

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推定モデルの改良

九州大学大学院 学生会員 ○正垣貴大・津末明義・Wu Yiwen・矢藤壮真
九州大学大学院 フェロー 矢野真一郎 東京工業大学 正会員 笠間清伸

1. 目的

平成29年7月九州北部豪雨(29年水害)では約21万m³の流木が流出し、筑後川中流域右岸の中小河川で洪水被害を拡大させた¹⁾。例えば、赤谷川の上流域では大量に発生した土砂や流木が橋脚に集積し、洪水が谷底平野一帯に流れる事例が確認された。国と福岡県の「筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会」報告書²⁾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斜面崩壊が多く発生し、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、崩壊面積割合と降水量との関係から、1時間雨量100mm、3時間雨量250mm、6時間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していた²⁾。

以上の背景を踏まえ、正垣ら(2019)³⁾は斜面崩壊に寄与すると考えられる様々な要因を導入し、ロジスティック回帰分析を適用して斜面崩壊発生確率を地点毎に算定することで、斜面崩壊を評価するとともに流木発生量を算出することを試みた。しかし、得られたモデルには次の問題点が認められた。すなわち、最適ケース(case24)をはじめ、時間雨量など複数の回帰係数で負の値が示されているなど不合理な結果がみられた。本研究では、物理的に合理的かつ、高精度に流木発生量を算出できるモデルを見出すことを目的として改良を試みた。

表-1 正垣ら³⁾による最適ケース case24 などの回帰係数

		case21	case22	case23	case24	
決定係数		0.3968	0.307	0.3107	0.4089	
切片		-11.7139	-7.38794	-8.12986	-17.4159	
素因	傾斜角	0.052081	0.034386	0.034238	0.053126	
	断面曲率	4.81206	-18.6578	-19.1047	3.477268	
	地質	火山性	-0.61927	-0.95539	-0.98608	-0.3442
		深成岩	0.251173	0.721172	0.711803	0.088236
		変成岩	0.555266	0.391972	0.400206	0.515042
	累積流量	0	0	0	0	
	土壌被覆	草地	1.379762	1.339182	1.320539	1.364957
		落葉広葉樹	0.938538	0.828437	0.832068	0.951718
		常緑広葉樹	0.143633	0.23272	0.238543	0.163669
		常緑針葉樹	0.086872	0.076015	0.089207	0.150757
裸地		-11.7202	-11.5315	-11.5447	-11.6938	
草地+裸地	0	0	0	0		
誘因	雨量	1hr	0	0	0.066495	
		3hr	0	0	-0.02188	
		6hr	0.025578	0	0	0.035618
		12hr	0	0.011907	0	-0.01997
		24hr	0	0	0.011927	0.019078

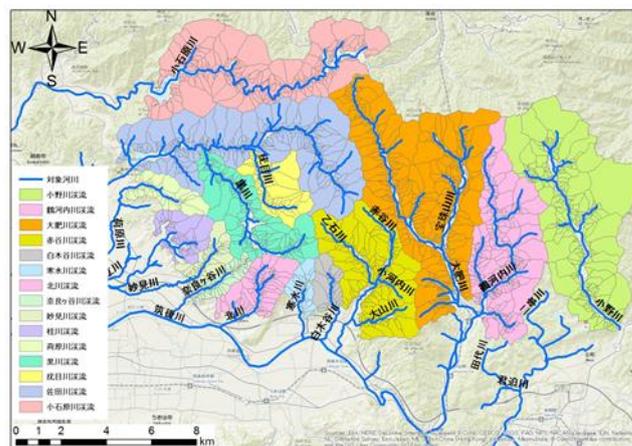


図-1 検討対象流域

2. 内容

(1) 調査対象流域

調査対象は図-1に示した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・奈良ヶ谷川・北川・寒水川・白木谷川・赤谷川・大肥川・黒川・小石原川・佐田川・荷原川・鶴河内川・小野川の15支川の流域とした。

(2) 研究方法

対象流域について30mメッシュで区分し、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・平面曲率・累積流量・土壌被覆を、誘因として1時間・3時間・6時間・12時間の各最大累積雨量をCX雨量データより設定した。正垣ら³⁾では雨量について3時間と6時間、12時間と24時間の組み合わせで相関が高かったが、回帰係数に負値が生じていた。ここでは、表-2に示すように各時間に対して一つ小さい規模の雨量を差し引いた取り扱いとした。メッシュ数は崩壊部分で3,267個、非崩壊部分で173,325個となった。解析では崩壊と同数の非崩壊メッシュをランダムサンプリングで抽出し、要因データと組み合わせた。

次に素因・誘因の関係性を調べるためロジスティックモデル(1)により、崩壊確率 $P(z)$ を算出した。

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

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

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡744 九州大学 W2号館 1013号室 TEL: 092-802-3412

表-2 雨量の取り扱い方

時間雨量	本研究の取り扱い
1時間	最大1時間雨量
3時間	最大3時間雨量 - 最大1時間雨量
6時間	最大6時間雨量 - 最大3時間雨量
12時間	最大12時間雨量 - 最大6時間雨量

表-3 改良ケースの一例 (ケース 36~ケース 42)

		cs36.01	cs37.01	cs38.01	cs39.01	cs40.01	cs41.01	cs42.01
傾斜角	incl	○	○	○	○	○	○	○
平面曲率	pcuv	○	○	○	○	○	○	○
地質	火山性	○	○	○	○	○	○	○
	深成岩	○	○	○	○	○	○	○
	変成岩	○	○	○	○	○	○	○
素因	累積流量	○	○	○	○	○	○	○
	kasen	○	○	○	○	○	○	○
土壌被覆	草地	○	○	○	○	○	○	○
	落葉広葉樹	○	○	○	○	○	○	○
	常緑広葉樹	○	○	○	○	○	○	○
	常緑針葉樹	○	○	○	○	○	○	○
	裸地	○	○	○	○	○	○	○
	land	○	○	○	○	○	○	○
	草地+裸地	○	○	○	○	○	○	○
誘因	雨量	1hr	○	○	○	○	○	○
		3hr	○	○	○	○	○	
		6hr	○	○	○	○	○	
		12hr	○	○	○	○	○	
		rain12H	○	○	○	○	○	

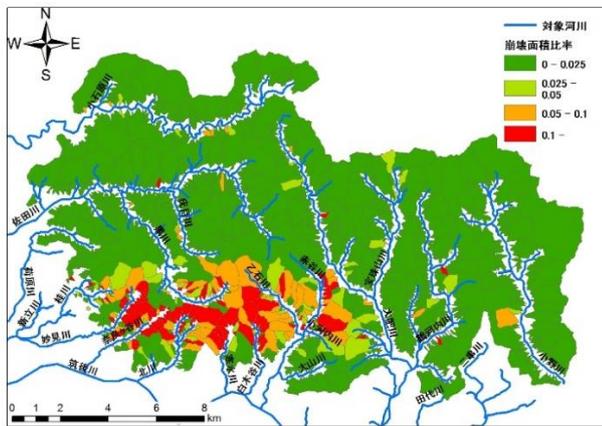


図-2 渓流毎の崩壊地面積率分布 (実績値)

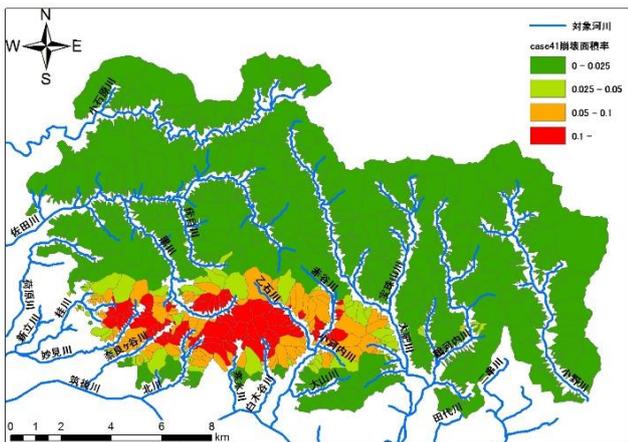


図-3 渓流の崩壊地面積率分布 (予測値 : case41)

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-3 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 42 ケース設定して計算した。次に、正垣ら³⁾で使用した流木発生源データを GIS 上の渓流区分データに重ね、各渓流の崩壊面積を得た。流木発生

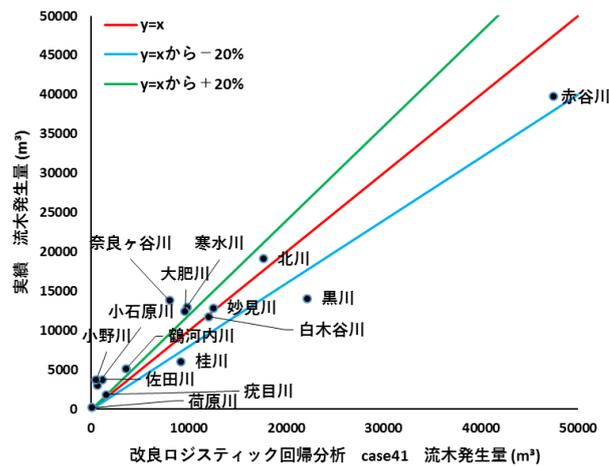


図-4 河川毎の流木発生量の再現性

量 V は溪流の崩壊面積 A から次式より算出した。

$$V = \beta A \tag{2}$$

ここで、 β : 単位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 $54,900\text{m}^3/\text{km}^2$ を用いている。流木発生源は、山林・溪畔林・河畔林・その他に分類されていたが、山林が大部分を占めていた¹⁾。

(3) 結果

図-2, 図-3 に溪流毎の崩壊面積率分布を示す。回帰係数の合理性を担保しながら、実績に近い再現ができた最適ケースは、すべての素因に加えて、雨量の取り扱いを変え、1 時間・3 時間・6 時間の雨量を誘因とした case41 であった。各河川の流木発生量の再現性は良いものであった(図-4)。

3. 結論

正垣ら³⁾から説明変数の組み合わせを増やし、雨量の取り扱いを工夫した結果、斜面崩壊を高精度で予測すると同時に、物理的にも合理的なモデルを作成することができた。

[謝辞]: 本研究にあたって、科研費基盤研究(A)「気候変動影響を考慮した総合的流木災害リスク評価の展開」(19H00812), (公財) 河川財団による平成 31 年度河川整備基金、ならびに(一社)九州地域づくり協会による平成 31 年度調査研究助成に援助を頂いた。ここに記し、深甚なる感謝の意を表します。

[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報告書(2018), 2)矢野ら(2018): 土論 B1, 74(5), I_1063-I_1068., 3)正垣ら(2019): 年講, 74, II-133., 4)福岡県: <http://www.pref.fukuoka.lg.jp/contents/sugi-yosoku.html>