

水内川における洪水流の二次元不定流解析

広島大学大学院 学生会員 ○吉武央気
広島大学大学院 学生会員 岩苔和広
広島大学大学院 フェロー会員 河原能久
広島大学大学院 正会員 椿 涼太

1. 序論

近年全国各地で豪雨災害が多発している。広島県内でも平成17年台風14号、平成18年台風13号により、河川護岸や河川兼用道路護岸などの施設が崩壊し甚大な被害を受けた。急流中小河川では、洪水時には急激な水位上昇に伴い激しい土砂輸送が生じるため、被害が発生しやすい。しかし、中小河川の観測体制は、一級河川と比較すると、基本的な水理データの整備が大幅に遅れている。このため、急流中小河川の護岸設計法を見直すことが急務となっているものの、その見直し作業が進められない状況にある。

本研究では、急流河川での出水時の流況の実態を明らかにすることを目的として、水内川において現地観測を実施するとともに、数値解析によって流れの伝播特性を把握した。図1に研究の構成を示す。

2. 対象河川水内川の特徴と現地観測

2.1 水内川の諸元

水内川は、広島県広島市佐伯区湯来町を流れる太田川の支流である。その流域面積は143 km²、河道延長は22.1 kmの一級河川であり、流域の大部分が山地となっている。また、河道は蛇行しており、多くの取水堰が存在している。これまでに顕著な河床変動は報告されていないが、平成17、18年の台風による洪水によって蛇行部の外岸側で大きな洗掘、内岸側で多量の土砂の堆積が生じ、問題となっている。河床材料の多くは砂礫であり、1m程度までの転石が多く存在している。

2.2 現地観測項目

現地観測として河道の測量、水位計測、雨量観測等を行った。

河道の測量は平成20年6月中旬にRTK-GPSとトータルステーションを用いて行った。測量は、46断面（縦断方向に約100m間隔、蛇行部は密に測量）で行い、

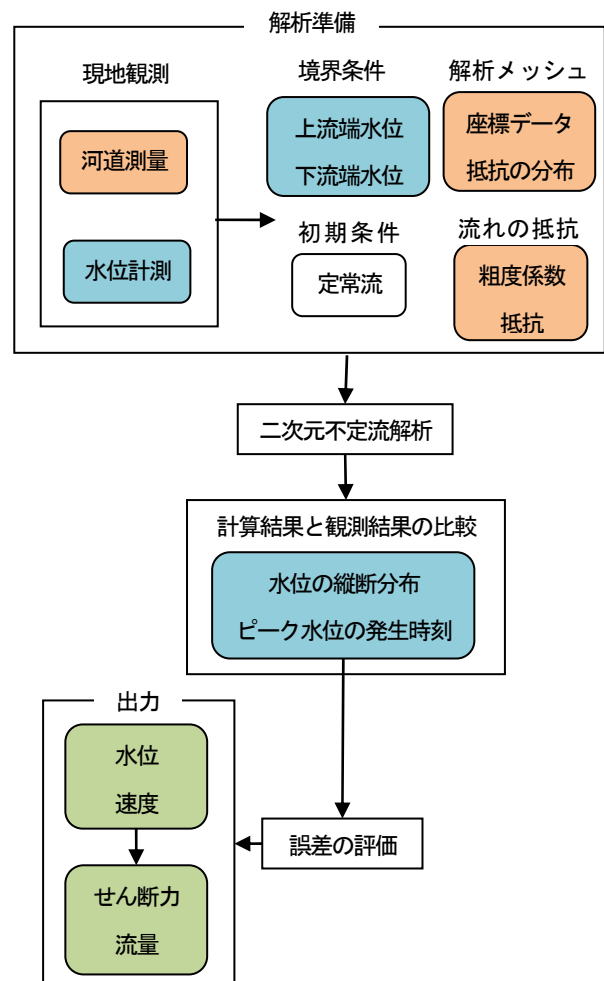


図1 研究の構成

堰や橋脚、天端及び深掘れ部における地盤高、植生高を測量した。さらに、同時期に地上レーザ測量を行い、地盤高、受光強度データを計測した。また、同範囲で写真測量も行いRGBデータを取得した。地上レーザ測量、写真測量より地表被覆分類を行い、河道の測量により得られた地盤高、植生高、植生密度を用いて4m×4mの解析メッシュデータを作成した。図2に解析メッシュ作成のフローチャートを示す。

水位計測は、洪水期の6月中旬から10月上旬にかけて、圧力式センサーを用いて3分間隔で計測した。測定断面は全14断面（No.1：下流端断面，No.14上流端断面）であり、堰上流部及び蛇行部においては兩岸、

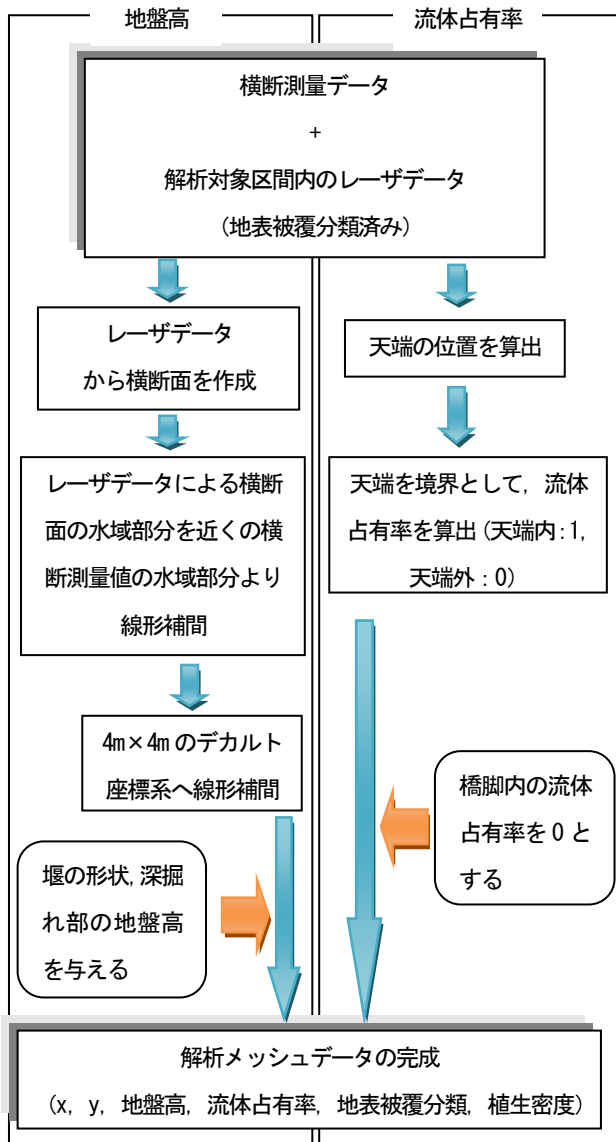


図2 解析メッシュ作成のフローチャート

それ以外の断面では片岸にて計測し、水位ハイドログラフ（縦断水位分布、洪水流の伝播速度）のデータを取得した。図3に水位計の設置位置を示す。

3. 解析手法

基礎方程式は連続式(1)と運動量方程式(2)である。

$$\frac{\partial \lambda h}{\partial t} + \frac{\partial u_j \lambda h}{\partial x_j} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{\lambda h} \left(\lambda \frac{\partial u_i h}{\partial t} + \frac{\partial u_i \lambda u_j h}{\partial x_j} \right) = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x_i} - \frac{F_i}{h} - \frac{\tau_{0i}}{\rho h} + \frac{1}{\rho h} \cdot \frac{\partial \tau_{ij} h}{\partial x_j} \quad (2)$$

ここで、 h ：水深、 u_i ： i 方向の流速、 $\zeta = z + h$ (z ：鉛直方向) であり、 λ は計算格子の流体占有率（空隙率）である。 F_i は i 方向の植生による抵抗力である。 τ_{0i} は i 方向の底面剪断応力であり、マンニングの粗度係数 n を用いて与えた。 τ_{ij} は水平せん断応力である。植生や橋脚の抵抗や計算メッシュ内の流体の占める割合を

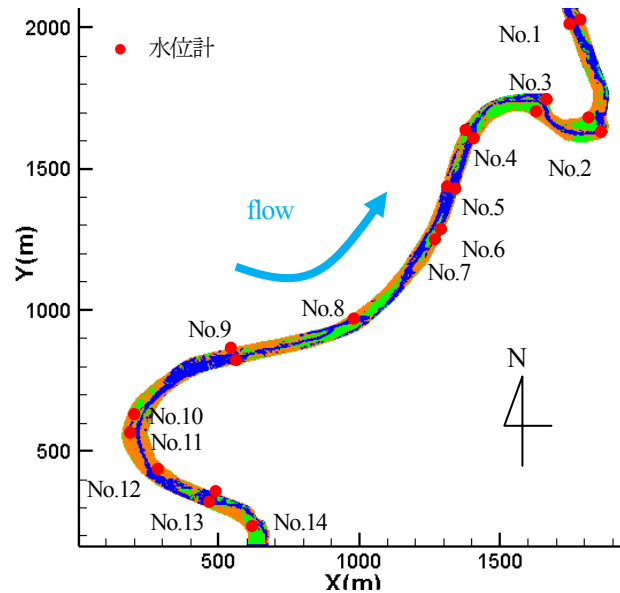


図3 水位計の設置位置

考慮している。基礎方程式の離散化は、デカルト座標系上で行い、移流項の離散化に CIP 法を利用している¹⁾。本解析手法の特徴は境界条件として上下流端に水位ハイドログラフを与え、各水位計位置での水位ハイドログラフの実測値と解析値を一致させるように上流端からの流入量を推定する手法である²⁾。

4. 平成 20 年出水再現計算

水位計測期間中の最大出水であった 8 月 23 日の出水に対し数値解析を行った。対象出水自体は小規模の出水であったために、有効な水位データが取れた No.9 を上流端とし、No.1 を下流端とした。図4に異なる時刻の縦断水位分布を示す。図では判別が困難であるが、計算は実測水位を良好に算出している。また、水内川の河道の粗度係数は 0.033 と推定できた。図5に水位ハイドログラフの実測結果と解析結果を示す。本手法が水位ハイドログラフを良好に再現していることがわかる。また、対象区間における伝播速度は約 2.07 (m/s) であり、出水の伝播特性をほぼ再現していると考えられる。

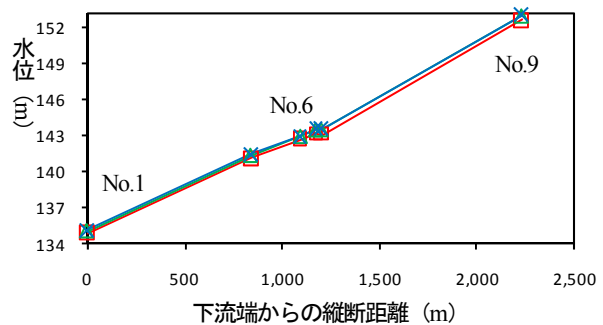


図4 縦断水位分布

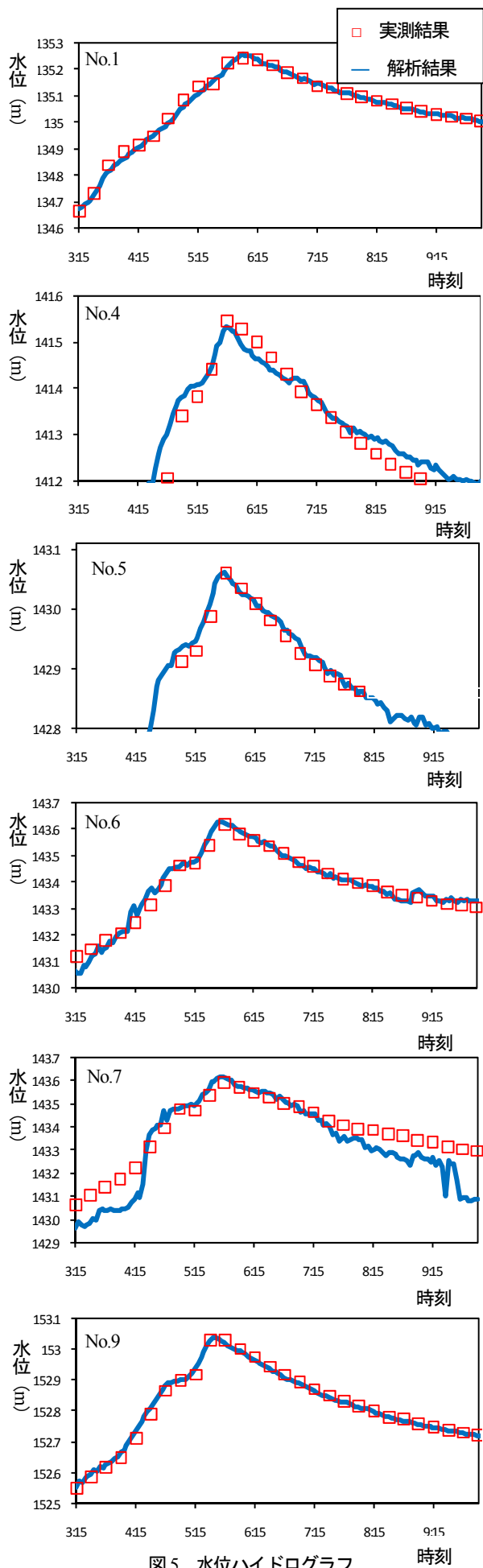
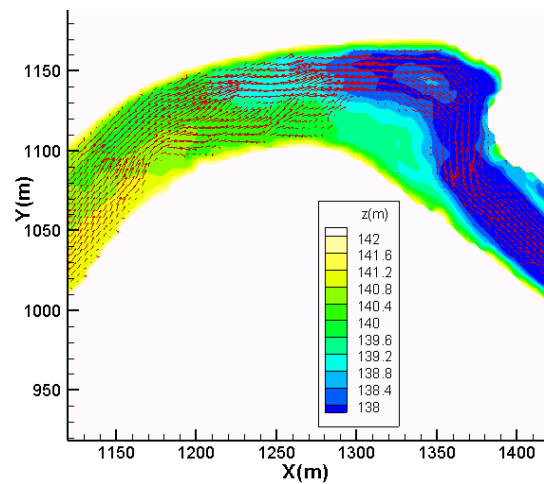
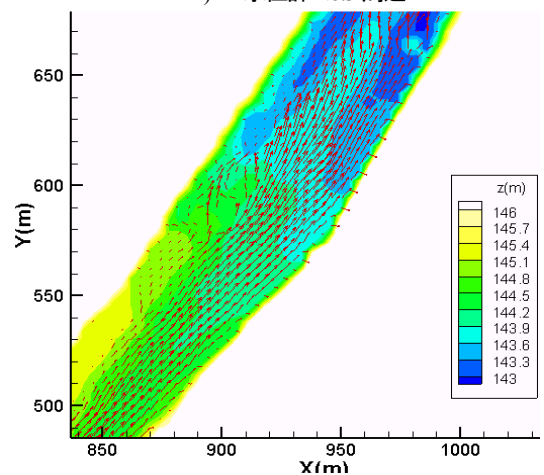


図5 水位ハイドログラフ



A) 水位計No.3周辺



B) 水位計No.7周辺

図6 流速分布

図6に時刻5時30分における流速分布を示す。右岸側、左岸側において流れが異なり二次元不定流解析を行うことにより、水内川の出水時の流れを良好に再現できた。なお、この出水のピーク流量は約 $43(\text{m}^3/\text{s})$ と推定され、

5. 結論

測量により得た河道形状データを用い、植生・橋脚の抵抗を導入して、平成20年度の最大の出水（小規模なものであったが）に対して二次元不定流解析を行った。その結果、粗度係数の推定や流量ハイドログラフの推定が可能であることを示した。

参考文献

- 1) 内田龍彦, 河原能久: 地形変化を有する二次元浅水流の保存型CIP陽解法, 応用力学論文集, Vol.9, pp.917-924, 2006.
- 2) 森下祐, 内田龍彦, 河原能久: 水位ハイドログラフと二次元不定流解析を用いた高水数粗度及び流量ハイドログラフの推定, 水工学論文集, 第52巻, pp.901-906, 2008