

# 生物多様性に配慮した都市緑地の設計手法

松原隆志 杉本英夫  
寺井学 赤川宏幸

## Design Methods for Urban Green Considering Biodiversity

Takashi Matsubara Hideo Sugimoto  
Manabu Terai Hiroyuki Akagawa

### Abstract

When designing a small-scale urban green that organisms would arrive willingly, we could not estimate how to improve the design so that organisms could really enter because there are no methods for estimating whether the green is a fitting habitat directly and in detail. We also ran into similar issues when estimating the possibility of organisms passing through and considering the layout based on the expected transfer path of organisms. Thus, we developed a habitat estimation model to support urban green design, after researching organisms' preferences for habitats and pathways in urban greens and surroundings. We selected forest-dependent small birds, which are at the top of the ecological pyramid in urban greens, as the indicator organisms. We then developed a contour map showing the probability of birds' appearing in the planned green and a contour map showing the difficulty of the birds' transfer and expected transfer path around the planned green using the new model. The resulting estimations should facilitate the design of urban greens to be more welcoming for birds on a scientific basis.

### 概要

都市部の小規模な緑地を生物が好んで出現するように設計する際、緑地が生物の生息地に適しているか、詳細かつ直接的に評価する方法がなく、どのように設計すれば実際に生物がやってくるか判断することができなかった。また、生物の往来の可能性を評価したり、予測される移動経路に基づいて緑地のレイアウトを考慮したりする場合にも、同様の問題があった。そこで、都市の緑地とその周辺を対象として、生物の生息地や移動経路に対する好みを詳細に調査し、都市緑地の設計に対応した生息地評価モデルを作成することを考えた。指標生物は都市緑地の生態系の上位となる樹林性の小鳥とした。得られたモデルにより、計画緑地への鳥の出現確率を示す等高線図、計画緑地周辺での鳥の移動難易度を示す等高線図および予測移動経路を作成できた。これらの評価結果は、鳥が好んで訪れる都市緑地の設計を、科学的根拠に基づくものにと期待される。

### 1. はじめに

都市に住む人達が、自然や生態系に関心を持ち、緑豊かな商業地や住宅地を好むようになってきたため、生物多様性に関心を持つ事業者が、CSRの観点から生態系に配慮した緑地を計画する例が増えている。将来的には、このようにして作られた緑地に立地する建築物が集客力を増すことで、建築物の不動産価値の向上と維持に貢献することが期待されている。

そのような中、都市における生物多様性を高めるために、緑地の質を向上させる方策を検討する際には、指標生物として、シジュウカラをはじめとする樹林性の（林や森に生息する）鳥類が取り上げられることが多いが、これらの鳥類が好む生息地を評価する手法として、HSI [Habitat Suitability Index : ハビタット（生息地）適性指数] モデルを構築することの有効性は広く認められている。HSIは、繁殖条件、餌条件、カバー（土地被覆、ここでは隠れ場所や休息場所等）条件、水場条件などの、

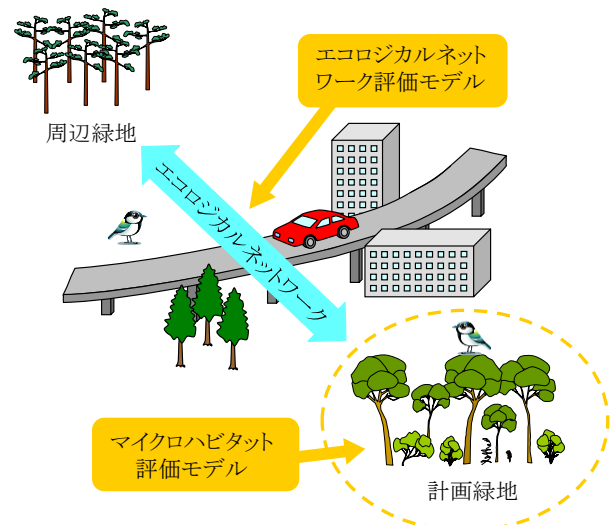


Fig. 1 設計に使用する生息地評価モデル  
The Habitat Estimation Model for a Design Tool

動物種が存続する上で不可欠な条件に着目して構築される指数である。HSIにより、ある区域が、対象とする鳥類についてどの程度のハビタット適性を有しているかを0~1の数値として示すことが可能となる。しかし、郊外の大規模な緑地と、都市部の小規模な緑地とでは、生息地の様々な条件が異なるが、HSIモデルは都市緑地に絞って作成されていない。また、HSIモデルは、その生物が、特定の地点に実際に出現する可能性を直接示すものにはなっていない。HSI値が高い場合でも、実際には対象種が生息しないケースもある。さらに、単木レベルの樹種、樹高、樹形などの詳細な環境条件や周辺との連続性条件を設定していないものが多い。都市域の小規模緑地を設計する際には、詳細な環境条件を適切に把握することが求められるが、従来のHSIモデルでは、そのような評価が難しかった。また、従来のエコロジカルネットワーク（生態系のつながり）の評価は、HSIモデルで高い評価を受ける環境の連続性を確認するものであったが、周辺緑地とのつながりを詳細に把握し、計画緑地のレイアウトを最適化するような使い方は出来なかった。

そこで、本研究では、既存のHSIモデルにおいて明示されていないミクロなハビタット条件、生物の移動時に特に影響する環境条件を、現地調査によって明らかにし、前ページのFig. 1に示すマイクロハビタット評価モデルおよびエコロジカルネットワーク評価モデルを構築することとした。マイクロハビタット評価モデルは、計画緑地が生物の生息地として好まれるか詳細に評価したもので、エコロジカルネットワーク評価モデルは、周辺緑地と計画緑地間の生物の往来に利用される経路を予測するものである。

## 2. 調査方法

### 2.1 マイクロハビタット評価モデル

調査対象種は、都市生態系において高い栄養段階に位置し、都市緑地でも生息がよく確認されるコゲラ、シジュウカラ、メジロを選定した。なお、これら3種は樹林性の鳥類である。

ハビタット条件は、樹種、樹高、樹形、被度、人の動線からの距離、建物からの距離を候補として調査した。繁殖については、都市の緑地の規模を考慮すると、十分な観察数が得られないと予測されたため、主に採食、カバー、人的影響、水場の観点で調査を行った。

調査地は、港区大規模公園（調査対象5.43ha）、目黒区公園（同1.18ha）、目黒区集合住宅外構緑地（同1.40ha）、新宿区公園（同0.64ha）、新宿区集合住宅外構緑地（同0.33ha）、港区庭園（同0.46ha）の6箇所を選定した。

調査方法は、各調査地にFig. 2に示すようなセンサスルート（調査経路）を設定し、Photo 1に示すような移動調査を実施し、対象種を確認した時点で、1) 対象種が最初に確認された位置（以後利用位置）の高さ（対地高）、2) 対象種が確認された木（以後利用木）の樹種名、3) 利



Fig. 2 港区庭園のセンサスルートと鳥類の出現位置  
Census Rout and Birds' Appearance Positions at Japanese Garden in Minato-ku (Early Winter)

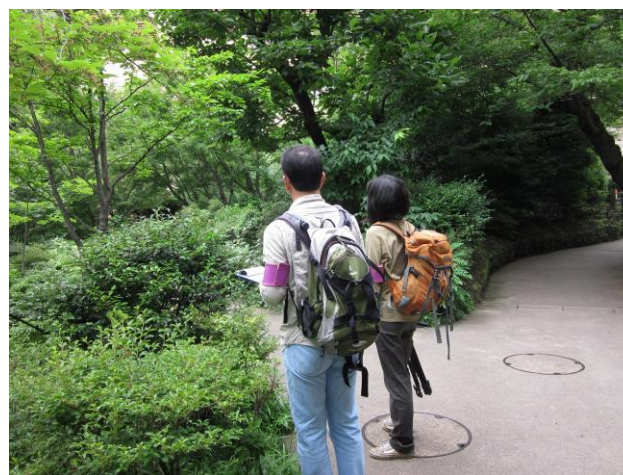


Photo 1 調査状況  
Activities of Research Investigation

用木の樹高、4) 利用木のDBH（Diameter at breast height : 胸高直径）、5) 利用木の枝下高、6) 利用木の利用位置から垂直線上にある枝葉の広がりの上限および下限の高さ、7) 利用位置から垂直線上にある全ての草木の種名、8) 利用位置から垂直線下にある地被植物（草木を含む）の密度、9) 利用木の利用位置から水平方向に幹までの距離および枝葉の広がり外縁までの距離、10) 利用位置から歩道および道路までの距離、11) 利用位置から建物までの距離、12) 利用位置から水場までの距離、の12項目の調査を行った。ただし、新宿区集合住宅外構緑地については、センサスルートの設定が困難であったため、調査地が見渡せる2ヶ所で定点調査を行った。

なお、比較データとして、鳥類が確認されなかった地点（以後ランダム地点）についても同様の調査を行った。調査は各調査地についてセンサスルート50mごとに左右に調査地点を設定した。定点調査を行った新宿区集合住宅外構緑地については、調査対象地全体に対してランダムに調査地点を設定した。

調査は、荒天時を除く日中に時速2~3kmで歩きながら、対象種の確認を行った。調査は、繁殖前期（2012年4月~5月）、繁殖後期（2011年5~6月）、越冬前期（2012年12月~2013年1月）および越冬後期（2012年2~3月）に各5回ずつ行い、調査時間帯は各調査地間で差が出ないように割り振った。

調査道具には、双眼鏡（8倍）、検測桿（伸縮性で最大で約15m）、レーザ式測高器（15m超の高さ測定に使用）、巻尺、DBH測定用メジャーを使用した。

## 2.2 エコロジカルネットワーク評価モデル

調査対象種は、マイクロハビタット評価モデルと同様に、コゲラ、シジュウカラ、メジロを選定した。

調査地は、調査対象種が確認される可能性が高く、かつ、移動行動を観察するのに適している必要がある。以上の観点から、ある程度以上の規模の緑地と建物等の人工物が存在する、新宿区大規模公園とその周辺、目黒区公園とその周辺、目黒区集合住宅外構緑地とその周辺、港区庭園とその周辺の4箇所を選定した。

調査方法は、各調査地に通過ポイントを設定し、調査中は必ずそのポイントを通る様にした上で、対象種を確認した時点で、1) 対象種が確認された時間（利用位置が変わった場合、その時間も記録）、2) 対象種が確認された位置の高さ、3) 対象種が確認された環境の種類、4) 利用木の樹高、5) 利用木の落葉状況、の5項目について記録しながら、可能な限り個体の移動を追跡した。

調査は、越冬期（2012年12月~2013年3月）および繁殖期（2013年5~7月）に5回ずつおこなった。

個体の追跡は、1) 概ね10分~20分を超える場合、2) ある地点でさえずりや採食行動を概ね10分以上続け、移動する様子がみられない場合、3) ある地点で確認された個体を、その場所で見失ってしまった場合、4) 飛翔個体を追い切れず、飛去先が不明である場合には終了した。飛去先不明の場合は、個体を見失った位置を当該個体の最終追跡地点とした。

調査道具には、双眼鏡、検測桿を使用した。

## 3. 分析方法

### 3.1 マイクロハビタット評価モデル

分析は、鳥が観察された場所と、ランダムに決めた鳥がいなかった場所の環境を比較する方法で行った。

解析には、一般化線形モデル（GLM：Generalized liner model）を使用した。応答変数は、鳥の在・不在（利用率：鳥を確認=1、ランダム地点=0）とし、応答変数は二項分布に従うと仮定した。リンク関数（誤差構造で指定した分布の形にデータを変換するための関数）はロジット関数（logit：ロジスティック関数の逆関数）を用い、説明変数は、1) 樹高（m）、2) 全樹冠垂直幅（m）、3) 在来（在来種=1、外来種・園芸種=0）、4) 常緑（常緑樹=1、落葉樹=0）、5) DBH（cm）、6) 立枯木密度（半径10m

以内にあるDBH10cm以上かつ樹高1m以上の本数：コゲラのみ対象）、7) 花実（当該時期に開花または結実する種=1、その他=0：メジロのみ対象）、8) 藪（被度：%×高さ：m）、9) 道までの最短距離（m）、10) 建物までの最短距離（m）、の10変数とした。説明変数の組み合わせ全てをモデル候補式とし、AICによって最適なモデルを選択した。なお、AICとは、Akaike's Information Criterionで、モデルが調査データに適合するように説明変数を選択するとともに、説明変数を減らして汎用性とのバランスを考慮することで、最適なモデルを判定する基準である。

### 3.2 エコロジカルネットワーク評価モデル

分析は、鳥が実際に移動した経路上の障壁の質および量と、ランダムに決めた鳥が移動しなかった経路上の障壁の質および量を比較する方法で行った。障壁の質および量は、最大障壁落差、緑地からの最大距離、樹林からの最大距離、を検討した。これらを検討することによって、緑地が与える影響の他に、建築物の高さや道路幅の影響なども考慮できるものとした。なお、解析にはESRIジャパン社のArcGISソフトを使用した。

3.2.1 ランダム地点の設定 Fig. 3に例を示すように、まず、各個体の追跡開始地点からスタートし、実際には移動しない仮想のリンク（鳥の経路）をランダムに作成する。この時、リンクの最大値Lmaxは、実際に移動した鳥の最大飛翔距離から鳥種毎に予め設定しておいた（Table 1）。そして、終端のノード（鳥類の位置データ）と最終追跡地点（飛去先不明）のノードを除くすべてのノードから、半径Lmaxの円内の緑地または非緑地に（次ページのTable 2に示す対象鳥種の実際の利用割合に従

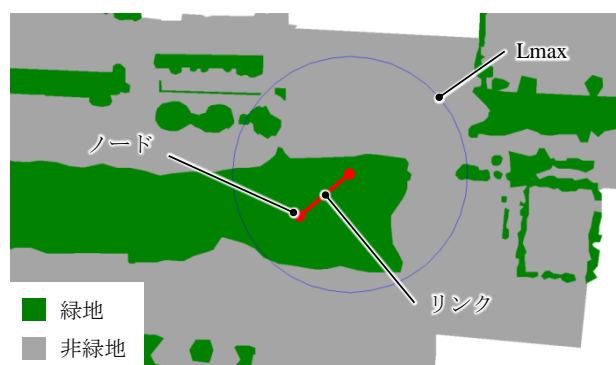


Fig. 3 ランダム地点の設定イメージ  
An Image of Setting for Random Positions

Table 1 種毎、季節毎におけるリンクの最大値 (Lmax: m)  
Maximum Value of Link for Each Species and Seasons

種名	越冬期	繁殖期
コゲラ	118.7	33.2
シジュウカラ	75.5	79.4
メジロ	110.3	162.4

う), 移動先を無作為に1点発生させ, これらの2点を直線で結び, この線分をランダムリンクとした。

**3.2.2 最大障壁落差** 最大障壁落差は, DSM (Digital Surface Model : 表層の標高データ) およびDEM (Digital Elevation Model : 地面の標高データ) を使って算出した (DSMには植物が展葉している時期のデータを使用)。まず, 非緑地および屋上緑地に該当する区域ではDSM, 緑地に該当する区域ではDEMを選択したESを作成した。次に近傍統計によって, ESに対する半径1mの最大値 ( $ES_{max}$ ), ESに対する半径1mの最小値 ( $ES_{min}$ ), Eに対する半径bmの最大値 ( $ESb_{max}$ ), ESに対する半径bmの平均値 ( $ESb_{ave}$ ) を求めた後に, 下記の式を用いて障壁落差指数DIを算出した。

$$DI=(ES_{max}-ES_{min}) \cdot (1-(ESb_{ave}/ESb_{max})) \cdot 2 \quad (1)$$

Table 2 鳥類の位置データ (始点を除いたノード) の環境 Environments at Position Data (Nodes Excepting Starting Positions) for Each Species and Season

季節	種名	緑地	非緑地	飛去先不明	計
越冬期	コゲラ	43	-	4	47
	シジュウカラ	252	2	20	274
	メジロ	232	3	30	265
繁殖期	コゲラ	58	-	-	58
	シジュウカラ	240	1	3	244
	メジロ	61	2	17	80

Table 3  $ESb_{max}$ と $ESb_{ave}$ の算出時に用いる半径b (m) Radius 'b' (m) Used in Estimating  $ESb_{max}$  and  $ESb_{ave}$

種名	越冬期	繁殖期
コゲラ	16.3	11.8
シジュウカラ	13.1	12.9
メジロ	20.4	22.2

この時,  $ESb_{max}$ と $ESb_{ave}$ の算出時に用いる半径bは, 個体毎に求めたリンクの平均距離を, 鳥種毎に平均して求めた (Table 3)。この指数は, 鳥が段差のある地形や建築物上を移動する際に, 鳥が乗り越えなくてはならない高低差を示しているが, 連続する建築物上を移動する際に, 乗り越える高低差が少なくなることを考慮できるように工夫している。ただし, 緑地 (屋上緑地を含む) におけるDIは0とした。

最後に, 解析個体のリンク上におけるDIの最大値を求め, これを最大障壁落差とした。

**3.2.3 緑地からの最大距離** 移動経路の緑地からの最大距離は, 解析個体のリンク上から緑地までの最大値を求め, これを緑地からの最大距離とした (緑地内の移動は0m)。

**3.2.4 樹林からの最大距離** 移動経路の樹林からの最大距離の算出については, まず, 緑地に該当する区域において, DSMからDEMを差し引くことで緑地の高さを求め, 2m以上の緑地を樹林と定義した。次に, 解析個体のリンク上から緑地までの最大値を求め, これを樹林からの最大距離とした (樹林内の移動は0m)。

**3.2.5 解析方法** マイクロハビタット評価モデルと同様に, 一般化線形モデルによる解析をおこなった。応答変数は, 鳥の利用・非利用 (鳥が実際に移動したリンク=1, ランダムリンク=0) とし, 二項分布に従うと仮定した。リンク関数はロジット関数を用い, 説明変数は, 「最大障壁落差」, 「緑地からの最大距離」, 「樹林からの最大距離」とした。説明変数の組み合わせ全てと定数モデルをモデル候補とし, AICによって最適なモデルを選択した。サンプル数は, コゲラについては, 利用があった14経路とランダム14経路の合計28経路, シジュウカラについては, 利用があった35経路とランダム35経路の合計70経路であった。メジロについては, 利用があった41経路とランダム41経路の合計82経路であった。

移動の難易度を示す障壁コストは, 利用確率の逆数とした。また, 移動の予測経路を示す最小コストパスの解

Table 4 各調査地のセンサス調査結果 (羽/5回) Result of Census Research in Each Study Area

調査地名	面積 (ha)	コゲラ				シジュウカラ				メジロ			
		繁殖		越冬		繁殖		越冬		繁殖		越冬	
		前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
港区大規模公園	5.43	22	15	21	10	28	46	71	39	35	44	165	96
目黒区公園	1.18	1	1	1	-	6	12	1	5	6	8	24	13
目黒区集合住宅外構緑地	1.40	2	1	3	-	10	6	4	4	8	9	23	6
新宿区公園	0.64	1	1	-	-	3	11	5	2	-	-	11	10
新宿区集合住宅庭園	0.33	-	-	-	-	-	-	0.2	-	0.2	0.6	5.8	1.8
港区複合ビル庭園	0.46	-	-	-	-	5	8	-	-	7	5	22	29

\*新宿区集合住宅庭園では, 定点調査を行っており, 移動センサス調査と比較して遭遇率が5倍になるように設定した。このため, 実際に出現した羽数を5で除して表記した。

析にあたっては、周辺緑地から計画地までの全ての経路に対する累積障壁コストを求め、その中で最小となるものを目標地点までの最小コストパスと決めるものとした。

#### 4. 結果および考察

##### 4.1 マイクロハビタット評価モデル

移動調査の結果を前ページのTable 4示す。コゲラは小規模な緑地での出現数が少なく、3種の指標種の中で最も希少種であることが分かった。一方、シジュウカラ、メジロについては小規模な緑地でも観察されるが、シジュウカラは繁殖期に多く越冬期に少なくなる傾向にあった。逆に、メジロは越冬期に多く繁殖期に少なくなる傾向があった。樹林性の鳥類は、繁殖期には縄張り意識が強く、つがいで行動し、越冬期には縄張り意識を持たずに集団で行動する。今回は、シジュウカラが繁殖期に幼鳥を伴って出現する姿が多く観察される一方で、メジロは越冬期に集団で行動する姿が多く観察されており、前述の結果になったと考えられた。

**4.1.1 単回帰分析** 説明変数ごとに単回帰分析をおこなった例として、繁殖前期のコゲラの例をFig. 4に示す。これらの結果は各々の説明変数に対する鳥の好みを示し、モデルには、これらの説明変数の中から調査結果を再現するのに最適なものをAICによって選択し、設計の際に考慮すべき環境要素とした。樹高、DBH、全樹冠垂直幅、枯木密度、藪密度、道からの距離については、数値が大きいほどコゲラの利用確率が高くなる傾向が大きいことが分かった。建物からの距離についても同様であるが、その傾向は小さかった。在来種・外来種の違いについては、在来種で確率がわずかに高く、常緑樹・落葉樹の違いでは、落葉樹で確率がわずかに高かった。この季節のコゲラについては、大きな樹木や餌となる虫を得ることができる枯木の密度が高いエリアを好み、人の動線になる道は避けるが、建物には比較的寛容だということが分かった。

**4.1.2 繁殖前期** コゲラ、シジュウカラ、メジロについて、3.1節で示した分析方法に従って作成されたモデル候補式の中で、最もAICが低いモデル式は次ページの式に次ページのTable 5に示す説明変数をあてはめたものであった。

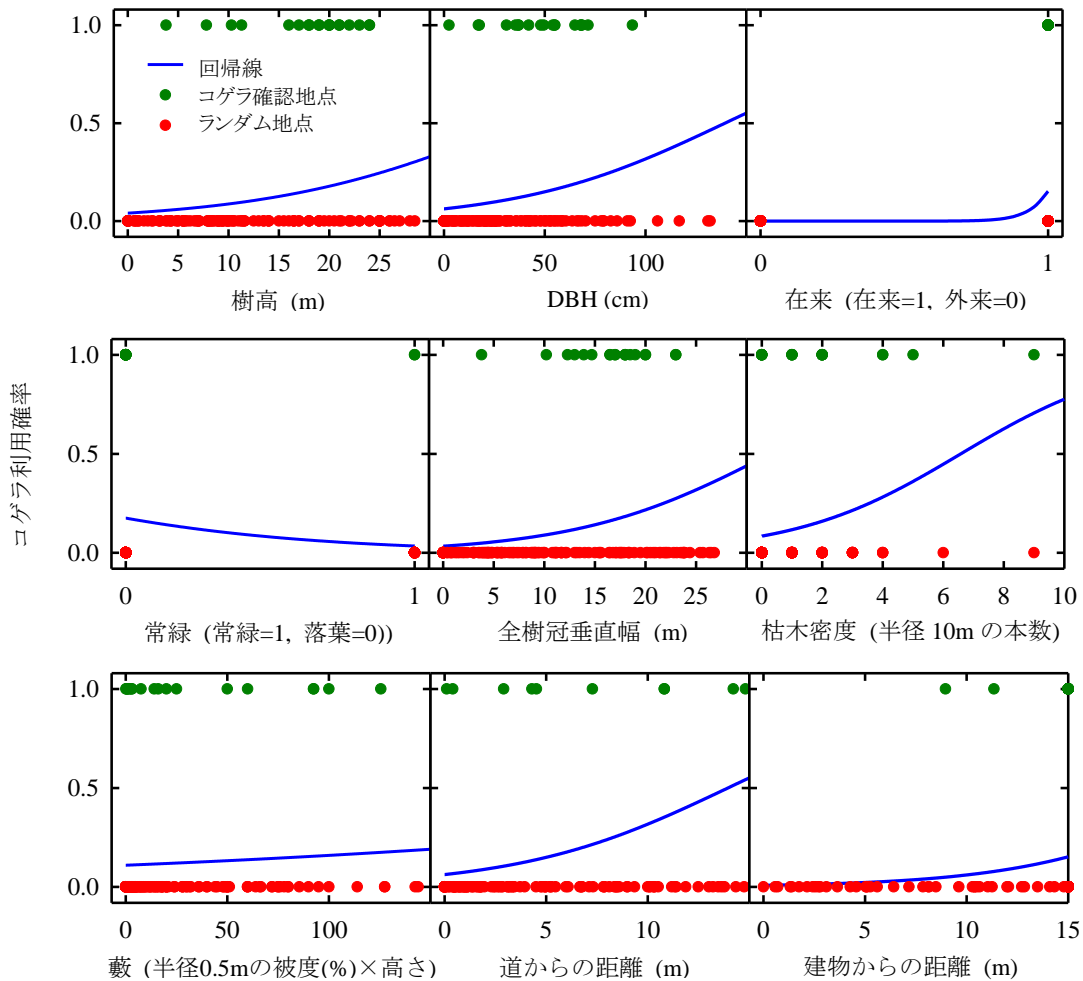


Fig. 4 マイクロハビタット評価モデルの説明変数ごとに単回帰分析をおこなった例（繁殖前期，コゲラ）  
A Case of Simple Linear Regression Analysis for Each Predictor Variable in Micro Habitat Estimation Model (Early Breeding Season, Japanese Pygmy Woodpecker)

鳥類利用確立 =  $1 / (1 + \exp[-(定数 + 係数 \cdot 説明変数 + 係数 \cdot 説明変数 + 係数 \cdot 説明変数 + \dots)])$  (2)

繁殖前期のコゲラについては、在来種、常緑樹、枯木密度、道からの距離が説明変数に選択された。4.1.2項でも述べたように、樹木への依存性が高く、餌が得られる枯木の密度が重要であると分った。シジュウカラについては、全樹冠垂直幅のみが説明変数に選択されており、多くの餌を必要とする時期に、緑量の多い樹木を目指して出現すると推測された。メジロについては、藪と建物が説明変数に選択されており、人が近寄らない場所を好んで利用し、同時に餌が得られる場所に集まることが分った。

**4.1.3 繁殖後期** コゲラ、シジュウカラ、メジロについて、3.1節で示した分析方法に従って作成されたモデル候補式の中で最もAICが低いモデル式は4.1.2項に示した式にTable 5に示す説明変数をあてはめたものであった。繁殖後期のコゲラについては、繁殖前期にも選択された枯木密度と道が選択されており、同様の傾向が見られることが分った。シジュウカラについては、道のみが選択されており、人の動線から離れた場所を好む様子が分った。メジロについては、繁殖前期でも選択されていた建物に加えて、花実が選択されており、この時期に結実するビワなどに好んで出現することが分った。

**4.1.4 越冬前期** コゲラ、シジュウカラ、メジロについて、3.1節で示した分析方法に従って作成されたモデル候補式の中で最もAICが低いモデル式は4.1.2項に示した式にTable 5に示す説明変数をあてはめたものであった。越冬前期のコゲラは、繁殖前期と全く同じ結果となっており、枯木への依存と人の導線をさける傾向が続いており、コゲラの出現に大きく影響していることが分った。シジュウカラについては、樹木と人工物に関するものの両方が選択され、多様な環境に影響される様子が分った。メジロも多様な説明変数が選択される中で、花実や建物などが継続して選択されており、メジロの出

現に大きく影響することが示唆された。

**4.1.5 越冬後期** コゲラ、シジュウカラ、メジロについて、3.1節で示した分析方法に従って作成されたモデル候補式の中で最もAICが低いモデル式は4.1.2項に示した式にTable 5に示す説明変数をあてはめたものであった。越冬後期のコゲラについては、全樹冠垂直幅が選択され、枯木密度が選択されないなどの違いがあったが、道については引き続き選択されていた。シジュウカラについては、繁殖期に無かった藪が、越冬前期に続いて選択された。この時期のシジュウカラは、餌の虫を求めて地面に降りる様子が観察されるが、藪がこのような行動に安心感を与えていると推測された。メジロについては、他の季節と違い、人工物に関するものが選択されなかった。この時期のメジロは集団で行動する様子が多く観察され、人の近くにも出現するため、このような行動が反映されたと考えられた。

**4.2 エコロジカルネットワーク評価モデル**

**4.2.1 単回帰分析** 説明変数ごとに単回帰分析をおこなった例として繁殖期のコゲラの例をFig. 5に示す。最

Table 5 マイクロハビタット評価モデルの説明変数  
Predictor Variable for Micro Habitat Estimation Model

季節	種名	説明変数								
		樹高	DBH	在来	常緑	垂直幅	枯木	藪	道	建物
繁殖前期	コゲラ			○	○		○		○	
	シジュウカラ					○				
	メジロ							○		○
繁殖後期	コゲラ		○				○		○	
	シジュウカラ								○	
	メジロ					○			○	○
越冬前期	コゲラ			○	○		○		○	
	シジュウカラ		○			○		○	○	
	メジロ	○	○	○		○		○	○	○
越冬後期	コゲラ					○		○	○	
	シジュウカラ	○				○		○		
	メジロ	○	○		○	○				○

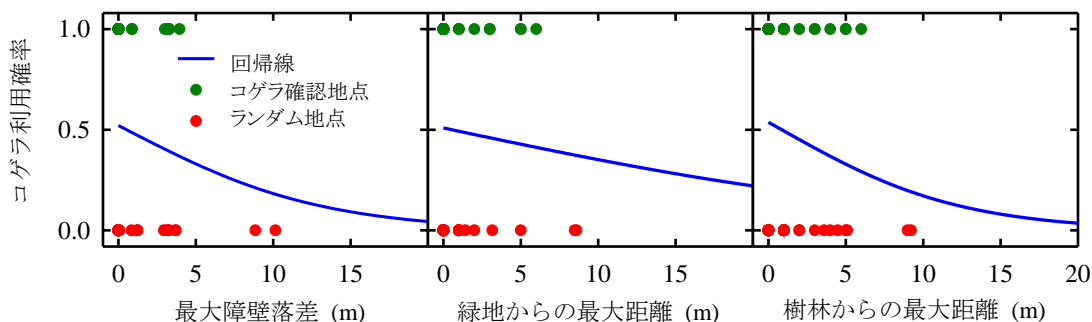


Fig. 5 エコロジカルネットワーク評価モデルの説明変数ごとに単回帰分析をおこなった例 (繁殖期、コゲラ)  
A Case of Simple Liner Regression Analysis for Each Predictor Variable in Ecological Network Estimation Model (Breeding Season, Japanese Pygmy Woodpecker)

大障壁落差，緑地からの最大距離，樹林からの最大距離のいずれも，数値が大きいくほどコゲラの利用確率が低くなる傾向があることが分った。この季節のコゲラは，大きな建築物を飛び越えて移動することはなく，緑地や樹林に近い場所を好んで移動していることが分った。

**4.2.2 繁殖期** コゲラ，シジュウカラ，メジロについて，3.2節で示した分析方法に従って作成されたモデル候補式の中で最もAICが低いモデル式は以下の式にTable 6に示す説明変数をあてはめたものであった。

$$\begin{aligned} \text{鳥類利用確立} &= 1 / \{1 + \exp[-(\text{定数} + \text{係数} \cdot \text{説明変数} + \text{係数} \cdot \text{説明変数} + \dots)]\} \\ \text{鳥類障壁コスト} &= 1 / [\text{鳥類利用確率}] \end{aligned} \quad (3)$$

繁殖期になると，コゲラは樹林の近くを移動することを優先するようになるが，シジュウカラ，メジロについては，越冬期と同様に，落差のある移動を避け，樹林の近くを好んで移動していることが分った。

**4.2.3 越冬期** コゲラ，シジュウカラ，メジロについて，3.2節で示した分析方法に従って作成されたモデル候補式の中で最もAICが低いモデル式は4.2.2項に示す式にTable 6に示す説明変数をあてはめたものであった。越冬期のコゲラについては，最大障壁落差のみが説明変数として選択された。4.2.1項でも述べたように，この時期のコゲラの移動には大きな建物等が大きな障壁になっていることが分った。シジュウカラ，メジロについては，落差のある移動を避け，樹林の近くを好んで移動してい

ることが分った。なお，緑地からの最大距離は，繁殖期も含め，説明変数として選択されなかった。関連のある説明変数である，樹林からの最大距離の影響が強かったのが原因として考えられた。

**4.3 設計への適用例**

**4.3.1 対象緑地の概要** 港区に計画された複合ビルの屋上（1,228 m<sup>2</sup>，緑地部分は屋上の約1/3）の設計は，当初，外来種を中心にした植物種で構成していたが，これを，潜在自然植生であるシラカシ林をモデルにした構成種に変更した。また，高木の植栽が困難な屋上緑化において，藪を作ることで鳥に安心感を与えている。

**4.3.2 マイクロハビタット評価モデル適用例** 4.1節で得られた越冬後期のモデルで評価したシジュウカラ，

Table 6 エコロジカルネットワーク評価モデルの説明変数 Predictor Variable for Ecological Network Estimation Model

季節	種名	説明変数		
		最大障壁 落差	緑地からの 最大距離	樹林からの 最大距離
繁殖期	コゲラ			○
	シジュウカラ	○		○
	メジロ	○		○
越冬期	コゲラ	○		
	シジュウカラ	○		○
	メジロ	○		○

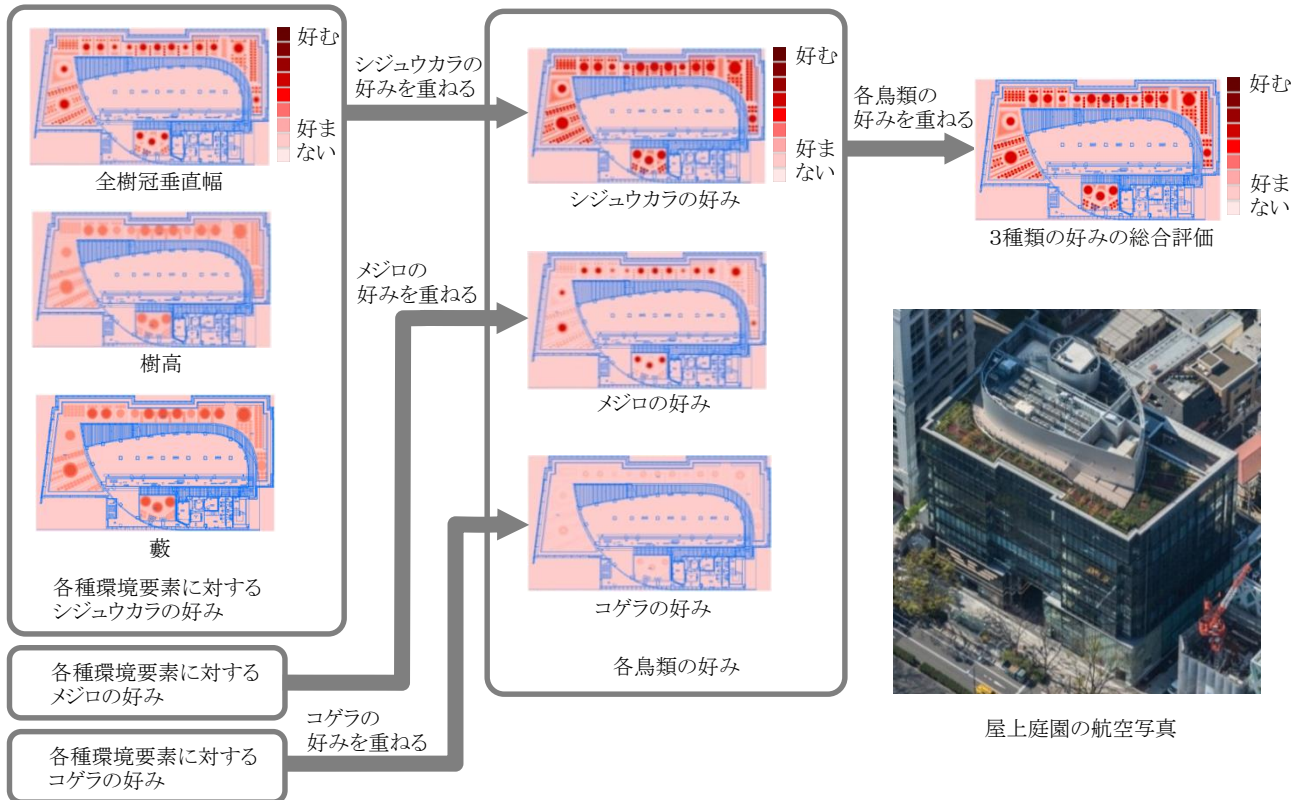


Fig. 6 対象緑地へのマイクロハビタット評価モデルの適用（越冬後期）  
Applying Micro Habitat Estimation Model to Target Green (Late Winter Season)

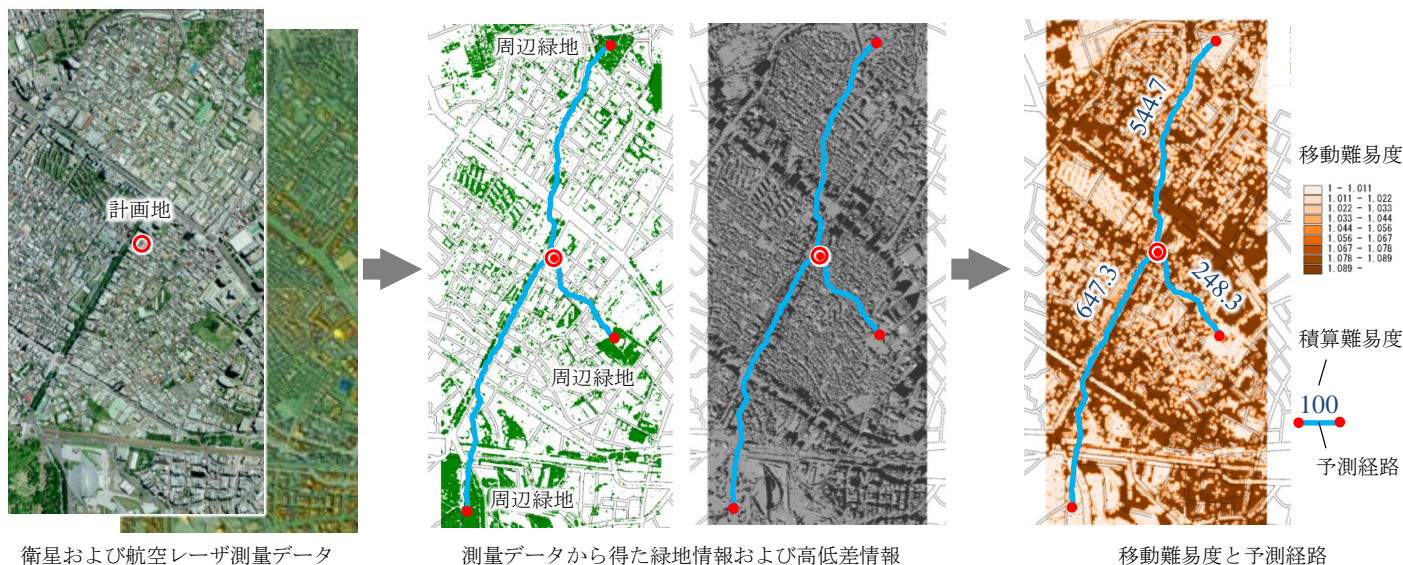


Fig. 7 計画地周辺へのエコロジカルネットワーク評価モデルの適用 (越冬期, シジュウカラ)  
Applying Ecological Network Estimation Model to the Periphery of the Planning Area (Winter Season, Japanese Tit)

メジロ、コゲラの好み（利用確率）を前ページのFig. 6に示す。当初設計案に対してそれぞれの鳥の好みを環境要素毎に評価した後、それらの結果を鳥種毎にまとめ、さらにすべての鳥種の結果を一つにまとめた。このようにして得られた評価結果を参考にすると、どの環境要素を改善すると、どの鳥が出現する確率が向上するか判断することができ、生物が出現するように効果的な設計を行うことができる。例えば、越冬後期のシジュウカラについては、全樹冠垂直幅の効果でシジュウカラが好む環境が創出できるが、樹高と藪も重要な環境要素であるにもかかわらずシジュウカラの誘致に十分に活かされていなかった。このような場合、屋上緑化では高木を育てることは困難であるため、中低木を密植して藪を作ることによって、さらにシジュウカラが安心できる環境を創出できることが分かった。

#### 4.3.3 エコロジカルネットワーク評価モデル適用例

4.2節で得られた越冬期のシジュウカラのモデルで計画地周辺を評価した例をFig. 7に示す。衛星データから緑地の情報を得るとともに、航空レーザ測量データから人工物や緑地の高低差の情報を得た後、ここにエコロジカルネットワーク評価モデルを入力することによって、鳥類の移動難易度（障壁コスト）を等高線図に示すとともに、任意の緑地間における予測経路（最小コストパス）とその経路を移動する際の難易度の積算値（累積障壁コスト）を数値で示した。これらの結果から、エコロジカルネットワークにとって重要な移動経路が特定でき、計画する緑地を鳥が容易に訪れることのできるレイアウトに設計できるようになった。例えば、ケヤキ並木のある大通り側を開かれた緑地とすることで、樹林からの最大距離を減らすとともに、建築物による最大障壁落差を減らし、シジュウカラが容易に訪れる工夫ができると考え

られた。さらに、計画する緑地が地域のエコロジカルネットワークにどのくらい貢献することができるかについても示すことができた。

## 5. まとめ

著者らは、都市緑地を対象に、樹林性の鳥類が好む緑地や往来する経路について、鳥の行動を詳細に観察して精度の高いモデルにすることを目指した。このようにして作成する、マイクロハビタット評価モデルおよびエコロジカルネットワーク評価モデルは、最適な緑地のレイアウトやそこに植栽する植物の条件を知ることができ、都市の小規模な緑地でも、鳥が出現する可能性の高い設計手法となるように開発した。この設計手法を利用することで、新たに計画する緑地の設計の意図や効果、地域のエコロジカルネットワークに資する効果を分かりやすく表現して、生物多様性に配慮した緑地の費用対効果を示すことができると期待される。また、当社が設計を担当する物件については、いずれも、鳥が誘致できる生物多様性に配慮した緑地の設計ができるようになり、「JHEP 認証（ハビタット評価認証）」等の第三者機関からの評価を受け易くなると期待される。

## 謝辞

本研究は、共同研究先である公益財団法人日本生態系協会の佐藤伸彦氏、曾根恵海氏の協力のもとに進めてきました。また、緑地調査に際しては、管理者団体各位のご協力のもとに進めることが出来ました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。



## 参考文献

- 1) 濱尾章二, 山下大和, 山口典之, 上田恵介: 都市緑地におけるコゲラの生息に関わる要因, 日本鳥学会誌, Vol.55, No.2, p.96-101, 2006. 12
- 2) 橋本啓史, 夏原由博: ロジスティック回帰をもちいた都市におけるシジュウカラの生息環境適合度モデル, ランドスケープ研究, Vol.65, No.5, p.539-542, 2002
- 3) 伊勢 紀, 三橋弘宗: モリアオガエルの広域的な生息適地の推定と保全計画への適用, 応用生態工学, Vol.8, No.2, p.221-232, 2006
- 4) Jenkins, R.K.B. and Ormerod, S.J.: Habitat Preferences of Breeding Water Rail *Rallus Aquaticus*, Bird Study, Vol.49, p.2-10, 2002
- 5) 加藤和弘: 都市緑地内の樹林地における越冬期の鳥類と植生の構造の関係, ランドスケープ研究, Vol.59, No.5, p.77-80, 1996
- 6) 前田 琢: 鳥類保護と都市環境-鳥のすめる街づくりへのアプローチ-, 山階鳥研報, Vol.25, p.105-136, 1993
- 7) 百瀬 浩, 伊勢 紀, 橋本啓史, 森本幸裕, 藤原宣夫: 都市環境の広域的評価の指標種としてのシジュウカラ生息分布予測モデル, ランドスケープ研究, Vol.67, No.5, p.491-494, 2004
- 8) 利根川将充, 亀山 明: 繁殖期におけるコゲラのHSIモデル, 日本緑化工学会誌, Vol.31, No.1, p.208-211, 2005