

縦断的に配置されたカメラによる支流からの土砂生産を把握する流域監視手法の検討

日本工営株式会社 ○五十嵐和秀・川瀬遼太・松岡暁・伊藤隆郭

国土交通省 関東地方整備局 富士川砂防事務所 植野利康^{※1}・野坂隆幸・唐木理富

京都大学 藤田正治・宮田秀介, 信州大学 堤大三, 筑波大学 内田太郎

※1: 現 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 保全課

1. はじめに

近年, 様々な分野で画像解析技術やAIといった新技術が導入されてきており, LSPIV・STIVを用いた河川表面流の流速計測¹⁾, 流下²⁾推定や水位推定などが行われ, 中流・下流域の都市河川においては, 洪水の監視・観測を対象とした画像解析技術の開発が進み実用化がされてきている。山地河川においては, 画像解析を用いた土砂移動現象把握手法として, 濁水の評価に色情報(RGB値)を用いる手法³⁾の研究開発が進められている。本手法は渓流水面画像から濁度を大中小程度で定性的に把握することが可能であるが, 山地河川の水面で卓越しやすい白波の影響を受け, 濁度評価の解析精度が低下する事例が報告されている³⁾。

富士川砂防事務所では, これまでに, 富士川流域 8 観測所(図-1)において流砂量観測が行われ, 継続的な流砂観測データが得られている⁴⁾。観測期間中に発生した降雨起因の土砂移動現象に対して, 経年的な流砂の変化が整理されてきており, 将来的にこれら流砂観測データを活用した流域監視の検討が進められている。流砂量観測は流域の末端で実施されるため, 上流域や支流の崩壊情報等を把握する流域監視の観点においては, 情報が十分ではない。流域で縦断的に配置されたカメラの情報も活用できれば, 流域監視の高度化が期待される。

そこで本研究では, 管内CCTVの将来的な流域監視への高度利用のため, 縦断的に配置されたカメラ画像を用いて, 流下する濁水の違いを評価し, 支流からの土砂流入を把握するための手法を検討した。また, 渓流水面で卓越する白波の影響を除くことで, 画像による濁度評価の解析精度に白波が及ぼす影響を確認したので, その結果を報告する。

2. 使用映像と解析方法

2.1 縦断的に配置されたカメラ

春木川には縦断的に複数のCCTVが整備されている。本研究では, 出水時に渓流水面の状況を把握しやすい春木川第二砂防堰堤のCCTV(機種:FV-1850-1)と, その下流の栢原砂防堰堤に設置したインターバルカメラ(機種:BCC100, 解像度:約130万px, 1frame/1min)を使用した。

2.2 縦断的な濁水の違いの解析・評価方法

収集した映像から得られる情報は, 水面の画像の情報(輝度・色)であり, 表層の浮遊砂・ウォッシュロード⁵⁾の移動とみためを解析した。映像の水面に解析領域を設定し, 解析領域の各画素のRGB値及び輝度値(L)をオープンソース画像解析ライブラリ(OpenCV)で抽出し, 全画素で平均した。続いてRGBをそれぞれ直交する3次元ベクトル空間で表現し, RGB値をそれぞれ単位ベクトル化した。使用した映像の期間は, 2022年9月19日～20日の台風第14号に伴う出水時(18日～20日の総雨量265mm, 七面山雨量観測所)を対象とした。出水時において直接採水を実施しており, 春木川第二砂防堰堤下流の栢原砂防堰堤では水位計・濁度計による観測と自動採水器による採水, 春木川橋ではバケツ採水を実施している。これらの出水で濁度計と直接採水による濁度の分

析結果が得られており, 画像解析による比較検証に供した。今回は, 日中の映像のみを解析対象とした。夜間時の映像は, 照度不足により視認性が低く解析が困難であったため解析対象外とした。

2.3 白波の影響除去処理

図-2に示すように, 白波による白飛びと黒潰れの影響を除外するため, 輝度201以上の高輝度帯と, 輝度100未満の低輝度帯を除外し, 輝度100～200の範囲の画素のみを使用して, 画像の色情報による濁度評価を行った。使用した映像は, 春木川第二砂防堰堤のCCTVで, 近年で比較的規模の大きく白波の影響が大きかった2019年10月11日～10月12日の台風第19号に伴う出水時(11日～12日の総雨量573mm, 七面山雨量観測所)を対象とした。

3. 春木川第二砂防堰堤と栢原砂防堰堤における濁水の違い

図-3に2022年9月台風第14号における画像解析結果と流砂観測データ(水位・濁度・直接採水結果)を併記して示す。2022年9月19日～20日の濁水が観測されている時間帯において, r (RGB単位ベクトルのR成分)が相対的に大きくなる結果が得られ, 既往報告事例³⁾と同様の傾向を示した。19日06時～15時に, 上流の春木川第二砂防堰堤CCTVでは顕著な増水や濁水は目視で認められなかったが, 下流の栢原砂防堰堤のインターバルカメラでは茶色の濁水が目視で確認できる。画像解析結果からも, 栢原砂防堰堤のインターバルカメラの方で r が相対的に大きくなる結果が得られた。



図-1 流砂観測施設位置図

□: 検討対象

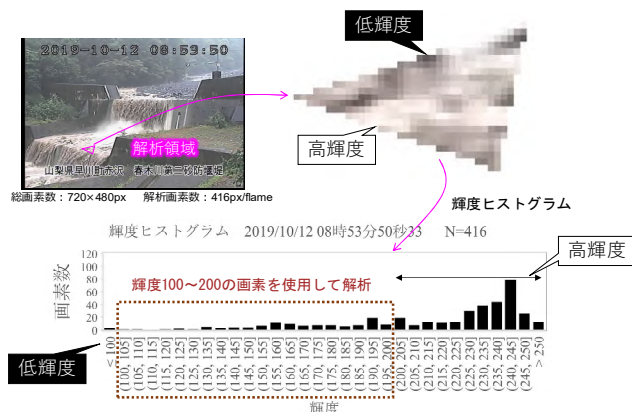
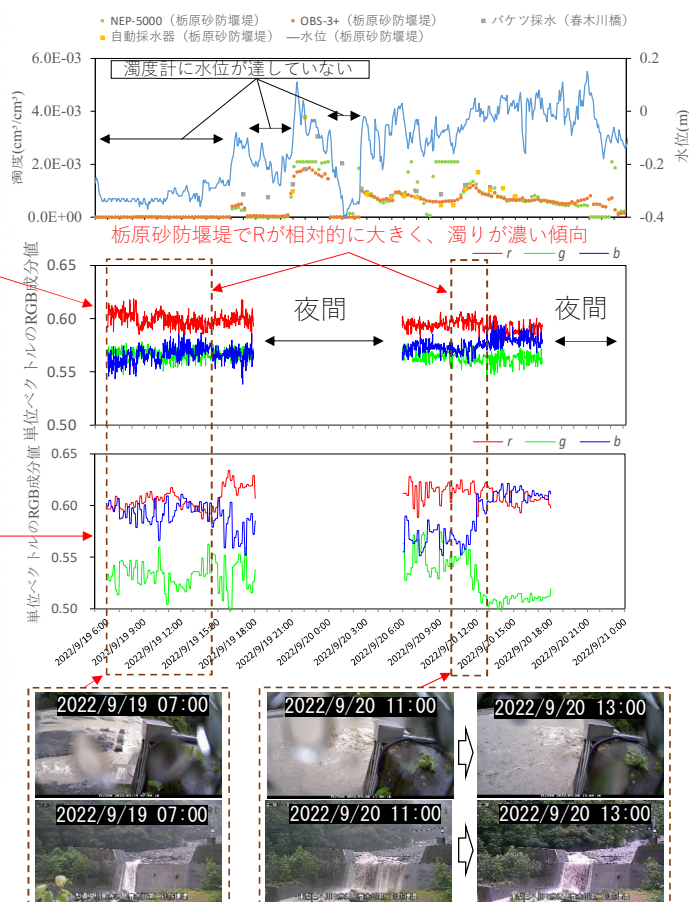


図-2 解析領域の輝度ヒストグラムと輝度使用範囲



図-3 春木川第二砂防堰堤と栃原砂防堰堤における濁水の違い（2022/9/19-20）



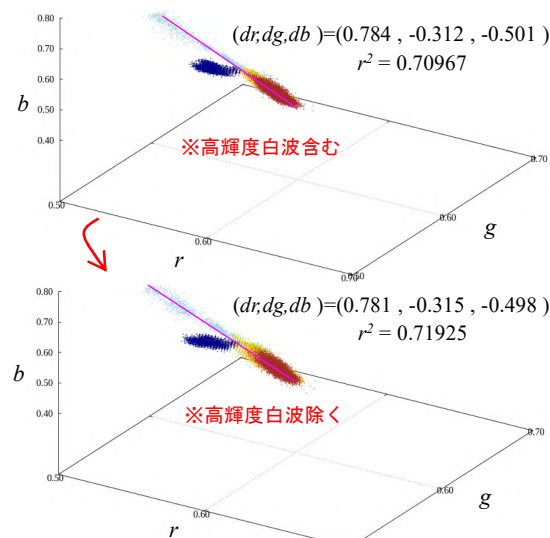
20日11時～13時には、春木川第二砂防堰堤CCTVでは画像から減水が視認でき、減水とともに b （RGB単位ベクトルのB成分）が相対的に徐々に大きくなる結果がみられる。一方で、同時刻の栃原砂防堰堤では水位が増加し、インターバルカメラでは r が相対的に大きな値で継続している。栃原砂防堰堤の濁度計（OBS-3+）等による計測濁度は、20日11時～12時に $1.2 \times 10^{-3} \text{cm}^3/\text{cm}^3$ と高い値を計測しているが、同時刻の r も同様に0.61と相対的に高い値を示している。これは春木川第二砂防堰堤より下流の栃原砂防堰堤で高濁度の濁水が流下していることを表している。

4. 白波の影響除去処理効果

2019年10月台風第19号の出水時映像に対し、輝度100～200の範囲の画素のみを使用して、画像の色情報による濁度評価を行った（図4）。12日5:40～17:00の濁水流下時において、特に午前中の薄い濁りの時間帯における位置ベクトル（ r, g, b ）の重複が軽減され、濁度変化過程の向きを示す方向ベクトル（ dr, dg, db ）をもつ近似的直線のバラつきも軽減された。白波の画素を解析領域から除外することで、画像の色情報による濁度評価の精度が向上することが確認された。

5. まとめ

2022年9月の台風第14号に伴う中小出水においても、画像の色情報から濁度変化を定性的に捉えることができた。春木川第二砂防堰堤よりも栃原砂防堰堤の方で、出水の前後で濁水の流下が長時間認められたことから、春木川第二砂防堰堤と栃原砂防堰堤の区間で春木川本川に合流する支流からの土砂流入があったものと考えられる。本研究により、本川沿いに継続的に配置されたカメラ画像を、支流での土砂移動現象を監視するための利用への可能性が示された。また、白波の影響を除外することで画像解析による濁度評価の精度向上が確認されたことから、今後もこれら濁度評価における精度向上の各種技術・手法を積み上げていき、画像データが有効に活用した溪流監視体制を構築していくことが望ましい。



No.	年月日	時間		溪流の状況	体積土砂濃度（ cm^3/cm^3 ） ※バケツ採水試料の分析結果			凡例色
		自	至		最小	最大	平均	
①	2019/10/11	14:37:47	14:48	霧	—	—	—	grey50
②		14:48	16:22	濁りなし	—	—	—	dark-blue
③		16:22	16:46	霧	—	—	—	grey50
④		16:46	17:00	濁りなし	—	—	—	dark-blue
⑤	2019/10/12	5:24	5:40:48	日の出前	0.000940	0.000940	0.000940	skyblue
⑥		5:40:48	9:00	薄い濁り	0.000830	0.002040	0.001727	dark-yellow
⑦		9:00	13:00	濁水	0.002040	0.006790	0.004091	goldenrod
⑧		13:00	17:00	濁水	0.004530	0.009810	0.008000	brown

図4 白波の影響除去処理結果

参考文献（題目省略）

- 藤田一郎・渡辺健・井口真生子・長谷川誠 土木学会論文集B1(水工学), Vol.76 No.2, 2020.
- 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・砂防学会誌, Vol.71 No.6, p.28-34, 2019.
- 五十嵐和秀・松岡暁・伊藤隆太郎・植野利康・赤澤史朗・藤田正治・宮田秀介・堤大三・内田太郎, 令和4年度砂防学会研究発表会概要集, p.635-636, 2022.
- 萬徳昌昭・菊池隆・小林利博・木村博徳・松岡暁・五十嵐和秀・伊藤隆太郎・藤田正治・宮田秀介・堤大三, 令和8年度砂防学会研究発表会概要集, p.641-642, 2021.