

開水路流れにおける流速変動パターン

○山口大学工学部 河元 信幸 エイトコンサルタント 岡根三千夫
山口大学大学院 倉本 和正 山口大学工学部 斎藤 隆

1. まえがき 前年度、粘性底層内の主流方向の瞬間流速を平均流速と流速変動の強さを閾値にして流速の時間平面を4分割し、低流速域・高流速域それぞれの幅ならびに中心間隔について調べた結果、低流速域と定義した領域の幅ならびに中心間隔が可視化実験で調べられている低速縞 (Low Speed Streaks) のそれらとほぼ一致していて、低流速域がほぼ低速縞に対応することを明らかにした。本研究は、床面からの高さを変えて測定した流速の時間平面を、前年度と同様に4分

割して、低・高流速域の出現パターン、それらの幅ならびに中心間隔の水深方向の変化を調べたものである。
2. 実験装置と実験方法 実験水路は幅60cm、深さ30cm、長さ10mの亚克力樹脂製の可変勾配水路である。実験条件は、水路勾配1/1000、断面平均流速4.74cm/sec、摩擦速度0.30cm/secである。流速測定は側壁から横断方向に45cmの区間で、水素気泡法 (10 μ タングステン線) で行った。流速読取りは横断方向に2mm間隔、時間間隔を0.1秒で行った。

3. 実験結果とその検討 図-1は側壁からの横断方向の距離をパラメーターにして平均流速の鉛直方向分布を描点したものである。描点の縦軸方向の散乱はその高さにおける平均流速の横断方向の変化である。その高さにおける全平均流速値を示す●描点はほぼ対数分布則に一致している。

図-2は主流方向流速の横断方向分布の時間変化を図示したものである。図において、低・高流速域の幅は y^+ によってあまり大きく違ってないが、両流速域が配列されている数は y^+ が大きいくほど少なくなっている。前年度示した粘性底層内の $y^+ = 3.5$ の場合はストリークが長く持続していたが、バッファ層内での低・高流速域の配列は乱雑化されていて、対数則領域では両流速域とも分岐・結合しながら持続性が長くなっている。

図-3は低・高流速域の幅と中心間隔の頻度分布を示したものである。両流速域幅の頻度分布における最頻値をみると、粘性底層内である $y^+ = 3.5$ では $B^+ = 10 \sim 20$ であるが、 $y^+ > 25$ では最頻値は $B^+ = 20 \sim 30$ となっており、 $B^+ = 40 \sim 60$ での度数が粘性底層内のそれよりも高くなっている。

低流速域の中心間隔をみると、粘性底層内では、ごく小さい間隔のものを除くと、最頻値が $Z^+ = 90 \sim 100$ で、度数分布の範囲が $Z^+ < 250$ と狭い範囲であって、前年度示した流速の時空間分布からも明らかなように、粘性底層内では縞構造と言われる規則性の高い構造が卓越していることが判る。バッファ層内で

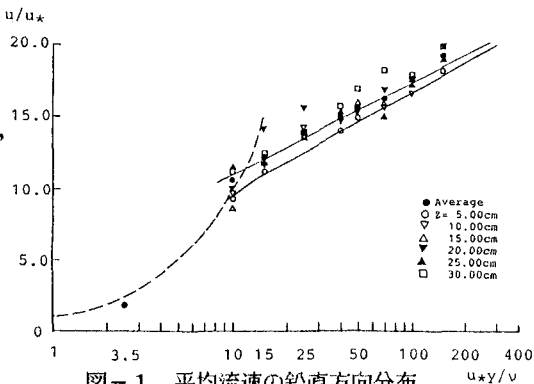


図-1 平均流速の鉛直方向分布

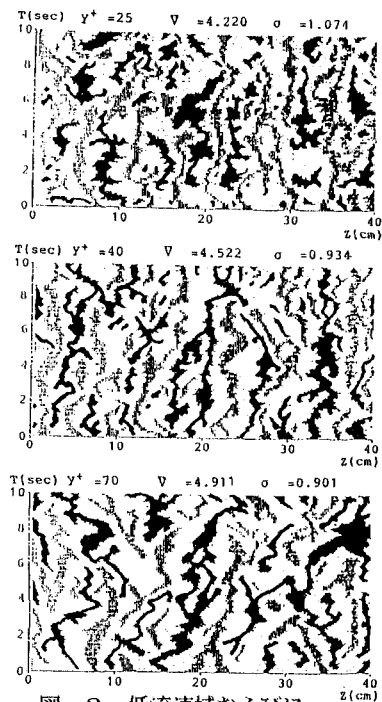


図-2 低流速域ならびに高流速域の出現状態

ある $y^+ = 25$ では $Z^+ = 150 \sim 250$ の出現度数が相対的に多くなり、バッファ層外縁である $y^+ = 40$ では $Z^+ = 50 \sim 200$ でほぼ一様な度数を示す頻度分布となっていて、低・高流速域の幅についての頻度分布ならびに図-2の流速の時空間分布から両流速域が乱雑化されていることと対応している。さらに壁面から離れた対数則領域である $y^+ = 70$ では、 $Z^+ = 80 \sim 90$ と、その3倍の間隔である $Z^+ = 250 \sim 260$ で高度数を示す双山の頻度分布となっていて、粘性底層・バッファ層とは明らかに違った流れ場となっていることが判る。

図-4は変動流速の頻度分布を水深毎に図示したものである。左側の頻度分布には正規分布曲線を図示しているが、実測の頻度分布は正規分布から微妙にずれていることから、実測の頻度分布値から正規分布値を差し引いて図示したものが右側の図である。粘性底層内である $y^+ = 3.5$ の頻度分布は正規分布と負の側に尖った分布を右の側に平たい分布をもつ双山分布との和とみることができる。後者の分布は、Re 応力での相関関係ならびに水平成分を無視した連続の条件とから、狭い速度範囲をもつ上昇流と広い速度範囲をもつ下降流とが組合された結果とみることができる。このことから、縞構造の存在によって誘起される上昇流の速度範囲は狭く、下降流の流速範囲が広いことが推測される。きわめて大胆な仮定による上述の観点から、床面から各高さにおける頻度分布の正規分布からの差の頻度分布をみると、バッファ層内では粘性底層と逆の分布となっており、対数則領域では粘性底層内のそれと類似の分布になり、水面近くでは再び逆の分布となっているが、各層への変化は連続的に変化していて、各層における固有の構造が存在し、連続的に構造が変化しているものと考えることができる。

4. むすび 主流方向流速の時空間分布の特性について調べた結果、粘性底層は単一の構造（縞構造）が卓越した流れ場であるが、対数則領域は分岐・結合によって構造が多重化した流れ場で、水面近くでは構造が単一化されている傾向であることを明らかにした。

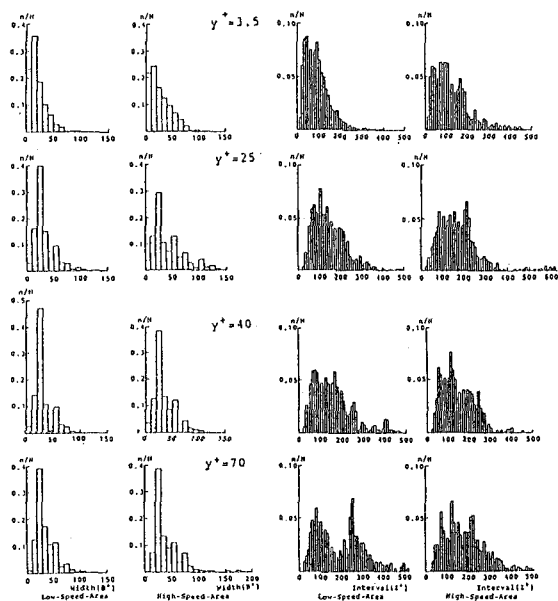


図-3 低流速域ならびに高流速域の幅と中心間隔の生起密度分布

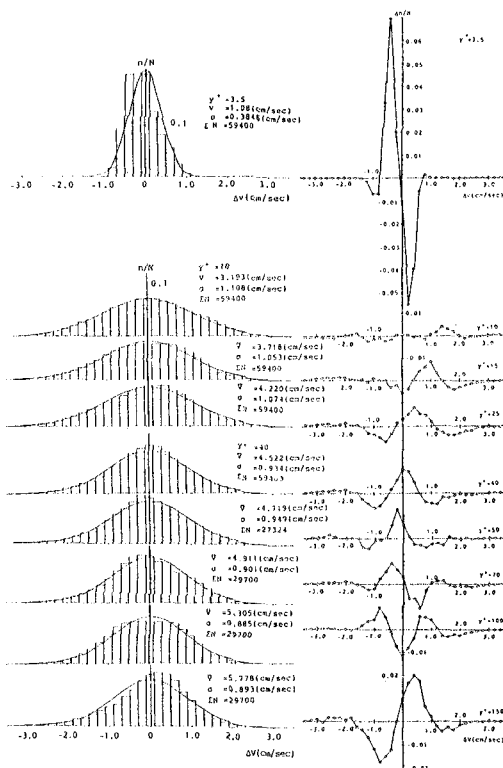


図-4 変動流速の生起密度分布と正規分布との差の密度分布