

II-189

画像処理による開水路凹部流れの乱流構造の解析

神戸大学大学院 学生員 門脇 正夫
 神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 岐阜大学工学部 正 員 藤田 一郎
 大 林 組 正 員 八木 純樹

1. はじめに

筆者らは画像相関法によって開水路凹部（トレンチ）の乱流特性を調べている．前報¹⁾では高速度ビデオカメラを用いて鉛直断面内の流れについて解析したが，本報では水平断面内の流況を調べることにによりトレンチ内流れの三次元構造について考察を行う．

2. 実験装置および画像処理方法

実験条件は流量 $Q=800(\text{cm}^3/\text{s})$ ，上流側水深 $H_0=1.9(\text{cm})$ ，断面平均流速 $U_0=21.1(\text{cm}/\text{s})$ ，レイノルズ数2000である．図-1のように長方形断面水路に設けたトレンチ部で鉛直断面内および水平断面内の流れの可視化を行った．可視化画像を高速度ビデオカメラを用いてサンプリング周波数125Hzで8秒間取り込み，1000枚の画像データを得た．このデータについて相関法を適用し流速ベクトルを求めた．

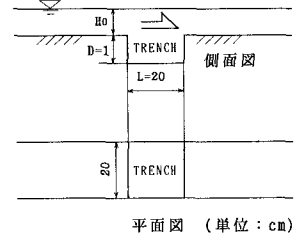


図-1 実験水路

3. 画像処理結果

計算領域は鉛直断面については水路中央部，水平断面については①水面付近（水面から $H_0/8$ の位置），②主流と凹部の境界面，③トレンチ底面付近（底面から $D/4$ の位置）である．図-2に鉛直断面の瞬間流速ベクトルを示す． $x=6(\text{cm})$ 付近で再付着しており，その上流側では逆流域となっている．また，再付着点下流部と主流と凹部の境界面では渦が認められる．

3.1 水面付近

図-3に瞬間流速ベクトル，発散，渦度を示す．発散，渦度の値はともに U_0 ， H_0 で無次元化した値である．瞬間流速ベクトル図(a)において，壁面付近を除いて流下方向に流れはほぼ一様であるが，横断方向の流速は比較的大きい．図(b)は発散の値を濃淡で表したものであり，正の大きな値を白，負の大きな値を黒で示している．この断面が水面付近であることを考慮すると正の領域では流体が下方から供給されており，負の領域では流体が下方に放出されていると考えられる．大きな正の値および大きな負の値をとる領域が多く存在しており，水面付近では流れの湧き上がりや沈み込みが発生していることがわかる．図(c)は渦度の値を濃淡で表したものである．渦度の正と負の領域がそれぞれ流下方向に連なっている様子が認められる．また，壁面付近では主流速が急激に減少し速度勾配が大きくなるため，渦度の値も大きくなっている．

3.2 主流と凹部の境界面

図-4に瞬間流速ベクトル，発散，渦度を示す．図(a)に見られるように，横断方向の流速は水面付近と比較して小さくなっている．図(b)の発散は，絶対値の大きな領域は少ないが正と負の領域が流下方向に交互に現れている．鉛直断面においてせん断層に渦が確認されることから，横断方向に軸を持つ渦の存在を表していると考えられる．図(c)においては，渦度の正と負の領域が横断方向に交互に現れている．流下方向流速 u に対して横断方向流速 v が微小であることを考慮すると，このような渦度分布は速度勾配 $\partial u / \partial y$ の分布を示していると考えられる．このことから流れの高速域と低速域が存在していると推察され，図において渦度の正と負の境界が高速域もしくは低速域にあたる．

3.3 トレンチ底面付近

図-5に瞬間流速ベクトル，発散，渦度を示す．図(a)において $x \leq 6(\text{cm})$ の領域で逆流域が生じ， $x > 6(\text{cm})$ において順流となっていることから，これは図-2にも認められるとおり， $x=6(\text{cm})$ 付近で流れが再付着していることを示す．図(b)において，この断面が底面付近であることを考慮すると，発散が正の値をとる場所では流

体が上方から供給されており、負の値をとる場所では流体が上方へ放出されていると考えられる。x=6(cm)付近は正の大きな値をとっており、段落ちの影響で流体が再付着し、沈み込んでいる様子を表している。再付着点下部に現れている発散の負の大きな領域は、再付着点で落ち込んだ流れが上昇していることを示している。また、トレンチ下流端の負の大きな領域は段上がりやりの壁に沿う上昇流の影響と考えられる。

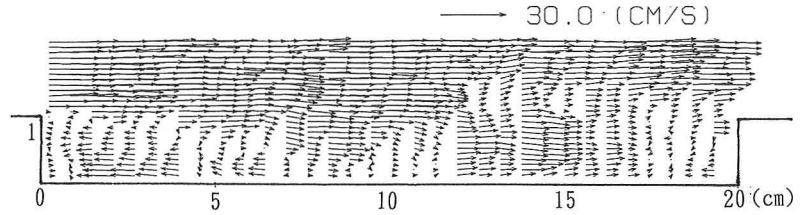


図-2 瞬間流速ベクトル（鉛直断面）

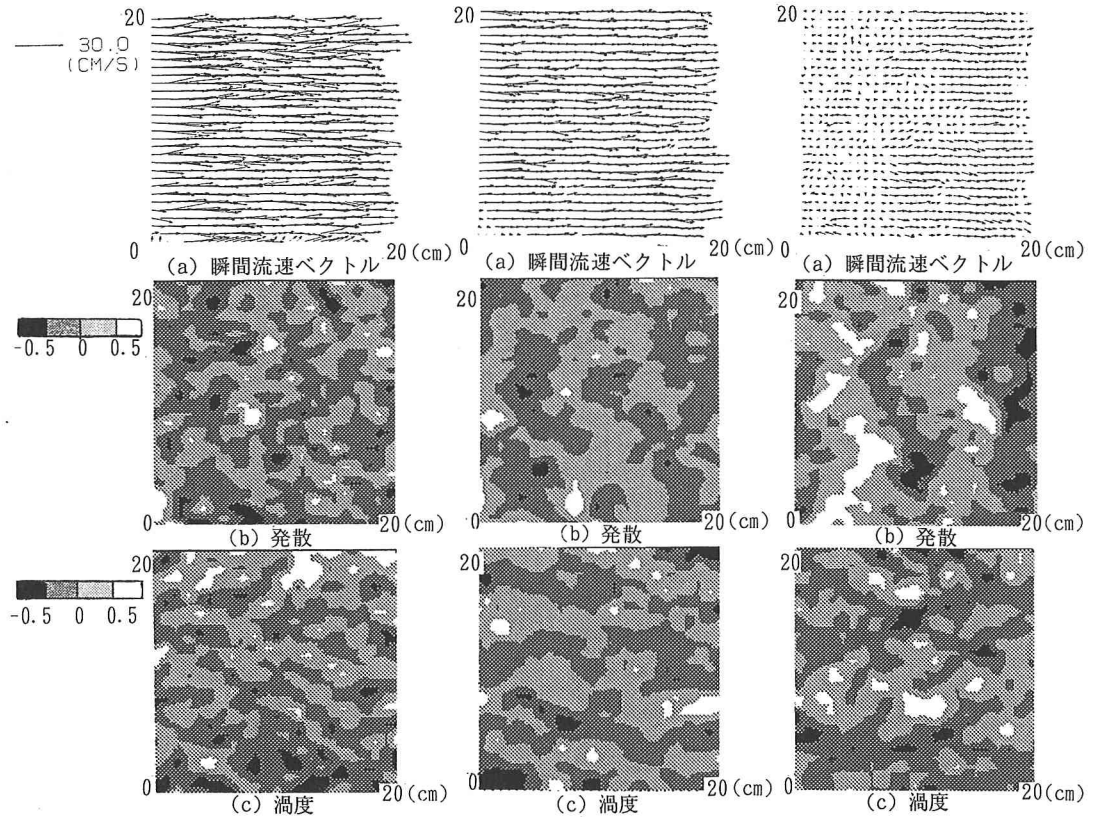


図-3 水面付近

図-4 主流と凹部の境界面

図-5 トレンチ底面付近

4. まとめ

昨年度の研究¹⁾から、トレンチが浅い場合には主流と凹部の境界面が渦の移動にともない、激しく波打つことが分かっている。この境界面の変動が水平断面からも確認され、その変動が水面付近の変動に大きく影響している。また、再付着点で流れが水路床に落ち込んでおり、この影響により再付着点下流側の水路床付近に乱れが生じ、それが湧き上がりなどを引き起こしていると考えられる。

なお、本研究の遂行にあたり、近畿大学理工学部 江藤 剛治教授、竹原 幸生助手からは高速度ビデオカメラを快く使用させて頂いた。ここに記して謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 矢野・神田・藤田・門脇：開水路凹部流れの画像解析，土木学会第48回年次学術講演会，1993.