

植生帯を伴う流れに出現する組織的変動の構造

金沢大学工学部 正 員 辻本哲郎
金沢大学大学院 学生員 ○泉 倫光

1. はじめに

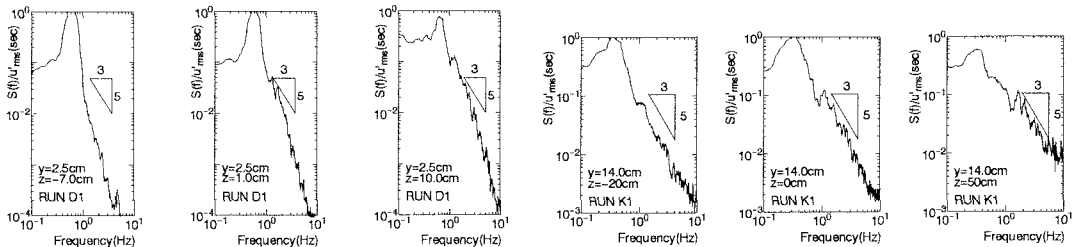
治水、利水、環境のいずれの機能も等しく向上させるべく河川整備が行われつつある最近、流れによって土砂輸送、地形変化が起こされ、堆積域が陸化し、やがて繁茂する植生が再び流れにフィードバックされる相互作用系の認識が重要視されている。本研究では、その相互作用系の一翼を担う植生帯を伴う流れによる平衡場での水面変動、流速変動の組織的な相関構造¹⁾を実験的な検討によって明らかにする。

2. 実験方法

実験は、長さ12m、幅0.4mの可変勾配式直線水路にて行った。植生モデルには鉄棒(高さ8cm、幅18cm、長さ1.0m)を使用し、水路側岸に沿って流下方向に4.0mの区間設置した。流速は流下方向に流れが十分発達したと思われる断面(植生帯上流端から3.5m)において小型電磁流速計(東京計測製)を用いて、水深方向に3点、横断方向に14点の計42点の計測を行った。さらに、同一の水理条件の下で容量式波高計(計測技研製)を用いて電磁流速計との相互干渉が無いと思われる位置(植生帯上流端から3.1mで植生帯境界から1.0cm非植生帯寄りで固定)での水面変動を同時計測した(20Hzで2048個のサンプリング)。また直線区間距離約30m、幅1.5mの金沢市金浦用水(浅野川水系)においても植生モデルに室内実験のスケールを大きくした鉄棒(高さ50cm、幅50cm、長さ1.5m)を用い、流下方向に15.0m区間設置し、室内実験と同様に電磁流速計と波高計との同時計測を行った。透水試験により室内実験で用いた植生モデルの透過係数 $K_s=200(\text{cm/s})$ 、また野外実験で用いた植生モデルの透過係数 $K_s=231(\text{cm/s})$ となった。今回の実験での水理条件を表-1に示す。図-1に主流速 U 、横断方向のReynolds応力 $-uw$ の横断方向変化の計算値($k-\epsilon$ モデルと k 方程式モデル)と実験値を併示する。図より $k-\epsilon$ モデルによる再現性は良好であると判断できる。

3. 組織的変動の相関構造

図-2には乱れ強度で規格化した主流速流速変動のスペクトルを室内実験と灌漑水路について示す。室内水路の場合はスペクトルは0.6Hz程度においてピークが認められ、灌漑水路では0.3Hz程度でピークがありそれぞれ卓越周期波数の存在を示唆している。室内実験では横断方向に変化させた場合には高周波領域での勾配に差異がみられるが、灌漑水路では変化せず、高周波領域では-5/3乗則に従っているのが認められる。



室内水路

図-2 主流速流速変動のスペクトル

灌漑水路

図-3では水面変動 h の自己及び相互相関係数、標準偏差の横断方向変化を示す。縦断方向に位置を変えた水位計での同時計測に基づく相互相関も示しているが、変動が形状や大きさを変えずに移流していることが認められる。水面変動の振幅は若干非植生帯側で最大振幅が現れ、植生帯側へは急激に減衰している。図-4では主流速流速変動 u' 、横断方向流速変動 w' の時系列、コヒーレンス、位相角の余弦を示す。それぞれの時系列を見ても明らかな逆位相であることが確認され、また室内実験での卓越周期は1.6(s)程度である。植生帯境界部の低周波領域ほぼ全体で相関の度合いが強く、位相角はほぼ π で効率良く運動量交換に貢献しており、高周波領域では通常のReynolds応力

表-1

CASE	水深(cm)	平均流速(cm/s)	路床勾配
D1	5.41	34.60	0.0010
D2	5.20	36.68	0.0020
D3	5.40	37.14	0.0030
D4	5.49	38.12	0.0040
K1	40.0	64.92	0.0017

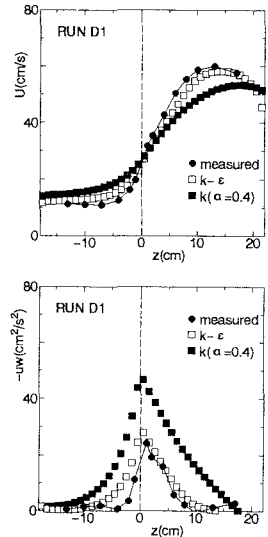


図-1 主流速分布、

Reynolds応力分布の横断方向変化

の生成率である6割程度の相関構造に収束している。この図より低周波変動によって横断混合を促進させていることが伺える。また、図-5では水面変動 h の時系列、横断方向流速変動 w' とのコヒーレンス、位相角の余弦を示す。時系列は流速変動 u' 、 w' との両者とも同位相ではないことを示している。コヒーレンスでは流速変動 u' 、 w' の場合とは様相が異なり0.6Hz程度で相関のピークがみられるのが特徴的である。

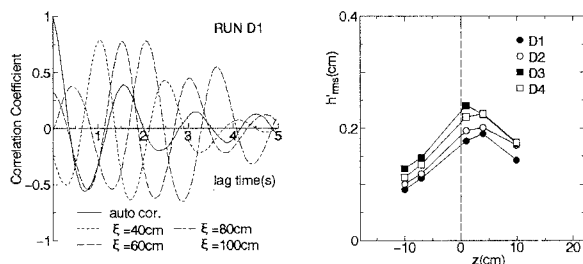


図-3 水面変動 h の自己及び相互相関係数、標準偏差の横断方向変化

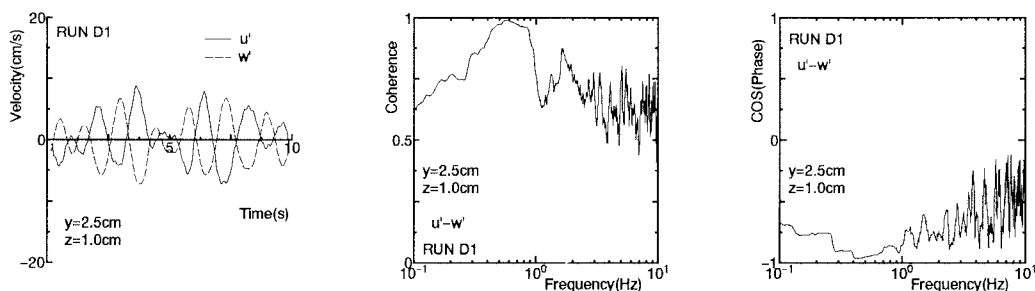


図-4 主流速流速変動 u' 、横断方向流速変動 w' の時系列、コヒーレンス、位相角の余弦

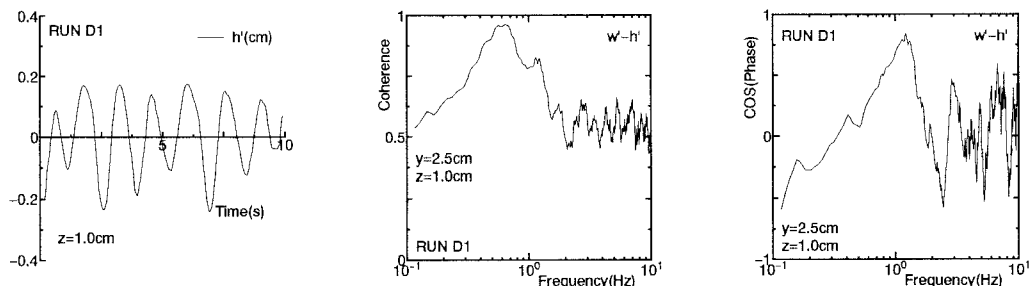


図-5 水面変動 h の時系列、横断方向流速変動 w' とのコヒーレンス、位相角の余弦

またReynolds応力の構造を知るため、瞬間Reynolds応力の条件付きサンプリングとして四象限区分解析を行った。図-6にはReynolds応力に対する各象限の寄与率、時間占有率を示す。寄与率については植生帯境界では第2象限、第4象限のReynolds応力への貢献が認められ、時間占有率においても同様に両者の占有がみられた。つまり、室内水路も灌漑水路においても植生帯境界部では流速変動 u' と w' が逆位相のときに圧倒的に時間占有率が高く、かつ効率的にReynolds応力に貢献していることが推測される。

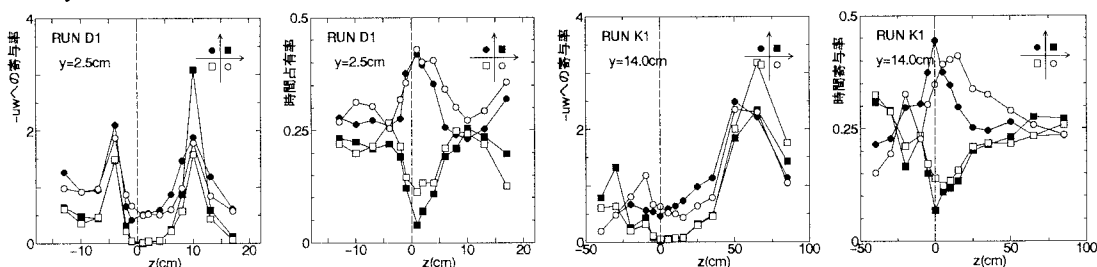


図-6 Reynolds応力に対する各象限の寄与率、時間占有率

4. おわりに

室内水路と灌漑水路で植生モデルのスケールを変えた実験を行った結果、水面変動を介した組織的な低周波変動が観察された。主流速流速変動スペクトルにより室内水路と灌漑水路での卓越周波数の相違が見られた。主流速流速変動 u' と横断方向流速変動 w' との相関関係より広い低周波領域で運動量混合に貢献しているのが伺えるが、横断方向流速変動 w' と水面変動 h では低周波領域のある決まった周波数でピークが見られた。

参考文献：1) 辻本，北村：測岸部に植生群落を有する開水路流れの横断混合機構に関する実験的研究，土木学会論文集，491/II-27，1993。