

◆ 生態ネットワーク特集 ◆

生態ネットワーク計画のための鳥類の生息適地図作成

日置佳之* 藤原宣夫**

1. はじめに

生態ネットワーク計画 (ecological network planning) とは、動植物の生息地であるハビタット (habitat) の分断化を防ぐとともに、そのつながりを回復させて、生物多様性の保全を図るためのランドスケープ計画である¹⁾。生態ネットワーク計画を立案するためには、基礎的な情報として動植物の分布情報が不可欠である。わが国では、環境省によって全国版の分布図がつくられているものの、対象種が限られており、また、空間的精度も 3 次メッシュ(1 辺が 1km 程度のメッシュ) であるため、県や都市圏などの地域レベルで生態ネットワーク計画を立案するのに適したものとはなっていない。

そこで本研究では、地域レベルで生態ネットワーク計画を立案する上で役立つ生物の分布情報の整備方法を検討することとした。

2. 分布情報整備の考え方

2.1 生息適地図

分布情報の整備対象は、植物と動物に大別されるが、動物は移動しながら生活しているため、分布域の把握は、植物と比較して、より困難である。近年、動物では、生息適地図 (habitat suitability map) という形での分布情報の整備が試みられるようになってきた²⁾。生息適地図とは、対象種群の生息に適した環境を備えた場所を表わす地図で、動物の生息条件を左右するさまざまな要因の地図から、対象種の存在の有無を判定することによって作成される。

2.2 対象種群

本研究では、鳥類を対象として、生息適地図を作成することとした。鳥類は、空中移動動物であり、地上移動動物である哺乳類や両生類などと異なり、地上の移動阻害要因の影響を受けにくいと考えられる。そのため、生息適地図作成を進める第一段階として適当な種群であると考えた。

2.3 図化方法

生息適地図作成の方法として、悉皆調査とサン

プリング調査が考えられる。悉皆調査は、全域を隈なく調査する方法であり、時間と費用が嵩む。これに対し、サンプリング調査は、これらを大幅に節約できるが、サンプリングで得た結果を、どのように調査対象地域全体に敷衍化するか、という技術上の課題がある。

また、サンプリング調査にもとづいて作成した図が、どの程度の精度を有するかについての検証が必要である。本研究では、サンプリング調査の結果を図化対象地の全域に適用するための手法の開発と、作成した生息適地図の精度の検証に特に力点を置き、事例研究を行うこととした。

3. 研究方法

3.1 対象地

事例研究に一般性を持たせるためには、丘陵地、洪積台地、沖積低地といった多様な地形が存在し、市街化が進んだ区域から田園、森林まで開発程度の異なる場所が含まれている地域であることが望ましい。そうした条件を満たす場所として、水戸市とその周辺市町を含む区域を選定した。事例研究地全域の面積は約 480 平方 km である。

3.2 空間スケール

生態ネットワーク計画にあたっては、計画の対象や目的に応じた適当なスケールを選ぶ必要がある³⁾。対象空間の規模は、広域市町村圏程度の圏域とした。歐州の生態ネットワーク計画は、この程度の圏域を対象に立案されており、わが国で生態ネットワーク計画を立案する上でも適当と考えられる。図化は、この規模に適合したスケールである 1/25,000 で行うこととした。

3.3 調査区の設定

標準地域メッシュ(約 1km×1km) 1 個分を 1 調査区とし、縦横それぞれ 4 等分した 250 m メッシュを調査の単位メッシュとした。友部丘陵～東茨城台地～那珂川低地にかけて、12 個の調査区を概ね東西方向に配置し、水戸市の市街地を含む北軸と、含まない南軸の 2 本を設定した。また、涸沼川の上流～下流に沿って、6 個の調査区を配置した。

3.4 地形分類図と現存植生図

地形分類図は、国土地理院刊行の1/25,000 数値地図の50m メッシュDEM(数値標高モデル)データを用いて作成した。また、相観凡例による現存植生図を、空中写真判読と現地調査により作成した。作成した地図類はGIS化した。

3.5 道路網図

国土地理院刊行の1/25,000 地形図を用い、幅員5.5m以上の道路と鉄道をGIS地図化した。

3.6 鳥類調査

単位メッシュ1個につき、少なくとも15分間の踏査によって鳥種の有無を確認する分布チェックを1997年の繁殖期に実施した。調査結果は、鳥種-単位メッシュにおける、記録-非記録マトリクスとして整理した。

3.7 解析方法

鳥類の目から見た環境を評価するため、鳥類の記録-非記録マトリクスに多変量解析(数量化Ⅲ類、クラスター分析)を適用し、抽出された軸・クラスターを解釈して、鳥類の環境選好を通じた地域の環境構造の把握を試みた。

鳥類の目から見た環境構造と考えられるメッシュクラスターの類型を、地形・植生等のGIS情報を説明変数として判別する判別式(数量化Ⅱ類)を構築した。この判別式を用いて、調査区(サンプル)以外のメッシュの環境構造の類型を判別し、鳥類から見た生息適地図を作成した。

4. 結果及び考察

調査により、58種の鳥類が確認された。解析には、このうち1~2個のメッシュでのみ出現した9種を除く、49種を用いた。49種×288メッシュのマトリクスを、数量化Ⅲ類の結果に基づいて並び替え、さらにクラスター分析を行った結果、6個の鳥種クラスター(S-SCL.1~S-SCL.6)6個のメッシュクラスター(S-MCL.1~S-MCL.6)が得られた(図-1)。

4.1 鳥種クラスター

① S-SCL.1(普遍種)

ハシボソガラス、セグロセキレイ、ムクドリな

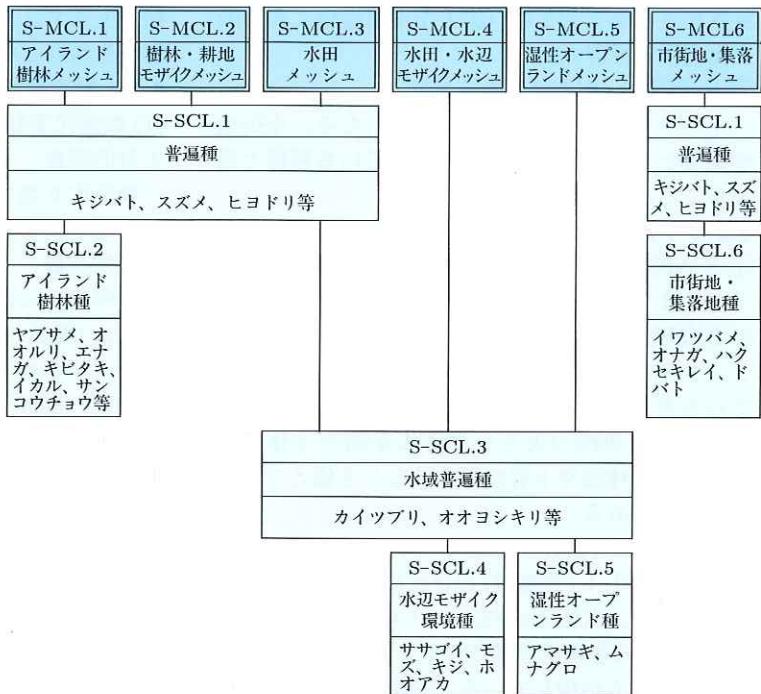


図-1 鳥類-環境構造モデル(1997年繁殖期)

どの18種からなる。この鳥種クラスターの内、シジュウカラ、ヒヨドリなどは、ほとんど全てのメッシュに共通して出現しているため、普遍種と名付けることができる。一方、コチドリ、ホオジロなどは、完全な市街地・住宅地には生息できず、少なくとも旧集落の屋敷林程度の樹林は必要とする点で、準・普遍種と呼ぶべき種群である。

② S-SCL.2(アイランド樹林種)

ヤブサメ、オオルリなど8種からなる。典型的な高木樹林性種であり、特に、落葉広葉樹などが高木層を形成している樹林の林冠・下層の灌木層等を選好すると意味付けられる鳥種である。かなりの面積を有する樹林に生息する種にあたっているため、この種群をアイランド樹林種と呼ぶこととした。

③ S-SCL.3(水域普遍種)

オオヨシキリ、セッカなど7種からなる。水田や溜池程度の水域があれば、かなり普遍的に生息できる種であり、一般的な水域環境を選好している種群と捉えることができる。

④ S-SCL.4(水辺モザイク環境種)

ホオアカ、トビなど7種からなる。水系に沿った灌木地・草地・流水域・水路などの混在したモザイク環境を特に選好している種群である。

⑤ S-SCL.5(湿性オープンランド種)

アマサギ、ダイサギなど5種からなる。樹林や

集落などを全く含まない広大な水田環境に典型的に出現する種群である。

⑥ S-SCL.6 (市街地・集落地種)

イワツバメ、オナガなど4種からなる。市街地や集落とその近傍の環境を選好している種群と捉えることができる。

4.2 メッシュのクラスター

① S-MCL.1 (アイランド樹林メッシュ)

SCL.1 (普遍種)とSCL.2 (アイランド樹林種)の2鳥種クラスターを主たる構成種とするメッシュクラスター。特に、SCL.2がほぼ一式出現している点で、他のメッシュクラスターと明瞭に区別できる。規模の大きい落葉広葉樹を主体とした樹林で、林冠や下層の灌木層などを備えているメッシュである。

② S-MCL.2 (樹林・耕地モザイクメッシュ)

ほぼ、SCL.1 (普遍種)だけが出現するメッシュクラスター。SCL.1の内、ツバメやスズメなど市街地・集落に普遍的な種だけでなく、コジュケイ・コゲラなども出現している。集落周辺の畑・果樹園・屋敷林・平地林などがモザイク的に混在している環境のメッシュである。

③ S-MCL.3 (水田メッシュ)

SCL.1 (普遍種)とSCL.3 (水域普遍種)を主たる構成種とするメッシュクラスター。平地林などを含まない沖積地の水田であって、集落を含むごく一般的な水田環境のメッシュである。

④ S-MCL.4 (水田・水辺モザイクメッシュ)

SCL.3 (水域普遍種)とSCL.4 (水辺モザイク環境種)が揃って出現するメッシュクラスター。水田だけではなく、灌木地・草地・流水域・水路などの混在したモザイク環境のメッシュである。

⑤ S-MCL.5 (湿性オープンランドメッシュ)

SCL.3 (水域普遍種)とSCL.5 (湿性オープンランド種)を、主たる構成種とするメッシュクラスター。特に広大な水田を主体とするメッシュである。

⑥ S-MCL.6 (市街地・集落メッシュ)

準・普遍種を除くSCL.1 (普遍種)とSCL.6 (市街地・集落地種)を、主たる構成種とするメッシュクラスター。どのような環境でも幅広く生息できるような普遍種(いわゆる「都市鳥」)だけが生息できるメッシュである。

4.3 生息適地図の作成

サンプリング調査区のメッシュクラスターの類型を判別する式を構築し、サンプリング調査区以外のメッシュに適用し、もし、このメッシュに鳥

類が生息するとしたら、どの類型のメッシュの種群かを判別した。

4.3.1 判別分析

(1) 数量化II類による判別式の構築

①目的変数

数量化II類で判別を試みる目的変数は、6つのメッシュタイプ(MCL.)である。

②説明変数

説明変数には、離散調査区用変数である25アイテム(変数)-82カテゴリーからなるアイテム・カテゴリカル・データを用いた。

③変数の選択

アイテム・カテゴリー・データを用いて数量化II類を加えたところ、計算の収束が悪く、解が不安定となった。 $r = 0.6 \sim 0.7$ の相関係数を持つ変数があるため、多重共線性の問題が起きているものと考えられた。そこで、カテゴリー・スコアの値に異常のみられた説明変数を逐次減少させた。その結果、地形多様度を削除したところで解が収束した。

④判別式の決定

以上の作業により、24アイテム-78カテゴリーからなる判別式を決定した。

4.3.2 判別式の内容

判別式そのものと、サンプル対象とした判別結果から、以下のような情報を得た。

数量化II類の判別式において、カテゴリー・スコアのレンジ(最大値-最小値)が大きいほど、偏相関係数が大きいほど、そのアイテムが、判別結果を大きく左右している。この2点から、各軸の判別に、どのような環境要素が効いているか把握することができる。第I軸から第V軸までにおいて、レンジ及び偏相関係数がともに上位5位までに入るアイテムを抽出し、表-1に示した。また表-2に判別式の的中率等をまとめて示した。

第I軸では、陸域環境系のメッシュと水域環境系のメッシュが判別された。第II軸では、アイランド樹林メッシュが、他の2つの陸域系メッシュから判別(分離)される。台地・段丘(地形構成割合)がぬきんでて判別結果を左右していた。第III軸では、樹林・耕地モザイクメッシュと市街地・集落メッシュが分離された。第IV軸では、水域系の3つのメッシュタイプから、湿性オープンランドメッシュが分離された。第V軸では、水田メッシュと水田・水辺モザイクメッシュが分離された。交通インフラを表すアイテムでは特に判別に効いてはいるものはなかった。

4.3.3 判別分析(調査地域全域)

1) 数量化II類による判別結果

調査地域全域の地形・植生等のGISデータをインポートし、各変数をアイテム-カテゴリカル・データに調整した。そのデータ一式に対して、カテゴリースコアを用いて、各メッシュのサンプルスコアを算出し、メッシュクラスター類型を判別した。判別結果を図-2に示した。

2) 各メッシュタイプの割合および分布

①アイランド樹林メッシュ

調査地域の西部から北西部にかけての丘陵地

表-1 数量化II類の結果得られた判別式におけるアイテムのレンジ及び偏相関係数
数(離散調査区:鳥類(繁殖期)) 24 アイテム-78 カテゴリー

軸	上位5アイテム		レンジ	上位5アイテム		偏相関係数
第I軸	1 植生PC3(非市街地度)		0.79	1 植生PC3(非市街地度)		0.34
	2 植生PC2(山の手度)		0.71	2 植生PC2(山の手度)		0.29
	3 広葉樹林		0.66	3 広域樹林		0.27
	4 植生種数		0.60	4 平地		0.26
	5 平地		0.56	5 斜面		0.25
第II軸	1 台地・段丘		1.17	1 台地・段丘		0.34
	2 広葉樹林		0.69	2 畑地		0.23
	3 水田		0.66	3 植栽低木		0.21
	4 畑地		0.54	4 緑の多い住宅地		0.21
	5 植生PC2(山の手度)		0.54	5 水田		0.20
第III軸	1 植生低木		0.86	1 植生低木		0.26
	2 台地・段丘		0.82	2 台地・段丘		0.23
	3 植生種数		0.79	3 植生種数		0.20
	4 斜面		0.76	4 スギ・ヒノキ		0.20
	5 植生PC2(山の手度)		0.69	5 斜面		0.18
第IV軸	1 平地		2.13	1 平地		0.31
	2 植生PC3(非市街地度)		1.96	2 地形種数		0.30
	3 台地・段丘		0.63	3 植生種数		0.28
	4 地形種数		1.61	4 植生PC3(非市街地度)		0.28
	5 植生種数		1.38	5 開放水面		0.27
第V軸	1 斜面		1.92	1 斜面		0.21
	2 植生PC2(山の手度)		1.83	2 植生PC2(山の手度)		0.19
	3 平地		1.18	3 平地		0.14
	4 植生種数		1.14	4 市街地		0.13
	5 植生PC1(山地度)		1.03	5 植生PC1(山地度)		0.13

注) 太字になっているアイテムはレンジおよび偏相関係数でともに上位5番目までになっているもの

表-2 数量化II類による的中頻度(離散調査区:鳥類(繁殖期))

判別軸	第1軸	第2軸	第3軸	第4軸	第5軸
判別区分点	0.434	0.637	-0.162	-0.262	0.169
アイランド樹林メッシュ	41	35	6	3	38
樹林・耕地モザイクメッシュ	81	12	69	70	11
水田メッシュ	7	27	10	24	24
水田・水辺メッシュ	1	14	12	3	13
湿性オープンランドメッシュ	32	26	6	1	31
市街地・集落メッシュ	75	9	3	81	14
的中率(%)	94.08	89.81	84.85	80.25	79.59

注(1) 太線で囲った部分が判別が的中したサンプル数

注(2) 網掛け部分は、判別済みのメッシュタイプを示す

に分布し、その他の地域にはほとんど分布していない。

②樹林・耕地モザイクメッシュ

全メッシュの43.0%を占め、丘陵地や水系を除く、ほぼ全域に広がっている。この地域の特徴的な環境を表現していると考えられる。

③水田メッシュ

調査地域のメッシュのうち6.6%を占め、本地域では最も少ない環境である。涸沼水系の中流沿いにややかたまって分布しているほか、平野部にも点在している。

④水田・水辺モザイクメッシュ

涸沼及び那珂川水系の下流部及び平野部の樹林・耕地モザイクメッシュのなかに点在するよう分布している。

⑤湿性オープンランドメッシュ

各水系の最下流部に位置している。具体的には那珂川や涸沼川の下流部や涸沼に分布の固まりがみられる。

⑥市街地・集落メッシュ

調査地域のなかでは、樹林モザイクメッシュに次いで多い。調査地域の北東部、水戸の市街地を中心とした地域に分布している。また、西部や北西部においてアイランド樹林メッシュの周辺にも分布している。

4.4 地域の中での生態ネットワーク要素の分布

ワーク要素の分布

図化の結果から、生態ネットワークを構成する要素が、以下のように見出された。

①アイランド樹林としての平地林

友部丘陵以西の丘陵地・山地の単位メッシュの大半が、アイランド樹林として評価された。また、東茨城台地上の平地林でも、アイランド樹林として評価されているものがあった。友部丘陵をアイランド樹林性鳥類のソースと考えると、台地上の孤立した平地林とのネットワークを検討する必要性が示された。

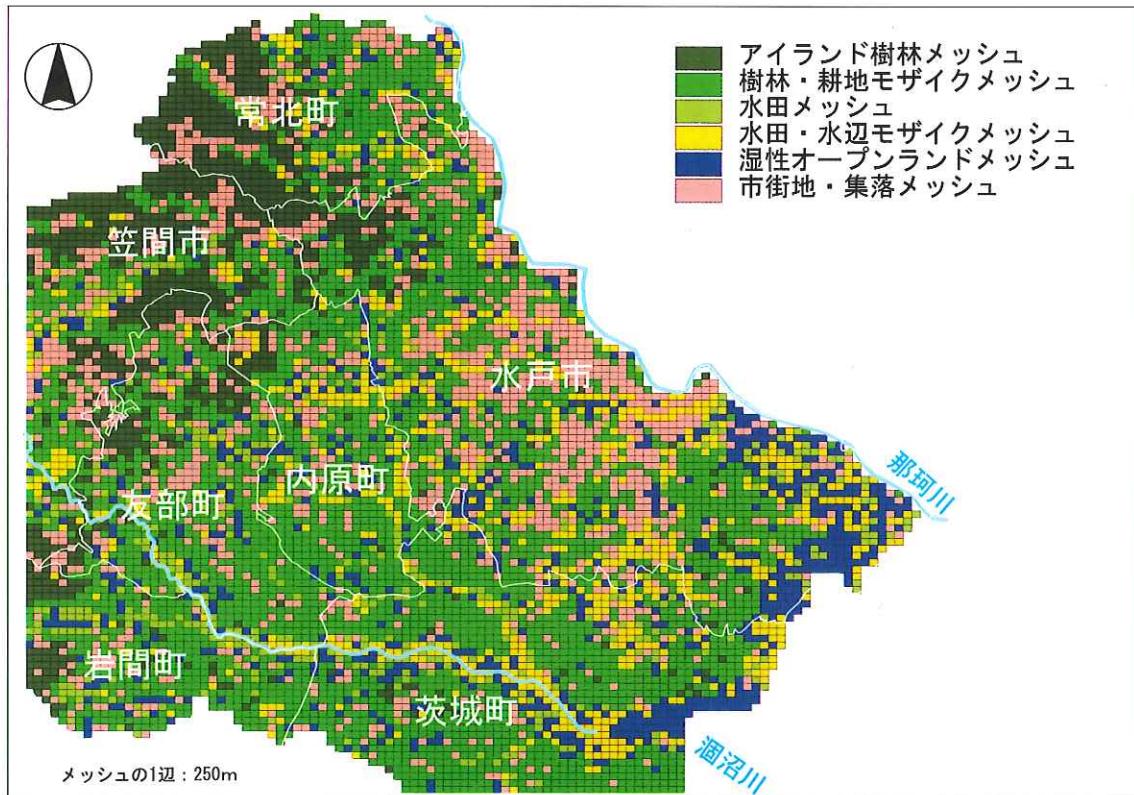


図-2 水戸地域鳥類(繁殖期)生息適地図

表-3 判別結果と検証結果の比較(繁殖期鳥類)

メッシュタイプ	検証調査結果							※1	合計	判別率(%)	
	アイランド樹林メッシュ (97S-MCL.4)	樹林・集落 モザイク メッシュ (OOS-MCLS.5)	集落・樹林 モザイク メッシュ (OOS-MCLS.7)	水田 メッシュ (OOS-MCLS.1)	集落・水辺 モザイク メッシュ (OOS-MCLS.2)	湿性オープ ンランド メッシュ (OOS-MCLS.3)	集落・市街 地メッシュ (OOS-MCLS.8)				
当初調査	アイランド樹林メッシュ (97S-MCL.1)	11	10	8		1		1	1	32	34.4
	樹林・耕地モザイクメッシュ (97S-MCL.2)		3	54		11		20	88	64.8	
	水田メッシュ (97S-MCL.3)			7	4	9	2	3	25	16.0	
	水田・水辺モザイクメッシュ (97S-MCL.4)			3		11	9	9	1	33	33.3
	湿性オーブンメッシュ (97S-MCL.5)			4	12	20	4	4	44	9.1	
	市街地・集落メッシュ (97S-MCL.6)	2	8	18		3		28	2	61	45.9
総計		13	21	94	16	55	15	65	4	283	40.6

(注) 網掛けの部分が正解としたメッシュ数

※1：出現種数不足のため解析対象とならなかったメッシュ

②樹林と耕地のモザイク環境

東茨城台地上、台地の裾部に、広く樹林・耕地モザイクメッシュが分布していた。台地上の持続的農業の原風景であり、このようなモザイク環境の元で、農業と共生してきたと考えられる生物群がいることが示唆される。農用林としての平地林

が維持されてきたことの重要性も見逃せない。樹林と耕地のモザイクは、その組合せという意味で、より詳細スケールでのネットワークとなるが、広域スケールでの生態ネットワークの構成要素としても重要と考えられる。

③水辺のモザイク環境

河川敷や湿田に見られる灌木地・草地や素掘り水路が、水辺モザイク環境として評価された。画一的な農業基盤整備などの中で、かろうじて残ったビオトープ的な環境といえる。

5. 生息適地図の検証

作成した生息適地図の精度を確認するため、検証調査を行った。生息適地図を作成する際に設定したサンプリング調査区とは別の場所に、検証用の調査区を18個設け、当初と同様な方法で調査・解析を行い、生息適地図で判定した生息地と、検証調査で実際に出現した鳥類によって判別された生息地がどの程度一致するかによって、的中率を求めた。現地調査は、2000年5月に実施した。

1997年の調査では6つの鳥種クラスターが、2000年度の調査では7つの鳥種クラスターが得られた。2つのクラスターの対応関係を単独あるいは複数の鳥種クラスターの重なり方から判断した。

検証調査の結果を表-3に示した。生息適地図の平均的中率は、40.6%であった。的中率が比較的高かったのは、樹林・耕地モザイクメッシュ(64.8%)、市街地・集落メッシュ(45.9%)であった。一方、的中率が低かったのは、湿性オープンランドメッシュ(9.1%)、水田メッシュ(16.0%)であった。

的中率は、図化対象地の中で大きな面積を占めているメッシュタイプでは高く、小さな面積のものほど低くなる傾向が認められる。今回の方法では、小面積で存在する環境における的確な生息適地の判別は難しかったと言える。

6. まとめと今後の課題

6.1 まとめ

- ①サンプリング調査に基づいて、繁殖期における鳥類の生息適地図を作成した。多変量解析を用いることにより、鳥類のグループであるギルド(鳥類クラスター)とその生息地(メッシュクラスター)を判別することができた。
- ②植生、地形のGISデータから、鳥類の調査を行わなかった地域を含めた対象地域のメッシュクラスターを判別し、鳥類の生息適地図を作成することができた。
- ③当初のサンプリング調査区とは別の場所で、改めてサンプリング調査を行って検証した結果、この生息適地図の的中率は平均で40.6%であった。

6.2 今後の課題

本研究では、樹林・耕地モザイクメッシュや市街

地・集落メッシュのような主たる生息適地を図化できており、かなり有用であると考えられる。しかしながら、生態ネットワーク計画の基礎図として実用化するには、一段と改良を施す必要がある。

改良の方針として、まず、クラスターの種類を減らすことが考えられる。しかし、クラスターをまとめ過ぎれば、生息適地図としての有用性が損なわれるので、いくつかのレベルでのクラスター区分を行い、最適な区分を見つける必要がある。

今回は、必ずしも精度の高い生息適地図はできなかったものの、今まで公表されている類似した方法の研究^{4),5)}では、検証調査が行われた例はなく、生息適地図の精度評価を行った意義は大きいと考えられる。今後は、哺乳類、両生類などの生息適地図作成手法の開発も進めていきたい。

本稿は、環境省国立機関公害防止等試験研究費により実施した「広域的生態ネットワーク計画に関する研究」⁶⁾の成果に基づくものである。

参考文献

- 1) 日置佳之、井手佳季子：オランダの3つの生態ネットワーク計画の比較による計画プロセスの研究、ランドスケープ研究, Vol.60, pp.501-506, 1997.
- 2) 日置佳之：生きもの主体のランドスケープ計画手法に関する展望－計画と調査を結ぶランドスケープエコロジーの分析手法－、ランドスケープ研究, Vol.64, pp.138-141, 2000.
- 3) 小河原孝生、有田一郎：土地的・生物的自然の空間情報の把握と空間スケール、生態計画研究所年報, No.5, pp.1-20, 1997.
- 4) 有田一郎、小河原孝生：鳥類及び昆虫・両性爬虫類による生態環境構造の把握解析手法開発のためのケーススタディ、生態計画研究所年報, No.3, pp.67-112, 1995.
- 5) 武内和彦、一ノ瀬友博：鳥類からみた生息地の類型化手法、日本造園学会編ランドスケープ大系第5巻ランドスケープエコロジー, pp.203-211, 技報堂, 1999.
- 6) 藤原宣夫、日置佳之：広域的生態ネットワーク計画に関する研究、平成11年度環境保全研究成果集(III), pp.89-1-43, 環境省, 2000.

日置佳之*



鳥取大学農学部助教授、農博
(前)国土交通省土木研究所緑化生態研究室主任研究员
Dr. Yoshiyuki HIOKI

藤原宣夫**



国土交通省国土技術政策総合研究所緑化生態研究室長
Nobuo FUJIWARA