

住宅地へ流入する土石流渓流における災害リスクの評価方法の検討

京都大学大学院農学研究科 ○青柳昌憲・中谷加奈・小杉賢一朗

広島大学大学院先進理工系科学研究科 長谷川祐治

立命館大学理工学部 里深好文

1. はじめに

近年、豪雨による土砂災害が頻発している。災害前に防災計画で想定した規模よりも大きな土石流の発生による被害も報告されることから、単一の土石流シナリオのみで危険度を評価するのではなく、複数のシナリオを考慮した住宅地内の災害リスクを把握して^{例えば 1)}、その評価方法を検討することが防災上求められる。土石流の被害軽減には砂防堰堤が有効である。堰堤を効果的に配置することで、下流への土砂流出が抑制されて被害の軽減が期待される一方で、堰堤の下流に水が流出することは十分に周知されていない。また、想定規模を越える土石流では、一部の土砂も流出する可能性がある。堰堤が設置された場合も複数シナリオを考慮した住宅地内のリスクを示すことで、堰堤の効果だけでなく限界を明らかにして、ハード対策の効果を反映したソフト対策としての避難する場所や経路を検討することが可能になる。

本研究では、2018年7月豪雨により土石流が発生した住宅地を対象として、複数の土石流シナリオを想定したシミュレーションを実施した。住宅地の建物高を考慮しない地形 (Digital Elevation Model ,DEM)、建物高を反映した地形 (Digital Surface Model ,DSM)、住宅地の谷出口付近に砂防堰堤が設置された条件を検討した。土石流の災害リスクを検討する指標には、流動深+堆積厚の最大値となる最大水位、堆積厚、流体力が挙げられるが、本稿では最大水位に着目して検討を実施した。

2. 対象地と条件の設定

広島県熊野町川角を対象として、高橋モデル²⁾を採用した Hyper KANAKO³⁾で土石流シミュレーションを実施した。地形データは広島県から提供された DEM と DSM を用いた。両者とも解像度は 1m×1m で、以降ではそれぞれ 1mDEM、1mDSM と呼ぶ。

1次元領域は計算点間隔 5m、河道幅 10m に設定した。土砂は均一厚さで移動可能土砂として 1次元領域に設定し、上流から供給される水で土石流が発生・発達するシナリオを想定した。図 1 に計算領域を示す。2次元領域は図 1 のように警戒区域や土砂が流出した範囲を囲むように設定し、計算格子は 1m×1m とした。

計算パラメータは、計算時間 600(s)、時間間隔 0.01(s)、粒径 0.2(m)、砂礫の密度 2650(kg/m³)、流体層の密度 1180(kg/m³)、マンニングの粗度係数 0.03(s/m^{1/3})、河床の容積濃度 0.65 に設定した。図 2 に示すハイドログラフ (水のみ) を 1次元領域の上流端から供給した。災害実績や流域面積、降雨量を基に設定すると^{1),4)}、ピーク流量は 50(m³/s)、土砂量 13,000(m³、空隙込)である。計算の妥当性の確認や、通常示される単一シナリオの一例として、災害規模での計算結果について最大水位と計算終了時の堆積厚について検討した。

災害実績を基準にしたピーク流量と土砂量を、0.5 倍、1.0 倍、1.5 倍、2.0 倍、2.5 倍の 5 種類を組み合わせた 25 ケースを、1mDEM、1mDSM、さらに 1mDSM に砂防堰堤を設置した地形で検討した。堰堤は図 3-5 に示す 2次元領域に配置し、最も低いメッシュから 20m 地盤高を上げる地形編集を行った。本研究では、最大水位について閾値を 1.0m、2.0m に設定し、全 25 ケースの結果で「閾値を超過する確率」を指標として危険度分布を検討した。



図 1：計算対象領域 (背景は災害後オルソ)

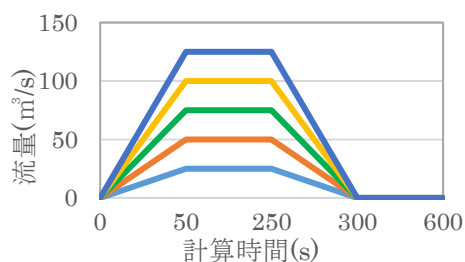


図 2：供給ハイドログラフ (水のみ)

3. 結果と考察

図3、図4に災害実績のケースでの計算終了時の堆積厚と、最大水位の結果を示す。DEMやDSMの堆積範囲は、図1の実災害の堆積範囲とおおむね一致するが、谷出口付近での堆積分布や実災害のように最大水位が建物間の道路に集中する様子は1mDSMの方がよくみられた。堆積厚、最大水位とも、1mDEM、1mDSMでは大きな差はないが、1mDSMに堰堤を設置したケースは、堰堤上流側で500cmを越える堆積厚や最大水位が見られ、堰堤の下流の住宅地内で堆積厚が100cmを越える範囲が大幅に小さくなった。一方で、最大水位は谷出口付近で100cmを越える範囲は小さくなるものの、北西方向に延びる道路を流下する範囲(図中の○)で100cm以上の最大水位を示すのは1mDSMや1mDEMと同様で、堰堤が存在しても下流まで多くの水が流出することが示される。



図3：災害実績のケースの計算終了時の堆積厚



図4：災害実績のケースの最大水位(計算結果)

図5に最大水位の閾値を1.0m、2.0mにした危険度分布を示す。超過確率1.00を示す領域は、全ケースで閾値を超えており、住宅地内で相対的な危険度が非常に高く、事前の対策が求められる。閾値1.0mでDEMとDSMを比較すると、DSMは流下方向が建物によって変わり、DEMより危険度分布の範囲が若干広がった。DSMとDSMに堰堤を設置したケースを比較すると、堰堤有りでは谷出口付近の危険度分布が変化して、DSMでは1.00に近い住宅地北側の範囲(図中の○)は、危険度が0.76まで低下した。閾値2.0mでDEMとDSMを比較すると、DSMの方が北東部で高い危険度を示すこと以外に大きな違いはない。DSMと堰堤有りを比較すると、堰堤有りの方が谷出口付近の危険度が著しく低下した。また、図中○で示す住宅地北側の危険度が低くなった範囲がみられる以外に、南西に伸びる道路の危険度分布が狭くなった。しかし、堰堤を設置しても危険度が1.00に近い範囲や0.60以上の範囲が谷出口から離れた場所にも存在する。

本稿のように最大水位に着目した場合は、堰堤を設置しても住宅地への災害リスクが存在して、谷出口から離れた場所も道路を移動経路として大きな最大水位が到達する可能性が高いことを明らかにした。

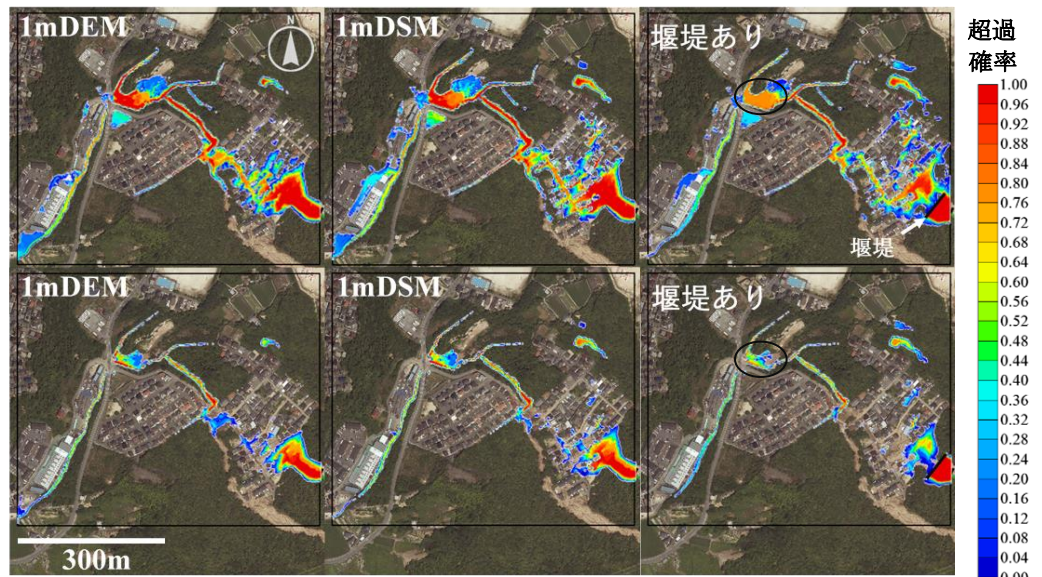


図5：最大水位1.0m(上段)と2.0m(下段)を閾値とした危険度分布

謝辞 本研究にあたり、広島県土木建築局より災害前後のLPデータを提供頂きました。ここに記して感謝致します。
参考文献 1)長谷川ら(2020): 第10回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 2)Takahashi T.(1991): Balkema, Rotterdam, 3)堀内ら(2012): 砂防学会誌, 64(6), 4)広島県(2018): 土砂災害警戒区域等における検討事項