

メダカの生息場選好性モデルへのあいまいさの導入の有効性に関する比較研究
 Comparing the effectiveness of considering fuzziness into fish habitat models
 for Japanese medaka (*Oryzias latipes*)

福田信二*

FUKUDA Shinji*

1. はじめに 近年，環境配慮型の圃場整備事業を目指そうとする機運が高まっている．開発と生態系保全の調和を図る際には，対象地域の環境構造や保全の対象となる生態系の特徴の詳細を把握し，『どのような環境をどれだけ保全・創出するのか』について定量的な目標を設定する必要がある．生物の生息環境を定量的に評価する手法は多数提案されており，ファジィ理論やニューラルネットワーク等の応用例もみられる (Ahmadi-Nedushan *et al.*, 2006)．これまで著者らは，メダカ (*Oryzias latipes*) を対象とし，その生息場と物理環境の関係性を人工知能技術により表現してきた (ファジィ生息場選好性モデル (FHPM): 平松ら, 2003; ファジィ・ニューラルネットワークモデル (FNN): Fukuda *et al.*, 2006)．また，生息場選好性モデルにあいまいさを導入することによって得られる効果をそれぞれのモデルについて数値的に評価した (Fukuda, 2009a, 2009b)．以上をふまえ，本報では，生息場選好性モデルのファジィ化の有効性に注目し，上記 2 モデルの特性を比較する．

2. フィールド調査 フィールド調査は，2004 年 10 月 14 日および 11 月 5 日に福岡県久留米市の農業用水路で実施した．水路は幅 2 m 程度の土水路で，河床には水生植物が繁茂しており，多様な水理環境を形成していた．この水路の約 50 m を調査区間とし，水深 (cm)，流速 (cm s^{-1})，側方遮蔽率 (%)，植生被覆度 (%) およびメダカの生息個体数について調査した．水深と流速の調査結果に基づき，類似した環境に水域を区分し，側方遮蔽率と植生被覆度を計算した．観察したメダカの生息個体数は各水域とも 1 m^2 あたりの個体群密度 $\rho_{o,i}$ に換算した．以上の結果 (図 1) を用いて，生息場選好性モデルを構築する．

3. 生息場選好性モデル 本報では，FHPM と FNN を対象とする．FHPM は，ファジィ推論と遺伝的アルゴリズム (GA) を融合したモデルであり，物理環境因子と生息場選好性の関係をファジィルールにより表現する．その際，ある水域 i ($i=1, \dots, n$) における物理環境測定値とモデルにより計算された選好度が P_i である場合，その水域におけるメダカの予測個体群密度 $\rho_{c,i}$ は次式を用いて計算した．

$$\rho_{c,i} = \left(P_i / \sum_{i=1}^n P_i \right) \sum_{i=1}^n \rho_{o,i} \quad (1)$$

また，水域 i の選好度 P_i は各因子に対する選好度の積とし

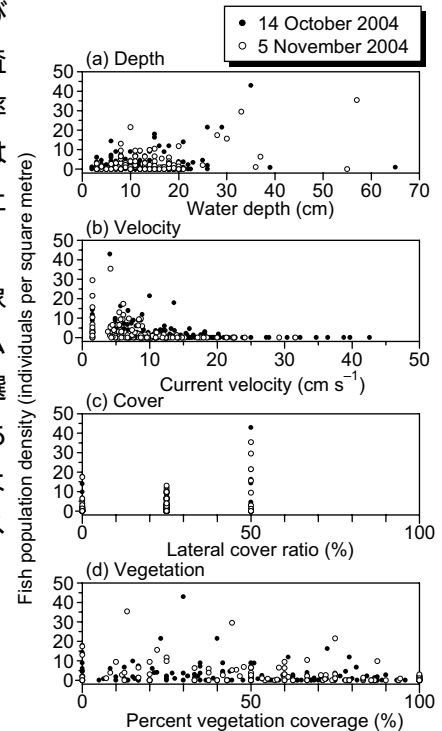


図 1 調査結果
 Fig. 1 Result of field surveys

*九州大学 熱帯農学研究センター Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University

キーワード：生息場選好性モデル，ファジィ推論，ニューラルネットワーク，単純 GA，メダカ

て計算した。また，FNN は，ファジィ理論とニューラルネットワークを融合したモデルであり，物理環境情報に基づきメダカの空間分布を予測する。なお，各モデルの詳細は，

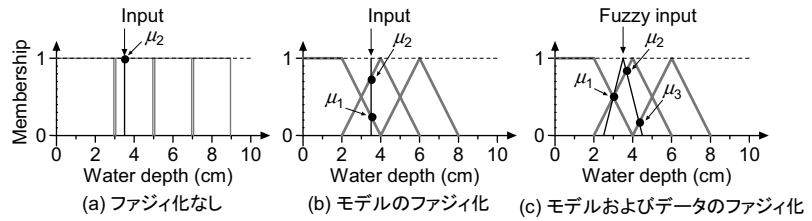


図 2 ファジィ化の例
Fig. 2 An example of fuzzification

既報（平松ら，2003；Fukuda *et al.*, 2006；Fukuda, 2009a, 2009b）を参照されたい。

4. 解析 本報では，3 段階のファジィ化を設定し（図 2），メダカの空間分布の予測精度および生息場選好曲線の形状からモデルの特性を比較する。モデルおよびデータのファジィ化では三角型対称ファジィ数を適用した。両モデルとも実測データに適合するように最適化を行ったが，FHPM では GA での世代交代数を，FNN では目的関数である平均二乗誤差（MSE=7.0）を収束判定の基準とした。また，最適化における初期条件の違いによるモデルの構造のばらつきを考慮し，各モデルとも 50 通りの初期条件を与えた。なお，FNN は，空間分布の予測はできるが，生息場選好性の評価はできない。そこで，メダカの個体群密度が生息場選好性を反映していると仮定し，Fukuda (2009a) に従って選好曲線を求めた。

結果と考察 FHPM と FNN により評価された生息場選好曲線を図 3, 4 に示す。FHPM ではファジィ化によって選好曲線が滑らかになり，パラメータの収束性が高まるとともに再現性も向上した。これらはファジィ化によって利用できる情報が増加したことに起因していると考えられる。

また，FNN は FHPM より再現性が高い。選好曲線は歪な形状でばらつきも大きいが，FHPM と同様の傾向を示しており，ファジィ化の効果が表れている。

参考文献：Ahmadi-Nedushan, B. *et al.* (2006): A review of statistical methods for the evaluation of aquatic habitat suitability for instream flow assessment. *River Res. Applic.* 22: 503–523.
Fukuda, S. (2009a): Uncertainty analysis on fuzzy neural network model for evaluating fish habitat preference of Japanese medaka (*Oryzias latipes*) in agricultural canals in Japan. *The Proceedings of 7th International Symposium on Ecohydraulics*. Paper ID: conf187a145.
Fukuda, S. (2009b): Consideration of fuzziness: is it necessary in modelling fish habitat preference of Japanese medaka (*Oryzias latipes*)? *Ecol. Model.* (in press).
Fukuda, S., *et al.* (2006): Fuzzy neural network model for habitat prediction and HEP for habitat quality estimation focusing on Japanese medaka (*Oryzias latipes*) in agricultural canals, *Paddy Water Environ.* 4: 119-124.
平松和昭ら (2003): 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*，228: 65-72.

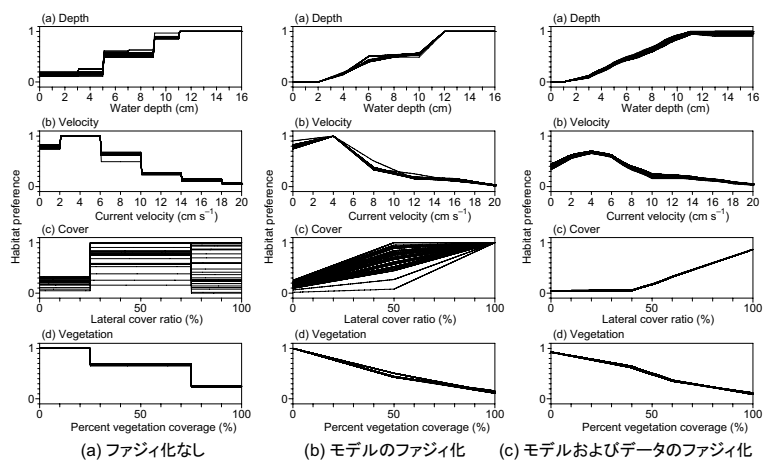


図 3 FHPM で評価した生息場選好曲線
Fig. 3 Habitat preference curves evaluated by FHPM

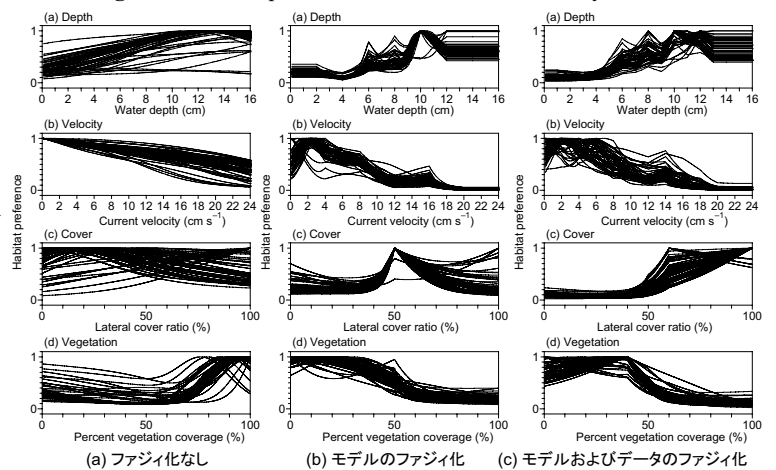


図 4 FNN で評価した生息場選好曲線
Fig. 4 Habitat preference curves evaluated by FNN