

위도(latitude)에 따른 한국산 박새(*Parus major*)
소리(song)의 지리적 변이

강정훈, 함규황*

경남대학교 생물학과 대학원, 경남대학교 생물학과 교수*

Geographic variation of song on Great Tit,
Parus major by latitude

Jeong Hoon Kang, Kyu-Hwang Hahm*

Graduated school of Department of Biology in Kyungnam University

E-mail: kestrel@netsgo.com

Prof. of Department of Biology Kyungnam University*

E-mail: ham@kyungnam.ac.kr

요 약

본 논문은 한국산 박새(*Parus major*)의 소리(song)를 이용한 위도(latitude)에 따른 지리적 변이에 관한 논문이다. Note types은 2음절에서는 low note가 16개, high note에서는 18개 type을 나타내었고, 3음절의 secondary-high note에서 11개의 유형을 나타내었고, low note에서는 대체로 N, VFV type을 많이 사용하였고, high note에서는 특이하게 모든 site에서 M type을 선호하는 것으로 나타났다.

위도에 따른 지역적인 변이는 해안지역이 내륙지역보다 더 많이 나타났고(MANOVA, $p < 0.001$), factor별 공요상호작용은 phrase와 phrase간 duration, low note의 frequency range, high note의 frequency range에서는 차이를 보였고(ANOVA, $p < 0.05$), 다른 factor들에서는 대부분 factor의 유형이 유사한 것으로 나타났다.

I. 서론

새들은 그들만의 독특한 소리를 가지고 있다. 새들에 있어서 소리(song)는 자신의 영토에 다른 경쟁자의 침입을 막고, 암컷을 유인하여 번식의 기회를 만드는데 없어서는 안될 중요한 수단이다(Ficken 1981; Hailman 1989; Wasserman 1979).

소리(song)와 지저귀기(call)와는 다르며 궁극적으로 이러한 기능은 자신의 생존의 가치성과 생식성공의 기회를 제공하고 유지시키는 것으로 볼 수 있다(Cunningham *et al.* 1987).

이러한 소리의 기능 및 의미를 수행하기 위해서는 각 개체들 또는 같은 종의 범주(categories)를 구별하는 능력, 이웃 새와 낯선 새를 식별할 수 있는 능력이 필요하다.

새들의 개체인식은 수신자가 그 개체에 고유한 정보를 보태로 개체간의 차이를 배우고 구별하는 학습과정에서 발생한다(Falls 1982). 어린 새들의 학습능력은 대부분의 조류에서 나타나고, 학습한다는 것은 소리의 지리적 변이(dialect)가 존재한다는 간접적 증거로 볼 수 있다(Chilton and Lein 1996). 이러한 소리의 지리적 변이(방언, dialect)는 다른 소리를 내는 이웃한 군집과

영역을 가르고, 구분지을 수 있기 때문에 방언은 소리에 있어서 특별히 중요한 의미를 지닌다(Rothstein 1987).

새들의 지역별 소리의 차이점은 환경과도 밀접하게 관련되어 있다. 숲(forest)에 있는 박새는 낮은 주파수(frequency)와 좁은 주파수의 폭을 가지고 있고, 식생의 밀도는 높은 주파수에 영향을 주어 식생의 밀도가 낮은 삼림(woodland)보다 식생의 밀도가 높은 숲(forest)에서 소리의 파장이 분산되어 주파수가 떨어지는 경향을 나타낸다(Morton 1975).

또한 변이(dialect)의 증거는 박새의 음절(note)과 음절의 연결, 즉 음절의 조합양식에 의해서도 증명되며, 다른 종류의 새들에서도 많이 나타난다(Thompson 1970, Ficken and Weise 1984).

본 연구는 한국산 박새(*Parus major*) 소리(Song)를 위도상 약 100km를 10km를 하나의 Site로 정하여 비교, 각 Site로부터 소리의 지리적인 변이가 나타나는지를 밝히는데 그 목적이 있다.

II. 방법

본 연구는 1997년 3월에서 5월까지 박새의 번식기 번식기를 택하여 녹음하여 분석하였다. 지역은 태백산맥의 동쪽인 해안지역으로는 경상북도 포항시 흥해에서부터 강원도 삼척시까지의 약 100km 거리와 내륙지역으로는 포항시 기계에서부터 태백시까지의 약 100km 거리, 총 약 200km의 거리를 각 10km 단위로 20개 Site를 지정하여 녹음을 하였다.

분석에 사용된 소리는 짝짓기를 위해 세력권망을 향해 연속적으로 내는 번식에 있어서 매우 중요한 영역 보호의 기능을 가지는 소리(territory song; Armstrong, 1973)만을 선택하였다.

소리의 녹음은 Sony Cassette-recorder Tcm-5000EV와 Sony Parabolic Reflector Pbr-330, 그리고 Sony F115A dynamic microphone을 이용하여 녹음하고, Sonograph는 Digital Sona-Graph 7800·7900(Kay Electric Co.), EQ-825와 Sonagram Digitizer Program Model 7817을 이용하여 분석하였다.

박새의 소리는 크게 낮은 음절(low note)과 높은 음

(high note)을 사용하여 하나의 구(phrase)를 만들고, 하나의 구 자체만으로도 신호 전달의 역할을 수행하기 때문에 음절을 낮은 음절과 높은 음절로 구분하여, 시간적 요인(Duration factor)과 주파수 요인(Frequency factor)으로 나누어 측정하였고, 한 음절의 Modulation : 중심으로 향하는 상태에 따라 Falling inflection과 Rising inflection으로 구분하여 측정하였다.

수집에 사용된 형질은 Kathryn M. Rusch *et al.*(1996), Barbara B. Dewolfe(1995)와 Glen Chilton and M. Ross Lein(1996) 등의 정의에 따랐으며, 분석에 사용된 통계적 처리는 SAS를 이용하였다.

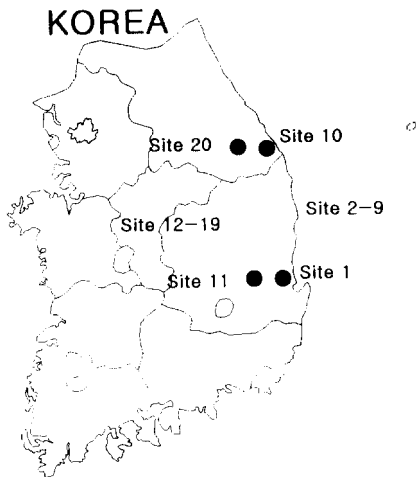


Fig. 1. Map of localities sampled.

III. 결과

Note-Types

Note-Types(음절의 유형)은 서로 다른 구조를 하고 있다. 각각 frequency range(주파수 길이)가 다르고 어떤 것은 duration(시간대)이 길거나 짧다. 그래서 각 개

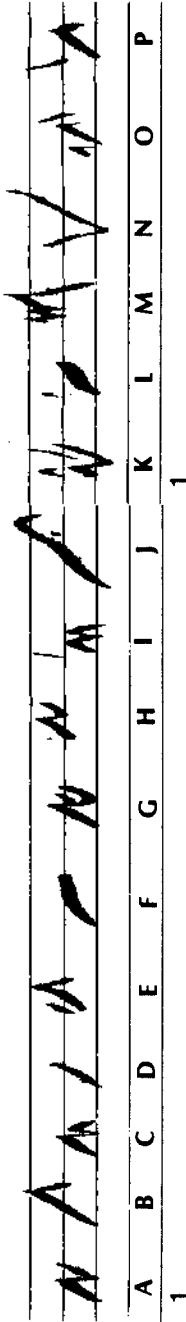
체마다 소리의 구조가 달라지게 된다.

본 연구에서 나타난 Note-Types(음절의 유형)은 2음절의 하나의 구(phrase)를 형성하는 LN(Low Note)가 16개, HN(High Note)가 18개 유형을 나타내었고, 3음절의 phrase에서는 secondary-HN에서 11개의 유형을 나타내었다(Fig. 2).

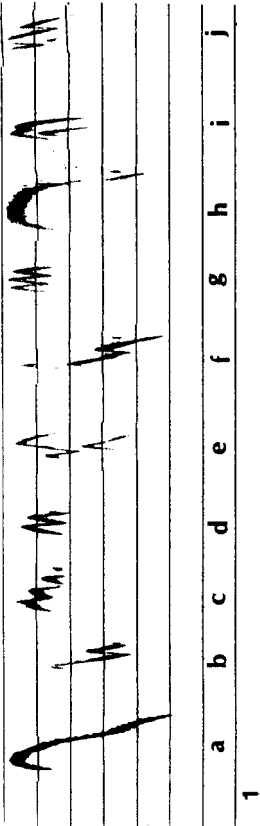
- [1] N; N type
- [2] VFV; Vertical Flip V
- [3] M; M type
- [4] S; Slash
- [5] AVFV; Added Vertical Flip V
- [6] UWW; Upper Whistle
- [7] IAN; Internal Akkled N
- [8] W; W type
- [9] AM; Added M
- [10] SHFV; Stretch Horizontal Flip V
- [11] AN; added N
- [12] AUWW; Added Upper Whistle
- [13] DN; Duplication N
- [14] V; V type
- [15] ADN; Added Duplication N
- [16] LAVFV; Internal Added Vertical Flip V
- [17] SVFV; Stretch Vertical Flip V
- [18] AHFN; Added Horizontal Flip N
- [19] IAM; Internal Added M
- [20] VFV; Vertical Flip V
- [21] IADN; Internal Added Duplication N
- [22] IASVFV; Internal Added Stretch Vertical Flip V
- [23] DM; Duplication M
- [24] ODS; Opposite Direction Slash
- [25] HFN; Horizontal Flip N
- [26] AODS; Added Opposite Direction Slash
- [27] ASVFV; Added Slash Vertical Flip V

8kHz

8kHz



8kHz



8kHz

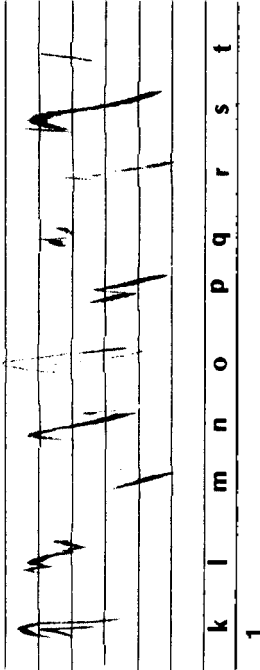


Fig. 2. The patterns of note in various song type on Great Tit, *Parus major*. (A-P : Low note, a-t : High note)

Table 1. The comparison of note type used frequency in each latitude(distance)

Distance of Latitude(km)	Note Type			
	LN	n	HN	n
0-10	N	4	M	13
	M	9	IAM	2
	AVFV	1	SVFV	1
	V	1	AM	1
	AUWW	1	VFV	3
			ODS	1
10-20	N	4	M	9
	M	4	AM	4
	VFV	4	VFV	4
	W	1	DN	2
	AVFV	4	S	2
	UWW	1	IAM	4
	AM	1	ODS	1
	S	1		
20-30	N	2	IADFV	1
	VFV	6	M	12
	AN	1	SVFV	1
	M	3	VFV	1
	AVFV	1	AM	1
	S	1	SVFV	1
	IAN	1	AODS	1
	DN	1	ASVFV	1
	N	1		
	SHFV	1		
30-40	M	3	VFV	2
	S	1	AHFN	1
	AVFV	2	M	14
	N	5	DN	2
	AM	1	SVFV	2
	VFV	4	AM	1
	V	1	IADFV	4
	UWW	5	ODS	1
			IASVFV	2
40-50	S	6	AHFN	2
	IAN	1	M	14
	AVFV	1	IASVFV	1
	W	2	AM	2
	AN	2	IADFV	3
	M	2	AODS	1
	VFV	2	AVFV	1
	N	1	DN	1
	UWW	1	VFV	1

	M	6	M	21
	N	3	DN	5
50-60	VFV	6	IADN	2
	AM	3	AM	2
	S	5	IADFV	1
	UWW	2	ADN	1
	AUWW	4	IAM	3
			VFV	2
			AVFV	2
60-70	M	7	M	16
	VFV	6	IADFV	3
	DN	1	IAM	1
	M	1	SVFV	3
	S	1	DN	2
	SHFV	1	ODS	1
			VFV	1
		IASVFV	1	
70-80	ADN	1	IAM	1
	HFN	1	M	12
	M	1	IASVFV	1
	AVFV	2	DN	1
	N	4	AVFV	1
	VFV	2	VFV	1
	DN	1	ODS	2
	IAN	1	SVFV	1
	S	2		
UWW	1			
80-90	M	4	IADN	2
	N	1	AM	1
	VFV	5	M	8
	AVFV	1	N	1
	AS	1	AVFV	2
	AM	1	HFN	1
	IAM	1	IASVFV	1
	S	1	DN	1
	UWW	1	VFV	1
		SVFV	2	
90-100	W	2	SVFV	3
	N	5	AM	1
	IADFV	1	DN	2
	VFV	2	M	5
	M	2	VFV	1
	UWW	2	AODS	1
	AVFV	1	VFV	1
	SHFV	1	IADFV	2
			IAM	2

Note Type에서는 low note에서는 대체로 N, VFV type을 가장 많이 사용하였고, high note에서는 특이하게 모든 site에서 M type을 선호하는 것으로 나타났다.

Factor별 상관관계

각 요인에 따른 상관관계를 알아보기 위하여 MANOVA(Multivariate Analysis of Variance) test를 실시하였다(Table 2, 3, 4, 5).

Table 2. MANOVA test Criteria and F approximations for the Hypothesis of no overall site effect in seashore

** p<0.01; *** p<0.001

Statistic	Value	F	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.07609597	1.4802	126	465	0.0020**
Pillai's Trace	2.08198490	1.4403	126	603	0.0028**
Hotelling L awley Trace	3.28406781	1.4914	126	515	0.0014**
Roy's Greatest Root	1.05473312	5.0477	14	67	0.0001***

Note: F Statistic for Roy's Greatest Root is an upper bound.

Table 3. MANOVA test Criteria and F approximations for the Hypothesis of no overall site effect in inland

*** p<0.001

Statistic	Value	F	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.13655783	1.1814	108	406	0.1283
Pillai's Trace	1.66610036	1.1738	108	558	0.1294
Hotelling L awley Trace	2.43736000	1.1786	108	470	0.1277
Roy's Greatest Root	0.86353800	4.4926	12	62	0.0001***

Note: F Statistic for Roy's Greatest Root is an upper bound.

Table 2에서 Wilks' Lambda, Pillai's Trace, Hotelling-Lawley Trace, Roy's Greatest Root method 모두에서 교도의 유의 차를 나타내었고, Table 3에서는 Roy's Greatest Root method에 의해서만 교도의 유의 차를 나타내었다. 해안지역과 내륙지역 모두에서 위도에 따른 차이를 보였고, 특히 해안지역이 내륙지역보다 더 많은 위도에 따른 지역적인 변이를 나타내었다.

Factor의 공유

위도에 따라서 factor별로 factor의 공유정도를 알아보기 위하여 ANOVA test를 실시하였는데, phrase와 phrase간 duration(df=137, F=1.69*, p<0.05), low note의 frequency range(df=137, F=1.71*, p<0.05), high note의 frequency range(df=137, F=1.72*, p<0.05)에서는 차이를 보였고, 다른 factor들에서는 대부분 factor의 유형이 유사한 것으로 나타났다(df=137, F=0.84-1.57, p=0.07-0.66).

고 찰

본 연구는 박새(*Parus major*) 소리(Song)를 위도상 약 100km를 한 site를 10km씩으로 정하여 각 Site로부터 소리의 지리적 변이가 나타나지 않을 밝히기 위해서 실시하였는데, 먼저 Note Types의 형태부터 알아보았다. Note-Types은 2음절의 하나의 phrase를 형성하는데 low note가 16개, high note가 18개 유형을 나타내었고, 3음절의 phrase에서는 secondary-high note에서 11개가 유형을 나타내었는데, low note는 M, VFV, N, S type을 주로 사용하였고, high note에서는 특이하게 모든 site에서 M type을 공통적으로 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. Low note에서는 ADN, IAVFN type, high note에서는 IAVFV, HFN, N, AODS, ASVFV 그리고 3음절의 high note에서는 IASVFV, DN type이 단 1회만 기록되었다. 따라서 이러한 type들은 본 연구의 박새들에 있어서 잘 사용하지 않는 note라는 것을 알 수 있었다(Fig. 2, Table 1).

이러한 note types은 서로 다른 구조를 하고 있고, 각각 frequency range가 다르고, 어떤 것은 duration이 길거나 짧기 때문에 각 개체마다 소리의 구조가 달라지게 된다. 또한 변이(dialect)의 증거는 박새의 음절과 음절이 인접, 즉 음절의 조합양식에 의해서도 나타난다(Thompson 1970, Ficken and Weise 1984)는 사실과도 일치하였다.

이 기에, 개체인식이라는 개체 고유의 정보를 토대로 개체간의 차이를 배우고 구분하는 학습과정 또한 발생시킬 수 있다. 학습능력은 대부분의 조류에서 나타나고, 학습한다는 것은 소리의 지역적 변이(dialect)가 존재한다는 간접적 증거로 볼 수 있다.

본 연구의 지역별 소리의 차이점은 환경과도 밀접하게 관련되어 있다. 숲(forest)에 있는 박새는 낮은 주파수(frequency)와 좁은 주파수의 폭을 가지고 있고, 식생의 밀도가 높은 주파수에 영향을 주어 식생의 밀도가 낮은 woodland보다 식생의 밀도가 높은 숲(forest)에서 소리의 광상이 분산되어 주파수가 떨어지는 경향을 나타냈다는 Morton(1975)의 사실과도 일치하였다.

위도에 따라서 factor별 상관관계를 알아보기 위하여 MANOVA test를 실시한 결과 Wilks' Lambda, Pillai's Trace, Hotelling Lawley Trace, Roy's Greatest Root

method 모두에서 해안지역에서 고도의 유의 차를 나타내었고, 해안지역에서는 Roy's Greatest Root method에 의해서만 고도의 유의차를 나타내었는데, 이는 해안지역이 내륙 산악지역보다 박새의 국부적인 이동이 가능성을 가지는 생태·환경의 영향에 기인된다고 생각된다.

위도에 따라서 factor별로 공유통계분을 알아보기 위하여 ANOVA test를 실시하였는데, phrase와 phrase간 duration, low note의 frequency range, high note의 frequency range에서는 차이를 보였고(ANOVA, $p < 0.05$), 다른 factor들에서는 대부분 factor의 유형이 유사한 것으로 나타났다.

참고문헌

- Armstrong, E. A. 1973. A study of bird song. New York: Dover.
- Barbara B. Dewolfe. 1995. Singing behavior, song types on their wintering grounds and the question of leap-frog migration in puget sound White-Crowned Sparrows. Condor 97:376-389.
- Cunningham, M. A. and M. C. Baker, T. J. Boardman. 1987. Microgeographic song variation in the nuttall's White-crowned Sparrow. Condor 89:261-275.
- Falls, J. B., J. R. Krebs and P. K. McGregor. 1982. Song matching in the Great Tit, *Parus major*: the effect of similarity and familiarity. Anim. Behav. 30:997-1009.
- Ficken, M. S. 1981. What is the song of the Black-capped Chickadee?. Condor 83:384-386.
- Ficken, M. S. and C. M. Weise. 1984. A complex call of the Black-capped Checkadec(*Parus atricapillus*). Auk 101:349-360.
- Glen Chilton and M. Ross Lein. 1996. Long-term changes in songs and song dialect boundaries of puget sound White-Crowned Sparrows. Condor 98:567-580.
- Hailman, J. P. 1989. The organization of major vocalizations in the Paridae. Wilson Bull.

101:305-343.

- Kathryn M. Rusch, Carolyn L. Pytte, and Millicent S. Picken. 1996. Organization of agonistic vocalizations in Black-chinned Hummingbirds. *Condor* 98:557-566.
- Morton, E. S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *Amer. Natur.* 109:17-34.
- Robstein, S. J., R. C. Fleischer. 1987. Vocal dialects and their possible relation to honest status signalling in the Brown-headed cowbird. *Condor* 89:1-23.
- Thompson, W. L. 1970. Song variation in a population of Indigo Buntings. *Auk* 87:58-71.
- Wasserman, M. C. 1979. Effects of gargle vocalizations on behavior of Black-capped chickadees. *Condor* 81:62-70.
- 山谷鶴彦. 1986. 日本野鳥大鑑 鳴き聲333. 小学館. pp.96-97.