

複数地点に設置したインターバルカメラ画像による流域内の水と土砂の流出実態の把握

アジア航測株式会社 ○滝澤雅之, 岡野和行, 井之本 信, 谷口宙河, 井元成治, 吉安征香
国土交通省関東地方整備局日光砂防事務所 木下篤彦^{*1}, 土田元気, 穂田雄高^{*2}, 江口彰友^{*3}, 松下勇也

※1 現: 内閣府沖縄総合事務局 開発建設部 ※2 現: 同 渡良瀬川河川事務所 ※3 現: 同 河川部

1. はじめに

土砂の生産や流出が多い支川の合流点は、合流に伴う水位上昇や河床変動の影響により、土砂・洪水氾濫のトラブルスポットになる可能性がある。そのため、合流点における河床変動予測に際しては、本川及び支川の土砂流出状況を各々把握しておくことが、土砂・洪水氾濫対策を検討する上で重要である。

近年、野外にて長期間の自動撮影が可能なインターバルカメラが安価かつ容易に入手可能となっている。そのため、高精細な 4K 動画撮影を流域内の複数地点で容易に実現できるようになった。そこで本稿では、流域内の複数地点に安価なインターバルカメラと水位計を設置し、得られた観測データを活用した流量及び濁度の推定により、流域内の土砂流出実態を把握する手法について検討した。

2. 観測地点及び観測機器

対象箇所は、日光砂防事務所管内の稲荷川流域（3地点）と芹川流域（2地点）である。各地点で、2024年と2025年の出水期間（6月下旬～11月末）にインターバルカメラ（Hyke社製：HykeCam SP2）およびデータロガー内蔵型の圧力式水位計（Onset社製：HOBOU20）を設置し、流況撮影および水位観測をしている（図1）。



図1 対象箇所と観測機器(上：芹沢 下：稲荷川)

3. 流量に着目した流出実態の把握

芹沢流域の2地点を対象に、撮影動画へのSTIV法（Fujita et al., 2007）適用によって得た複数時期の観測流量と、観測水位との関係からH-Q式を作成した。作成したH-Q式により、観測水位から時系列の流量を算出した。時系列の流量の波形から流量の最大値をピークとし、ピーク時の流量比（上流地点/下流地点）と時間差（下流地点のピーク時刻－上流地点のピーク時刻）を算出した（図2）。算出値と比較するために、各地点より上流の流域面積の比率（上流地点/下流地点）と2地点の洪水到達時間の差を算出した（表1）。洪水到達時間は、中小河川の計画で広く用いられているクラークヘン式により算出した。

流量比と面積比の比較では、2出水とも流量比の方が大きかったことから、上流域に偏った出水特性であったと推測される。

時間差では、2025年9月10日の出水の時間差は10分であり、理論的な洪水到達時間の差^{*}と近かった。一方で、11月1日の出水の時間差は-10分と上下流が逆転した。このことから、9月10日は、本川沿いに上流から下流に伝播する洪水であったのに対し、11月1日は、2地点間の支川から本川のピーク時刻よりも早い流入があった洪水と推測される。

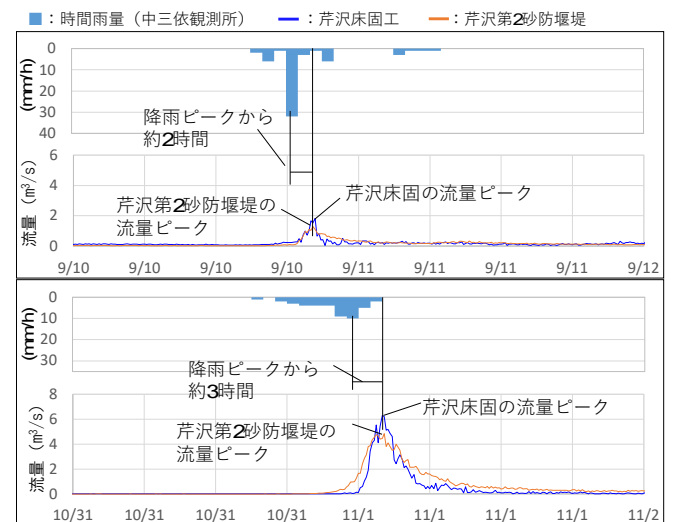


図2 ピーク時の流量比と時間差の整理結果
(上：2025年9月10日 下：2025年11月1日)

表1 整理諸元の比較結果

イベント	時間差 洪水到達時間差	流量比 面積比
2025年9月10日	10分	0.71
2025年11月1日	-10分	0.77
比較値	約12分 [*]	0.63

※クラークヘン式により算出した理論値同士の時間差

4. 濁度に着目した流出実態の把握

撮影動画からフレーム単位の画像を作成し、作成した画像の解析対象範囲における RGB 値の平均値から単位ベクトルを算出した場合、単位ベクトルの R 値（以降「R 値」と記載）の変化は濁水（土砂流出）との関連が高いことが既往研究²⁾で知られている。日光砂防管内では、稲荷川流域を対象に同様の検討が実施されており、R 値の変化が濁水と関連が高いことが確認されている³⁾。

R 値の変化が濁水と関連が高いことから、R 値の上昇・下降が濁度の濃淡と関連していると考え、R 値の時系列グラフにおける波形とピークの時間差を比較した。対象は稲荷川流域の 3 地点（早川谷・小米平・日向）とした。

2024 年の主要な出水であった 7 月 12 日と 8 月 5 日のグラフを図 3 に、撮影画像の切り抜きを図 4 に示す。7 月 12 日は、観測位置に近い小米平と日向のピーク時刻差が小さく、波形の傾向も 3 地点で類似していた。一方で、8 月 5 日の波形は、早川谷がピーク後に早く低下しているのに対して、小米平、日向は緩やかに低下していた。特に日向では、上昇時も他よりゆるやかであった。

この結果は、図 4 の濁り具合の変化状況とも整合が取れており、R 値の波形が観測地点の土砂濃度の変化を示していると考えられる。そのため、波形が類似している 7 月 12 日は、土砂の生産源が早川谷上流であり、濁水が早川谷から日向まで流下したと推測される。一方で、8 月 5 日は早川谷の波形と小米平と日向の波形が異なっており、緩やかに低下していたことから、早川谷から日向間の河床からの土砂生産や支川からの土砂流入があったと推測される。

以上より複数地点の画像の RGB 解析結果の R 値の波形の変化を比較することで、観測地点間の土砂供給の有無を推定ができる可能性がある。

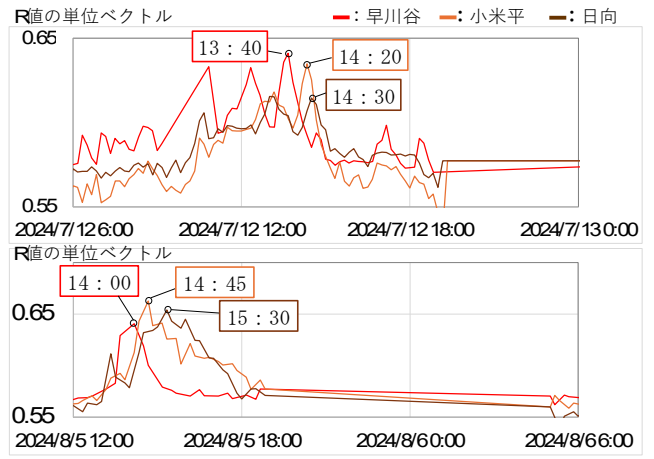


図 3 R 値の変化とピーク時刻(上：2024/7/12 下：2024/8/5)

5. おわりに

流域内の複数地点に設置した観測機器のデータを活用し、水と土砂の流出実態把握を試みた。

安価な観測機器を用いて、流域の複数地点で流量を算出し、算出した時系列のデータから流量比率やピーク時刻の差を求めることにより、イベントごとに本支川の流出実態を推測できる可能性を示した。また、インターバルカメラの映像を用いて RGB 解析を実施し、算出した R 値の波形から濁度の変化を推定して複数地点の結果を比較することで、観測地点の配置関係から土砂の供給区間を推測できる可能性を示した。

本稿で示したものは、限定的な流出実態の推測に留まっているが、今回用いたような安価な観測機器を更に多地点に配置することで、より詳細に流出実態を把握できる可能性があると考えられる。一方で、R 値の検討は、波形からの定性的な推定となっている。今後は、定量的な推定に向けて事例の蓄積を進めるとともに、R 値と濁度との関係を検証して反映することが課題と考える。

日付	観測地点	時間差	13:40	13:50	14:00	14:10	14:20	14:30	14:40	14:50	15:00
2024年7月12日	早川谷	約40分									
	小米平										
	日向	約10分									
日付	観測地点	時間差	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45
2024年8月5日	早川谷	約45分									
	小米平										
	日向	約45分									

図 4 カメラ映像における濁り具合の変化（青枠：R 値のピーク時）

<参考文献>

- 1) Fujita, I et al (2007) : Development of a nonintrusive and efficient flow monitoring technique: The space time image velocimetry (STIV), International Journal of River Basin Management, Vol.5, No.2, pp.105-114
- 2) 五十嵐ら (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
- 3) 堀ら (2025) : 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, 令和 7 年度砂防学会研究発表会概要集, p.457-458, 2025