

PIV 計測を用いた植生開水路流れの乱流構造の解析

京都大学大学院 正 員 楠津家久 京都大学大学院 正 員 鬼束幸樹
石川県 正 員 ○定免英樹 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 計測を行い、その計測結果から平面渦の瞬間構造を解明した。

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、可変勾配型循環式直線水路の半幅に、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。本実験では、同図に示すように流下方向に 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とした。実験条件を表-1 に示す。流量 Q と水深 H は、可視化実験において大規模水平渦が明確に確認された条件に設定された。

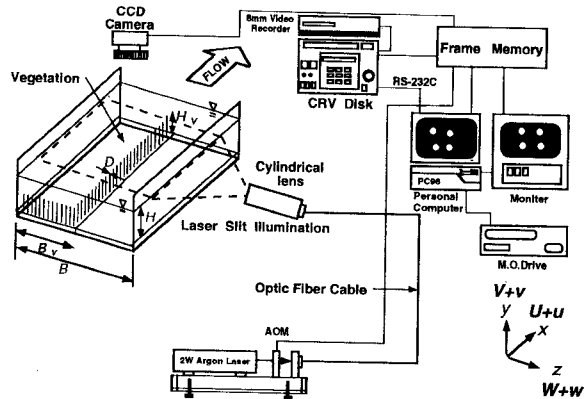


図-1 実験装置

表-1 実験条件

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

3. 解析結果および考察

図-2 に水面近傍の植生領域の任意点について主流速 U と横断方向流速 W の瞬間流速変動 $\tilde{u}$ および $\tilde{w}$ を示した。主流速 $\tilde{u}$ および横断方向流速 $\tilde{w}$ がほぼ周期的に変動していることがわかる。また、主流速 $\tilde{u}$ の振動は、横断方向流速 $\tilde{w}$ とは逆位相である。同図で示されたように、主流速 $\tilde{u}$ が極小値を、かつ横断方向流速 $\tilde{w}$ が極大値をとるときに水平渦が発生し、また主流速 $\tilde{u}$ が極大値を、かつ横断方向流速 $\tilde{w}$ が極小値をとるときに高速流体が通過する。図-3 に渦通過時の瞬間ベクトルを示す。なお、同図では、横断方向流速は元の値の 5 倍で表示してある。非植生領域から発生した高速流体塊が植生領域に入り込み、その直後には植生領域から低速流体が非植生領域に出ている様子が視える。図-3 に対応して平面平均流速 U_{mean} と平面平均横断方向流速 W_{mean} の移動座標上から捉えた瞬間ベクトルを示したのが図-4 である。水平渦の形状は、長軸が流下方向から植生領域側に少し傾いた楕円形を有していることがわかる。これが強い Reynolds 応力を生み出す原因と思われる¹⁾。

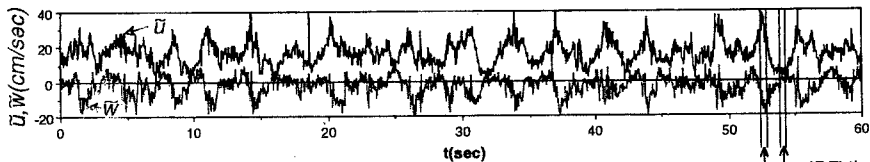


図-2 瞬間流速 $\tilde{u}$ および $\tilde{w}$ の時間変化 高速流体流入 渦発生

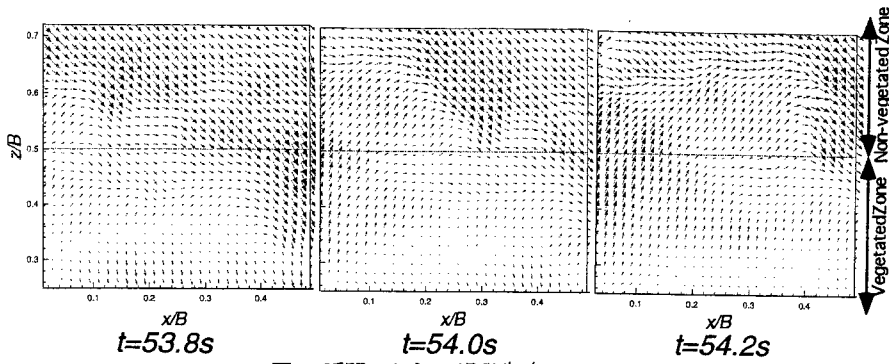


図-3 瞬間ベクトル(渦発生時: $u < 0, v > 0$)

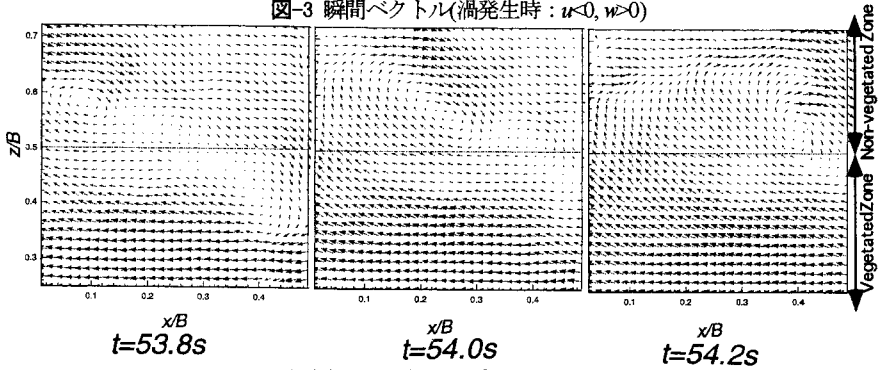


図-4 移動座標系から見た瞬間ベクトル(渦発生時)

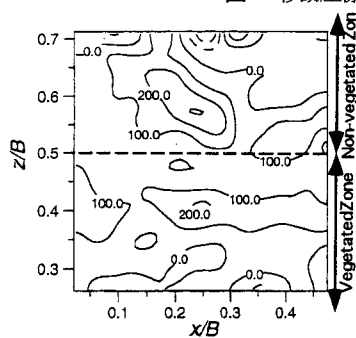


図-5 $t=54.0\text{sec}$ での渦度

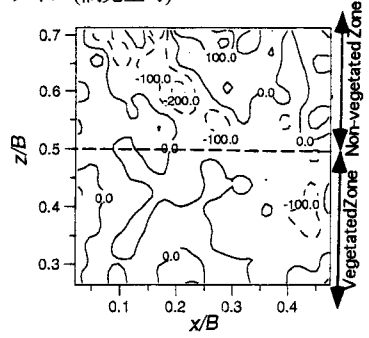


図-6 $t=54.0\text{sec}$ での発散

図-3 において、 $t=54.0(\text{sec})$ のベクトルに対応して渦度と発散を求めたのを図-5 および図-6 に示す。渦度については右回りを正とし、発散については沸き上がりを正、吸い込みを負とした。渦度は水平渦の中心付近と外郭で大きい値をとっており、特に中心付近が最も大きい。また外郭部においても植生領域中では値が大きく、植生領域でも水平渦の影響度が大きいと思われる。図-6 から、水平渦の中心部や前方部では流体は沈み込み、後方部では沸き上がっていることがわかる。水平渦は3次元性の強い複雑な構造を有していると考えられる。

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、その瞬間構造を解明するために、PIV計測を行った。その結果、水平渦は、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により生じ、複雑な3次元構造を有していることがわかった。

参考文献

- 1) Ho, C.M. and Huerre, P.: Perturbed free shear layers, *Annual Review of Fluid Mechanics*, Vol.16, pp.365-424, 1984.