

溪流内複数箇所の映像を用いた土砂流出の縦断的な追跡の試行

アジア航測株式会社 ○堀 喬紀, 岡野和行, 筒井駿吾, 谷口宙河, 滝澤雅之
国土交通省関東地方整備局日光砂防事務所 木下篤彦, 工藤卓也, 土田元気, 亀田雄高, 江口彰友, 松下勇也

1. はじめに

砂防事業において土砂移動現象の把握は重要であり、根幹をなす事項とも言える。これまで、実効性の高い砂防計画の立案のために、様々な観測がなされ知見が蓄積されてきた。2019年には、土砂・洪水氾濫被害の推定手法及び対策施設の効果評価手法として数値解析手法が実用的に利用可能な段階になっているとして河川砂防技術基準が改定され、河床変動計算等の数値解析手法に基づいて土砂処理計画を策定することを標準とされている。一方で、山地流域は土砂移動現象が間欠性や不連続性を有し複雑であるため、土砂移動現象の観測を継続してより精度の高い数値解析手法を見出すことは重要である。

一倉ら¹⁾は、流砂の伝播特性を実証的に把握するには、流域内の多地点で観測を行う必要があるとの指摘を踏まえて、インターバルカメラを流域内の複数箇所に設置し、観測データにRGB解析を適用させて縦断的な濁度の伝播特性や土砂発生源の空間分布の把握の可能性を示した。

本稿は、複数地点の観測結果を用いることが縦断的な土砂移動の把握に有効的であるという考えを前提に、複数のCCTV映像(図-1)にRGB解析を実施し、濁りの伝搬速度に着目して土砂流出の縦断的な追跡を試行した。

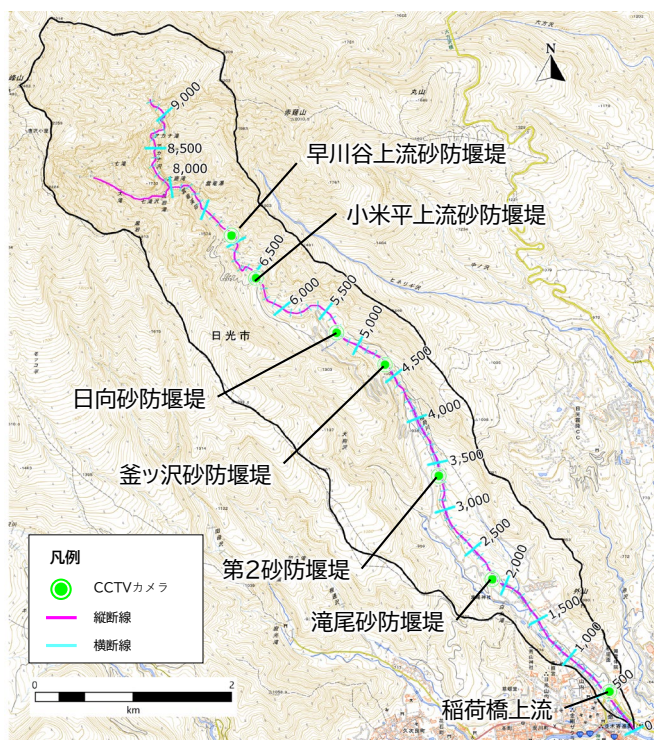


図-1 対象流域のCCTVカメラの位置

2. RGB 単位ベクトルを用いた濁水検知

既往研究²⁾と同様にフレーム単位の画像ごとに、画像中の対象範囲内のRGB値を抽出して平均値を算出し、平均値から単位ベクトルを算出した。算出した単位ベクトルのうち、R値の変化に着目して各撮影地点の流水が清水から濁水に変化する状況を検知できるか確認した。解析対象は、顕著な濁りが確認されている令和5年8月5日の出水イベントとした。

各CCTV映像で確認した結果、五十嵐ら²⁾と同様に、RGB単位ベクトルのR値の変化が濁水(土砂流出)との関連が高い結果となった(図-2)。

ただし、第2砂防堰堤に設置されているCCTVカメラの映像では、R値の変化と清水から濁水への変化との関連性は低く、R値の変化から濁水(土砂流出)を検知することはできなかった(図-3)。この結果は、第2砂防堰堤に設置されているCCTVカメラの映像が平常時から河床が赤みを帯びた映像となっているため、清水から濁水への変化時にR値の変動量が小さいためと考えられる。

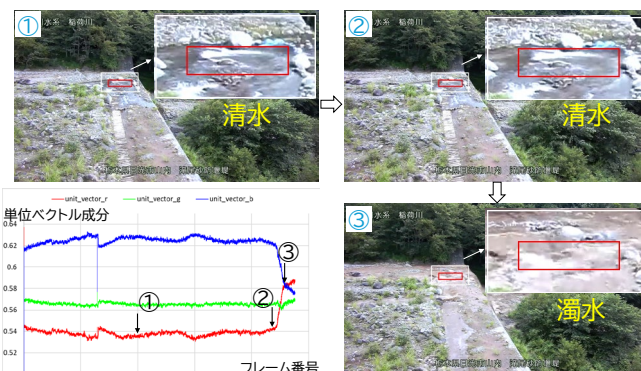


図-2 単位ベクトル成分とCCTVカメラ画像
(滝尾砂防堰堤 R5.8.5)

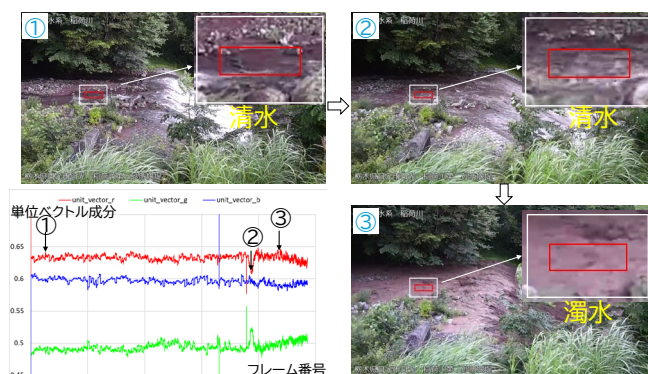


図-3 単位ベクトル成分とCCTVカメラ画像
(第2砂防堰堤 R5.8.5)

3. 土砂流出の縦断的な追跡

3.1 検討方法

解析の結果、単位ベクトルの R 値には急激な上昇地点が認められた。単位ベクトルの R 値の急激な上昇は、上流から時間を追って下流に伝搬するように発生していることから、濁水の主たる生産源は最上流に位置する早川谷上流砂防堰堤のさらに上流にあり、濁度成分を含む流水の下流への流下を上流から順に観測していると仮定し、各 CCTV カメラの観測地点間の距離を上昇地点の時間差で除したものを観測地点区間の濁水の伝播速度として整理した（図-4）。ただし、明瞭に R 値の上昇地点が確認できなかった第2堰堤は除外した。

3.2 伝播速度と地形条件

地形条件として縦断勾配、河道幅を整理した（図-5）。縦断勾配は、横断構造物の落差を含まない区間毎に算出し、河道幅は地形判読により 100m ピッチ（横断位置は図-1 参照）で計測した。

今回整理した伝播速度は 1.16～5.11m/s となり、渓流水の流速としては現実的に観測し得る値と考えられる。算出した最上流の①区間で最も流速は速く、5.11m/s であり、その一つ下流の②区間は、1.16m/s と最も遅い流速となった。流域の上流域で洪水に近い形で流下し、河道幅の広い日向砂防堰堤の堆砂敷に到達して流速が低減されたと考えられる。また、②区間から③区間は、河道幅が狭まる方向に変化が大きく、流速も 1.16m/s から 1.4m/s に速くなっており、一般的な流下幅と流速の関係と整合的であった。

R 値の急激な上昇地点を同一流水の通過時刻と仮定して算出した流速は、縦断勾配や河道幅という地形条件から想定される伝搬速度と整合的な傾向であることが分かった。

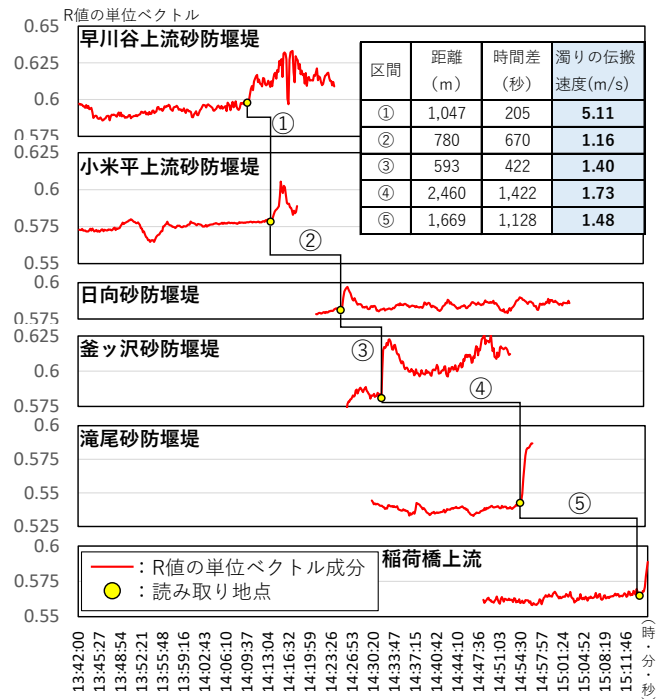


図-4 R 値単位ベクトル成分の時系列整理

4. おわりに

複数地点に設置された CCTV カメラの映像から濁りの伝搬速度を推定して土砂流出の縦断的な追跡を行った。画像解析は、夜間や、降雪・降雨・雲霧時など不鮮明な映像では、精度確保が難しいなどの課題が指摘されているが、RGB 解析が可能な映像を流域内の複数地点で取得できれば、流域内の土砂移動現象を詳細に把握できる可能性を示せた。今回は濁水生産源が上流に位置し、濁水が上流から順に伝搬する事例であったが、支川から流入する場合や河床から生産される可能性もあり、その場合は上昇時刻の縦断的な傾向や R 値の変化傾向が異なる可能性も考えられる。今後、撮影映像を蓄積し解析事例を増やすことで、流域内の土砂移動を詳細に把握する手法を確立することが期待される。

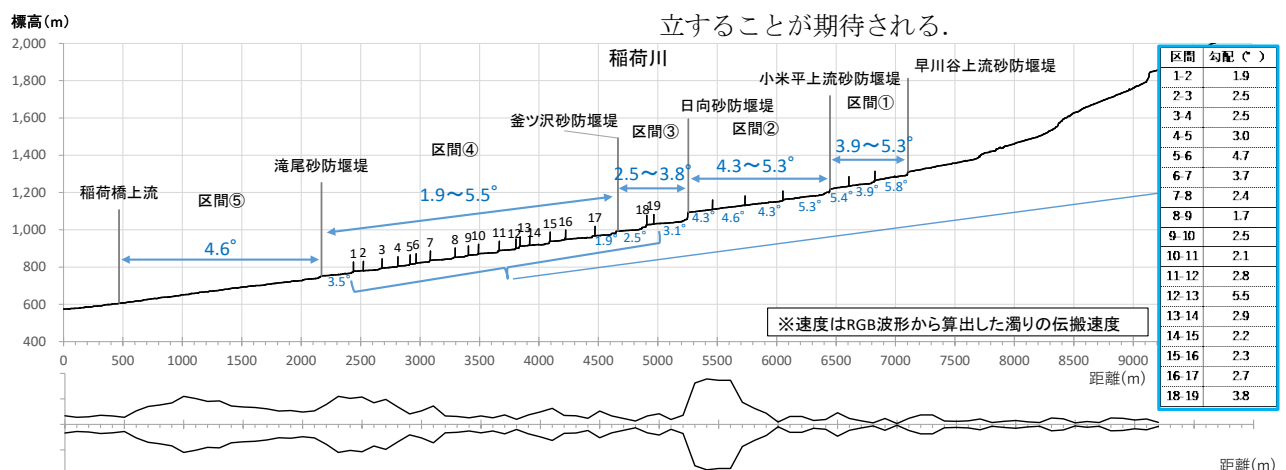


図-5 流速と区間勾配と河床幅

参考文献

- 一倉夏帆・森みちる・内田太郎・金澤瑛・関根峻 (2024) : インターバルカメラを用いた山地河川における濁りの上下流方向の連続性の観測, 令和 6 年度砂防学会研究発表会概要集, p.74-75
- 五十嵐和秀・水谷佑・木下篤彦・井深真治・肥後明豪・池島剛・秋田寛己・水野秀明 (2019) : 画像の RGB 空間における濁水の立体分布と 3 次元ベクトル空間モデルを用いた流況変化検知手法の基礎的検討, 砂防学会誌, Vol.71, No.6, p.28-34