

植生帯を伴う流れに現れる変動の特性と役割

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. まえがき

近年、河川環境をより自然なすがたで整備しようという機運が高まってきており、植生帯を伴う流れの研究が活発に行われている。植生帯を伴う流れでは水面変動、流速変動が出現し、低周波で比較的規則正しく現れることが観察され、横断混合に大きな役割を果たしている¹⁾。しかしこれまでの研究のほとんどは植生帯を伴う流れの充分発達した平衡場での議論であり、平衡に至るまでの遷移過程を研究したもの²⁾は少ない。そこで今回、植生帯を伴う流れの遷移過程に着目した検討を行った。

2. 実験概要

実験は金沢市金浦用水(浅野川水系)のコンクリート矩形断面直線区間(幅1.5m, 直線距離約30m)で行った(写真1参照)。実験で用いた植生モデルには、安定性や施工の容易性等の面で有効と思われる鉄柵(長さ1.5m, 幅0.5m, 高さ0.5m)を用いて、水路側岸に沿って流下方向に15mの区間設置した。流速測定は2成分小型電磁流速計(KENEK製)を用いて流下方向に5測線にわたり計測を行い、20Hzで2048個のサンプリングとしてDR-F1(TEAC製)に記録し、パソコンを用いて統計処理を行った。

3. 数値解析

図-2に流下方向流速 U 、横断方向のレイノルズ応力 $-uw$ の流下方向変化の計算値と実験値を併示する。数値計算は開水路の路床上に植生粗度が一定幅で流れ方向に帯状に存在する場合を想定し、水深方向に平均化して平面二次元流として取り扱い、乱流モデルとして1方程式モデルを採用している³⁾。実験では流入部近傍で落葉など遮蔽物が鉄柵に付着したので、上流区間では植生密度を割増して計算を行った。主流速 U については3.0mまでの区間に少しばらつきはあるものの平衡部のみならず遷移部においても両者の対応は良好である。また、主流速分布から判断される遷移距離は6.0m程度である。Reynolds応力分布については $x=6.0$ mを除いては両者の対応は良好ではない。 $x=1.5$ mと $x=3.0$ mでは実験値について計算値が過大評価しており、 $x=9.0$ mと $x=12.0$ mについてはむしろ逆の傾向がある。この傾向は鉛直二次元植生場の遷移計算においても同様に見られ、標準型 $k-\epsilon$ モデルの問題点を示唆しており今後の研究課題である。

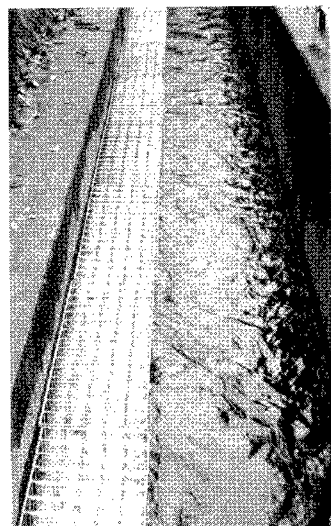


写真1

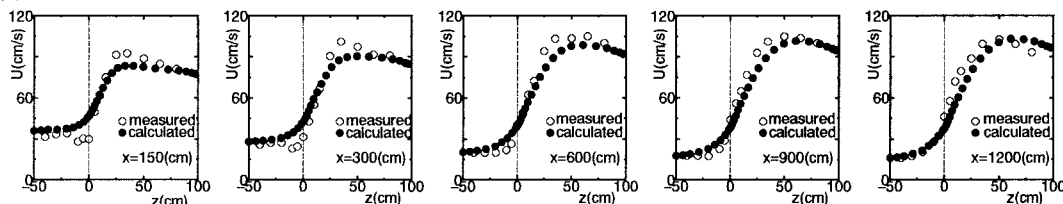


図-2 主流速分布の流下方向変化

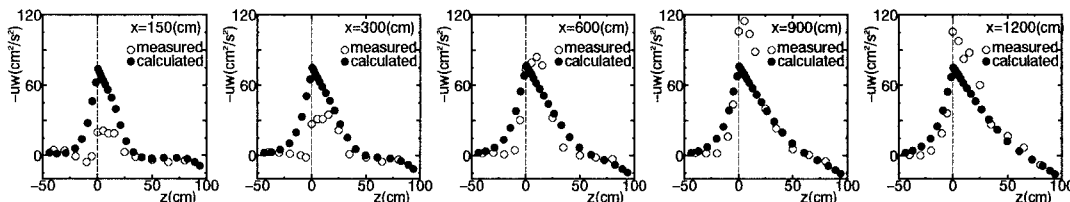


図-2 Reynolds応力分布の流下方向変化

4. 変動特性

図-3には横軸に u'/u_{rms} 、縦軸に w'/w_{rms} をとり、時間に沿った2つの関係を表す軌跡を描いた流下方向変化を示す(u', w' : 瞬間の乱れ強度, u_{rms}, w_{rms} : 時間平均された乱れ強度)。渦スケールの変化の過程が顕著に現れており実河川

のものに非常に近いものと思われ、また流下方向距離が進むにつれてこの2成分の間の強い負の相関が発達してくることがわかる。 $x=1.5\text{m}$ では形状は比較的円形に近い楕円形を有しているが、 $x=6.0\text{m}$ 以降での形状はほぼ一定で長軸と短軸の比が2:1であり、かつ回転角としてはy軸から反時計回りに $\pi/3$ の楕円形に近似できる。このことから流入部から遷移部を経て平衡部に至るにあたり円から上記に示したような楕円形に変形していると考えられる。また $x=6.0\text{m}$ 以降の図形の変化がほとんど見られないので、主流速分布 U と同様に遷移距離は 6.0m 程度であることがわかる。

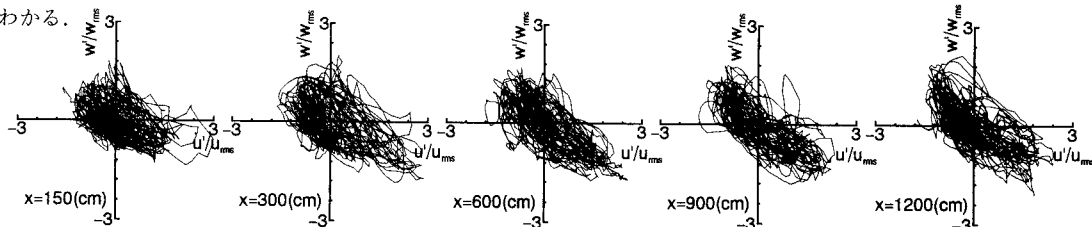


図-3 流速変動の流下方向変化

図-4では遷移部での植生帯境界での流速変動の時系列、コヒーレンス、位相角の余弦を示す。図-5では平衡部での植生帯境界での流速変動の時系列、コヒーレンス、位相角の余弦を示す。平衡部での u' と w' の時系列では明らかに逆位相であることが確認されるが、遷移部でもその傾向はまれに見られる。平衡域では低周波領域で相関が高いが、遷移域ではあらゆる周波数に対して同程度の相関が認められる。平衡域では位相角は低周波領域ではほぼ π で高周波領域に向かって減少しているのに、遷移域では $1\text{Hz} \sim 4.5\text{Hz}$ の区間にわたってのみ逆相関の度合いが強い。これらの図より平衡部では低周波変動によって横断混合を促進させているが、遷移部では様々なスケールの渦が混合を担っている。

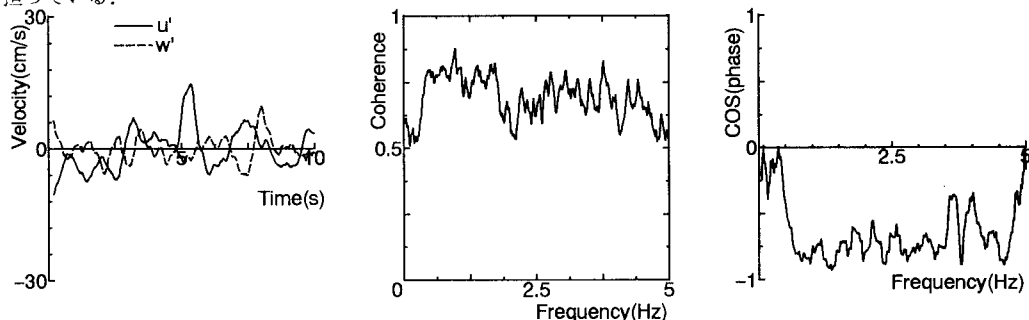


図-4 遷移部($x=1.5\text{m}$)での流速変動の時系列、コヒーレンス、位相角の余弦

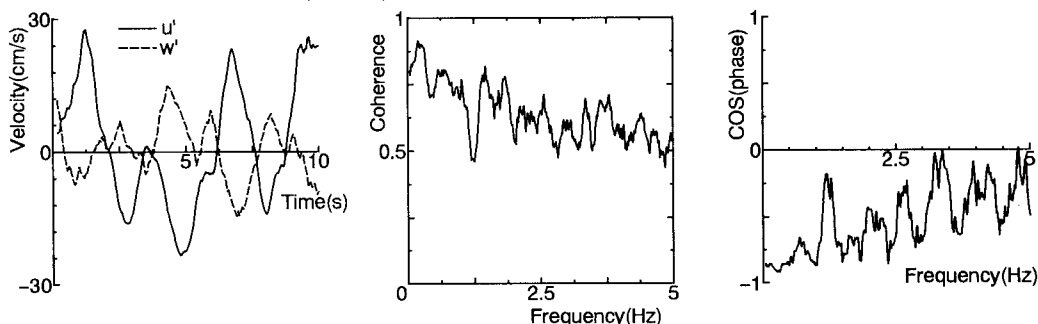


図-5 平衡部($x=12.0\text{m}$)での流速変動の時系列、コヒーレンス、位相角の余弦

5. あとがき

実河川に近いスケールでの野外実験を行った結果、平面流としての数値計算によって平衡域だけではなく遷移域の特性が充分再現でき、遷移距離はほぼ 6m と判断できた。平衡域、遷移域での流速変動を比較した結果、遷移域を経て平衡域では比較的規則正しい低周波変動が混合に貢献するようになることがわかった。

参考文献： 1) 辻本・北村：側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。 2) Tsujimoto, T.: Mixing process in open channel with vegetated zone, Proc. Int. Sym. Environ. Hydraul., Hong Kong, A.A. Balkema Pub., Vol. I, 1991。 3) 小山・清水：植生水路の遷移過程に関する数値計算，土木学会第49回年次学術講演会，366/II-183，1994