

中山間地における洪水と土砂の動態解析法の検討

長岡技術科学大学環境社会基盤工学専攻4年 飯澤 奎斗

1. はじめに

近年では、気候変動による異常気象と相まって、豪雨等と地震災害が結びついた複合災害が発生している。特に豪雪災害や豪雨災害、土砂災害の多い中山間地域では、複合災害のリスクが著しく大きくなっている。

令和6年元日の大地震から復興途上にあった石川県の能登地方が、9月に記録的な豪雨により、またも甚大な被害に見舞われた⁽¹⁾。この記録的豪雨で相次いだ土砂災害の多くは、同年の能登半島地震で生じた亀裂や地盤の緩みによって引き起こされたとみられることが分かっている⁽²⁾。また、被災した状況を調査した結果では、ハザードマップに記載されていない箇所でも被災した場所も確認された⁽³⁾。

我が国は、地震大国と呼ばれるほど地震の発生頻度が高く、温暖化などの気候変動による豪雨も増加してきているため、それに伴い複合災害に対してより注目していかなければならないと考えた。

既往研究では、中山間地での傾斜が急になっている地点での水の流れを把握し、事前に砂防堰堤を設置する効果を検討したが⁽⁴⁾、複合災害による洪水等のリスクを評価するには、土砂の移動までを計算できれば有意義性が高まると考えた。

本実験では、令和6年9月の能登地方豪雨災害で最も被害が集中した塚田川を対象とし、河川の流れと土砂移動のモデルを結合させ、中山間地の洪水の危険性を把握する数値モデルを構築することを目的とする。

2. 実験方法

2.1 解析条件

本研究では、石川県輪島市の塚田川を研究対象とし、指定の場所に流量を与えて水面変動や地形変化について解析を行う。本研究で用いる計算プログラムは、計算ステップを0.5秒にして、2日間分計測した。また、計算結果の図の出力は300枚としている。加えて、シミュレーションに使用した2日間分の雨量データは、令和6年に石川県輪島市を襲った豪雨災害の、9月21日から9月22日までの48時間の雨量データを用いる。

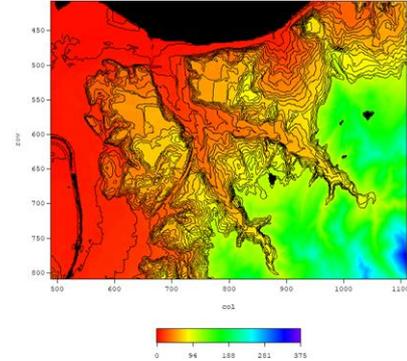


図1 塚田川の地形標高分布図

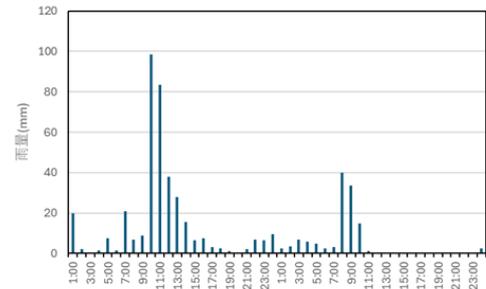


図2 令和6年9月21から22日の輪島市のハイトグラフ

図1は塚田川周辺の標高、図2は輪島市の豪雨災害時の雨量データを示したものである。

2.2 基礎方程式

本実験では、式(1),(2)の非線形長波方程式を使用する。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^{\eta} u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^{\eta} v dz = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial m}{\partial x} + \frac{\partial n}{\partial y} = 0, \quad m = \int_{-h}^{\eta} u dz, \quad n = \int_{-h}^{\eta} v dz \quad (2)$$

また、地形変化の算定式として、以下の(3)の式を用いる。

$$\frac{\partial z}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \left(\frac{\partial q_{Bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{By}}{\partial y} \right) \quad (3)$$

3. 実験結果

配布資料では、48時間後のシミュレーション結果を抜粋して記載する。計算結果を衛星画像に重ね合わせたものを以下の図2、図3に示す。



図2 48時間後の計算結果(水面変動)



図4 塚田川の状況(平常時)

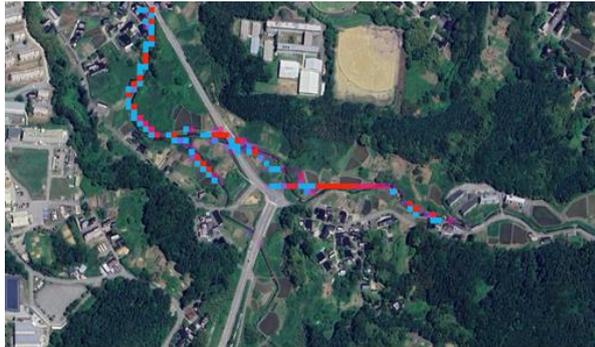


図3 48時間後の計算結果(地形変化)



図5 塚田川の状況(被災時)

図2は48時間後の、水面変動についての計算結果である。こちらは濃い青色から赤色に近づくにつれ水面変動の変動地が大きいことを示している。図3は地形変化の計算結果である。地形変化は水面変動に比べ、変化量がとても小さく、地形変化量がマイナス変化だったものを青色、プラス変化だったものを赤色で示している。どちらの計算結果でも、下流側に加え、河川が蛇行している箇所に変化が顕著に表れていることが分かる。

また図4、図5は実際の令和6年9月に起きた能登半島の豪雨災害の被害が生じる前と後の比較画像である。こちらの画像を比較してみると、浸食や堆積が生じ河川の形が変わっていることが分かる。

4. 考察・まとめ

図3、図5の地形変化の計算結果を実際の被害状況と比較すると、河川の曲線の内側部分では地形変化がプラス変化であり、且つ土砂が堆積している。一方曲線の外側部分では地形変化がマイナス変化であり、且つ浸食が進んでいることが分かる。このことから地形変化の計算モデルは、2日間で得られるデータでは変化量が小さく、定量的な評価は難しいが、地形変化が生じた地点と当時の被災状況を照らし合わせると、被害が生じた箇所と一致していることが分かっ

たため、土砂移動の計算モデルは定性的に評価が出来ると考えられる。

今後の展望として、長期間での計算シミュレーションを行う事や、本研究ではDEMデータを10mメッシュで計算していたため、より細かいメッシュサイズでの計算を行う事、また堤防や家屋の形といった更に細かい地物の情報を取り入れることである。

参考文献

(1) 科学技術振興機構、地震襲った能登地方に記録的豪雨、沖合の高い海面水温が極端雨量の要因に「複合災害」へ備えを

https://scienceportal.jst.go.jp/explore/review/20240927_e01/(閲覧日：2024-12-01)

(2) 日経クロステック、能登豪雨で斜面崩壊が拡大、24年1月の地震が招いた複合災害

<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00142/02032/>(閲覧日：2024-12-01)

(3) NHK、犠牲者6割が中小河川の洪水で市や町のハザードマップは未掲載

<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20241021/k10014614971000.html>(閲覧日：2024-12-01)

(4) 榎本峻也 2023年中山間地の急流河川における天然ダムの危険度評価と対策