

# ランダムウォークを用いた杭水制内外での魚の挙動解析

東洋大学 大学院 学生員 栗原朋之  
 東洋大学 工学部 正会員 福井吉孝

## 1.目的

著者らは先にランダムウォークを用いてアユの挙動解析を行った。<sup>1)</sup>ここではその解析モデルを他の魚種に対して適用することを考える。その際、解析モデルに用いた乱数および解析式中の係数( , , )についての吟味を行う。

## 2.数値実験の概要

### a) 乱数について

乱数には、自然乱数、一様乱数、正規乱数などがある。ある有限の区間を区切って、その区間内で全ての実数が同じ確率で現れるような乱数、一様乱数を採用する。コンピュータでは、最大値を持つ自然乱数列を発生させて、それを最大値で割ることで(0~1)の一様乱数が得られる。この一様乱数は、線形合同法を用いて発生させる乱数により疑似乱数とも言う。本研究での乱数とは、C言語の標準ライブラリ関数である rand()関数を使用する。

### b) モデルの考え方

挙動解析に用いる水理量、水深、および流速は、浅水2次元方程式と連続の式を用いて求める。

< x方向の運動式 >

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^3} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \epsilon \frac{\partial M}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \epsilon \frac{\partial M}{\partial y} \right) - \frac{g}{K^2} M \sqrt{u^2 + v^2} \quad (1)$$

< 連続式 >

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

ここに、u : x方向の平均流速、M : x方向の流量フラックス、h : 水深、H : 水位、ε : 渦動粘性係数である。y方向も同様に考える。(1)(2)式より計算されたその場の水理量(u, v)をランダムウォークの式に用いる。

### c) 仮想魚の存在位置

魚はランダムに遊泳、移動すると考える。線形合同法により得られる乱数列  $Z=(z_0...z_n)$  は

$$z_n = (az_{n-1} + c) \bmod m \quad n \geq 1 \quad (3)$$

によって生成される。生成された乱数  $z_n$  に 2 をかけるこ

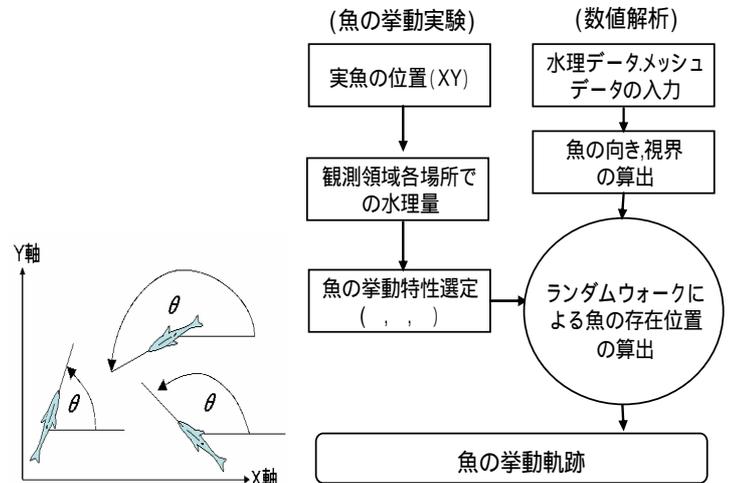


図-1 魚の移動方向角度

図-2 モデルの検証方法

とで、流水中での仮想魚の移動方向角度  $\theta_n$  を (0~2π) の範囲で得る。 $\theta_n$  は移動方向と X 座標とのなす角度とする(図-1)。単位時間後の仮想魚のいる地点は、次式より求める。

$$\begin{aligned} \theta_n &= 2\pi z_n \\ X_n &= \alpha\beta\gamma \Delta t (U_m - U) \cos \theta_n + X_{n-1} \\ Y_n &= \alpha\beta\gamma \Delta t (U_m - U) \sin \theta_n + Y_{n-1} \end{aligned} \quad (4)$$

ここに  $X_n, Y_n$  : 現在の各座標、 $X_{n-1}, Y_{n-1}$  : 前時刻の各座標、 $U_m$  : 遊泳速度、 $U$  : その場での平均流速である。走流性を表す係数(α), 壁に対する反応を示す係数(β), 構造物に対する反応を示す係数(γ)の値を(4)式へ代入することで、 $X_n, Y_n$  を得ることができる。

### d) モデルの検証方法

図-2 にモデルの検証方法を示す。魚の挙動実験より挙動特性の算定を行う。水理データ、実験から得られた各挙動特性の適当な係数を解析モデルに入力することにより、時々刻々の魚の存在位置を計算することができる。

## 3. 解析結果

### a) 係数の選定

構造物に対する反応を示す係数(β)は、視界範囲内に円柱群がある場合、(0 < β < 1.0)の範囲内で与える。βの概要を図-3に示す。図4-1,2は、実験での魚の挙動に近似させるため、βの値を変化させた場合の計算結果を示している。図よりβの値を1に近づけると、魚の移動距離が増し、結果、

キーワード ランダムウォーク、杭水制、構造物に対する係数(β)

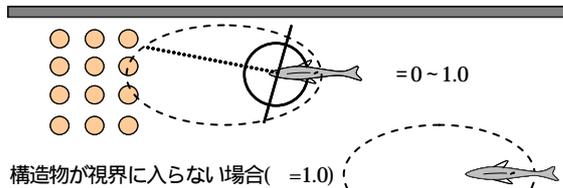


図-3 構造物に対する係数( )の概

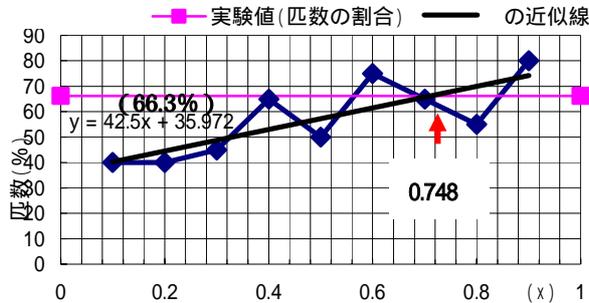


図-5 円柱群内に進入する匹数の割合

円柱群内に進入する。逆に 0 に近づくと移動距離が減少し進入しにくくなる。図-5 は、 の変化によって円柱群内に進入する匹数の割合を示している。実測の匹数は 66.3% となった。そこで実測値と計算値の交点である  $\alpha=0.748$  を採用した。計算結果を図-6 に示す。又、 $\beta$  については既に魚の挙動実験より妥当な値を算出し、解析に取り入れている。<sup>2)</sup>

#### b) 乱数列の検討

rand()関数 を使って発生させた擬似乱数は実行のたびに同じ擬似乱数を発生する。そこで srand()関数の seed(種)を変えることにより乱数の初期値を変更した。発生した乱数の違いによって、仮想魚の挙動に影響が出ないかを明確にする。図-6、図-7(乱数の初期値変更結果)より seed()を変更しても、結果に相違性は見られない。

#### 4.まとめ

本研究では係数の選定と、ランダムウォークの式の妥当性について検討した。その結果 1)解析結果、図-4 で得た の値 (0.75) を用いることにより、仮想魚の円柱群内に進入する割合(65%)が、実験値(66.3%)とほぼ一致した。2)乱数の初期値変更による解析結果、図-7 より、初期値を変更しても近似した結果が得られ、左右されないことがわかる。よってランダムウォークで用いた式は妥当といえる。3)図-6,7,実験結果図-8 より、実魚の挙動を概ね再現することができた。

#### 参考文献

- 1) 関谷明, 福井吉孝, 下村充, 打田剛: 魚類の迷入とその防止法, 土木学会論文集, No.782, pp. 81-91, 2005
- 2) 青木宗之, 福井吉孝: 杭水制群と魚類の遊泳特性について: 第 59 回年次学術講演会, 第 部門, 2004

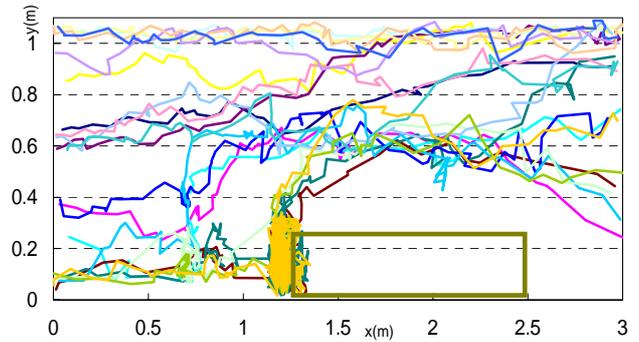


図-4-1 解析結果 (  $\alpha=0.1$  seed = 12 )

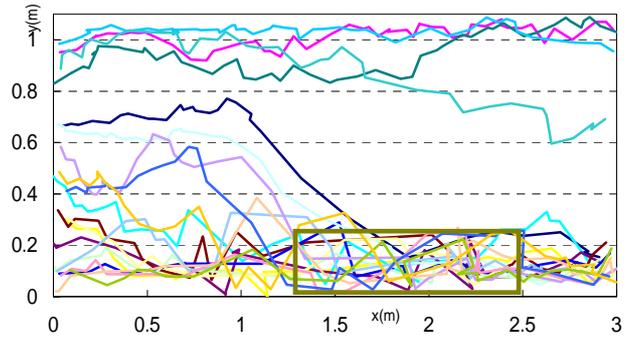


図-4-2 解析結果 (  $\alpha=0.9$  seed = 12 )

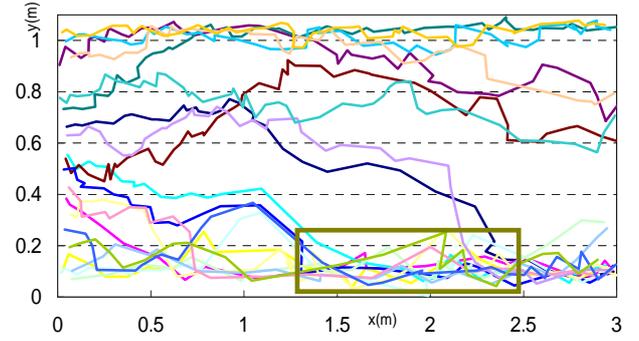


図-6 解析結果 (  $\alpha=0.75$  seed = 12 )

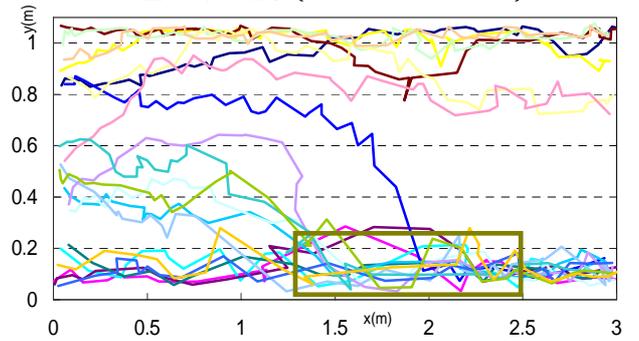


図-7 乱数の初期値変更結果 (  $\alpha=0.75$  seed = 100 )

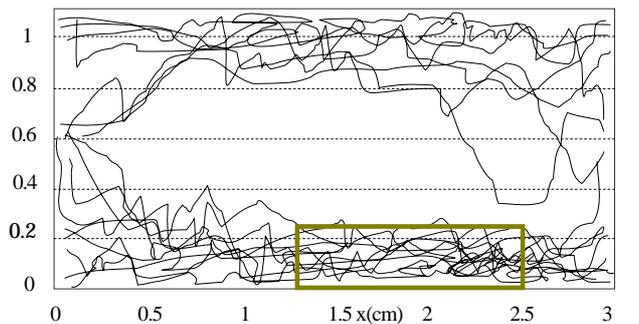


図-8 魚の挙動実験結果