

京都大学 学生員 ○前川卓耶
 京都大学 フェロー 瀬津家久
 京都大学 正会員 岡本隆明

1. はじめに

河川における植生は河川の水質改善, 栄養分輸送, 生物多様性に大きく貢献するとされ, 近年では多自然川づくりの一環として植生を用いた河川整備が盛んに行われるようになってきている. また, 水工学的な面からも植生流れ特有の組織乱流は注目を集め, 多くの研究者により研究が進められてきた. さらに, 最近では patch 状の植生帯を有する流れ場を対象とした乱流構造と土砂輸送の関係も報告されている¹⁾. しかしながら, 植生を有したキャノピー流れの流化方向への発達特性を研究した例は少なく未解明な点が多い. そこで, 本研究では流下方向に計測位置を変化させて4m以上の区間にわたってPIV計測を行い, 植生群落内の組織構造の流化方向変化について考察した.

2. 実験手法および水理条件

本研究で用いた水路は, 全長 10m, 幅 40cm, 高さ 50cm の可変勾配型直線水路である. 装置図を図-1 に示す. 等流状態になるように水路勾配を変化させている. 座標系は流下方向に x 軸, 鉛直方向に y 軸, 横断方向に z 軸を設定し, 鉛直方向の原点は水路底面, 流下方向の原点は植生群落上流端である. 水路底面には計測部を含めて 5m の区間にわたって植生モデルを正方格子状に配置した. U, V および W は各方向における時間平均流速, u, v および w はそれぞれ瞬間流速の時間平均流速からの偏差を示す. H は全水深, h は植生高さ, b は植生幅である. 本研究で用いた植生モデルは流れによって変形しない剛体植生で, 高さ 50mm, 幅 8mm, 厚さ 1mm のアクリル板で作成した. 流速計測には PIV 法を用いた. 3W の Ar-ion レーザーを光源として水路上方か

表-1 実験条件

	植生密度 Φ	H (cm)	h (cm)	H/h	U_m (cm)	Re	Fr
Case 1	0.137	15.0	5.0	3.0	20.0	30000	0.16
Case 2	0.061	15.0	5.0	3.0	20.0	30000	0.16
Case 3	0.015	15.0	5.0	3.0	20.0	30000	0.16

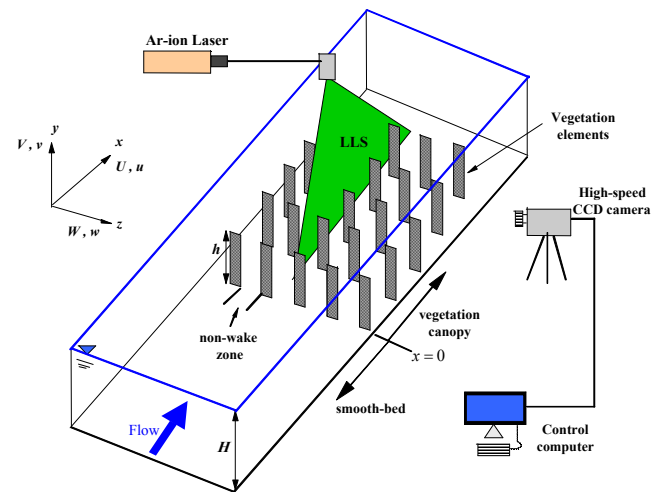


図-1 実験装置

ら厚さ 2mm のレーザーライトシート(LLS)を照射し, 側方に設置した高速度 CMOS カメラ(1024×1024 pixel)でデジタル撮影した. LLS の照射位置は non-wake zone である. トレーサーには粒径 100 μ m, 比重 1.02 のポリスチレン粒子を用いた. カメラに 30Hz の外部トリガーを与えて, 500Hz のフレームレートで 2 枚の連続画像のペアを 70 秒間計測した. また本研究では, 高速カメラを流下方向に移動させて x 方向の計測位置を変化させた. 計測位置の間隔は $x = -20-200$ cm では 10cm, $x = 200-400$ cm では 20cm である. 表-1 は水理条件を示す. 本研究では植生密度 $\Phi (=ab : a$ は単位体積あたりの植生の遮断

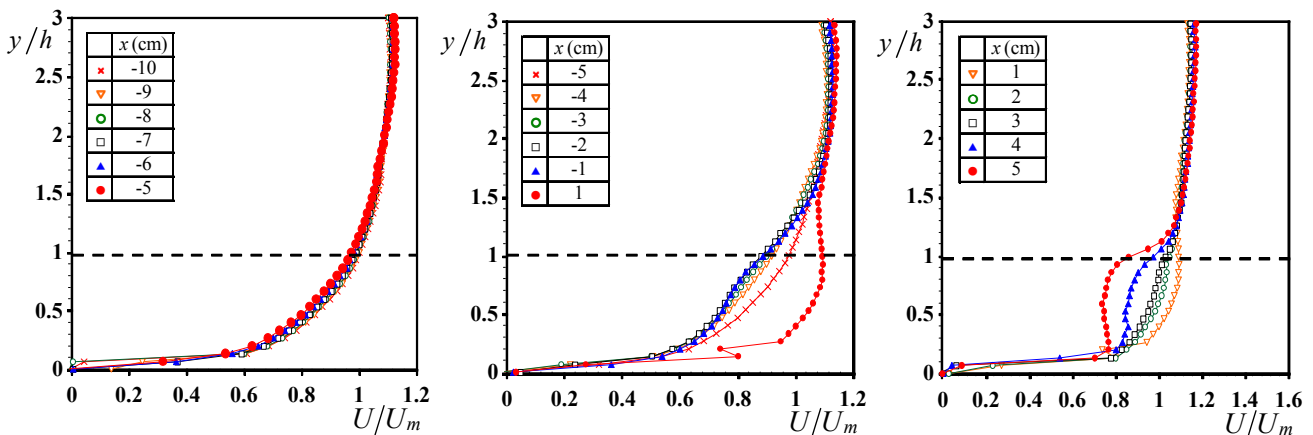


図-2 植生群落上流端付近での時間平均流速分布 ($\Phi=0.061$)

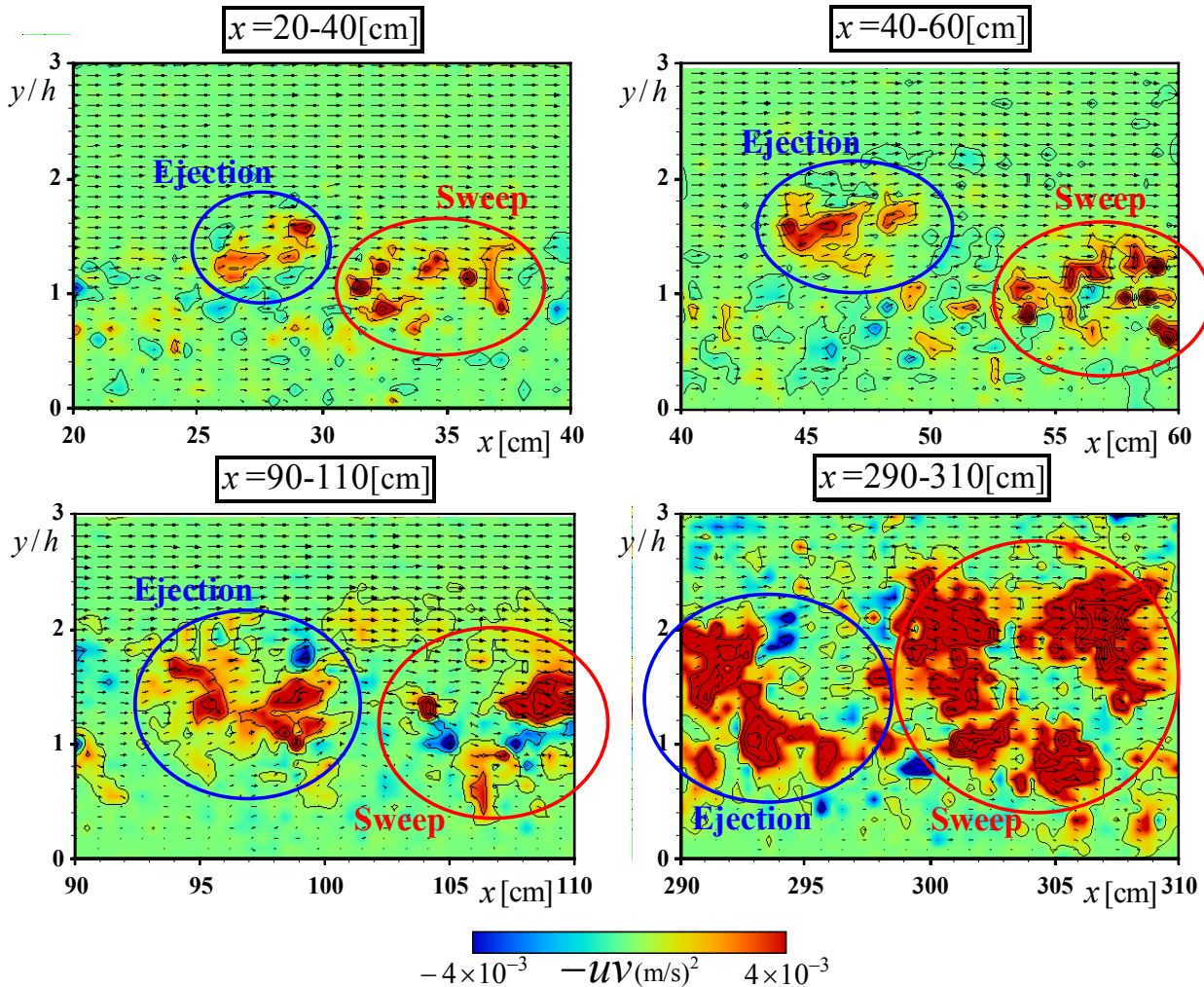


図-3 瞬間流速および瞬間レイノルズ応力の流下方向変化 ($\Phi=0.061$)

面積, b は植生要素の横幅)を系統変化させ合計 3 タイプ設定した. また, 断面平均流速は U_m , レイノルズ数は $Re \equiv U_m h / \nu$, フルード数は $Fr \equiv U_m / \sqrt{gH}$ である.

3. 実験結果と考察

図-2 は, $\Phi = 0.061$ のケースにおける植生群落上流端付近での時間平均流速 $U(y)$ を示した図である. $x = -10 \sim -5(\text{cm})$ では流速分布にあまり変化はなくほぼ一定であることから, この領域では植生の影響は小さいと考えられる. 一方, $x = -5 \sim -1(\text{cm})$ では植生の影響を受け始め, 植生内部 ($y/h \leq 1.0$) で流速の低減が見受けられる. 植生外部 ($y/h \geq 1.0$) において流速値が増加しているが, これは植生内部で植生により妨げられた流れが植生外部へと流れ込んでいるためであると考えられる. $x = -1 \sim 1(\text{cm})$ では, 植生内部で流速値が大きくなっているが, これは wake zone で植生により妨げられた流れが non-wake zone へと流れ込むためであると考えられる. そして, $x = 1 \sim 5(\text{cm})$ では植生の影響を受け植生内部の流速値は小さくなっていく.

図-3 は, $\Phi = 0.061$ のケースにおける瞬間流速および瞬間レイノルズ応力の流下方向変化図である. 流下方向に進むにつれて低速の上昇流で

ある Ejection と高速の下降流である Sweep の規模が徐々に大きくなっていることがわかる. したがって, 流下方向に進むにつれて植生内外での運動量交換も活発になると考えられる. また, この図から Sweep, Ejection を伴った組織乱流構造は十分下流で急に生成されるのではなく植生群落上流端付近で生成され, 流下方向に相似的に発達していくことがわかる.

4. 結論

- (1) 植生群落上流端付近には, 平坦河床流れの特性と植生群落流れの特性が混在する領域が存在する.
- (2) Sweep, Ejection といった組織乱流構造は流下方向に相似的に成長する.

参考文献

- 1) Lijun Zong, Heidi Nepf: Flow and deposition in and around a finite patch of vegetation, *Geomorphology*, vol.116, pp.363-372, 2010.