

# 生物生息空間モデルによる 樹林・水辺空間の生態系的価値の評価

大井和之\*

## 1. はじめに

樹林があれば、そこでは鳥が巣を掛けているだろう。草地ではチョウが花の蜜を吸っており、池ではトンボがヤゴから羽化しているだろう。では、樹林から 100m 離れた草地と 1km 離れた草地では餌を捕りに来る鳥の種類は同じだろうか。目の前に田んぼがある住宅と、水田から遠く離れた住宅では飛来するチョウの数や種類は同じだろうか。経験的には、これらは同じではなく、樹林や水辺の存在は、その周辺を含めて生物相を豊かにしていると考えられる。では、市街地に残された小面積の樹林が、どれぐらいの範囲の生物相をどの程度豊かにしているか、定量的に示せないだろうか。また、生物相の豊かさへの寄与を、樹林や水辺空間の価値として評価することはできないだろうか。

環境影響評価の生態系の項目では、注目種や生物群集への影響を予測し、影響の回避、最小化の評価を行う必要がある（生物の多様性分野の環境影響評価技術検討会、2002）。そのため、生態系の定量的な評価手法の整備が進められつつあり、特に注目種に対する HSI (Habitat Suitability Index) モデルの構築に関しては多くの取り組みがなされている。これらのモデルは、希少種などの注目される種に対する影響の回避や代償などの保全対策の検討に用いられる。一方で、生物群集を対象とした生態系の定量的な評価手法についての取り組み例はほとんどなく、特に注目される種の生息環境として特筆されることのない、小面積の樹林やため池などの地域の生態系への寄与を評価する手法は確立されていない。

本研究では、地域の生態系を指標する生物として、身近に自然を感じさせる生きものでもある鳥類、チョウ類、トンボ類を対象として、場所による生物相の違いを、地形や植生、土地利用と対応づけてモデル化し、地図情報から生物相を推測することを試みた。生物相は、多変量解析を用いて類型化を行い、類型の分類を説明する地形や植生などの環境条件を探索してモデルを構築した。このモデルによって、地図上の任意の地点の生物相を推測することが可能となり、環境の変化による生物相の変化も予測できる。本稿では福岡市の生物生息空間地図をケーススタディとして、生物生息空間モデルの構築、モデルを用いた生物生息空間地図の作成、生物生息空間地図による予測評価について論じる。

## 2. 生物生息空間モデルの構築

### 2.1 鳥類と昆虫類の生息状況の調査と解析

生物の生息状況の調査対象は、移動性のある動物の中で比較的確認が容易な「身近な生きもの」でもある鳥、チョウ、トンボを対象とした。

調査地点は、評価対象とする福岡市全域から、樹林地、農地、公園、ため池、住宅地、幹線道路などを選んだ。調査は 300 ~ 500 m のルートを移動しながら 20 分間にわたり観察された鳥類、チョウ類またはトンボ類の種名と個体数を記録した。2002 年と 2003 年の夏季の調査により、鳥類は 120 地点、チョウ類は 140 地点、トンボ類は 106 地点の生息状況を記録した。

生息状況のデータは、分類型の多変量解析手法の

\* (財)九州環境管理協会 環境部

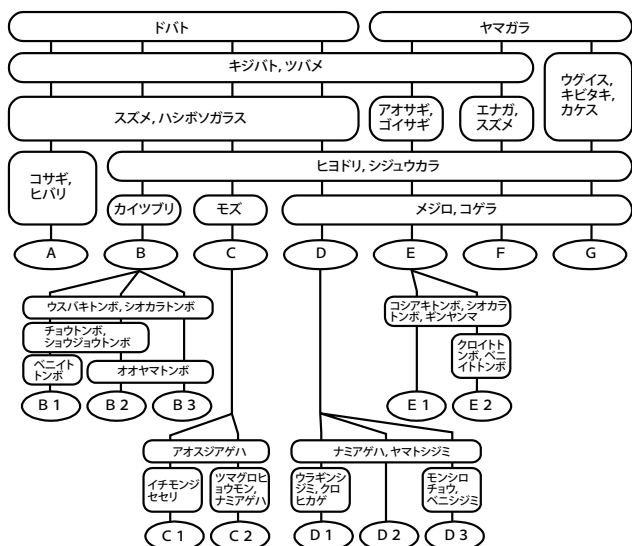


図1 群集類型と主な指標種

1つである TWINSPAN<sup>1)</sup> によって分類した。群集の分類は、まず鳥類の調査データを用いて A～G の7つの類型に分け、次に、B、E 類型に分類された調査地点ではトンボ類のデータを用いた細区分を、C、D 類型に分類された調査地点ではチョウ類のデータを用いた細区分を行った (図1)。

## 2.2 統計解析によるモデルの構築

調査地点の生物群集の類型と、周辺の土地利用などとの関係をモデル化するため、分類樹木<sup>2)</sup> または決定木分析とよばれる解析を行った。分類樹木は、サンプルを2つに分割する説明変数を探す作業を繰り返すため、得られたモデルは2分岐の枝分かれを繰り返す樹木状になる。このため、モデルが単純で分かりやすく、予測される生息空間の境界線を地図上に引くことも容易である。

モデルの説明変数となる地形、植生については、数値地図や福岡市植生図 (2001) の GIS データを用いた。植生については、探索する説明変数の数を減らしモデルに有効な変数とするため、個別の群落区分を再分類して天然林、人工林、植栽林、草地、耕作地、市街地、水系の7区分とした。また、調査地点はルート上の1点を代表地点とし、GISを用いて樹林や耕作地、水系までの距離や最近隣樹林の面積などを測定した。これらの説明変数を用いて分類樹木によって生物生息空間モデルを構築した (図2)。

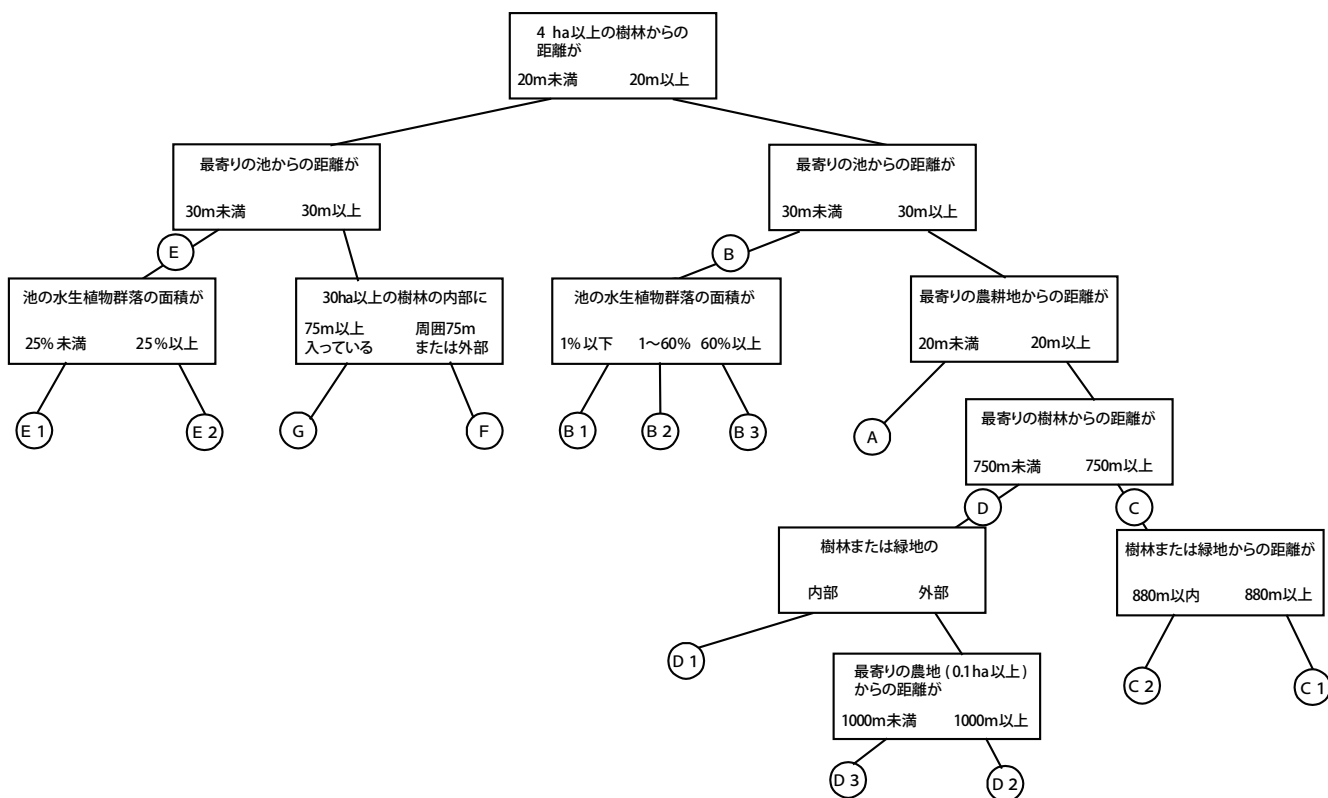


図2 生物生息空間モデル

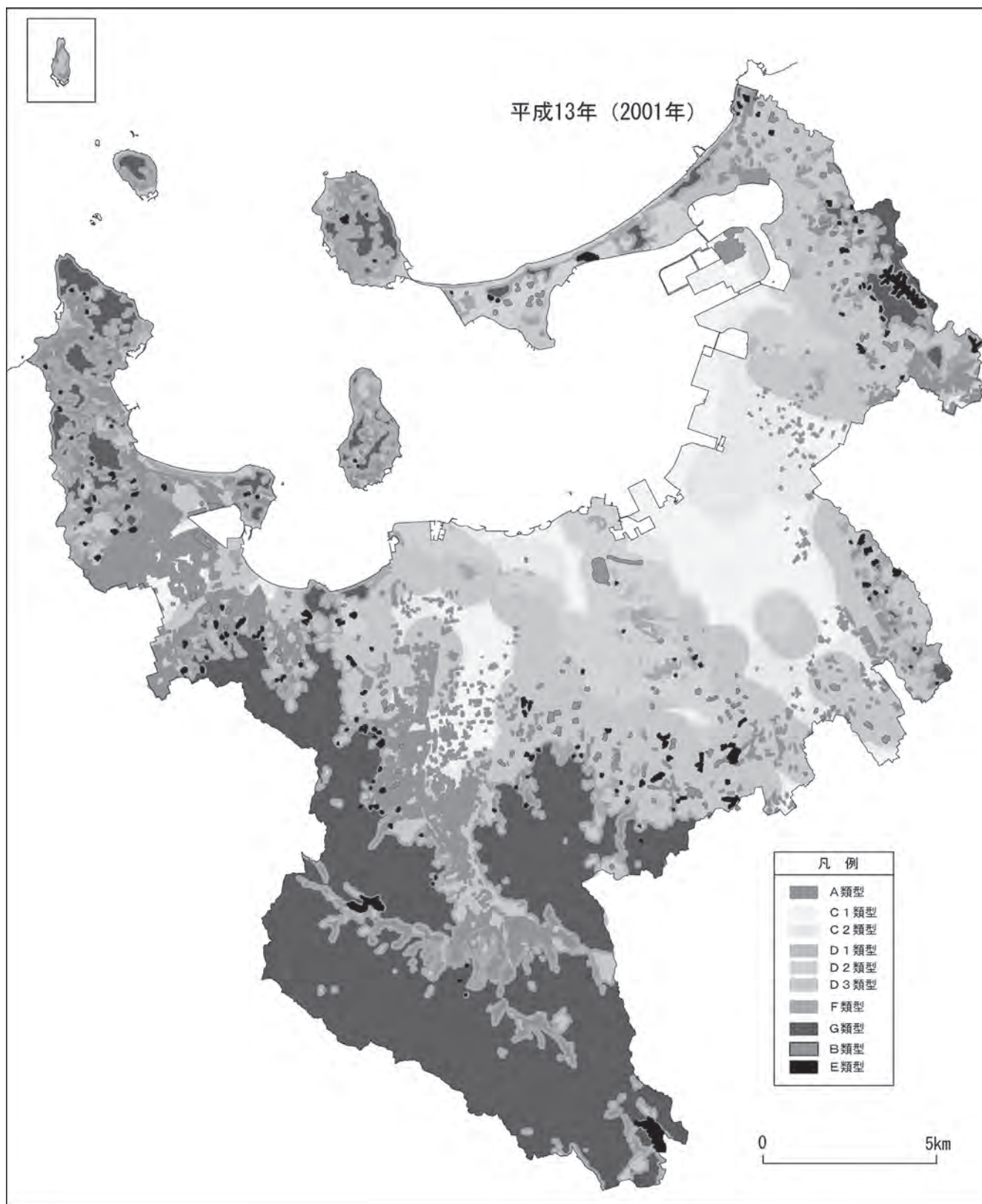


図3 生物生息空間モデルを用いて作成した福岡市の生物生息空間地図

### 3. 樹林、水辺の生態系的価値の評価

#### 3.1 生物生息空間地図の作成

前節の生物生息空間モデルを、地図上の樹林や耕作地、ため池の分布に当てはめることによって、地

域の生物相を推定することができる。このような生物生息空間の分布を示した地図を生物生息空間地図という。モデルと2001年の植生図から福岡市の生物生息空間地図を作成した（図3）。

地図で表された生物生息空間の分布をみると、図1に示したようにウグイスやキビタキなどで特徴づけられるGタイプの生物群集は30ha以上の大規模樹林の内部に出現し、福岡市南部の油山や背振山地に広い生息空間があると推定される。また、コサギやヒバリで特徴づけられるAタイプは、農耕地とその近傍に出現し、水田と密接な関係がある生物群集であると考えられる。スズメとヤマガラが両方出現するFタイプは、開けた環境と樹林が接している林縁部の環境に関係した生物群集と考えられる。住宅地や商業地を含む市街地では、メジロやコゲラの出現するDタイプと、それらが現れないCタイプの群集がみられ、チョウ類によって細区分される。これらの生息空間は小規模な樹林や耕作地からの距離によって定義される。サギ類やカイツブリなどの水鳥で特徴づけられるBタイプとEタイプはため池と関係した生物群集である。

なお、今回のモデルでは、BタイプとEタイプについては、トンボ類による細区分（B1～B3，E1～E2）が池の開放水面と水生植物群落の面積割合との関係で説明されるが、調査地以外の池の水生植物群落面積の情報がないので、地図上ではBタイプとEタイプの細区分は示せなかった。

### 3.2 群集類型の評価

ある樹林の生態系的価値を評価するためには、仮にその樹林がなくなったとして、生物生息空間地図がどう変化するかを見てみればよい。樹林がなくなったことによって、樹林の場所ではFタイプの生物生息空間がDタイプに変化するかもしれないし、近くの別の場所ではDタイプの生物生息空間がCタイプに変化するかもしれない。この時、変化前と変化後のタイプの生態系的価値の差に、生息空間の変化面積をかけたものを、この樹林の生態系的価値と考えることができる。

群集類型の生態系的価値を示すもっとも単純な指標として、各タイプの調査地点で観察された平均の出現種数が考えられる(表1)。観察種数の多い類型は、より豊かな生物相であると言える。さら

に、出現頻度の多い種は軽く出現頻度の少ない種は重くする重み付けをつけることで、種の希少性を加味した評価指標となる(表2)。

表1と表2を比べると、AタイプとGタイプ、FタイプとEタイプの順序が入れ替わっているが、他の順序には変化がない。農耕地に出現するAタイプでは、出現種数が多いもののDタイプやCタイプで出現する種と共通種が多いため、希少性による重み付けを行うと、他の類型との共通種が少ないGタイプに逆転された。評価指標により差はあるが、おおむねAタイプやGタイプの生態系的価値が高く、Cタイプの生態系的価値は低いと評価される。

表1 出現種数

(鳥類)		(トンボ類)		(チョウ類)	
類型	平均確認種数	類型	平均確認種数	類型	平均確認種数
A 類型	14.0	E 2 類型	9.9	D 3 類型	10.8
G 類型	11.8	B 3 類型	8.4	D 1 類型	9.4
F 類型	10.8	E 1 類型	7.9	D 2 類型	6.9
E 類型	9.3	B 2 類型	7.2	C 2 類型	5.0
B 類型	8.0	B 1 類型	6.1	C 1 類型	4.2
D 類型	7.7				
C 類型	6.8				

表2 重み付け種数

(鳥類)		(トンボ類)		(チョウ類)	
類型	重み付け種数	類型	重み付け種数	類型	重み付け種数
G 類型	1.08	E 2 類型	0.76	D 3 類型	0.39
A 類型	0.93	B 3 類型	0.31	D 1 類型	0.28
E 類型	0.51	E 1 類型	0.25	D 2 類型	0.19
F 類型	0.46	B 2 類型	0.19	C 2 類型	0.095
B 類型	0.36	B 1 類型	0.17	C 1 類型	0.089
D 類型	0.21				
C 類型	0.18				

### 3.3 過去の生物生息環境の推定

生物の保全という考えからは、過去に比べて現在において減少している生息空間は、保全をはかるべき価値のある生態系と評価することができる。そこで、過去の地形図を基にした1970年頃の福岡市の樹林と耕作地、ため池の分布図から、同じモデルを用いて過去の生物生息空間地図を作成した(図4)。

図3と図4を比較すると、出現種数の多いAタイプの空間が減少し、出現種数の少ないCタイプが拡大していることが読みとれる。また、DタイプがCタイプに、GタイプがDタイプに変化している場所でも生態系的価値が減少している。耕作地や大面積の樹林が生態系的価値の高い空間に大きく寄与していることがわかる。

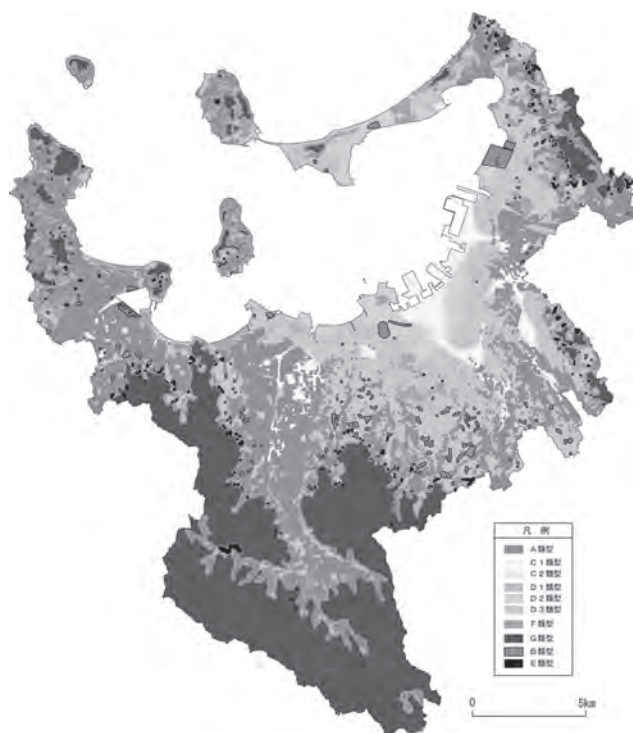


図4 1970年頃の生物生息空間地図

### 3.4 環境の変化による影響の予測

#### a) 樹林の消失による影響の予測

大きな樹林の一部を改変（造成）することは、生物相にどのような影響が生じるだろうか。図5左下のような改変（この例は架空のものである）があると、F類型やD類型の生物生息空間は増加するが、G類型の生物生息空間は大きく減少する。同じ面積の改変でも図5右下のように形を変えることで、G類型とF類型の増減を変えることができる。G類型は生態系的価値が高いと評価されるため、改変の影響を低減するためには、G類型の減少面積を小さくするような造成地の形状を選択することが望まれる。改変部の形を変えた生物生息空間地図を作成することで、生息空間への影響を予測評価することができる。

#### b) 自然再生による効果の予測

樹林が近くにない市街地では、C類型の生息空間が広がっているが、小規模な樹林を再生させることで、C類型より生物相の豊かなD類型の生息空間を拡大することができる。さらに、耕作地を再生することができるのであれば、D類型の中でも生物相が豊かなD3類型が広がる（図6）。市街地の中に飛び石状に樹

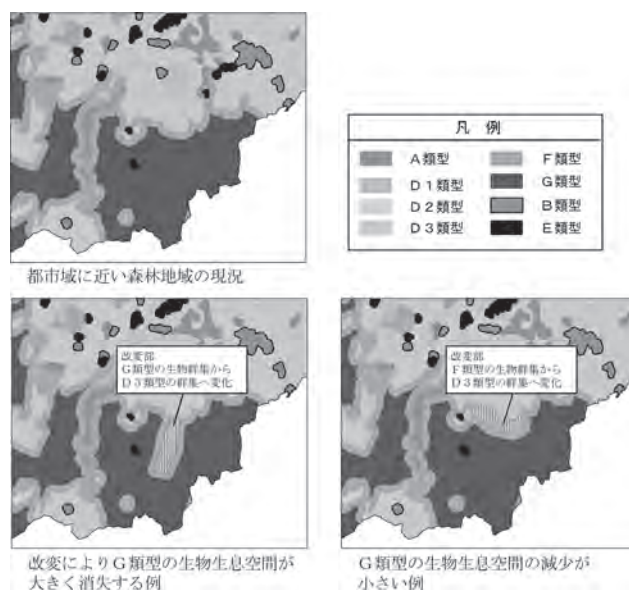


図5 樹林の改変の影響予測

林や耕作地を再生することは、地域の生物相を豊かにすると言える。庭や街路樹で鳥がさえずり、チョウが舞う、自然環境と共生するまちづくりを計画する場合には、樹林や耕作地が市街地の中に維持されることが必要だが、生物生息空間モデルを用いることにより、生物相を豊かにする効果の高い適切な配置を決めることができる。

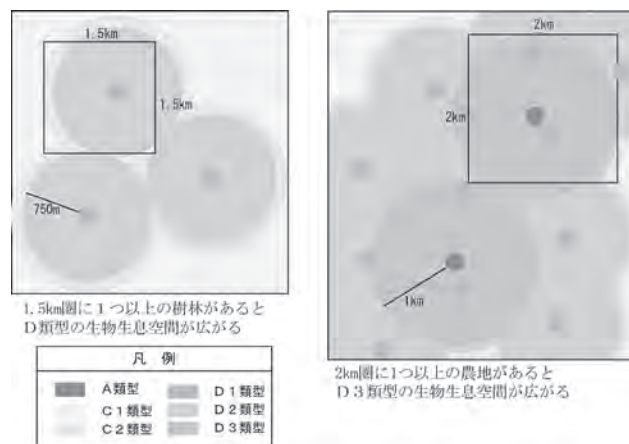


図6 飛び石状の樹林・耕作地の効果

## 4. おわりに

本調査研究では、観察しやすい生物群に絞って、短時間、多地点の生息状況調査を行い、その結果を統計的に処理することによって、福岡市全域という広域に適用できる生物生息空間モデルを構築した。このモデルを用いて、地域の生物相の豊かさに、樹

林や耕作地、ため池がどの程度寄与しているかを示すことができた。

生物相と環境条件の関係をモデル化する手法として、TWINSPAN などによる群集の類型化と分類樹木（決定木分析）の組み合わせは、結果として得られるモデルがわかりやすいという点で優れている。環境条件となる植生などの情報は、今回は GIS に入力された植生データを利用したが、衛星画像などから面的データを入手することも可能になっており、今後はより多様な説明変数を用いて精度の高いモデルを構築していくことが可能になるだろう。

生物相が群集の類型で示されるため、注目種の「いる／いない」に比べると価値評価の段階でわかりにくさがある。群集類型の評価は単純には出現種数や重み付け種数で可能である。わかりやすくするためには、G 類型は「自然度 1」、A 類型は「自然度 2」といった任意の指標値を与えることも考えられる。出力となる地図をわかりやすくする工夫が今後求められる。

今回構築したモデルは、特に、生物相があまり豊かでない市街地や郊外地域の、小規模な樹林や水辺空間の生態系的価値の評価に適している。自然環境と共生するまちづくりの計画や指針の策定、市街地を再開発する事業の戦略的環境アセスメントなどに有力なツールとなることが期待される。

## 謝辞

本調査研究は、平成 14 年度と 15 年度に福岡市環境局環境共生課より委託された「市域生態系調査業

務」の中で行われた。調査研究にあたっては、福岡市環境局の関係各位に多大なご支援をいただいた。この場をお借りして謝意を表したい。

## 補注

1) TWINSPAN(Two-way indicator species analysis)

分類型の多変量解析のひとつ。分析には mjm 社の PC-ORD を用いた。

2) 分類樹木 (Classification tree)

カテゴリー型の応答変数の値の変化を 1 ないし複数の説明変数により説明するモデルを作成する手法。加藤ら (2003) に詳しい。分析には StatSoft 社の STATISTICA のパッケージを用いた。

## 引用文献

加藤和弘・一ノ瀬友博・高橋俊守 (2003) “分類樹木を用いた生物生息場所の分類 河川水辺の鳥類を対象とした事例研究”，応用生態工学 5(2), 189-201.

生物の多様性分野の環境影響評価技術検討会編 (2002) 環境アセスメント技術ガイド 生態系，財団法人自然環境研究センター，東京，277pp.

本論文は、平成 18 年 9 月に横浜で行われた、環境アセスメント学会 2006 年度研究発表会の発表要旨を再編集したものである。