

中心市街地におけるマトリクス内の緑被率が都市公園に出現する鳥類に与える影響

Green Coverage ratio in Urban Matrix Influencing Birds Appearing in Urban Parks in the City Center

高林 裕* 福井 亘*

Yutaka TAKABAYASHI Wataru FUKUI

Abstract: Avifauna in urban matrix may be influenced by forests and farmlands surrounded by the matrix. How does the matrix in the city center with few forests and farmlands work for birds? The purpose of this study was to clarify the effect of the green coverage ratio in the matrix of the city center on the birds appearing in small urban parks. We selected 29 urban parks (area : 2561.21±371.97 m²) in the center of the Osaka City as study sites. Each site was visited three times for bird surveys in each of breeding and wintering seasons. Using the satellite images taken by Sentinel-2, we calculated the green coverage ratio around 29 urban parks. Moreover, we clarified the relationship between the appearing birds and the green coverage ratio in the matrix based on the hierarchical Bayesian model. As a result, the presence of large habitat patch in the urban matrix affected the appearance probability of some species. Furthermore, the result also showed that the green coverage ratio in the matrix during the wintering season influenced the probability of appearance of *Hypsipetes amaurotis* and *Turdus pallidus* which have features about eating fruits.

Keywords: birds, city center, urban parks, matrix, hierarchical Bayesian model

キーワード：鳥類，中心市街地，都市公園，マトリクス，階層ベイズモデル

1. はじめに

都市における鳥類は、パッチ状生息地（以下、パッチ）における樹林地の面積¹⁾⁵⁾⁷⁾や低木層等の下層植生⁷⁾¹³⁾などの影響により、出現する種数や種組成が変化することが既往研究から明らかになっている。加えて、都市におけるパッチを取り巻く空間（以下、マトリクス）が鳥類に与える影響に関する研究もみられる。例えば、鶴川ら²⁷⁾は2ha以上の樹林地をパッチ、そのパッチを取り巻く空間をマトリクスと定義して、マトリクスの近傍に存在する樹林地が、出現する鳥類相に影響を与えていることを報告している。加藤ら¹²⁾は都市における市街地や住宅地をマトリクスと定義して、千葉県住宅地や農耕地が混在する空間において出現する鳥類の種組成を規定している要因は、高木植栽や農耕地、草地の有無であったことを示している。また、パッチとマトリクスとの関係性を鳥類の移動の有無に着目して明らかにした研究もみられる。加藤ら¹¹⁾はパッチの境界外側に建築物や舗装地などの被覆が存在するよりも植栽が存在することによって、より多種の鳥類が境界を横切って移動する傾向を示している。宮本ら²¹⁾は京都市の街区公園に繁殖期に出現する鳥類に関して、周辺の小規模な線状緑地との近接性による影響は直接的には認められず、大規模な樹林地との近接性や周辺50m圏内の緑被率・農耕地被覆率などが出現する鳥類に影響していることを示している。これらの知見を踏まえると、樹林地や農耕地などの空間は都市のマトリクスにおける鳥類相に影響を与えており、パッチ周辺の植生の条件次第では、マトリクスを移動の際の経路などとして、補助的に利用していることが考えられる。

本研究では周辺に生息地となる樹林地や農耕地が少ない中心市街地のマトリクスにおける鳥類に着目した。中心市街地の例として大阪市中心部周辺における越冬期の鳥類に関する既往研究の中から、比較的規模の大きい緑地についてみると、大川沿い²⁸⁾では20種（カモ類やサギ類などの水辺に出現する種を除く）、大阪城公園¹⁷⁾では26種が観測されている。一方で街中の規模の小さな

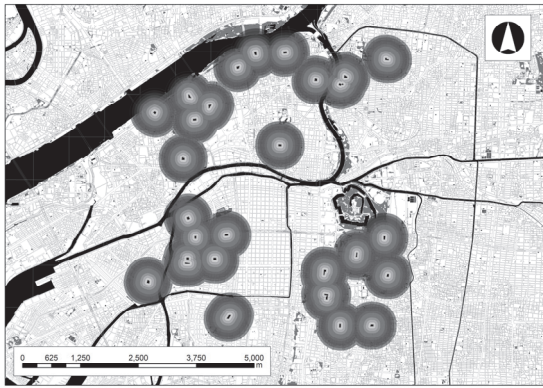
緑地についてみると、中心部の街路樹⁹⁾では8種、都市建築に付随する小規模緑化空間²⁰⁾では14種しか観測されていない。これらの知見の結果を比較すると、大阪市中心部では大阪城公園や大川など規模の大きい緑化空間を核として、中心部の小規模な緑化空間にも都市環境に順応した一部の鳥類が出現していると推測される。また、一ノ瀬⁹⁾は、大阪市中心部の街路樹に出現する鳥類について、周辺の2ha以上の緑地から300mまでの範囲において集中的に鳥類が出現していたことを報告しており、森本ら²²⁾は小規模なパッチにおける周辺の緑との連結性による鳥類への影響は、大規模なパッチと比較してより顕著なものになると報告している。

これらの知見を踏まえると、周辺に生息地となる樹林地や農耕地が少ない中心市街地の小規模なパッチにおける鳥類相は、少なくとも2ha以上の緑地との近接性と関わりがあると考えられる。加えて、パッチとマトリクスに関する既往研究¹¹⁾²¹⁾の結果も踏まえると、各パッチ内における環境のみならずそれを取り巻くマトリクスにおける緑被も、都市環境に順応している一部の種の出現傾向に影響している可能性がある。この点を明らかにすることで、まとまった緑の確保が困難である中心市街地において、個々のパッチの質を高めるような緑の配置に関する知見にもつながると考えられるが、現状では十分な知見は得られてはいない。

なお、マトリクス内における緑被に関しては、その質的な部分（植生の特徴や植栽場所など）による影響を詳細にみる必要があると考えられる。しかし、個人の住宅の庭や学校、寺社仏閣などが含まれる中心市街地において、緑被の質を広域的かつ詳細に把握するのは困難である。まずはマトリクス内の緑被率による、小規模なパッチに出現する鳥類への影響や傾向を示すことで、今後の研究の指針を示す意義はあると考えられた。

以上の背景を受けて、本研究では中心市街地の小規模なパッチとしての都市公園に出現する鳥類について、どのような種がマトリクス（都市公園を取り巻く市街地の空間）における緑被率から影響を受けているのかを明らかにすることを、研究の目的とした。

*京都府立大学大学院生命環境科学研究科



図一 研究対象空間と公園から発生させたバッファ

2. 研究方法

(1) 研究対象地

研究対象空間は大阪市中心部の淀川以南から難波付近の図一に示した、面積約3,500haの範囲内とした。一般的に、鳥類の出現種数はパッチの面積に左右される¹⁾⁵⁾⁷⁾。都市公園に出現する鳥類がマトリクス内の緑被率から受ける影響を検討するためには、生息地となる空間（樹木等によって被覆された空間）の面積や公園の規模、形状を可能な限り統一する必要があると考えられた。上記の条件に合致する研究対象地を選出するために、以下の作業を行なった。まず、対象空間の中から国土数値情報（国土交通省）の都市公園データに記載されている都市公園で、なおかつ開設面積が2ha以下で河川沿いに線状に整備されていない都市公園を、地理情報システム（以下、GIS）を用いて全て抽出したところ、130箇所抽出された。次に、これら130箇所の都市公園の中から開設面積を可能な限り統一して調査地をサンプリングするために、130箇所の開設面積の中央値（2675.5m²）を算出し、その前後25%の範囲内にある開設面積を有する公園を全て抽出した。なお、生息地となる空間の面積ではなく開設面積をサンプリングの際の指標としたのは、後述する解析に必要なサンプル数を最低限確保するためである。これらの手順を経てサンプリングした29箇所の都市公園（開設面積の平均値2561.21±371.97m²）を研究対象地とした。GISはArc Map 10.6（ESRI社）を使用した。

(2) 鳥類調査

設定した29箇所の調査地において、鳥類の越冬期にあたる2018年12月末から2019年2月末と、繁殖期にあたる2019年5月末から7月初旬に各3回ずつの鳥類調査を実施した。鳥類調査は各地点1回当たり10分として、公園内に出現したすべての鳥類について、時間内に公園内をくまなく歩きまわりながら目視および鳴き声で種と個体数を判断して記録した。調査時間は、越冬期は7時から13時30分、繁殖期は6時30分から12時30分の間として、晴れまたはくもりの日のみ調査を実施した。調査を行なう順番は回ごとに变えて、調査時間のずれを考慮した。

(3) マトリクス内の緑被率の算出

研究対象空間付近の広域的な緑被状況を把握するために、ESA欧州宇宙機関が提供している衛星のSentinel-2が撮影した衛星画像を用いた。Sentinel-2は空間解像度が可視光で10mあり、Amazon社がサービスを提供しているAmazon Web Service（AWS）を介することで、Sentinel-2が撮影した取得時期の異なる衛星画像を無償でダウンロードできる。Sentinel-2によって撮影された衛星画像を用いて市街地における神社周辺の緑地群の分布特性をみた研究²⁰⁾や市街地における緑の抽出を行なった研究²⁴⁾などもみられたため、本研究でも中心市街地の緑地を抽出するために用いた。Sentinel-hub EO Browser²⁴⁾から鳥類調査の時期に合い、画像全体の視認性が良い日付を検索した結果、越冬期は

2019年2月25日（画像全体の雲量4.75%）撮影のもの、繁殖期は2019年5月24日（画像全体の雲量0%）撮影のものについて、オルソ幾何補正されたLevel-1Cプロダクトをそれぞれダウンロードした。

上記の手順で取得した衛星画像を用いて、GIS上で正規化植生指数（以下、NDVI）を算出した。NDVIは水面において低い値を示すため、淀川や大川などを含む今回の対象空間においてバッファ内のNDVIの平均値を参照するだけでは緑被の現況を正確に把握できない可能性が考えられた。そこで、比較的確実な緑地の有無を判断するために、GISの画像分類ツールの中から自然分類を用いて緑地を抽出してポリゴンデータ化した（越冬期の閾値：0.25、繁殖期の閾値：0.40）。閾値の設定に関しては、鳥類調査を実施した際に簡易に記録した現地における緑被状況の結果と照合させて、妥当な結果であると判断した。GIS上で各公園の境界部から50m間隔で500mまでバッファを10種類発生させ、各半径のバッファ内における緑地のポリゴンの面積を集計し、バッファ面積で割った値を緑被率として用いた。また、緑被率による鳥類への影響を分析する際の間接要因として利用するために、国土地理院の基盤地図情報にある建築物と開放水域のポリゴンデータについても各半径のバッファ内それぞれにおいて集計し、各バッファ内の被覆割合をそれぞれ算出した。

(4) 分析方法

パッチ内の環境が出現する鳥類相に影響を及ぼすことは、今回対象とした近辺の空間における既往研究⁵⁾¹⁷⁾²⁰⁾²⁵⁾から既に明らかにされている。そこで、本研究ではマトリクス内の緑被率が都市公園に出現する鳥類に与える影響⁴⁾のみ着目するために、階層ベイジモデル¹⁶⁾に基づいて分析を実施した。これによって、公園において出現したある種が公園周辺の緑被率から受ける影響について、対象とした公園全体に共通する属性（開設場所の違いなど）に加えて、各公園が有する個別の属性（公園内の植被の違いなど）も考慮して、確率分布に基づいたモデルの設計が可能である。調査で得られた観測値を用いることで、モデルに組み込んだ各パラメータを推定できる。ある地点において調査を実施した回ごとに出現個体数が変化する種が存在する可能性を考慮し、本研究では各地点における種ごとの確認回数に着目して分析を実施した。地点*i*において越冬期・繁殖期それぞれで実施した3回の調査中にある種が確認された回数 y_i を二項分布に従うと仮定し、ある種が出現する確率 q_i を推定する以下のモデルを設定した。

$$p(\{y_i\}|\beta_1, \beta_2, \{r_i\}) = \prod_i \binom{3}{y_i} q_i^{y_i} (1-q_i)^{3-y_i}$$

$$\text{logit}(q_i) = \beta_1 + \beta_2 G_i + r_i$$

その際、確認回数に關係する要因として各半径のバッファ内における緑被率 G_i を説明変数として、対象とした公園全体の属性に関わる誤差項である β_1 と緑被率に係るパラメータである β_2 、各公園の属性に関わる誤差項 r_i によってモデルを構築した。本研究では β_1 と β_2 は無情報事前分布を設定し、 r_i の階層事前分布には平均が0で標準偏差が s の正規分布を設定し、 s の階層事前分布には $0 < s < 10^4$ の一様分布を設定した¹⁶⁾。各パラメータの推定にはマルコフ連鎖モンテカルロ法（以下、MCMC）を使用した。MCMCの一連の計算によって、設計したモデルと観測値に基づいた機械的なランダムサンプリングによって得られた統計量から、各項の影響の有無を判断することができる。最初の1,000回のサンプリングを用いず（burn-in）、その後の30,000回のサンプリングのうち100サンプルごとに間引いて抽出した300サンプルを得た。この作業を3回実施して得られた900サンプルの中央値と95%信用区間を、パラメータ推定の際の検討項目とした。各サンプリングの収束診断には \hat{R} の値を用いて、 \hat{R} が1.1以下である変数を取

表-1 鳥類調査結果

種名	越冬期			繁殖期		
	個体数 (羽)	出現地点 数 (個)	観測回数 の 平均値 (回)	個体数 (羽)	出現地点 数 (個)	観測回数 の 平均値 (回)
キシバト	32	19	0.83	25	17	0.62
ドバト	614	29	2.48	608	28	2.45
モズ	1	1	0.03	0	0	0
ハシボソガラス	2	1	0.03	4	3	0.10
ハシブトガラス	91	28	1.86	86	29	1.86
シジュウカラ	11	8	0.28	9	6	0.24
ツバメ	0	0	0	16	7	0.38
ヒヨドリ	193	28	2.48	45	20	1.10
メジロ	37	13	0.59	0	0	0
オオヨシキリ	0	0	0	1	1	0.03
セッカ	0	0	0	1	1	0.03
ムクドリ	156	12	0.69	179	14	1.00
シロハラ	5	5	0.17	0	0	0
ツグミ	12	10	0.38	0	0	0
ジョウビタキ	3	3	0.10	0	0	0
イソヒヨドリ	0	0	0	1	1	0.03
スズメ	1,129	29	2.93	1,239	29	2.97
ハクセキレイ	31	20	0.97	1	1	0.03
カワラヒワ	4	2	0.07	5	3	0.10
ハッカチョウ	0	0	0	7	1	0.07
合計	2,321			2,227		

束しているものとみなした¹⁶⁾。また、各パラメータの推定値が有意であるかどうかは、95%信用区間内に0を含んでいない結果が得られているものとした。これを調査で記録された鳥類の各種、各半径のバッファに占める緑被率ごとに実施し、各種ごとの傾向について検討した。一連の解析について、階層ベイズモデルとMCMCによるパラメータの推定にはR version 3.5.1²³⁾上でパッケージRJAGS¹⁸⁾を使用し、MCMCによるサンプリングにはJAGS 4.3.0¹⁹⁾を使用した。

3. 結果

(1) 鳥類調査

29箇所まで3回実施した鳥類調査の結果、越冬期においては2目11科15種2,321羽、繁殖期においては2目12科15種2,227羽の鳥類が確認された(表-1)。越冬期において出現地点数が多い種をみると、スズメ(29箇所, 1,129羽)やドバト(29箇所, 614羽)、ヒヨドリ(28箇所, 193羽)、ハシブトガラス(28箇所, 91羽)、ハクセキレイ(20箇所, 31羽)など、既往研究¹³⁾¹⁴⁾²¹⁾において都市利用種や都市適応種とされる種が多くて確認された。繁殖期でも同様に、スズメ(29箇所, 1,239羽)やハシブトガラス(29箇所, 86羽)、ドバト(28箇所, 608羽)、ヒヨドリ(20箇所, 45羽)、ムクドリ(14箇所, 179羽)といった都市利用種が多くて確認された。繁殖期においては、淀川に近い公園においてオオヨシキリやセッカといった河原に出現する種⁹⁾や、外来種のハッカチョウが確認された。

(2) 各バッファ内の緑被率と土地被覆の傾向

各公園から50m間隔で500mまで開いたバッファ内の緑被率と建築物の被覆割合、開放水域の被覆割合のそれぞれの平均値と標準誤差を図-2に示した。各バッファを占める建築物の被覆割合は0.35前後で推移しており、緑被率は越冬期、繁殖期ともにバッファの半径が大きくなるほどわずかに増加し、開放水域の被覆割合はバッファの半径が大きくなるほど増加していた。図-3に周辺の規模の大きな樹林地と重なる、異なる半径ごとのバッファの個数を示した。これを見ると、50m圏内ではバッファはひとつも樹林地とは重なっていないが、100mから250m以降にかけて各樹林地や河川と重なるバッファの個数が増加していることが読み取れる。これらのことから、各バッファに占める開放水域の被覆割合がバッファの半径が大きくなるほど増加しているのは、周囲の河川(淀川や大川)と接するバッファの数が増加するためであると解釈できた。

(3) 階層ベイズモデル

階層ベイズモデルに基づくMCMCによるパラメータの推定値

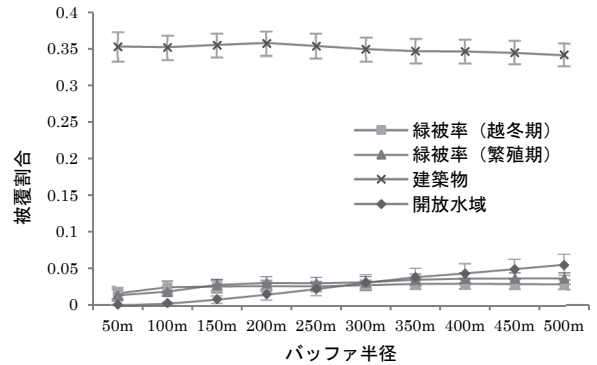


図-2 バッファ半径ごとの各土地被覆割合(平均値)

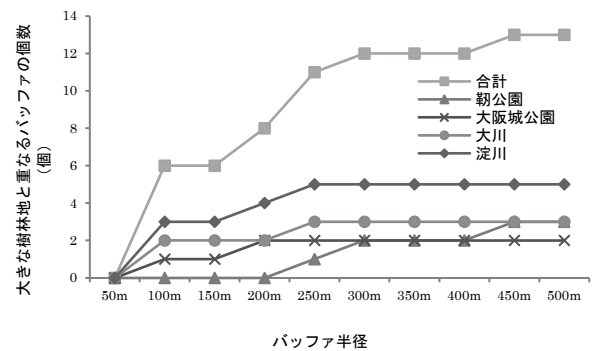


図-3 各スケールのバッファと周辺樹林地との重なり

の結果を、表-2と表-3に示した。越冬期・繁殖期ともに、得られたサンプルが発散せずに各バッファ内の緑被率と各種の確認回数との間に有意な関係が認められた変数を含むモデルは限られており、以下の通りであった。越冬期についてはヒヨドリ(それぞれ300mから500m圏内)とハクセキレイ(それぞれ50m, 100m, 250m, 300m圏内)、シロハラ(それぞれ150mから500m圏内)のみであり、繁殖期についてはドバト(100m圏内)とシジュウカラ(500m圏内)、ツバメ(100m圏内)のみであった。

4. 考察

開設場所や植栽の違いといった各公園の属性による影響を考慮した階層ベイズモデルの結果、中心市街地におけるマトリクス内の緑被率と確認回数との間に有意な関係があると考えられた種は、果実食性であり植物の種子散布を行なう種¹⁰⁾である越冬期のヒヨドリとシロハラであった。階層ベイズモデルの結果から、ヒヨドリの確認回数は300mから500mのバッファ内における緑被率と有意な正の関係性を示し、シロハラの確認回数は150mから500m圏内のバッファ内の緑被率と有意な正の関係性を示しており、どちらの種も比較的半径の大きなバッファと関係していた(表-2)。バッファの半径が大きくなるほど各バッファと重なる樹林地の数が増加しており(図-3)、都市域のマトリクスにおける鳥類相を規定する要因として、各既往研究⁶⁾¹¹⁾¹²⁾²¹⁾²⁷⁾の中では樹林地や農耕地といった周辺の生息地の存在による効果が報告されている。これらのことから、越冬期におけるヒヨドリとシロハラの確認回数は周辺の樹林地から影響を受けていることが推測できる。加えて、本研究の結果からは、ヒヨドリやシロハラの出現確率は中心市街地のマトリクス内の緑被率から影響を受けているという解釈もできるだろう。越冬期においては食物が比較的少なくなることから、鳥類はより広範囲の空間に出現する可能性があることと既往研究¹⁴⁾で考察されている。本研究では、果実食性という共通の特徴をもつヒヨドリとシロハラが、中心市街地のマトリクス内の

表-2 越冬期における階層ベイズモデルに基づくMCMCサンプリングによるパラメータの中央値と95%信用区間

種名	パラメータ	バッファ半径									
		50m	100m	150m	200m	250m	300m	350m	400m	450m	500m
シロハラ	β_1	-	-	-4.72 (-13.26 ~ -2.81)	-4.99 (-11.62 ~ -2.94)	-5.09 (-18.12 ~ -3.06)	-5.24 (-12.60 ~ -3.07)	-5.10 (-13.74 ~ -2.99)	-4.94 (-11.36 ~ -2.89)	-4.90 (-12.50 ~ -2.88)	-4.87 (-12.10 ~ -2.80)
	β_2	-	-	23.32 (2.66 ~ 76.95)	30.46 (6.28 ~ 82.27)	34.67 (8.18 ~ 110.17)	31.20 (3.89 ~ 98.61)	34.67 (2.01 ~ 94.31)	28.42 (1.32 ~ 88.79)	27.94 (-0.45 ~ 88.67)	27.32 (-2.43 ~ 91.32)
	s	-	-	1.41 (0.09 ~ 7.04)	1.21 (0.05 ~ 5.42)	1.07 (0.06 ~ 10.83)	1.22 (0.06 ~ 6.67)	1.39 (0.09 ~ 6.63)	1.33 (0.04 ~ 5.70)	1.29 (0.03 ~ 6.75)	1.40 (0.07 ~ 6.10)
ヒヨドリ	β_1	-	-	-	-	-	1.43 (0.53 ~ 2.93)	1.26 (0.41 ~ 2.70)	1.18 (0.26 ~ 2.61)	1.19 (0.17 ~ 2.65)	1.11 (0.07 ~ 2.44)
	β_2	-	-	-	-	-	26.36 (0.51 ~ 69.19)	31.64 (1.89 ~ 76.88)	37.32 (3.76 ~ 90.90)	38.35 (5.21 ~ 95.41)	43.89 (6.91 ~ 108.38)
	s	-	-	-	-	-	1.05 (0.06 ~ 3.07)	1.09 (0.12 ~ 3.13)	0.98 (0.05 ~ 2.84)	1.02 (0.14 ~ 3.01)	1.05 (0.07 ~ 3.00)
ハクセキレイ	β_1	-1.05 (-1.73 ~ -0.50)	-1.17 (-1.89 ~ -0.56)	-	-	-1.24 (-2.05 ~ -0.61)	-1.25 (-2.06 ~ -0.57)	-	-	-	-
	β_2	14.17 (0.41 ~ 29.35)	13.26 (2.11 ~ 28.05)	-	-	15.25 (1.28 ~ 32.66)	15.38 (1.67 ~ 31.78)	-	-	-	-
	s	0.49 (0.03 ~ 1.60)	0.45 (0.03 ~ 1.47)	-	-	0.50 (0.03 ~ 1.47)	0.43 (0.01 ~ 1.38)	-	-	-	-

※掲載しているのは95%信用区間において推定値が0を含まないモデルのみ。括弧内の数値は95%信用区間の範囲を示す。

表-3 繁殖期における階層ベイズモデルに基づくMCMCサンプリングによるパラメータの中央値と95%信用区間

種名	パラメータ	バッファ半径	
		100m	500m
ドバト	β_1	2.45 (1.60 ~ 4.33)	-
	β_2	-25.51 (-59.34 ~ -3.32)	-
	s	1.211 (0.09 ~ 3.37)	-
ツバメ	β_1	-5.17 (-12.08 ~ -2.72)	-
	β_2	51.35 (4.87 ~ 142.17)	-
	s	3.19 (0.59 ~ 8.68)	-
シジュウカラ	β_1	-	-4.61 (-11.77 ~ -2.70)
	β_2	-	27.32 (0.67 ~ 79.14)
	s	-	1.38 (0.10 ~ 6.70)

※掲載しているのは95%信用区間において推定値が0を含まないモデルのみ。括弧内の数値は95%信用区間の範囲を示す。

緑被のある空間を特に利用している可能性を示すことができた。

マトリクス内の緑被率と有意な関係性を示したものの、緑被率は出現する際の間接要因だと考えられたのは、越冬期のハクセキレイと、繁殖期のシジュウカラとドバト、ツバメである。階層ベイズモデルの結果をみると、これらの種は一部の半径のバッファ内の緑被率とのみ有意な関係性を示している。今回、階層ベイズモデルとMCMCによって得られた結果を解釈する際の基準として95%信用区間に各パラメータの推定値が0をまたいでいないものを有意であると判断したが、各半径のバッファ内の緑被率と偶然有意な結果を示した可能性も捨てきれない。特に、ハクセキレイやドバト、ツバメは都市に順応して広範囲に分布¹⁴⁾しており、緑地との関わりは比較的少ないと考えられる種でもある。ただし、繁殖期におけるシジュウカラは最もバッファ半径が大きい500m圏内の緑被率とのみ有意な正の関係性を示しており、これは周辺の樹林地との関係性を示しているものと考えられた。大阪市における繁殖期のシジュウカラに関する既往研究⁴⁾をみると、シジュウカラがある緑地に生息する確率には、緑地の周辺から50m圏内の樹冠面積が関わるが、緑地の重心から開いた半径200mのバッファ内の樹冠面積も関わっているという結果が得られている。すなわち、緑地そのものの緑被率もシジュウカラの出現に関わるため、今回のように都市公園を取り巻くマトリクス内における緑被率のみによる影響を検討した際には、周辺の樹林地による影響のみ示唆されるような結果が得られた可能性が考えられた。

中心市街地のマトリクス内の緑被率と関係性が考えられた越冬期におけるヒヨドリとシロハラについては、園芸品種や外来種を含む植物についても種子散布する可能性がある種³⁾でもある。例えば、トウネズミモチやナンキンハゼといった外来種の都市域への分布の拡大については、ヒヨドリ等による果実食性の鳥類による影響であることが東京都²⁸⁾や京都市¹⁵⁾、三田市⁸⁾等の都市における研究で報告されている。そのため、今後はマトリクス内における鳥類調査に加えて、都市近郊も含めた空間における植生調査も並行して実施することで、都市の生物多様性の維持・向上につ

ながる知見が得られる可能性があるといえよう。

謝辞：本研究の一部は「万博記念公園自然文化園における生物多様性に配慮した森づくり」と科研費基盤(B)18H02226「都市と周辺の緑地が維持する環境緩和機能及び生物多様性機能の総合的評価」の助成を受けたものです。ここに感謝申し上げます。

補注及び引用文献

- Gavreski,C.A., (1976) : Relation of park size and vegetation to urban bird populations in Seattle, Washington : The Condor 78, 375-382
- European Space Agency : Sentinel-hub EO Browser home page <<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>>2019.8.31 参照
- 福岡司 (2005) : 植生管理学 : 朝倉書店, 130-135
- 橋本啓史・夏原由博 (2002) : 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 66(5), 539-542
- 橋本啓史・夏原由博・森本幸裕 (2003) : 大阪市街地の都市緑地の樹林を利用する鳥類を決定する要因 : 国際景観生態学日本支部会報 8(3), 53-62
- 一ノ瀬友博 (2006) : 大阪市中心部の街路樹と越冬期の鳥類の出現状況の関係 : ランドスケープ研究 69(5), 537-540
- 一ノ瀬友博・加藤和弘 (2003) : 都市域の小規模樹林地と都市公園における越冬期の鳥類分布に影響する要因 : ランドスケープ研究 66(5), 631-634
- 石田弘明・服部保・山戸美智子 (1998) : 都市林の生態学的研究 II. 三田市フラワータウンにおける緑化樹木の孤立二次林への侵入 : 人と自然 9, 27-32
- 叶内祐哉・安部直哉・上田秀雄 (2014) : 新報 日本の野鳥 : 山と溪谷社, 671pp
- 唐沢孝一 (1978) : 都市における果実食種の食性と種子散布に関する研究 : 鳥 27, 1-20
- 加藤和弘・神山高義 (2014) : バッチ状樹林地の境界を越えて移動する鳥類の種組成とバッチ外周の土地被覆との関係 : ランドスケープ研究 77(5), 613-618
- 加藤和弘・若山睦月 (2017) : 千葉市西部の住宅地における鳥類相を規定する要因 : ランドスケープ研究 80(5), 723-726
- 加藤和弘・吉田亮一郎 (2011) : 都市樹林地における鳥類群集と樹林地周辺の土地被覆との関係 : ランドスケープ研究 74(5), 507-510
- 加藤和弘・吉田亮一郎・高橋俊守・笠原里恵・一ノ瀬友博 (2015) : 都市および都市近郊の小規模樹林地で記録された鳥類の種組成に影響する要因 : ランドスケープ研究 78(5), 671-676
- 故選千代子・森本幸裕 (2002) : 京都市街地における鳥被食散布植物の実生更新 : ランドスケープ研究 65(5), 599-602
- 久保拓弥 (2012) : データ解析のための統計モデリング入門 : 岩波書店, 267pp
- 楠瀬雄三・福井亘・村上健太郎 (2012) : 越冬期における大阪公園の鳥類相と樹林タイプとの関係 : 名古屋産業大学論集 20, 1-13
- Plummer,M., (2016) : rjags : Bayesian graphical models using MCMC : <<https://CRAN.R-project.org/package=rjags>>, 2020.2.27 更新, 2020.2.28 参照
- Plummer,M., (2003) : JAGS : A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling : DSC 2003 working papers, 1-8
- 松本綾乃・福井亘・高林裕 (2019) : 都市建築に付随する緑化空間の内部環境および階層構造と鳥類出現の関係 : ランドスケープ研究 82(5), 713-718
- 宮本脩詩・福井亘・高林裕 (2019) : 街区公園に出現する繁殖期の鳥類相と小規模緑地が与える移動路としての寡少な影響 : ランドスケープ研究 (オンライン論文集) 12, 1-9
- 森本豪・加藤和弘 (2005) : 緑道による都市公園の連結が越冬期の鳥類分布に与える影響 : ランドスケープ研究 68(5), 589-592
- The R Development Core Team home page <<https://www.R-project.org/>>, 2020.2.7 更新, 2020.2.28 参照
- Labib,S.M., Harris,A., (2018) : The potentials of Sentinel-2 and Land Sat-8 data in green infrastructure extraction, using object based image analysis (OBIA) method : European Journal of Remote Sensing 51(1), 231-240
- 高林裕・福井亘・宮本脩詩 (2018) : 大都市圏の河川とその周辺域における越冬期の鳥類に影響する環境要因 : ランドスケープ研究 81(5), 695-698
- 高橋俊守 (2019) : 衛星画像を用いた都市における神社周辺の緑地群の分布特性に関する考察 : ランドスケープ研究 82(5), 709-712
- 鶴川健也・加藤和弘 (2007) : 都市域の樹林地および樹林地を取り巻く空間の環境条件と鳥類群集との関係 : ランドスケープ研究 70(5), 487-490
- 吉永知恵美・亀山章 (2001) : 都市におけるトウネズミモチ (*Ligustrum lucidum* Ait.)の分布拡大の実態 : 日本緑化工学会誌 27(1), 44-49

(2019.9.28受付, 2020.3.30受理)