

朝倉市赤谷川流域を対象とした平成 29 年九州北部豪雨における斜面崩壊と洪水の統合解析

藤田 正治¹・山野井 一輝¹

¹ 京都大学防災研究所 流域災害研究センター (〒612-8235 京都府京都市伏見区横大路下三栖東ノ口)
E-mail: fujita.masaharu.5x@kyoto-u.ac.jp yamanoi.kazuki.6s@kyoto-u.jp

本災害の特徴は、斜面崩壊が同時多発的に発生しただけでなく、崩土が河道に供給され、河床上昇を引き起こしたことに起因して、甚大な洪水被害が発生したことにある。本研究では、朝倉市赤谷川流域を対象とし、筆者らがこれまで開発してきた降雨流出、斜面崩壊による土砂生産、崩土の河道への供給、および河道部での水と土砂の輸送モデルを統合したシミュレータを適用した。さらに、災害の発生期間中の複数の時点における斜面崩壊と洪水の発生状態と危険度の分布について整理・検討した。

Key Words: shallow landslide, river bed aggradation, sediment transport, heavy rainfall, multi hazard

1. はじめに

平成 29 年九州北部豪雨による災害の一つの特徴は、降雨流出過程のみによる単純な洪水ではなく、斜面崩壊が流域スケールで多発し、土砂が河道に供給されたことに起因した河床上昇が発生したため、非常に大規模な被害が生じたことにあると考えられる。筆者らはこれまで、降雨流出過程、土中水分量を斜面崩壊発生指標として利用する斜面崩壊予測モデル（土砂生産モデル）、土石流としての河道外への堆積量を評価する土砂供給モデル、および流域土砂流出モデルを統合し、斜面崩壊と洪水に関連するハザード群の危険度レベルの面的分布を同時に解析するシミュレーション手法を構築してきた¹⁾。本研究では、これを朝倉市赤谷川流域に適用し、斜面崩壊と洪水の発生プロセスについて検討した。

2. 解析手法および解析条件

(1) 解析モデルの概要

本解析モデルは、流域地形モデル、斜面崩壊モデル、土砂供給モデル、水・土砂の流出モデルから構成される。流域地形モデルは図 1 のように、河道網を節点毎に区切り、各節点間を直線に近似した単位河道と、単位河道の兩岸を 1 つの矩形斜面に近似した単位斜面からなるモデルを用いる。ただし斜面崩壊の解析には、単位斜面を尾根線と谷線でさらに分割した²⁾斜面要素を用いる。

斜面崩壊モデルには、土中水分量を崩壊指標として用い崩土量までを算出可能なモデル³⁾、土砂供給モデルに

は地形から河道外への堆積土砂量を算出し、これを超過した量が河道に供給すると扱う手法⁴⁾を用いている。水・土砂の流出モデルには、斜面部の降雨流出と河道部の水の流れを Kinematic wave 法によって解析し、さらに河道部の貯留土砂量の変化を流砂量式に基づいて解析する江頭・松木のモデル⁵⁾を使用している。

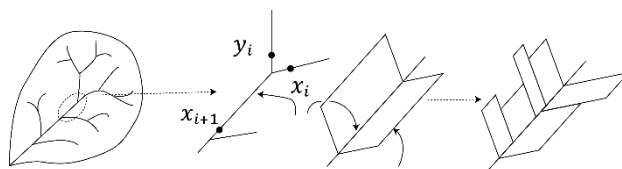


図 1 流域地形モデルの概要

(2) 解析条件

赤谷川本流域を対象に抽出した単位河道・単位斜面および斜面要素からなる地形条件を図 2 に示す。降雨条件にはレーダーアメダス解析雨量を用い、解析雨量メッシュ内の降雨強度は一律であると仮定して、単位斜面・斜面要素領域ごとに面平均雨量を算出して与えた。図 2 には与えた降雨条件から求めた、7 月 4 日から 7 日までの総降雨量を併記している。流域の北部から中部にかけて総降雨量が 600mm 以上の領域が見られ、中央付近には 800mm を超えた領域も存在する。次に流域中央部 Point A のある単位斜面における降雨強度の時間変化を図 3 に示す。7 月 5 日の 15:00 以降の 3 時間で総降雨量が 300mm 以上増加しており、この時間帯に短時間で災害が発展したことが想定される。

河道幅は現地における測量と航空写真を参考にして図

2 に記したように設定した。ただし、本解析では河道断面を副断面として扱い、水位が主流路の高さを超過した場合には、水深を高水敷幅 B2 を考慮して算出するものとした。なお、単位河道の流砂量は主流路部の水理量から評価するが、土砂が堆積する場合には高水敷にも堆積するものとし、侵食する場合は主流路部のみが侵食するものとして扱っている。高水敷幅 B2 は図 4 に示すよう、高水敷領域を地形条件から求め、その平均幅を算出して与えている。本解析では、高水敷領域は勾配が 5 度以下、河道からの比高が 5m 以下、かつ河道からの距離が 100m 以下の領域としている。

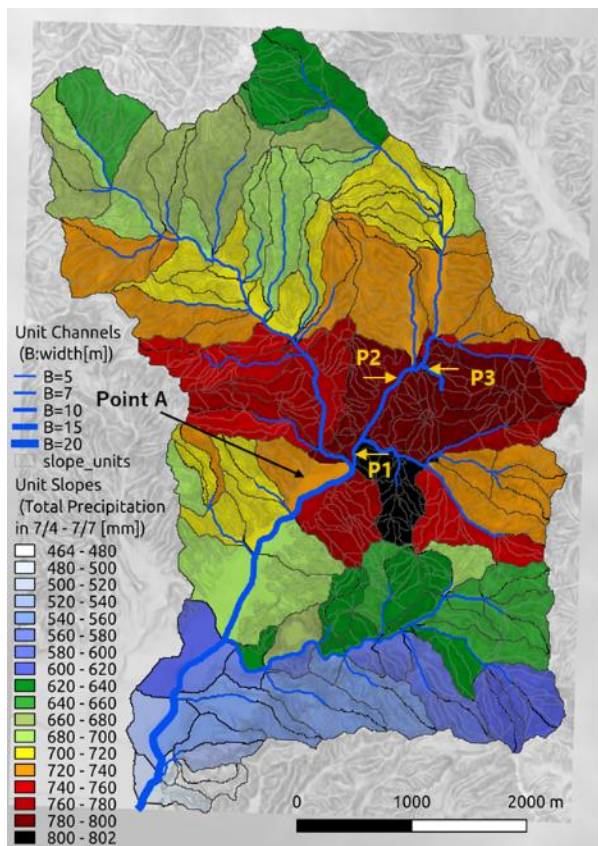


図2 赤谷川流域の地形条件および河道幅条件と総降雨

量(7/4-7)の分布

また、河床および生産土砂の粒度分布は、図 5 に示した条件を与えた。これは現地 P1-P3 でサンプリングしうる分け試験によって得たものであり、河床には P1 の粒度分布を、生産土砂は地質図をもとに、片岩領域と花崗閃緑岩領域にそれぞれ P2, P3 の粒度分布を与えている。なお、P1 では元河床の材料に近いと考えられる箇所、P2, P3 では実際に河道に供給されたとみなせる箇所にてサンプリングを行った。写真-1 は P3 にて採取した土砂サンプルである。ただし、現地での採取が困難であった大粒径成分を考慮するため、いずれの粒度分布にも 20% ずつ代表粒径 100mm の成分を加えている。

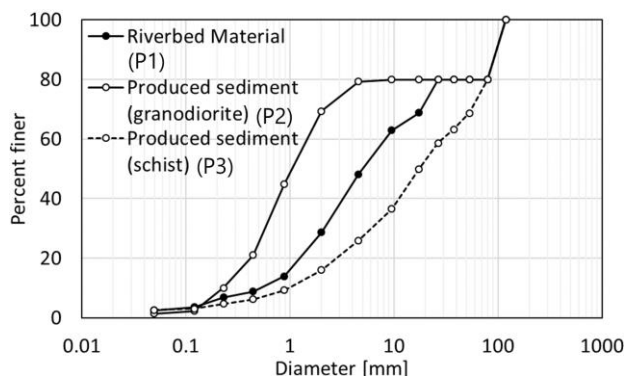


図5 設定した粒度分布条件(採取地点 P1-3 は図 2 に記載)



写真-1 P3 にて採取した土砂サンプル

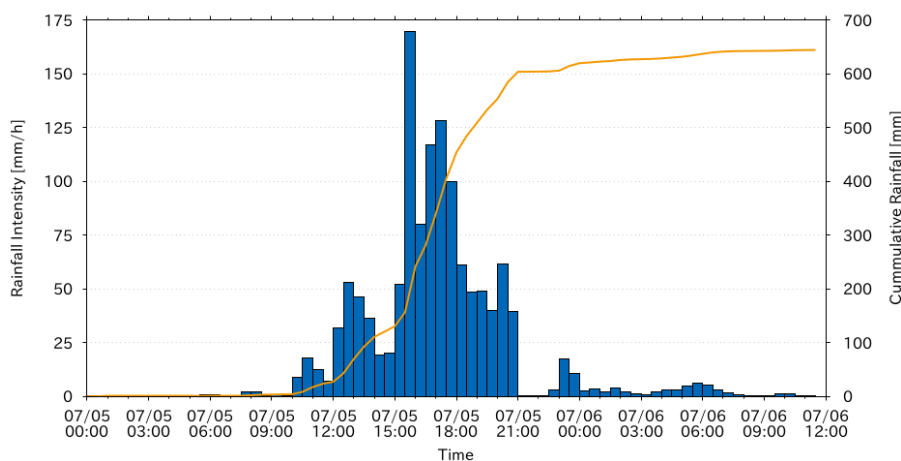


図3 Point A におけるハイエトグラフ(7/4-7/5)

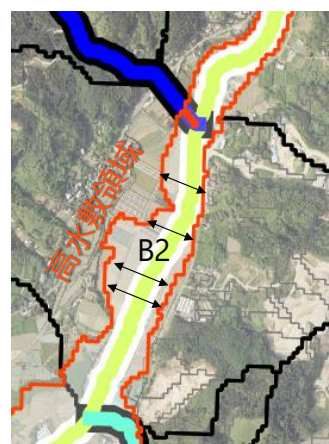


図4 副断面幅 B2 の算出手法

3. 解析結果および考察

避難所として利用された松末小学校の位置する PointA において得られた斜面崩壊指標と河床位・水位の解析結果を図6に示す。この地点では降雨が強まった16時～18時にかけて斜面崩壊の発生危険度が徐々に上昇し、18時直前に崩壊指標の最大値が1を超過して斜面崩壊が発生し始める結果となった。これに対し、水位で表現される洪水の危険度は、18時頃に河床上昇を伴って急激に上昇した結果となった。18時以降は洪水と斜面崩壊に関連する現象の危険度が双方非常に高い状態になったと考えられる。

次に、解析上で概ね崩壊の発生が落ち着き、水位が低下し始めたタイミングである21:00時点における降雨強度の分布と、水位、崩壊個数の解析結果を図7に示す。流域の中央部では降雨強度が50mm/h以上の状態が継続

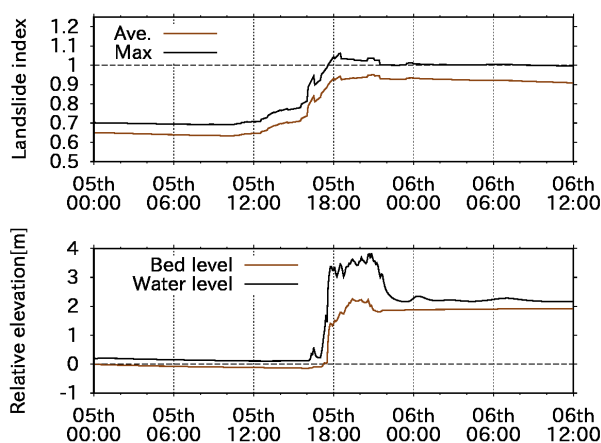


図6 PointAにおける斜面崩壊指標と水位、河床位の解析結果

しているが、赤谷川本川部では3~4mの水位の状態となっている。この付近の河道の高さ2.5m程度であり、水・土砂を合わせて0.5~1.5m程度の深さの氾濫が発生した状態となったといえる。また同時点で、乙石川上流部や赤谷川の左岸支川等では水位が5m以上の状態にあり、すでに大きな被害が生じていたものと推定される。

ただし、流域南東部の支川の流域では実際にはほとんど崩壊が発生していないが、計算では崩壊・洪水ともにある程度発生した結果となった。今後、降雨データの質、斜面の土層パラメータの妥当性などについて、検証を進める必要がある。

次に、既往研究^りと同様、崩壊関連ハザード群（斜面崩壊、がけ崩れ、土石流等）、洪水関連ハザード群（洪水、氾濫、橋梁被害等）の危険度情報として、4段階にレベル化して表示したものを図8に示す。洪水関連ハザード群の評価基準は、初期河床位を基準として水位の河道の高さとの比を R_w として、

$$\text{Level 1: } R_w < 0.8$$

$$\text{Level 2: } 0.8 \leq R_w < 1.0$$

$$\text{Level 3: } 1.0 \leq R_w < 1.2$$

$$\text{Level 4: } 1.2 \leq R_w$$

としている。すなわち、Level 3となると河道から水が溢れて洪水が発生し始める状態となる。また崩壊関連ハザード群に関しては、単位斜面内に存在する斜面要素の崩壊指標の最大値 R_{smax} 、平均値を R_{save} として、

$$\text{Level 1: } R_{smax} < 0.9, R_{save} < 1.0$$

$$\text{Level 2: } 0.9 \leq R_{smax} < 1.0, R_{save} < 1.0$$

$$\text{Level 3: } R_{smax} \geq 1.0, R_{save} < 1.0$$

$$\text{Level 4: } R_{smax} \geq 1.0, R_{save} \geq 1.0$$

としている。すなわち、Level 3では単位斜面内のいずれ

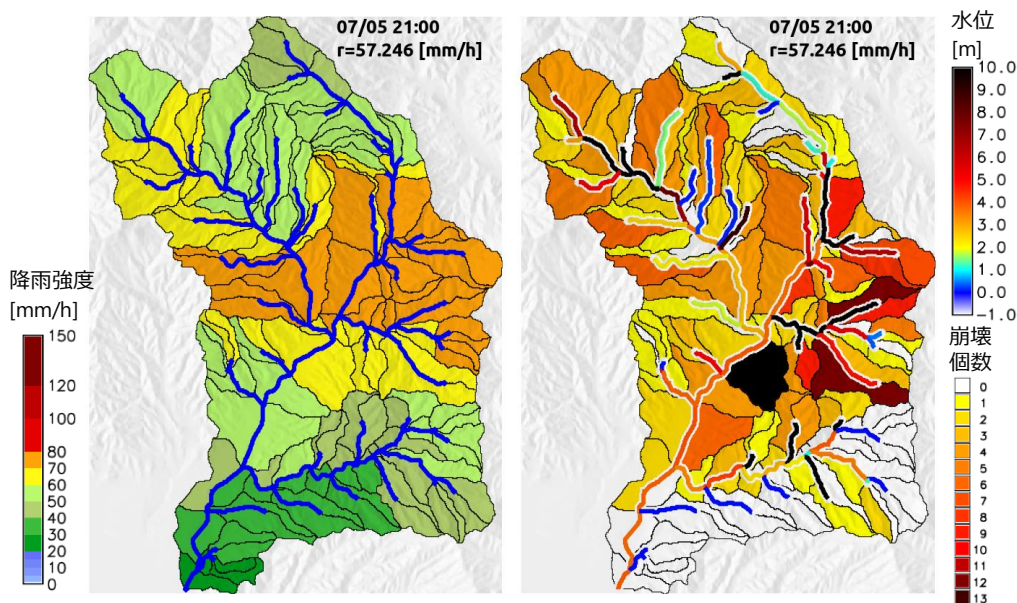


図7 7/5 21:00時点における降雨強度と、水位、崩壊個数の推定結果 r: 流域平均降雨強度

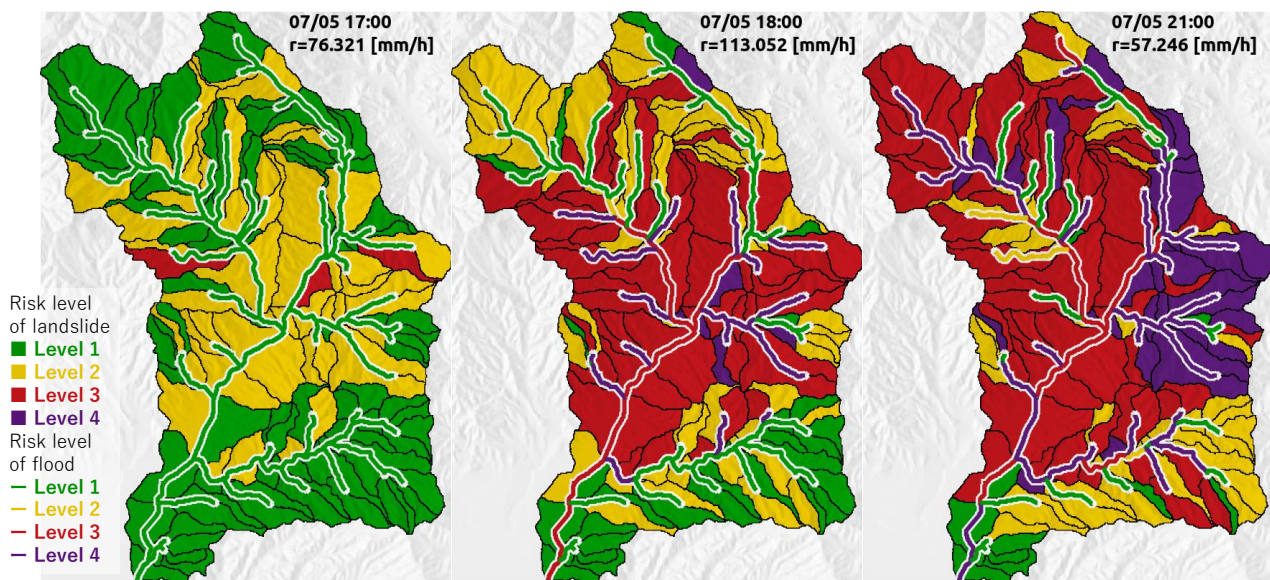


図 83 時点における各ハザード群の危険度分布 r: 流域平均降雨強度

かの斜面要素で崩壊が発生し、Level 4 では単位斜面内の崩壊危険度が全体的に上昇した状態である。

図 8 によると、17 時の時点では一部で崩壊関連ハザード群危険度の上昇が確認できるが、ほとんど洪水は発生していない状態にある。この状態から 1 時間後の 18 時には流域中央付近での崩壊・洪水のリスクレベルが急激に上昇して 3 に到達し、その後 21 時には流域全体がさらに危険な状態に推移した。また、以上の計算結果を基にすると、16-18 時にかけての時間帯に流域外への避難ができれば、人的被害を抑えられた可能性はあると考えられる。しかしながら、この時間帯は 75 mm/h 以上の降雨のピーク時間とも一致しており視界も悪く恐怖感を感じるような状態であったと考えられ、現実的には避難は困難な状態にあったと推定される。

4. 結論

本研究では、赤谷川流域を対象として斜面崩壊・と洪水の統合解析を実施し、各時点でのそれぞれの発生状態

と危険度について検討した。今後、現地での調査結果を元にした現象の発生時間情報の検証と、降雨データや斜面土層の土質条件等のパラメータについて詳細に検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) 山野井, 藤田: 豪雨時の水・土砂災害に関わるハザード群の発生リスク評価, 土木学会論文集 B1, Vol. 72, No. 4 p. I_1291-I_129, 2016
- 2) 周国云・江崎哲郎・謝謨文・佐々木靖人: GIS を用いた山地地形から三次元すべり危険斜面を抽出する方法の開発と適用, 応用地質, Vol. 46, No. 1, pp. 28-37, 2005
- 3) Chen-Yu CHEN, Masaharu Fujita: A Method For Predicting Landslides on a Basin Scale Using Water Content Indicator, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 70, No.4, pp.I13-I18, 2014
- 4) 江頭進治, 松木敬: 河道貯留土砂を対象とした流出土砂の予測法, 水工学論文集, 第44巻, pp.735-740, 2000

(2018. 2. 28 受付)

INTEGRATED SIMULATION OF LANDSLIDE AND FLOOD ON A HEAVY RAINFALL EVENT IN AKADANI RIVER BASIN, ASAKURA CITY

Masaharu FUJITA and Kazuki YAMANOI

The disaster happened by huge rainfall in Northern Kyu-shu island, 2017 is characterized by the multiple hazards related to flood and landslides. We have been developing a multi hazard simulator integrating a landslide prediction model, sediment supply model, and rainfall/sediment runoff model. In this study, we applied the model to Akadani river basin located in Asakura city employing Radar-AMeDAS composite rainfall data and grain size distribution data obtained by field sampling. As a result, the risk of landslides was gradually increased during the term of rainfall peak. In contrast, the risk of flood rapidly increased with the riverbed aggradation due to the sediment transport and production by landslides. In this disaster, evacuation seemed to be difficult because of strong rainfall after increasing the landslide index and flood risk.