

第 部門

植生密度が開水路キャノピー流れに及ぼす影響に関する実験的研究

京都大学工学部地球工学部 学生員 岡本隆明
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 禰津家久
 京都大学大学院工学研究科 正会員 山上路生

1. はじめに

河川には多種多様の植生が繁茂して河川生態系の主要な構成要素の一つとなっている。このような植生帯は水生生物の生息条件として欠くことができないものであると同時に、植生は水質浄化作用も有するので河川環境機能の重要な評価基準として用いられる。一方植生の存在によって流速シアや河床抵抗が増加する。さらに植生境界部のせん断不安定性によって発生する組織乱流渦が浮遊土砂の乱流拡散や河床の局所洗掘を促進するなど植生が河川に与える影響は非常に大きい。したがって開水路植生キャノピー流れの水理特性や乱れ構造を解明することは水工学および河川環境上においてきわめて重要であるといえる。そこで本研究では植生モデルを設置した開水路流れをレーザー流速計によって計測し、特に植生密度の変化と平均流構造や乱れ構造の関係性を実験的に解明する。

2. 実験方法と水理条件

図 1 に本研究における実験装置を示す。水路は全長 10m、幅 40cm、高さ 50cm の可変勾配型直線水路である。x, y および z はそれぞれ、流下方向、鉛直方向および横断方向である。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 はそれぞれ乱れ成分、H は水深、h は植生の高さである。水路底面には、計測部を含めて 8m の区間にわたって水路底面に格子状に植生モデルを配置した(図 1)。植生モデルは高さ 50mm、幅 8mm、厚さ 1mm のアクリル板である。実験は 2 成分レーザー流速計(LDA)を用い、図のようにレーザー光を水路側方から照射してキャノピー内部も含めた全水深領域を点計測した。また植生による分散効果を解明するため横断方向に計測位置をトラバースさせ、植生後流域及び植生間領域を含む合計 9 つの鉛直ラインを計測した。表 1 に水理条件を示す。植生密度の影響を検討するためにレイノルズ数、フルード数及び水深は一定にして植生密度 λ を $\lambda=0.38, 0.77, 1.56$ の 3 通りに変化させた。ここで植生密度 λ は単位面積当たりの植生の遮蔽面積(frontal area)とで定義した。

3. 実験結果とその考察

本研究では植生による分散特性を調べるために Raupach ら¹⁾でよく用いられる空間平均操作を導入しており、 $\langle \rangle$ は空間平均を表すものとする。本研究では、主流方向の変化は横断方向変化に比べて小さいものとして空間平均を横断平均で近似した。図 2 に横断方向に空間平均した主流速鉛直方向分布を示す。なお流速値は植生先端での流速の横断方向平均値 $\langle U_h \rangle$ で無次元化している。同図より植生密度が増大するほど植生層内でシェルター効果によって減速するとともに植生層外で増加し、植生先端における流速シアが大きくなることがわかる。図 3 は植生外層の流速分布を対数則と比較したものである。図の式中の κ はカルマン定数で $\kappa=0.41$ であり、 d は原点移動量、 y_0 は粗度高さで流れ場から決定される。²⁾同図より植生外層上部では対数則が成立

Takaaki Okamoto, Nezu Iehisa and Michio Sanjou

表 1 水理条件

	U_m (cm/s)	H (cm)	h (cm)	Re	Fr	U_* (cm/s)	λ
typeA	12.0	15.0	5.0	18000	0.10	2.8	1.56
typeB	12.0	15.0	5.0	18000	0.10	2.6	0.77
typeC	12.0	15.0	5.0	18000	0.10	2.3	0.38

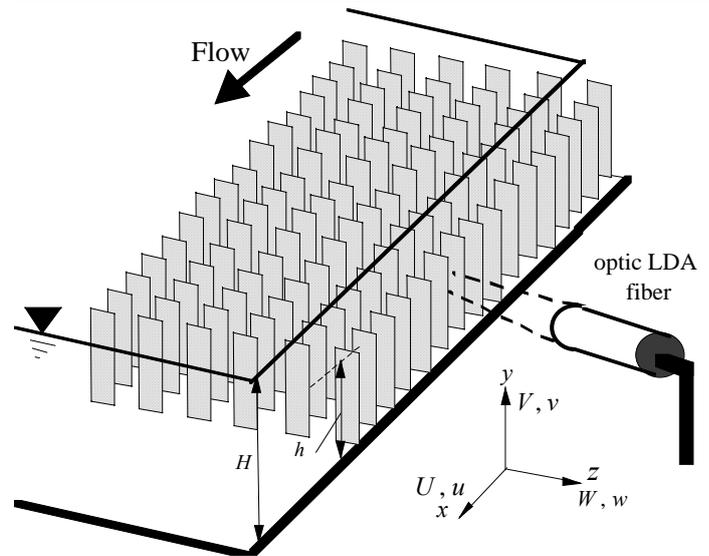


図 1 実験装置と座標系

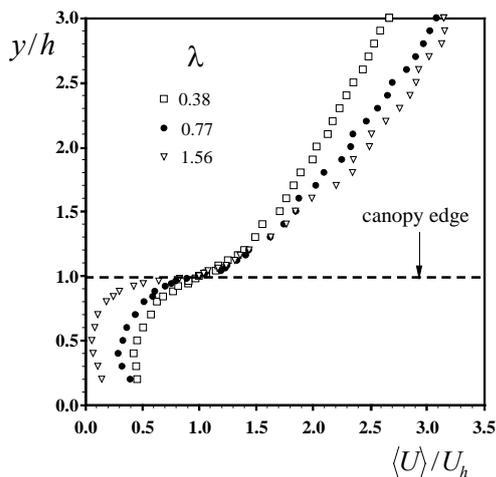


図 2 主流速鉛直方向分布

するが、植生外層下部では植生の影響のために対数則が成立しない領域が存在する。また植生密度が増大すると植生の影響が大きくなり対数則からのずれは大きくなり、 $\lambda = 1.56$ の場合で植生の影響が及んでいる領域の上限高さは植生高さの約 2 倍であることがわかった。次に植生流れの組織構造について調べるために、図 4 に $\lambda = 0.38, 1.56$ の場合についてガウス分布からのずれを示すスキューネス S_u, S_v および組織渦の差異 $\Delta RS \equiv RS_4 - RS_2$ の鉛直分布をプロットした。ここで RS_i は瞬間レイノルズ応力を 4 象限区分解析したもので RS_2 は ejection, RS_4 は sweep を表す。どちらの場合も S_u, S_v も植生先端でピーク値をとっており植生先端付近に大規模な組織変動が存在することがわかる。注目すべきは植生密度が増大すると植生先端におけるピーク値が増加することである。これは植生密度が増大すると植生先端付近でより大きな組織渦が発生することを示唆する。一方 ΔRS は植生内層から先端付近にかけて正值をとり植生外層上部では負値に転じる。これより植生層内から先端付近にかけては sweep が ejection より卓越し、植生外層上部では ejection が sweep より卓越する。これらのことから植生流れには植生先端付近に植生層外の運動量が sweep によって植生層内に輸送される大規模な組織構造が存在することがわかる。

4. おわりに

本研究では開水路植生流れを対象に LDA 計測を行った。その結果、植生密度がキャノピー流れの流速分布及び組織乱流構造に与える影響を明らかにした。

参考文献

- 1) Raupach, M. R. and Thom, A.S. : Turbulence in and above Plant Canopies, *Ann. Rev. Fluid Mech.*, Vol.13, pp.97-129, 1981.
- 2) Jackson P.S. On the displacement height in the logarithmic velocity profile, *J.Fluid Mech.*, Vol.11 pp.15-25,1980

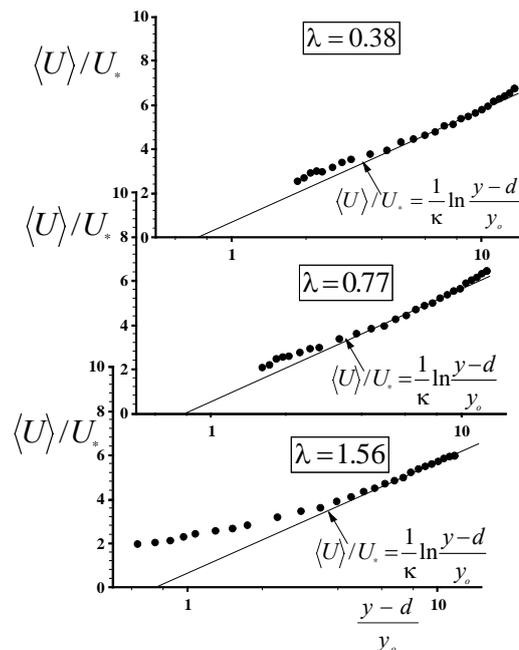


図 3 植生層外の流速分布

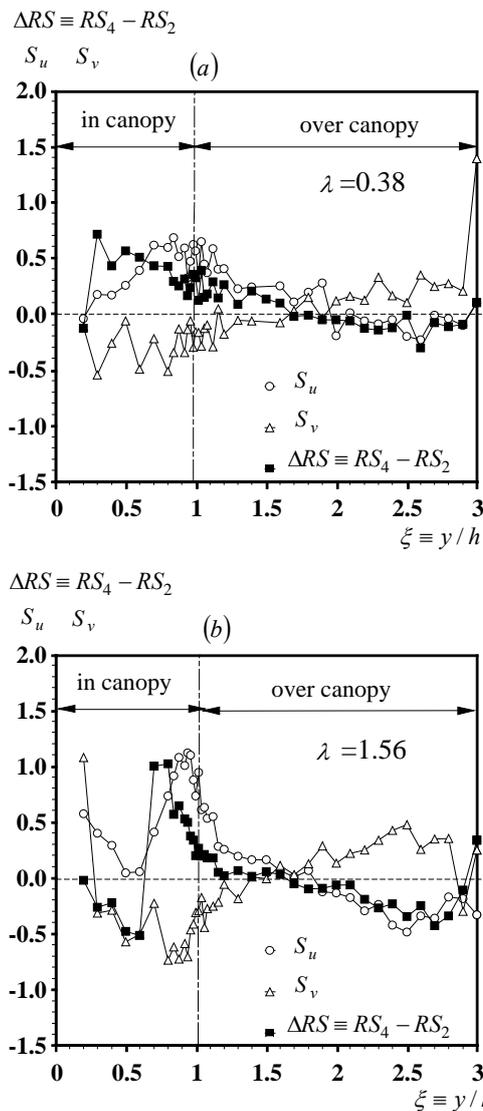


図 4 スキューネス分布