

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：12605

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2013～2016

課題番号：25712026

研究課題名（和文）バイオテレメトリーと計算知能を駆使した魚類生息環境の高精度モデリング

研究課題名（英文）Predictive fish habitat modelling using biotelemetry and computational intelligence

研究代表者

福田 信二（Fukuda, Shinji）

東京農工大学・（連合）農学研究科（研究院）・助教

研究者番号：70437771

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、農業河川の約430m区間を対象に、バイオテレメトリー調査を実施し、魚類の空間分布の経時変化や日周性等について評価した。小河川における調査研究は国内外において稀であり、VPS手法による再現精度が数mの範囲であることが明らかになった。また、一般的には観察が難しい日夜の分布域の違いが定量的に示された。同時に、ADCPおよびハンディCTDセンサーを用いた水理環境調査により、河床地形を含む、詳細な物理環境特性の測定が可能になった。以上の成果を統合することにより、先進的な研究成果が見込まれる。

研究成果の概要（英文）：This project aimed at the application of biotelemetry for fish tracking as well as advanced computational intelligence such as random forests and other machine learning methods for predictive habitat modelling. We established a 430-m study reach in a river flowing through agriculture-dominated landscape in Fukuoka, Japan. Totaled 40 fish individuals, consisted of 4 species, were used as test fish. We successfully obtained movement tracks based on which habitat analyses have been done to identify diurnal changes in spatial distribution of each individual. The high-resolution fish positioning can be used in a small river, contributing to a better understanding and assessment of aquatic ecosystems for sustainable development.

研究分野：地域環境工学・計画学

キーワード：生態影響解析 生態水理 環境保全 水域ネットワーク 移動分散

1. 研究開始当初の背景

水田、水路、ため池等の農村地域の水環境は、水と生態系の有機的なネットワークを形成している。例えば、魚類は生活史を完結するために、産卵場、生育場、摂餌場、隠れ家、求愛の場等、生活史のそれぞれの段階に応じた空間(生息場)として、農業農村環境を利用してきた。近年、水田域の魚類に関する研究が集積しつつあるが、各生活段階の舞台となる空間と魚との相互作用に関する研究は非常に少ない。そのため、全生活史を通して、魚と水環境との有機的な結びつきを解明する研究が望まれており、これにより、魚類の保全だけでなく、地域資源の持続的な開発と利用に大きく貢献できる。

生物の移動分散や回遊等に関する研究が盛んに行われており、特に、海外では、バイオテレメトリーが広く利用されている。バイオテレメトリー調査のデータを使用することにより、時空間的に連続的かつ詳細スケールでの移動分散を定量化できるうえ、生息分布モデリングにおけるデータの質的要素に関する問題を軽減することもできる。農村地域の水域は、河川や海洋よりも規模が小さく、バイオテレメトリー調査が困難なため、大規模な調査研究は実施されていないが、小規模水域での調査フレームワークおよび高解像度データと高精度モデリングに基づく解析フレームワークを提示することにより、農村地域における生物多様性保全に資する技術開発を強力に推進することができる。

2. 研究の目的

本研究では、最新のバイオテレメトリー手法(VPS: VR2W Positioning System)で得られる時空間的に連続な分布データに基づいて、魚類の生息分布を高精度にモデリングすることを目的とした。また、超音波バイオテレメトリー手法の小水域での適用可能性について検討するとともに、時空間的に連続な分布データの有効利用に資する環境データの取得を試みた。

3. 研究の方法

本研究では、以下の3項目について研究を展開した。

バイオテレメトリー調査
生態水理環境調査とマッピング
空間分布および生息環境解析

バイオテレメトリー調査では、VEMCO社製の超音波テレメトリーシステムを用いて、約40個体の淡水魚に発信器を装着した。対象魚は、上下流を堰によって区切られた約430mの小河川(幅15~20m;水深最大2m)に放流し、約3ヶ月以上、行動を追跡した。生態水理環境調査では、超音波多層流向流速計(ADCP)を用いて3次元流速の空間分布や河床地形等を調査するとともに、河床材料を調査し、空間マップを作成した。その他、都市小河川における希少種の空間分布に関

する調査を実施し、成長に伴う体サイズの変化と季節的な分布の変動について詳細に調査した。空間分布モデリングでは、データの質的要素(例えば、prevalence)が解析結果に及ぼす影響等について数理的アプローチにより定量評価した。

4. 研究成果

バイオテレメトリー調査の結果、最初の3ヶ月については、検出率が高く、推定誤差も数mのオーダーであったことから、比較的規模の小さい水域においても調査可能であることが明らかになった。また、日中と夜間の行動圏の解析結果から、夜間における行動圏の拡大が確認できた。このように、一般的な手法では観察が難しい夜間の行動を連続的に観測できる超音波テレメトリーの有効性が示唆された。

生態水理調査では、湧水起源の都市小河川において月一回の網羅的な調査を実施し、対象種の空間分布および物理環境特性が明らかになった。その際、既往の知見と異なる、高流速域における分布が確認できたことから、同種の遊泳能力を評価し、同評価結果に基づく生息環境修復手法について実験的に検討した。同種は、礫や植生等の障害物によって形成される微小な空隙および緩流域を利用していることが明らかになった。このような知見はまだ報告されていないため、検証のためにも対象地以外の水域における調査研究が必要である。

空間分布モデリングでは、淡水魚の空間分布データや不確実性をコントロール可能な人工データを使用して解析した結果、データ内の在データの割合(Prevalence)が小さい場合には、生息環境適性値が過小評価され、大きい場合には過大評価される傾向がみられた。そのため、解析結果を解釈するには、データ特性を考慮する必要があると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計10件)

1. Muñoz-Mas, R., Fukuda, S., Vezza, P., Martínez-Capel, F., Comparing four methods for decision-tree induction: a case study on the invasive Iberian gudgeon (*Gobio lozanoi*; Doadrio & Madeira, 2004). *Ecological Informatics*, 34, 22-34, 2016. 査読有
2. Fukuda, S., De Baets, B., Data prevalence matters when assessing species' responses using data-driven species distribution models. *Ecological Informatics*, 32, 69-78, 2016. 査読有
3. Fukuda, S., Hiramatsu, K., Harada, M., Assessment of depth measurement using an acoustic Doppler current profiler and a CTD

- profiler in a small river in Japan. Lecture Notes in Computer Science 9835, 308-316. Intelligent Robotics and Applications. Springer International Publishing, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-43518-3_30 査読有
4. 福田信二,「私のビジョン」生態水理学から見えるもの, 水土の知: 農業農村工学会誌, 84(4), 318-320, 2016. 査読無
 5. 福田信二, エコインフォマティクスデータ駆動型モデルの生態学への応用- システム/制御/情報, 59(10), 363-368, 2015. 査読無
 6. 福田信二・棚倉大智・平松和昭・原田昌佳, 2次元生態水理モデルによる環境修復効果の定量評価. 水土の知, 83(3), 179-182, 2015. 査読無
 7. Fukuda, S., Tanakura, T., Hiramatsu, K., Harada, M., Assessment of spatial habitat heterogeneity by coupling data-driven habitat suitability models with a 2D hydrodynamic model in small-scale streams. Ecological Informatics, 29, 147-155, 2015. 査読有
 8. Fukuda, S., Tanaka, K., Hanada, M., Harada, M., Hiramatsu, K., Application of ultrasonic telemetry for habitat suitability assessment of freshwater fish: A case study in a small river in Japan. Proceedings of the ISE 2014, Paper ID: 230, 2014. 査読有
 9. Fukuda, S., De Baets, B., Waegeman, W., Verwaeren, J., Mouton, A.M., Habitat prediction and knowledge extraction for spawning European grayling (*Thymallus thymallus* L.) using a broad range of species distribution models. Environmental Modelling & Software, 47, 1-6, 2013. 査読有
 10. Fukuda, S., Effects of data prevalence on species distribution modelling using a genetic Takagi-Sugeno fuzzy system. Proceedings of the SSCI 2013 GEFS, 2013. 査読有
- 〔学会発表〕(計 23 件)
1. 松澤優樹・青木興成・相原星哉・福田信二 「矢川における希少魚種および水生植物の流程分布と生態水理研究」, 淡水魚保全シンポジウム(2017年1月19日, いすみ市, 大原文化センター)
 2. 相原星哉・福田信二 「矢川と府中用水における水生植物相および魚類相の定期モニタリング」, 関東淡水魚研究会(2016年12月3日, 横浜市, 上郷森の家)
 3. 松澤優樹・青木興成・福田信二 「臨界遊泳速度に基づくホトケドジョウの生息環境条件の解明」, 平成28年度農業農村工学会応用水理研究部会講演会(2016年12月3日, 岐阜市, 岐阜市文化センター)
 4. 福田信二 「府中用水における流況および魚類相の季節変化に関する報告」, 平成28年度農業農村工学会応用水理研究部会講演会(2016年12月3日, 岐阜市, 岐阜市文化センター)
 5. 松澤優樹・福田信二, 「矢川におけるホトケドジョウの流程分布と生息環境条件の解明」, 平成28年度農業農村工学会大会講演会(2016年8月31日, 仙台市, ハーネル仙台)
 6. 松澤優樹・福田信二, 「矢川の魚類相とホトケドジョウの種間関係に関する基礎調査」, 平成28年度農業農村工学会大会講演会(2016年8月31日, 仙台市, ハーネル仙台)
 7. Fukuda, S., Hiramatsu, K., Harada, M., 「Assessment of depth measurement using an acoustic Doppler current profiler and a CTD profiler in a small river in Japan」 第9回インテリジェントロボティクスとその応用に関する国際会議(ICIRA2016)(2016年8月23日, 東京, 首都大学東京)
 8. Muñoz-Mas, R., Fukuda, S., Vezza, P., Martínez-Capel, F., 「Comparing four methods for decision-tree induction: a case study on the invasive Iberian gudgeon (*Gobio lozanoi*; Doadrio & Madeira, 2004)」 第6回魚類学に関するイベリア地区会議(SIBIC2016)(2016年6月23日, スペイン国ムルシア, Auditorio y Centro de Congresos Víctor Villegas)
 9. Fukuda, S., Ohira, M., 「The use of acoustic Doppler current profiler data for microhabitat modelling in a small-scale stream」 第11回生態水理学に関する国際シンポジウム(ISE2016)(2016年2月12日, オーストラリア国メルボルン, Melbourne Cricket Ground)
 10. Vezza, P., Astegiano, L., Fukuda, S., Comoglio, C., Lingua, A., Palau-Salvador, G., 「Using structure from motion techniques to describe and evaluate instream physical habitat」 第11回生態水理学に関する国際シンポジウム(ISE2016)(2016年2月8日, オーストラリア国メルボルン, Melbourne Cricket Ground)
 11. 福田信二・大平充, 「超音波多層流向流速計を用いた農業水路におけるマイクロハビタット調査」, 平成27年度農業農村工学会大会講演会(2015年9月2日, 岡山市, 岡山大学)
 12. 大平充・福田信二, 「季節的な流況の変化に対する魚類群集の応答に関する基礎調査」, 平成27年度農業農村工学会大会講演会(2015年9月2日, 岡山市, 岡山大学)
 13. Fukuda, S., 「Data-driven modelling for agricultural sciences」 第1回アジア中山間地に関する国際会議(AsiaHiLand2015)(2015年1月7日, タイ国チェンマイ, The Empress Hotel)
 14. Fukuda, S., 「Does data prevalence matter when modelling habitat suitability using data-driven species distribution models?」 第8回生態モデリングに関する欧州会議

- (ECEM2014)(2014年10月30日,モロッコ国マラケシュ, Université Cadi Ayyad)
15. 福田信二・原田昌佳・平松和昭,「小規模河川におけるマイクロハビタット調査への超音波テレメトリーの適用可能性の評価」,平成26年度日本水産学会秋季大会(2014年9月20日,福岡市,九州大学)
 16. 福田信二・棚倉大智・平松和昭・原田昌佳,「2次元生態水理モデルによる魚類生息環境の多様性評価」,平成26年度農業農村工学会大会講演会(2014年8月26日~29日,新潟市,新潟コンベンションセンター 朱鷺メッセ)
 17. Fukuda, S., Tanaka, K., Hanada, M., Harada, M., Hiramatsu, K. 「Application of ultrasonic telemetry for habitat suitability assessment of freshwater fish: A case study in a small river in Japan」第10回生態水理学に関する国際会議(ISE2014)(2014年6月24日,ノルウェー国トロンハイム, Norwegian University of Science and Technology)
 18. Fukuda, S., Yamaguchi, M., Onikura, N., Nakajima, J., Harada, M., Hiramatsu, K. 「Application of Random Forests for assessing the invasion risk by the non-native rosy bitterling subspecies *Rhodeus ocellatus ocellatus* in northern Kyushu, Japan」第19回国際生態モデリング学会 (ISEM2013) (2013年10月31日,フランス国トゥールーズ, Météo-France Centre International de Conférences)
 19. Fukuda, S., Olaya-Marin, E.J., Martinez-Capel, F., Mouton, AM. 「How to deal with input data characteristics in data-driven aquatic species distribution modelling in search of an optimal cross validation categorisation scheme」第19回国際生態モデリング学会 (ISEM2013) (2013年10月31日,フランス国トゥールーズ, Météo-France Centre International de Conférences)
 20. Mouton, AM, Verreycken, H., Fukuda, S., Adriaens T., Coeck, J., 「Modelling the distribution of the invasive fish *Pseudorasbora parva* in lowland river systems」第19回国際生態モデリング学会 (ISEM2013) (2013年10月31日,フランス国トゥールーズ, Météo-France Centre International de Conférences)
 21. 福田信二・山口真理恵・鬼倉徳雄・中島淳・平松和昭・原田昌佳,「ランダムフォレストによる生息場モデリングにおける初期値依存性の影響」,平成25年度農業農村工学会大会講演会(2013年9月3日~5日,東京都世田谷区,東京農業大学)
 22. Fukuda, S. 「Application of machine learning methods to habitat suitability modelling for freshwater fish」WaterEco2013: 水域生態系モデリングに関する国際シンポジウム(2013年7月17日,大韓民国ソウル, National Institute of Environmental

Research.)

23. Fukuda, S. 「Effects of data prevalence on species distribution modelling using a genetic Takagi-Sugeno fuzzy system」第6回遺伝的・進化的ファジィシステムに関する国際ワークショップ (GEFS 2013) (2013年4月19日,シンガポール, Grand Copthorne Waterfront Hotel)

〔その他〕

ホームページ等

研究者ホームページ

<http://shinjifukuda-medaka.com/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

福田信二 (FUKUDA, Shinji)

東京農工大学・大学院農学研究院・助教

研究者番号: 70437771