

향악곡의 황종 음고 측정

Frequency Measurement of Hwang-Jong Tone in Korean Traditional Music

방 회 석*, 성 평 모*
(Hee-Suk Pang*, Koeng-Mo Sung*)

요 약

우리의 고유 음악인 향악은 그 조율체계는 물론, 기본음이라 할 수 있는 황종음의 음고도 정확히 밝혀지지 않은 상태이다. 이에 대금, 피리, 단소 등의 관악기를 중심으로 한 독주 향악곡의 황종 음고를 측정하였다. 측정 결과 황종 음고는 대략적으로 328Hz인 것으로 나타났는데, 이는 $E^b_3(311\text{Hz})$ 라고 알려져 있는 일반적인 이론과는 달리 $E_3(330\text{Hz})$ 에 가까운 값이었다.

ABSTRACT

In Korean traditional music, the frequency of Hwang-Jong tone is not known precisely, to say nothing of the temperament. So we measured the frequency of Hwang-Jong tone in solo pieces for the woodwind instruments such as daegum, piri and danso. According to the results of the measurement, the frequency of Hwang-Jong tone is about 328Hz, which is closer to the frequency of $E_3(330\text{Hz})$ than that of $E^b_3(311\text{Hz})$. This result is different from the existing theory that the frequency of Hwang-Jong tone is close to that of E^b_3 .

I. 서 론

우리의 고유 음악인 국악은 대략 고려 말에서 조선 초에 현재와 같은 형태로 정착되었고, 특히 고려시대에는 중국의 아악이 수입되면서 삼분손익법이 소개되었다. 국악의 12울인 황종(黃), 대려(大), 태주(太), 협종(夾), 고선(姑), 중려(仲), 유빈(裕), 임종(林), 이척(夷), 남려(南), 무역(無), 응종(應)의 음고를 정하는데 있어 삼분손익법이 기본적인 방법이기에는 하나[1], 오랜 세월을 독자적으로 발전해오며 따라 그 음고에 있어서 많은 변화가 있었음으로 추정된다. 황종의 음고는 $E^b_3(311\text{Hz})$ 에 가깝다는 것이 일반적인 이론이지만[1, 2] 아직 증명된 바가 없으며, 현재 표준 율관과 황종척 등도 남아있지 못해서 연주자와 국악 단체들마다 음고가 다르고 이는 합주시에 큰 장애가 되고 있다. 최근에는 연주자들이 화려한 음색을 선호하여 음고를 점점 높혀가고 있는 실정이며, 많은 연주자들이 음고가 높아지고 있음을 인식하고 있다. 따라서 본 논문에서는 국악 중에서 향악에 대해 황종 음고를 다양한 연주자에 대해 측정하고, 그 결과를 국악학자들의 표준황종음고 제정시에 자료로 활용할 수 있도록 한다.

II. 음고 측정 과정

양악과 구별되는 국악의 특징 중 하나는 장식음이 많다는 것인데, 이 장식음들은 다양한 음악적 효과를 위해 사용되지만 음고 측정을 위한 시료로는 적당하지가 않다. 이 장식음에는 추성이나 퇴성 외에도, 서양 음악의 비브라토와 같은 농현이 있다. 본 논문에서는 이와 같은 장식음을 측정 대상에서 제외하였고, 그림 1의 (a)나 (b)처럼 어느 정도 안정적인 음고를 가지는 음만을 측정 대상으로 하였다. 분석음이 안정적인 음고를 가지는지에 대한 판별은 약 0.5-0.6초 이상의 시간에 대해 그 음의 음고가 변하는지 아닌지로부터 이루어졌는데[3], 이 정도의 시간은 어떤 음악이 모테라토의 빠르기(M.M. $\downarrow = 92-104$)로 연주할 때 4분 음표가 갖는 시간 길이 정도를 의미한다.

그림 2의 전체적인 작업수행도에서는 시료를 입력하여 아날로그-디지털 변환을 한 후 그 음의 기본주파수음을 찾고, 그 결과 중에서 안정적인 음고를 가진다고 판별되는 것들에 대해서 통계처리를 하여 최종적으로 황종음의 음고를 출력하는 일련의 과정을 보이고 있다. 아날로그-디지털 변환시에 측정 1과 측정 2에서는 12 bit 양자화를, 측정 3에서는 16 bit 양자화를 하였고, 샘플링 주파수는 세 경우 모두 8kHz로 하였다. 일반적으로 음고를 측정하기 위해서 이용하는 방법은 여러 가지가 있는데, 이 중에서 STFT(Short-Time Fourier Transform)의 피크를 이용

*서울대학교 전기공학부
접수일자: 1997년 4월 1일

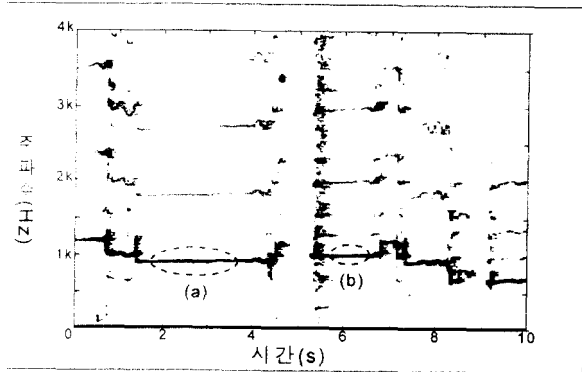


그림 1. 향악곡의 스펙트로그램(평조희상 세명산 초장 중).

하는 방법을 사용하였다. STFT는 해상도가 윈도우의 길이에 의해 정해지는데, 여기에서는 안정적인 음고를 가지는 음만을 측정대상으로 하였으므로 상대적으로 긴 윈도우를 사용하여 비교적 좋은 해상도를 가지게 할 수 있었다. 본 논문에서 사용한 윈도우는 Hamming 윈도우였으며, 그 시간 길이는 경우에 따라 다르지만 대체로 0.4초 이상이었다. 이에 의해 해상도는 모든 경우에 있어 2.5Hz 이하가 된다. 각 윈도우 사이의 시간간격은 짧을수록 좋으나 이 경우 계산량이 많아지므로, 0.1-0.2초 정도로 하였다. 마지막 부분인 통계 처리 부분에서는 각 연주자나 악기별로 평균 황종 음고를 출력하는데, 이때 평균을 구하는데 사용되는 데이터를 검색하여 악보에서 나타나지 않는 음이나 다른 음고 데이터에 비해 값이 많이 차이나는 값들은 제외하였다.

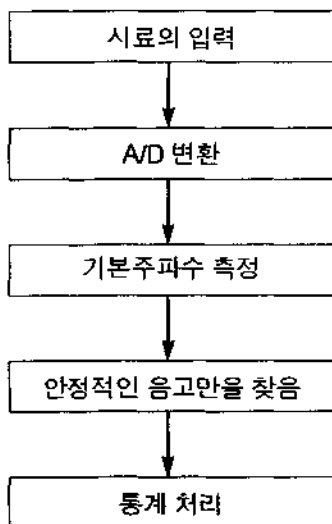


그림 2. 전체 작업 수행도.

III. 음고 측정 결과

본 논문에서는 독립적으로 3가지의 측정 작업을 시행하였다. 첫 번째의 시료는 다양한 연주자들의 악곡 연주이고, 두 번째는 특정 연주자의 다양한 악곡 연주, 세 번째는 다양한 연주자들의 음계 및 악곡 연주가였다. 일반적으로 관현악의 합주시에 음고는 대금에 맞추므로, 측정 대상 악기는 관악기로 하였다.

3.1 측정 1[4]

측정 1의 시료는 국립국악원에서 보유하고 있는 각종 음향 자료 중 릴테이프에 녹음되어 있는 것들이다. 이는 국립국악원 연주장에서 녹음된 현장 공연물이 대부분인데, 이들 곡 중 향악 제통의 곡 중에서도 독주나 이중주곡에 한하여 측정을 하였다. 이런 제한에도 불구하고 측정 시료는 곡의 종류만도 약 10여가지를 상회하며, 연주자마다 연주곡이 모두 다르고, 녹음 시기도 1960년대부터 1990년대 초에까지 이른다. 각 연주자마다 측정된 황종 음고와 표준편차, 전체 평균 등을 표 1에서 보이고 있다. 특정 연주자의 황종 음고의 표준편차는 그 연주자에 대해 얻은 데이터로부터 구한 것이고, 전체 측정치의 표준편차는 각 연주자들의 평균 황종 음고를 데이터로 하여 구한 것이다. 표준편차는 Hz 단위뿐만 아니라 cent 단위로도 표시하였는데, 1200 cent가 한 옥타브를 의미하므로 100 cent는 서양음악에서 반음에 해당된다. 국악의 경우 한 옥타브에서 보통 5음 정도를 사용하므로 음들의 간격은 대략적으로 200 혹은 300 cent 정도 된다. 단소나 대금의 경우 음역 특성상 황종음이 잘 출현하지 않으므로 청

표 1. 연주자에 의해 분류한 측정 1의 황종 음고 및 표준편차 (연주자의 순서는 각 악기별로 황종 음고의 높이에 따라 오름차순임).

연주악기	연주자	음고(Hz)	표준편차(Hz, cent)
단소	1	298.1	7.1, 40.7
	2	314.9	17.5, 93.6
	3	328.5	4.0, 21.0
대금	4	318.8	0.9, 4.9
	5	319.4	5.4, 29.0
	6	324.3	6.7, 35.4
	7	324.3	4.4, 23.3
	8	325.1	7.9, 41.6
	9	331.9	4.0, 20.7
	10	336.8	5.3, 27.0
피리	11	326.6	12.1, 63.0
	12	330.4	6.9, 35.8
평균		323.3	9.9, 52.2

황종이나 중형황종의 음고로부터 황종음의 음고를 구하였다. 측정 결과에 의하면 대금이나 피리의 경우 318-336Hz 범위에서, 단소의 경우 298-328Hz 범위에서 황종 음고를 보이고 있는데 각 연주자마다의 편차가 비교적 크다. 단소의 경우 음고가 특히 낮은 것은 악기에 의한 차이라기 보다는, 연주자 1이나 연주자 2처럼 황종 음고를 낮게 연주하는 연주자가 많았기 때문이다. 동일 연주자 내에서도 음고의 표준편차가 큰 편인데, 이는 측정 시료로 사용한 곡들이 녹음 시기가 달라서 연주 음고도 달라졌기 때문인 것으로 사료된다.

3.2 측정 2[5]

측정 2의 시료는 특정 연주자(단소)의 CD에 수록된 연주곡들로 하였는데, 이는 한 연주자 내에서의 다양한 곡의 연주에 따른 황종 음고의 편차를 살펴보기 위해서였다. 연주곡은 영산회상 중광지곡 중 상령산, 중령산, 세령산, 가락제지, 상현환입, 하현환입, 염불, 타령, 군악 등으로 하였는데, 이 곡들은 그 음악적 성격이나 빠르기 등이 모두 달라서 그 결과들을 서로 비교하는데 적당하다. 표 2에서 특정 연주곡 내에서의 황종 음고는 안정적이며, 또한 각 연주곡에서 구한 황종 음고들도 거의 일정한 값을 가짐을 알 수 있다. 따라서, 한 연주자내에서는 연주곡과 관계없이 거의 일정한 황종 음고가 얻어진다고 할 수 있다. 이 연주자는 측정 1에서의 연주자 2와 동일인인데, 평균적인 황종 음고는 314Hz로서 측정 1의 결과와 유사하

며, 이 값은 한사람을 대상으로 한 측정치이므로 음고값으로는 유효하지 않다.

표 2. 연주곡에 의해 분류한 측정 2의 황종 음고 및 표준편차.

곡명	음고(Hz)	표준편차(Hz, cent)
상령산	314.1	1.5, 8.0
중령산	314.6	1.9, 10.4
세령산	313.8	0.6, 3.3
가락제지	313.6	1.5, 8.1
상현환입	315.4	1.4, 7.4
하현환입	313.3	1.4, 7.7
염불	314.0	1.0, 5.6
타령	313.4	0.9, 5.0
군악	314.2	1.6, 8.5
평균	314.0	0.7, 3.9

3.3 측정 3[6]

측정 3의 시료는 국립국악원, KBS 국악관현악단, 서울시립국악관현악단의 연주자들(대금 8인, 피리 8인)이 연주한 음계와 악곡을 DAT에 녹음한 것으로 하였다. 이들의 녹음시에 미리 연주 내용을 고정시켰는데, 연주 내용은 1옥타브 이상의 평조 음계와 평조회상 세령산 초·2장, 1옥타브 이상의 계면조 음계와 관악영산회상 세령산 초·

표 3. 연주자에 의해 분류한 측정 3의 황종 음고(연주자의 순서는 각 악기별로 황종 음고의 높이에 따라 오름차순임).

연주악기	연주자	평조 음계 음고(Hz)	계면조 음계 음고(Hz)	평조 악곡 음고(Hz)	표준편차 (Hz, cent)	계면조 악곡 음고(Hz)	표준편차 (Hz, cent)
대금	1	324	-	327.1	2.54, 13.4	328.9	4.27, 22.3
	2	327	327	328.9	1.55, 8.1	329.3	2.49, 13.0
	3	324	321	329.8	3.81, 19.9	339.2	0.11, 0.56
	4	325	325	333.6	2.50, 12.9	331.4	2.84, 14.8
	5	327	326	329.0	2.10, 11.0	331.7	4.31, 22.4
	6	332	327	332.6	3.25, 16.8	335.4	4.05, 20.8
	7	329	332	328.3	2.52, 13.2	322.4	0.82, 4.4
	8	337	337	337.5	2.67, 13.6	339.1	4.90, 24.8
피리	9	311	-	314.6	1.35, 7.4	304.4	2.03, 11.5
	10	317	323	319.2	1.44, 7.8	320.9	0.96, 5.2
	11	326	326	325.2	1.87, 9.9	322.6	4.03, 21.5
	12	325	330	332.5	2.28, 11.8	330.7	2.67, 13.9
	13	330	326	331.6	1.09, 5.7	321.9	4.26, 22.8
	14	325	332	333.8	2.17, 11.2	337.8	3.15, 16.1
	15	325	332	336.9	2.55, 13.1	337.7	2.86, 14.6
	16	342	343	342.7	2.55, 12.8	339.9	1.15, 5.9
평균		326.6	329.1	330.0		329.4	
표준편차(Hz, cent)		7.1, 37.2	5.8, 30.2	9.43, 48.9		6.82, 35.5	

2장으로 하여 평균과 계면조, 음계와 악곡에 따른 황종 음고를 측정하도록 계획되었다. 연주자에 따른 음계와 악곡 연주의 황종 음고를 표 3에서 보이고 있는데, 음계 연주의 경우 황종음은 2번 정도만 연주되었으므로 표준 편차는 생략하였다. 대금의 경우 324-339Hz 정도의 황종 음고를 보이고 있으며, 피리의 경우 연주자 9와 연주자 10이 약간 낮은 음고를 보이는 것을 제외하면 역시 대부분이 322-339Hz 정도의 황종 음고를 보이고 있다. 동일 연주자 내에서의 황종 음고들은 20 cent 이하의 표준편차를 보이고 있는 점으로 보아 안정적이라고 할 수 있으나, 서로 다른 연주자들에 대해서는 측정된 황종 음고들이 비교적 큰 편차를 보이고 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 관악기를 중심으로 향악곡에서의 황종 음고를 측정하고 그 결과를 분석하였다. 다양한 연주자에 의해 측정된 음고들을 단순히 평균을 내는 것은 의미가 없으므로, 악기별, 조별, 음계 및 악곡별로 측정된 황종 음고를 비교하는 것을 그림 3에서 보이고 있다. 여기에서 측정 1 중 단소 연주의 경우 다른 값들과 너무 큰 편차를 보이므로 제외하였고, 측정 2의 경우도 단일 연주자에 의한 결과이므로 제외하였다. 황종 음고는 325-332Hz 사이에 분포하고 있음을 알 수 있는데, 대략적인 평균은 328Hz 정도이다. 지금까지는 관현악 등의 합주시에 황종 음고를 E₃(311Hz)에 맞추는 것으로 알려져 있었는데, 본 연구의 결과 현재 연주되고 있는 황종 음고는 E₃(330Hz)에 가까움을 알 수 있다. 최종적으로 하나의 황종 음고를 결정하는 것은 공학적인 문제가 아니라 음악학적인 문제이므로 음악학자들이 담당하여야 할 작업이고, 여기에서는 토의를 위한 기본 자료를 제시한다는 데 그 의의가 있다.

최근에는 비브라토음의 피치에 관한 연구 등도 활발히 진행되고 있으므로[7], 본 논문의 측정 대상에서 제외한 장식음들의 음고 측정에 대한 연구가 과제로 남아있다.

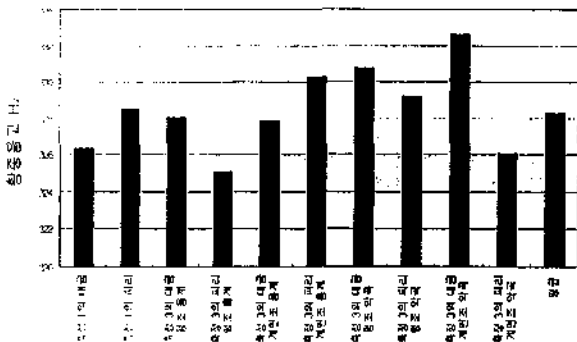


그림 3 악기별, 조별, 음계 및 악곡별로 측정된 황종 음고.

감사의 글

이 논문은 국립국악원의 "우리 소리 찾기" 사업의 연구 결과의 일부입니다. 함께 토론힬주신 권오연 박사님과 국립국악원의 문현 연구사님, 서울대학교 안철용 학형에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 장사훈, 최신 국악총론, 세광음악출판사, 서울, 1986.
2. 백병동, 대학음악이론, 현대음악출판사, 서울, 1994.
3. 방희석, 박경수, 성평모, "국악곡 음고 측정에 관한 연구," 1995년도 한국음향학회 학술발표대회 논문집, pp. 65-68, 1995.
4. 권범준, 문현, 성평모, 향악곡 음고 측정에 관한 연구, 서울대학교 부설 뉴미디어통신공동연구소, 1993.
5. 방희석, 문현, 성평모, 향악곡 음고 측정에 관한 연구 II, 서울대학교 부설 뉴미디어통신공동연구소, 1994.
6. 방희석, 박경수, 문현, 권오연, 성평모, 국악곡 음고 측정에 관한 연구, 서울대학교 부설 뉴미디어통신공동연구소, 1995.
7. J. C. Brown, K. V. Vaughn, "Pitch center of stringed instrument vibrato tones," J. Acout. Soc. Am., Vol. 100, No. 3, pp. 1728-1735, 1996.

▲방 희 석(Hee-Suk Pang)



1994년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1996년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1996년 3월~현재: 서울대학교 전기공학부 박사과정
 주관심분야: 신호처리, 심리음향, 음악음향

▲성 평 모(Koeng-Mo Sung)

제 12권 5호 참조