

インターバルカメラを活用した流砂水文観測事例

国際航業株式会社 大川愛未, ○岩田幸泰, 笠原拓造, 小泉和也, 小阪祐平, 吉川卓郎

国土交通省中部地方整備局多治見国道砂防事務所 森下淳^{※1}, 市川東大^{※2}, 大畑隆史^{※3}, 西條裕道, 西崎涼真^{※4}

※1; 現 国土交通本省砂防部保全課, ※2; 現 中部地方整備局河川部, ※3; 現 木曽川ダム統管管理事務所管理課, ※4; 現 中部地方整備局河川部水災害対策センター

1. はじめに

通常の流砂水文観測は、水位計、濁度計やハイドロフォン等を用いて、掃流砂と浮遊砂を観測する。今回は、浮遊砂量を簡易的に把握するために実施した流砂水文観測の事例を紹介する。

キャリブレーションのため現地で実施する浮子法及びバケツ採水は、大雨の中で行うため、危険を伴い実施できる場所が限られる。また浮子法はストップウォッチを利用した目視観測であるため、人的誤差が生じる可能性がある。そのため、本事例ではインターバルカメラの画像を用いた観測も併せて実施した。カメラで撮影した画像、動画を撮影することは、安全性および人的誤差を補間する観点からみても有効的である。

2. 対象イベント

観測実施場所は、岐阜県土岐市妻木町に位置する庄内川水系妻木川である。対象イベントは、令和6年8月30日～令和6年8月31日に発生した台風10号である。

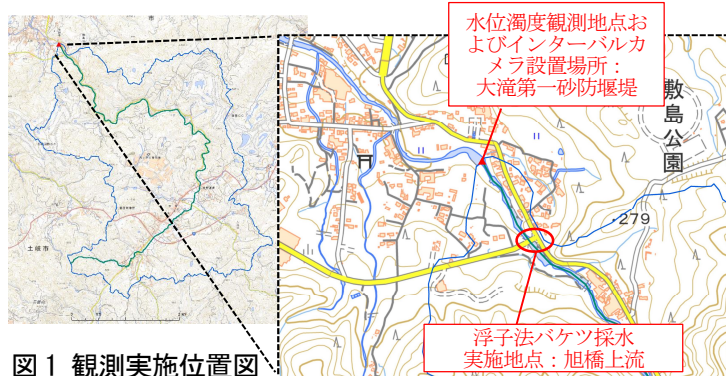


図1 観測実施位置図

3. 流砂水文観測方法

浮子法: 直線状に一定の区間を定め、浮子をその区間の上流から流し、その下流までの距離を流下時間で除して流速を求める方法である。今回は安全性を考慮して、水位計の設置位置より、上流の橋の上から実施した(図2)。

水位計: 使用した水位計は、水圧式水位計で、水深に比例する水圧を圧力センサで測り、水位に換算する(図3)。

バケツ採水: バケツ採水は、橋からバケツをおろして採水し、ペットボトルに移してSS分析を実施した(図2)。

濁度計: 使用した濁度計は、透過光方式で片側から光をあて、その透過光を測定し、減衰度合いから濁度を計測する。浮遊砂量にはバケツ採水の試料をSS分析した結果を用いてキャリブレーションした値を使用する(図3)。



図2 左: 浮子法実施状況 右: バケツ採水実施状況



図3 左: 機器設置状況 中: 水位計 右: 濁度計

4. インターバルカメラ設置状況

インターバルカメラの設置場所は、平常時に徒歩で安全にアクセスでき、作業スペースが確保できる大滝第一砂防堰堤を選定した。また、インターバルカメラを起動する電力は、設置制限の少ないソーラーパネルから供給し、撮影間隔はソーラーパネルからの供給を考慮して、10分おきに静止画と10秒の動画を記録するものとした。



図4 インターバルカメラ設置状況

5. 観測結果

5.1 水位の観測結果

水位観測を実施した際、当初の設置位置から出水ピーク時に水位計が流出してしまいましたが、インターバルカメラを設置していたことから、水位計の欠測期間のデータは、インターバルカメラの画像データで推定することができ、欠測データを補間することができた。

なお、インターバルカメラによる水位の推定方法は、事前に水位計で計測した正確な水位とインターバルカメラで撮影した画像のpixel数とをキャリブレーションしておき、出水ピーク後の高さを推定した。

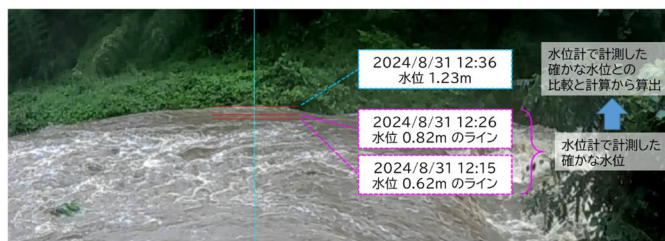


図5 インターバルカメラによる水位算出方法

図6に示す●は水位計による値で、●がインターバルカメラより推定した水位をプロットしている。インターバルカメラから推定した水位を使用したことで決定係数(R^2)が、1に近くなり、概ね妥当であることがわかる。インターバルカメラから得られた水位のデータを用いることでキャリブレーションの精度を上げることができた。

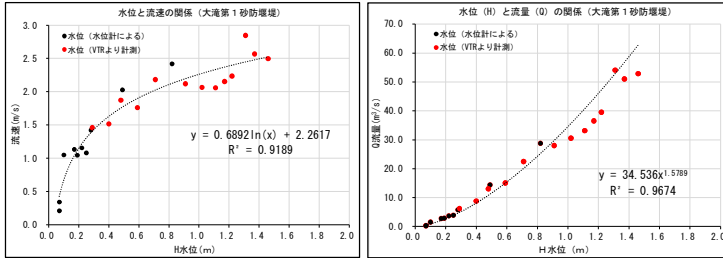


図6 インターバルカメラによる水位の補間状況

5.2 流量の観測結果

今回、流量算出のための流速観測は、インターバルカメラの画像を用いた PIV 画像解析による手法と出水時に浮子法を実施し、2つの方法でデータ取得した。

浮子法は、目視観測のため、降雨ピーク時の浮子を見失った場合には、インターバルカメラの動画から漂流物等を探し、流速を補間した。PIV（粒子画像流速測定法）は、流体中に混入したトレーサ粒子の粒子画像により、2次元平面内の速度および方向を非接触で求めることができる流体計測手法である。目に見えない気流・水流の動きを可視化し、解析することができる。

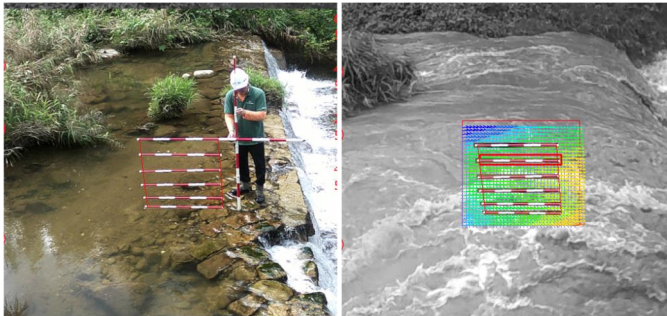


図8 インターバルカメラによる流速の計測状況

浮子法をもとに換算した流量は、合理式より算出したピーク流量と比較すると、値の大きい手法Ⅱに近いが、手法Ⅰ・Ⅱの間に入る結果となった（表1の赤枠）。一方、インターバルカメラで換算した流量は、浮子法で算出した流量の約66%と小さくなる結果となった。

表1 流量の算出結果

推定方法	洪水到達時間 (分)	平均降雨強度 (mm/h)	洪水ピーク流量 (m³/s)
合理式（手法Ⅰ）	77 (角屋式)	17.2 (物部式)	58.2
合理式（手法Ⅱ）	100 (クラーク・ヘンリー式・ルチーハ式)	30.6 (10分雨量観測値より)	93.2

観測時間		現地目視		インターバルカメラ	
日付	時刻	流量 (m³/s)	流量 (m³/h)	流量 (m³/s)	流量 (m³/h)
2024/8/31	9:30	16.0	57,762	3.9	14,123
	10:00	15.4	55,584	2.8	10,069
	11:00	14.6	52,488	3.7	13,288
	12:00	41.6	149,796	14.4	51,898
	13:00	71.0	255,614	51.0	183,618
	14:00	82.3	296,352	54.0	194,573
	15:00	34.7	124,740	22.5	80,892
	16:00	29.0	104,256	8.8	31,687
	17:00	16.0	57,708	6.1	22,118
合計		—	1,154,300	—	602,266

(降雨流出率 89%)

(降雨流出率 47%)

6. 浮遊砂量の算出結果

浮遊砂量は、図9に示すとおり、浮子法による算出において「189.5m³」、インターバルカメラによる算出において「92.2m³」となった。浮遊砂量は、流量の値に大きく左右されるため、2手法で異なる結果となった。

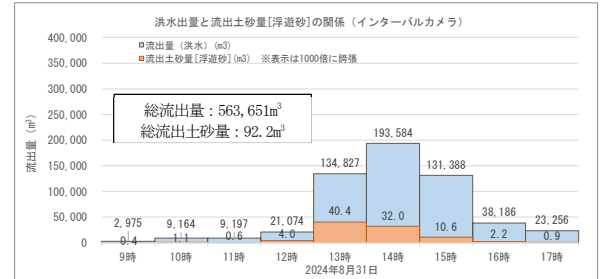
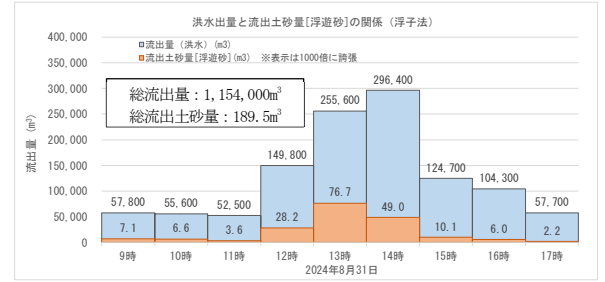
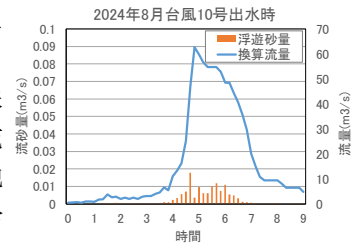


図9 浮遊砂算出結果 浮子法（上）とインターバルカメラ（下）

7. 河床変動計算による検証

【観測結果】

浮子法から換算した流量ハイドロを用いて、観測地点上流域を対象に河床変動計算を実施した結果、出水時の現地の河床状況や土砂供給条件を計算条件に反映することにより、概ね同程度の浮遊砂量（バケツ採水時の最大粒径以下を対象）となった。



【河床変動計算結果】

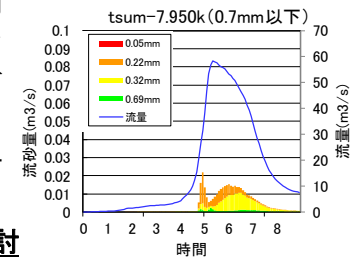


図10 河床変動計算による検証結果

8. 課題及び今後の検討

今回の観測においてインターバルカメラでの水位測定は、概ね妥当な数値が得られたが、浮子法とインターバルカメラ画像から得られた流速をもとに算出した流量を比較すると、大きく乖離する結果となった。

今回は浮子法から算出した浮遊砂量の妥当性を確認したが、浮子は流れの早いところに引き寄せられる傾向があったため、流量が大きめに算出されている可能性がある。浮子法では計測地点の河道状況に大きく左右されることが考えられる。一方、インターバルカメラによる流量は、画像上の1点で解析して流速を算出したことから、解析位置によって流速が遅くなり、流量が小さめに算出された可能性がある。そのため、複数地点での解析や平均流速の取り方等を改善することで、より実態に合った流量が得られる可能性が高い。

今後も継続的に観測を実施しデータを蓄積するとともに、インターバルカメラによる解析技術の向上を図り、土砂動態の把握に活用していきたいと考える。

参考文献

- 1) 朴ら（2021）：池郷川流域における土砂動態の推定，令和3年度砂防学会発表会概要集，p.597-598
- 1) 笠原ら（2023）：山地小流域における土砂流出に対する危険度予測のための簡易的な流量観測について，令和5年度砂防学会発表会概要集，p.467-468