

II-104 複断面開水路流れの組織渦の時空間相関解析

建設省 正員 村瀬 勝彦
京都大学工学部 正員 中川 博次
京都大学工学部 正員 瀬津 家久

1.はじめに 開水路複断面水路における乱流構造の研究は、乱流研究という観点よりもおもに河川工学的な要求、特に高水敷部分が流れに対しておよぼす抵抗を調べる研究が中心的なものであった。しかし、複断面水路での高速流と低速流の接触面における流れの不安定性に注目し、相互の運動量、物質交換をみていこうとする研究も盛んに行われ、今本・石垣¹⁾(1990)は二次元セル（高水敷と低水路の接合部近傍で生じる斜界流により誘起される渦）をタイプ別に分類し、高水敷と低水路の境界部に間欠的に発生する斜界流のメカニズムについて示唆を行っている。本研究は高水敷と低水路の境界部の組織渦を定量的に解明していこうとするものであり、まず可視化によって定性的な構造を解明し²⁾、次に条件付点計測で組織渦をとらえようとしたものである。

2.実験方法 全長8m、幅30cmの勾配可変型水路を用いて実験を行った。まず、可視化による定性的な挙動の観察のために断面形状を4種類に変えて計19種類のケースで染料を流して実験を行った²⁾。その結果を踏まえて、レーザー流速計、光学式濃度計、可視化の同時計測を行った。このときの断面形状は2種類であり、計3種類のケースで表1に示す。ここで、dは高水敷高さ、Bは高水敷幅である。それぞれについて染料の広がる範囲をカバーするように濃度計の測点を決め、LDAは一点に固定し、組織渦の検出器とした。

断面形状 (Shape)	ケース名	流量Q (l/sec)	水深h (cm)	平均流速 (cm/sec)	勾配
A	A	2.15	8.0	19.9	1/1000
B	B	2.15	8.0	19.9	1/1000
B	C	2.15	8.0	19.9	1/1000

Shape A: d=28mm B=150mm Shape B: d=43mm B=150mm

表1

3.同時計測の結果とその考察

(a)従来型相関値の分布：流速や濃度の変動成分の伝播の度合を長時間平均の相関の大きさでとらえ平均的な渦の挙動を空間的にとらえることができる。ここで用いる時空間相関係数は、

$$C_{u_i u_j}(\Delta x, \Delta y, \Delta z, \tau) = \frac{u_i(x_0, y_0, z_0, t_0) u_j(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y, z_0 + \Delta z, t_0 + \tau)}{u_i^*(x_0, y_0, z_0) u_j^*(x_0 + \Delta x, y_0 + \Delta y, z_0 + \Delta z)}$$

この結果の一例を図1a,bに示した。この両者を比較すると、aの方は相関の高い部分が間欠的に起こり、かつ移流されている様子がよくわかる。それに対して、bは主流方向の移流がはっきり観察されず、むしろ横断方向(z方向)にパターンが存在して周期的に変化していることがわかる。

(b)条件付きサンプリング手法によるしきい値の計算：検出器における流速の生の波形データにある条件を与えて、その条件を満たすもののみについてデータ処理を行う組織的な挙動の発生するときは、

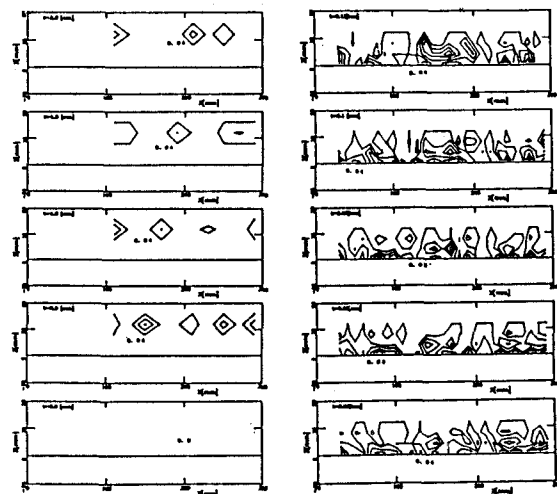


図1

流速変動が特に大きくなっていることが考えられるので、ここでは波形データの瞬間的な $u(t), v(t)$ を計算して、 $u(t), v(t)$ の正負および $|u(t)v(t)|$ の大きさを条件として用いることにした。 $u(t), v(t)$ の正負は

- ① $u(t)>0, v(t)>0$ ② $u(t)<0, v(t)>0$
③ $u(t)>0, v(t)<0$ ④ $u(t)<0, v(t)<0$

の4象限に分け、各象限について可視化から得られた組織渦の発生周期に合致するようにしきい値 H_1, H_2, H_3, H_4 を計算してその頻度分布を図2に示した。この図より、しきい値としては第4象限のものをを用いるのが適当であり、その値は $H_4=4.0$ と考えられる。

(c)条件付サンプリングによる空間構造：先の結果から

しきい値が $H_4=4.0$ を超える部分のピーク部分を $\tau=0$ として、しきい値を超える部分それぞれについて $\tau=0$ の点を決定して、三次元的に

測定された空間の各点についてそれぞれ同じ τ の点の濃度の変動成分のアンサンブル平均を求めた。この空間分布は、図3に示される。本研究において計算はパソコンを用いたため、補間を用いていないこと、また横断方向の測点数が主流方向に比べて少なかったことから、横断方向の構造は分かりにくいが移流方向に変動の大きい部分が移動する様子はとらえることができた。この結果より、組織渦の移流速度が流れの速度よりも小さいことがわかる。

4. おわりに 複断面水路の組織構造を定量的にとらえるために、相関値の計算および条件付きサンプリングを行ったが、特に条件付きサンプリング手法については、しきい値がはっきりと求まったことからその有効性が確かめられた。今後は測定点、測定時間を工夫することによって、組織渦の空間構造把握をさらに行う必要がある。

〔参考文献〕1)今本博健・石垣泰輔：複断面開水路流れの斜昇流に関する実験的研究，水工学論文集第34巻，pp403-408,1990

2)中川・彌津・村瀬・佐伯：複断面の組織渦に関する実験的研究，関西支部年次学術講演会講演概要集,1992

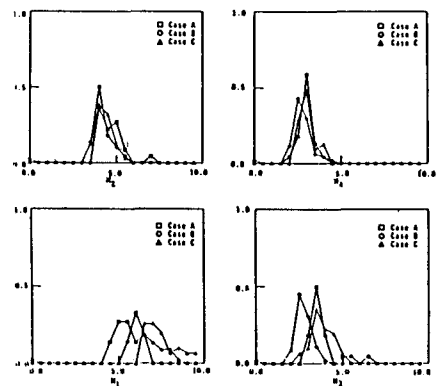


図2

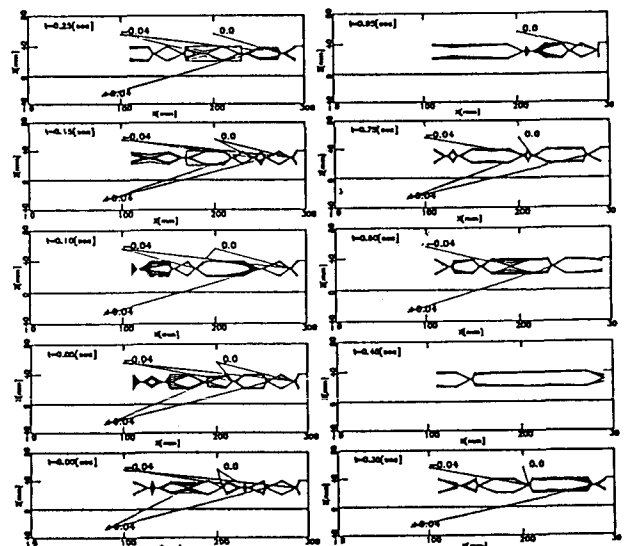


図3