

令和5年久留米市田主丸町竹野で発生した土石流の数値計算における再現性の向上

○九州大学大学院 高橋広

九州大学大学院農学研究院 水野秀明

1. はじめに

現在の土砂災害警戒区域等は、主として地形条件のみから推定されたものであり、土石流の流下に伴うエネルギーの変化や流動方向の変化が十分には評価されていない。したがって、実際の土石流の挙動を反映した氾濫範囲とは必ずしも一致せず、中山間地の一部地域では警戒区域が重複するなど、適切な避難計画の策定が困難となっている。

このような課題を解決するため、近年では精緻な土石流の流体数値シミュレータを用いて被害を予測し、避難計画の高度化につなげることが試みられている。しかし、現状のモデルには、流木の影響の考慮や建物の倒壊現象の再現などに課題が残されており、実現象を十分に再現できていない。

したがって、土石流の数値モデルについては、発生事例への適用、現地調査から得られた事実との比較検証、さらにその差異を踏まえたモデルの修正を通じて、計算精度を向上させる必要がある。

2023年7月には、福岡県久留米市田主丸町竹野の千ノ尾川流域(図-1)で土石流が発生した。新聞報道によれば、朝9時半ごろ発生した。この事例では、土石流が土砂災害警戒区域の範囲外まで流出しており、現地調査から推測された流下経路、挙動および土砂移動範囲(図-2)と数値計算結果との間にも差異が確認された。その要因としては、微地形を計算条件に

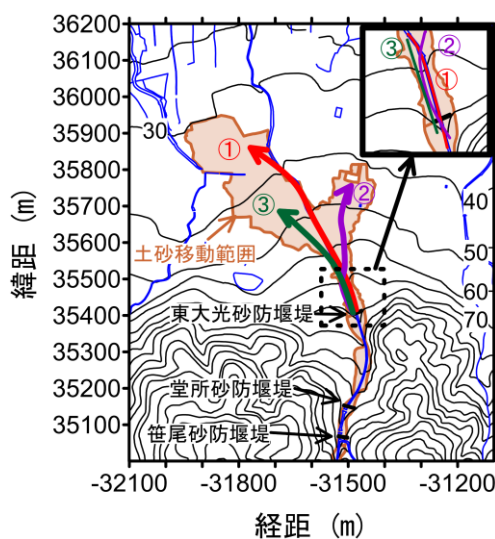


図-2. 土石流の流下経路

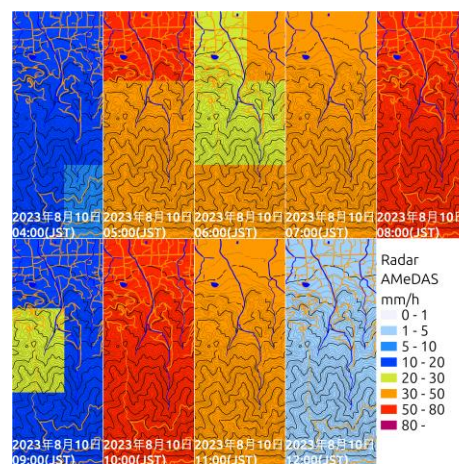


図-3. 7/10AM3:00-11:00の雨の状況

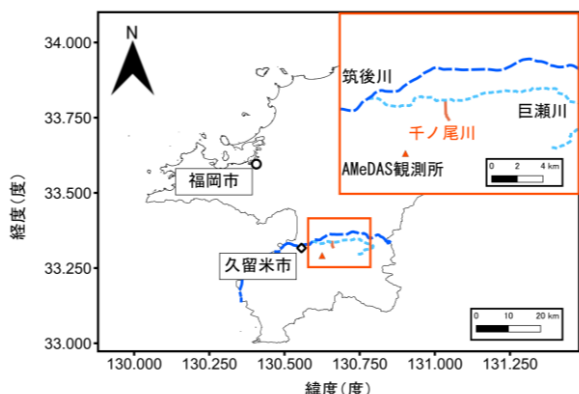


図-1. 千ノ尾川の位置図

取り込めなかったこと、閉塞や流木のモデルを組み

込んでいなかったこと、左岸中流部の崩壊を考慮していなかったこと、さらに降水を取り込んでいなかったことなどが挙げられる<sup>2)</sup>。

そこで、本研究では崩壊前の降水が数値計算に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 手法

水と土砂の混合物の流れ全体の連続式と運動方程式として浅水流方程式<sup>3)</sup>、河床堆積層における連続式として河床位方程式<sup>3)</sup>、流れと河床の相互作用を表すために侵食堆積速度式<sup>3)</sup>を基礎方程式として用いた。本研究で用いた連続式および運動方程式は二

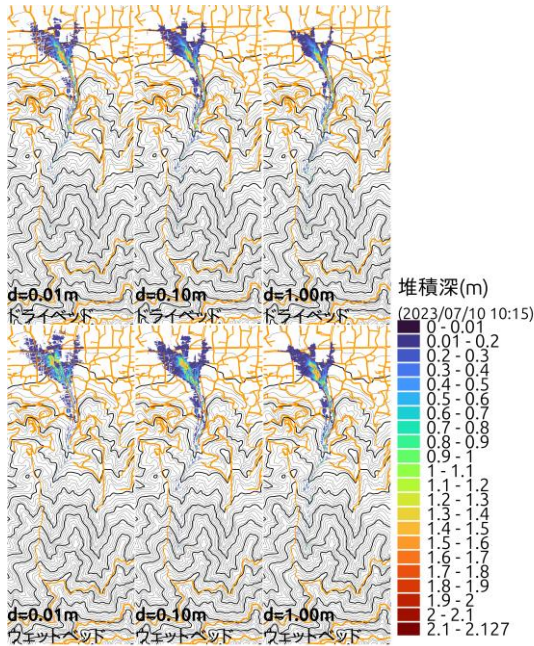


図-4. 数値計算の結果（堆積深）

次元の1流体・均質流モデルである。有限体積法に基づく時間発展のもと、フラックス項には Exact Riemann Solver を適用した。

計算に使用した雨量データは気象庁のレーダーアメダス解析雨量を用いた。標高データは災害後のLPデータを用いた。粒径は0.01, 0.10, 1.00mの3通り、堆積速度係数は1.00, 侵食速度係数は0.003とし、6パターンで計算を実行した。なお、図-4中で用いているドライベッドは崩壊発生時に溪床に水が存在しない状況を指し、ウェットベッドは崩壊発生時に溪床に水が存在する状況を指す。

### 3. 結果

図-4はドライベッドとウェットベッドにおける数値計算の結果である。土石流の主な3種類の流下経路①②③の流下方向については両者概ね一致した。しかし、土砂移動範囲についてはドライベッドと比較してウェットベッドの方が広がった。

### 4. 考察

土石流の流下経路は、斜面勾配、谷地形、流路幅などの地形条件に強く支配されるため、ドライベッドの場合とウェットベッドの場合の間で大きく変化しなかった。

一方で、土砂移動範囲については、ドライベッドと比較して、ウェットベッドの場合に横断方向・縦断方向ともに広がった。この理由として、次のことが考え

られる。ウェットベッドの場合では、河床上にあらかじめ浅い水が存在するため、乾いた河床上を土石流が流下する場合とは異なり、段波が発生するため、水深が深いまま伝播する。そのため、相対水深は急激に減少しないため、土砂は動き続ける。一方、ドライベッドの場合では、水深が急激に浅くなるため、相対水深が急激に小さくなり、土砂が停止しやすくなる。

そのため、ウェットベッドの場合では、土砂は移動しやすい状況になり、より下流まで移動した。

### 5. 結論

粒径の大きさに関わらず、ウェットベッドの場合における土砂の堆積範囲は、ドライベッドの場合よりも広がることが分かった。

また、ウェットベッドの場合とドライベッドの場合ともに、粒径が小さくなると、土砂がより広く堆積することが分かった。

### 6. おわりに

数値計算の結果、流下経路の再現については降雨有無による差異は見られなかった。土砂移動範囲については降雨を考慮した場合の方が横方向に広がった。この理由として、フラックスの離散化手法における初期条件の場合分け（水の有無）による流速の差、河床せん断による運動量損失量の減少、それに伴う流速の差が挙げられる。

今後は、流路などの砂防設備等の微地形を考慮し、数値計算に反映することで再現性の向上を目指したいと考えている。

### 7. 謝辞

千ノ尾川流域の砂防堰堤と溪流保全工の詳細な構造や竣工年に関する情報を快く提供していただいた福岡県県土整備部・農林水産部の関係各位に対して、ここに記して感謝の意を表する。

### 引用文献

- 1) 国土交通省都市局. (2024). 精緻な土砂災害シミュレーション 技術検証レポート [https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau\\_tech\\_doc\\_0072\\_ver01.pdf](https://www.mlit.go.jp/plateau/file/libraries/doc/plateau_tech_doc_0072_ver01.pdf) (2026/4/4 利用)
- 2) 高橋広・水野秀明. (2025). 令和5年福岡県久留米市田主丸町竹野で発生した土石流氾濫の実態. 九州森林研究 78:181-185.
- 3) 高橋保. (2004). 土石流の機構と対策. 近未来社.