

1. はじめに 連続断層撮影法¹⁾によって、一樣開水路流れの水平断層面内の流況を約2.5秒という短時間のうちに水路床面から水面まで1mm間隔で40枚の写真によって可視化した。その結果を計算機処理することにより、水路床近傍の乱流構造の空間相関特性を検討した。

2. 実験方法 実験方法は既報¹⁾のものと類似しているが、水路床から水面まで写真撮影を行う間の乱流構造の変化が小さくなるように改良がなされている。幅40cmの実験水路に1.05ℓ/sの流量を与え、水深を4.05cmとした。このときの水路床勾配は1/4000、水面勾配は1/8000、水温は11.5℃、摩擦速度は0.70 cm/s、レイノルズ数は2600であった。照明用のスリット光線の幅3.2mmとし、1.6 cm/sの上昇速度で移動させた。4台のカメラを交互に作動させて1/16秒毎に流況が撮影されるようにした。カメラのシャッターの開放時間は1/16秒であった。トレーサースとしては、粒径0.3~0.5 mmのポリスチレン粒子を用いた。

3. 実験結果 図-1に、水路床からの高さ z が4mmの断面の流下方向流速成分 u の分布を示した。ただし、本図では得られた u からその断面内の平均値を差引いた値を示している。ここで、 x は流下方向に、 y は横断方向にとられており、 $y=0$ cmが水路側面、 $y=20$ cmが水路中心線に一致する。本図においては、流速の大きい領域と小さい領域とは流下方向に長く続いており、しかもそれらは横断方向に交互に配置されている。そこで u を各 y ごとに流下方向に平均してその横断方向分布を描くと図-2のようになる。図では、 z が1, 2, 3, 4, 5, 7, 31および39mmの断面の結果が示されている。図から、水路床近傍においてはそれぞれの高さの断面における高速部分と低速部分とは横断方向に周期的に現われており、高さの異なる断面間でのそれらの対応関係が極めてよいことがわかる。このことから、大きなスケールの構造は水深方向によい相関をもっていることが予測される。

図-3は、高さの異なる二断面間で、それぞれの同じ y の値の線上の u の分布の間の相互相関係数 R_u を求め、 x 方向のずらし距離 z と y の平面内にその分布状況を等値線で表示したものである。図では、 $R_u=0$ を太い実線で示し、 $R_u \geq 0.4$ の部分に斜線を施した。等値線の間隔は0.2である。検討の範囲は $z=1 \sim 7$ mmの水路床近傍であり、 $R_{u_{x/y}}$ の値では5.6~39.3となる。計算においては各断面の撮影時刻の差を考慮して、凍結乱流の仮定を用いて、各断面の解析範囲を $z=1$ mmの断面の撮影時刻に対応する位置までそこでの平均流速でもどしたときに、各断面の解析範囲が上下に重なるようにされている。 R_u の計算は下層断面を基準としており、 R_u のピークのずれの値は上層断面の位相がその距離だけ下流側へずれていることを示す。以下の説明では、 $z=1, 2, \dots$ mmの断面

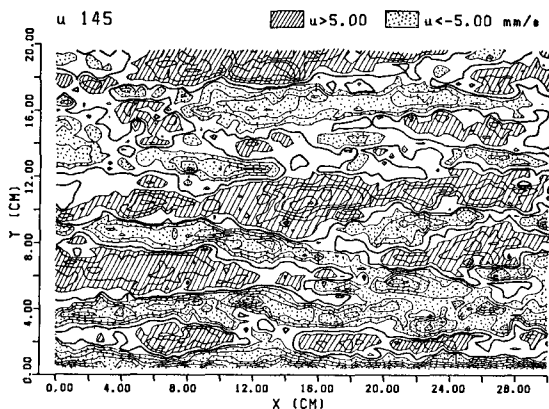


図-1 流下方向流速成分の分布 ($z=4$ mm)

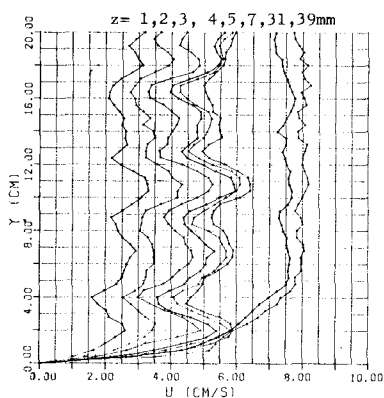


図-2 平均流速の横断方向分布

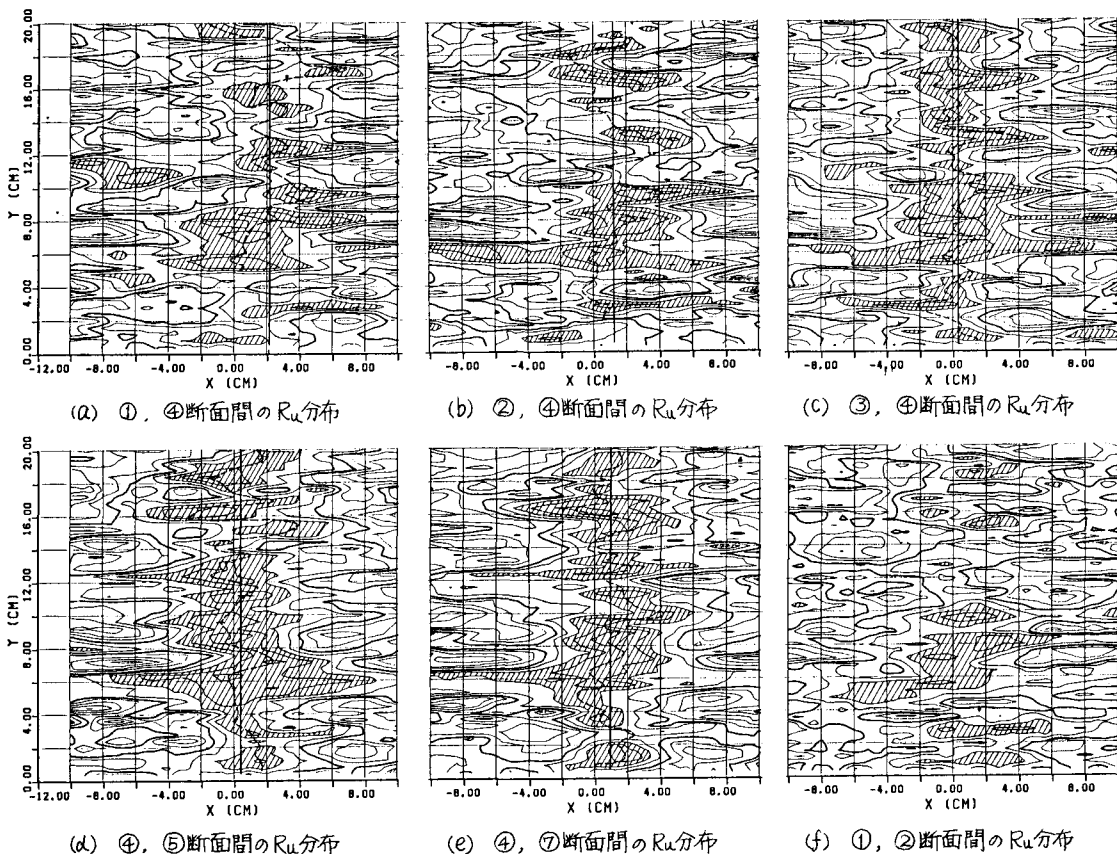


図-3 相互相関係数の二次元表示

をそれぞれ①, ②, ...断面と呼ぶこととする。

図-3では、④断面を中心に相関関係が検討されているが、 R_u がピークとなる位置の z の値はかなり変化していることがわかる。これは、わずかに1~3mm離れた各断面間でも流れの位相関係はかなり複雑になっていることを意味している。そこで、

各図の R_u の分布の尾根線的位置を破線で連ね、これより平均的な位相のずれを求め、それを実線で示した。これを用いて、位相のずれの (x, z) 平面での関係を④断面を基準にして図-4に示した。図で、黒丸は②, ③断面間および⑤, ⑦断面間の計算結果による。それらの平均的な分布を破線で示すが、水路床面から離れるにつれてその傾きが增大していることが注目される。なお、 $z=4\text{mm}$ での傾きは約15度である。

R_u の値について検討すると、上方ほど二断面間の R_u が大きいことが、(a)あるいは(b)図と(c)図との比較、さらに(f), (c)および(d)図の比較からわかる。一方、二断面間の距離との関係では、それが1~3mm程度のこの場合には、距離が大きくなると R_u が小さくなるとは言えない。とくに、(a)図と(f)図とを比較すると、二断面間の距離の小さい(f)図の方が R_u が小さくなっていることが注目される。さらに(b)図から、②, ④断面間の R_u も(f)図の R_u よりも大きいことがわかる。これについては、①~②断面近傍では比較的小スケールの構造が存在し、それらは①, ②断面間では大きな相関を持たないが、一方、④断面で支配的な比較的大きな構造が、同時に①断面および②断面の流れの構造やその配置にも影響を与えるために、上記のような相関関係を示すものと推察される。

参考文献 宇民, 上野, 辻野, 石塚: 第27回水理講演会論文集, 1983, pp. 573-578.

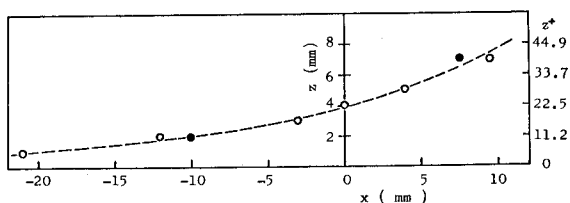


図-4 各断面間の位相のずれ