

(II-95) 側岸部植生境界に生じる組織渦の三次元構造の位相平均解析

○ 宇都宮大学 学生員 本村 康高
同 上 正 員 池田 裕一
同 上 正 員 須賀 堯三

1. はじめに

側岸部植生の境界付近では、自由剪断層の変曲点不安定によって、大規模な組織渦が間欠的に発生することが知られている¹⁾。この組織渦は横断方向への運動量・質輸送に重要な役割を果たすことより、二次元的な取り扱いの研究が多く行われている²⁾。しかし実河川のような浅い流れ場で発生する組織渦は、河床摩擦の影響を受け、組織渦自体が三次元構造を有することが予想される³⁾。筆者らはこれまで、組織渦の三次元構造を可視化により捉えてきた⁴⁾。そして①組織渦として植生内より低速水塊が張り出した直後に強い上昇流が発生すること、②その上昇流が連続的に渦周縁部の回転運動へ変化していくこと、がわかった。今回は組織渦の“周期性”に着目し、位相平均解析を行うことでその全体像を把握しようとした。

2. 実験の概要

長さ 6.5m、幅 48cm の矩形水路の右岸壁沿いに、幅 12cm の疑似植生(プラスチック糸多孔体、透過係数 38cm/sec)を水没しないように配置した⁴⁾。水力条件を表-1 に示す。

計測断面内の流速測定には 2 成分の電磁流速計を用いた。位相平均を行う際に必要となる基準点の流速測定には直径 3mm のプロペラ流速計を用いた。測定点の平面配置を図-1 に示す。剪断層が十分に発達した計測断面内を横断 24 点、鉛直 5 点($Z=1\sim 3\text{cm}$ を 0.5cm 毎)、計 120 点の流速を計測した。基準点は主流速変動の大きい($Y, Z)=(15\text{cm}, 2\text{cm})$ に固定し、そこでの主流速波形データを基準に後述の位相平均解析を行った。

3. データ処理方法

石川ら⁵⁾の方法を参考に、以下のデータ処理を行った。

- (A)基準点の主流速変動に移動平均を施す。その波形 $U_{Tr}(=U-\text{avg.}U)$ をゼロアップクロス法で分割し、個々の波の周期 T_p を求める。
(B)各波の平均周期 μ と標準偏差 σ を求め、 $|T_p - \mu| < \sigma/2$ の波のみ抽出する。基準点における波動特性を表-2 に示す。
(C) U_{Tr} を分割した時刻で全測定値を分割する。その測定値を U_{Tr} を基準に Phase ごとに分割し、アンサンブル平均を求める。

4. 結果及び考察

図-2 は、半水深における平均統計量の横断分布を示したものである。 $\overline{u'^2}$ のピーク位置が $Y=15\text{cm}$ 付近に存在している。これは主流速変動 u' と横断流速変動 v' が交互に変動する平面流況に対応しており、この付近で自由剪断層の変曲点不安定が生じているものと考えられる。 $\overline{v'^2}$ のピーク位置は $Y=15, 20\text{cm}$ の 2 つのピーク位置が存在し、それぞれ低速水塊が活発に流れ出る流況と、渦周縁部の回転運動に対応している。 $\overline{u'w'}$ が $Y=20\text{cm}$ 付近にピークを持つことからこのことがわかる。図-3、図-4 は半水深における u' 、 v' のスペクトルである。共に $f=0.14\text{Hz}$ 弱、つまり約 7 秒程度の周期を持つ波が支配的であり、水路幅一杯にこの波が影響していることがわかる。

移動平均解析データを時空間分布で表示すると、図-5～8 のようになる。図-5 は移動座標系からみた組織渦のベクトル図(半水深)である。Phase $= (4/5)\pi \sim 2\pi$ 間に組織渦が発生しており、それに対応した半水深における w 成分の分布図(図-6)をみると、横断混合の顕著な組織渦前部(上流側)に上昇流が集中して発生し

表-1 水力条件

流量 (cm^3/sec)	2650
水深 (cm)	4.3
河床勾配	1/1000

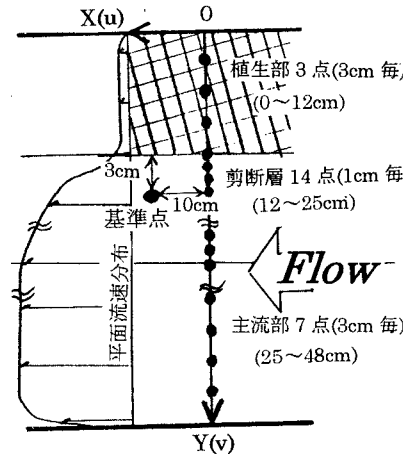


図-1 測定点の平面配置図 (半水深)

表-2 基準点での波動特性

平均周期 μ (sec)	7.63
標準偏差 σ (sec)	2.29
$ T_p - \mu < \sigma/2$ となる波の個数	38

キーワード : 自由剪断層、組織渦、三次元構造、位相平均

連絡先 : 宇都宮大学 工学部 水工学研究室 (〒321 栃木県宇都宮市石井 2753 Tel 028-689-6214)

ていることがわかる。次に図-7 の横断面流況をみると、可視化で捉えたように高速水塊が底面付近へ潜り込み[(a) $\theta = (3/5)\pi$]、上昇流が発生し[(b) $\theta = (6/5)\pi$]、それに伴い渦周縁部に回転運動が生じている[(c) $\theta = 2\pi$]のがわかる。 $\theta = (6/5)\pi$ 前後(組織渦前部)での流況変化が、横断方向だけでなく鉛直方向にも大きく変化しており、組織渦の三次元構造に大きく影響する断面であることがわかる。

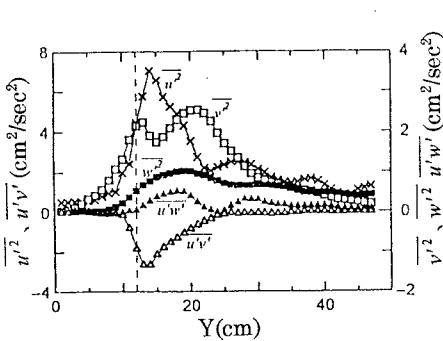


図-2 平均統計量の横断分布 (半水深)

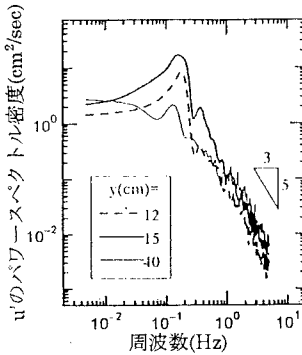


図-3 主流速変動のスペクトル (半水深)

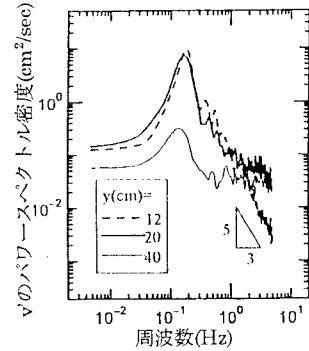


図-4 横断流速変動のスペクトル (半水深)

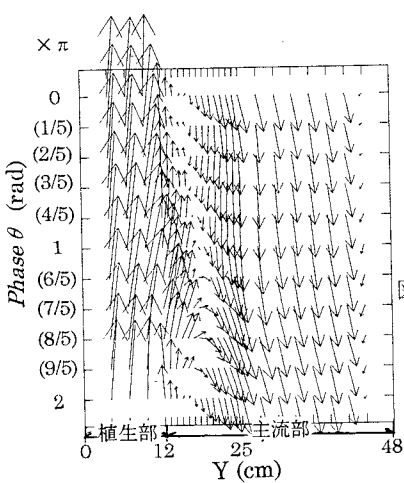


図-5 組織渦のベクトル図 (位相平均量、半水深)

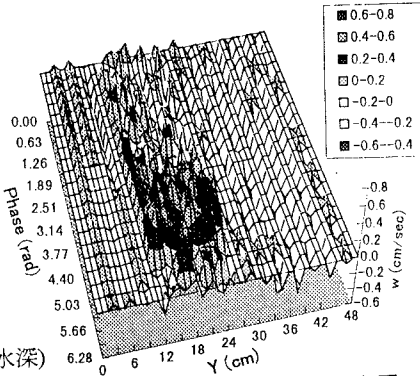


図-6 鉛直流速の平面分布図 (位相平均量、半水深)

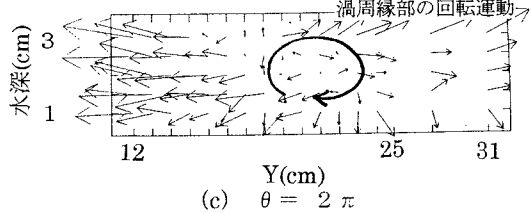
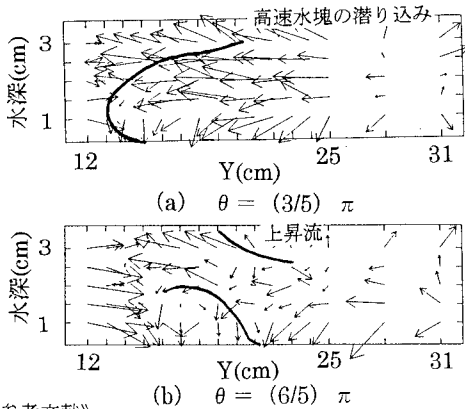


図-7 横断面流況(位相平均量)

《参考文献》

- 1) 池田・太田・長谷川：側岸部植生境界の周期渦の発生機構、土木学会論文集 No.443/Ⅱ-18, pp.47-54.1992.
- 2) 例えば 福岡・藤田：洪水流の横断方向流速差がもたらす付加的抵抗の評価、第 33 回水理講演会論文集, pp.301-306.1989.
- 3) 例えば 富永・八木：植生帯周辺に発生する水平大規模渦の鉛直構造について、第 51 回年次講演会、Ⅱ-193, pp.386-387.
- 4) 例えば 本村・池田・須賀：浅い水平剪断流場に生じる水平渦の鉛直構造の可視化、第 52 回年次講演会、Ⅱ-279, pp.558-559.
- 5) 石川・高橋・細井：河岸植生付近の横断混合流れの位相平均解析、水工学論文集第 37 巻, pp.837-840.1993.