term rainfall indices, and mean slope were used as explanatory variables, and combinations of rainfall indices were examined. It was also discussed which years' sediment disasters data should be used for regression models. The accuracy of these regression models was evaluated and compared using ROC curves and AUC. (87 words)

### 1. はじめに

広島県南部では、XRAIN による降雨観測が開始して以降、2014年、2018年、2021年に3回大規模な土砂災害が発生している。2018年は広島県南部全域で発生しているのに対し、2014年、2021年は局所的にしか発生していない。野口ら<sup>1)</sup>は、2018年7月豪雨を対象に、最大60分間積算雨量、土壌雨量指数、平均勾配をもとに、小～大規模の土砂生産が発生する確率を算出するモデルを構築した。しかし、この研究では、2018年の土砂災害データから作成したモデルを2018年の災害の予測に適用しており、それ以外の災害への適用性は不明である。また広島県では、上記のように他の年にも降雨データの揃っている災害データが存在しているため、その年のデータを加えることで、予測の再現性が上昇する可能性がある。

そこで、本研究では、広島県南部地域における2014年、2018年、2021年の豪雨による土砂災害データを対象として2年分のデータを用いて順序ロジスティック回帰分析を行い、それを用いて他の1年分に関する予測を行った。予測結果と実際の発生状況の差異をROC曲線とAUCを用いて評価し、それぞれの回帰分析を比較検討した。

### 2. 土砂生産確率モデルの構築

#### (1) データセット

2014年、2018年、2021年の広島県で発生した土砂災害における降雨データと地形データから、土砂生産の規模別発生確率を予測するモデルを構

築した。

降雨データには短期降雨指標と長期降雨指標を組み合わせて用いた。短期降雨指標に、最大10分雨量、最大30分雨量、最大60分雨量を考え、長期降雨指標に、短期降雨指標と同時刻の、24時間雨量、48時間雨量、72時間雨量を考えた。2014年、2018年、2021年の3回の土砂災害のそれぞれで約250m解像度1分間隔の降雨データであるXRAINを用いて降雨指標を作成した。

また、地形条件として、国土地理院のDEM(10mメッシュ)から平均勾配を算出した。土砂生産の発生場所と規模について、2018年の災害については、LiDAR標高の災害前後における差分(1mメッシュ)から算出した。2014年、2021年の災害については、土砂災害発生場所において勾配12度以上を侵食領域と仮定し、侵食深さを1mと与えた。

#### (2) 順序ロジスティック回帰分析

作成したデータをもとに順序ロジスティック回帰分析によって、土砂生産の規模別確率を算出する回帰モデルを作成した。

2014年、2018年、2021年のすべての土砂生産量に対し、降順に並べた際の上位10%及び上位30%にあたるデータを閾値とし、土砂生産量 $V(\text{m}^3)$ の規模 $Y$ を大規模 $Y=1(2695 < V)$ 、中規模 $Y=2(980 < V \leq 2695)$ 、小規模 $Y=3(0 < V \leq 980)$ 、生産なし $Y=4(V=0)$ の4段階に分類した。

このとき、 $Y \leq j$ となる確率 $P_r$ は式(1)で表される。

$$P_r(Y \leq j | \mathbf{x}) = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha_j - \beta \mathbf{x})} \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, x_3)$ は説明変数ベクトルであり、 $x_1$ :短期降雨指標、 $x_2$ :長期降雨指標、 $x_3$ :平均勾配である。 $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \beta_2, \beta_3)$ は説明変数ベクトルに対応する係数ベクトルである。 $j = 1, 2, 3$ に対応する定数項 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ および $\boldsymbol{\beta}$ は最尤法によって求めた。

### 3. 土砂生産確率モデルの評価

作成したデータをもとに、順序ロジスティック回帰分析を行った。分析は年度の組み合わせと短期降雨指標、長期降雨指標の組み合わせを変えて全 27 ケース行った。

算出された回帰式に、災害時のデータを代入することで確率を計算し、その確率に対して、閾値を 0 から 1 まで変化させ、それぞれの閾値において発生・非発生に分類した。予測結果と実際の土砂生産状況を比較し、表-2 のように分類し、縦軸に捕捉率、横軸に空振り率をとり、それぞれの閾値における結果をプロットすることで ROC 曲線を描いた。ROC 曲線同士を比較するため、曲線の下での面積(AUC)を算出し、比較した。

ここで、短期降雨指標に最大 10 分間雨量、長期降雨指標に 10 分雨量最大時の 72 時間雨量を用いた場合の ROC 曲線と AUC を図 1 から図 3 に示す。2018 年と 2021 年のデータを用いて回帰式を作成し、2014 年の予測を行った場合、特に大規模の予測に関して AUC が大きく、精度が良いことが分かった。2014 年と 2021 年のデータを用いて回帰式を作成し、2018 年を予測した場合は中規模に関する予測精度が他と比較して低くなった。また、2014 年、2018 年のデータを用いて回帰式を作成し 2021 年の予測を行った場合に関してはすべての規模において精度が低くなった。

表-2:実際の土砂生産状況と予測結果の判定

		予測結果	
		発生	非発生
実際	発生	TP	FN
	非発生	FP	TN

$$\text{捕捉率} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{空振り率} = \frac{FP}{TN + FP}$$

### 4. おわりに

本研究では、広島県南部における 2014 年、2018

年、2021 年の土砂災害データを用いて、降雨条件や地形条件から土砂侵食の規模別発生確率を算出する回帰モデルを作成した。その結果、2018 年と 2021 年の 10 分雨量、72 時間雨量を用いて作成した回帰モデルについて予測精度が良好であることが確認された。今後は土砂生産確率から土砂移動モデルを考え、被災確率を算出することで、被害予測の確率分布を算出する予定である。

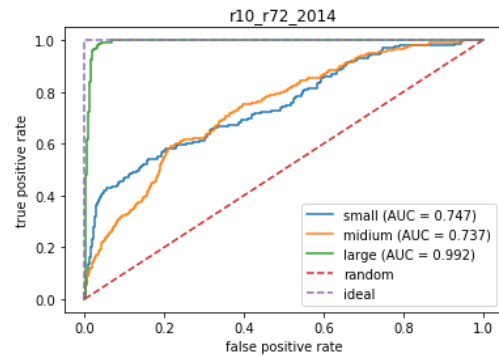


図 1 : 2018 年、2021 年で作成し 2014 年を予測

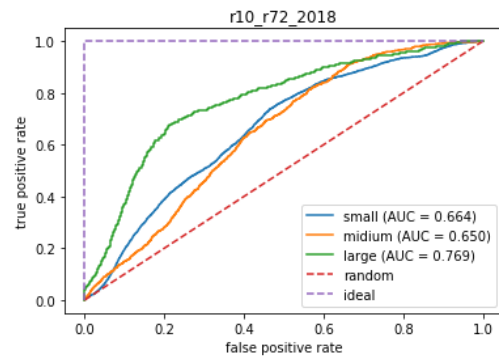


図 2 : 2014 年、2021 年で作成し 2018 年を予測

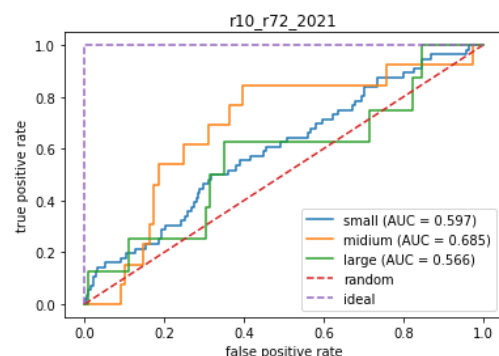


図 3 : 2014 年、2018 年で作成し 2021 年を予測

### 参考文献

1)野口新之助, 山野井一輝, 川池健司, 中川一, “平成 30 年 7 月豪雨災害データに基づく生産土砂量及び土砂堆積域の確率的予測手法,” 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.76, No. 2, I\_877-I\_882, 2020.