



HIROSHIMA UNIVERSITY



一般財団法人 北海道河川財団
RIVER CENTER of HOKKAIDO

180726 第3回 流砂・河床変動に関する研究会

開水路流中の樹木に作用する 流体力の評価方法と流れの解析法 発表概要



2017.11 Google street view



2018.7 After flood

広島大学大学院工学研究科

内田 龍彦



発表内容

- テーマ1: 不等流中の非水没樹木に作用する流体力特性
加速流れなど大スケールの圧力勾配のある流れでは、水流中に作用する抵抗体の形状抵抗は上昇する。
- テーマ2: 水没する傾斜樹木に作用する流体力特性
流体力は単に投影面積と流速ベクトルの内積ではなく、流体力が作用する投影面積と面ベクトル方向の流速の積で評価されるべきである。
- テーマ3: 水没樹木を有する流れの水深積分モデルによる解析法
水没樹木群を有する流れの流速分布を決める要因は、乱流モデルよりもむしろ流れの非平衡性によって決定づけられている。



テーマ1: 不等流中の非水没植生に作用する流体力特性とその評価手法

抵抗力を有する流れの解析の課題

直接評価法

抵抗力周囲の流れを解像する高精度・高密度解析⇒樹木などの複雑形状体では困難

積分型評価法

抵抗力の複雑形状とそれによる流れを解かずにある程度大きな空間において積分された方程式系を用いる。全ての抵抗を評価する場合と一部の形状を評価する場合に分かれる(樹木の場合は一般に群形状は評価するが個別樹木は評価しない)

・質量保存

連続式において体積占有率を導入するか、見かけの流速を解くことで容易に評価可。

・運動量保存

抵抗力に作用する流体力項を負荷し、全体の運動量保存則を満足させる。

⇒流体力は抗力係数を用いて評価されることが多いが、抗力係数は抵抗力、流れの様々な条件によって変化する。

⇒ $C_D=f(\text{形, レイノルズ数, フルード数, 配置, 相対水深(水没), アスペクト比, 流れの加速, 減速, 歪・回転})$

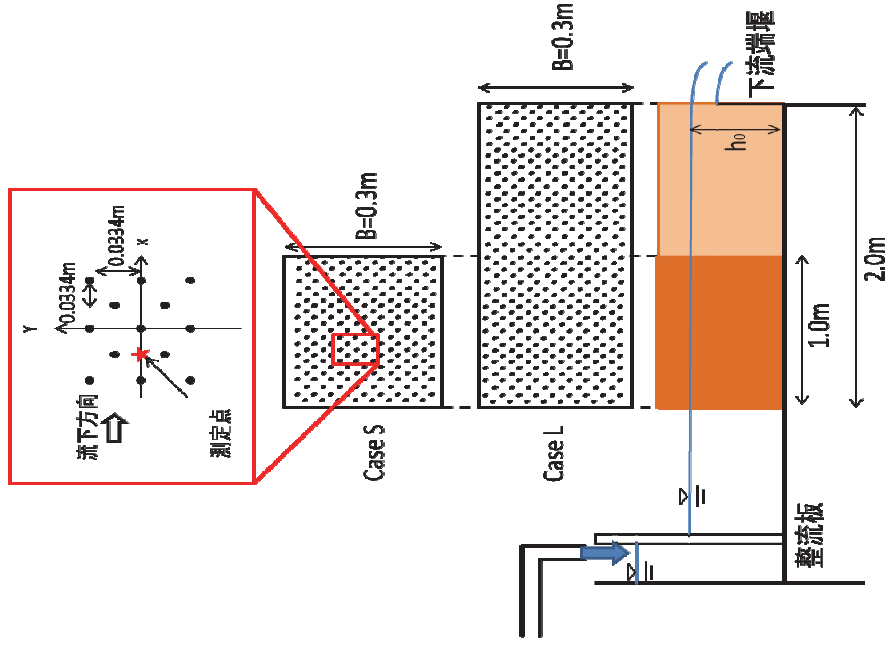
流体力を評価する場合は不等流や歪・回転のある流れであるが、多くのこれまでの研究は一樣流や等流において調べられている。

・エネルギー保存

空間平均からの偏差分を乱れエネルギーとして取り扱う方法が一般的であり、流体力項による乱れの生産項を加えることで評価されることが多い。精度は抗力係数評価法と乱流モデルの両方に依存するため、あまり検討されたい例はない。



実験方法



Case	抵抗体	流量(L/s)	河床勾配	流況	Re (Ud/ν)	Fr (U/√gh)	下流端水深 h0(m)
Case LC 1	円柱群	4.85	1/400	等流	Re=1060	Fr=0.08	0.164
Case LC 2	円柱群	6.55	1/17.4	等流	Re=3816	Fr=0.43	0.0632
Case LC 3	円柱群	3.95	1/17.4	等流	Re=3647	Fr=0.52	0.044
Case LC 4	円柱群	5.64	1/17.4	等流	Re=3639	Fr=0.43	0.0604
Case LC 5	円柱群	1.72	1/17.4	等流	Re=4194	Fr=0.95	0.015
Case LC 6	円柱群	2.06	1/400	等流	Re=831	Fr=0.066	0.1035
Case LC 7	円柱群	3.32	1/400	等流	Re=845	Fr=0.053	0.164
Case LC 8	円柱群	4.85	1/400	加速流	1893<Re<3455	0.18<Fr<0.43	0.052
Case LC 9	円柱群	2.06	1/400	加速流	1391<Re<2375	0.17<Fr<0.38	0.0322
Case LC 10	円柱群	5.64	1/17.4	加速流	3872<Re<4642	0.48<Fr<0.63	0.045
Case LC 11	円柱群	2.25	1/17.4	減速流	1389<Re<4546	0.17<Fr<0.86	0.06
Case LC 12	円柱群	3.66	1/17.4	減速流	1270<Re<3510	0.11<Fr<0.51	0.106
Case SC 1	円柱群	5.35	1/400	加速流	1648<Re<1848	0.13<Fr<0.16	0.1097
Case SC 2	円柱群	5.35	1/400	加速流	2091<Re<3133	0.19<Fr<0.35	0.065
Case LP 1	透過性抵抗体	1.58	1/400	等流	Re=3007	Fr=0.0196	0.1944
Case LP 2	透過性抵抗体	4.65	1/17.4	等流	Re=221	Fr=0.124	0.1179
Case LP 3	透過性抵抗体	6.81	1/17.4	等流	Re=218.5	Fr=0.10	0.1741
Case LP 4	透過性抵抗体	5.35	1/400	加速流	0.0585<Re<295.4	0.0585<Fr<0.178	0.1
Case LP 5	透過性抵抗体	5.35	1/400	加速流	138.7<Re<240.45	0.0574<Fr<0.136	0.12
Case SP 1	透過性抵抗体	5.35	1/400	加速流	181.6<Re<405.4	0.0861<Fr<0.348	0.0655
Case SP 2	透過性抵抗体	5.35	1/400	加速流	168.4<Re<275	0.0768<Fr<0.16	0.011

目的:

一次元流れにおける流れの加速, 減速が抗力係数に与える影響評価

仮定・前提:

非水没の一樣(水路幅スケールで見た時に密度が変化しない)な抵抗体とする。等流状態の抗力係数はReやアスペクト比によって変化せず, Frのみの関数とし, これをあらかじめ等流実験から得る(等流状態の抗力係数は分かっているものとする)。

テーマ2: 傾いた植生に作用する

流体力特性とその評価手法

To model the interactions of water flow and vegetation during flood event, **vegetation reactions** to water flow need to be clarified.

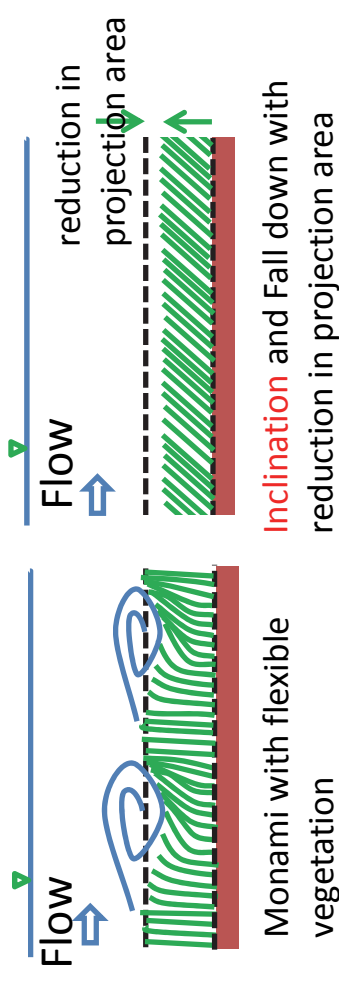


Ushizu River



Nuta River

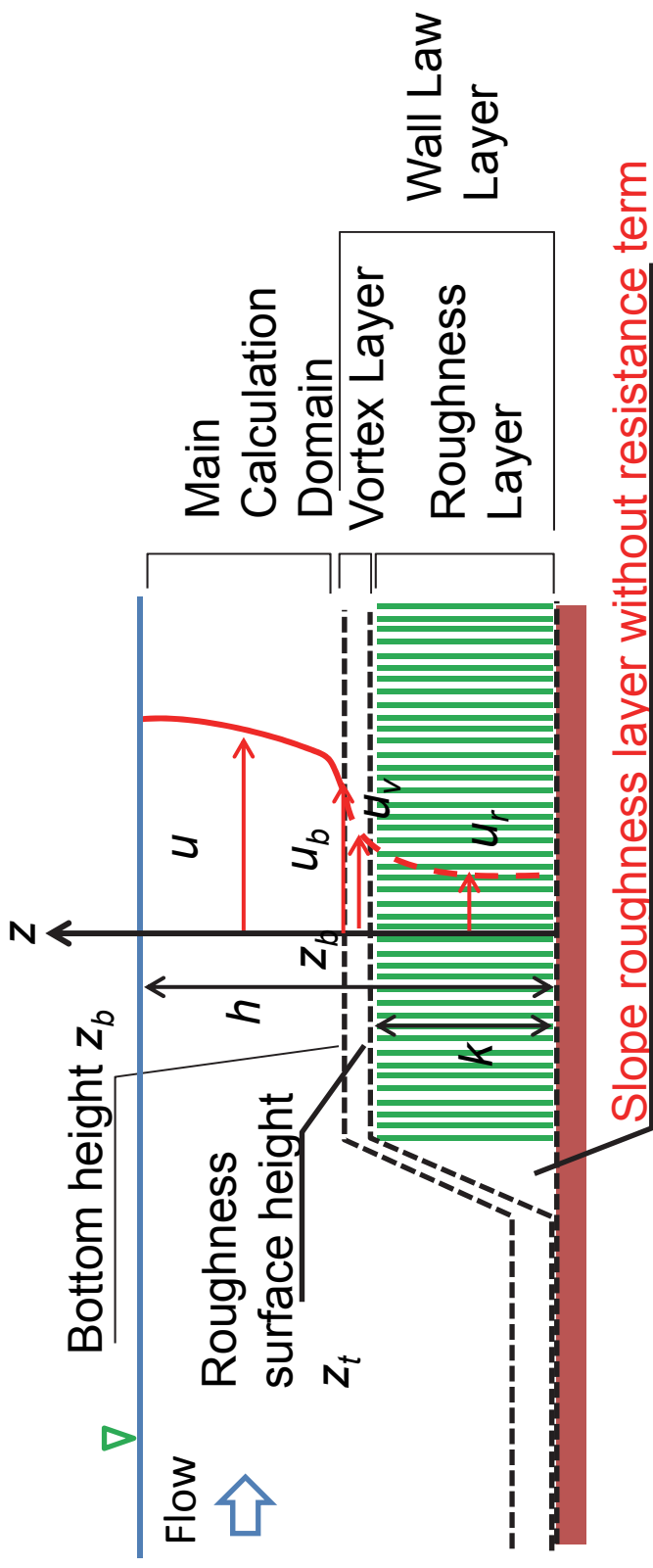
Vegetation fallen by flood flow



Vegetation reactions to water flow

- Monami
(wavy motion) (Flexibility)
- Inclination
(change in angle to flow)
(reduction in projection area)

マ3: 水没植生を有する流れの水深積分解析法 (GBVC4-DWL)



Resistance coefficient of the roughness layer C_b

$$\frac{D_i}{\rho \delta z_r} = \frac{1}{\delta z_r} \frac{u_r u_r}{c_r^2} \frac{h + \delta z_r}{h}$$

Roughness layer within vegetation

$$\frac{D_i}{\rho \delta z_r} = \frac{C_D u_r u_r}{2} \cdot (1 - \varepsilon) + \frac{4k}{\pi d} + \frac{1}{\delta z_r} \frac{u_r u_r}{c_r^2} \quad \varepsilon = \frac{n \pi d^2 / 4}{\Delta x \Delta y}$$

Slope roughness layer without vegetation

$$\frac{D_i}{\rho \delta z_r} = \frac{1}{\delta z_r} \frac{u_r u_r}{c_r^2}, \quad C_D = 0 \quad c_r = \frac{1}{\kappa} \ln \left(\frac{k + \delta z_0}{k_s} \right) + Ar$$

Slope roughness layer without resistance term