

1. はじめに 連続断面撮影法により一様開水路流れの水平断面内の流況をつぎつぎと可視化した。各写真から得られる速度場の相関解析から、縦直線上凍結乱流の仮定が提案された。この仮定に立って鉛直方向流速成分 w の分布が計算され、さらに瞬間レイノルズ応力 $-uw$ ならびに $-u$ と w との相互関連性が数量的に検討された。これらの結果に基づいて bursting 現象について検討が加えられた。

2. 実験方法と実験条件 流れの一つの水平断面を照明してその断面内の流況をトレーサー法により撮影し、次の瞬間には照明される断面を鉛直方向に平行移動させて次の撮影を行なう、という様にして次々と連続して撮影を行なった。ここでは、水路床から $78 \sim 10.8 \text{ mm}$ の間の 3 mm の厚さの断面と、その下層の $2.5 \sim 5.5 \text{ mm}$ の間の断面とを交互にかつ連続的に撮影した結果について報告する。なお、実験方法と実験条件は前報¹⁾と同じで No. 233, 235, 237 の各写真は上層の断面のものであり、No. 232, 234, 236 の各写真は下層のものである。

3. 2次元相互相関係数 得られた流速分布のうち、一例として No. 237 断面の流下方向流速成分 u の分布を図1に示す。ただし本図では、えられた u からその断面内平均値を差引いた値を示している。これらの各流速分布のうちから No. 235 と No. 237 断面のものをとり出し、それぞれの同じ $y = y$ の線上の u の分布の間の相互相関係数 R_u を求めた。これはずらし距離 x と位置 y の関数となるからその2次元平面内の分布状況が等高線により図2のように求められる。図2から、これらの2断面間の u の相関がかなりよいことがわかる。

4. 乱れの初流速 上図において、 R_u の分布の尾根線の位置を破線で示してあるが、これは2断面の間での平均的な位相のずれの横断方向分布を表わしている。撮影断面の実質的な空間的なずれを考慮に入ると、結局 235-237 の間の位相のずれの横断方向分布は図3(a)の破線のように示される。同様に 233-235 の間のそれは図3(b)のようになる。一方これらの図において、実線はこれら各断面における流下方向流速成分を流下方向に平均したものの横断分布である。この実線と破線とはかなりよく一致しており、乱れの初流速は近似的には平均流下方向流速に等しいといえよう。

5. 縦直線上凍結乱流の仮定と鉛直方向流速成分の計算 著者らは、以前に、水平断面内で乱流構造が凍結されていると仮定して連続水平断面写真から鉛直方向流速成分が計算できることを提案した。²⁾ ところで先述の初流速に関する結論から、各水平断面内の各流下方向截線(これを縦直線と表現する)上で乱流構造が凍結されていると近似的に仮定することができよう。それにより水平断面内凍結乱流の仮定は若干改善される。この仮定により連続の条件から鉛直方向流速成分 w を No. 237 断面について求めると図4がえられる。

6. 瞬間レイノルズ応力 以上にえた u 分布と w 分布から、瞬間レイノルズ応力 $-uw$ の分布を計算し図化したものが図5である。本図と u 分布とを比較すると、 u が小さな帯状領域いわゆる低速帯領域で $-uw$ は大きな値をとっていることがわかる。

7. Bursting 現象 図1の u の分布と図4の w の分布とを比較してみると、明らかに $u < 0$ の所で w が正となっており、逆に $u > 0$ の所で w が負となっていることがわかる。このような u と w の間の相互関連性を図式的に表現するために、次のような関数 T を定義した。すなわち、 $-u$ と w をそれぞれの平均値と標準偏差で規準化し、 $-u > 0$ かつ $w > 0$ のときは $T \equiv \min(-u, w)$ とし、 $-u \leq 0$ かつ $w \leq 0$ のときは $T \equiv \max(-u, w)$ 、また $-uw < 0$ のときは $T \equiv 0$ で定義した。図6は T の分布を 0.25 ピッチの等高線で表現したものである。定義から明らかなように T の 0 の等高線は $+0$ と -0 の2種あり、それに囲まれた面積が小さいことは $-u$ と w との相互関連性がよいことを示している。さらに、図で、 $T > 0$ の領域は $-u > 0, w > 0$ であるから、その中でもとくに T の値の大きなところは ejection を意味しており、一方、 $T < 0$ の領域は sweep を示している。ejection は跳石状に分布しており、興味深い。

参考文献

- 1) 宇民正, 上野鉄男: 第28回水理講演会論文集, 1984, pp. 207-212.
- 2) 宇民正, 上野鉄男, 辻野文隆, 石塚雅美: 第27回水理講演会論文集, 1983, pp. 573-578.

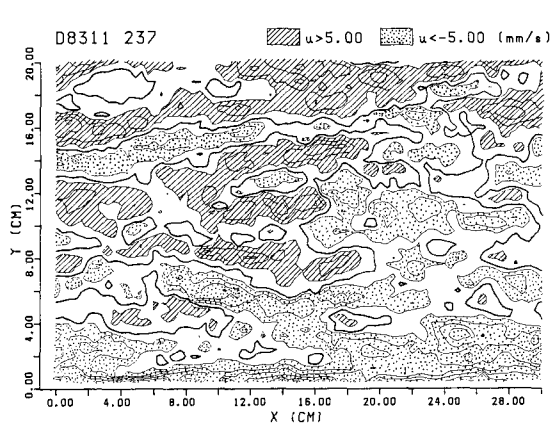


図1 No.237断面の流下方向流速成分 u の分布
(平均流速で移動する系から見た場合のもの)

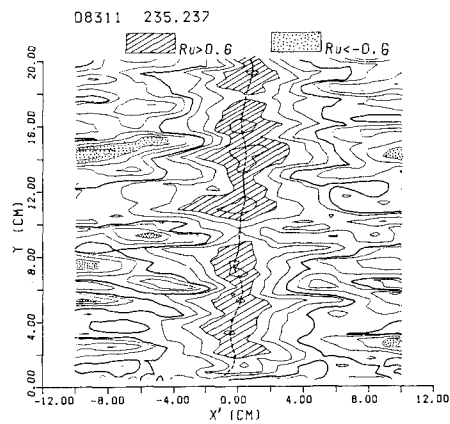
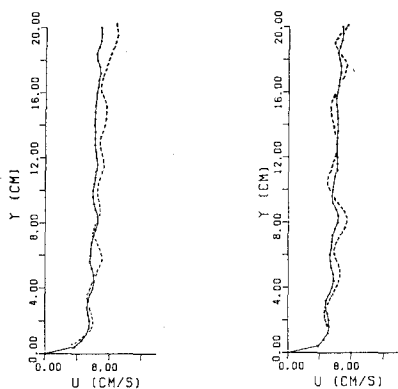


図2 No.235断面とNo.237断面間の u の相互
相関係数 R_u の分布



(a) No.237断面 (b) No.235断面

図3 No.237断面およびNo.235断面の平均
流速 U の分布 (破線は各2断面間の
位相のずれの分布を表わす)

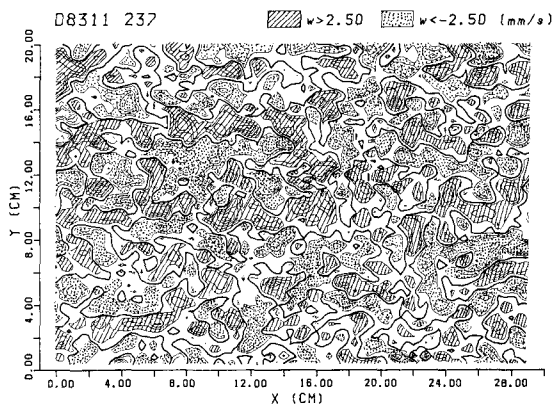


図4 No.237断面の鉛直方向流速成分 w の分布

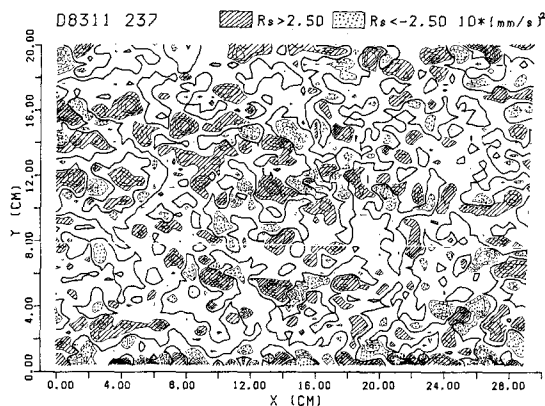


図5 No.237断面の瞬間レイノルズ応力 ($R_s = -uw$)
の分布

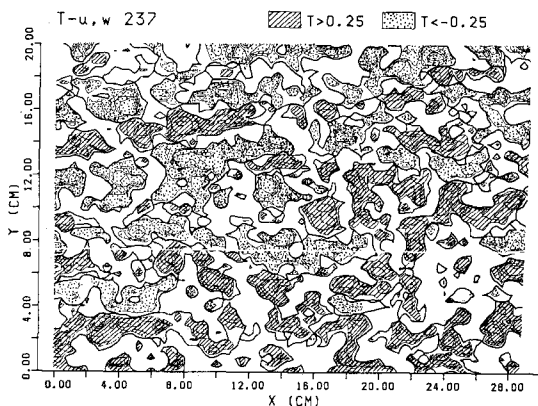


図6 $-u$ と w との相互関連性 ($T > 0$ は
ejection, $T < 0$ は sweep を示す)