

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

筑波大学大学院環境科学学位プログラム
筑波大学生命環境系○一倉 夏帆
内田 太郎

1. 背景

近年、流域内では土砂災害や河床上昇による氾濫、海岸侵食、ダム貯水池への堆砂、生態系・景観の変化等、土砂にまつわる問題が発生している。これらの問題を解決するためには、流域全体で土砂移動の実態を把握する必要がある。そのため、流域の土砂動態の監視のために全国の山地河川で流砂水文観測が実施され、流域ごと、年ごとの単位面積当たりの流出土砂量等の把握が進んだ。しかし、山地河川での土砂動態は複雑で、土砂の生産・移動は時空間的に不連続に発生・伝播すると考えられている（河川審議会総合政策委員会, 1998）。

流砂観測の方法は、土砂を直接採取する直接法と、ハイドロフォンや濁度計などを用いて流砂量と関係のある諸量を計測し流砂量を推定する間接法に大別される。土砂移動の連続性・不連続性を確認するには河川の縦断方向に多地点で観測する必要があるが、直接法も間接法も多地点での使用はコスト面等で困難を伴う（岡本ら, 2012）。一方、近年は間接法の中で河川映像の色の变化から濁りの発生を検知する手法が研究されている（五十嵐ら, 2019）。従来は河川監視のために設置されている CCTV カメラの映像を用いるが、本研究では CCTV カメラよりさらに安価で設置・メンテナンスが容易なインターバルカメラを用いて、山地河川における多地点での濁り発生の検知を試みた。さらに、山地河川における濁りの縦断変化を観測した。

2. 方法

2.1. 観測地

観測地は、山梨県北杜市に位置する富士川水系の大武川流域（図-1）に設定した。本流域の流域面積は 73.3 km²、最高標高点は 2,799 m、平均勾配は 1/7、流路延長は 16.4 km であった。流域の中央付近に糸魚川-静岡構造線が南北に縦断しており、東側には中新世後期の砂岩および泥岩が、西側には中新世中期の花崗閃緑岩類と白亜紀後期の砂岩および頁岩が分布している。

2.2. 撮影方法

流域内の図-1 に示す 9 地点にインターバルカメラを設置し、日中の河川の様子を撮影した。カメラ設置場所の流域末端（釜無川との合流点）からの距離は最上流のサイト 1 から 9 までそれぞれ、10.5、10.3、8.8、8.0、7.5、5.7、4.4、0.6、0.2 km 離れている。なお、インタ

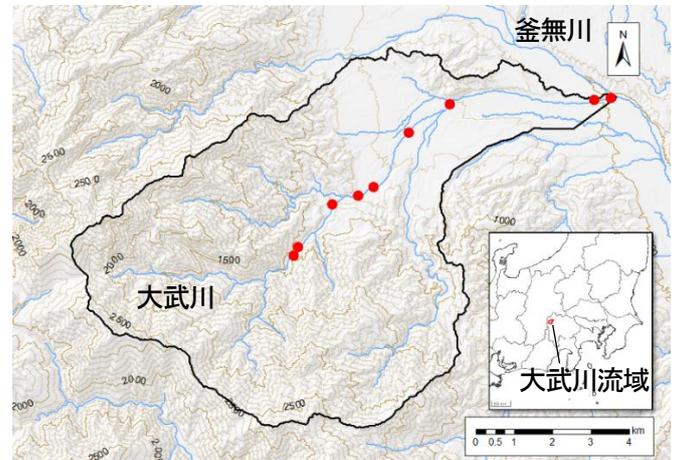


図-1 大武川流域図とインターバルカメラの設置場所

ーバルカメラは風や振動で画角が変化しないよう、橋の欄干やガードレール等の構造物に固定した。使用したインターバルカメラは新鋭株式会社の SC-MB68, SC-ML68, SC-MW68 であり、これらの中で画像の色味はほとんど変わらない。

2.3. 画像から濁りの発生を確認する方法

濁りの見え方は細粒土砂の濃度、粒径、形状、色調等に影響される（横山ら, 2002）。本研究では撮影画像を目視により観察し、河川表面の色が灰色や茶色に変化している時、濁りが発生していると判断した。また、濁りが濃くなると河床材料が見えづらくなる。最も河床が見えなくなった時を濁りのピークとした。さらに、五十嵐ら（2019）は濁水には特有の反射光の波長帯（色）があるとの仮説に基づき、濁度が変化すると画像の RGB 単位ベクトルの R 成分 (r) が相対的に大きい値を取ることを明らかにした。本研究も同手法に則り、画像の河川表面上に設定した解析領域内の RGB 単位ベクトルの時系列変化から濁りの発生を確認した。なお、RGB 値を算出する解析領域は、出水期間中に水面の反射やカメラのレンズに付着した雨滴により流れの表面の様子が確認できなくなることなく、白波が少ない範囲を可能な限りピクセル数が多くなるように出水ごとカメラごとに抽出した。

2.4. 解析対象イベントの抽出

2022年6月28日から2022年12月15日の期間中に撮影した画像を目視で確認し、9地点全部で濁りが発生しており、且つ濁りピークが日中に発生した6降雨イベントを解析対象とした（表-1）。なお、前後12時間無降雨であり総雨量1mm以上の場合を1つの降雨イベントとし、雨量データはサイト4から300m離れた大坊雨

量観測所から1時間雨量を、観測所が閉局している期間はサイト4で計測した1分間雨量を取得した。

表-1 解析対象イベント

番号	降雨開始時間	総雨量 [mm]	最大時間雨量 [mm/h]
1	2022/7/3 23時	17	7
2	2022/9/1 10時	18	13
3	2022/9/3 13時	8	4
4	2022/9/7 8時	43	6
5	2022/9/19 19時	39	11
6	2022/10/9 15時	29	5

3. 結果

全解析対象イベントについて、撮影画像を目視することによって濁りピークの発生時刻を9地点分整理した結果、山地河川における濁りの縦断変化は同じ流域であっても常に同じパターンでないことが明らかになった。例えば、解析対象イベントのうち番号1、2、3、4、6のイベントでは、濁りのピーク時刻が下流に行くほど遅くなる、つまり濁りピークが上流から下流へ伝播するような傾向が見られた。また、番号5のイベントでは、サイト1から6において濁りピークはほぼ同時刻に発生した。一方、サイト6より下流では、上流側のサイトより下流側のサイトで先に濁りピークが確認される場合があった。さらに、観測サイトによっては濁りピークが2回見られる場合があった。

図-2に番号1のイベント時のRGB単位ベクトルの時系列グラフを示した。ここで、画像を目視で確認した濁りピーク時刻と r 値のピーク時刻は大体一致した。濁りのピークはサイト1、2で8時頃に最初に確認されて以降は下流に伝播していき、最後にサイト8、9で12時頃に確認できた。一方、サイト8、9ではサイト6、7のピーク発生時刻より早い9時半頃にも濁りのピークが見られた。なお、サイト1から7で確認できた濁りは茶色を呈していたが、サイト8、9に濁りは灰色を呈した(図-3)。RGB単位ベクトルの各成分は主に0.5-0.7の範囲で変動し、茶色の濁りでは変動幅が大きく、灰色の濁りでは変動幅が小さい傾向があった。土砂の色の違いは地質や有機物量に起因し、濁りピーク時の r 値に影響すると考えられるが、定量的な評価には至っていない。

4. 結論

インターバルカメラを用いて山地河川の多地点における濁りを観測することで、濁りの縦断変化は同じ流域であっても常に同じパターンでないことが明らかになった。また、RGB単位ベクトルによって濁りの程度を定量的に示すことができた。

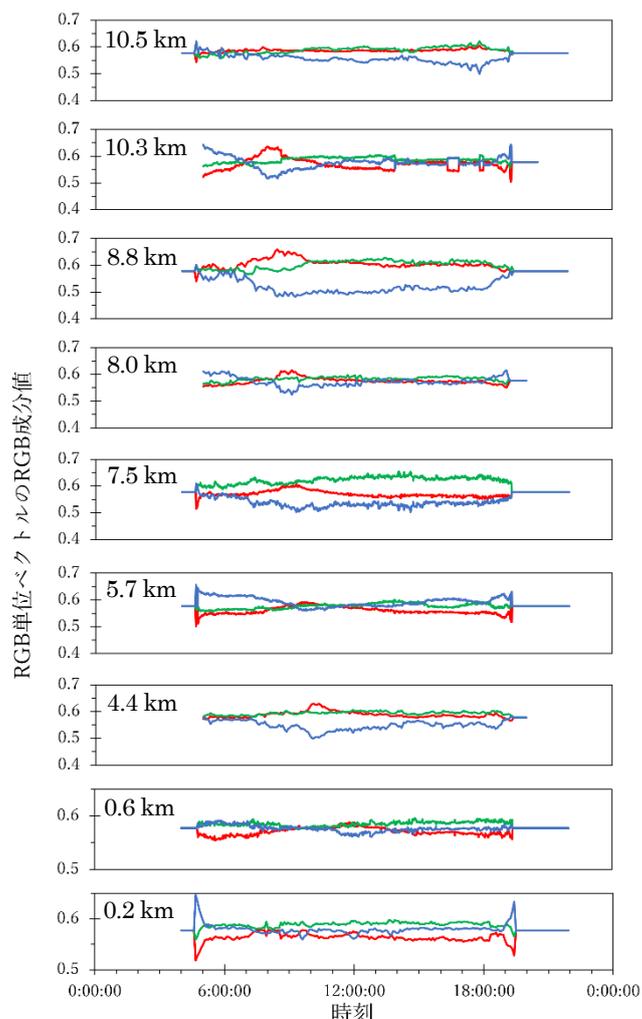


図-2 番号1のイベント時のRGB単位ベクトルの変動(流域末端から各サイトへの距離を図中に示す。)



図-3 濁りピーク時の色(左:サイト2, 右:サイト8)

参考文献

- ・建設省河川審議会総合政策委員会 土砂管理小委員会 (1998): 流砂系の総合的な土砂管理に向けて
- ・岡本ら (2016): 山地河道における流砂水文観測の手引き, 国土技術政策総合研究所資料, No. 686
- ・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
- ・横山ら (2002): 濁度計の粒径依存性と現地使用方法に関する考察, 土木学会論文集, No. 698 / II-58, p.93-98