

II - 289

複断面開水路に発生する周期渦の瞬間構造

東京工業大学大学院 学生員 戸田 祐嗣

東京工業大学工学部 正 員 池田 駿介

東京工業大学大学院 学生員 空閑 健

1. はじめに

複断面開水路流では高水敷と低水路との間に横断方向の流速差が生じるためにその境界部に周期渦が発生することが知られている。この渦については周期渦の平均的な3次元構造が捉えられた例¹⁾がある。しかし、瞬間的な内部構造が捉えられた例は少なく、個々の渦の特性を捉えるためにも周期渦の瞬間構造を把握しておくことは重要である。よって、本研究では複断面開水路流に発生する周期渦の瞬間構造をPIV法を用いた室内実験により明らかにし、複断面開水路流における渦構造を調べる。

2. 実験方法

実験は、長さ14m、幅40cm、水路勾配1/700の水路に、長さ10mにわたって幅16cm、高さ5cmの高水敷を片側に設置し、水深を6cmの等流状態にして行った。高水敷の設置開始点から約7.5mの地点を観測地点とした。まず実験水路 upstream 流端からトレーサー粒子を投入した。トレーサー粒子として粒径約1mmのポリスチレンビーズを煮沸処理し比重調整したものを用いた。観測地点において高さの異なる3つの水平面にそれぞれ1/15秒間スリット光を照らし、水路上方からVTRカメラにより流況を撮影した。得られた画像データを256階調の分解能を持つ画像処理装置(DIRECT製)により1/30秒毎のフレーム画像でデジタル化した。図-1に実験状況図を示す。

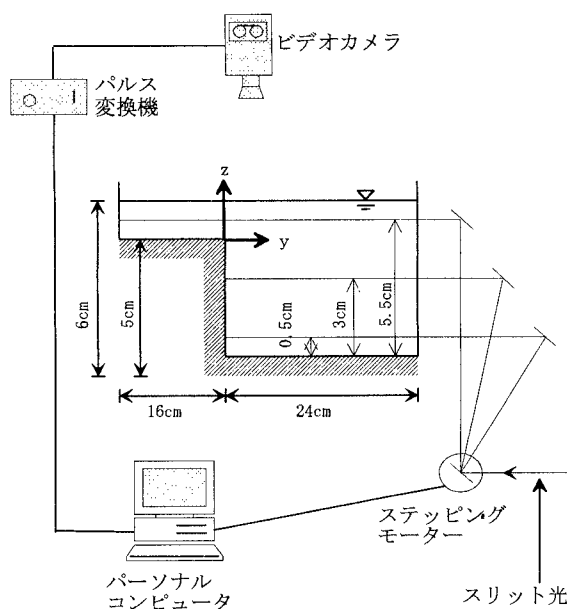


図-1 実験状況図

1つの水平面につき1/30秒の時間間隔のあるフレーム画像が2つ得られ、それらの相関解析により2次元瞬間流速ベクトルを得た。得られた流速ベクトルから過誤ベクトルを除去し、データの欠落しているところには、周囲の流速ベクトルとの距離の逆数を重みとして補間した。こうして得られた3つの水平面の瞬間流速ベクトルデータは断面間に1/15秒の時間差があるが、渦の移流速度を用いて位相をあわせた。こうして3つの水平面における2次元瞬間流速ベクトルデータを得た。次に得られた2次元データの横断面内を仮想加重法により補間し、格子上の2次元流速値からMASCON法により3次元成分を推定した。

3. 実験結果

図-2に周期渦の移流速度で動く移動座標系から見た水面付近（ $z=0.7\text{cm}$ ）の水平断面内の瞬間流速ベクトル図を示す。図-3には池田ら¹⁾により得られた同じ水理条件の下での条件付抽出アンサンブル平均法による周期渦の平均像を示す。両者ともに低水路と高水敷との境界部よりやや低水路より中心を持ち、流下方向に向かって高水敷側に前傾した渦が見られるが、瞬間像の方では、低水路内には周期渦と無関係と思われる乱れが生じていることがわかる。図-4に各水平面における2次元発散のコンター図を示す。水表面付近（図中（a））（ $z=0.7\text{cm}$ ）では渦の中心付近に上昇流が見られる。また、渦の中心より上・下流両側の高水敷上に下降流が起こっている。また、低水路内には周期渦と無関係とおもわれる乱れによる上昇流・下降流が存在している。底面付近（図中（b））（ $z=-4.5\text{cm}$ ）では水表面付近の渦の中心よりやや上流かつ低水路中心より付近に弱い上昇流が見られる。

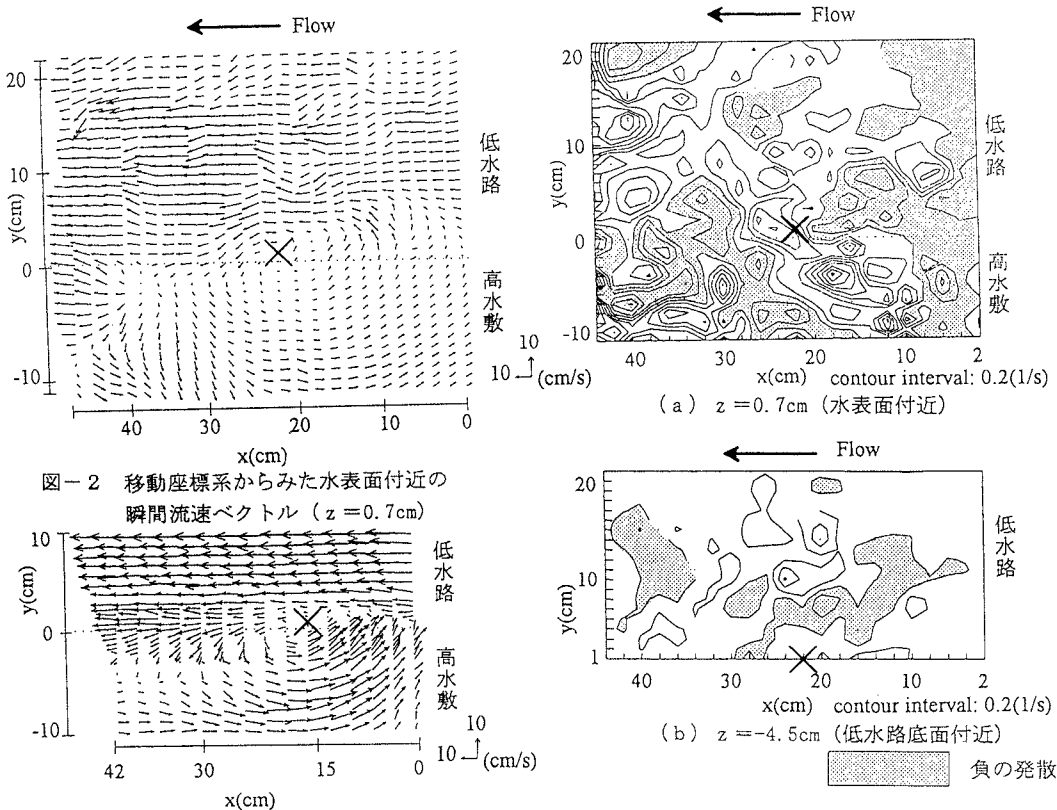


図-2 移動座標系からみた水表面付近の瞬間流速ベクトル ($z=0.7\text{cm}$)

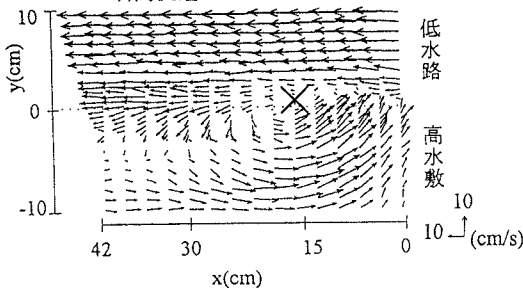
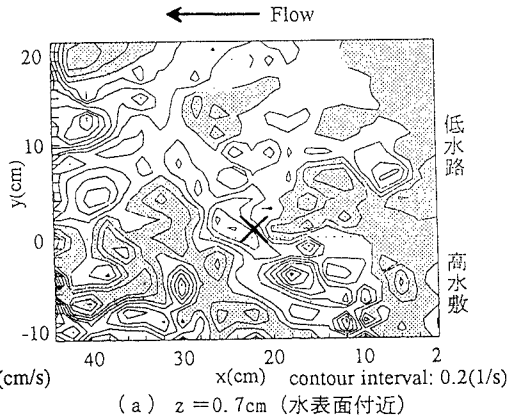
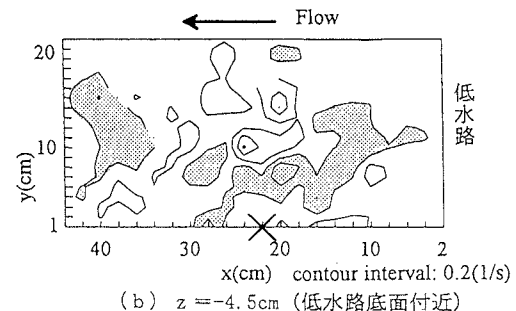


図-3 移動座標系からみた条件付抽出アンサンブル平均法による水表面付近の流速ベクトル ($z=0.7\text{cm}$)



(a) $z=0.7\text{cm}$ (水表面付近)



(b) $z=-4.5\text{cm}$ (低水路底面付近)

負の発散
正の発散

図-4 二次元発散 ($\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$) のコンター図

4. おわりに

複断面開水路流に発生する周期渦の瞬間構造を測定した結果、周期渦の水平構造や、それに伴う上昇流・下降流の位置関係が捉えられた。

<参考文献>

- 1) 池田駿介・村山宣義・空閑健：複断面開水路水平渦の安定性とその3次元構造、土木学会論文集、509号、pp.131-142、1995。