

高解像度水理計測と機械学習を活用した生息場モデルの構築 Habitat modelling using high-resolution hydraulic measurements and machine learning

○福田信二¹
○FUKUDA Shinji

1. はじめに

生態水理学は、水理学と生態学の境界領域に存在する研究分野である。同分野は、20 年以上の歴史があり、1994 年から隔年で開催される国際会議 International Symposium on Ecohydraulics や 2016 年の国際誌 Journal of Ecohydraulics の創刊に代表されるように、現在でも活発に研究が展開されている。特に、流水環境の時間的・空間的なダイナミクスとそれに対する生物の応答行動の解明に向けて、生息環境評価 (e-flow, hydropeaking など) や生物の移動分散 (fish passage など) が中心的な課題として取り組まれている。近年では、先進的な計測技術開発の進展 (例えば, Tuhtan *et al.* (2020)) やデータ駆動解析技術の普及に伴って、技術開発と開発技術の応用研究が急速に進んでいる。これにより、空間的に連続な面的データや時間的に高解像度な時系列データが収集可能になっており、これらを統合した計測-解析プラットフォームの構築が期待される。本報では、超音波多層流向流速計 (ADCP) や断面調査を空間補間することで得られた面的な計測データを用いて実施した、物理環境の多様度の評価とそこに生息する魚類の空間分布の予測結果について、田中・福田 (2021) に基づいて報告する。

2. 方法

現地調査では、府中用水谷保堰直下流に区間長 80 m の調査区を設定し、魚類相および物理環境に関する調査を実施した。魚類相調査では、投網やタモ網を用いて調査区間内をランダムに採捕し、採捕地点および魚種や全長と体長を記録して、同一個体の採捕獲を避けるために調査区外に放流した。物理環境調査では、5 m ごとの計測断面に等間隔の 5 測点を設定し、水面幅、水深および流速を計測するとともに、河床材料 (大礫, 中礫, 小礫, 砂泥およびコンクリート) と水生植物 (抽水, 沈水) の割合を記録した。現地調査で計測した物理環境データは QGIS を用いて空間補間したうえで統合した。

現地調査ではごく一部の魚種しか採捕されなかったが、著者らの既往の調査から、対象区間には **Table 1** に示す 11 種の魚類が生息するものと推察される。そこで本研究では、現地調査で得られた物理環境値 (水深, 流速, 河床材料指数, 水生植物の有無) に基づいて魚種別の生息場モデルを構築した。ここで、河床材料指数は、河床材料の割合に基づく荷重平均値であり、大礫 (4.5), 中礫 (3.5), 小礫 (2.5), 砂泥 (1.5) およ

Table 1. Target species for the study site

和名	学名
コイ	<i>Cyprinus carpio</i>
フナ属	<i>Carassius sp.</i>
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>
カワムツ	<i>Candidia temminckii</i>
ニゴイ	<i>Hemibarbus barbus</i>
ミナミメダカ	<i>Oryzias latipes</i>
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>
タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus</i>
ムギツク	<i>Pungtungia herzi</i>
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>

¹ 東京農工大学大学院農学研究科 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology
キーワード: 農業水路, 魚類相, 生態水理, 多様度, データ駆動解析

びコンクリート (0.5) と定義した。生息場モデルの構築には、過去 5 年の月別定期調査の結果をデータとして使用し、解析にはランダムフォレスト (Breiman, 2001) を使用した。また、各生息場モデルについて、変数の重要度および応答曲線を描画することにより、生態学的特性の定量評価を試みた。

3. 結果と考察

調査対象地は、堰から約 10 m 下流で分岐しており、右岸側と左岸側で物理環境条件に差があることが明らかになった。全体的な傾向として、右岸側は水深が大きく低流速で抽水植物が多く分布しており、左岸側は水深が小さく高流速で沈水植物が多く分布していた。これは水路勾配の違いによるものと推察される。物理環境の多様性評価の際には、対象領域の区画サイズが影響を及ぼす。本調査区間では、右岸側と左岸側で環境が大きく異なることから、区画サイズが大きい場合に物理環境の多様性が増大する傾向がみられた。物理環境の多様性と種数の関係については田中・福田 (2021) を参照されたい。

生息場モデルの結果から、種別に再現性が異なるものの、全魚種について良好な再現性が得られた。種ごとに誤判別の傾向が異なることから、その要因を分析することにより種ごとの特性の理解深化につながると考えられる。例えば、Fig. 1 に例示する変数の重要度により、どの変数が在不在の判別において重要であるかを判断することができる。また、応答曲線を用いることで、どのような環境条件において対象種が出現するのかについて定量評価が可能である。ここで、応答曲線はデータの量的・質的影響を受けらうえ、使用する手法によって得られる結果が異なる場合があるため、結果の解釈の際には注意が必要である。

4. おわりに

本報では、高解像度水理データを用いた生息環境評価の枠組みとその適用可能性について報告した。ここでは、計測結果に基づくスナップショット的な評価にとどまったが、非定常流解析を援用することにより、動的評価システムの構築が可能になる。農業水路の多様な利用形態と大きく変化する流況を考慮し、魚類群集を含む水域生態系の保全のあり方について議論する必要がある。その際、水理解析が果たす役割は大きく、生態学手法と水理学手法の融合によって魚類生息環境解析システムを構築するとともに、現地調査と室内実験によって基礎データの集積を進めることが極めて重要である。

謝辞：本研究の一部は、JSPS 科研費 17H03886 と 17H04631 の助成を受けた。また、調査の実施にあたり、東京農工大学農学部水資源計画学研究室の所属学生の協力を得た。ここに記して深謝の意を表す。

引用文献：

Breiman, L. (2001): Random forests, *Machine Learning*, 45, 1, 5-32.

田中智大・福田信二 (2021)：府中用水谷保堰周辺における物理環境の多様性と魚類の空間分布の関係性評価。2021 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集。

Tuhtan, JA *et al.* (2020): Underwater bioinspired sensing: new opportunities to improve environmental monitoring. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 23 (2), 30-36

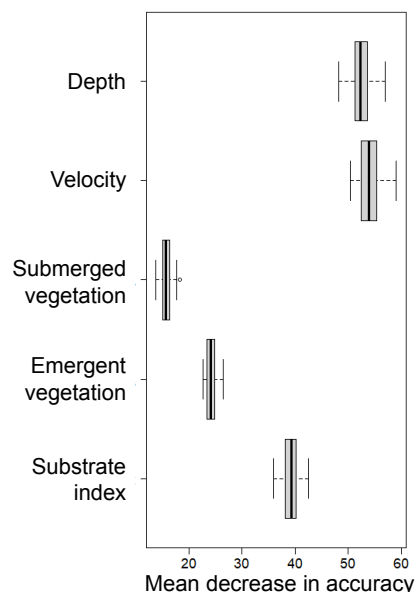


Fig. 1. A variable importance plot for modelling the occurrence of Japanese medaka