

河川シンポジウム 2018:オーガナイズドポスターセッション 1
「河川技術としてのリモートセンシングの計測技術とデータ解析」

平成 30 年 6 月 12 日 (火) 11:30~12:30

1. 趣旨説明

東京建設コンサルタント 渡邊明英

- この 2,3 年で、特に UAV 関連の論文採択数が急激に増加している。UAV による画像取得が可能となり、更に多くの画像処理ソフトが出てきたことから、画像さえ撮れば様々なことができるようになってきた。このような利用の活発化が背景にある。
- 今回のセッションでは、テーマを絞って、計測対象や現象等の空間スケールが大小極端な事例を扱う。
- テーマ 1 では、どの程度のものが、どれくらいの精度で分かるのか、技術的な課題を検討したものである。テーマ 2 では、継続的なモニタリングを行うことでどのようなことが分かるのか、それを今後どのように活かしていくのかについて議論していく。

河川シンポジウム2018:オーガナイズドポスターセッション 1
「河川技術としてのリモートセンシングの計測技術とデータ解析」

主旨説明

リモートセンシング技術による地理情報取得の実施に伴う論文数(特にUAV関連)の増加
LP, UAV & ドローン, MMS等のリモートセンシング技術に関する河川技術論文集における採択論文件数の推移

(2018) 13編 [UAV関係(11編), LP(1編), MMS(1編)
(2017) 8編 [UAV&SfM(3編), UAV熱画像(1編), ALB(1編), 水中リモセン計測(2編), MMS(1編)
(2016) 4編 [UAV&SfM(岐阜大 原田ら、山口大 赤松ら), UAVオルソ画像(1編), 他1編
(2015) 1編 [3種の航空測量技術を使用した河道地形の効率的測量の実装展開に向けた比較検討
:(株)ウェスコ 佐貫ら] デジタル航空写真, ヘリLP, UAVの比較
(2014) 1編 [ALBの河川縦横断面測量への適用性の研究: (株)パスコ 岡部ら]
(2013) 0編

(論文タイトルから判別) <画像による流速・流量の計測技術や従来型のADCPや航空写真の利用は除く>

河川シンポジウム2018:オーガナイズドポスターセッション 1
「河川技術としてのリモートセンシングの計測技術とデータ解析」

主旨説明

計測対象や現象等の空間スケールが大小両極端な事例

小テーマ1:画像解析による河床材料特性の推定方法
(論点) 画像から河床材料粒度がその分布を含め、どこまでなら確実なことがいえるのか、その**限界**を規定する画像計測上の**課題**など

小テーマ2:中規模・大規模の空間スケールで生じる河道や河床の変動のモニタリング
(論点) 縦断的に大きなスケールで河床形状や流路の変動を平面的に捉えることのできるLPやUAVの特性を生かした地形や砂州のモニタリングからわかることや従来法と比較した場合の**技術的な利点**や得られた**結果を今後どのように活かしていくべきか**

2. 画像解析による河床材料特性の推定方法

司会進行：名古屋大学 椿涼太

UAV 撮影画像処理による河床表層粒度分布把握に関する基礎的研究

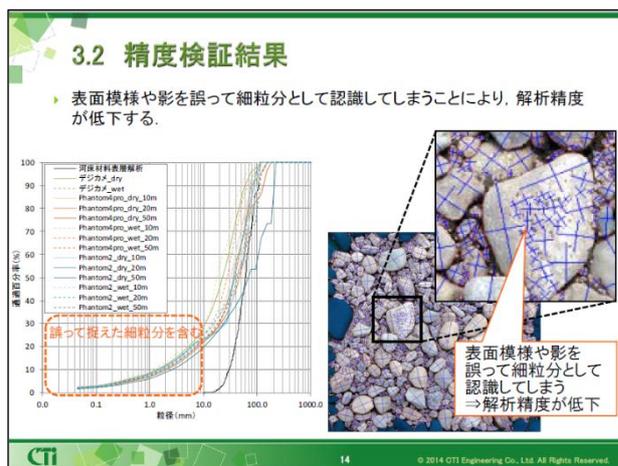
(株)建設技術研究所 平生昭二

- レーザープロファイラ測量により、土砂災害前後の地形変化の把握は可能であるが、粒度分布情報は依然不足している。災害後は現地に入ることも困難であるため、UAV による計測が有効であると考えた。しかし、UAV による写真解像度の精度検証が十分でなかったため、どこまで可能かを確認した。
- UAV を用いて、現地河川の河床表層粒度分布を、なるべく手をかけずに広範囲で把握することを目的とした。カメラ性能（画素数）、UAV 撮影高度、撮影時の乾湿、細粒分の除去方法、画像処理法（モノクロ、明度アップ）の違いによる6パターンで画像解析して粒度分布を計測した。画像解析ソフトには比較的簡単に使える BASEGRAIN を用いた。また、撮影画像を基にCAD 上での目視、手作業により河床表層画像の石礫の輪郭を直接計測することで、粒度分布を作成し、これを真値として比較を行った。
- 画像解析ソフトのデフォルト設定では、石礫の表面の影や模様が細粒分として認識されてしまい、精度が低下する。よって、計測結果の10mm以下を除去してポピュレーションブレイクを行うことで、実際の粒度分布に近づけることが可能であった。
- ポピュレーションブレイクや明度アップが、精度向上に有効であることが分かってきた。ただし、場所によってその傾向が異なるため、自動化するにはまだ課題はあるが、誤差を10%以内に収めることは可能と思われる。

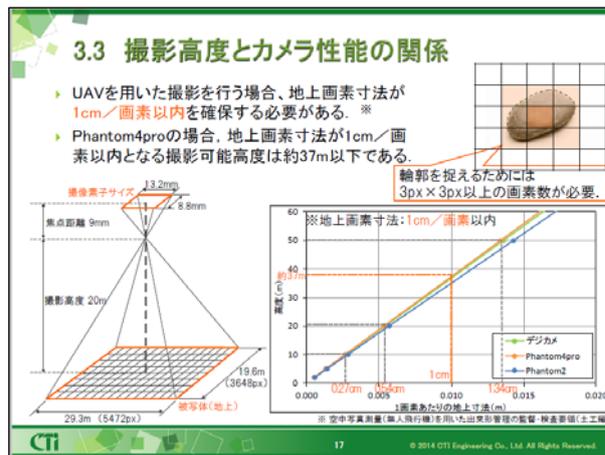
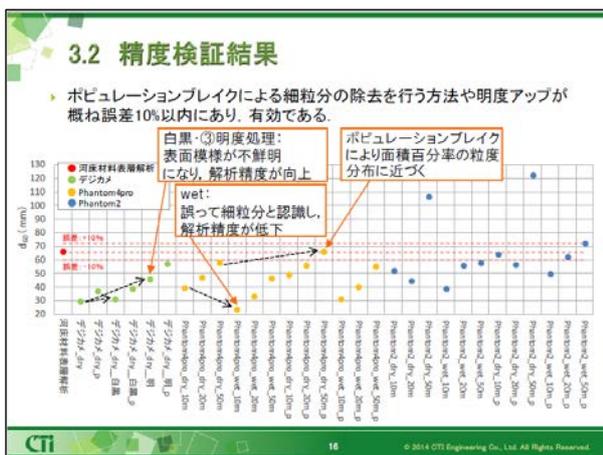
2.3 解析画像の撮影条件

各種撮影条件における解析精度を検証するため、撮影条件は下記6ケースの組み合わせとした。

解析目的	解析ケース
1 カメラの性能による影響の確認	①デジタルカメラ ※画素数:1610万画素 ②Phantom4Pro(UAV) ※画素数:2000万画素 ③Phantom2(UAV) ※画素数:1400万画素
2 UAV撮影高度による影響の確認	①10m ②20m ③50m
3 撮影時の天候(乾湿)による影響の確認	①乾燥した河床材料 ②水を撒いた河床材料(雨天を想定)
4 細粒分を解析結果から除去すること(ポピュレーションブレイク)による影響の確認	①全データを使用 ②粒径10mm以下を除去
5 礫や石の種類、表面模様、影、汚れ等を細粒分として捉えることによる	①画像処理なし ②モノクロ写真
6 解析精度低下の抑制可能性を確認	①画像処理なし ②明度アップ



- 解像度を 1cm/1 画素とするには 37m の高度が必要となる。石礫の場合、3px×3px 程度の画素数が必要となるので、だいたい 20~30m の高度で撮影すれば、河床材料の輪郭を捉えることができるようになることが分かった。
- 調査地点数によっては、自動取得と手動補正によるパラメータ調整を組み合わせることが有効で、1 点あたり 2~3 時間で計測可能である。



UAV 空中写真の河床材料調査への適用性に関する検討

日本工営株式会社 秋田麗子

- 従来、砂は直接採取、礫は面格子や線格子法によって粒度分布が計測されてきた。これに対して UAV 空中写真を用いることができれば、アクセスが不要となり、データを面的に得られ、効率化が図れるといったことが期待される。ただし UAV 手法の精度、労力、適用範囲が不明であったので、粒径の異なる礫、砂を対象に調査を行った。
- 礫については、手動で計測した。高度が高くなると解像度が粗くなり、粒子の輪郭が読み取りづらくなる。高度 5m では 5mm 程度の粒子まで判読が可能で、d60 粒径は±4%の精度で推定可能であることが分かった。
- 砂の場合は、輝度分布の統計解析から平均粒径を推定した。現地の直接採取と比較した。事前に室内実験を実施した結果、細礫は輝度にばらつきが生じ、粗砂はある輝度のところに集中する傾向が確認された。この特徴を利用して、輝度の変動係数から平均粒径を推定する式を作成した。室内実験による検証の結果、0.5~8mm の範囲の場合、実際の粒径の±20%の精度で推定可能であることが確認された。ただし、同じ材料でも解像度によって結果が変わるため、式の適用条件は限定されたものとなっている。
- 現地に適用した場合についても、実際の粒径を比較的良好に説明できた。ただし濡れているところや影があるところでは精度が落ちる傾向にあることが分かった。
- UAV 撮影高度と推定可能粒径の関係を整理した。礫の場合は、撮影高度が低い方が、判読可能粒径が小さい傾向にある。一方、砂の場合は、適度なぼやかし具合の方が、読み

やすく、高度 30m が最も精度が高くなるという結果が得られた。

河床材料調査との比較

	河床材料調査	UAV空中写真による画像解析
手法	砂:直接採取 礫:面格子・線格子	砂:輝度分布 礫:輪郭抽出
情報量	ポイント情報	高度化 面的情報
現地作業	要アクセス 要計測	安全 迅速化 アクセス不要 UAV撮影
効率性 スケールメリット	低	効率化 高

精度? 労力? 適用範囲? → 実際に調査して把握

NIPPON KOEI 3

2. 画像からの粒径推定【礫】

礫卓越場 解像度が粗くなるほど、輪郭が読み取りづらい **K10**

高度5m
(0.7mm/pix)

90個を判読

高度30m
(4.2mm/pix)

90個を判読

高度60m
(8.4mm/pix)

86個を判読

NIPPON KOEI 8

2. 画像からの粒径推定【礫】

礫卓越場

解像度が高いほど、推定精度が良好

高度5mでは、**d60粒径±4%の精度で推定可能**
(d60粒径: 24~83mm)

■ 手動60m ■ 手動30m ■ 手動5m — 基準線
推定誤差: 64% 27% 4%

NIPPON KOEI 10

3. 画像からの粒径推定【砂】

砂卓越場

細礫 4~8mm

細礫 2~4mm

極粗砂 1~2mm

粗砂 0.5~1mm

— d1:粗砂 — d2:極粗砂 — d3:細礫 — d4:中礫 — d5:中礫II — d6:中礫III

NIPPON KOEI 13

3. 画像からの粒径推定【砂】

砂卓越場

「室内実験」より一定条件下での“輝度からの粒径推定式”を作成

実粒径±20%の精度で推定可能 (粒径: 0.5~8mm)

解像度 5mm/pix

$$d = 36.7938y^2 + 24.6024y$$

● 黒灰色材料(照明角度60度、照度100%)
◆ 黒灰色材料(照明角度90度、照度100%)
△ 白色材料 (照明角度60度、照度100%)

NIPPON KOEI 14

4. まとめ

砂卓越場 高度30m(5mm/pix)で0.6~2mmまで判別可

礫卓越場 高度5m(1mm/pix)で5mmまで
高度30m(5mm/pix)で10~40mmまで判別可

NIPPON KOEI 19

ミニパネルディスカッション

司会 椿 涼太

司会：

以前は研究者、計測系業者が主体であったが、今回は民間のコンサルタントからの投稿、発表が多かった。魅力あるテーマだと思うが、研究のモチベーションを説明いただきたい。

平生：

河川計画を検討する上で、河床変動解析の精度向上が中心的課題であり、そのためには粒度分布情報が必須となる。UAVで安易に広範囲に計測できるようになってきている。データ精度をつきつめて、河床変動解析に取り込んでいくことで、河道計画や管理に繋げていければよいと考えている。

秋田：

従来は点でしか計測できないとして諦めていたが、これを面にすることが標準化されていけばよい。砂州のモニタリング、伐採後のモニタリング等、いろんな分解能が上がってくることで、いろんな知見が得られるようになると思う。

会場（国総研 河川研究室 福島氏）：

革新的河川管理プロジェクトで、小型水位計とともにUAVによる計測技術が挙げられた。特に、砂材料がどこまで計測可能かが不明であった。今回の研究により、極粗砂くらいまでは精度が上がってきた。流下能力評価上は大きな粒径を把握できればよいが、ハビタットや環境面から見ると、細粒分を把握することが重要であると考えて、技術開発を行っている。

会場（土木研究所 萱場氏）：

情報提供だが、土木研究所と全国土木コンクリートブロック協会とで、コンクリートブロックの表面のテクスチャを定量化する研究を行った。景観の観点から、ガイドラインでは、ブロックの滑面を避けることが要件となっている。表面を写真撮影して、輝度の標準偏差が11を上回ると滑面ではないということが分かったため、これをガイドラインに載せた。撮影距離、太陽入射角、照度、カメラ種類といったいくつかの条件を固定しないと定量化できないということが分かっている。今回の定量化手法についても、これらの条件を固定することが必要になるのではない。是非ガイドラインを参考にしていきたい。

会場（岐阜大 大橋先生）：

礫床河道では、礫が重なっているところが多いが、どのように処理したか？

平生：

その点は問題ありそうであったが、あくまでも見えている情報だけで処理するものとして、礫の重なりは無視した。

秋田：

自動検出の場合、どうしても重なりを除去できない。人による手動抽出を行う場合は、礫の重なり具合について想像力をもって判読することに留意した。

会場：

現地での判断が必要となる。石が欠けて三日月型になっているような場合は、丸い形に補完して計測した経験がある。

司会：

そういった課題については、AI 等をうまく活用できれば、精度が上がる可能性がある。

3. 中規模・大規模の空間スケールで生じる河道や河床の変動のモニタリング

司会進行 東京建設コンサルタント 渡邊明英

2011 年深層崩壊発生後の赤谷川流域からの土砂流出と川原樋川との合流点での河床上昇について

国土交通省国土技術政策総合研究所

(近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター)

木下篤彦

- H23.9 に紀伊半島大水害が発生した。この時、赤谷川流域での崩壊によって発生した大量の土砂が、下流域の川原樋川（かわらびがわ）に流入し、合流点付近で河床上昇が生じた。現在、赤谷川との合流点より上流の川原樋川では、土砂が 4～5m 程度の高さで堆積している状況にある。深層崩壊による土砂流出は、災害直後だけでは終わらず、その後も毎年のように深層崩壊発生斜面からの再崩壊が生じ、土砂流出が続くという特徴がある。
- H26.8 台風 11 号の例では、天然ダム堤体の侵食が発生し、天然ダムの水位を下げるためにつくっていた仮排水路が壊れてしまうということが起きた。10m から 20m の深さの侵食が起きている。
- 砂防施設として、堰堤 3 基を計画しており、現在、堰堤は 1 号、2 号が完成している。斜面は頻繁に崩壊しているため、堰堤を作ることで赤谷流域からの土砂流出量をコントロールすることが重要である。

- ▶ ほぼ毎年 LP を撮影し、赤谷川流域や川原樋川流域の前年との地形の差分を確認している。H23 の災害直後には赤谷川流域で深層崩壊が発生し、天然ダムが形成された。この時、赤谷流域から流出した土砂は川原樋川との合流点でほぼ扇形に堆積した。H24 は赤谷流域から土砂が流出し、合流点はさらに河床上昇が発生した。H25 は合流点は河床低下傾向にあったものの、H26 には再び大崩壊が生じ、河床上昇した。H27 には砂防堰堤ができ、赤谷流域からの土砂はコントロールされ、合流点は河床低下傾向にある。
- ▶ 合流点で河床上昇が発生すると、合流点付近で水位が上がりやすくなること。流れが支川の対岸側に寄る傾向がある。今回の研究は1年ごとの地形データで議論したが、今後は、一出水ごとに合流点の土砂と水の挙動に関する研究を行っていく必要があると考えている。
- ▶ 天然ダムの土砂災害はすぐには終わらないということが大事である。合流点では、右岸側と左岸側で河床上昇によって偏った流れが形成される。砂防事業が大事。熊野川流域では赤谷だけでなく、他にも土砂が堆積している箇所がたくさんあるので、今後調査検討していきたい。

① 研究の背景・目的

平成23年9月に発生した那智川災害(和歌山県那智勝浦町)では、那智川流域の複数の支川で表層崩壊・土石流が発生し、大きな被害が発生した。



図. 調査地の位置図



写真. 赤谷川流域の崩壊地と下流への土砂流出の様子

川原樋川
天然ダム堤体
赤谷川
深層崩壊発生斜面

2

② 赤谷流域におけるレーザプロファイラの撮影

表. 赤谷川・川原樋川周辺のレーザプロファイラの撮影時期について

レーザプロファイラの撮影日	撮影のきっかけとなったイベント	イベント時の最大1時間雨量(mm/h)	イベント時の積算雨量(mm)	イベントに伴う赤谷流域での顕著な土砂移動現象
平成21年8月12日	—	—	—	—
平成23年9月10日	台風12号(平成23年8月31日～9月4日)	45	1359	河道閉塞及び天然ダムの発生とそれに伴う土砂流出
平成24年6月23日	台風4号(平成24年6月19日～22日)	23	295	出水に伴う土砂流出
平成25年9月23日	台風18号(平成25年9月15日～9月16日)	35	369	出水に伴う土砂流出
平成26年8月21日	台風11号(平成26年8月9日～8月12日)	38	504	深層崩壊発生斜面の再崩壊(約29万m ³)とそれに伴う土砂流出
平成27年7月17日	台風11号(平成27年7月15日～7月18日)	40	518	出水に伴う土砂流出

5

③赤谷流域における砂防施設の整備状況について



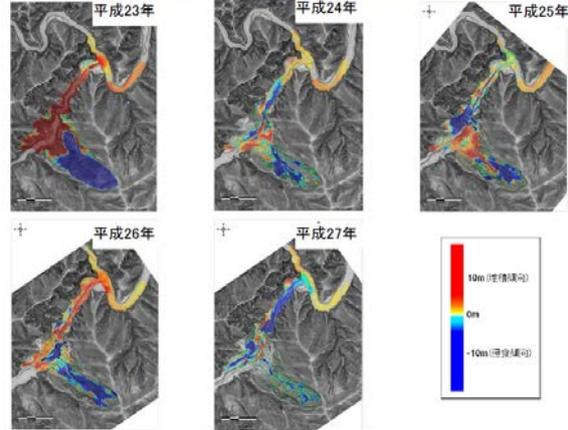
図. 赤谷川流域の砂防施設の配置計画(平成29年現在)

表. 赤谷川流域におけるレーザプロファイルの撮影時期と砂防施設の建設状況について

レーザプロファイルの撮影日	排水路工	床固工	1号砂防堰堤	2号砂防堰堤	3号砂防堰堤
平成21年8月1日	-	-	-	-	-
平成23年9月10日	-	-	-	-	-
平成24年6月23日	施工中	-	-	-	-
平成25年9月23日	完了	-	-	-	-
平成26年8月21日	完了	-	施工中	施工中	-
平成27年7月1日	完了	-	施工中	本堤完了	-

災害発生直後

④レーザプロファイルによる地形図(前年との差分図)



赤谷川の縦断・横断形状について

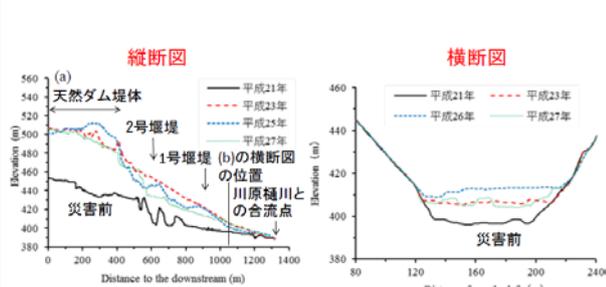


図. 赤谷川の縦・横断形状の変化。(a)縦断面図。(b)横断面図。

赤谷川と川原樋川の合流点での土砂収支

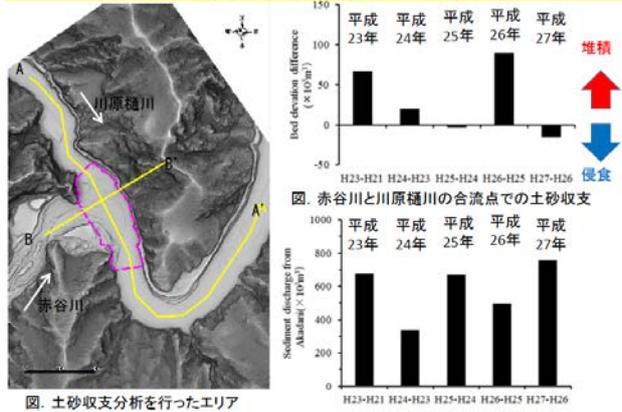


図. 土砂収支分析を行ったエリア

図. 赤谷流域からの土砂流出量

川原樋川の縦断・横断面図

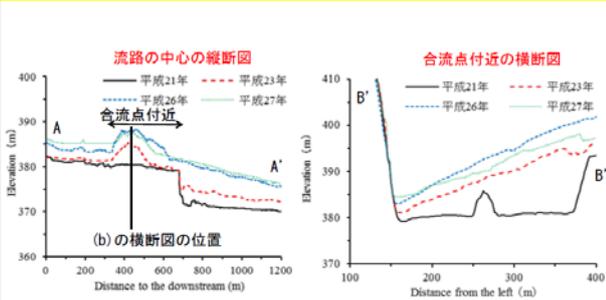


図. 赤谷川との合流点付近の川原樋川の縦・横断形状の変化。(a)流路の中心の縦断面図。(b)横断面図。

まとめ

・深層崩壊発生及びその後の土砂流出により、赤谷川と川原樋川の合流点付近は河床上昇が顕著である。これらの影響は、災害直後だけでなく、その後影響が長期に及ぶ可能性があることが分かった。

・川原樋川では、合流点付近の河床上昇により、左岸側に水の流れるが偏るとともに、合流点の上流で年々河床上昇が発生している。また、合流点下流についても年々河床上昇が発生している。

・川原樋川の流砂を正常な状態に戻すには、砂防事業により、赤谷からの土砂流出を抑制する必要がある。これにより、合流点の河床は低くなり、川原樋川の流砂もスムーズになると考えられる。

司会：

毎年 LP で地盤高が計測されているが，その情報から，崩壊した土砂がどれくらいの時間スケールで下流にどのように伝わっているのかは分かっているのか？

木下：

LP データから土砂収支の把握は行われている．ただし，川原樋川の上流側から来る土砂量については不明である．今年 2 月にハイドロフォン等の計器を設置している．また，カメラを設置し，PIV 法等を用いて合流点での土砂の挙動を技術的に説明できるようにしていきたい．

網状流路を有する大井川における植生域消失と流路変動の関係

愛知工業大学 赤堀良介

- 大井川下流を対象として，出水前後で UAV 撮影された結果を用いて，植生消失と流路変動を検討した．
- 大井川では扇状地では網状流路がよく維持されている．河口付近では，砂利採取後となる 1980 年頃から河床が安定したが，その後植生が出てきて，それがフラッシュされたり再生されたりしている状況にある．
- 中小規模出水のときに，流路が側方に動いていくのか，つまり侵食が促されるのか，そして，その時に植生が実際に流失し得るのかをデータから分析している．ここでは UAV 画像を対象とした GIS による検討，河床変動解析を用いた検討の 2 つを行った．
- オルソ画像の比較から，植生が見かけ上消えている場所について，堆積による被覆，側方への流路移動によらない浸食，側方への流路移動による（流路が首を振ることによる）浸食の 3 パターンにクラス分けし，統計的処理を行うことで，植生高に応じた各クラスのヒストグラムを作成した．
- 浸食に比べて，堆積による植生消失は面積的に見ると多い．ただし，ある程度高さのある植生については，浸食というプロセスを経なければ消失しないということが分かった．
- 河床変動解析の結果，限界掃流力が 0.05 を下回るところが植生残存領域とよく一致することが分かった．ただし，掃流力が大きければ大きいほど植生が流失するというわけではない．ある程度河床が動くような状況であれば，植生は流失する傾向にある．樹木の倒伏モーメントを算出すると，限界値を越えない箇所は少なくとも 30～40%程度であった．

- 既往の札内川の検討結果から、淵の直下の瀬の部分で、最も流路が変わりやすいという知見が得られている。今回も同じような状況が観察されるかを確認した。代表流路を選び、標高を抽出し縦断面図を描いた。これにより、流路が大きく首を振ったことで植生が消失したエリアというのが、淵に該当していることが分かり、札内川の状況と同様であることが分かった。
- 本手法は、オルソ画像と標高データを合わせて見ていけるので、非常に現象を理解しやすい。ただし、データ容量が大きいため負荷がかかる。また、見たいデータを探し出す際に色々な操作をする必要があることや、その際に恣意的な操作を避けなければならないと感じることもある。以上が UAV による高解像度画像を使った解析を行った印象である。

研究手法

- UAV撮影画像を対象としたGISによる検討
 - オルソ画像比較による植生域の変化の検討
 - Digital Surface Model (DSM)比較による地表高さの変化の検討
 - 両者を合わせた植生流失要因の検討
- 数値計算を用いた検討
 - DSMから計算格子を作成
 - iRIC2.3付属のNays2DHをソルバーとして使用
 - 出水時の掃流力と植生の残存域を比較

現地では何が起きたのか検証
 物理量の計算

iRIC software (<http://i-ric.org/ja/>)

UAV画像に対する検討 (植生域判定)

- 目視によるオルソ画像の比較から、流路が首を振るような移動を見せた箇所内部における浸食植生消失メッシュを、流路の側方移動による植生消失メッシュとした
- 最終的に、オルソ画像において植生の消失したメッシュに対し
 - 「堆積により植生が消失したもの」
 - 「浸食により植生が消失したもの(流路移動:側方への流路の移動によるもの)」
 - 「浸食により植生が消失したもの(流路移動含まず:側方への流路の移動を理由としないもの)」
- 以上の3項目に分類

植生消失理由
 堆積
 浸食(流路移動)
 浸食(流路移動含まず)

400m

植生消失メッシュに対しその理由を判別したもの

GIS解析結果(UAV画像)

堆積による植生消失

浸食(2種合計)による植生消失

堆積による植生消失メッシュと、浸食による植生消失メッシュの、それぞれのメッシュ数を該当箇所における植生高さでクラス分けし、ヒストグラムにより示したもの

- 基本的に堆積による消失メッシュでは1.6m以上のクラスがほとんど見られない
- 植生高が大きい消失箇所は浸食による消失により生じている

河床変動解析結果

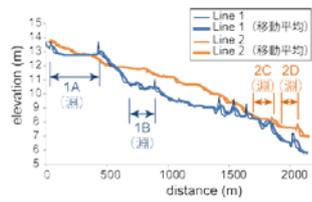
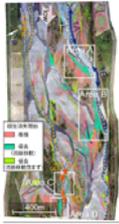
2017.10.05, Q=1400m³/s

2017.12.14/15, Q=3900m³/s

- Shields数が0.05以下となる領域は描画していない
- 左: Shields数0.05以下の領域が10月5日に残存していた植生領域と精度良く一致
- 右: 概ね同様の傾向
- 平均粒径よりやや大きい程度の河床材料に関して無次元限界掃流力以下となる領域が、植生域が残存する領域をよく代表する

数値計算結果のShields数カウンター図をオルソ画像と重ねたもの

側方への流路移動が期待される箇所についての検討



任意流路に沿ったDSM標高の縦断勾配

- 大規模な流路の側方移動が見られたLine 1沿いでは縦断勾配の緩急が大きく、Line 2では一部領域を除いて勾配が一樣である
- 勾配が小さい領域(上図で「淵」とした)が各浸食エリアの直上流に位置している
- 大規模な流路の側方移動に伴う浸食により植生が消失した領域に関しては、その直前に勾配がゆるやかな領域が存在し、消失領域自体はそこから急変して勾配が急になる領域に存在することを示している

まとめ

- 表面上判断される植生の消失に関し6割程度の面積が堆積による河床材料の被覆に依存
- 木本の消失は浸食による消失のエリア内にほぼ限られる
- 浸食深の深さなど効率の面を考慮すると、側方への大規模な移動に伴う浸食が植生の流失に重要である
- 大規模な流路移動を伴う植生域の消失は、淵と瀬の構造が明瞭で、かつ淵の部分から瀬の部分に変遷する位置で生じている

会場 (中央大学 福岡先生) :

情報足りないのは、まずどんな洪水、どんな流量を対象としたのか？

赤堀 :

推測ではあるが流量 3,900m³/s 前後で、4年確率くらいの規模の出水である。

会場 (中央大学 福岡先生) :

この川の植生問題は何か？もっと大きな出水が出たらこれらの植生はどうなるのか？河川を縦断的に見て、河幅や砂州、植生がどのようにふるまうのかを把握していく必要がある。UAV 技術で画像が撮れようになるのは良いが、それがどう管理に活かされていくべきかを考えていくべきである。

赤堀 :

維持管理の視点で見ると、大出水は滅多に起きないので、期待される高頻度な流量の中で、どういう工夫をすれば植生管理できるのかという視点で検討した。そのため、中小規模出水を対象にした。

会場 (中央大学 福岡先生) :

普段の管理として中小規模洪水を対象にした検討は行うべきである。ただし、この頃、大きな流量が出るということに対する警戒感が少なくなっているように感じる。以前にどんな流量がでて、どんなことが起きたのかについて、研究者も含めてそのような視点を当てて見っておかなければならないと思っている。

会場 (名城大学 溝口先生) :

共同研究者として補足すると、大井川では天竜川などと比べて樹林化は進んでいない。ただ

し最近河床が堆積傾向にあり、徐々に植生化が進行している。以前は、大井川は流路変動が頻繁に起きていたが、近年は流況が少しずつ変化してきて流路変動が減ってきていることもあり、将来的には天竜川のように樹林化することが懸念されている。よって、大井川では、これまでなぜ植生が生えてこなかったのかをまず解明し、今までの状態をなるべく維持したいという思いで、大きな研究の一環として本研究を行っている。

4. 全体ディスカッション

司会 東京建設コンサルタント 渡邊明英

司会：

今後の技術の進展、活用の観点から議論していきたい。

会場（中央大学 福岡先生）：

木下さんの研究に関連して、こういうことを考えてはどうか。

河川では水位計を多く設置することで水の流れや川底がどうなるのかについて、ある程度わかるようになってきた。赤谷についても、問題となっている合流点を含め、その上下流に水位計を入れて、出水時にどんな水面形になって流れるのかを計測していくのが良いと考える。ただし、どう据え付けるかといった問題はあがあるが、急流河川でも計測実績がある。水面だけを見るのならば、ドローンも含め非接触型の計測でもできるかもしれない。水面形時間変化を粗い情報でもよいので計測し、土砂量の推測や崩壊とのバランスを検討していくことが望ましい。

木下：

現在、合流点を挟むようにして水位計を設置している。土砂量も計る取り組みをしているので、次回発表できればと思う。特に水面勾配は重要なデータだと思うので、しっかり計っていききたい。

会場（ICHARM 江頭先生）：

木下さんの研究対象箇所では、上流からの崩壊による土砂供給によって支配されるような地形になっている。ぜひシミュレーションもあわせてやっていただき、材料特性等、分析する上で足りないものは何かといったことも含めて検討いただきたい。

また、UAVによる河床粒度分布の検討は大事であると感じる。ただし土砂災害では、細粒分が重要となるので、これらの材料をどのようにして計測していくのかも含めて今後検討いただきたい。

木下：

流量、水位をいかに計測するかが重要である。合流点のピークのズレ方が土砂堆積にとって大きな影響を及ぼすので、特に大事であると考えている。

崩壊地から出た土砂がどう出ていくのか、河床材料を上流から下流に向けて計っていくことが大事であると思うので、今後やっていきたい。

会場（熊本大学 大本先生）：

合流点の堆積土砂の挙動に関して、縦横断方向の河床材料の分級はわからないか？合流点特有の流れ場と河床材料の分級との関係は議論できないか？

木下：

今はLPデータの差分から土砂収支を分析した段階であり、今後河床材料調査を行っていく予定である。明治22年にも大崩壊を起こしていて、そのときの土砂も下流に流れている最中であるので、崩壊地から下流に向かって河床材料を計測していくと、そういった傾向が見えてくる可能性があると思っている。

会場（熊本大学 大本先生）：

赤堀先生の研究で、掃流力の空間分布は実際の河床変動と比べてどうなっているのか？

赤堀：

河床変動計算の結果だけだと、堆積・洗掘の傾向は十分合っていない状況である。掃流力の空間分布そのものがどう効いているのかについては今のところ検討できていない。計算の解像度が高すぎると、堆積・洗掘の傾向がうまく出てこないようである。

司会：

合わないというのは、位相がずれるのか、それとも全く傾向が合わないのかどちらか。

赤堀：

計算結果そのものには高周波成分がたくさん入っているので、空間でフィルタをかければあるいはそういったものも見えてくるかもしれないが、今はよくわかっていない。

会場（熊本大学 大本先生）：

二次元計算では三次元の流れ構造を表現できないので、上昇流・下降流の発生に伴う底面付近の掃流力の増大を十分評価できない。これが解析精度に影響しているのではないか。

赤堀：

ありえるかもしれない。また、現状としてDSMでは河床の標高は拾えていないのでそもそも河床面の地形を正確に取り得ていないので、そういったことも影響している可能性があると思う。

以上