芦田川下流現地実験域における UAV による河床変動に関する調査・解析

福山大学　正会員　　○　津田　将行
福山大学　名誉会員　　尾島　勝

１．はじめに

芦田川のある備後地方は、瀬戸内気候に属する気候で降雨量が少なく、また流域面積も小さいことから、他の河川と比較して河川流量が少ない渇水の起こりやすい河川である。渇水･治水対策として 1998 年に八田原ダムが完成後は河川流量の一定の供給、および治水安全度は向上したが、逆に河川流量の安定化、河道攪乱頻度の低下は、砂州の固定化や樹林化を形成・拡大という、河道の二極化をもたらしている。

そこで本研究では、効率的・効果的な河道の維持管理を目的として、樹木伐開および河道改修を実施した場所を対象として、昨年度は 2018 年 7 月豪雨により河道地形が大きく変移した状況を、今年度は大きな出水がない時期における河道地形や河川植生の変移について、モニタリングを実施し、中州や河床形状の変化を実証的に調査・解析をおこなった。

２．現地調査および調査方法

現地調査対象域は、**図-1** に示す芦田川本川と支川高屋川の合流部（本川 9.6km～10.4km）である。この区間は本研究のために河道内樹木の伐開と河道整備が完了している試験地である。調査項目は UAV による地形測量（写真測量)、植生調査、幼木調査であり、今回は UAV による地形測量（写真測量）により 3 次元計測を行い、点群データの結果について述べる。

調査期間は 2018 年 10 月、2019 年 6 月、9 月および 12 月の 4 回である。

UAV による地形測量（写真測量）では、DJI 社製の PHANTOM 4 PRO を用いた。UAV で撮影した写真は、サイドラップ率 60%、オーバーラップ率 80%で写真処理し、そして PhotoScan（Agisoft 社製）で SfM（Structure from Motion）処理を行い、3 次元点群データを構築した。3 次元点群データの比較には、TREND-POINT（福井コンピュータ社製）を使用した。

4 回調査の 3 次元点群データは 0.25m² 当たり 7.5～26.7 点であり、UAV を用いた公共測量マニュアル（案）の標準的な点群密度の条件（0.25m² につき 1 点）を満たす。

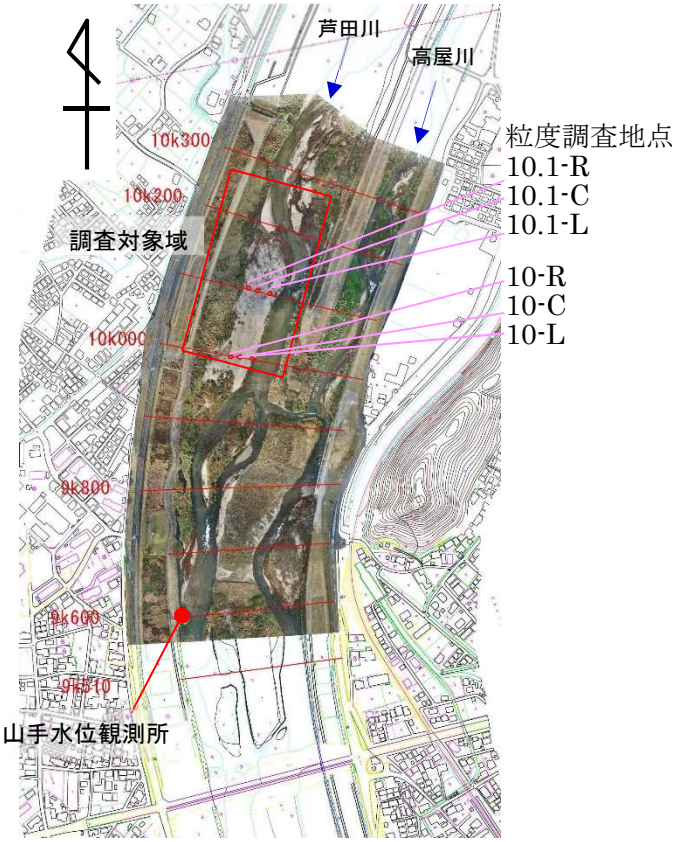


図-1　調査位置図

また現地観測では、粒度分布状況を把握するために、2019 年 12 月に 10k000、10k100 の測線上のそれぞれ 3 ケ所の計 6 ヶ所から土粒子を採取し粒度試験(JIS A 1204)を実施した。

キーワード　UAV，河床変動，河川流況，粒度分布
連絡先　〒729-0292　福山市学園町 1 番地三蔵　福山大学　TEL084-936-2111

３．水文データの解析

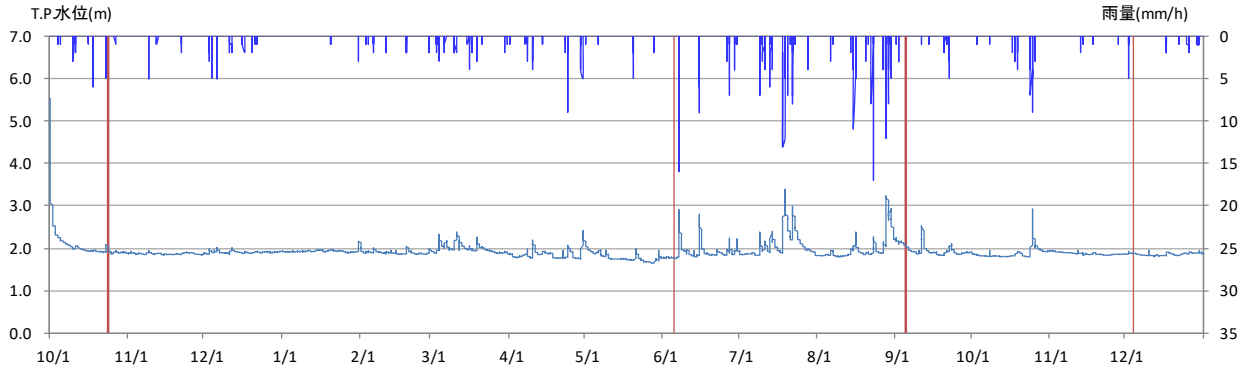


図-2　府中雨量、山手水位の経時変化

2018 年 10 月から 2019 年 12 月までの府中観測所の時間雨量、および山手観測所の河川水位を**図-2** に示す。また図中の縦赤線は UAV による現地調査日を示す。

府中観測所の 2009 年から 2019 年までの 11 年間の平均雨量は 1258mm であり、2019 年の年間雨量は 951mm と、この 11 年間でもっとも少ない年であった。2019 年を月別にみると 7 月が 207mm と一番多く、次いで 8 月の 181mm、そして 6 月の 118mm であり、6 月～8 月の 3 ヶ月の降水量がその他の月に比べて多く、年間雨量の 53%であった。

次に河川水位についてみれば、2018 年 10 月から 2019 年 6 月までの間では大きな出水がなかったことがわかる。雨量が多かった 6 月～8 月の水位変動は顕著であり、6 月調査と 9 月調査の間に 4 回、9 月調査と 12 月調査の間にも 2 回の出水が起こった。UAV による調査日の最大水位を T.P.で示すと 10/24 が 2.02m、6/4 が 1.79m、9/5 が 2.06m、12/4 が 1.89m であった。すなわち出水のなかった 7 ヶ月で水位は 23cm 低下し、6 月から 7 月の 4 回の出水によって水位は 27cm 上昇し、さらに 2 回の出水を経ても水位は 17cm 低下したことになる。

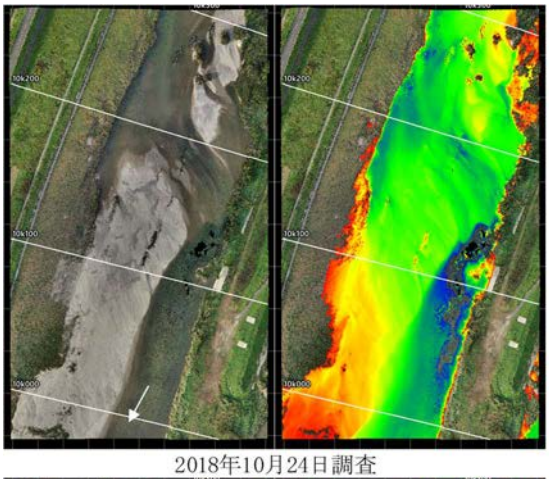
４．UAV 空撮データの解析結果と考察

図-3 に 4 回の 3 次元計測結果を示す。左縦図は各調査日毎の空撮写真であり、中央縦図は各調査日の T.P.1.0m～3.5m の範囲を標高が低い所から青色、緑色、黄色、赤色の順に色表示した。そして右縦図は各調査日間の標高差について調べたものである。すなわち、たとえば 2019 年 6 月調査の標高値から 2018 年 10 月調査の標高値を減算して標高の変化として示す。その変化については、標高が高くなった箇所について、その増加分 0.0～1.0 以上の範囲を黄色から赤色の暖色系で表示し、逆に標高が低くなった箇所について、その低下分 0.0～-1.0 以下の範囲を水色から青色の寒色系で表示している。

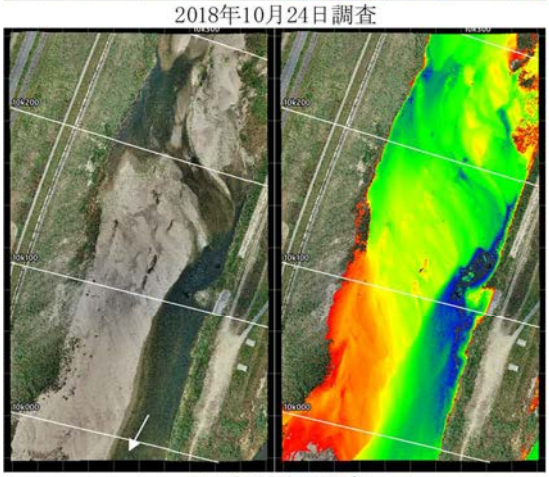
調査対象域の低水路の上流である 10k200 の右岸側に淵があり、そこから流路は右岸側から左岸側へと平瀬、早瀬が蛇行しならが形成されており、低水路の左岸側直下も淵となっている。その蛇行している 10k200 測線より下流右岸の砂州が調査対象域である。

図-3 の 2018 年 10 月をみると、調査対象域である砂州の流心側には、ほとんど植生は生えておらず、ほぼ裸地の状態である。砂州の右岸高水敷寄りにはシナダレスズメガヤが繁茂している。この時の砂州の標高は 10k100 付近が 1.8m～2.3m であり、10k000 付近は 2.8m～3.5m と下流側の方が高くなっている。10k000 よりも下流はアシ等の植生が繁茂し始めたときに、2018 年 7 月の西日本豪雨時に見舞われ、植生が障害となり土砂が堆積したものと考えられる。

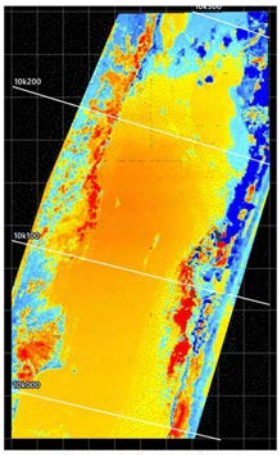
2018 年 10 月と 2019 年 6 月の標高の変化についてみると、大きな出水がなかったものの裸地部分の標高は黄色、橙色で示されるように約 0.2m 上昇していることがわかる。植生が一番繁茂する時期である初夏であるが、裸地部分における植生繁茂は顕著に認められないのは、この期間における土砂堆積によるものと考えられ



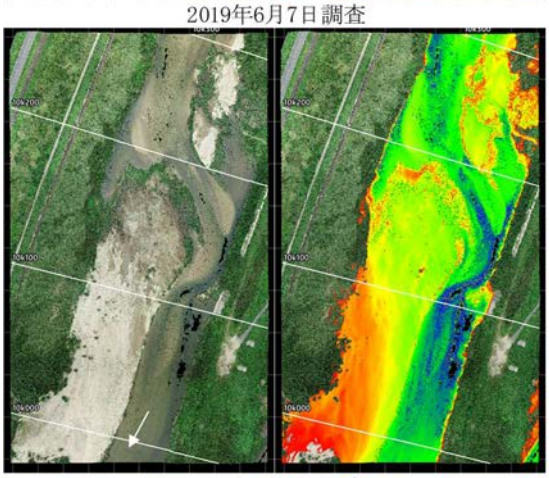
2018年10月24日調査



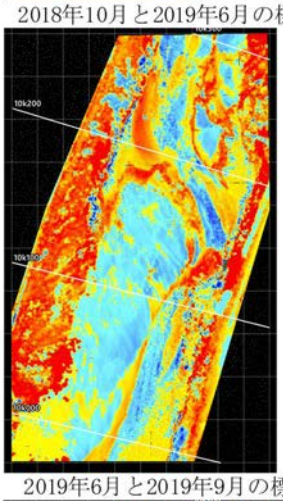
2019年6月7日調査



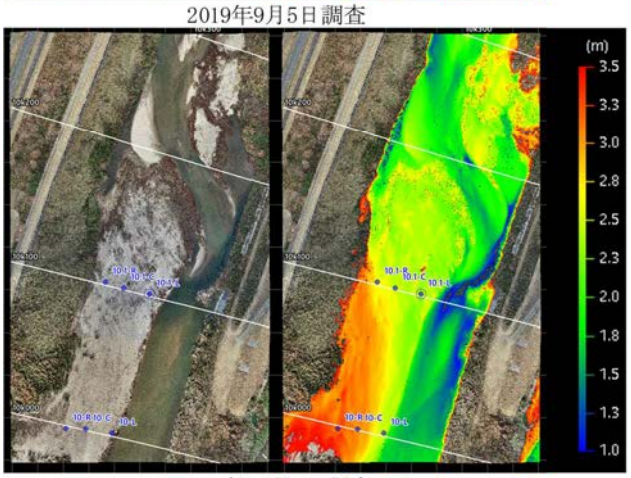
2018年10月と2019年6月の標高比較



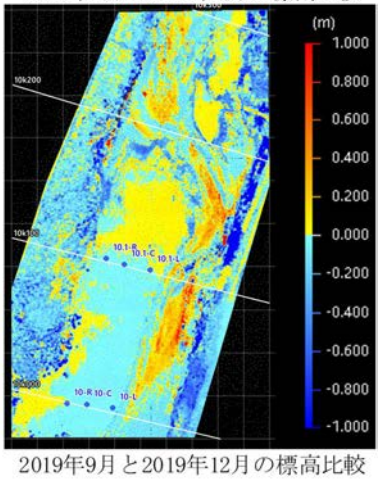
2019年9月5日調査



2019年6月と2019年9月の標高比較



2019年12月4日調査



2019年9月と2019年12月の標高比較

図-3　各調査日における調査対象の空撮写真、T.P.標高および標高の変移のコンター図

る。しかし現地踏査により植生部と裸地部の境目にはヤナギやツルヨシの繁殖が見られた。

次に 6 月調査と 9 月調査の標高の変化についてみると、裸地部分は大きく 2 つの変化が認められる。1 つ目は、調査対象砂州の上流部の流心付近で植生が繁茂し赤色の筋がみられ、標高が高くなっていることが確認できる。2 つ目は前節で示したようにこの期間に 4 回の出水により、砂州の標高は全体的に 0.20m 下がり水色で示された砂州域が広がり、出水の影響により洗堀されたことがわかる。植生部については、シナダレスズメガヤが 1m 以上に生長していることがわかる。また 10k200 の低水路部の右岸側の流路の先端部が赤色となっており湾曲部に土砂が堆積し、新たな洲が形成され始めていることがわかる。

最後に 9 月と 12 月の標高の変化についてみると、裸地部分の上流箇所では標高が約 0.2m 高くなり、逆に下流箇所では標高が約 0.2m 低くなっていることがわかる。草本類の植生は細粒土砂を保持し堆積することが指摘されており、草本類の植生により上流箇所では土砂が堆積し、逆に下流箇所では出水により土砂が洗堀されたものと考えられる。植生部については、ほとんどの植生が枯死したことにより標高が低くなっていることからがわかる。

５．粒度分布調査の結果

図-1 に示した 2019 年 12 調査に土砂を採取した場所である 10k000、10k100 の測線上の土砂採取場所の粒度分布調査の結果を**図-4** に示す。各調査場所の代表粒径である D_{60} についてみると 10-R が 1.89mm、10-C が 4.75mm、10-L が 0.68mm、10.1-R が 2.3mm、10.1-C が 7.8mm、10.1-L が 0.88mm であることから、10-L が中砂、10-R と 10.1-L が粗砂、10-C と 10.1-R が細礫、10.1-C が中礫であることから、砂州を横断的にみると、流心部に近い方に砂、中央部に礫、裸地と植生の境界付近は砂と礫から構成されていることがわかる。これは標高図より 2 つの測線の中央部が、大きな出水時に流路の流心となり、そこに掃流土砂である礫が堆積し、残ったものと考えられる。また通常時の流れにおいては流心に近い 10-L や 10.1-L には浮遊土砂である砂が堆積したものと考えられる。

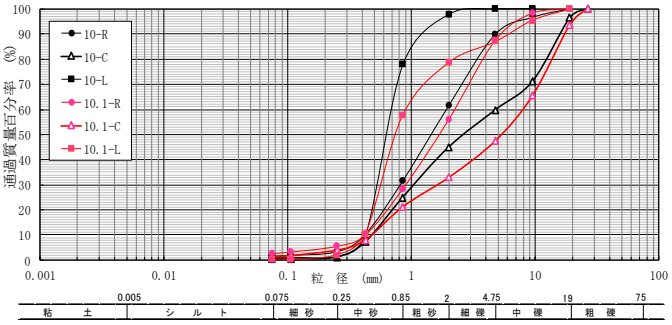


図-4　対象砂州域内の粒度分布（2019 年 12 月調査）

６．まとめ

河道改修、樹木の皆伐後の樹林化の進行状況や出水による河道砂州の変化過程の分析を目的として、現地調査を行った。写真測量より点群データを作成することにより河床変動や植生の生長変化の経時的変化を視覚的に把握することができた。特に淵の湾曲部における洲の形成、および砂州の上流部の流心付近での植生の繁茂する箇所が形成されたことが確認できた。

さらに 10k000、10k100 測線上において粒度分析調査により、粒度分布の解析をすることができた。

今年度は大きな出水は無かったので、今後も継続的な調査を実施することで、河床変動調査や植生繁茂場所等についてその特性を把握することができると考えている。

謝辞：本報告の投稿に際しては、国土交通省中国地方整備局福山河川国道事務所の多大なるご了解をいただいたことを、ここに記してお礼申し上げます。また、現地調査業務に関しては㈱シーエム・エンジニアリングおよび㈱日本総合科学にご理解とご協力をいただいたことを、ここに記してお礼申し上げます。