

(Ⅱ-23) 非一様勾配開水路流れにおける組織渦について

早稲田大学 理工学部 学生員 市村知也 T.Ichimura
早稲田大学 大学院 学生員 古川恵太 K.Furukawa
早稲田大学 理工学部 学生員 岡本俊彦 T.Okamoto
早稲田大学 理工学部 正 員 吉川秀夫 H.Kikkawa

1. はじめに

河床勾配が正に変化し水深が増大する流れにおいては、非定常的な運動が平均流に影響を及ぼしていることが考えられる。本研究では、この非定常的な運動をVITA法及び時空間相関係数等を用いて検討した。

2. 実験概要

実験水路は長さ 5m, 幅 15cm のアクリル製長方形断面開水路を用い、底面粗度として径 1.6cm のビー玉を密に配したベニア板を組み込んだ。水路上流端を始点として水平方向にX軸、鉛直方向にY軸をとり、 $X<190\text{cm}$ の上流部で水路床勾配 $i=0.074$ 、 $X>220\text{cm}$ の下流部では $i=0.76$ とし、 $190<X<220\text{cm}$ の接合部で滑らかに変化させた。(図1) 実験は表1に示す4つのケースについて行い、何れの測定も水路中央の断面において、 $X=130\sim 310\text{cm}$ の区間でX方向に5~30cm、Y方向に0.5~2.0cmのピッチで行った。各ケースの計測器は表1に示す通りである。

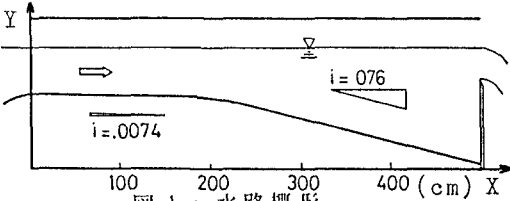


図1：水路概形

表1：実験条件

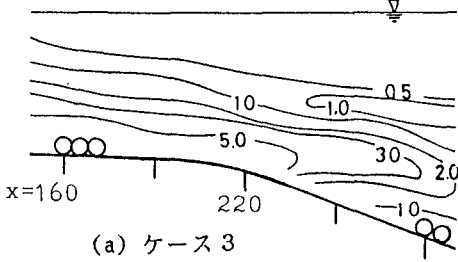
	Case1	Case2	Case3	Case4
流量 $Q (\text{l/sec})$	4.92	8.33	3.38	3.63
Re 数 ($X=190\text{cm}$)	3.28	5.55	2.25	2.42
Fr 数 ($x=190\text{cm}$)	0.41	0.57	0.28	0.23
水路床条件	滑面		粗面	
計測器	L		L, H, P	

L;レーザードップラー流速計(LDV)
P;プロベラ流速計 H;ホットフィルム流速計(HFA)

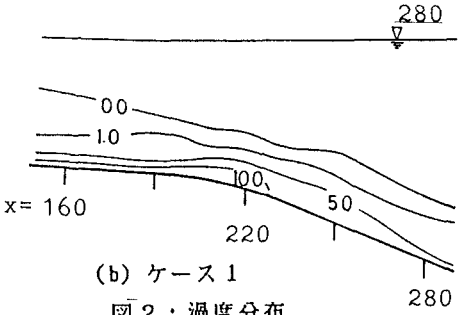
3. 実験結果及び解析

3-1. 渦度分布の特異性

底面に粗度を置いた場合、図2(a) (ケース3の場合) に示すように接合部付近の底面近傍高渦度部の上に、下流側に延びるもう1つの高渦度部が存在するような渦度分布を見いだすことが出来る。これは図2(b) (ケース1の場合) に示すように、底面が滑面の場合には存在しない特異なものと言える。一方、図3においてケース1とケース3の場合のY方向流速(V)分布を比較すると、ケース3の場合には、ケース1の場合に現れる強い下降流が緩和されたものとなっていることがわかる。このことから、底面が粗の場合には流れが境界の拡大に追従できず特異な渦度分布が生じていると考えられる。次に、ケース4の場合の接合部以降のレイノルズ応力分布を図4に示す。この図においてレイノルズ応力は主に底面近傍で高い値を示していることから、特異な渦度分布への拡散による影響は少ないと思われるが、 $X=190\text{cm}$ 付近から急速に上方に向かう高レイノルズ応力部の存在が渦度分布に影響を及ぼしていることも考えられる。



(a) ケース 3



(b) ケース 1

図2：渦度分布

3-2. 組織渦

このようなレイノルズ応力分布は平均流のみでは考えられないものであり、ここに非定常的な運動が関与しているものと思われる。この非定常運動は組織渦と考えられるが、この運動を明らかにするためVITA法を用いた。 $X=220\text{cm}$, $Y=2.0\text{cm}$ の点に固定したLDVの信号により式(1)に示すトリガ信号 $I(t)$ をつくり、 $I(t)=1$ と

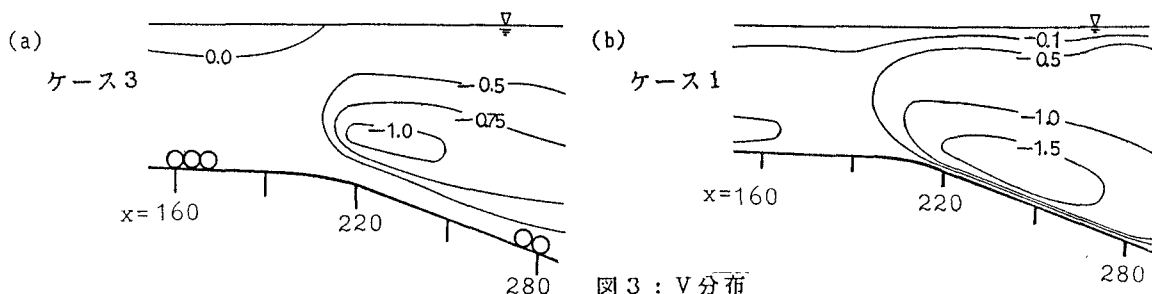


図 3 : V 分布

なる時間を中心に、流速変動の集合平均をとった。これはケース 4 の場合について行い、各点の流速は HFA によって測定した。

$$I(t)=1; \text{if } \text{Var}(t,T) > ku^2, I(t)=0; \text{otherwise} \\ T=0.2\text{sec}, k=1$$

$$\text{Var}(t,T)=\frac{1}{T}\int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} u^2(t)dt - \left\{ \frac{1}{T}\int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} u(t)dt \right\}^2 \quad \dots (1)$$

集合平均された波形は明確に組織渦の構造を示すまでには至らないが、図 5 に示すような相似な波形を追跡することにより、組織渦の軌跡を知ることができる。

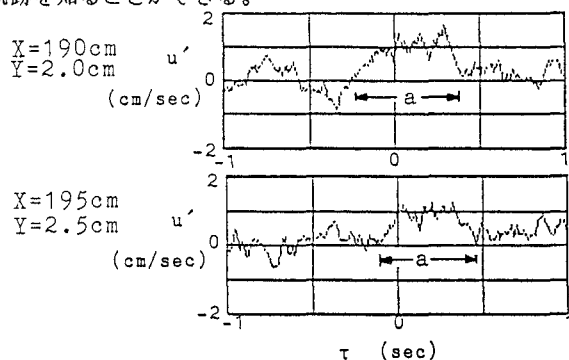


図 5 : 条件付きサンプリング例

この方法による組織渦の軌跡を図 6 に示す。この図より底面付近から上昇する組織渦の存在が見いだされる。更に、この場合トリガ信号は 1Hz 程度で検出されており、図 5 に示すように運動の幅が 1sec 近くあることから、組織渦が平均流に影響を与えるものであると言える。

次に、 $I(t)=1$ の時遅れ時間 $\tau=0$ として集合平均をとった時空間相関係数を、遅れ時間 $\tau=0, 0.2, 0.4, 0.6\text{sec}$ の場合について計算した結果を図 7 に示す。この図では τ の変化に従い高相関部が拡大していく様子がみられる。(矢印参照)

4. おわりに

本研究では、水深の増大する流れにおける組織渦の存在とその軌跡を示すことが出来た。しかし、その発生周期や規模などは明確なものではなく、今後の研究課題として残されている。

<参考文献>

- 1 第31回水講『非一様勾配水路における境界層の発達に関する研究』古川、萩原、吉川、関根
- 2 第42回水講『非一様勾配水路における流れの研究』古川、萩原、吉川
- 3 『ON THE STRUCTURE OF TURBULENT BOUNDARY LAYERS.』Hassa M.Nag ib, Yann G.Guenzenne

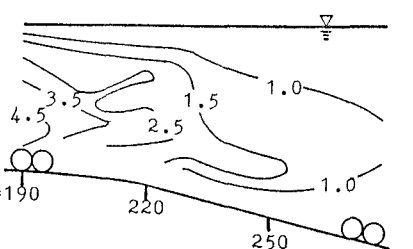


図 4 : レイノルズ応力分布 ($\tau\lambda^4$) (dyn/cm^2)

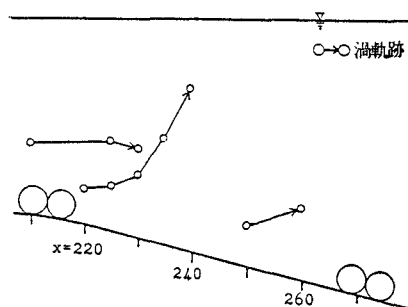


図 6 : 組織渦軌跡

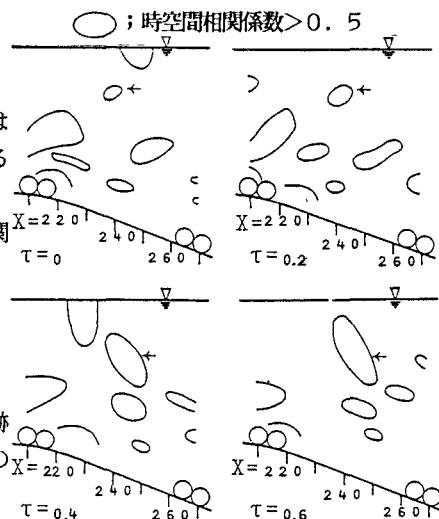


図 7 : 条件付き時空間相関係数