

# 都市近郊におけるオオタカの繁殖分布および繁殖成績に影響する環境要因

夏川遼生\* (指導教員 一ノ瀬友博\*\*)

\*慶應義塾大学 環境情報学部 4年 (2017年3月卒業予定)

\*\*慶應義塾大学 環境情報学部

\*h.k.s.biodiversity@gmail.com, \*\*tomohiro@sfc.keio.ac.jp

キーワード：都市近郊、オオタカ、繁殖分布、繁殖成績

## 1 はじめに

猛禽類の繁殖には、造巣や育雛に適する営巣地と食物を獲得するための採食地の両方が必要である(Newton 1979). 営巣地は抱卵、育雛に適した微気候の創出(Penteriani 2002)や捕食の危険性を減少させる役割(Hatchwell et al. 1999)を担う局所スケールの場所であり、採食地は育雛だけでなく親鳥が生息するための食物を獲得する場所でもある(Reynolds et al. 2006). 猛禽類は広い行動圏を持ち、その中で採食するため(Sánchez-Zapata and Calvo 1999), 局所スケールに加え、行動圏の内部構造を含む景観スケールでのアプローチも不可欠である.

いくつかの種の猛禽類は都市化による開発に伴い、生息地の改変や減少が報告されているが、一方で都市に適応して繁殖している種も存在する. 猛禽類にとって都市は餌動物の生息量が多く、種内、種間競争が少ないため好適な生息地であるとの考えがあるが、実際は採食地の減少、建造物への衝突、新しい病気の感染等の問題があり、生息に不適であることが指摘されている(Hager 2009).

オオタカ *Accipiter gentilis* は北半球に広く分布する中型のタカ類である(Kenward 2006). 日本に生息する亜種オオタカ *A. g. fujiiyamae* の主な生息地は森林と農地が混在する地域だが(Kudo et al. 2005), 都市近郊での繁殖も確認されている. 本種は諸国で希少種指定されており、生息地の保全が課題であるため、郊外でのオオタカの繁殖分布や繁殖成績に関する研究は多く行われてきた(e.g. Krüger 2002). しかし、都市近郊と郊外は環境が大きく異なり、これらの研究成果を都市近郊で繁殖するオオタカに適用することはできない. 都市近郊においてオオタカの繁殖分布や繁殖成績に影響する要因を示すことは、都市近郊に生息するオオタカ個体群の維持を考える上で重要である. しかし、都市近郊で繁殖するオオタカを対象とした研究は極めて少なく、繁殖分布や繁殖成績に何がどのように影響しているのかを評価した研究はない. そこで本研究では、都市近郊に生息するオオタカの繁殖分布と繁殖成績に影響する要因を示すことを目的とした.

## 2 方法

### 2.1 調査地、調査期間、巣の探索

調査は神奈川県川崎市、横浜市、大和市、座間市、海老名市、綾瀬市、藤沢市、茅ヶ崎市の793km<sup>2</sup>の範囲で行った. 年平均気温が15.8°C (月間5.9-26.7°C)、年平均降水量が1688.6mm (月間54.8-233.8mm)である (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>). 調査地の環境要素は森林9.0%、開放地(畑地、水田、草地)12.6%、水域3.0%、市街地75.4%であり、市街地に極小規模な森林や農地が島嶼上に点在している. そして、2015、2016年の各年度に調査地の森林をすべて踏査し、各年でそれぞれ33巣、31巣を確認した.

### 2.2 繁殖分布の環境要因の計測

局所スケールでは、33 営巣木の SP[樹種], HE[樹高(m)], DBH[胸高直径(cm)]を記録した. そして、営巣木周辺の植生構造を把握するために Squires and Ruggiero(1996)の方法に準拠して巣を中心とした半径 11.3m の円を設置した. 次に、調査地の森林内にランダム点を 40 地点発生させて、ランダム点から最も近い高木(以下、非営巣木)を中心に同面積の円を設定した.そして、各円内で樹高 1m 以上の樹木について、TH[高木の平均樹高(m)], TD[平均胸高直径(cm)], 高木 TN, 亜高木 STN, 低木 SN[高木から低木までの各層の本数(本)], CA[林冠植生率(%)], DI[円の中心から人家までの距離(m)]を記録した. 高木は林冠まで達する樹木を、亜高木は高木の下まで達する樹木、低木は亜高木の下まで達する樹木を指す.

景観スケールでは、環境省自然環境局が発行している 1/25000 植生図 GIS データを使用した (<http://www.vegetation.biodic.go.jp/>). 植生図の凡例は、森林、開放地、水域、PCDRS(公園、霊園、造成地、0.01km<sup>2</sup>以下の小規模緑地が敷地内に 30%以上混在する住宅地)、市街地(0.01km<sup>2</sup>以下の小規模緑地が 30%未満の住宅地、舗装道路)に再分類した. 環境要因の計測としては、NF[巣がある樹木の面積(km<sup>2</sup>)], 巣から半径 500m 圏内の FO[森林面積率(%)], UR[市街地面積率(%)], TO[森林と開放地の接線長(km)], TP[森林と PCDRS の接線長(km)]を算出した. また、餌動物の指標として、ハト大以下の鳥類を対象にスポットセンサス(1 定点 30 分)を 5~6 月に行った. 調査では、巣から 500m 圏内に林縁部の森林内、開放地、PCDRS に各環境 1 定点ずつ設定し、出現した鳥類の種、個体数を記録し、種ごとの体重に個体数

を乗じてバイオマスを算出した。そして、3 定点のバイオマスの合計を BI[餌動物生息量(kg)]とした。また、前述の通り作成した 40 地点のランダム点を中心に半径 500m の円を設定し、同様の計測を行った。上記の作業には ArcMap10.3 を使用した。

### 2.3 繁殖成績とそれに影響する環境要因の計測

まず、2016 年確認した 31 巣における巣立ち雛数を双眼鏡と望遠鏡を使用して目視で調査した。次に、2.2 と同様の方法で DBH, CA, DI, NF, 巣から半径 2km 圏内の TO, UR を計測した。そして、餌動物の生息量の調査は巣から半径 2km 圏内の TO に設置した 6 定点のスポットセンサス(1 定点 10 分)と 2km のラインセンサス(時速 2km)を行い、2.2.1 と同様の方法で BI を算出した。また、巣から 2km 圏内の ON[別ペアの巣数(個)]を計測した。

### 2.4 統計解析

まず、営巣木の SP と DBH の選択性を解析するため、スギ *Cryptomeria japonica*, スギ以外の針葉樹、広葉樹の 3 クラスに、胸高直径は<30cm, 30-35cm, 35-40cm, 40-45cm, 45-50cm, >50cm の 6 クラスにそれぞれ分類し、 $\chi^2$  検定を行った。 $\chi^2$  検定の結果、有意差が認められた場合には各クラスの信頼区間を算出し、区間の両端の係数が負の場合は選択、正の場合は忌避とした(Marcum and Loftsgaarden 1980)。次に、局所、景観スケールの繁殖分布では、2015 年の巣の有無を目的変数、2.3 で計測した環境要因を説明変数とした一般化線形モデル(GLM)による解析を行った。いずれのモデルも目的変数が巣の有無の二値応答のため、確率分布を二項分布とした。繁殖成績では、2016 年に繁殖が確認された各巣の巣立ち雛数を目的変数、2.3 で計測した環境要因を説明変数とした GLM による解析を行った。目的変数が正の整数のため、確率分布はポアソン分布とした。

モデル選択では、説明変数を含まないモデルから全ての説明変数を含むモデルまで全組み合わせのモデルを作成して AIC が小さい順に順位付けを行い、 $\Delta AIC \leq 2$  のモデルはベストモデルと同様の精度とした(Burnham and Anderson 2002)。そして、モデル選択の不確実性を考慮して、 $\Delta AIC \leq 2$  のモデルに対してモデル平均化を行い、各モデルの重要度を評価する  $w_i$  を算出した。また、各説明変数についてその変数を含むモデル全ての  $w_i$  の合計値( $\sum w_i$ )を算出した。上位モデルが複数ある場合にベストモデルに含まれた変数のみを重要とするのではなく、各変数が含まれるモデルの  $w_i$  で説明変数の相対重要度を評価する方法である(Burnham and Anderson 2002)。上記の作業には R3.3.0 を使用した。

## 3 結果

### 3.1.1 局所スケールでの繁殖分布

営巣木(N=33)の樹種は、スギ 30, ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* 1, クロマツ *Pinus thunbergii* 2, 広葉樹 0 であった。非営巣木(N=40)では、広葉樹が

20, スギが 13, スギ以外の針葉樹が 7 であり、スギが選択され、スギ以外の針葉樹と広葉樹は忌避された(表 1)。営巣木の平均樹高、胸高直径はそれぞれ 21.2m(SE0.60), 48.8cm(SE1.73)で、非営巣木より大きかった(表 2)。胸高直径では>50cm クラスが選択され、<35cm クラスは忌避された(表 1)。

表 1. 樹種(SP)と胸高直径(DBH)による営巣木の選択性。

変数	営巣木(N=33)		非営巣木(N=40)		信頼区間	選択性
	本数	割合	本数	割合		
SP <sub>a</sub>						
スギ	30	90.9	13	32.5	-0.80~-0.37	+
針葉樹 <sub>b</sub>	3	9.1	7	17.5	-0.11~-0.27	
広葉樹	0	0.0	20	50.0	-0.31~-0.69	-
DBH <sub>a</sub>						
<30	0	0.0	16	40.0	0.20~0.60	-
30-35	3	9.1	14	35.0	0.02~0.50	-
35-40	3	9.1	5	12.5	-0.15~0.23	
40-45	8	24.2	4	10.0	-0.37~0.09	
45-50	4	12.1	1	2.5	-0.26~0.06	
>50	15	45.5	0	0.0	-0.69~-0.23	+

a. SP : df=2,  $\chi^2=44.52$ ,  $p<0.05$ , DBH : df=5,  $\chi^2=38.44$ ,  $p<0.05$ .

b. 針葉樹はスギ以外の針葉樹を指す。

表 2. 樹高(HE)と胸高直径(DBH)による営巣木/非営巣木の比較。

変数	営巣木(N=33)			非営巣木(N=40)		
	平均	SE	範囲	平均	SE	範囲
HE(m)	21.2	0.60	14.2~29.8	17.8	2.36	15.0~25.1
DBH(cm)	48.9	1.73	30.2~64.9	25.6	1.81	14.2~45.2

局所スケールの環境要因の相対重要度は、TD, STN, DI が最も高かった。TD, DI は係数が正であり、これが大きくなるほど、STN の係数は負であり、これが小さくなるほど、オオタカの繁殖確率が高いことが示された。次いで TH, CA, TN, SN という順で重要度が高かった(表 3)。

表 3. 一般化線形モデルにより解析した繁殖分布に影響する局所要因(営巣木/非営巣木を中心に半径 11.3m 圏)。 $\Delta AIC \leq 2$  のモデルを AIC が低い順に並べた。+ は正の効果を示し、- は負の効果を示す。 $w_i$  はモデルの重要度を評価する値であり、 $\sum w_i$  は説明変数の相対的な重要度を示す。記号は、TN:高木の本数, TH:高木の平均樹高, TD:高木の平均胸高直径, STN:亜高木の本数, SN:低木の本数, CA:林冠植被率, DI:人家までの距離を示す。

局所要因							AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
TN	TH	TD	STN	SN	CA	DI			
	+	+	-			-	42.69	0.00	0.28
			+	-	+	-	43.15	0.46	0.23
+		+	-			-	43.40	0.71	0.20
		+	+	-	+	-	43.54	0.85	0.18
+		+	-	-		-	44.61	1.92	0.11
0.31 0.46 1.00 1.00 0.11 0.41 1.00							$\leftarrow \sum w_i$		

### 3.1.2 景観スケールでの繁殖分布

景観スケールの環境要因の相対重要度は TO, UR が最も高かった(表 4)。TO の係数が正で、これが大きくなるほど、UR の係数は負で、これが低くなるほど、オオタカの繁殖確率が高いことが示された。次

いで BI, FO, TP, NF の順で重要度が高かった。

表4. 一般化線形モデルにより解析した繁殖分布に影響する景観要因(営巣木/非営巣木を中心に半径500m圏).  $\Delta AIC \leq 2$  のモデルを AIC が低い順に並べた。+は正の効果を示し、-は負の効果を示す。  $w_i$  はモデルの重要度を評価する値であり、 $\sum w_i$  は説明変数の相対的な重要度を示す。記号は、FO:森林面積率, UR:市街地面積率, TO:森林と開放地の接線長, TP:森林とPCDRSの接線長, BI:餌動物のバイオマス, NF:巣のある森林の面積をそれぞれ示す。

景観要因						AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
FO	UR	TO	TP	BI	NF			
	-	+				43.78	0.00	0.37
	-	+		+		44.96	1.18	0.21
+	-	+				45.76	1.98	0.14
	-	+	+			45.77	1.99	0.14
	-	+			+	45.78	2.00	0.14
0.14	1.00	1.00	0.14	0.21	0.14	$\leftarrow \sum w_i$		

### 3.2 繁殖成績

2016 年の調査地のオオタカの繁殖巣あたりの巣立ち雛数は 1.7 羽であった(N=31)。環境要因の相対重要度は CA, ON が最も高かった。CA は係数が正で、これが大きくなるほど、ON は係数が負であり、これが低くなるほど、多くの雛が巣立つことが示された。次いで TO, DI, UR, ND, BI, NF が順で重要度が高かった(表 5)。

表5. 一般化線形モデルにより解析した繁殖成績に影響する環境要因。  $\Delta AIC \leq 2$  のモデルを AIC が低い順に並べた。+は正の効果を示し、-は負の効果を示す。  $w_i$  はモデルの重要度を評価する値であり、 $\sum w_i$  は説明変数の相対的な重要度を示す。記号は、DBH:胸高直径, DI:人家までの距離, CA:林冠植被率, NF:巣のある森林の面積, BI:餌動物のバイオマス, TO:森林と開放地の接線長, UR:市街地面積率, ON:別ペアの巣数をそれぞれ示す。

環境要因								AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
DBH	DI	CA	NF	BI	TO	UR	ON			
	+	+			-		-	72.50	0.00	0.20
		+			-		-	73.02	0.52	0.16
		+			-		-	73.58	1.08	0.12
	+	+			-	+	-	73.82	1.32	0.11
		+			-		-	74.13	1.63	0.09
+	+	+			-		-	74.23	1.75	0.09
	+	+			-		+	74.31	1.81	0.08
	+	+		+	-		-	74.47	1.97	0.08
	+	+	-		-		-	74.48	1.98	0.08
0.09	1.00	0.39	0.08	0.08	0.71	0.28	1.00	$\leftarrow \sum w_i$		

## 4 考察

### 4.1 局所スケールでの繁殖分布

営巣木としては、調査地で繁殖するオオタカはスギを選択し、その他の針葉樹と広葉樹を忌避した。堀江ら(2006)はオオタカが針葉樹に営巣することが多いのは、枝が輪生するために広葉樹より架巢しやすいためと考えた。中でもスギは、ヒノキやサワラ *C. pisifera* よりも枝が少なく巣への出入りが容易であるため、選択したと考えられる。また、オオタカは胸高直径>50cm の大径木を選択した。これ

は、本種が直径 1m 以上の大きな巣を架けるため、それを支える強度がある大径木を選択すると考えられる(Abe et al. 2007)。

局所スケールでは、高木の本数は正の効果(重要度 5 番)を示したが、調査地では繁殖地と非繁殖地間の高木の本数はほとんど変わらず、オオタカの繁殖には強い関係はないと考えられた。高木の平均樹高(重要度 6 番)、平均胸高直径(重要度 1 番)は同様に正に作用した。これはオオタカが巣を移動する場合は元の巣の近くを利用する傾向が強いため(山家ら 2003)、営巣木として利用できる樹木が複数ある森林を選択していると考えられた。

亜高木の本数(重要度 1 番)と低木の本数(重要度 7 番)は負に作用した。オオタカが巣へ出入りする際に、林冠下部を飛翔して巣に入るため亜高木や低木が少ない方が巣に出入りしやすいと考えられる(Squires and Ruggiero 1996)。実際に、ビデオカメラによる営巣林内の撮影結果では、オオタカは巣高より約 3m 低い位置を飛翔し、そこから上昇して巣に入った(夏川 未発表; N=39)。

林冠植被率(重要度 6 番)は正に作用した。日本でのオオタカの繁殖失敗の原因にカラス類による捕食が報告されている(小板ら 1996)。また、Penteriani(1997)は降水とオオタカの繁殖成否に高い負の相関があると報告している。日本ではオオタカの育雛期が年間で最も降水量が多い時期であり、林冠植被率が高いほど降水や捕食による影響を受けにくいと考えられる。

人家までの距離(重要度 1 番)は負に作用した。人家までの距離が短いと営巣地に多くの人間が通ることになるため、忌避していると考えられる。オオタカの繁殖率は人間の接近が少ない方が高く(Krüger 2002)、人為的影響が大きな都市域でも、相対的に影響が少ない場所を選択すると考えられる。

### 4.2 景観スケールでの繁殖分布

景観スケールでは、採食地の指標とした森林面積率(重要度 7 番)、森林と開放地の接線長(重要度 1 番)、森林と PCDRS の接線長(重要度 7 番)はいずれも正に作用した。森林はオオタカの採食地として通年利用される(Kenward 2006)。調査地のオオタカは渡りを行わず、通年繁殖地周辺に生息するため、森林面積率が高いことは非繁殖期の生息にも重要と考えられる。そして、オオタカは林縁周辺の開放地で採食することが多いため(Kenward 1982)、森林と開放地、森林と PCDRS の接線が長いほど採食しやすいと考えられる。実際に Rutz(2006)はオオタカが餌動物の 42%を市街地で捕獲したとしている。しかし、開放地よりも PCDRS の方が、建造物等の障害物が多く採食しにくいいため森林と開放地の接線長より重要度が低かったと考えられる。一方で、市街地面積率(重要度 1 番)は負に作用した。Kudo et al. (2005)は、オオタカは人為的影響を忌避するのではなく、森林や開放地に比べて市街地が採食しにく

い環境であることが原因と考えた。これは、本研究でも森林と開放地の接線長の方がPCDRSよりも重要度が高かったことから支持される。そして、餌動物生息量(重要度 3 番)は正に作用した。松江ら(2006)は、オオタカの繁殖密度と餌動物の生息量の間に関がないとした。餌動物生息量が森林と開放地の接線長よりも重要度が低いことから、オオタカの繁殖分布には餌動物の生息量よりも餌動物の獲得性の方が重要である可能性が示唆された。

営巣環境の指標とした巣のある森林の面積(重要度 7 番)は正に作用した。重要度が低いのは、調査地のオオタカは大面積の森林から極小規模な孤立林まで幅広い森林を利用しているためと考えられる。

### 4.3 繁殖成績

別ペアの巣数(重要度 1 番)は負に作用した。これは種内競争によるなわばり防衛に費やすコストの増加や採食適地の減少が、負の影響を与えるためと考えられる。実際に、2015, 2016 年に設置した 2 巣のビデオ記録では、巣内育雛期にオスが侵入個体に排除行動を行った日は、侵入個体がなかった日に比べて餌の運搬回数が有意に少なかった(Mann-Whitney の U 検定;  $p < 0.05$ )。このように、繁殖密度が高いほど繁殖成績が低下することは、サンショクウミワシにおいても報告されている(Thiollay and Meyer 1978)。また、本調査地は、森林や開放地といったオオタカの採食地が市街地によって極めて小規模に断片化されていることにより、採食地が不足し、強い密度効果が生じていると考えられる。また、餌動物の生息量(重要度 6 番)は繁殖分布の解析結果と同様に重要度は低く、餌動物の生息量よりも餌動物の獲得性の方が重要である可能性を支持する結果となった。一方で、一般に営巣、採食適地であると考えられている巣のある森林面積(重要度 6 番)、森林と開放地の接線長(重要度 3 番)が負に作用したことや採食不適地と考えられている市街地面積率(重要度 5 番)が正に作用したことは、上記変数と別ペアの巣数の間に多重共線性はないまでも( $|r| < 0.7$ ,  $VIF < 10$ )、相互作用があるためと考えられる。

林冠植被率(重要度 1 番)、人家までの距離(重要度 4 番)も繁殖分布の解析結果と同様に強く正に作用したため、その原因は同様の理由で考察できる。そして、営巣木の胸高直径(重要度 6 番)は正に作用した。一般に、大径木に架巣した場合、巣が安定し、暴風等による落巣の危険性が減少すると考えられるが、本研究において重要度は高くなかった。

## 5 引用文献

ABE, F., O. HASEGAWA, T. KUDO AND S. HIGASHI. 2007. Nest-site selection of Northern Goshawks and Eurasian Sparrowhawks in a fragmented landscape in northern Japan. *J. Raptor Res.* 41:299-306.  
BURNHAM, K.P. AND D.R. ANDERSON. 2002. Model selection and Multimodel inference. Springer New York.

HAGER, S.B. 2009. Human-related threats to urban raptors. *J. Raptor Res.* 43:210-226.  
HATCHWELL, B.J., A.F. RUSSELL, M.K. FOWLIE AND D.J. ROSS. 1999. Reproductive success and nest site selection in a cooperative breeder: effect of experience and a direct benefit of helping. *Auk* 116: 355-363.  
堀江玲子・遠藤孝一・野中 純・船津丸弘樹・小金澤正昭. 2006. 栃木県那須野ヶ原におけるオオタカの営巣環境選択. *日本鳥学会誌* 55: 41-47.  
KENWARD, R.E. 1982. Goshawk hunting behavior and range size as a function of food and habitat availability. *J. Anim. Ecol.* 51:69-80.  
———. 2006. *The Goshawk*. T.&A.D. Poyser, London.  
小坂正俊・新井 真・遠藤孝一・西野一雄・植田睦之・金井 裕. 1996. アンケート法によるオオタカの分布と生態. 平成 7 年度希少野生動植物種生息状況調査報告書:53-74. 環境庁, 東京.  
KRÜGER, O. 2002. Analysis of nest occupancy and nest reproduction in two sympatric raptors: Common Buzzard *Buteo buteo* and goshawk *Accipiter gentilis*. *Ecography* 25:523-532.  
KUDO, T., K. OZAKI, G. TAKAO, T. SAKAI, H. YONEKAWA AND K. IKEDA. 2005. Landscape analysis of Northern Goshawk breeding home range in northern Japan. *J. Wildl. Manage.* 69:1229-1239.  
MARCUM, C.L. AND D.O. LOFTSGAARDEN. 1980. A nonmapping technique for studying habitat preferences. *J. Wildl. Manage.* 44: 963-968.  
松江正彦・百瀬 浩・植田睦之・藤原宣夫(2006)オオタカ(*Accipiter gentilis*)の営巣密度に影響する環境要因. *ランドスケープ研究* 69: 513-518.  
NEWTON, I. 1979. Population ecology of raptors. T.&A.D. Poyser, London.  
PENTERIANI, V. 1997. Long-term study of a goshawk breeding population on a Mediterranean mountain (aburuzzi Apennines, central Italy): density, breeding performance and diet. *J. Raptor Res.* 31: 308-312.  
———. 2002. Goshawk nesting habitat in Europe and North America: a review. *Ornis Fenn.* 79: 149-163.  
REYNOLDS, R.T., J.D. WIENS, S.R. SALAFSKY. 2006. A review and evaluation of factors limiting Northern Goshawk populations. *Stud. Avian Biol* 31: 260-273.  
RUTZ, C. 2006. Home range size, habitat use, activity patterns and hunting behavior of urban breeding Northern Goshawks *Accipiter gentilis*. *Ardea* 94:185-202.  
SÁNCHEZ-ZAPATA, J.A. AND J.F. CALVO. 1999. Raptor distribution in relation to landscape composition in semi-arid Mediterranean habitats. *J. Appl. Ecol.* 36:254-262.  
THIOLLAY AND MEYER. 1978. Densité, taille des territoires et production dans une population d'Aigles Pêcheurs, *Haliaeetus vocifer* (Daudin). *La Terre et la Vie* 32: 203-219.  
山家英視・阿部功之・大町芳男・小笠原暁. 2003. 人工巣によるオオタカ営巣地誘導の試み. *山階鳥学誌* 35: 1-11.