

II-164 非一様勾配開水路における流れの非定常運動に関する研究

早稲田大学 大学院 学生員 市村知也
 運輸省港湾技術研究所 正会員 古川恵太
 早稲田大学 大学院 学生員 岡本俊彦
 早稲田大学 理工学部 正会員 吉川秀夫

1. はじめに 非一様勾配開水路においては流れの組織的運動（組織渦と呼ぶ）が存在し、それらは上昇する軌跡を描くこと、またその発生周期は1Hz程度であることを報告した【1】。本研究ではより精密な実験を行い、VITA法及びパワースペクトルを用いて解析し、これらの知見を深める。

2. 実験概要 実験水路は長さ5m、幅15cmの亚克力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ヤ板を組み込んだ。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 $i=0.0074$ 、 $X > 220\text{cm}$ の下流部では $i=0.076$ とし、 $190 < X < 220\text{cm}$ の接合部で滑らかに変化させた（図1）。実験条件は図1内に示す通りである。測定は2成分ホットフィルム流速計を用い水路中央断面において $X=190\sim 220\text{cm}$ の区間でX方向に1～2cm、Y方向に0.5～1.0cmのピッチで行った。

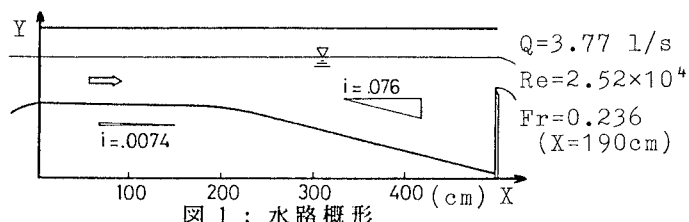
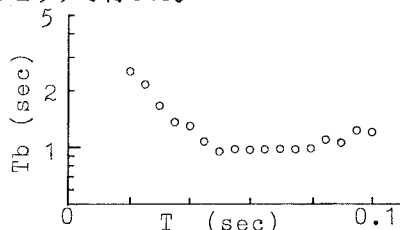


図1：水路概形

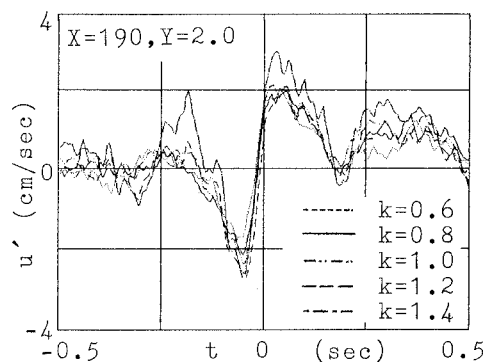
図1に示す通りである。測定は2成分ホットフィルム流速計を用い水路中央断面において $X=190\sim 220\text{cm}$ の区間でX方向に1～2cm、Y方向に0.5～1.0cmのピッチで行った。

3. 実験結果及び解析

3.1 VITA法の任意定数の決定 まず平均化時間 T について調べる。VITA法によるトリガ信号の検出は組織渦の確認と考えられ、その回数を調べることで組織渦の発生周期 T_b を知ることができる。ここではしきい値 k を0.8に固定し、 T を0.02～0.1secまで変化させた場合の T_b の変化を示す（図2）。この図から $0.04 < T < 0.08\text{sec}$ で T_b はほぼ一定値となり、この範囲の T を用いるのが妥当と思われる。

図2：組織渦発生周期 T_b に及ぼす平均化時間 T の影響

一方しきい値 k について同様の方法によって調べると、 k の変化にしたがって T_b も大きく変化するため評価することができない。したがって集合平均波形に及ぼす影響から妥当な値を求めることにする。図3に $T=0.05\text{sec}$ に固定し、 k を0.6から1.4まで0.2ごとに变化させた場合の波形を示す。この図から $k < 1.2$ でほぼ同一の波形が得られていることがわかる。

図3：集合平均波形に及ぼすしきい値 k の影響

以上の考察からここでは $T=0.05\text{sec}$ 、 $k=0.8$ を用いる。

3.2 組織渦の発生周期 それぞれの計測点での信号自身を検出基準信号としてVITA法を用い、前節と同様の方法により底面近傍（ $Y=2.0\text{cm}$ ）の組織渦の発生周期 T_b を求める（図4）。この図から勾配変化の開始点（ $X=190\text{cm}$ ）付近で組織渦の発生が頻繁であると言えるが、 $X=203\text{cm}$ 付近を境に、上流部で $T_b=0.85\text{sec}$ 、下流部でその2倍の1.7secを示していることから組織渦の合体を示唆しているとも考えられる。またそれ以外のプロットも0.85secの整数倍の部分に現れている。

3.3 パースティング 前述のVITA法に検出基準時刻で $(du/dt) > 0$ の条件をつけた場合の集合平均波形（ u', v', uv' ）の例（ $X=200\text{cm}, Y=2.0\text{cm}$ ）を図5に示す。ここで示される波形は一般にバースト波形と呼ばれるも

のであり、本実験のように底面に密に粗度を置いた場合にもバースティングと同じような現象が生じていると考えられる。また、この現象が組織渦の放出と関係していることが予想される。

3.4 パワースペクトルによる組織渦軌跡 各計測点の信号によるパワースペクトルは大きく3つの型に分類することができた(図6)。type1は1.5Hz前後にピークを持つもの、type2は1Hz 前後にピークを持つもの、type3は1Hz 以下と2Hz以上にそれぞれピークを持つものである。これらの型に当てはまらないものは通常の乱流場で観測されるような卓越周波数を持たないものであった。これらから図7を得るが、同じtypeに属するものを追跡することにより組織渦の軌跡を求めることができる。この図からtype1は広範囲に渡って観測されており、この系特有のものと思われる。また、type2は底面付近でのみ観測されていることがわかる。一方、上昇する軌跡が得られているのはtype3であることから、このような周波数で組織渦が上昇しているものと考えられる。

3.5 VITA法とパワースペクトルの比較 同じ計測点のデータによって求められるVITA法による組織渦の発生周波数 T_b と、パワースペクトルの卓越周波数とは同じ意味を持つと考えられるが、これらの値の比較を表1に示す。若干ずれが大きい部分があるが、ほぼ良好な対応を示しており、両方法とも同じ現象をとらえていると言える。

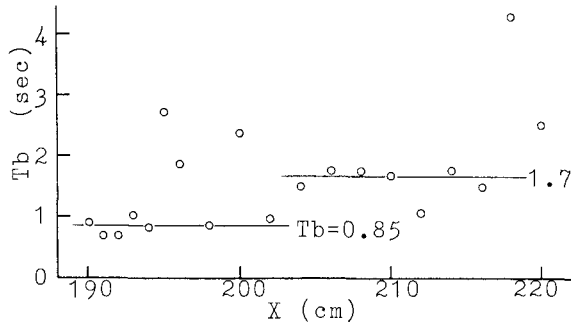


図4；組織渦の発生周期 T_b ($Y=2.0\text{cm}$)

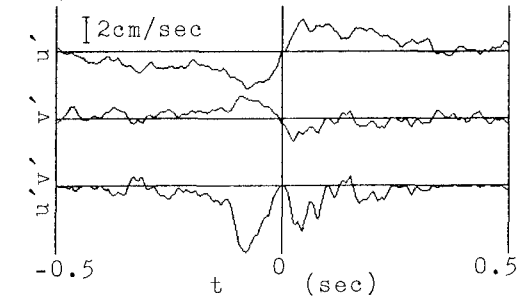


図5；集合平均波形の例 ($X=200\text{cm}, Y=2.0\text{cm}$)

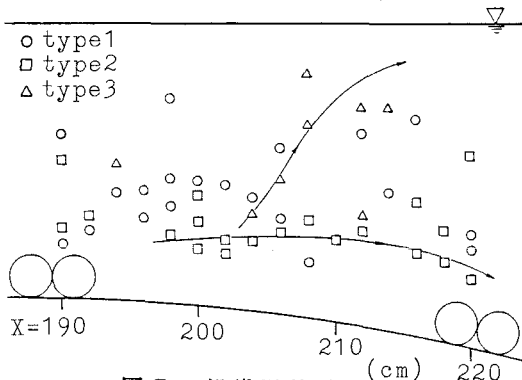


図7；組織渦軌跡

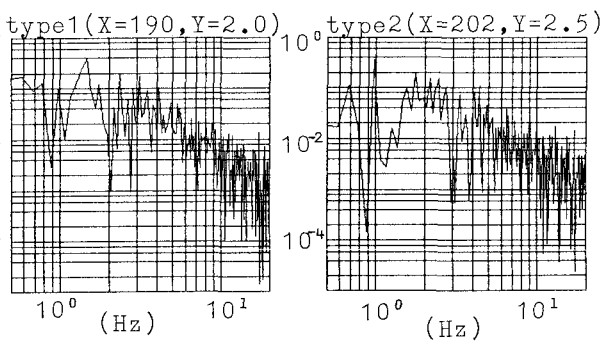


表1；周波数の比較

X	$T_b(V)$	$T_b(PS)$
200	0.443	0.759
204	0.667	0.501
208	0.567	0.204
212	0.933	0.977
216	0.667	0.794
220	0.400	0.380

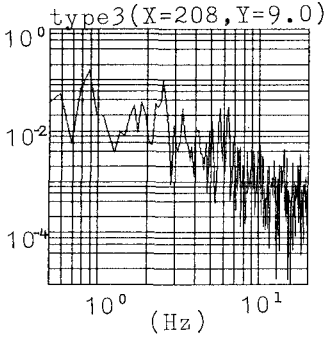


図6；パワースペクトル

4. おわりに 本研究では組織渦の発生周期と軌跡を示すことができたが、その現象の詳細及びこれらとバースティングとの関係などは課題として残されている。

〈参考文献〉

- 【1】 古川、市村、岡本、吉川 『貯水池流入部における流れの二次元特性について』 第32回水講
- 【2】 市村、古川、岡本、吉川 『非一様勾配開水路流れにおける組織渦について』 第15回関東支部