

## 第Ⅱ部門

## 実河川水制周辺流れの現地計測と数値解析

|           |     |       |            |     |        |
|-----------|-----|-------|------------|-----|--------|
| 神戸大学工学部   | 正会員 | 藤田 一郎 | 神戸大学工学部    | 学生員 | ○平井 康介 |
| 京都大学防災研究所 | 正会員 | 武藤 裕則 | 明石工業高等専門学校 | 正会員 | 神田 圭一  |
| 神戸大学工学部   | 学生員 | 椿 涼太  | 近畿大学理工学部   | 正会員 | 竹原 幸生  |

## 1. はじめに

河川構造物の1つである水制は元来舟運や治水のための構造物であったが、最近は河岸を単調化させてしまう護岸被覆工法の代替として、また河岸の環境回復や緩傾斜を含む変化に富んだ地形を創出すると手段として注目されるようになってきた。そこで、河川構造物が河川の水の流れにどのような影響を与えているかをより詳しく知る必要があるが、現地で水の流れを計測するのは多大な労力が必要である。従って、数値計算などでより容易に河川構造物のある流れを予測できれば工学的な重要性が高まる。本研究では、藤田・椿が開発した非構造格子に基づく数値計算<sup>1)</sup>の精度を知るために、宇治川の水制群を対象とし、LSPIV<sup>2)</sup>(Large Scale Particle Image Velocimetry)法とADCP(Acoustic Doppler Current Profiler)による観測値と数値計算による結果を比較する。

## 2. 数値計算

今回用いる数値計算は非構造格子を使用していることから、任意の微小体積 $\Omega$ を扱うので、浅水流方程式は以下に示すような積分系に変形される。(式(1)式(2))

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\Omega} U d\Omega + \oint_{\partial\Omega} (E dy - F dx) d\Omega + \int_{\Omega} S d\Omega + \oint_{\partial\Omega} \left( h \frac{\partial G}{\partial x} dy - h \frac{\partial G}{\partial y} dx \right) d\Omega + \oint_{\partial\Omega} (H dy - I dx) d\Omega = 0 \quad (1)$$

$$U = \begin{pmatrix} h \\ uh \\ vh \end{pmatrix} \quad E = \begin{pmatrix} uh \\ u^2 h + \frac{1}{2} gh^2 \\ uvh \end{pmatrix} \quad F = \begin{pmatrix} vh \\ uvh \\ v^2 h + \frac{1}{2} gh^2 \end{pmatrix} \quad S = \begin{pmatrix} 0 \\ -gh(S_{0x} - S_{fx}) \\ -gh(S_{0y} - S_{fy}) \end{pmatrix} \quad G = \begin{pmatrix} 0 \\ u \\ v \end{pmatrix} \quad H = h \begin{pmatrix} 0 \\ -\overline{u'^2} \\ -\overline{u'v'} \end{pmatrix} \quad I = \begin{pmatrix} 0 \\ -\overline{u'v'} \\ -\overline{v'^2} \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、 $h$  : 水深、 $u, v$  :  $x, y$  方向の流速、 $g$  : 重力加速度、 $S_{0x}, S_{0y}$  :  $x, y$  方向の河床勾配、 $S_{fx}, S_{fy}$  : 摩擦勾配、 $-\overline{u'^2}, -\overline{u'v'}, -\overline{v'^2}$  : レイノルズ応力である。離散化手法には MUSCL 法を用いた。

## 3. 現地観測

観測は2004年10月11日に水制群を含んだ宇治川区間(43kp付近)で行った。ほぼ同時刻にLSPIV法により表面流を、ADCPにより内部流と河床形状を計測した。計測時の水深は約6mで、水制はかぶり水深約0.1~0.2mの越流状態であった。数値解析では水深平均流速が結果として得られるので、図-1(a)に表面流と内部流の実測値から求めた水深平均流速の結果を示す。また、数値解析で用いる流量はADCPとLSPIVの結果から算出した。今回、算出した流量は280(m<sup>3</sup>/s)程度であった。

## 4. 比較

数値計算は2ケース行い、どちらもMUSCL法で計算した。違いは水制があるケース(図-1(b))と水制のないケース(図-1(c))である。数値解析の流れ場は測量とADCPによって測った河床形状のデータを使用して再現し、メッシュサイズは2m、計算条件は流量280(m<sup>3</sup>/s)、下流端に水深を与え、時間間隔 $\Delta t$ は $\Delta t = 0.01$ で計算した。なお、解析では図-1の上流側に実測した約300mの区間のデータを助走区間として設けている。また、数値解析では越流水深がわずかであったため、今回は非越流として計算した。計測結果の図-1(a)から見ると、主流部が水制の対岸側にずれているのが読み取れる。また、図-1(b)を見てみるとやはり主流部が水制の対

岸側にずれているのがわかることから、大まかな流れは数値解析で再現することが可能であると考えられる。また、どちらも水制の水はね効果が原因で主流部がずれると考えられるがそれがどの位影響があるのか知るために水制のない条件で数値解析を行った。図-1(b)と図-1(c)を比べると、主流部の流速が全体的に小さくなっていることはわかる

が、主流部がずれているかどうかはわかりづらい。そこで、ある横断面の流速の分布を比較してみた(図-2)。最も流速の早い位置が水制ありとなしのケースでずれているのが読み取れることから、水はね効果の存在を明確に表すことができた。また、図-3は水深のコンター図を表し、(a)は観測値、(b)は数値解析から得られたものである。全体的な傾向は再現できている。しかし、観測値に比べて数値解析の結果のほうが水深が大きくなっているのが読み取れる。

## 5. 終わりに

LSPIV法とADCPによって計測した結果と数値解析の結果を比較することによって、数値計算である程度流れ場を再現できることを示した。また、現実では再現することのできない、水制を除去した状況を作り出し、結果を検討することによって数値計算の有用性と水制の効果を示した。また、ADCPの内部流データがなくても流量を求めることができるようになる必要もある。現地計測においては、近畿大学高野保英先生ならびに明石高専・近畿大学の学生諸君に協力を得たので、ここに謝意を示します。

## 参考文献

- 1) 藤田一郎・椿涼太：中小都市河川に設置された側岸凹部構造物の非構造格子有限体積法による影響評価，水工学論文集，第47巻，2003年2月
- 2) 藤田一郎ら：PIV技術の実河川表面流速への応用，河川技術論文集，Vol.4, pp.41-46, 1998.

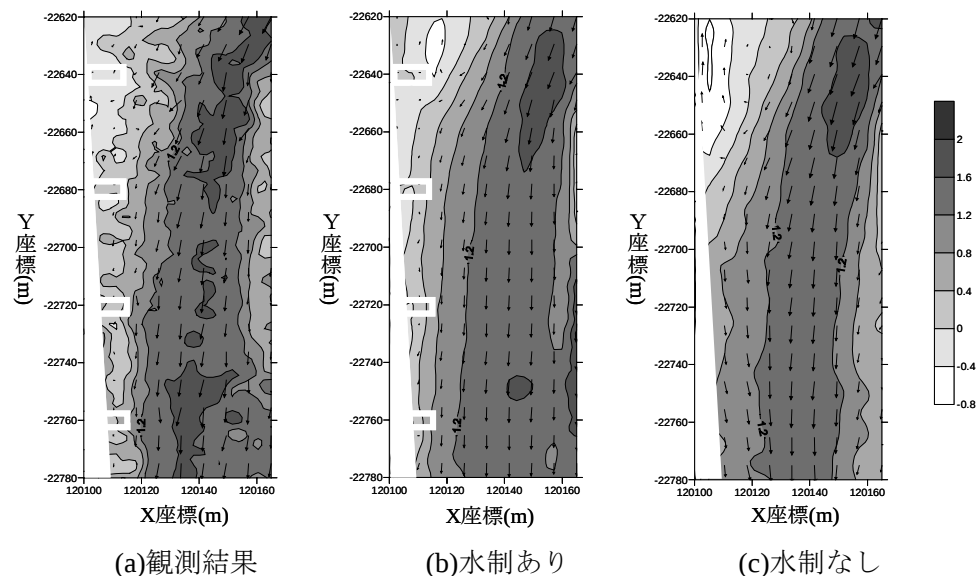


図-1 流下方向水深平均流速分布と平均流速ベクトルの比較

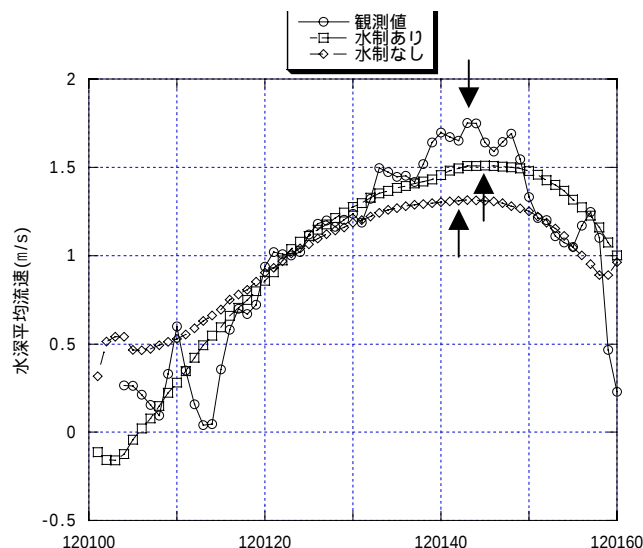


図-2 Y=-22760mの断面流速比較

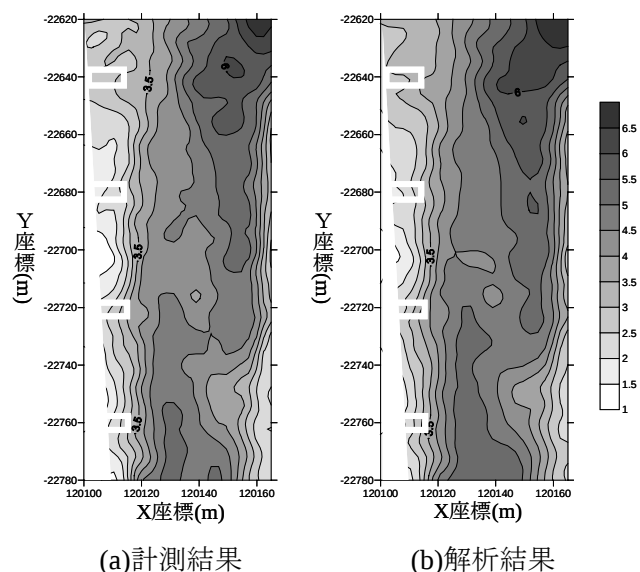


図-3 水深コンター図比較