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評価モデルの改良および確率降水量に対する流木発生量の評価

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

１．目的

平成 29 年 7 月九州北部豪雨では約 21 万 m^3 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，ロジスティック回帰分析による算出の中で時間雨量・断面曲率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いる．同時に本研究では，開発するモデルが時間雨量を考慮して流木発生量を算出できることを利用して，朝倉観測所の確率降雨量を適用し，調査対象流域における再現期間別の流木発生量を評価することを目的としている．

２．研究内容

（１）調査対象

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・奈良ヶ谷川・北川・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 GIS 上で渓流単位に分割した．

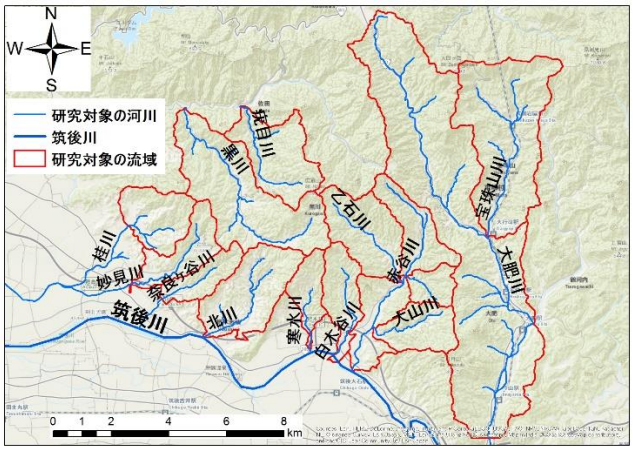

図-1　調査対象河川

（２）研究方法

調査対象渓流について 30m メッシュに区分し，要因データを作成した．本研究で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・24 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(2019)[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．そのためここでは，**表-1** 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する．メッシュ数は崩壊部分で 15,380 個，非崩壊部分で 197,701 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．

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)式により，崩壊確率 $P(z)$を算出した．

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

ここで，$z=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\cdots+\beta_nX_n$，$\beta_i$：回帰

表-1　本研究における雨量の取り扱いについて

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
24時間	最大24時間雨量－最大12時間雨量

表-2　ケースの一例（ケース 68～ケース 80）

	素因											誘因				
	傾斜角	平面曲率	地質			累積流量	土壌被覆					雨量				
			火山性	深成岩	変成岩		草地	落葉広葉樹	常緑広葉樹	常緑針葉樹	裸地	1hr	3hr	6hr	12hr	24hr
cs68_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
cs69_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○
cs70_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
cs71_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○
cs72_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
cs73_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	
cs74_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○
cs75_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	
cs76_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○
cs77_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			○	○
cs78_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	
cs79_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○		○
cs80_01	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○	○

係数（最尤法により決定），X_i：説明変数である．β_i は**表-2** 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 120 ケース設定して計算した．

次に，正垣ら(2019)[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．流木発生量 V は渓流の崩壊面積 A から経験式[4]より算出した．

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

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[5]を用いて，樹齢 45 年を仮定した単位面積当たり材積量 54,900m^3/km^2 を用いている．流木発生源は，山林・渓畔林・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．

確率降雨量を用いた流木発生量の予測を行うにあたり，気象庁の朝倉観測所で観測された 1976 年から 2018 年の 1 時間雨量データを使用した．国土技術研究センターが公開する『水文統計ユーティリティー』[6]を利用して，各時間の確率降雨量を再現期間別に算出した．最後に，作成したモデルに確率降雨量を適用し再現期間別の流木発生量を算出した．

３．結果

ロジスティック回帰分析より，渓流毎の斜面崩壊発生確率と実績の崩壊地面積率で散布図を作成し，決定係数を算出した．その中で case68 は時間雨量の回帰係数が全て正値を示したケースであり，決定係数が最も高い結果であった．また，case68 の崩壊地面積率は実績の渓流崩壊地面積率を高精度で再現できていた．渓流毎の斜面崩壊地面積率について，実績値と case68 により評価された値のそれぞれの分布を**図-2**，3 に示した．

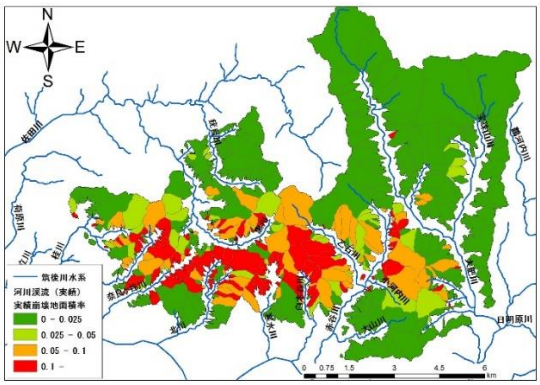

図-2　渓流毎の斜面崩壊地面積率（実績）

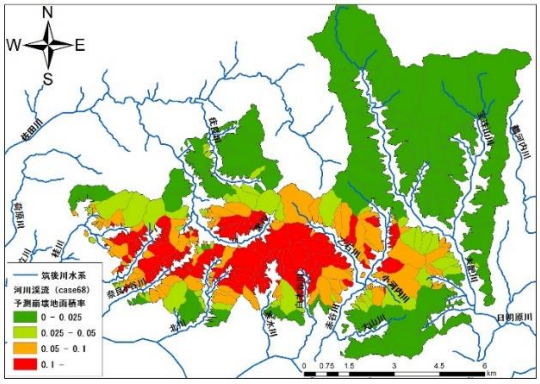

図-3　渓流毎の斜面崩壊地面積率（case68）

４．結論

正垣ら(2019)[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．

今後は，河川毎の流木発生量の算出，ならびに確率降雨量に対応した流木発生量の変化を算出し，講演時に説明する予定である．

［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)国土交通省(2017): http://www.mlit.go.jp /common/001198670.pdf（2018 年 5 月時点），2) 筑後川右岸流域　河川・砂防復旧技術検討委員会：筑後川右岸流域河川・砂防復旧技術検討委員会報告書., 3)正垣ら(2019)：年講, 74, II-133., 4)林野庁(2012)：土石流・流木対策の手引き., 5)福岡県：人工林収穫予測システム., 6)国土技術研究センター：水文統計ユーティリティー.