

堰上流部の流れ構造の P I V 計測

名古屋工業大学 ○土屋 直樹

名古屋工業大学 学生会員 藤田 享良

名古屋工業大学 正会員 富永 晃宏

1. はじめに レーザーシート光と中立浮遊トレーサ粒子を用いた断面内可視化画像を画像解析し、断面内流速ベクトルを計測する PIV 法^{1),2)}により、各種形状を有する堰上流部の流れ構造を計測した。堰上流部の流れ構造は、この領域の水質に大きな影響を及ぼすと考えられるが³⁾、堰上流部の流れ構造を系統的に検討した例は少ない。堰の形状として、上部越流、下部スリット放流等の平均流速構造を検討すると共に、PIV 法についても精度等の検討を行う。

2. 実験条件 実験水路は水路幅 30cm、長さ 8m の矩形勾配可変型水路を用い、路床勾配は 1/500 とした。各堰は上流端から 5m の位置に置き、オーバーフロー堰は堰高 9cm、アンダーフロー堰では下部スリット高 2cm、水深 H と越流高もしくは下部スリット高 d の比を考えて表-1 に示す各 3 通りの流量を設定した。画像計測の可視化には、比重 1.02、粒径 50micron のナイロン樹脂粒子を用い、厚さ 2mm のシート状にした 500mW アルゴンレーザー光 (Ion Laser Technology) を開水路鉛直断面に照射した。この可視化画像を高速ビデオカメラ (ACCEL) を用いて 240F/s で撮影した。画像は 16MB のメモリーに録画され、さらに MO ディスクに記録される。画像計測には VISIFLOW (AEA Technology) PIV システムを用いた。450×640 画素画面中の 450×619 画素に画像が取り込まれ、相互相関法により画像解析した。画像の一例を図-1 に示す。堰上流部 50cm 程度までを解析対象とし、オーバーフローでは 1 画面の幅 20cm、アンダーフローでは一画面の幅 18cm とし、3 画面に分割して計測した。また、画像の連続部では 2cm のオーバーラップをさせた。堰から各 3 画面の上流部についてを計測対象とし、相関法では検査エリアを 64×64 画素、オーバーラップは 50% として、画像間の時間差はフレーム単位 (1/240 秒) でそれぞれ調節し、適切なものを選んだ。異常流速ベクトルについては、基本的に得られるベクトルの大きさと角度で判断した。以上の解析条件を表-2 に示す。ミッシングデータの検査エリアには、その検査エリアを中心とした 3×3 の検査エリアから計算されるベクトルを補間し、補間後にスムーズ化を行った。パソコンの画像メモリーボードに記録される画像は最大 10 枚であるため、ランダムに 3 回記録し、計 30 枚の連続画像から得られる 27 組の流速ベクトルを平均してデータとした。

3. 解析結果と考察 各 CASE の流速分布を図-2 に示す。また、CASE-1,3,5 の主流速コンター図を図-3 に示す。ここでは、全体の平均流速構造をとらえることに主眼を置き、堰の上流の流速分布への影響範囲を検討する事を目的とした。堰高一定のオーバーフローの場

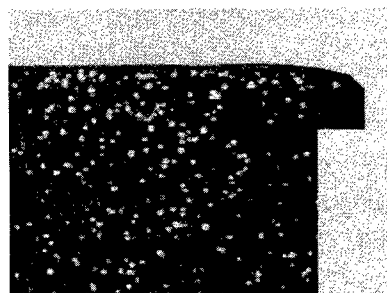


図-1 解析画像例

表-1 実験条件

	CASE	流量	d/H
Over Flow	1	2.0(l/s)	1/5
	2	3.5(l/s)	1/4
	3	5.0(l/s)	1/3
Under Flow	4	4.5(l/s)	1/4
	5	5.0(l/s)	1/5
	6	5.6(l/s)	1/6

表-2 画像解析条件

CASE	堰からの距離 (cm)	有効ベクトル		画像間の時間 (s)
		大きさ (cm/s)	角度 (degree)	
1	0~20	0~50	-30~90	14/240
	18~38	0~15	-30~30	14/240
	36~56	0~15	-30~30	14/240
2	0~20	0~55	-30~90	6/240
	18~38	0~20	-30~30	8/240
	36~56	0~20	-30~30	8/240
3	0~20	0~60	-30~90	3/240
	18~38	0~30	-30~30	4/240
	36~56	0~30	-30~30	4/240
4	0~18	0~50	—	3/240
	18~36	0~30	-30~30	3/240
	34~52	0~30	-30~30	3/240
5	0~18	0~50	—	3/240
	18~36	0~30	-30~30	3/240
	34~52	0~30	-30~30	3/240
6	0~18	0~50	—	3/240
	18~36	0~30	-30~30	3/240
	34~52	0~30	-30~30	3/240

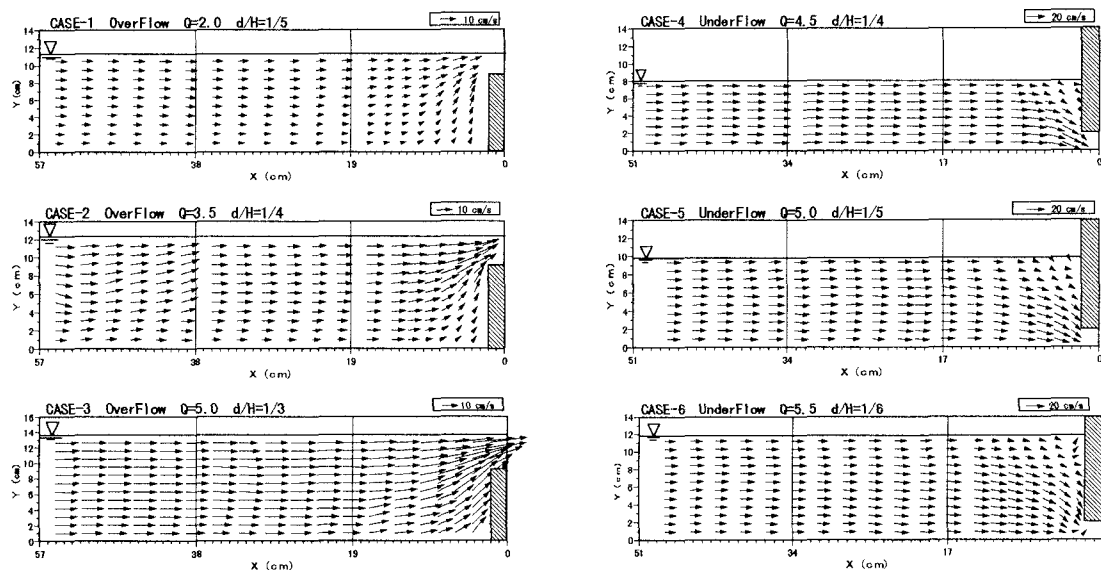


図-2 (u, v) 流速ベクトル図

合、平均流速の変化は顕著であるが、流速の鉛直分布形状の変化過程は各流量ともほぼ同じであり、堰より15cm 上流ではほぼ様な分布となっている。堰の影響は流量や d/H に依らないと言える。下部スリット高一定のアンダーフローの場合、上流部では水面上の非常に薄い領域で逆流が起こり、順流とぶつかるところで僅かに水面が隆起していた。この場所は各流量とも堰から50cm程の位置であった。水深は流量変化に敏感に反応し、流量の増加とともに平均流速は減少した。堰の流速分布への影響はオーバーフローの場合より大きく、前述の水面の逆流停止地点まで水面の減速が認められる。今回は平均化画像枚数が少ないこともあり、ばらつきも見られるが、今後精度を高め、詳細な検討を行う予定である。

4. あとがき 画像の両端ではどうしてもミスデータが多く、本研究でも画像両端のベクトルは一系列排除した。画像の四隅の流速が遅めに出る傾向があり、これは画像の歪みが出ているものと思われる。また、堰前後のような流速差の激しい断面については、これを一度に計測

することは難しく、部分的に計測する必要がある。今回の実験でも、アンダーフローの出口付近の高速流はとらえられていない。また、堰前面では循環流が観察されるが、全体の平均流に焦点を合わせると、平均化されて埋没してしまう。全体に粒子濃度が小さいことも原因しているように思われ、今後さらに改善を行ってきたい。

<参考文献>

- 1) Ronald J. Adrian : Particle-Imaging Techniques For Experimental Fluid Mechanics , Annu. Rev. Fluid Mech. , vol.23 , 1991 , pp261-304.
- 2) 宮本仁志・神田 徹・藤田一郎・池上 迅:PIVによる開水路凹部流れの計測および数値計算 , 水工学論文集 , vol.41 , 1997 , pp1049-1054.
- 3) 泊 宏・西川友幸・柳川 晃:長良川河口堰のフラッシュ操作に伴う水理現象と水質改善果 , 水工学論文集 , vol.40 , 1996 , pp31-38.

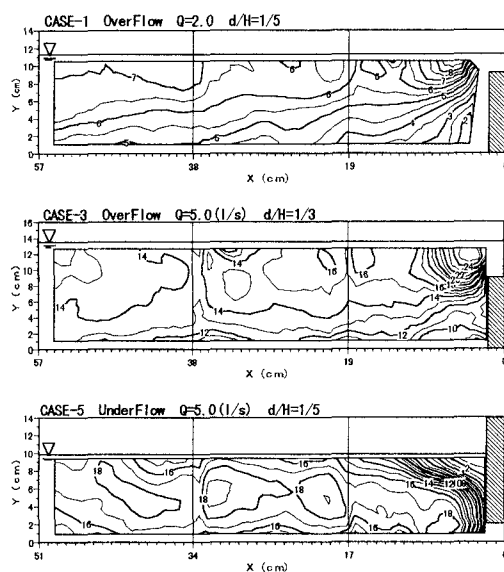


図-3 主流速コンター図