

繁殖期における小鳥類の生息数調査法 に関する研究

由 井 正 敏⁽¹⁾

Masatoshi Yui: The Census Method of the Woodland Bird
Population During the Breeding Season

要 旨: 野生鳥類の保護管理は緊急の課題となっているが、その実践に当たっては、まず対象鳥類の個体数の把握、つまりセンサスが基礎的事項となる。繁殖期の森林原野性鳥類のセンサス法としては、なわばり記図法が有効であるが、本法は比較的手数がかかる上に対象面積が限定される。広く用いられている線センサス法は簡便ではあるが、結果を左右する要因が多く、その修正法はまだ確立されていない。

本論文では繁殖期の森林原野性鳥類を対象に、まず一定試験地における数多くのなわばり記図法センサスなどによって生息数を求め、なわばり記図法自体の検討を若干行なった。ついで、同試験地内を通過する線センサスとその地域内の生息数の何れをとらえているか、つまり線センサス記録率を計算し、その率に影響を及ぼす諸要因を統計的に解析した。扱った要因は、鳥種、時刻、天候、林相、進行速度、観察半径、季節、観察者などである。

線センサスで Song 記録に限らず、すべての遭遇個体を記録した場合、上記諸要因に対する各鳥種の対応は、アカハラなど一部を除いてかなり斉一であり、鳥種間の差は少なかった。そして、各要因の影響の程度をかなり明確にすることができた。

今回の解析から、まだいくつかの問題点が残されているものの、線センサス法による広い地域のマクロな鳥類群集の、把握の有効性が明らかになったといえる。

目 次

緒 言	14
I. 試験地の概要	15
1. 富士試験地	15
2. 滝沢試験地	15
II. 調査方法と経過	16
III. 結果および考察	18
A. 試験地の繁殖期生息数	18
1. なわばり数とその時期的変化	18
2. 総生息個体数	21
B. なわばり記図法の検討	22
1. 実施時期および期間	22
2. 必要回数および難易度	22
C. 線センサス法の検討	24
1. 一定条件下の種類別線センサス記録率とその算出方法	25
2. 記録率の日週変化	27
3. 天候による記録率	37
4. 林相による記録率	42

1973年8月24日受理

(1) 東北支場

5. 進行速度による記録率	45
6. 観察半径による記録率	52
7. 記録率の季節変化	57
8. 観察者による記録率	63
9. 線センサス法に関する総合考察	71
IV. 摘 要	73
文 献	75
Summary	77

緒 言

野生鳥獣の適切な保護管理を行なうにあたっては、野生鳥獣の生息生態に関する基礎的な調査研究にもとづいた、科学的な保護管理の方法が確立されていなければならない。そうした調査研究を推進し、また実際の保護管理を行なうにあたって、野生鳥獣の生息密度の把握は基本となる課題である。

森林原野に生息する野生鳥獣は、その行動範囲が大きいこと、植生にかくれて目だちにくいことなどのために、その生息密度の測定（センサス）はなかなか困難であり、現在も各方面でさまざまな鳥獣を対象としてセンサス法の改善の努力が続けられている。

森林原野に生息する鳥類のセンサス法についても、従来さまざまな方法が提唱されているが、簡便で正確かつ普遍的な方法はまだ確立されていない。

なわばり記図法 (territory mapping method, KENDRIGH 1944, ENEMAR 1959) は、繁殖期の鳥類のなわばり数を求めるもっとも有効な方法として広く用いられている。これは繁殖期のなわばりの領域なり境界が、雄のさえずりや個体間の争いによってかなり明確に示されることを利用したものである。実施方法としては、調査対象の区域全体をおおような経路で巡回し、さえずりや争いなどで認知した個体を携帯する地図上に記入していく。とくに、同時に別個体と判別できたものには区別の印をつけておく、何回か巡回したあと、種類別に記録を1つの地図上に集めると、なわばりを持つものは記録地点がまとまって現われ、隣接なわばりとの区別もついて、そこになわばりの存在が浮きぼりにされてくるのである。しかしこの方法は、調査に手数がかかるうえに対象鳥類に制約があり、日本における適用性の検討もまだほとんど行なわれていない。

鳥類のセンサス法のうち、もっとも普通に用いられてきたのは線センサス法（ここでは従来、ライントランセクト、帯状センサス、ロードサイドセンサスなどと呼ばれているものをすべて含めた意味に用いる）である。この方法は、ある経路を歩行しながら経路両側のある範囲内で認知した鳥をすべて記録し、集計したものを、通過距離、通過時間、カバー面積などで処理するだけの簡単な方法である。しかしながら、そのようにして得た記録は、後述するようにセンサス実施時のさまざまな条件と、鳥自身の目だちやすさ (conspicuousness, COLQUHOUN 1940) によって大きく左右されるため、それらの条件を一定基準に修正しないかぎり、生息密度の推定はできない。それらの条件変化の修正法は断片的には報告されているが、全条件を合わせた系統的な解析はまだ行なわれていない。

本報告は著者がこれまで、富士山ろくおよび岩手県滝沢村の林業試験場鳥獣試験地で行なってきた鳥類生息生態調査の資料を用いて、繁殖期における鳥類センサス法の諸問題を解析検討した結果を述べるものである。

本報告ではまず、上記両試験地で実施した数多くのなわばり記図法センサスや、営巣調査によって求めた種類別の繁殖期生息数を示した。ついで、なわばり記図法の検討を若干行ない、さらに生息数調査結果を利用して、線センサスの記録に関与する諸要因の解析を行なった。解析の結果は経験的なものではあるが、いずれもかなりはっきりした傾向を示しており、実用性があるものと思われる。そのほか、センサス実施にあたってのより良い記録のとり方についても言及した。

本研究を行なうにあたり、試験地の設定をはじめ調査実施にもっともご協力いただいた元林業試験場保護部鳥獣第2研究室主任研究官松山資郎氏、試験設計、研究方針などにご指導を賜った山階鳥類研究所黒田長久博士、同浦本昌紀博士に深く謝意を表する。また、センサス調査をはじめ現地での諸調査では本場鳥獣第2研究室高野 肇技官、東北支場鳥獣研究室土方康次技官、日本野鳥の会御殿場支部高田俊雄氏、高田重雄氏、同東京支部安部直哉氏、橘 敏雄氏、笹川昭雄氏、連尾嘉彪氏はか多数のかたがたにご協力いただき、ここに厚く感謝する。また、試験地の整備、資材の運搬に終始便宜をはかっていただいた、東京営林局沼津営林署須走担当区元主任小田富弥氏をはじめ、担当区のかたがたにも深く感謝する。

本報告の公表にあたり、研究遂行に終始尽力いただき、ご指導ご校閲を賜った元本場鳥獣科長池田真次郎博士ならびに助言と校閲を賜った東北支場鳥獣研究室室長樋口輔三郎博士に深謝する。

I 試験地の概要

1. 富士試験地

富士山東ろくの静岡県駿東郡小山町須走の標高1,150mに位置する。富士山の広大なすそ野の中であって東にわずかに傾斜しているが、ほぼ平坦といってよい。本試験地は Fig. 1 に示すとおりで、南北約1,300m、東西約400m、調査対象面積は約52haである。1966年秋に、試験地全域に50m間隔で幅1mの観察路が基盤目状に伐り開かれた。

試験地の林相は大半がカラマツ、アカマツ、ウラジロモミ、ヒノキの若い造林地から成っている。高圧送電線2本が試験地内を南北に縦断しており、その直下は幅50m以内の低木林になっている。高圧送電線下の低木林および各種人工林の中下層の植生は、マメザクラ、ミズナラ、ナナカマド、ズミ、ウリハダカエデ、ミツバツツジなど各種の温帯落葉広葉樹から成る。

試験地全体の林相は構造的に大別して、試験地中央に位置する1935年植栽、樹高約10mの成層混交林（アカマツ、カラマツ、広葉樹）、北側の背たけより低い若齢人工林、南側の背たけより高い若齢人工林の3つに区分される。

2. 滝沢試験地

岩手県岩手郡滝沢村砂込の東北本線沿い、標高250mに位置する。本試験地は Fig. 2 に示すとおりで、南北約700m、東西約400m、調査対象面積は約28haである。南側小川沿いの一部を除いてはほぼ平坦である。

林相は岩手地方低山部の代表的なアカマツを主とする、落葉広葉樹混交林で、林齢約60年、主林木のアカマツの樹高は25mから30mに達する。南側の一部にカラマツ壮齢林を混じえる。林内上層にはカスミザクラ、ミズナラ、カシワ、ミズキ、ホオノキなどの各種落葉高木が混入するが、中下層木は比較的少なく、ヤマウルシ、コブシ、ミズキなどが散生する。林床には丈高0.5m前後のササが中密度に茂る。

本試験地では1970年に、延長3kmの観察路（幅0.5m）を林内に伐開設定した。

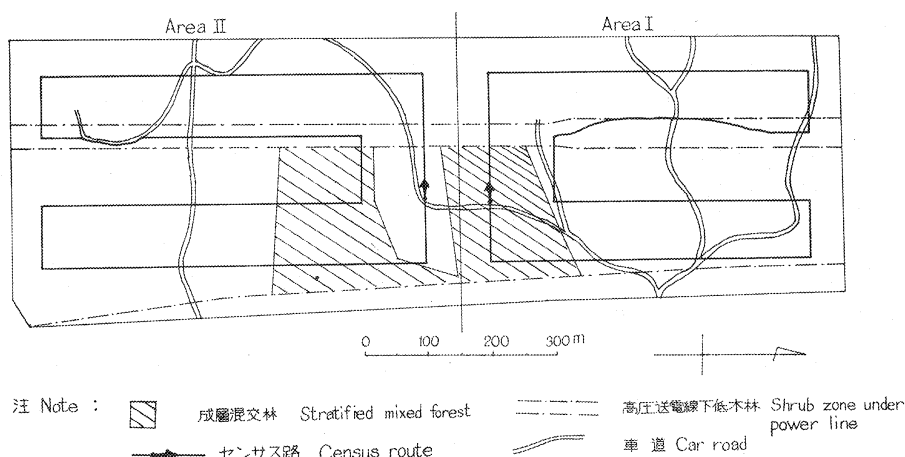
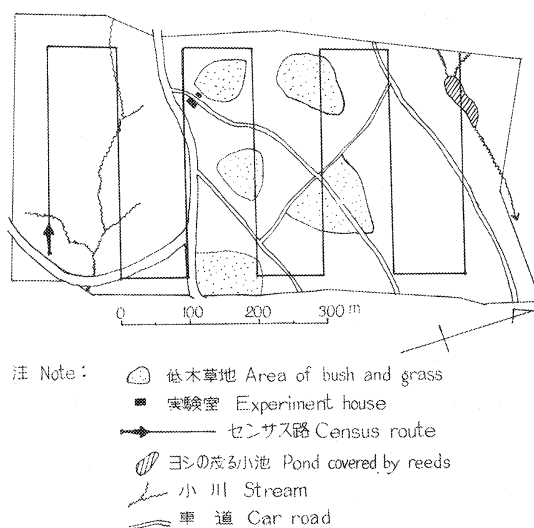


Fig. 1 富士試験地構造図 (52 ha)
Map of the study area Fuji
(52 ha).

Fig. 2 滝沢試験地構造図 (28 ha)
Map of the study area
Takizawa (28 ha).

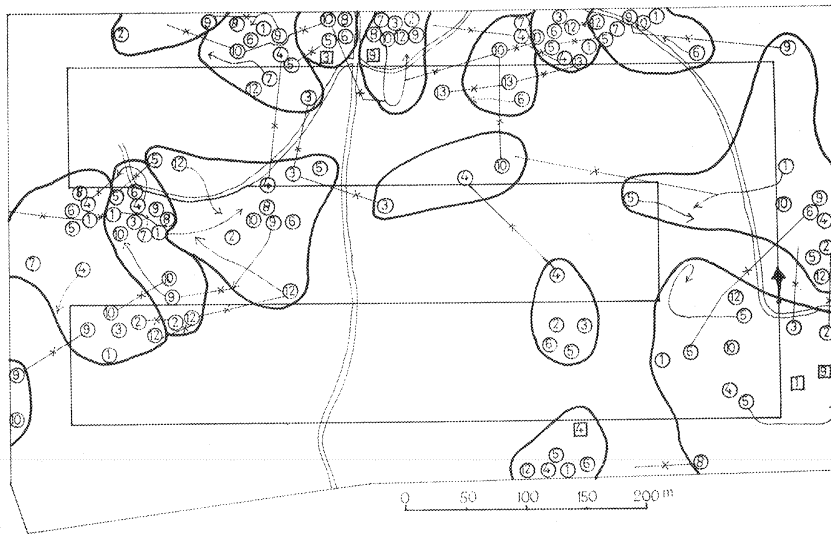


II 調査方法と経過

各試験地における繁殖期の全生息数推定のための基本的調査方法としては、緒言で述べたなわばり記図法センサス法を用いた。今回の調査では、携帯地図上への記入は雄のさえずりに限らず、遭遇したすべての鳥をその認知方法とともに記録した。認知方法はさえずり (Song, 以下略字 S), 地鳴き (Call, 以下 C), 姿の目撃 (Visual, 以下 V) の 3 つである。

富士試験地では 52 ha 全域を一度にセンサスするのは、時間や疲労度からみてむりがあるので、試験地を 24 ha と 28 ha の南北 2 つに分割し、別々にセンサスを行なった。ここで、北側 24 ha の地域を第 I 区、南側 28 ha の地域を第 II 区とする。

センサスルートは Fig. 1, 2 にそれぞれ示した。センサス進行速度として通常は時速 1.5 km をとったが、その場合各ルートの 1 巡回に要する時間は、富士第 I 区がルート延長 2.4 km で 96 分、同 II 区は 2.8 km で 112 分、滝沢は 3.0 km で 120 分である。



注 Note : ⑤ Song 記録の位置およびセンサス巡回番号 Location of song record and order of census.
 ④ CallおよびVisual 記録の位置 Location of call and visual record.

Fig. 3 ウグイスのなわばり記図法センサス（1968年第Ⅱ区 5月8日～12日）
 Application of the territory mapping method to *Cettia diphone*
 (Area II, 8~12 May, 1968).

一周に要する時間には、地図上への記入時間をも含めて、全体としてその区域内に何時間いたかということの問題にする。しかし、記入はできるだけすばやく行ない、センサス進行速度を乱さないように努めた。

実際のセンサスには縮尺2,500分の1の記録地図を携帯し、Fig. 1, 2の矢印の位置を出発点として、半径50m内で認知したすべての鳥を記録した。同一個体について、経路上を同一方向に進行している間は、二重記録をおかさないように注意した。

富士のウグイスについて行なった、なわばり記図法センサス結果の1例をFig. 3に示す。

調査は1967, 1968, 1969の3か年は富士, 1970, 1971の2か年は滝沢で行なった。1967, 68年の繁殖期には多くの観察者により、各種条件下で合計264回のなわばり記図法センサスを行ない、また69年には補足的に10回行なった。67, 68年の調査は4～8月の繁殖期間中、7～10日の間を置いて数日ずつ集中的に実施し、繁殖期間内の時期別の生息状態をつかむようにした。70, 71年には6月を中心としてそれぞれ10回のなわばり記図法センサスを実施した。

富士試験地ではなわばり記図法センサスのほかに、生息数をよりくわしくつかむために、巣の確認、個体別なわばりの追跡、さらに標識調査を兼ねてネットによる鳥の捕獲放翔を数多く行なった。巣は67, 68年の2か年で220個発見し、標識個体は1,000羽を越えた。

線センサス法のデータは、各種条件下で行なったなわばり記図法センサスにおいて、各センサス区域の1巡回で記録した種類ごとの記録個体数をそのまま用いた。

なお、線センサス記録に関与する諸要因の解析の大半は、富士で67, 68年両年に行なった著者の150回余のセンサスデータにもとづいている。

III 結果および考察

A. 試験地の繁殖期生息数

1. なわばり数とその時期的変化

富士と滝沢の両試験地における繁殖期のなわばり数の調査結果を Table 1, 2 に示す。富士の数値は繁殖期内の調査時期別に第 I 区と第 II 区を合わせた数値である。

なお、なわばり数の算定にあたって、調査対象区域の辺縁にかかるなわばりについては、KENDEIGH (1947) に従って 1/2 なわばりとして数えた。

本表では、なわばり記図法でなわばり数あるいは「なわばり」の存在を明らかにできなかった種類につ

Table 1. 富士試験地における
Seasonal change of number of

種 名	Species	1967			
		V. 11~14	V. 22~26	VI. 6~9	VI. 20~24
1. ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	34	37	37	37
2. ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	23	35	28	26
3. ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	24	24	24	24
4. ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	9.5	9.5	9.5	8
5. シ ジ ユ ウ カ ラ	<i>Parus major</i>	8	8	7	7
6. コ ル リ	<i>Erithacus cyane</i>	7.5	7.5	7.5	7
7. メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	6	6	6	6
8. ホ オ ジ ロ	<i>Emberiza cioides</i>	6	6	6	8
9. モ ズ	<i>Lanius bucephalus</i>	4	4	4	2.5
10. マ ミ ジ ロ	<i>Trudus sibiricus</i>	5	5	5	5
11. ホ オ ア カ	<i>Emberiza fucata</i>	2	2	2	2
12. ヒ ガ ラ	<i>Parus ater</i>	2	3	3	3
13. ヨ タ カ	<i>Caprimulgus indicus</i>	2	2	2	2
14. エ ナ ガ	<i>Aegithalos caudatus</i>	0	1	0.5	1
15. センダウムシクイ	<i>Phylloscopus occipitalis</i>	2.5	2	1.5	0.5
16. コサメビタキ	<i>Miscicapa latirostris</i>	0.5	0.5	0.5	0.5
17. ト ラ ツ グ ミ	<i>Turdus dauma</i>	1	1	1	1
18. ア カ ゲ ラ	<i>Dendrocopos major</i>	0.5	0	1	2
19. キ ジ	<i>Phasianus colchicus</i>	0.5	1	0.5	0.5
20. コ ム ク ド リ	<i>Sturnia sturnia</i>	0	0	0.5	1
21. ヤ マ シ ギ	<i>Scolopax rusticola</i>	1	1	1	1
22. ホ ト ト ギ ス 類	<i>Cuculus sp.</i>	1	1.5	1.5	2
23. キ ジ バ ト	<i>Sireptopelia orientalis</i>	1	1	1	1
24. コ ジ ユ ケ イ	<i>Bambusicola thoracica</i>	1	1	1	1
25. オ オ ジ シ ギ	<i>Gallinago hardwickii</i>	1	1	1	1
26. カ ケ ス	<i>Garrulus glandarius</i>	1.5	0.5	0	0
27. ハ シ ブ ト ガ ラ ス	<i>Corvus leucaurus</i>	1	1	1	1
28. ワ シ タ カ 類	Accipitridae	1	1	1	1
29. イ カ ル	<i>Eophona personata</i>	0.5	0.5	0.5	0.5
合 計	Total	147.0	163.0	154.5	153.5

いても、その生息状況の諸調査結果から推定した数値を示しておいた。

富士の例について、全種合計したなわばり数で繁殖期内の時期的変化をみると、5月になわばり数は最高値を示し、6月に入る段階で急に減少したあと、ほぼ安定した推移あるいはごくゆるやかな下降を示している。

しかし、6月以降の種類別のなわばり数変化は、全種合計の変化に比べてばらつきが大きい。

7月下旬以降は、ほとんどの種類で大半の個体の繁殖活動は終息し、Song活動が無くなり移動も多くなるため、なわばりは判然としなくなる。Table 1の最後の2期の数値はかならずしも正確なものではない。

考 察

5月から6月にかけてのなわばり数の大きな変動は、おもに生息地をめぐるなわばり争いではみ出した

繁殖なわばり数の季節変化 (52 ha)
breeding territories in Fuji (52 ha)

			1968							
VI. 30~ VII. 4	VII. 14~18	VIII. 5~8	V. 8~12	V. 20~30	VI. 2~4	VI. 13~18	VI. 27~30	VII. 11~15	VII. 25~26	VIII. 8~10
37	37	37	59	57	54	52	51	51	51	51
26	26	26	21	19	17	17	15	15	14	13
24	24	24	22	17	16	21	22	24.5	24.5	24.5
8	8	8	14	14	13	12	12	12	9	9
7	7	6	13	13	13	13	13	13	13	13
7	7	7	8	8	7	7	7	7	7	7
6	6	6	5.5	5.5	5.5	6	6	6	6	6
8	8	8	6	5.5	5.5	5.5	5.5	6	6	5.5
2	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8
5	5	5	1.5	4	2.5	2.5	2	2	2	2
2	2	2	3	3.5	3	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
3	3	1.5	4	2.5	1	1	1	2	3	3
2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0.5	0	2	2	2	2	1.5	2	1.5	1.5
0.5	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0
1	1.5	1.5	2	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.5	2	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0.5	0	0	0	0	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	0	0	2.5	3	3.5	4	4.5	1.5	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
151.0	152.5	148.5	182.5	174.5	161.5	164.0	160.5	165.5	158.0	157.0

Table 2. 滝沢試験地における繁殖なわばり数 (28 ha)
Number of breeding territories in Takizawa (28 ha)

種 名	Species	繁殖なわばり数 Number of breeding territory in	
		1970	1971
1 ヒ ヨ ド リ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	13	18.5
2 シ ジ ュ ウ カ ラ	<i>Parus major</i>	10	16
3 ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	8	11
4 ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	7.5	9.5
5 ク ロ ツ グ ミ	<i>Turdus cardis</i>	7.5	8.5
6 イ カ ル	<i>Eophona pelsonata</i>	5	8
7 モ ズ	<i>Lanius bucephalus</i>	5	5
8 エ ナ ガ	<i>Aegithalos caudatus</i>	1.5	5
9 カ ケ ス	<i>Garrulus glandarius</i>	2	5
10 キ ジ バ ト	<i>Streptopelia orientalis</i>	1	5
11 サンコウチョウ	<i>Terpsiphone atrocaudata</i>	2	4
12 コ ゲ ラ	<i>Dendrocopos kizuki</i>	2	3
13 ト ラ ツ グ ミ	<i>Turdus dauma</i>	2	3
14 ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	3	2
15 コサメビタキ	<i>Miscicapa latirostris</i>	1.5	2.5
16 ア カ ゲ ラ	<i>Dendrocopos major</i>	2	2
17 ム ク ド リ	<i>Sturnus cineraceus</i>	1	2
18 キ ジ	<i>Phasianus colchicus</i>	1	2
19 ヒ ガ ラ	<i>Parus ater</i>	2	2
20 キ ビ タ キ	<i>Muscicapa narcissina</i>	2	2
21 サンショウクイ	<i>Pericrocotus roseus</i>	1	1.5
22 オオヨシキリ	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	1.5	1.5
23 ア リ ス イ	<i>Jynx torquilla</i>	1	1.5
24 メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	1	1
25 コ ガ ラ	<i>Parus atricapillus</i>	0.5	1
26 コ ム ク ド リ	<i>Sturnia sturnia</i>	1.5	1
27 ヒ ク イ ナ	<i>Porzana fusca</i>	1	1
28 フ ク ロ ウ	<i>Strix uralensis</i>	0.5	0.5
29 ホトトギス類	<i>Cuculus sp.</i>	4	4
30 コカワラヒワ	<i>Chloris sinica</i>	1	0
合 計	Total	92.0	129.0

個体が、整理されていく過程を反映したものである。ENEMAR (1959) もスウェーデンの森林性鳥類で同様の現象を認めている。その時期以降の小変動は、親鳥の死亡、繁殖の失敗あるいは終了による出入り、辺縁部のなわばりの時期的伸縮、それに期間中に行なわれた育林作業による生息地の喪失などによっている。

6 月に入ってなわばり争いが一段落したあとの生息数を、定着なわばり数あるいは定着個体群 (stationary population) という (ENEMAR 1959)。この数値は PALMGREN (1930) も述べているように、その鳥種に対するその地域の環境容量 (carrying capacity) をある程度表わすものである。

しかし、Table 1 で 1967 年と 68 年を比較してみると、6 月以降比較的落ちついた時期のなわばり数は、ウグイス、ビンズイなど造林下刈り作業による生息数の年変化を示したものを除いても、種類によって両

年で変化を示している。また、Table 2 の滝沢のなわばり数も、年変化を示している。したがって、なわばり数で見た環境容量は、年度的な変動の幅があるということも考慮しておく必要がある。

2. 総生息個体数

ある地域の繁殖期総生息個体数を求めるためには、なわばりを持って定着している個体のほかに、なわばりを持たないでその地域を漂浪している個体の数をも知らなくてはならない。また、なわばりの内部構成も一夫一妻制、一夫多妻制などのほか、単独雄のみによるものなどがあり、それらの実態をも明らかにしなければならない。

ここでは、調査の詳しく行なわれた富士試験地の生息状況をおもに述べる。

はじめに単独雄のみからなるなわばりの割合を見る。Table 3 に調査結果を示した。単独雄のなわばりと見なした条件は、数多くのなわばり記図法センサスで、雄雌合わせた出現記録が無いこと、営巣未記録、親子群の不出現、繁殖期中絶え間なくさえずっていたこと（これは種類による）などである。

これによれば、富士試験地に生息する主要種の多くはつがいを形成していて、独身なわばりのものは多くても7～8%しかない。

ここで、夫婦制の観点から注目すべき種類はウグイスである。本種では雄の大きななわばりの中でしばしば2羽の雌が記録されたり、雄には見守られない幼鳥群が同時に2群出現したり、巣が近接して同時期に発見されたりした。これは羽田・岡部 (1970) が指摘するように、なわばりによっては一夫多妻制をとっている可能性を示すものである。

次に、漂浪個体の記録について述べる。漂浪個体はほとんどの場合、なわばりを持たない劣位の雄あるいは未成熟の雌からなるのであるが、それらの個体はふだん目だちににくい上に、確認することがむずかしい。富士では以下のコルリの例があるのみである。

1967年のコルリの7なわばりは、すべてつがいであることが標識試験で確かめられているが、繁殖最盛期の6月8日に、突然無標識の成鳥雄3羽がほぼ同時にネットで捕獲された。そしてその3羽は、それ以後はまったく再捕獲されていない。これはおそらく独身雄が小群を作って広い地域を漂浪していたものが、たまたま試験地に侵入して捕獲されたとみてよい。

最後に滝沢試験地での独身なわばりの記録について、少し述べておく。ここでは1970年のアオジが8

Table 3. 独身なわばりの割合 (富士試験地)
Ratio of unmated territories to the total number of territory in Fuji

種 名	Species	年 度 Year	なわばり数 No. of territory	独身なわばり数 No. of unmated terr.	比 率 Its ratio
ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	1968	51	4	7.8%
ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	1967, '68	42	3	7.1
ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	1968	24	1?	4.2
ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	1968	12	1	8.3
シ ジ ユ ウ カ ラ	<i>Parus major</i>	1967, '68	20	0	0
コ ル リ	<i>Erithacus cyane</i>	1967	6	0	0
メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	1968	6	0	0
ホ オ ジ ロ	<i>Emberiza cioides</i>	1968	6	0	0
ホ オ ア カ	<i>Emberiza fucata</i>	1968	3	0	0
ヒ ガ ラ	<i>Parus ater</i>	1967, '68	5	0	0

なわばりのうち3つ、ヒガラが2つのうち1つ、オオヨシキリで2か年3なわばりのうち少なくとも1つが独身なわばりで、それらの割合はかなり高い。しかしアオジ、ヒガラの1971年およびこれら以外の大半の種類では、ほとんど独身なわばりの記録はなかった。

考 察

上記の調査結果によれば、種類ごとの総生息個体数はそれぞれさまざまな構成員内容からなっており、簡便なセンサスで正確にその数をつかむことはむずかしいと見られる。

ところで、鳥類センサスの1つの重要な目的は、ある地域におけるある鳥種の環境容量を明らかにすることである。そして、それはなわばり数によってほぼ示される。したがって、漂浪個体に無関係に、ある地域のなわばり数のみを求めることでその目的は達せられる。

コルリの例で示されるように、漂浪個体はふだん目だたないので、なわばり記図法でも線センサス法でも、その存在が結果を左右することは少ないものと考えられる。

B. なわばり記図法の検討

本項ではおもに、富士試験地のなわばり記図法センサスデータにもとづき、望ましいなわばり記図法センサスの実施方法、および鳥種によるセンサス必要回数あるいは本法適用の難易度を述べる。

1. 実施時期および期間

環境容量としての定着なわばり数を求める見地から、なわばり記図法の実施時期は各鳥種ごとに移動やなわばり争いが一段落した以降の時期で、また繁殖後の移動を始める以前がよい。その時期は鳥種によって異なるが、大半の種類では5月下旬から6月いっぱい期間である。なおカラ類、ケラ類などの留鳥では時期が少し前へずれる。

なわばり記図法における認知記録は、後述するようにならずしも Song だけに限定する必要はない。しかし、隣接なわばりを区分するもっとも重要な記録としての Song は、その活動性が時期的に変化することから、望ましい実施時期はさらに限定されることもありうる。

アカハラは6月中旬以降に Song 活動が活発化する種類であり(後述)、その時期のなわばり記図法センサスの効率がよい。そのほかの種類では、一般に Song 活動はその個々のつがいの繁殖活動の進行に合わせて変化するが、特に早朝時間帯(夜明けから4時間前後)に限れば、いかなる繁殖進行段階でもある程度以上の Song 活動が行なわれるので、時期的要因がなわばり記図法へ影響することは比較的少ない。

ところで、なわばりは繁殖期初期のなわばり争いによる移動、消滅等のほか、それ以降でも時期的に同一つがいの領域が移行することがある。先に Fig. 3 に示したウグイスのなわばりの時期的移動を Fig. 4 に示す。またなわばりは、繁殖進行段階によって、伸縮することも知られている(蠟山 1958)。

したがって、ある地域のなわばり記図法センサスの実施期間を長くとりすぎた場合には、上記の変動が含まれたデータとなり、まとめがむずかしくなり、結果も不正確となる。そのため、なわばり記図法センサスはなるべく短期間に集中して行なうのが望ましい。

2. 必要回数および難易度

なわばり記図法センサスで、なわばり数を求めるのに必要なセンサス回数(1回のセンサスは対象地域全体をおおうルートで1回巡回すること)は、さまざまな要因に影響されるために一定の基準を定めにくい。また、はっきりしたなわばりの境界の無い種類、あるいは Song 活動のない種類などでは、センサス回数をいくら多くしても、なわばり記図法化はほとんど不可能である。

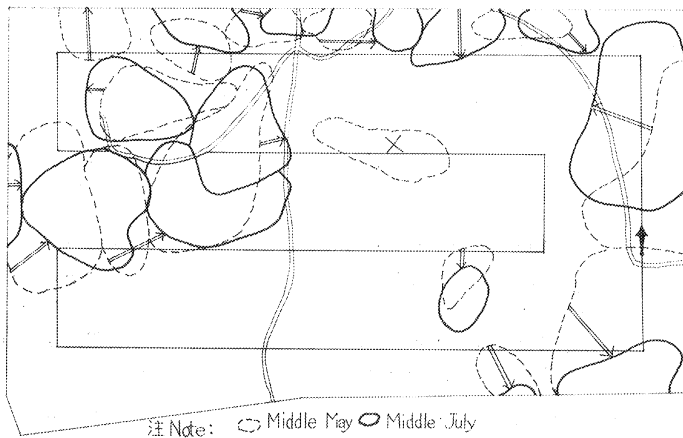


Fig. 4 ウグイスのなわばりの時期的移動
5月中旬(破線)と7月中旬(実線)の比較
Seasonal change of territory in *Cettia diphone*.
Comparison of periods of middle May and middle July, 1968, Area II.

必要回数に影響する要因は、後に報告する線センサス記録へ影響する要因と内容的に同じで、鳥種、時刻、天候、林相、進行速度、観察半径、観察者能力などである。

特になわばり記図法の場合は Song 記録が重要なので、鳥種による Song 活動性の差による必要回数の鳥種差は大きい。また同一種についても、Song 活動の年変化があるので(後述)、それによる必要回数の差もでてくる。そしてなわばり記図法では、Song 記録あるいはなわばり争いなどにおける隣接個体の同時記録による区別が重要であり、それらの活動の活発な早朝と鈍い昼間とでは、必要回数に大きな差がある。

上述のように、なわばり記図法では Song 記録が重要であるが、C, V 各記録も補助記録として有用な場合が多い。雌雄の同所出現記録、2羽の雄の同時目撃、巣の周囲での頻繁な出現(その場合、巣材や餌をくわえ、また警戒することが多い)などの記録である。

これらの記録は、Song のない種類やはっきりしたなわばりのない種類についても、そのつがいの存在を明らかにするのに役立つ。特に生息密度が低く、つがいが広い地域に散在している場合は、出現点が集中してくるので区分しやすい。

富士と滝沢で実施したなわばり記図法による、なわばり数調査の難易度を鳥種別に Table 4 に示す。この難易度は、なわばり記図法センサスを、進行速度時速 1.5 km、観察半径 50 m で、良い天気の前朝に 10 回実施した場合のものである。さきに述べたように巡回数をこれ以上増やしても、難易度はそれほど変わらない。正確さを求めるためには、Song の同時記録を多く得るために、必要な回数を増やせばよい。

富士および滝沢では上記のように 10 回前後センサスすれば、なわばり記図法の容易な種類のなわばり数はほぼ正確に明らかになる。ENEMAR (1959) はスウェーデンの森林性鳥類(特に Song のある小鳥について)では、10~12 回センサスすればよいという。SNOW (1965) はイギリスの小鳥について、8 回のセンサスでは実際に存在するなわばり数の 60~70% しかつかめないといい、14, 5 回のセンサスで正確な数値が求められることを示した。

Table 4. なわばり記図法適用の難易度
Ranking of easiness for application of the territory mapping method

難 易 度 Ranking	種 名 Species
非常に容易 Very easy	ウ ゲ イ ス <i>Cettia diphone</i> センダイムシクイ <i>Phylloscopus occipitalis</i>
	オオヨシキリ <i>Acrocephalus arundinaceus</i> サンショウクイ <i>Pericrocotus roseus</i>
	コ ル リ <i>Erithacus cyane</i>
比較的容易 Compar- atively easy	ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i> ホ オ ジ ロ <i>Emberiza cioides</i>
	ホ オ ア カ <i>Emberiza fucata</i> ビ ン ズ イ <i>Anthus hodgsoni</i>
	ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i> ク ロ ツ グ ミ <i>Turdus cardis</i>
	キ ビ タ キ <i>Muscicapa narcissina</i> サンコウチョウ <i>Terpsiphone atrocaudata</i>
	ヒ ヨ ド リ <i>Hypsipetes amaurotis</i>
場合により 困難 Occa- sionally difficult	シジュウカラ <i>Parus major</i> ヒ ガ ラ <i>Parus ater</i>
	コサメビタキ <i>Muscicapa latirostris</i> モ ズ <i>Lanius bucephalus</i>
	マ ミ ジ ロ <i>Turdus sibiricus</i> イ カ ル <i>Eophona personata</i>
	コムクドリ <i>Sturnia sturnia</i> カ ケ ス <i>Garrulus glandarius</i>
	キ ジ バ ト <i>Streptopelia orientalis</i>
比較的困難 Compar- atively difficult	エ ナ ガ <i>Aegithalos caudatus</i> メ ジ ロ <i>Zosteropus palpebrosa</i>
	トラツグミ <i>Turdus dauma</i> コ ゲ ラ <i>Dendrocopos kizuki</i>
	ア カ ゲ ラ <i>Dendrocopos major</i>
不 可 能 Impossible	カ ッ コ ウ <i>Cuculus canorus</i> ホ ト ト ギ ス <i>Cuculus poliocephalus</i>
	ヨ タ カ <i>Caprimulgus indicus</i>

C. 線センサス法の検討

緒言で述べたように、線センサス法は簡便であるが、記録のとり方や結果を左右する要因がさまざまあり、それらの統一的な基準なり修正法がまだ確立されていない。

調査方法の項で述べたように、本論では、富士と滝沢の両試験地で、さまざまな条件下で実施した1回ごとのなわばり記図法センサスデータから、鳥種ごとに記録個体数をひきだしてそのまま線センサスデータとして用い、その記録の変動に関する諸要因を解析した。

扱った要因は、鳥の種類によるセンサス記録効率の差のほか、時刻、天候、林相、進行速度、観察半径、季節、年度、観察者能力などである。本報告では鳥の場所的分布型にもとづく適切なサンプリング方法、あるいはサンプル誤差の統計処理については扱わず、上記諸要因の影響性に関する経験的な統計解析の結果を報告する。

上記の諸要因は、たとえば天候は晴天、曇天、雨天、林相はブッシュ、低木林、高木林というように、それぞれ独特の条件変化を示す。したがって、センサス記録への影響度の解析は、全要因による多変量的な解析をせず、個々の要因ごとにほかの要因の諸条件を一定にした上で解析を行なった。

時刻、天候、進行速度などいくつかの要因については、1回のセンサスにおける各鳥種ごとの記録数が少ないので、鳥種別に細かく解析するには至らない。そこで、それらの解析は以下のような方法をとった。

個々の要因の解析において、まずいくつかの条件を選び、その条件間でセンサス記録数から計算した鳥種別優占度（全種類合計した記録数における各鳥種の記録数%）に有意差があるかどうか χ^2 検定する。有意差のない鳥種では、それら条件間で同様な記録数変化（あるとすれば）を示していることになる。し

たがって、それら有意差のない鳥種について、1回のセンサスの記録数を合計したものを単位として、影響度の解析を行なった。

1. 一定条件下の種類別線センサス記録率とその算出方法

ある地域を通過する線センサスが、その地域に生息するある鳥種の個体数（本報告では後述するようになわばり数をとる）の何%をとらえているか、そのパーセントを線センサス記録率（census effectivity, ENEMAR 1959）という。線センサス記録率は、先に述べたさまざまな要因の諸条件によって変化する。ことばを変えていえば、線センサスの記録数がさまざまな条件によって変化するということは、この記録率が変化した結果にはかならない。本論文はセンサス諸要因の条件変化にともなう記録数の変化、ひいては記録率の変化を経験的に解析するものである。

本節では、各要因を一定の条件にそろえた場合の鳥種別線センサス記録率を求め、若干の考察を行なう。鳥種別線センサス記録率の計算にあたっての一定条件は、以下のようにした。良い天候下に著者が行なったセンサスで、進行速度は時速 1.5 km, 観察半径 50 m, 実施時刻は平均 7:00 である。ただし、滝沢の記録率は次の第2節、記録率の日週変化における考察にもとづき、センサス平均時刻 7:12 の記録率を 7:00 の値に修正したものである。季節的には、富士では5月下旬から7月上旬、滝沢では5月下旬から6月下旬の間に行なったセンサスデータを用いた。なお富士の記録率の変動幅には、早朝時間帯（4:00～9:00）の時刻による記録数変化が未修正で計算に含まれているので、この変動幅は実際にはより小さくなるものと考えられる。

また、線センサス記録率の計算にあたって、センサス記録数を割る生息密度としては、A項の考察にもとづき、環境容量としてのなわばり数を求める目的からなわばり数を用いた。

計算結果を Table 5, 6 に示す。Table 5 は S, C, V 全記録合計での記録率（以下総合記録率と呼ぶ）、Table 6 は Song 記録のみの記録率（以下 Song 記録率）である。なおこれらの表には、生息数がごく少ない種類は含まれていない場合もある。

考 察

線センサス記録率を扱うにあたって、総合記録率と Song 記録率のどちらを用いるべきかについて考察する。

PALMGREN (1930), ENEMAR (1959) らは、線センサスにおける記録対象を Song のみにおいているが、それはその調査対象地域の鳥類の多くが、良くさえずる種類からなっていることによる。しかし、日本においては Song でよく記録される種類の割合は、各地方とも多くはない。さらにモズ、エナガなど Song 的な発声のない種類もある。したがって、Song 記録のみを対象にしている、その地域の鳥相をつかみ切れないし、また Song 記録量が少なくは統計的比較が困難になる。その上、Table 6 と Table 5 とを比較すると、Song 記録率の年度差、地域差は総合記録率より大きく、また次節の Fig. 8 に例示したように、日週変化、季節変化も総合記録率より大きい。

JOENSEN (1966) は Song 記録のほかに、雄の目撃、攻撃行動、巣材の運搬など雄の存在を示唆する記録を含めて記録率を出している。しかし、それでもまだ記録率が低い種類もあり、また実際のセンサスで Song 以外で雄と雌を恒常的に識別することは、観察者によって能力が違うことも含めて不可能に近い。

以上のようなことから、線センサスデータの解析を安定したものにするためには、線センサスで S, C, V 各記録を合せてとり、総合記録数あるいは総合記録率で検討するのが良いと考えられる。COLQUHOUN (1940),

Table 5. 線センサス総合記録率とその95%信頼限界
Census effectivity and its 95% confidential limit

試験地 Study area		富士 Fuji						滝沢 Takizawa	
林相 Vegetation		若齢林 Young plantation				成層混交林 Stratified mixed plantation		成層混交林 Stratified mixed natural forest	
		Area I		Area II					
樹高 Tree height (m)		0.3~1.5		2 ~ 4		Crown Floor	10 3.5	Crown Floor	25 6
Species	Year	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>		101.2 ±22.4	113.3 ±13.4	93.0 ±11.2	92.9 ±6.4			105.5 ±26.3	78.1 ±20.5
ウ グ イ ス <i>Cettia diphone</i>		97.8 ±27.5	104.4 ±15.5	101.0 ±11.8	98.6 ±9.6			103.7	88.8
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>		65.7 ±30.2	127.5 ±25.6	53.7 ±11.4	97.2 ±20.9	49.7	63.2	59.2 ±29.8	65.5 ±37.8
ビ ソ ズ イ <i>Anthus hodgsoni</i>		116.1 ±53.7	95.6 ±34.4	83.5 ±21.3	84.7 ±11.9				
コ ル リ <i>Erithacus cyane</i>						68.5 ±23.4	57.2 ±14.5		
メ ジ ロ <i>Zosteropus palpebrosa</i>						77.4 ±34.2	75.4 ±41.1		
シ ジ ャ ウ カ ラ <i>Parus major</i>						120.9 ±62.5	66.9 ±13.9	125.9 ±23.0	119.4 ±17.6
ホ オ ジ ロ <i>Emberiza cioides</i>		154.6 ±59.7	134.4 ±66.1	97.0 ±18.9	120.3 ±20.0				
ヒ ガ ラ <i>Parus ater</i>						41.3	55.8	81.5	66.6
ホ オ ア カ <i>Emberiza fucata</i>		95.3 ±30.1	114.8 ±48.3						
モ ズ <i>Lanius bucephalus</i>		34.1	66.5 ±23.5	40.0 ±24.6	33.2 ±18.5	20.6	47.1	82.9 ±33.8	77.0 ±29.7
マ ミ ジ ロ <i>Turdus sibiricus</i>									
ク ロ ツ グ ミ <i>Turdus cardis</i>								90.8 ±17.2	89.3 ±31.7
ヒ ヨ ド リ <i>Hypsipetes amaurotis</i>								102.5 ±19.5	115.3 ±25.0
イ カ ル <i>Eophana personata</i>								112.5 ±41.2	103.7 ±27.6
キ ビ タ キ <i>Muscicapa narcissina</i>								96.2 ±49.5	111.1 ±41.7
サ ソ ウ チ ヨ ウ <i>Terpsiphone atrocaudata</i>								118.5 ±83.4	111.1 ±25.8
コ サ メ ビ タ キ <i>Miscicapa latirostris</i>								49.3	59.2
コ ゲ ラ <i>Dendrocopos kizuki</i>								81.4 ±44.9	54.3 ±30.1
ア カ ゲ ラ <i>Dendrocopos major</i>								170.3 ±83.3	140.7 ±51.6
カ ケ ス <i>Garrulus glandarius</i>								118.5 ±91.5	103.7 ±35.5
サ ソ ウ ク イ <i>Pericrocotus roseus</i>								103.7	128.3
エ ナ ガ <i>Aegithalos caudatus</i>									109.6 ±64.8
ト ラ ツ グ ミ <i>Turdus dauma</i>									59.2
キ ジ バ ト <i>Streptopelia orientalis</i>									47.4 ±39.6

注 Note : 諸条件は本文参照。For conditions see summary.

Table 6. 線 センサス Song 記録率
Census effectivity for song record

試 験 地		Study area	富 士				Fuji		滝 沢		
林 相		Vegetation	若齡林		Young plantation		成層混交林		成層混交林		
			Area I		Area II		Stratified mixed forest		Stratified mixed forest		
Species		Year	1967	1968	1967	1968	1967	1968	1967	1968	
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	29.3	43.8	27.9	43.0			73.2	28.3
ウ	グ	イ	<i>Cettia diphone</i>	97.8	104.4	101.0	98.6			103.7	88.8
ア	カ	ハ	<i>Turdus chrysolaus</i>	6.0	14.5	2.9	8.9	7.9	11.8	9.8	18.8
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>	46.4	44.9	61.7	61.4				
コ	ル	リ	<i>Erithacus cyane</i>					68.5	57.2		
シ	ジ	ウ	<i>Parus major</i>					54.8	13.3	37.0	16.7
ホ	オ	ジ	<i>Emberiza cioides</i>	32.5	33.6	34.5	28.7				
ホ	オ	ア	<i>Emberiza fucata</i>	50.0	53.3						
ク	ロ	ツ	<i>Turdus cardis</i>							33.6	36.6
イ	カ	ル	<i>Eophona personata</i>							35.6	40.7
キ	ビ	タ	<i>Muscicapa narcissina</i>							51.8	7.4
サ	ン	コ	<i>Terpsiphone atrocaudata</i>							59.2	85.1
サ	ン	シ	<i>Pericracotus roseus</i>							103.7	128.3
キ	ジ	バ	<i>Streptopelia orientalis</i>								26.6
ヒ	ガ	ラ	<i>Parus ater</i>							66.6	51.8

注 Note : 諸条件は表5と同じ。For conditions see summary, same with Table 5.

PETERS (1963) らはこの総合記録によって線センサスの解析を行なっている。

線センサスで S, C, V を合わせた総合記録をとる場合、次のことが問題となる。つまり、S, C, V 記録をすべてとるということは、雌雄の区別なく記録するということでもあり、その場合独身雄の多い少ないがセンサス記録率、およびそれにもとづいて算出する生息密度に変動を与えることになる。漂浪雄についてはその行動が目だたず、またある地域の環境容量を問題にする場合には、無視しても良いと考えられるのでここではふれない。

問題となるのはなわばり保有の独身雄である。つまり独身なわばりの占める率が高い地域ほど、本来記録されるべき雌の個体数が相対的に減少し、したがってセンサス記録、ひいてはセンサス記録率は低く算定されてしまう。

しかしながら、富士の調査結果およびこれまでの知見（浦本 1966, 母袋 1971）では、一般に独身なわばりの割合はそれほど高くならない（10%以下）とみられるので、その割合の変化にともなう起こる記録率の変動も著しく大きくなることはないと考えてもよい。

また、独身のなわばり保有雄は、雌を呼び寄せようとするためか、その Song 活動がつかいの雄より活発であることが多い。このことはもともと存在しない雌の記録量をカバーする形となり、なわばり当たりの記録量あるいは記録率の変動を小さくする役割を果たしている。たとえば、滝沢試験地の 1970 年のアオジの例では、独身雄が多くて Song 活動が盛んなため、総合記録率は独身雄の割合の低い 1971 年よりかえって高くなっている。

2. 記録率の日週変化

線センサス記録率が、1 日のうちの時刻によって変化することは一般に知られているところであるが、

その変化の程度はまだ解明されていない。本節では、まず記録数の日週変化の傾向の概略を示したあと、種類別に分析し、最後に日週変化パターンの回帰曲線を求める。

(1) 総記録数の日週変化

1 回の線センサスによる全種類合わせた記録個体数（総記録数）が、1 日のうちの時刻によってどのように変化するかを見る。

総記録数は全種合計の生息数に対する総合的な線センサス記録率を反映したものであり、したがって総記録数の日週変化は、総合的な線センサス記録の日週変化パターンを示すものでもある。

Fig. 5 に富士試験地第Ⅱ区での一例を示す。本図は 1 周 2 時間近くかかる線センサスの総記録を、実施した時間とともに示したものである。

これによれば、総記録数は早朝がもっとも多く、昼に向けて漸次減少していき、午後 2 時ごろ最低となり、その後夕刻に向けて幾分増加する傾向が見られる。この傾向は繁殖期中変わらず、さらに第Ⅰ区側でも、また年度が変わっても同様であった。

考 察

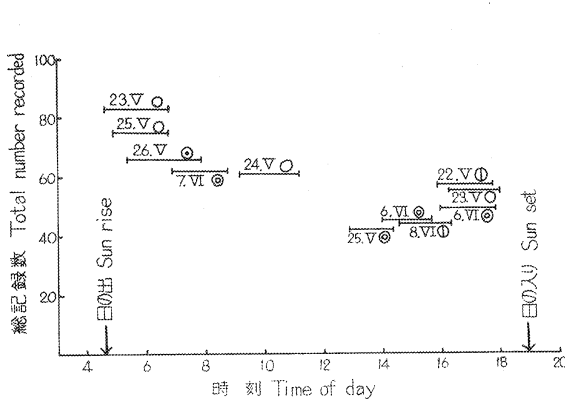
Fig. 5 に示した日週変化パターンは、昼行性鳥類の日週活動パターンとはほぼ一致する。Fig. 6 は富士で調べた Song 活動の日週変化である。Fig. 7 は同試験地の標識試験での時刻別捕獲数である。これは移動活動の激しさに比例して、標識ネットにかかった結果を示すものである。

昼行性鳥類の活動時間および活動パターンを規定するのは、おもに太陽の出入りによる照度変化である（森 1945, PALMGREN 1949, ARMSTRONG 1963）。夏季の北ヨーロッパのように白夜のつづく地域では、鳥の活動ひいては線センサス記録率の日週変化は目だたなくなる（ARMSTRONG 1963, ENEMAR 1959）。

(2) 種類別記録数の日週変化

本項では、(1) で明らかにした総記録数の日週変化パターンが、種類間でも同様であるかどうかを解析する。

はじめに種類別記録数の日週変化の例を見る。富士第Ⅱ区のいくつかの種類について、1968 年の繁殖期を通じてのデータを Fig. 8 に示す。これによれば、総合記録数では大部分の種類では前項の日週変化パ



天気記号は Fig. 11 参照
For weather mark see Fig. 11.

Fig. 5 線センサス総記録数の日週変化 (1967年第Ⅱ区)
Diurnal change of total number recorded
in one census.

ターンを示しているといえる。これは Fig. 8 に示した以外の、種類および年度、区域が変わっても同様であった。

なお Song 記録数については、Song で大半記録されるウグイス、コリ以外、は、多くの種類で日週変化が総合記録数より大きい。

以下に、記録数日週変化パターンの種類間での類似性を、統計的に検討する。解析にあたっては、種類別にそれぞれのパターンを回帰計算して比較すればよいが、時期別サンプル数の不足、生息数の少ないものではサンプル誤差が大きいこ

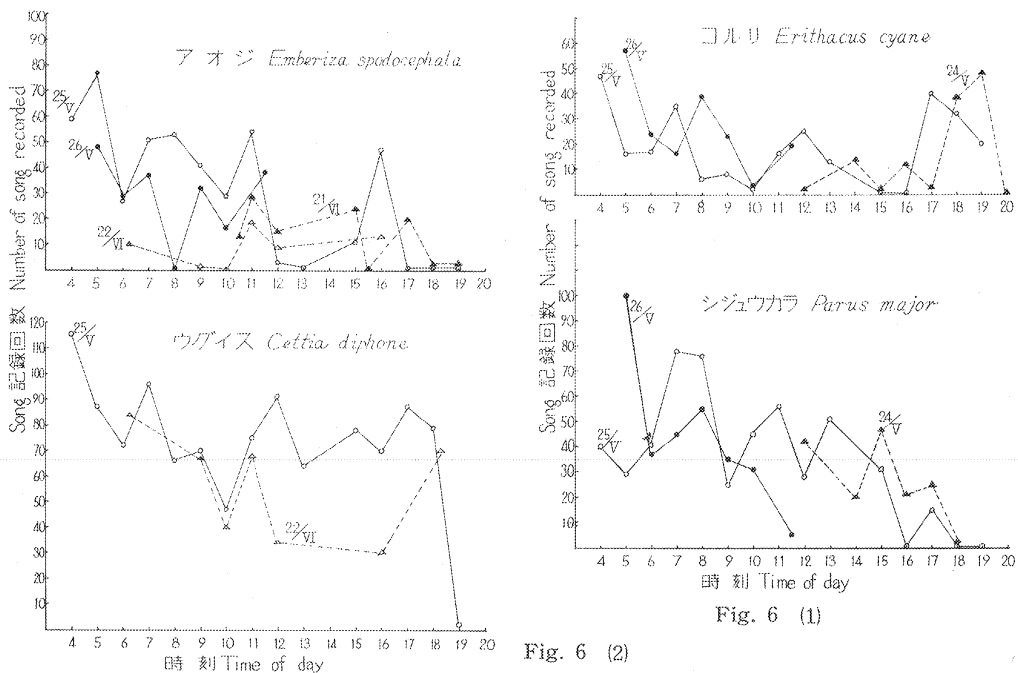


Fig. 6 (2)

Fig. 6 定点で個体群を対象に測定した Song 活動 (1967年)
Song activity of population measured at the definite point (1967).

と、季節的に生息数の変動があることなどのためできない。ここでは以下に述べるような簡単な検定を行なった。

線センサスで記録される個体数の時刻変化が、もしどの種類でも前述の総記録数の日週変化パターンと同じであるならば、1回のセンサスで記録された各種類の優占度は、どの時刻のセンサスをとってみても、種類ごとに一定の値を示すことになる。ここでは晴天下に著者が行なった観察半径 50 m, 時速 1.5 km のセンサスデータを用いて、いくつかの時刻間で各種類の優占度に有意差があるかどうか、実際の記録個体数を用いて χ^2 検定を行なった。

検定の前に、1回ごとの線センサス記録にもとづく種類別優占度の時刻変化を例示し、本解析方法の参考に供しておく。

Fig. 9 に 1968 年 6 月 13 日から 7 月 1 日の間に、富士第Ⅱ区で実施したセンサスの種類別優占度を示す。本図の時間軸上の位置は、各センサス実施時間の平均時をとった。アオジ、ウグイス、ビンズイなどの優占種では、時刻にかかわらずほぼ一定の優占度を示しているが、同じ優占種のアカハラでは昼間は安定しているが、夕刻にかけて優占度の上昇が見られる。こうした傾向は Fig. 9 に示した以外のセンサスデータにもすべて見られた。生息数の少ない種類では 1 回のセンサスで記録される数が少ないため、優占

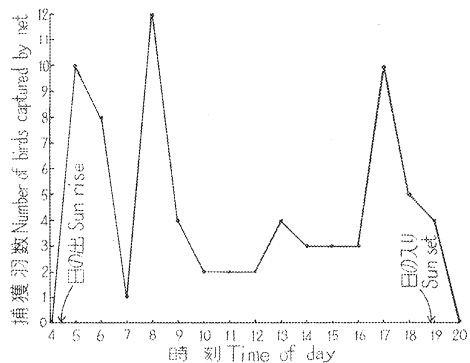
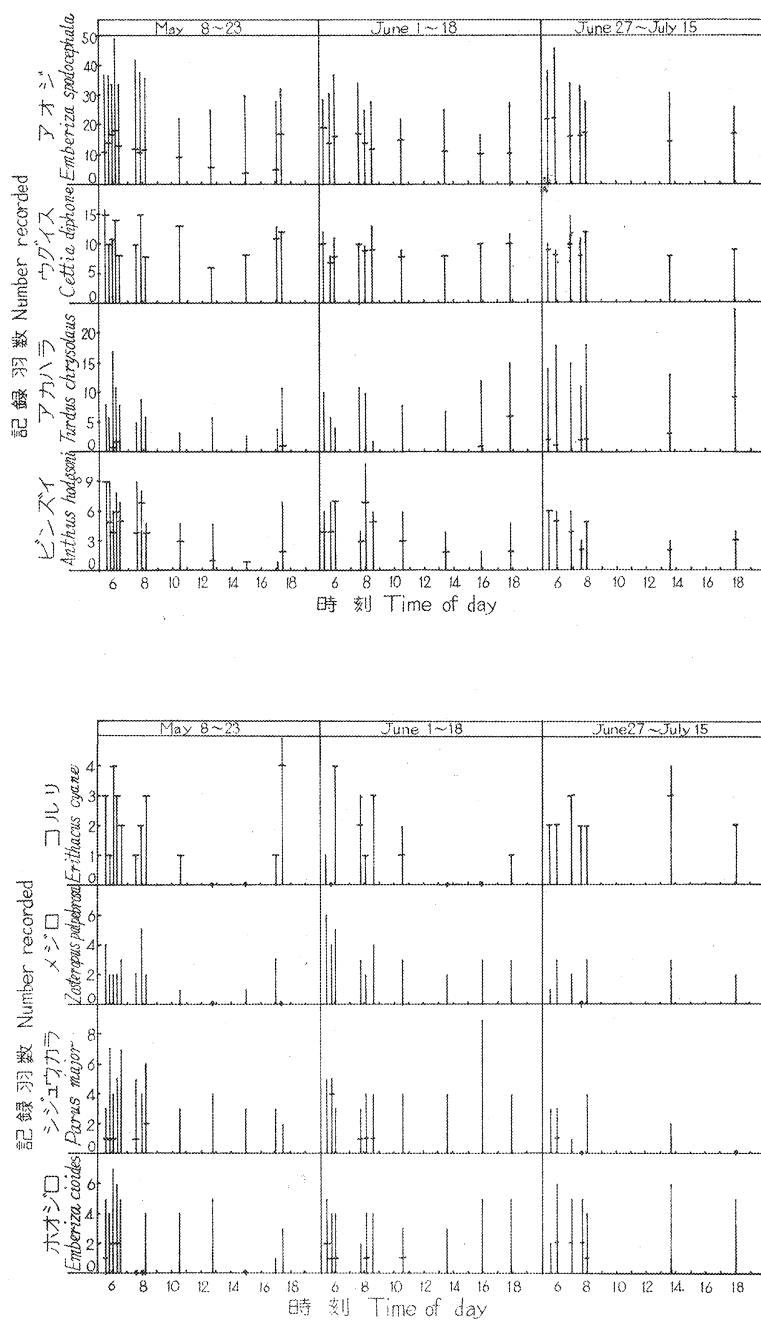
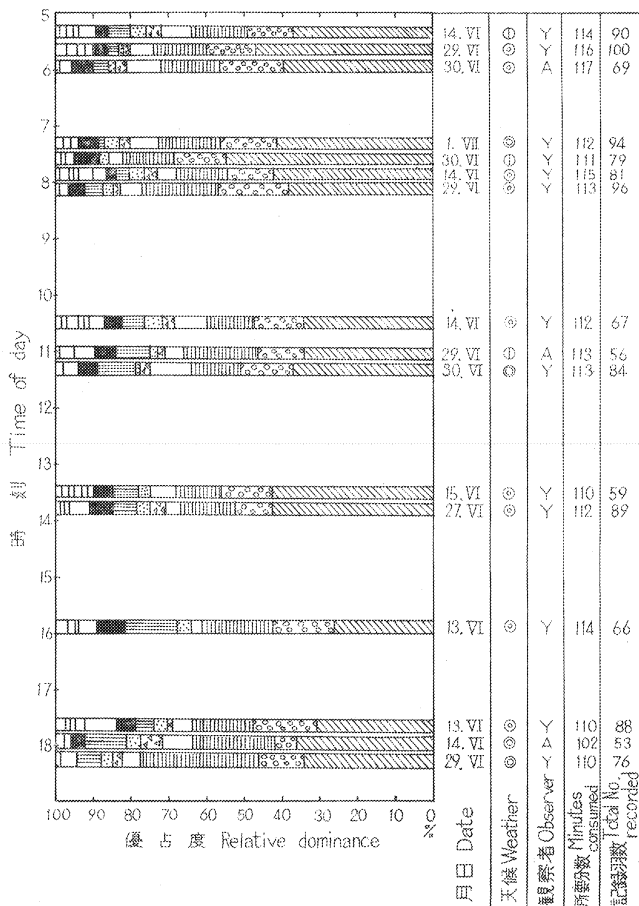


Fig. 7 標識網捕獲数の日週変化 (1967年)
Diurnal fluctuation of bird number captured by banding net (1967).



注 Note: 縦棒は総合記録羽数を示し、バーマーク以下はそのうちの Song 記録数を示す。
Total height indicates the total number recorded in one census, and the number under bar mark indicates the number of song record.

Fig. 8 種類別線センサス記録数の日週変化 (1968年第Ⅱ区)
Diurnal change of recorded number in the line census of each species (Area II, 1968).



注Note: Mark of species アオジ(*E. spodocephala*) ヲグリス(*C. diphora*)
 アカハラ(*T. chrysolaus*) ビンズイ(*A. hodgsoni*) コルリ(*E. cyane*)
 メジロ(*Z. palpebrosa*) シジュウカラ(*P. major*) ホオジロ(*E. cioides*)

Fig. 9 時刻による線センサス優占度の一例 (1968年第Ⅱ区)
 An example of stability of relative dominance value
 in line census data concerning to the time of day
 (1968, Area II).

い (Table 8)。また、この期間の総記録数の日週変化パターンは、次項で統計的にも検定されるようにほぼ一定と見なせる。扱った種類のうちで順位の低いものでは、1回のセンサスの記録数では少ないので、ここでは1日の時刻を4つの時間帯に区切り、各時間帯に属するセンサスデータを集計して計算を行なった。繁殖期内の時期による生息密度や記録率の変化による記録数のバラツキを小さくするために、各時間帯に配分されるデータは時期的偏りがないようにした。

Table 9 に χ^2 検定結果を示す。1967年では有意差があり、1968年では有意差がなかった。両年のデータを比較すると、まず両年ともに記録数と期待値に大きな差がある種類はアカハラとシジュウカラである。この2種について、さらに時間帯別にみると、両年一致して記録数と期待値に大きな差があるのは夕刻の時間帯に限られてくる。アカハラの夕刻の記録数は両年とも期待値より相当高い。上記2種以外では、両年にわたって記録数と期待値の間に、一定方向の大きな差のある種類なり種類別時間帯はない。1967年

度の変動が大きく、Fig. 9の示し方では一定の傾向が認められない。

はじめに、アオジ、ウグイス、アカハラの優占3種類について、時刻によって優占度に有意差があるかどうか χ^2 検定する。Table 7 は第Ⅱ区の2か年の例である。検定の結果、有意差はまったくなかった。ただアカハラの夕刻の記録は、いずれも観察記録値が期待値よりかなり高い。第Ⅰ区あるいはここに用いた以外の時期については、時期別に細かく検定できるほどのデータがそろっていない。

つぎに上記3種も含めて、第Ⅱ区の優占8種類について χ^2 検定する。なお、第Ⅰ区は上と同様検定はしなかった。ここでは5月下旬から7月中旬までの期間をまとめて扱った。5月下旬から7月中旬の間、その時期の日週活動パターンを規定する日の出、日の入り時刻はほとんど変わらない

Table 7. 優占3種類における時刻別優占度の一様性の χ^2 検定
 χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values in census record
 of the three dominant species in relation to the time of day

(1) Area II, VI. 30~VII. 17, 1967

時刻 Time of day	5:22	5:29	5:34	7:19	7:29	9:56	10:18	12:16	14:33	16:10	18:04	18:15	
種名 Species	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	Total
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>	34	29	23	25	28	26	25	24	20	16	15	18	253
ウ グ イ ス <i>Cettia diphone</i>	17	19	16	17	18	18	20	16	10	11	17	12	168
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>	10	13	14	11	10	12	5	10	4	7	6	8	112
Total	61	53	56	50	34	38	27	38	46	42	50	38	533

d. f. = 22 $\chi^2 = 17.56 < \chi^2 (P_{0.50})$

(2) Area II, VI. 13 ~ VII. 1, 1968

時刻 Time of day	5:20	5:33	7:43	7:50	7:55	10:31	13:30	13:44	15:55	17:57	
種名 Species	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	Total
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>	29	29	38	35	34	31	28	32	22	22	284
ウ グ イ ス <i>Cettia diphone</i>	12	10	10	12	10	11	12	12	9	8	101
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>	10	12	14	15	11	13	17	13	8	9	117
Total	51	62	55	54	57	39	40	52	39	53	502

d. f. = 18 $\chi^2 = 9.23 < \chi^2 (P_{0.95})$

注 Note) R : センサス記録数。Recorded number in census.

E : χ^2 検定における期待値。Expected number in χ^2 test.

Table 8. 試験地の日の出、日の入り時刻と日中時間 (理科年表, 1972)
 The time of sunrise and sunset, and the diurnal time
 span at the two study areas

試験地 Area	月 Date	日の出 Sunrise	日の入り Sunset	日中時間 Diurnal time span
富士* Fuji	V. 10	4 : 43	18 : 37	13 : 54
	V. 20	4 : 36	18 : 45	14 : 09
	VI. 19	4 : 28	19 : 01	14 : 33
	VII. 19	4 : 42	18 : 57	14 : 15
滝沢 Takizawa	V. 10	4 : 26	18 : 38	14 : 12
	V. 20	4 : 17	18 : 47	14 : 30
	VI. 19	4 : 07	19 : 06	14 : 59
	VII. 19	4 : 23	19 : 00	14 : 37

* 富士の時刻は理科年表の静岡と浦和の平均値によった。

について、アカハラとシジュウカラを除いて χ^2 検定したところ有意差がなくなった ($\chi^2 = 11.47 < \chi^2 (P_{0.50}, d.f. = 15)$)。

このようなことから、上記2種の夕刻の記録を除けば、両年とも種類ごとの優占度には時間帯による差はないということになる。

次に少数生息種を解析に繰り入れるため、時間帯を早朝から9:00までと、それ以降16:00~17:00まで

Table 9. 時間帯ごとの種類別優占度の一様性の χ^2 検定
 χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values in census record of
 birds in relation to the time span of day

(1) Area II, 1967

時 間 帯	Time span of day	～7：00		～9：00		～16：00		～18：00		
種 名	Species	R	E	R	E	R	E	R	E	Total
ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	217	201	120	124	119	124	100	107	556
ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	129	141	92	87	97	87	72	75	390
ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	83	89	39	55	58	55	67	48	247
ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	32	28	19	17	14	17	11	15	76
コ ル リ	<i>Erithacus cyane</i>	19	20	10	12	14	12	12	11	55
メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	19	20	15	12	10	12	12	11	56
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	26	33	37	20	20	20	9	18	92
ホ オ ジ ロ	<i>Emberiza cioides</i>	44	36	18	23	18	23	20	19	100
Total		569		350		350		303		1,572
χ^2		6.61		21.89		3.76		13.88		46.14
d. f. = 21 $\chi^2 = 46.14 > \chi^2 (P_{0.005})$										

(2) Area II, 1968

時 間 帯	Time span of day	～7：30		～10：00		～16：00		～18：00		
種 名	Species	R	E	R	E	R	E	R	E	Total
ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	409	396	245	235	142	160	125	129	921
ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	133	134	78	80	54	54	47	44	312
ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	144	157	84	93	76	63	60	51	364
ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	82	80	49	47	34	32	20	26	185
コ ル リ	<i>Erithacus cyane</i>	27	30	18	18	11	12	14	10	70
メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	40	37	21	22	13	15	12	12	86
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	46	46	27	28	27	19	8	15	103
ホ オ ジ ロ	<i>Emberiza cioides</i>	57	58	35	34	22	23	20	19	134
Total		938		557		379		306		2,180
χ^2		2.10		1.54		8.57		8.19		20.40

d. f. = 21 $\chi^2 = 20.40 < \chi^2 (P_{0.40})$

の2期に分けてセンサスデータを集計し、少数生息種の記録量を多くして前と同様の χ^2 検定を行なう。

Table 10 の (1), (2) は第Ⅱ区の2か年の検定である。1967年は有意差があるが、ホオジロを除くと $\chi^2 = 6.18 < \chi^2 (P_{0.50} \text{ d.f.} = 6)$ となり有意差は無くなる。1968年はモズを含めた9種で検定したが、まったく有意差はない。ただし、モズは記録数と期待値に相当の差がみられ、昼間に記録が他種ほどは低下しない傾向を示す。これは1967年のセンサスでも同様であった。1968年のホオジロは、1967年に有意差の示された偏差の方向と逆の記録数を示す。

同表 (3) は1967年第Ⅰ区の例で、ホオアカまで含めて検定したものであるが、有意差はまったくない。ここではモズもまったく偏差を示さなかった。

Table 10. 2つの時間帯における種類別優占度の一様性の χ^2 検定
 χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values in census record of
 birds in relation to the two time spans of day

(1) Area II, 1967

時間帯	Time span of day	～9:00		～16:00		Total
種 名	Species	R	E	R	E	
ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	341	336	215	220	556
ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	192	209	154	137	346
ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	104	112	81	73	185
ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	49	47	29	31	78
コ ル リ	<i>Erithacus cyane</i>	25	25	17	17	42
メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	36	33	19	22	55
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	64	59	34	39	98
ホ オ ジ ロ	<i>Emberiza cioides</i>	57	45	18	30	75
Total		1,263		567		1,435

$$\text{d. f.} = 7 \quad \chi^2 = 6.01 + 9.08 = 15.09 > \chi^2 (P_{0.05})$$

(2) Area II, 1968

時間帯	Time span of day	～9:00		～16:00		Total
種 名	Species	R	E	R	E	
ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	552	539	210	223	762
ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	175	176	74	73	249
ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	193	190	76	79	269
ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	106	105	42	43	148
コ ル リ	<i>Erithacus cyane</i>	38	40	18	16	56
メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	48	50	22	20	70
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	61	66	33	28	94
ホ オ ジ ロ	<i>Emberiza cioides</i>	73	76	35	32	108
モ	<i>Lanius bucephalus</i>	17	21	13	9	30
Total		1,263		523		1,786

$$\text{d. f.} = 8 \quad \chi^2 = 1.81 + 4.31 = 6.12 < \chi^2 (P_{0.05})$$

(3) Area I, 1967

時間帯	Time span of day	～10:00		～16:00		Total
種 名	Species	R	E	R	E	
ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	138	141	110	107	248
ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	93	99	82	76	175
ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	41	41	31	31	72
ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	45	40	26	31	71
コ ル リ	<i>Erithacus cyane</i>	19	18	13	14	32
メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	17	16	12	13	29
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	33	35	29	27	62
ホ オ ジ ロ	<i>Emberiza cioides</i>	34	30	19	23	53
ホ オ ア カ	<i>Emberiza fucata</i>	16	15	11	12	27
モ	<i>Lanius bucephalus</i>	9	8	7	7	16
Total		445		340		785

$$\text{d. f.} = 9 \quad \chi^2 = 1.88 + 2.44 = 4.32 < \chi^2 (P_{0.75})$$

考 察

以上の結果、大まかな検定ではあるが、ここに扱った限りの昼行性鳥類では、線センサス記録数による優占度はアカハラ、シジュウカラの夕刻時を除いて、時刻によって変化しない。つまり、記録率の日週変化パターンは種類によって大きな差を示さないといえよう。

本節第(1)項で考察したように、昼行性鳥類の諸活動性が太陽の出入りに規定されてよく似たパターンをとることから見ても、一般的に昼行性鳥類の線センサス記録率の日週変化パターンは、種類によって大きく異ならないと考えられる。

なお、アカハラのような *Turdus* 属の鳥が、夕刻に活動を高めるのはよく知られた現象で、PETERS(1963), JOENSEN (1966) なども指摘している。

(3) 記録率の日週変化パターンの曲線回帰式

本項では線センサスデータにおける記録率の日週変化を修正する便宜のために、上に示された日週変化パターンの回帰式を求める。

富士試験地のデータによる記録率日週変化パターンを計算するにあたり、前項の結果にもとづき記録数は全種合計した値を用いる。ただしここでは、夕刻を含めた1日を通じたパターンを計算するので、夕刻時に他種と異なる傾向を示す種類のうち、数的に多いアカハラについては計算から除外する。

用いるデータは著者が5月中旬から7月中旬の間に実施したセンサスで、観察半径 50 m, 進行速度時速 1.5 km, 天候は晴天からうす曇り程度の条件下のものに限った。

この条件に合う線センサスの総記録数(アカハラを除く)を年度、区域別に平均時刻でプロットしたものを、その回帰曲線とともに Fig. 10 に示す。1968 年第 I 区はデータが少ないので示していない。

各回帰曲線は以下のものである。

1967 年第 I 区

$$Y = 78.95 - 6.23X + 0.2083X^2 \quad F = 19.0 \gg P_{0.005}$$

1967 年第 II 区

$$Y = 109.15 - 9.09X + 0.3051X^2 \quad F = 68.0 \gg P_{0.005}$$

1968 年第 II 区

$$Y = 136.01 - 11.52X + 0.4102X^2 \quad F = 35.4 \gg P_{0.005}$$

ここで、 X は 1 回の線センサスの平均時刻、 Y は総記録数である。

これらの回帰曲線を、早朝 5:00 を 100 とする指数式に転換すると以下ようになる。

$$1967 \text{ 年第 I 区} \quad Y = 148.97 - 11.76X + 0.3932X^2$$

$$1967 \text{ 年第 II 区} \quad Y = 153.03 - 12.75X + 0.4278X^2$$

$$1968 \text{ 年第 II 区} \quad Y = 153.47 - 13.01X + 0.4633X^2$$

上記 3 曲線が示す指数間に有意差があるか、各曲線の毎正時の指数を用いて χ^2 検定すると $\chi^2 = 1.04 < \chi^2(P_{0.995}, df=28)$ となり、有意差はない。したがって、3 曲線の平均曲線を求めると次のようになる。

$$Y = 151.82 - 12.51X + 0.4281X^2$$

本曲線の時刻別記録数の指数、および最低時刻とその時の指数を Table 11 に示す。

考 察

上記の回帰曲線の計算では、各年度、区域とも 5 月中旬から 7 月中旬にいたる間のデータを用いている。

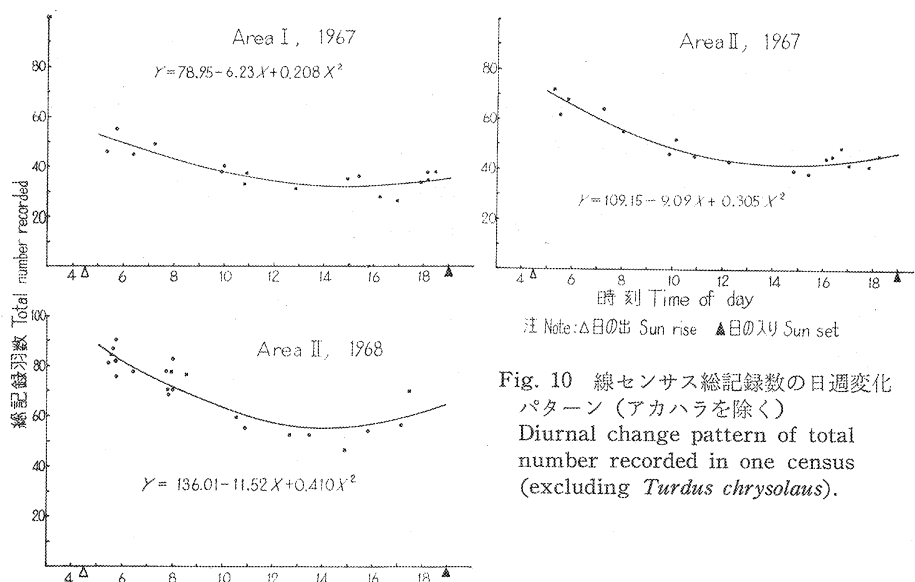


Fig. 10 線センサス総記録数の日週変化パターン (アカハラを除く)
 Diurnal change pattern of total number recorded in one census (excluding *Turdus chrysolaus*).

したがって、この季節内に日週変化パターンの変化があったかどうかは明らかでない。しかしながら、この間鳥類の日週活動を規定する日の出、日の入り時刻、あるいは日中時間に大きな変化はない。また、3曲線の回帰性が非常に有意であることから、繁殖期内的本パターンの変動は大きくないと思われる。また野外の調査では、この程度のパターンが知られば十分であると考えられる。

3曲線を指数化するとき5:00を100としたが、記録率がすべての種類で5:00に最高の100という値を示すわけではない。

繁殖期における富士山須走地域の日の出時刻は、Table 8 に示したように4:30前後であり、鳥類の諸活動はその時刻以降5:00ころまでに最高となる（一部 森, 1945）。したがって、線センサス記録率もその時間帯に最高になる。しかし通常、センサスは1～2時間しかかかるので、一応5:00を最高記録率時間とし、それを基準としてほかの時刻の記録を換算するのが妥当であると思われる。

ところで、経度、緯度が異なれば日の出、日の入り時刻および日中時間が変わってくる。経度が異なる場合は、日の出、日の入り時刻が等しくずれるだけで日中時間は同じであり、鳥の諸活動の開発刺激としての照度の日週変化も変わらない。しかし、緯度が異なる場合は日中時間のみならず、薄明時の照度変化の状況がいくぶん異なってくる。

関東近辺から西日本にかけては緯度がそれほど変わらないので、日中時間はほぼ同じである。したがっ

Table 11. 線センサス記録率の日週変化 (5:00を100とする指数)
 Diurnal change of the census effectivity, standardizing at 5:00

時刻 Time of day	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
線センサス記録率の指数 Index of the census effe.	100	92.2	85.2	79.1	73.9	69.5	66.0	63.4
	13:00	14:00	14:36	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00
	61.5	60.6	60.4	60.5	61.3	62.9	65.3	68.7

て、記録率の修正は日の出時刻のずれを修正するだけで富士の記録率日週変化を用いることができる。関東地方以北では北にゆくほど日中時間が長くなり、札幌では須走と 40~50 分の差が出てくる。北海道では夜明けの照度変化の状況も、関東地方とは大分異なってくるので、記録率日週変化パターンは別に調査する必要がある。

滝沢の日の出、日の入り時刻は Table 8 に示してあるが、須走に比べて日の出は約 20 分早く、日の入りはほぼ同時刻である。日の出時の照度変化の差異は未調査であるが、各鳥種の Song 開始時刻は須走と比べて大差がなかった。これは須走 1,150m, 滝沢 250m という標高差の要因が作用したとも考えられる。

滝沢のセンサス平均時刻 7:12 は須走の 7:30 にほぼ相当すると思われる。したがって、滝沢の記録率を須走と対照するためには、滝沢の記録率を

$$\frac{85.2(7:00\text{の記録率指数})}{82.2(7:30\text{の記録率指数})} = 1.0365\text{倍}$$

しなければならない。Table 5, 6 の滝沢の記録率はそのようにして 7:00 の記録率に修正した値である。

3. 天候による記録率

天候というのは多様な気象要因の総合的、相観的な表現であるが、その気象要因は線センサスにあたってさまざまな影響を与える。ここでいう気象要因としては、温度、湿度、照度、風力、降雨、霧(ガス)、雲量などがあり、これらの要因が鳥の諸活動性に与える影響については多くの研究がある。森(1945), PETERS (1963), ARMSTRONG (1963) らによれば、繁殖期の鳥類の活動性は照度変化に対する鳥自身の生物的反応および降雨、風、霧などの鳥への直接的影響の2つによって主として変化させられることが明らかとなっている。

こうした気象条件による活動性の変化が、線センサス記録にどのように反映するかという研究はまだ少ない。ここでは富士試験地のセンサスデータにもとづき、それら気象要因の総合的表現としての天候状況が、線センサス記録率へ及ぼす影響の実態を解析する。

(1) 各種天候の鳥種別影響

本項では線センサス記録による種類ごとの優占度が、さまざまな天候条件下でどのように変化するかを解析する。

解析は次のように行なった。前節で「種類によって記録率日週変化パターンに有意差がない」という事実が明らかになったので、比較を行なう2つの天候条件下に、1日の時刻に無関係にセンサスデータをふり分け、それぞれで集計した記録数を用いて、2つの天候間で種類別優占度に有意差があるかどうか一括して χ^2 検定を行なった。

イ) 雲量の影響

おもに照度要因を考慮して、快晴から雲量5前後でうす日の射す程度と、それ以上の雲量で暗い天候の2天候条件間で比較する。1968年第Ⅱ区で、5月下旬から7月上旬の間に実施した著者のセンサスで、夕刻時のものを除いて集計して比較検定する。

結果を Table 12 に示す。モズを含めた上位9種において優占度に有意差はない。

ロ) 悪天候の影響

本曇り以上の悪天候であるガス、にわか雨、雨天などの天候下のセンサスデータを集めたものと、うす曇りよりよい天候下のデータを対比して検定する。用いたセンサスデータは著者が繁殖最盛期に行なった

Table 12. 晴天と曇天における種類別優占度の一様性の χ^2 検定
 χ^2 test of homogeneity of relative dominance values in census record of
 birds between the two conditions of weather (Fine and cloudy)

天 候		晴 天 Fine		曇 天 Cloudy		Total
種 名	Species	R	E	R	E	
ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	323	306	332	349	655
ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	101	108	129	122	230
ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	115	119	140	136	255
ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	57	65	81	73	138
コ ル リ	<i>Eriothacus cyane</i>	27	22	20	25	47
メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	28	27	30	31	58
シ ジュウカラ	<i>Parus major</i>	29	36	49	42	78
ホ オ ジ ロ	<i>Emberiza cioides</i>	43	42	47	48	90
モ ズ	<i>Lanius bucephalus</i>	16	14	14	16	30
Total		739		842		1,581

d. f. = 8 $\chi^2 = 5.4 + 4.7 = 10.1 < \chi^2 (P_{0.25})$

もので、夕刻は除いた。

χ^2 検定の結果を Table 13 に示す。同表 (1) の 1968 年第 II 区ではモズ、アカハラを除いた 7 種ではじめて有意差がなくなる。表は表示していないが 1967 年第 II 区でもモズ、アカハラを除いた 7 種で有意差がなくなる ($\chi^2 = 5.64 < \chi^2 (P_{0.25} \text{ d.f.} = 6)$)。同表 (2) の 1967 年第 I 区では、モズ以外はアカハラまで含めて有意差がない。全般的にいて、モズは悪天候下でいちじるしく記録数が減少し、アカハラはむしろ増加することもある。

ハ) 天候急変の影響

雨が止んで急に晴れた場合などに、鳥がいっせいに Song 活動などを開始する現象は、一般に認められているところである (森 1945, 浦本 1966)。そのような場合に実施したセンサスにおける種類別優占度の動きを比較検定する。

扱ったのは 1968 年第 II 区の 3 例で、いずれも記録数が増加した場合のものである。これを Table 14 に示すが、そのなかには天候が急に悪化 (晴天から本曇りへ) してかえって記録数が上昇した場合も含まれる。この 3 例と同時期の正常なよい天候下のセンサスデータを集計して対置し、 χ^2 検定した。

結果を Table 15 に示すが、モズ、アカハラを含めて、有意差はまったくない。

考 察

以上の検定の結果、アカハラとモズに対する一部の天候条件を除いて、線センサス記録数による種類別優占度は、各種天候間で有意差がないことが明らかとなった。

このことは、富士試験地のおもな鳥種の線センサス記録率が、各種天候間ではほぼ同様に変化することを意味するものである。

アカハラがいくつかの天候条件で、ほかの鳥種と異なる反応を示したのは、前節の日週変化への反応と同様、照度要因への特殊な反応機構を持っているためと思われる。

モズが悪天候下で記録数を極端に減少させた原因としては、次のことが考えられる。ひとつはモズが、多くの場合 Visual で記録されるので、悪天候下では記録しにくくなること、もうひとつは悪天候下の場

Table 13. 晴天と悪天候における種類別優占度の一様性の χ^2 検定
 χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values in census record of birds between the two conditions of weather (Fine and hard)

(1) Area II, 1968

天 候		Weather	晴 天 Fine		悪 天 候 Hard		
種 名		Species	R	E	R	E	Total
ア	オ	<i>Emberiza spodocephala</i>	1,071	1,074	129	126	1,200
ウ	グ	<i>Cettia diphone</i>	354	361	50	43	404
ビ	ン	<i>Anthus hodgsoni</i>	194	189	17	22	211
コ	ル	<i>Erithacus cyane</i>	68	68	8	8	76
メ	ジ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	89	86	7	10	96
シ	ジュウ	<i>Parus major</i>	139	139	19	16	155
ホ	オ	<i>Emberiza cioides</i>	129	124	10	15	139
ア	カ	<i>Turdus chrysolaus</i>	293	—	60	—	—
モ	ズ	<i>Lanius bucephalus</i>	46	—	2	—	—
Total			2,041		240		2,281

d. f. = 6 $\chi^2 = 0.54 + 5.48 = 6.02 < \chi^2 (P_{0.25})$

(2) Area I, 1967

天 候		Weather	晴 天 Fine		悪 天 候 Hard		
種 名		Species	R	E	R	E	Total
ア オ ジ		<i>Emberiza spodocephala</i>	248	243	64	69	312
ウ グ イ ス		<i>Cettia diphone</i>	175	175	50	50	225
ア カ ハ ラ		<i>Turdus chrysolaus</i>	72	75	25	22	97
ビ ン ズ イ		<i>Anthus hodgsoni</i>	71	80	32	23	103
コ ル リ		<i>Erithacus cyane</i>	32	33	11	10	43
メ ジ ロ		<i>Zosteropus palpebrosa</i>	29	30	9	8	38
シ ジ ュ ウ カ ラ		<i>Parus major</i>	62	56	10	16	72
ホ オ ジ ロ		<i>Emberiza cioides</i>	53	55	12	10	65
ホ オ ア カ		<i>Emberiza fucata</i>	27	26	6	7	33
モ ズ		<i>Lanius bucephalus</i>	16	—	0	—	—
Total			769		219		988

d. f. = 8 $\chi^2 = 2.1 + 7.2 = 9.3 < \chi^2 (P_{0.25})$

Table 14. 天候急変時における記録率の相対的上昇率 (1968, Area II)
 Increased ratio of the census effectivity under the condition of suddenly changed weather

月 日 Date	平均時刻 Mean time of the census	天 候		相対上昇率 Increased ratio
		センサス前 Before census	センサス中 During census	
VI. 13	18:00	雨後曇り rainy to cloudy	晴 れ clear	21.3%
VI. 27	13:48	雨 rainy	晴れとうす曇り partly clear	36.8
VI. 30	11:18	晴 れ clear	本 曇り cloudy	25.9

Table 15. 晴天と天候急変時における種別優占度の一様性の χ^2 検定
 χ^2 test of homogeneity of relative dominance values in census record of birds
 between the two conditions of weather (Fine and suddenly changed)

天 候 種 名	Weather Species	晴 天 Fine		急 変 時 Changed		Total
		R	E	R	E	
ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	261	256	87	92	348
ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	94	93	32	33	126
ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	105	105	38	38	143
ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	43	44	17	16	60
コ ル リ	<i>Erithacus cyane</i>	15	17	8	6	23
メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	25	24	7	8	32
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	32	32	11	11	43
ホ オ ジ ロ	<i>Emberiza cioides</i>	35	37	15	13	50
モ ズ	<i>Lanius bucephalus</i>	15	17	8	6	23
Total		625		223		848

$$d. f. = 8 \quad \chi^2 = 0.75 + 2.13 = 2.88 < \chi^2 (P_{0.90})$$

合他種よりさらに活動を低下させることである。

(2) 天候による記録率の変化

本項では以下に示す方法によって、各種天候下における線センサス記録率の変化を見る。

天候による記録数変化の傾向に有意差のないすべての鳥種の、1回の線センサス記録数を合計した総記録数を用いて、正常な天候とそれ以外の天候間での記録数の差を見る。時刻要因の基準化および計算の便宜のために、Fig. 10 に示したアカハラを除いた日週変化パターンを用いる。その場合、悪天候下でいちじるしく悪影響を受けたモズ、および前項で検定しなかった種類も含めて計算することになるが、それらは生息数および記録数が少ないので結果に大きな誤差は与えないものとする。なおアカハラとモズでも本曇り程度の天候までは、線センサス記録率への天候の影響は他種と同様であることは、さきに明らかにしたとおりである。

このようにして求めた悪天候による記録数（つまり記録率）の低下割合を、各悪天候を横軸にしてプロットしたものを Fig. 11 に示す。悪天候の配列順序は、一般に人が実感したセンサス行動に支障をきたすと思われる順序である。

図からこれら悪天候は、線センサス記録率の低下割合と相関関係をもっていることがうかがえる。たとえば雨天のときには、正常な天候下の線センサス記録率より相対的に 30~40% 低下する。

各種の悪天候を指数化することは困難なので、回帰式の計算はしないが、今後の天候要因の修正の便宜のためにラフな相関直線を図中に記入しておく。

急激な天候の変化が、線センサス記録率をどの程度上昇させるかは Table 14 に示すところであるが、それによると変化が急激であるほど上昇率が高い。

(3) 同一天候の継続下の記録率変化

前項の解析は天候の影響について、それが同時的あるいはごく短時間においてセンサス結果へ反映されている状態を見たものである。しかし、森 (1945) が述べているように、たとえば降雨が長時間続いた場合、それだけ鳥の活動性に大きな影響が出てくるというような、ある天候条件が継続しているときにそれ

が線センサス記録へどう反映していくかという、経時的な面も検討する必要がある。

まず晴れから曇量5程度のうち、日の射すうす曇り程度までの天候が1日継続した場合について見る。Fig. 10の日週変化パターンの計算では、晴天のほかうす曇りの天候下のデータも、いくつか含まれていることは前にふれた。日週変化パターンの回帰係数が非常に有意であったことから、1日中そのような同一天候が続いても、パターン自体に大きな変化はないものと見られる。しかし、細かく見るとそれぞれいくぶん異なったパターンを示すようである。

うす日の射すうす曇りの天候が朝から昼まで続いた場合には、昼間の記録率はFig. 10の平均的な回帰曲線より数%前後上昇する傾向が見られる。逆に早朝から快晴が続いた場合には、昼間の記録率は数%低下する傾向があった。

次に、本曇りあるいはそれより悪い天候が継続した場合に、記録率がどう変化するかを見る。ただし本曇りについては、富士試験地では本曇りが1日中継続するという場合が少ないので、そうしたデータが得られなかった。

ガス模様の天候が1日中継続したときに行なった継続センサスは2例ある。Fig. 11の中に時刻の経過につれて矢印で示す。マイナス60%に下っている例は、それ以前までガス天候であったものが、夕刻近くに雨に変わったことが影響している。それ以外は2例とも、時刻の経過とともに記録率は正常な天候下のレベルに戻る傾向が顕著である。雨天が1日中続いた場合は、記録率は低い水準でそれほど変化なく推移するようであった。

考 察

以上さまざまな天候条件が線センサス記録率にどのように影響するかを見てきたが、早朝の天候状態がもっともよく記録率に反映するほかは、およそFig. 11に示した相関関係を持つということとどまる。昼間の記録率は、その時点以前の天候の推移状態を見た上でないと修正できない。

本曇りより悪い天候になると、たとえばモズ、アカハラのようにほかの種類と記録率の変化状態が異なる種類が出てくる。また、風の要因についてふれなかったが、JOENSEN (1966) も風のある時はセンサスを行なう価値がないといっているように、風は聴覚効力を低下させ、鳥の位置確認を不正確にしていちじるしく記録率を低める。

このようなことから、実際の線センサスはできるだけ本曇りより良い風のない天候下に行なうことが望ましい。

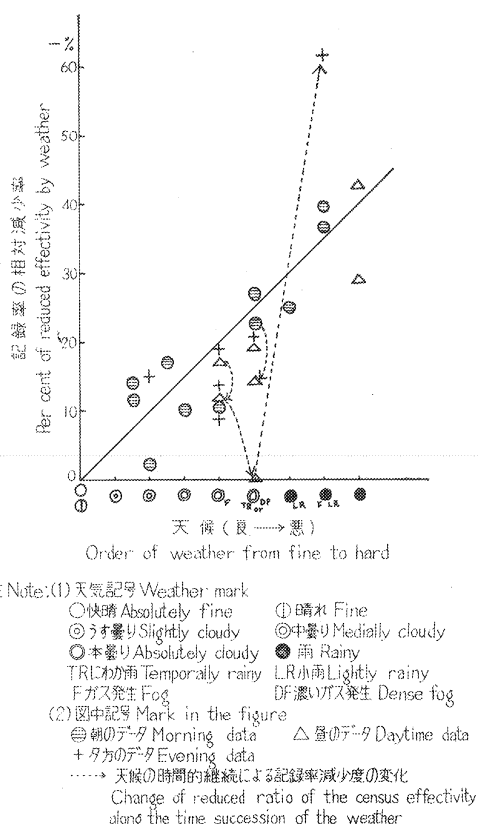


Fig. 11 悪天候による記録率の減少率
 Reduced ratio of the census
 effectivity by hard weather.

4. 林相による記録率

鳥類の線センサスでは、センサス対象地域の諸環境要因が記録率に影響を及ぼすが、特に林相の諸条件が重要である。これには植生の階層構造、構成樹種、樹高、密度などのほか、各種林相の平面構成も含まれる。

ARMSTRONG (1963) が「Song で目だつ鳥は一般に密閉した林相に生息し、Visual で目だつパターンを示す鳥は疎開した林相に生息する」と述べたように、陸上性の鳥類がその生活基盤として依拠し、社会生活様式を進化させてきた場所としての林相なり植生は、ある意味ではその鳥の S, C, V の発現様式を基本的に規定すると見てよい。つまり、ある種類の鳥はある一定範囲の構造をもった林相にのみ生息し (MacARTHUR 1962, 浦本 1964), ある定まった S, C, V の活動パターンを有するのである。したがって、記録率に影響する林相構造の差異は、種類ごとにある範囲にしばられてくることになる。

ここでは富士と滝沢の、試験地のいくつかの林相間における鳥種別の線センサス総合記録率、あるいは S, C, V 各記録率の差異を解析検討する。

(1) 林相による記録率の変動とその原因

Table 5 に示した富士試験地の3つの林相区分は第I章試験地の概要の項で述べたように、試験地の林相構造を相観的に大別したものである。滝沢試験地を含めてそこに示された4つの林相は、各林相の層別立木密度は別問題として、鳥の生息環境としてまたセンサス対象としての林相構造として、一応基本的な林相構造タイプをもうらしていると考えられる。

各区の林相はそれぞれの林相構造のほか、部分的に高圧送電線下低木林や伐開地林縁などを含み、いくぶん多様化しているが、それにもかかわらず、各鳥種の分布状況は、かなり明確に区域間での環境選択を示している。

富士および滝沢の両試験地はともに温帯落葉広葉樹林帯に属し、動物地理区分もほぼ同一であり、両地域の鳥相も類似したものになるはずである。しかし、実際には両地域の各林相を通じて、普遍的に優占するような種類はアカハラ以外に見当たらない。つまり、アカハラの環境選択の幅が広く、それ以外の種類は環境選択の幅が限定されていることを示している。

いくつかの林相に出現した種類のうち、ウグイスは成層林でもブッシュがあれば生息するが、数は少ない。アオジ、モズは滝沢では林内の伐開地林縁、ブッシュあるいは上層の疎な部分に出現したものである。

富士の第I区と第II区の若齢林の両方、あるいは富士の成層混交林と滝沢の老齢林の両方に、共通して生息する種類もそれほど多くない。

このように、鳥類の環境選択性は全体としてそれほど幅広くないので、本項において林相別記録率を比較できる種類も限られてくることになる。

イ) 総合記録率の動き

本項では Table 5 によって、林相間の総合記録率の動きを検討する。林相別の記録率のうちアカハラについては、前述の生息状況にもとづき、富士試験地について第I区、第II区それぞれ全域をおおって行なったセンサスデータから、成層混交林内および若齢林の記録率をそれぞれぬき出して、別に計算したものである。アカハラ以外は各区そのままの記録率である。ただし、成層混交林に生息する種類については、第I区側、第II区側それぞれで計算した記録率とその変動幅を平均した。

記録数の少ない種類が多いこともあって、大半の種類で記録率の変動幅が大きいので、林相による記録率の差が有意であるものは少ないが、いくつかの傾向が大づかみに見られる。

富士試験地における 1968 年のアカハラとシジュウカラでは、その記録率がほかの年度あるいは試験地の値とかなり異なる。これは第 9 節の総合考察でふれるように、何らかの原因による記録率の年変動と見られる。

まず富士と滝沢の成層混交林に、共通に生息する種類について見る。アカハラとシジュウカラは両林相間でおおのほぼ同程度の記録率を示すが、アカハラの滝沢の値がやや高いともいえる。ヒガラは滝沢で高いが、特に 1970 年の数値は独身雄による高い Song 記録率 (Table 6 参照) に原因している。

このような滝沢の成層混交林でのやや高い記録率の原因は、滝沢の林相が高くうっ閉しているため、下層木が少なく見とおしが比較的よいためと考えられる。シジュウカラは両試験地でほぼ同等の記録率であるが、富士の場合センサス経路沿いに巣箱が架けられ、鳥との遭遇率が高いので、記録率も実際のレベルより高くなっている可能性がある。

富士の両区若齢林に生息する種類では、ウグイスとモズ (本種については 1967 年第 I 区のみ) を除いて、いずれも第 I 区側の記録率が高い。ウグイスは強い Song で記録されるため、どのような林相でも記録率は変わらない。1971 年滝沢のウグイスの低い記録率は生息数が少ないためのかたよりと思われる。1970 年滝沢のアオジの記録率が 1971 年より高いのは、ヒガラと同様、独身雄による高い Song 記録率によっているため、平年値としては 1971 年の数値をとったほうがよいものと考えられる。1971 年の数値は富士のどの値よりも低い。滝沢のモズの記録率は富士に比べ相当高い。この原因としては、滝沢のセンサス経路がモズの生息域である林内小伏開地内を通過しているため、モズとの遭遇確率が高く、また警戒性の強いモズが観察者に強く反応するためと考えられる。

富士試験地におけるアカハラの記録率は、成層混交林、若齢林第 II 区、同 I 区の順に高い。観察者側から見て、鳥の目撃や聞きとりのしやすさを上記 3 つの林相構造に関連づけて考えれば、その記録率の順序は妥当なものといえよう。

ロ) S, C, V 各記録率の動き

Song 記録率は前項のウグイスでふれたように、その発声音が各鳥種とも比較的大きいため、半径 50m 程度センサスでは林相構造による差はでにくい。Table 6 の各鳥種別 Song 記録率でも、ビンズイ以外は一定した林相差を示すものではなく、むしろ地域差や年度差の変動が大きい。したがって、Table 5 の総合記録率に示された林相による記録率の差は、大部分 C, V 記録率の高低によるものと見ることができる。

Table 16, 17 に富士試験地の C, V 記録率をいくつか示すが、若齢林ではいずれも第 I 区側で高い。また、アカハラでもほぼ総合記録率と同様の林相間変化を示すが、1967 年第 I 区の C 記録率だけは低い値を示す。

これら C, V 記録率の林相間の差異は、明らかに観察者の視聴効力が林相構造によって影響されている現われである。

S, C, V 各記録率は年度や林相によって大きな変動を示すのに比べて、総合記録率は比較的安定しているといえよう。

Table 16. Call 相 対 記 録 率
Relative census effectivity for call record

種 名 Species	年 度 Year	若 齢 林 (%) Young plantation		成層混交林 Stratified mixed plant.
		Area I	Area II	
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>	1967	69.3	64.1	37.0 38.7
	1968	74.3	54.2	
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>	1967	41.1	50.2	
	1968	99.2	76.8	
ビ ン ズ イ <i>Anthus hodgsoni</i>	1967	62.8	21.4	
	1968	49.4	29.8	
ホ オ ジ ロ <i>Emberiza cioides</i>	1967	127.0	74.4	37.0 38.7
	1968	104.5	99.1	
モ ズ <i>Lanius bucephalus</i>	1967			
	1968	44.4	20.8	

Table 17. Visual 相 対 記 録 率
Relative census effectivity for visual record

種 名 Species	年 度 Year	若 齢 林 (%) Young plantation		成層混交林 Stratified mixed plant.
		Area I	Area II	
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>	1967	38.5	23.9	13.4 30.8
	1968	37.2	23.7	
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>	1967	28.7	25.1	
	1968	95.6	45.2	
ビ ン ズ イ <i>Anthus hodgsoni</i>	1967	87.9	50.5	
	1968	62.6	57.6	
ホ オ ジ ロ <i>Emberiza cioides</i>	1967	88.3	33.8	13.4 30.8
	1968	74.7	46.0	
モ ズ <i>Lanius bucephalus</i>	1967			
	1968	51.7	20.8	

(2) 総合記録率の林相差

ウグイス、コルリなど Song だけで記録される種類は、観察半径 50 m 程度のセンサスでは記録率の林相差がないので除外し、S, C, V あるいは C, V で記録される種類について、総合記録率の林相差を解析する。

はじめに富士の若齢林第 I 区、第 II 区間での総合記録率の差を主要 5 種について見る。第 I 区側の記録率を 100 として第 II 区側の記録率を見ると、モズを除いて(生息数が少なく誤差が大きいため) 62.7~91.9 といずれも低い値を示す。年変動およびサンプリング誤差を除く意味で、両年度の平均を求めると、モズを含めて 72~83 となる。全体の平均では第 II 区側が第 I 区側より 23.5 % 相対的に低い記録率を示す。モズを除けば 20% となる。

結局、背たけより低い林相といくらか高い林相の構造差は、総合記録率に大よそ 20 % の差をもたらすということになる。

次に、富士の若齢林と成層混交林の総合記録率差であるが、これについてはアカハラ 1 種の例しかない。若齢林第 II 区と成層混交林の記録率を合計して比較してみると、成層混交林の記録率は若齢林第 II 区に比べ、相対差でみて 25% 低くなっている。

つぎに、富士と滝沢の成層混交林で比べてみる。アカハラについては富士の1967年の値と、滝沢の兩年の平均値を比較すると、富士のほうが滝沢より相対的に20.3%低い。ヒガラでは富士の兩年の平均値と滝沢の1971年の値を比較すると、やはり富士のほうが相対的に27.1%低い。そしてシジュウカラでは前項でふれたようにほぼ等しいか、あるいは富士のほうが低いと考えられる。

以上のように、S, C, V で記録される種類の総合記録率を、富士と滝沢の4つの基本的な林相構造の間で比較すると、それらの林相にまたがって生息する種類では、少数の例外はあるが、各林相間で順次ほぼ20%台の相対的な記録率差を示すということが明らかとなった。

はじめに述べたように、鳥類の生息環境はある一定範囲の林相構造に限られているので、その範囲内での線センサス総合記録率の差異は、大きくても上に示した程度の差であることが予測できる。

5. 進行速度による記録率

観察者の進行速度と線センサス記録率の関係についての研究は、内外の研究者によっていくつかなされている。YAPP (1956)、蠟山 (1960) は線センサスによる鳥類密度推定の数理論式において、鳥の移動速度も考慮に入れた相対的な進行速度を用いている。しかし、蠟山自身も指摘するように、実際に鳥の速度をあらゆる状況のもとで適確にとらえることは困難であり、さらにあらかじめ求めておいた鳥の速度を用いても、調査対象地の鳥個体群の平均的速度と合致しないことや、鳥の速度とS, C 発声活動が拮抗的であることなどが原因して、全体として不安定な密度推定となる。

そのようなことから、現段階としては鳥の速度とS, C 発声活動あるいはVisual 記録に現われる活動性を合わせたものを、鳥の全体的な目打ち方としてとらえ（それはおもに記録率の種類差となって現われている）、線センサスの速度要因としては観察者の進行速度にのみ注目し、それと記録数の関係を解析する。

線センサスにおける進行速度は、観察者の歩行能力や正常な記録行為が保てる範囲などの制限要因によって、自然に一定の限界がある。従来の線センサス調査の報告では、進行速度は時速0.8~3.0 kmの間に分布しているが、そのうち1.0~2.0 kmの付近がもっとも多い。富士試験地で時速3.0 kmの線センサスを著者を含め2人の観察者で行なってみたが、観察のための不断の注意や記録作業などで忙しく、また速度も速いのでかなり疲労し、正常なセンサスはむりと思われた。

(1) 進行速度による記録数変化の種間比較

本項では種類間で進行速度による記録数変化に差異があるかどうかを、これまでの解析と同様線センサス記録数による優占度の有意差検定によって解析する。

富士試験地のセンサスデータを用いるが、さまざまな進行速度のデータがそろっていないので、大まかに進行速度の遅速によってデータを2群に分け、両群で種類ごとの優占度が一樣であるかどうか一括検定した。その際に、これまでの解析で明らかになったように、夕刻以外の時刻や曇天より良い天候などでは、種類による記録率の動きに差がないので、夕刻時と悪天候時以外のデータはすべて用いた。

1968年第Ⅱ区については、6月から7月（一部は8月）の間のデータを用いて、進行速度時速1.0 kmと1.5 kmの比較で9種類、1967年第Ⅰ区については5月から7月の間のデータを用いて、平均時速1.25 kmと1.67 kmの比較で10種類、同第Ⅱ区については同様のデータで平均時速1.23 kmと1.64 kmの比較で9種類、のそれぞれについて優占度の一様性の χ^2 検定を行なった。

結果をTable 18に示すが、いずれも有意差はなく、この程度の速度差では記録数の変動は全種同様で

Table 18. 異なる速度における種類別
 χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values in census

(1) Area II, 1968

進行速度		Census speed	1.0 km/hour		1.5 km/hour				
種	名	Species	R	E	R	E	Total		
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>		124	135	604	593	728
ウ	グ	イ	<i>Sitta diphone</i>		57	55	239	241	296
ア	カ	ハ	<i>Turdus chrysolaus</i>		65	65	284	284	349
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>		30	25	103	108	133
コ	ル	リ	<i>Erithacus cyane</i>		6	8	38	36	44
メ	ジ	ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>		16	11	42	47	58
シ	ジュ	ウ	<i>Parus major</i>		22	19	78	81	100
ホ	オ	ジ	<i>Emberiza cioides</i>		16	18	83	81	99
モ		ズ	<i>Lanius bucephalus</i>		10	10	45	45	55
*ヒ	ガ	ラ	<i>Parus ater</i>		8	—	20	—	—
*キ	ツ	ツ	キ類		5	—	30	—	—
*ホ	ト	ト	ギス類		4	—	27	—	—
Total			346		1,516		1,862		
d. f. = 8 $\chi^2 = 5.44 + 1.26 = 6.70 < \chi^2 (P_{0.50})$									

(2) Area I, 1967

進行速度		Census speed	1.23 km/hour		1.64 km/hour				
種名		Species	R	E	R	E	Total		
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>		118	126	170	162	288
ウ	グ	イ	<i>Cettia diphone</i>		91	94	123	120	214
ア	カ	ハ	<i>Turdus chrysolaus</i>		47	43	50	54	97
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>		47	42	49	54	96
コ	ル	リ	<i>Erithacus cyane</i>		17	18	24	23	41
メ	ジ	ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>		16	16	20	20	36
シ	ジュ	ウ	<i>Parus major</i>		32	30	37	39	69
ホ	オ	ジ	<i>Emberiza cioides</i>		30	28	34	36	64
ホ	オ	ア	<i>Emberiza fucata</i>		15	14	18	19	33
モ		ズ	<i>Lanius bucephalus</i>		6	7	19	9	16
Total			419		535		957		

d. f. =9 $\chi^2=2.12+1.65=3.77<\chi^2 (P_{0.90})$

あることを示している。

(2) Song 記録数の動き

前項の解析は S, C, V を合わせた総合記録数によるが、そのうちウグイス、コルリでは大部分 Song 記録だけからなっている。したがって、前項の結果によれば、Song だけで記録される種類も、S, C, V を合わせて記録される種類と同様に扱ってよいことになる。

ところで、ENEMAR (1959) はヤナギムシクイ (*Phylloscopus trochilus*) の例を引いて、鳥のさえずり活動の時間間隔が線センサス記録率に大きく影響することを示した。つまり、鳥のさえずり頻度と、観察者がその個体の占有する地域を通過する速度との関係が問題になるのである。

優占度の一様性の χ^2 検定

record of birds between the two census speeds

(3) Area II, 1967

進行速度 Census speed		1.25 km/hour		1.67 km/hour		Total
種 名	Species	R	E	R	E	
ア オ ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	271	272	297	296	568
ウ グ イ ス	<i>Cettia diphone</i>	149	171	207	185	356
ア カ ハ ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	97	92	94	99	191
ビ ン ズ イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	44	38	35	41	79
コ ル リ	<i>Erithacus cyane</i>	26	22	19	23	45
メ ジ ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	24	27	33	30	57
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	52	48	48	52	100
ホ オ ジ	<i>Emberiza cioides</i>	45	38	35	42	80
モ ズ	<i>Lanius bucephalus</i>	9	9	10	10	19
*ヒ ガ ラ	<i>Parus ater</i>	3	—	8	—	—
*キ ツ ツ キ 類	Picidae	8	—	5	—	—
ホ ト ト ギ ス 類	<i>Cuculus</i> sp.	3	—	1	—	—
Total		717		778		1,495

d. f. = 8 $\chi^2 = 6.74 + 6.22 = 12.96 < \chi^2 (P_{0.10})$

注 Note) R : センサス記録数。Recorded number in census.

E : χ^2 検定における期待値。Expected value in χ^2 test.

* : 参考用。Listed for comparison.

ここではウグイス、コルリのほか、S, C, V を合わせて記録される種類も含めて、速度差と Song 記録数の関係を見る。

Song 活動あるいは Song 記録率の日週変化パターンは、総合記録率で示されるパターンと異なって種類によって大きな差があるため、速度差のデータを時刻に無関係にふり分けることはできない。そのため、ふり分けにあたって、両群に含まれるデータに時刻的な不均等が生じないように配慮した。

Table 19 に 1967 年第 I 区、同 II 区、1968 年第 II 区の χ^2 検定を示す。Song 記録が全体として少ないので比較検定できたのは数種に限られてしまったが、3 例とも有意差はない。

したがって、やはり Song 記録数でも速度による変動は種類差がないといえる。

(3) 進行速度による記録率の変化

上記の解析によって、観察者の進行速度が変わった場合各鳥種の記録数、つまり記録率はほぼ一定の割合で変わることが明らかになった。つぎにその変化程度を、1 回の線センサスで記録された全種類合計の総記録数によって解析する。

各種進行速度下の線センサス総記録数を、記録率の日週変化を修正して基準とする時速 1.5 km の総記録数と比較するため、Fig. 10 の総記録数日週変化パターンを用いて比較解析した。Fig. 10 の計算ではアカハラの記録数を除いているので、速度別の総記録数からもアカハラの記録を除いた。天候による記録率の差異については、Fig. 11 の関係を用いて、あらかじめ回帰曲線式による Fig. 10 の理論値を修正することによって処理した。

時速 1.5 km の線センサスで各区を 1 巡して得た総記録数を 100 とし、それ以外の速度による各区の総記録数の増減割合を Fig. 12 に示す。本図は一定距離あたりの記録数が、速度によってどのように変わるかを示している。図によれば全体の右下がりの傾向は年度、区域によって大きな差はないと見られる。

Table 19. 異なる速度下のセンサス Song 記録による種類別優占度の一様性の χ^2 検定
 χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values in census record of
 bird song between the two census speeds

(1) Area II, 1968

進 行 速 度		Census speed	1.0 km/hour		1.5 kw/hour				
種 名		Species	R	E	R	E	Total		
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>		50	57	204	197	254
ウ	グ	イ	<i>Cettia diphone</i>		44	44	153	153	197
ア	カ	ハ	<i>Turdus chrysolaus</i>		19	12	35	42	54
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>		15	16	56	55	71
ホ	オ	ジ	<i>Emberiza cioides</i>		7	6	21	22	28
Total			135		469		604		
d. f. = 4 $\chi^2 = 5.17 + 1.48 = 6.65 < \chi^2(P_{0.10})$									

(2) Area I, 1967

進 行 速 度		Census speed	1. 25 km/hour		1. 67 km/hour				
種 名		Species	R	E	R	E	Total		
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>		21	26	33	28	54
ウ	グ	イ	<i>Cettia diphone</i>		77	72	72	77	149
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>		13	11	10	12	23
コ	ル	リ	<i>Erithacus cyane</i>		12	12	13	13	25
シ	ジ	ユ	<i>Parus major</i>		12	14	18	16	30
		Total			135		146		281
d. f. = 4 $\chi^2 = 1.96 + 1.80 = 3.76 < \chi^2(P_{0.25})$									

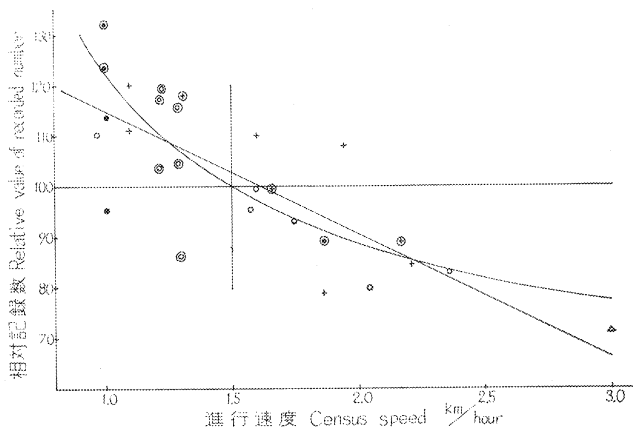
(3) Area II, 1967

進 行 速 度		Census speed	1. 23 km/hour		1. 64 km/hour					
種 名		Species	R	E	R	E	Total			
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>		62	64	50	48	112	
ウ	グ	イ	ス	<i>Cettia diphone</i>	119	119	89	89	208	
ア	カ	ハ	ラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	6	7	7	6	13	
ビ	ン	ズ	イ	<i>Anthus hodgsoni</i>	25	22	14	17	39	
シ	ジュ	ウ	カ	ラ	<i>Parus major</i>	16	17	13	12	29
ホ	オ	ジ	ロ	<i>Emberiza cioides</i>	12	11	8	9	20	
Total					240		181		421	
d. f. = 5 $\chi^2 = 0.76 + 0.97 = 1.73 < \chi^2(P_{0.75})$										

つぎに、本図から一定時間あたりの記録数が速度によってどう変化するかを計算する。

Fig. 12 の各センサス速度を時速 A km, その場合の時速 1.5 km に対する記録数割合を B (%) とする。 B をすべて、全長 2.8 km の第 II 区において、センサス速度 A をいろいろ変えた場合の記録量とみなすと、その値を第 II 区を通過するに要した時間、つまり $2.8/A$ で割った値、 $A \cdot B/2.8$ は第 II 区の線センサスにおいて速度を変えた場合に、1 時間当たりで記録される個体数の相対的数量を示すことになる。

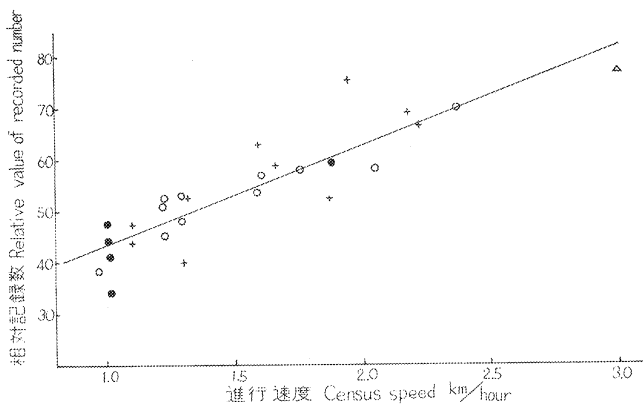
そのようにして求めた数値を、速度別にプロットしたものを Fig. 13 に示す。このよくまとまった右上



注 Note: Plot mark + Area I, 1967, Δ Area I, 1968, ○ Area II, 1967, ● Area II, 1968
⊕ ⊗ ⊙ ⊛ 朝のデータ Morning data

Fig. 12 一定距離あたりの記録数のセンサス速度による違い
(時速 1.5 km を基準とする)

Difference ratio of recorded numbers per unit distance
by census speed (Standardizing at the speed of 1.5 km
per hour).



注 Note: プロット マークは Fig. 12 と同じ. For plot mark see Fig. 12.

Fig. 13 一定時間あたりの記録数のセンサス速度による違い
Difference ratio of recorded numbers per unit time
by census speed.

がりの傾向は、線センサス進行速度を変えた場合の、1時間あたりの記録数の伸び方の一般的傾向を表わすものである。

Fig. 12 および Fig. 13 について回帰直線を計算すると以下のようになり、非常に有意な回帰係数を示す。

Fig. 12 一定距離あたり

$$Y = 139.71 - 24.50X, \text{ d.f.} = 25, t = 6.38 > P_{0.001} \dots\dots\dots ①$$

Fig. 13 一定時間あたり

$$Y = 24.33 + 19.21X, \text{ d.f.} = 25, t = 9.41 > P_{0.001} \dots\dots\dots ②$$

ただし、Yは相対記録量(%)、Xは時速。

式①はX=1.5 (km) 場合、Y=100 (%) となるべきであるが、標本誤差によってそうならない。

これまでの計算は時速 1.5 km を基準としてきたが、ここで解析の便宜のために、上記両式を時速 1.0 km における記録量を 100 (%) とする基準の式に修正する。

$$\text{式①} \rightarrow Y = 121.27 - 21.27X \dots\dots\dots \text{③}$$

$$\text{式②} \rightarrow Y = 55.88 + 44.12X \dots\dots\dots \text{④}$$

式③、④を Fig. 14 に示す。上記両式は同一のデータから求めた経験的な回帰式であるが、本来は両式とも一定距離あたり、一定時間あたりに相互に換算ができ、特定速度での答えは一致するものでなければならない。つまりたとえば、式④に特定の時速 X (km) を代入し、1 時間あたりの相対記録数を出し、それを X で割って 1 km あたりの相対記録数を計算したとすると、その値は式③に X を代入して得た値と一致しなければならない。

ところが、Table 20 に示すように式④から換算した値は、どの時速でも式③の値と一致せず、特に時速 4 km 以上では格差が大きい。さらに式③では時速 6 km からはマイナスの値となり、現実と異なってくる。つまりこの場合、式③の方で欠点が大きいと見ることができる。

考 察

ここで、蠟山 (1960) が示した鳥の速度とセンサス記録数の関係を参考にして、式③と④の正しい関係を求める。

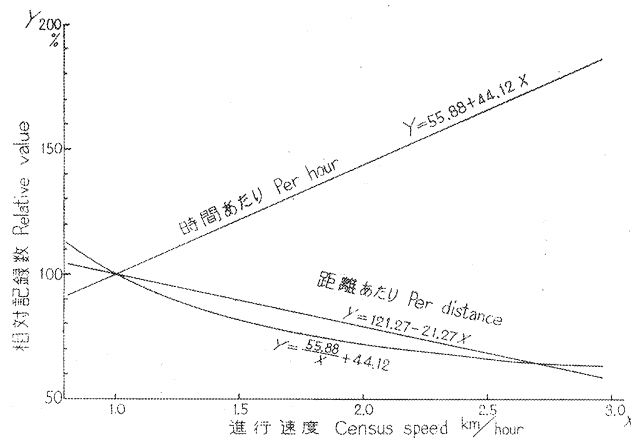


Fig. 14 時間あたり、および距離あたり記録数のセンサス速度による換算図 (時速 1 km を基準とする)

Exchanging rate of recorded numbers between per hour and per distance by census speed (Standardizing at the speed of 1.0 km per hour).

Table 20. 2つの式における速度による記録率の変化の比較
Comparison of effectivity change by the census speed between the two formulae

回 帰 式 Regression formula	進 行 速 度 Census speed (km/hour)							
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
式 Formula ④	100	81.4	72.1	66.5	62.8	58.1	55.3	53.4
式 Formula ③	100	89.4	78.7	68.1	57.5	36.2	14.9	-6.4

蠟山は、もしある地域の鳥の速度がゼロですべて停止している場合には、その Song 活動度などはひとまず別にして、その地域のセンサスでは常にある下限一定の記録数が理論的に期待でき、また逆に鳥の速度が無限に大きくなった場合でも、繁殖期には鳥はなわばりがあって、行動範囲もある程度限定されているので、記録数は、理論的にある上限一定の数を越えないといっている。このことはほぼ正しいと見られる。

つぎに、この現象なり理論を、観察者の進行速度の大小から相対的に見てみる。まず、観察者の速度が非常に速くなること、これは実際のセンサス行動では非現実的であるが、そのことは鳥の速度が相対的にゼロに近づくことであり、一定距離あたりの記録数はある一定下限に近づくことを意味する。結局式③は、本来速いセンサス速度のほうで漸近線を持たなければならない。このことは式③が、時速 6 km 前後以上でマイナスになるのがおかしいことからいえる。次に観察者の速度がゼロに近づくということは、相対的に鳥の速度が大きくなることであり、一定距離あたりの記録数はこれも一定上限に近づくことを意味する。式③は $X \rightarrow 0$ の場合、 $Y = 121.27$ と固定するので上述のことに適合しているように見える。しかし、試験地のセンサス記録率の実態からみて、その値はまだ相当低く、実際にはより高い上限に向けて Y 軸に漸近線的に接近すると見てよい。式④が $X \rightarrow 0$ の場合に、 $Y = 55.88$ という値に固定することはいくぶん非現実的であるが、速度 X が非常に大きくなっていく場合には、実際のセンサス行動は別にして、理論的には、1 時間あたりの記録数は直線的に増加しておかしくない。

以上の考察に加えて、式④の回帰性が式③に比べ若干高いことから、ここで式③と④の関係としては式④を基準式とみなし、それから新たに式③を換算算出するのが正しいものといえる。

換算方法は先にふれたように、

一定距離あたり記録数 $Y = \text{式④右辺} \div X$

で、

$$Y = 55.88 / X + 44.12 \dots\dots\dots \text{式⑤}$$

となり、そのまま時速 $X = 1.0 \text{ km}$ で $Y = 100$ となる。

本式は双曲線であり、上述の式③の正しいあり方に合致する。ただし $X \rightarrow 0$ のとき、 $Y \rightarrow \infty$ となることは実際と異なり、また $X \rightarrow \infty$ のとき、 $Y \rightarrow 44.12$ に収れんすることも正しい値とはいえない。

式⑤を Fig. 14 に記入し、式③と比較するならば、時速 1.0~3.0 km の間では差はなく、また本式を時速 1.5 km の場合を 100 として Fig. 12 に記入すると式①よりはよく適合しており、やはり一定距離あたり記録数の速度による変化は、本来双曲線であるといえよう。

以上の操作から、今後式④と⑤を用いることによって、一定距離あたり記録数と一定時間あたり記録数は、速度を基準にして相互に換算できることになる。

上記の結果を用いて、COLQUHOUN (1940) が示した例と比較すると Table 21 のようになり、ほとんど差のないことが明らかになった。かれの示した例はイギリスの冬季間の調査によるものであるが、かれは夏季の調査でもほぼ同じ結果を得たといっている。このことは鳥の種類構成が変わり、観察者が異なっても、上式の関係があてはまることを示している。さらに冬季も夏季と変わらない結果を得ているということとは、イギリスでの調査対象鳥類が、冬季も一定の行動圏を保有していたものかどうかは不明であるが、今後の冬季の線センサスデータの解析にも一定の展望を与えるものである。

Table 21. 速度による記録数の COLQUHOUN (1940) の結果との比較
Comparison of recorded numbers between the data by COLQUHOUN (1940)
and the author in relation to the census speed

進行速度 Census speed km/hour	時間あたり Per hour			距離あたり Per distance		
	COLQUHOUN's data の相対値 Relative value	著者の式による By the author's formula		COLQUHOUN's data の相対値 Relative value	著者の式による By the author's formula	
		相対記録率 Relative effectivity	その相対値 Its relative value		相対記録率 Relative effectivity	その相対値 Its relative value
4.0	170	232.4	178	70	58.1	75
1.7	100	130.9	100	100	77.0	100

6. 観察半径による記録率

鳥を含めた高等動物の生息数を線センサスする場合、観察半径のとり方が問題となる。従来、ノウサギ (WEBB 1942, HAYNE 1949) やエリマキライチョウ (GATES 1968, 1969) など、飛び出した個体を目撃で記録するような種類の線センサスでは、センサスで目撃した個体の観察距離の平均を用いた数式が提唱されている。蠟山 (1960) は小鳥の行動圏の大きさと観察半径の関係から、理論的に 2 つの公式を提唱して

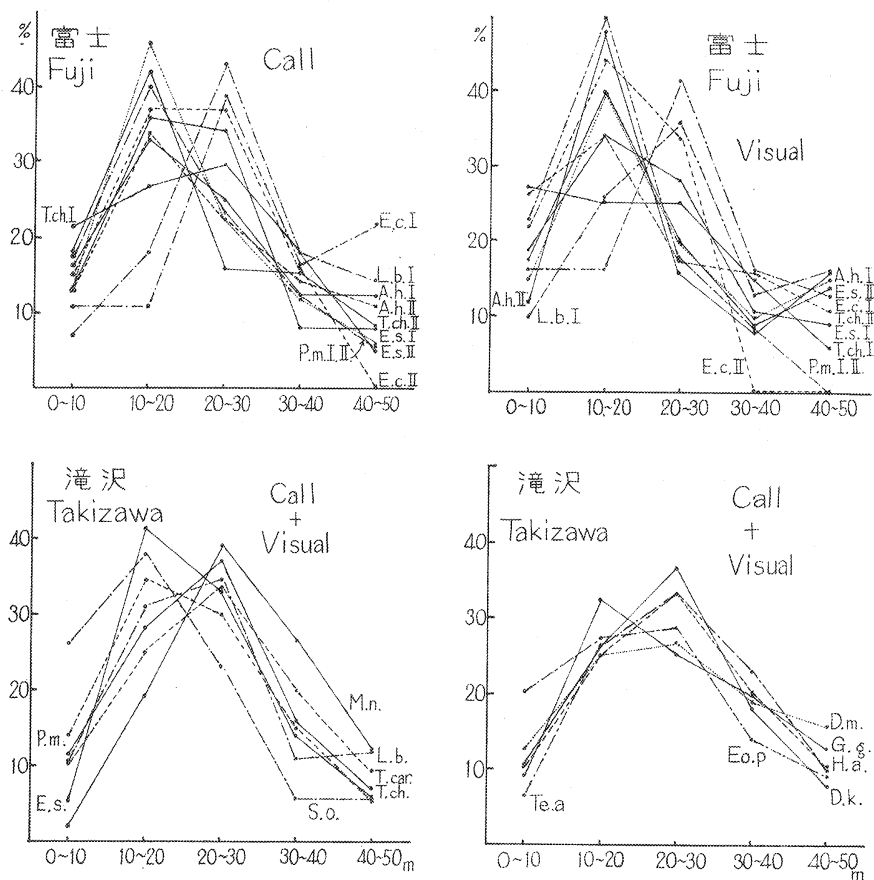


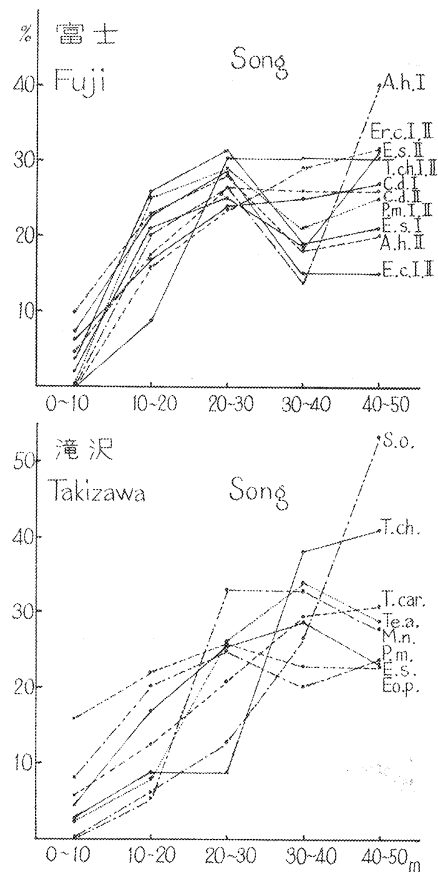
Fig. 15 認知手段別センサス記録の
Percentage distribution of census record by the observing

いる。諸外国の小鳥の線センサスでは、特に観察半径を定めないラフな形式のものと、種類ごとにまたは全種合わせて一定の観察半径を定めたものが見られる。

平均観察距離を用いて生息密度を算出する場合、林相構造や観察者能力による記録率の差が解消される可能性も考えられるが、以下のような問題点もあってすぐには推奨し得ない。まず小鳥では目撃記録はむしろ少なく、多くの場合 S, C, V 合わせて記録される。したがって平均距離を算出する場合、それら異質の認知方法別に別個に計算しなければならない。特に Song 記録は多くの場合かなり遠方まで聞くとれるが、その距離の判定、その林相の識別に困難が生じる。そして、Song 記録を独立で扱った場合、Table 6 にも示したように記録率の変動が大きいことから考えて、計算結果に大きな誤差を与える可能性が高くなる。さらに S, C, V 別々に平均距離を算出するとすると、記録数の少ないものでは標本誤差が大きくなる、などの問題点がある。

蠟山の提唱した式も、適用にあたってのいくつかの仮定や行動圏のとらえ方が实际的でないので、実用化にはまだ検討を要する。

これら観察半径のとり方は今後の課題とし、ここでは現在日本で広く用いられている、全種共通の一定観察半径をとるセンサス法の場合に、観察半径を変えた場合、種類別記録率がどう変化するかを解析する。



注 Note)

A.h.: *Anthus hodgsoni* (ビンズイ), C.d.: *Cettia diphone* (ウグイス), D.k.: *Dendrocopos kizuki* (コゲラ), D.m.: *Dendrocopos major* (アカゲラ), E.c.: *Emberiza cioides* (ホオジロ), E.s.: *Emberiza spodocephala* (アオジ), E.o.p.: *Eophona personata* (イカル), Erc.: *Erithacus cyane* (コルリ), G.g.: *Garrulus glandarius* (カケス), H.a.: *Hypsipetes amaurotis* (ヒヨドリ), L.b.: *Lanius bucephalus* (モズ), M.n.: *Muscicapa narcissina* (キビタキ), P.m.: *Parus major* (シジュウカラ), S.o.: *Streptopelia orientalis* (キジバト), Te.a.: *Terpsiphone atrocaudata* (サンコウチョウ), T.car.: *Turdus cardis* (クロツグミ), T.ch.: *Turdus chrysolaus* (アカハラ), I, II.: Area I, II.

観察距離別百分率分布
distance (C, V, S respectively).

今回の調査で用いた観察半径 50 m は、従来の多くの小鳥類のセンサス報告からみて、自然に定まってきた上限距離のように考えられる。したがって、ここでは半径 50 m までの範囲内での記録率の観察半径による変化を扱う。

(1) 観察記録の距離別分布

はじめに S, C, V 各認知手段別に、観察記録の距離別分布状態を解析し、その分布状態ひいては記録率に関与する要因を明らかにする。本項の解析に用いるセンサスデータは、富士試験地については 1969 年の補足調査によるデータであり、滝沢試験地については 1970, 71 両年のすべてのデータによっている。

主要生息鳥種の認知手段別、観察距離別記録数の百分率分布を Fig. 15 に示す。百分率は半径 50 m のセンサスでの全記録数に対する、観察者を中心とする半径 10 m 区切りの環状区域別の記録数の割合である。

考 察

記録数の分布は、各環状区域の面積比率からいえば、距離 50 m へ向けて相当増加しなければならないが、実際はそうっていない。その理由のひとつとしては、観察者がある経路を一定方向に進行する場合、その進行方向の経路近くにいる個体の場合は、観察者の進行につれて各観察距離ごとに記録される可能性があるのに対し、経路から垂直方向に遠い距離にいる個体は、もともと観察者の円形の記録可能域に入っている時間が少ないことによる。この要因は、距離別記録数分布の差を小さくする働きをする。もう 1 つの理由は、当然のことながら遠距離ほど観察者の視聴効力が落ちることである。それは S, C, V で記録される種類において、強い Song の記録に比べ、C 記録の分布が遠距離で急激に減少していることから理解できよう。

観察者に近い距離の記録数分布は、種類、認知方法、環境などによってさまざまな変化を示している。COLQUHOUN (1940) は「鳥類センサスはおどかしセンサスである」といっているが、近距離の記録数分布の差異をきたす要因の 1 つとして、鳥の観察者に対する反応性の差異がある。たとえばモズ、ホオジロなど観察者に対する警戒性と忌避性が強い種類では、特に富士第 I 区のような見とおしのよい林相環境では、記録数分布のピークが他種より遠方にずれている。Song 活動は、観察者を警戒しているときには行なわれないことが多い。富士のアカハラ、シジュウカラ、コルリ、第 I 区のビンズイ、滝沢のキビタキ、キジバトなど多くの種類で 10 m 以内では Song がまったく記録されていない。

(2) 観察半径による記録率

前項で明らかになったように、線センサスでの鳥類記録の距離別分布は複雑な動きを示すことから、観察半径を変えれば種類別の記録率もさまざまに変化することになる。

Table 22 に観察半径別の線センサス総合記録率、および観察半径 50 m での記録率を 100 とした場合の、各観察半径の線センサスにおける相対的な記録率を示した。10 m 区切りのほかに 25 m を加えたのは、この観察半径が従来のセンサスでしばしば用いられてきたためである。S, C, V の各記録は観察半径によって異なる分布を示すので、S, C, V 各認知方法の記録数割合が何らかの原因によって変化した場合には、Table 22 に示す総合記録率の観察半径別の値も異なってくることが予測される。しかし、ここでは煩雑さを避けるためと、実際の観察半径別記録率は特に 25 m の場合、S, C, V の記録割合が異なっても変化が比較的小さかったことから、総合記録率の観察半径別変化だけを示した。

各観察半径における総合記録率およびその相対的变化は、種類、年度や地域によってさまざまな変化を示すが、いくつかの傾向が認められる。

Table 22. 観察半径による記録率

Census effectivity by observing radius

種名 Species	調査地 Study area	区別, 年度別 Area, Year	R. V. C. E.	観察半径 Observing radius					
				10m	20m	25m	30m	40m	50m
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>	Fuji Takizawa	Area I	R. V.	87.1	130.7	135.8	136.6	112.9	100.0
			C. E.	93.4	140.1	145.7	146.5	121.0	107.3
		Area II	R. V.	62.1	136.5	139.8	128.5	111.9	100.0
			C. E.	57.7	126.8	129.9	119.5	104.0	93.0
		1970	R. V.	19.5	77.9	101.3	106.1	112.2	100.0
			C. E.	20.6	82.2	106.9	111.9	118.2	105.5
		1971	R. V.	39.6	118.8	128.7	132.0	112.6	100.0
			C. E.	30.9	92.8	100.5	103.1	87.9	78.1
ウ グ イ ス <i>Cettia diphone</i>	Fuji	Area I	R. V.	66.0	99.1	93.6	97.5	92.0	100.0
			C. E.	66.7	100.1	94.6	98.6	93.0	101.1
		Area II	R. V.	36.3	77.9	90.0	90.6	96.0	100.0
			C. E.	36.2	97.7	89.8	90.4	95.8	99.8
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>	Fuji Takizawa	Area I	R. V.	134.1	131.5	140.0	137.5	122.4	100.0
			C. E.	85.5	83.9	89.3	87.7	78.1	63.8
		Area II	R. V.	110.7	171.8	147.6	133.6	115.5	100.0
			C. E.	66.3	102.9	88.4	80.0	69.2	59.9
		'70, '71	R. V.	56.9	81.3	99.2	108.4	107.7	100.0
			C. E.	35.5	50.7	61.8	67.6	67.1	62.3
			R. V.	64.5	129.0	142.0	129.0	100.8	100.0
			C. E.	68.3	136.6	150.3	136.6	106.7	105.9
ビ ソ ン ズ イ <i>Anthus hodgsoni</i>	Fuji	Area I	R. V.	68.3	136.6	150.3	136.6	106.7	105.9
			C. E.	72.6	129.0	125.8	118.3	108.9	100.0
		Area II	R. V.	61.1	108.5	105.8	99.5	91.6	84.1
			C. E.	61.1	108.5	105.8	99.5	91.6	84.1
コ ル リ <i>Erithacus cyane</i>	Fuji	Area I, II	R. V.	0	54.4	88.0	79.7	92.4	100.0
			C. E.	0	34.2	50.1	58.1	62.9	55.3
メ ジ ロ <i>Zosteropus palpebrosa</i>	Fuji	Area I, II	R. V.	125.0	149.3	141.7	138.9	116.3	100.0
			C. E.	95.5	114.1	108.2	106.1	88.9	76.4
シ ジ ュ ウ カ ラ <i>Parus major</i>	Fuji Takizawa	Area I, II	R. V.	127.3	159.1	138.0	130.3	109.1	100.0
			C. E.	153.9	192.4	166.8	157.5	131.9	120.9
		'70, '71	R. V.	78.9	125.5	141.2	131.4	114.7	100.0
			C. E.	96.7	153.8	173.2	161.1	140.6	122.6
			R. V.	107.2	107.2	100.0	107.2	98.2	100.0
			C. E.	154.8	154.8	144.5	154.8	141.9	144.5
ホ オ ジ ロ <i>Emberiza cioides</i>	Fuji	Area I	R. V.	89.3	142.9	142.8	142.9	120.5	100.0
			C. E.	97.0	155.2	155.1	155.2	131.0	108.7
		Area II	R. V.	48.4	96.8	102.4	123.7	108.9	100.0
			C. E.	24.4	48.7	51.5	62.2	54.8	50.3
モ ズ <i>Lanius bucephalus</i>	Fuji Takizawa	Area I	R. V.	80.9	121.3	129.4	122.6	114.0	100.0
			C. E.	64.7	97.0	103.5	98.0	91.2	80.0
		'70, '71	R. V.	49.2	69.7	82.0	95.6	102.5	100.0
			C. E.	44.3	62.7	73.7	86.0	92.2	90.0
ク ロ ツ グ ミ <i>Turdus cardis</i>	Takizawa	'70, '71	R. V.	62.3	91.9	109.0	115.3	112.9	100.0
			C. E.	67.8	100.1	118.7	125.5	123.0	108.9
ヒ ヨ ド リ <i>Hypsipetes amaurotis</i>	Takizawa	'70, '71	R. V.	121.1	127.0	129.7	127.6	110.4	100.0
			C. E.	144.4	151.3	154.6	152.1	131.5	119.2
イ カ ル <i>Eophona personata</i>	Takizawa	'70, '71	R. V.	12.2	56.8	100.0	106.1	108.0	100.0
			C. E.	12.8	58.9	103.7	109.9	111.9	103.7
キ ビ タ キ <i>Muscicapa narcissina</i>	Takizawa	'70, '71	R. V.	27.8	64.8	77.8	89.5	101.9	100.0
			C. E.	31.9	74.4	89.2	102.7	116.9	114.7
サンコウチョウ <i>Terpsiphone atrocaudata</i>	Takizawa	'70, '71	R. V.	27.8	64.8	77.8	89.5	101.9	100.0
			C. E.	31.9	74.4	89.2	102.7	116.9	114.7

Table 22. つづき

種 名 Species	調 査 地 Study area	区別, 年度別 Area, Year	R. V. C. E.	観 察 半 径 Observing radius					
				10m	20m	25m	30m	40m	50m
コサメビタキ <i>Miscicapa latirostris</i>	Fuji Takizawa	Area I, II '70, '71	R. V. R. V. C. E.	140.0 79.0 42.8	120.0 144.7 78.5	140.0 147.4 80.0	140.0 140.4 76.1	115.0 125.0 67.8	100.0 100.0 54.3
コゲラ <i>Dendrocopos kizuki</i>	Takizawa	'70, '71	R. V. C. E.	74.1 50.3	101.9 69.2	118.5 80.5	123.5 83.8	111.1 75.4	100.0 67.9
アカゲラ <i>Dendrocopos major</i>	Takizawa	'70, '71	R. V. C. E.	75.5 117.3	108.5 168.7	120.8 187.8	110.1 171.1	106.1 165.0	100.0 155.5
カケス <i>Garrulus glandarius</i>	Takizawa	'70, '71	R. V. C. E.	59.7 66.3	123.1 136.8	116.4 129.3	124.4 138.1	115.7 128.5	100.0 111.1
エナガ <i>Aegithalos caudatus</i>	Takizawa	'70, '71	R. V. C. E.	98.7 108.1	111.9 122.5	118.4 129.7	120.6 132.1	118.4 129.7	100.0 109.6
キジバト <i>Streptopelia orientalis</i>	Takizawa	'70, '71	R. V. C. E.	104.7 49.6	116.3 55.1	111.6 52.9	108.5 51.4	95.9 45.4	100.0 47.4

注 Note) R. V. (Relative value) : 50m の記録率を 100(%) とした時の各観察幅における記録率の相対値。

Relative value of the census effectivity standardizing as 100 at 50m.

C. E. (Census effectivity) : 各観察幅での線センサス記録率 (条件は表17と同じ)。

Census effectivity in each observing radius (Conditions same with Table 17).

イ) 富士試験地では, S, C, V で記録される大半の種類で, 25 m の相対記録率は 140 付近に集中している。しかし警戒性の強いホオジロ, モズでは, 特に第 I 区側の見とおしの良い環境で相対値は 100 前後を示す。

ロ) 滝沢試験地では, S, C, V で記録される種類のうち, シジュウカラとコサメビタキを除く大半の種類で, 25 m の相対記録率は 130 より低くなり, また種類差が大きい。

ハ) Song 記録だけをとって見れば, Fig. 15 に示された記録数分布からも予測されるように, 25 m における相対記録率は大半 100 以下になる。Song のみで記録されるウグイス, コルリももちろん同様である。

(3) 望ましい観察半径

前項で明らかにしたように, 従来の線センサスで良く用いられている観察半径 25 m にしろ, 50 m にしろ, 総合記録率の林相差や種類差が解消されるようなことはなく, 総合記録率は各観察半径でさまざまな値を示す。以下に今後の線センサス調査のための望ましい観察半径を述べる。

イ) 観察半径 25 m 以下では鳥の警戒忌避行動などによって, 記録率の変動が激しい。

ロ) 登山路沿いなど林縁の環境をもつ経路のセンサスでは, 25 m 程度では林縁効果, 林相の不均質などの影響が大きい。

ハ) 第 8 節の観察者による記録率のところで少しふれるが, 線センサスでは規定した観察半径より遠方にいる個体を, 主観的判断によって規定半径内にいるものとして記録してしまう危険が常にもなう。その危険性は記録数が少ないことも関係して (次のニ) 項参照), 50 m より 25 m 付近で相対的に大きいと思われる。

ニ) 25 m での記録数は 50 m での記録数と比べ, S 記録数で 50% 前後, 総合記録数でも 30% 以上少なくなる。その分の有用データを利用しないのは, 統計処理上および時間的に損失である。

ホ) 第4節林相による記録率のところで示したように、50 m では林相による記録率差がいずれも20% 台でかなり一定していたが、25 m などの半径ではそうした一定の傾向が見られない。

ヘ) 樹高の相当高い林相でのセンサスでは、もともと観察距離も遠距離を要する。

ト) 25 m と 50 m の中間の観察半径については、距離の目測のしやすさ、データの統計処理のしやすさなどの観点からみて不便だと思われる。

以上のようなことから、著者は線センサスの観察半径として 50 m を奨めるものである。

7. 記録率の季節変化

大部分の小鳥類では、その Song 活動は繁殖期に限られるが、繁殖期のなかでも種類別にまた個々のつがいの繁殖進行段階によって、Song 活動量に時期的変化があることが良く知られている (ARMSTRONG 1963, 浦本 1966)。いっぽう蠟山 (1960) は、季節的な繁殖進行段階の推移による Song 活動を含めた全体的な目だちは、移動活動性と拮抗的に推移するため、線センサス記録率は時期的にあまり変化しないことを示唆している。

本節では富士試験地のデータについて、5月上旬から8月に至る期間内の、S, C, V 合わせた総合記録率の季節変化を解析する。

(1) 総合記録率の季節変化の解析方法と若干の考察

各時期別の、一定条件下のデータが少ないため、絶対的な記録率の変化を見ることができないので、本節では以下の相対的な方法で解析を行なう。

第2節で明らかにしたように、記録数の日週変化パターンは種類と時期に関係なく、ほぼ一定のパターンを示す。したがって、種類別に見た場合、そのパターンの記録数レベルだけが、各調査時期のその種類の生息数と記録率に応じて季節変化を示すことになる。

このことからまず、時刻に関係なく各調査時期ごとに、一定の条件に合うすべての線センサスデータを集計して、その時期の生息数と記録率を反映した種類別優占度 (線センサスでの記録数を直接加算して計算した、なまの優占度) が計算できる。

ここで、ほかの種類の生息数と記録率を不変として、ある1種類 (A種とする) だけがある期間に条件を変えた場合を考えてみる。A種の生息数がプラス、記録率がマイナスとなって記録数は変わらなかったとする。この場合なまの優占度は、もちろんはじめと変わらない。しかし、実際にその地域に生息する各種類の生息数を集計して、その総生息数で各種類の生息数を割って出した種類別優占度 (真の優占度) は、A種についてはプラスとなるが、ほかの種類ではすべてマイナスとなる。

このときに、その期間でなまの優占度と真の優占度の動きを見るならば、A種については真の優占度からみたなまの優占度の位置は相対的に低下するので、これにより記録率の低下を判定できる。しかし、そのほかの種類の記録率は、初めに述べた条件により不変であるにもかかわらず、相対的にプラスになってしまう。また、A種では真の優占度の上昇率は、他種の生息数の多少によって緩衝されるので、記録率の相対的なマイナスの程度は必ずしも直接的に反映されない。

そこで、なまの優占度と真の優占度の相対的な動きから、記録率の変動を適確に推測しようとするには、その地域の実際の全種合計の総生息数と線センサス総記録数が、常に一定であるという条件が必要となる。つまり、あらゆる種類の生息数が常に一定総数をめぐって相補的に変動し、さらにその変動と、種類別記録率の変動が絡み合った上で得られる線センサス総記録数も、一定でなければならないということになる。

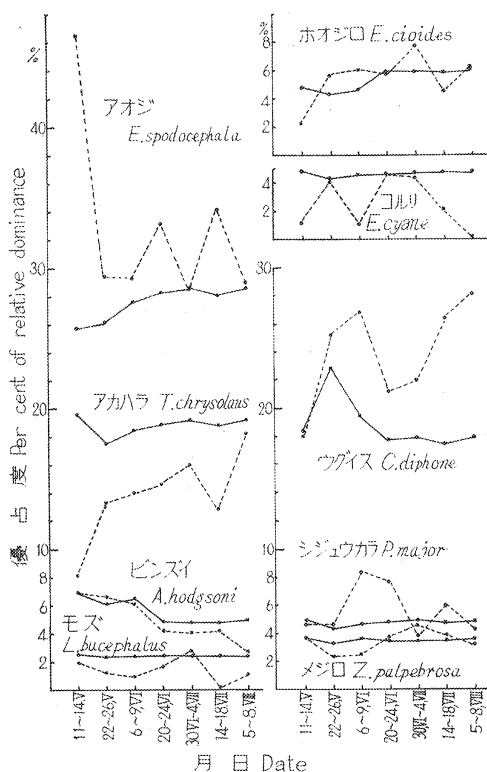


Fig. 16 (1) Area II, 1967

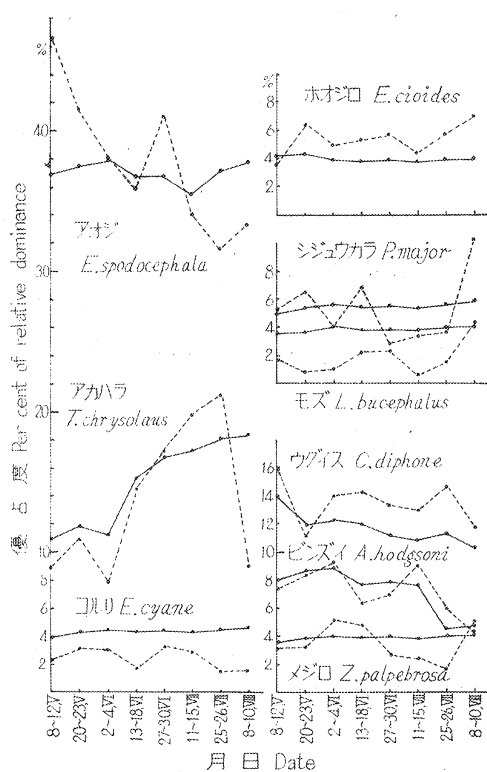


Fig. 16 (2) Area II, 1968

Fig. 16 線センサス優占度と真の優占度の季節変化の比較
Comparison of seasonal change between two relative dominance values
(Calculated directly from recorded numbers in line census and from absolute density).

こうしたことは、厳密にはほとんど有り得ない現象である。

しかし幸いなことに、富士試験地では Table 1 および Fig. 10 などに示されたように、繁殖最盛期における総生息数および総記録数の季節変動はそれほど大きなものではない。したがって、上述の相対的な方法によって、種類別の記録率の大よその季節変化がつかめることになる。

両年両区における種類別の真の優占度と、線センサスで得たままの優占度の時期別変動を Fig. 16 示す。本図では夕刻と悪天候下の線センサスデータおよび幼鳥記録はすべて除いた。アカハラは夕刻を除けば、ほぼほかの種類と同様の日週パターンを示すので、ここでは含めた。Fig. 16 の主な対象時期は5月上旬から7月中旬の間であるが、7月下旬以降における線センサス記録によるままの優占度は、その区域の繁殖最盛期の真の優占度とどのような関連を示すかを見るために、図中に7月下旬と8月の分も記入してある。

Fig. 16 で特徴的なのは、多くの種類で線センサス記録数によるままの優占度が、その区域の真の優占度と非常に近似のレベルを示していることである。コルリ、モズなどの2、3低記録率の種類を除けば、線センサスのままの記録から算定した優占度によって、その区域の真の優占順位に近いものが得られることになる。

しかしこの現象は、Table 5 に示したように優占種の多くの記録率が100%に近い値をとっているため

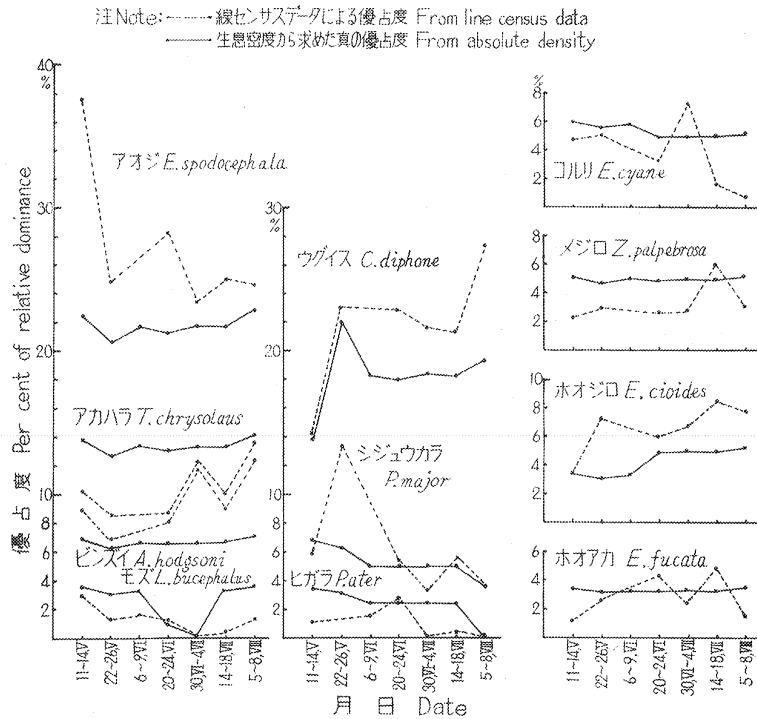


Fig. 16 (3) Area I, 1967

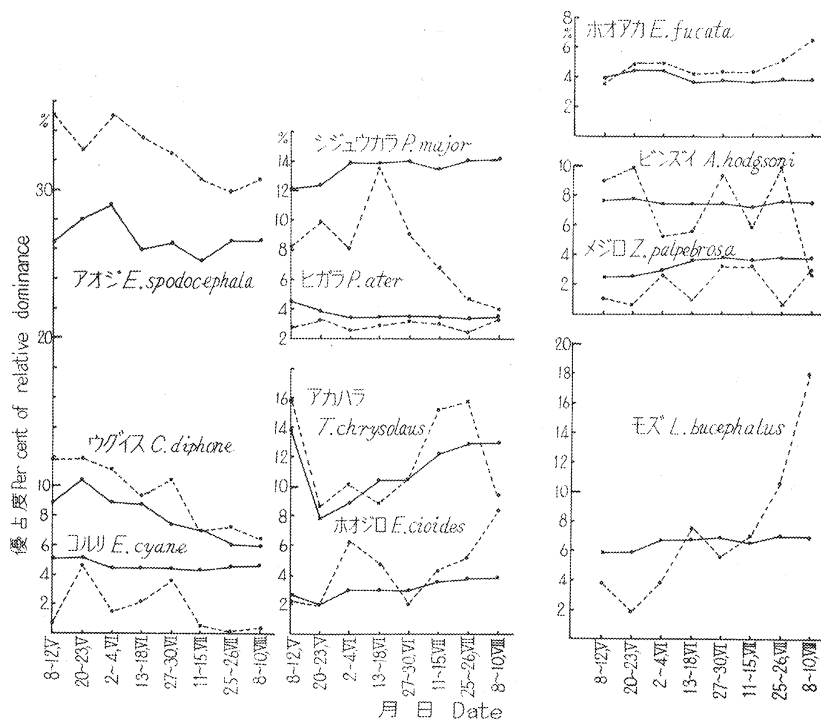


Fig. 16 (4) Area I, 1968

であって、コルリ、モズなど記録率レベルの異なる種類が多く生息しているような地域ではそうならない。

本図から絶対的な記録率を求めることはできないが、ある調査時期について関係する種類をすべて含めて、それぞれのなまの優占度を真の優占度で割った値の1系列は、その時期における各種類の記録率間の相対的な数量関係を与える。ちなみに、5月下旬から7月中旬に至る間の、すべてのデータを用いて計算したなまの優占度を、その間の真の優占度で割った値と、その間における早朝5:00から9:00までの線センサス記録数から計算した平均記録率を、種類ごとに対比させてみると Table 23 のようになり、 χ^2 検定の結果両者の系列でまったく有意差がない。

Table 5 に示した早朝の線センサス記録率の数値は、年度と区域によっては早朝のセンサスデータが少なかったため、Table 23 の χ^2 検定における早朝記録率の期待値をもって当てたものであり、もとのデータによる記録率は Table 23 の各区の左端の数値である。

(2) 種類別記録率の季節変化

本項では Fig. 15 にもとづいて種類別に記録率の季節変化を検討する。

アオジ 本種ではいずれの年度も5月上旬の記録率が非常に高いのが特徴的である。5月下旬以降若干のバラツキはあるが、ほぼ平均的に推移している。5月上旬に高いのは繁殖期初期の段階で、特に生息密度の高いアオジにおいて、なわばりが定まらずに移動中の個体が多いこと、およびアオジにおいては、この時期にすでに繁殖最盛期と同様な記録率日週パターンを示しているため、本節の解析方法の場合、昼

Table 23. 線センサスデータから直接計算した7:00のセンサス記録率と線センサス記録
 χ^2 tests of homogeneity of interspecific ratios

(1) Area II

年 度 Year		1967					1968				
種 名 Species	7:00の真の 記録率 True census effectivity at 7:00		相対的な記録率 Relative census effectivity*		Total	7:00の真の 記録率 True census effectivity at 7:00		相対的な記録率 Relative census effectivity*		Total	
	C	E	C	E		C	E	C	E		
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>	90.9	93.0	111.2	109.1	202.1	94.2	92.9	103.8	105.1	198.0	
ウ ゲ イ ス <i>Cettia diphone</i>	92.3	101.0	127.3	118.6	219.6	98.0	98.6	112.2	111.6	210.0	
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>	54.0	59.9	76.2	70.3	130.2	89.1	87.8	98.1	99.4	187.2	
ビ ン ズ イ <i>Anthus hodgsoni</i>	87.3	83.5	94.2	98.0	181.5	83.2	84.7	97.9	96.4	181.1	
コ ル リ <i>Erithacus cyane</i>	65.0	64.0	74.2	75.2	139.2	60.3	58.7	64.8	66.4	125.1	
メ ジ ロ <i>Zosteropus palpebrosa</i>	97.2	89.4	97.1	104.9	194.3	81.0	80.6	90.9	91.3	171.9	
シジウカラ <i>Parus major</i>	119.2	113.0	126.5	132.7	245.7	75.0	75.6	86.3	85.7	161.3	
ホオジロ <i>Emberiza cioides</i>	100.0	97.0	110.9	113.9	210.9	119.2	120.3	137.3	136.2	256.5	
モ ズ <i>Lanius bucephalus</i>	35.0	40.0	52.0	47.0	87.0	32.4	33.2	38.6	37.6	70.8	
Total	740.9		869.6		1,610.5	732.4		829.7		1,562.1	
d. f. = 8	$\chi^2 = 6.11 < \chi^2 (P_{0.50})$					$\chi^2 = 0.27 < \chi^2 (P_{0.995})$					

注 Note) C: センサス記録数, Census effectivity, E: χ^2 検定における期待値, Expected value in χ^2 test.

*: The ratios of the relative dominance value in census data to the true relative dominance value in the study area.

夕の記録数がまだ低いほかの多くの種類と、なまの優占度に差が出たことなどの原因が考えられる。5月下旬から7月中旬の間の上下のバラツキは、±5%程度の記録率の相対的変動に相当するが、全体としてこの期間の季節変化はランダムで小さいと見てよい。7月下旬以降は、1968年第Ⅱ区を除いていずれも優占度の相対的位置の変動は少なく、したがってほとんど Song の聞かれなくなった繁殖終了期でも繁殖期内の優占度を推測できることになる。しかし、その2つの相対優占度の相対的位置は、ほかの種類の記録数の動きに完全に左右されてしまうのが普通であり、このアオジの例は偶然の一致である。

ウグイス 本種はほとんど Song だけで記録されるが、各年各区とも記録率の季節変化はほとんどないといえよう。1967年第Ⅱ区の7月中旬の上昇は、その時期に、その区域で多くの幼鳥群が雌親とともに出現したため、雌親の記録が増えたもので、雄の Song に限定するならばレベルはそれ以前と変わらない。7月下旬以降まだなわばりを保有して、Song 活動を行なっている個体については、記録率はそれほど変わらないようである。

アカハラ 本種では1967年第Ⅱ区5月上旬が異常に低いほかは、いずれもアオジよりなめらかな推移を示し、繁殖期後期に向けて徐々に上昇する傾向を示す。後期には Song 記録率も上昇し、全体として後期に向けて諸活動が活発化することが反映されている。1967年第Ⅱ区5月上旬については、実際の生息数を過大に推定していたように考えられる。アカハラは年度によって記録率レベルが非常に異なっていたが、このレベル差は季節を通じて保たれている。したがって、このレベル差は繁殖進行経過の違いによる

による優占度を真の優占度で割って求めた相対的センサス記録率の種間比の一様性の χ^2 検定
between two kinds of the census effectivity

(2) Area I

年 度 Year	1967					1968				
種 名 Species	7:00 の真の 記録率 True census effectivity at 7:00		相対的な記録率 Relative census effectivity*		Total	7:00 の真の 記録率 True census effectivity at 7:00		相対的な記録率 Relative census effectivity*		Total
	C	E	C	E		C	E	C	E	
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>	88.5	101.2	124.2	111.5	212.7	108.7	113.3	121.7	117.1	230.4
ウ グ イ ス <i>Cettia diphone</i>	86.0	97.8	119.7	107.9	205.7	96.1	104.4	116.1	107.8	212.2
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>	61.4	63.8	72.8	70.4	134.2	98.3	101.9	108.8	105.2	207.1
ビ ン ズ イ <i>Anthus hodgsoni</i>	120.5	116.1	123.6	128.0	244.1	95.2	95.6	99.2	98.8	194.4
コ ル リ <i>Erithacus cyane</i>	71.2	73.0	82.3	80.5	153.5	56.3	55.6	56.8	57.5	113.1
メ ジ ロ <i>Zosteropus palpebrosa</i>	66.7	65.4	70.8	72.1	137.5	76.3	70.2	66.4	72.5	142.7
シ ジ ユ ウ カ ラ <i>Parus major</i>	133.9	128.8	137.0	142.0	270.9	55.9	58.2	62.4	60.1	118.3
ホ オ ジ ロ <i>Emberiza cioides</i>	168.6	154.6	156.4	170.4	325.0	145.2	134.4	128.0	138.8	273.2
ホ オ ア カ <i>Emberiza fucata</i>	100.0	95.3	100.3	105.0	200.3	120.1	114.8	113.3	118.6	233.4
モ ズ <i>Lanius bucephalus</i>	33.3	34.1	38.0	37.7	71.8	62.8	66.5	72.4	68.7	135.2
Total	930.1		1,025.6		1,955.7	914.9		945.1		1,860.0
d. f. = 9	$\chi^2=10.1 < \chi^2 (P_{0.25})$					$\chi^2=6.75 < \chi^2 (P_{0.50})$				

変異ではなく、個体群内外の状況変化による季節を通じての活動量の変化によるものであろう。総合記録率の季節変化は5月と7月を比べると7月のほうが相対的に20%前後高い。7月下旬以降記録率の変動は大きくなっており、実際の生息数も流動的になっているようで、アオジの例のような繁殖期内の生息数の推定は成り立たない。

ビンズイ 本種の生息数は前3種に比べ一段と少なく、サンプル数も少ないためか記録率の変動が大きい。両年両区で特に目だったような共通の季節変化は見られず、変動はランダムである。生息数の多い第Ⅱ区の方で変動が小さくなっている。

コルリ 本種も生息数が少ないためか記録率の上下変動が大きい。しかし、各年各区とも5月上旬と6月に谷を持つ2山型の変化を示している。5月上旬については、アオジと反対に日週パターンが完成しておらず、記録数が少ないことが計算過程で反映されたものである。1969年の調査で、6月に入ってSong活動が低下した時期に、親鳥が育雛を行なっていることを確かめた。したがって6月の記録率の低下は、その区域のつがいがいほぼいっせいに育雛期に入ったことによるのかもしれない。しかし、2山型が常にはっきりしたパターンで出ているところを見ると、個々の繁殖経過が偶然に一致したというよりは、なわばり活動などと関連してその区域の全つがい、その区域の平均的な繁殖進行に合わせて、Song活動などを行なっているようにも見える。コルリは他種と異なり、7月中旬には早くも記録率は相当低下する。

シジュウカラ 本種の生息数は第Ⅲ章で述べたように、ほぼ5月にいっせいに営巣を開始したつがい数にもとづいている。1968年後期にセンサス記録率が下がっているが、実際には成鳥あるいは親子群が試験地西側の天然林に移行してしまっ、センサス記録数が少なくなったためと考えられる。各年各区とも繁殖期内の記録率は1～2回のピークを有するが、これを巣箱の営巣経過調査およびなわばり記図法センサスの結果と照合すると、いずれもいくつかの特定つがいにおいて、1回目営巣に失敗して場所を移したときのなわばり争いや、育雛末期で親の給餌活動が激しく巣箱の防衛行動も盛んで、たまたまセンサス経路がその近辺を通るため余計記録されてしまった場合であった。そうした条件を考慮すれば、シジュウカラの記録率の季節変動はランダムで、より大きな個体群を対象にすれば記録率は季節的により平均的に推移すると思われる。7月下旬以降は変動が大きく、一定の傾向を示さない。

メジロ 富士では本来のSongはほとんど聞かれず、センサス記録はC、V記録のみからなる。生息数が少ないため記録率の上下も大きい。ちなみに、1968年第Ⅰ区はもっとも少ない2つがいを対象としたが、その結果、記録率のバラツキももっとも大きい。各年各区で記録率の季節変動はランダムであり、一定の傾向は見られない。

ホオジロ 1968年第Ⅰ区は生息数が2つがいでもっとも少ないため、ほかより記録率のバラツキが大きい。それ以外は5月上旬を除いて小さい上下動をランダムに示し、大きな変化を示さない。5月上旬に低い原因はコルリと同様、日週パターンがまだ完全でないからである。7月下旬以降記録率は上昇する傾向を示す。

モズ 本種はなわばり記図法では生息数がつかみにくく、巣の確認によったのでTable 1の季節変化は正確なものではない。また生息数も少ないので記録率は相当バラツキものと思われたが、実際には各年各区ともかなり類似した季節変化を示している。いずれも5月上旬に少し高く、下旬に低下し、6月のうちに上昇してピークに達したあと、7月にかけて下降し、その後ふたたび上昇傾向を示す。繁殖経過調査では試験地では7月までに1つのつがいは1～2回ひなを育てるが、その進行状況はつがいによって

相当ずれがあり、必ずしも一致した経過はとっていない。しかし、平均してみれば記録率の高い時期はなわばり争い期や育雛期にあたり、低い時は抱卵期にあたっている。また、後期の低い時は換羽期で活動のぶい時期かもしれない。さらに実際の生息数が一時的な移動によって、変化したことも考えられる。

ホオアカとヒガラ ホオアカは生息数が少ないわりには一定の記録率を保っている。これは Song 活動が終始高く安定していることを反映したものであろう。ヒガラは参考のため示したが、生息数がごく少ないので一般的傾向はつかめない。

考 察

5月中旬以降7月中旬までの期間について、総合記録率の季節変化を見てみると、まず全体として生息数の少ないものに比べ多い種類で季節変化が比較的一定のパターンを示しているといえる。これは生息数の多い種類を対象にしたセンサスほど、サンプル誤差が少ないという当然の結果のほかに、大きな個体群ではさまざまな要因によって生じる繁殖進行のずれが、その地域全体のその種個体群の諸活動性を、季節的に平均化する可能性が高いということをも反映していると考えられる。

生息数の少ないコルリ、モズでも各種類ごとにほぼ定まった変化パターンを示してはいるものの、両区で時期的には必ずしも一致しておらず、記録率のピークと谷がずれている。したがって、両区を合わせた、より大きな個体群を対象としたセンサスであれば、記録率の季節変化は平均化して小さくなる可能性がある。

以上のことから、繁殖期のセンサスにおいて、平均的な記録率を正しく適用していくためには、できるだけ広い地域の大きな個体群を対象にしたセンサス記録をとるのがよいということになる。時期的にも幅をとって何回かセンサスを実施するならば、よりよい結果が得られるであろう。

富士で扱った種類のうちでは、もし大きな個体群を対象にセンサスした場合に、なお一定の季節変化を示すと見られるのはアカハラだけである。アカハラでは季節のはじめと終りで、Table 5 の平均記録率からそれぞれ約10%の相対差を示す。なおイギリスの SNOW (1965) は、アカハラと同属のクロウタドリ (*Turdus merula*) について、同様な現象を指摘している。

8. 観察者による記録率

前節までの解析は、主として調査される側の鳥がそれを取りまく自然条件とともに線センサスの諸条件によって、どのように線センサス記録に現われてくるかという、ある意味で客観的、普遍的な解析であった。それに対し本節では、その線センサスで記録を取る観察者側の諸条件によって、記録がどのように変わるかを検討する。

線センサス記録はそれを行なう人間のさまざまな内部的、外部的条件によって影響され、その結果は個人ごとに、また時には同一人物によっても変わる。したがって、観察者による記録率の差異を解消する普遍的方法というものは、容易には見つからない。

ここでは富士試験地で数人の協力を得て行なった実際の線センサス結果が、観察者諸条件によってどのように異なるかを解析し、それにもとづいて線センサスにおける観察者諸条件の扱い方を述べる。

(1) 記録率の個人差

イ) 総記録数の個人差

種類別の記録率の個人差を解析する前に、1回の線センサスの全種合計の総記録数によって個人差を大まかに見ておく。

Table 24 はさまざまな線センサス条件を統一修正して、各観察者の総記録数の相対的割合を見たものである。これによれば、1967 年 8 月に両区で実施したセンサスにおける著者（略称 Y）と G 氏の総記録数が、ほぼ対等のレベルを示すほかは、どの観察者の記録数も程度はさまざまであるが著者より低い。

なわばり記図法を適用できた種類について、著者のセンサス記録をなわばり図と照合してみても、大部分は特定のなわばりに帰結でき、二重記録も少ない。したがって、多くの観察者が著者の総記録数より低い原因としては、まず本試験地の環境や鳥相への馴れの違いが考えられる。しかしながら、大部分の観察者は、本試験地で相当回数の線センサスを行なったあとでも、著者との記録数差は縮まらないことから、馴れの差はあるとしても初めのうちだけで、それ以降は別の要因が関与していると考えられる。それらは当然のことながら視聴力の基本的な個人差であろう。このことは G 氏が、この地域で初めての線センサスであるにもかかわらず、高い正確な記録率を示したことで理解できよう。

そこで次に、観察者の視聴力のある程度反映すると見られる総記録数に占める S, C, V 各記録数の割合を観察者間で比較してみる。Fig. 17 にその割合を時期別、観察者別に示す。

総記録数に占める S 記録数の割合（以下 S%）は、B 氏、E 氏では著者と同じかやや高く、そのほかではいずれも著者より大分高い。G 氏については 8 月の線センサスで S 記録がほとんどないので比較できない。著者以外の観察者の総記録数は少ないことを考慮すると、S 記録率は全体として著者を含めて、観察者間で総記録数（率）より差が小さいといえる。

C 記録の割合（以下 C%）は S% が高い人ほど低くなっており、これを C 記録実数に直して考えれば、観察者間で相当の差を示すことになる。つまり、総記録数に個人差の生ずる大きな原因の一つは、C 記録

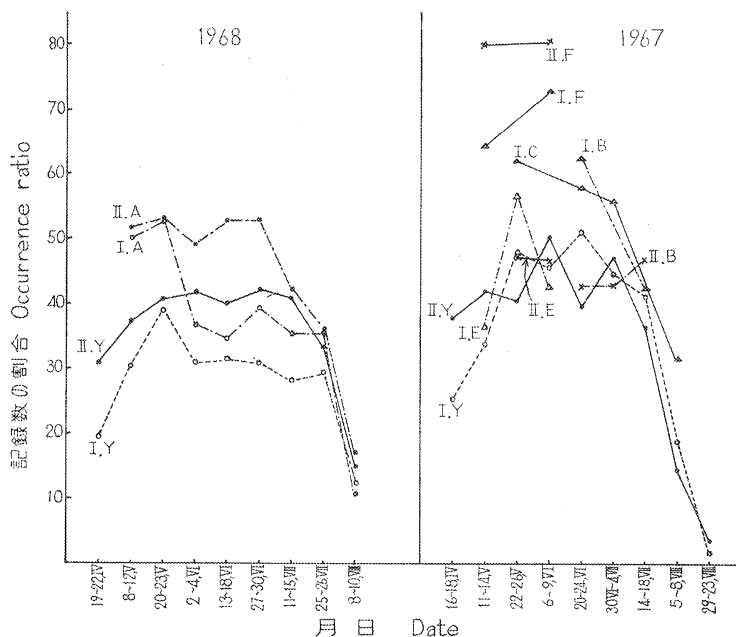


Fig. 17 (1) Song

Fig. 17 総記録数に占める認知手段別記録数割合の観察者による違い
Comparison of occurrence ratio of each recognition to the total records between observer.

Table 24. 線センサス総記録数の個人差
Difference of observer's ability in census recording

観察者 Observer	Y	A	B	C	E	F	G
平均記録数の相対値 Relative value of mean recorded number	100	81.32	65.69	59.49	74.98	65.45	96.77

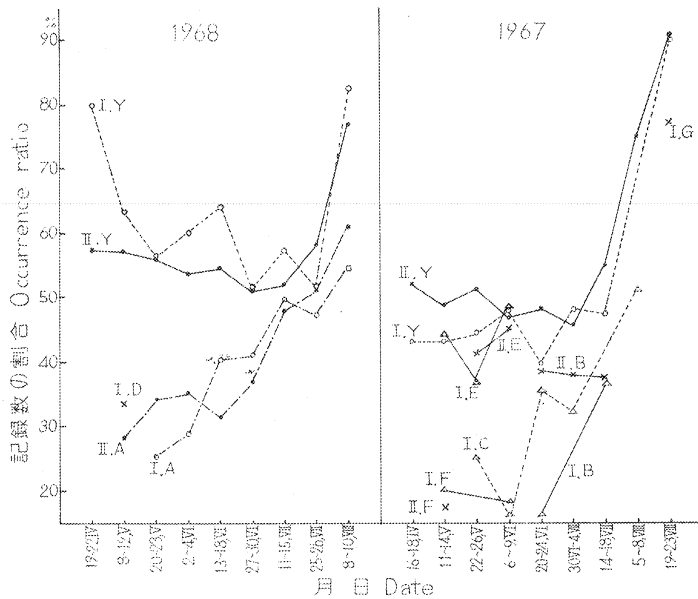


Fig. 17 (2) Call

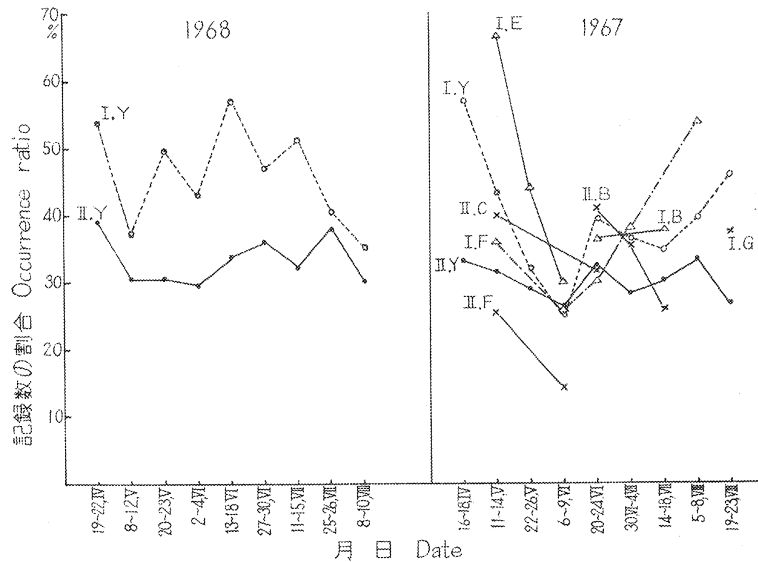


Fig. 17 (3) Visual

注 Note) A, B, C, ……Y: 観察者名 Observer (Y, the author), I, II: Area I, II

数あるいはC記録率の個人差ということになる。これは林相差、観察半径のところでふれてきたように、Call 発声音は Song に比べ聴覚効力差の影響を大きく受けるためである。

V%はS, C%と異なり目だった個人差はなく、差の現われ方は一定でない。つまりV記録数は、総記録数と同じ程度の個人差があり、総記録数の低い人はV記録数も低いということである。このことから、C記録率の低い人はV記録数も低いということになり、これは年齢にともなって視聴力がほぼ同様に減退するという事実と、線センサス実行時における個人の集中力、技術的巧拙が視聴両覚に同様に反映される結果であろう。

E氏の身長は155 cm、著者は170 cmであるが、V%はE氏のほうが高く、V記録実数に直すと両者ではほとんど差がない。結局この程度の身長差は、富士試験地の若齢林相では、V記録率に差をきたさないことを示唆している。

以上S, C, V%の簡単な比較からみると、個人差を小さくする線センサスデータの扱い方としては、S記録を用いるのがよいように思われる。しかし、はじめにふれたように、S記録率は諸条件による変動が激しいし、また ENEMAR (1962) によれば C, V 記録はもちろんのこと、S記録でも人によってまた場合によって、すぐ近くで発現したものでも気づかないことがよくあるということなので、以下にもふれるようにS記録をそのまま信頼して用いることはよくない。

ロ) 種類別記録率の個人差

a. S記録率の個人差

もっともS%の高いF氏の線センサス1回ごとの種類別S記録数は、ほかの観察者と比べてバラツキが大きく、レベルは高めて著者の記録を越えることもしばしばあった（それに比べF氏のC, V記録はごく少ない）。F氏のS記録をなわばり図で照合すると、同一個体を少し離れて何度も記録したり、明らかに50 m 以遠の個体を数多く50 m 内にプロットしていることが判明した。したがって、S記録が平均的に多くても必ずしもその記録を信頼することはできず、特にC, V記録数が低い場合は注意が必要であろう。A, B, C, Eの各氏では種類によりバラツキはあるが、大よそS記録数は総記録数と同様低下している場合が多い。これらの観察者のS記録をなわばり図と照合すると、ほぼ妥当なプロットを示している。

以上のことから、声の大きい Song でも半径50 m センサスの場合、聴力、集中力の個人差などがからんで、記録もれによって記録率に差が出る可能性があるということになる。逆に、同一個体の識別技術、集中力などの条件いかんでは、F氏のように誤った記録を多数記録してしまうことになる。

b. 総合記録率の個人差

上記の解析から、一定の技術レベルをもった観察者間の総記録数の格差は、ある程度種類に関係なく、S, C, V各記録を通して各種類の総合記録率を併行的に変動させることによってもたらされているように見える。ここではこれまでの解析と同様、記録率の個人差が種類によっても同じであるかどうかを、 χ^2 検定によって検討する。

両年とも各観察者の線センサスデータは、著者以外の人と重なった時期のものはほとんどないので、ここではすべて著者とその他の1観察者との比較で検定する。記録率の日週変化パターンは、特にS記録が過大であるような観察者を除けば、その基本的性質からみて、どの観察者でも著者と同様のパターンを示すと考えられるので、すべて時刻に関係なく集計したデータの優占度によって解析する。

Table 25 の(1), (2)は1968年第I区、第II区における著者とA氏の繁殖期を通じたデータによる比較

であるが、いずれも有意差はない。Song のみで記録されるウグイス、コルリについても第Ⅰ区側のウグイスを除いて、両区にわたって大きな期待値との差を示しておらず、やはり大きな Song 声でも C, V 記録と同様記録もれになることがあるといえる。なお A 氏は、従来モズの生態を専門に調査しているためか、有意差のない範囲ではあるが、モズの記録数は期待値より相当高い。

Table 25 の (3), (4) は 1967 年 8 月中、下旬の著者と G 氏のデータの比較である。まず第Ⅰ区では有意差はまったくなく、また総記録数のレベルも両者でほぼ等しいことから、著者と G 氏の線センサスはまったく同様の記録をとっているといえる。第Ⅱ区ではアオジを含めた 8 種類では有意差があるが、アオジを除くと有意差はなくなる。第Ⅱ区でも総記録数レベルは両者で近いので、各種類とも両者でほぼ同様の記録率を示しているといえる。

Table 25 の (5) は 1967 年 6, 7 月の間の第Ⅱ区における著者と B 氏のデータの比較である。アオジは記録数に大きな差を示すが、それを除くとまったく有意差はない。B 氏の場合、G 氏と反対にアオジの記録率がひどく劣り、特に 2 羽以上の群れにおける羽数の判別ができていないようである。ウグイス、コルリとも期待値より高くならず、やはり Song のみで記録される種類も、ほかの種類と同様に記録率を低下させている。

以上 Table 25 で扱った A, B, G の 3 氏は、著者とともに、富士試験地でセンサスを行なった人のなかでは熟練者で、かつ年齢の若い人であった。3 氏の記録率の傾向をまとめると、一部の観察者でのアオジの記録率を除いて、全種類とも各観察者に固有な解聴力等を反映したある一定の割合で、総合記録率を上下させていることが明らかとなった。

Table 26 には上記 3 氏以外の観察者の記録状況を示す。これは 1967 年に第Ⅰ区で行なった C, E, F 3 氏のセンサスデータによってそれぞれ優占度を出し、著者のデータと対比したものである。C, F 氏ともに著者と反対にアオジが異常に低い比率で記録されているほか、どの種類についても 4 者で一致した傾向を示していない。E 氏ではいくつか著者と近似な優占度傾向を示すが、メジロ、モズなどまったく記録されない種類もあり、おそらくセンサス技術がまだ十分でないことを示唆している。C, F 氏については前者は高齢、後者は諸技術と集中力の不足という欠点に関係しているといえる。

(2) そのほかの観察者条件による記録率

同行者のいる線センサスにおける記録率の変化を Table 27 に示す。ほとんどの場合記録数が低下する。その場合の記録率の低下の仕方に種類差があるか χ^2 検定を行なった。

Table 28 は 1967 年第Ⅰ区における著者の線センサスで、同行者のいない場合と 1 人いる場合を比較したものである。 χ^2 検定の結果有意差はまったくない。したがって、同行者のいる場合の記録率の低下の仕方は、どの種類でも同様であるといえる。ウグイス、コルリなど Song 声の大きな種類でも同様に低下している。なお警戒性の強いホオジロ、モズでは、同行者がいる場合記録数はむしろ上昇する傾向が見られる。

つぎに、馴れの問題について少しふれておく。一定の熟練度を持つ観察者では、ある地域の環境や鳥相にかなり迅速に馴れるのではないかとと思われるが、より短時間内での馴れの問題がある。たとえば、しばらくの日数を置いて急に線センサスを行なった場合など、センサス技術のあらゆる点についての勘が、始めの 1~2 時間は乱れているような徴候が見られる。著者の場合でも、1~2 週間の間を置いてセンサスを開始した場合、最初の線センサスの記録数が 2, 3 の例で、10% 程度平均より上昇していることがあった。

そのほかの観察者条件では、睡眠不足のときや、調査区域内に部外者がいたときなど、集中力が減退し

Table 25. 観察者による種類別優占度の
 χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values

(1) A and the author (Area I, 1968)

観 察 者		Observer		A		Y		Total
種 名		Species		R	E	R	E	
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	371	382	226	215	597
ウ	グ	イ	<i>Cettia diphone</i>	131	113	45	63	176
ア	カ	ハ	<i>Turdus chrysolaus</i>	116	119	70	67	186
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>	85	89	54	50	139
コ	ル	リ	<i>Erithacus cyane</i>	27	27	15	15	42
メ	ジ	ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	25	27	17	15	42
シ	ジュ	ウ	<i>Parus major</i>	79	82	49	46	128
ホ	オ	ジ	<i>Emberiza cioides</i>	45	44	23	24	68
ホ	オ	ア	<i>Emberiza fucata</i>	48	49	28	27	76
モ		ズ	<i>Lanius bucephalus</i>	66	59	26	33	92
キ	ツ	ツ	Picidae	30	33	22	19	52
Total				1,023		575		1,598

d. f. = 10 $\chi^2 = 13.87 < \chi^2 (P_{0.10})$

(2) A and the author (Area II, 1968)

観 察 者		Observer		A		Y		Total
種 名		Species		R	E	R	E	
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	205	220	1,071	1,056	1,276
ウ	グ	イ	<i>Cettia diphone</i>	78	74	354	358	432
ア	カ	ハ	<i>Turdus chrysolaus</i>	59	61	293	291	352
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>	53	42	194	205	247
コ	ル	リ	<i>Erithacus cyane</i>	19	15	68	72	87
メ	ジ	ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	20	19	89	90	109
シ	ジュ	ウ	<i>Parus major</i>	32	29	136	139	168
ホ	オ	ジ	<i>Emberiza cioides</i>	19	25	129	123	148
Total				486		2,334		2,819

d. f. = 7 $\chi^2 = 8.50 < \chi^2 (P_{0.25})$

(3) G and the author (Area I, 1967)

観 察 者		Observer		G		Y		Total
種 名		Species		R	E	R	E	
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	38	35	53	56	91
ウ	グ	イ	<i>Cettia diphone</i>	27	28	45	44	72
ア	カ	ハ	<i>Turdus chrysolaus</i>	34	35	57	56	91
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>	17	19	32	30	49
シ	ジュ	ウ	<i>Parus major</i>	5	5	9	9	14
ホ	オ	ジ	<i>Emberiza cioides</i>	13	12	19	20	32
ホ	オ	ア	<i>Emberiza fucata</i>	11	12	19	18	30
モ		ズ	<i>Lanius bucephalus</i>	11	8	10	13	21
Total				156		244		400

d. f. = 7 $\chi^2 = 2.95 < \chi^2 (P_{0.75})$

一様性の χ^2 検定

in census record between the two observers

(4) G and the author (Area II, 1967)

観 察 者		Observer		G		Y		Total
種 名		Species		R	E	R	E	
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	108	—	106	—	—
ウ	グ	イス	<i>Cettia diphone</i>	131	131	185	185	316
ア	カ	ハラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	52	58	87	80	139
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>	15	20	33	28	48
メ	ジ	ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	10	12	18	16	28
シ	ジュ	ウカラ	<i>Parus major</i>	11	8	9	12	20
ホ	オ	ジ	<i>Emberiza cioides</i>	28	21	23	30	51
ヒ	ガ	ラ	<i>Parus ater</i>	10	8	9	11	19
Total				257		364		621

d. f. = 6 $\chi^2 = 10.60 < \chi^2 (P_{0.10})$

(5) B and the author (アオジを除く) (Area II, 1967)

観 察 者		Observer		B		Y		Total
種 名		Species		R	E	R	E	
ア	オ	ジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	88	—	287	—	—
ウ	グ	イス	<i>Cettia diphone</i>	70	73	163	160	233
ア	カ	ハラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	49	44	91	96	140
ビ	ン	ズ	<i>Anthus hodgsoni</i>	12	14	34	32	46
コ	ル	リ	<i>Erithacus cyane</i>	13	13	29	29	42
メ	ジ	ロ	<i>Zosteropus palpebrosa</i>	19	16	32	35	51
シ	ジュ	ウカラ	<i>Parus major</i>	17	19	44	42	61
ホ	オ	ジ	<i>Emberiza cioides</i>	19	20	44	43	63
Total				199		437		636

d. f. = 6 $\chi^2 = 2.64 < \chi^2 (P_{0.75})$

Note) R: センサス記録率 Recorded number in census.

E: χ^2 検定における期待値 Expected value in χ^2 test.

て記録率が低下した。

考 察

以上の解析からまとめると、線センサスデータ取扱い上、もっとも面倒な要因のひとつである、観察者諸条件による線センサス記録率の変動をなるべく小さくするためには、以下のように条件を整えることが必要である。

イ) 観察者の選定 鳥類センサス調査に理解を持ち、視聴力の劣っていない人を選ぶ。

ロ) 技術の熟練と規格化 鳥類、羽数の判別、距離の認知、線センサスの行ない方などの諸技術の向上、規格化を計る。

ハ) センサス実行時の身心状態の調整 健康体で、身心の疲労がなく集中力が発揮できるようにする。

ニ) センサス実行直前のトレーニング 鳥類認知、距離感覚、進行速度などの線センサス諸技術を安定化するため、実行前に若干のトレーニングをすること。

Table 26. 4人の観察者の線センサス記録における種類別優占度
Relative dominance values of birds recorded by the four observers

種 名 Species	観 察 者 Observer			
	Y	E	F	C
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>	30.36	37.33	16.39	17.95
ウ グ イ ス <i>Cettia diphone</i>	21.42	26.67	38.52	25.64
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>	8.81	6.67	4.10	5.13
ビ ン ズ イ <i>Anthus hodgsoni</i>	8.69	12.00	7.38	7.69
コ ル リ <i>Erithacus cyane</i>	3.92	4.67	3.28	6.73
メ ジ ロ <i>Zosteropus palpebrosa</i>	3.55	0	7.38	5.45
シ ジュウカラ <i>Parus major</i>	7.59	4.00	9.02	11.22
ホ オ ジ ロ <i>Emberiza cioides</i>	6.49	2.20	2.46	1.92
ヒ ガ ラ <i>Parus ater</i>	1.35	3.33	0.82	0.96
ホ オ ア カ <i>Emberiza fucata</i>	3.30	0	3.28	4.49
モ オ ズ <i>Lanius bucephalus</i>	1.96	0	2.46	0.32
コサメビタキ <i>Miscicapa latirostris</i>	0.12	0	0	2.24
コ ム ク ド リ <i>Sturnia sturnia</i>	0.49	0	0	1.92
マ ミ ジ ロ <i>Turdus sibiricus</i>	0.98	3.33	2.46	1.92
キ ツ ツ キ 類 <i>Picidae</i>	0.37	0	2.46	3.21
ホ ト ト ギ ス 類 <i>Cuculus sp.</i>	0.61	0	0	3.21
総 記 録 数 Total number recorded	817	150	122	312

Table 27. 同行者1名を伴った線センサスにおける記録数の低下
Relative value of census effectivity in case accompanied by another man

観 察 者 + 1 名 Observer + one man	年 月 日 Year, Date	区 域 Area	相 対 的 記 録 量 Relative value (%)
Y + one man	1967 V. 12	I	85.42
	1967 VI. 20	I	61.11
	1967 VII. 19	I	64.91
	1967 VII. 20	I	67.69
	1967 VII. 20	I	87.93
	1967 VII. 19	II	121.51
G + one man	1967 VII. 20	I	96.49
	1967 VII. 20	II	90.53

Table 28. センサス同行者の有無による種類別優占度の一様性の χ^2 検定
 χ^2 test of homogeneity of relative dominance values in census record between the two observer's conditions (Census by the author only and accompanied with another man)

観察者状況 Case		Y only		Y + one man		Total
種 名 Species		R	E	R	E	
ア オ ジ <i>Emberiza spodocephala</i>		108	102	40	46	148
ウ グ イ ス <i>Cettia diphone</i>		68	68	31	31	99
ア カ ハ ラ <i>Turdus chrysolaus</i>		57	59	28	26	85
ビ ン ズ イ <i>Anthus hodgsoni</i>		41	39	15	17	56
コ ル リ <i>Erithacus cyane</i>		10	10	4	4	14
メ ジ ロ <i>Zosteropus palpebrosa</i>		8	8	3	3	11
ホ オ ジ ロ <i>Emberiza cioides</i>		19	24	16	11	35
シ ジュウカラ <i>Parus major</i>		17	19	10	8	27
*ホ オ ア カ <i>Emberiza fucata</i>		14	—	13	—	—
*モ オ ズ <i>Lanius bucephalus</i>		6	—	9	—	—
Total		328		147		475

$$d. f. = 7 \quad \chi^2 = 1.77 + 3.94 = 5.71 < \chi^2 (P_{0.50})$$

注 Note : * 参考用。Listed for comparison.

ホ) 同行者等の問題 線センサス実行は単独が望ましい。経路の前方に部外者が通行していないようにする。

ヘ) そのほか、用いる装備は統一したものにし、服装も鳥を驚かさないものがよい。靴は音のしないものにし、帽子はかぶらないか、ツバの小さいものの方が聴覚の方向感覚が乱されないでよい。

以上の条件が満たされれば、まず同一観察者の線センサス記録は安定し、多数の観察者の記録も、視聴力、身長など基本的特性による記録率差は別にして、本節で明らかにしたように種類別記録率の相対的關係は一定になり、優占度も一致したものになるであろう。そして年齢の若い、熟練した観察者間では、記録率レベルも相当一定したものになることが期待される。

9. 線センサス法に関する総合考察

これまでの解析で、鳥類線センサスの記録率に影響するさまざまな要因について、その作用因、影響の程度を明らかにしてきた。全体を通じていえることは、アカハラの特異な反応性など一部の例外を除いて、一般的には複雑に見える鳥の活動性が意外に斉一であり、特に S, C, V 各記録を合わせた総合記録率の、自然環境諸条件や線センサス諸条件への対応は、多くの種類で同様の傾向を示すことが注目される。このような現象の見られる原因としては、以下のようなことが考えられる。

イ) 鳥の移動速度と S, C, V 各発現活動の間、および S, C, V おのその間でも相互に相補的な活動性を示す結果、種内部および種類間で線センサスに対して安定した記録率変化を示すこと。

ロ) S, C, V 各発現活動性を総合したエネルギーをもつ運動体としての種類差は、記録率のレベル差として現われているのであるが、そのレベル差を除けばどの鳥も種類に関係なく、平均 1~2 ha 内外の行動圏内をランダムに動く 1 個の運動体として、線センサス諸条件に共通の対応を示すこと。

ハ) 天候に対する反応や昼行性鳥類としての日週活動パターンが、種類に関係なく鳥類の活動様式としてかなり安定したものになっていること。

ニ) 特に C, V 記録は林相や観察者条件によって、種類に関係なく物理的に一様の割合での記録率の変化を示すこと。

などがあげられる。本報告の解析結果は経験的なものであり、また相当大まかな統計的处理によるものもあるが、このような斉一な対応性があることは、今後の線センサスデータの取扱いに展望を与えるものである。

記録率に関与する諸要因を、その解明の程度に応じてランク分けすると以下の 4 群に分けられる。

(イ) 一定の傾向または公式が確定した要因

日週変化、進行速度

(ロ) ある程度の傾向は判明したが、今後の系統的な調査で全容が明らかになる要因

天候、林相、観察半径、季節変化および鳥の種類

(ハ) そのつどチェックする要因

観察者諸条件

(ニ) まだ解明されない要因

個体群または群集内の状態

したがって、今後はこの (ニ) の要因を解明することがもっとも重要となる。このなかには個体群密度、個体群内部構成、個体群の生理的状态、その地域の群集構成状態などが含まれるが、いずれもセンサス対

象の鳥種個体群自体の状態にかかわることなので、もしその影響性が普遍的に大きい場合には、線センサ法による密度調査は相当制限を受けることになる。

これらのうち個体群密度要因については、富士試験地におけるアオジのS記録率やシジュウカラの総合記録率の年変化などが該当すると考えられる。しかしアオジ、ビンズイではその密度変化にもかかわらず、総合記録率については、S, C 両記録の相補的变化などによって大きな年変化は示していない。またシジュウカラについては、人工架設巣箱による稠密集団でない天然営巣個体群を対象にすれば、富士で見られたような現象はないかもしれない。

個体群内部構成要因は、ある一定地域または異なる地点間におけるある鳥種個体群内の性比、年齢、新参古参などの構成状況の違いが、活動性ひいては記録率に差をきたす可能性をさすものである。独身なわばり保有雄による記録率の変動は、一般には少ないであろうことは第1節で述べたところである。また、一般に同一地域でそれら構成に年変化があった場合には、大部分密度の変化もともなうはずである。

生理的状态についても、一部個体群密度と密接に関連して変化することが予想されるほかは、ある地域の全個体に一様に作用することはあまりないと思われる。

アカハラは密度変化がないにもかかわらず、記録率に大きな年変化を示したが、これは群集構成状態が関与していたのではないかと考えられる。群集構成の影響というのは、たとえばその地域に生態的地位の近い2種が生息する場合に、なわばりや餌の種間争いによって活動性が高まることをさす。

富士試験地では従来 *Turdus* 属のクロツグミは繁殖していないが、1968 年以降試験地下方からの一時的侵入が増加しており、そのために同属のアカハラとの競争が活発化している徴候が見られた（サンプル数は少ないが、同属のマミジロも 1968 年に記録率を大きく上昇させている）。この試験地の場合は、両種の分布圏の接点というむしろ特殊な場合であって、一般にはこの群集構成要因は、近縁種との総合密度や、林相による環境容量と関連した記録率変化に帰せられるものと思われる。

これらのことから、(二)の要因はおおかた密度要因に帰せられると思われるが、この要因は特殊な場合を除いて記録にそれほど大きく影響しないかもしれない。

ここで諸要因の記録率への影響を修正する総合的な扱いをまとめておく。

記録率に影響する諸因子について、それぞれの基準条件におけるセンサ効率を 100% とし、各条件が変化した場合の効率を以下のように定める。

$a = 1$ 日のうちの時刻による効率

基準は早朝 5:00, Table 11 参照。

$b =$ 天候による効率

基準は晴天時, Fig. 11 参照。

$c =$ 進行速度による効率

基準は時速 1 km, Fig. 14 参照。

そのほかの林相、観察半径、季節などによる効率は必要に応じて修正する。

次に、特定観察者の時速 1 km、観察半径 50 m、晴天、早朝 5:00、繁殖期における一定の林相での種類別線センサ総合記録率を $E_{ij}\%$ とする。著者の場合は Table 5 の値に 1.44 を乗ずれば良い。ここで i は観察者、 j は鳥種を表わす。

そこで、ある区間における線センサにおいて、この観察者がある鳥種を Z_{ij} 羽記録したとすると、そ

の区間のその鳥種のなわばり数 N_j は次のように表わすことができる。

$$N_j = \frac{Z_{ij} \cdot 100^4}{E_{ij} \cdot a \cdot b \cdot c}$$

生息個体数は、 N_j を 2 倍すればほぼ近い値が得られる。生息密度は N_j なり $2 N_j$ をこの区間のセンサス対象面積で割れば良い。

線センサス法の最終的な目的はこの生息密度の簡便正確な推定ということであるが、今回の解析でまだ未調査の要因や事項がいくつかあるので、線センサスデータの普遍的解析はまだ先のことになる。それまでは繁殖期については、対象鳥類に制約はあるが、ほとんどの要因にも左右されない方法であるなわばり記図法を用いることが、手数はかかるが最善であろう。

ただし、生息密度の絶対量の推定はむりとしても、大まかな鳥類群集構造の把握という点では、線センサス法は相当の威力を発揮できるといえる。それは今回の解析で明らかになったように、熟練した観察者であればいかなる条件にもかかわらず、線センサスで記録された鳥類の優占度は安定を保つことから、林相別総合記録率さえ修正すれば、その地域の実際の鳥類群集構造が求められるからである。

IV 摘 要

本論文では、繁殖期における森林原野性鳥類の生息数の調査法 (以下センサス法) に関する諸問題についての、調査解析結果を報告した。一定調査地における生息数の調査にもとづいて、特になわばり記図法センサス法と線センサス法について解析検討した。

(1) 調査地と調査経過：調査は静岡県須定の富士山麓 (52 ha) と、岩手県滝沢村 (28 ha) の農林省林業試験場鳥獣試験地で実施した。富士では 1967～1969 年、滝沢では 1970～1971 年の間に、合計 400 回以上のなわばり記図法センサスを実施した。富士では生息状況をくわしくつかむため、営巣調査、標識調査も合わせて行なった。

(2) なわばり数：調査結果を総合して、両試験地のなわばり数を求めた (Table 1, 2)。富士の調査では、なわばり数の繁殖期内時期別変化も明らかにした。5 月はじめは不安定ななわばりが多く、数の変動が大きい。6 月に入って安定する。その時期のなわばり数を定着なわばり数または定着個体群という。この数はおのおののなわばりがつがいか独身なわばりかにかかわらず、その地域の環境容量を表わすものである。ただし、その値には年次変動の幅がある。

(3) 総生息個体数：調査のくわしく行なわれた富士試験地では、各鳥種の大半のなわばりは、つがいで構成されており、独身雄のなわばりは多くても 7～8% であった (Table 3)。ウグイスでは一夫多妻制の可能性があった。漂浪雄はコルリで 1 例観察されたのみで、調査地内に常在する数は少ないと見られた。

(4) なわばり記図法の検討：なわばり記図法センサスは、繁殖期はじめのなわばり争いが終わったあとの時期で、繁殖期後半の移動の始まる前に行なうのがよい。またなわばりは、繁殖期内にも移行することがあるので (Fig. 4)、本法は時期的に集中して行なうのがよい。なわばり記図法適用の難易度を種類別に明らかにした (Table 4)。本法適用の容易な種類については、Song 以外の記録もすべてとって、早朝に 10 回以上のセンサスを行なえば、ほぼなわばりの存在が明らかになる。

(5) 線センサス法の検討：なわばり記図法センサス 1 回分のデータを、線センサス法データとして用い、各調査地 (富士については 52 ha を第 I 区 24 ha、第 II 区 28 ha の 2 つに分割) の全域をおおうようにして歩いた 1 回のセンサスが、その地域の生息数の何% をとらえているか、つまり線センサス記録率を

種類ごとに計算し、それに影響する諸要因を統計的に解析した。

(6) 一定条件下の線センサス記録率：一定条件下の線センサス記録率を計算し、Table 5, 6 にしめした。計算に当たってセンサス記録数を割るべき生息数としては、その地域の環境容量を求める意義から、なわばり数を用いた。線センサスでは、Song 記録数および Song 記録率は変動が大きく不都合が多いので、Song, Call, Visual を合わせた総合記録数（つまり雌雄を合わせて記録をとる）を用いた方が、安定した解析が行なえる。

(7) 記録率の日週変化：線センサス記録数の時刻による変化（これは記録率の日週変化と同じことであるが）は、鳥類の日週活動パターンを反映している（Fig. 5, 6, 7）。記録率の日週変化パターンは、アカハラとシジュウカラの夕刻時を除いて、種類間で有意差がなかった（Table 7, 9, 10）。本パターンの回帰式は、早朝 5:00 の記録率を 100（%）として以下ようになった。

$$Y = 151.82 - 12.51X + 0.4281X^2$$

ここで、 X はセンサス平均時刻、 Y は相対的な記録率。本式によれば記録率は 14:36 に最低で、5:00 の約 60% となる（Table 11）。アカハラでは夕刻に、早朝と同程度の高い記録率を示す。

各地の日の出、日の入り時刻と本パターンの関係を検討し、滝沢のセンサス平均時刻 7:12 は富士の 7:30 と同等と見なした。また北方（北海道、北欧など）では、このパターンはより平坦になると考えられた。

(8) 天候による記録率の変化：さまざまな天候状態は、悪天候下のアカハラとモズを除いて、各鳥種の記録率に同様に影響する（Table 12, 13）。各種天候とその時の記録率の相対的低下度は良い相関を示す（Fig. 11）。たとえば雨天時では晴天時より約 40% 相対的に低下する。

早朝の天候がもっともよく、その時の天候を反映した記録率を示す。日中はそれ以前の天候状態によっても影響され、ガスのかかった天候の継続は、記録率をかえて正常なレベルにもどす。荒天から晴天へ、また晴天から本曇りへ天候が急変した時は、記録率は各鳥種同様に急上昇する（Table 14, 15）。

アカハラは本曇り以上の悪天候でも記録率は低下せず、むしろ上昇することもある。モズは悪天候の場合記録率はいちじるしく低くなる。風の強い時にはセンサスをすべきでない。

(9) 林相による記録率の変化：植生からみた鳥類の生息環境は、比較的限定されており、もともと林相構造による記録率の差異は大きくならないと考えられる。富士と滝沢の 4 つの基本的な林相（構造）のいずれかにまたがって生息している種類では、シジュウカラを除いて、各林相間でいずれも 20% 台の記録率の相対差を示した（Table 5）。

林相による記録率の差はおもに C, V 記録率の差による（Table 16, 17）。Song のみで記録されるウグイスなどの種類では、林相差がない。

(10) 進行速度による記録率の変化：観察者の線センサス進行速度を変えた場合、各鳥種の記録率は同様に变化する（Table 18, 19）。一定時間あたり、および一定距離あたりの記録数換算式として、以下の回帰式が得られた。両式とも時速 1 km における記録数、または記録率を 100 とした場合の換算式である。

$$\text{一定時間あたり} \quad Y = 55.88 + 44.12X$$

$$\text{一定距離あたり} \quad Y = 55.88/X + 44.12$$

X は進行速度 km/hour, Y は相対的な記録数または記録率（Fig. 14）。

(11) 観察半径による記録率の変化：線センサス記録数は、遠距離では視聴効力の減退によって、近距離では鳥の観察者に対する警戒忌避行動によって、鳥種ごとにさまざまに変化する（Fig. 15）。

観察半径 50 m での記録率を 100 として、25 m での相対的な記録率を見ると、S, C, V 合わせて記録される種類では、富士では 140 前後に集中するが、滝沢では 130 以下が多くばらつきも大きい。警戒回避性の強い種類 (ホオジロ、モズ) では、富士の見とおしの良い林相の場合 (第 I 区)、25 m で 100 前後となり、50 m の記録率と変わらない。Song で記録される種類も 25 m で 90~100 の相対記録率である。

著者はいくつかの理由から、望ましい観察半径として 50 m を奨める。

(12) 記録率の季節変化： 十分広い地域の、大きな個体群を対象にすれば、各つがいの繁殖進行経過のずれなどによって、S, C, V 合計の記録による記録率の季節変化は目だたなくなる。ただし、アカハラでは季節後半に向けて記録率が高まり、季節のはじめと終わりで平均値よりそれぞれ約 10% の相対差を示す。

(13) 観察者による記録率の変化： 熟練した観察者でも視聴力の個人差によって、全体的な記録能力には差があることが多い (Table 24)。しかし、熟練者の場合、線センサス記録から計算した種類別優占度には差は見られない (Table 25)。それに対して非熟練者や高齢者、あるいは調査に理解の少ない人では記録はまちまちとなる (Table 26)。同行者のともなう線センサスでは各鳥種とも同様に記録率が低下する (Table 27, 28)。

これらのことから、線センサスで生息密度を求めるためには、線センサス記録能力のわかっている熟練観察者が単独で実施するのが良い。

(14) 線センサス法に関する総合考察： 本報告の解析によって、線センサス記録率に影響するさまざまな要因とその影響の程度が、かなりはっきりつかめた。また統計的に簡易な検定ではあるが、アカハラなど一部を除いて、多くの鳥種が各種の線センサス要因とその変化に対して、同様な記録率変化を示すことが明らかになった。

残された主要な問題点は、調査対象の鳥種個体群自体の状態とくに密度の年変化が記録率へ及ぼす影響の程度である。そのほか今回扱った各要因の影響性をより詳しく解析し、また、より多くの鳥種の記録率を調査することによって、線センサス法の適用範囲とその正確さを増すことができる。

したがって、線センサス法で生息密度を普遍的に正しく把握するのはまだ少し先のこととしても、本法で求めた優占度が各種条件下であまり変化しない事実から、線センサス法はマクロな鳥類群集構造をつかむのには非常に適しているといえる。

文 献

- 1) ARMSTRONG, E. A. : A study of bird song. Oxford uni. pre., London, 268 pp., (1963)
- 2) COLQUHOUN, M. K. : The density of woodland birds determined by the sample count method. Jour. of Animal Ecology, 9, 53~67, (1949)
- 3) ENEMAR, A. : On the determination of the size and composition of a passerine bird population during the breeding season. Vår Fågelvärld, 18, suppl. 2, (1959)
- 4) ENEMAR, A. : A comparison between the bird census results of different ornithologist. vår Fågelvärld, 21, 2, 109~120, (1962)
- 5) GATES, C. E. : Line transect method of estimating grouse population densities. Biometrics, 24, 135~145, (1968)
- 6) GATES, C. E. : Simulation study of estimators for the line transect sampling method. Biometrics, 25, 317~328, (1969)

- 7) HAYNE, D. W. : An examination of the strip census method for estimating animal populations. *Jour. of Wildl. Management*, 13, 145~157, (1949)
- 8) 羽田健三・岡部剛二 : ウグイスの生活史に関する研究 I 繁殖生活, 山階鳥類研究所研究報告, 6, 1~2, 131~140, (1970)
- 9) JOENSEN, A. H. : An investigation on bird populations in four deciduous forest areas on Als in 1962 and 1963. *Dansk Ornithologisk Forenings Tidsskrift*, 59, 3~4, 115~186, (1966)
- 10) KENDEIGH, S. C. : Measurement of bird populations. *Ecological monograph*, 14, 1, 67~106, (1944)
- 11) KENDEIGH, S. C. : Bird population studies in the coniferous forest biome during a spruce budworm outbreak. *Biological Bulletin, Ontario Department of Lands and Forest*, 1, 1~100, (1947)
- 12) MACARTHUR, R. H. *et al.* : On bird species diversity II, Prediction of bird census from habitat measurements. *American Naturalist*, 96, 167~174, (1962)
- 13) 母袋卓也 : セッカの社会生活, 鳥類生態グループ犬山シンポジウム講演, (1971)
- 14) 森 圭一 : 鳥の囀り活動に関する比較生態学的研究, 生理生態, 京大, 20, 1~42, (1945)
- 15) PALMGREN, P. : Quantitative Untersuchungen über die Vogelfauna in den Wäldern Südfinnlands. *Acta Zool. Fennica*, 6, 1~51, (1930)
- 16) PALMGREN, P. : On the diurnal rhythm of activity and rest in birds. *Ibis*, 91, 4, 561~576, (1949)
- 17) PAUSE, G. : Revierbesetzung und Siedlungsdichte der Brutvögel eines Gebietes. *Biolo. Abhandlungen*, 7~8, 1~47, (1954)
- 18) PETERS, D. S. : Ökologische Studien an Parkvögeln. *Biolo. Abhandlungen*, 27~28, 1~44, (1963)
- 19) 蠟山朋雄 : 鳥類個体群の場所的分布について, 鳥, 15, (71), 40~44 (1958)
- 20) 蠟山朋雄 : The theory and practice of line transects in animal ecology by means of visual and auditory recognition. 山階鳥類研究所研究報告, 2, 14, 1~17, (1960)
- 21) SNOW, D. W. : The relationship between census results and the breeding population of birds on farmland. *Bird Study*, 12, 4, 287~304, (1965)
- 22) 浦本昌紀 : 野生鳥類の生活環境に関する研究, 山階鳥類研究所, 62 pp., (1964)
- 23) 浦本昌紀 : 鳥類の生活, 紀伊国屋, 344 pp., (1966)
- 24) WEBB, W. L. : Notes on a method of censusing snowshoe hare populations. *Jour. of Wildlife Management*, 6, 67~69, (1942)
- 25) YAPP, W. B. : The theory of line transects. *Bird study*, 3, 93~104, (1956)

The Census Method of the Woodland Bird Population During the Breeding Season

Masatoshi Yui⁽¹⁾

Summary

This paper treated problems about census methods for woodland bird populations during the breeding season. Among many census methods, both territory mapping method and line transect method were analyzed, on the basis of estimations of population density at the study areas.

1. Study area

a) Fuji : The Study Area Fuji is located on the eastern foot of Mt. Fuji, Subashiri Village, Shizuoka Prefecture, and its altitude is about 1,150 m.

The total acreage of the study area is 52 hectares, and its northern half part nominated as Area I is 24 ha, the southern half part, Area II is 28 ha. Survey routes with 1 m in width run from the north to the south and from the west to the east in quadrat with 50 m interval over the whole area (Fig. 1).

The vegetation of the whole area is mostly comprised of young plantations, and in Area I the tree height on an average is lower than human height; in Area II the average is over human height. Partly, on the border of both Areas, a stratified mixed plantation of 10 m in height covers 10 ha wide.

The study area is almost flat, though slightly inclining to the east. There is no stream or fountain in the study area.

b) Takizawa : The Study Area Takizawa is located in Takizawa Village, 12.5 km north from Morioka City, Iwate Prefecture. Its altitude is about 250 m. The acreage of the study area is 28 ha. A census route runs as in Fig. 2. Vegetation is mostly comprised of semi-natural mature mixed forest with pines (*Pinus densiflora*) of 25 m in height dominantly, and various kinds of broad-leaved deciduous trees subdominantly.

The study area is almost flat, but partly inclining steeply along a stream in the southern part.

2. Method and study process

The territory mapping method by KENDEIGH (1944) was fundamentally used to estimate the absolute population in the study area. This method is on the basis of assessing the number of territory of woodland birds in the breeding season by mapping territories, which are mainly indicated by their song and conflict (Fig. 3).

In the mapping census of this study, all individuals encountered were recorded so that the data can be diverted to the line transect census data.

The mapping census was conducted along the census routes (Fig. 1, 2), with the normal speed 1.5 km per one hour, and with the observing radius 50 m. When the normal speed

Received August 24, 1973

(1) Forest Protection Division, Tohoku Branch Station.

is used, one census circuit in Area I of Fuji (2.4 km) takes 96 minutes, Area II (2.8 km) takes 112 minutes and Takizawa (3.0 km) takes 120 minutes.

In Fuji, a preliminary survey was conducted in 1966, and subsequently main studies were carried out in the breeding season of 1967 and 1968; moreover, several supplemental surveys were conducted in 1969. In these years, the territory mapping census were conducted over 400 times by the author and others. In them, they were conducted 264 times in the climax period of the breeding seasons in 1967 and 1968, and 149 out of the 264 times by the author.

In Takizawa, about 10 times of the territory mapping census were conducted by the author in the breeding seasons in 1970 and 1971 respectively.

The main analyses of this report were based on the author's data in Fuji. To estimate the absolute population, nest finding and bird banding were conducted besides many other censuses.

3. Result

1) Number of territory

The number of territory in both study areas were estimated by analyzing the whole survey data (Table 1, 2). Especially in Fuji, the seasonal change of territory number was estimated. According to the result, at the start of the breeding season (in Fuji, first half of May), there were many unstationary territories in the area and its number greatly fluctuated. But the total number of the territory and their location are somewhat stabilized in June. The number in this period is regarded a stationary population. This population indicates the carrying capacity in the area, regardless of whether each male in the territory is mated or not. Nevertheless, this number yearly fluctuates to some degree.

2) Total population

To know the total number of individuals of each bird species in one region, the component in each territory and the number of wanderers in the region must be investigated.

The detailed survey in Fuji showed that the ratio of the unmated territory to the total number of territory is lower than 8%. In *Cettia diphone*, there was a possibility of polygamy. The number of wanderers was few.

3) Territory mapping method

The territory mapping census is desirable to be conducted in a short period when the territories become stabilized.

The degree of easiness of application of the territory mapping method to each species is shown in Table 4. In some species, the record of emergence other than song record is also useful for application of the method. In these species for which it is easy to apply this method, the territory can be realized by ten times of the census in the morning.

4) Analyses of the line transect census

The ratio of the individual number in one species recorded in one line census to the population of the species in the census area covered is called census effectivity of the species. This ratio is variously affected by many factors as follows: ① kinds of individuals to be recorded in census, ② kinds of the population number used as a base for calculation of the census effectivity, ③ species, ④ time of day, ⑤ weather, ⑥ vegetation, ⑦ census speed, ⑧ observing radius, ⑨ period in the breeding season, ⑩ observer, and others.

This report treated all these factors, and obtained some definite trend on each factor. And then discussion was made on desirable procedure of the line census and on the problems left

for future study.

The line census data analyzed here were converted from the territory mapping data as mentioned at 2.

The most part of the analyses of factors mentioned above were conducted in the following manner, because of insufficient data under various conditions. At first, all factors except one which is in analysis are held under the same conditions throughout one factor analysis. Then the census data are gathered separately under two or more conditions of one factor, and the relative dominance values of each species concerned with the analysis are calculated by the recorded number summed under each condition. Secondly, χ^2 tests of homogeneity of the relative dominance values between every condition are carried out all at once with all species concerned. If there is no significant difference in the test, it implies that the census effectivity of every species changes with the same rate under every condition.

The degrees of change of the census effectivity between different conditions are calculated by comparing the total number of individuals recorded in one census including every species which showed no significant difference in χ^2 tests mentioned above.

5) The census effectivity under standard conditions of all factors

At first in these analyses, the census effectivities of dominant species in the study areas were sought under standard conditions of all factors (Table 5 and 6).

For the standard of factor ① mentioned in the above section, all individuals encountered must be recorded. Because, firstly, as analyzed in this study, the total record of all individuals in one census turn more stable under various conditions than records by song; secondly, if records are delimited only to song, the sample number generally becomes very few, and thirdly, it is difficult to distinguish the sex consistently without song.

For the standard of factor ②, it is recommended to take the number of territories in the area, because the main purpose of the census is to estimate the carrying capacity of the area.

Standard conditions of the other factors were set as follows: ④ 7:00, ⑤ fine weather, ⑥ vegetations in the study area, ⑦ 1.5 km per one hour, ⑧ 50 m, ⑨ middle part of the breeding season, ⑩ the author's data.

6) Diurnal change of the census effectivity

Diurnal change of the census effectivity by the time of day is conspicuous as realized by the data in Fuji Area (Fig. 5). This change is derived from the photoperiodism in bird activity (Fig. 6 and 7).

In χ^2 tests, the relative dominance value of each species calculated by census data showed no significant difference by the time of day, except the evening period in *Turdus chrysolaus* and *Parus major*. Therefore, it means that the diurnal change pattern of the census effectivity is almost the same in every species (Table 7, 9 and 10).

Throughout the breeding season in the Fuji Area, the time of sunrise is about 4:30~4:40, and the time of sunset is about 18:40~19:00 (Table 8). Diurnal change of activity of birds is defined by these times.

Then the diurnal change pattern of relative values (Y) of the census effectivity was calculated by regression, standardizing 100 (%) at 5:00.

$$Y = 151.82 - 12.51X + 0.4281X^2 \quad (\text{Fig. 10 and Table 11})$$

where, X is time of day, when X is 5, Y becomes 100.

The time of the lowest effectivity is 14:36, when Y becomes about 60 (%). In the evening

(18:00), Y increases up to 65 (%).

The effectivity in *Turdus chrysolaus* increases more steeply in the evening, and the effectivity in *Parus major* does not increase in the evening.

The diurnal and twilight time in the high latitude, as in Hokkaido of Japan and Sweden (ENEMAR 1959), becomes longer than in the lower latitude. Therefore, the photoperiodism in bird activity and the census effectivity become somewhat different from that of the lower latitude. Probably, it will become more flattened, as suggested by ENEMAR (1959).

On the contrary, in the case of the longitude, the same pattern in Fig. 10 could be used only by sliding the time span.

In calculation of the census effectivity in Table 5 and 6, the average census time 7:12 at Takizawa Area was regarded as 7:30 at Fuji Area.

7) Effect of weather condition

In various climatic factors, the photometric degree and the physical effect of hard weather are considered to be important factors affecting the bird activity and the census proceeding. In the analyses, the synthetical weather conditions were used instead of each climatic factor.

χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values calculated by census data between every two conditions of weather did not show significant differences, except in *Turdus chrysolaus* and *Lanius bucephalus*. Therefore, it implies that a bad weather condition gives the same degree of reduction to the census effectivity in almost all of the species. The census effectivity in *Turdus chrysolaus*, contrary to other species, has a trend to increase or not to decrease under bad weather conditions, except under stormy weather. The census effectivity in *Lanius bucephalus* decreases more than other species under bad weather conditions (Table 12 and 13).

A sudden change in weather, such as from rainy to clear or from clear to dense cloudiness, has increased the census effectivity (Table 14). The increasing ratio under a certain change in weather is almost the same between species, by χ^2 test in Table 15.

The changed degree of the census effectivity by each weather condition was calculated by the deviation from normal levels in Fig. 10, which was derived from the data under fine weather conditions. A relation between bad weather conditions and reduced ratios of the census effectivity was picturized with good correlation (Fig. 11). For example, in rainy time, the census effectivity falls 40 (%) relatively compared with that of fine weather.

In the morning, the census effectivity reflects most directly the effect of a weather condition. In the midday, the effect of weather becomes somewhat obscured, because the bird activity is affected by the foregoing weather. When very fine weather continued for all the day, the census effectivity falls about 5 % at noon from the normal level. On the contrary, succession of foggy weather gradually increases the effectivity to the normal level.

When there is strong wind, the census should be halted.

8) Effect of vegetation type

Every species of passerine birds inhabits within a limited type of vegetation (MACARTHUR 1962). The census effectivity of each species varies within its range by their vertical construction, tree densities and others. The effect of a vegetation type onto the census effectivity is mainly caused by the visual and auditorial range of observers. The census effectivity of call and visual recognitions are obviously lower in high vegetation than in low vegetation (Table 16 and 17).

The four types of the forest in the study area (Table 5) are regarded as fundamental

types of vegetation in relation to the bird habitat and census proceeding.

Though both study areas belong to the same natural floral zone of broad leaved deciduous forest, the species which inhabits in these four types of forest is only *Turdus chrysolaus*. The others inhabit in only one or two types of forest. Therefore, the species suitable to compare census effectivity between forests is limited.

Cettia diphone inhabits in every vegetation wherever there is low bush, but this species showed no difference in the census effectivities between vegetations, because the species pronounces strong songs, and because the species is recorded mostly by the song recognitions.

In the Fuji Area, the census effectivity of the species which inhabits both young forests is on average relatively 20 % lower in Area II than in Area I. The census effectivity of *Turdus chrysolaus* in the stratified mixed forest is relatively 25 % lower than in the young forest of slightly over the human height.

The census effectivity of the species which inhabits both stratified mixed forests of Fuji and Takizawa is relatively 20 % (*Turdus chrysolaus*) or 27 % (*Parus ater*) lower in Fuji than in Takizawa. But the same comparison of *Parus major* showed no difference between the forests except the value of 1968 in Fuji. This last case and that of *Turdus chrysolaus* in 1968 of Fuji should be excluded from the comparison because of the abnormal conditions in or out of the populations.

Generally speaking, these fundamental differences of vegetation type give about 20 (%) of relative difference to the census effectivity of the species which inhabits over these forests.

9) Effect of census speed

Concerning the relationship between the walking speed of observer and the census effectivity, ROYAMA (1960) introduced a mathematical theory combining also the speed of birds, which is specific to each bird species and varies with the breeding stage of individuals. But an application of his theory to the field is complicated by various factors. And moreover, it has been revealed that the census effectivity itself is greatly affected by the activity change of song, call and visual representations which are considered to vary with the bird speed inversely. Therefore, to use such types of theory is not necessarily practical. In this report, the changing degree of the census effectivity caused by the change of the walking speed was empirically analyzed to regard the census effectivity by total records encountered as a relative representation of the total activity of birds.

χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values between census data proceeded under two mean values of census speed, namely over and under or equal to the normal speed 1.5 km per one hour, showed no significant difference. Then, if the census speed changed, the changing degrees of the census effectivity will be roughly similar between species (Table 18 and 19).

Based on the results, the changing degree of recorded numbers between various census speeds and the normal speed (1.5 km) were calculated by using the total number of individuals of all species recorded in one census, comparing with Fig. 10.

Regression curves were calculated based on these data, and were converted to the formulae which standardized as 100 % at the speed of 1.0 km per one hour (Fig. 12, 13 and 14). After discussion, the following formulae were recommended to be used as a formula convertible alternatively:

Formula 1	per hour	$Y = 55.88 + 44.12 X$
Formula 2	per distance	$Y = \frac{55.88}{X} + 44.12$

Y is relative abundance of recorded number, and X is walking speed (km per one hour). When X is 1.0 (km) Y becomes 100 (%).

When these results are compared with the Colquhoun's example (1940), they agree noticeably well (Table 21).

10) Effect of observing radius

In the line census, we should hold a certain observing radius not only to estimate the absolute value of bird density, but also to estimate the relative abundance, because the census effectivity varies with the observing radius.

In the census of grouse or hare population, it has been recommended to use an average distance of observation of individuals as a radius in density calculation. But it is inapplicable to the census of the woodland bird population on account of various seasons. Therefore, this report dealt with a common radius for all species as broadly used in the bird census of Japan.

The distribution of census records around the observer was indicated in Fig. 15, with every 10 m interval from observer until 50 m distance. The distribution pattern should theoretically somewhat steeply increase toward far distance from the observer by the acreage development of each 10 m distance. But the figure did not show such an increasing pattern. The cause of this distribution is mainly the reduction of the effectivity of recording ability of call and visual recognition at far distance. Moreover, in the near distance from observer, the records of birds are somewhat abnormally few, because of the alarming and evading responses of birds to the observer.

With these facts, the census effectivity changes variously by the observing radius. Table 22 shows census effectivities of each species in each observing radius and the relative percentage of the census effectivity in each observing radius, standardizing as 100 % at 50 m.

The comparison of relative census effectivity between 25 m and 50 m radius becomes as follows: Those species which are usually recorded by song, call and visual recognitions together, including species which usually never sing, show the relative value at 25 m as about 140 (%) in the Fuji Area. However, among them, the species which have strong call or strong alarm display (in latter case especially at census in vegetation lower than human height, for e. g. *Lanius bucephalus* and *Emberiza cioides*) indicate about 100 (%) at 25 m. In the Takizawa Area, most species show under 130 (%) relative effectivity at 25 m, and show large variations. In those species which are recorded mostly by strong song (for e. g. *Cettia diphone* and *Erithacus cyane*), the relative effectivity at 25 m becomes about 90~100 (%).

The author recommends 50 m as an observing radius in the line census comparing with the other radius as 25 m, because it is desirable to get many samples and to keep the homogeneity of a census area in relation to the vegetation, and it is easy to treat the census data by 50 m radius.

11) Seasonal change of the census effectivity

This report treated the change of the census effectivity during the breeding season from the beginning of May to the middle of August in the Fuji Area.

A seasonal fluctuation of levels of recorded number by song in each species has some definite pattern, but its variance is greater than that of total recognitions.

The seasonal change of the census effectivity indicated by the total recognitions become as follows: Firstly, in dominant species, the seasonal changes of the census effectivity are

flattened out on account of the reduction of sampling errors and of the inevitable occurrence of the sliding over of breeding stages within the population. Secondly, in less dominant species, though random fluctuations by sampling errors are great, a certain definite pattern of a seasonal change could not be found except in the following two species; namely, in *Erithacus cyane* and *Lanius bucephalus*, in which there were some definite patterns of seasonal change in the census effectivity like waving figures. But its peaks and bottoms did not coincide with both areas or years in each species.

Therefore, it is only *Turdus chrysolaus* that retains a very definite pattern of seasonal change in the census effectivity under various conditions. In this species, the census effectivity increases up to 20 (%) relatively at the end of the breeding season compared with that of the start of the breeding season. The same phenomenon has been observed in *Turdus merula* of Europe by SNOW (1965).

In all other species, if the census data are sampled from broad areas and over long periods, the census effectivity and the density calculated by using the census effectivity are expected to become stabilized.

The suitable season to estimate the stationary population in the study area is from the second half of May to the middle of July.

12) Effect of observer factors

The census effectivity is decidedly influenced by the observer's conditions such as the level of census techniques, the ability of hearing and sighting, the degree of enthusiasm to the census work, etc.

χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values of each species between the line census data conducted by the author and the other well-trained young observers showed no significant differences, except partly the record of *Emberiza spodocephala* (Table 25).

The average census effectivity of all species is lower in every observer than that of the author except that of Mr. G (Table 24).

There were great differences between the specific relative dominance values calculated by the data of the author and untrained or older observers (Table 26). These differences are derived from insufficient knowledge of species and surely from the difference of ability to hear and to see. The song records of those observers whose census effectivity is extraordinarily low are also not fully reliable.

Total number recorded in one census decreases when the census was accompanied by another man (Table 27). But the χ^2 tests of homogeneity of relative dominance values of every species between the data accumulated by one man and two men showed no significant difference. Namely, when the census is carried out accompanied by another man, the census effectivity of each species will decrease to the same extent.

As a conclusion, the census effectivity and the relative dominance values between different observers can be expected to become nearly equal when observers are young or have strong abilities to hear and to see, well trained and enthusiastic in the census work, and moreover do the census not accompanied by another man.

13) Conclusion of the analyses

As a conclusion of all analyses in this study, it was realized that the census effectivities of most of the species in the study areas (especially in Fuji Area) show very homogeneous responses to the various kinds of factors. This fact will prove to be very useful for the future

study of the census studies.

As causes of such a homogeneous response, several reasons are considered as follows: Firstly, the birds show a similar biological response to the change of environmental factors as the same group of ecological level in nature. Secondly, since the birds move around within the small delimited area in the breeding season, they are recorded with the same degree of variation under the changing conditions of censusing factors, though the levels of the census effectivity or activity are somewhat different between the species. Thirdly, the reduction of the census effectivity by distance, vegetation and human ability is caused homogeneously in every species by the purely physical theory.

Yet there remain some important factors or problems considered to affect greatly the census effectivity or data treatments. They contain such problems as the effect of population density itself of its change, the interspecific relationship, the distribution pattern of bird population, etc.

Moreover, within the factors treated in this report, there are many problems to be solved in every locality or vegetation.

For the final solution of all factors concerning the line census, it will need longer studies. Therefore, at the present time, it is recommended to use the territory mapping method to get an accurate result in the breeding season.

However, the territory mapping method itself has some deficiencies as follows: expensive work to open and mark the census route, only possible against comparatively small area and the need of many census times, etc.

Above that, since the bird population probably distributes concentrically in abroad area, it is desirable to use a convenient line census method from the viewpoint of sampling instead of the territory mapping method, if the standardization of various factors affecting the line census could be established.

Finally, though it is yet somewhat difficult to estimate the absolute density under various conditions by the line census method, the method is very useful to investigate the relative dominance values of all bird species in some regions, because as realized in this study, the relative dominance value of each species almost never changes under various conditions.