

LDVによる開水路流れの速度ベクトル計測について

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
 京都大学防災研究所 正員 石 垣 泰 輔
 京都大学大学院 学生員○梶 間 厚 邦

1. はじめに：開水路流れの三次元性の主要因は組織立った流体の運動と考えられ、それは従来の可視化結果より間欠的に生ずることが指摘されている。しかしながら、可視化結果より定量的評価を行なうのは非常に困難であるため、流れの三次元性を定量的に検討するための方法として、流速計による速度3成分の同時計測が有力な手段の1つと考えられる。本研究は流れの三次元的挙動を定量的に評価することを主目的とするが、その基礎的な段階として水路幅・水深比が10であり、従来の成果より水路中央での流れの二次元的取扱いが妥当だとされる条件のもとで計測を行なった結果を示す。

2. 実験装置および方法：実験は、長さ8m、幅40cm、深さ23cmの壁面ガラス製長方形断面水路で行なった。流下方向速度成分 u および鉛直方向速度成分 v には2成分レーザ・ドップラー流速計（以下LDVと略記）を、横断方向速度成分 w には1成分LDVを用いた。2台のLDVを図-1に示すように配置し、表-1の水力条件のもとに水路中央各鉛直高さにおいて500秒間計測を行い、サンプリング周波数を200Hzとして統計処理した。

また、スペクトルは繰り返し数100回としてFFT法により計算した。なお、サンプリング率はいずれの計測点においても90%以上であった。

3. 実験結果および検討：図-

2に各速度成分の平均値の鉛直分布を示すが、 $\bar{v}$ および $\bar{w}$ はほぼ0となっている。図-3はレイノルズ応力の鉛直分布を摩擦速度の2乗で無次元化して示したものである。図より、 $-\overline{uv}$ が直線分布するのに対し、 $-\overline{uw}$ および $-\overline{vw}$ はいずれの高さにおいてもほぼ0となっている。またレイノルズ応力分布から評価される壁面せん断応力は、エネルギー

表-1

H(cm)	B(cm)	L/I	Q(L/sec)	v (cm ² /sec)	U_0 (cm/sec)	Fr	Re	U_τ (cm/sec)	L/I _e
3.89	40	400	3.974	0.0107	25.54	0.42	9300	1.569	1300

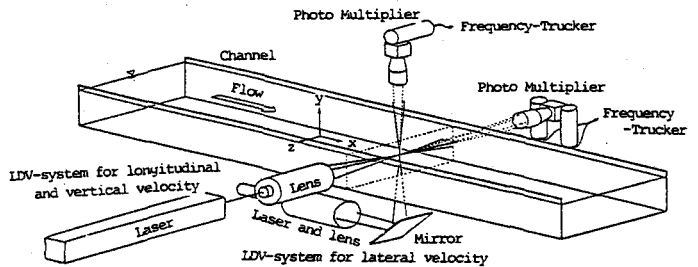


図-1

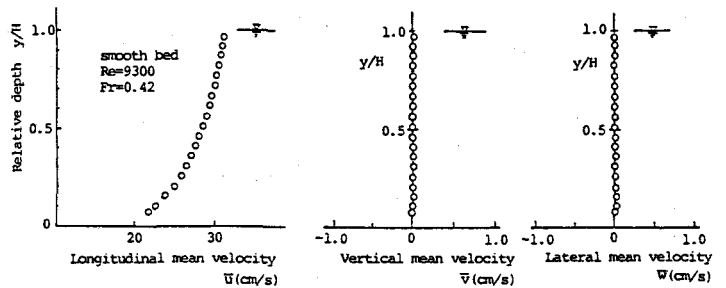


図-2

Hirotake IMAMOTO, Taisuke ISHIGAKI, Atsukuni KAJIMA

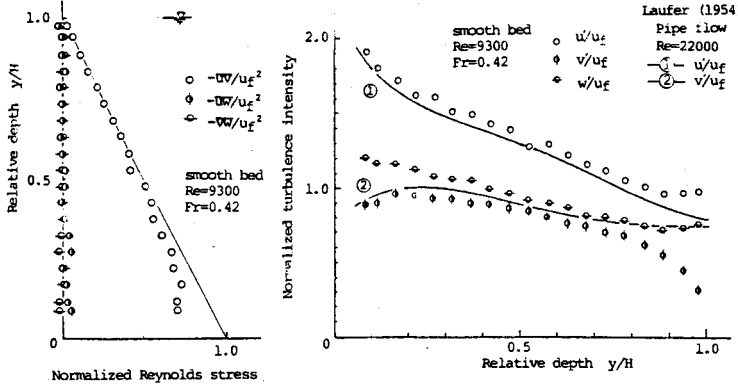


図-3

図-4

ギー勾配に基づくものとよく一致している。

次に、各方向成分の乱れ速度のr.m.s.値（乱れ強さ u' , v' , w' ）の鉛直分布を、Lauferの結果とともに併示したものが図-4である。分布形は、水面近傍を除けばLauferのものと酷似しており、各方向成分の大小関係については、従来の多くの結果同様、 $u' > w' > v'$ なる関係を示している。水面および路床近傍では配分率が変わり、壁面および自由水面の影響により鉛直方向の変動が制約されていることがわかる。

図-5は、半水深における乱れのエネルギー・スペクトル $S_{uu}(f)$, $S_{vv}(f)$, $S_{ww}(f)$ であり、従来からよく知られている分布形を示している。低周波数領域では、図-4の乱れ強さと同様な大小関係がみられ、 f には関係せず一定値となる生成領域が存在する。高周波数領域では、いずれのスペクトルにおいても $-5/3$ 乗則および -3 乗則の成立する慣性領域および粘性領域の存在が認められる。また、それぞれの相似則の成立を仮定し、等方性乱流における理論式を用いて導かれる慣性領域の $S_{vv}(f) = S_{ww}(f) = 4/3 \cdot S_{uu}(f)$ 、粘性領域の $S_{vv}(f) = S_{ww}(f) = 2 \cdot S_{uu}(f)$ という関係がほぼ満足されており、局所的等方性の概念の有効性が示されている。次に、レイノルズ応力のスペクトル $P_{uv}(f)$ およびコヒーレンシ $Coh_{uv}(f)$ を

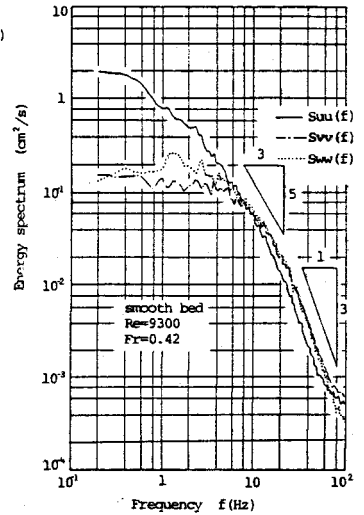


図-5

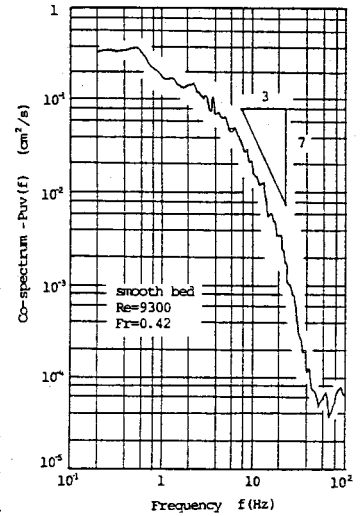


図-6

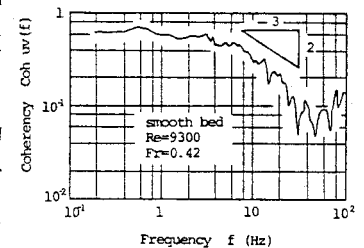


図-7

は同一の周波数領域において、それぞれ $-7/3$ 乗則および $-2/3$ 乗則が成立しているようであり、Boussinesqの渦動粘性係数の概念に基づく相似則に一致する結果となっている。粘性領域においては明瞭な結果が得られておらず、詳細な検討は今後必要である。