

条件付抽出法による側岸部植生境界における組織的乱流運動の三次元構造

○いわき市 正員 金成 修一
宇都宮大学 正員 池田 裕一

1. はじめに

河川の側岸に沿い植生が繁茂すると、植生境界近傍において植生部と主流部との流速差に起因する自由せん断層が形成され、そこでは横断方向の流速分布の変曲点不安定により、水平方向に広がりを持つ組織的・周期的な渦が発生し、またその際に、主流部からの高速水塊が植生境界部の低速水塊の下に潜り込み、上昇流が発生するという顕著な三次元性を有することが明らかになった¹⁾。さらに池田らは²⁾この周期渦自身の存在が上昇流の発生要因であることを明らかにした。しかし、これらの知見はあくまで定性的なものであり、より詳細な三次元運動を定量的に捉えるには至っていない。そこで本実験は2つのプローブを用いた流速変動測定を行ない、得られたデータに条件付抽出法を施し、さらに測定断面を多断面とすることで時間経過に伴う渦構造の変化を定量的に把握しようとするものである。

2. 実験装置及び方法

本実験では、全長 6.5m、幅 48cm、勾配 1/1000 の循環式アクリル製直線水路を用い、その右岸側に疑似植生帯として幅 12cm のプラスチック製の多孔質体を設置した。流速変動測定には2成分の電磁流速計を用い、これに2種類のプローブ(I・L型)を接続し、流速変動を測定した。測定断面は以下に述べる基準点の 5・10・13・16・20cm 下流、10・20cm 上流の7つの断面とし、各断面においてY方向に23点(せん断層: $Y=12\sim 25\text{cm}$ を1cmごと、その他を3cmごと)、Z方向に3点($Z=1, 2, 3\text{cm}$)の計69点を測定する。また、条件付抽出の際に基準となる点の流速変動測定には上記のプローブ(L型)を用い、上流端から500cm上流、Y方向に15cm、Z方向に2cmの点に設置し、基準点と測定断面内の点を同時計測した。サンプリング条件はサンプリング間隔 0.01sec、サンプリング時間 180sec である。実験装置の模式図と座標系を図-1に、実験条件を表-1に示す。

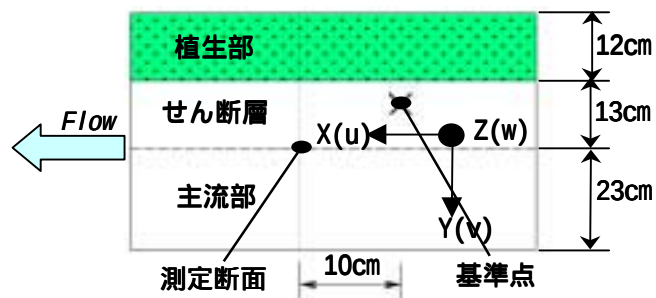


図-1 実験装置の模式図

表-1 実験条件

水路幅 B(cm)	48
植生幅 Bv(cm)	12
植生透過係数 K(cm/sec)	0.38
流量 Q(cm ³ /sec)	2900
水深 H(cm)	4.2
代表流速 U(cm/sec)	23.0
フルード数 $U/\sqrt{gH}$	0.36
渦発生周期(sec)	5.4

3. 条件付抽出法

本実験における条件付抽出法の手順を以下に述べる。まず、移動平均を施した基準点のレイノルズ応力($u'v'$)の極小値に注目し、そこを基準に前後それぞれ4秒間のデータを抽出し、得られたいくつかの一周期に渡る波のアンサンブル平均をとる。ただし、先の極小値の中には弱い値を示しているものもあり、それらを平均操作に加えると得られる渦構造にダメージを与えかねないため、計測された最大極小値の60%を満たすもののみを抽出基準点として採用する。図-2にその結果の一例を示す。図-2は、抽出後の基準点と同時計測された測定断面($Y=15.0$, $Z=2.0\text{cm}$)のレイノルズ応力のアンサンブル平均であり、この際、抽出された波の数は60秒間で7個である。さらに、一周期(8秒間)に渡る各変動量のアンサンブル平均値が得られたので、それらをもとに渦の時空間構造をキーワード: 条件付抽出, 三次元構造, 組織渦, 自由せん断層, 植生

連絡先: 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部水工学研究室 TEL028-689-6214 FAX028-689-6230

求めてみる．図-3(a)・(b)移動座標系の平面流況ベクトル図である．これらを見ると渦が発生し，時間の経過と共に流下していく様子がよく捉えられている．具体的に述べると，図-3(a)の 0.0sec では E 断面(+20cm)のせん断層で渦の後端部，A 断面(+5cm)の植生境界付近で渦の前端部，F 断面(-10cm)から G 断面(-20cm)にかけて一つの回転渦，以上の3個の周期渦が確認できる．ここでは A 断面の周期渦に注目し，それを追跡していくと，時間経過に伴いその渦形を現しながら流下し，その3秒後の図-3(b)の 3.0sec で，C 断面(+13cm)の Y=15~20 の間に渦中心部を有する明瞭な回転渦が確認できる．

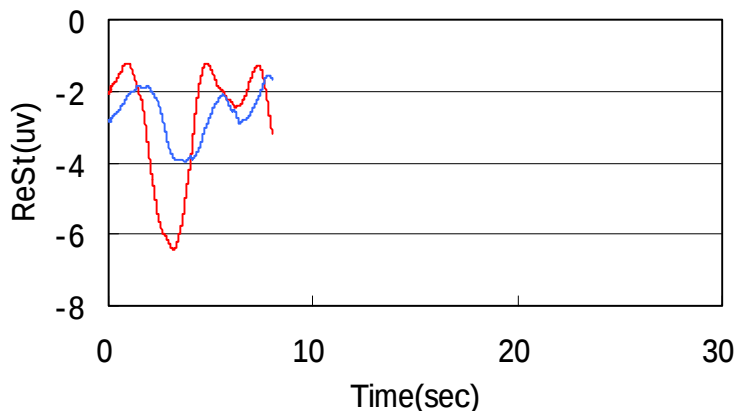


図-2 基準点及び測定断面(Y=15.0, Z=2.0cm)の抽出されたレイノルズ応力(u'v')のアンサンブル平均

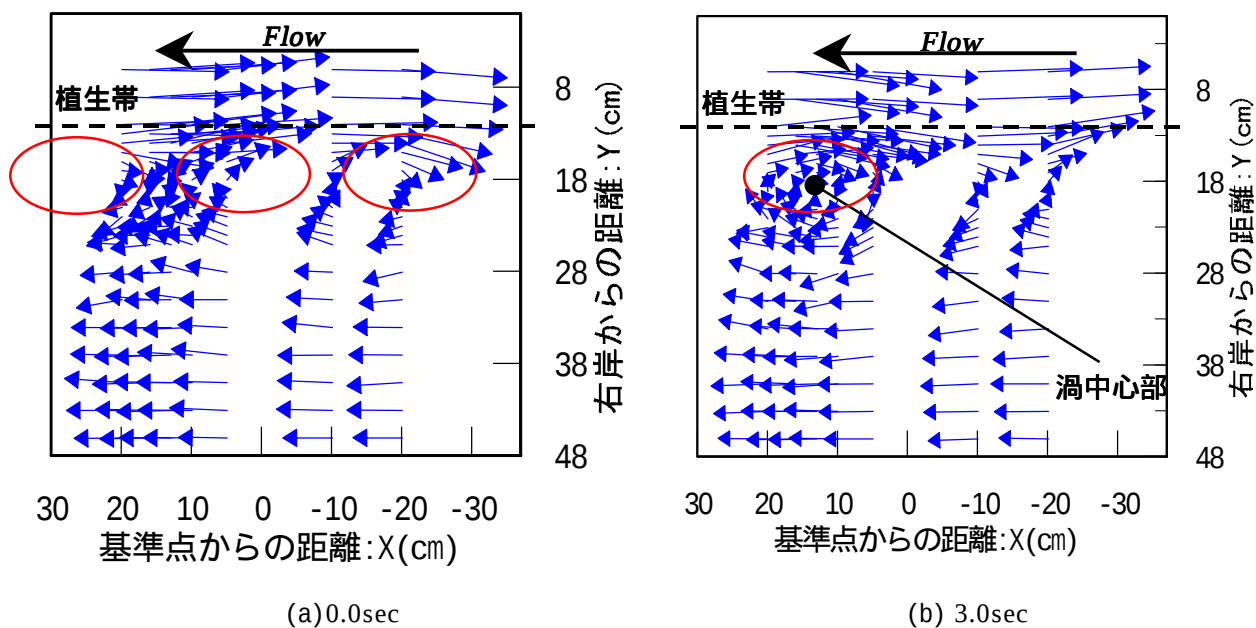


図-3 移動座標系の平面流況ベクトル図

4. まとめ

以上より、本実験は2つのプローブを用いた流速変動測定を行ない，さらに条件付抽出法を適用することにより植生境界に生じる周期渦の時間経過に伴う渦構造の変化を捉えようとした．その結果，渦が時間経過に伴って，流下していく様子がよく再現できた．今後はこれまで得られた三次元構造の知見を整理し，定量的な模式図などを作成し，さらにその発生機構を検討するしていく必要がある．

< 参考文献 >

- 1) 池田・本村・須賀：側岸部植生境界における組織的乱流運動の三次元構造に関する実験的研究、水工学論文集 Vol42 pp421-426
- 2) 池田・金成・須賀：側岸部植生境界における水平渦の三次元構造の発生要因に関する基礎的研究、第54回年次講演会 -112 pp320-321