
バードリサーチ調査研究支援プロジェクト

支援先 調査研究プラン 成果報告

2014 年度

ID	調査・研究プラン名	
001	カツオドリが航行船と付随飛行する謎に迫る！ 1
002	多摩川上流羽村堰はホオジロガモの貴重な越冬地！なぜ羽村堰なの？ 4
003	クロジは富士山北麓のどこで繁殖しているのか？ 10
004	ヒバリ 秋のさえずり解析！？ 14
005	御食事処 川鶉 ～カワウが作り出すサギ類の採食機会～ 18
006	オオタカにおける繁殖適地環境の段階的評価モデルの構築 20
007	色んな歌があるのはなぜ？ サンコウチョウ雄のさえずり 37
008	なぜ、モズははやにえを食べずに残しておくのか？ 42
009	日本の鳥の今を描こう ～全国鳥類繁殖分布調査～ 48



カツオドリが航行船と付随飛行する謎に迫る!

八木 光晴 (長崎大学水産学部)

はじめに

カツオドリはその名の通り、カツオなどに追われて海面付近に上がってきた小魚などを捕食する海鳥の一種である。生活のほとんどを洋上で暮らし、空中から水中の獲物を発見すると翼をたたんで急降下し、水中に潜って獲物を捕らえる。急降下するときの時速は、実に80キロにも達するという凄腕（凄クチバシ?）の海のハンターである。

筆者は、長崎大学水産学部の附属練習船「長崎丸」に乗船中、カツオドリが航行している船と並んで飛行し続け、時折、海中に突っ込んでまた船と一緒に付随して飛ぶという面白い行動を見かけた。彼らは一体何をしているのだろうか!?

本研究では「カツオドリは航行船舶を利用して狩りをしている」という作業仮説を立て、カツオドリが航行している船舶に対して付随して飛行し続ける行動の理由を明らかにすることを目的とした。

調査方法

カツオドリとトビウオの観察は長崎大学水産学部附属練習船「長崎丸」(842トン)に乗船中に行い、調査期間は2015年4月から翌年3月までの184日間行った(図1)。付随飛行の発見は、船橋(眼高9m)から行い、発見した時の緯度・経度・水温・波高・風速を記録した。記録は船橋当直に従事する乗組員にも協力して頂いた。

捕食行動の瞬間はソニー社製デジタルカメラ、およびニコン社製デジタルビデオカメラで撮影した。また、トビウオの飛翔頻度とカツオドリの付随時間の関係を明らかにするために、10分間当たりのトビウオの飛翔回数とカツオドリの付随時間も記録した。さらに、カツオドリがトビウオを追尾した回数と実際に捕食できた回数から捕食率を算出した。



図1. 筆者と長崎大学水産学部附属練習船「長崎丸」。

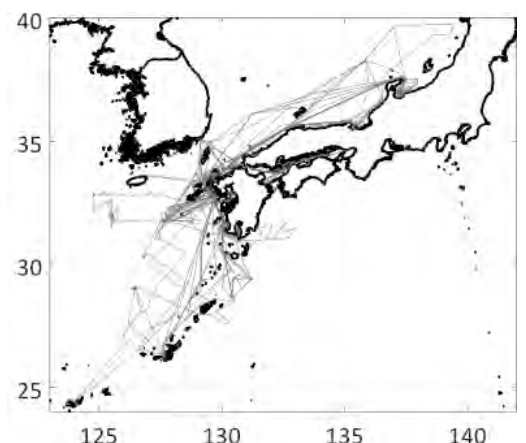


図2. 調査期間中の長崎丸の航跡。

結果と考察

カツオドリは航行船舶に驚いて海面上に飛び出すトビウオを巧みに捕食していた。

調査期間中のカツオドリは65回目撃された。カツオドリは主に東シナ海を中心に出現しており、北は五島灘、南は西表島周辺海域でも観察された(図3)。最も目撃例が多かった五島列島南方海域(図4)には、カツオドリの営巣地である男女群島の存在が関係しているものと考えられる。

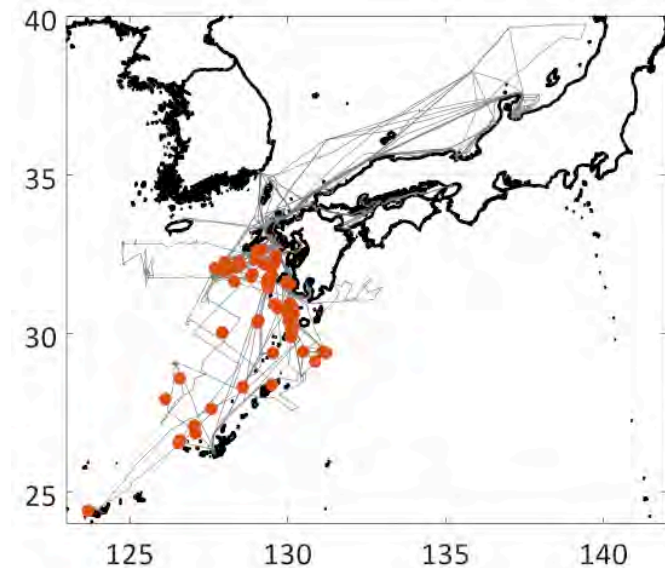


図3. カツオドリの目撃地点(広域)。

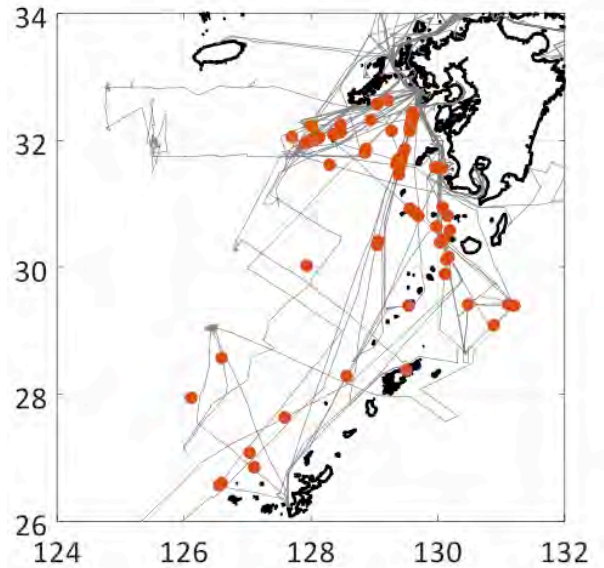


図4. カツオドリの目撃地点の詳細。

付随時間10分以上の飛行は32回観察され、いずれも船速約12ノットの航行中であった。付随飛行中のカツオドリは船首付近の左右舷を行き来して、トビウオが飛翔するとそれを追尾してトビウオが着水すると同時に、カツオドリも着水する行動が観察された(図5、図6)。トビウオを捕食する瞬間を写真で捉えるのは大変苦勞を伴うものであったが、今回、その瞬間の写真撮影にも成功した(図7)。

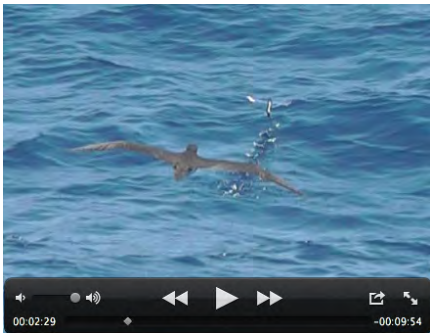


図5. トビウオを追跡するカツオドリ。



図6. トビウオと同時にカツオドリも着水する捕食パターン。



図7. 着水後、カツオドリがトビウオを捕食した瞬間。船からの距離はおおよそ40mであり、捕食した後は直ぐに飛び立ち、再度、船に付随して飛行を続けた。

調査期間中、カツオドリが目撃はされるが船首を横切るなど、航行中にも拘わらず船に付随して飛行しない場合もあった。そこで、トビウオの密度とカツオドリの付随飛行時間の関係を調べた。その結果、トビウオの密度の指標としての10分間当たりのトビウオ飛行回数とカツオドリの付随飛行時間には緩やかな正の相関があった(図8)。これは、トビウオの少ない海域や時期ではカツオドリは航行船に近寄りやすくなるものの、付随して飛行しないことを示している。トビウオを追尾した回数と実際に捕食できた回数から求めた捕食率は、15%を超えるケースもあったが、季節や海域により変化していた(図9)。以上から、飛翔(付随飛行)に掛かるコストと獲得できるエネルギーのトレードオフ関係の存在が示唆され、直接的にも間接的にもカツオドリは航行する船舶を利用して巧みにトビウオを捕食していたことが明らかとなった。これらの行動は、カツオドリの捕食やトビウオの飛翔行動の進化にも影響を与えているのかもしれない。

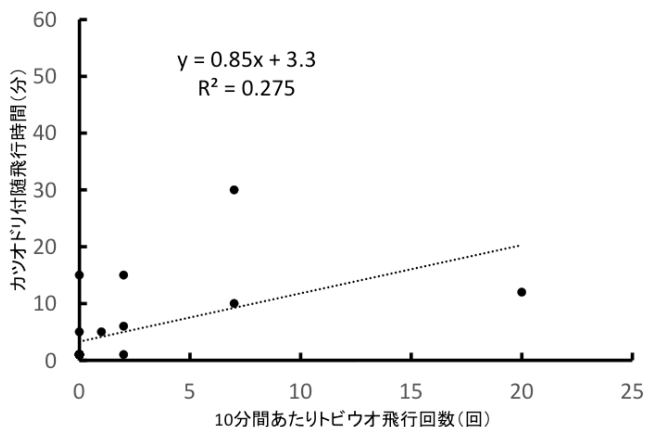


図8. カツオドリ付随飛行時間と10分間当たりのトビウオ飛行回数の関係。

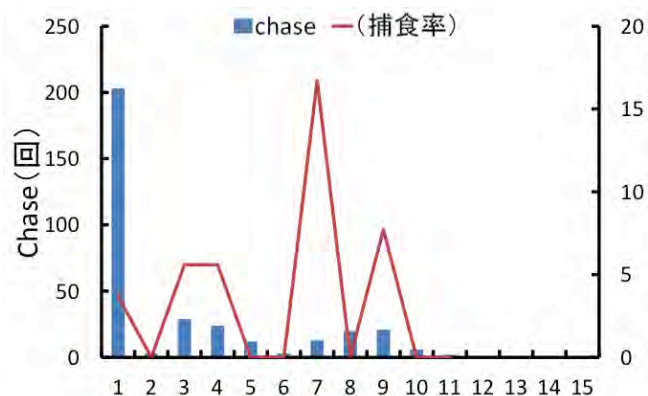


図9. カツオドリのトビウオ追尾行動回数と捕食率。横軸は観測地点を表している。

今後の課題

今回、調査に使用した船は842トンの比較的大型の練習船であるが、これよりも小型の船舶や漁船などでは同じ海域でもカツオドリの付随飛行が見られないとの興味深い情報を得ている。今後は各種船舶に聞き込み調査を行うことで、カツオドリの付随飛行行動の成立要因を明らかにしたいと考えており、実際に他の船舶でも調査を継続中である。また、カツオドリの付随飛行に要するエネルギー消費と獲得できるエネルギーの関係を明らかにしたい。

成果の公表

本研究の成果の一部は、平成28年度公益社団法人日本水産学会春季大会(2016年3月)にて「カツオドリが航行船と付随飛行する謎に迫る：船とカツオドリの不思議な関係」と題して口頭発表しました。現在、国際誌への論文化に向けて誠意努力中です。

謝辞

本研究をご支援頂いた事で知られざるカツオドリの行動を観察・撮影することができました。ご支援して頂いた全ての方々とNPO法人バードリサーチに心から感謝申し上げます。ご支援は、デジタルカメラなどの購入資金に充てさせて頂きました。また、観察の協力と航海の安全に尽力して頂いた練習船長崎丸の乗組員の皆様、専攻科の学生にもこの場を借りて御礼申し上げます。



多摩川上流羽村堰はホオジロガモの貴重な越冬地！

「なぜ羽村堰なの？」

作成日：2016年4月1日

作成者：日本野鳥の会研究部 関根常貴

調査目的 ホオジロガモの貴重な越冬地となった多摩川・羽村堰周辺の環境保全のため、必要となる基礎データの蓄積を目的とする。

調査概要

調査期間：2015年11月15日～2016年4月3日

調査日：上期間の第1、第3、第5日曜日

調査時間：午後13時30分～午後14時00分

調査回数：12回 自主観察を随時実施

調査方法：下記7地点において、一斉カウント（15分間×2回）

調査定点：多摩川・羽村堰取水口（羽村市）

多摩川・羽村郷土博物館前（羽村市）

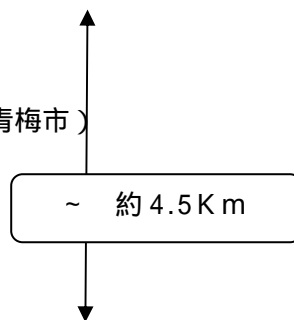
多摩川・青梅リバーサイドゴルフ場前（青梅市）

多摩川・阿蘇神社・上流（羽村市）

多摩川・阿蘇神社・下流（羽村市）

多摩川・小作堰人道橋上（青梅市）

多摩川・河辺球技場前（青梅市）



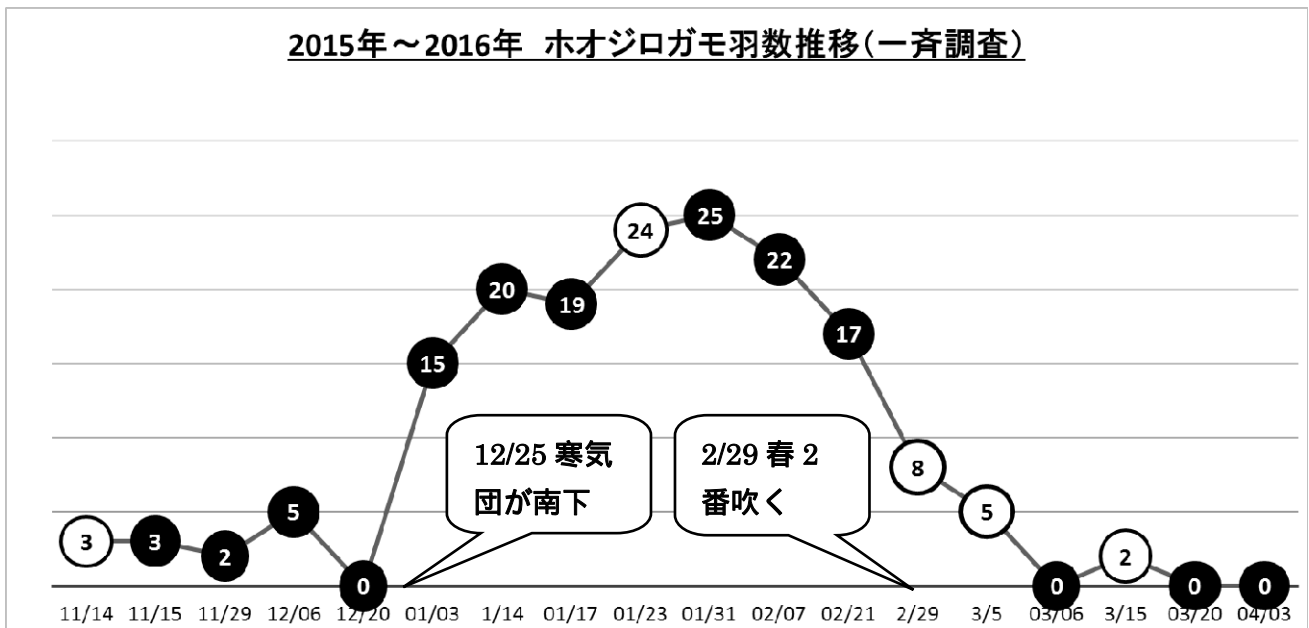
調査機材：双眼鏡（8～10倍）、望遠鏡（20～40倍）、トランシーバー（6台）、デジタルカメラ

スタッフ：磯崎静子、伊藤裕康、小川チヅ子、折原洋子、鈴木君子、関根常貴、高崎幸平、高橋新一、滝島克久、寺本徹、名執修二、長谷川幸司、古澤紀、前迫大也

調査結果

初認日	2015年11月14日	多摩川・河辺球技場前（青梅市）にて 第1回冬羽1羽、成鳥2羽の3羽を確認。 <u>昨年は12月6日</u> で同じ場所。当調査範囲内の過去の記録では、2011年11月6日が最も早い初認記録だが、通常は12月中旬ころが多く、例年より約1ヶ月も早い渡来だったと言える。
成鳥初認日	2015年12月21日	多摩川・羽村郷土博物館前（羽村市）にて 成鳥1羽を確認。 <u>昨年は12月12日</u> で同じ場所。
終認日	2016年3月15日	多摩川・阿蘇公園前で確認された 1回冬羽1羽と 1羽の2羽が最終確認となった。 <u>昨年は3月17日</u> 。当調査範囲内の過去の記録では、2011年4月3日が最も遅い終認記録だが、通常は3月中旬ころが多く、例年並みの渡去だったと言える。
渡来数	25羽	2016年1月31日（一斉調査）に最大羽数を記録。 <u>昨年は31羽</u> （2/15）
滞在日数	123日	<u>昨年は102日</u> 。

(1) 日別羽数推移



内の白抜き数字は羽数。 は自主調査。

- ・2015年11月14日(自主調査)の初認から12月25日(自主調査)までは最多5羽で推移。その間、11月26日から29日にかけてと12月18日から20日にかけて寒気団が南下。東北・北海道を強烈な寒冷前線が通過し、強風、降雪の大荒れとなったが個体数の変動は見られなかった。
- ・12月25日今シーズン一番の寒気団が南下し北日本が風雪で大荒れになると、翌日の12月26日に15羽(自主調査)に急増した。その後2016年1月8日に南下した寒気団が居座ると、1月10日から北日本は激しい降雪、東京でも60cmの積雪となり、1月14日に20羽を記録した。さらに5年～10年に一度と言われる強烈な寒波が到来した1月24日の前日の1月23日に24羽(自主調査)を記録し、1月31日には今季最多の25羽を記録した。
- ・その後はゆるやかに減少していったが、春2番が吹き荒れた2月29日には8羽(自主調査)、3月5日には5羽(自主調査)と一気に減少。3月6日の一斉調査では1羽も確認できなかったが、この日は溪流釣りの解禁日にあたり220人の釣り人が河川に立ち入り、その影響と思われる。
- ・その後3月12日から15日まで2羽(1回冬羽1羽と1羽)が確認されていたが、3月16日以降は観察されなかった。
- ・越冬中は2～3の群れに分散していることが多く、その群れを構成する個体は流動的に入れ替わっていることが多かった。
- ・成鳥は2015年12月21日に型3羽と共にいる1羽が初観察された。その後12月29日に3羽、1月5日に4羽と増え、1月21日には5羽となった。
- ・その他のカモ類はコガモ、マガモ、ヨシガモ、オカヨシガモ、ヒドリガモ、キンクロハジロ、ホシハジロ、カワアイサが観察された。

(2) 生息環境と行動について

- ・潜水採食行動は早瀬、平瀬および早瀬と平瀬の境目で多く見られた。

- ・休憩行動は流れのない平瀬でのみ見られた。
- ・求愛ディスプレイや羽繕いは平瀬での休憩中のみ見られた。
- ・観察された地点を定点別に見ると、11月中旬から12月下旬は上流の多摩川・河辺球技場前（青梅市）周辺が多く、1月に入ると下流の多摩川・羽村郷土資料館前（羽村市）と多摩川・阿蘇神社下流（羽村市）が多くなった。特に多摩川・阿蘇神社下流（羽村市）は今シーズンを通して観察頻度が高いポイントとなった。ここは右岸がアシ原で遮られた平瀬で、他のポイントに比べ人が容易に近寄りにくい。そのため、釣り、散歩、川遊び、観察、撮影などの人圧が少なくホオジロガモが安心して休憩できる場所のようで、求愛ディスプレイや鳴き声も頻繁に観察された。

仮説その

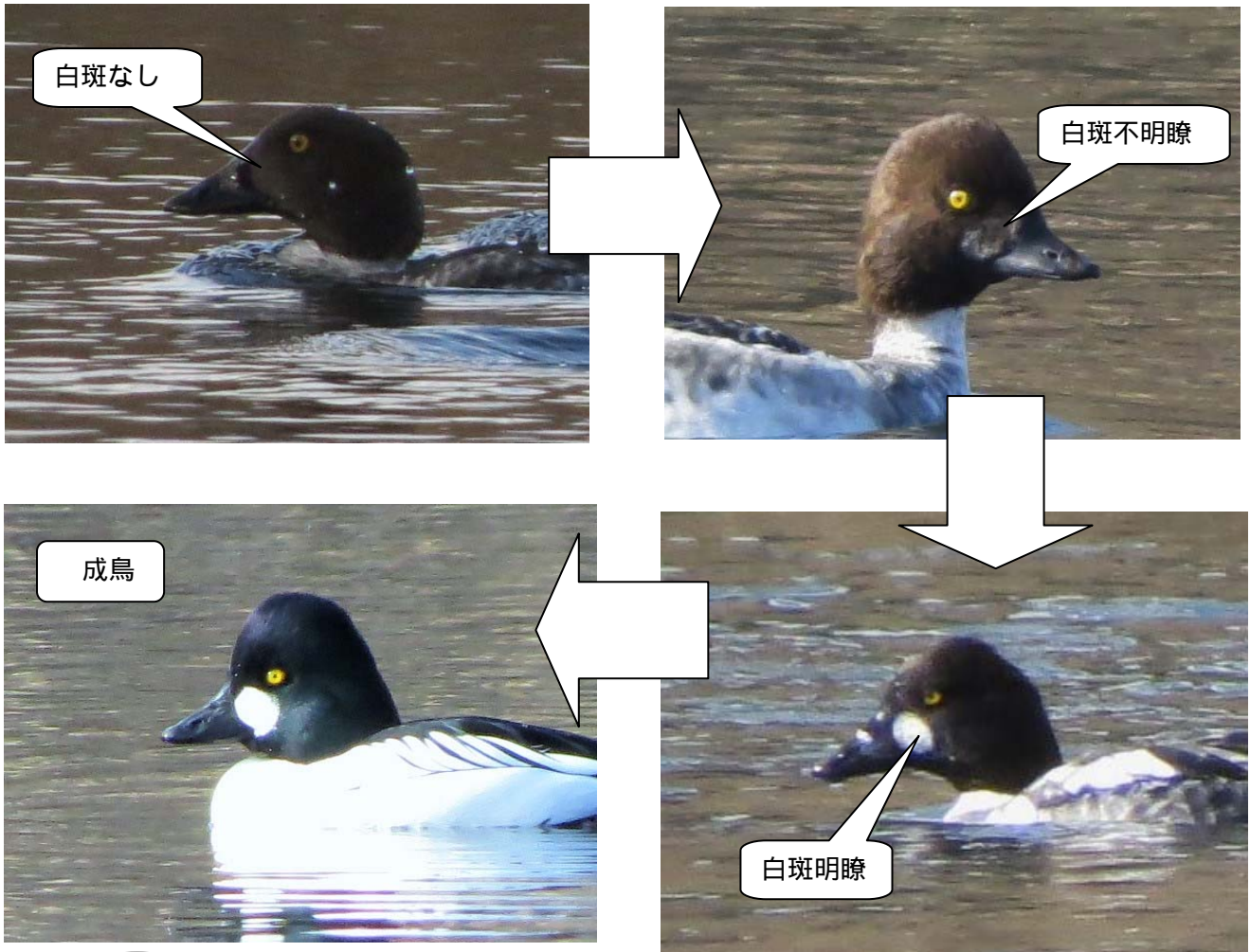
ホオジロガモはなぜ多摩川の羽村堰周辺に来るのか？

潜水・採食は主に早瀬および平瀬で行われ、休憩は平瀬だけを利用する。特に平瀬ではほとんどの行動（潜水・採食、水飲み、休憩、羽繕い、求愛）が見られる。このことから、ホオジロガモの越冬には採食に必要な早瀬と休憩に必要な平瀬が連続して混在する環境が必要なのではないだろうか？ また、その食性からやや大きめの礫を主体とした川底の河川を好むのではないだろうか？ 多摩川の上流域ではほとんどが流れの早い早瀬で平瀬が少なく、下流域では早瀬が少なく平瀬が中心になると思われる。そのため羽村堰周辺の早瀬と平瀬が連続して混在し、川底が礫主体の環境（写真）がホオジロガモの越冬に適しているのではないだろうか？



(3) 第1回冬羽の羽衣変化について

今シーズンの調査では 第1回冬羽の羽衣には様々なバリエーションがあることが確認できた。これが成長段階の差異によるものか、個体差によるものかは明確ではないが、くちばし付け根の白斑の明瞭さの違いで次のパターンがあった。



仮説その

羽村堰周辺にはなぜ および第1回冬羽() 個体が多いのか？

羽村堰周辺で越冬するホオジロガモは 成鳥が約20% (去年は10%) しかなく、約80%は および の第1回冬羽個体である。体力がなく厳しい寒さに耐えられない および第1回冬羽個体() がより温暖な地を求め、羽村堰周辺に渡ってくるのではないだろうか？

(4) 繁殖行動についての観察記録

- ・ 成鳥による求愛ディスプレイ行動が見られ、「ピヴィー、ピヴィー」と鳴いた。(12/26)
- ・ 澄んだ水面の穏やかな平瀬で10羽(2、 8)が休憩中に求愛ディスプレイした(12/27)
- ・ が の後を首を伸ばして追いかけて、求愛ディスプレイ(イナバウワー)をした。その際、上を向いた時に「ピヴィー」の低く小さな声で鳴いた。その後も数回鳴く(12/31)
- ・ 13:30 同士のケンカの際、水に潜って他の個体を追いかける。13:33 求愛ディスプレイが見られ、鳴き声も聞かれた(1/3)
- ・ 1回冬羽個体(白斑不明瞭)が求愛ディスプレイを行う。 1回冬羽と一緒にいることが多い(1/4)

- ・平瀬で休憩中に頻繁に求愛ディスプレイが行われ、鳴き声も頻繁に聞かれた。イナバウワーをした成鳥の後を成鳥が首を前に伸ばしてについて行った(1/21)

(5) 採食行動および食性についての観察記録

- ・藻のようなものを採食(12/6)
- ・平瀬でハゼ科の魚(ヨシノボリの仲間?)をくわえて浮上し、呑み込んだ(1/17)
- ・成鳥が頭の大きな魚のようなものをくわえて浮上し、呑み込んだ(1/31)
- ・早瀬で緑色の藻のようなものをくわえて浮上してきた(1/21 写真)
- ・魚類(種不明)を採食(2/7)
- ・成鳥が魚(カジカ?)のようなものを食べる(2015/3/1 写真) 今年の調査結果より



仮説その

ホオジロガモは何を食べているのか?

2年間の調査で得られた食性に関する観察例は上述の6例しかない。潜水の繰り返しは採食行動と考えられるが、浮上した時に獲物をくわえているケースは極まれで、その実態は不明である。数少ない観察例から捕食の仕方や食性を推測すると、ホオジロガモは潜水を繰り返し、流れの中を泳ぎながら大きめの礫(れき)を中心とした川底に潜む餌を探しているのではないだろうか? 餌は冬季、川底の石の下や陰にじっとしている魚類やその卵、水生昆虫の幼虫や川底に生える藻などを食べているのではないだろうか?

(6) 鳴き声についての観察記録

- ・成鳥がディスプレイの時に2回、 が羽繕い後の羽ばたきの時に1回、「ピヴィ〜」と鳴いた。、 とも同じ声で鳴いた(2015.12.27)
- ・求愛ディスプレイ(イナバウワー)をした際、成鳥が首を上を伸ばし「ピヴィー」と低く小さな声で鳴き、その後も数回鳴く。鳴き方には「ピヴィー」と「ヴィー」があるが他のカモ類に比べ声はかなり小さく、流れがない場所でないと聞き取れない(2015.12.31)

以上の観察から、

- ・ホオジロガモはあまり鳴かない。
- ・鳴き声は小さく、波音のない静かな平瀬でないと聞き取りにくい。
- ・鳴き声が聞かれたのは、求愛ディスプレイで上を向いた時と羽繕い後に羽ばたきをしている時のみで、首を上へ伸ばして鳴いた。

今シーズンの取り組み強化ポイント

広報活動の強化

多摩川・羽村堰周辺で毎年越冬を続けるホオジロガモの貴重さを支部会員、羽村市および周辺市民に知ってもらうために、

10月3日～12月23日まで、羽村郷土博物館（調べ物室）にてホオジロガモに関するパネル展示を開催した。

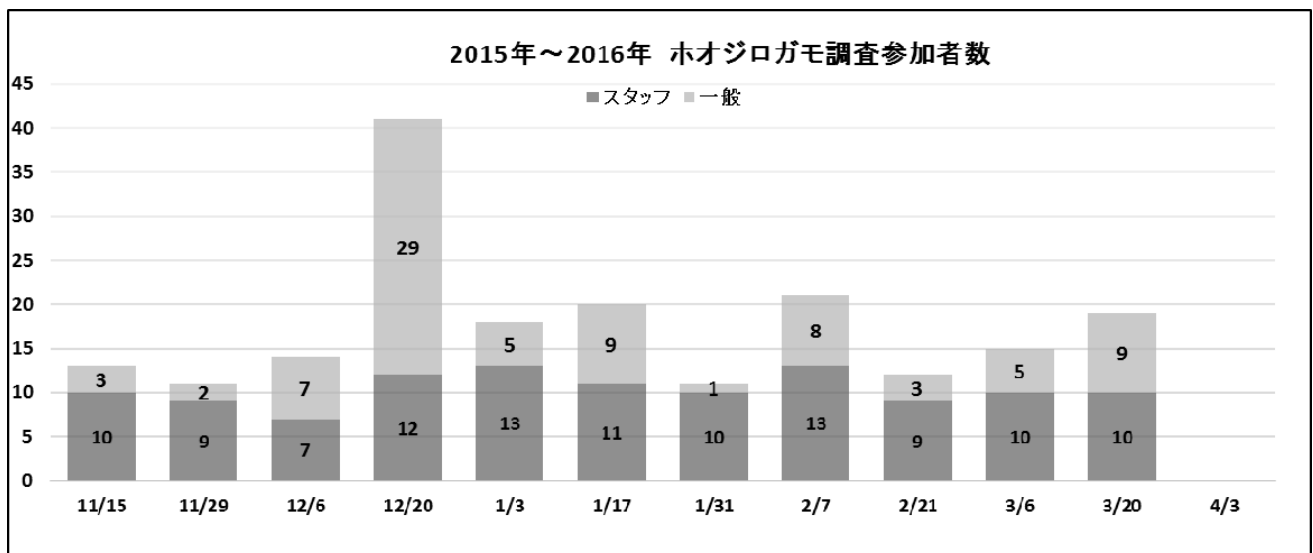
支部会員を対象としたホオジロガモ観察会を調査期間中、9回実施した。参加者81名。

2月13日羽村郷土博物館との共催（羽村市広報に掲載）で「始めてみませんかバードウォッチング」を実施し、ホオジロガモを紹介した。参加者23名。

興味を持った方が参加しやすいように、調査時間を昨年の7:30～8:00から13:30～14:00に変更した。

羽村郷土博物館エントランスホールに「羽村堰周辺カモ類飛来数ボード」を2015年10月3日から掲出し、リアルタイムのカモ情報を提供した。

以上の結果



- ・調査述べ参加者数は195名（スタッフ114名、一般81名）。
- ・昨シーズンは1人もいなかった一般参加者が81名となった。特に神奈川県支部との合同探鳥会「たまりゅう探鳥会」が実施された12月20日は神奈川県支部会員の参加もあり、29名と最高だった。
- ・調査スタッフも昨シーズンの10名から15名となった。

バードリサーチ調査研究支援プロジェクト(2014年度)

「クロジは富士山北麓のどこで繁殖しているのか？」

西 教生

本研究は、富士山北麓におけるクロジの繁殖分布および繁殖環境を明らかにすることを目的とするものであった。調査は2015年5～9月に合計9日間おこなった。以下に、調査によって明らかになったことを報告する。

繁殖分布

富士山北麓の調査地(500ha)において分布調査をおこなった結果、8箇所(図中の赤丸の場所)でクロジのさえずりを確認することができた。確認地点の標高は1355～1570mであった。8箇所の内、2日以上さえずりの確認された場所は4箇所(図中の～)で、比較的集中している傾向にあった。4箇所以外の場所では、さえずりは1日だけしか確認できなかった。つまり、調査地で繁殖期にクロジが定着している場所は、この4箇所であると考えられた。

調査中に同一箇所で2個体以上のさえずりが聞かれたのは、図中の、であった(と は隣接ペアと思われる)。8月中旬以降は、クロジのさえずりは確認できなかった。

繁殖環境(なわばりの範囲と植生)

2日以上さえずりの確認された4箇所の環境は、2箇所が自然林(混交林)で、残りの2箇所は針葉樹の植林地であった。4箇所の内3箇所(図中の～)では、1箇所あたり最大2時間、さえずりの聞かれた地点を記録し、なわばりの範囲を調査した。なわばりの長径は140～360m(平均220m)で、面積は0.3～1ha(平均0.6ha)であった。なわばりの長径は、先行研究の結果と大きな違いはなかった。なわばり内の植生は表に示した。

巣立ち雛

今回の調査ではクロジの巣卵は発見できなかったが、図中の では 2015 年 6 月 26 日に 2 羽の巣立ち雛が確認され、繁殖が示唆された。 の林床にはササ類はほとんど生育しておらず、シラビソ、ウリハダカエデ、ウツギ類、ミヤマイボタなどの低木が見られた。

観察された 2 羽のクロジの巣立ち雛は、外側尾羽の白斑が目立った。クロジは第 1 回冬羽でも、尾羽に明瞭な白斑を有しているものは少ない。この白斑は、クロジの生息する暗い林内で、何らかのコミュニケーションに役立っているのかもしれない。

クロジの巣立ち雛



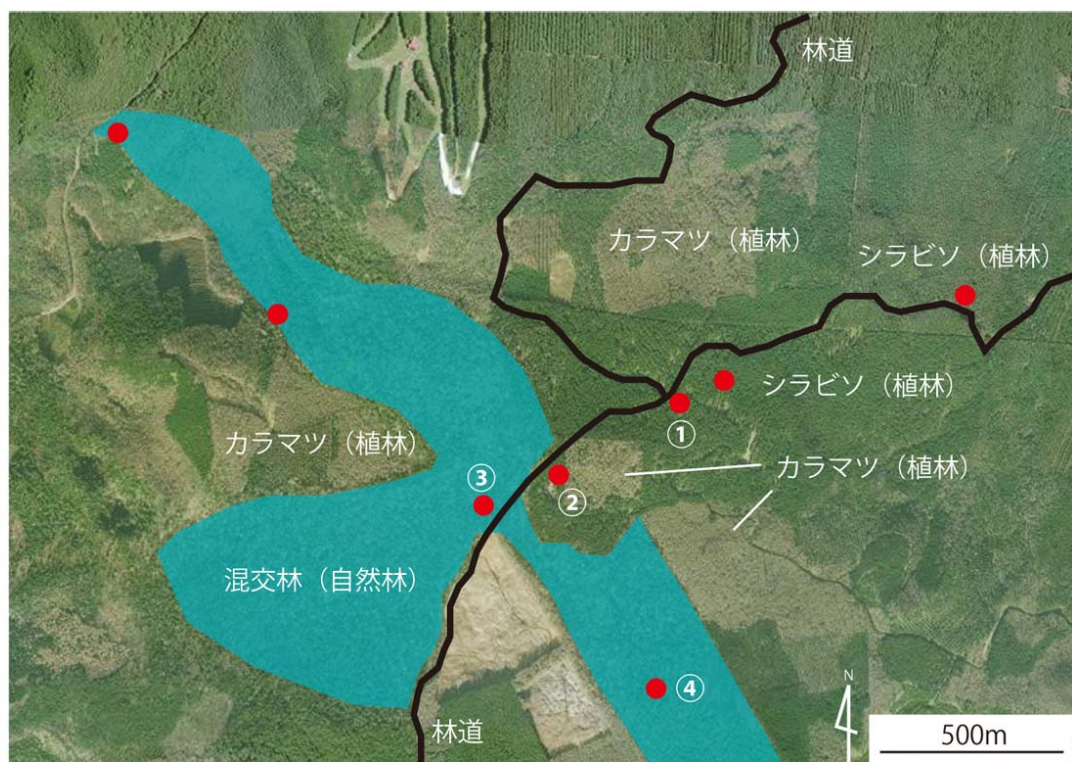
まとめ

富士山北麓のクロジは、従来知られているブナ林や混交林以外に、針葉樹の植林地を繁殖地としていることが示唆された。また、ササ類の繁茂していない場所でもクロジの生息が確認された。

長野県北部をはじめとする日本の多くの場所では、クロジの繁殖地はブナ林や落葉広葉樹の多い環境である。しかし、富士山北麓ではブナの優占する自然林があるにもかかわらず、植林地も繁殖地になっていると考えられた。

調査地にクロジが定着しているのは4箇所であると思われ、富士山北麓の繁殖個体群は非常に小さいといえる。針葉樹の植林地は今後伐採される可能性があり、その場合、クロジの繁殖地が減少あるいは消滅することも考えられる。太平洋側のクロジの繁殖地を保全するためには、今後も引き続き調査をおこない、記録を蓄積する必要がある。

クロジの分布を示した図



クロジのなわばり内の植生

	高木層	亜高木層	低木層	備考
① 植林地	シラビソ	ミズナラ	シラビソ ウリハダカエデ ミヤマイボタ ウツギ類	スズタケはほとんど生えていない
② 植林地	シラビソ 一部にカラマツ	イタヤカエデ ミズナラ ウリハダカエデ ヒノキ	林床にはスズタケが密生	
③ 自然林	シラビソ トウヒとミズナラが混じる	ウリハダカエデ イタヤカエデ シナノキ	林床にはスズタケが密生	

ヒバリ 秋のさえずり

植村慎吾 (大阪市立大学 動物機能生態学研究室 修士1年)

はじめに

さえずりは、繁殖期に特有な、つがい形成や縄張り防衛のための行動とされ、これまでに多くの研究が行われてきた。ところが、いくつかの種の鳥では秋にもさえずりがあることが報告されているにもかかわらず、非繁殖期のさえずり研究は極めて少ない。これまで、非繁殖期のさえずりが保つ機能の仮説としては、つがいの再形成や非繁殖期にも縄張りを持つ種での縄張り防衛、繁殖期に向けての囀りの練習(去年までは知られていなかったのですが、2015年に論文が出ました(Sorensen 2015 *American Naturalist*))の3つの仮説が知られてきた。

春と秋とでさえずりの機能がそれぞれ異なるのであれば、歌の構造や複雑さも季節によって異なると考えられる。しかし、春と秋で歌の構造や複雑さがどのように異なるのかについては、ほとんど研究がない。Sorensen(2015)の論文でも、非繁殖期のさえずりが練習の機能をもつらしいことが行動圏調査や他種間比較で示唆されているが、実際に非繁殖期にさえずりを練習することで繁殖期により複雑なさえずりを獲得していることは確認されなかった。

さえずりの複雑さの指標としては、ある1個体がつひと続きの歌自体の数を表すレパートリー数や、1つの歌に含まれる音の数を表すシラブル数の2つの指標が多くの研究で用いられてきた。その他には、シラブル配列の複雑さを表す線形性という指標が使われており、ジュウシマツなどの複雑なさえずりをもつ鳥ではさえずりの線形性の違いが性選択の違いをもたらすという研究もある。ヒバリのさえずりは他の多くの鳥のさえずりと比べて非常に複雑である。そのため本研究ではさえずりの複雑さを定量化するために、これまでの研究で多く用いられてきたレパートリー数の他に、線形性を算出して季節間比較を行った。

本研究の目的

本研究では、ひばりの秋のさえずりの機能と歌の構造との関係を明らかにするため、以下の予測を検証する。

- 秋のさえずりは、春と比べて歌の構造が変化し、非繁殖期中により複雑になる。

調査地

九州大学農学部附属原町農場（福岡県糟屋郡粕屋町） 24ha

(調査地内では ケリ カササギ モズ セッカなどが繁殖しているほか、ツルクイナ シロチドリ タマシギ ツバメチドリ ハイタカ オオタカ ノスリ チョウゲンボウ アオバズク アリスイ ノビタキ ホオアカなどなど…も記録されました！)



調査方法と解析

① 春と秋のさえずりを ICレコーダーとマイクを使って録音し、そのときの行動や個体情報などを記録した。録音と並行して、カラーリングによる個体の標識、計測や採血も行った。採取した血液は性判定および親子判定に用いる(ご支援を頂いた研究では性判定や親子判定は行っておりません)。

それぞれの時期で、シラブル数と線形性を算出してさえずりの複雑さの違いを解析した。解析に用いた録音数は繁殖期で N=12、非繁殖期で N=16 である。

音声解析には RavenPro(Version.1.5)を用いた。

② 非繁殖期に縄張りを持つかどうかを調べるために、行動圏調査を行った。足環確認や同一個体を望遠鏡で追いつけることで個体の確認地点を記録し、行動圏の最外殻を調べた。

結果

① さえずりの複雑さの季節間比較

まず、レパトリー数と線形性には相関関係はなかった。

レパトリー数について季節比較をすると、非繁殖期と繁殖期とで有意な差はなかった。一方で、線形性の季節比較では、非繁殖期に比べて繁殖期には線形性が低い(さえずりの構造が複雑になっている)ことがわかった。(今回の研究で重要な部分ですが、論文化前のためグラフは非公開とさせていただきます)

② 非繁殖期の行動圏調査

4 個体について複数回の確認ができた他、この内の 1 個体の記録中に同時に近くでさえずっていた 1 羽を記録して、それぞれの行動圏を比較できた。(図 1)



図 1 ヒバリの行動圏

実線が観察期間中における 4 個体の行動圏を表す。

紫色の点が同時にさえずっていたもう 1 個体の位置

まとめ

本研究では、ヒバリの繁殖期と非繁殖期でのさえずりの複雑さを比較した結果、シラブル配列が非繁殖期より繁殖期で複雑になっていることがわかった。また、ヒバリは非繁殖期には縄張りを持たないこともわかり、非繁殖期のさえずりが囀りの練習の機能をもつことが示唆された。Sorensen(2015)では、オオヨシキリの非繁殖期のさえずりが練習の機能を持つことが示唆されている一方で、さえずりに含まれるシラブル数を季節間で比較したところ、違いはみられなかった。本研究は、複雑なさえずりを持つ種で性選択を受けると考えられる線形性が季節間で異なっていることを明らかにしたことで、非繁殖期のさえずりが持つ練習の効果を初めて立証したと考えられる。

さえずりの線形性に季節による差がみられた一方で、シラブル数は季節による差はみられなかった。この原因としては、ヒバリが早い時期にシラブルの種類は学習し終えて、非繁殖期の間により複雑なシラブル配列を獲得するという学習のシステムがあることなどが考えられる。

今後の予定

おかげさまで録音と行動圏調査、データの解析は順調に進みました。
これからは論文の準備を進めて、少しでも早く論文投稿をしようと思っています。

御食事処 川鶺

～カワウが作り出すサギ類の採食機会～

申請者:熊田那央

はじめに

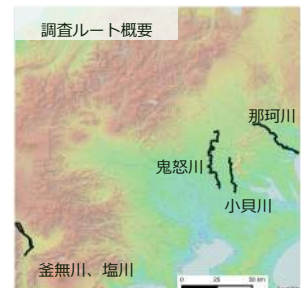
河川で同所的に採食することがよく観察されるカワウとサギ類。カワウが追いかけて逃げた魚をサギ類が待ち構えて採食するように見えます。カワウが採食している場所をサギ類は「御食事処 川鶺」として利用しているようです。では、本当にカワウの採食行動はサギ類にとって良い「御食事処」を作り出しているのか、明らかにするために以下の調査を行いました。



方法

1. カワウとサギ類の分布

2015年4月～10月、栃木県、茨城県を流れる鬼怒川（6回）、小貝川（3回）、那珂川（3回）、山梨県を流れる釜無川、塩川（5回）の河川沿いを踏査し、カワウやサギ類がどこで採食しているかを記録しました。また、「御食事処」が見つかった場合は、その移動をできるだけ追跡しました。



2. サギ類の採食行動

河川踏査中に見つけた採食するサギ類をビデオ撮影し、5分間の行動観察を行いました。観察中に歩いた歩数、魚をとるために嘴を水面下に沈めた挑戦回数、食べた魚のサイズ、魚種を記録しました。サイズからアロメトリー式（湿重量= $a \times \text{全長}^b$ ）を用いて湿重量を算出しました。魚種不明の魚が多かったため、 $a=0.01$ 、 $b=3$ で統一し、ドジョウとわかったもののみ $a=0.005$ 、 $b=3.01$ としました（文献値を利用）。

結果

1. カワウとサギ類の分布

- これまで申請者が行ってきた調査の結果と同様に、今回の調査においても、カワウとサギ類は河川において同所的に観察されました（詳細略）。
- 「御食事処」と河川構造との関係については、今回の調査ではっきりとした傾向はみられませんでした。
- カワウが5羽以上で採食しており、かつその集団が河川を飛んで移動するような行動が調査中5回観察されました。その時、周りで採食していたサギ類は必ずその集団を追って一緒に移動していました。追跡できた最長で5km以上の河川沿いを採食と飛行を4回繰り返しながらカワウとサギ類は移動していました。
- カワウが飛んで移動しない場合でも、サギ類はカワウの位置に合わせて細かく場所を移動していました。
- 同じ魚という資源を利用するために、たまたま同所的に採食していただけでなく、サギ類が明らかに「御食事処」を求めて移動することがわかりました。



御食事処で採食中のサギ類（左から1枚目）。カワウが飛んで移動すると（2枚目）、サギ類が追いかける（3枚目）。

動画でもみられます。

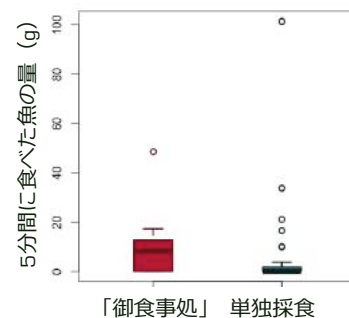
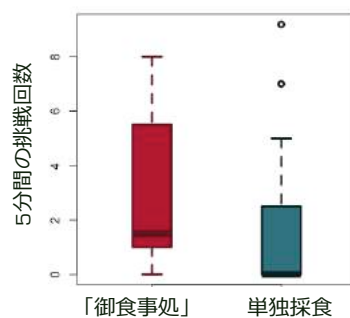
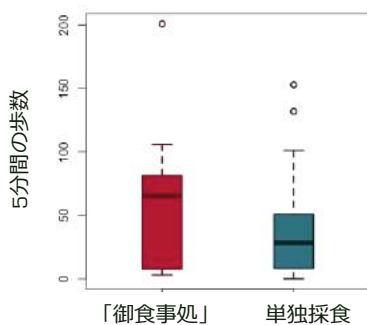
<https://www.youtube.com/watch?v=pZY4rhCpias>



結果

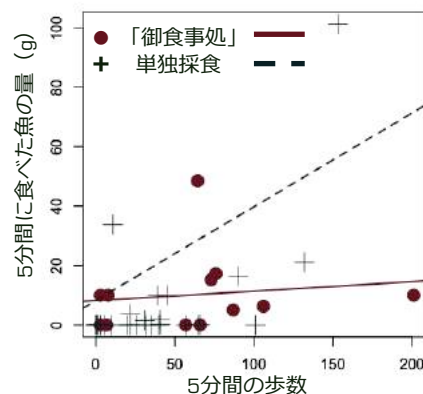
2. サギ類の採食行動

- ・アオサギ、ダイサギ合わせて41回の採食行動を観察しました（アオサギ16回、ダイサギ25回）。そのうち、「御食事処」で採食したサギを12回、単独採食を29回観察しました。コサギについては「御食事処」での採食がみられなかったため、データから除きました。
- ・観察できた魚種には、ドジョウ、オイカワ、ウグイ、ハヤの仲間がみられましたが、ほとんどの場合で魚種を特定できませんでした。
- ・5分間に歩いた数、魚をとるために嘴を水面下へ動かした挑戦回数ともに、「御食事処」のほうが平均値は高いものの、有意な違いはみられませんでした。
- ・5分間に食べた魚の量は、マージナルではあるものの、「御食事処」のほうが多い傾向がみられました（マンホイットニーのU検定 $p=0.0569$ ）。



- ・目的変数を採食量、説明変数を歩数、挑戦回数、採食方法、交互作用で説明する一般化線形モデルを作成したところ、最も説明力の高いモデルは、歩数、採食方法とその交互作用で説明するモデルでした。

	Estimate	Std.Error	t value	P
切片	8.20543	6.7465	1.216	0.2316
歩数	0.03183	0.08151	0.39	0.6984
採食方法	-13.4086	7.8467	-1.709	0.0959
交互作用	0.28373	0.10996	2.58	0.014



- ・「御食事処」で採食する個体は、単独採食の個体に比べてたくさん歩いている割には、それに見合った魚の量がとれていない傾向がみられました。
- ・このことは、「御食事処」に来ている個体があまり採食が上手でない個体の可能性を示唆しています。観察していると、「御食事処」で採食するサギ類はせわしなく、落ち着きがない様子でした。
- ・一方で、「御食事処」ではカワウから逃げた魚を獲物とするため、単独採食に比べて素早い動きの魚をとることになります。このため、せわしない動きになるのかもしれませんが。

3. 新たな採食場所の創出

- ・1ページ目写真の「御食事処」では、サギ類は倒れた草の上に乗って水面ではなく岸側を向いており、カワウによって草の下に逃げ込んだ魚を採食していました。また、翌日カワウがいない時にはサギ類も1羽しかおらず、その個体は水面を向いて採食していました。1例ではありますが、カワウが採食することで、いつもはサギ類の採食場所とはならない場所に、新たな「御食事処」ができた例として観察できました。

まとめ

- ・サギ類は「御食事処」を求めて採食場所を移動していました
- ・「御食事処」ではサギ類は活発に採食し、サギ類にとって良い餌場となっていました
- ・「御食事処」はサギ類に普段採食場所とならない新たな餌場を提供していました

謝辞

調査に使った交通費、滞在費等として支援金を利用させていただきました。支援を頂いた皆様に御礼を申し上げます。

オオタカにおける繁殖適地環境の段階的評価モデル構築

慶應義塾大学環境情報学部 夏川遼生

研究の概要

2015年に繁殖したオオタカの在/不在、巣立ち雛数にミクروسケールの環境要因(営巣木の樹種とサイズ、営巣木の植生構造)とマクروسケールの環境要因(なわばり内の餌動物量および景観構成)がどのように影響しているのかをそれぞれ二項分布と負の二項分布の一般化線形モデルを使用して分析した。経時的な繁殖成績に影響する要因を調べるために2006-2015年までのオオタカの繁殖率(繁殖した年数/10年)と10年間の巣立ち雛数の合計になわばり内の景観構成がどのように影響しているかについて雄親の年齢をランダム効果に加えた負の二項分布の一般化線形混合モデルによる解析を行った。

在/不在には、ミクروسケールでは樹高25m以上、胸高直径50cm以上のサイズの大きなスギを営巣木として選択し、高木の胸高直径が太く、亜高木の立木本数が少なく、林冠の植被率が高く、人家までの距離が遠い樹林を営巣林として選択した。マクروسケールでは森林と開放地の接線長が長く、市街地面積割合が少ないほど繁殖地として選択した。巣立ち雛数には林冠の植被率が高いほど、オオタカの巣立ち雛数が多いという関係が示されたが、マクروسケールでの環境要因との有意な関係は認められなかった。経時的な繁殖成績では、繁殖率には巣のある樹林の面積が有意な正の影響を与えていたが、巣立ち雛数には有意な影響は検出されなかった。

これらの結果から、繁殖率や巣立ち雛数には在/不在で重要であると示された環境に加えて、ミクロスケールでは営巣木の林冠が閉鎖していること、マクロスケールでは巣のある樹林の面積が大きいことが重要であることが明らかになった。

1.はじめに

猛禽類が生息し繁殖を行うには、造巣や育雛に適する営巣場所と食物を獲得するための採食場所の両方が必要である(Newton 1979)。営巣場所は抱卵や育雛に利用されるミクロスケールの場所(Reynolds *et al.* 1992)であり、繁殖成績にも影響を与える(Krüger 2002)。営巣環境は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)があり、極めて重要である。採食場所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)。猛禽類は生態系の上位種で広い行動圏を持ちその中で採食を行うため(Sánchez-Zapata and Calvo 1999)、ミクロスケールに加えて景観構造や行動圏内の餌資源量を含むマクロスケールでのアプローチも不可欠である。

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)。人里離れた山地の森林地帯や森林と畑地や水田が混在する農耕地帯を主な生息地としており(Kenward 1982; Tornberg *et al.* 2006)、種の保存法により国内希少種に指定されている。しかし、近年は日本では都市に残された小規模な森林での繁殖が確認されており(西海ら 2000)、ヨーロッパにおいても都市での繁殖が確認されている(Rutz *et al.* 2006)。日本においては郊外地域でのオオタカの営巣環境つまりミクロスケールでの繁殖環境に関する研究(鈴木 1999; 堀江ら 2006; 植田ら 2006; Abe *et al.* 2007)や行動圏に相当するマクロスケールでの繁殖環境に関する研究(Kudo *et al.* 2005; 松江ら 2006; 尾崎ら 2008; 上野・栗原 2015)といった繁殖環境に関する研究事例は多いが、都市を対象に行われた研究は存在しない。加えて、国内には繁殖成績

(繁殖成否, 巣立ち雛数)に影響する要因を明らかにした研究は Murase et al. (2015)の他にはない。繁殖率は質の高いなわばりであるほど高く繁殖率を維持することが報告されている(Krüger and Lindstorm 2001)。オオタカの個体群を維持するためには在/不在だけでなく、繁殖率や生産可能な巣立ち雛数が多い営巣地を明らかにし、そうした環境を保全することが重要である。

本研究では、タイトル通りオオタカの生息適地を段階的に導き出すことを目的とする。すなわち、**巣の在/不在**、**繁殖率が高い営巣地/低い営巣地**、**巣立ち雛数が多い営巣地/少ない営巣地**の**3段階**でそれぞれの環境の特徴を明らかにした。

2.調査地

調査は神奈川県相模川東部地域(島嶼部を除く)で行った。調査地の面積は 96701ha である。標高は 0~242m で平地となだらかな丘陵地で形成されている。調査地は広大であるため、調査地の気象は地域によって異なっている。調査地東部では年間平均気温が 15.8°C(月間 5.9~26.7°C)、年間平均降水量が 1688.6mm(月間 54.8~233.8mm)である。調査地西部では年間平均気温が 15.3°C(最寒月 4.6~最暖月 26.5°C)、年間平均降水量が 1729.9mm(月間 58.3~243.6mm)である(気象庁ホームページ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>)。両地域も降水量は夏季と秋季に多く、冬季に少ない。調査地の環境要素は森林 13.2%(針葉樹林 2.7%, 混交林 0.2%, 広葉樹林 10.3%)、開放地 11.8%(畑地 6.4%, 水田 1.9%, 草地 3.5%)、水域 2.5%、市街地 71.0%であり、市街地にごく小規模な森林や農地が島嶼上に点在している。調査地の人口は 7145110 人である。

3.方法

1) 繁殖状況のモニタリング

オオタカの営巣地を明らかにするために求愛造巣期~育雛前期である 1~5 月に双眼鏡や望遠鏡を使用して定点観察調査を行うことで頻繁な飛翔、誇示飛翔やテリトリー内に侵入する別個体および他の猛禽類への排除行動、巣材運搬、餌運搬から営巣地を特定した。育雛後期~非繁殖期にかけては林内を踏査し、営巣木の発見に努めた。しかしながら、上記の調査のみではオオタカの営巣地を見落とす可能性があるため、既に発見した営巣地間の距離が 1km 以上あるような地域は重点的に踏査を行った。次に、これらの現地調査に加えて、多くの方々から営巣地情報を提供して頂くことで営巣地情報を補完し、調査地内で網羅的にオオタカの営巣地を把握するように努めた。

営巣地数のカウントの定義であるが、オオタカは新たに造巣する際には元の巣から数百 m 以内で造巣して繁殖を行うため(山家ら 2003)、巣間距離が 1km 以上の巣は別の営巣地としてカウントした。この際に繁殖ペアの入れ替わりなどは考慮せず、ペアが入れ替わっていたとしても繁殖が確認されれば同一の営巣地とした。

このような調査から調査地内で 61 営巣地を確認した。オオタカは繁殖期に排他的ななわばりを構え、巣間距離はほぼ一定になることが報告されている(Rutz et al. 2006)。本調査地においても巣間距離は約 1.5km 間隔でほぼ一定であったことから、見落としの可能性は低いと考えられる。

2) ミクロスケールでの環境要因の計測

オオタカの営巣木の計測には 2015 年にオオタカが繁殖した 33 本の営巣木を対象にそれらの樹種、樹

高, 胸高直径, 巢の地上高を記録した。

次に営巣木の周辺の林層構造を把握するために Squires and Ruggiero(1996)の方法に準拠して営巣木を中心とした面積 0.04ha(半径 11.3m)の円形プロットを設置し, 営巣プロットとした。そして, 調査地内の森林内にランダム点を発生させて, ランダム点を中心に営巣プロットと同範囲のプロットを設定し, 非営巣プロットとした。ランダム点はすべてオオタカの巣とランダム点及びランダム点同士が互いに 1km 以上離れた地点とした。ランダム点の生成方法は森林に 1×1m のメッシュをかけてそれぞれに番号を振り乱数によって 1m メッシュを選択した後, 1m メッシュの対角線の中点をランダム点として扱った。なお, 比較対象の非営巣プロットはすべて高木を形成する林冠が連続した 1 かたまりの樹林を指し, 樹高が 5m 以下の低木林や竹林, 街路樹などの明らかにオオタカが営巣しないと考えられる環境は含まれていない。

営巣/非営巣各プロット内において樹高 1m 以上の樹木について, 樹種, 階層別(高木; 亜高木; 低木)の樹高, 胸高直径, 立木本数を記録した。そして, 林冠の植被率を 10%刻みで記録した。なお, 高木は林冠まで達する樹木, 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。

3) ミクロスケールでの巢の在/不在に影響する要因の解析

3-1) 営巣木の特徴解析

営巣木の選択性を明らかにするために, ランダム点の座標から最も近い高木を非営巣木とした。そして, それらの樹種, 樹高, 胸高直径について Squires and Ruggiero(1996)の方法に準拠して営巣木と非営巣木で比較を行った。

樹種は調査地で営巣例の多いスギ *Cryptomeria japonica*(夏川遼生 未発表), スギ以外の針葉樹, 広葉樹の 3 タイプに分類した。樹高は 15m 以下, 15<樹高≤20m, 20m<樹高≤25m, 25m 超の 4 クラスに分類した。胸高直径は 30cm 以下, 30<dbh≤35cm, 35cm<dbh≤40cm, 40cm<dbh≤45cm, 45cm<dbh≤50cm, dbh>50cm の 6 クラスに分類した。そして, 樹種, 樹高, 胸高直径それぞれについて, ランダムプロットの各クラスの度数を期待値として χ^2 検定を行った。 χ^2 検定の結果, 有意差が認められた場合には, クラスごとにランダム木の割合と営巣木の割合の差について Bonferroni の信頼区間を算出し, 信頼区間の両端がマイナスの場合は選択, プラスの場合は忌避とした(Marcum and Loftsgaarden 1980)。

3-2) 営巣林の特徴解析

営巣林内の樹種を選択性を明らかにするために, 営巣/非営巣プロット内の高木層の樹種タイプをスギの相対優占度によってクラス分けを行った。高木層に占めるスギの割合が 0~25%, 25~50%, 50~75%, 75~100%の 4 区分とし, 営巣木の選択性解析と同様の解析を行った。

オオタカが繁殖する森林構造を明らかにするために, 巢の在/不在を目的変数, 円形プロット内の高木の樹高(m), 胸高直径(cm), 立木本数(本), 亜高木の立木本数(本), 低木の立木本数(本), 林冠の植被率(%), プロットを中心から人家までの距離(m)のそれぞれを説明変数とした単変量ロジスティック回帰を行った。単変量ロジスティック回帰を行った意義は, 各環境要因がオオタカの繁殖環境選択にそれぞれどのように影響しているのかを明らかにするためである。多変量ロジスティック回帰のみによる分析では説明変数間の相互作用により, 本来はオオタカの繁殖に重要である環境要因の効果が不明確になってしまう恐れがある。そして, 各環境要因の相対的な重要性を調べるために上記の 7 つを説明変数とした多変量ロジスティック回帰を行った。モデル選択には説明変数を含まない帰無モデルからすべての説明変数を含む完全モデルまで作成可能なすべての組み合わせのモデルを総当たりで作成して AIC (Akaike Information

Criterion)が小さい順に順位付けを行い、各モデルの重要度を評価する値である Akaike weight を算出した。ベストモデルとの AIC の差が 2 以下($\Delta AIC \leq 2$)のモデルはベストモデルと同様の精度があるものとして (Burnham and Anderson 2002), 各説明変数についてその変数を含むモデルすべての Akaike weight の合計値を算出した。この方法は、信頼性の差が少ない上位モデルが複数ある場合には、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、その変数が含まれるモデルの Akaike weight の合計値で各説明変数の相対的な重要度を評価する方法である。なお、各説明変数間で多重共線性が認められた場合には単変量ロジスティック回帰の結果、p 値がより低かった説明変数を採用することとした。そして、作成されたモデルのあてはまりの良さを調べるために各モデルについて ROC(Receiver Operating Characteristics)解析を行い、AUC(Area Under the Curve)を算出した。AUC は $0.5 < AUC < 1$ までの値をとり、1 に近づくほどモデルの当てはまりが良いことを示す。

4) マクロスケールでの環境要因の計測

調査地全体の土地利用図の作成を行った。土地利用図の作成には、環境省自然環境局が発行している自然環境 GIS の 1/25000 植生図 GIS データを使用した(<http://www.vegetation.biodic.go.jp/>)。植生図の凡例は細分化されているために凡例を森林(針葉樹林, 広葉樹林, 混交林), 開放地(畑地, 水田, 草地, 自然裸地), 低木林(アカメガシワ *Mallotus japonicus*, ヤマグワ *Morus australis* といった低木が優占する樹林地, 果樹園), 準市街地(公園, 霊園, 造成地, グラウンド, 1ha 以下の小規模植被が敷地内に 30%以上混在する住宅地), 水域, 市街地(植被が 30%未満の住宅地, 舗装道路)に分類した。上記の GIS データ整備後に環境変化があった場所については現地を確認し、データの修正を行った。

2015 年に繁殖を確認した 33 巣について、オオタカが営巣する林の規模を調べるために巣がある林冠が連なった林の面積を算出した。そして半径 500m の円を設置して、オオタカの生息および繁殖に重要であると考えられる環境要因を算出した。日本国内で繁殖するオオタカは森林部分、特にその林縁部を選択的に利用し、市街地はほとんど利用しないことが知られている(Kudo et al. 2005 ; 堀江ら 2008)。また、オオタカは林縁部の森林に身を隠し、周辺の小動物に急襲する待ち伏せ型のハンティングを行うことが報告されている(Kenward 1982)。そのため、本研究では森林面積割合(%), 市街地面積割合(%), 森林と開放地の接線長(km), 森林と低木林の接線長(km)を算出した。一方で、ドイツのハンブルグの都市部で行われた研究ではオオタカは霊園や公園などの市街地においても頻繁にハンティングを行うことが報告されており(Rutz 2006), 筆者らも調査地内で繁殖するオオタカが霊園や公園などの市街地でのハンティング行動、フェンスなどの人工物を利用して巧みに餌動物追い込むことで捕獲する市街地の環境特性を活かしたハンティングも観察している。このことから、都市近郊に生息するオオタカは飛翔可能な空間が確保された市街地を採食地として利用していると考え、森林と準市街地の接線長(km)を算出し、合計 6 つの環境要因を算出した。そして、前述のとおり作成したランダム点を中心に同面積の円を 40 か所設定して、同様の環境要因の算出を行った。

国内のオオタカの行動圏は巣を中心とした半径 2km の円内にほぼ同面積とされている(Kudo et al. 2005 ; 堀江ら 2008)。本研究のマクロスケールの指標とした 500m はオオタカの行動圏と比較して小さいが、オオタカは巣から離れるほどオオタカにとっての環境の重要度は低くなることが報告されており、2km では営巣地/非営巣地間での景観構成の差がなくなる(La Sorte et al. 2004)。また、調査地は極めて小規模な樹林や農地が住宅地の中に島嶼上に点在しているため、1km~2km の円を設置するとそれらの円内の大部分が

市街地を占めることになり、オオタカにとって本来重要な景観要素の効果が見えづらくなる恐れがある。そこで、オオタカの繁殖地選択により重要な景観要素を明らかにするために円の大きさを 500m とした。これらの作業には地理情報システムソフト ArcMap10.3(ESRI)を使用した。

5) マクロスケールでの在/不在に影響する要因の解析

マクロスケールでの繁殖地選択に影響する要因を調べるために巣がある林の面積(km²)、森林面積合(%)、市街地面積割合(%), 森林と開放地の接線長(km), 森林と低木林の接線長(km), 森林と準市街地の接線長(km), プロット内のバイオマス(kg)の7つを説明変数としてミクロスケールで行った解析と同様に単変量ロジスティック回帰と多変量ロジスティック回帰による解析を行った。

6) 繁殖成績の地域的な差に影響する要因の解析

繁殖成績に影響する要因の分析には一般化線形モデルを用いた。目的変数は、2015年の巣立ち雛数を設定し、説明変数には2)および4)で計測した環境要因の中から、オオタカの繁殖成績に影響する可能性が高いと考えられるものを選択した。ミクロスケールでの環境要因では、巣の安定性を示すために営巣木の胸高直径を、風雨や空からの天敵からの保護性を考え、林冠の植被率を選択した。マクロスケールでは4)で用いたすべての環境要因を説明変数に加えた。巣立ち雛数は非負の整数であることから確率分布を負の二項分布にそれぞれ設定した。モデル選択基準はこれまで同様に総当たり法によるAICの順位付けである。モデルの適合度の評価は、帰無モデルの逸脱度に対する残差逸脱度の割合を用いた。

7) 繁殖成績の経時的な差に影響する分析

筆者が調査を開始する2013年より前までの神奈川県東部での経年的な繁殖状況の調査結果は、地元で熱心に観察をされている方により高い精度でまとめられている。そこで、2006-2015年までの10年間の繁殖成績が明らかである20営巣地について景観構成が影響する要因について調べた。繁殖率(繁殖が行われた年数/10年)、10年間の巣立ち雛数の合計それぞれを目的変数とした負の二項分布の一般化線形混合モデルによる分析を行った。説明変数にはバイオマスを除いたすべてのマクロスケールの環境要因を指定した。ランダム効果には雄親の年齢を加えた。これは、オオタカの繁殖成績には雄親の年齢が高くなるほど、狩猟技術が卓越するためにより多くの雛を生産できることが報告されている(Rutz et al. 2006)ためである。モデル選択基準はこれまで同様に総当たり法によるAICの順位付けである。モデルの適合度の評価は、帰無モデルの逸脱度に対する残差逸脱度の割合を用いた。

4.結果

1) 繁殖状況のモニタリング

計画書の段階で確認していた56営巣地およびその後確認した5営巣地を合わせて61営巣地の繁殖状況調査を行った。このうち繁殖が確認されたのは33営巣地であった。繁殖が成功したのは24営巣地、巣立ち巣あたりの平均巣立ち雛数は1.72羽であった。

2) ミクロスケールの在/不在に影響する要因

2-1) 営巣木の特徴

営巣木(n=33)の樹種は、スギが 30 本で最も多く、それ以外の針葉樹は 3 本(ヒノキ 1 本, クロマツ 2 本), 広葉樹は架巢に利用されなかった. 一方で, ランダム木(n=40)では 20 本が広葉樹で, スギが 13 本, スギ以外の針葉樹が 7 本であった. 営巣木とランダム木の間には有意差があり, 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).

営巣木の平均樹高と胸高直径はそれぞれ 21.19±0.60m, 48.85±1.73cm で, 非営巣木と比較して樹高, 胸高直径ともに大きかった(表 2). 樹高と胸高直径それぞれについての χ^2 検定の結果, 樹高と胸高直径の両方に有意差が認められた. 樹高では>25m クラスが選択され, <15m クラスは忌避された(表 1). 胸高直径では, >50cm クラスが選択され, <30, 30-35 クラスは忌避された. 営巣木の平均巢高は 17.18±0.56m で営巣木に対する平均巢高は 81.32±0.01%であった(表 2).

変数	繁殖地 (N=33)		非繁殖地 (N=40)		信頼区間	選択性 ^a
	プロット数	割合	プロット数	割合		
樹種クラス ^b						
スギ	30	90.90	13	32.50	-0.80-0.37	P
スギを除く針葉樹	3	9.10	7	17.50	-0.11-0.27	
広葉樹	0	0.00	20	50.00	0.31-0.69	A
樹高クラス ^b						
<15	1	3.00	11	27.50	0.05-0.45	A
15-20	11	33.30	13	32.50	-0.36-0.20	
20-25	19	57.60	15	37.50	-0.50-0.10	
>25	2	6.10	1	2.50	-0.63-0.09	P
胸高直径クラス ^b						
<30	0	0.00	16	40.00	0.20-0.60	A
30-35	3	9.10	14	35.00	0.02-0.50	A
35-40	3	9.10	5	12.50	-0.15-0.23	
40-45	8	24.20	4	10.00	-0.37-0.09	
45-50	4	12.10	1	2.50	-0.26-0.06	
>50	15	45.50	0	0.00	-0.69-0.23	P

a Aは忌避, Pは選択を示す.

b 樹種 : df=2, $\chi^2=44.52$, $p<0.05$. 樹高 : df=3, $\chi^2=11.47$, $p<0.05$. 胸高直径 : df=5, $\chi^2=38.44$, $p<0.05$.

表2. 営巣木と非営巣木の比較.

変数	営巣木 (N=33)			非営巣木 (N=40)		
	平均	標準誤差	範囲	平均	標準誤差	範囲
樹高 (m)	21.19	0.60	14.20-29.80	21.77	2.36	15.00-25.10
胸高直径 (cm)	48.86	1.73	30.20-64.90	25.64	1.81	14.20-45.20
巢の地上高 (m)	17.78	0.56	11.80-27.40	-	-	-
巢高の割合 (%)	81.32	0.01	64.38-94.00	-	-	-

2-2) 営巣林の特徴

χ^2 検定の結果, スギの相対優占度による営巣林の樹種構成は営巣林, 非営巣林間で有意差は検出されな

かった(表 3).

単変量ロジスティック回帰の結果, オオタカの生息と有意な関係が認められたのは高木の樹高, 高木の胸高直径, 亜高木の立木本数, 林冠の植被率, 人家までの距離の 5 つの環境要因であった(表 4). 多変量ロジスティック回帰の結果, 上位モデル間の AIC の差は小さく単一の良いモデルはなかった. 各説明変数間に強い相関は認められず, VIF (Variance Inflation Factor)を確認しても多重共線性は生じていなかった. Akaike weight の合計値をもとに算出した各説明変数の相対的重要度は, 高木の胸高直径, 亜高木の立木本数, 人家までの距離がもっとも重要な環境要因であり, 次いで高木の樹高, 林冠の植被率, 低木の立木本数という順でオオタカの生息に影響をしていた. このうち高木の立木本数, 樹高, 胸高直径, 林冠の植被率は係数が正であったためこれらの値が高いほどオオタカの繁殖確率は高まるという関係が示された. 一方で亜高木の立木本数, 低木の立木本数, 人家までの距離は係数が負であったため, これらの値が小さいほどオオタカの生息確率が高まるという関係が示された(表 5). 作成されたモデルの AUC はすべてのモデルで 0.95 となり, きわめてよい当てはまりを示した.

表3. 営巣林内のスギの相対優占度

スギの優占度 ^a	営巣林 (N=33)		非営巣林 (N=40)		信頼区間	選択性
	プロット数	割合	プロット数	割合		
0-25%	6	18.20	10	25.0	-	-
25-50%	7	21.20	9	22.5	-	-
50-75%	7	21.20	11	27.5	-	-
75-100%	13	39.40	10	25.0	-	-

a df=3 $\chi^2=4.40$ P>0.05

表4. 営巣林と非営巣林の比較.

変数	営巣林 (N = 33)			非営巣林 (N = 40)			単変量ロジスティック回帰	
	平均	標準誤差	範囲	平均	標準誤差	範囲	符号	P
高木の立木本数(本)	22.21	2.01	10.00-59.00	21.85	3.46	10.00-35.00	+	0.87
高木の樹高 (m)	20.09	0.40	15.00-26.30	17.25	2.73	15.00-21.30	+	0.00
高木の胸高直径 (cm)	34.60	1.15	10.90-45.50	23.95	3.78	15.50-45.10	+	0.00
亜高木の立木本数 (本)	3.79	0.77	0.00-22.00	11.78	1.86	6.00-19.00	-	0.00
低木の立木本数(本)	13.03	1.77	0.00-48.00	15.68	2.48	2.00-31.00	-	0.22
林冠の植被率(%)	82.73	1.80	60.00-100.00	74.25	11.73	30.00-90.00	+	0.02
人家までの距離 (km)	119.85	20.45	14.40-617.56	43.82	6.92	11.82~201.10	-	0.00

表5. 多変量ロジスティック回帰によるオオタカの営巣林選択に影響する要因。モデルはAICによってランク付けを行い、 ΔAIC が2以下のモデルを並べた。+はオオタカの営巣林選択に正の影響を、-は負の影響を示す。AUCはモデルの適合度を示す指標で $0.5 < AUC < 1$ までの値をとり、1に近づくほど適合度が高いことを示す。Akaike weight (w_i) はモデルの重要度を示し、Akaike weightの合計値 w は説明変数の相対的な重要度を示す。

モデル	説明変数 (環境要因)							AUC	AIC	ΔAIC	w_i
	高木の立木本数	高木の平均樹高	高木の平均胸高直径	亜高木の立木本数	低木の立木本数	林冠の植被率	人家までの距離				
1		+	+	-			-	0.95	42.69	0.00	0.155
2			+	-		+	-	0.95	43.15	0.46	0.123
3	+		+	-			-	0.95	43.40	0.71	0.108
4		+	+	-		+	-	0.95	43.54	0.85	0.101
5	+	+	+	-	-		-	0.95	44.61	1.92	0.059
	0.167	0.315	0.546	0.546	0.059	0.224	0.546	← Akaike weightの合計値			

3) マクロスケールの在/不在に影響する要因

単変量ロジスティック回帰の結果、マクロスケールではオオタカの繁殖地選択には森林面積割合、森林と開放地の接線長、森林と準市街地の接線長、市街地面積割合の4つの環境要因に有意な関係があることが認められた(表 6; $p < 0.05$)。

多変量ロジスティック回帰を行った結果、上位モデル間の AIC の差は小さく単一の良いモデルはなかった(表 7)。各説明変数間に強い相関は認められず、VIF(Variance Inflation Factor)を確認しても多重共線性は生じていなかった。各説明変数の相対的な重要度を評価する Akaike weight の合計値は森林と開放地の接線長、市街地面積割合の2つが最も大きかった。森林と開放地の接線長は係数が正であったことから、これらの長さが長くなればなるほどオオタカが繁殖地として選択する確率が高いという関係が示された。一方で市街地面積割合においては係数がマイナスであったことから、市街地面積割合が低くなるほど、オオタカが繁殖地として選択する確率が高いという関係が示された。次いで餌動物のバイオマス、森林と低木林の接線長、森林面積割合、森林と準市街地の接線長、巣がある林の面積が順にモデルに選択された。これらの係数はいずれも正であったことから、これらの環境要因がオオタカの繁殖地選択に正の影響を与えている傾向にあった。しかし、森林と開放地の接線長や市街地面積割合ほど大きな影響を与えていなかった(表 7)。作成されたベストモデルの AUC は 0.96 で極めてよい当てはまりを示した。

表 6. マクロスケールの繁殖地と非繁殖地の比較

変数	繁殖地 (N = 33)			非繁殖地 (N = 40)			単変量ロジスティック回帰	
	平均	標準誤差	範囲	平均	標準誤差	範囲	符号	P
森林 (%)	33.24	3.50	2.29 - 97.58	21.77	2.36	0.38 - 85.48	+	0.02
市街地 (%)	22.90	3.34	0.00 - 64.84	61.97	3.58	2.93 - 97.58	-	0.00
森-開接線 (km)	2.20	0.39	0.00 - 10.72	0.26	0.08	0.00 - 1.91	+	0.00
森-低接線 (km)	0.10	0.05	0.00 - 1.28	0.01	0.01	0.00 - 0.41	+	0.10
森-準 (km)	1.70	0.28	0.00 - 6.35	0.47	0.17	0.00 - 5.66	+	0.00
バイオマス (kg)	9.60	0.99	6.87 - 10.83	9.10	0.87	4.37 - 11.14	+	0.68
巣のある樹林の面積 (km ²)	1.03	0.54	0.01 - 15.67	0.14	0.07	0.30 - 234.50	+	0.21

表7. 多変量ロジスティック回帰によるオオタカの営巣林選択に影響する要因。モデルはAICによってランク付けを行い、 ΔAIC が2以下のモデルを並べた。+はオオタカの繁殖地選択に正の影響を、-は負の影響を示す。AUCはモデルの適合度を示す指標で $0.5 < AUC < 1$ までの値をとり、1に近づくほど適合度が高いことを示す。Akaike weight (w_i) はモデルの重要度を示し、Akaike weightの合計値は各説明変数の相対的な重要度を示す。

モデル	説明変数 (環境要因)							AUC	AIC	ΔAIC	w_i
	森林	市街地	森-開接線	森-低接線	森-準接線	バイオマス	巣のある樹林の面積				
1		-	+					0.96	43.78	0.00	0.154
2		-	+			+		0.96	44.96	1.18	0.086
3		-	+	+				0.96	45.73	1.95	0.058
4	+	-	+					0.96	45.76	1.98	0.057
5		-	+		+			0.96	45.77	1.99	0.057
6		-	+				+	0.96	45.78	2.00	0.057
	0.057	0.469	0.469	0.058	0.057	0.086	0.057	←Akaike weightの合計値			

4) 繁殖成績の地域的な差に影響する要因

単変量の回帰の結果、巣立ち雛数とともに林冠の植被率が高いほど繁殖が成功しやすくなり、巣立ち雛数が多くなるという有意な関係が認められた($p < 0.05$)。その一方で、餌動物の現存量、森林面積割合、森林と開放地、準市街地、低木林の各接線長、市街地率については有意な関係が認められなかった。多変量ロジスティック回帰では、繁殖成否、巣立ち雛数とともに上位モデル間の AIC の差は小さく単一の良いモデルはなかった。各説明変数間に強い相関はなく、VIF の値も 10 以下であった。各説明変数の相対的な重要度を評価する Akaike weight の合計値は林冠の植被率が最も高かった。各モデルの平均適合度は 49%であった。

5) 繁殖成績の経時的な差に影響する要因

5-1) 繁殖率に影響する要因

単変量負の二項回帰による解析の結果、繁殖率には巣のある林の面積が大きいほど繁殖率が高くなるという有意な関係が示された($p < 0.05$)。一般化線形混合モデルの解析結果では、相対的な重要度は巣のある林の面積が最も高かった。オオタカの繁殖率には、巣のある林の面積が大きいほどなわばりとして利用される回数が高いことが明らかになった。

5-2) 巣立ち雛数に影響する要因

単変量負の二項回帰の結果、巣立ち雛数に有意な影響を与える景観要素は検出されなかった。一般化線形混合モデルにおいても適合度が 31%とあてはまりの良いモデルは得られなかった。

考察

1) ミクロスケールの在/不在に影響する要因

1-1) 営巣木の選択性

調査地で繁殖するオオタカは営巣木としてスギを選択的に利用し、その他の針葉樹と広葉樹を忌避していた。日本における他の地域では北海道十勝平野でカラマツ *Larix kaempferi* が多く 84%を占めたが、ヨーロッパトウヒ *Picea abies*、トドマツ *Abies sachalinensis*、ハルニレ *Ulmus davidiana*、ハリギリ *Kalopanax septemlobus*、シラカンバ *Betula pendula* などにも架巣された(鈴木 1998)。北海道石狩平野ではカラマツが 35.7% と最も多かったが、シラカンバ、ハルニレ、ヤチダモ *Fraxinus mandshurica*、ハンノキ *Alnus japonica* といった落葉広葉樹、ヨーロッパトウヒ、ストロブマツ *Pinus strobus* といった常緑針葉樹まで多様な樹

種に架巢していた(Abe et al. 2007). 栃木県那須野が原では, 91.7%がアカマツ *Pinus densiflora* であり, 次いでスギが 8.7%であった. これらの結果から, オオタカは日本において樹種で営巢木を決めているのではなく, 樹高や胸高直径などの樹木の大きさや枝ぶりといった樹木の形状で営巢木を選択していると考えられる. 堀江ら(2006)はオオタカが針葉樹に架巢することが多いことは, 枝が輪生するために広葉樹よりも巢を架けやすいことが理由であると考えた. その中でも特にスギは, 幹がまっすぐに伸びるため架巢したときに安定感があり, 調査地で多く生育していたスギと近縁種のヒノキ *Chamaecyparis obtusa* やサワラ *Chamaecyparis pisifera* に比べて枝が少なく巢への出入りが容易であるため選択的に利用していると考えられる.

調査地のオオタカの営巢木の平均胸高直径は 48.85 ± 1.73 cm(平均 \pm 標準誤差)で, <30cm, 30-35cm クラスが忌避され, >50cm クラスが選択された. 調査地のオオタカは dbh が 50cm 以上の太い樹木を営巢木として選択しているが, 先行研究でもいずれも営巢木の方が非営巢木よりも太い樹木に営巢しており(鈴木 1999; 堀江ら 2006; Abe et al. 2007), オオタカは太い樹木を選択的に利用していると考えられる. オオタカは同じ巢を複数年利用し, 直径が 1m 以上になる大きな巢を架けるため, 営巢木にはそれを支える強度がある大径木が望ましいと考えられる.

調査地のオオタカの営巢木の樹高は 21.19 ± 0.60 m(平均 \pm 標準誤差)で, 樹高では>25m クラスが選択され, h<15m クラスは忌避された. オオタカは巢に出入りする空間が確保されていることや巢の安定のために営巢林の中の最大級の樹木に営巢する傾向があるため(Penteriani 2002), 樹高がより高い樹木を選択していると考えられる. また, 樹高と胸高直径はどちらも樹齢が高くなるにつれて大きくなるため, 胸高直径が大きな樹木を選択すると必然的に樹高が大きくなる可能性がある.

1-2)営巢林の選択性

調査地で繁殖するオオタカは高木の本数が多く, 高木の樹高と胸高直径が大きく, 亜高木と低木の本数が少なく, 林冠の植被率が高く, 人家までの距離が長い樹林を営巢林として選択していた.

高木の本数は単変量ロジスティック回帰の結果, オオタカの繁殖に正の効果を与えていたが, 有意な関係は示されなかった. 多変量ロジスティック回帰では, 相対的に調査地内では, 繁殖地の高木の立木本数は非繁殖地の立木本数と比較してほとんど変わらないため, オオタカの繁殖に高木の立木本数はほとんど関係していないと考えられる. 国内の他地域の研究でも繁殖地の高木の立木本数は非繁殖地の高木の立木本数とほとんど差がないことが報告されている(堀江ら 2006).

高木の平均樹高および平均胸高直径はオオタカの営巢に有意な正の効果を与えていた. これらが正の効果として作用する理由は, 2つ考えられる. 1つ目はオオタカは巢を移動する場合は元の巢の近くを利用する傾向が強いため(山家ら 2003), 営巢木として利用できる樹木が複数ある林を選択している可能性がある. 2つ目は, 調査地では営巢木となる樹木が樹高, 胸高直径ともに大きいため, 営巢木がオオタカにとって好ましい大きさになるまで成長すると必然的に他の樹木も大きな樹木に成長するという可能性である. 国内外では, オオタカの営巢林内では樹高や胸高直径が大きな高木の本数が多いことは, 報告されている(Squires and Ruggiero 1996; 堀江ら 2006). 高木の樹高の相対的な重要性は 5 番目であった. 高木の胸高直径の相対的な重要性は 1 番目であった. これらのことからオオタカの繁殖には大径木の本数が多い樹林を保全することが必要である.

亜高木の立木本数は有意な負の効果として, 低木の立木本数は有意でない負の効果としてそれぞれ作用した. その理由は, オオタカが巢へ出入りをする際に, 林冠から下降して巢へ入るのではなく, 林冠の

下を飛翔し、そこから上昇して巣に入るために亜高木や低木といった下層植生が少ないほうが容易に巣に出入りできるためであると考えられる。実際に、筆者らが行ったビデオカメラによる営巣林内の連続撮影結果では、オオタカは巣高より平均約 4m 低い位置を飛翔し、そこから浮上して巣に入ることが確認されている(N = 29; 夏川遼生 未発表)。亜高木や低木の樹高は巣高と重なる高さであるため、これらの本数が少ない樹林を営巣林として選択していると考えられる。国内外でオオタカの営巣林内には巣材や餌の運搬をする際の飛翔を妨げない空間が存在することは報告されている(Squires and Ruggiero 1996; 堀江ら 2006)。亜高木の本数の相対的な重要性は 1 番目であった。低木の本数の相対的な重要性は 7 番目であった。オオタカが繁殖を行うには飛翔空間を確保するために巣高と同程度である亜高木を管理することが必要であると考えられる。低木はそれほど大きな影響は与えていないが、経年とともに飛翔を妨げる高さまで成長する可能性があるため、同様に管理する必要があると考えられる。

林冠の閉鎖度が有意な正の効果として作用した理由は、風雨や直射日光などから自分自身と巣内の雛を守るためとハシブトガラスやハシボソガラスといった天敵に発見されにくいことが原因であると考えられる。国内におけるオオタカの繁殖失敗の主要な原因の 1 つにカラスなどほかの動物による捕食が報告されている(小坂ら 1996)。そして、降水はオオタカの繁殖成否と高い相関があることが知られている(Penteriani 1997)。日本では林冠の植被率と営巣環境選択の関係性を調べた研究はないが、北米やヨーロッパでは林冠の閉鎖度の中央値が 80%程度と高かった(Rutz et al. 2006)。加えて、調査地はカラス類の生息密度が高い都市近郊であり、カラス類による影響を受けやすい可能性があるため林冠が閉鎖した森林を選択していると考えられる。また、日本はオオタカの巣内育雛期に年間で最も多くの雨が降る梅雨の時期であるため、林冠の閉鎖度が高いほど降水による影響を受けにくいと考えられる。林冠の閉鎖度の相対的な重要性は 6 番目であった。林冠の閉鎖度が高い樹林は天敵や気象から身を守るために重要である。オオタカは新たに造巣する場合は同じ樹林だけでなく近接したほかの樹林に造巣することもある。また、なわばり内というマクロな範囲でも林冠が閉鎖した樹林は採食に重要である(Widén 1989)。そのため、営巣林だけでなくその近隣の樹林、可能ならばマクロな範囲でも林冠が閉鎖した森林を保全する必要がある。

人家までの距離が有意な負の効果として作用した理由は、人為的活動の影響を避けるためであると考えられる。国内のオオタカの繁殖失敗の主要な要因の 1 つに営巣地周辺での散歩といった人為的影響による繁殖失敗が報告されている(小坂ら 1996)。人家までの距離が近いとオオタカの営巣地に常に多くの人間が通ることになるため、避けていると考えられる。加えて、調査地は人口が多い都市近郊であり、育雛期にオオタカの巣に近づき過度な観察や撮影を行う人間が多いため、人間を繁殖を妨害する生物だと後天的に学習して、人間が頻繁に出入りする人家までの距離が遠い場所を選択している可能性もある。国内外ではオオタカの繁殖密度や繁殖率には人為的影響が少ないほうが都合が良いことが報告されている(Krüger 2002; 松江ら 2006)。また、国内の断片化された小規模樹林帯という人為的影響を受けやすい環境で行った研究でも、営巣林の方が非営巣林よりも人家までの距離が遠かった(Abe et al. 2007)。住宅地がほとんどを占める人為的活動が大きな都市の中でも、相対的に人為的活動が少ない場所を営巣地として選択していると考えられる。人家までの距離はオオタカの営巣に負の効果を与える要因であり、相対的な重要性は 1 番目であった。

単変量ロジスティック回帰で有意な効果を示した環境要因は多変量ロジスティック回帰でも相対的に重要性が高かった。しかし、高木の立木本数は多変量ロジスティック回帰の結果、相対的な重要性が最も

高かったが、単変量ロジスティック回帰では有意でなかった。これは、高木の立木本数が多いことだけではオオタカの繁殖に強い影響を与えないが、樹高、胸高直径が大きいことや亜高木、低木の本数が少ないことといったプロット内の他の環境要因との相互作用により、このような結果になったと考えられる。低木の立木本数は多変量ロジスティック回帰でも相対的な重要性は低く、単変量ロジスティック回帰でも有意な差は見られなかった。調査地内の繁殖地でオオタカが飛翔する高度は亜高木の樹高と大きく重なるが、低木の樹高とはわずかにしか重ならなかった。これらのことから、オオタカの繁殖には低木の立木本数はそれほど大きな効果を与えていない可能性が高いと考えられる。

2) マクロスケールでの在/不在に影響する要因

調査地内で繁殖するオオタカは森林と採食環境となる開放地や低木林、準市街地の接線長が長く、森林面積割合が高く、市街地面積割合が低く、餌動物のバイオマスが多い景観を繁殖地として選択していた。

森林と開放地の接線長は単変量ロジスティック回帰ではオオタカの繁殖地選択に有意な正の影響を与えていた。多変量ロジスティック回帰では繁殖地選択に相対的にもっとも重要な正の影響を与えていた。オオタカは林縁部の森林内に身を隠し、周辺の開放地に存在する動物を急襲する(Kenward 1982)ため、森林と開放地の接線が長いほどオオタカはハンティングを行いやすいと考えられる。実際に筆者らが巣の探索のために行った定点観察で記録された繁殖期のオオタカのハンティングは 60 回中 29 回は森林の周辺の開放地でハンティングが行われた。オオタカが林縁部を選択的に利用することは国内外の先行研究からすでに明らかになっており(Kenward 1982 ; Kudo et al. 2005 ; 堀江ら 2008), 市街地面積割合が高い都市においても森林と開放地の接線が長い環境を繁殖地として選択していた。森林と開放地の接線長は相対的に最も重要な環境要因であったことから、森林と開放地をセットで保全していくことがオオタカの繁殖にはきわめて重要であるといえる。

営巣林面積は単変量ロジスティック回帰ではオオタカの繁殖地選択に正の影響を与えていたが、有意な関係は示されなかった。多変量ロジスティック回帰では相対的に 7 番目の影響を与えていた。これは、調査地のオオタカは 1000ha を超える大面積の森林から 1ha 未満の極小規模な孤立林まで幅広い面積の樹林を利用しているためであると考えられる。しかし、Krüger (2002)はオオタカの繁殖率は巣のある林の面積が大きいほど、繁殖率が高くなることを報告している。オオタカの幼鳥には巣立ってから独立までの間に餌動物を捕獲する練習をしたり、捕食者から身を隠す場所が必要である(Reynolds et al. 1992)。これらのことから、巣のある林の面積を著しく縮小させることはオオタカの繁殖に悪影響を与える可能性があるため、オオタカの巣のある林を大規模に伐採することは控えるべきであると考えられる。

餌動物の生息数は単変量ロジスティック回帰ではオオタカの繁殖地選択に正の影響を与えていたが有意な関係は示されなかった。多変量ロジスティック回帰では相対的に 3 番目に重要な正の影響を与える環境要因であった。オオタカの利用可能な食物の量は餌動物の生息量と餌動物の捕獲しやすさの両方によって決定される(Reynolds et al. 2006)。餌動物の生息量は繁殖率や個体数を制限する直接的な要因となりうることが報告されている(Reynolds et al. 2006)。その一方でオオタカは餌動物の生息量に影響されないという報告がある。オオタカは様々な餌動物を利用し、生息量の少ない種から多い種へと変更することが可能であり、多様なハンティング行動を用いて森林、農地、市街地などの様々な環境でハンティングを行う。そのため餌動物が多い地域では餌動物の現存量はオオタカの個体数を制限する要因とはなりにくい

(Rutz et al. 2006). 国内で行われた研究でもオオタカの繁殖密度と餌動物の生息量は相関がないことが報告されている(松江ら 2006). 餌動物の個体数が森林と開放地の接線長よりも相対的な重要度が低いことから調査地のオオタカの繁殖地選択には餌動物の個体数よりも餌動物の捕獲しやすさのほうが重要である可能性が示唆された. しかし, 本研究では調査個所数が多かったことからセンサス調査を行った時期が調査地間によって 1 か月ほどの誤差が生じてしまった. これにより調査地の鳥類の個体数が大幅に変わっていた場合は餌動物の生息量の作用が過小評価または過大評価している可能性がある.

森林と低木林の接線長は単変量ロジスティック回帰ではオオタカの繁殖地選択に正の影響を与えていたが, 有意な関係は示されなかった. 多変量ロジスティック回帰では 6 番目に重要な正の影響を与えていた. これは調査地全体の土地利用の中に占める低木林の割合が低いためであると考えられる. ミカン *Citrus unshiu* やリンゴ *Malus pumila* などの果実や都市緑化制度に基づいて植樹されているサツキ *Rhododendron indicum* の花の蜜は多くの小鳥類が好んで利用するため, 低木林はオオタカが餌として利用する鳥類が多く存在し, ハンティングの際に身を隠すことができるため森林が隣接する低木林はオオタカが採食しやすい環境であると考えられる. 実際に調査地で観察したハンティング 60 回のうち 11 回は低木林で行われたものであった. 低木林はハンティング回数から重要な採食環境になっていると考えられるが, 今回の解析では調査地に占める低木林の面積が少ないことからオオタカにとってどの程度重要なかを定量的に示すことができなかった. 今後は低木林面積割合が高い環境で調査を行うことでその効果が明らかになると考えられる.

森林面積割合は単変量ロジスティック回帰ではオオタカの繁殖地選択に有意な正の影響を与えていた. 多変量ロジスティック回帰では 7 番目に重要な正の影響を与えていた. オオタカは森林内でハンティングを行うことが報告されており(Widén 1989), 森林内部も採食環境として重要であると考えられる. 国内の北海道で行われた研究においても森林内部はオオタカにとって重要なハンティング環境であることが示唆されている(Kudo et al. 2005). また, オオタカは非繁殖期には森林内部を選択し, 林縁選択性が低下することが報告されている(堀江ら 2008). これは, 非繁殖期である秋季から冬季にかけては樹木が落葉し, 森林内に飛行空間が確保されることとキツツキ科やツグミ科といった森林性の鳥類の個体数が増加するためであると考えられている(堀江ら. 2008). 調査地内のオオタカは渡りを行わず, 周年営巣地の周辺に生息しているため, 森林面積割合が高いことは繁殖期のオオタカの生息だけでなく非繁殖期の生息にも重要であると考えられる. これらのことからオオタカの繁殖には森林を保全することが重要である. ミクロスケールでも述べたが, 森林面積割合だけでなく, 森林内の植生構造にも配慮する必要があるだろう.

森林と準市街地の接線長は単変量ロジスティック回帰ではオオタカの繁殖地選択に有意な正の影響を与えていた. 多変量ロジスティック回帰では森林面積と同様 7 番目に重要な正の影響を与えていた. スズメ *Passer montanus* やムクドリ *Sturnus cineraceus* は街路樹や住宅地の小規模樹林をねぐらとして利用することが多く, これらの鳥が睡眠から覚める前の日が昇る前の時刻に寝ている小鳥をハンティングしていることを観察している. このハンティングは 4 回観察したが, 4 回とも成功したため, ハンティングの成功率は 100%であった. 筆者らが, 巣の探索の際に行った定点調査では 60 回の狩りが観察されたが, その内 20 回は住宅地の中の鉄塔にパーチして, 周囲の霊園や公園といった準市街地で狩りを行った. また, フェンスや壁などにムクドリやヒヨドリ *Hypsipetes amaurotis* を追い込むことで逃げ場をなくして捕獲する人工物が多い市街地の特性を活かした狩りを 3 回確認した. ドイツのハンブルグで行われた研究では

オオタカは昼間の時間の88%を市街地の小規模緑地の中で過ごし、餌動物の42%を市街地で捕獲し、建造物に身を隠しながら餌動物を捕獲する市街地の特性を利用したハンティング方法も確認された(Rutz 2006). これらのことから、調査地内で繁殖するオオタカは森林や開放地よりも重要度は低い公園、霊園、グラウンドなど周りに樹林があり、開放的な市街地が多い地域で狩りを行うことだけでなく、森林と準市街地の接線長が長い景観を繁殖地として選択していることが明らかになった. しかし、森林と準市街地はオオタカの繁殖に有意な正の効果を示す一方で、相対的な重要性は高くなかった. そのため、オオタカの繁殖には、これらの環境は副次的な採食環境であると考えたほうが良いだろう.

市街地面積割合はオオタカの繁殖地選択に相対的に最も強い負の影響を与えていた. オオタカは人為的影響に敏感であるため、市街地を忌避することは報告されており(Krüger 2002), 本論文でも前述している. しかし、国内で行われた研究では、オオタカは断片化された小規模樹林地といった人為的影響が大きい環境でも繁殖が確認されており(Kudo et al. 2005; Abe et al. 2007), ラジオテレメトリーにより行動を調査した研究でも市街地を強く忌避するが、市街地の近くを忌避する傾向はなかった(堀江ら 2008). 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ハンティングを行っていく環境であるため、市街地が多く含まれるとオオタカがハンティングを行いつらいことが原因であると考えた. このことは、調査地でも森林と開放地、森林と低木林の接線長の方が準市街地よりも相対的な重要度が高かったことから支持される. 調査地内は都市であるため、人口が多く、住宅が密集しているため飛翔する空間が少なくオオタカが狩りをしにくいのではないかと考えられる. これらのことから、オオタカが繁殖している地域では市街地面積が大幅に増加しないように管理する必要がある.

単変量ロジスティック回帰の結果、有意でなかった調査プロット内のバイオマスは、有意であった森林面積割合や森林と準市街地よりも、相対的な重要度が高かった. これはオオタカにとって好適な採食地が森林と開放地の境界であり、この説明変数と単変量ロジスティック回帰の結果有意であった説明変数(森林面積割合、森林と準市街地の接線長)は、採食地としての効果に相互関係があるためであると考えられる. つまり、調査地のオオタカは森林と開放地の境界が長い景観を極めて強く選択しているため、採食地の環境要因として設定した森林面積割合や森林と準市街地の接線長が森林と開放地の接線長に引っ張られることで単変量ロジスティック回帰の結果有意でなかった説明変数よりも相対的な重要度が低くなったと考えられる.

3) 繁殖成績の地域的な差に影響する要因

巣立ち雛数には、林冠の植被率が高いほど巣立ち雛数が多いという関係が示された. これは在/不在のでも前述したが、カラス類といった空からの天敵や風雨の影響から雛を守るためにこのような場所を選択していると考えられる. なわばり内における餌動物のバイオマスや景観構成が巣立ち雛数に強い影響を与えていなかった理由は、以下のようなことが考えられる. オオタカは、森林、開放地、市街地といった様々な環境で採食するため、オオタカの巣立ち雛数に景観構成が与える影響が見えづらくなっている可能性がある. 餌動物のバイオマスに関しては、在不在でも述べたように、オオタカは様々な餌動物を利用し、生息量の少ない種から多い種へと変更することが可能であり、多様なハンティング行動を用いて様々な環境でハンティングを行うため餌動物が多い地域では餌動物の現存量はオオタカの個体数を制限する要因とはなりにくい(Rutz et al. 2006)ためであると考えられる.

4) 繁殖成績の経時的な差に影響する要因

4-1)繁殖率には巣のある樹林の面積が有意な正の影響を与えていた。オオタカは巣立ち後から独立するまでの期間に巣周辺で生活をする。この範囲は狩りの練習や捕食者から身を隠す場所として重要である(Reynolds et al. 1992)。調査地は都市部であるため、大規模な樹林が少なく、大半は市街地の中に島嶼上に残された小規模樹林である。面積が 1ha 以下の極めて小規模な樹林でもオオタカの繁殖が確認されている。面積が小さな樹林では、騒音といった親鳥にストレスになりうる影響が強く、継続的に繁殖を続けるのが困難であるため、繁殖率が低くなると考えられる。

4-2) 巣立ち雛数に影響する要因

巣立ち雛数に影響する要因については単変量、多変量ともにあてはまりの良いモデルを得ることができなかった。オオタカは森林、開放地、市街地といった様々な環境で採食するため、オオタカの巣立ち雛数に景観構成が与える影響が見えづらくなっている可能性がある。海外においては餌動物の現存量が多いことや 2-4 月の気温が高いことなどが巣立ち雛数に影響する要因であることが報告されている(Krüger and Lindstorm 2001)。

謝辞

本研究を実施するにあたり、皆様からのご支援で交通費を工面することができ、多くの営巣地の繁殖状況の確認や植生調査を行うことができました。ご支援いただいた皆様に心より感謝申し上げます。また、オオタカの巣位置や長年の繁殖状況の調査結果を快く提供していただき、現地調査にもご協力いただいた日本野鳥の会神奈川支部オオタカ調査グループの方々にも心より感謝申し上げます。

引用文献

- ABE, F. 2007. Ecological studies on Northern Goshawks and Sparrowhawks during breeding seasons on the Ishikari Plain, Hokkaido, Japan. Ph D thesis, Hokkaido University, Sapporo, Japan.
- , 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.
- BIRD, D.M., D.E. VARLAND, AND J.J. NEGRO. 1996. Raptors in human landscapes. Academic Press, New York, NY U.S.A.
- BOAL, C.W. 1997. The urban environment as an ecological trap for Cooper's hawks. PhD thesis. University of Arizona, Tucson.
- BURNHAM, K.P. AND D.R. ANDERSON. 2002. Model selection and Multimodel inference. Springer New York.
- CADE, T.J. 1982. Falcons of the world. William Collins Sons and Co. Ltd., London, U.K.
- 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.
- HIGUCHI, H., H.MORIOKA, AND S. YAMAGISHI [EDS.]. 1996. The encyclopedia of animals in Japan Vol. 4 Birds. Heibonsha Ltd. Press, Tokyo, Japan. (In Japanese).
- 平野敏明・植田睦之・今森達也・川崎慎二・内田博・加藤和明・金井裕(2009)森林におけるスポットセンサスとラインセンサスによる鳥の記録率の比較. *BirdResearch* Vol5:1-13.

- 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(2): 41-47.
- 堀江玲子・遠藤孝一・野中 純・尾崎研一(2008)栃木県におけるオオタカ雄成鳥の行動圏内の環境選択. 日本鳥学会誌 57(2):108-121.
- KENWARD, R.E. 1982. Goshawk hunting behavior and range size as a function of food and habitat availability. *J. Anim. Ecol.* 51:69-80.
- KENWARD, R.E. 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.
- AND J. LINDSTORM. 2001. Habitat heterogeneity affects population growth in Goshawk *Accipiter gentilis*. *J. Anim. Ecol.* 70:173-181.
- 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.
- LA SORTE, F.A., R.W. MANNAN, R.T. REYNOLDS, T.G. GRUBB. 2004. Habitat associations of sympatric Red-tailed Hawks and Northern Goshawks on the Kaibab Plateau. *J. Wildl. Manage.* 68:307-317.
- 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.
- MCGRADY M.J. 1991. The ecology and breeding behaviours of urban Sparrowhawks (*Accipiter nisus*) in Edinburgh, Scotland. PhD thesis. University of Edinburgh, Edinburgh.
- MORIOKA, T., T. KANOUCHI, T. KAWATA, AND N. YAMAGATA. 1995. The bird of prey in Japan. Bun-ichi Co. Ltd. Press, Tokyo, Japan. (In Japanese).
- NEWTON, I. 1979. Population ecology of raptors. T.&A.D. Poyser, London.
- 西海 巧・柿沢亮三・紀宮清子・盛岡弘之(2000)皇居の鳥類相(1996年4月-2000年3月). 国立科学博物館専報 35:7-28..
- 尾崎研一・堀江玲子・山浦悠一・遠藤孝一・野中純・中嶋友彦(2008)生息環境モデルによるオオタカの営巣数の広域的予測: 関東地方とその周辺: 保全生態学研究13:37-45
- 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.
- , R.T. GRAHAM, M.H. REISER, R.L. BASSETT, P.L. KENNEDY, D.A. BOYCE, G. GOODWIN, R. SMITH, AND E.L. FISHER. 1992. Management recommendations for the northern goshawk in the southwestern

- United States. U.S. Forest Service Gen. Tech. Report RM-217. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO U.S.A.
- RUTZ, C. 2006. Home range size, habitat use, activity patterns and hunting behavior of urban breeding Northern Goshawks *Accipiter gentilis*. *Ardea* 94:185-202.
- , R.G. BIJLSMA, M. MARQUISS, R.E. KENWARD. 2006. Population limitation in the Northern Goshawk in Europe: a review with case studies. *Stud. Avian Biol.* 31:158-197.
- SÁNCHEZ-ZAPATA, J.A. AND J.E. CALVO. 1999. Raptor distribution in relation to landscape composition in semi-arid Mediterranean habitats. *Journal of Applied Ecology* 36:254-262.
- 関山房兵(1993)オオタカ *Accipiter gentilis* の育雛期における食性. 岩手県立博物館研究報告 11:1-10
- SQUIRES, J.R. AND L.F. RUGGIERO. 1996. Nest-site preference of Northern Goshawks in southcentral Wyoming. *J. Wildl. Manage.* 60:170-177.
- AND P.L. KENNEDY. 2006. Northern Goshawk ecology: an assessment of current knowledge and information needs for conservation and management. *Stud. Avian Biol.* 31:8-62.
- 鈴木貴志(1999)北海道十勝平野におけるオオタカ *Accipiter gentilis* の営巣環境. 日本鳥学会誌 48:135-144
- 内田 博(2013)オオタカの行動圏と採食行動 (樋口広芳, 編:日本のタカ学)105-120. 東京大学出版会. 東京
- 上野裕介・栗原正夫(2015)広域スケールでのオオタカの生息適地予測の有効性と空間的汎用性・地域性の課題. ランドスケープ研究78(5)647-650
- 植田睦之・百瀬 浩・中村浩志・松江正彦(2006)栃木県と長野県の低山帯におけるオオタカ・サシバ・ハチクマ・ノスリの営巣環境の比較. 日本鳥学会誌 55:48-55
- WIDÉN, P. 1989. The hunting habitats of Goshawks *Accipiter gentilis* in boreal forests of central Sweden. *Ibis* 131:205-213.
- 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.

いろんな歌があるのはなぜ？ サンコウチョウ雄のさえずり

申請者 櫻井宥昌瑚 大井沙綾子



サンコウチョウは日本各地に渡来する夏鳥である。本種の雄は長い尾羽、目の周りに青い飾りを持ち、日本的ではない派手な鳥である。一方雌は、雄の四分の一ほどしかない短い尾羽で、くすんだ地味な羽色をしている。暗い林内に生息するので、複雑な音声コミュニケーションが発達していると考えていた。ところが、さえずりは多様で個体毎に異なるものの、ヒトでも聞き分けられるほどに単純な構成しか持たないことが分かった。本種のさえずりはなぜ多様なのだろうか。今回は以下の2つの仮説を立てた。

仮説 1. 形態タイプごとで異なる

長い尾羽が特徴的なサンコウチョウだが、実は雄に多型がみられ、以下の3つのタイプに分けられる。外見は年齢に依存して変化し、最年長のタイプは長雄であると推察されている。年齢が高いほどさえずりの練習量が多いと予想される。



年齢の高い=練習量の多いタイプ⇒長雄が「モてる歌」を歌うのでは？

仮説 2. 地域で異なる

近隣に生息する個体同士では同じ環境を利用する可能性があり、他方の個体のさえずりをきいて学ぶことでさえずりパターンが類似している可能性がある。



小さいスケールでの「方言」のようなものがあるのでは？

調査方法

調査地：沖縄県宮古島市大野山林

宮古島で唯一最大の林帯である。面積 119ha で亜種リュウキュウサンコウチョウ *Terpsiphone atrocaudata illex* が夏鳥として多数飛来する。傾斜が緩やかで個体群密度が高いため調査しやすい。



対象種：

サンコウチョウはスズメ目カササギヒタキ科に属する夏鳥で、リュウキュウサンコウチョウはその亜種である。森林に生息し、雄は一般的に背中が黒紫色で、長い尾羽と鮮やかで太めの水色のアイリングを持つ。メスは背中が褐色で、尾は短く、暗い藍色で細めのアイリングを持つ。(山階 1941)。宮古島には4月に渡来して8月上旬まで繁殖し、9月頃に越冬のため東南アジアへ渡る。さえずりの一部が「ツキ(月)ヒ(日)ホシ(星)」と聞きなしされたことが三光鳥という名前の由来である。

野外調査

調査は2015年の4月下旬から7月までである。さえずりの録音は、リュウキュウサンコウチョウが活動的である日の出～10:30、15:00～18:00に山林内を歩き回り行った。個体ごとの自発鳴きを、パラボラ集音マイク(LISN)とICレコーダー(オリンパスLS-07)を用いて個体から20m以内の距離で録音し、録音地点の緯度経度をGPSで記録した。

解析

録音した音声は、音声解析ソフト(Raven Pro 64 1.4 Cornell Laboratory of Ornithology, Bioacoustics Research Program)を用いて、声紋に可視化した。チャタリングと呼ばれる連続した地鳴きの後の音声から、2秒以上の休止の手前までをひとつのさえずりとした。さえずり内の連続したひとつの音の塊を音素とする。この音素を形状の違いで区分し(図1)、記号の順序列に変換した。

次にさえずりの比較を行った。2つのさえずりの音素を順番に見比べ、音素が異なる置換・音素が多い付加・少ない欠損の回数を調べ、合計3回以上であれば異なるさえずりであると定義した。はじめに個体内のさえずりを比較し、1個体がいくつさえずりを持つのか調べたのち、個体間のさえずりを総当たりで比較した。また、さえずりの共有におけるなわばり距離の影響を調べるため、さえずりの相違と個体間の距離の関係を調べた。

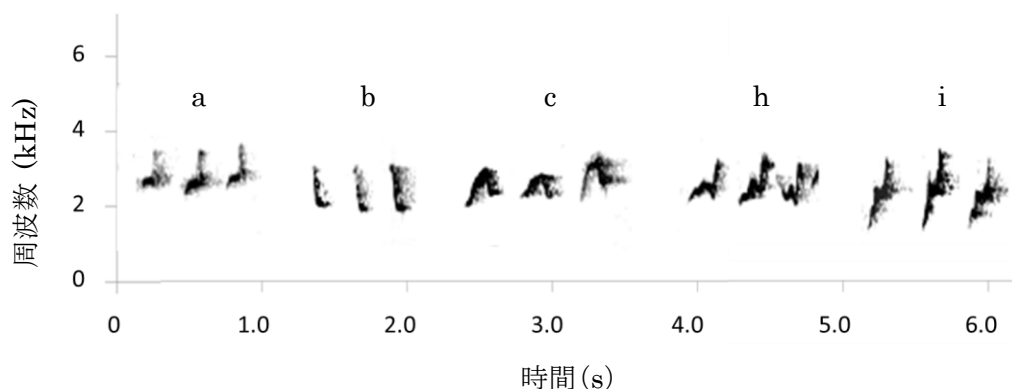


図1. 音素の区分の例

音素は31種類に区分できた。図で同じ記号内の音素はそれぞれ異なる個体のものである。

結果

録音は大野山林全体で行われ、解析に 78 個体の成鳥のさえずりを用いた。このうち黒長雄は 27 個体、黒短雄は 20 個体、茶短雄は 8 個体で、残りの個体は形態タイプを判別できなかった。個体の持つさえずりの種類数は、96%の個体で 1 種類であり残りの個体は 2 種類であった。さらに個体間でさえずりを比較した結果、58 個体がいずれかの他個体とさえずりを共有しており、18 のグループができた。さえずりの共有は最大で 6 個体でされており、異なる形態タイプ間でもさえずりを共有する場合があった (図 2)。一方でどの個体とも共有しない個体も存在することが分かった (図 3)。また 2014 年にも行った調査結果と比較すると、山林内の 2 か所で経年的に近隣に同じさえずりタイプが存在した (図 4)。

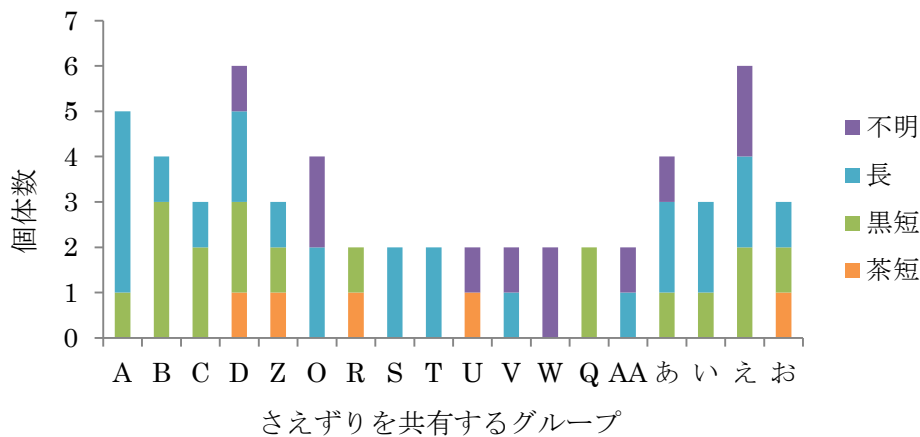
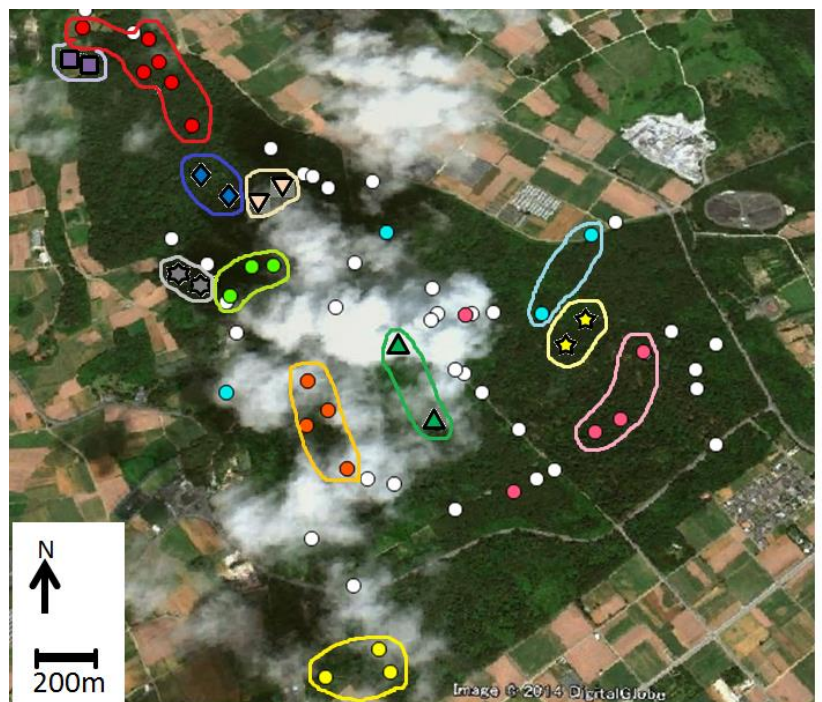


図 2. さえずり共有グループ内の形態タイプの内訳

さえずりを共有するグループごとに個体の形態タイプを示す。10 グループで異なる形態タイプ間でのさえずり共有があり、1 グループ内に全ての形態タイプが存在するものも 3 つあった。

図 3. リュウキュウサンコウチョウの
さえずりタイプ分布

記号は個体ごとの録音地点である。同じさえずりタイプの個体は同じ色と形で示す。線で囲われた個体間ではそれぞれが隣接してさえずりを共有し最大 6 個体(赤色)で共有していた。一方で、白色丸で示した個体は他のどの個体ともさえずりの共有がなかった。



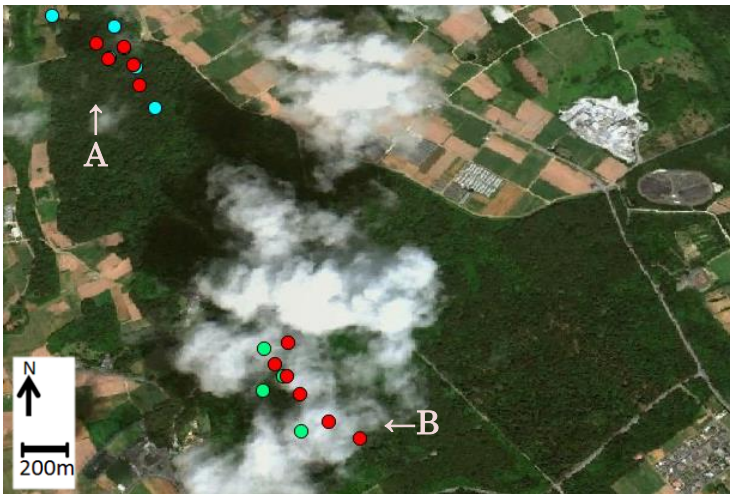


図 4. 2つのさえずりグループの分布
経年変化

図左上の A グループと中央下の B グループのさえずりはそれぞれ経年的に近隣して存在した。赤色が 2014 年の各グループのさえずり分布、青色が 2015 年のものである。

考察

まず仮説 1.形態タイプごとで異なる について、異なる形態タイプ間でさえずりを共有し、同じ形態タイプでもさえずりは様々であったことから、これは否定される。さえずりの構造が形態を表す可能性も考えにくく、若年期に結晶化したさえずりが変化しない可能性が考えられる。また図 2 より茶短雄は他の形態タイプとさえずりを共有する傾向があり、さえずりの学習機構と関連があるかもしれない。

次に仮説 2. 地域で異なる について、隣接する数個体でさえずりの共有が見られ、また 2 年間に渡り同じ場所で同じさえずりが確認されたことから、仮説 2 の可能性が考えられるが、どの個体ともさえずりを共有しない個体も存在するため、より複雑な要因があると考えられる。今回解析する中で、隣接する 2 個体両方のさえずりを持つ個体が存在した。大野山林のリュウキュウサンコウチョウは非常に高密度で生息しており、春の渡り後に周りから聞こえるさえずりを学習したことでこのようになる可能性が考えられる。また隣接せず距離が離れているがさえずりを共有している個体では、1つのさえずりを構成する音素の数が少ない傾向にあり、今後これらのことを考慮した解析も行う必要がある。

局所的な方言の例として本種と同属で留鳥のマダガスカルサンコウチョウ *Terpsiphone mutata* が挙げられる (Dongen & Mulder 2006)。この種では大野山林と同じ程の面積の森林に 7 つの方言が存在する。本種はこれより多くのさえずりタイプが存在し、渡り行動がさえずり分布に影響している可能性が考えられる。

お詫び

調査期間において本種の繁殖観察と繁殖個体のさえずり録音を共に行うことのできた巢が限られ、已むを得ず申請時の内容から研究計画を変更した点がございました。この場を借りて心よりお詫び申し上げます。

謝辞

本研究をご支援下さった皆様、NPO 法人バードリサーチ様に心より感謝申し上げます。また、調査する上で仲地邦博会長をはじめとする宮古野鳥の会の方々に大変お世話になりました。誠にありがとうございました。

引用文献

Wouter F. D. van Dongen and Raoul A. Mulder 2006. Habitat density, song structure and dialects in the Madagascar paradise flycatcher *Terpsiphone mutata* -*Journal of Avian Biology* 37: 349–356

Y.Yamashina 1941. 日本の鳥類と其生態

沖縄県宮古農林水産復興センター 2011. 宮古農林水産業

「なぜ、モズははやにえを食べずに残しておくのか」

西田 有佑 (大阪市立大学)

目的

モズ属 *Lanius* の鳥類は動物食で、捕えた餌生物を枝先や有刺鉄線などのとがった場所に突き刺す (Yosef & Pinshow 2005)。これは、はやにえ行動と呼ばれる。はやにえの機能を説明する仮説の1つに貯食説がある (Yosef & Pinshow 2005)。餌生物の個体数や活動量が少ない冬期に、栄養源として貯食したはやにえを食べるという仮説である。モズ *L.bucephalus* はモズ属の鳥類で、日本全域の農耕地や河畔林などに生息する普通種である。10-1月にモズの縄張り内ではやにえが頻繁に観察され、それらはやにえの内約50%が11-1月中に消失することが知られている (Karasawa 1976)。このことから、モズのはやにえには貯食の機能があると考えられる。

しかし、縄張り内に残りつづけるはやにえも存在する (Karasawa 1976)。はやにえの残存現象のメカニズムとして、私は「はやにえ忘却仮説」を考えた。モズがはやにえをどこにつくったのかを忘れてしまったために、はやにえが縄張り内に残りつづけるという仮説である。鳴禽類のウタスズメ *Melospiza melodia* では、さえずりのレパートリー数 (個体かもつ鳴声のヴァリエーションの多さ) が多い個体ほど、空間記憶テストの成績が悪いことが知られている (Sewall et al. 2013)。記憶できる容量には限界があり、記憶対象間で記憶容量のトレードオフが働いているからだと考えられている。モズは他種鳥類のさえずりを鳴きマネ (モズのサブソングと呼ばれる) し、レパートリー数を多くもつことが知られている (レパートリー数: 193 ± 35 個 (平均 \pm 標準偏差) (西田 未発表))。モズにおいても、レパートリー数を多く持つ個体ほど、記憶容量のトレードオフによって、はやにえの場所を記憶することができず、その結果はやにえが縄張り内に残存し続けていると私は考えた。

そこで、本研究ではまず、はやにえがいつ生産され、いつ縄張りから消失するのか、は

やにえの活動性の季節的变化について記述を行い、次にはやにえ忘却仮説を検証するために縄張り内に残存するはやにえの個数とサブソングのレパトリー数の相関を調べた。残存はやにえ量とレパトリー数の間に正の相関が認められれば、仮説は支持される。

方法

調査地は、大阪府河内長野・富田林市の農耕地である。調査期間は、2015年10月-2016年2月である。まず、モズの縄張りを定量するために、対象個体を4時間連続観察した。行動点を地図上に記録し、行動点の最外郭面を個体の縄張りとして定義した。つぎに、はやにえ場所を特定するために、縄張り内の常緑樹や落葉樹、農耕地にたてられた杭をすべて調べ、発見したはやにえの個数を定量した。はやにえの傍には、調査年月日と通し番号を記したシールを設置した。はやにえの調査は、各個体につき約月1回行った。各調査回で、以前の調査回で発見したはやにえが消失しているかどうかを調べ、消失したはやにえの個数を定量した。各調査回における、はやにえの生産と消失の活発さを表す指標として、はやにえ生産率(PR: Production Rate)とはやにえ消失率(DR: Dissipation Rate)を定義した。

$$PR_n \stackrel{\text{def}}{=} \left(P_n / \sum_{k=1}^4 P_k \right) \times 100$$

$$DR_n \stackrel{\text{def}}{=} \left(D_n / \sum_{k=1}^4 D_k \right) \times 100$$

(発見したはやにえの個数はP、消失したはやにえの個数はD、添字は調査回を表す.)。

ただし、消失したはやにえの個数は調査1回目では定量ができないので

$$D_1 = 0$$

とした。縄張り内に残存するはやにえの個数は、発見したはやにえと消失したはやにえの差分の総和なので、残存したはやにえの個数を R とすると、

$$R \stackrel{\text{def}}{=} \sum_{k=1}^4 (P_k - D_k)$$

と定義した。

モズのサブソングの録音は、サブソングが活発に発せられる 10 月に行った。録音は、レコーダー (OLYMPUS LS-7) にパラボラ集音マイク (フジブランニング LisN) を接続し行った。サブソング録音は、晴天あるいは曇りのときに行った。強風時はドップラー効果によって音声周波数に変調するため、録音は行わなかった。サブソングのレパトリー数の定量は、音声解析ソフト (Raven Pro Ver3.0) で行った。残存したはやにえの個数とサブソングのレパトリー数の相関は、スピアマンの順位相関を用いて分析した。なお結果における数値表記は、平均±標準偏差を示す。

結果

調査個体数は 5 個体で、調査期間中に行った 4 回の調査から発見したはやにえの総数は 760 個であった。個体あたりの発見したはやにえの個数は、 152 ± 32 個であった。各個体のはやにえ調査 1 回目は 10 月 8 日-15 日、2 回目は 11 月 10-15 日、3 回目は 12 月 23-27 日、4 回目は 1 月 27 日-2 月 2 日に行った。はやにえ生産率は調査 1 回目では 27.7 %、2 回目では 37.3 %、3 回目では 34.1 %、4 回目では 0.9 %であった (図 1)。はやにえ消費率は調査 2 回目では 10.6 %、3 回目では 20.0 %、4 回目では 69.5 %であった (図 1)。サブソングのレパトリー数は、 184 ± 42 個であった。サブソングと残存するはやにえの個数の間には相関は認められなかった (スピアマン順位相関 : $r = 0.21$, $n = 5$, $P = 0.74$)。

考察

調査1回目から3回目におけるはやにえ生産率はほぼ一定(27.7-37.3%)だが、4回目では生産率は1%にも満たなかった。4回目調査が行われた1月27日・2月2日は、非繁殖期から繁殖期へとモズの生活史が切り替わるタイミングである。オオモズ *Lanius excubitor* では、非繁殖期から繁殖期に切り替わる時期に、はやにえの生産量が多くなることが知られている(Yosef & Pinshow 1989)。オオモズのはやにえには、雄の質の良さを雌へ示すシグナルの機能があり、縄張り内のはやにえの数が多い雄ほどつがい形成がより早く完了した(Yosef & Pinshow 1989)。モズにおいて、非繁殖期から繁殖期へと切り替わる時期にははやにえの生産率が低下するという事は、モズのはやにえはつがい形成に対する直接的なシグナルの機能を持たないと考えられる。

はやにえ消失率は、生産率とは逆の傾向で、2, 3回目調査では10.6-20.0%であったのに対し、4回目調査では69.5%であった。モズの雄は雌へサブソングとダンスを用いて求愛する(Yamagishi & Saito 1985)。はやにえの消失がそのまま縄張り雄のはやにえの消費を表すのならば、繁殖期直前のはやにえの消費によって、雄のコンディションは良くなり、サブソングとダンスの何らかの形質が向上し、結果つがい形成が早まるのであれば、はやにえが間接的につがい形成に貢献している可能性がある。

サブソングのレパトリー数と残存はやにえ量との間に相関がなかったことから、「はやにえ忘却」以外のメカニズムによって、はやにえの残存現象が起こっていると考えられる。はやにえは、常緑樹や落葉樹、農耕地の杭に作られる。常緑樹では、葉によってはやにえが視認しにくく、その結果はやにえが残存するのかもしれない。常緑樹に作られたはやにえと、落葉樹と杭に作られたはやにえとで、残存したはやにえの個数に違いがあるのか調べる必要があるだろう。また、はやにえ場所をより集中的に1カ所に集めることで、効率的にはやにえの回収できるかもしれない。逆に拡散的に縄張り内にはやにえをつくられると、はやにえの回収がしにくく、結果はやにえが残存するのかもしれない。はやにえの散

布集中度と残存したはやにえの個数のあいだの相関なども調べる必要があるだろう。

本研究でははやにえの消失は、縄張り主のモズが消費したことを前提にしている。調査が行われた10-2月では、モズは雌雄別で縄張りをかまえ、縄張り内へ侵入した他種鳥類を積極的に排除し、はやにえを摂食するアリなどの昆虫の活動量が低いことから、はやにえの消失は縄張り主のモズが摂食したと考えられるからである。しかし、この点については、他個体モズや他種鳥類、昆虫などにどれくらいの割合のはやにえが摂食されるのか、野外実験などで検証する必要があるだろう。

引用文献

Yosef, R. & Pinshow, B. 2005. Impaling in true shrikes (Laniidae): A behavioral and ontogenetic perspective. *Behavioral Processes*, **69**, 363-367.

Karasawa, K. 1976. Observation on the impalements made by Shrikes. *Tori*, **25**, 94-100.

Sewall, K. B., Soha, J. A., Peters, S. & Nowicki, S. 2013. Potential tradeoff between vocal ornamentation and spatial ability in a songbird. *Biology letters*, **9**, 20130344.

Yosef, R. & Pinshow, B. 1989. Cache size in Shrikes influences female mate choice and reproductive success. *The Auk*, **106**, 418-421.

Yamagishi, S. & Saito, M. 1985. Function of courtship feeding in the Bull-headed Shrike, *Lanius Bucephalus*. *Journal of Ethology*, **3**, 113-121.

謝辞

本研究をご支援してくださった吉野智生 様、植田睦之 様、矢本賢 様、鈴木律雄 様、松田道生 様、日比野義介 様、上田恵介 様、加藤七枝 様、高木憲太郎 様、大橋正明 様、熊田那央 様、そして本研究を採用してくださったバードリサーチの皆様、誠にありがとうございました。

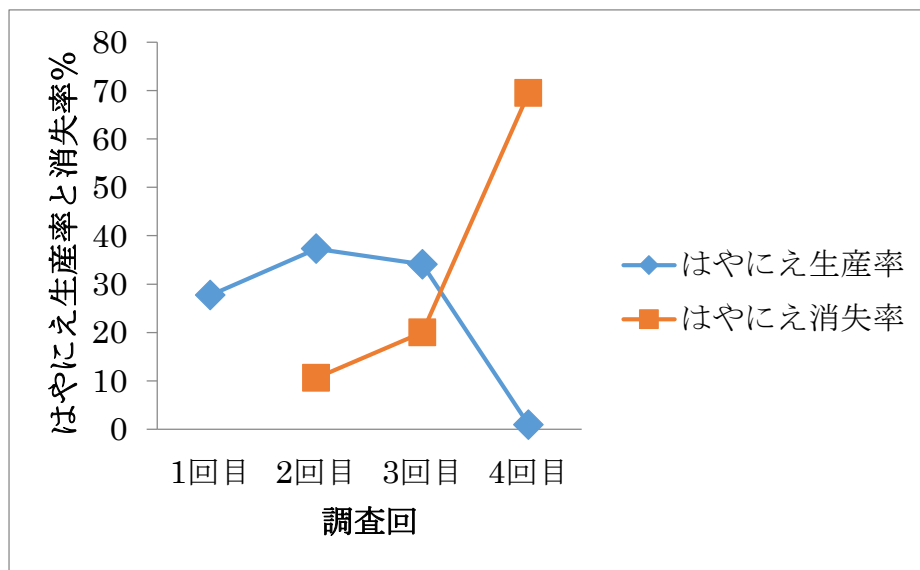


図 1. はやいえの生産率と消失率の調査回ごとの変化

日本の鳥の今を描こう ～全国鳥類繁殖分布調査～

バードリサーチ

1970年代と1990年代に環境省により全国鳥類繁殖分布調査が行なわれました。この2回の調査で全国的な鳥の分布とその変化が明らかになり、日本の生物多様性の評価や、レッドリストの改訂に役立てられました。

以前の調査から、早くも20年が経とうとしています。鳥たちの今を知るために、3回目の全国調査が必要な時期になっていますが、残念なことに次の調査を実施するための予算的な目処がたっていないです。

そこで、NGOと環境省そして大学の研究者などとの共同事業として2016年から3回目の調査を始めることにしました。今年はその実現のための体制づくりをしました。

■ HP や SNS の立ち上げ

調査の広報のために、ホームページを立ち上げ、調査コースの登録のために、WEB-GISを使った自動登録の仕組みを構築しました。また登録した調査者間のコミュニケーションの場として、FacebookとTwitterを立ち上げました。

ホームページ <http://www.bird-atlas.jp/>
Facebook <https://www.facebook.com/birdatlasjp>
Twitter https://twitter.com/bird_atlasjp

全国鳥類繁殖分布調査 ～日本の鳥の今を描こう～

mail bbs@bird-research.jp
Fax: 042-401-8661



更新情報・お知らせ

- 2016/03/25 調査協力団体に日本野鳥の会滋賀が加わりました **NEW**
- 2016/03/15 調査協力団体に八王子・日野カワセミ会が加わりました **NEW**
- 2016/03/10 今回の調査で注意する鳥の図鑑をつくりました **NEW**
- 2016/03/02 4/2 東京で調査の説明会・交流会をします **NEW**
- 2016/03/01 3/12 浜松市で調査の説明会をします（主催：日本野鳥の会連江） **NEW**

主催団体

バードリサーチ
(公財)日本野鳥の会
(公財)日本自然保護協会
日本鳥類標識協会
(公財)山階鳥類研究所
環境省 生物多様性センター

■ ニュースレターの発行

調査者のモチベーションアップのために、ニュースレターを発行しました。これまでに、2015年6月、2015年8月、2015年12月に合計3号発行しました。過去2回の結果の概要、各県で行われている分布調査、海外で行われている分布調査、過去の結果をもとにしたスズメやツバメの変化、保護区選定の試みなどの記事を掲載しました。



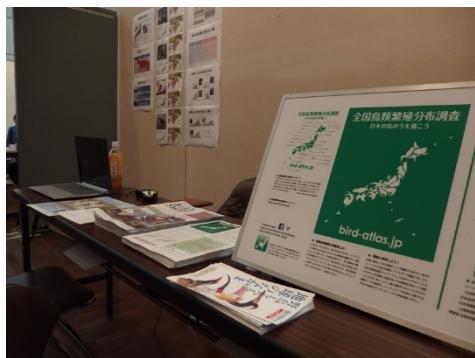
ニュースレターは以下よりダウンロードすることができます

- 創刊号 <http://www.bird-atlas.jp/news/banews01.pdf>
- 第2号 <http://www.bird-atlas.jp/news/banews02.pdf>
- 第3号 <http://www.bird-atlas.jp/news/banews03.pdf>

■ イベント等への出展と研修会の開催

11月14-15日に行なわれた、大阪バードフェスティバルに出展し調査の宣伝をしてきました。また東京、岡山、奈良、青森、熊本で行なったモニタリングサイト1000の研修会の中でも調査の宣伝を行ないました。3月に香港で行われたアジアの陸鳥のモニタリング会議でも調査の紹介を行ないました。

調査の研修会は3月に静岡で行ないました。4月には東京と宮城でも講習会を行う予定です。



大阪バードフェスティバルでのブース展示

■ 現在の調査地の登録状況

現在までに 40 の協力団体の登録があり、818 コースの調査者が決まりました。宮城県、千葉県、香川県、山口県は全コースが決まった反面、佐賀県と鳥取県は1コースも決まっていないなど、地域差があり、これからさらなる働きかけが必要です。

以上のように、まだ不十分なところがありますが、おかげさまで 2016 年度から実際の調査をスタートさせるための体制が整いました。調査期間は5年間ですが、最初の3年間で大部分の調査を終わらせ、残りの2年で残りの調査地および補足調査を実施する予定です。

調査がすすんで、成果が上がっていることで、さらに調査が活発になることが期待できますので、次年度は調査を実施し、成果を公表し、調査参加者との交流がすすむように体制を強化していきたいと思えます。これまでのご支援に感謝するとともに、引き続きのご支援をよろしく願いいたします。