

大井川下流部における出水時消失植生の要因に関して

愛知工業大学 工学部土木工学科 正会員 ○赤堀 良介
名城大学 理工学部社会基盤デザイン工学科 正会員 溝口 敦子

1. はじめに

全国的に河道の固定化や樹林化が問題となっている中、大井川下流部は網状流路がよく維持されていることで知られているが、近年になり河口付近を中心に徐々に植生域の拡大が見られており、将来的な樹林化の進展が危惧される状況である。今後も網状流路が適切に維持されていくためにも、出水に応じた植生域の応答に関し、詳細な知見を積み上げていく必要がある。筆者らのグループでは2016年度より大井川の網状流路の維持の機構に関して現地観測を開始しており¹⁾、流路網の変化等について、既往の航空写真や Unmanned Aerial Vehicle (UAV) 撮影画像等を使用して検討を進めてきた。この検討の中で、2017年10月に生じた出水の前後でのオルソ画像と Digital Surface Model (DSM) データが国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所により提供されたことから、特に植生の流失に関して、どのような機構に基づくものかの検討を進めた。

2. 研究手法

観測対象は、大井川下流部の河口より1.6kmから3.6kmまでの範囲である。ここでは国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所により、2017年10月5日、12月14日および15日に河口から1.6kmから3.6kmまでの区間がUAVにより撮影され、本研究ではこの画像および Structure from Motion Multi View Stereo (SfM-MVS) 解析結果の提供を受けた。この区間において、10月23日に関しては、台風21号の影響を受けた出水が生じており、河道内において低水路流路が大きく変動した。神座地点における流量の暫定値として、10月23日に3900m³/s前後を推測している。

上記オルソ画像およびDSMデータに対して、地理情報システム(GIS)および河床変動解析モデルを用いて、出水の前後での草本と木本を含んだ植生域の変化を検討した。まずGIS上で観測結果の1mメッシュDSMデータから10月23日出水の前後での表面高さの変化を算出した。次にオルソ画像に対し、教師付き分類解析を適用し、画像上での植生領域等を分類した。10月の植生域の分布と12月の植生域を比較することで、植生域が10月23日の出水により消失したメッシュを抽出し、前述した同地点でのDSMの差分結果から、そのメッシュにおいて植生が堆積により消失したのか、浸食により消失したのかを判定した。さらに目視により流路が側方に大きく移動した箇所にポリゴンを作成し、その内部における浸食による植生消失メッシュを流路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(流路移動含まず)」、「流路の切り替えのような側方移動を理由としないもの」、「浸食により植生が消失したもの(流路移動)」、「流路の切り替えのような側方移動によるもの」の3項目に分類した。この結果を図-1に示す。またDSMモデルに9×9メッシュでの最小値を与える空間フィルター処理を実施し、植生を除いたおよそ地盤高を求めた。これを、元の10月5日のDSMから差し引くことで、各メッシュごと、消失植生前の10月5日時点での推定の植生高さを得た。

次に10月5日のDSMを地形として用いた河床変動解析を実施した。河床変動解析には、汎用解析ソフトであるiRIC2.3²⁾に含まれるNays2DHをソルバーとして使用し、上記DSMから作成した2.5mメッシュの計算格子を作成した。計算格子は正方格子とし、堤内側を障害物メッシュとすることで河道の平面形を表現した。代表粒径として、30mmを与えた。解析では単一粒径として解析を実施し、助走期間に設定流量まで上昇させた後の1時間のShields数や各種の水理量を検討した。流量は3900m³/sとした。

ここで、浸食により植生が消失したメッシュにおいて、特に木本が流失した理由について検討を実施した。木本の流失に関しては、流体力により倒伏モーメントが生じる場合と、周辺の河床材料の移動により木本が立脚する立地ごと流失する場合と、およそ2つのパターンが想像される。対象河川では河床材料の移動自体は頻繁に生じており、今回の出水に置ける木本の流失理由が後者であれば、植生管理上頻度の高い条件下で河道の営力によるフラッシュが期待される。この判定のため既往文献³⁾に基づき下記の検討を実施した。

まず前述の数値解析により、各メッシュでのShields数、流速 u 、水深 h が得られている。またGISによる検討から、およそその植生高さ h_v が判別しており、これらの条件を用いると、以下の式(1)から流木の倒伏に作用するモーメント M_N を推定することが可能である。ここで ρ は流体密度、 C_D は抗力係数(1.0とした)、 d は植生の直径(0.1mとした)、 L は水位と植生高さに応じて変化する(植生高さが水深を上回る場合には水深 h 、植生が水没している状態では植生の高さ h_v)。式(1)の意味するところは、植生を円柱で仮定した際に生じる抗力に対し、底面から L の1/2に対して作用位置を与え、倒伏方向へのモーメントとして計算したものとなる。

$$M_N = 1/4\rho C_d u^2 d L^2 \quad (1)$$

Key Words: 網状流路, 植生, UAV, 現地観測

〒470-0392 豊田市八草町八千草 愛知工業大学 工学部土木工学科 TEL0565-48-8121

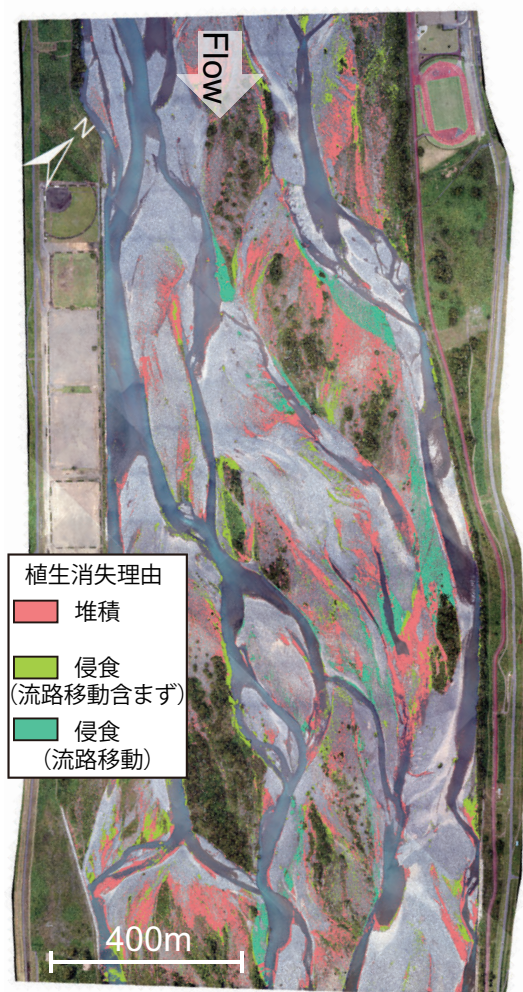


図-1 1.6km から 3.6km において 10 月 23 日の出水により消失した植生メッシュを状況により 3 項目に分類したもの

3. 解析の結果

出水後に流出した木本（ここでは植生高さ 1.0m 以上とした）に対して上記の倒伏モーメントを算出し、周辺の河床の侵食状況に応じて分類した後に、モーメントの大きさによるクラス分けでヒストグラムを作成した。結果を図-2 に示す。渡邊ら⁴⁾は鵜川を対象に現地での木本の倒伏実験を実施しており、試験木の倒伏限界モーメント M_C の回帰式（式 (2)、ただし M_C は単位を $\text{kgf}\cdot\text{m}$ 、 d は cm で表記）を得ている。図-2 はこの成果に単位を合わせており、木本の直径を 10cm とすると、 M_C は 260($\text{kgf}\cdot\text{m}$)となる。図-2 の中で実線を超えた部分がこの倒伏限界モーメントを超える部分であり、侵食の実態は不明であるものの、今回の出水では大部分の消失した木本について、倒伏が生じ得る領域に入っていたことが推測される。一方で、この倒伏モーメントを超えていない領域にも侵食により消失した木本は存在し、流路の移動によらない侵食による消失では 40%、流路の移動による消失でも 30%と、それぞれ決して少なくない割合を示している。これは、少な

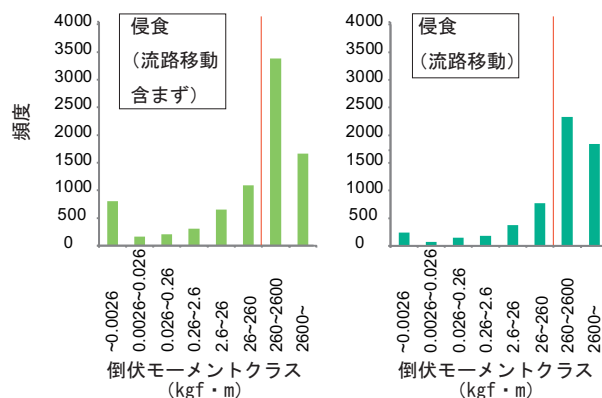


図-2 侵食による消失メッシュ数の倒伏モーメントによるヒストグラム、左：流路移動によらない、右：流路移動

らぬ割合の木本が、流体力による影響ではなく、立地している周辺での河床材料の流失により消失し得ることが示されたと考えられる。特に流路の移動による消失の実態に関しては、一般に河道の側方侵食により基盤が流失したことに木本の流失が依存していると考えられるが、上記の検討より少なくとも 30%程度はそのような機構に基づいていることが示された。式 (1) による倒伏モーメントの算出に関しては、単独の円柱に生じる抗力の算定を元にしており、実際の植生群の中での値に対して過大に評価している可能性も高いことから、今回の出水では先に示した値以上の割合で、このような木本の流失が生じていたと考えられる。

$$M_C = 2.6d^2 \quad (2)$$

4. まとめ

大井川下流部を対象に、2017 年 10 月 23 日に生じた出水の前後でのオルソ画像、DSM データ、数値解析結果から、河道の侵食により植生が消失した領域に関して、特に木本の流失がどのような理由に基づくものか検討した。DSM データから推測した植生高および計算値に基づく推定の水理量を用いて木本に作用した当時の倒伏モーメントを算出したところ、消失した木本のうち 30%から 40%に上る割合が、流体力による木本の倒伏が十分には発生し得ない領域において消失していた。このような場所では木本の立脚する位置での基盤の流失により木本が流失したと推測される。

参考文献

- 1) 溝口敦子, 赤堀良介: 多列砂州を有する大井川の河床変動特性と、流量時系列の変化が河床変動へ及ぼす影響, 河川技術論文集, 第 23 巻, pp.537-542, 2017.
- 2) iRIC software: <http://i-ric.org/ja/>
- 3) 飯村隼多, 宮本仁志, 井上敏也, 千ヶ崎祐夏, 浜口憲一郎: UAV 計測による洪水インパクトが鬼怒川の河道植生に与えた影響評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.73, No.4, I.1069-I.1074, 2017.
- 4) 渡邊康玄, 市川嘉輝, 井出康郎: 洪水時における河道内樹木の倒伏限界, 水工学論文集, 第 40 巻, pp.169-174, 2017.