

## 庄内川二次支川の香流川を対象とした砂分の堆積に関する3次元的な流れの影響

愛知工業大学工学部土木工学科 正会員 ○赤堀 良介

## 1. 研究背景

平野部を流れる礫床河川中流部において、河道掘削後の裸地に草本が進出し、砂分以下の粒径の土砂の堆積を促すことで川幅が縮小する例が報告されている<sup>1)</sup>。筆者らはこれまで庄内川の二次支川である香流川を対象として、河道整備後の裸地の変遷をモニタリングし、砂州上の微高地に堆積した土砂の粒度構成や、数値解析による水理特性の検討などを実施してきた。その結果、比較的小規模な河川における同種の現象の機構において、浮遊砂として輸送された砂分の堆積が、短期間での河道景観の変遷に影響を与えている可能性を示した<sup>2)</sup>。しかしながら上記の検討では流速の水平方向成分が検討に際して用いられており、本来は出水時に3次元的な浮遊砂として振る舞う砂分の輸送機構について、その状況を正確に反映し得るか十分な検討がなされていなかった。そこで本研究では、同区間を対象とした3次元乱流モデルによる流れの数値解析を実施し、砂分の堆積箇所における流速の鉛直方向成分の影響について検討した。

## 2. 対象地域

香流川は、上流側が長久手市の管理区間であり(図-1)、愛知高速交通東部丘陵線(リニモ)公園西駅周辺における大規模商業施設の開発と平行して、2017年より河道の改修が実施されてきた(図-1)。改修では主に景観の向上を目的として瀬淵の構造を模した裸地の河床が成形された。筆者らは2018年5月より観測を開始し、その後の変遷をモニタリングしてきた。これまでの結果から、平坦に形成された裸地の上で短期間に砂州上の微高地が形成され、それらの微高地では草本を主体とした植生が繁茂する状況が確認されている。この微高地では、低水時の流路に近い側において粒径0.3mm程度の砂分の堆積が見られ、その反対側の側岸付近ではシルト分の堆積が見られた<sup>2)</sup>。低水路側の砂分については出水時に浮遊砂として輸送されたのち、草本域での流速の急減による効果で堆積が進んだと考えらる。



図-1 対象地域：香流川(長久手市内)公園西駅周辺

## 3. 研究手法

数値解析のための河道地形について、対象領域の Digital Surface Model (DSM)を作成した。これは長さ5m程度の手持ちのポール先端に設置したカメラによる高所撮影データに対して Structure from Motion-Multi View Stereo (SfM-MVS)を適用することで得たものである。主な計算対象は図-1に示す2017年度および2018年度工区周辺とし、草本の進出が進んだ2018年10月取得のDSMを用いた。3次元での流れの計算に先立ち、平面2次元での流れの解析を実施した。その際の流量の条件として、 $3.2\text{m}^3/\text{s}$ を対象区間の上流端で与えている。これは凡そ対象区間の年最大流量と豊水流量の間に位置し、河床に設置した模擬植生マットによる土砂捕捉の状況から、前述の0.3mm粒径の砂分が活発に堆積していたと想定される流量である。なお2次元解析には汎用の解析パッケージである iRIC (<https://i-ric.org/ja/>) に付属する Nays2D 系のソルバーを利用した。

上記の平面2次元解析により得た水深平均流速を対数分布を仮定して鉛直方向に分配することで、3次元計算のための初期値とした。3次元計算に際しては、筆者の作成した Large Eddy Simulation (LES) モデルを使用した。同様のモデルを実河川における解析に使用し、定性的に妥当な結果を得ている<sup>3)</sup>。解析時の詳細な手順については、上記文献を参照されたい。本研究における解析の条件として、流量に

については2次元解析と同様とし、格子数は流下方向、横断方向、鉛直方向に  $664 \times 88 \times 40$  とした。格子サイズは水平方向に 20cm 程度、水深方向は場所に応じて異なるが概ね 3cm 程度となる。なお基本的には  $\sigma$  座標系による格子形成を実施したが、水深の急変部においては格子を障害物設定することで階段状に凹凸を考慮した。計算時間刻みは 0.0005s とした。

#### 4. 計算結果

図-2 は 3 次元の計算結果について、鉛直方向流速成分の等値面 (-0.04m/s および 0.04m/s) としてその瞬間値を示したものである。表示領域は、図-1 に示す 2017 年度区間の中央の屈曲部周辺である。粒径 0.3mm の砂粒子の沈降速度を Rubey 式に基づいて算出すると約 0.04m/s となることから、この等値面に示された流塊が通過した箇所について、該当する粒径の粒子が浮遊砂として連行される領域の目安と見ることが可能である。同様にして得られた図を ArcGIS Pro (ESRI) に展開し、2018 年 5 月から 2019 年 11 月までの地盤高の差を示すマーカーと同時に表示したものが図-3 となる。このマーカーは、2019 年 11 月に RTK-GNSS を用いてランダムに取得した地盤高の標高値から 2018 年 5 月の DSM 標高値の差分をとった結果を示す。図-3 左には 2018 年 10 月のオルソ画像とマーカーを表示し、右には前述の鉛直方向流速成分の等値面と同時に表示した。図-3 に示したマーカーにおいて堆積が見られる位置が、草本の繁茂した微高地の低水路側に集中している。また等値面で示した鉛直方向流速成分の絶対値が 0.04m/s となる範囲に隣接して堆積を示すマーカーが位置しており、これらが 0.3mm 粒径の砂分が浮遊砂として運ばれた領域の外縁に位置することが示された。

#### 参考文献

- 1) 原田守啓, 赤堀良介, 武田正太郎: 洪水時のウォッシュロード濃度の簡易計測に基づく土砂再堆積予測, 河川技術論文集, 第 26 巻, pp.585-590, 2020.
- 2) 赤堀良介, 原田守啓, 角谷太一, 桂 知代, 柴本陸: 土砂捕捉パネルによる浮遊砂堆積状況の観測と簡易なモデルを用いた堆積速度の検討, 土木学会論文集 B1 (水工学), 77 巻 (2 号), I\_1027-I\_1032, 2021.

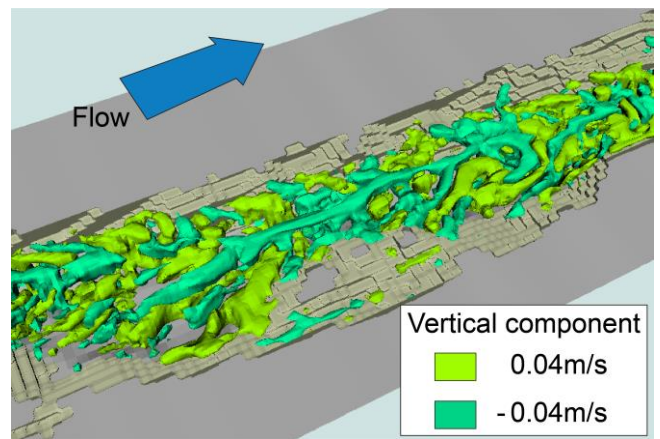


図-2 3次元 LES 解析結果：鉛直方向流速成分の瞬間値を等値面で示したもの、2017 年度工区中央付近

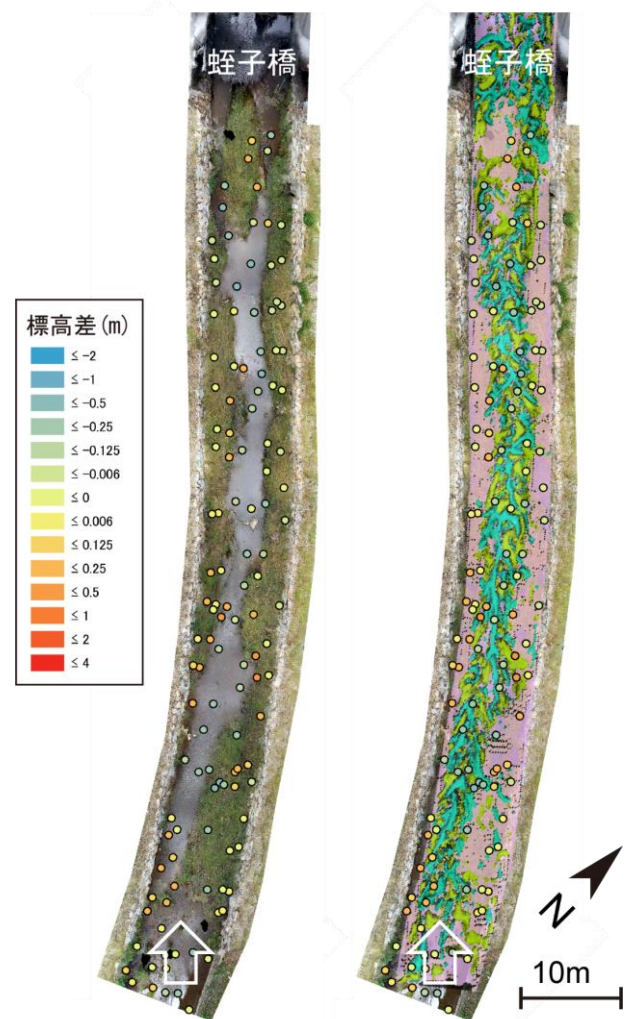


図-3 左) 2018 年 5 月から 2019 年 11 月の地盤高の変化を示すマーカーと 2018 年 11 月オルソ画像, 右) 3 次元数値解析結果の鉛直方向流速成分の瞬間値を等値面 (0.04m/s, -0.04m/s) で示したもの、2017 年度工区周辺

- 3) 赤堀良介, 岡田拓巳, 久志本 陸: 水難事故発生箇所における特徴的な流れの周期性について, 土木学会論文集 A2 (応用力学), 77 巻 2 号, I\_433-I\_440, 2021.