

長方形開水路における乱流構造の長時間可視化

日本大学大学院 学生員 ○中塚 卓朗
日本大学工学部 正 員 長林 久夫
日本大学工学部 正 員 木村 喜代治

1. はじめに： 複数の境界面を有する開水路の流れは水路壁面や自由水面によって規定された三次元構造を有する複雑な乱流場となっている。特に乱れの不均衡によって生ずる二次流は主流の流速分布や、水路アスペクト比(B/H)が小さい場合の最大流速位置の自由水面からの降下などの現象と密接に関連していることが知られている。しかし、その発生周期や水路形状による配列などについては、主流流速の3パーセント程度の流速成分しか持たない二次流の計測上の困難さゆえ、いまだ不明な点が多い。本研究では長方形開水路の等流において、点計測では困難であった瞬間の流れ場の観察を、以下の可視化手法を用いて行った。また、長時間の観測により二次流の分布に関する検討を行った。

2. 実験概要： 実験は幅 10cm、長さ 15mの滑面長方形開水路を用いて行った。実験装置、水理条件、撮影条件は図-1に示すとおりである。実験は以下の2ケースで行った。

CASE 1：水素気泡法・染料注入法実験： 低速流体の乱流模様を観察するために、壁面から蛍光染料を流れを乱さないように注入し、染料が二次流によって水路中央方向へ輸送される過程を観察した。また、予め撮影断面に0.05φの白金線を張り付け0.5sec間隔で電圧を印可して水素気泡列によるタイムラインを観察し、主流方向の流速分布を求めた。

CASE 2：おがくず懸濁法実験： 瞬間の流れ場の二次元的な構造を観察するために、直径0.4~0.6mmのおがくずをトレーサとして流れに投入した。このときの流跡を速度ベクトルとして考え、各断面の主流流速、鉛直方向流速、横断方向流速、及びレイノルズ応力分布を求めた。

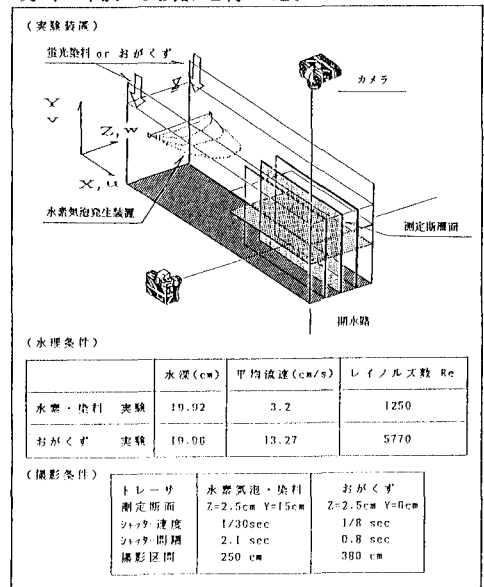


図-1 実験条件

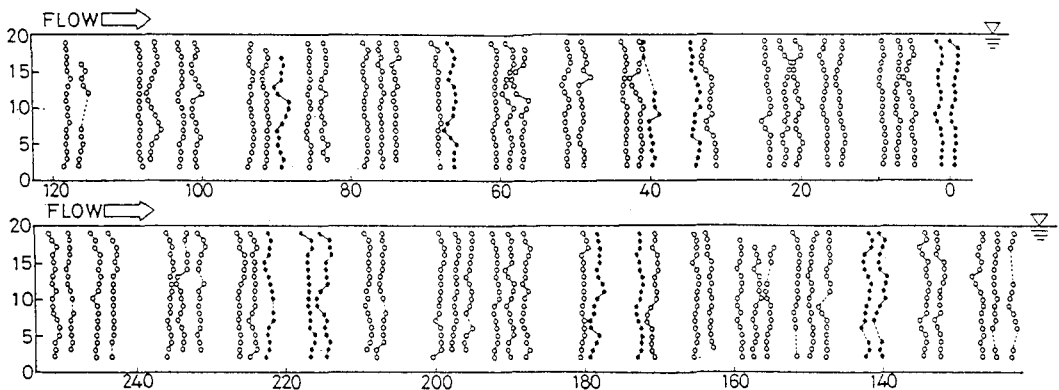


図-2 水素気泡列による縦断面主流方向流速分布図

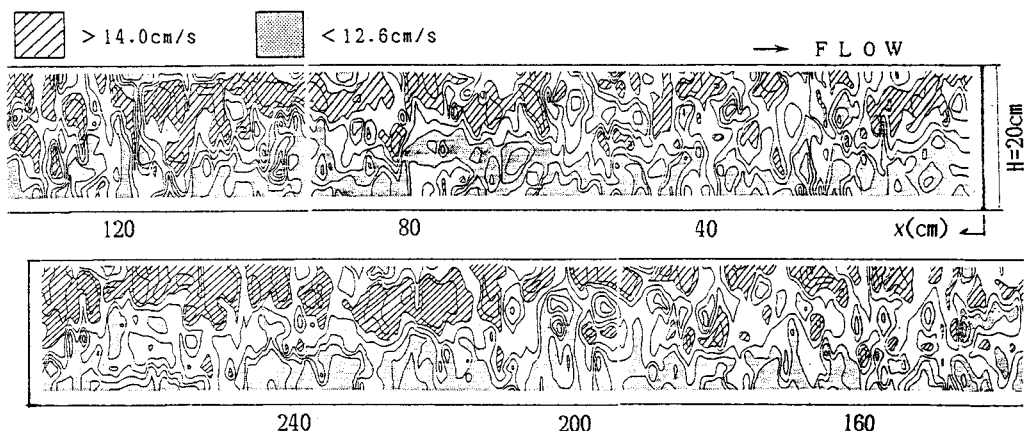


図-3 (CASE 2) 縦断面主流方向流速分布図

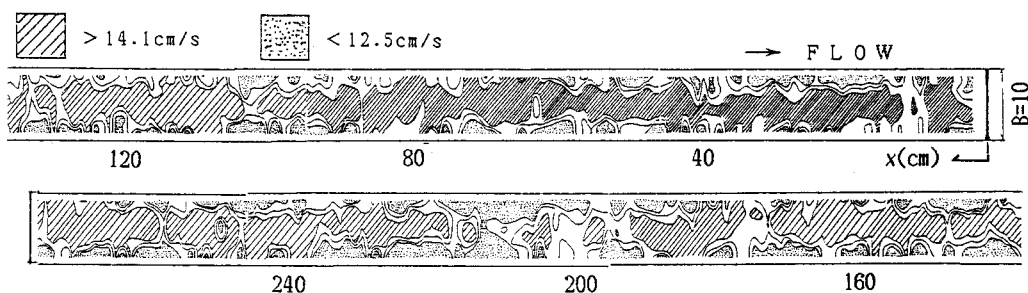


図-4 (CASE 2) 水平断面主流方向流速分布図

3. 実験結果： 図-2は CASE 1 によって得られた縦断面の主流流速分布を各水素気泡列ごとに示したものである。横軸は発生パルス毎の流速を、縦軸は底面からの距離を示す。図の黒丸で示しているのは、高速流体と低速流体のピークが交互に現れるsin 波状の分布であり、この間隔が40cm程度であることがわかる。図にみられるように低速域と高速域の存在する高さはそれぞれに異なり、低速域で $Y=6\sim 8$ cmと $Y=14\sim 16$ cm、高速域で $Y=10$ cmおよび $16\sim 18$ cm程度である。図-3は CASE 2 のおがくずの流跡の移動距離によって計算された縦断面の主流方向流速分布図であり、図-4は水平断面の主流方向流速分布図である。どちらも写真撮影によって得られたデータをつなぎ合わせて1本の連続した流れ場を求めたものであり、これらの流速を基に各点のレイノルズ応力を計算することができる。

4. おわりに： 長時間測定の実視化により、低速域、高速域の形象が得られ、また、河川などと言われる並列螺旋流のモデルを想定することにより、図-5に示すような二次流の三次元モデル¹⁾を考えることができる。これは水路幅に比べて水深の深い流れ、つまり、側壁の影響が強い断面形でのモデルである。以上のように、定性的な判断でしか取り扱われなかった可視化手法を用いて、連続した流れ構造の定量的な検討が行われた。

<参考文献> 1) 長林、他 流れの実視化Vol.7

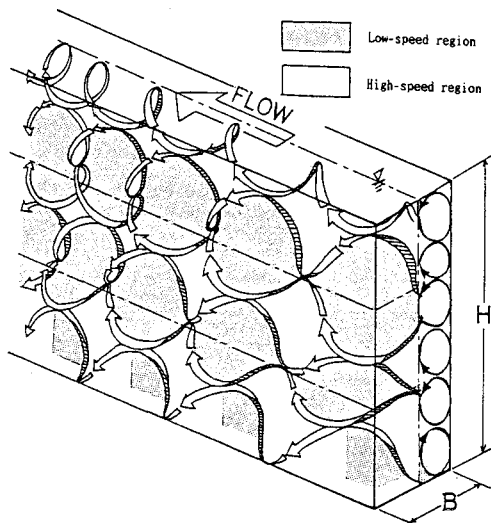


図-5 二次流の三次元モデル