

京都大学大学院 学生員 梶間厚邦
 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

1. はじめに：開水路流れの三次元性については従来より主に可視化法による検討がなされ定性的な知見が多く得られているが、定量的な検討はあまりなされていないのが現状である。本研究は流れの三次元性の定量的評価を目的に、流速計による速度三成分の同時計測を行うための基礎として、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とされる水路幅／水深比が10の場合について、滑面および粗面上での流れを対象にレーザ・ドップラー流速計（以下LDVと略記）を用いて行った速度計測結果を示すものである。

2. 実験装置および方法：実験には幅40cm、長さ8m、深さ23cmの壁面ガラス製長方形断面水路を用いており、砂粒を貼り付けた粗度板を路床に設置して粗面水路とした。流下方向速度成分 u および鉛直方向速度成分 v を2成分LDVで、横断方向速度成分 w を1成分LDVで計測したが、それぞれのLDVの光学系を図-1に示すように設置している。なお、粗面の場合には w 計測用のレーザビームが粗度板により遮断されるため、粗度板に設けた幅約5mmの隙間よりビームを通した。計測は、表-1に示す水理条件のもとに、水路中央の各鉛直高さにおいて行い、サンプリング周波数200Hzにて512秒間のデータ102,400個を用いて統計処理した。

表-1 水理条件表

H (cm)	B (cm)	1/I	Q (l/sec)	v (cm ² /sec)	U_b (cm/sec)	Fr	Re	U_f (cm/sec)	1/I _e	ks (cm)	k^+
3.89	40	400	3.974	0.0107	25.54	0.42	9300	1.569	1300		
4.00	40	400	4.135	0.0106	25.84	0.41	9800	2.399	700	0.72	163.4

3. 実験結果および検討：図-2 (a), (b) はそれぞれ滑面および粗面の場合の流下方向速度成分 u の分布を示したものであり、図より対数速度分布則の適合性がうかがえる。また、計測値を用いて算定されるカルマン定数 κ および積分定数 As , Ar は、滑面での $\kappa=0.4$ および粗面の $Ar=8.1$ については管路における値 ($\kappa=0.4$, $Ar=8.5$) に近いが、 As および粗面での κ はともに管路での値より若干小さなものとなっている。なお、粗面での仮想路床面は粗度頂端より0.25ks下方としている。つぎに滑面および粗面の場合のレイノルズ応力分布を図-3 (a), (b) に示す。なお $-\overline{uv}$, $-\overline{uw}$, $-\overline{vw}$ をエネルギー勾配より求まる摩擦速度 U_f の2乗で無次元化している。いずれの場合にも $-\overline{uv}$ 以外はほぼ0であり、 $-\overline{uv}$ は水面で0、路床で U_f^2 に一致する直線分布をしている。

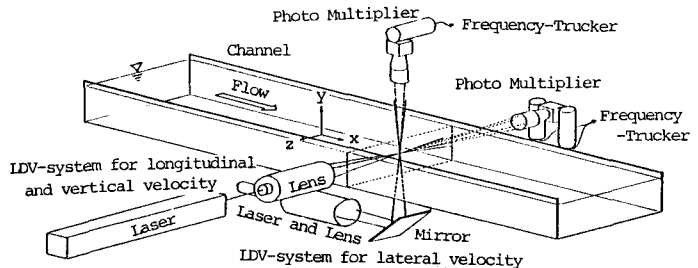
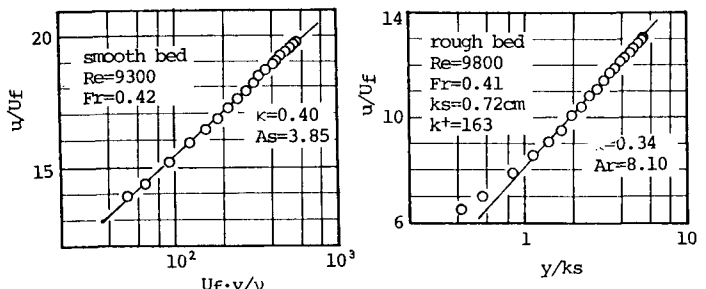


図-1 LDV システム



(a) 滑面

(b) 粗面

図-2 速度分布

つぎに瞬間レイノルズ応力の諸特性について示す。本研究では $u-v$ 4象限区分しきい値法および w を考慮した $u-v-w$ 空間8象限区分しきい値法を用いたが、後者の w の正負による差異は粗面の路床近傍をのぞいてほとんどなく、ここでは従来の前者の方法による結果を示す。図-4は、しきい値 H' を変化した場合の各事象の $-\overline{uv}$ に対する寄与率を算定した結果を示している。図より①および③事象は負の寄与率を示し、両者はほぼ同等の値で $H' = 2$ ではほとんど0となる。一方、②および④のejection事象およびsweep事象は正の寄与率となり、④に比して②が大きくなっている。また、 $H' = 1$ における⑤のhole事象の時間占有率(⑤')は80%に達しているにもかかわらず、その寄与率は20%程度に過ぎず、レイノルズ応力の発生が強い間欠性をもつことを示している。

つぎに、 $H' = 0$ のときの各事象の寄与率および時間占有率の鉛直分布を示したものが図-5および図-6である。図-5(a)より路床より半水深までの領域では②と④の寄与率が75%および55%前後となっており、 Lu らの示した②で77%、④で55%という値と一致している。一方、(b)の粗面の路床近傍では②と④の寄与率がほぼ同じ値となっているものの、礫津の指摘した大小関係の逆転は見られない。また、 y/H が大きくなるにつれて滑面の値に近づき、半水深ではほぼ同値となっている。滑面あるいは粗面のいずれの場合にも各事象の大小関係は水面近傍まで同様であり、これらの現象が水面まで及ぶと考えられる。さらに、図-6の時間占有率の分布を見ると、いずれの場合にも④事象が②事象より大きく、寄与率の大小関係を考慮すると、②のejection事象の方が大きなレイノルズ応力を発生させていると言える。

4. おわりに：以上は従来より二次元流れとしての取り扱いが妥当とされた場の計測結果を示したものであるが、今後は本方法を流れの三次元性が顕著な場での計測に適用して行く予定である。

参考文献：1) 今本ら；京大防災研年報28B-2, 1985.

2) Lu et al.; J.F.M., 1973. 3) 礫津；京大学位论文, 1977.

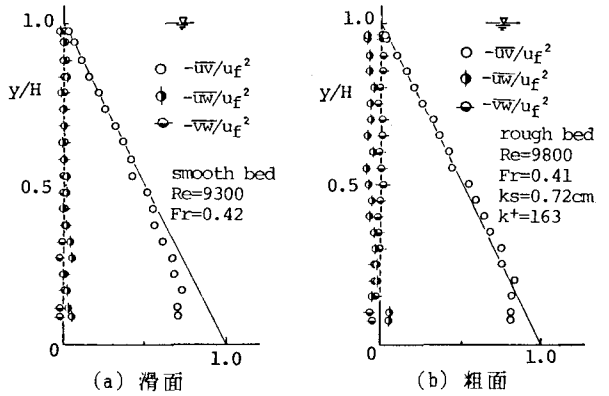


図-3 レイノルズ応力分布

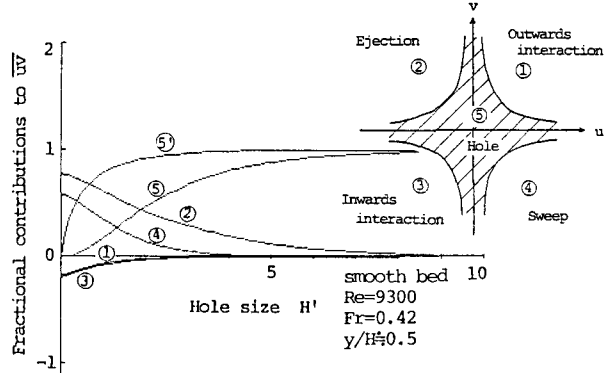


図-4 $-\overline{uv}$ に対する寄与率

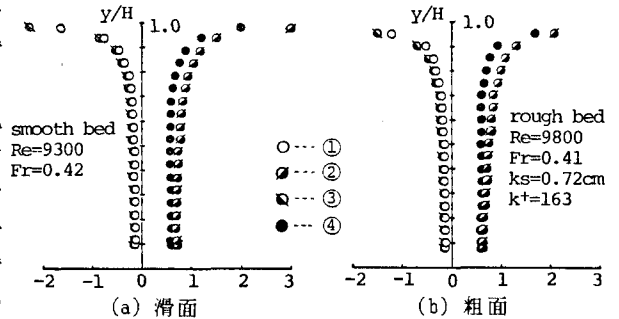


図-5 寄与率の鉛直分布

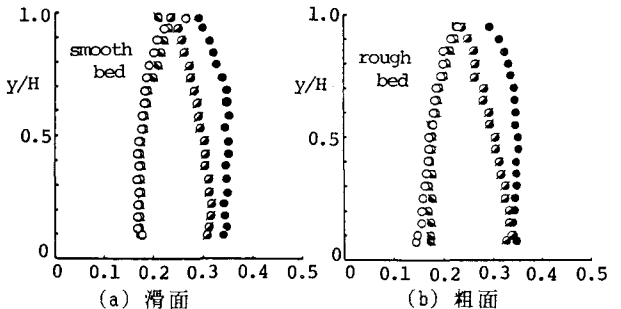


図-6 時間占有率の鉛直分布