

ヤマガラとシジュウカラの巣箱調査による繁殖特性の長期トレンドの解明

梁瀬桐子（東京大学生態水文学研究所），水谷瑞希（信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設）
佐藤貴紀（東京大学生態水文学研究所），荒木田善隆（元東京大学生態水文学研究所）
松井理生（東京大学北海道演習林），高德佳絵（東京大学秩父演習林）
才木道雄（東京大学秩父演習林）

東京大学生態水文学研究所における1983年から2017年までの35年間の巣箱調査と気象観測記録をもとに、ヤマガラとシジュウカラの繁殖特性の長期トレンドと気温との関係について検討を行った。両種とも、初卵日（前期繁殖）は3月を含む期間の気温値と負の相関関係があったが、長期的なトレンド傾向は検出されなかった。半月ごとの日平均気温値で長期トレンドが検出されたのは2月後半だけで、他の時期には認められなかった。初卵日に長期トレンドが検出されなかったのは、繁殖への影響が強い時期の気温の変化に、一定の傾向がなかったためと考えられた。

キーワード：ヤマガラ，シジュウカラ，気温，繁殖特性，長期トレンド

I はじめに

長期的な調査による生態データの蓄積は、特定種の生態の解明につながるだけでなく、他分野の調査データと組み合わせることにより、気候変動や人為的な環境への影響などによる生態系の変化や、生物多様性の低下といった現象を把握することができる。例えば、地球温暖化の進行は様々な生物季節に影響を及ぼすことが知られており(1)，長期的に取得された鳥類の生態データと気温のデータを組み合わせることにより、温帯域の鳥類では気温の上昇トレンドに対応して初卵日が早まることが報告されている(4)。このような生物季節の解析には長期間にわたる繁殖データの蓄積が必要となる。

東京大学生態水文学研究所では、1983年から林内に巣箱を設置し、ヤマガラ (*Poecile varius*) とシジュウカラ (*Parus minor*) の繁殖状況や繁殖生態を明らかにすることを目的とした巣箱調査が行われてきた(1, 2)。この調査は2017年時点で35年が経過しており、長期間にわたるデータが蓄積されている。一方、巣箱調査が実施されている同研究所内では気温の観測も行われている(5, 10)ため、同じ期間に観測された気温及び巣箱調査の結果を比較することで、温暖化等による気温の長期変化がヤマガラ及びシジュウカラの繁殖生態に与える影響を明らかにすることができると思われる。

そこで本研究では、35年間の巣箱調査と気温の観測結果をもとに、ヤマガラ及びシジュウカラの初卵日と気温の長期トレンド及び、初卵日と気温との関係について検討を行った。

II 方法

1. 調査地の概要

調査地は、愛知県瀬戸市の東方に位置する猿投山（標高629m）の北面、東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林生態水文学研究所赤津研究林の一部（北緯35°12′，東経137°10′，標高300~360m）である。1922年の愛知演習林（現：生態水文学研究所）創設以降、植伐等の大きな人為の加えられていない天然生二次林約8ha（建物敷地0.2haを含む）で調査した。

林相は、上層を主にアカマツ、コナラが占める地域（約6ha）とアカマツ、コナラと大正期に植栽されたヒノキが占める地域（2ha）に分かれ、両地域とも中・下層にソゴゴ、ヤブツバキ、アセビ、サカキなどの常緑広葉樹が見られるが、林床植物は一部を除き少ない。ただし、上層木のうち、アカマツが調査開始時の1980年代初頭からマツ材線虫病の被害によって徐々に減少し(9)，2009年からはコナラがカシノナガキクイムシによる被害を受け、枯損が拡大傾向にある(7)。ヤマガラ、シジュウカラの繁殖期である4~7月には、上・中層木によって陽光がさえぎられる。

2. 調査方法

調査開始年の1983年には巣箱を42個設置した。設置数は1983年から1993年まで徐々に増設し、1994年から2009年までは70個、2010年からは60個設置した。巣箱は主に厚さ10mm~15mmのスギ材を使用し、床面15×15cm、前面の高さが20cmの片屋根式で、出入り口は直径が3cm、床からの高さが15cmである。巣箱は、1992年までは自然木に縛り付ける形で設置したが、ヘビによる捕食被害が多発したことから、ヘビ対策として1993, 1994年に巣箱の一部を高さ約150cmの塩化ビニール製のパイプ上に設置し、1995年以降はすべての巣箱をパイプ上に設

YANASE Kiriko*, MIZUTANI Mizuki, SATO Takanori, ARAKIDA Yoshitaka, MATSUI Masaki, TAKATOKU Kae, SAIKI Michio

Elucidation of long-term trends in reproductive characteristics of *Poecile varius* and *Parus minor* using nest-box surveys
yanase@uf.a.u-tokyo.ac.jp

置した。

調査は、繁殖の始まる3月上旬から繁殖が終わる7月上旬まで、2～3日間隔ですべての巣箱の中を見て回り、巣、卵、および雛の状態を観察して、つがいごとに造巢開始日、初卵日、産卵数、抱卵開始日、孵化日、孵化数、巣立ち日、巣立ち雛数、繁殖の成否および失敗要因を記録した。初卵日は営巣したつがいが初めて産卵した日を示す。ヤマガラとシジュウカラは基本的に1日に1個産卵するため、2～3日間隔の調査であっても、卵の数から逆算することで初卵日を推定した。

3. 解析方法

繁殖特性の解析には初卵日のデータを使った。本調査地では、ヤマガラ、シジュウカラともに初卵日の季節分布は大小2つのピークを持つ(2)。そこで、鳥種ごとに、初卵日が7日間以上空いた時期を区切りとして、前半部分を前期繁殖、後半部分を後期繁殖とした。後期繁殖の繁殖つがい数は前期繁殖に比べて少なく、またその繁殖時期が種間・種内関係など気象条件以外の要因の影響を強く受けることが予想されることから、本解析には前期繁殖のみを使用した。繁殖つがいは、産卵に至ったつがいと定義し、造巢のみのつがいは含めなかった。また初卵日は1月1日からの連続日数で数値化したものを用いて、最も早く産卵が確認されたつがいの初卵日(初卵日の最小値)と、前期繁殖のすべてのつがいの初卵日の中央値の2つの値を用いた。

気温は東京大学生態水文学研究所赤津研究林白坂気象露場の観測値を使用した。気温の修正計算や欠測日の処

理は、蔵治・五名(5)に従った。2月～4月前半の日平均気温から、表-1の通り0.5か月～2.5か月の期間ごとに日平均気温と有効積算温度を求めた。有効積算温度の基準温度は、温量指数で用いられる5℃とした。

期間ごとの気温値および初卵日の長期トレンドの検出にはMann-Kendall検定を、気温値と初卵日との相関関係の検討にはスピアマンの順位相関係数を用いた。以上の統計解析にはR version 3.4.1を用いた。

表-1. 気温値の集計期間の定義

期間長	期間
0.5 か月	C(2/1～2/15), D(2/16～2/28) E(3/1～3/15), F(3/16～3/31) G(4/1～4/15)
1 か月*	CD, DE, EF, FG
1.5 か月*	CDE, DEF, EFG
2 か月*	CDEF, DEFG
2.5 か月*	CDEFG

※期間の定義は期間長0.5か月に準ずる。

III 結果

1. ヤマガラ及びシジュウカラの繁殖つがい数の経年変化

1983年から2017年までの総繁殖つがい数は845つがいであり、ヤマガラは328つがい、シジュウカラは480つがいが繁殖した(図-1)。それ以外にヒガラのつがいによる産卵と、種が特定できなかったつがいによる産卵が37つがい確認された。調査初期の1984年～1990年までは繁殖つがい数の7割をヤマガラが占めていたが、90年

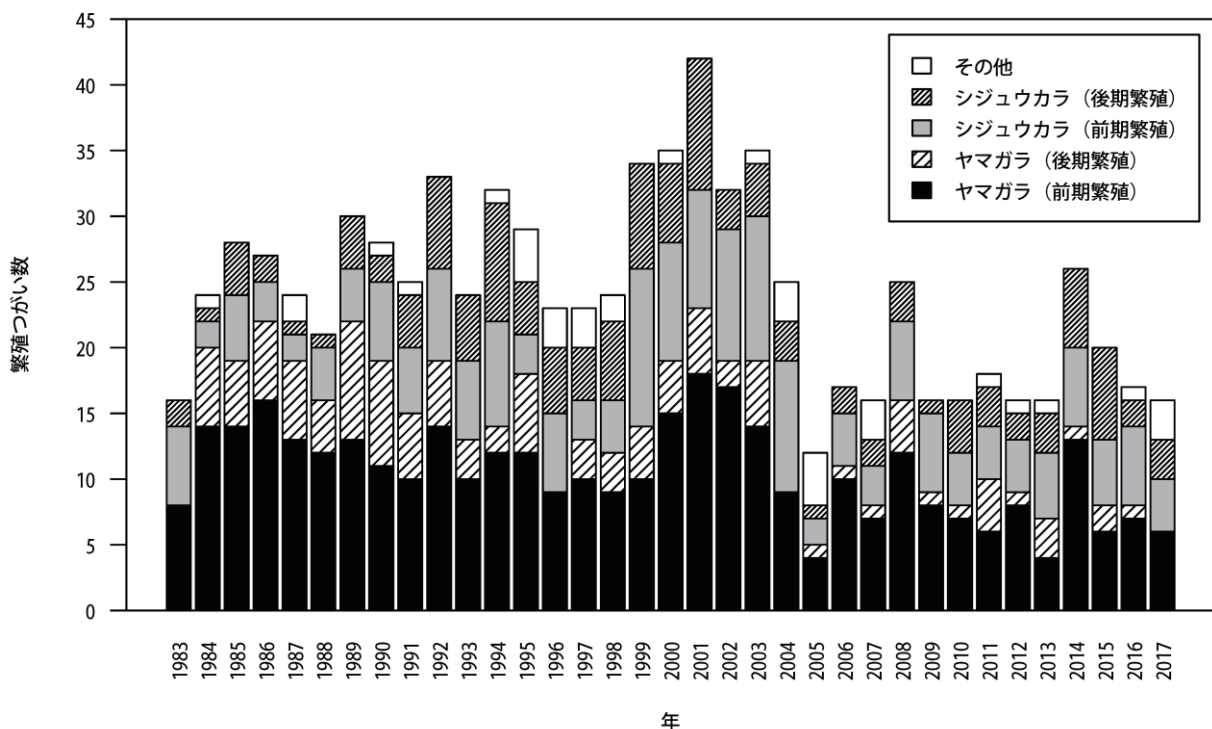


図-1. 繁殖つがい数の年次変化

代以降はシジュウカラが増加し、4~6割の間で推移している。シジュウカラは後期繁殖の割合が多く、その年の繁殖つがいの半数を超える年もあったが、ヤマガラでは後期繁殖は2割程度にとどまっている。総産卵数は5490卵、そのうち巣立ちに成功したのは2501羽だった。年ごとの繁殖つがい数は1999年から2003年には30つがい以上であったが、2004年以降は平均20つがいまで減少した。

2. 気温値及び初卵日の長期トレンド

気温値のうち、有意なトレンドが検出されたのは、日平均気温ではD期間、DE期間、CDE期間及びDEF期間の4項目、有効積算温度ではD期間及びCD期間の2項目であった。これらはいずれもD期間、すなわち2月後半を含む気温値であった。図-2にD、DE、CDE及びDEF期間の平均気温の長期トレンドを示した。2月後半の日平均気温は、35年間で2.3℃上昇していた。

次に、ヤマガラ及びシジュウカラの初卵日の最小値および中央値を図-3に示した。縦軸のDOYは1月1日からの連続日数を示し、80が3月21日、100が4月10日、120が4月30日を表す。一部の年を除いて、ヤマガラはシジュウカラよりも初卵日が早かった。初卵日の年次変動はヤマガラ及びシジュウカラ共に大きく、20日以上の年較差がみられた。ヤマガラ、シジュウカラの初卵日の最小値及び中央値のいずれにおいても、有意なトレンドは検出されなかった (Mann-Kendall 検定, $p > 0.05$)。

3. 気温値と初卵日との相関関係

気温と初卵日との相関関係をスピアマンの順位相関係数で検証したところ、複数の気温値と初卵日との間に、気温が上昇すると初卵日が早まるという負の相関関係がみられた (表-2)。初卵日と相関関係がみられたのはどれも1か月以上の期間の、3月を含む気温値だった。

気温値で特に相関の強かったDEF期間の有効積算温度とヤマガラ、シジュウカラの初卵日との関係を図-4に示した。ヤマガラ、シジュウカラ共に、有効積算温度を独立変数、初卵日の中央値を応答変数とした回帰式の傾きは負であり、気温値と初卵日との間には負の相関関係がみられた ($p < 0.001$)。

IV 考察

1983年から2017年までの巣箱調査の期間中、2003年以前には繁殖つがい数は30つがいを超えていたが、2004年に平均20つがいまで減少し、その後現在までつがい数が回復していない (図-1)。2004年前後にヤマガラ及びシジュウカラの個体群に何らかの影響を及ぼすイベントがあった可能性が考えられるが、2004年前後に気温の急激な変化や大規模な積雪、付近の伐採などの記録はなく、原因は不明である。

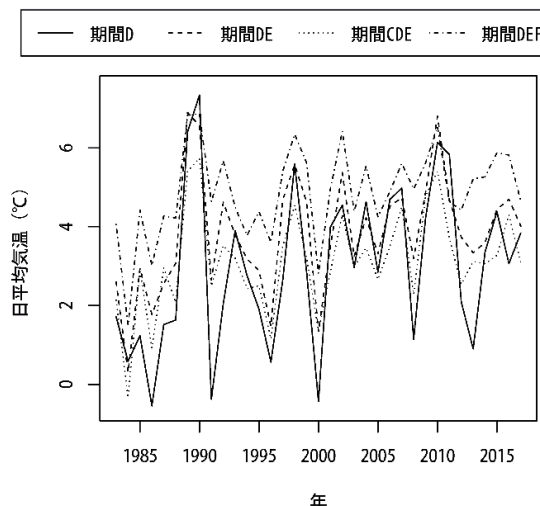


図-2. 長期トレンドが検出された4期間における日平均気温の年次変化

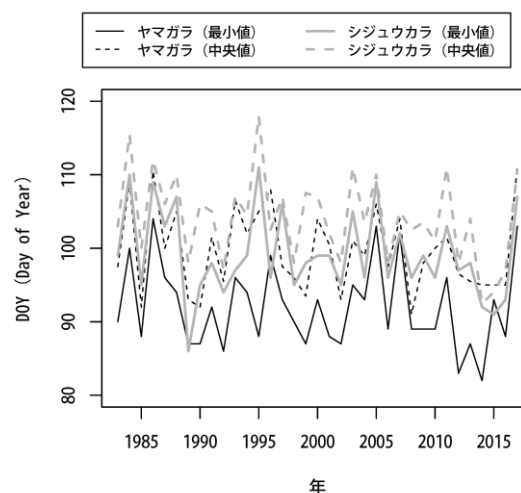


図-3. 初卵日 (前期繁殖) の年次変化
DOYは1月1日からの連続日数を示す。

表-2. 相関がみられた気温値と初卵日の組み合わせ

種類	気温	ヤマガラ*		シジュウカラ*	
		最小値	中央値	最小値	中央値
有効積算温度	DEF	-0.64**	-0.71**	-0.71**	-0.62**
有効積算温度	CDEF	-0.61**	-0.68**	-0.71**	-0.62**
有効積算温度	EF	-0.59**	-0.68**	-0.61**	-0.57**
平均気温	EF	-0.67**	-0.73**	-0.59**	-0.54**
有効積算温度	CDEFG	-0.52***	-0.69**	-0.62**	-0.58**
有効積算温度	DEFG	-0.53***	-0.70**	-0.61**	-0.56**
平均気温	DEF	-0.56**	-0.67**	-0.66**	-0.55**
平均気温	EFG	-0.56**	-0.72**	-0.57**	-0.54**
有効積算温度	EFG	-0.53***	-0.70**	-0.57**	-0.55**
平均気温	DEFG	-0.51***	-0.67**	-0.61**	-0.55**

気温値は、初卵日の種類ごとに求めた相関係数の絶対値の順位、平均順に示した。*スピアマンの順位相関係数 (**: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$)

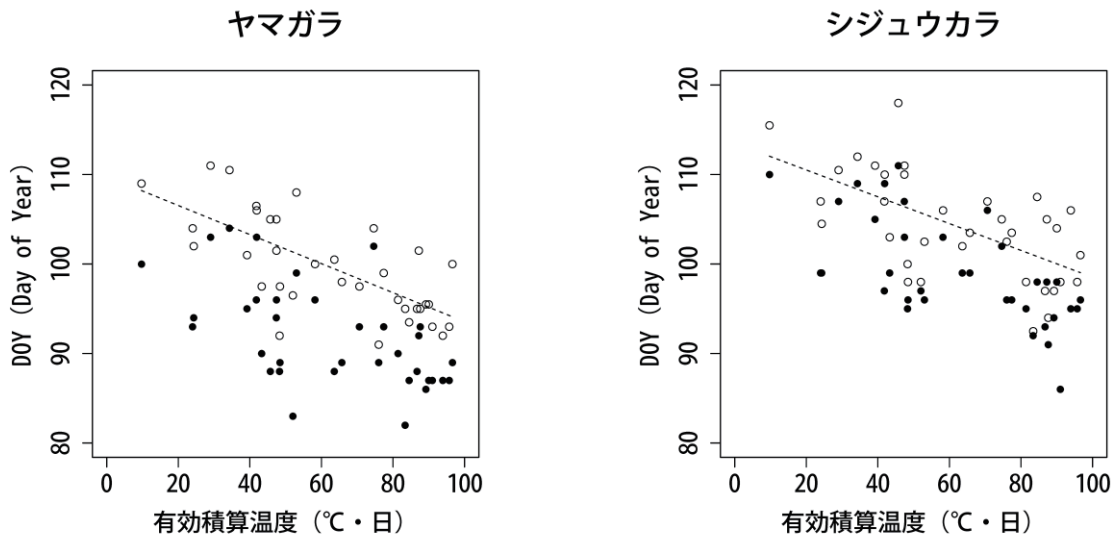


図-4. 有効積算温度（期間 DEF）と初卵日との関係

●は初卵日（最小値），○は初卵日（中央値）を示す。点線は初卵日（中央値）にもとづく回帰線。

初卵日は中央値でヤマガラが 20 日、シジュウカラが 25.5 日と大きな年次変動がみられた（図-3）。また、初卵日にはそれ以前の 3 月を含む期間の気温値との間に、負の相関関係が検出された（表-2）。ヤマガラ及びシジュウカラと比較的近縁なアオガラ（*Cyanistes caeruleus*）では、産卵前の約 1 か月の間に生殖器官が成熟すると推定されている（6）。このことから、ヤマガラやシジュウカラにおいても、初卵日前の 1 か月間に相当する 3 月の気温が、その繁殖生理に影響を及ぼしている可能性が考えられる。

一方、気温の長期トレンドにおいては、この 3 月の気温には長期トレンドが検出されず、半月単位での気温の上昇傾向が確認できたのは 2 月後半のみであった（図-2）。赤津研究林の長期的な気温の上昇幅は、近隣の都市（名古屋市）と比較して小さいことが報告されており（5）、このためほとんどの時期で、明確な気温の上昇傾向が認められなかったものと推察される。これにより、初卵日への影響が大きい時期の気温に明確な長期的な変化がなかったため、初卵日にも一定の傾向が認められなかった可能性が考えられる。また、各時期の気温値や初卵日はいずれも年次変動が大きかったことから（図-2, 3）、相対的に変化量が小さい長期トレンドが明らかにならなかった可能性も考えられる。

いずれの場合でも気候変動がカラ類の繁殖生態に及ぼす影響を明らかにするためには、さらにデータを蓄積しながら検討する必要がある。また気候変動は、鳥類の繁殖において初卵日以外の繁殖特性にも様々な影響を及ぼすことが指摘されていることから（3）、今後はこれらについても解析と検討を進めていく。気候変動のような長期的な環境の変化が生物に及ぼす影響を明らかにするためには、長期的な生物季節のモニタリングデータが必要である（8）。この点において赤津研究林の調査データは

貴重であり、今後も調査を継続していくことが必要である。

引用文献

- (1) 荒木田善隆 (1995) ヤマガラの巣箱設置による繁殖個体数増加と高密度下における繁殖生態. 日鳥学誌 44:37-65
- (2) 荒木田善隆・井上淳・荒木田きよみ (1998) 長期間に渡る巣箱設置によるヤマガラとシジュウカラの繁殖状況. 中森研 46:141-142
- (3) Both C, Visser ME (2005) The effect of climate change on the correlation between avian life history traits. *Glob Change Biol* 11:1606-1613
- (4) Crick HQ, Sparks TH (1999) Climate change related to egg-laying trends. *Nature* 399:423-423
- (5) 蔵治光一郎・五名美江 (2014) 東京大学演習林生態水文学研究所における器差補正を考慮した 78 年間の年平均気温の変化の推定と名古屋の都市化による昇温との関係. 東大演報 131:29-40
- (6) Perins CM (1996) Eggs, egg formation and the timing of breeding. *Ibis* 138:2-15
- (7) 佐藤貴紀・松井理生・田中延亮・蔵治光一郎 (2016) 東海地方の暖温帯二次林におけるカシノナガキイムシ被害の経年変化. 中森研 64:47-50
- (8) Sparks T, Crick H (1999) The times they are a-changing? *Bird Conservation International* 9:1-7
- (9) 高橋功一・田中延亮・松井理生 (2017) 生態水文学研究所白坂小流域の林分構造の変化. 中森研 65:101-104
- (10) 田中延亮・鎌田直人・芝野博文・尾張敏章・大川あゆ子・五十嵐勇治・荒木田きよみ (2013) 東京大学演習林生態水文学研究所・北海道演習林・秩父演習林における年平均気温の長期データの推定. 東大演報 128:1-19
- (11) Walther GR, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee TJ, Bairlein F (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416:389-395