

II - 38

灌木群近傍の変動流の位相解析

東北大学大学院 学生員○細井俊一
東北大学工学部 正 員 石川忠晴
東北大学工学部 学生員 山浦勝明

1. はじめに：主流と河岸植生の間のほぼ周期的な運動量交換が、河川水理学上の重要な研究課題として指摘され¹⁾、近年、理論的²⁾・実験的^{1) 3) 4)}研究が進められている。この現象は、ほぼ周期的とはいっても、波長や波形は必ずしも一定でないで、従来の研究では、平均周期を求める以外は、乱れ成分の整理と同様の解析を行っている⁴⁾。しかし、この現象を元来周期的な運動と考え、位相ごとの平均に基づいて解析することもひとつの方法といえる。本研究では位相ごとの平均データを作成し、流れの時空間分布を図化するとともに、植生境界における局所的な横流出入が運動量収支に及ぼす影響を調べた。

2. 実験の概要：長さ16.9m、幅80cmの矩形断面水路にの左岸側壁沿いに、幅30cmの灌木群模型（プラスチック製超多孔体、空隙率91%）³⁾を長さ10mにわたって配置した。測定点の平面配置を図-1、実験時の水理条件を表-1、波動特性を表-2に示す。

3. データ処理方法及びアンサンブル平均された運動パターン：

以下の手順でデータ処理を行った。

- ① 基準地点Aの水位（ h_0 ）を、ゼロアップクロス法によって、個々波に分割する。
- ② 個々波の時間長さの平均（ m ）と標準偏差（ σ ）を求め、時間長さが（ $m - \sigma$ ）と（ $m + \sigma$ ）の間に入っている波のみを抽出する。
- ③ h_0 を分割したと同じ時刻で、全測定値を分割する。時間長さを個々波の平均値に統一した後、アンサンブル平均する。

以上のようにして得られたデータから、運動の時空間分布を求めると、図-2のようになる。縦軸は横断方向の測点位置、横軸は位相を表わし、水位変動のコンターマップの上に変動分の流速ベクトルを重ねて表示している。

4. 運動方程式の各項の見積り：水路床の摩擦力が流速の2乗に比例するとすれば、浅水流の運動方程式は次のように書かれる。ただし、運動量補正係数は1とおいている。

$$\begin{matrix} \text{①} & \text{②} & \text{③} & \text{④} & \text{⑤} & \text{⑥} \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (Mu)}{\partial x} + \frac{\partial (Nu)}{\partial y} + \frac{g}{2} \frac{\partial (h^2)}{\partial x} + f \sqrt{u^2 + v^2} \cdot u - ghI = 0 \end{matrix} \quad (1)$$

$$\begin{matrix} \text{①} & \text{②} & \text{③} & \text{④} & \text{⑤} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (Mv)}{\partial x} + \frac{\partial (Nv)}{\partial y} + \frac{g}{2} \frac{\partial (h^2)}{\partial y} + f \sqrt{u^2 + v^2} \cdot v = 0 \end{matrix} \quad (2)$$

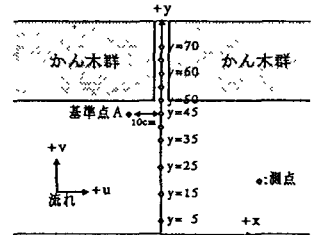


図-1 測点および座標の定義

流量	平均水深	勾配
0.016m ³ /s	6.7cm	1/400

表-1 水理条件

平均周期	波速	波長
2.45s	35.4cm/s	86.7cm

表-2 波動特性

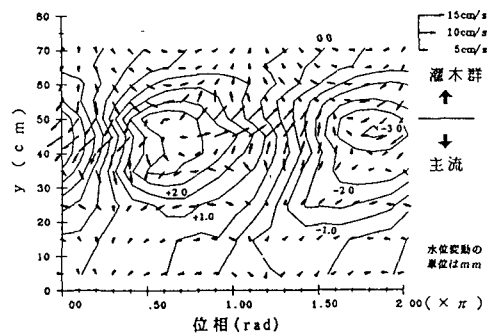


図-2 各位相における流速変動及び水位変動

ここに、 u ：水路方向流速、 v ：右岸方向流速、 M ：水路方向線流量、 N ：右岸方向線流量、 h ：水深、 I ：水路勾配、 f ：水路床の抵抗係数、 g ：重力加速度、である。これらの項の各位相における大きさを前節で求めた波形から計算した。変動中心線（ $y = 45\text{cm}$ ）における結果を図-3に示す。横軸は基準点水位（ h_0 ）の位相である。

主流方向の運動量の収支（式(1)）では、第①項と第②項、及び第③項と第④項がそれぞれ概ね逆位相でバランスしている。他の二項（抵抗項と重力項）はほとんど影響を及ぼしていない。また、横断方向の運動量の収支（式(2)）では、第①項と第②項が概ねバランスし、他の項は小さい。このように、主要な項が”対”となっている点が興味深い。

図-4に、運動量収支の各項の絶対値の和と残差を、基準点水位の位相を横軸に取って示す。本実験では、半水深の流速を代表流速としており、またアンサンブル平均で多少波形が鈍るから、完全な収支は取れていない。しかし、残差の割合は2割以下に収まっているので、図-3に示した各項の相対関係は、それほど大きく違わないものと推定される。

5. おわりに：本研究では、植生境界付近の流れの変動を位相ごとに平均して解析した。この方法は、生データ上の時間をぶつ切りにし且つ多少伸縮させる。また、波形の細部を鈍らせる。しかし、その反面、比較的容易に運動の時空間的パターンが得られ、また、運動量の収支式における各項の大きさを見積ることができた。

なお、本研究は、文部省科学研究費、総合研究A（代表：池田駿介）の補助を受けている。

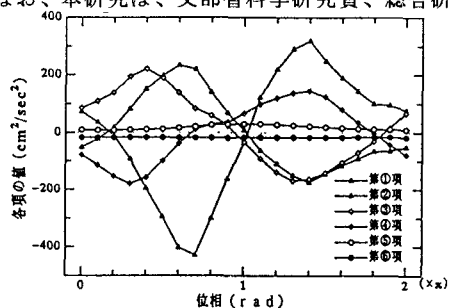


図-3 (a) (1)式における各項の値

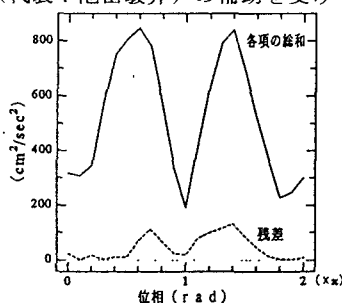


図-4 (a) (1)式における各項の総和及び残差

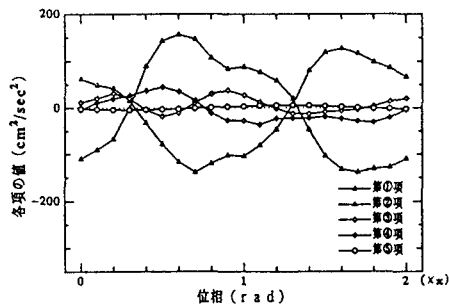


図-3 (b) (2)式における各項の値

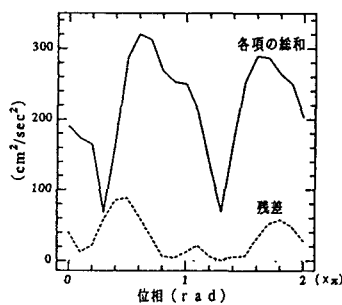


図-4 (b) (2)式における各項の総和及び残差

参考文献

- 1) 石川、田中：開水路流中のかん木の抵抗特性に関する研究、第31回水理講演会論文集、pp. 329-333、1987.
- 2) 池田、太田、長谷川：側岸部植生境界の周期渦の発生機構、土木学会論文集、443号、pp. 47-54、1992.
- 3) 福岡、藤田：洪水流の横断方向流速差がもたらす付加的抵抗の評価、第33回水理講演会論文集、pp. 301-306、1989.
- 4) 辻本、北村：側岸に沿って植生群落のある流路での水面変動を伴う横断混合、第36回水理講演会論文集、pp. 273-280、1992.