

数値標高モデルと土砂移動範囲情報による簡便な河道閉塞箇所抽出の試み

国立研究開発法人土木研究所 ○影山大輔、清水武志、伊藤誠記

1. はじめに

河道閉塞の決壊に伴う被害の防止には、河道閉塞を迅速に発見する必要がある。災害初期における河道閉塞の広域かつ網羅的な探索手法の一つとして空中写真の判読がある。しかし、山地河川で森林などの遮蔽物がある場合や災害直後で湛水が始まっていない場合には、空中写真による河道閉塞の判読は困難である。河道閉塞は河道上で形成されるため、河道網に関する情報を活用すると判読を簡便にできる可能性がある。しかし、既存のデータセットは、例えば水がい線（基盤地図情報）のように、必ずしも山地河川を含まない。山地河川の河道網データは、数値標高モデル（以下、DEM）から地理情報システム（以下、GIS）で実装される地形解析ツールで補うことができると考えられる。

土木研究所では、これまでも投下型水位観測ブイの開発等を通じて、国土交通省や都道府県の河道閉塞に伴う災害対応を技術的に支援してきた。筆者らは、令和6年能登半島地震で発生した河道閉塞への対応では、1月5日にヘリ調査、1月6日に現地調査を行い、国土交通省北陸地方整備局と石川県に対して報告・助言を行った。その際、ヘリ調査ではフライト可能時間内に広域を効率的に調査する必要があること、そのためにはその時点で入手可能な情報から河道閉塞を簡便に抽出する技術が必要であること、が再認識された。当該現地調査に先立って、河道閉塞の空中写真判読を試みたところ大まかな傾向は把握できたものの、河道閉塞の抽出精度や所要時間に関する課題が残った。これらの経験を踏まえ、迅速な河道閉塞の発見を支援する方法を検討する必要性が生じた。

そこで本研究では令和6年能登半島地震で発生した河道閉塞の発生位置をDEMと土砂移動範囲情報から抽出し、抽出性能を評価した。

2. 方法

2.1 データ

国土地理院の数値標高モデル（基盤地図情報；5 mメッシュ；2016年、2022年作成）と令和6年能登半島地震における斜面崩壊・堆積判読分布図（珠洲地区、輪島東地区、輪島中地区、穴水地区、2024年1月6日公表）を用いる。斜面崩壊・堆積判読分布図には、土砂移動（崩壊、流下、堆積）の発生した範囲（以下、土砂移動範囲）（1,475箇所）が示されている。ただし、崩壊、流下、堆積ごとの区別はされていない。なお、斜面崩壊・堆積判読分布図は雲による判読不可領域（約16%）を含む。

2.2 地形解析

地形解析ツールにはWhite Box Tools [1]（以下、WBT）を使用する。他のGIS処理やデータ可視

化と連携するためQGIS上で利用する。数値標高モデルのモザイク処理や地理座標変換に双一次関数の内挿によるDEMを作成した後、WBTで河道網を生成する。以下、河道網生成の概略を説明する。

まず、DEMの窪み埋めの処理 [2] した後で、D8（隣接する8つのセルのうち最急勾配となるセルへ流下するモデル）メソッド [3] で、流向図と累積流量図（ラスタ）を作成する。次に、WBTのツールで任意の閾値を設定して累積流量図（ラスタ）からその閾値以上の累積流量を持つセルを抽出することによって、河道網（ラスタ）を作成する。本稿では、任意の閾値で河道網を生成するこの処理を河道化と呼び、その際に設定される閾値を河道化の閾値と呼ぶこととする。河道化の閾値が小さい場合は小さい溪流も含めた河道網（密な河道網）が生成され、河道網の閾値が大きい場合は大河川のみ河道網（疎な河道網）が生成される（図1参照）。最後に、WBTのツールで流向図と河道網（ラスタ）から河道網（ベクタ）を作成する。土砂移動範囲のうち、河道網と交差するものを、河道閉塞の候補箇所（以下、河道閉塞候補箇所）として抽出する。今回は河道化の閾値を8ケース（10、100、1,000、10,000、25,000、50,000、100,000、500,000）に変化させて、8つの河道網を生成する。

2.3 評価対象

本研究では、令和6年能登半島地震における斜面崩壊・堆積判読分布図（珠洲地区、輪島東地区、輪島中地区、穴水地区）上の土砂移動範囲（1,475箇所）のうち、土砂移動面積10,000 m²以上の土砂移動範囲（123箇所）を分析対象とする。

過去の河道閉塞の発生事例 [4] では、日本で2008年までに発生した61災害で、形成・決壊した河道閉塞は168件あり、うち141件について発生源面積、堰止幅、堰止長が判明している。そこで、堰止幅に堰止長を乗じて河道閉塞面積とし、発生源面積を加えて土砂移動面積を算出したところ、約96.5%（136件/141件）の河道閉塞では土砂移動面積が10,000 m²以上であった。これらを踏まえて、本研究では土砂移動面積10,000 m²以上の土砂移動を分析対象とした。

2.4 評価方法

河道化の閾値が河道閉塞の抽出に与える影響を評価する方法を示す。

抽出性能の評価には、真値として国土交通省が2024年1月23日に発表した、令和6年能登半島地震で発生した14箇所の河道閉塞の位置座標を用いる。ただし、これらの真値は河道上に位置するように、現地写真を参考にしつつ、必要に応じて微調整する。河道閉塞候補箇所が真値の半径10 m以内にあるときは真陽性（True Positive; TP）、

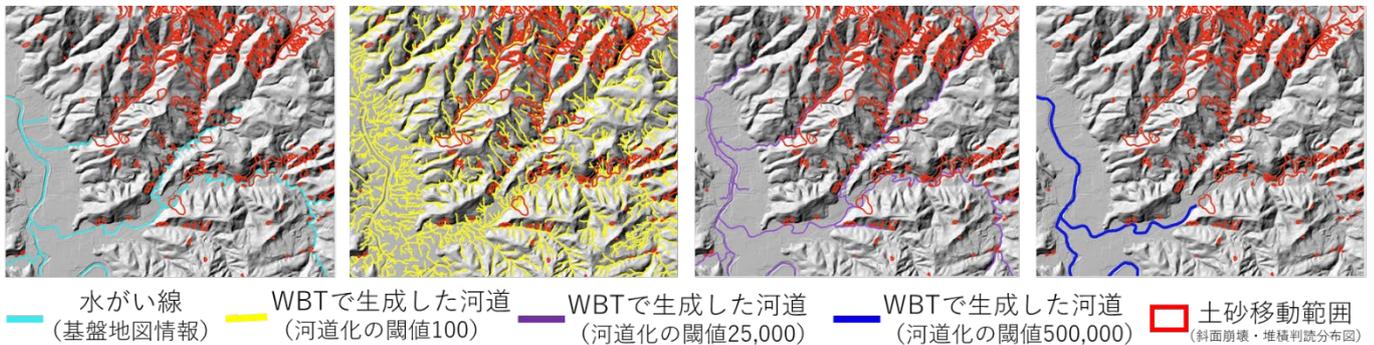


図-1 水がい線（基盤地図情報）とWBTで生成した河道の例（石川県輪島市町野町周辺）※背景は陰影図

真値の半径 10 m 以内には偽陰性 (False Negative; FN)、真値の半径 10 m 以外にあるときは偽陽性 (False Positive: FP) と判定する。また、真値判定結果に基づいて適合率 (TP/(TP+FP)) と再現率 (TP/(TP+FN)) を算出する。この判定に対する河道化の閾値の影響を評価する。なお、比較対象として水がい線（基盤地図情報）を河道網とした場合の抽出性能も評価する。

3. 結果と考察

河道化の閾値を変化させた場合の適合率と再現率を図-2 に示す。河道化の閾値は適合率との間に概ね正の相関があり、再現率との間には負の相関があった。この結果は、河道化の閾値が小さすぎた場合は山腹斜面にも河道網が生成され誤検知（偽陽性）が増加した一方で、河道化の閾値が大きすぎた場合には河道網が疎となり河道閉塞の見逃し（偽陰性）が増加したと考えられる。

河道網として水がい線（基盤地図情報）を用いた場合、河道閉塞候補箇所として抽出されたのは 27 箇所であり、適合率は 33.3%、再現率は 64.3% となった。水がい線を河道網として用いた場合に見逃しとなった河道閉塞は山地河川で発生していた。やむをえず水がい線を河道網として用いる場合、山地河川がないため河道閉塞の抽出を見逃すおそれがある。

河道化の閾値の最適化について考察する。防災実務では河道閉塞の見逃しは許されないことから、河道化の閾値は再現率 100% の範囲内で設定することが望ましい。その上で、河道化の閾値が大きくなるほど適合率は向上することから、最大限大きな値を設定する。この基準で河道化の閾値の最適値を決定すると、今回は河道化の閾値の最適値は 25,000 であった。この時の河道閉塞候補箇所は 37 箇所であり、適合率は 37.8% であった。この結果は水がい線を用いた場合よりも、適合率・再現率の両面で優位であり地形解析ツールで生成した河道網を用いる有効性が示された。

4. おわりに

本研究では、発災初期に入手可能な DEM と土砂移動範囲情報のみを用いて、河道網を用いて河道閉塞を抽出する手法を提案し、令和 6 年能登半島地震で発生した河道閉塞の発生位置の抽出を試み

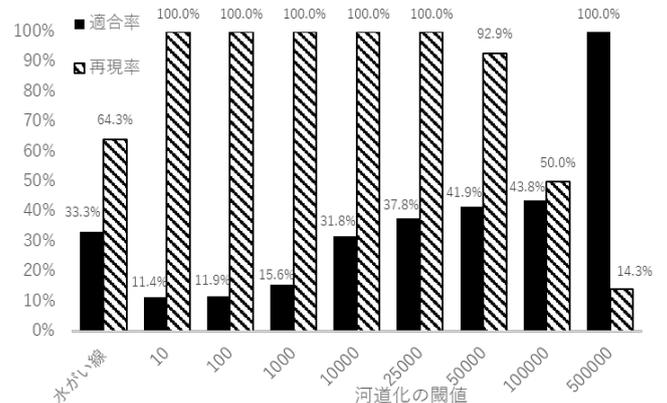


図-2 河道化の閾値と抽出性能の関係

た。その結果、河道化の閾値が適切に設定されており、大規模な土砂移動（土砂移動面積 10,000m² 以上）による河道閉塞を防災での利用を想定し再現率 100% の範囲内で抽出する場合、適合率 37.8% で抽出できることが分かった。令和 6 年能登半島地震の場合、斜面崩壊・堆積判読分布図上の土砂移動範囲のうち、約 2.5% (37 箇所/1,475 箇所) の箇所に注目すればよいことになる。

今後の課題として小さな規模の河道閉塞の抽出、真値が不明な場合の河道化の閾値の探索方法の検討が考えられる。

謝辞

本研究では国土地理院の基盤地図情報と斜面崩壊・堆積判読分布図を利用させていただきました。

参考文献

- [1] <https://www.whiteboxgeo.com/>; [2] Lindsay, J. B., & Dhun, K. (2015). Modelling surface drainage patterns in altered landscapes using LiDAR. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(3), 397-411. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.975715>; [3] O'Callaghan, J. F., & Mark, D. M. (1984). The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 28(3), 323-344. [https://doi.org/10.1016/S0734-189X\(84\)80011-0](https://doi.org/10.1016/S0734-189X(84)80011-0); [4] 森俊勇, 坂口哲夫, 井上公夫編著(2012). 「日本の天然ダムと対応策」水山高久監修, 古今書院, 4-13.