

植生開水路流れにおける組織渦の時空間相関解析

石川県 正員 ○定免英樹
 京都大学大学院 正員 瀬津家久
 京都大学大学院 学生員 相良幸輝

1. はじめに

実河川では河道内に植生が存在することが多いが、植生は洪水に対する侵食対策や親水機能という点で重要な役割を担っている。本研究では、周期的に大規模水平渦が発生するような、比較的かぶり水深が浅い植生開水路流れにおいて PIV 計測(Particle-Image Velocimetry)を行い、その計測結果から平面渦の時空間相関構造を解明した。

2. 実験装置および実験方法

図-1 に PIV 計測における計測システムを示す。植生開水路は、水路半幅に、直径 2mm の真ちゅう棒を流下・水路横断方向ともに均等な一辺が 1cm の正方形格子状に配置した植生モデルを設置することにより構成した。流下方向に x 軸を、 x 軸に垂直上向きに y 軸を、また植生領域から非植生領域に向かう水路横断方向に z 軸をとり、原点は計測部上流端の植生領域側壁の植生基盤高さとした。実験条件を表-1 に示す。

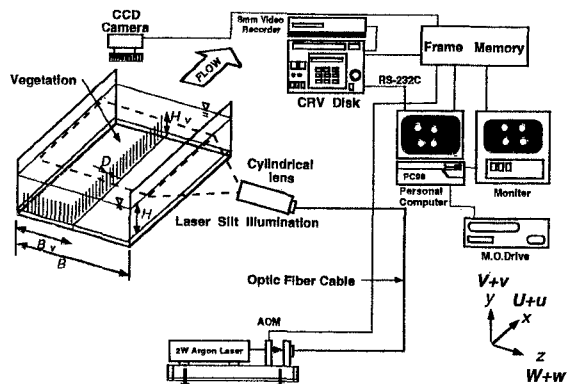


図-1 実験装置

表-1 実験条件

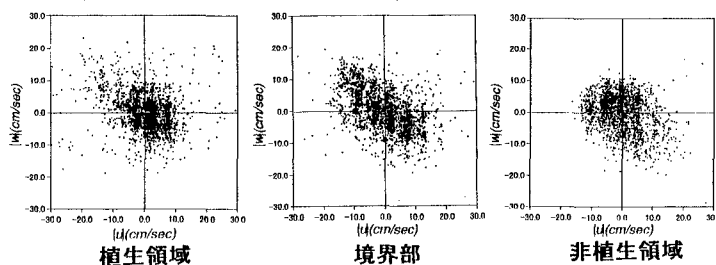
Case	Bed Slope	Spacing of Vegetation	Height of laser slit plane	Depth	Discharge	Froude Number
	S	$S_v(\text{cm})$	$H_L(\text{cm})$	$H(\text{cm})$	$Q(\text{l/s})$	Fr
D7T	1/2700	1.0	6.5	7.0	5.5	0.24

3. 解析結果および考察

瞬間流速変動成分を平均流速と変動成分とに分離し、

$$\tilde{u}_i = U_i + u_i \quad ; \quad \tilde{w}_i = W_i + w_i \quad (1)$$

と定義する。瞬間流速 $\tilde{u}$ 、 $\tilde{w}$ の変動成分を u - w 平面にプロットしたものが図-2 である。図は植生領域中 ($z/B=0.30$)、境界部付近 ($z/B=0.49$)、非植生領域中 ($z/B=0.69$) の任意点について示してある。いずれの領域においても $u < 0$ 、 $w > 0$ の領域(第二象限)と $u > 0$ 、 $w < 0$ (第四象限)の領域を長径とする楕円となる傾向が見られる。

図-2 流速変動成分 u 、 w

Key Words : vegetated open-channel flows, Particle-Image Velocimetry (PIV), laser light sheet

〒920-0962 金沢市広坂 2-1-1 tel:0762-61-1111

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 tel:075-753-5082 FAX:075-753-5066

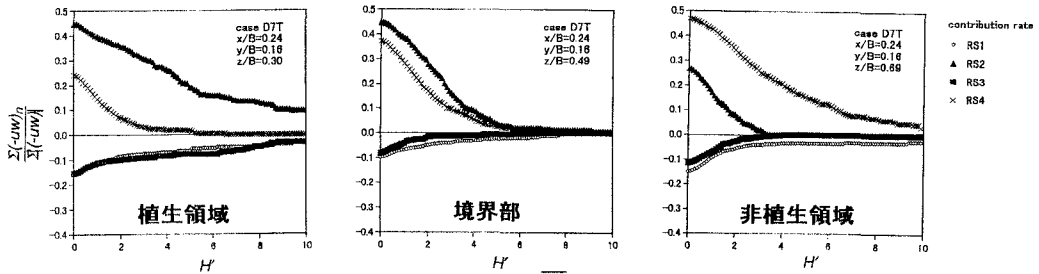
図-3 Reynolds 応力 $-uw$ の寄与率

図-3 は、図-2 に対応して横断方向の瞬間 Reynolds 応力 $-uw$ に対してしきい値を設定し、 $u-w$ 平面における各象限への寄与率を全象限の Reynolds 応力の絶対値の総和 $\Sigma|-uw|$ で無次元化して表したものである。非植生領域では第四象限(RS4: $u>0, w<0$)が、植生領域では第二象限(RS2: $u<0, w>0$)の寄与率が支配的である。これは、低速流体が植生領域から非植生領域へ、また高速流体が非植生領域から植生領域へ移流していることが原因として考えられ、水平渦の通過に伴う植生開水路流れにおける植生領域と非植生領域での相互作用を表している。

次に、水平渦の特性を抽出して捉えるために、4 象限区分法による条件付時空間相関解析により解析を行った。ここでは Nezu & Nakagawa¹⁾の解析に従った。定義としては以下のようなものである。

$$\langle u_i(x_0, \Delta x, y_0, \Delta y, z_0, \Delta z, t, \tau) \rangle = \frac{\int_T u_i(x_1, y_1, z_1, t + \tau) I(x_0, y_0, z_0, t) dt}{\int_T I(x_0, y_0, z_0, t) dt} \quad (2)$$

$\langle u_i \rangle$: 抽出後の乱流変動量、 u_i : 任意の乱流変動量、 I : 判別条件関数、

(x_0, y_0, z_0) : 判別条件検出測点(測点1)の座標、 (x_1, y_1, z_1) : 測点1に対する測点2の空間遅れ、

τ : 測点1に対する測点2の時間遅れ、 T : 計測時間

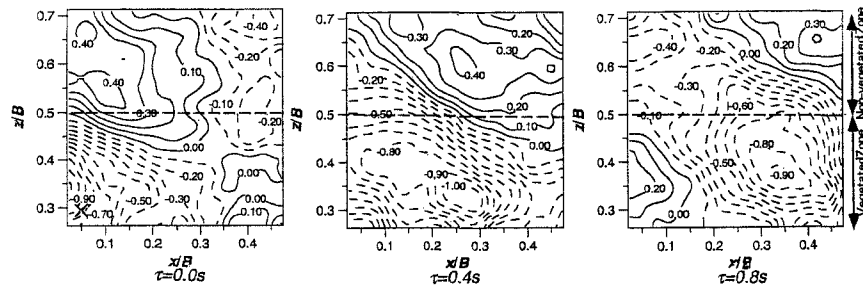
図-4 条件付き時空間相関 $\langle \hat{u}_i \rangle$ の変化($I_2=1$)

図-4 に植生領域内の固定点に対して、第二象限のみを抽出し、 $\langle \hat{u}_i \rangle = \langle u_i \rangle / u_i'$ のように各点での乱れ強度 u' で無次元化して表示した。同図より、植生領域から非植生領域方向へと流体塊が移流していく様子が見られる。

4. おわりに

本研究では、大規模水平渦が明瞭に発生する植生開水路流れに対して、その時空間相関構造を解明するために、PIV 計測を行った。その結果、非植生領域および植生領域で発生する高速流体および低速流体の相互作用が、植生開水路流れの諸現象に、非常に関係があることがわかった。

参考文献

- 1) Nezu, I. and Nakagawa, H.: *Turbulence in Open Channel Flows*, IAHR Monograph, Balkema, 1993.