

## メダカの集団行動のモデル化に関する基礎的研究

三重大学大学院生物資源学研究科 非会員 小林紀有起  
 三重大学大学院生物資源学研究科 正会員 葛葉泰久

## 1. はじめに

近年,日本では環境や生態系の保全が注目されてきている.しかし,身近に生息する多くの野生生物種が絶滅の危機にさらされ,環境省が編纂しているレッドデータブックに絶滅危惧種として取りあげられてきている.本研究ではその中で日本を代表する淡水魚でありながら近年急激にその数を減少させている「メダカ」を対象とした.

一方,生態系保全の研究では近年,シミュレーションを用いた手法が多くなってきている.青木(1980<sup>1)</sup>,1982<sup>2)</sup>が魚類の群れ行動のモデル化を行った.またメダカに関しては平松ら(2003)<sup>3)</sup>がメダカの環境応答モデルを作成した.シミュレーションを行う利点は実際には観測できないような現象を再現できることにある.また予測された結果から今後の生態系保全策を考えることが期待できる.そこで本研究では,メダカの行動予測を行う数値モデルを構築し精度を高めることを目的としている.数値モデルで使用するパラメータを求めるために水槽実験によりメダカの行動を観察し,構築した数値モデルを用いたシミュレーションについて検討していく.またそのための実験方法や実験装置は端ら(2001)<sup>4)</sup>の行っている実験を参考にして考案した.

## 2. 実験・解析方法

実験水槽は縦 15 cm,横 40 cm に区切ったプラスチック製容器(図1)である.底面の裏側には観察しやすいように 1mm 方眼紙を貼り付けてある.実験は止水域を想定しており,水温は 20℃~24℃ に保った.実験場所は室温を一定に保った室内で行い,実験魚に外部からの影響が極力ないようにした.

実験魚にはヒメダカを使用した.飼育水槽はヒーターで 24℃ 前後に保ち,約 30 尾飼育している.実験ごとにここからメダカを無作為に取り出して使用した.実験に用いる水は飼育水槽の水を用いている.給餌は毎日 1 回とし,実験をほぼ同一時間に実施した.

実験では実験水槽に所定数のメダカを入れて,メダ

カの 5cm あたりの遊泳速度を観察した.用いた個体数は 7,10,15,20,25 尾である.実験での同一個体の使用は 1 日に 1 回限りとした.

解析方法は,実験区間がすべて 1 画面に収まる高さからデジタルカメラで撮影した.撮影した画像を 1 コマ 0.1 秒でコマ送りにして遊泳速度を計算した.

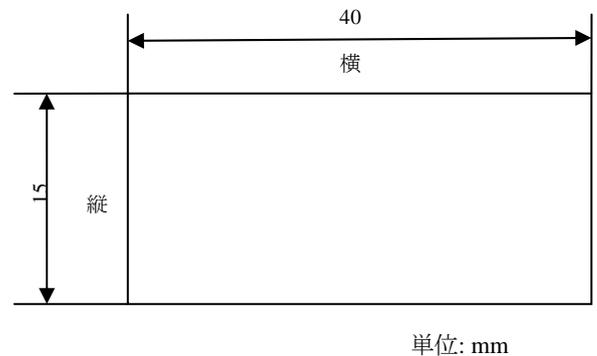


図1 実験水槽平面図

## 3. 解析結果と考察

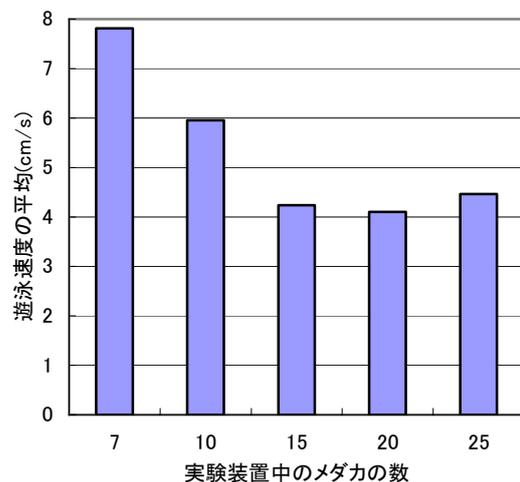


図2 遊泳速度の平均と実験装置中のメダカの数との関係

実験より図2が得られた.図2で示してある結果は端(2005)<sup>5)</sup>で示してあるメダカの限界流速の範囲内であった.しかし,瞬間的に約 50cm/s の速度で泳ぐメダカもいた.今回の実験は止水状態で行ったものであるが,野外では河川等の流れにのりさらに早い速度で泳ぐ可能

性がある。また、実験全体を通してメダカは実験水槽の境界を移動する傾向があった。以上のことを考慮して得られた結果をモデルに使用していく。

4. メダカの集団行動モデルの構築

今回のモデル構築にあたって青木(1980<sup>1)</sup>,1981<sup>2)</sup>の魚の群れの形成のシミュレーションモデルを参考にした。魚の位置は、①遊泳速度  $v$  と②移動角度  $p$  から計算する。

①遊泳速度  $v$  は以下のガンマ分布  $Ga(\alpha, 1/\lambda)$  で与えられる確率密度関数に従うガンマ乱数で与えられる。

$$f(v) = \frac{1}{\lambda \Gamma(\alpha)} e^{-v/\lambda} \left(\frac{v}{\lambda}\right)^{\alpha-1}, v \geq 0 \quad (1)$$

ここに、 $v$  : 遊泳速度,  $\lambda$  : 尺度パラメータ,  $\alpha$  : 形状パラメータである。

$$v = -\lambda \log(U_1 U_2 \cdots U_n) \quad (2)$$

ここに  $U$  : 一様乱数で与えられる独立した数である。

(2)式を用いることで遊泳速度  $v$  の乱数を発生させた。

図3は実験の解析結果で得られたデータより計算したメダカの遊泳速度  $v$  の確率密度関数である。

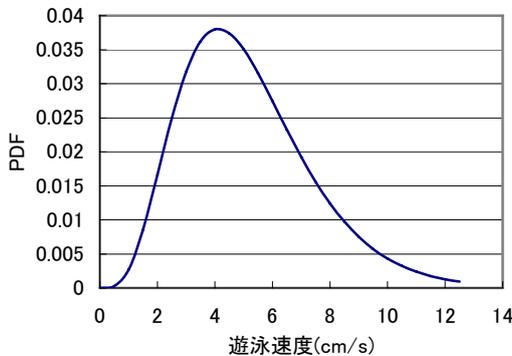


図3 遊泳速度の確率分布

②移動角度  $p$  は以下の式で与えられる。

$$p_i(\theta) = \sum_j W_j \frac{1}{S_j \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\theta - M_j)^2}{2S_j^2}} \quad (3)$$

$$W_{j+1} = RF \cdot W_j \quad (4)$$

$$\sum_j W_j = 1, j = 1, \dots, j_m (j_m \leq 4) \quad (5)$$

ここに、 $p_i(\theta)$  : 個体  $i$  の移動角度  $\theta$ ,  $S_j, M_j$  :  $i, j$  の距離によって変化するパラメータ,  $W_j$  : 個体  $j$  の与える

影響の重み,  $RF$  : 相互作用の関係係数,  $j_m$  : 他個体からの影響を受ける範囲内にある個体(最大で4尾まで)である。

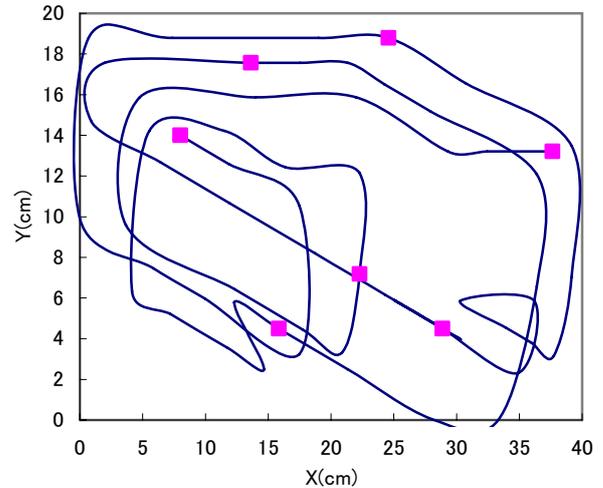


図4 60秒間の泳ぎの軌跡

図4はメダカ1尾の60秒間の泳ぎを出力したものである。同図中の点は10秒毎の位置を示したものである。構築したモデルで概ね境界に沿って泳ぐメダカの動きが再現できたと考えられる。しかし、境界付近でのメダカの動きの再現性についてさらなる検討が必要である。

今後は1尾だけの動きの再現だけでなく、個体間の相互作用がメダカの動きに及ぼす影響を検討していき、モデルの再現性を高めていくとともに境界付近でのメダカの動きについても検討。またメダカは群れで泳ぐ性質が強いことから、モデルでの群れ形成の再現についても検討していく。

参考文献

1)Ichiro Aoki(1980):An analysis of the schooling behavior of fish internal organization and communication process ,Bull.Ocean Res.Inst.Univ.Tokyo,No.12,pp1-65. 2)Ichiro Aoki(1982) : A Simulation Study on the Schooling Mechanism in Fish,Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries,48(8),pp1081-1088 3). 平松和昭:ファジィ推論によるメダカの環境応答モデルの開発,農業土木学会論文集第7巻,315-320,2003. 4) 端憲二・竹村武士・本間新哉・佐藤政良:流れにおけるメダカの遊泳行動に関する実験的考察,農業土木学会誌第69巻9号,987-992,2001. 5) 端憲二:メダカはどのように危機を乗り越えるのか,農山漁村文化協会,2005