

水生植物群落による乱流構造への影響

熊本大学大学院 学生員 ○北野直哉
 熊本大学工学部 学生員 矢嶋由紀
 熊本大学工学部 正会員 大本照憲

1. はじめに

近年の河川改修において川をなるべく自然に近い状態で整備しようとする傾向にある中で、必要不可欠な植生群落を伴う流れ場における流れの構造については未だ明らかにされていない点が数多くある。そこで、本研究では流れによって柔軟に揺動する模擬植生を水路中央に設置し、乱流構造の特徴を見出そうとするものである。水路に実際水を流し、目視で植生の揺動が見られる非越流では水面変動に、揺動があまり見られない越流では二次流の動きに注目する。

2. 実験装置及び実験方法

実験は長さ 10m、幅 40cm、高さ 20cm のアクリル樹脂からなる循環式可変勾配水路を用いて行った。植生帯のモデルには 5cm×300cm×0.3cm のプラスチック板に高さ 5.5cm の模擬植生を 5mm 間隔で貼り付けたものを使用し、模擬植生には葦を対象としたモデルとして 6.10 ナイロンプリウスル(直径 0.242mm、曲げ剛性 $EI=1.45 \times 10^{-4} \text{ gr/cm}^2$) を用いた。なお座標系は、植生帯の上流端に中央に原点をとり、流下方向に x 軸、横断方向に y 軸、鉛直方向に z 軸を取る。流れ場を植生帯両境界 ($x=3.5\text{cm}$ 、 $x=-3.5\text{cm}$)、植生帯中央($x=0.0\text{cm}$)、非植生域($x=-10.0\text{cm}$)と分類し、植生帯上に越流が無い場合 (Run1) と有る場合(Run2) について検討する。実験条件を表 - 1 に示す。

表-1実験条件			
		RUN1	RUN2
流量	$Q(\text{l/sec})$	6.1	6.1
水路勾配	10	1/1000	1/1000
下流端水深	$h(\text{cm})$	5.5	8.5
断面平均流速	$U_m(\text{cm/sec})$	27.7	17.9

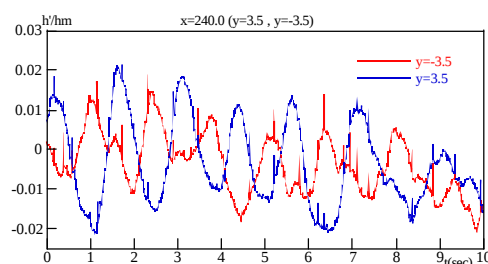


図-1 水面変動の時系列 (植生両境界)

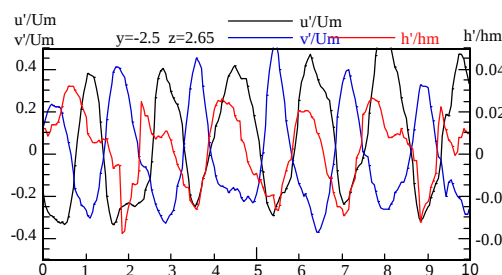


図-2 水面変動と流速変動の時系列 (植生帯右境界)

3. 水面変動の性質

水面変動に着目する非越流の Run1 で横断方向に水位の 2 点同時計測で 4 点について行った。時系列の一例を図-1 に示す。これらの水面変動の時間軸を合わせて考えると、植生帯両境界付近の波形はほぼ逆位相に、植生帯右境界、非植生域の波形は逆位相になっていることより、植生帯左界 で水位が最大の時植生帯右境界と非植生帯域では最小の水位をとっていると言える。

4. 水面変動と流速変動の相関構造

電磁流速計と超音波水位計を用いて横断方向各 4 点における主流速変動と横断方向流速変動の水位変動との相関構造を調べた。同時計測の時系列の一例を図-2 に示す。時系列では植生帯右境界では流速、水位ともにほぼ同位相で変動しており、植生帯左境界では主流速変動と横断方向流速は逆位相で水面変動は主流速変動とわずかにピークをずらしていた。

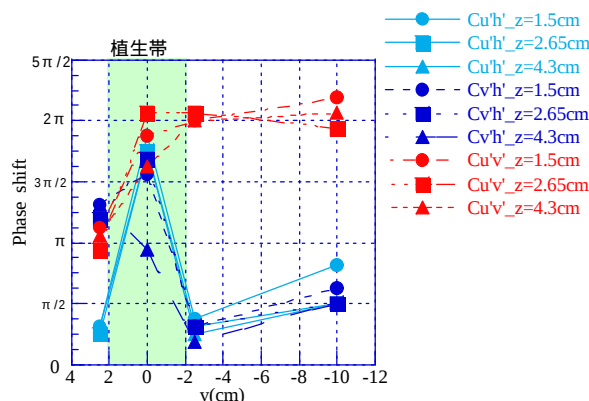


図-3 水面変動及び主流速、横断方向流速の位相差

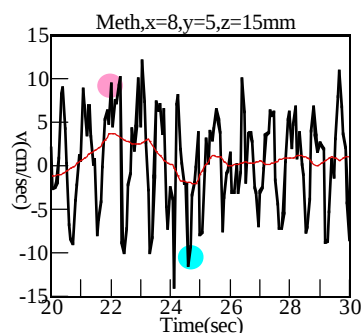


図-4 横断方向流速の時系列
(底面付近 $z = 1.5 \text{ cm}$)

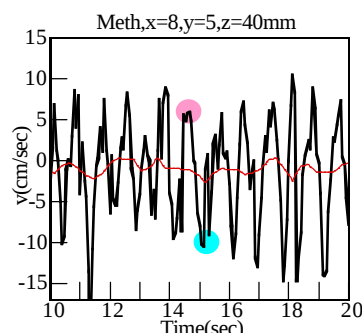


図-6 横断方向流速時系列
(水面付近 $z = 4.0 \text{ cm}$)

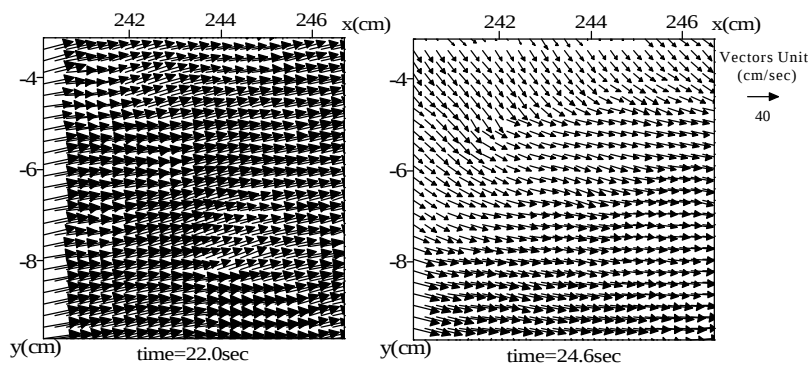


図-5 水平面内の瞬間流速ベクトル (底面付近 $z = 1.5 \text{ cm}$)

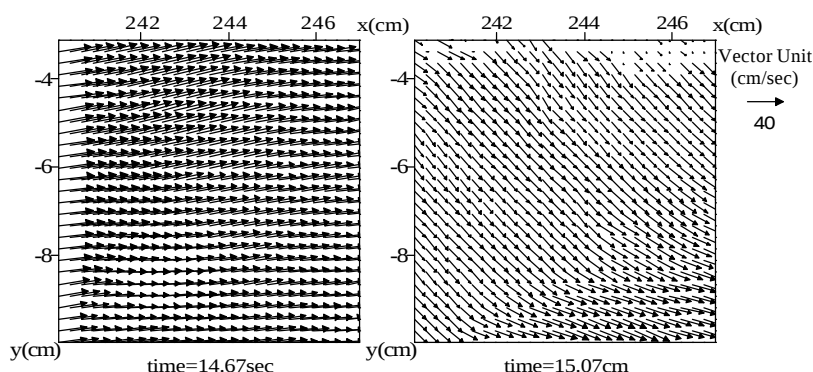


図-7 水平面内の瞬間流速ベクトル (水面付近 $z = 4.0 \text{ cm}$)

そこで相互相関のサブピークの遅れからそれぞれの位相の遅れ時間を計算したところ (図-3)、植生帯右境界で水位が最大になるとき同点における主流速及び横断方向流速は最大値に近い値をとることが分かった。また、同瞬間に植生帯左境界では水位は最小値をとり、主流速は植生帯右境界とほぼ同じ値をとる。そのとき、横断方向流速はほぼ最小値をとる。つまり、ある瞬間に横断方向流速は同時に植生帯中央に向かっておりそれぞれの点で主流速は最大値をとるので、このときレイノルズ応力の絶対値は最大となるのである。

5. PIV 測定による面的考察

さらに非植生域の流れ場を面的に把握する為に、底面付近 ($z = 1.5 \text{ cm}$) 及び水面付近 ($z = 4.0 \text{ cm}$) の水平 2 断面について PIV で多点同時計測を行った。計測面は植生帯付近の右側非植生域 $8 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}$ の領域である。

はじめに、約 33 秒間の平均流速を計算したところ、植生帯上に越流がある場合は底面付近での横断方向流速が正の大きな値をとっており、逆に水面付近では負の値をとることが分かった。非越流の場合の場合も多少はこの傾向が見られるものの、越流がある場合の方がより顕著にでていた。

次に主流速、横断方向流速とも電磁流速計で見たようにある変動量を持っているので (図-4、図-6)、その極大値と極小値のそれぞれの大きさを把握するために領域中の任意の点が極大値をとる時の面全体の瞬間値ベクトル (図-5、図-7) を求めた。河床付近での極大値と極小値をみると、それらの値はそれぞれ正と負の値をとっており、二次流の向きが逆になっている事がよく分かる。そこでこれらの絶対値を比較すると、正の値をとる極大値の絶対値が大きくなっていた。また、水面付近についても同様の現象が見られていた。つまり底面付近での二次流は瞬間的に大きな流速で植生帯内に流入し、それよりも小さな値で流出していることが分かった。つまり計測面全体の平均二次流速が底面付近で正の値をとり、水面付近で負の値をとっていることを考慮すると、植生帯境界付近の二次流の動きとしては底面付近から高速流体が植生帯内に流入し、水面付近から低速流体が流出することが推測される。

5. おわりに

本論文では、植生帯上の越流の有無による模擬植生の揺動が与えられる流れ場の乱流構造の特性について実験により検討した。今後は物理量を無次元化し様々な境界条件を設けることで論理にさらなる一般性をもたせ、より具体的な比較・検討を行うことが望まれる。