

# ファジィ推論によるメダカの環境応答モデルの開発 Mathematical Modeling of Preference Intensity of Japanese Medaka for Instream Water Environment using Fuzzy Inference

福田信二\*, 平松和昭\*\*, 四ヶ所四男美\*\*

FUKUDA Shinji\*, HIRAMATSU Kazuaki\*\*, SHIKASHO Shiomi\*\*

**はじめに** 一般に,人や動物の社会・環境因子に対する応答行動はばらつきが大きく, 選好判断に曖昧さを伴うため, 選好強度のモデル化にはこれらの曖昧さを考慮した手法が望まれる. 著者ら (Hiramatsu and Shikasho, 2002) は正規化因子ウェイトを用いた乗法形選好強度式を用いて, 水深因子, 流速因子および遮蔽因子に対するメダカ (*Oryzias latipes*) の選好特性を室内開水路実験によって検討した. 得られた選好強度式を用いて予測したメダカの空間分布は観測分布と良好に一致したが, メダカの環境応答は実験ごとに大きなばらつきが見られた. そこで本研究では, 実験で得られたメダカの各環境因子に対する選好特性をファジィ推論を導入してモデル化した. さらに, 得られたファジィ選好強度モデルを室内平面水槽実験およびフィールド調査によって検証した.

## ファジィ推論による選好強度の定式化

### 1. 単一環境因子に対する選好強度式

著者ら (2002) は, 左右両水路独立して環境因子を設定できる開水路を用い, 環境因子を単独で変化させる単一因子実験 (Fig.1) とこれらを組み合わせた複合因子実験を行った. この実験結果を用いて, 簡略化法を用いたファジィ推論 (水本, 1991) を行うことで, メダカの各環境因子に対する選好強度の定式化を試みる. 前件部は, 水深, 流速, 遮蔽率に対する一致度を三角対称ファジィ数で Fig.2 のように定義する. これらに対する後件部は選好度 0~1 の間に位置するものとし, 後件部の値は, 単一因子実験の結果を用いて, それぞれの環境因子ごとに単純 GA で最適値探索を行った. 後件部のコーディングでは区間 [0,1] を 6 ビットで表し, 適応度は各水路の実測分布率とファジィ推論から得られた予測分布率の二乗誤差の和の逆数として定義した. その際, 環境因子の値とファジィ推論から得られた  $I$  個の水域それぞれの選好強度が  $P_i (i=1, \dots, I)$  である場合, 各水域におけるメダカの予測分布率  $D_i (i=1, \dots, I)$  は次式で与えられるとする.

$$D_i = P_i / \sum_{i=1}^I P_i \quad (1)$$

Fig.3 の点線が単一因子実験から得られた後件部

である. 式 (1) による予測分布率の再現性を Fig.1 に示す. 予測分布率は実測分布率のほぼ中央にあり, ほぼ最適な後件部が選択されていると考えられる.

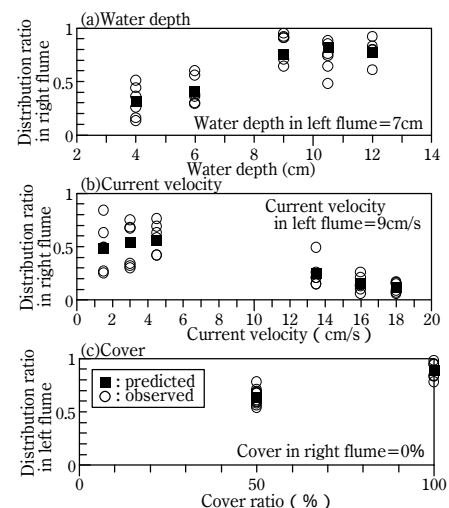


Fig.1 単一因子実験の結果と予測分布率  
Observed and predicted distributions  
in single-factor experiments

\* 九州大学大学院生物資源環境科学府 Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University \*\* 九州大学大学院農学研究院 Faculty of agriculture, Kyushu University  
キーワード: ファジィ推論, 簡略化法, ファジィ選好強度モデル, 単純 GA, メダカ

## 2. 複合した環境因子に対する選好強度式

実水域の環境条件は複数の環境因子が複合したものであるため、前節で求めたそれぞれの環境因子に対する選好強度式を何らかの方法で統合する必要がある。ここでは、それぞれの環境因子に重み  $W_j$  ( $j$ =水深, 流速, 遮蔽) を与えて、各環境因子の後件部の値に  $W_j$  を乗じ、3 因子間での相対的な値に調整する。その際、少なくとも1個の環境因子は  $W_j=1$  とする。重みは複合因子実験の実測分布率とファジィ推論から得られた予測分布率の二乗誤差の最小値を与える値として求めた。以上の方法により、各環境因子の重みの比は  $W_{\text{水深}}:W_{\text{流速}}:W_{\text{遮蔽}}=0.21:1.0:0.50$  となり、得られた後件部を Fig.3 に実線で示す。

### ・室内平面水槽実験による検証

著者ら (2002) は環境因子の様々な組み合わせを実現した平面水槽を用いて、単一因子のみを変化させる1因子実験、2つの因子を変化させる2因子実験、3因子全てを変化させる3因子実験の計7種類の実験を行った。実験結果から得られた環境因子の値とファジィ選好強度モデルを用いて(1)式で計算したメダカの予測分布を実測分布と比較した例を Fig.4 に示す。ファジィ選好強度モデルにより、計7種類の実験全てでメダカの分布の傾向がほぼ表現された。

### ・実水域における生息環境調査による検証

著者らによるフィールド調査 (2002) で測定された環境因子の値とファジィ選好強度モデルを用いて(1)式から算出したメダカの予測分布を実測分布と比較したのが Fig.5 である。同図ではメダカの実測分布と予測分布はほぼ一致しており、ファジィ選好強度モデルの妥当性がうかがえる。

### ・終わりに

本研究では、メダカの環境応答の曖昧さを積極的に捉え、簡略化法を用いたファジィ推論を行うことで、メダカの環境因子に対する選好強度のモデル化を試みた。検証実験からファジィ選好強度モデルの妥当性がうかがえたことから、ばらつきを曖昧さとして積極的に捉えてモデル化する本研究のアプローチはより合理的であると考える。

参考文献： Hiramatsu, K. and Shikasho, S. (2002) : Mathematical Modeling of Preference Intensity of Japanese Medaka for Environmental Factors in Streamflow, Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 47(1), 109-127. 水本雅晴 (1991) : 最近のファジィ制御法, 数理科学, 333, 20-26.

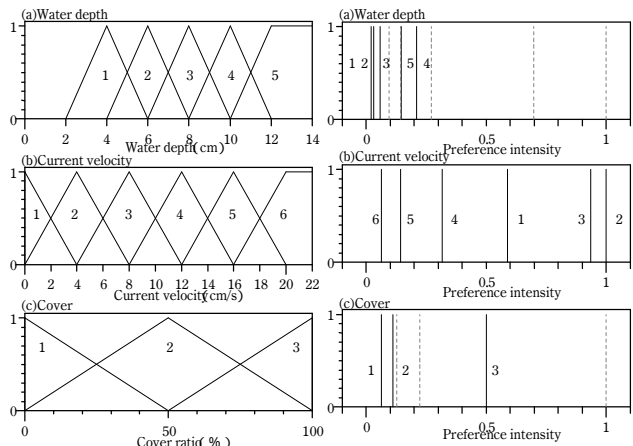


Fig.2 前件部 Condition parts      Fig.3 後件部 Conclusion parts

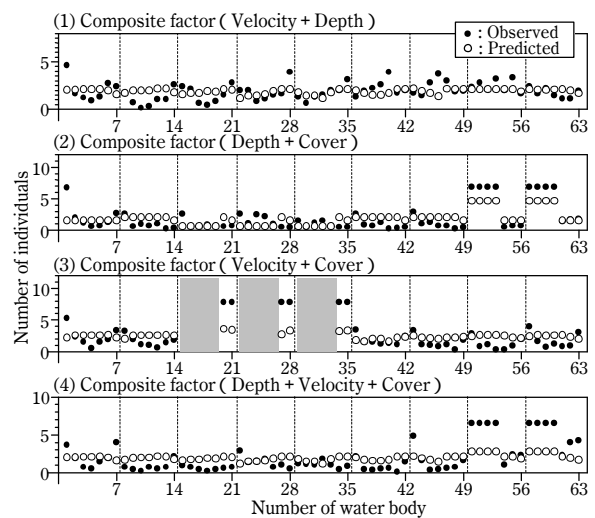


Fig.4 室内平面水槽実験の結果 Result of laboratory water tank experiments

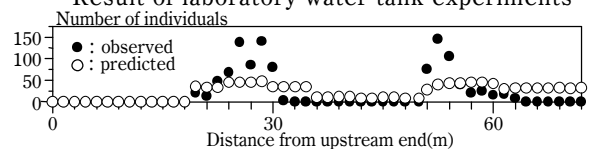


Fig.5 フィールド調査の結果 Result of on-the-spot examinations