

II - 21

開水路流れの大規模な組織運動の瞬間像

東北大学大学院 学生員○高島 正治
 東北大学工学部 正会員 沢本 正樹

1. はじめに

開水路乱流には様々な組織構造が存在する。本研究では水深規模で流れに影響を与える大規模な組織構造の瞬間的な現象を、可視化実験を中心に明らかにする。

2. 実験装置及び実験方法

実験に用いた水路及び実験の水理条件は前報¹⁾の報告と同一であり、ここではその詳細は略するが、断面平均流速 $U_0=27.4\text{cm/s}$ 、平均水深 $h_0=16.0\text{cm}$ 、レイノルズ数 $Re=24400$ である。開水路底面に図1で示される堰状の突起物を設置し、染料を用いた注入トレーサ法にVTRカメラを組み合わせた可視化実験を行った。トレーサの比重は約0.99である。また、組織構造の横断方向の運動スケールを考察することを目的とした可視化とLDV（レーザー・ドップラ流速計）による同時計測を行った。

3. 組織構造の瞬間像

流脈の変化から、堰より生じる大規模な組織運動には次のような段階があることがわかった。

- 1 縦渦の発生による下降流
 - 2 水路底面での横断面中央方向への流れ（縦渦の継続）
 - 3 横断面中央での非常に強い上昇流（縦渦の継続）
 - 4 後続の流体塊の飛び込み
 - 5 水面付近の高速流体との速度差による2次元渦の発生
 - 6 高速流体による流下および組織構造の水面への衝突
- 第1段階および第3段階における流脈の様子を写真1、写真2に示す。写真1は堰上端部から注入されたトレーサの様子である。矢印の示すように、流脈の一部が水路底面に向かって伸び、下降流が発生していることがわかる。写真2は水路底面からトレーサを注入した場合の可視化画面である。矢印の方向が示すとおり、第3段階における上昇流の様子を表している。また、第3段階から第6段階までのトレーサの位置変化を図2に示した。

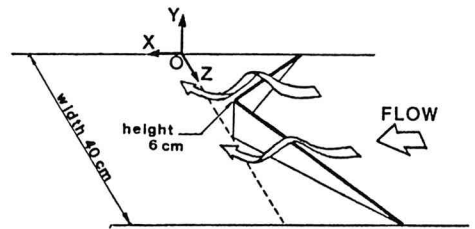


図1 堰状突起物の概略図

4. 縦渦の時空間特性

第3段階～第6段階までのトレーサの鉛直位置に関する時間変化を図3に示す。 $y=6\text{cm}$ 以上では上昇する角度が鈍り、この位置を境に組織構造の属性が変化し縦渦による強い上昇流は終了している。また、縦渦による上昇流は水路底面から発生することから、縦渦の運動スケール λ_y は

$$\lambda_y = 5\text{cm}$$

程度と推定され、堰の最大高さ $h=6.0\text{cm}$ で無次元化すると

$$\lambda_y/h = 0.83$$

と、ほぼ堰の高さで規定される運動スケールを有する。

z 軸（スパン）方向の運動スケールは、同時計測を行った流脈の変化と流速データの対応により、LDVの測定点から求める。図4は写真1の可視化とLDVによって同時計測された鉛直方向流速の時系列データであり、図5は同じく写真2に対応する時系列データである。図に矢印を記した時間がそれぞれの可視化画面の時刻に対応し、写真による流脈の変化とLDVによる流速変動は一致していることから、縦渦はこのLDVの測定点を通過しているといえる。LDVの測定点は写真1、写真2、それぞれ $(x, y, z) = (4, 4, 19\text{cm})$ 、 $(4, 4, 24\text{cm})$ であるので、この差から縦渦の横断方向に関する運動スケール λ_z は $\lambda_z = 5\text{cm}$ となり、 y 方向と同様ほぼ堰の高さで規定される運動スケールを持つと推定される。

図6は可視化結果から得られた、縦渦による下降流および上昇流の発生間隔の確率密度分布である。下

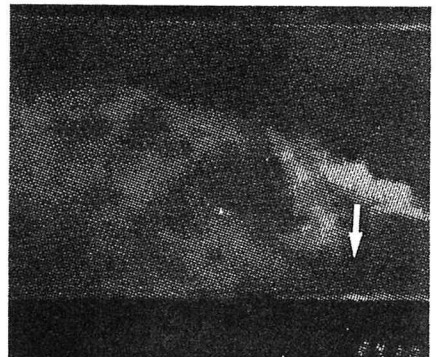


写真1 縦渦による下降流（ $t=24.10\text{s}$ ）

降流および上昇流とも発生間隔はほぼ同様な分布になり、
 重み付平均により平均発生間隔を求めるとそれぞれ0.52s、
 0.57sであった。これから、縦渦の発生周波数を $f=2\pi/\lambda$ と
 し、断面平均流速および、堰の高さによりストローハル数
 S_t を計算すると $S_t=0.43$ となり、やや高い値を示した。

5. おわりに

可視化とLDVの同時併用により堰背後に生じる組織構造の
 定性的な特性は明らかになった。今後は定量的な特性を明
 らかにすることが必要であろう。

《参考文献》1) 橋本, 高島, 沢本: 開水路乱流中のBoil
 の特性, 平成4年度土木学会東北支部技術研究発表会概要
 集, ppl34-135, 1993

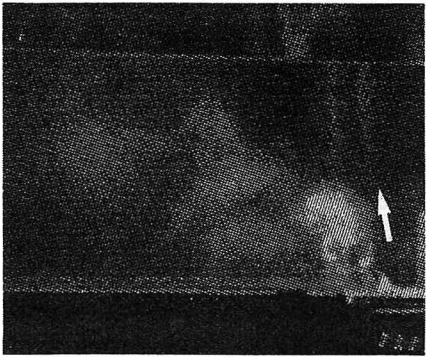


写真2 縦渦による上昇流 (t=3.10s)

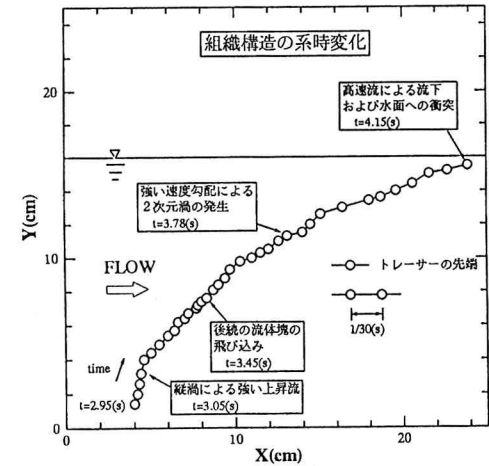


図2 組織構造の属性の変化 (段階3～6)

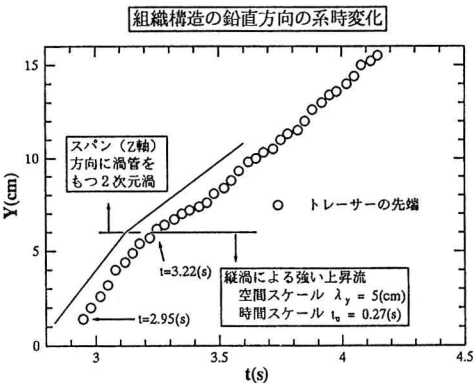


図3 組織構造の鉛直方向の系時変化

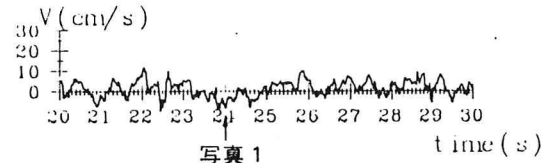


図4 LDVによる下降流の流速データ (z=24cm)

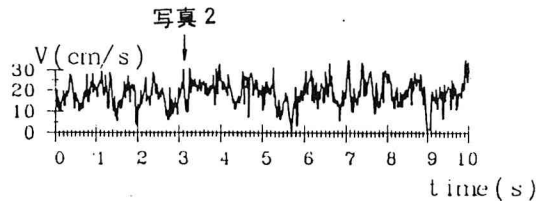


図5 LDVによる上昇流の流速データ (z=19cm)

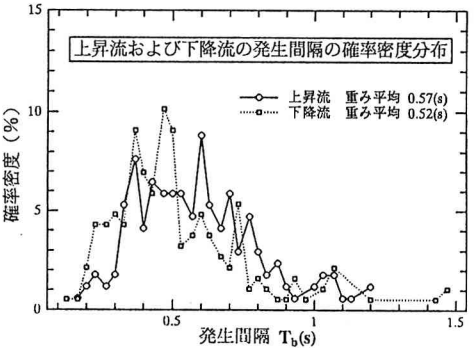


図6 上昇流および下降流の発生間隔