

二次元土砂流出シミュレーションに基づく能登半島豪雨被災域への 地震生産土砂の影響評価

○山野井一輝¹⁾, 久加朋子²⁾, 堤大三¹⁾

1) 京都大学防災研究所 2) 富山県立大学 3) 信州大学

1. 研究の背景と目的

2024年1月1日に生じた能登半島地震では、能登半島広域で大量の土砂が生産され、その後9月21日の豪雨で流下する現象が広範で見られた。その際の土砂の流下と下流部での堆積により、河積の減少等を伴うような、土砂・洪水氾濫的な現象が複数の河道で生じたことが想定できる。特に、輪島市塚田川では、土砂・洪水氾濫に伴う犠牲者も生じている。一方で、これらの氾濫事象に、どの程度地震性の崩土が影響しているかを定量化することは、今後の同等の地震災害時の対策の優先度設定等において重要であると考えられる。そこで、本研究では、地震による崩壊土砂の再移動を考慮した2次元土砂流出・氾濫シミュレーションを用いて、この影響を定量化することを目的とする。

2. 計算手法および計算条件

計算には山野井ら¹⁾の2次元型の降雨・土砂流出シミュレーションを利用した。当シミュレーションは、2次元デカルト座標で定義された流域地形上で、森林部では表面流と浸透流を Diffusive wave 近似を用いて統合的に解析し、河道および都市部では2次元浅水流方程式に基づいた解析を行うものである。土砂については、予め移動可能土砂を流域内に設置し、その土砂の掃流砂・浮遊砂としての侵食・流下・堆積を混合粒径で解析するものである。なお、本研究では、急勾配領域や天然ダム部での土砂輸送を扱うため、水中安息角以上でかつ飽和した領域では、その角度の方向に土砂輸送を強制的に生じさせる効果を追加した。OpenMPとMPIのハイブリッド並列化を施しており、当シミュレーションはスパコンでの解析も可能であるが、本研究では96コアの計算サーバーを利用した。本研究では、移動可能土砂として、地震時に生産された土砂を設置し、その流下を追跡するものとした。

計算は5m解像度で実施した。計算に使用したDEMデータは図1に示すとおりである。また、移動可能土砂量は、地震前後のLPデータから作成したDEMの差分をもとに与えた。ただし、当領域では地震によって地盤自体が大きく隆起したため、その影響を補正せずに差分をとると図2に示すように流域全体に正の差分値となり、堆積土砂量が過大評価される。この地震による広範囲な地盤隆起の影響を補正するため、本研究では Fukushima et al. 2) による3方向の地盤変動データを用い、地震前の点群の座標補正を施した上で

DEMを構築して差分を取ることで、図3に示すような地形変化量を作成した。図2と比較して、斜面崩壊等による土砂移動現象のみに起因した地形変化が正確に得られていることが分かる。

降雨データには XRAIN の観測データを用いた。計算期間は2024年9月20日23:00から9月22日11:00までの36時間とした。この期間にアメダス輪島で観測された時間雨量の時系列変化を図4に示す。T=32,400–39,600[s]にかけての二時間の間に、80mm/h以上の強い降雨が継続したことが分かる。そのほか、移動可能土砂の粒径分布は、現地でのサンプリング試験に基づいて与えた。

3. 計算結果

図5に、降雨ピーク終了時刻であるT=39,600[s]における水深hの空間分布を示す。被害が大きかった塚田川の河道に沿う住宅地や農地で1m程度の水深が生

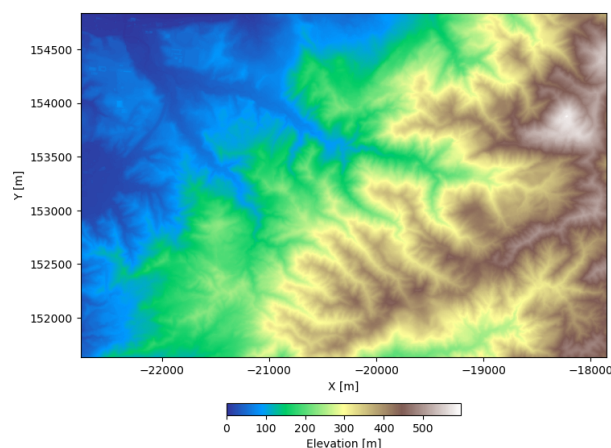


図1 計算に使用した DEM データ

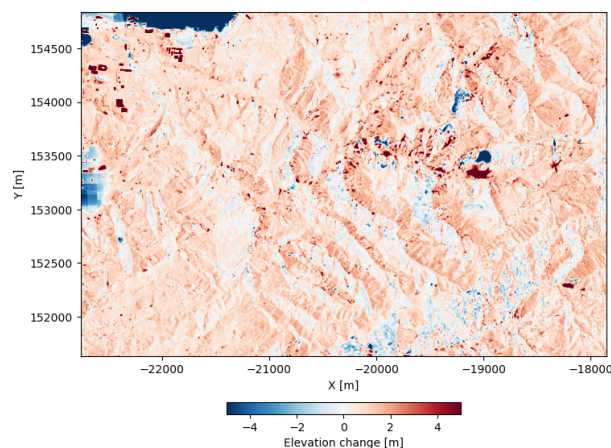


図2 未補正 LP 差分によって得られた地形変化量

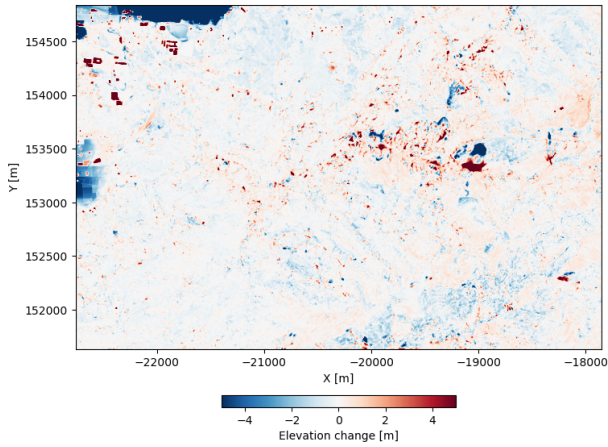


図3 補正後 LP 差分によって得られた地形変化量

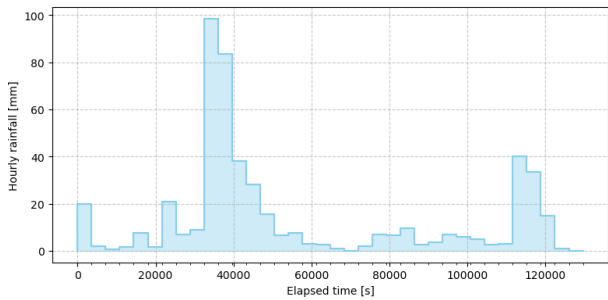


図4 計算期間内におけるアメダス輪島の時間雨量

じており、実際の事象と矛盾しない結果が得られていることが分かる。また、図6には $T=99,600[s]$ における地形変化の空間分布を示す。図7は豪雨前後にとられた LP データの差分に基づいた観測値である。塚田川上流の天然ダムが生じた領域では、観測値では豪雨時に堤体土砂の大半が流出したのに対し、計算では局所的な流出にとどまっている。これは、当計算のパラメータ設定では、侵食に伴う側岸の崩壊が過少評価されていることが一因と考えられ、今後、水中安息角の設定方法等を変えることで、再現性向上が期待できる。また、塚田川本川の集落周辺の堆積形状は矛盾なく再現されているが、計算結果の方が河道内の堆積深が過少に評価されている。これについても、上流の天然ダムからの流出土砂量の再現性を高めることや、本計算では考慮していない、豪雨時の新規生産の影響を追加で考慮することで、解決できる可能性がある。

今後、以上の要素を追加検討しつつ、パラメータ設定方法を追加検討することで、再現性を高め、当事象における地震性生産土砂の影響や、天然ダム決壊の影響を定量評価することを予定している。

謝辞：本研究の実施に当たり、石川県から LP データの提供を受けました。また、利用した XRAIN データは、国土交通省より DIAS を通じて提供を受けました。ここに記して感謝申し上げます。

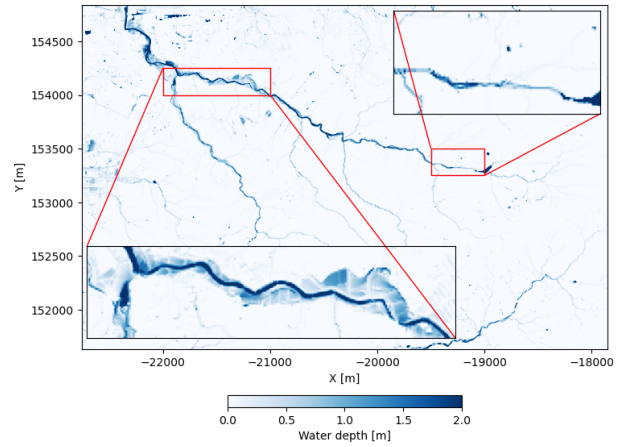
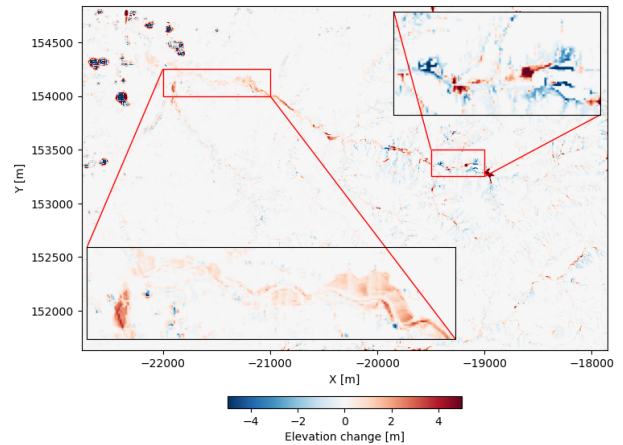
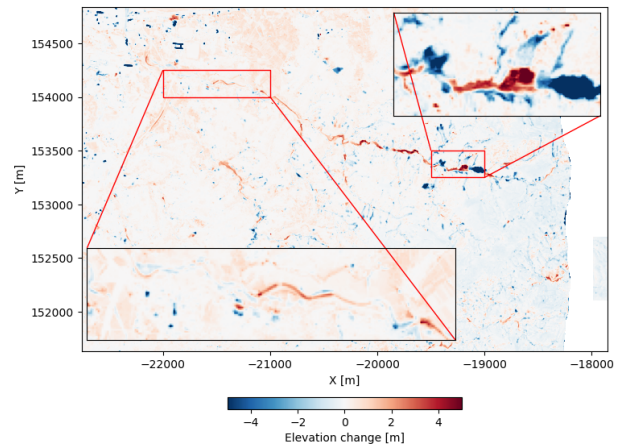
図5 $T=39,600[s]$ における水深の計算結果図6 $T=96,600[s]$ における地形変化の計算結果

図7 豪雨前後の LP データの差分に基づく得られた地形変化の観測値

参考文献

- 1) 山野井ら、水・土砂の流出氾濫統合モデルの構築と HPC による朝倉市杷木地区への適用、土木学会論文集中 B1 (水工学), 74(5), p. I_889-I_894, 2018.
- 2) Fukushima et al., Landscape changes caused by the 2024 Noto Peninsula earthquake in Japan, Sci. Adv.10, eadp9193, 2024.