

標識環を脚にはめられた野鳥の種類と個体数の関係

長 澤 純 夫[※]

Sumio NAGASAWA

Relation Between the Number of Bird Species and the Number of Individuals in Ringing Work

野生生物の保護、あるいは天然資源確保の目的から、特定地域における標的生物の数のセンサスは、古くからいろいろな方法でなされて来た。最近では1つの生物についても、センサスの対象はいろいろと細分化され、さらに他の生物との相互関係、すなわち生態学的な見地から、その生物を取巻く群集の多様性も論じられるようになった。

人類の手による自然環境の改変は、天然原野の耕地化、耕地の都市化、都市の砂漠化に進展し、それに由来する生物群集の変遷減少は、近年とくにいちじるしい。さらに近代の化学工業の発展にともなう化学物質の汚染に基因する生物個体群の衰退消滅も急である。ところで、もしこうした様相の移り行きを論ずるにあたって、記録の集積が一定の方法にしたがってなされ、さらにこれが比較的容易な数値に要約されていたならば、それに基ついてより深い考察が可能となるであろう。

ひるがえって、いくつかの種類をもって構成される1つの動物、あるいは植物群集の中の各種類間の量的関係を、簡潔な形に法則化しようとする試みは、ここ30年程の間に種々なされ、その適用を試した報告も、かなりの数にのぼっている。こうしたモデルのうちで、その初期に Fisher³⁾ によって示された logarithmic series の考えと、Preston⁷⁾ によって提唱された truncated discrete lognormal の法則は、共に適合性が高く実用的であることがひろく認められている。

繁殖、食物の確保、あるいは移り変る気候に対する順応のために、集団で渡りを行う鳥をはじめとする、種々の動物については、その渡りの経路を究明するために、渡りの始発地、終息地、あるいはその中継地点で種々の標識をつけ、あるいはそれを読みとって、集計解析する作業が、国際的な協力のもとに、各国で組織的に行

われており、野鳥については、とくにその歴史が古い。そうした仕事の一事例として、1967年に Poland の Operation Baltic でなされた野鳥の脚に標識環を取り付ける仕事(標識着付)の記録が、1969年に Busse と Gromadzki²⁾ によって発表された。今回この記録に上記のふたつのモデルのあてはめを試みた。その結果の概要を報告する。

標識環取り付けの記録と Fisher と Preston の法則のあてはめ

1967年、Busse および Gromadzki の2人は Operation Baltic において、春秋の2季に5つの地点で、1地点に50個内外のかすみ網をはり、それにかかった野鳥の脚に標識環を取り付ける作業を行い、種類別に詳細な観察記録を残した。第1表の数値は、本報で意図する解析に必要な種類と、個体の数の関係を原報の数値から要約したものである。なお1960年から67年にわたる8年間の記録の集計値も記載されているので、これについて併せて解析を行った。ただその合計値が原報では225470となっているが、掲載されている数値の合計値は225370である。報告の内容から推察して、8年間の種別の集計値のいずれかに誤植があるものと思われるが、野帳の記録を照合することができないので、本報ではそのままの合計値について計算を進めた。

Fisher および Preston の法則は、以下、篠崎⁸⁾ のそれにならって、それぞれL則(対数級数則)、LN則(切れた対数正規則)と略記するが、この両則にあてはめのための計算の順序は、Bliss¹⁾ が示したそれにしたがった。

なおLN則の場合、 $Y_0 = \frac{1}{2}$ 以下の数値は欠けたものと仮定し、あわせて対数単位で示した階級の上限と下限の中央値 y_k について計算を行った。また類集によっておこる誤差を少量にとどめるために、1~8までは類集

※ 生物汚染化学研究室

Table 1. Number of birds ringed in Baltic coast in 1967 and 1960-67

Birds per species y	1967			1960-67	Birds per species y	1967			1960-67
	Spring	Autumn	Total			Spring	Autumn	Total	
1	7	14	14	24	26	2			2
2	6	4	7	8	27		1	1	
3	5	4	4	3	28				
4	3	5	3	5	29				
5		2	1	2	30				
6		3	1	2	31	1			
7	2	3	4	2	32				1
8		1	1	2	33				1
9	2	1	1	2	34		1	1	
10				1	35		1		
11		1	3		36				1
12	2	1		2	37		2		
13			1	3	38			1	1
14	1	1			39	1	1	2	1
15		1	3		40		1	1	2
16	3	1	1	3	41	1			
17	1	1	1	3	42				
18		1	1		43				1
19					44		1	1	
20		1			45		1	1	
21		3		1	46				1
22				1	47		1		
23			1		48				
24			1	1	49	1			
25			2	1	50			1	

Number of birds y , $f = 1$ species for each y

1967							1960-67							
Spring		Autumn		Total										
66	51	115	639	55	111	460	7003	54	109	211	426	1205	2863	25533
71	54	137	813	57	123	473	15165	62	110	238	477	1442	3113	51588
98	55	145	902	59	146	639		64	116	245	549	1558	3336	55675
213	60	211	959	61	184	815		68	117	271	593	1768	3497	
220	62	299	1108	62	211	943		81	143	279	625	1835	4462	
221	75	321	1536	70	272	1025		86	162	284	699	2254	6362	
327	85	354	2807	75	303	1435		88	166	297	731	2517	7235	
1038	92	401	5965	88	357	1537		95	187	328	739	2519	8443	
1534	97	424	13282	102	401	1888		98	199	387	808	2846	8634	
1883	102	460		104	419	3020		100	203	424	884	2851	11120	

を行わず、9~14まではふたつずつあわせ、14.5以下は、 $\sqrt{1.4}$ 倍しながら階級の幅を決めて行く方法をとった。

実測値と計算値との適合性は、Pearson の χ^2 検定によって行われるが、比較のための階級の幅は、 $y = 5$ まではそのままにし、それ以後は大凡そ1.4倍ずつの間隔をとり、計算値は大体1まで求め、それ以下はまとめて実験値と比較した。

解析の結果と考察

第1表の数値に Fisher のL則をあてはめて計算した結果を示したのが第2表である。2つの母数のうち、サ

ンプリングの効率を示す $\hat{R}(0 < \hat{R} < 1)$ は、秋季のそれの方が春季の値に比して僅かに大きい、かすみ網をつかって鳥類を捕え、これに標識環を取り付ける作業においては、かすみ網の数、広さ、高さおよびそれをはる位置などが、 \hat{R} の値を大きく左右する要因であると考えられる。

本論で取り扱った春秋2季の \hat{R} の均一性を検定した結果は、 $\chi^2 = 2.926$, ($n = 1$), $P = 0.087$ となり、有意の差は認められなかった。またその値はかなり高率である。それ故、標識環の取り付けを行うにあたって、以上のことは最大限に考慮されていたものと解釈される。平

Table 2. Logarithmic distributions computed from the bird ringing data in Table 1: f = Number of species, y = number of individual birds per species

Term	1967			1960-67
	Spring	Autumn	Total	
$\Sigma f = N$	48	87	91	142
$\Sigma (fy)$	6064	32302	38366	225390
R_1	0.99885	0.99957	0.99964	0.99989
\bar{y}	126.33333	371.28736	421.60440	1587.25352
\hat{R}	0.9988286	0.9996633	0.9997088	0.9999346
$\hat{\alpha}$	7.1117	10.8804	11.1774	14.7374
$V(\hat{R})$	0.0 ⁰ 226194	0.0 ⁷ 119055	0.0 ⁸ 864896	0.0 ⁹ 323632
$V(\hat{\alpha})$	0.14869	0.15396	0.15180	0.13697
$SE(\hat{R})$	0.000476	0.000109	0.000093	0.000018
$SE(\hat{\alpha})$	0.3856	0.3924	0.3896	0.3701
$1/V(\hat{R})$	4420983	83998320	115620824	3095975232
$1/V(\hat{\alpha})$	6.7256	6.4952	6.5874	7.3009

均値は $\bar{R} = 0.9992460 \pm 0.0001063$ である。

他の1つの母数 $\hat{\alpha}$ は、個体群の多様性を示す指数で、鳥の渡りは春秋同一の回帰をとらない種類があり、また繁殖は渡りのいずれかの1地点で行われるために、春秋のそれは当然有意に異なるものと推測される。計算の結果は $\chi^2 = 46.930$, $n = 1$, $P < 0.001$ で、その差は有意である。春季の調査で、網にかかった鳥の種類は48種で、秋季の87種より39種も少なく、春季にのみ見られた鳥の種類は僅かに4種類である。秋季にだけ一方的に Operation Baltic を通るものが多く、個体数も5倍をこえている。

つぎに Preston の LN 則にあてはめて計算した結果を示したのが第3表である。標本平均 $\hat{\mu}$ および標準偏差 $\hat{\alpha}^2$ は、共に秋季のその方が大きい。しかしその間にはいずれも有意の差は認められなかった。すなわち $\hat{\mu}$ については $\chi^2 = 0.412$, $n = 1$, $P = 0.521$ で、平均 $\hat{\mu}_c = 0.7356 \pm 0.2251$, $\hat{\sigma}$ については $\chi^2 = 0.101$, $n = 1$, $P = 0.751$ で、平均 $\hat{\sigma}_c = 1.2583 \pm 0.1450$ であった。このことは4系列の記録について、同様の検定を行った結果は $\hat{\mu}$, $\hat{\sigma}$ それぞれ、 $\chi^2 = 0.635$, $n = 3$, $P = 0.874$, $\hat{\mu}_c = 0.8368 \pm 0.1532$ および $\chi^2 = 3.195$, $n = 3$, $P = 0.366$, $\sigma_c = 1.3891 \pm 0.0984$ で、共に抽出誤差の範囲内でひとしいと考えて差支えないが、平均値 $\hat{\mu}$

は、標準偏差 $\hat{\sigma}$ より均一性はより高いと言えよう。春秋2季それぞれの累積種類数の百分率をプロビットに変換し、種類あたりの個体数の対数値との関係をしめたのが第1図である。

なお LN 則では、理論的に群集を構成する総種類数 \hat{N} を推定することができる。それから実際に捕獲して、標識環を取り付けた種類の数 N を差引いた $\phi_0 = \hat{N} - N$ が、捕獲のできなかった種類に相当する。それは春季において14.60、秋季は19.20で、捕獲からもれた種類の示す割合は、それぞれ23.33、18.08%で、平均して20%程である。1967年の春秋2期の合計値と、60年から67年にいたる8年間の合計値について計算した結果からは、それぞれ20.33、42.08で、20種類ちかい差がみられる。しかし理論的に期待される総種類数に対する捕獲からもれた種類の占める割合は、それぞれ18.26、22.86%で、これも平均して20%程である。

第1表の数値に、L 則、LN 則をあてはめてきた期待値と、実際に標識環を取り付けた記録値との適合性の検定をおこなった結果が第4表で、両則とも1967年に春秋の2季に分けて記録された数値にも、またその合計値、および1960年から67年にわたる8年間の合計値にも高い適合性がえられた。このことは、逆に標識環取り付けの作業は、群集を構成する個体群の無作為見積りの見地から

Table 3. Truncated lognormal distributions computed from the bird ringing data in Table 1: f = Number of species, y_* = log (birds per species)

Term	1967			1960-67
	Spring	Autumn	Total	
$\Sigma f = N$	48	87	91	142
$\Sigma (fy_*)$	51.031	114.023	123.025	230.676
\bar{y}_*	1.063146	1.310609	1.351923	1.624479
m_2	0.805508	1.030632	1.087829	1.593640
γ	0.432842	0.396797	0.398143	0.429832
$\hat{\theta}$	0.354101	0.260308	0.263470	0.345382
$\hat{\mu}$	0.580090	0.891086	0.916419	0.959443
$\hat{\sigma}^2$	1.464481	1.706751	1.807696	2.874173
$\hat{\sigma}$	1.210157	1.306427	1.344506	1.695339
X_0	-0.728104	-0.912501	-0.905499	-0.743493
\hat{N}	62.604	106.195	111.329	184.080
$V(\hat{\mu})$	0.1604651	0.0740501	0.0758074	0.1035621
$V(\hat{\sigma})$	0.0598315	0.0324232	0.0330305	0.0391311
$SE(\hat{\mu})$	0.40058	0.27212	0.27533	0.32181
$SE(\hat{\sigma})$	0.24460	0.18006	0.18174	0.19782
$100\phi_0/\hat{N}$	23.33	18.08	18.26	22.86

きわめて適正に行われたものと考えて差支えない。

L則にくらべてLN則においてわずかに適合性が高く、 χ^2 合計値は前者において $\chi^2 = 65.977$, $n = 82$, $P = 0.60$, 後者においては $\chi^2 = 57.753$, $n = 78$, $P = 0.85$ であった。この事は先覚者の報告と一致している。

本報で比較考察したのは、1967年だけの記録であるが、もし1960年から67年に至る各年次ごとの春秋2季に分けられた記録が提供されておれば、これに対して同様の解析を行い、上に述べた母数の変動様相を考察することによって、渡りの始発地、あるいは経過地点における環境条件の異常の有無を、群集生態学の立場から推測する手がかりがえられるかもしれない。ここで棲息環境に異変をもたらす原因としては、火山爆発、地震、火災、異常気象、天候などの自然の脅威と、植林、農耕地の拡大と都市化、工業化にもとづく人為的な自然破壊、農薬の過剰使用、その他種々の化学物質による汚染汚濁など、人間活動の所産があげられる。そうしたところみはずでに数年にわたってなされた誘蛾燈による走光性蛾類の誘殺記録を解析した論著の中で、Bliss、伊藤ら、

Kempton and Taylor⁵⁾ おおこない、また Nagasawa and Nuorteva⁶⁾ は鳥類の棲息におよぼす自然林の耕地化、耕地の都市化に至る影響を、モデルの適合性によって推定した。

本報文の発表に関しては、標識環取り付けの作業記録を報告した原著者に、ポーランド語による作文と投稿を申し入れたが返信がえられなかった。困難な仕事に従事し、詳細な記録を公表された原著者の労に対し敬意を表する次第である。

摘 要

Poland の Operation Baltic で行われた渡り鳥の脚に標識環を取り付ける作業記録(第1表)に、Fisher の対数級数則(L則)と Preston の切れた対数正規則(LN則)のあてはめをおこなった(第2, 3表)。1967年の春と秋の2季に標識環を取り付けられた鳥の種類と、その数の関係は、両則によく適合し、またその合計値、および1960年から67年にいたる8年間の合計値も同様に、両則によって近似できた(第4表)。両則の母

Table 4. Distribution of ringed bird numbers from Table 1 and their logarithmic ($L\phi$) and lognormal ($LN\phi$) expectations

Birds per species	1967									1960-67		
	Spring			Autumn			Total			f	$L\phi$	$LN\phi$
γ	f	$L\phi$	$LN\phi$	f	$L\phi$	$LN\phi$	f	$L\phi$	$LN\phi$	f	$L\phi$	$LN\phi$
0			(14.60)			(19.20)			(20.33)			(42.08)
1	7	7.10	8.70	14	10.88	12.35	14	11.17	12.11	24	14.74	17.47
2	6	3.55	4.28	4	5.44	6.52	7	5.59	6.98	8	7.36	8.77
3	5	2.36	3.47	4	3.62	4.37	4	3.72	4.69	3	4.91	6.62
4	3	1.77	1.76	5	2.72	3.16	3	2.79	3.42	5	3.68	4.00
5		1.41	1.79	2	2.17	3.07	1	2.23	2.42	2	2.95	4.98
6-7	2	2.18	2.73	6	3.36	4.10	5	3.45	4.42	4	4.56	5.90
8-10	2	2.37	2.87	2	3.65	4.54	2	3.75	4.75	5	4.95	4.89
11-14	3	2.26	2.65	3	3.50	4.50	4	3.59	4.59	5	4.75	6.05
15-20	4	2.41	2.60	5	3.74	4.57	6	3.85	4.69	6	5.10	6.24
21-28	2	2.28	2.43	4	3.56	4.42	5	3.66	4.55	6	4.85	6.12
29-39	2	2.23	2.22	5	3.51	4.20	4	3.61	4.35	6	4.80	5.98
40-55	2	2.29	2.00	7	3.64	3.96	5	3.75	4.12	5	5.00	5.79
56-77	2	2.20	1.79	3	3.55	3.68	6	3.66	3.85	3	4.90	5.57
78-108	1	2.15	1.56	4	3.55	3.38	3	3.66	3.56	7	4.93	5.30
109-151		2.04	1.34	3	3.48	3.03	3	3.59	3.21	5	4.88	4.96
152-211		1.92	1.17	1	3.42	2.78	2	3.53	2.98	6	4.86	4.78
212-295	3	1.77	0.97		3.34	2.42	1	3.47	2.62	5	4.85	4.40
296-414	1	1.59	0.80	4	3.27	2.12	3	3.41	2.30	3	4.87	4.08
415-580		1.34	0.66	2	3.10	1.83	3	3.26	2.02	4	4.81	3.75
581-812		1.03	0.51	1	2.90	1.50	1	3.07	1.68	6	4.74	3.31
813-1137	+3	1.75	1.70	4	2.63	1.32	3	2.83	1.48	1	4.64	3.10
1138-1592				1	2.32	1.10	2	2.53	1.25	3	4.54	2.80
1593<				3	5.65	4.08	4	6.83	4.96	20	26.33	17.12
Total	48	48.00	48.00	87	87.00	87.00	91	91.00	91.00	142	142.00	142.00
χ^2		17.298	14.917		20.110	19.423		12.390	9.439		16.179	13.973
n		19	18		21	20		21	20		21	20
$P(\chi^2)$		0.57	0.67		0.51	0.49		0.93	0.98		0.76	0.83

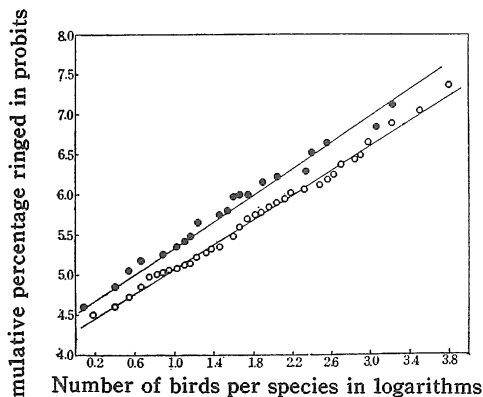


Fig. 1. Relation between the number of bird species and that of individuals in ringing records in Baltic coast in 1967.

数の変動を年次的に追うことによって、自然破壊、化学汚染などによる生息環境の変化の、生物に対する影響を群集生態学の面から考察することの可能性を論じた。

引用文献

1. Bliss, C. I.: Proc. Intern. Symp. on Classical and Contagious Discrete Distributions (Montreal, 1963). Statistical Publishing Soc., Calcutta-35, India. 385-397, 1966.
2. Busse, P. and Gromadzki, M.: Acta Ornithol. 11: 329-354, 1969.
3. Fisher, R. A.: J. Anim. Ecol. 12: 54-58, 1943.
4. 伊藤 博・山下イクエ・長澤純夫・関きなえ: 香川農試研究報告25: 28-50, 1974.

5. Kempton, R. A. and Taylor, L. R. : J. Anim. Fennici 11 : 244–250, 1974.
Ecol. 43 : 381–399, 1974.
6. Nagasawa, S. and Nuorteva, P. : Ann. Zool. 7. Preston, F. W. : Ecology 29 : 254–283, 1948.
8. 篠崎吉郎 : 生理生態 6 : 127–144, 1955.

Summary

Trials were made to fit Fisher's logarithmic series and Preston's truncated discrete lognormal distribution to bird ringing records obtained in Baltic coast, Poland by Busse and Gromadzki. Four series of species abundance data were tallied from the records by spring, autumn and both seasons 1967, and by the eight-year totals 1960–67. Every series of the data were well described by both mathematical models. The ringing records in each series were within the limits of the sampling error of the numbers expected according to both distributions, but the probabilities for χ^2 were a little greater for the lognormal distribution than for the logarithmic series excepting the record obtained in autumn 1960, in which they are almost equal. If we add the χ^2 values for the four series, $\sum \chi^2 = 65.977$, $n = 82$ for the logarithmic series ($P = 0.69$) and $\sum \chi^2 = 57.753$, $n = 78$ for the discrete lognormal distribution ($P = 0.85$). It could be said that the lognormal distribution provided a somewhat better description of the ringing records than the logarithmic series.

One of parameters characterizing the former model, \hat{R} values, which depend upon the intensity of the ringing work, were consistent over both spring and autumn seasons $\chi^2 = 2.926$, $n = 1$, $P = 0.087$, and a weighted mean of $\bar{R} = 0.9992 \pm 0.0001$. A corresponding test for the agreement of the $\hat{\alpha}$'s, the index of diversity, showed a significant discrepancy, $\chi^2 = 46.930$, $n = 1$, $P < 0.001$, indicating the different patterns in migration between two seasons.

For the lognormal model, the relevant statistics are the estimated mean $\hat{\mu}$ and the standard deviation $\hat{\sigma}$ of the whole population. Comparing seasons, the standard deviation proved a little more uniform $\chi^2 = 0.101$, $n = 1$, $P = 0.751$, giving a combined estimate of $\hat{\sigma}_c = 1.2583 \pm 0.1450$, whereas for $\hat{\mu}$, $\chi^2 = 0.412$, $n = 1$, $P = 0.521$, and their combined estimate of $\hat{\mu}_c = 0.7356 \pm 0.2251$.

Based on the result of fitting the two mathematical models to the data, we could conclude that the bird ringing work were quite properly carried out in every seasons and every years. If we could have several season's or year's ringing records and if there was any discrepancy of parameters among season's or year's species abundance distributions, we might consider the discrepancy as the results of environmental disturbances on the land of starting of migration or on the way of migration. Natural forces, such as volcanic eruptions, earthquakes, fire and unusual climatic conditions and weathers, and human activities, such as the production of forest monocultures and agricultural land, urbanization, industrialization, wide use of pesticides, chemical contamination, pollution of various kinds are considered as the sources of environmental disturbances.