

広島県における複数回の災害データの統計解析に基づく土石流被害の確率的予測

京都大学 工学研究科 社会基盤工学専攻 ○鹿倉佳央梨
 京都大学 防災研究所 山野井一輝, 川池健司

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¹⁾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年のイベントで作成したモデルを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、野口らのモデルをもとに、2018年の土砂災害のデータのみから土砂生産確率モデルを構築した場合と、2018年、2014年、2021年の3回の土砂災害のデータを用いて土砂生産確率モデルを構築した場合の再現性の比較検討を行った。

2. 土砂生産確率モデルの構築

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、土砂の生産規模の発生確率予測する確率モデルを、順序ロジスティック回帰分析を用いて構築した。

2.1 データセットの作成

2.1.1 説明変数

土砂災害の予測には長期降雨指標と短期降雨指標がある。短期降雨指標に、最大10分間積算雨量、最大30分間積算雨量、最大60分間積算雨量を考え、長期降雨指標に、短期降雨指標と同時刻の、24時間積算雨量、48時間積算雨量、72時間積算雨量を考えた。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、基盤地図情報表網モデル(10mメッシュ)から平均勾配を算出し、降雨データと同じ250mメッシュに変換した。

2.1.2 目的変数

土砂生産の発生場所と規模について、2018年の災害においては、LiDAR標高の災害前後における差分(1mメッシュ)(図-1)から侵食量を算出し、降雨データと同じ250mメッシュ

に変換することで土砂生産量を算出した。

2014年、2021年の災害においては、土砂災害発生場所の写真判読図から勾配12度以上を侵食領域とし(図-2)、侵食深さを1mとして土砂生産量を算出した。

2018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_i を表-1のように規模別に分類した。



図-1: 2018年の土砂災害前後におけるLiDARの標高差分

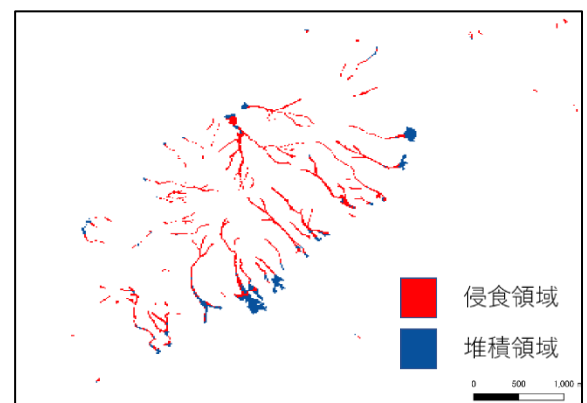


図-2: 2014年の土砂災害での土砂侵食領域と堆積領域

表-1: 土砂生産量の規模分類

$Y = 1$	大規模生産	$2695 < V_i$
$Y = 2$	中規模生産	$980 < V_i \leq 2695$
$Y = 3$	小規模生産	$0 < V_i \leq 980$
$Y = 4$	生産なし	$V_i = 0$

2.2 順序ロジスティック回帰分析

こうして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。分析はイベント数と短期降雨指標、長期降雨指標の組み合わせを変えて全18ケース行った。

算出された回帰式に、2014年、2018年、2021

年のデータを入力することで確率を再計算し、その確率に対して適切な閾値を決めてそれらを発生・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 のように分類した。その結果から、捕捉率、空振り率、F1 値を算出することで最適なケースの判断を行った。それぞれの算出方法は以下のようなものである。

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	真陽性 (TP)	見逃し (FN)
	非発生	空振り (FP)	真陰性 (TN)

$$\text{捕捉率 (TPR)} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{空振り率 (FPR)} = \frac{FP}{TN + FP}$$

$$\text{一致率 (Precision)} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$F1 = \frac{2 * \text{Precision} * TPR}{\text{Precision} + TPR}$$

3. 解析結果と考察

まず、長期と短期の降雨指標を変化させた場合の F1 値は表-3、表-4 のようになった。ここでは、回帰式の算出に 2018 年のみを用いた場合と、2014、2018、2021 年の 3 イベント分のデータを用いた場合について、2018 年の小規模以上の土砂生産予測に対する F1 値をそれぞれ示している。短期降雨指標に最大 60 分間積算雨量、長期降雨指標に 72 時間積算雨量を用いたケースが F1 値が最も大きく最良であった。また、3 イベントのデータを使った方が 2018 年のみのデータを用いた場合よりもそれぞれ F1 値が大きくなっているため、再現性が向上していると考えられる。

次に、このケースにおける判定結果の空間分布を図-3 に示す。2018 年の災害予測の判定は、a のほうが b よりも北西の空振りが減少した一方で、中央右寄りの見逃しが増加している。また、2021 年は発生範囲が非常に狭く、捕捉率、空振り率のみに注目すると、a の方が捕捉率が上がり、空振り率が低下しているため、より正確に予測できていることが分かる。

2014 年の災害予測では、a の方が非発生を正しく予測できている一方で、見逃しが非常に多くなっている。

これらの結果から、複数イベントを考慮すると、非発生の判断の制度は向上するが、見逃しが多くなってしまうことが分かった。

表-3 3 イベントのデータを用いた解析における 2018 年の小規模以上の土砂生産発生予測に対する F1 値

短期\長期	24 時間	48 時間	72 時間
10 分	0.2260	0.2311	0.2300
30 分	0.2238	0.2659	0.2651
60 分	0.2603	0.2613	0.2934

表-4 2018 年のデータのみを用いた解析における 2018 年の小規模以上の土砂生産発生予測に対する F1 値

短期\長期	24 時間	48 時間	72 時間
10 分	0.2230	0.2230	0.2230
30 分	0.2230	0.2241	0.2238
60 分	0.2473	0.2543	0.2584

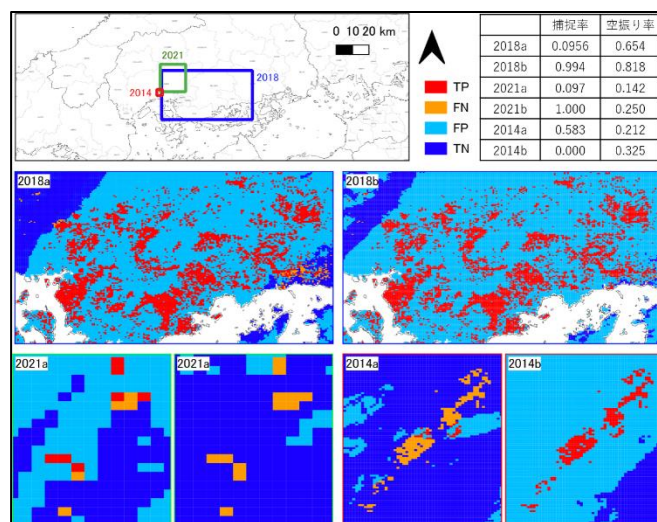


図-3 : 判定結果の空間分布

4. 結論

空振り率が低下することで適切な避難場所の判断につながる一方で、捕捉率の低下により発生場所の見逃しが多くなってしまうことは問題である。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作成できるようにしていきたい。

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.
- 2) 小杉賢一朗, “斜面崩壊の誘因となった降雨の評価手法,” 砂防学会誌 Vol.67, No.5, p.12-23, 2015.