

노랑턱멧새(*Emberiza elegans*)의 테마송과 변이

이 원 호 · 권 기 정*

동아대학교 대학원 생물학과

Song Themes and Variation of Yellow-throated Bunting (*Emberiza elegans*)

Lee, Won-Ho and Ki-Chung Kwon*

Department of Biology, Graduate School, Dong-A University, Pusan, Korea

ABSTRACT: To study song themes and variation of Yellow-throated Bunting, we obtained and analyzed recordings from 45 males breeding in 16 deciduous forests of 6 provinces. We classified the 3,245 songs into a total of 164 song themes and 1,024 song variants according to the identification on the base of difference (lexicon) in 640 syllable compositions. Males had one to six song themes and averaged 3.5 themes. No males shared an identical song theme. Males had 5~14 syllables (ave. 9.4) in one song theme and males increased effectively their repertoire size by changing syllable composition (i.e. adding, deleting, or substituting one or more syllables) in a single song theme. The number of variants averaged 5.1 (range 1 to 31) per song theme. Individual variability was highest in the terminal elements of the song. In PCA, the 16 populations are clearly separated on Co. I based on shared syllable and on Co. II based on unique syllable. Similarity of songs based on shared syllables by distance coefficients, showed a pattern of concordance with geography. Pairwise similarity declined with increasing distance among recording sites. 16 different geographical regions by the syllable were divided in UPGMA tree.

Key words: Repertoire size, Song theme, Song variant, Syllable

서 론

White-crowned sparrow와 같은 몇몇 새는 단 하나, 혹은 단순하고 양면성을 가진 노랫소리를 단조롭게 되풀이 한다. 그러나 다른 새들 예로 들면 북미의 Mockingbird, 호주의 Lyrebird, 유럽의 Nightingale 등 극단적인 예에 속하는 새는 명연주자가 행하는 것과 같은 노랫소리를 부르며, 그 노랫소리에는 가장 세밀한 오페라 아리아를 만드는 변이(variety)가 포함되어 있다. 대부분의 새는 레퍼토리가 대단히 적은 노랫소리 형태(song type)로부터 수백 개의 노랫소리를 가진 이들 양극단의 사이에 놓여져 있다(Catchpole and Slater 2003).

북미산 명금류 중에는 멧새과에 속하는 Swamp Sparrow (Maller and Pickert 1984), Song Sparrow (Podos et al. 1992), Lincoln's Sparrow (Cicero and Benowitz-Fredericks 2000) 가 있다. 이들 중에 속한 개체는 테마송(song theme), 노랫소리의 변이 주형(pattern of song variation)이 서로 간에 다르게 나타나며, 단 하나의 음절(single syllable song) 혹은 다 음절(multi-syllable song)로 구성되어 반복되는 노랫소리 합성물이 서로 간에 다르게 나타나고, 레퍼토리 크기(repertoire size)가 매우 다양하게 나타난다.

그러므로 이들 조류는 노랫소리의 변이와 발달에 관한 연구의 표본이 된다.

한국에서도 테마송의 레퍼토리 크기가 다양하게 나타나고, 변이 수가 많아 노랫소리의 변이와 발달을 연구하는데 표본이 되는 명금류 중 대표적인 새는 흰배지빠귀(이와 권 2000)이다. 흰배지빠귀는 봄과 여름에 한국을 통과하는 나그네새로 중부 지방 이남에서는 드물지 않게 번식하는 여름새이다. 이 종과는 반대로 노랑턱멧새의 노랫소리는 추가적인 음향학적인 분석 비교 즉 방언에 대한 음성적 차이에 대한 비교적 전망을 마련해 줄 수 있다. 노랑턱멧새는 텃새로서 관목 소림에 영소하며(원 1987), 번식기간 중에는 격렬한 노랫소리로 세력권을 강하게 지키는 새이다. 보통 2~5개의 세력권 내 나뭇가지를 헛대로 이용하여 한 곳에 머물러 7~15분 정도를 강하게 노래한다. 그러므로 노랑턱멧새는 흰배지빠귀와는 달리 지역간의 방언을 연구하는데 가장 표본이 되는 새라고 할 수가 있다.

본 연구는 노랑턱멧새 수컷의 테마송과 레퍼토리 크기, 노랫소리의 변이의 구성을 분석하고 지리적인 변이를 규명하기 위해서 ① 개체 내에서의 변이 ② 동일 지역에서 개체간의 변이 ③ 다른 지역의 개체간의 변이를 분석하였다.

이 논문은 2004학년도 동아대학교 학술연구비(공모과제) 지원에 의하여 연구되었음

* Corresponding author; Phone: +82-51-200-7263, e-mail: kckwon@dau.ac.kr

조사 지역 및 분석 방법

녹음

노랑턱멧새 수컷의 노랫소리는 경상남도[이기대(부산시 용호동), 가덕도(부산시 천가동), 승학산(부산시 하단동), 황령산(부산시 광안동), 구덕산(부산시 서대신동)], 전라남도[담양(담양군 수북면 오정리), 성암(담양군 수북면 대방리)], 전라북도[내장산(정읍시 내장동), 정읍(정읍시 북면 태곡리)], 강원도[계방산(홍천군 내면 창촌리), 속초(속초시 청대동), 원주(원주시 태장동)], 충청북도[대청호(청원군 문의면 덕유리), 보은(보은군 산외면 문암리), 속리산(괴산군 칠성면 쌍곡리)], 경상북도[상주(상주시 모동면 오도리)]에서 녹음하였다.

녹음 시기는 1999년에서 2004년까지 노랑턱멧새의 수컷들이 세력권을 설정하고 노래를 하는 번식시기였다. 가장 활발하게 노래하는 수컷을 선택해서 에너지 면에서 더 효과적인 -예를 들면 단위 시간당 더 많은 노랫소리를 하는 새벽(해뜨는 시기)과 저녁(해지는 시기)- 시간대에 녹음을 하였으며, 수컷 개체들이 지속적으로 소리를 내는 노랫소리의 크기를 원형 그대로 얻기 위하여 동일한 수컷의 노랫소리를 가능한 많이 녹음하였다.

녹음기는 UHER 6000 Report Universal, PMD 222 Cassette Recorder Bird version을 사용하였고, 마이크는 음의 찌그러짐을 방지하기 위해서 PSC(MP12) 증폭기가 부착된 Sennheiser MKH 815와 Sennheiser NEUTRIK를 사용하였고, 경우에 따라서는 Parabola(Telinga PRO III)를 부착하여 사용하기도 하였다.

노랑턱멧새는 번식시기 중 세력권을 강하게 형성하고, 눈에 잘 띄는 나무 가지를 쫓대로 삼아 강하게 노래 부른다. 그러므로 활엽수림지대에서도 개체 식별은 쉽게 이루어졌다. 녹음시간은 개체에 따라 차이가 있으나 필요시에는 Playback도 병행하여 평균 20분 정도 녹음하였고 개체별 노랫소리의 녹음 수는 36개에서 141개까지 다양하였다.

분석

녹음한 노랫소리는 CSL 4300B(Kay 1993), Multispeech 3700(Kay 1996a), Signal Enhancement Noise Program 4342(Kay 1996b)와 Real Time Spectrogram 5129(Kay 1999)를 이용하여 분석하였다.

고유한 음절(unique syllable)의 구성과 순서에 의해 테마송을 쉽게 구분하기 위해서 실시간 음성분석기(RTS)를 사용했으며, 불가항력으로 녹음된 잡음을 제거하기 위해 잡음제거 프로그램(SENP)을 사용하였다. 수컷은 특별한 테마송을 계속하여 부르는 동안 하나 혹은 둘 이상의 음절을 자주 변경하기 때문에 모든 테마송의 변이를 기록하였다. 테마송은 일차로 수컷 개체의 레퍼토리 크기를 결정하기 위해 분류되었고, 연이어 음절의 공유(shared syllable)정도를 평가하기 위해 모든 개체를 교차하여 비교하였다.

노랑턱멧새의 노랫소리는 복잡성과 변이성이 대단히 크기 때문에 지리적인 형태를 노랫소리 전체를 가지고 비교하는 것은 불가능하였다. 그러므로 본 연구는 지리적인 분석의 주된

단위를 음절을 사용하여 지리적 위치를 분석하였다. 음절은 “주로 인지되는 노랫소리의 기본 요소로 한 개 혹은 몇 개의 note로 구성된다.”로 정의된다(Irwin 1988).

모든 노랫소리와 변이에 sonogram을 사용하면서 기록된 전체의 표본에서 발견되는 유일한 음절에 대응문자(lexicon)를 붙여 분석하였다. 이러한 분석은 Cicero and Benowitz-Fredericks (2000)가 Lincoln's Sparrow의 분석에, 이 및 권(2000)이 흰배지빠귀에 사용한 것과 같다. 각 음절에서 ① 음절의 형태와 구성 ② 노랫소리에서 음절의 상대적 위치 ③ 지리적 위치를 기록하였다. 각각의 지역에서 발견되는 음절의 전체 레퍼토리를 사용하여 지역 간의 유사성을 밝히기 위하여 노랫소리의 레퍼토리에서 나타나는 음절의 유·무(Sneath and Sokal 1973)에 기초를 두고 동일 지역과 타 지역에 서식하는 모든 수컷 개체에서 양방향 유사성을 검증하였다. 또한 여기에 추가하여 유사도 지수에 기준을 두고 UPGMA분석과 PCA분석을 하였다. 모든 통계 처리는 SPSSWIN 9.0(SPSS 1999)을 사용하였다.

결 과

테마송과 레퍼토리 크기

45개체의 노랑턱멧새에서 총 3,245개의 노랫소리를 녹음하여 164개의 테마송으로 분류하였다(Table 1). 테마송은 음절의 조합이 다르게 구성되어 있으며(Fig. 1), 음절의 형태와 배열순서가 동일한 테마송을 가진 수컷은 하나도 없었다. 수컷은 적게는 하나의 테마송(성암 No. 45)에서 많게는 여섯 개의 테마송(승학산 No. 3, No. 6, No. 8, 계방산 No. 22, 보은 No. 32)을 불렀으며, 개체 당 테마송의 평균은 3.5개로 나타났다.

노랑턱멧새 수컷은 ①하나의 테마송을 반복하여 노래한 후 다른 테마송으로 바꾸어 반복하여 노래하는 경우, ②하나의 테마송을 한번만 노래하고 즉시 새로운 테마송으로 바꾸는 방법을 사용하여 효과적으로 레퍼토리 크기를 증가시켰다. 예를 들면, 첫 번째 경우 승학산의 No. 5 수컷 개체는 하나의 테마송을 36번을 반복한 후 다른 테마송으로 바꾸어 다시 노래하였다. 경상남도의 승학산 No. 7 개체와 No. 10 개체, 대청호 No. 27 개체, 성암 No. 45 개체는 하나의 테마송을 한 번만 부르고 즉시 새로운 테마송으로 바꾸어 노래하였다. 수컷 개체는 평균적으로는 하나의 테마송을 4.3번 반복하여 노래한 후 새로운 테마송으로 바꾸어 노래하는 것으로 나타났다.

레퍼토리 크기는 수컷 개체 당 녹음된 노랫소리 총수와 연관성(pearson $r=0.53$, $p<0.01$)이 있다. 예를 들면 경상남도 개체군의 승학산 No. 8 개체는 141개의 노랫소리를 불렀으나 6개 테마송으로 분류되었고, 전라남도 개체군의 성암 No. 45 개체에서 67개 노랫소리를 불렀으나 1개의 테마송으로 분류되었다.

노랑턱멧새의 한 테마송을 구성하고 있는 음절수는 개체 당 5~14개(평균 9.4개) 이고, 대응 문자를 부여한 음절은 640개였다. 그리고 테마송간에 공유하는 음절이 513개, 한 테마송에 만 고유하게 나타난 음절이 127개였다.

Table 1. Sample sizes of Yellow-throated Bunting song recording, and number of song themes and song variants found at each site

Region and study site	No. Males recorded	No. Songs recorded	No. Song theme	No. Song variant
Gyeongnam Prov.				
Gaduk Island	3	253	13	80
Mt. Gudeuk	3	184	9	92
Yigidae	2	156	9	75
Mt. Hwangyeong	2	116	6	51
Mt. Seunghak	10	832	46	198
Jeonbuk Prov.				
Chongup	2	96	7	39
Mt. Naejang	3	197	8	66
Jeonnam Prov.				
Tamyang	2	98	5	41
Sungam	3	188	7	62
Gangwon Prov.				
Mt. Gyebang	3	322	17	103
Sokcho	2	124	6	33
Wonju	3	200	7	41
Chungbuk Prov.				
Daechung lake	2	152	6	47
Boun	2	146	9	48
Mt. Sokri	2	109	6	31
Gyeongbuk Prov.				
Sangju	1	73	3	17
Total	45	3,245	164	1,024

테마송을 구성하고 있는 음절수는 개체 당 녹음된 총 수와는 연관성이 없었다(pearson $r=0.22$, $p>0.05$). 예를 들면, 승학산의 No. 8 개체가 부른 141 개 노랫소리는 5~11개 음절(평균 9.8)을 가지고 있었으며, 전라남도 No. 42 개체가 부른 36개 노랫소리는 7~11개의 음절(평균 9.5)을 가지고 있었다.

개체 변이성

노랑턱멧새 수컷은 자신의 노랫소리의 기준이 되는 테마송을 구성하는 음절을 연속하여 되풀이 하거나 혹은 첨가, 삭제, 대체 등의 방법을 사용하여 노랫소리 변이를 만들어 효과적으로 레퍼터리의 크기를 증가시켰다(Fig. 2).

승학산에서 녹음한 No. 2 개체의 테마 송 D 형태를 예를 들면, 기준이 되는 테마송을 만들고 있는 12개의 음절에서 순서

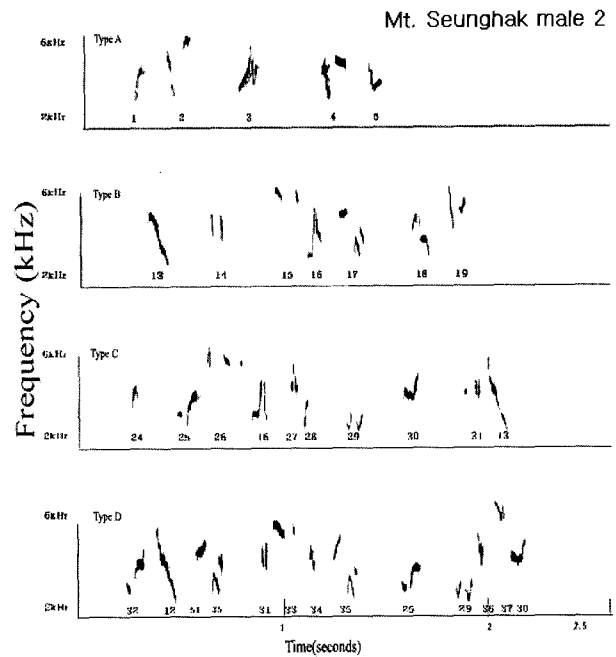


Fig. 1. Sonograms of four song themes from one male Yellow-throated Bunting (No.2). Different type were comprised of 17 unique and 7 shared syllables, which are numbered as lexicon.

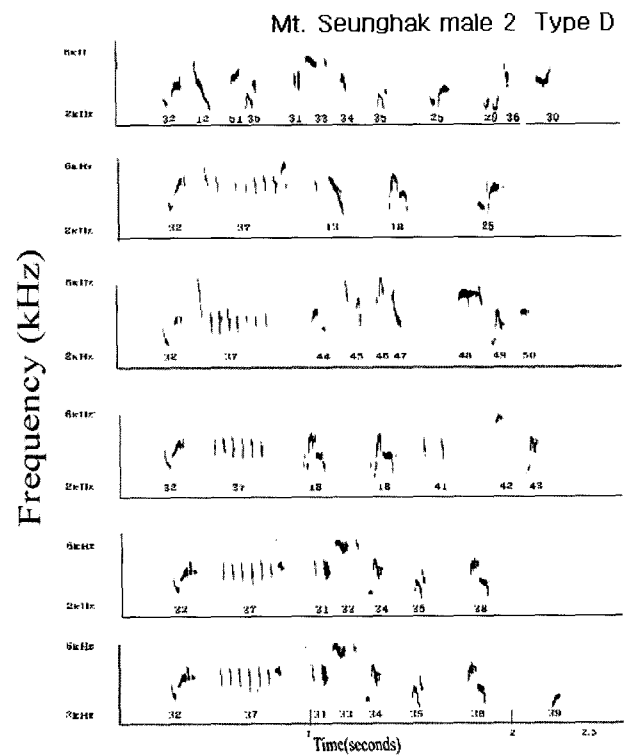
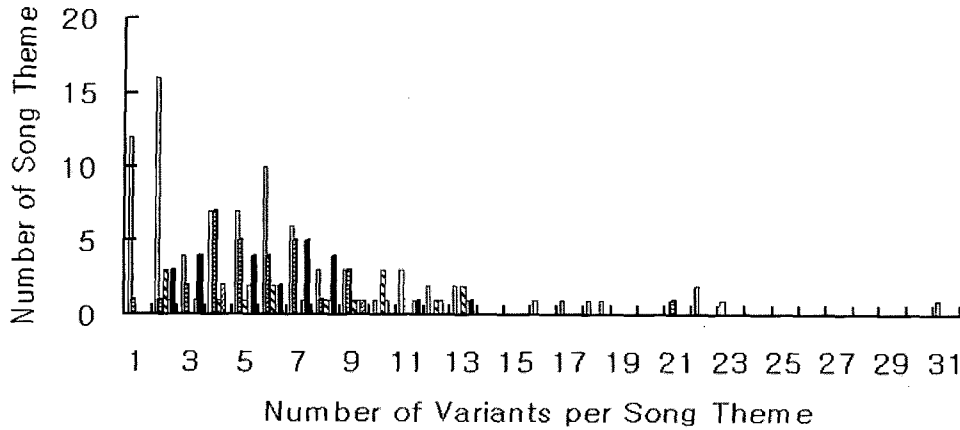


Fig. 2. Sonograms showing six variants of one song theme recorded. Different syllables are numbered sequentially to illustrate patterns of syllable substitution and deletion or addition..



▣ Gyeongnam Prov. ▤ Gyeongbuk Prov. ▥ Gangwon Prov. ▦ Jeonbuk Prov. ▧ Jeonnam Prov. ▨ Chungbuk Prov.

Fig. 3. Relative frequency distribution of the number of variants per song in five geographic regions.

와 구성이 첨가, 삭제, 대체되어 나타난 5개의 변이를 볼 수가 있다. 각각의 변이에서 18개 음절은 하나의 변이에만 나타나는 유일한 것이고, 8개 음절은 변이 간에 공유하는 것이다. 예를 들면 37번으로 표시된 전동음(trill) 부분은 변이 간에 공유하고 있음을 나타내고 있다.

노랫소리 변이의 총 수는 1,024개였고 이것은 테마송의 6.4 배에 해당하는 것이다(Table 1). 수컷이 갖는 한 개의 테마송의 변이는 그 범위가 상당히 넓어 적게는 1개(승학산 No. 3, No. 4, No. 5, No. 6, No. 9, 가덕도 No. 12, No. 13, 이기대 No. 18, 계방산 No. 21)에서 많게는 31개(승학산 No. 9)의 노랫소리 변이를 가지고 있었다(Fig. 3). 수컷은 하나의 테마송에 평균 5.1개의 변이를 가지고 노래하였다. 평균적으로 한 테마송 당 변이의 수가 가장 많은 곳은 전라남도 성암 개체군(평균 10.3)이고, 가장 적은 개체군은 승학산 개체군(평균 4.3)이다. 이것은 성암의 수컷 개체군 사이에서는 경쟁이 많은 것을 의미하며, 승학산의 수컷 개체군 사이에서는 경쟁이 낮은 것을 의미한다.

노랫소리의 어떤 부분이 다른 부분보다 더 안정되어 있는가를 알아보기 위해서 노랫소리 레퍼토리를 3부분으로 구분하여 노랫소리의 상대적인 위치에서 발생하는 음절의 변화 빈도를 계산한 결과, 노랫소리의 중간부(30.6%)와 말단부에서(67.3%)의 변화가 나타났다(Fig. 4). 수컷은 변이를 이끌어 내기 위해서 노랫소리의 중간부에서는 음절을 대체하는 방법(43.0%)을 주로 사용하였고, 말단부에서는 대개 음절을 삭제하거나 첨가하는 방법(84.9%)으로 사용하였다. 이러한 변이의 방법은 모든 지역 개체군에서 유사하게 나타났다.

아주 드문 경우지만 노랑턱멧새 수컷 45개체 중에서 7개체(승학산 No. 3, No. 4, No. 6, No. 7, No. 9, No. 10, 속초 No. 25)에서 두 개의 테마송을 구성하고 있는 음절의 그룹이 결합된 혼성 노랫소리(hybrid song)가 22개가 나타났는데, 이것은 1,024개의 노랫소리 변이 중에서 2.1%를 차지한다.

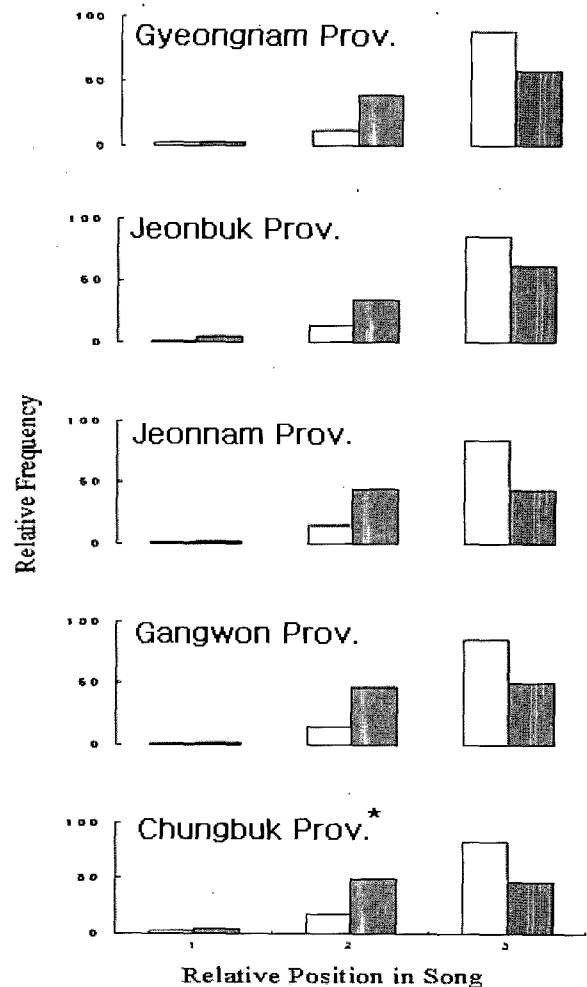


Fig. 4. Proportion of song themes, by geographic region, with different kinds of changes as a function of position in the song.

* included Sangju which located 2 province border.

지리적 변이

공유하는 음절과 유일하게 나타나는 음절의 지리적 변이 대한 중요성을 알아보기 위해 요인분석을 하였다(Fig. 5). 요인 I (58.3%)은 개체 간에 공유하는 음절에 관련성이 높으며, 요인 II (29.6%)는 하나의 테마송에 유일하게 나타나는 음절에 관련성이 높다.

640 음절 중에 공유하는 음절은 513개로써 동일한 음절을 공유하는 빈도는 개체군내에서 높았다. 경상남도 개체군이 48.5%로 공유하는 음절이 가장 많았고, 충청북도 개체군 31.2%, 전라남도 개체군 26.9%, 강원도 개체군 23.2%, 전라북도 개체군 20.5%, 경상북도 개체군 13%의 순으로 나타났다. 경상남도 개체군은 개체 간에 공유하는 음절이 가장 많아 요인 I에 양의 상관을 보였다.

하나의 테마송에만 유일하게 나타나는 음절은 127개로 나타났다며, 충청북도는 각 조사지 개체군이 가지는 syllable의 10.6%, 경상북도 개체군은 8.2%, 전라북도 개체군은 6.4%, 전라남도 개체군은 6.1%, 경상남도 개체군은 6.1%, 강원도 개체군은 5.2%로 나타났다. 충청북도 개체군은 한 개체의 테마송에만 나타나는 유일한 음절이 가장 많이 나타나 요인 II에 의해 양의 상관을 보였다.

동일한 지역에 사는 수컷의 노랫소리는 유사도지수가 모두 높게 나타났으며, 이것은 많은 음절이 지리적인 범위 내에서 공유되고 있다는 것을 나타낸다. 노랑턱멧새 개체군이 가지고

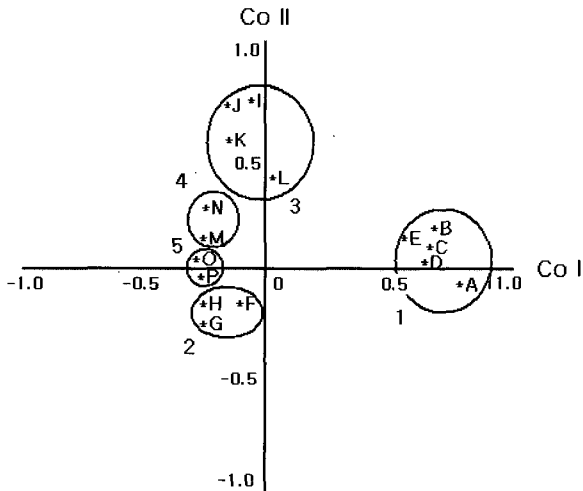


Fig. 5. PCA analysis based shared and unique syllables composition at different geographic region.

- 1-Gyeongnam Prov. (A-Mt. Seunghak, B-Gaduk Is., C-Mt. Gudeuk, D-Yigidae, E-Mt. Hwangyeong)
- 2-Gangwon Prov. (F-Mt. Gyeong, G-Sokcho, H-Wonju)
- 3-Chungbuk Prov. (I-Daechung lake, J-Boun, L-Mt. Sokri), Gyeongbuk Prov. (K-Sangju)
- 4-Jeonbuk Prov. (M-Chongup, N-Mt. Naejang)
- 5-Jeonnam Prov. (O-Damyang, P-Sungam)

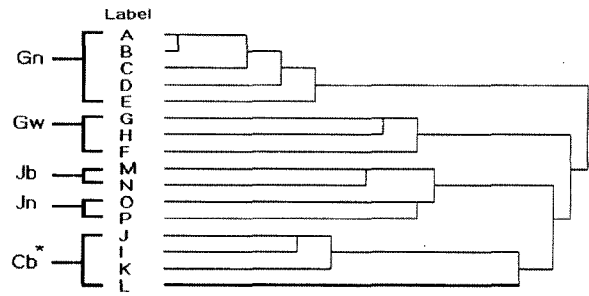


Fig. 6. UPGMA cluster diagrams illustrating the similarity of sites as determined by syllable composition of Yellow-throated Bunting.

Gn : Gyeongnam Prov. (A-Mt. Seunghak, B-Gaduk Is., C-Mt. Gudeuk, D-Yigidae E-Mt. Hwangyeong), Gw : Gangwon Prov. (F-Mt. Gyeong, G-Sokcho, H-Wonju), Jb : Jeonbuk Prov. (M-Chongup, N-Mt. Naejang), Jn : Jeonnam Prov. (O-Damyang, P-Sungam), Cb : Chungbuk Prov. (I-Daechung lake, J-Boun, L-Mt. Sokri), Gyeongbuk Prov. (K-Sangju)

* included Sangju which located 2 province border.

있는 공유하는 음절에 기초를 둔 UPGMA는 전라남도와 전라북도가 가장 먼저 무리를 형성하였고, 이어서 충청북도, 강원도의 순으로 융합되었다. 경상남도는 가장 높은 선(chord)에서 이들 군집과 융합이 되었다. 경상북도 상주의 개체군은 거리상으로 보은과 대청호와 가까우므로 충청북도의 특징을 보였다(Fig. 6).

Simple Matching Coefficient의 회귀직선은 개체군집 간의 지리적인 거리가 증가할수록 유사도가 떨어지는 부상관 (pearson $r=-0.84$)으로 나타났다.

고 찰

테마송과 레퍼토리 크기

노랑턱멧새는 단순하고 예리하며 주파수와 형태가 서로 틀린 하나 혹은 그 이상의 note로 구성된 음절로 구성된 노랫소리를 가지고 있으며, 연속성을 가지고 있다. 이와 마찬가지로 흰배지빠귀(이와 권 2000)는 주파수와 형태가 다르고, 시간이 노랑턱멧새 보다는 다소간 긴 독립적 음절이 모여서 하나의 노랫소리가 구성되어 있다. 이들 2종의 노랫소리와는 정반대로 북미산 Lincoln's sparrow(Cicero and Benowitz-Fredericks 2000)는 3개 이상의 많은 note로 구성된 음절의 배열이 서로 다른 주파수대에 나타나는 복잡한 노랫소리를 부른다. 그리고 노랫소리는 도입부, 중간부, 말단부로 분명히 구분이 되어 나타난다.

대부분의 종은 노랫소리를 다른 형태로 바꾸기 전에 약간의 변이를 가진 과거 형태를 반복하여 되풀이한다(Horn and Falls 1991). 노랑턱멧새도 위와 유사한 방법으로 효과적으로 레퍼토리 크기를 증가시켰으며, 평균 레퍼토리 크기는 3.5개였다. 노랑턱멧새는 한국과, 일본남부, 그리고 중국 동부에만 서식하는

중으로(Howard and Moore 1980) 아직까지 테마송이나 레퍼토리 크기에 관한 보고는 전 세계적으로 없어서 동일종에 대한 비교는 할 수 없다. 그러나 Cicero and Benowitz-Fredericks(2000)은 노랑턱멧새와 동일한 방법으로 레퍼토리 크기를 증가시키는 북미산 Lincoln's sparrow에서 레퍼토리 크기를 3.7개, 이와 권(2000)은 흰배지빠귀에서 9.2개를 보고하였다.

노랑턱멧새 테마송과 레퍼토리 크기에서 나타나는 개체간 및 지역간(경남-전남)의 다양성은 북미산 House finches의 예와 잘 부합한다. 예를 들면 New York의 House finches는 2.2개의 레퍼토리(Mundinger 1982)와 2~6 테마송을 가지고 있다. 그러나 California 남부의 동일 종의 개체군은 4.0개의 레퍼토리와 13~71 테마송을 가지고 있다(Bitterbaum and Baptista 1979). Baptista (1996)는 California에서 New York로 유입된 새의 레퍼토리 크기가 적은 것은 개체가 New York이라는 새로운 환경에 적응하여 널리 확산되었고, 그러므로 모방할 수 있는 모델이 되는 노랫소리가 적었고, 테마송을 배울 기회가 적었기 때문이라고 설명하였다.

노랑턱멧새 수컷 개체 당 녹음된 노랫소리의 총 수와 레퍼토리 크기는 연관성이 있었다(pearson $r=0.53$, $p<0.01$). 그러나 북미산 Lincoln's sparrow와 흰배지빠귀에서는 연관성이 없는 것으로 나타났다. 노랑턱멧새는 다른 개체와 동일한 테마송을 가지는 개체는 존재하지 않았으며, 북미산 Lincoln's sparrow와 흰배지빠귀에서도 동일한 결과가 나타났다. 대응문자를 부여한 음절의 수는 640개였으며, 북미산 Lincoln's sparrow(221개), 흰배지빠귀(362개)와 비교하여 음절의 수가 많았다.

노랑턱멧새와 Lincoln's sparrow, 흰배지빠귀 3종은 동일지역 개체군내 혹은 타지역 개체군 간에 음절을 공유하고 있었으며, 하나의 테마송에만 나타나는 유일한 음절을 가지고 있는 특징이 모두 동일하였다. 노랑턱멧새는 하나의 테마송에서만 존재하는 유일한 음절은 127개로, 북미산 Lincoln's sparrow는 95개, 흰배지빠귀에서는 87개 보다 많이 나타났다. 노랑턱멧새 하나의 테마송은 평균 9.4 음절로, 북미산 Lincoln's sparrow(평균 5.4), 흰배지빠귀(평균 5.1)보다는 높게 나타났다. 노랑턱멧새는 테마송의 음절수와 녹음된 노랫소리의 총수와 연관성($r=0.22$, $p>0.05$)이 없었다. 흰배지빠귀에서도 동일한 결과를 보고하였지만, 북미산 Lincoln's sparrow(pearson $r=0.44$, $p<0.01$)는 연관성이 있다고 보고되었다.

개체 변이성

노랑턱멧새 한 개체의 테마송이 갖는 노랫소리 변이의 수는 1~31개로 나타났으며, 북미산 Lincoln's sparrow에서는 1~12개, 흰배지빠귀에서는 1~52개로 개체마다 상당한 차이를 보였다.

테마송 당 변이의 수가 많은 것은 동일 지역에 서식하는 개체들끼리 경쟁이 많다는 것을 의미하며, 자신의 노랫소리를 효과적으로 만들기 위해서 기준이 되는 테마송을 구성하는 음절을 첨가·삭제·대체 등의 방법을 사용하여 노랫소리의 변이를 만들었다.

노랑턱멧새는 하나의 테마송에 평균 5.1개의 변이를 가지고 노래하였으며, 북미산 Lincoln's sparrow는 평균 2.5개, 흰배지빠귀는 평균 6.7개로 나타났다.

수컷 개체 당 녹음된 노랫소리의 총 수와 변이의 수는 연관성(pearson $r=0.46$, $p<0.01$)이 있다. 북미산 Lincoln's sparrow(pearson $r=0.49$, $p<0.01$)도 연관성이 있다.

아주 드문 경우지만 노랑턱멧새(22개)에서 혼성 노랫소리가 나타났으며, 북미산 Lincoln's sparrow와 흰배지빠귀(72개)도 혼성 노랫소리를 가지고 있었다.

노랑턱멧새의 노랫소리의 변이성은 말단부가 58.1~87.8%로 나타났으며, 북미산 Lincoln's sparrow(60.0~87.0%), 흰배지빠귀(42.0~85.6%)로 3종 모두 말단부의 변이가 매우 높게 나타났다. 이것은 노랫소리의 도입부가 갖는 상대적 안정성은 종을 인식하는데 중요한 기능을 하는 반면, 변이가 많은 말단부는 개체를 인식하는데 중요한 기능을 한다는 것을 직접적으로 나타내는 것이다.

노랑턱멧새 수컷은 변이를 이끌어 내기 위해서 노랫소리의 말단부에서는 대개 음절을 삭제하거나 첨가하는 방법을 사용하였고, 이와 대조적으로 노랫소리의 도입부와 중간부에서는 음절을 대체하는 방법으로 변이를 만들었다. 이러한 변이의 방법은 북미산 Lincoln's sparrow와 흰배지빠귀에서도 거의 유사하게 나타났다.

지리적 변이

동일한 지역에서 서식하는 노랑턱멧새 수컷의 노랫소리는 타 지역과 비교한 유사도 보다 높게 나타났다. 이것은 동일 지역 내에 서식하는 개체군의 노랫소리에서 많은 음절을 공유하고 있다는 것을 의미하며, 북미산 Lincoln's sparrow와 흰배지빠귀에서도 유사하게 나타났다.

노랑턱멧새는 지리적인 거리에 대한 Simple Matching Coefficient는 지리적인 거리가 증가할수록 부상관(pearson $r=-0.84$) 하였으며, 북미산 Lincoln's sparrow($r=-0.67$), 흰배지빠귀(pearson $r=-0.86$)도 같은 결과로 나타났다.

PCA 분석에서 요인 I 과 요인 II에 의해 노랑턱멧새 개체군이 분리되어 군집을 이루고 있다. 이것은 지리적인 변이가 개체간에 공유하는 음절, 한 개체의 테마송에만 유일하게 나타나는 음절의 수에 관련성이 높다는 것을 나타낸다.

지리적인 변이는 개체간에 공유하는 음절의 수 및 한 개체의 테마송에만 유일하게 나타나는 음절의 수(Cicero and Benowitz-Fredericks 2000) 또는 동일한 의미로서 저자에 의해 달리 표현되는 노랫소리의 구성 요소(song element) (Payne 1996, Kroodsma 1982), 노랫소리의 주형(song pattern) (Catchpole and Rowell 1993), 노랫소리의 전송 단위 형태(song meme) (Lynch 1996)를 이용하여 구하여야 한다.

노랑턱멧새 개체가 가지고 있는 공유하는 음절의 유사성에 기초를 둔 UPGMA는 태백산맥을 중심으로 한 강원도 개체군이 소백산맥을 따라 충청북도, 전라북도, 전라남도로 확산되는

것을 보여 주고 있으며, 경상남도 개체군은 이들 4 개체군과는 전혀 다른 개체군으로 나타났다. 이는 지리적으로 인접한 노랑턱멧새 개체군에서 행정구역상의 구분은 의미가 없기 때문이다. 이와 유사한 형태의 변이는 북미산 Lincoln's sparrow와 흰배지빠귀에서도 나타났다.

노랑턱멧새의 음절이 갖는 지리적인 변이의 형태는 북미산 Lincoln's sparrow, 흰배지빠귀와 마찬가지로 음성 학습에 대한 중요한 의미를 함축하고 있고 있으며, 노랑턱멧새는 텃새이기 때문에 이들 변이들을 방언(dialect)의 개념으로 적용할 수가 있다.

적 요

노랑턱멧새의 테마송과 변이를 연구하기 위해서, 6개 도에 산재한 16개 활엽수림지대에서 번식하는 45개체의 노랑턱멧새 수컷에서 3,245개의 노랫소리를 녹음하였다. 노랫소리를 구성하는 주된 요소이며 대용문자가 부여된 640개 음절의 조합을 분석하여 164 테마송, 1,024 변이로 분류하였다. 수컷 개체는 각각 1~6 테마송을 가졌고, 평균 3.5개 레퍼토리를 가지고 있었다. 수컷 개체 사이에서 노랫소리를 구성하는 음절의 순서와 배열이 완전히 동일한 테마송은 하나도 없었다. 수컷 개체의 노랫소리를 구성하고 있는 음절의 수는 5~14개(평균 9.4개)였다. 수컷은 하나의 테마송에 변이를 만들기 위해서 음절을 첨가, 삭제, 대체하여 레퍼토리 크기를 효과적으로 증가시켰다. 하나의 테마송이 갖는 변이의 수는 평균 5.1(1~31)개였고, 개체 변이성은 노랫소리의 말단부의 구성 요소에서 가장 높았다. PCA 분석에서 공유하는 음절에 기초를 둔 요인 I 과 고유한 음절에 기초를 둔 요인 II에 의해서 노랑턱멧새 16 개체군은 서로 다른 군집을 형성하였다. 공유한 음절의 수에 기초를 둔 유사성 측정은 지역과 일치하는 강한 형태를 나타냈다. 양방향 유사도를 분석한 결과 16 개체군은 UPGMA 군집 속으로 나누어졌으며, 지리적인 거리가 증가함에 따라 유사도는 감소하는 경향을 보였다.

인용문헌

원병오. 1987. 한국동식물도감, 제25권 동물편(조류생태). 문교부.
 이찬우, 권기정. 2000. 흰배지빠귀(*Turdus pallidus*)의 song theme과 변이. 한조지 7(1): 9-17.
 Baptista LF. 1996. Nature and its nurturing in Avian vocal development. In: Ecology and Evolution of acoustic communication in birds (Kroodsma DE, Miller EH eds). Cornell Univ. Press, Ithaca and London. pp 356-374.
 Bitterbaum E, Baptista LF. 1979. Geographical variation in songs of California House finches(*Carpodacus mexicanus*). Auk 96: 462-

474.
 Catchpole CK, Rowell A. 1993. Song sharing and local dialects in a population of the European Wren, *Troglodytes troglodytes*. Behaviour 125: 67-78.
 Catchpole CK, Slater PJB. 2003. Bird song, biological themes and variations. Cambridge Univ Press, Cambridge.
 Cicero C, Benowitz-Fredericks ZM. 2000. Song type and variation in insular populations of Lincoln's Sparrows(*Melospiza lincolni*), with comparisons to other species of *Melospiza*. Auk 117: 52-64.
 Horn AG, Falls JB. 1991. Song switching in mate attraction and territory defense by Western Meadowlarks(*Sturneua neglecta*). Ethology 87: 262-268.
 Howard RD, Moore A. 1980. A complete checklist of the birds of the world. Academic Press, London.
 Irwin RE 1988. The evolutionary importance of behavioral development: the ontogeny and phylogeny of bird song. Animal Behaviour 36: 814-824.
 Kay. 1993. CSL 4300B instruction manual, version 5.X. Kay Elemetrics Corp. Pine Brook, N.J.
 Kay. 1996a. Multi-speech model 3700 instruction manual. Kay Elemetrics Corp. Lincoln park, N.J.
 Kay. 1996b. Signal Enhancement in Noise Program for CSL Model 4342. Kay Elemetrics Corp. Lincoln park, N.J.
 Kay. 1999. Real-Time Spectrogram Model 5129. Kay Elemetrics Corp. Lincoln park, N.J.
 Kroodsma DE. 1982. Song repertoire: problems in their definition and use. In: Acoustic communication in birds, vol. 2 (Kroodsma DE, Miller EH, eds). Academic Press, New York, pp 1-23.
 Lyneh A. 1996. The population memetics of birdsong. In: Ecology and Evolution of acoustic communication in birds (Kroodsma DE, Miller EH, eds). Cornell Univ. Press, Ithaca and London, pp 181-197.
 Marler P, Pickert R. 1984. Species-universal microstructure in the learned song of the Swamp Sparrow(*Melospiza georgiana*). Animal Behaviour 32: 637-689.
 Mundinger PC. 1982. Microgeographic and macrogeographic variation in acquired vocalizations in birds. In: Acoustic communication in birds, vol. 2 (Kroodsma DE, Miller EH, eds). Academic Press, New York, pp 147-208.
 Payen RB. 1996. Song traditions in Indigo Bunting: Origin, Improvisation, Dispersal, and Extinction in cultural Evolution. In: Ecology and Evolution of acoustic communication in birds (Kroodsma DE, Miller EH, eds). Cornell Univ. Press, Ithaca, pp 198-220.
 Podos J, Peters S, Rudnický T, Marler P, Nowicki S. 1992. The organization of song repertoires in Song Sparrows : Themes and variation. Ecology 90: 89-106.
 Sneath PHA, Sokal RR. 1973. Numerical Taxonomy. Freeman, San Francisco, C.A.
 SPSS. 1999. Base 9.0 Application Guide. SPSS Inc, Chicago.
 (2006년 3월 2일 접수; 2006년 6월 19일 채택)