

ステレオ PIV を用いた水制周辺の流れ構造に関する研究

前橋工科大学 学生会員 ○稲葉 知哉

前橋工科大学 正会員 平川 隆一

1. 研究の背景および目的

河川法改定に伴い河川環境の保全が重要視され、水制の役割が見直されている。

先行研究では PIV を用いた計測が多く行われている。例えば、富永ら¹⁾は直角水制モデルを配した流れ場に対し、面的な2次元2成分(UV方向, UW方向)を PIV 計測した。

開水路乱流の2次元3成分取得による検討なども行われており²⁾, 壁面近傍の組織的乱流構造を明らかにするなど、ステレオ PIV の有用性が確かめられている。

本研究の目的は、水制周辺の詳細な3次元の流れ構造をステレオ PIV を用いて明らかにすることである。

2. 実験方法

実験で使用する水路は高さ 0.4m, 幅 0.4m, 長さ 15m, 勾配 1/1000 の循環式可変勾配水路である。そこに表 1 に示す条件で通水し、水深が 10cm になるよう下流端堰を調整した。

水路に厚さ 5mm のレーザシートを照射し、ハイスピードカメラ 2 台を使用し、150fps で 60 秒間撮影した。カメラの有効画素は 1024×1024pixel である。撮影した動画から PIV 解析を行った。カメラの撮影領域は 30cm×30cm である。x, y, z はそれぞれ流下方向, 横断方向, 鉛直方向である。下流端から 5~6m 地点を水制区間とした。兩岸側壁に沿って 4 基ずつ水制モデルを設置し、2, 3 基間を撮影した。水制の設置角度は図 1 に示す 3 ケースである。水制の大きさは、高さ 5cm, 長さ 10cm, 幅 1.5cm の金属製の角棒である。撮影断面は図 2 に示す通りである。

3. 実験結果および考察

図 3 は、 $x=5\text{cm}$ における yz 平面の二次流ベクトル分布である。直角水制では、水制背後から主流部に向かう流れと、主流部から水制域内に向かう流れが確認できる。この二つの流れが $y=8\text{cm}$ 付近でぶつかり、下降流となっている。上向きの場合も同様である。下向きの場合、下降流は見られない。

図 4 は、 $x=10\text{cm}$ における yz 平面の二次流ベクトル分布である。直角水制では、 $y=0\text{cm}$ から $y=10\text{cm}$ にかけて時計回りの流れが確認できる。上向きの場合も同様である。さらに $y=10\text{cm}$ 付近で流れが収束し、下降流となっている。下向きの場合、 $y=7\text{cm}$, $z=3\text{cm}$ 付近を中心とした反時計回りの流れが確認できる。これは水制を越流する流れが側壁

表 1 実験条件

水路幅	cm	40
水路高	cm	40
水路長	m	15
水路勾配		1/1000
流量	ℓ/s	2
水深	cm	10
断面平均流速	cm/s	5
摩擦速度	cm/s	2.56
フルード数		0.25
レイノルズ数		3800

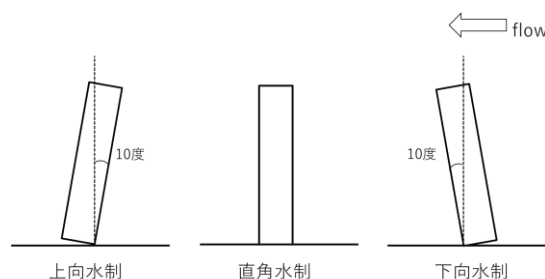


図 1 水制設置角度の概要

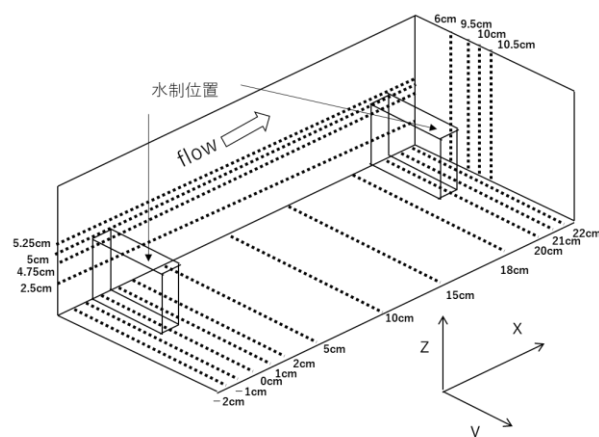


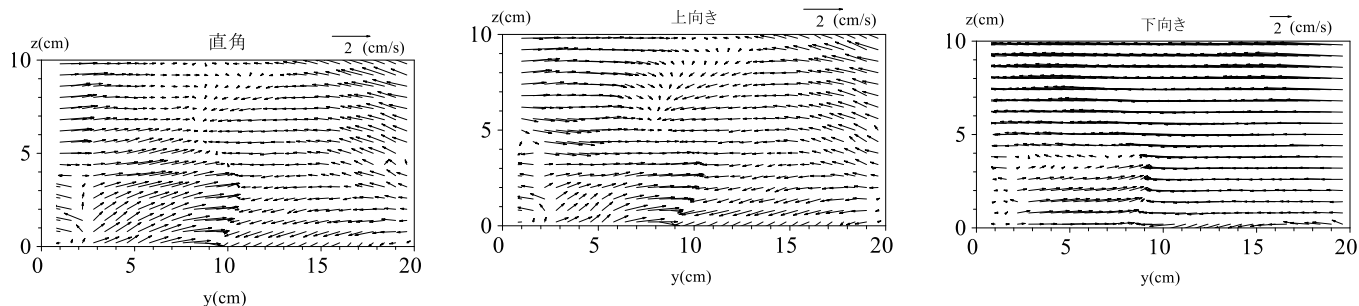
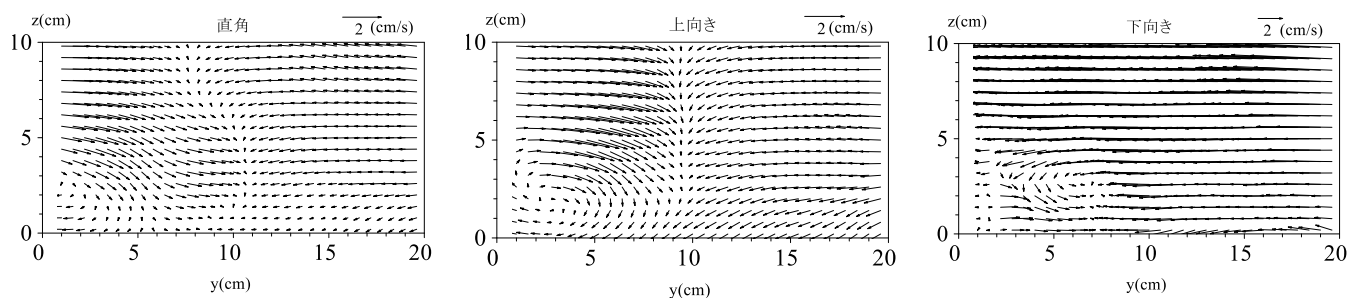
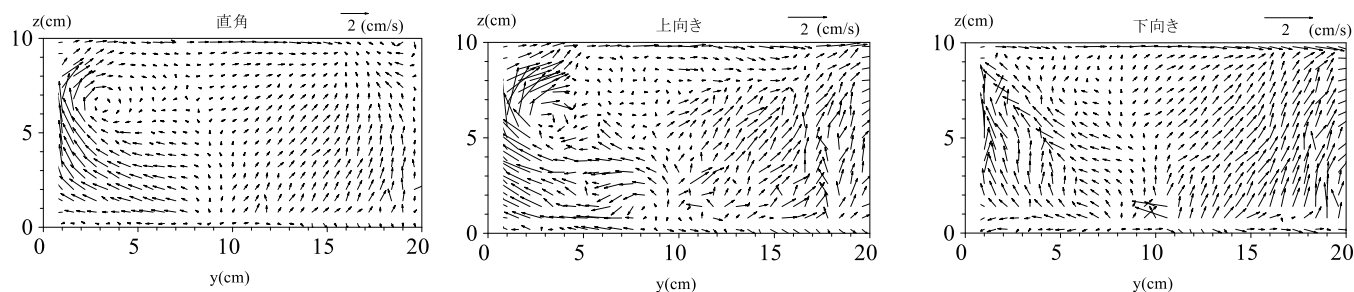
図 2 撮影断面の位置

に沿って下降流となり、このような反時計回りの流れが生じたと考えられる。

図 5 は、 $x=15\text{cm}$ における yz 平面の二次流ベクトル分布である。直角と上向き水制では、 $y=10\text{cm}$ 付近の底面から左右に発散し、左岸側壁にぶつかり上昇流が起きている。さらに水制を乗り越えるように、時計回りの大きな流れとなっている。

キーワード 水制, 流れ構造, ステレオ PIV

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460 番地 1 前橋工科大学 TEL : 027-265-0111

図3 $x=5\text{cm}$ における yz 平面の二次流ベクトル分布図4 $x=10\text{cm}$ における yz 平面の二次流ベクトル分布図5 $x=15\text{cm}$ における yz 平面の二次流ベクトル分布

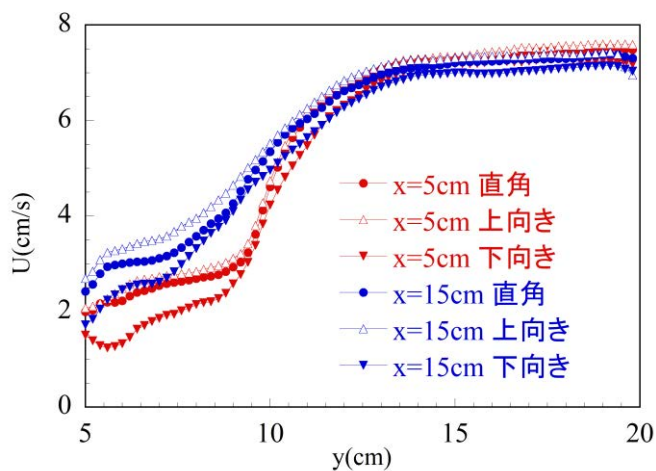
これら3つの図から直角と上向きの場合、二次流ベクトルの分布が似ていることが分かる。下向きの場合は $x=10\text{cm}$ で反時計回りの流れが見られるので、直角と上向きとは異なる流れ構造をしている。

図6は、 $z=4.75\text{cm}$ における $x=5\text{cm}$ と $x=15\text{cm}$ の横断方向の主流速変化である。 $x=5\text{cm}$ の場合、下向きは、 $y=5\text{cm}$ から $y=10\text{cm}$ の範囲で直角より遅くなっており、上向きは、直角よりが速くなっていることが確認できる。これは上流側に傾いている水制背面に沿って、流れが水制域内に入ってくるためだと考えられる。 $x=15\text{cm}$ でも同様であった。水制域内に着目すると $x=5\text{cm}$ は水制背後なので、 $x=15\text{cm}$ よりどのケースも遅くなっている。

4. 結論

ステレオ PIV を用いて、水制の角度を変えた3ケースの流れ構造を計測した。

その結果、水制角度による流れ構造の違いを捉えることができた。二次流については、直角と上向きの場合は似ている流れ構造をしていた。水制域内の横断方向の主流速分布は、下向きが最も小さく、続いて直角、上向きの順になることが分かった。今後は、水制周辺の乱れ特性を明らかにしていく予定である。

図6 $z=4.75\text{cm}$ における横断方向の主流速変化

参考文献

- 1) 富永晃宏, 中野義郎: PIV 法による水制域内の流れ構造の解析, 可視化情報学会誌, Vol.19, No.1, pp.413-416, 1999.
- 2) John C. WELLS, 岸田圭史: 開水路流における壁面乱流構造のステレオPIVによる計測, 水工学論文集, Vol.46, pp.523-528, 2002.

