

2次元生態水理モデルによる魚類生息環境の多様度評価

Application of 2D Ecohydraulic model for assessing fish habitat quality and its diversity

棚倉 大智¹・○福田 信二²・平松 和昭³・原田 昌佳³

TANAKURA Taichi, ○FUKUDA Shinji, HIRAMATSU Kazuaki, HARADA Masayoshi

1. はじめに

近年、農業生産の基盤施設である農業用水路において、生態系との調和への配慮が求められている。このような水路の整備設計のためには、水路内の物理環境を把握し、生態系保全に資する工法の効果等を定量的に評価する必要がある。そこで本研究では、福岡県久留米市の3つの農業用水路（**Table 1**）を対象に、2次元水理モデルとメダカの生息場モデルを統合した生態水理モデルによって、対象水路におけるメダカの生息環境の質と空間的多様性の定量評価を試みた。

2. 2次元水理モデル

流況解析には、水深平均有限要素モデルであるRiver2D（Steffler and Blackburn, 2002）を用いた。まず、地形測量を行い、得られた河床高データから有限要素三角形メッシュを作成した。その際、基本メッシュサイズを10 cmとし、地形が複雑な場所にはより小さなメッシュを適用した。また、各対象水路の流入口と流出口で水位流量曲線を作成し、様々な流量に対する流況解析の境界条件とした。さらに、粗度高さを調節して流況解析における計算誤差を最小化した。水理モデルによる水深および流速の再現結果を**Fig. 1**に示す。各水路とも、水深の再現結果は良好であったが、流速については過大・過小評価がみられた（**Fig. 1b**）。これは、調査期間中に発生した地形変化を流況解析に反映できていないためだと考えられる。

3. 生息場モデル

本研究では、既往の生息環境調査の結果にサポートベクターマシンを適用し、水深および流速から個体数密度を推定する生息場モデルを構築した。また、生息場モデルから出力される個体数密度を最大値で基準化することにより、メダカの生息場適性（HSI）を評価した。水深および流速に対するHSIの評価結果（**Fig. 2**）では、メダカが0.1 m/s以下の流速と0.1 m以上の水深を選好するという傾向がみられ、得られた結果の妥当性が示唆された。

4. 生息環境の質および空間的多様性の評価

2次元水理モデルから得られた水深と流速の計算値を生息場モデルに入力することにより、各水路におけるメダカの生息場適性の空間分布を評価した。その際、生息場全体としての質を

Table 1 Properties of target canals

地点	流路長 (m)	水面幅 (m)	特徴
水路 1	20	2.95	コンクリート 3 面張り
水路 2	20	2.00–2.95	コンクリート 3 面張り (土砂の堆積あり)
水路 3	55	0.76–1.20	土水路

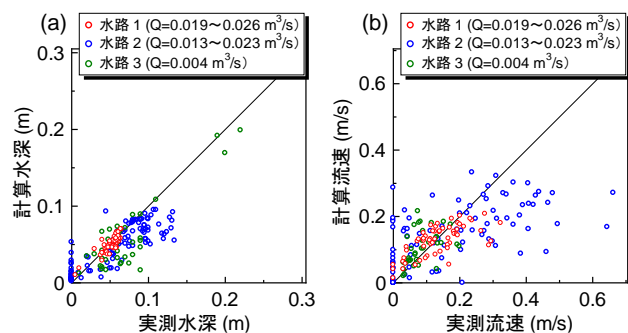


Fig. 1 Observed versus simulated results
(a) depth; (b) velocity

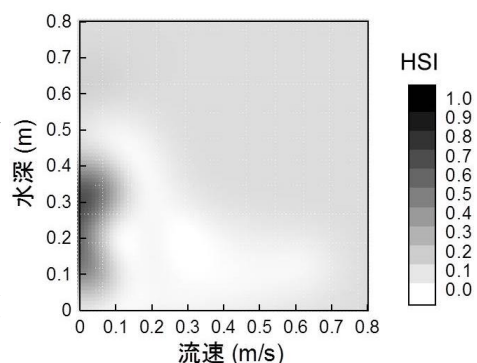


Fig. 2 Habitat suitability surface

¹ 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

² 東京農工大学大学院農学研究科 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

³ 九州大学大学院農学研究科 Faculty of Agriculture, Kyushu University

表す指標として、単位面積あたりの生息場適性値（AHSI）を用いた。AHSIと流量の関係（Fig. 3）をみると、水路3, 2, 1の順にAHSIが高いが、各水路とも流量の増加に伴ってAHSIの低下している。これは、流量の増加とともに高流速部が増加するためである。

生物の日周行動や他生物との共存を考える上では、生息環境の空間的多様性が重要であるため、本研究では、次式の情報量エントロピーを適用し、定量的に評価した。

$$\text{Entropy} = -\frac{1}{\log_2 n} \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

ここで、 p_i は生息場適性のカテゴリー*i*に属する計算格子点の相対頻度、 n はカテゴリー数である。本研究では、生息場適性を0.1ごとに区分し、相対頻度 p_i を求めることでエントロピーを計算した。エントロピーは[0, 1]の値をとり、この値が大きいほど生息環境が多様であることを意味する。結果として、AHSIと同様に、水路3, 2, 1の順でエントロピーが高かった（Fig. 4）。水路1では流量の増加とともに多様度は減少し、水路2では水域面積の増大に伴って一時的に上昇するが最終的には低下している。一方、水路3ではエントロピーの変化はほとんど見られなかった。以上のように、直線的で地形の変化の少ない水路では流れが一樣になり、生息環境の質と空間的多様性が低かった。それに対し、植生が存在し、多様な地形を有する土水路では、生息環境の質と空間的多様性がともに高く、流量の増大に対して安定的に良好な生息環境を提供していることが明らかになった。水路2のように、コンクリート水路に土砂が堆積している場合には、質と多様性の両面において中間的な特徴を示しており、環境改善の可能性が示唆された。

5. おわりに

本研究では、メダカを対象に、特徴の異なる農業用水路において、2次元水理モデルおよびSVMに基づく生息場モデルを構築し、生態水理解析を行った。その際、生息環境の質の評価にはAHSIを、空間的多様性の評価には情報量エントロピーを計算することにより、生息場の質と多様性の両面から生息環境を評価した。その結果、土水路が比較的好適な環境を有し、流量の増大に対しても安定的に良好な生息環境を提供していることが明らかになった。今後の課題として、種々の物理環境を有する農業用水路において、生息場の質と空間的多様性の評価事例を集積し、相互に比較・検討することにより、農業用水路の整備設計における定量的な基準を策定することが挙げられる。また、生息環境としては単調かつ低質なコンクリート3面張りの水路であっても、小さな自然再生技術を適用することにより多様な生息環境を創出し、水路が本来有する生態学的機能を回復できる可能性がある（例えば、Jay Lacey and Millar, 2004）ため、水利機能と生態学的機能の両立を目指した数理解析と実証試験が必要であると考えられる。

参考文献

- Jay Lacey, R.W., Millar, R.G. (2004): Reach scale hydraulic assessment of instream salmonid habitat restoration. *Journal of the American Water Resources Association*, **40**, 1631-1644.
- Steffler, P., Blackburn, J. (2002): River2D Two-Dimensional Depth Averaged Model of River Hydrodynamics and Fish Habitat: Introduction to Depth Averaged Modeling and User's Manual. University of Alberta, Edmonton.

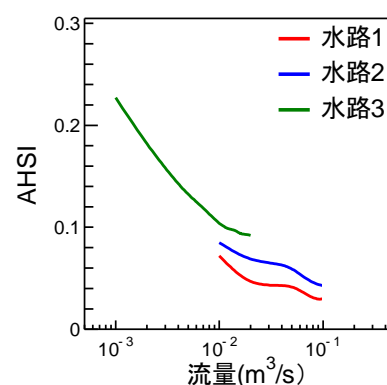


Fig. 3 Discharge-AHSI curves

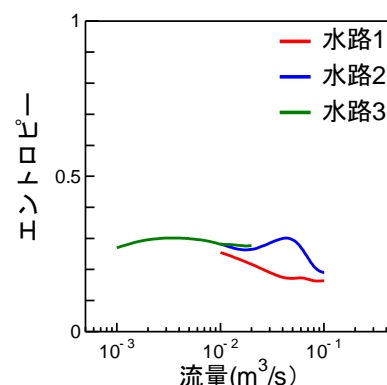


Fig. 4 Discharge-Entropy curves