



## 森林性鳥類の生息種・密度調査における ロードサイド・テリトリーマッピング法の有効性

佐藤重穂<sup>1\*</sup>・黒岩哲夫<sup>2\*</sup>

1. 森林総合研究所四国支所, 〒780-8077 高知市朝倉西町2-915
  2. 〒781-0314 高知県吾川郡春野町南ヶ丘7-14-16
- \* 日本野鳥の会高知支部

### はじめに

生物多様性のモニタリングは地球環境保全のための基礎資料として不可欠であり (UNEP 1995), 森林性の鳥類についても, そのモニタリングを定期的実施する必要がある。森林性鳥類の生息種・密度のモニタリング方法としては, ラインセンサス法とテリトリーマッピング法が一般的である (由井 1977, 1997)。この2つの方法は, 鳥類を捕獲することなく, 調査地域に生息する種とその生息密度に関する情報を得るものである。このうち, ラインセンサス法については, 対象となる鳥類の記録されやすさに関する理論的検討によって (Royama 1960, 由井 1974), あらかじめ求められた種ごとの記録率を調査結果に適用して, 繁殖期の生息密度を推定する方法が開発されている (由井 1977, 1982)。これは日本国内のさまざまな型の林相で利用可能である (由井・鈴木 1987)。

一方, テリトリーマッピング法は世界的にみても生物多様性のモニタリング法として標準とされている方法である (UNEP 1995)。しかし, この調査には多くの労力がかかり (Emlen 1971), 急峻な地形を持つ場所や低木層の密な植生の場所では実施が困難である。テリトリーマッピング法に代わる簡便な方法として, 既設の路上を歩きながら両側の一定範囲内で観察される鳥の位置を地図上に記録して調査路の周辺のなわばりの位置と数を明らかにするという, 簡易なテリトリーマッピング法が提案されている (日本野鳥の会 1993)。ここでは, 従来の方法と区別するために, この方法をロードサイド・テリトリーマッピング法と呼ぶ。

日本野鳥の会では1994年から開始された「鳥の生息環境モニタリング調査」において, ロードサイド・テリトリーマッピング法と簡易なラインセンサス法をもちいて日本全国で調査を5年ごとに実施することになり, すでにその調査は2巡目に入っている。金井ほか (1996) は第1回調査において, 北海道から九州の63か所の森林で行なわれたロードサイド・テリトリーマッピングの結果から, 種ごとに, 各調査地で出現するか否かによって求めた出現率を

1999年12月21日 受理

キーワード: 森林性鳥類, 暖温帯林, モニタリング, ロードサイド・テリトリーマッピング法

もちいて、森林の類型と生息する鳥種の関係を解析している。

ロードサイド・テリトリーマッピング法は、調査者の歩いた線上を横切るなわばり数が記録されるものであり、出現の有無以上の情報が得られる。この調査法が鳥類の生息種・密度をモニタリングする上でどのような特性を持つか、また、鳥類の生息密度をどの程度正確に表しうるものかなどについては、これまで十分に調べられていない。そこで、暖温帯の二次林においてロードサイド・テリトリーマッピング法による繁殖期の森林性の鳥類調査を行ない、その結果からこの調査方法の有効性を検討した。

### 調査地と調査・分析方法

調査地を高知県土佐山村の標高約400mの丘陵地(33°25'N, 133°31'E)に設定した。斜面の中腹に位置する森林内を通る林道に1.8kmの調査コースを設け、そのコースに沿う18haの面積を調査範囲とした。調査地の植生はコジイ *Castanopsis cuspidata*、アラカシ *Quercus glauca* などの常緑広葉樹を主とする二次林、スギ *Cryptomeria japonica*、ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* 壮齡人工林、アカマツ *Pinus densiflora* 林、モウソウチク *Phyllostachys heterocycla* 林などがパッチ状に分布し、小面積の農耕地がわずかに混在していた。このうち常緑広葉樹二次林が約7割、スギ・ヒノキ林が約2割を占めた。森林の高木層の樹高はおよそ10~15mだった。

1998年5月23日から6月4日までに、調査を10回くり返して行なった。午前5時から10時に、時速約2kmで調査コースを一人で歩いて片側50m以内で観察されたすべての鳥類について、その種と位置およびなわばり行動を地図上に記録した。計10回の現地調査の結果を種ごとに地図上に重ねて書き、なわばりを区分した。ただし、ツバメ *Hirundo rustica* とコメボソムシクイ *Phylloscopus borealis borealis* は調査地の森林内に繁殖のためのなわばりを形成しないのが明らかなので(由井 1977, 黒田 1982)、以下の解析ではこの2種を除くデータについて行なった。

調査のくり返し回数による精度を知るために、調査1回ごとに、それまでの調査で得られたデータの累積によって、累積出現種数、種ごとの累積出現個体数、種ごとのなわばり数を集計した。1回ごとの出現個体数、および調査回数ごとの累積出現個体数から、多様度指数をシャノン関数  $H'$  (木元 1976) によって求めた。ここで調査の精度は、鳥類群集の構成種とその構成比がどの程度把握されたかによって評価した。

ロードサイド・テリトリーマッピング法の結果から種ごとの生息密度を換算するために、種ごとのなわばり密度を以下の方法で求めた。区分されたなわばりごとに地図上でその中心点を求め、隣接した同種のなわばりとのあいだの中心点間の距離を測り、種ごとにその平均値を求めて、なわばり間距離とした。なわばり間距離をなわばりの平均直径とみなし、なわばりの形を円形と仮定して、種ごとのなわばり面積を算出し、その逆数を単位面積あたりのなわばり密度とした。ただし、なわばりが1つしか確認されなかった種については、なわば

表1. 出現鳥類のリスト, 出現回数となわばり数.  
Table 1. List, occurrence and number of territories of recorded birds.

和名 Japanese name	学名 Scientific name	出現回数* Occurrence*	なわばり数 No. of territories	優占度 % Dominance
トビ	<i>Milvus migrans</i>	2	1	0.9
サシバ	<i>Butastur indicus</i>	1	1	0.9
キジ	<i>Phasianus colchicus</i>	2	1	0.9
コジュケイ	<i>Bambusicola thoracica</i>	6	4	3.7
キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	5	2	1.8
アオバト	<i>Sphenurus sieboldii</i>	1	1	0.9
ホトトギス	<i>Cuculus poliocephalus</i>	7	2	1.8
フクロウ	<i>Strix uralensis</i>	1	1	0.9
アオゲラ	<i>Picus awokera</i>	7	4	3.7
コゲラ	<i>Dendrocopos kizuki</i>	8	4	3.7
ツバメ	<i>Hirundo rustica</i>	6	—	—
ヒヨドリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	10	11	10.1
ヤブサメ	<i>Urosphena squameiceps</i>	4	2	1.8
ウグイス	<i>Celtia diphone</i>	10	24	22.0
コメホソムシクイ	<i>Phylloscopus borealis</i>	2	—	—
キビタキ	<i>Ficedula narcissina</i>	10	2	1.8
オオルリ	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	9	3	2.8
サンコウチョウ	<i>Terpsiphone atrocaudata</i>	8	3	2.8
エナガ	<i>Aegithalos caudatus</i>	3	2	1.8
ヤマガラ	<i>Parus varius</i>	8	3	2.8
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	10	8	7.3
メジロ	<i>Zosterops japonica</i>	8	6	5.5
ホオジロ	<i>Emberiza cioides</i>	10	13	11.9
カワラヒワ	<i>Carduelis sinica</i>	10	7	6.4
カケス	<i>Garrulus glandarius</i>	5	2	1.8
ハシブトガラス	<i>Corvus macrorhynchos</i>	10	2	1.8
Total	26spp.	6.3(average)	109	100.0

\* 10回の調査のうちその種の出現した回数.

\* Number of the census on which the species was recorded.

り間の距離が求められないので, 密度を算出しなかった.

得られた結果からロードサイド・テリトリーマッピング法の鳥類の生息密度のモニタリング法としての有効性を検討した. ここで有効性は, なわばり数が種間の相対密度を表しているか, および調査にかかる労力について評価した. ロードサイド・テリトリーマッピング法で確認された種ごとのなわばり数が相対密度を表しているかどうかを確認するために, 種ごとのなわばり数と前述の方法で求めたなわばり密度とを比較して, 相関の有無とその高さを調べた.

## 結 果

10回の調査で記録された鳥類は26種で, その種名と学名を表1にまとめた. 1回あたりの平均出現種数は $15.5 \pm 2.2$ 種(SD), 平均出現個体数は全鳥種合計で $55.6 \pm 6.2$ 羽だった. 10回の調査で区分できたなわばり数は, 全種の合計で109個だった(表1).

累積出現種数は, 調査回数とともに増加した(図1). 6回目以降の調査で新たに加わるのは, 10回の調査のうち2回以下しか出現しない5種(これを低頻度出現種とする)だけで,

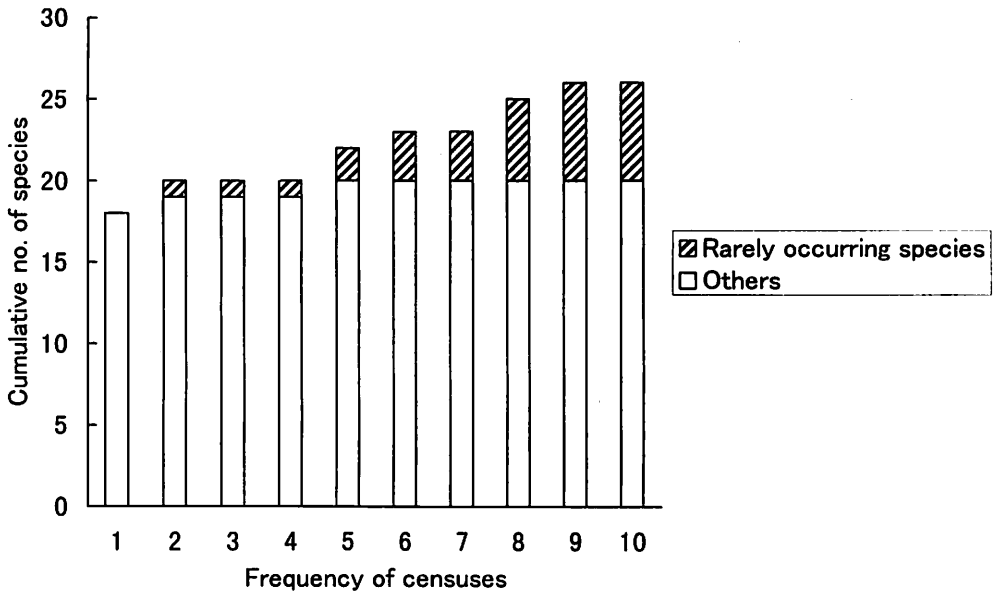


図 1. 調査回数と累積出現種数.

Fig. 1. The increment in cumulative number of species with the frequency of censuses.

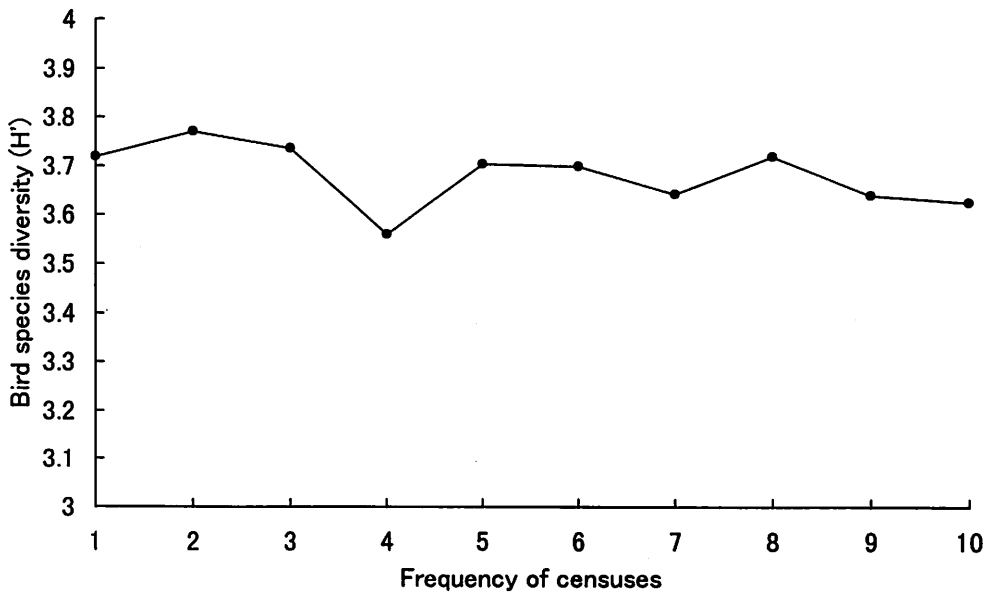


図 2. 調査回数にともなう種多様度の変化. 多様度はシャノン関数による  $H'$  (ビット).

Fig. 2. The change in bird species diversity ( $H'$ ) with the frequency of censuses.  $H'$ (bit) is calculated by Shannon function.

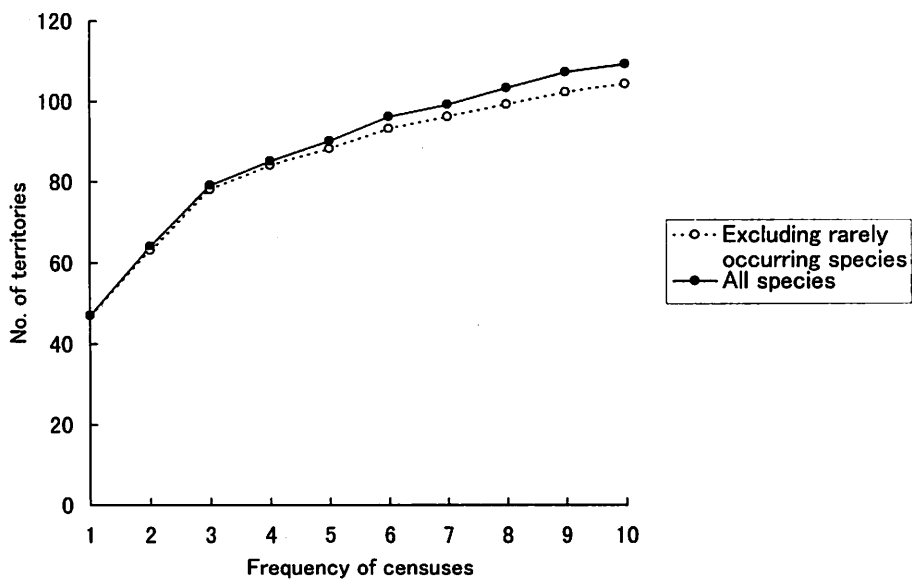


図 3. 調査回数と区分できた全鳥種のなわばり数.  
Fig. 3. The increment in number of territories of all species with the frequency of censuses.

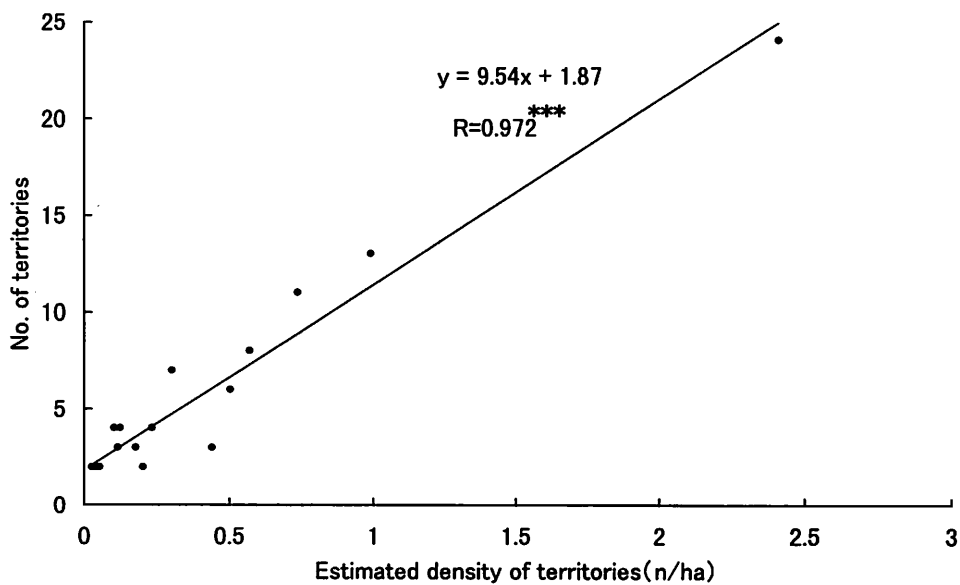


図 4. 推定なわばり密度と記録されたなわばり数の関係.  $***: P < 0.001$   
Fig. 4. Relationship between the estimated territory density (n/ha) and the recorded number of territories of each species.  $***: P < 0.001$

その他の種は5回目までの調査ですべて記録された(図1)。

1回の調査毎の多様度指数は平均 $3.37 \pm 0.26$ ビット(最小2.78, 最大3.72)で, 調査回数毎の累積出現個体数による多様度指数は3.56ビットから3.78ビットのあいだで, 調査回数が増えてもほとんど変動しなかった(図2)。

調査回数が増えるにしたがって, 区分できた全種の合計のなわばり数は, 10回目まで増加し続けて計109個となり, 5回目でその80%を越え, 7回目でその90%を越えていた(図3)。また, 区分されたなわばり数の増加速度(増加分が前回までのなわばり数に対して占める割合)は調査回数とともに低下し, 4回目で10%を下回り, 7回目以降は5%以下となった(図3)。これは, 低頻度出現種を除いた場合でも同じであった(図3)。

主要な構成種は, なわばり数による優占度5%以上のものを高い順に示すと, ウグイス(22.0%), ホオジロ(11.9%), ヒヨドリ(10.1%), シジュウカラ(7.3%), カワラヒワ(6.4%), メジロ(5.5%)であり(表1), このうち上位4種の構成比は調査回数が3回目まででほぼ安定したが, 後の2種は8ないし9回目で安定した。

2個以上のなわばりが確認された19種について, なわばり面積から種ごとのなわばり密度を求めた結果, 最もなわばり面積の大きいのはホトトギスの36.3haでなわばり密度は0.028個/ha, 最もなわばり面積の小さいのはウグイスの0.41haでなわばり密度は2.42個/haであった。この19種のなわばり密度の合計は7.17個/haであった。この19種について, 種ごとのなわばり密度と調査範囲内で記録されたなわばり数とのあいだには有意な正の相関があり(図4,  $r=0.972$ ,  $P<0.001$ ,  $N=19$ ), なわばり密度が高いほど, なわばり数が多く記録されていた。

## 考 察

### 1. 調査のくり返し回数と生息種把握に関する調査精度

今回の調査結果では, 累積出現種数が低頻度出現種を除くと調査5回のくり返しで飽和に達したこと(図1), 区分された全鳥種のなわばり数の増加速度が4回目以降は小さく, さらに7回目以降は特に小さくなったこと(図3), 主要な構成種の構成比が3回目までで安定したことが示された。これらは, 調査のくり返し回数が5回ないし6回で鳥類群集の主要な構成種とその構成比をほぼ把握できることを示唆している。累積個体数による多様度指数が調査回数によって大きく変化しなかったことも(図2), 調査回数を増やしても主な種構成は大きく変わらないことを裏付けている。日本野鳥の会の「鳥の生息環境モニタリング調査」におけるロードサイド・テリトリーマッピング法では, 調査のくり返し回数を5回または6回としている(日本野鳥の会 1993)が, これが鳥類群集の主要な構成種を明らかにするために, 最低限の回数であると考えられる。

主要な構成種のうち, カワラヒワとメジロは区分されるなわばり数が安定するのに8回ないし9回かかった。カワラヒワはルース・コロニーを形成し(中村 1986), メジロは繁殖期が早くからはじまり5月下旬には群れ行動をすることもあるため, この2種はテリトリーマ

ッピング法の適用が比較的困難な種とされている（由井 1977）。このような種はロードサイド・テリトリーマッピング法のみならず、通常のテリトリーマッピング法やラインセンサス法においても、生息密度の推定が難しいことを考慮する必要がある。

今回の調査の規模と方法では、鳥類群集の主要な構成種は5回ないし6回の調査のくり返して把握できるが、低頻度出現種を網羅するには10回でも不十分かも知れない(図1)。この調査で出現した低頻度出現種は、タカ類のように広いなわばりを持つものや、キジやアオバトのように調査範囲内には生息に適した環境が低密度の小さなパッチでしか存在しないもの、およびフクロウのように夜行性のものであった。このうち、前二者については、今回の調査範囲である18ha程度の調査面積では、調査時に出現するかどうか偶然に左右されると考えられる。また、夜行性種については、早朝から午前中に調査を行なっているため、記録率は低くならざるを得ない。このような低頻度出現種も含めたすべての生息種を把握するには、ロードサイド・テリトリーマッピング法は不適切であり、従来のテリトリーマッピング法やラインセンサス法とも共通した問題点である（由井 1984）。森林性鳥類のモニタリングとして低頻度出現種も含めたすべての構成種をより多く把握するためには、広範囲を調査対象としたプロットセンサス法や定点観察法、夜間調査などと併用して実施する必要がある。

## 2. 生息密度の調査法としてのロードサイド・テリトリーマッピング法の有効性

ロードサイド・テリトリーマッピング法によって記録されたなわばり数は、なわばり面積から推定したなわばり密度とのあいだに高い相関があった(図4)。したがって、種間の相対的ななわばり密度を評価する際に、ロードサイド・テリトリーマッピング法で記録されたなわばり数をもちいることができるであろう。記録されたなわばり数で相対密度を評価する方法は、なわばり密度をなわばり間距離から推定するよりも簡便な方法である。

今回なわばり密度の推定にもちいたなわばり間距離からなわばり面積を算出する方法は、ロードサイド・テリトリーマッピング法の結果に適用した場合、調査路に沿った形でなわばりが記録されるために、本来は二次元的な配置であるはずのなわばりが一次元的な配置となる（長谷川・種村 1986）。その結果、なわばり間距離が過小評価され、なわばり密度が過大に推定される可能性がある。なわばり密度が過大評価されているかどうかについては、今回のデータでは検証できない。また、「鳥の生息環境モニタリング調査」で採用されている5回ないし6回の調査のくり返しによる場合は、およそ85%のなわばりしか区分されない(図3)。したがって、ロードサイド・テリトリーマッピング法によるなわばり密度推定が、なわばりの絶対的な密度を表わす方法となりうるかどうかについては、別に検討する必要がある。

通常のテリトリーマッピング法においては、10回程度の調査を行えば調査範囲内のなわばりが把握できるとされているが、一方で、8回の調査では全体の60~70%しかつかめず、14~15回は必要であるとする見解もある（由井 1984）。今回のロードサイド・テリトリーマッピング法による結果では、区分されるなわばり数の増加速度が0に近づいたことを考慮すると、10回の調査でなわばりはほぼ把握されたものと考えられる。つまり、ロードサイド・

テリトリーマッピング法の方が効率がよかった。しかし、調査地の環境条件によって異なる可能性も残されている。

森林性鳥類の繁殖期のモニタリング法として、従来のテリトリーマッピング法は集約的な調査を必要とするだけでなく、調査地の設定に多大な労力を要し（由井 1984）、また、広い地域を対象にしたサンプリング調査でなわばり数を推定するには、さらに何倍もの労力と経費がかかる（Emlen 1971）。これに比べてロードサイド・テリトリーマッピング法は、より簡便である。

ラインセンサス法は、由井（1982）の記録率をもちいた場合、簡便で有効な密度調査法となるが、個体あたりの記録率が100%を越えることがあるという矛盾（由井 1984）や、また、鳥類相の貧弱な地域では結果のばらつきが大きくなることなどの問題点があることが指摘されている（大迫 1992）。ロードサイド・テリトリーマッピング法では前者のような矛盾はない。ラインセンサス法で生息種数を把握するのに必要な調査回数は5～6回とされているが（由井・鈴木 1987）、結果のばらつきを小さくするには、調査の回数をさらに増す必要があり、労力の面ではロードサイド・テリトリーマッピング法と変わらないか、それ以上になる。また、ロードサイド・テリトリーマッピング法の実施に当たっては、調査地の地図を用意し、それに記入する手間が増えるだけであるので、ラインセンサス法と比べて多大な労力を要するものではない。

以上の点を考慮すると、ロードサイド・テリトリーマッピング法は繁殖期の森林性鳥類の生息種と相対的な密度を把握するためのモニタリング調査を多地点で行なうのに適した方法であると考えられる。ただし、モニタリング調査の一環として、低頻度出現種を把握するためのほかの方法と併用することが必要であろう。

## 謝 辞

日本野鳥の会研究センターの金井裕氏には「鳥の生息環境モニタリング調査」でのロードサイド・テリトリーマッピング法の採用の経緯とこの方法の特性についてご教示いただいた。また、本稿を担当していただいた審査者には有益な助言をいただいた。記して深く感謝する。

## 要 約

森林性鳥類のモニタリング法として、日本野鳥の会で採用されているロードサイド・テリトリーマッピング法について、その有効性を検討した。高知県の暖温帯二次林において、1998年の繁殖期に、この方法による調査を10回くり返して行なった。累積出現種数は、タカ類や夜行性種のような低頻度出現種を除くと5回の調査で飽和した。全種のなわばり区分数の増加速度は調査回数が増えるとともに低下し、4回目で10%以下、7回目で5%以下になった。主要な構成種の比率は3回目の調査まででほぼ安定した。したがって、調査のくり返しは5回ないし6回で主要な構成種とその構成比率がほぼ把握できたが、確認できるなわばり数は全体の約85%だった。種ごとのなわばり間距離からなわば



り密度を推定し、この方法で得られたなわばり数と比較したところ、有意な相関があった。調査にかかる労力と得られる情報量を考慮すると、ロードサイド・テリトリーマッピング法は繁殖期の森林性鳥類のモニタリング法として適した方法であると考えられる。

### 引用文献

- Emlen, J.T. 1971. Population Densities of Birds Derived from Transect counts. *Auk* 88: 323-342.
- 長谷川政美・種村正美. 1986. なわばりの生態学. 東海大学出版会, 東京.
- 金井裕・黒沢令子・植田睦之・成末雅恵・釜田美穂. 1996. 森林の類型と生息する鳥類の関係. *Strix* 14: 33-39.
- 木元新作. 1976. 動物群集研究法I-多様性と種類組成-. 共立出版, 東京.
- 黒田長久. 1982. 鳥類生態学. 出版科学総合研究所, 東京.
- 中村浩志. 1986. 鳥におけるルース・コロニー繁殖. 山岸哲(編). 鳥類の繁殖戦略(下). pp. 32-60. 東海大学出版会, 東京.
- 日本野鳥の会. 1993. 鳥の生息環境モニタリング調査ガイドI 森林と草原を調べる. 日本野鳥の会, 東京.
- 大迫義人. 1992. 北海道東部地方斜里の防潮保安林における早春期の鳥類相とラインセンサス法の問題点. *Strix* 11: 299-305.
- Royama, T. 1960. The Theory and Practice of Line Transects in Animal Ecology by means of Visual and Auditory Recognition. *Bull. Yamashina Orni. Inst.* 2: 1-17.
- UNEP. 1995. Global Biodiversity Assessment. University of Cambridge, Cambridge.
- 由井正敏. 1974. 繁殖期における小鳥類の生息数調査法に関する研究. *林試研報* (264): 13-84.
- 由井正敏. 1977. 野鳥の数のしらべ方. 日本林業技術協会, 東京.
- 由井正敏. 1982. 森林原野性鳥類のラインセンサス法の研究VIII 数量化理論による記録率の推定法. *山階鳥研報* 14: 45-58.
- 由井正敏. 1984. 鳥の個体数推定法とその問題点. *植物防疫* 38: 495-500.
- 由井正敏. 1997. 鳥類の個体数の調べ方. 山岸哲(編). 鳥類生態学入門. pp. 63-73. 築地書館, 東京.
- 由井正敏・鈴木祥悟. 1987. 森林性鳥類の群集構造解析IV 繁殖期群集の林相別生息密度, 種数および多様性. *山階鳥研報* 19: 13-27.

An evaluation of the roadside territory mapping method for monitoring  
a woodland bird community

Shigeho Sato<sup>1</sup> & Tetsuo Kuroiwa<sup>2</sup>

1. Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute. 2-915  
Asakura-nichimachi, Kochi 780-8077, Japan E-mail: shigeho@ffpri-skk.affrc.go.jp

2. 7-14-16 Minamigaoka, Haruno-cho, Agawa-gun, Kochi 781-0314, Japan E-mail:  
kuro97st@ps.inforyoma.or.jp

The roadside territory mapping method was evaluated, which is used in the monitoring program on woodland bird community by Wild Bird Society of Japan. Observations were repeated 10 times by this method in the breeding season in 1998 in a warm-temperate secondary forest, in southwestern Japan. The cumulative number of bird species was saturated by the fifth census except for rarely occurring species such as *Falconiformes* and nocturnal species. The rate of increase in the number of territories of all species declined with more censuses and was less than 10% in the fourth census and less than 5% in the seventh census. The dominance of major bird species was determined by the third census. Thus, it was found that five or six censuses of roadside territory mapping were necessary to record the major species and their composition ratio. About 85% of all territories were confirmed within five or six censuses. The number of territories, which was correlated with the territory density estimated from the distance of adjacent territories, could indicate the relative density. The roadside territory mapping method is considered useful for monitoring the forest bird community in the breeding season with the respect to the effort expended and the information obtained.

*Key words: monitoring, roadside territory mapping method, warm-temperate forest, woodland bird community*