

1. はじめに 流れの場の水平断面をトレーサー法により連続的に撮影した。えられた各写真の間で、局所的な流れのパターンを相互比較することにより、ある時点のある地点における局所的な流れのパターンが次の写真(次の時点)のどの地点の局所的な流れのパターンに最も似ているかを見出し、それら局所的な流れパターンの相似性を数値化して図示した。このような方法により、乱流構造の時空間的なつながりと移動機構について若干のことが明らかにされた。なお、実験方法・実験条件は別報¹⁾と同一で、流れの上層水平断面(水路床から9.3mm)と下層側断面(水路床から40mm)とが0.2秒間隔で交互に連続して撮影されている。

2. 局所相関係数 各写真に写しこまれたトレーサーの軌跡の座標を数値化して計算機に入力し、それを更に内挿法を用いて4mm方眼の格子点上の流速ベクトルに置きかえた。^{2),3)}一例として写真番号237(上層断面)の流速ベクトル分布を図-1に示す。ただしこのベクトル分布は、各ベクトルから断面内の平均流方向流速を差引いたものの分布である。このような一つの断面ベクトル場(I)のある点(x_1, y_1)と別の断面ベクトル場(II)のある点(x_2, y_2)の間の流況に関する局所相関係数を次のように定義した。すなわち、図-2に示すように、点(x_1, y_1)を中心として断面ベクトル場(I)内でx軸方向に4mm間隔で13点、y軸方向に5点、都合65点の格子点をとり、それら各点における流速のx方向成分を $u_1(1)$ から $u_1(65)$ まで番号つけた。同様に他方の断面ベクトル場(II)についても点(x_2, y_2)を中心として65点をとられ、それに対応する番号づけられた u_2 の値 $u_2(1) \sim u_2(65)$ がえられる。点(x_1, y_1)と点(x_2, y_2)の間の局所相関係数は、 $u_1(1) \sim u_1(65)$ と $u_2(1) \sim u_2(65)$ の間の相互相関係数でえられるとした。ここでx軸方向13点、y軸方向5点の格子点をとったのは、それら65の格子点がおおむね断面ベクトル場の全領域(5.2cm × 2.2cm)が流れ場の基本的なスケール(渦のスケール、低速帯の間隔など)とほぼ同程度になるようにした結果である。

3. 局所相関ベクトル 断面ベクトル場(I)の4mm方眼の各格子点に対して、断面ベクトル場(II)の中から局所相関係数が最も大きな点(x_2, y_2)を選び出し、 $(x_2 - x_1)/\Delta T$ 、 $(y_2 - y_1)/\Delta T$ を成分とするベクトルを点(x_1, y_1)を起点としてプロットした。ここで ΔT はベクトル場(I)と(II)の間の撮影時間間隔である。このベクトルを局所相関ベクトルと呼ぶとする。図-3は共に上層断面(水路床から9.3mm)に位置する断面ベクトル場No.235とNo.237の間の局所相関ベクトル分布を示したものである。この場合、2断面の水路床からの高さは同じであるから、局所相関ベクトルは、乱流の実質的な局所構造の移動方向と移動速度を表わしていると考えてよいであろう。ただ本図と図-1とを比較して見ると、ベクトル分布はあまり似ておらず、このことから、乱流の局所的な構造は必ずしもその地点の局所的な流速ベクトルで運搬されているものではないことがわかる。

4. 乱流と渦運動 図-4は高々方向に3mm隔った二つの断面ベクトル場No.236(下層側, $T=0.0$)とNo.237(上層側, $T=0.25$)の間について、各点毎に先に同様にして局所相関係数が最大となる点を求め、その最大局所相関係数の分布を等値線で表現したものである。この場合、二つの断面ベクトル場の撮影時間差0.2秒に対して、断面間距離は比較的大きいため、二つの断面ベクトル場間での局所相関ベクトルで結合される点とみれば、その一方から他方へ流れる局所構造が移動したものである。両者が同一の局所的な乱流構造に属するものであると考え方が妥当であろう。ところで、図-5は断面ベクトル場No.237の鉛直方向渦度成分の分布を示しているが、本図において渦度の絶対値が大きいため図-4の最大局所相関係数も大きくなっていることがわかる。別報で提案した二関数の相互関連性を評価する関数 Γ を用いて、渦度の絶対値と局所相関係数の間の相互関連性を数値化して図示すると図6のようになる。本図は両者の相関性が非常に高いことを示している。以上の事実から、乱流の組織構造の基本は渦運動であることが数値的に示されたことになる。

参考文献

- 1) 上野鉄男・宇民正：連続断面写真によるBursting現象の観測，第39回年譜，1984
- 2) 宇民正・上野鉄男：連続断面撮影法による大規模乱流構造の可視化とその解析(2)，第28回水講義，1984
- 3) 宇民正・上野鉄男：大規模乱流構造の可視化と解析(2)，京大防災研年報，第26号BⅡ，1983

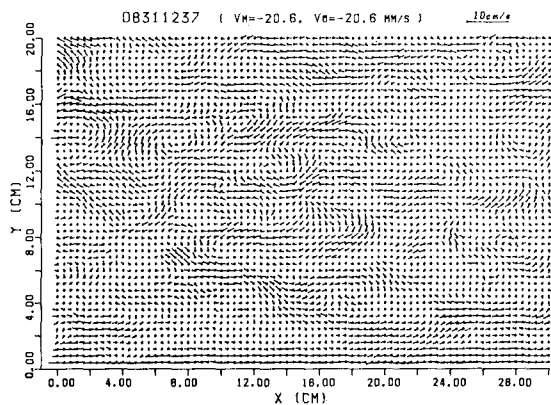


図-1 写真番号237の資料から得た内挿された格子点上の流速ベクトルの分布

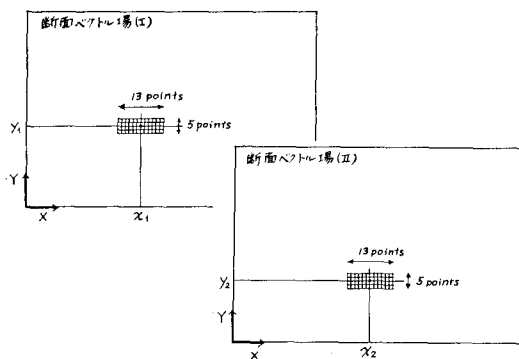


図-2 点 (X_1, Y_1) と点 (X_2, Y_2) の間の局所相関係数の求め方

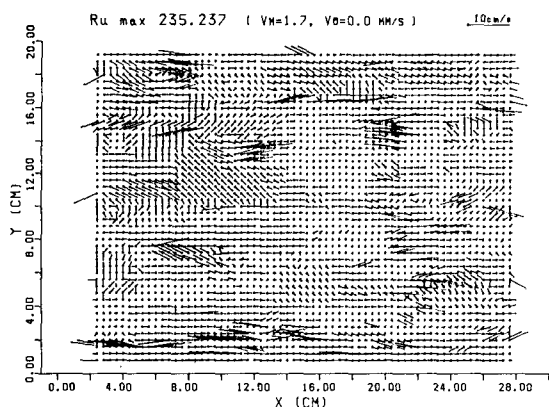


図-3 断面ベクトル場 No. 235 と No. 237 の間の局所相関ベクトルの分布

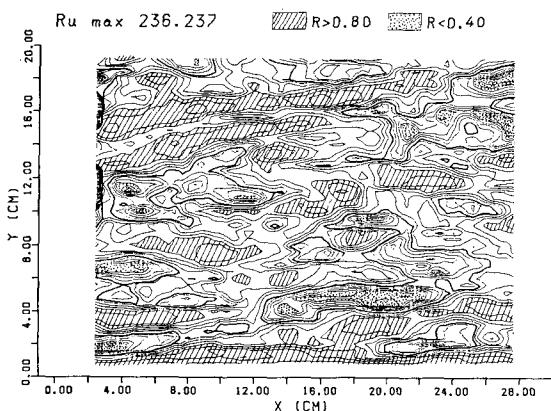


図-4 断面ベクトル場 No. 236 と No. 237 の間の最大局所相関係数の分布

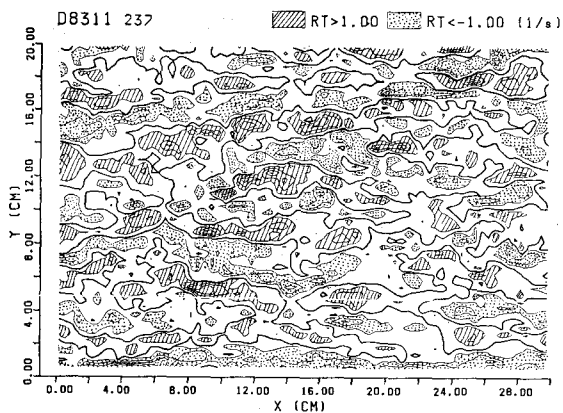


図-5 断面ベクトル場 No. 237 の鉛直方向渦度成分の分布

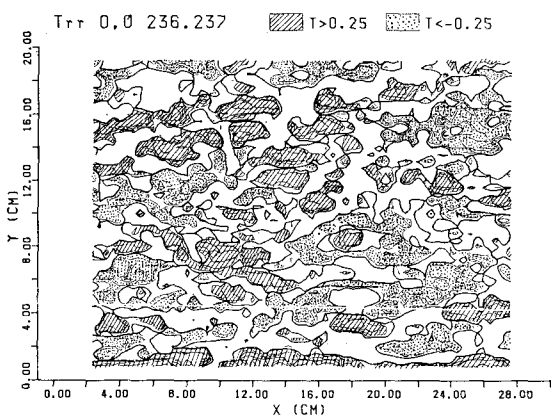


図-6 図-4の最大局所相関係数と図-5の渦度成分との相互関連性を示す関数Tの分布