

耳川水系ダム通砂による河川地形変化の調査

宮崎大学工学部	学生会員	塩月崇文
宮崎大学工学部	正会員	入江光輝
山口大学工学院	正会員	赤松良久
山口大学工学院	正会員	小室隆

1. はじめに

宮崎県北部を流れる耳川は、全長 94.8km の短い区間に 6 つのダムを有する(図-1)。これらダム貯水池内では土砂が堆積する一方で、ダム下流への土砂供給が妨げられ、河道区間での河床低下と河床材料の粗粒化、瀬・淵の消失、魚類の生息場所の消失等、その生態系に悪影響が及んでいる。これに対して「耳川水系総合土砂管理計画」が策定され、その第一段階として堤体高の比較的低い下流側の 3 つのダムにおいて堤体の切り下げが行われ、2017 年より大内原ダム、西郷ダムでの通砂運用が開始された。

一方、近年河道や干潟の地形や底床環境を UA

V から撮影した空中写真の解析により把握す

る試みが多く行われるようになってきている^{1),2),3)}。そこで、本研究では土砂移動が予測される河川区間においてドローンによる空中写真測量を出水前後で行い、通砂運用および通砂を伴わない放流による河道区間における土砂移動の把握を試みた。



図-1 耳川流域図

2. 調査方法

調査は図-1 中示すように 3 ダム下流部の荒谷(調査区間距離 0.25km)、坂本(同 0.4km)、古川 0.25(km)、切瀬(0.3km)の 4 区間で行った。調査日時は、2017 年 7/22、8/26、9/28 である。図-2 には 7 月から 9 月の西郷ダムにおける放流日と調査日の時系列を示している。7/22 は本調査における初期状態となる。8 月 4 日に台風 5 号が通過し、それに伴う出水で一旦通砂準備が取られたが、その後の流量の上昇が見込まれないために通砂は中止された(西郷ダムへの最大流入量 585m³/s)。この通砂を伴わなかった出水後の状況が 8/26 に捉えられている。その後、9 月 17 日の台風 18 号による出水(同 1,517 m³/s)があり、このときは通砂運用が行われた。それによる土砂移動が 9/28 の調査によって観測されている。

調査では UAV(DJI 社製 Phantom4Pro)を用いて空中写真撮影を行った。撮影時には写真測量の基準となる点を 1 調査区間あたり 4~5 点設け、その座標および標高を GNSS により取得した後に対空標識を設置した。撮影は高度 75m から鉛直下向きに、オーバーラップ 80% で 100~200 枚の撮影を行った。写真解析には Agisoft Photoscan Professional を用い、DSM を作製した。冠水部については赤松ら⁴⁾が示している水中における光の屈折率を考慮した補正を行い、水中の底床標高についても評価を行っている。これらの補正および各調査日の測量結果の比較には ESRI 社 ArcGIS Ver.10.4 を使用した。

3. 結果と考察

前述のように 4 区間で調査を行ったが、特に西郷ダムでは本調査以前に堤体改造工程の関係で少量の土砂が排出され、ダム直下から坂本区間(ダム直下からの距離 0.8~1.2 km 区間)にかけて比較的移動しやすい砂礫が堆積してい

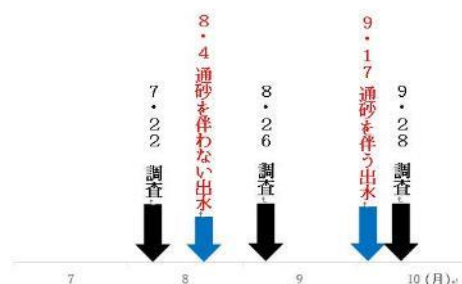


図-2 西郷ダム放流日と調査日時系列

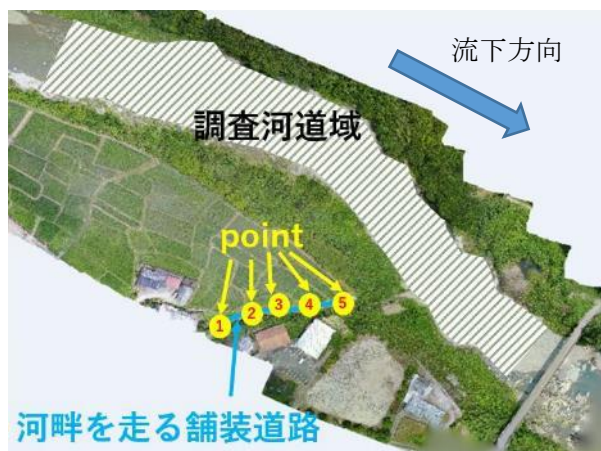


図-3 坂本オルソ画像_道路上側線図

た。本研究で対象としたその後の出水によりこれが大きく下流側に移動した。本報告では紙面の関係上、全4区間の結果を示すことができないので、この土砂移動の様子が顕著に捉えられた坂本における結果についてのみ示す。

まず、3回の写真測量の精度を確認するために、出水の影響による地形変化がないと考えられる河畔近くの舗装道路上の解析結果の比較を行った。道路上に取った側線(図-3中に図示)の地表面標高の変化を図-4に示す。これら5点のうち4点は写真測量の基準点には用いられていない点である。参照データとして国土数値情報から抽出した道路上の標高分布も示している。この結果、誤差は数センチ程度と非常に高い精度で測量が行えていることがわかる。

図-5に各月の地形解析結果を示す。図中には各観測時の水際線が線で示されているが、各出水前後で平水時流路が変動しており、2回のいずれの出水によっても土砂移動が生じたことがわかる。7,8月に比べて9月の結果で冠水部分の面積がやや大きくなっているが、出水からあまり日を空けずに観測を行ったため、西郷ダムからの放流量がやや多かったことによるものと考えられる。

7月と8月の比較をすると、区間中程の左岸(図中①)に7月時点で堆積して瀬を形成していた土砂が台風5号出水で流去され、8月の平水時河道は左岸側に寄っている。この地点では左岸は岩盤が露呈した状態で、出水でこの瀬が一つ消失し、岩盤底床の淵となったこととなる。また、図中②の地点では7月時点で幅の広い瀬が存在していたが、これも台風5号出水により消失している。その後、9月時点でも瀬の回復はなかった。

一方、8月の③の地点に新たな瀬が出現している。さらに9月の結果においても同地点に瀬は存在し、より大きな台風18号の出水によっても消失しなかった。前述したように、この時に通砂も行われたため、土砂流去に相当する土砂供給が上流より成され、瀬が維持されたと考えられる。したがって、瀬の位置こそ変化が小さいものの、底床材料は入れ替わっている可能性が高い。

非常に限られた範囲と出水規模のケースの比較なので、確定的なことは言いにくいだが、このようにいずれの出水によっても土砂は移動しつつ、8-9月の間より規模の小さな出水を経た7-8月の間のほうが平面的な瀬や淵の位置の変化が大きかった。それには上流からの土砂供給の有無が関係していると推測され、瀬や淵の場所の変化が小さくとも底床材料の入れ替わりは促されていると推測できる。

4. 結論

本研究では土砂移動が予測される河川区間においてドローンによる空中写真測量を出水前後で行い、通砂運用および通砂を伴わない放流による土砂移動の把握を試みた。本報において示した坂本区間ではダム改造工程で堆積した移動しやすい土砂が比較的多く堆積していたため、通砂を行わなかった出水によってもかなり大規模な土砂移動が生じた。比較的規模の大きい出水では流量上昇期に底床が流去し、低減期に再堆積すると予測されるが、通砂による土砂供給があれば出水の瀬や淵はある程度保持され、かつ、底床材料の入れ替わりが見られると期待される。堆積した土砂は出水ごとに飛び石を飛ばすように徐々に下流側へと供給されていくと予測され、今後、坂本区間を含めた他の区間についても継続的にモニタリングを行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 渡辺要一・佐々真志：UAVとMASWを活用した効率的干潟堆積土砂調査、海岸工学論文集 65 巻 1 号、1441-1445、2009
- 2) 上治雄介・山川祐：UAVにおける空中写真測量技術を用いた河床形状測量における精度検証、筑波大農林技術第5号、9-20、2017
- 3) 赤松良久：ドローンを用いた中小河川の環境モニタリング法の開発、水工学委員会環境水理部研究会集会在香川 2016
- 4) 神野有生・赤松良久・IGD Yudha PARTAMA・乾隆帝・後藤益滋・掛波優作：UAVとSfM-MVSを用いた河道水面下測量技術における水面屈折補正の高度化、河川技術論文集、第23巻、2017年6月

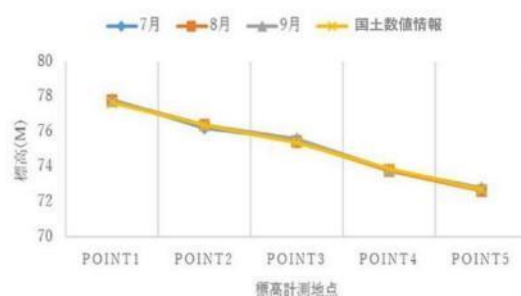


図-4 河畔を走る舗装道路の測量結果の比較

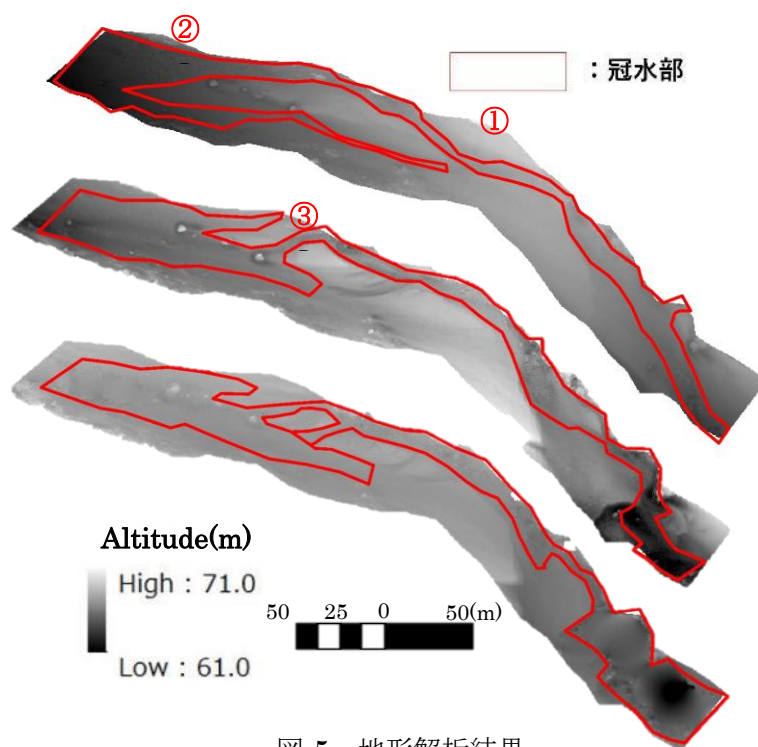


図-5 地形解析結果
(上：7月、中：8月中、下：9月)