

## 数値モデルを用いた中小河川における河床変動の安定性の検討

熊本大学 学生会員 太郎浦義靖

熊本大学 正会員 金 洙列

### 1. はじめに

令和2年7月豪雨により、佐敷川水系の沿川では河川の氾濫で家屋や田畑が広範囲にわたって浸水し、護岸が崩壊するなどの甚大な施設被害が発生した。このため、再度災害を防止する観点から改良復旧による整備が行われていた。佐敷川が対応できる流量を増加させるために河床掘削と堤防の嵩上げを行う方針をとるが、本方針では流砂流入が河床変動に及ぼす影響と流れの3次元構造が河床変動及び流れ・水位に及ぼす影響が考慮されていない。これらの影響を考慮することにより佐敷川の河床変動の安定性を検討することが本研究の目的である。

### 2. 数値計算手法

本研究では河床変動を推算するために、非構造要素方法に基づいた3次元非線形浅水方程式を解く数値モデル「TUFLOW」<sup>1)</sup>を用いる。TUFLOWは流れの3次元構造に基づいて流れと水位、浮遊砂と流砂による河床変動を推定する。

解析対象区間は佐敷川の河口から上流までと宮の浦川の上流までとし、横断測量データを用いて非構造格子の計算領域を作成する(図-1)。橋脚の周辺については複雑な流況を考慮して格子幅を狭くし、三角形のメッシュを用いている。その他の場所については川幅に応じて横断方向に11個から22個の四角形のメッシュを用いて分割している(図-2)。ノード数は7,480個、メッシュ数は7,800個である。佐敷川の2ヶ所、宮の浦川の1ヶ所において格子幅を極端に狭めることで堰を再現した。地形作成に当たってモデルが線形補間を行っているため、推算モデルの初期地形と実際の初期地形に若干の差異があることに留意する。

底面せん断応力を求めるため、マニング粗度係数を用いた。河道の縦断方向については、河床の様子に基づいて河口に近くなるにつれて小さくなるように粗度係数を与えた。最も低い場所で0.017、最も高い場所で0.043を用いている。横断方向については、平

常に河道に水が流れている箇所と河床が露出している箇所を区別し、河床が露出している箇所に水が流れている箇所よりも0.005ほど高い粗度係数を用いている。ただし、護岸の法面については0.05、河床がコンクリートになっている部分については0.015の粗度係数を用いるなど、河床の様子に基づいて細かい変化を与えた。また、粒径については測量データに基づいて与えた。

上流側の境界に流量、下流側の境界に潮位を与えて流況を計算できるようにする。流量および潮位は観測によって得られたデータに基づいて与えるが、流

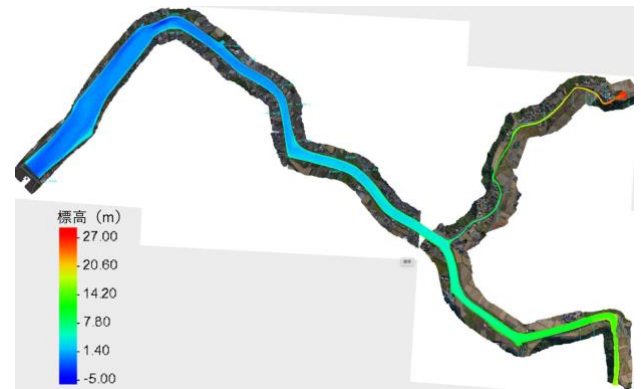


図-1 計算領域

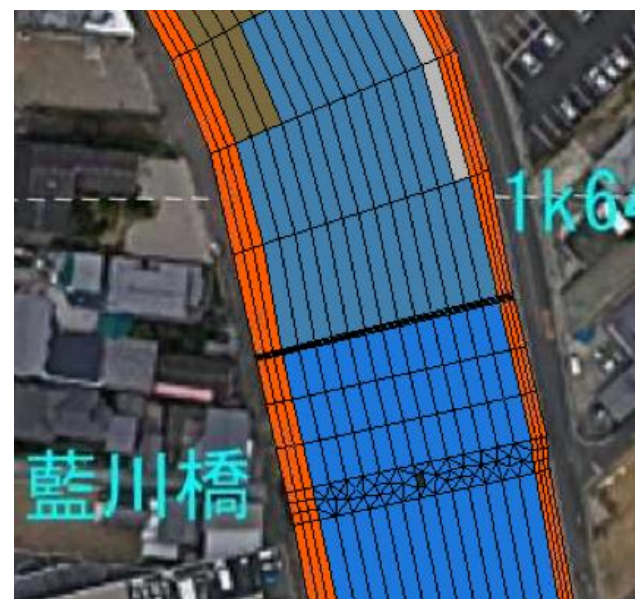


図-2 橋脚と堰周辺のメッシュ (色はマニング粗度係数の区分を表す)

況数値モデルで流れと水位を推算してモデルの検証を行い、必要に応じて補正を行う。佐敷川と宮の浦川および作成した支流の上流に土砂供給域を作成し、流量の変化に応じて流れこむ土砂量を変化させる。水位と流速に対する浮遊砂量と掃流砂量に応じて土砂量を決定した。次に、流況数値モデルで推算した水位と流速を用いて、河床変動が計算できるようにする。観測および測量した河床変動値、浮遊砂量を用いてモデルの検証を行う。

3次元流況および河床変化の推算を行うために鉛直 $\sigma$ 座標系を用いた。計算時間の都合と計算精度の向上を鑑みて2層の鉛直メッシュを用いた。可変タイムステップを用いて、0.001秒から50秒の間で変動するように設定した。計算期間については河床の改修工事の影響等を考慮し、2021年5月1日00:00から10月31日24:00までと、2022年7月11日00:00から9月22日24:00までの2期間とした。

### 3. 計算結果

まず、観測水位と推算水位の時系列変化の比較を図-3に示す。本研究では佐敷川の河口から2.31kmの地点（佐敷川 2k310地点）と宮の浦川の佐敷川との交流部から0.28kmの地点（宮の浦 0k280地点）の2地点で比較を行った。2022年7月の期間では観測水位と推算水位がよく合致しており、平均誤差は佐敷川 2k310地点で約0.069m、宮の浦川 0k280地点で約0.013mとなった。

続いて、横断面の河床変動を定量的に比較した結果を図-4に示す。本研究では横断測量結果がある26断面について比較し、代表として2021年5月から10月までにおける佐敷川の河口から0.58kmの横断面（佐敷川 0k580断面）での比較を示す。二乗平均平方根誤差（RMSE）は0.121mであり、浸食、堆積の傾向やその量をよく捉えていることがわかる。他の断面についても概ね傾向を捉えた結果が出たが、堰の上流部周辺においては過剰な堆積が見られたことから、堰の改良が必要と考えられる。

### 4. まとめ

本研究では非構造要素方法に基づいた3次元非線形浅水方程式の流況数値モデルと河床変動モデルを

用いて佐敷川における河床変動の安定性を検討した。推算結果を測量結果と比較することでモデルの検証を行った。河道の大部分ではモデルが適切な流況と河床変動を示したが、堰の周辺における浸食と堆積については測量結果と比べると過大評価する結果となった。今後は堰のより適切な設定を検討するとともに、本研究によって検証した河床変動モデルを用いて将来期間を対象にした長期計算を試み、佐敷川における気候変動が河床変動に及ぼす影響を調べる。

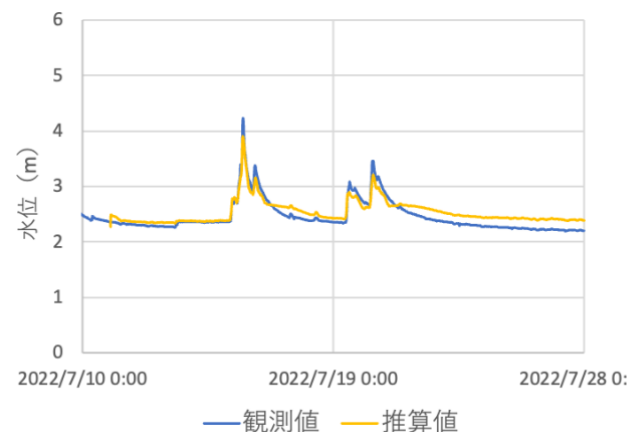


図-3 佐敷川 2k310 地点における水位の時系列変化の比較

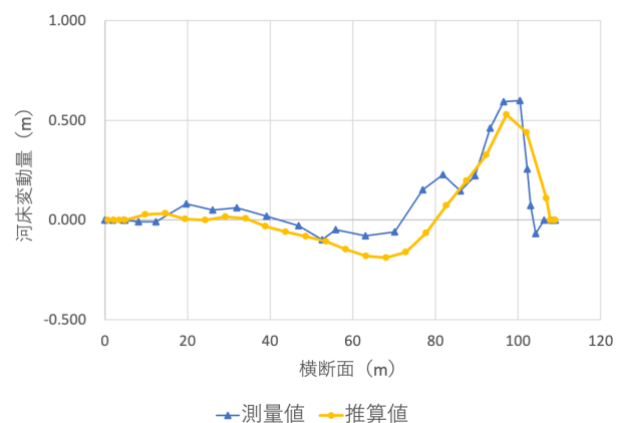


図-4 佐敷川 0k580 断面における河床変動量の比較

### 参考文献

1. TUFLOWFV Science Manual, Flexible Mesh Modelling, pp149, 2020