

CCTVを活用した山地河川における濁度評価と溪流監視に向けた取り組み

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 藤平大・野坂隆幸※1・唐木理富※2

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 関東地方整備局河川計画課, ※2：現 関東地方整備局利根川下流河川事務所管理課

1. はじめに

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^{4,5)}。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。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^{1,2)}を用いて、カメラ画像による濁水発生と濁度変化の定性的な評価²⁾や、縦断的に配置されたカメラから支流からの土砂流入を把握するための手法²⁾を整理してきた。これまで、富士川流域春木川において溪流水面画像から濁度を大中小程度で定性的に評価してきたが、画像から濁度を定量化した評価を実施できていなかった。CCTV画像から濁度を定量評価できれば、閾値設定のための基本情報となり、今後の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、CCTV画像を用いて、流下する濁水の濁度を定量評価するための手法を検討した。また濁度計の実測値と画像解析結果を比較検証して、それらの計測範囲の違いを確認したので、その結果を報告する。

2. 使用映像と解析方法

2.1 使用映像

本研究では、春木川に複数整備されているCCTVの中で、平水時と出水時に溪流水面の状況変化を把握しやすい春木川第二砂防堰堤のCCTV (機種：FV-1850-1) を使用した。

2.2 濁水と色情報の解析方法および濁度の定量評価方法

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・ウオッシュロードの移動とみためを検討した。春木川第二砂防堰堤水通し前面の流下部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、2023年6月2日～3日の出水時 (総雨量231mm, 硯島雨量観測所) を対象とした。出水時において、春木川第二砂防堰堤から約3km下流に位置する栃原砂防堰堤では水位計・濁度計 (NEP-5000等) による観測を実施している。これらの出水で濁度計による濁度の分析結果が得られており、画像解析による濁度評価の検証に供した。

濁度の定量評価は、濁度変化過程におけるRGB単位ベクトルの方向ベクトル (dr , dg , db) を法線ベクトルとする平面を、濁度に応じて設定する手法³⁾を用いた。

3. 2023年6月2日～3日の出水時における濁水

図-2に2023年6月2日～3日の出水時における画像解析結果と流砂観測データ (水位・濁度) を併記して示す。2023年6月2日08:00以降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^{1),2,3)}と同様の傾向を示した。2日03:00～08:00に、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、下流の栃原砂防堰堤においても水位の増加はなく濁度も $0\text{cm}^3/\text{cm}^3$ 程度で変化がない。画像解析結果からは、2日08:00頃に濁水の流下が画像解析結果から得られ、下流の栃原砂防堰堤の水位・濁度の上昇タイミングよりやや早いタイミングで濁水を検出しており、既往の2022年9月台風第14号の出水時の結果²⁾と傾向は一致した。

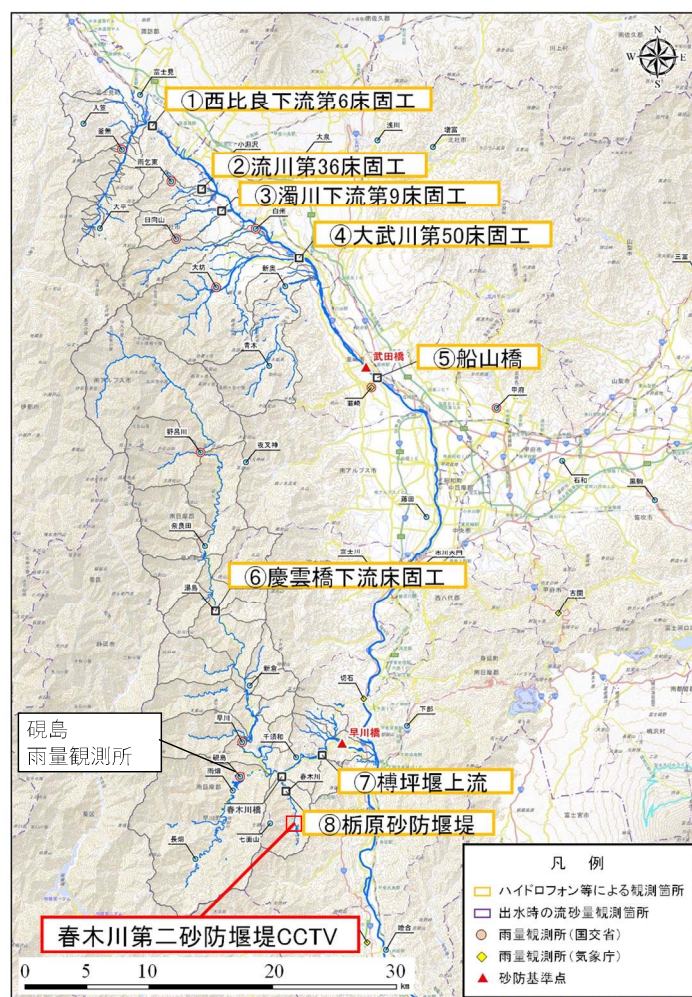


図-1 流砂観測施設位置図

□：検討対象

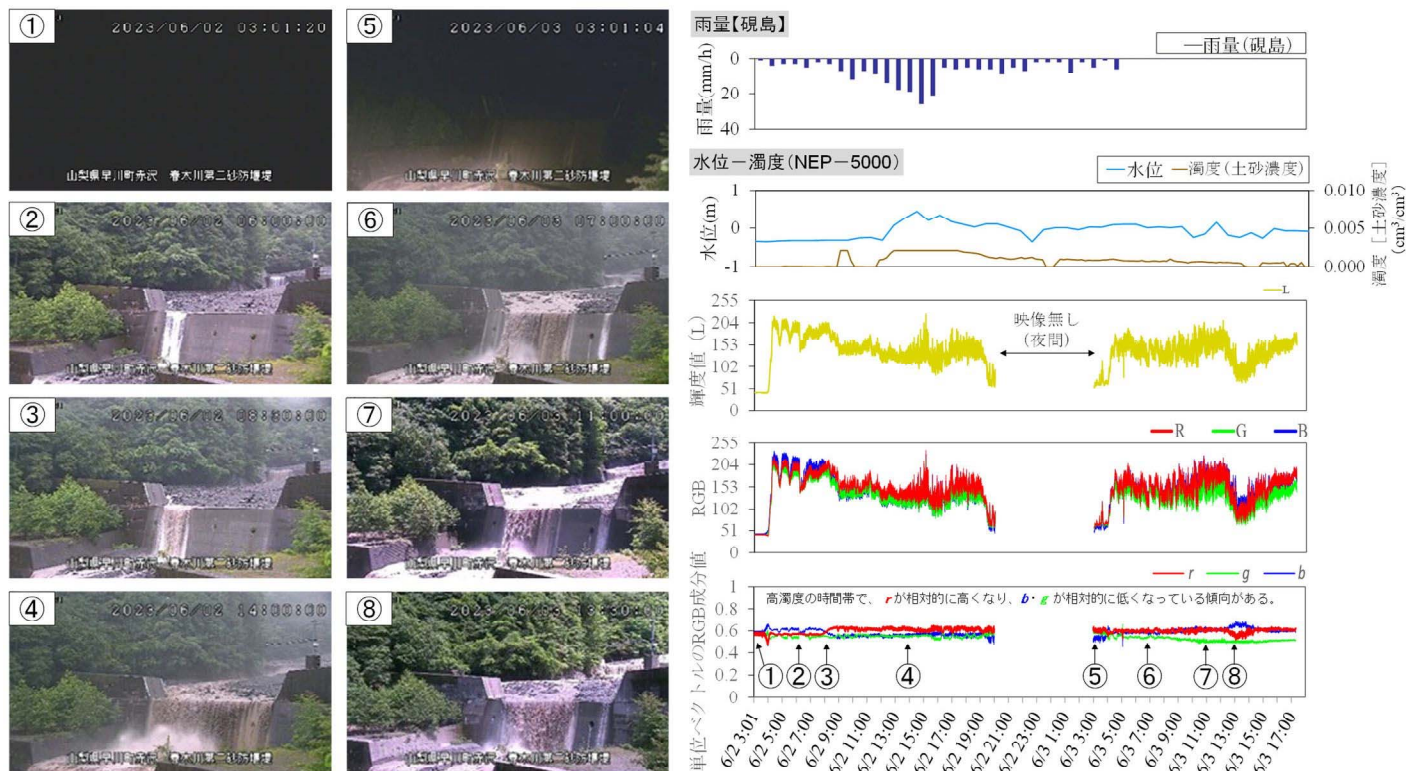


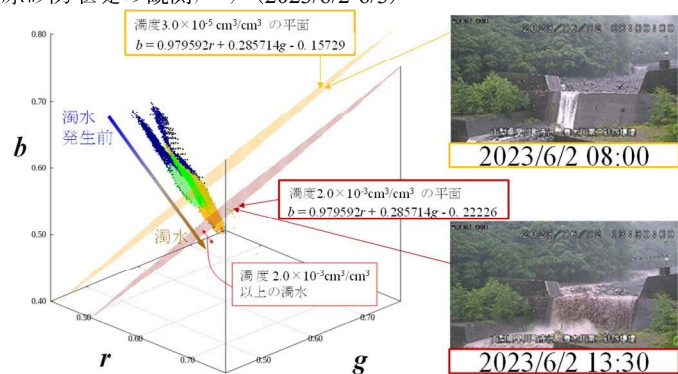
図-2 春木川第二砂防堰堤の画像解析結果と栃原砂防堰堤の観測データ（2023/6/2-6/3）

4. 画像による濁度評価結果

栃原砂防堰堤の濁度計による計測結果と、春木川第二砂防堰堤のCCTV画像から濁度を評価した結果を図3に示す。栃原砂防堰堤の濁度計は、2日08:00に濁度 $3.0 \times 10^5 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ を、2日13:30に濁度 $2.0 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ を観測しており、これらのタイミングにおける濁度に相当する平面も示した。なお、栃原砂防堰堤の濁度計は $2.0 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ で観測値の頭打ちとなっており、それ以上の高濁度の結果を観測出来ていない。ここで、濁水流下中の時間帯に着目すると、2日11:30～16:00の時間において、春木川第二砂防堰堤CCTVでは最も濁度が高い解析結果となっており、RGB単位ベクトルが相対的に大きな値でbが相対的に小さな値となり最も右下の領域に分布している。特に、図3の濁度 $2.0 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ に相当する平面より右下に分布するRGB単位ベクトルがあり、2日13:30以降の時間において濁度 $2.0 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 以上の濁水が流下していたことが確認された。

5. まとめ

2023年6月2日～3日の出水時において、画像の色情報から濁度変化を捉えることができた。栃原砂防堰堤の濁度計観測データを用いて春木川第二砂防堰堤CCTVによる濁度定量評価手法を試みた結果、濁度に応じた平面を作成できた。これにより、春木川第二砂防堰堤CCTVの濁水発生タイミングで濁度 $3.0 \times 10^5 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ となり、濁度 $2.0 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ に相当する平面に接するRGB単位ベクトルを濁度 $2.0 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ と評価することが可能となる。精度は現状で大中小レベルには留まるが、濁度評価の適用性を確認できた。本研究の結果から、画像による濁度評価は、濁度計（NEP-5000）より高濁度帯の濁水を捉えることができるものと考えられる。また、カメラは非接触型の機器であり、接触型の濁度計よりも土砂の衝突等の外力による物理的な故障リスクが低いため、カメラは大規模イベントの検知センサーとして有利となる。カメラ画像による濁度評価と閾値設定の高精度化を進めていく監視手法として確立されれば、画像解析技術による濁度を指標とした土砂流等の溪流監視手法となることが期待される。



No.	年月日	時間		溪流の状況	土砂容積濃度 (cm³/cm³)			凡彩色
		目	至		濁度計 NEP-5000	最小	最大	
1	2023/6/2	3:00	4:00	夜間（無照明）	0.000004	0.000005	0.000004	black
2		4:00	8:00	濁りなし	0.000004	0.000052	0.000022	dark-blue
3		8:00	11:30	濁り発生	0.000005	0.002094	0.000481	skyblue
4		11:30	14:00	水位増加～ピーク	0.000005	0.002097	0.001569	brown
5		14:00	16:00	ピーク後水位低下	0.002093	0.002097	0.002095	dark-goldenrod
6		16:00	19:00	減水	0.001524	0.002096	0.001929	goldenrod
7	2023/6/3	19:00	20:00	夜間（照明あり）	0.001069	0.001524	0.001264	grey50
8		3:00	4:00	夜間（照明あり）	0.000823	0.000973	0.000887	grey50
9		4:00	8:00	薄い濁り	0.000692	0.001005	0.000795	dark-yellow
10		8:00	12:30	薄い濁り	0.000519	0.001015	0.000642	green
11		12:30	14:30	水色変化	0.000000	0.000547	0.000230	navy
12		14:30	17:30	薄い濁り	0.000000	0.000589	0.000392	light-green

図-3 画像による濁水解析結果と濁度指標となる平面の3次元表示

参考文献（題目省略）

- 五十嵐和秀・松岡暁・伊藤隆徳・植野利康・赤澤史顕・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。
- 五十嵐和秀・川瀬遼太・松岡暁・伊藤隆徳・植野利康・野坂隆幸・唐木理富・藤田正治・宮田秀介・堤大三・内田太郎、令和5年度砂防学会研究発表会概要集、p.621-622、2023。
- 五十嵐和秀・松岡暁・木下篤彦・山田孝、砂防学会誌、Vol. 76 No. 1、p. 22-33、2023。
- 萬徳昌昭・菊池瞳・小林幸博・木村智穂・松岡暁・五十嵐和秀・伊藤隆徳・藤田正治・宮田秀介・堤大三、令和6年度砂防学会研究発表会概要集、p.641-642、2021。
- 保谷智之・川瀬遼太・松岡暁・伊藤隆徳・植野利康・野坂隆幸・唐木理富・藤田正治・宮田秀介・堤大三・内田太郎、令和6年度砂防学会研究発表会概要集、p.561-562、2023。