

2.2 ため池の生物多様性に対する駆動因の複合的な影響評価のための手法開発

2.2.1 はじめに

生物多様性は多面的であり、その実態の把握には、種数や種多様性、絶滅危惧種や外来種の有無、さらには遺伝的多様性など様々な状態指標を用いて総合的に評価する必要がある。さらに、出現する生物種のリストにもとづく生物多様性の状態指標を得るためには、専門的な知識と経験をもつ調査者による現地調査が必須であり、適用可能な範囲が限定される。そのため、国や地域といった広域スケールでの評価に展開しにくいという現状がある。一方、富栄養化が進む湖沼など強い人為影響の下にある生態系では、生物多様性の高い状態から低い状態へ系が急速に変化するという現象が生じることが知られている。このような場合には、様々な生物多様性の状態指標が同時に同じ方向へ変化することから、多数の状態指標を、把握が比較的容易な少数の指標に統合できる可能性がある。本研究では、ため池の生態系を例に、複数の生物多様性の状態指標を統合した指標を算出し、同時にその統合指標と環境要因との関係を定量化する解析手法の開発を行うことを目的とした。

2.2.2 ため池における調査

調査では、兵庫県の64のため池で網羅的な生物群集の調査を実施し、水生植物、トンボ類、底生生物のリストを池ごとに作成した。そのデータをもとに、①水生植物の種数、②トンボ成虫の種数、③底生生物の種数、④水生植物の絶滅危惧種数、⑤トンボの絶滅危惧種数、⑥水生植物の機能的多様性、⑦トンボの機能的多様性、⑧底生生物の機能的多様性を算出し、各ため池の生物多様性の個別指標とした。

一方で、ため池の生物多様性に影響を及ぼす要因としては、富栄養化、生息地の破壊・劣化および侵略的外来種の3つのカテゴリを設定した。その上で、富栄養化の指標としてクロロフィル a 量、総リン量、シアノバクテリア量、懸濁物量、総窒素量を測定した。また、生息地の破壊・劣化の指標としては護岸率、都市域率、樹林率、水田率を測定・算出した。また、侵略的外来種としては、ブルーギル、アメリカザリガニ、ウシガエル、ブラックバスの個体数を指標とした。

2.2.3 統合指標モデルの構築

これらの生物多様性の個別指標と複数の駆動因との関係を下記に詳しく説明する統計モデル(図1)を用いて分析した。本研究で構築した統計モデルは、 i 番目の池 j における生物多様性の個別指標(Ind_{ij})は池 j における生物多様性統合指標(Int_j)の関数であると仮定する。すなわち、

$$Link(Ind_{ij}) = a_{1i}Int_j + a_{2i}, \quad (1)$$

ここで、Link はリンク関数、 a_{1i} 、 a_{2i} は回帰係数と切片である。さらに、本モデルでは池 j における生物多様性統合指標 (Int_j) は複数の駆動因の関数 (加重平均値) になっていると仮定する。すなわち、

$$Int_j = I_1 w_1 Press_{j1} + I_2 w_2 Press_{j2} + \dots + I_n w_n Press_{jn} \quad (2)$$

ただし、

$$\sum_n w_n = 1,$$

ここで、 I_n は n 番目の駆動因の効果の向き (生物多様性に負の影響を与える場合は $I = -1$ 、そうでない場合は 1 をとる)、 w_n は n 番目の駆動因の加重値、 $Press_{jn}$ は池 j における n 番目の駆動因の値である。ベイズ統計の枠組みを用いて上記の統計モデルのパラメータを一括して推定することですること、生物多様性の個別指標と複数の駆動因との相互の関係を定量化すると同時に、多数の生物多様性の個別指標の値を説明可能な生物多様性統合指標を算出した。

2.2.4 統合指標モデルを用いた分析結果

実際の解析を行う際には、同じカテゴリー内の駆動因間では相関が強かったため式 (2) に単一の駆動因のみを考慮するモデルを各駆動因について作成し、最もモデルのパフォーマンスが良くなる (DIC 値が低くなる) 駆動因を各カテゴリー (富栄養化、生息地の破壊・劣化、侵略的外来生) ごとに一つずつ計 3 要因を選択し、モデルを構築した。この変数選択の過程で選ばれた要因は、富栄養化の指標としては、クロロフィル a 量、生息地の破壊・劣化の指標としては護岸率、侵略的外来生物としてはブルーギル個体数であった。

この 3 つの駆動因と前述の 8 つの生物多様性の個別指標を式 1、および 2 に入れて推定を行った結果、算出された生物多様性の統合指標は、底性生物の機能的多様性をのぞき、ため池の生物多様性個別指標と 95% 信用区間が 0 をまたがない有意な正の関係があることが示された (表 1)。各池の生物多様性統合指標を横軸、および 8 つの個別指標を縦軸として関係を比較したの図 2 である。単一の統合指標が複数の個別指標の挙動をよく説明しているのが読み取れる。このような解析手法を用いることで、複数の環境要因が生物多様性の状態に対してどのような複合的影響をもたらすかについての知見を得ることができる。さらに、環境要因の広域的な把握が可能なりモートセンシングと組み合わせることで、ため池のように生物多様性の変化が一元的にとらえやすい系では、生物多様性の広域的な評価が可能になると考えられる。

表 1. 統合指標モデルで推定されたパラメータ値と 95%信用区間

パラメータ		中央値	95% 信用区間
加重値			
クロロフィル a 量	w_1	0.440	[0.327 , 0.562]
護岸率	w_2	0.280	[0.183 , 0.383]
ブルーギル個体数	w_3	0.279	[0.193 , 0.362]
回帰係数			
水生植物種数	a_{11}	0.701	[0.500 , 0.928]
トンボ成虫種数	a_{12}	0.373	[0.274 , 0.477]
底生生物種数	a_{13}	0.281	[0.182 , 0.384]
水生植物絶滅危惧種数	a_{14}	1.550	[0.896 , 2.364]
トンボ絶滅危惧種数	a_{15}	2.600	[1.340 , 4.294]
水生生物機能的多様性	a_{16}	0.081	[0.031 , 0.131]
トンボ幼虫機能的多様性	a_{17}	0.122	[0.076 , 0.168]
底生生物機能的多様性	a_{18}	0.020	[-0.030 , 0.072]
切片			
水生植物種数	a_{21}	1.514	[1.389 , 1.636]
トンボ成虫種数	a_{22}	2.677	[2.609 , 2.743]
底生生物種数	a_{23}	2.640	[2.573 , 2.708]
水生植物絶滅危惧種数	a_{24}	-0.566	[-1.054 , -0.187]
トンボ絶滅危惧種数	a_{25}	-1.782	[-2.778 , -1.037]
水生生物機能的多様性	a_{26}	0.221	[0.186 , 0.256]
トンボ幼虫機能的多様性	a_{27}	0.276	[0.244 , 0.310]
底生生物機能的多様性	a_{28}	0.550	[0.513 , 0.588]

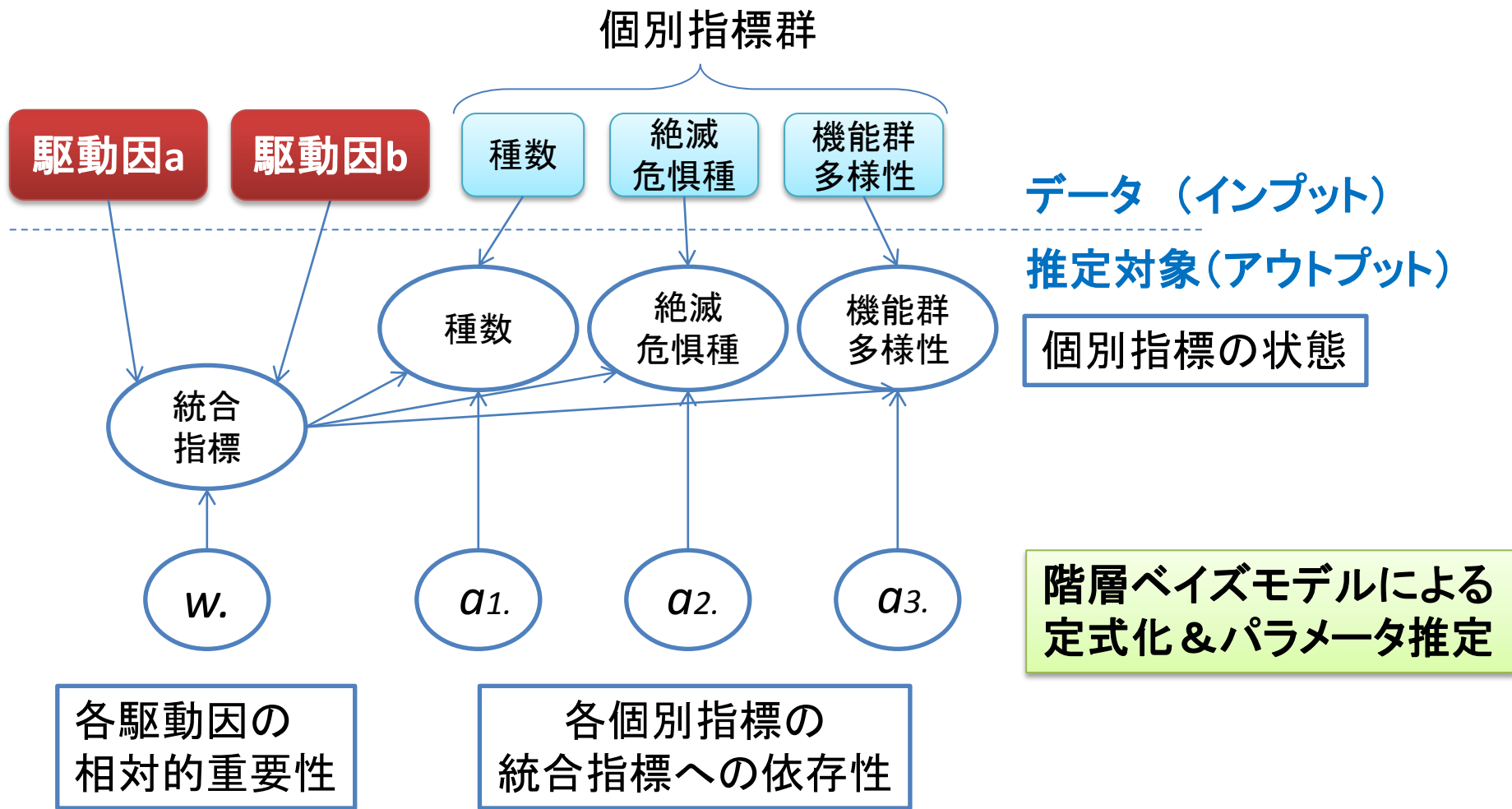


図1 統合指標モデルの概要

生物多様性個別指標

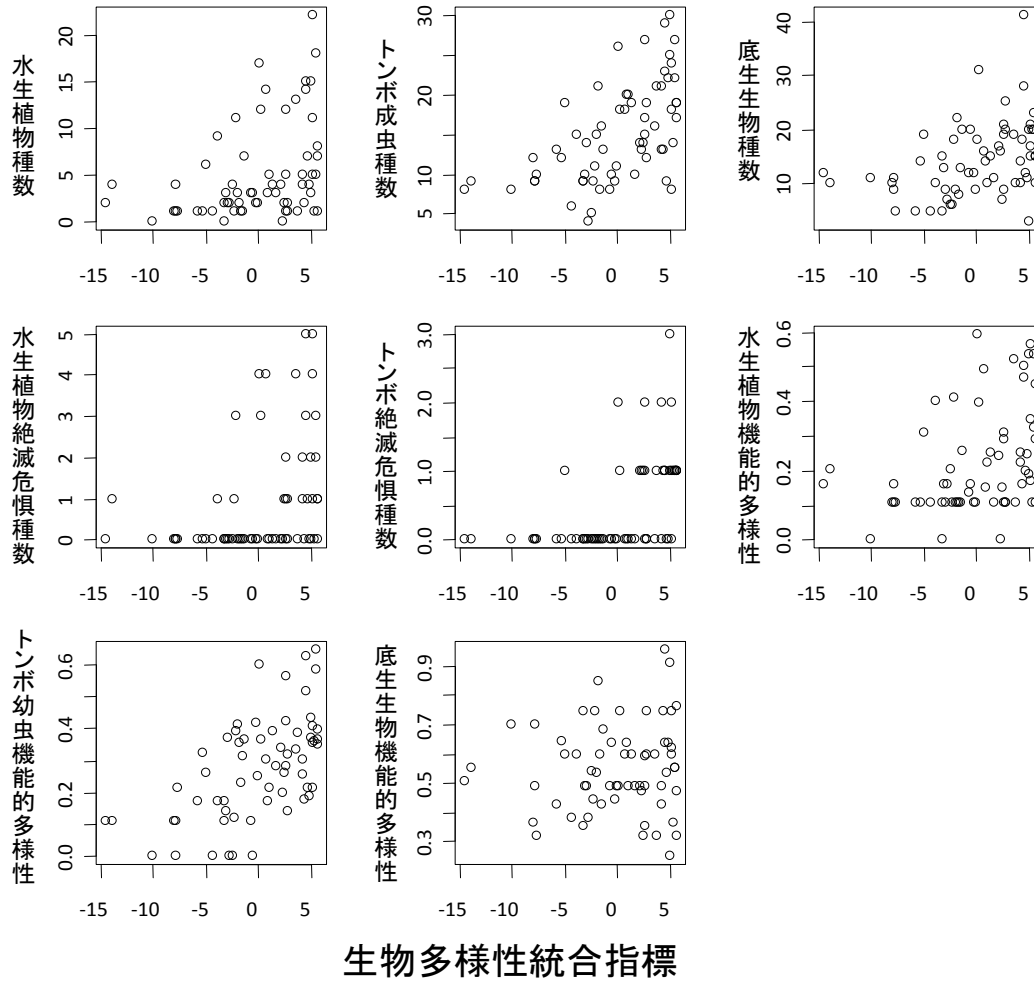


図2 統合指標モデルから算出された生物多様性統合指標と各ため池で観察された生物多様性個別指標との関係