

数値シミュレーションを用いた 土石流を起因とする河川氾濫リスクの評価

江口翔紀¹⁾・大中臨¹⁾・赤松良久¹⁾

¹⁾山口大学大学院創成科学研究科

1. はじめに

近年、気候変動の影響で頻発する豪雨災害に伴い、土石流と同時に他の災害が発生する複合災害の発生が頻発している。平成30年7月豪雨では、山口県岩国市瀬越地区において、土石流で発生した大量の土砂が、河道内に流出することに起因する河川氾濫によって多大な被害が発生した。当該災害について大中ら¹⁾は、UAV写真測量と数値シミュレーションを用いて実態解明を試み、土石流の発生が無ければ河川氾濫が発生しなかったことを明らかにしており、土石流を起因とした河川氾濫への対策の必要性を示している。現状の土石流警戒区域の情報だけでは、このような複合災害の被害を予測することは困難であるため、複合災害の発生機構を解明し、今後の複合災害の防災・減災対策を講じていくことが必要である。

そこで本研究では、土石流を起因とする河川氾濫の特性を明らかにするために、土石流が河道に流出するまでの土石流シミュレーション、および河床に土砂が堆積することを反映した状況での河川氾濫シミュレーションを実施し、土石流を起因とする河川氾濫のリスク評価を行った。

2. 土石流シミュレーション

2.1 方法

土石流シミュレーションにはiRICのMorpho2DHを用いた。なお、解析対象地域は、山口県長門市湯本地域(図-1)とした。この地点は、観光地であり家屋や商業施設が多く、人口が密集して



図-1 解析対象地域の概観 (山口県長門市湯本地域)

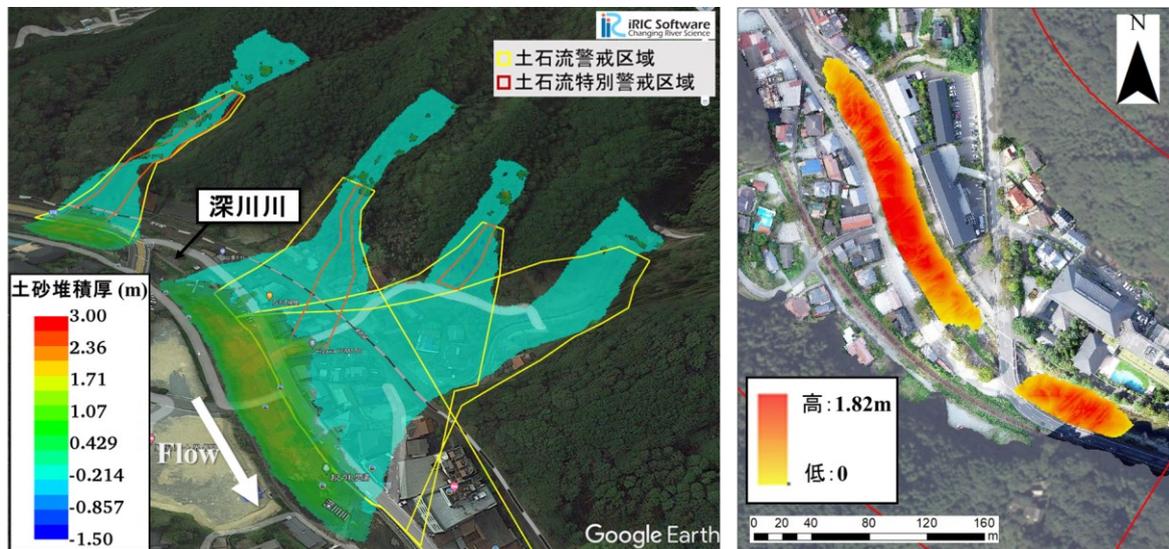
いるが、地域が山麓の河川沿い（深川川）に位置しており、付近には計 4 か所の土石流警戒区域が河道に沿って分布しており、土石流による河川氾濫の被害を受ける危険性が高いと考えられる。源頭部の位置は、図-1 に記した土石流警戒区域に指定されている危険渓流沿いの 0 字谷の遷急点とした。地形データは国土数値情報の 10m メッシュの DEM を内挿補間したものを使用した。その他パラメータを表-1 に示す。なお、パラメータは iRIC の技術報告書²⁾を参考とした。

表-1 土石流シミュレーションの条件

計算格子サイズ	2m × 2m
タイムステップ (s)	0.01
斜面崩壊面積 (m)	5 × 5
斜面崩壊深さ (m)	0.3
最大浸食深さ (m)	0.1
土砂濃度	変化
静止堆積濃度	0.6
液体として振る舞う土砂割合	0.2
土砂粒径, 最小流動深 (m)	0.01
内部摩擦角 (Degree)	34
層流層の厚さの比	0.4
抵抗係数	72

2.2 結果

土石流シミュレーションの結果を図-2 に示す。土石流シミュレーションの結果、発生した土石流は渓流沿いを発達し、多くの家屋や鉄道線路を巻き込みながら河川へ流出した。シミュレーション結果より算出した河道内への流出土砂量は1807.00m³であり、非常に多くの土砂が流出することが分かった。なお、シミュレーションでは流木や石などの流出を考慮していないため、実際に河道へ流出する体積はこれよりも多いと考えられる。また、土石流による土砂流出範囲が警戒区域を超えており、土石流警戒区域外であっても土石流や土石流による河川氾濫の危険性があることが明らかとなった。



(a) 土石流発生後の土砂堆積厚分布

(b) 河道内での土砂堆積の様子

図-2 土石流シミュレーションの結果

3. 河川氾濫シミュレーション

3.1 方法

河川氾濫シミュレーションには iRIC の Nays2DFlood を用いた。地形データは解析対象地域を UAV 空撮したものを基に作成した DSM (2.7cm/px) を用いた。なお、DSM は神野ら³⁾の手法によ

り水面下の地形補正を実施している。また、対象地域が属する深川川流域で降雨流出氾濫モデル（以下、RRIモデル）を用いて、当該地点の既往最大豪雨である2010年の豪雨を対象に降雨流出解析を行い、上流端および下流端の境界条件を得た。また、マンニングの粗度係数は河道内を0.03、それ以外を0.02として設定し、計算格子は2m間隔とした。計算範囲を図-3示す。なお本研究では、Case1: 土石流の影響を反映しない場合、Case2: 土石流による河道への土砂堆積を反映した場合、Case3: 土石流による河道への土砂堆積に加えて橋梁部での河道閉塞を反映した場合の3パターンで計算を行った。土石流による河道への土砂堆積を考慮した計算(Case2, およびCase3)では、土石流シミュレーションの結果より算出した河道への土砂堆積厚を地形データに反映した。また、橋梁部での河道閉塞を反映した計算(Case3)では、土石流による最も被害が大きいと考えられる橋梁で水を通さない障害物を設定した。



図-3 河川氾濫シミュレーションの計算範囲および橋梁の位置

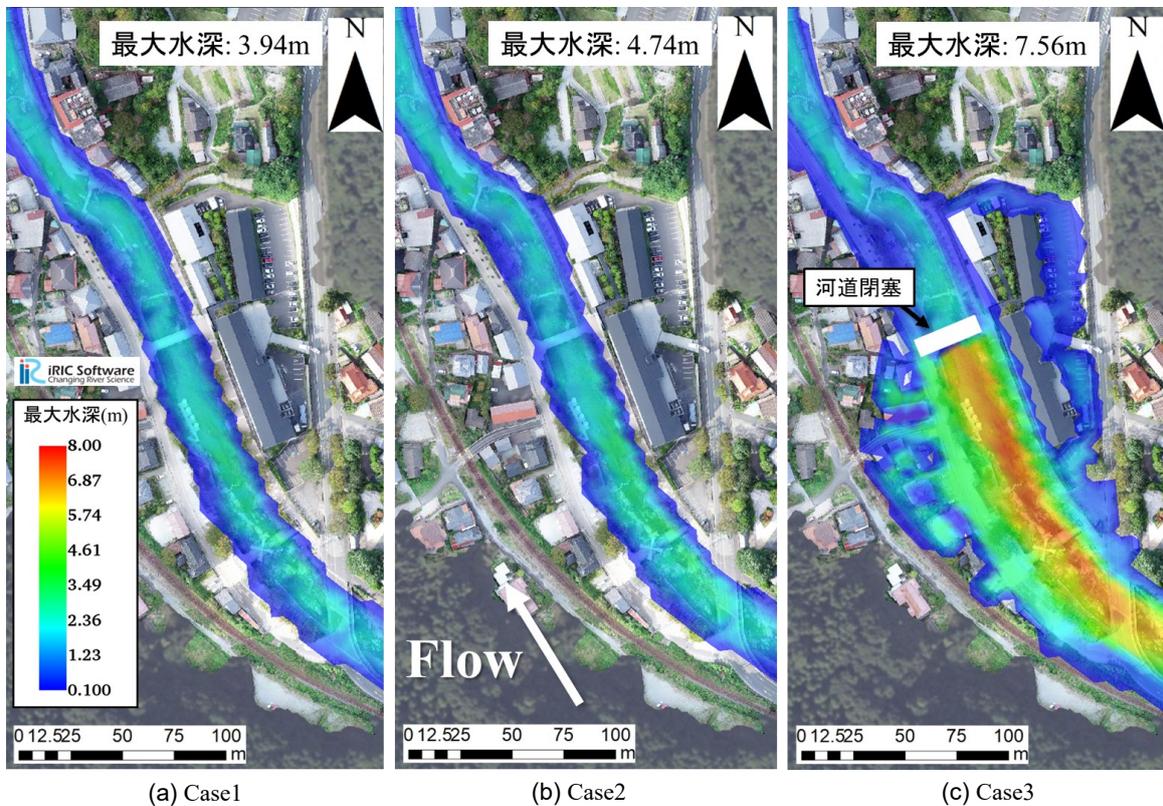


図-4 河川氾濫シミュレーションの結果（最大水深）

3.2 結果

図-4 に Case1～Case3 で得られた橋梁付近の最大水深コンターを示す。Case1 に比べて、Case2 では、全体的に水深がやや高くなっていることが確認できる。これは、土砂堆積箇所では流水が堰上げられたことや、河道断面積が縮小したことが要因と考えられる。当該結果より、土石流による河道への土砂堆積によって、河川氾濫のリスクが増大することが示唆された。また、Case2 の場合でも河川氾濫は発生していないことから、この地点の河川は、豪雨時の流下能力が高く、河道への土砂堆積のみでは河川氾濫の決定的な要因にはなり得ないと考えられる。Case3 では、河道閉塞に伴う流水の阻害により、橋梁より上流で堰上げにより水深が著しく高くなり、氾濫が発生している様子を確認できる。左岸側では複数の家屋が浸水し、右岸側では道路から沿岸のホテル駐車場にかけて大規模な迂回流が発生した。Case3 における右岸側迂回流発生時の流速分布を図-5 に示す。図-5 より、橋梁の近傍では流速 7m/s を超える流れが発生していることが確認でき、護岸や河床が浸食される危険性が高いことが示された。したがって、この地点では、土石流による河道への土砂堆積に加えて、橋梁部での河道閉塞が発生することにより河川氾濫が発生し、付近の家屋への浸水被害および護岸や河床の浸食・破壊が発生する危険性があることが明らかとなった。

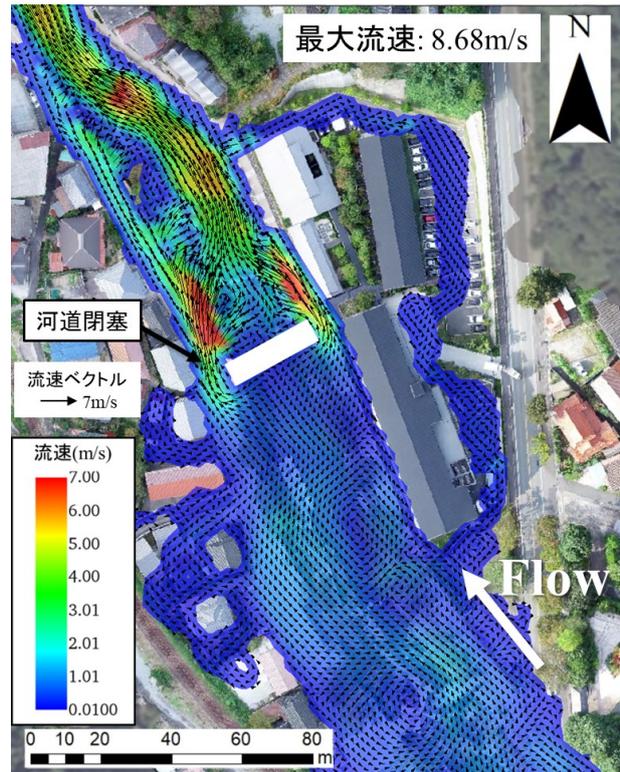


図-5 Case3 における右岸側迂回流発生時の流速分布

4. 結論

土石流による河川氾濫の危険性が高いと考えられる地点において、土石流の影響を考慮した河川氾濫シミュレーションを実施した。その結果、当該地点においては、土石流による河道内への土砂堆積のみでは氾濫は発生せず、河道内での土砂堆積に伴い、供給された流木や土砂などが橋梁部で堆積することにより、河道閉塞が発生することで氾濫が発生することが明らかとなった。以上より、土石流による河道内への土砂や流木の流出が、河川氾濫のリスク増大に大きく影響することが示された。また、本検討より、土石流を起因とする河川氾濫の被害予測において、数値シミュレーションが有用であることが考えられる。

参考文献

- 1) 大中ら (2019) 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 75, No. 1, pp.260-269
- 2) 田中 (2016) 応用技術株式会社 OGI Technical Reports, Vol. 24, pp.39-44
- 3) 神野ら (2017) 河川技術論文集, 第 23 巻, pp.185-190