

京都大学大学院 正 員 橋津家久
 京都大学大学院 正 員 鬼束幸樹
 NTT(株) 正 員 ○前原慶人

1. はじめに

開水路流れにおいてアスペクト比 B/h （水深 h と水路幅 B の比）が変化することによって、2次流を含む断面内の流れの状態は著しく変化する。これまで2次流の平均的な挙動については実験¹⁾、数値計算の2つの立場から多くの検証がなされてきたが、本研究は、最新鋭のPIVという可視化技術を使用し、瞬間時の挙動をとらえることにより、2次流の発生機構に関して実験的に考察するものである。

2. 実験装置及び実験方法

本研究で用いた水路は全長10m、幅40cm、高さ40cmの可変勾配水路で、アクリル板を使用して水路をしきることによって水路幅 B を12cmとした。実験装置は図1に示す。XY断面計測では、レーザー放射器(Nd:YAGレーザー光)を水路上方に置き、鏡で反射させてXY断面を照らす。このとき、カメラを水路に直角に設置しXY断面を撮影した。YZ断面計測では、XY断面計測と同様に水路上方からレーザー光を入射させた。このときYZ断面で可視化された映像は水路

内に置いた鏡で反射され水路横のカメラで撮影された。アスペクト比 B/h を1.0~6.0と変化させ、水理条件は表1に示したように行った全6ケースである。アスペクト比 B/h が大きくなると水深が低

くなり計測が困難になるため、アスペクト比 B/h が3.0以下のケースから計測範囲を水路中央部から側壁までとしている。また、本研究で用いた新型のYAGレーザー・PIVシステムは水流計測に応用された例がこれまでになく、その測定性能を評価するために、表1に示すようなレーザー流速計(LDA)を用いた点計測による比較実験も行った。

3. 実験結果及び考察

Iehisa NEZU, Kouki ONITSUKA and Yoshito MAEHARA

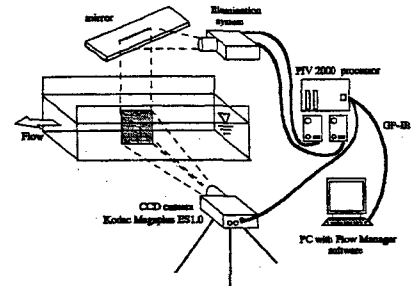


図-1(a) XY断面計測の実験装置図

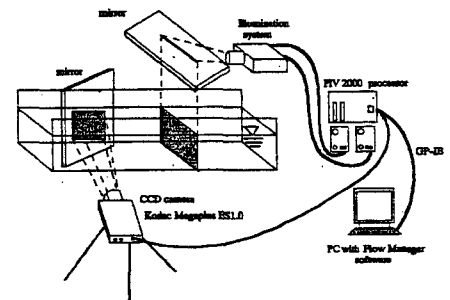


図-1(b) YZ断面計測の実験装置図

表-1 PIVとLDAにおける水理条件

Case	h(cm)	B/h	Fr	Re($\times 10^3$)	Timing
PAsr1-xy	12	1	0.1	17.3	600
PAsr2-xy	6	2		24.2	210
PAsr3-xy	4	3		15.2	200
PAsr4-xy	3	4	0.26	11.2	270
PAsr5-xy	2.4	5		8.6	150
PAsr6-xy	2	6		6.9	150
LAsr1	12	1	0.1	17.3	
LAsr2	6	2		24.2	
LAsr3	4	3		15.2	
LAsr4	3	4	0.26	11.2	
LAsr5	2.4	5		8.6	
LAsr6	2	6		6.9	

XY断面計測の水理条件

表-2 PIVにおける水理条件

Case	H(cm)	B/h	Fr	Re($\times 10^3$)	Timing
PAsr1-yz	12.0	1.0		17.0	4800
PAsr2-yz	6.0	2.0	0.10	8.3	8000
PAsr3-yz	4.0	3.0		6.0	15000
PAsr4-yz	3.0	4.0	0.15	6.7	
PAsr5-yz	2.4	5.0	0.21	7.1	10000
PAsr6-yz	2.0	6.0	0.28	7.5	

YZ断面計測の水理条件

LDAによる比較実験の結果を図2に示す。図2はアスペクト比 B/h が1.0と5.0の場合の主流速分布図である。 $B/h=1.0$ のケースは最大流速点が水面よりも下方に降下している。これは「最大流速点の降下現象」と呼ばれ、この降下現象は、水路中央付近における縦渦の下降流の影響を受けて起こる現象であると考えられている。 $B/h=5.0$ になると最大流速点の降下現象は見られなくなり、図中に直線で示した対数則分布に良好に従うようになる。すなわち、アスペクト比が5.0付近を境に乱流構造が二次元と三次元とに分かれることがわかり、従来の結果と一致する¹⁾。多少LDAの結果とのずれが見られるのは、PIVのサンプリング個数が少ない(100個)ためであるが、これまでのPIVと比較すると精度はかなり良好である。

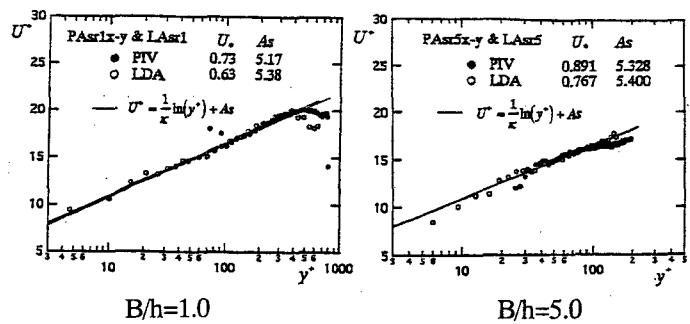


図-2 XY断面の主流速分布

図3はYZ断面計測の2次流瞬間ベクトル図であり、本PIVで初めて解明された結果である。これまでの研究では、時間平均された2次流に関してなされているが、瞬間の2次流はかなり複雑である。水路形状は幾何学的には線対称であるが、流れは線対称とはなっていない。 $B/h=2.0$ から安定した渦が見られるようになり、 $B/h=4.0$ では自由水面の影響を大きく受け始め、渦の形状が横長の楕円形となる。 $B/h=5.0$ から渦の様子が変わり、水深程度に規模を持つ数個の渦が現れる。 $B/h=6.0$ ではさらに顕著になっている。この渦は並列らせん流と類似している。また、時間平均された2次流速は主流の2.3%であるが、瞬間時の2次流速は最大で30%にまで達することがベクトル瞬間図からわかった。

4. おわりに

本研究では、これまでの研究にはない瞬間の2次流構造について最新のPIVシステムを用いることでその挙動を計測し考察を行った。その結果、瞬間的な2次流は形状が非対称であり、またその強度は瞬時には主流速の30%にまで達することもあり、時間平均された2次流と著しく異なることが解明された。

参考文献

- 1) 橋津家久, 中川博次: 開水路流れの三次元構造(縦渦)とそれに及ぼす自由水面の影響に関する研究, 京大防災研究所年報, 第28号、B-2, pp.499-521, 1985

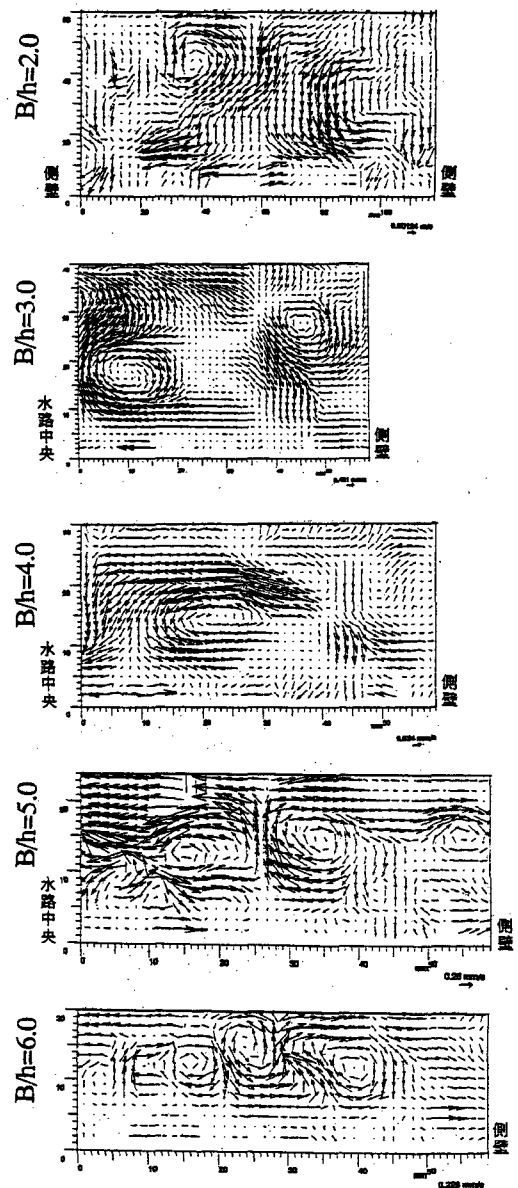


図-3 2次流の瞬間ベクトル図