

태백산맥을 경계로 동서간 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* between The East and The west of the T'aebaek Mountains in Korea

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

요약

본 논문은 한국산 박새(*Parus major*)의 소리(song)를 이용해서 태백산맥을 경계로 동서간의 지리적 변이에 관한 논문이다. 박새 소리의 지리적인 변이를 알아보기 위하여 지역간 음절의 시간과 주파수 요인을 비교하고, factor의 군집화와 지역간의 변이정도를 알아보기 위하여 Cluster Analysis와 Discriminant Analysis를 실시하였다. 그 결과 태백산맥을 경계로 동쪽지역과 서쪽지역은 영덕군과 청송군, 삼척시와 태백시를 중심으로 해서 지리적인 변이를 나타냈다.

1. 서론

인간의 청각의 전달이 주로 짧은 범위에서 전달되는 반면, 조류의 소리는 50-200m 이상의 먼거리까지 전달한다. 이러한 조류의 소리는 사회생활을 하는 조류들에게 있어서 의사표현 전달 수단(song)으로 반드시 필요하며 이러한 음성의 학습은 대부분 초기에 형성된다.

조류의 소리는 예전부터 많은 학자들의 관심의 대상이 되어왔지만 아직 완전한 해석은 되지 않고 있으며, 이러한 소리는 한정된 것이고 본능에 의해 태어날 때부터 가지는 것으로 인간의 학습과 같은 것에 의한 것은 아니다.

Marler and Mundinger(1971)는 조류의 소리(song)를 "언제나 일정한 양식으로 반복되는 일련의 소리로서 보통은 주로 수컷에 의해서 번식기에 행해지는 것"이라고 정의했다.

조류의 소리는 소리(song)와 지저귐(call)으로 크게 나눌 수 있다. 소리는 한 마리의 수컷이 다른 수컷에 대하여 자기의 세력권을 주장하여 출입을 금지시키는 경계의 소리이다. 그 다음으로는 독신의 수컷이 독신의 암컷에 대하여 자기가 수컷이라는 것을 선언하는 소리이기도 하다(Ficken 1981, Hailman 1989, Ficken and Mewaldt 1978, Wasserman 1979).

조류의 소리(song)는 가장 효과적인 영역선언이며, 첫번째 방어행위라고 할 수 있다.

이러한 소리는 개체간의 경쟁이 심하고 유전적으로 안정된 집단에서 더욱 다양하게 발달하며, 복잡한 구조

와 개체면이름 바탕으로 타종의 구별 및 개체간의 구별을 뚜렷하게 나타낼 수 있다(Baker et al. 1991).

조류의 소리는 지리적인 변이(방언, dialect)가 발생하며(Mundinger 1982), 이러한 방언은 다른 소리를 내는 이웃한 군집과 영역을 가르고, 구분지을 수 있기 때문에 중요한 의미를 지닌다(Rothstein 1987).

박새과는 전 세계적으로 46종이 서식하며, 그 중 박새 *Parus major*는 박새과 중에서 가장 큰 것에 속하고 유럽과 북아프리카를 비롯하여 아시아 전역과 인도의 동쪽 중앙까지 분포한다(원 1981).

Won and Gore(1971)는 한국산 박새과를 아종을 포함하여 7종으로 분류하였으며, 최근에 원(1981)은 다시 4종만을 기재하여 한국에 서식하는 조류중 박새과는 1속 4종(*P. palustris*, *P. ater*, *P. varius*, *P. major*)이 서식하는 것으로 알려졌고, 그 중 제주도에 서식하는 박새는 Kim et al.(1986)에 의해 약간의 형태적인 차이가 뚜렷하다고 밝혔다.

이와 같이 소리의 변이(dialect)는 소리 유형을 학습함으로써 발생하고 다른 종을 모방함으로써 생기며(Baker 1982, Mundinger 1982, Slater 1983, Marler and Mundinger 1971, Nottebohm 1972, Kroodsma 1978, Slater 1983, Baker and Cunningham 1985), 지리적으로 멀리 떨어진 지역과는 상당한 차이를 나타낸다고 보고하고 있다(Mundinger 1982, Ficken and Weise 1984, Hultsch and Todt 1981).

본 연구는 태백산맥을 경계로 지리적으로 격리되었다고 볼 수 있는 동서지역을 선정하여 지리적인 소리의 변이정도를 밝히고자 한다.

II. 방법

본 연구는 1997년 3월에서 5월까지 박새의 번식기 번식기를 택하여 녹음·분석하였다. 태백산맥을 경계로 동쪽은 경상북도 포항시 흥해에서부터 강원도 삼척시까지의 약 100km 거리와 내륙지역으로는 포항시 기계에서부터 태백시까지의 약 100km 거리, 총 약 200km의 거리를 각 10km 단위로 20개 Site를 지정하였다.

분석에 사용된 소리는 짹짹기울 위해 세력권밖을 향해 연속적으로 내는 번식에 있어서 매우 중요한 영역

부호의 기동은 가치는 소리(territory song; Armstrong, 1973)만을 선택하였다.

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

낮은 음절(Low note)과 높은 음절(High note), 낮은 음절과 높은 음절의 시간적 요인(Duration factor)과 주파수 요인(Frequency factor)으로 나누어 측정하였고, 음절의 Modulation을 중심으로 Rising inflection과 Falling inflection으로 구분하여 측정하였고, 분석에 사용된 통계 처리는 SAS를 이용하였다.

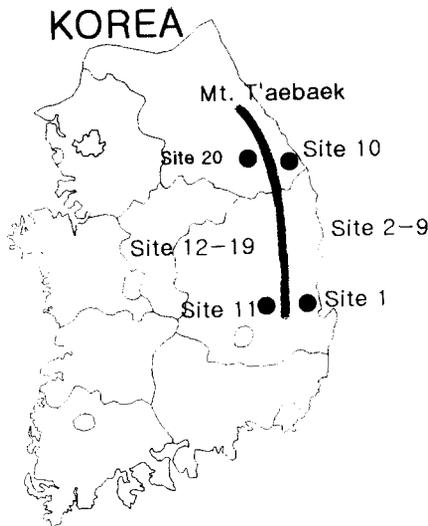


Fig. 1. Map of localities sampled.

III. 결과

지역간 음절의 시간과 주파수 요인의 비교

박새 소리의 요인에 따른 차이를 알아보기 위하여 각

요인별(duration, frequency, inflection)로 Factor Analysis를 실시하였다.

Table 1. Correlations by Factor Analysis

Inflection					
LNRI	1.00000				
LNFI	0.48606	1.00000			
HNRI	-0.00419	0.15556	1.00000		
HNFI	-0.00874	0.19197	0.85463	1.00000	
LNRI	LNFI	HNRI	HNFI		
Duration					
D1	1.00000				
D2	0.38575	1.00000			
D3	0.47588	-0.02738	1.00000		
D4	0.59478	0.00438	0.12175	1.00000	
D5	0.09758	0.15243	0.07836	0.10060	
D1	D2	D3	D4	D5	
Frequency					
F1	1.00000				
F2	0.27534	1.00000			
F2-1	-0.26820	0.85228	1.00000		
F3	0.30766	0.54168	0.37542	1.00000	
F4	0.19029	0.43213	0.32949	0.39223	
F4-1	0.18820	0.26389	0.16204	0.76890	
F1	F2	F2-1	F3	F4	F4-1

Table 2. Rotated Factor Pattern values each Factors (Initial: Principal Components, Rotation: Varimax) C. E.* = Final Communality Estimates

	FACTOR1	FACTOR2	
HNFI	0.96060	0.05596	
HNRI	0.95860	0.03614	
LNRI	-0.08169	0.87372	
LNFI	0.17492	0.84759	
C. E.*	LNRI 0.77	LNFI 0.75	HNRI 0.92, HNFI 0.93
	FACTOR1	FACTOR2	FACTOR3
D4	0.96361	0.14007	-0.02475
D1	0.75651	0.54484	0.27522
D3	0.02339	0.98491	-0.01240
D2	0.10987	0.04053	0.81422
D5	0.00451	0.00461	0.68929
C. E.	D1 0.95, D2 0.68, D3 0.97, D4 0.95, D5 0.48		
F2-1	0.90153	0.16236	-0.36434
F2	0.88412	-0.26155	0.13251
F4	0.69524	0.36595	0.46502
F4-1	0.03370	0.99486	-0.04152
F3	0.49592	-0.71099	0.35012
F1	-0.02859	-0.18332	0.91363
C. E.	F1 0.87, F2 0.87, F2-1 0.97, F3 0.87, F4 0.83, F4-1 0.99		

음절의 vibration에 있어서 inflection의 factor간 상관

관계를 보면 HNRI(high note rising inflection)와 HNFI(high note falling inflection)가 0.85로 가장 높게 나타났고(Fig. 2, Table 1), Commuality Estimates(인자 적재 추정치)의 cumulative(누적치)값이 HNRI에서 96%로 높게 나타났다.

음절의 duration에 있어서 duration의 factor간 상관관계를 보면 D1(phrase duration)과 D4(high note duration)가 0.59로 가장 높게 나타났고(Table 1), Commuality Estimates의 cumulative가 high note duration에서 98%로 아주 높게 나타났다.

음절의 frequency에 있어서 frequency의 factor간 상관관계를 보면 F2(first note frequency maximum)과 F2-1(low note frequency range)가 0.85, F3(high note frequency minimum)와 F4-3(high note frequency range)가 0.77로 높게 나타났고(Table 1), Commuality Estimates의 cumulative가 F2-1에서 90%로 높게 나타났다.

Final Commuality Estimates(최종 인자 적재 추정치)에서 음절의 vibration의 변이 요인으로는 HNRI와 HNFI로 나타났고, 음절의 duration의 변이 요인으로는 D1, D3 그리고 D4에 D3(low note duration)에 변화가 가인하였고, 음절의 frequency의 변이 요인으로는 F2-1과 F4-3의 변화에 의해서 변이가 일어나는 것으로 나타났다(Table 2).

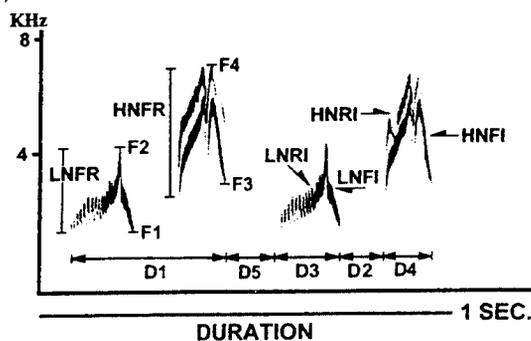


Fig. 2. Example of *Parus major* parameters.

Factor의 군집화

음절 요소의 군집화 정도를 알아보기 위하여 Complete Linkage Cluster Analysis를 실시하였다. 그 결과 HNFI, D2 그리고 D3 등의 factor에서 군집화 경향을 나타내었는데, HNFI는 site 4와 site 5인 영덕군지역의 박새에서 하나의 같은 군집으로 나타났고, D2에서는 site 16인 영양군지역에서만 아주 독립적인 group(distance=0.34)으로 나타났다. D3에서는 site 10인 울진지역에서만 독립적인 group을 형성하였다.

지역간의 변이정도

태백산맥을 경계로한 지역간의 차이를 알아보기 위하여 Discriminant Analysis를 실시하여 각 요인에 대하여 Function 1과 Function 2의 표준화 판별함수계수(standardized canonical discriminant function coefficients)를 산출한 후 plot을 작성하였다(Fig. 3).

Table 3. Canonical Discriminant Analysis test Multivariate Statistics and F approximations in Eastern and Western areas

*** p<0.001

Statistic	Value	F	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.29317544	1.5136	117	992	0.0007***
Pillai's Trace	1.10097475	1.4903	117	1251	0.0009***
Hottelling L. Trace	1.37798590	1.5219	117	1163	0.0006***
Roy's Greatest Root	0.43042298	4.6022	117	139	0.0001***

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

Table 3에서 Wilks' Lambda, Pillai's Trace, Hotelling-Lawley Trace, Roy's Greatest Root method 모두에서 고도의 유의 차를 나타내었다. 태백산맥을 경계로 동쪽지역과 서쪽지역은 영덕군과 청송군, 삼척시와 태백시를 중심으로 해서 지리적인 변이를 나타냈다.

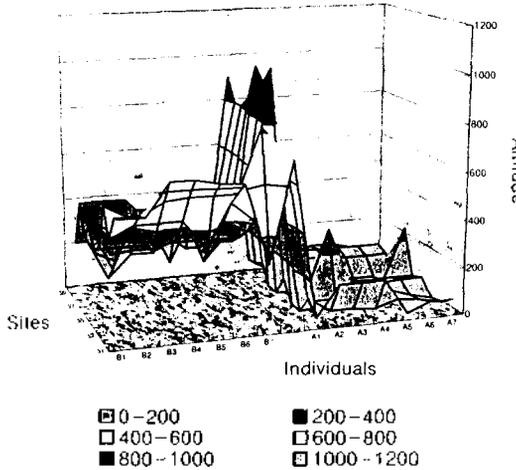


Fig. 3. The topographical chart of sampled areas.

고찰

조류의 소리는 예전부터 많은 학자들이 연구를 해 왔으나 아직 완전한 해석은 되지 않고 있는데, 이러한 소리는 환경적인 영향과 어미로부터의 학습에 의해 변이의 가능성을 항상 내재하고 있기 때문일 것이다.

Mundinger에 의하면 조류의 소리는 지리적인 변이(Mundinger, dialect)가 발생한다고 정의하였는데, 이러한 방언은 다른 소리를 내는 이웃한 군집과 영역을 가르고, 구분지을 수 있기 때문에 중요한 의미를 지니고 있다.

태백산맥을 경계로 한 동·서간 지리적 변이를 알아보기 위하여 먼저 지역간 음절의 시간과 주파수 요인의 비교하였고, 박새 소리의 요인에 따른 차이를 알아보기 위하여 각 요인별 Factor Analysis를 실시하였다. 음절의 vibration, duration 그리고 frequency에 있어서 factor간 상관관계와 factor들의 영향을 알아보았는데, HNRI와 HNF의 상관관계가 0.85로 가장 높게 나타났고, Community Estimates의 cumulative값이 HNRI에서 98%로 높게 나타났고 Duration에 있어서는 D1과 D4가 0.59로 가장 높게 나타났고, Community

Estimates의 cumulative가 high note duration에서 98%로 아주 높게 나타났고, 그리고, frequency에 있어서 상관관계를 보면 F2와 F2-1에서 0.85, F3와 F4-3가 0.77로 높게 나타났고, Community Estimates cumulative가 F2-1에서 90%로 높게 나타나는 것을 볼 수 있었다. Final Community Estimates에서 음절의 vibration의 변이 요인으로는 HNRI와 HNF로 나타났고, 음절의 duration의 변이 요인으로는 D1, D3 그리고 D4에 D3(low note duration)에 변화에 기인하였고, 음절의 frequency의 변이 요인으로는 F2-1과 F4-3의 변화에 의해서 변이가 일어나는 것으로 나타났다. 이것으로 보아 태백산맥을 경계로해서 각 factor에 따라 지역적인 특징이 아주 두드러지게 나타나는 것을 알 수 있었다.

Factor의 군집화 정도를 알아보기 위하여 Complete Linkage Cluster Analysis를 실시한 결과 HNF1, D2 그리고 D3 등의 factor에서 군집화 경향을 나타내었는데, HNRI는 site 4와 site 5인 영덕군지역의 박새에서 하나의 같은 군집으로 나타났고, D2에서는 site 16인 영양군지역에서만 아주 독립적인 group(distance=0.34)으로 나타났다. D3에서는 site 10인 울진지역에서만 독립적인 group을 형성하였다. 이 또한 박새의 서식 환경에 따른 지역적인 환경차이에서 오는 변이의 가능성이 내재되어 있다고 생각된다. Discriminant Analysis를 실시하여 지역간의 차이를 알았는데, 각 요인에 대하여 Function 1과 Function 2의 standardized canonical discriminant function coefficients를 산출한 결과 Wilks' Lambda, Pillai's Trace, Hotelling-Lawley Trace, Roy's Greatest Root method 모두에서 고도의 유의 차를 나타내었다. 태백산맥을 경계로 동쪽지역과 서쪽지역은 영덕군과 청송군, 삼척시와 태백시를 중심으로 해서 지리적인 변이가 나타난다고 할 수 있다.

참고문헌

- Armstrong, E. A. 1973. A study of bird song. New York: Dover.
- Baker, M. C., J. F. Boylan and C. A. Goutart. 1991. Effects of gargle vocalizations on behavior of Black-capped chickadees. Condor 93:62-70.

- Baker, M. C. and M. A. Cunningham. 1985. The biology of bird-song dialects. *Behav. Brain Sci.* 8:88-133.
- Baker, P. H. 1982. The coding of species-specific characteristics in birds sounds. in *Acoustic communication in birds*. In D. E. Kroodsma and E. H. Miller(eds.). Academic Press inc., New York Vol. 1. pp.213-252.
- Ficken, M. S. 1981. What is the song of the Black-capped Chickadee?. *Condor* 83:384-386.
- Ficken, O. C. and L. R. Mewaldt. 1978. Song dialects as barriers to dispersal in White-crowned Sparrows. *Evolution* 32:712-722.
- Halman, J. P. 1989. The organization of major vocalizations in the Paridae. *Wilson Bull.* 101:305-343.
- Hultsch, L. F. and M. C. Todt. 1981. Imitations of White-crowned Sparrow songs by a Song Sparrow. *Condor* 90:486-489.
- Kim, S. W., J. H. Shin and S. Y. Yang. 1986. Taxonomic study on the subspecies of two Passerine birds in Korea. *Bull. Inst. Basic Sci. Inha Univ* 7:123-131.
- Kroodsma, D. E. 1978. Aspects of learning in the ontogeny of bird song: where, from whom, when, how many, which and how accurately?. In G. Burghardt and M. Bekoff(eds.). *Development of behavior*. Garland, New York. pp.215-230.
- Marler, P. and P. Mundinger. 1971. Vocal learning in birds. In H. Moltz(ed.), *Ontogeny of vertebrate behavior*. Academic Press, New York. pp.389-450.
- Mundinger, P. C. 1982. Microgeographic and macrogeographic variation in acquired vocalizations of birds. In D. E. Kroodsma and E. H. Miller(eds.). *Acoustic communication in birds*. New York, Academic Press. Vol. 2. pp.147-208.
- Nottebohm, F. 1972. Song dialects and mate selection in montane White crowned Sparrows. *Auk* 99:537-547.
- Rothstein, S. I., R. C. Fleischer. 1987. Vocal dialects and their possible relation to honest status signalling in the Brown-headed cowbird. *Condor* 89:1-23.
- Slater, P. J. B. 1983. Chaffinch Imitates Canary song Elements and Aspects of Organization. *Auk* 100:493-495.
- Wasserman, M. C. 1979. Effects of gargle vocalizations on behavior of Black-capped chickadees. *Condor* 93:62-70.
- Won, P. O. and M. E. Gore. 1971. The birds of Korea. Vol. 25. *Avifauna*. pp.954-1027.
- 원병오. 1981. 한국 동식물 도감(조류생태) Vol. 25. 문교부. pp.413-423.