

인간(人間)의 모든 감각기관과 조류(鳥類)의 외청도(外聽道) 형태와 방향에 대한 비교학적 고찰

송 순 창
대한조류학회장

1. 생명 유지와 감각기관의 중요성

살아 있는 모든 생명체는 모든 감각기관에 의해 삶을 유지해가고 있다.

동물의 행동, 해부학, 생리학에 나타난 독자적인 적응형태의 연구를 통해 다다르는 익숙한 결론은 동물들은 제각기 자기가 사는 특정지역에 적합하게 진화해 왔으며 저마다 가까이서 관찰할 수 없는 개별적이고도 주관적인 영역에서 살고 있다는 점이다. 그들의 세계는 각자의 감각기관이 메시지를 취하는 형식으로 외부로부터 그 동물에 전달되는 정보로 구성되어 있다. 이는 '리스먼'의 물고기들의 전기탐지와 우리는 세계를 있는 그대로 알 수 없으며 단지 감각수용기관에 미치는 물리적 힘의 영향을 입을 뿐이다. 킬패트릭의 교류심리학의 탐구라는 두 인용문은 생명체마다 자기가 살고 있는 세계를 달리 지각함에 있어서 그 수용기관의 중요성을 지적하고 있으며 또한 이렇게 달리 지각된 세계의 차이는 간과될 수 없음을 강조하고 있다. 우선 사람을 이해하려면 그 감각수용체계의 특성 및 그 수용체가 받아들인 정보가 문화에 따라 어떻게 변용되는지를 알아야 한다. 인간의 감각기관은 대략 다음의 두 범주로 분류하고 있다.

*첫째로 원격수용체- 떨어져 있는 물체를 파악하는 기관, 즉 눈, 귀, 코.

*둘째로 근접수용체- 가까이 있는 세계를 파악하는 기관, 즉 접촉을 통하거나 피부, 점막, 근육을 통하여 받아들인 감각세계.

이보다 더 상세한 분류도 가능한데 예컨대 피부는 주요 접촉 기관이지만 또한 온도의 상승과 하락에 민감하고 방사열과 전도열도 감지한다. 그러므로 엄밀히 말하면 피부는 근접수용체이자 원격수

1) A Comparative study on the Shape and Direction of Human Sensory Organs and Birds' External Auditory System

2) SONG, Soon-Chang, Korea Association of the Wild Birds, E mail: sunchang39@hanmail.net

* 외청도(外聽道): 외이도(外耳道)보다는 넓은 의미로 귓귀에서 소리를 모으는 형태, 방향을 나타냄

용체인 셈이다.

일반적으로 감각수용기관의 진화 기간과 그것이 중추신경에 전달하는 정보의 양과 질 사이에는 연관성이 있다. 촉각기관 혹은 접촉체계는 생명 그 자체만큼이나 오래되었으며 사실 자극에 반응하는 능력은 생명의 기본조건 중 하나이다. 시각은 인간에게 가장 나중에 발달된 가장 정교한 감각이다.

인간의 조상이 지상을 떠나 나무 위로 올라간 이후 시각의 중요성은 커지기 시작했고 후각은 그 반대였다. 수상(樹上)생활에서는 입체적인 시각이 매우 중요하다. 그러한 시각이 결여되면 나무 가지와 가지를 건너다니는 일이 매우 위태로워진다.

II. 시각 공간과 청각 공간

눈을 통해 얻은 정보량을 귀를 통한 것과 비교하여 정확하게 계산해낸 적은 없었다. 그러한 계산에는 정보의 확산과정이 문제가 될 뿐만 아니라 과학자들이 무엇을 계산해야 하는지 어려운 문제점도 있기 때문이다. 그러나 일반적으로 이 두 기관의 상대적인 복잡성은 눈과 귀를 뇌의 중추부와 연결시키는 신경의 크기를 비교해봄으로써 파악될 수 있다고 생각한다. 시신경은 귀의 달팽이관 신경의 약 18배가 되는 뉴런(신경계의 단위)을 갖고 있으므로 적어도 그만큼 많은 정보를 전달하리라고 가정할 수 있다. 실제로 정상적인 시각상태의 눈은 정보를 쓸어 담는 기능이 귀의 1,000배에 달할 정도로 효과적이다.

III. 후각공간

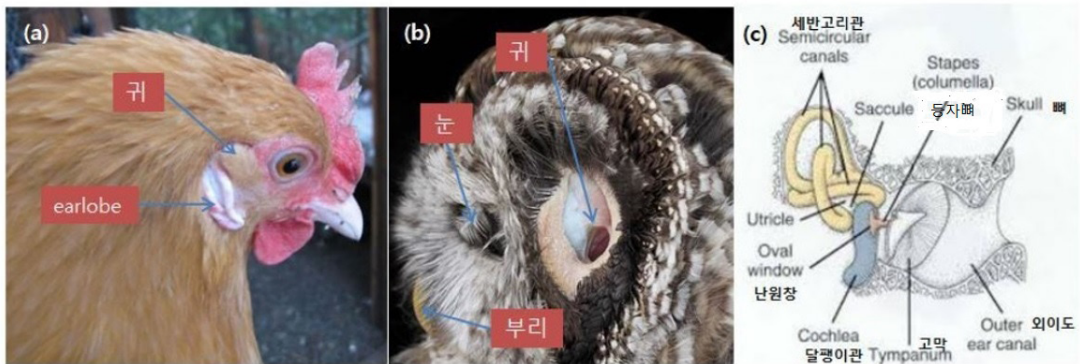
후각이란 냄새를 공기를 통하여 얻어지는 원초적 방법 중 하나이다. 그것은 무엇보다도 화학적 성질을 지니므로 화학적 감각이라고 지칭된다. 후각에는 다양한 기능이 있는데 개체를 구별할 뿐만 아니라 다른 생명체의 정서적 상태를 감지할 수 있다. 후각은 먹이를 찾아내고 낙오자가 자기 무리나 집단을 찾아 따라갈 수 있도록 도와주며 영토를 표시하는 수단이 되기도 한다. 냄새는 적의 존재를 드러내기도 하고 스컹크의 경우처럼 방어적으로 이용되기도 한다. 발정한 암개가 수마일 밖에 수캐를 유인하는 장면을 목격한 사람이라면 성적인 체취의 강력한 효력을 알 것이다. 다른 동물들도 이와 유사하게 잘 발달된 후각을 갖고 있다. 예컨대 비단나방이는 2, 3마일 밖에서도 짝을 찾아낼 수 있으며 바퀴벌레 또한 놀라운 냄새 감각을 갖고 있다. 바퀴벌레 암컷은 성(性) 유인 분자 30만개만으로도

수컷을 흥분시켜 날개를 치켜들고 교미하려 들게 만든다.

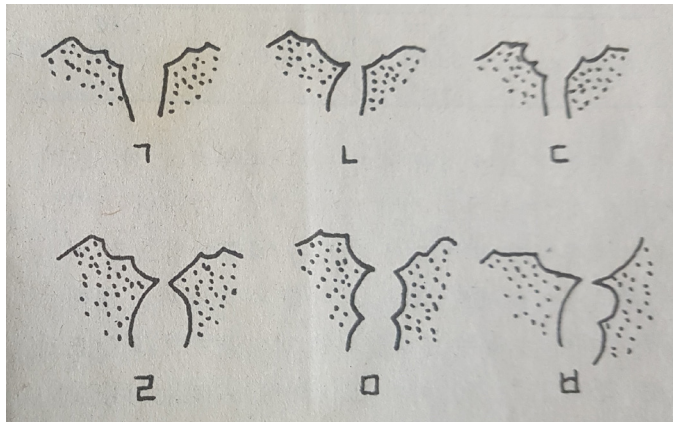
대체로 냄새는 바닷물과 같이 농도가 짙은 매체에서 강력한 힘을 발하며 농도가 옅은 매체에서는 그다지 효력이 없다. 연어가 수천 마일의 대양을 건너 자신들이 부화했던 강물로 돌아오는데 사용되는 수단도 냄새임이 분명하다. 하늘에서처럼 매체의 농도가 열어지면 후각은 시각에 그 역할을 양보하게 된다. 냄새의 주요 기능에는 다양한 유형의 커뮤니케이션이 있지만 일반적으로 신호나 메시지 시스템으로 생각되지 않는다. 그리고 후각(외분비기관)과 체내의 화학적조절체(내분비기관) 사이의 상관관계도 최근에야 알려지기 시작했다.

내분비 조절체에 관한 오랜 연구사에 기초하여 화학적 커뮤니케이션은 고도로 선택적인 반응을 유발하는데 가장 적합하다는 사실이 밝혀져 있다. 그러므로 화학적 메시지는 호르몬의 형태로 인접한 다른 세포에 영향을 주지 않으면서 미리 프로그램화되어 반응하도록 되어 있는 특정한 세포에만 작용한다.

스트레스에 반응하는 내분비선의 기능을 주목한 바 있다. 사실 고도로 발달된 신체의 화학적 메시지 시스템이 요구에 부응하여 하루 24시간 적절히 기능하지 않는다면 고등생물체는 생존할 수 없을 것이다. 이처럼 모든 생명체는 감각기관에 의해 생명을 이어가는 것으로 하늘을 나는 조류(鳥類) 또한 감각기관은 종류에 따라 청각과 시각 촉각에 의존하여 생명을 유지하는데 매우 중요한 구실을 하고 있음을 우리는 인지하고 있다. 조류의 외청도를 설명하기 전에 <그림1>의 (a)는 닭의 귀와 귀볼을 나타낸 것이고, (b)는 올빼미에서 털에 가려져 있는 귓귀 구멍을 볼 수 있다. (c)는 조류의 귀 구조를



<그림 1> (a) 닭의 귀, (b) 올빼미 귀, (c) 조류의 귀 구조
 닭에서 귓귀와 귓볼을 볼 수 있으며, 올빼미에서는 귓구멍이 털에 가려져 있다.
 조류의 외이도의 형태와 모양은 차이가 있으며, 조류의 달팽이관은 인간에 비해 길이가 짧은대모양이다.
 (출처 : <https://www.oocities.org>)



〈그림 2〉 조류에서 바깥귀길(外聽道)
 ㄱ: 넓어진 형, ㄴ: 좁아진 형, ㄷ: 원통형,
 ㄹ: 단지형, ㅁ: 단지형2, ㅂ: 단지형 2의 다른 유형

나타낸 것인데, 인간과 마찬가지로 외이도, 고막, 달팽이관, 세반고리관을 가지고 있다.

다만 조류에서는 달팽이관 모양이 막대형이며, 가운데귀인 등자뼈도 1개로 되어 있다. 조류의 가청주파수는 달팽이관의 주파수 분석 능력에 의해 결정되며, 조류의 가청 주파수 영역이 비교적 좁은 이유는 달팽이관의 길이가 짧은 것과 관련이 있을 것으로 추정된다. 또한 오늘은 평형청각기의 해부 형태학적 특성을 제약하는 비행방식과 비행속도 그리고 자연계에서 신호를 이용하는 방식과 정도의 차이를 나타내는 조류들로 선택한 북한의 과학원 통보를 인용하겠다.

외청도에 대한 해부조사는 4%의 포르말린에 하루 동안 고정된 재료를 가지고 하였으며 외청도의 형태는 해부조사결과를 종합하여 5가지 기본유형으로 구분한다(그림 2). 외청도의 방향성은 조류의 정중단면에 대하여 기울기의 각도로 결정하였다.

〈그림 2〉에서 본바와 같이 조류의 외청도는 보통 개구부에서 각이한 형태로 좁아졌다가 점차 넓어진 상태로 고막에 이르거나 다시 좁아졌다가 고막에 이른다. 외청도의 이러한 형태는 음향학적으로 복잡한 공진계를 이루게 되며 이와 같은 공진계의 형태학적 특징에 따라 그것을 통과할 때 음스펙트럼으로서의 소리는 각이한 정도로 가공된다.

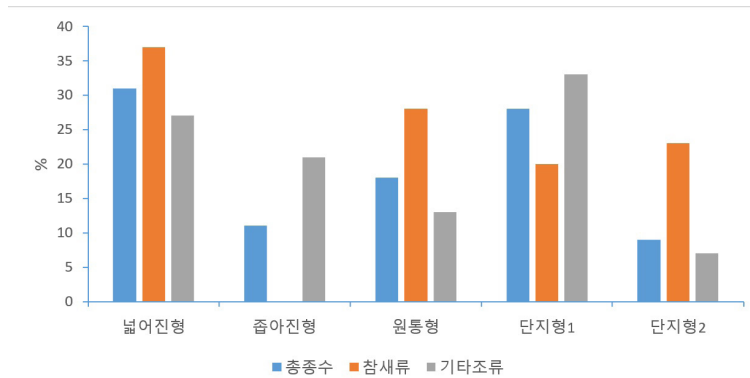
조사한 32종의 조류에서 외청도의 형태를 고찰한 결과는 〈표 1〉, 〈그림 3〉과 같다.

〈표 1〉과 〈그림 3〉에서 볼 수 있듯이 조사한 조류 가운데서 단지형과 넓어진형의 외청도를 가진 종들이 많고 원통형 및 좁아진형의 순서로 적어진다. 특히 단지형외청도를 가진 종들은 총종수의 약 38%로서 좁아진형의 3배에 달한다. 소형 산림성 조류에서 보면 좁아진 형의 외청도를 가진 종은 없

〈표 1〉 아래 조류의 외청도 형태

종 명	외청도 모양
01. 밀화부리	넓어진형
02. 붉은뺨멧새	단지 1형
03. 방울새	단지 1형
04. 솔갓새	넓어진형
05. 알락할미새	넓어진형
06. 물레새	단지 1형
07. 찌르레기	단지 1형
08. 쇠찌르레기	원통형
09. 종다리	넓어진형
10. 피꼬리	원통형
11. 휘파람새	단지 2형
12. 바다직박구리	넓어진형
13. 까마귀	원통형
14. 갈까마귀	원통형
15. 까치	단지 2형
16. 쇠딱따구리	넓어진형
17. 쇠뚝새	원통형
18. 칼새	원통형
19. 후투티	단지형
20. 왕새매	넓어진형
21. 조롱이	넓어진형
22. 멧비둘기	넓어진형
23. 큰뒷부리도요	좁어진형
24. 민물도요	넓어진형
25. 꼬마물떼새	단지2형
26. 솔부엉이	단지 1형
27. 뜰부기	단지 1형
28. 알락뜸부기	단지 1형
29. 꿩	단지 1형
30. 검은머리쇠갈매기	좁어진형
31. 텃오리(흰뺨검둥오리)	좁어진형
32. 물까마귀	좁어진형

고 기타 유형의 외청도를 가진 종들의 비율은 거의 일정하다. 나머지 조류에서는 역시 단지형 외청도를 가진 종들이 제일 많고 원통형 외청도를 가진 종수가 제일 적다. 원통형의 외청도를 제외한 모든 유형의 외청도에서 소리가 정리 또는 증폭된다고 볼 때 조사한 거의 모든 조류(91.26%)에서 외청도를 지나면서 소리는 각이하게 변화되어 고막에 이른다고 볼 수 있다. 그러나 해부조사결과에 의하면



〈그림 3〉 조류에서 바깥귀길(外聽道) 형태별 종수(%)
1: 총종수, 2: 참새류, 3: 기타 조류

〈표 2〉 몇가지 조류의 외청도 각도

종 명	외청도 각도
01. 참새	30°
02. 밀화부리	45°
03. 붉은뺨멧새	10°
04. 방울새	45°
05. 잣새(솔잣새)	45°
06. 알락할미새	30°
07. 물레새	45°
08. 찌르레기	45°
09. 쇠찌르레기	45°
10. 종다리	45°
11. 때까치	45°
12. 휘파람새	45°
13. 바다직바구리	50°
14. 까마귀	45°
15. 갈까마귀	23°
16. 까치	45°
17. 쇠딱다구리	60°
18. 쓱독새	130°
19. 칼새	110°
20. 물총새	45°
21. 후투디	45°
22. 왕새매	80°
23. 조롱이	70°
24. 양비둘기(낭비둘기)	30°
25. 멧비둘기	17°

이상적인 원통형의 외청공을 가진 종은 없다. 따라서 조사한 모든 조류에서 외청공을 지날 때 소리는 정도의 차이는 있으나 예외 없이 가공된다고 말할 수 있다.

단지형 2와 같은 외청도를 가진 휘파람새, 까치, 꼬마물떼새의 외청도에서는 소리가 가장 복잡하게 변화되게 되며 그 밖에 단지형 1과 같은 외청도를 가진 14종의 산림성조류들과 솔부엉이, 뜰부기, 알락뜸부기를 비롯한 18종의 다른 조류들의 외청도에서도 소리는 심하게 변화될 것이다.

조류에서 고막의 진동을 조정하는 고막긴장근은 일정한 정도의 소리 자극이 있을 때에만 기능을 수행하므로 외청도의 형태는 진화과정에 해당종의 구체적인 생태적 특성과 고막긴장근의 감수특성과의 상호관계 속에서 변화되었으리라는 것은 명백하다.

해부형태학적으로 볼 때 조류에서 소리강화의 최대효율은 머리 상면에 대하여 45도의 각도로 들어오는 소리는 개체의 음감수에 가장 좋은 조건으로 되며 그 반대의 경우에는 가장 불리한 조건으로 된다. 그러므로 외청도의 방향성을 고찰하는 것은 종 또는 집단의 소리감수특성을 예측할 수 있게 하는 중요한 조건으로 된다.

조사한 조류에서 외청도의 각도를 조사하고 종 또는 집단에 따라 그 결과를 비교·고찰한 결과는 <표 2>, <표 3>과 같다.

<표 2>에서 보면 참새류의 많은 종들에서 외청도의 방향이 45도라는 것을 쉽게 알 수 있다. 그러

<표 2> 계속

종 명	외청도 각도
26. 마도요	120°
27. 큰뿔부리도요	75°
28. 민물도요	56°
29. 꼬마물떼새	56°
30. 솔부엉이	45°
31. 알락뜸부기	80°
32. 꿩	60°
33. 검은머리쇠갈매기	50°
34. 검독수리	70°
35. 물까마귀	80°

<표 3> 몇가지 조류의 외청도 각도별 종비(%)

외청도각도	총 종수	산림성조류	기타조류
45도 <	16.66	25.00	9.52
45도	38.88	75.00	19.04
45도 >	44.46	0	71.43

나 그 밖의 다른 조류에서 외청도의 각도는 계통학적으로 가까운 종들 사이에서도 많은 차이를 나타낸다. 실례로 비둘기과에 속하는 비둘기와 낭비둘기(양비둘기)의 외청도 각도는 각각 17도, 30도이며 도요과에 속하는 마도요, 큰뒷부리도요, 민물도요의 외청도 각도는 각각 120도, 75도, 45도이다. 또한 생태적 집단에서도 외청도의 각도는 일반성을 나타내지 않는다. 실례로 갯벌이나 물가에서 주로 먹이활동을 하는 도요류, 두루미류, 왜가리류들은 적응적 결과로 다 같이 부리와 다리, 목이 길어졌으나 외청도의 각도에서는 이와 같은 보편성이 나타나지 않는다. 이것은 조류에서 외청도 각도가 음감수가 아닌 그 어떤 다른 생태적 특성과 관련되는 인자가 아니라는 것을 보여주는 결과라고 본다.

〈표 3〉에서 보는 바와 같이 조사한 조류 전체에서는 외청도의 각도가 45도 이상인 종들이 많은 몫을 차지하지만 소형 산림성 조류에서는 외청도의 각도가 45도인 종수비가 75.00%로서 가장 많은 비중을 차지할 뿐만 아니라 나머지 조류에서는 45도보다 큰 각도의 외청도를 가진 종들이 제일 많은 비율을 차지한다(71.43%). 이것은 소형 산림성조류(주로 참새류)들이 일반적으로 음감수기능이 높다는 것을 앞선 자료(2)와 일치되는 결과이다. 자료에 의하면 부엉이류를 제외한 맹금류들도 청각감수능력이 높다. 그러나 조사한 맹금류인 왕새매나 조롱이의 외청도 각도는 각각 80도, 70도로서 음감수효를에서는 45도 각도를 가진 종들보다 떨어진다. 이러한 결과는 일부 맹금류들의 먹이의 탐색과 공격에서 청각기보다 시각기관이 더 중요한 의미를 가진다고 본다. 실제적으로 자연계에서 많은 주간활동성 맹금류들이 높은 하늘에서 빠른 속도로 비행하면서 발달된 시각의 도움으로 작은 먹이대상들을 정확히 포착하고 공격한다는 것은 잘 알려진 사실이다.

IV. 멧는말

- 1) 조사한 조류의 외청도는 크게 5가지 유형으로 구분할 수 있다.
- 2) 조사한 조류 가운데서 외청도의 형태는 단지형 및 넓어진형이 많고 좁아진형은 적다.
- 3) 조사한 조류의 외청도 각도는 10~145도 사이에 있다.
- 4) 산림성 조류의 많은 종들에서 외청도의 각도는 45도이며 기타 조류들에 서는 외청도의 각도가 45도보다 큰 종들의 비율이 큰 몫을 차지한다.

참고 문헌

김철용. 오명석. 과학원 통보 2004. 2006.

송순창. 한반도조류도감 2005년 2. 28. 김영사.

송순창. 개정판 한반도조류도감 2017. 8. 15. 한길사.

Comparative Observation on Type and Diretion of Meatus Acusticus Externus of Several Birds.

George, C. Comparatlve Anatomy of the Vertebrates. Mcgraw-Hill. 419-429. 1996.

The meatus acusticus externus of investigated birds are greatly classified to five similar type: wide type, narrow type, cylinder type, and crok type(I, II).

The degree of angle of the meatus acusticus externus of investigated birds is from 10° to 145°.