

岐阜大学工学部 正員 河村三郎
岐阜大学工学部 正員 O久保田稔

1) はじめに 最近、熱線流速計によってさまざまな粗面形態上の乱流特性量が計測されているが、まだ十分ではなく、また報告されている結果も互いに相反するような結果であったりして、一層、流水乱流測定の問題が痛感される。そこで今回、我々は槽粗度上の乱流特性量を測定したので、その結果を報告する。

2) 実験条件 実験は長さ15.5m、幅40cmの循環式水路床に、1辺の長さ $b = 0.4$ cmの正方形の槽を、槽間隔 S と b との比 $S/b = 4$ で配置した槽粗度を1.2m設置して行った。表1は実験条件であり、また平均流速分布は相当粗度 k_s を使用して図1に示してある。足立の研究によると $S/b = 4$ の場合には完全干渉流と考えられ、壁面領域は比較的一様であり、均一砂槽粗度による流れと類似した流れが発生していると考えられる。なお水深は槽頂から測っている。乱流データは、データレコーダーに記録した後、サンプリング間隔 $\Delta t = 0.06984$ 秒、データ数2500個で紙テープに出力させた後に統計処理を行っている。

表 1

RUN	6	7
DEPTH (cm), D	6.10	4.21
MEAN VELOCITY (cm/sec), $\bar{u}$	21.32	23.68
HYDRAULIC RADIUS, R	4.67	3.48
FRICTION VELOCITY, u_*	1.80	1.93
REYNOLDS NUM., $Re = \bar{u}R/\nu$	36200	27900
FROUDE NUM., Fr	0.28	0.37

3) 実験結果 図2は測定したそれぞれの位置での平均出力電圧 $\bar{u}$ を相対水深 y/D で表わしたものである。この図より、出力電圧は相対水深 $y/D = 0.6 \sim 0.7$ 、および0.3前後の所で急に大きくなっている様であり、これらの関係を1本の校正曲線で表わすのは適当ではないように思われる。一様せん断流によって発生する層流境界層の問題を研究したTing¹⁾と同様な解析方法によって、Emery-Brettman²⁾は一様せん断流によって発達する層流境界層では、熱伝達が一様流の場合に比べて増加すると報告している。heat-film プロセス上に発生する境界層は一般に層流境界層であると考えられるために、自由水面から離れるに従って、速度勾配が増加し、Emery-Brettmanによって報告されているような効果が生じるものと考えられる。しかし、出力電圧が変化するのは、単にせん断が増加するためのみではなく、種々の影響があるものと考えられる。

間欠係数 γ は多数の研究者によって、熱線流速計からの出力信号により間欠係数計を使用して求められているが、まだ定量的に調べる方法は確立されていない。SandbornはBatchelorの提案にしたがい、flatness factorを用いて間欠係数 γ を求めている。今回われわれは、間欠係数 γ そのものではないが、流れの間欠性を表わす測度として以下のようにして γ を計算した³⁾。乱流域での流速を u_1 、非乱流域での流速を u_2 として、ある水深での流速 $\bar{u}$ を $\bar{u} = \gamma u_1 + (1-\gamma)u_2$ (1)と表わす。これはまだ難く表示であり、自由水面での条件が無視されているが、水表面流速を U_s として、

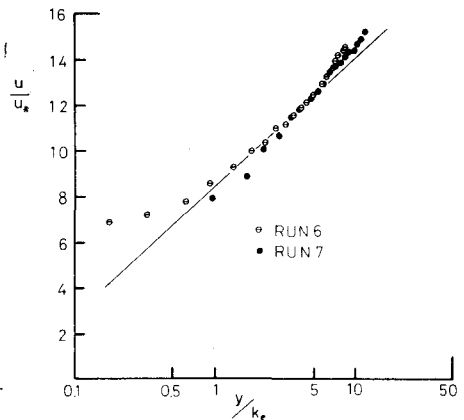


図 1

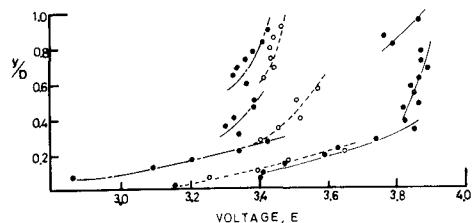


図 2

$$\bar{u}_0/u \equiv \frac{1}{k} \ln \frac{y}{y_0} + 8.5,$$

$$\bar{u}_0/u \equiv u_0/u \quad (2)$$

$$\text{として式(1)に代入すると、} \quad \gamma = \frac{\bar{u} - u_0}{u_0 \left(\frac{1}{k} \ln \frac{y}{y_0} + 8.5 - \frac{u_0}{u} \right)} \quad (3)$$

この式から γ を求めた。図3は γ が1になる相対水深と、フルード数 Fr との関係を示したものであり、 Fr 数が増加すると $\gamma=1$ の相対水深が減少することが判る。

この γ の近似式は、式(4)のように表示した。

$$\gamma = \frac{1}{2} \left[1 - \sin \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{2}{1.58 Fr} \left(\frac{y}{D} - 1 \right) + 1 \right\} \right] \quad (4)$$

Fr 数をパラメータとして図4に示す。RUN 4, 6, 7 で自由水面付近の出力電圧が変化する位置に対する γ の値は約0.7ぐらいの値である。

したがって、開水路乳流測定では自由水面の影響が熱線流速計の出力電圧に表われ、この影響は Fr 数が増えるほど深い位置までおよぶようである。

一方、相対水深 $y/D \approx 0.3$ ぐらいの所でやはり出力電圧が大きく変化しているが、これは粗面乳流特有のものであるか、または枝相度特有のものであるか判断しれない。RUN 4, 6, 7 の相当粗度はそれぞれ、0.594mm, 0.653mm, 0.226mmであり、RUN 7の相当粗度が少々小さいが、枝相度上に発生している比較的一様な壁面領域の影響によって、出力電圧に変化が起きているものと思われる。したがって、今回おられる実験におけるデータ処理では、それぞれの校正曲線を使用して乳流特性量を求めた。

図5は乳流強度 u を流速 u_0 で無次元化して、相対水深で表示したものである。図中中には他の測定結果も記入してあるが、Richardson-McQuiveyのデータは側壁の効果を補正して記入してある。この図より、RUN 7のデータが少し大きな値を示していることが判る。

図6は渦のマクロスケールを自己相関係数より求めた図である。この図より、渦のマクロスケールは水路中央部で水深の2倍程度の大きさを持っていることが判る。

4) おわりに これらの結果は実験回数も少なく、また出力電圧が水面近傍で変化するようであるが、はたして、滑面の場合にも同様の変化が生ずるであろうか、または単に枝相度特有の現象であるのかについて、今後は滑面における実験例を増やす予定である。

5) 参考文献

(1) Lu Tmg "Boundary layer over a flat plate in presence of shear flow" the physics of fluids, VOL. 3, 1960, PP. 78 ~ 81.

(2) A. F. Emery and K. F. Brettmann "Temperature distributions in laminar flat plate shear flow" Trans. ASME., 1968, PP. 32 ~ 36.

(3) 森田聖明他3名, "乳流境界層におよぶ主流速度こう配の影響" 日本機械学会, 第2部VOL. 40, NO. 329, 549, PP. 191 ~ 198.

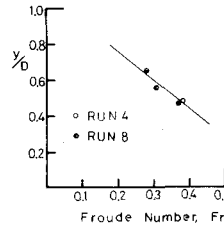


図 3

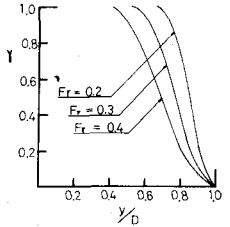


図 4

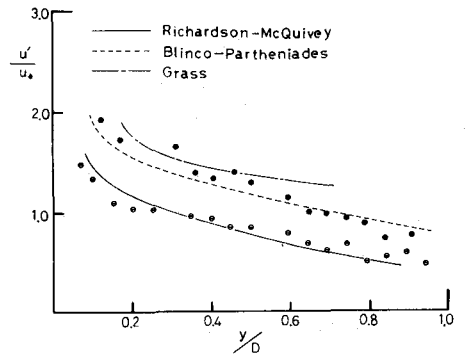


図 5

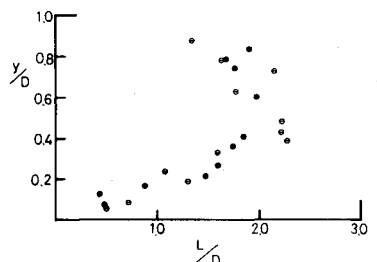


図 6