

ロジスティック回帰分析による平成29年7月九州北部豪雨における流木発生傾向のモデル化

九州大学大学院 学生会員 ○正垣貴大・津末明義・竹村大・大久保遼太
フェロー 矢野真一郎 正会員 笠間清伸

1. 目的

平成29年7月九州北部豪雨では前例のない規模で流木が発生し、河道埋塞による氾濫の助長や人的被害・物的被害を拡大させた。国の「筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会」報告書(2018)¹⁾によると、深成岩(花崗閃緑岩)や変成岩を主体とする地域で崩壊が多く発生し、これらを多く含む寒水川や白木谷川などの流域では崩壊面積率(流域面積に占める崩壊面積の割合)が高いことが分かっている。また、1時間雨量100mm, 3時間雨量250mm, 6時間雨量350mm, 12時間雨量400mm, 24時間雨量450mmを超過すると崩壊面積が増加するとされている。

以上の背景を踏まえ、矢野ら(2018)²⁾は流木の発生と傾斜角・累積雨量に対して各溪流の斜面崩壊の発生率が持つ統計的関係を多変量解析したが、地質・土地利用などの要因をすべて包含して評価するまでには至っていない。

そこで本研究では、斜面崩壊に寄与すると考えられる要因を可能な範囲で全て導入し、ロジスティック回帰分析を適用した斜面崩壊発生確率評価モデルの開発を試みる。開発したモデルにより斜面崩壊発生率を評価し、流木発生量を算出できるようにする。国土交通省が発生流木量の算出に用いた流木発生源データ、および林野庁が用いている経験式³⁾を参考に算出した流木発生量と本モデルによる結果を比較し、本手法による適用性を評価する。

2. 内容

(1) 調査対象流域

調査対象は図-1で示した平成29年水害で被災した筑後川中流域右岸の疣目川・桂川・妙見川・北川・奈良ヶ谷川・寒水川・白木谷川・赤谷川・大肥川・黒川の10支川の流域である。これら各流域を溪流単位に分割して評価に用いる。

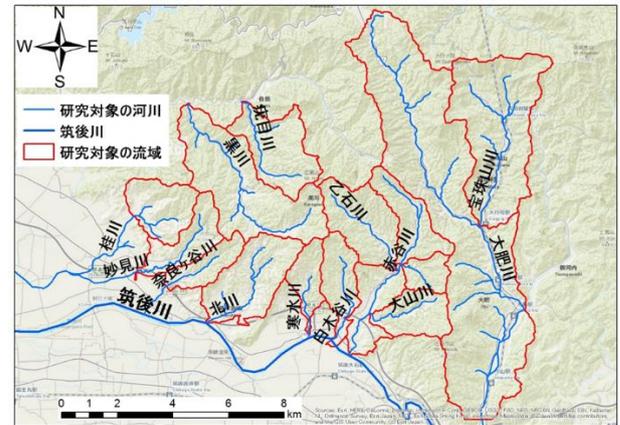


図-1 検討対象流域

(2) 研究方法

まず、各溪流について30mメッシュで分割し、要因データを作成した。要因データは斜面崩壊に寄与する素因として傾斜角・地質・断面曲率・累積流量・土壌被覆を、誘因として時間雨量(1時間・3時間・6時間・12時間・24時間)を設定した。メッシュ数は崩壊箇所を含むものが3,659個、含まないものが209,257個となった。一般的に崩壊箇所データと同数の非崩壊箇所データを用いるため、ランダムサンプリングで非崩壊箇所を3,659個抽出し、再現性の確認のためにそれを20回試行した。

素因・誘因の関係性を調べるため次のモデル関数で、崩壊確率 $P(z)$ を算出した。

$$P(z) = \frac{1}{1+\exp(-z)} = \frac{\exp(z)}{1+\exp(z)} \quad (1)$$

ここで、 $z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$, β_i : 回帰係数(最尤法により決定), X_i : 説明変数である。 β_i は表-1に一例を示すように素因と要因を組み合わせたケースを38ケース設定して計算した。次に、国土交通省より提供された流木発生源データに国土地理院の土砂崩壊地データをGIS上の溪流区分データに重ね、各溪流の崩壊面積を得た。得られた崩壊地面積を次式に適用し流木発生量を算出した。

キーワード：流木, 平成29年7月九州北部豪雨, 斜面崩壊, ロジスティック回帰分析

表-1 素因誘因の組み合わせ例 (case21~24)

素因	傾斜角		incl	case21	case22	case23	case24
		断面曲率		scuv	○	○	○
地質	火山性		geo2	○	○	○	○
	深成岩		geo3	○	○	○	○
	変成岩		geo4	○	○	○	○
累積流量			kasen				
	草地		grass	○	○	○	○
土壌被覆	落葉広葉樹		dbf	○	○	○	○
	常緑広葉樹		ebf	○	○	○	○
	常緑針葉樹		enf	○	○	○	○
	裸地		land	○	○	○	○
	草地+裸地		kasen2				
誘因	雨量	1hr	rain1H				○
		3hr	rain3H				○
		6hr	rain6H	○			○
		12hr	rain12H		○		○
		24hr	rain24H			○	○

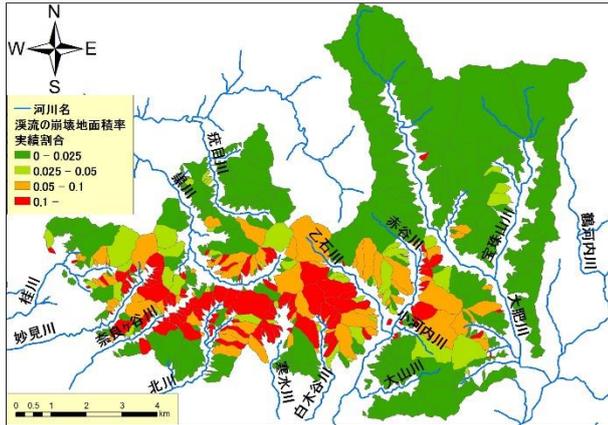


図-2 溪流毎の崩壊地面積率分布 (実績値)

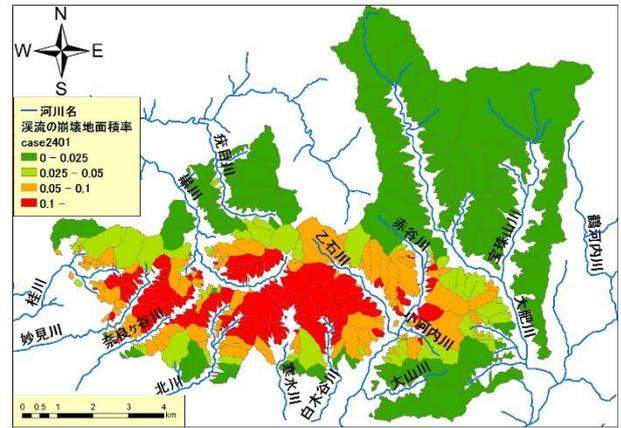


図-3 溪流の崩壊地面積率 (case24)

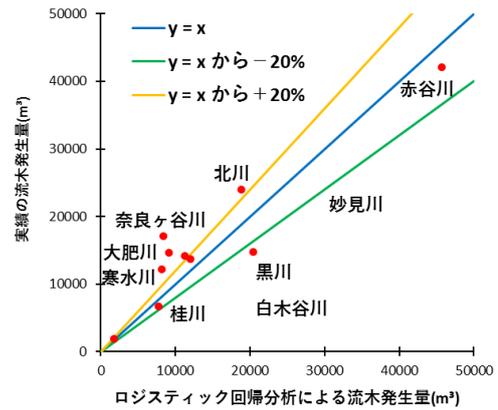


図-4 河川毎の流木発生量の再現性

$$V = \beta A \quad (2)$$

ここで、 β : 面積当たりの材積量である。 β は福岡県人工林収穫予測システム⁴⁾を用いて、樹齢45年を仮定した単位面積当たり材積量 $54,900\text{m}^3/\text{km}^2$ を用いた。

(3) 結果と考察

図-2 に実績データから得た溪流毎の崩壊面積率分布を示す。実績に近い再現ができたケースは、素因のうち傾斜角・断面曲率・地質を、誘因のうち時間雨量を全部、もしくは複数組み合わせたものであった。また、誘因に3時間雨量または6時間雨量のみを含むケースは他の時間雨量のみを含むケースに比べて再現性が高かった。再現誤差などの3種類の評価軸に基づいて再現性が最も高いケースを判断すると case24 が選定された。図-3 に case24 で作成した崩壊面積率分布予測結果を示す。概ね良好な評価ができていることが分かる。

次に、case24 より河川毎の流木発生量を算出し、実績より式(2)で求めた流木発生量との比較を図-4 に示す。大部分の河川は実績データの±20%の範囲で流木発生量を評価できていた。一方、時間雨量が流域

内で、空間的に変動していた河川(例えば、奈良ヶ谷川など)ではズレが大きくなる傾向がみられた。

3. 結論

平成29年九州北部豪雨被災河川においてロジスティック回帰分析による土砂崩壊発生の確率評価を試みた。その結果、素因・誘因の組み合わせを変えることで実績に近い再現を行うことができた。また、ベストケースより流木発生量を算出し、経験式より求められる流木発生量との比較からモデルの有効性が確認できた。

謝辞: 本研究は平成30年度河川財団助成、同年度河川情報センター研究助成、ならびに文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の援助により実施された。

[参考文献] 1) 筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会(2018): 同委員会報告書., 2) 矢野ら(2018): 土論 B1, 74(5), I_1063-I_1068., 3) 林野庁(2012): 土石流・流木対策の手引き., 4) 福岡県: <http://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/sugi-yosoku.html>