

II-283 PIVを用いた開水路横断面内における瞬間流速構造の解析

京都大学大学院工学研究科	正 員	橋津家久
京都大学大学院工学研究科	正 員	鬼束幸樹
N T T	正 員	前原慶人

1. はじめに

直線開水路流におけるPrandtlの第2種2次流は, Nezu & Rodi(1985)によって高精度に計測され, そのパターンや強度などが明らかにされた. さらに, Nezu & Nakagawa(1981)は縦筋(リッジ)を設置したダクトにおける2次流を計測し, 乱れの非等方性が2次流の発生原因であることを解明した. しかし, これらは時間平均化された特性であり, 瞬間的な流速特性はほとんど不明なのが現状である. 本研究では, 最新鋭のPIV (Particle Image Velocimetry) を駆使し, 横断面内における瞬間の鉛直及び水平方向流速を計測し, その特性を明らかにしたものである.

2. 実験装置および実験条件

本実験で用いた水路は, 長さ10m, 全幅 $B=12\text{cm}$ の可変勾配型循環式直線水路である. 微小間隔の時間差で2台のYAG レーザ (13mJ/pulse) から発射されたレーザー光線は, 水路上部に設置されている鏡によって反射され, 水路にスリット状の可視化面を作成する. このとき, 水路内に設置された鏡によって可視化像が反射され, 水路側壁側に設置されたCCD カメラ (Kodak Megaplus ES1.0: 1008×1008 ピクセル) によって2枚の画像が撮影される. この画像データは瞬時にプロセッサに送られ流速ベクトルを計算することができる. なお, 2台のYAG レーザーの時間間隔およびレーザーの発射タイミングとカメラの撮影タイミングの同期などはすべてコンピュータをインターフェースとしてDANTEC 社製のPIV2000専用処理機で行われる. 本システムの最大の特徴としては, 2台のYAG レーザーの時間間隔を最小で $1\mu\text{s}$ に設定することができ, また, 従来頻繁に用いられるアルゴンイオンレーザーよりもパワーがはるかに強いために, 高速流および解析範囲の広い計測が可能であることである.

実験条件を表-1に示す. ここに, h は水深, $Fr = U_m / \sqrt{gh}$ はFroude 数, $Re = 4RU_m / \nu$ はReynolds 数, U_m は断面平均流速である. アスペクト比 (B/h) を3通りに変化させた流れにおいて, 横断面内の瞬間流速の計測を行ったが, S2では水路全幅を, S4およびS6では水路の半幅の計測とした. なお, 座標系としては, 流下方向に x 軸を, x 軸と垂直上向きに y 軸を, 横断方向に z 軸をとり, 時間平均流速をそれぞれ U , V , W とした.

3. 実験結果および考察

図-2(a)~(c)にS2, S4, S6の瞬間流速ベクトルの時間変化を示した. ケースS2の $t=0.0(\text{s})$ においては水路中央から下降しながら分離している流れが確認されるが, 渦らしきものは確認できない. しかし, $t=0.33(\text{s})$ では側壁付近に渦が発生している. さらに, $t=0.67(\text{s})$ の図より $t=0.33(\text{s})$ で発生していた2つの渦が互いに水路中央部へと移動していることがわかる. 次にケースS4に着目すると, 水路側壁付近に存在している渦が, 場所的に変動していることやLDAによって計測された時間平均された2次流の様子とかなり異なることが認められる. さらに, ケースS6においては, 水深規模の渦列が存在していることが確認できる. 従来, B/h が大きい場合の滑面水路では安定した並列らせん流が存在しないといわれてきた. しかし, 瞬間的には並列らせん流的な流れが存在することが確認された. また, これらの瞬間的な横断面内の流速値は, 最大で主流の20%にも及ぶ場合があり, 時間平均2次流の10倍程度の値を持つ. このように, 瞬間的な横断面内の構造は時間平均された構造と著しく異なるといえる.

4. おわりに

PIVを用いて開水路流の横断面内における鉛直および水平方向の瞬間的な流速の計測に成功した.

参考文献

1) Nezu, I. and Nakagawa, H.: *Turbulence in Open-Channel Flows*, IAHR-Monograph, Balkema, Rotterdam, 1993.

keywords: 開水路流, 2次流, PIV

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5081 FAX 075-753-5066

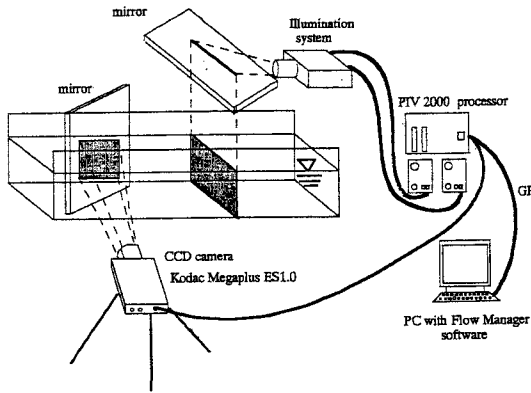


図-1 実験装置

表-1 実験条件

case	h cm	B/h	Fr	Re $\times 103$	Timing μs
S2	6.0	2.0	0.10	9.3	8000
S4	3.0	4.0	0.15	6.7	10000
S6	2.0	6.0	0.28	7.5	10000

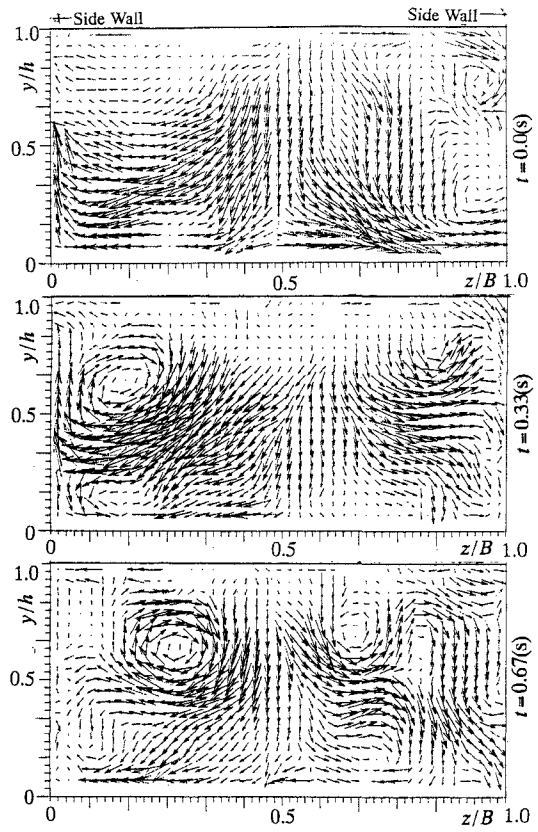


図-2(a) S2の瞬間流速場 ($B/h=2.0$)

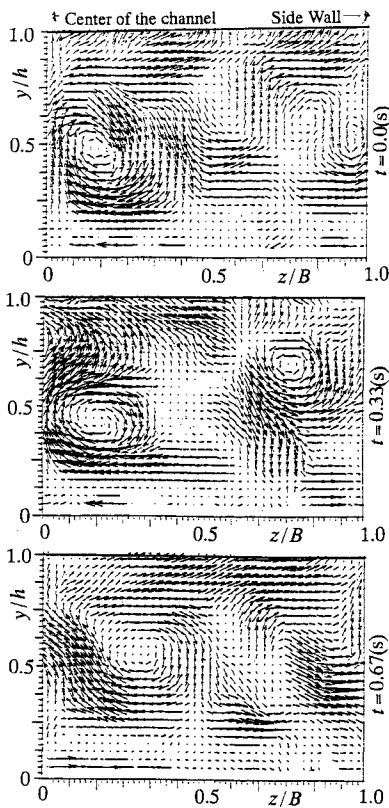


図-2(b) S4の瞬間流速場 ($B/h=4.0$)

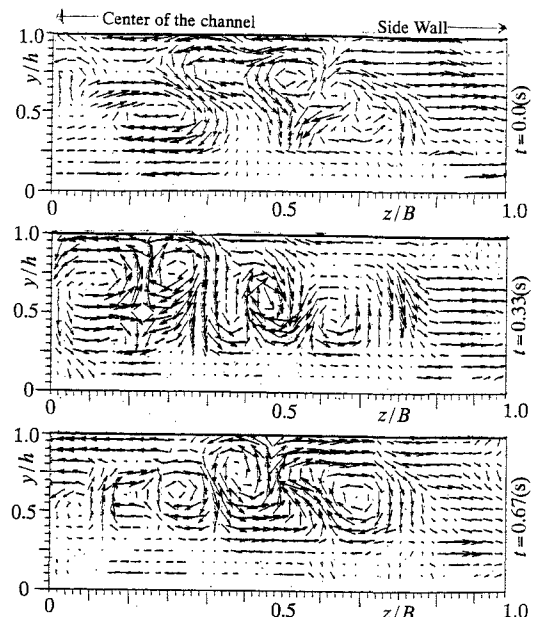


図-2(c) S6の瞬間流速場 ($B/h=6.0$)