

# 荒川流域における令和4年8月豪雨による大規模土砂生産後の中期土砂移動を対象とした

## タイムラプスカメラを用いた浮遊砂の観測方法の検討

株式会社建設技術研究所 ○鈴木海里, 奥山遼佑, 石川深緒, 西原加織, 村上正人, 金野崇史, 池田幸太郎  
国土交通省 北陸地方整備局 飯豊山系砂防事務所 渡邊剛※, 目黒喜之, 石山慧  
株式会社測商新潟 田中寿典  
(※: 申込時点での所属)

### 1. はじめに

荒川流域では、令和4年8月豪雨（以降、R4.8豪雨とする）により、流域内各地で大規模な土砂生産が生じ、現在も流域内に多くの土砂が残存している。これらの残存土砂は、今後数年間にわたって活発に流出することが予想され、下流では河床上昇により氾濫リスクの上昇や濁水の長期化による被害が懸念される。

中期的な土砂流出の対策を検討するためには、経年的な流出土砂量の変化や外力に対する土砂流出の応答を把握することが必要不可欠である。特に、大規模土砂生産後の崩壊残土は細粒分が多いとされており、浮遊砂成分の流出特性を把握することが重要であると考えられる。一方で、浮遊砂観測は濁度計が高価であり多地点で観測するにはコスト面で困難である（一倉ら；2023）。

これまでに画像データから水の濁りを検出する検討が行われてきた（例えば、一倉ら、2023；五十嵐ら、2019）。これらの研究では、画像データのr値（R単位ベクトル）によって水の濁りを検出することが可能であり、土砂流出のタイミングや伝播速度の把握に有効であることが確認されている。一方で、r値から浮遊砂量や浮遊砂濃度を定量的に把握しようとする検討は行われていない。

そこで本研究では、荒川流域においてタイムラプスカメラの画像から出水中の浮遊砂量を把握することを目的として、タイムラプスカメラ画像から得たr値と濁度の観測結果との関係を分析した。

### 2. 方法

#### 2.1 対象流域および観測所の概要

対象流域は荒川水系の綱川流域とした。観測所は、綱川砂防堰堤、地点である。綱川砂防堰堤地点では、水位および濁度が観測されている。水位計および濁度計の設置位置は、綱川砂防堰堤副堰堤のスリット部である。水位計および濁度計は、スリット部の底面の高さと同観測機器のセンサ部分の位置が概ね一致するように設置されている。計測間隔は10分である。また、タイムラプスカメラにより10分おきに写真が撮影されている。

#### 2.2 解析方法

本研究では、はじめに五十嵐ら（2019）や一倉ら（2023）と同様の手法を用いて、綱川流域においてもタイムラプス

カメラの画像（r単位ベクトル）から水の濁りを検出することが可能であるか確認した。そのうえで、濁度計の観測値から算出した浮遊砂濃度とr値の関係を整理し、r値から浮遊砂濃度を推定できるか確認した。

図2にタイムラプスカメラで取得している画像と、RGB解析の解析対象範囲を示した。解析対象範囲は、写真中の赤枠の位置である。

タイムラプスカメラの画像で水の濁りを検出可能であるかは、観測で得た濁度（ppm）の時間変化とr値の時間変化を比較して確認した。

r値と浮遊砂濃度との関係は、r値と観測した濁度（ppm）から推定した浮遊砂濃度を比較した。浮遊砂濃度は、室内試験により作成した濁度（ppm）とSS（g/L）の以下の関係式を用いて算出した。なお、SSから浮遊砂濃度への換算は、砂礫の密度を2.65 g/cm<sup>3</sup>であると仮定した。

$$SS \text{ (g/L)} = 0.00504 \times ppm$$

なお、濁度計で観測している濁度は、流れの底面で計測したものであるため、濁度の値から算出した浮遊砂濃度も流れの底面の浮遊砂濃度にあたりと考えられる。一方で、タイムラプスカメラの画像から整理したr値は、流れの表面付近の色調から得られる値である。一般に浮遊砂の濃度は流れの底部で高く、水面に近いほど低くなるとされているため、濁度計の観測値とr値の計測位置は厳密には一致していないことが考えられる。

このことから、r値との比較に用いる浮遊砂濃度は、濁度計の観測値から算出した底面の浮遊砂濃度を用いた場合と、観測値に対して水深方向の濃度分布を考慮して推定した流れの表面付近の浮遊砂濃度を用いた場合の2種類を検討した。なお、浮遊砂濃度の鉛直分布は、ラウス分布であると仮定し、表面の浮遊砂濃度としてラウス分布から推定した水面から約10cmの位置の濃度を用いた（図1）。

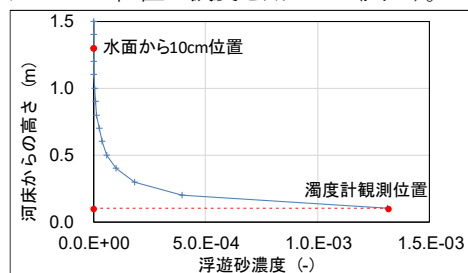


図1 ラウス分布を仮定した浮遊砂濃度の水深方向の分布

### 2.3 解析対象イベントの選定

対象の降雨イベントは、2025年における最大24時間雨量が大きい3出水（2025/8/5-12, 2025/9/2-3, 2025/9/17-18）を解析対象とした。ただし、画像からRGBを取得できない夜間は対象外とした。

## 3. 結果

### 3.1 濁度の上昇とr値の対応

図2に、r値の解析結果と濁度の観測結果の時間変化の一例を示す。r値は、濁度の上昇に対応して上昇していることが確認できる。

したがって、綱川流域においても先行研究と同様にタイムラプスカメラ画像から得たr値により、濁りを検知することが可能であると考えられる。

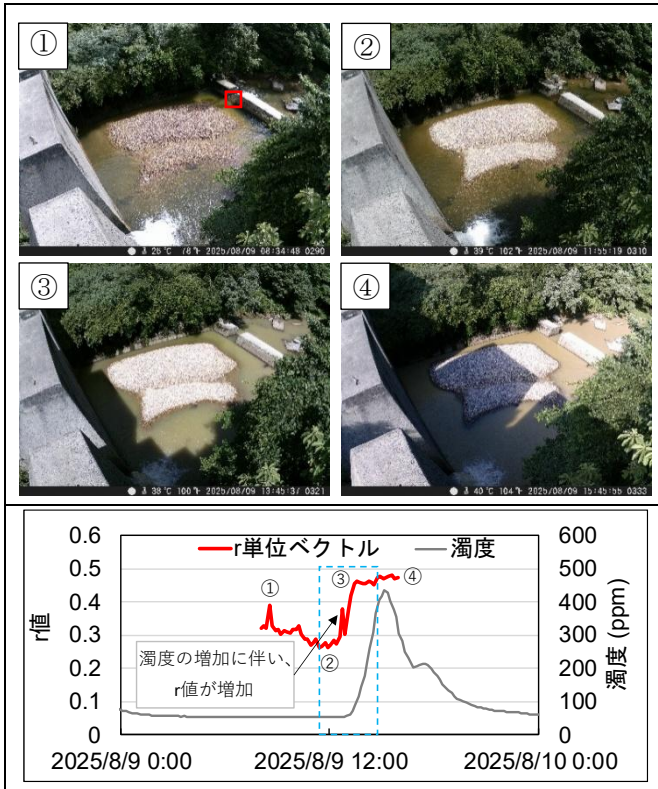


図2 r値の解析対象範囲および解析結果の一例

### 3.2 r値と浮遊砂濃度Cfの関係

図3に、r値と基準面（濁度計位置）における浮遊砂濃度Cfの関係を示す。r値が0.45程度までは、平時の流況で濁りが確認されない範囲であったことから、浮遊砂濃度は概ね一定値となることが確認された。一方、r値が0.45程度以上では、r値が大きくなると浮遊砂濃度も指数関数的に大きくなるような関係が得られた。ただし、r値が0.5程度の浮遊砂濃度は分布にばらつきがあることが確認された（図3の赤枠）。これは、r値はタイムラプスカメラによる流れの表面の色調のみで評価されており、浮遊砂濃度Cfの水深方向の変化が評価されていないためと考えられる。

図4に、r値と水面付近における浮遊砂濃度Cfの関係を示す。全体の傾向は、基準面におけるr-Cfの関係と同様に、r値が0.45程度までは概ね一定値、r値が0.45程度以上で

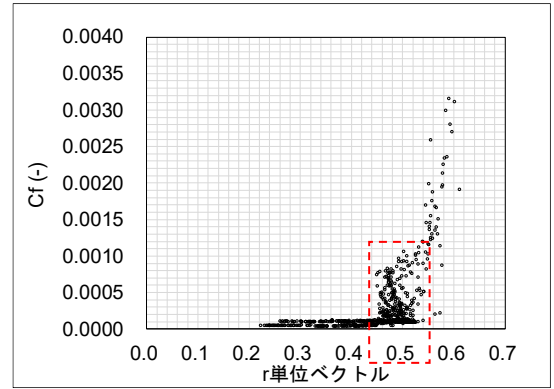


図3 r値と浮遊砂濃度Cfの関係（基準面（濁度計位置））

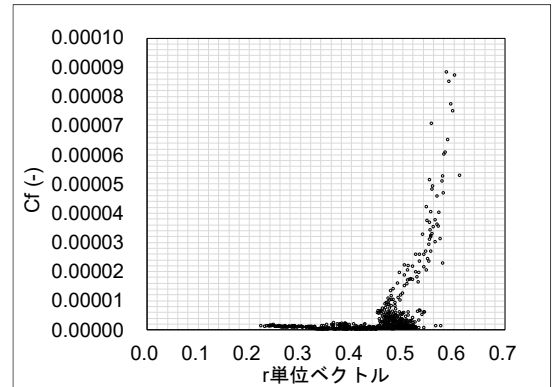


図4 r値と浮遊砂濃度Cfの関係（水面付近）

値の増加に伴い浮遊砂濃度も増加するような関係が得られた。しかし、あるr値において浮遊砂濃度がばらつくような結果は確認されなかったことから、浮遊砂濃度は鉛直分布を考慮することでr値との相関が高くなることが分かった。これより、浮遊砂濃度の鉛直分布を考慮することで、タイムラプスカメラ画像から得たr値により、浮遊砂濃度を定量的に推定することは可能であると考えられる。

## 4. まとめと今後の課題

綱川流域において、タイムラプスカメラの画像から出水中の浮遊砂量を把握することを目的として、r値と濁度観測結果との関係を分析した。この結果から、タイムラプスカメラ画像から得られるr値によって浮遊砂濃度を定量的に推定できる可能性がある。

一方で、本検討の流れの表面の浮遊砂濃度はラウス分布を仮定した推定値であるため、採水による表面濃度の実測値を用いて、検証を行うことが望ましい。また、他の流域の観測結果を用いて同様の検討を行い、本手法が他の流域においても適用可能であるか確認する必要がある。

### 【参考文献】

- 五十嵐和秀ら (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.
- 一倉夏帆ら (2023) : インターバルカメラを用いた山地河川における濁りの縦断変化の観測, 砂防学会研究発表会概要集, p. 623-624.
- 関根正人 (2005) : 移動床流れの水理学, 共立出版, p.120.