

数理モデルを用いたメダカの生息場選好性に関する非線形性の評価
An application of mathematical models to nonlinearity assessment of
habitat preference of Japanese medaka (*Oryzias latipes*)

福田信二* , 奥島修二**

FUKUDA Shinji* , OKUSHIMA Shuji**

1. はじめに 戦後の高度経済成長に伴う自然環境の喪失に対する反省から、近年、環境配慮型の圃場整備事業や多自然川づくり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、まず対象地域の環境構造の詳細を把握し、その環境を生物がどのように利用するのか、について明らかにする必要がある。そして、「どのような環境をどれだけ保全・創出するのか」といった保全の目標を定量的に表現することが求められる。生息環境の定量評価手法は多数提案されており、ニューラルネットワークモデルなどの非線形モデルの応用例もみられる (Ahmadi-Nedushan *et al.*, 2006)。このように、生物の生息場選択には環境因子との間に非線形的な関係があることは広く認識されているが、その非線形性によって生息場選好性がどのように変化するかについて評価した研究例はない。そこで本報では、メダカ (*Oryzias latipes*) を対象とし、生息場選好性の非線形性が生息場選好曲線に与える変化について数值的に解析する。

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2m程度の土水路で、河床には水生植物が繁茂しており、多様な環境を形成していた。この水路の約50m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。調査結果を基に水深と流速について類似した環境ごとに区分し (Fig. 1)、同図を基に側方遮蔽率と植生被覆度を計算した。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. 生息場選好性の評価 メダカの生息場選好性の評価には、ファジィ生息場選好性モデル (Fukuda *et al.*, 2006) を採用した。入力値は、物理環境測定値の誤差やばらつき等のあいまいさを考慮するために、測定値を中央値とする三角型対称ファジィ数で表現した。各前件部に対応する後件部の定数値 (選好度に相当) は単純 GA を用いた最適値探索により同時的に決定した。その際、適応度は観察された実測個体群密度 $\rho_{o,i}$ とフィールド調査の結果から得られたファジィ生息場選好性モデルから計算された予測個体群密度 $\rho_{c,i}$ の平均

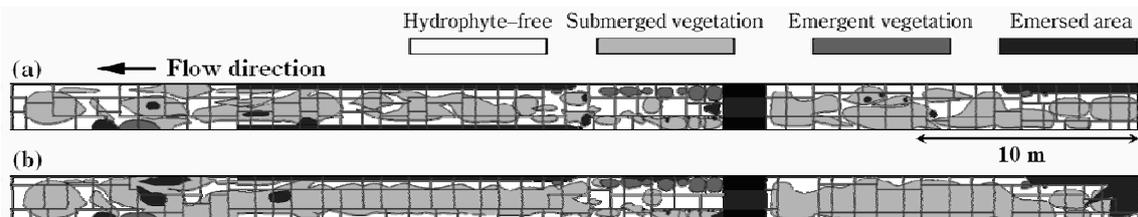


Fig. 1 調査水路の概観 : (a) 2004年10月14日 ; (b) 2004年11月5日
Overviews of the study reach: (a) 14 October, 2004; (b) 5 November, 2004

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

** 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

キーワード : 生息環境, 生息場選好性, ファジィ生息場選好性モデル, メダカ, 農業用水路

二乗誤差の逆数として定義した。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 は次式により評価した。

$$P_i = P_{\text{depth}} \times P_{\text{velocity}} \times P_{\text{cover}} \times P_{\text{veg}} \quad (2)$$

生息場選好性と環境因子の非線形的な関係について解析するために、各環境因子の組み合わせを 15 通り変化させ(単一因子 2 因子複合 3 因子複合、4 因子複合)、それぞれについて生息場選好性モデルを構築した。各モデルとも単純 GA の乱数の種を変えた 10 回の独立した試行を行い、最適化手法による結果のばらつきについて考慮した。

本アプローチでは、生息場選好性に関する非線形性が、単一因子モデルによって評価された選好曲線と複合因子モデルの選好曲線の差異として表現される。

4. 結果と考察 本報における結果の一例として、4 つの環境因子を考慮したモデルで定量化したメダカの選好曲線を Fig. 2 に示す。同図において、非線形性を考慮することにより流速因子の選好曲線が変化していることが分かる。このような非線形性は、流速と遮蔽および流速と植生の各因子間において確認された。また、遮蔽因子と植生因子間には線形的な関係がみられた。水深因子に対する選好曲線については、他の因子との複合による大きな変化はみられなかった。Fig. 2 の選好曲線を用いてメダカの空間分布を予測した結果を Fig. 3 に示す。同図のように、非線形性の影響を考慮することにより予測精度が向上したことから、生息場選好性の定量評価における本アプローチの妥当性が示唆された。今後の課題として、生物の生息場は季節的に変化する上、他種生物との相互関係によって決定されるため、適切な生息環境評価のためには物理環境とともに生態学的な特性を反映する必要がある。

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., Hiramatsu, K., Okushima, S. (2006) An information-theoretic approach for model selection in habitat preference evaluation of Japanese medaka (*Oryzias latipes*). *Bull. Inst. Trop. Agr. Kyushu Univ.* 29: 105-118.

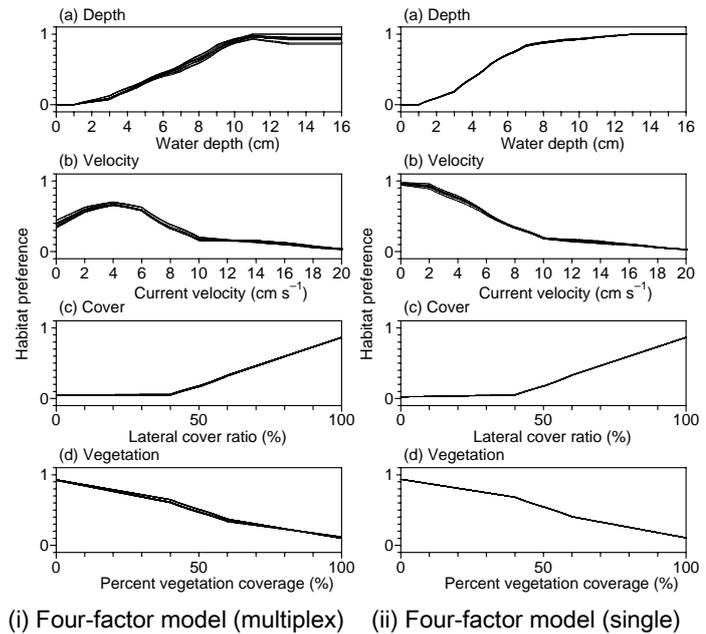


Fig. 2 メダカの生息場選好曲線：
非線形性の考慮あり (i)、非線形性の考慮なし (ii)
Habitat preference curves of Japanese medaka: consideration of nonlinearity (i), without consideration of nonlinearity (ii)

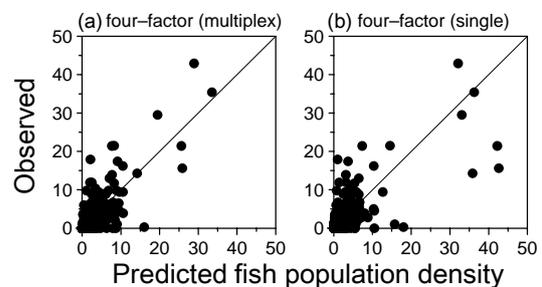


Fig. 3 メダカの空間分布の予測結果：
非線形性の考慮あり (a)、非線形性の考慮なし (b)
Result of habitat prediction of Japanese medaka:
consideration of nonlinearity (a), without consideration of nonlinearity (b)