

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 31 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21780225

研究課題名（和文）時空間変動を考慮した魚類の生息環境評価システムに関する基礎研究

研究課題名（英文）Fish habitat evaluation systems considering spatiotemporal dynamics

研究代表者

福田 信二（FUKUDA SHINJI）

九州大学熱帯農学研究センター・助教

研究者番号：70437771

研究成果の概要（和文）：

本研究は、環境の時空間的変動（季節性や場所特異性など）に影響を受ける魚類の生息場選好性を表現可能な数理モデルを開発することを目的に、フィールド調査および室内実験を実施し、種々の生息場モデルを構築した。その成果として、「①メダカの生息場選好性の日周性に関する室内実験」、「②生息場選好性モデルに関する新手法の開発」、「③生息場モデリングにおけるデータの質的要素の影響評価」、「④モツゴのメソ生息場モデルの開発と適用」の4点が挙げられる。

研究成果の概要（英文）：

This project aimed to develop a habitat evaluation system that can deal with spatiotemporal dynamics of fish habitat preference. Two hybrid models of a genetic Takagi-Sugeno fuzzy model and a fuzzy neural networks model were developed and evaluated for its accuracy and applicability in ecology. Four major achievements in this project are as follows: (1) laboratory experiment on the diurnal changes of habitat preference of Japanese medaka, (2) new method for optimization of a genetic Takagi-Sugeno fuzzy model, (3) evaluation of effects of data quality on a habitat preference model, (4) application of fuzzy habitat preference model to topmouth gudgeon.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業土木・農村計画学

キーワード：生息場選好性；モデル；人工知能技術；遺伝的ファジィシステム；生息環境評価・予測；汎化能力；あいまいさ

## 1. 研究開始当初の背景

近年の地球温暖化や気候変動に対する意識・関心の高まりに伴い、『持続可能な開発』を目指そうとする機運が世界的に高揚して

いる。また、国内においても生物生産システムと自然生態系のバランスの重要性が広く認識されるようになった。その中で、農村地域が持つ多面的機能に対する評価が高まっ

ている。特に、水田環境を中心に構成される農業生態系は、豊富な生物相を有していること、および多様なランドスケープの上に構成されていることから、学術的にも社会的にも非常に大きな注目を集めている。しかし、戦後の急速な都市化や工業化、農業の近代化が進行するに従って、美しい農村環境が急激に失われつつある。さらに、近年では、外来種の侵入により日本固有の生物が駆逐されつつあり、問題の深刻化が著しい。これらの問題に対して、食糧生産の基盤をなす農村環境の保全、および環境と調和した開発技術の確立は喫緊の課題であり、それに向けた具体的な取り組みや目標、評価基準を策定する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、環境の時空間的変動（季節性や場所特異性など）に影響を受ける魚類の生息場選好性を表現可能な数理モデルを開発することである。具体的には、フィールド調査および室内実験を実施し、遺伝的ファジィシステムなどに代表されるハイブリッドモデルにより、対象魚の生態学的な特徴を定量的に評価する。また、ニューラルネットワークやランダムフォレスト等の機械学習を適用することにより、生息場の高精度推定を実現する。

## 3. 研究の方法

本研究では、時空間的変動に強く影響される魚類の生息環境を定量的に評価するためにハイブリッド型人工知能技術（ファジィ推論+遺伝的アルゴリズム、ファジィ推論+ニューラルネットワーク）を駆使した生息環境評価システムを開発する。ここでは、農業用水路において定期的に現地調査を実施するとともに、室内開水路実験を行い、生息場選好性の日周変化等の、自然条件下での解明が困難な素過程の定量化やモデリングに不可欠なデータを補完する。また、データの質的要素の影響を考慮して、開発モデルの適用可能性を評価し、再現精度および汎用性の向上を図る。

## 4. 研究成果

本研究の成果は、「①メダカの生息場選好性の日周性に関する室内実験」、「②生息場選好性モデルに関する新手法の開発」、「③生息場モデリングにおけるデータの質的要素の影響評価」、「④モツゴのメソ生息場モデルの開発と適用」の4点である。

まず、メダカの生息場選好性の日周性に関する室内実験は、種々の水理環境下におけるメダカの遊泳行動を24時間観察し、日出、日中、日没、夜間の4つの時間帯に注目し、日周性を評価した。結果として、メダカの生

息場選好性が時間帯ごとに異なり、日中は流速、その他の時間帯には遮蔽が重要であることが明らかになった。

続いて、メダカの生息場選好性モデルの最適化手法について、あいまいな情報を積極的に考慮する新手法を検討した。ここでは、pairwise-comparison という順位尺度に基づく評価関数を遺伝的アルゴリズム (GA) に採用した。本手法では、データ数が寡少な場合であっても、その限られた情報を有効利用できることが期待される。結果として、再現性に大きな改善はみられず、選好曲線のばらつきも大きくなった。その要因として、定性的な評価指標により適応度を評価している点およびバイナリー型 GA を利用している点が考えられる。前者は評価ルールの改善、後者は実数値 GA の適用により、再現性の向上が期待できる。

生息場モデルの再現性は、データの質的要素の影響を受けるため、生息場選好性を評価する際には、対象魚の生態とともに、解析に使用するデータの質的要素についても考慮する必要がある。ここでは、個体数データ、出現・非出現データ、非出現データを除いた個体数データを用いて、ファジィ生息場選好性モデルに対する各データの影響を定量的・定性的に評価した。結果として、データに含まれる不確実性が構築モデルの再現性およびモデルパラメータのばらつきに影響を及ぼすことが明らかになった。したがって、生息場選好性モデルを構築する際には、使用データの特性を考慮して、構築モデルを評価する必要があると考えられる。

さらに、生息場選好性モデルの他地域への汎化能力について評価するために、より広域かつ異なる生物地理区における生息分布データが存在するモツゴを対象に解析を行った。その結果、ファジィ生息場選好性モデルが良好な汎化能力を有することが明らかになった。また、ランダムフォレストを併用することにより、選好曲線に加えて、変数の重要性を評価することも可能になる。このような複数モデルの相補的な適用により、各モデルの長所・短所を補完することができ、保全や修復における意思決定を強力にサポートできるものと考えられる。

今後は先述の新手法や機械学習等の先進的な計算技術により、モデルの高度化と信頼性の高い生息場選好性評価手法の確立を目指す。

## 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 Fukuda, S., De Baets, B., Do absence

- data matter when modelling fish habitat preference using a genetic Takagi-Sugeno fuzzy model? International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, Accepted. 2012 年
- ② Fukuda, S., Mouton, A.M., De Baets, B., Abundance versus presence/absence data for modelling fish habitat preference with a genetic Takagi-Sugeno fuzzy system, Environmental Monitoring and Assessment, in press, 2011 年
- ③ Onikura, N., Nakajima, J., Miyake, T., Kawamura, K., Fukuda, S., Predicting distributions of seven bitterling fishes in northern Kyushu, Japan, Ichthyological Research, 59, 2, in press, 2011 年
- ④ Onikura N., Nakajima J., Inui R., Mizutani H., Kobayakawa M., Fukuda S. Mukai T., Evaluating the potential for invasion by alien freshwater fishes in northern Kyushu Island, Japan, using the Fish Invasiveness Scoring Kit, Ichthyological Research, 58, 4, 382-387, 2011 年
- ⑤ Fukuda S., Waegeman W., Mouton A., De Baets B., Modelling fish habitat preference with a genetic algorithm-optimized Takagi-Sugeno model based on pairwise comparisons, Advances in Intelligent and Soft Computing, 107. 375-387, 2011 年
- ⑥ Fukuda, S., Assessing the applicability of fuzzy neural networks for habitat preference evaluation of Japanese medaka (*Oryzias latipes*), Ecological Informatics, 6, 286-295, 2011 年
- ⑦ 福田信二・増田慎也・平松和昭・原田昌佳, HSI モデルを用いたメダカの生息場選好性評価におけるデータ形式およびカテゴリー化手法の影響, 農業農村工学会論文集, 272, 79(2), 11-19, 2011 年
- ⑧ Fukuda, S., De Baets, B., Mouton, A.M., Waegeman, W., Nakajima, J., Mukai, T., Hiramatsu, K., Onikura, N., Effect of model formulation on the optimization of a genetic Takagi-Sugeno fuzzy system for fish habitat suitability evaluation, Ecological Modelling, 222, 1401-1413, 2011 年
- ⑨ Fukuda, S., The effects of weight decay backpropagation on the fuzzy neural network model-based habitat evaluation for Japanese medaka (*Oryzias latipes*), Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University, 33, 83-93., 2010 年
- ⑩ Fukuda, S., Kang, I.J., Moroishi, J., Nakamura, A., The application of entropy for detecting behavioural responses in Japanese medaka (*Oryzias latipes*) exposed to different toxicants, Environmental Toxicology, 25, 446-455, 2010 年
- 〔学会発表〕 (計 19 件)
- ① Fukuda, S., De Baets, B., Nojima, Y., Comparing predictive accuracy of a genetic Takagi-Sugeno fuzzy model and random forests for fish habitat modelling, International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 2011 年 11 月, 蘇州, 中国
- ② 石橋俊一郎・福田信二・平松和昭・原田昌佳, メダカの選好強度パターンのパラメータ最適化における不確実性の評価, 農業農村工学会九州支部第 92 回講演会, 2011 年 10 月, 別府市
- ③ 福田信二, ファジィニューラルネットワークモデルによるメダカの生息場選好性の評価, 農業農村工学会九州支部第 92 回講演会, 2011 年 10 月, 別府市
- ④ 福田信二・清田真帆・増田慎也・石橋俊一郎・平松和昭・原田昌佳, メダカの生息場選好性の日周性に関する基礎的実験, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011 年 9 月, 福岡市
- ⑤ 増田慎也・福田信二・平松和昭・原田昌佳, HSI モデルを用いたメダカの生息場選好性評価における多変量モデルおよび単変量モデルの比較, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011 年 9 月, 福岡市
- ⑥ 福田信二・鬼倉徳雄・中島 淳・向井貴彦, 九州北部におけるモツゴの生息場選好性モデルの検証と空間汎化能力の評価, 応用生態工学会 第 15 回金沢大会, 2011 年 9 月, 金沢市
- ⑦ Fukuda, S., Application of a fuzzy neural network model to evaluate habitat preference of Japanese medaka (*Oryzias latipes*)., 2011 IFSA World Congress and the 2011 AFSS, 2011 年 6 月, スラバヤ, インドネシア
- ⑧ Fukuda, S., Assessing the effects of zero abundance data on habitat preference modelling using a genetic Takagi-Sugeno fuzzy model., 2011 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2011 年 6 月, 台北, 台湾
- ⑨ Fukuda, S., Waegeman, W., Mouton, A., De Baets B., Modelling fish habitat preference with a genetic

- algorithm-optimized Takagi-Sugeno model based on pairwise comparisons., EUROFUSE 2011, 2011年9月, ドゥーロ, ポルトガル
- ⑩ Fukuda, S., Waegeman, W., Mouton, A.M., De Baets, B., Modelling spawning habitat for European grayling (*Thymallus thymallus* L.) using a support vector machine and a genetic Takagi-Sugeno fuzzy model., 7th European Conference on Ecological Modelling (ECEM2011), 2011年5月, リヴァ・デル・ガルダ, イタリア
- ⑪ Fukuda, S., De Baets, B., Waegeman, W., Mouton, A.M., Nakajima, J., Mukai, T., Onikura, N., A Discussion on the accuracy-complexity relationship in modelling fish habitat preference using a genetic Takagi-Sugeno fuzzy system., IEEE SSCI 2011 GEFS, 2011年4月, パリ, フランス
- ⑫ 福田信二・Bernard De Baets・鬼倉徳雄・中島 淳・向井貴彦, 生息環境評価におけるモデルの複雑性と再現性に関する一考察—ファジィ生息場選好性モデルを例にして—, 応用生態工学会福岡 2010, 2010年12月, 福岡市
- ⑬ 増田慎也・福田信二・平松和昭・原田昌佳, メダカ (*Oryzias latipes*) の生息場予測における HSI モデルの transferability の評価, 平成22年度農業農村工学会九州支部講演会, 2010年10月, 鹿児島市
- ⑭ 福田信二・Bernard De Baets・鬼倉 徳雄・中島 淳・向井 貴彦, 遺伝的ファジィシステムを援用したモツゴの生息環境情報の抽出, 農業農村工学会九州支部 第91回講演会, 2010年10月, 鹿児島市
- ⑮ 福田信二・Bernard De Baets・鬼倉 徳雄・中島 淳・向井 貴彦, ファジィ生息場選好性モデルを用いた九州北西部におけるモツゴの生息環境評価, 応用生態工学会 第14回札幌大会, 2010年9月, 札幌市
- ⑯ Masuda, S., Fukuda, S., Hiramatsu, K. and Harada, M., Habitat suitability analysis for Japanese medaka (*Oryzias latipes*) using presence-absence data with four different categorization approaches, The 8th International Symposium on Ecohydraulics 2010, 2010年9月, ソウル, 韓国
- ⑰ Fukuda, S., Comparing prediction ability and model characteristics of fuzzy habitat preference models for Japanese medaka (*Oryzias latipes*) developed by using density-based and presence-absence data, 8th International Symposium on

Ecohydraulics 2010, 2010年9月, ソウル, 韓国

- ⑱ 福田信二, メダカの生息場選好性モデルの転用可能性に関する一考察, 平成22年度農業農村工学会大会講演会, 2010年9月, 神戸市
- ⑲ Fukuda, S., Effect of data quality on habitat preference evaluation for Japanese medaka (*Oryzias latipes*) using a simple genetic fuzzy system, 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence, 2010年7月, バルセロナ, スペイン

〔図書〕 (計0件)

なし

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

なし

○取得状況 (計0件)

なし

〔その他〕

ホームページ:

<http://hyoka.ofc.kyushu-u.ac.jp/search/details/K002980/index.html>

受賞:

IWACIII 2011 Session Best Presentation Award 受賞, International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 2011年11月, 蘇州, 中国. (Comparing predictive accuracy of a genetic Takagi-Sugeno fuzzy model and random forests for fish habitat modelling, De Baets・Nojima と共著)

6. 研究組織

(1)研究代表者

福田 信二 (FUKUDA SHINJI)

九州大学熱帯農学研究センター・助教

研究者番号: 70437771

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし