

実河川湾曲合流部における三次元流れの数値解析

鳥取大学学術研究院工学系部門 正会員 ○梶川 勇樹
鳥取大学学術研究院工学系部門 正会員 黒岩 正光

1. はじめに

鳥取県東部を流れる一級河川の千代川は、河口から約 16 km (16k000) 地点で流域内最大の支川である八東川と合流している(図-1)。この千代川と八東川の合流点は緩やかな湾曲部に位置しており、その湾曲部外岸には水制群が設置されている。また、合流前の八東川には取水堰(永野堰)も設置されているため、合流点付近は複雑な地形を呈している。例年、この合流点では土砂堆積が進行するため維持掘削が実施されており、その土砂堆積の要因解明が課題となっている。しかしながら、上記のように複雑な地形であることから、出水時の流況が不明である。そこで本研究では、当合流点を対象に三次元流況解析を実施したものである。

2. 数値解析モデルと計算条件

数値解析には、従来、著者ら¹⁾が開発した三次元流モデルを使用した。本モデルの基礎方程式には FAVOR 法が導入され、運動方程式移流項の差分には 5 次精度 WENO 法が適用されている。渦動粘性係数の評価には標準型 $k-\varepsilon$ モデルを採用した。ここで、本モデルでは植生の影響は考慮していない。

計算領域は図-1 に示す通りである。2019 年に実施された ALB データを基に、千代川 12k400~16k600 の約 4 km 区間を対象に計算格子を作成した。計算条件として、水平方向格子幅を 5 m、鉛直方向格子幅を 0.25 m とし、マンニングの粗度係数を全領域 $n = 0.03$ (計画粗度) とした。図-2 は合流点付近の平面図と鳥瞰図を示したものである。格子幅 5 m であれば、湾曲部外岸に位置する水制群や周辺の洗掘状況を適切に捉えられていることが分かる。流量条件として、2004 年 9 月の出水を参考に、千代川流量 $Q_{千}$ と八東川流量 $Q_{八}$ との流量比を $Q_{千} : Q_{八} = 2 : 3$ とし、合流後流量 $Q (= Q_{千} + Q_{八})$ が $Q = 1,000, 2,000, 3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ となるように設定した。また、平面二次元解析との比較も行った。

3. 解析結果と考察

解析結果として、まず図-3 に $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 時における平面二次元および三次元による水深平均流速の比較を示す。図から分かるように、黒枠で囲った領域では流速値が大きく異なる。二次元モデルでは低水路と高水敷間の三次元的な運動量交換を考慮できず、高水敷上も比較的大きな流速となっているものの、三次元

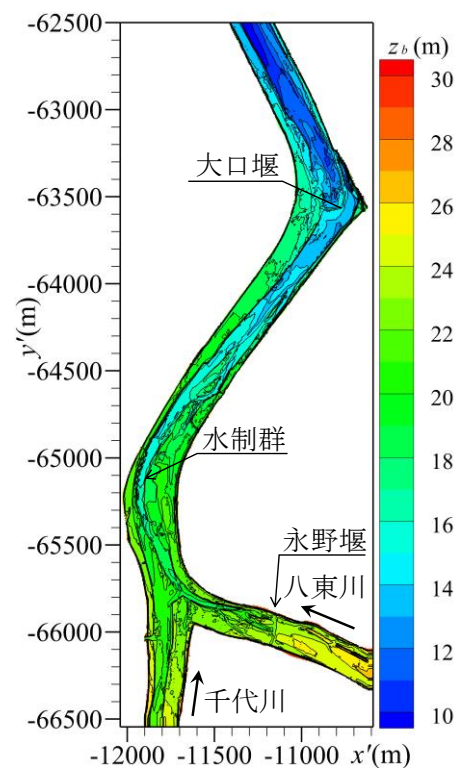


図-1 計算領域(千代川 12k400~16k600)

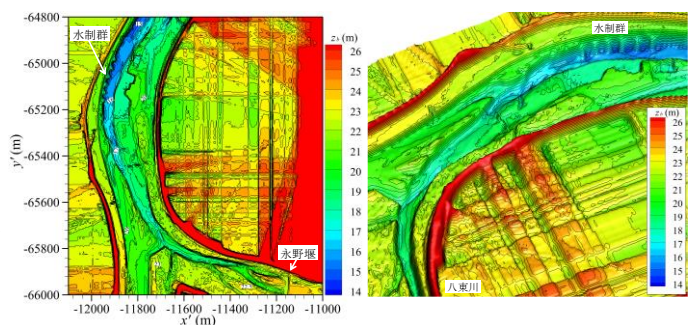


図-2 合流点付近(左:平面図, 右:鳥瞰図)

キーワード 実河川, 合流部, 湾曲部, 三次元流れ

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学社会システム土木系学科

TEL 0857-31-5696

モデルではその運動量交換を適切に考慮できているため、低水路内の高速流を再現できている。即ち、当該地点の流況・河床変動状況は平面二次元モデルでは説明できないことを意味している。また、三次元モデルでは合流直前の千代川右岸側で流速の小さな領域が明瞭に表れており、この領域では土砂堆積も進行するであろうことが予想される。

図-4は $Q = 3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 時における三次元解析結果による水面および底面近傍での流況（流線）を示している。水面の流れは千代川と八東川が合流した後、湾曲部外岸に集中している様子が分かる。一方の底面では、八東川の流れは千代川と合流後、その殆どが湾曲部内岸に沿って流れている。この状況は、流量比を $Q_{千} : Q_{八} = 3 : 2$ としても変わらなかった。八東川から流入してきた土砂は、その殆どが千代川湾曲部内岸側に輸送されている可能性がある。

また、図-4より水制群周辺の底面流況を見ると、低水路内で水刎ねが発生している様子が分かる。図-5は図-4中の断面①における横断流況（ $Q = 1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ および $3,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の場合）を示したものである。水制による水刎ねが効果的に働いている様子が伺える。

図-6は断面①における流量ごとの水位および流下方向の水深平均流速分布を示したものである。内岸高水敷にあたる黒破線部に着目すると、 $Q = 1,000 \text{ m}^3/\text{s}$ では高水敷は浸水していないため流れも無い（ $U = 0 \text{ m/s}$ ）ものの、 $Q = 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上からは浸水があり、浸水と同時に急激に流速が増加している。これは先述のように、八東川からの流れによる影響と考えられ、 $Q = 2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上からは河道全幅にわたって活発な土砂移動が発生している可能性を示している。

4. おわりに

本研究では、鳥取県東部を流れる千代川と八東川との合流点を対象に流れの三次元解析を行った。対象とした場の流況は、平面二次元解析では説明できないことを示すとともに、三次元解析から合流後の八東川の流況や水制群周辺の内部流況を明らかにした。今後は河床変動計算により、土砂堆積の要因について詳しく調べていく予定である。

謝辞：本研究は、国土交通省中国地方整備局鳥取河川国道事務所から鳥取大学への令和3年度受託研究の成果の一部を使用させて頂いた。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1)吉田ら：平成30年7月豪雨時の旭川分流域堰周辺の植生分布を考慮した3次元洪水流解析，土木学会論文集B1，76(2)，I_985-I_990，2020。

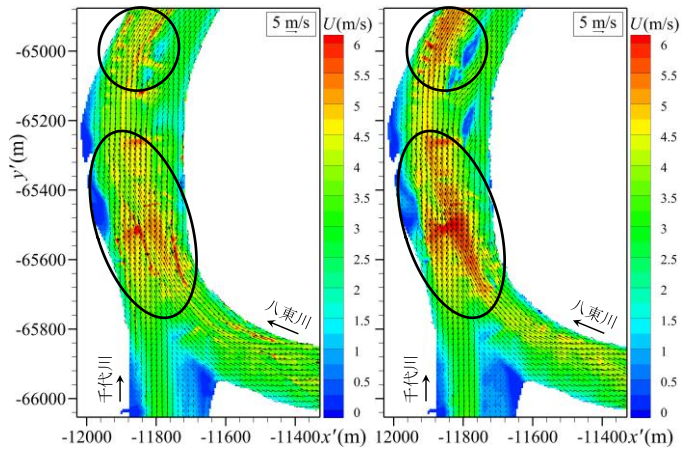


図-3 水深平均流速の比較（左：平面二次元，右：三次元）

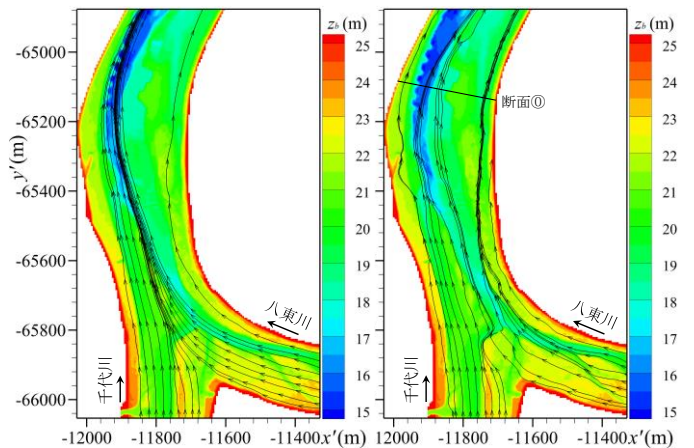


図-4 三次元解析による流況（左：水面，右：底面）

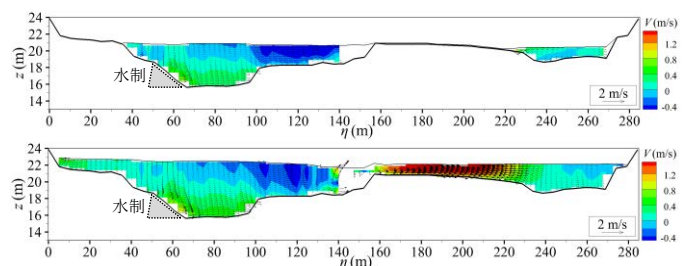


図-5 断面①の横断流況（上：1,000 m³/s，下：3,000 m³/s）

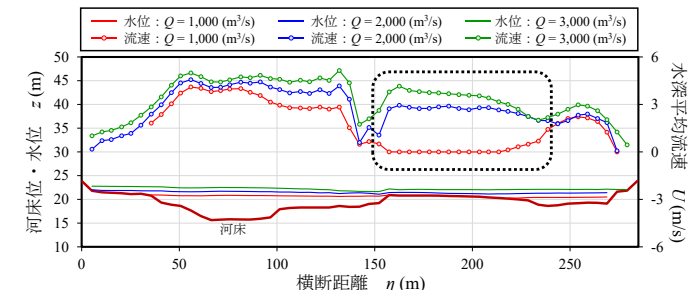


図-6 断面①における流量ごとの水深平均流速分布