Journal of Korea Multimedia Society Vol. 13, No. 11, November 2010(pp. 1728-1738)

국악 타악기 편경의 음색연구

윤지원[†], 김 준[††]

요 약

국악 타악기 편경은 중국의 흑경(chines stone chimes=Bianqing) 등과 함께 '돌로 만든 타악기군(Lithophone)'에 속한다. 주재료인 경석(옥돌)의 특성상 온도와 습도의 영향을 받지 않음으로, 편경은 아악의 조율을 담당하는 악기로도 잘 알려져 있어 음악사적 가치 또한 크다 할 수 있다. 이렇듯 고정된 음고를 가진 악기라는 점에서 국악의 기준음고 및 음계체계 연구의 중요한 부분을 차지하고 있으나, 악기로서 편경 음향의 특성 및 가치에 관한 연구는 현재까지 활발히 이루어지지 않고 있다. 본 연구는 편경이라는 타악기의 물리적 모델링 합성(physical modeling synthesis)을 위한 분석 논문으로, 국악 타악기 편경만이 가지고 있는 고유한 음색특성을 밝히고, 과학적 분석에 의한 음향학적 근거를 제시하여 이를 객관적으로 규명하고자 한다. 이 같은 편경의 음색연구는 편경의 물리적 모델링 합성을 위한 중요한 기초자료로 활용되는 것은 물론, 악기로서의 편경 음색에 관한 이해를 높여 다양한 예술창작분야로의 접목을 활성화함으로써, 문화적 활용도를 높이는데 크게 기여할 것이다.

A Study on the Timbre of Pyeon-gyoung

Jiwon Yoon[†], Jun Kim[††]

ABSTRACT

Pyeon-gyeong, similar to Chinese Bianqing, is a Korean traditional lithophone with multiple stone chimes. Due to the temperature- and humidity-insensitive characteristics of its material, pumice stone, the instrument provides highly stable pitch and therefore has played a key role in Korean traditional court music. By reason of having absolute pitch, it is an important part of the research on the standard pitch and scale system of korean traditional music, but as an instrument, the study on the sound characteristics and worth is not making satisfactory progress, to date. This research is an analysis paper for physical modeling synthesis of pyeongyeong. Through this study, we will determine the original characteristics of the timbre of pyeongyeong as a unique korean traditional percussion, and investigate these characteristics objectively, based on the music acoustics by scientific analysis. Furthermore, this study will be used as an important basic material for physical modeling synthesis of pyeongyeong, and also make a huge contribution to the cultural applicability by the vitalization of graft onto the various artistic creation field, through the comprehension of the timbre of pyeongyeong as an instrument.

Key words: Pyeon-gyoung(편경), Sound Analysis(소리분석), Sound Synthesis(소리합성)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김준, 주소 : 서울시 중구 필동 3가 26번지 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과(100-715), 전화 : 02)2260-3264, FAX : 02)2260-3264, E-mail : music@dongguk.edu
접수일 : 2010년 7월 12일, 수정일 : 2010년 10월 21일
완료일 : 2010년 11월 4일

[†] 정회원, 계명대학교 뮤직프로덕션과 교수, 동국대 멀티미디어학과 박사과정 중
(E-mail : jiwonyoon@kmu.ac.kr)
[††] 정회원, 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 교수
※ 본 연구는 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2010-0000312).

1. 서 론

전통악기 연구는 고대의 악기복원 및 제작, 그리고 악기로서 가지고 있는 문제점 및 한계를 극복·개선한 현대적 개량악기 제작 등 다양한 측면에서 이루어질 수 있다. 전통악기로서의 가치를 보존하기 위한 고악기연구는 편경유물 연구를 통해 이루어지며, 현재까지 악기복원 및 제작이라는 측면에서 편경의 재료가 되어 온 경석의 물성 등을 기초로 진행되어온 몇몇 연구들[1-4]이 있다. 그러나 국악기 복원 및 제작과정에 실질적으로 도입되어 구체적 활용이 가능할 수 있도록, 악기제작방식의 객관화 및 악기제작 완성도에 관한 검증기준을 갖추기까지는, 앞으로 더 많은 후행 연구들이 필요할 것으로 보인다.

정확한 조율체계와 음계의 연구는 음악연구의 가장 기초적인 연구분야라 할 수 있다[5]. 특별히 편경의 경우, 아악의 조율을 담당하는 기준 악기였다는 점에서, 그 시대의 기준음 체계 및 음계연구와 직결되는, 연구의 출발점에 서 있는 악기이다.

편경은 해당 음고를 타나내는 각각의 율명을 가진, 'ㄱ'자 모양의 16개 경석[1]으로 이루어져 있다. 각 경석의 크기는 모두 같고 두께가 음고에 비례하여, 각각 8개의 경석을 하단 저음부 8개, 상단 고음부 8개로, 두개의 단에 끈으로 매어단다. 편경 한 틀의 전체 음역은 1과 1/3 옥타브(C5-D#6)에 해당하는 12율 4청성의 범위로, 연주는 '각퇴'라고 하는 뿔망치로 경석을 타격함으로써 이루어진다.

편경을 포함하는 모든 타악기군의 분석연구 시, 타격 노이즈와 함께 발음하여 사라질 때까지의 시간대 중, 악기 음색의 고유 특성을 보유하고 있는 비교적 짧은 구간으로부터 샘플을 취하는 문제는 매우 중요하게 다루어야 할 부분이다. 특별히 시간대별 주파수 성분 및 분포의 뚜렷한 변화로 인해 악기 음고인지 또는 음색에 영향을 받게 되는 악기의 경우, 특정 구간으로부터 샘플을 채택하는 문제는 연구의 중요한 부분을 차지하게 된다. 경이 발음하여 사라질 때까지의 소리 지연시간은 음고에 반비례하여 평균 약 1초 내외로 나타나나, 시간의 경과에 따른 주파수 성분의 변화와 앰프값의 변화를 수반하므로, 이 같은 변화는 다른 악기와 편경의 음색을 구별하게 하는 주된 요인이 된다.

본 연구는, 편경의 기준(대표)음고와 음향분석프로그램을 통한 음고추적 결과를 비교분석하여, 편경의 배음구조로부터 규칙성을 도출해내고자 했던 '국악 타악기 편경의 소리합성을 위한 음색분석연구'[6]의 후행연구로, 편경을 대표할 수 있는 주파수영역의 음향적 특성 및 시간에 따른 변화, 음고인지적 측면을 수반한 종합적인 심층연구이다. 궁극의 목적은 편경의 물리적 모델링 합성(physical modeling synthesis)에 있으며, 악기음향 연구에 입각한 편경의 음색 분석내용을 다루고자 한다.

2. 편경의 음색분석

분석에 사용된 편경의 샘플은 한국예술종합원에서 보유하고 있는 편경 그림 1으로 제작되었다. 본 연구의 재료가 된 한국종합예술원의 제작연도는 80년대 이후로 추정된다. 제작시기와 제작자에 따라 생길 수 있는 악기 음색의 차이를 감안하여, 서울대학교 국악과의 편경과 이화여자대학교 국악과의 편경을 녹음하여 참고 비교자료로 사용하였으나, 본 논문의 분석 대상이 악기음원이라는 점을 감안할 때, 각 경의 소리지속 시간 및 울림의 상태, 악기로서 음색의 일관성, 유지보수 방식에 따른 악기의 물리적 상태 등을 고려하여, 한국예술종합원의 편경 그림 1 음색을 분석대상으로 채택하였음을 밝혀둔다.

위의 표 1은 삼분손익법을 기준으로 한국예술종합원 편경의 조율상태를 비교분석한 자료로, 편경이 삼분손익법에 비교적 충실하게 제작되어 있으며, 제작 이후 악기사용 과정에서 특정부분의 손상 없이

그림 1. 한국종합예술원 편경

1) 석회암과 대리암의 혼합체로서 흔히 '옥돌'이라 불리는 돌의 일종으로, 독특한 빛깔과 맑은 음색을 특징으로 함.

표 1. 한예종편경의 조율상태 분석

율 명		한예종 편경		삼분손익법에 의한 기준	
		기본진동수의 음고(Hz)	상대음정비	음고(Hz)	상대음정비
황종	C5	523	1.00	523.0	1.00
대려	C#5	553	1.06	559.6	1.07
태주	D5	590	1.13	591.0	1.13
협종	D#5	623	1.19	627.6	1.20
고선	E5	660	1.26	664.2	1.27
중려	F5	699	1.34	706.1	1.35
유빈	F#5	742	1.42	742.7	1.42
임종	G5	786	1.50	784.5	1.50
이칙	G#5	833	1.59	836.8	1.60
남려	A5	887	1.70	883.9	1.69
무역	A#5	935	1.79	941.4	1.80
응종	B5	990	1.89	993.7	1.90
청황종	C6	1053	2.01	1,046.0	2.00
청대려	C#6	1116	2.13	1,114.0	2.13
청태주	D6	1179	2.25	1,176.8	2.25
청협종	D#6	1251	2.39	1,255.2	2.40

잘 관리되어 왔음을 보여주고 있다.

2.1 분석 대상

본 연구의 분석대상 음원인 한국예술종합학교의 편경은, 편경유물이 아닌, 현대에 제작된 악기이다. 분석샘플은, 16개 음정을 만들어내고 있는 각각의 경석을, 악기 연주방식과 동일하게 각퇴를 사용하여 다양한 강도로 연주하고, 이를 녹음함으로써 준비되었다. 논문에 그림파일로 인용된 분석결과들은 일반적인 연주 강도로 연주된 것이며, 다양한 강도의 샘플은 비교분석을 위해 사용되었다. 녹음은 44,100Hz의 샘플링 레이트(sampling rate)와 16bit로 하였으며, 보다 정교한 분석을 위하여 샘플은 픽 레벨(peak level) 방식으로 노말라이징(normalizing)처리 되었다.

2.2 분석 방법

편경 음색의 분석을 위해 사용된 소프트웨어는 Praat[2]과 Snd[3]이다. 보다 정확한 분석을 위하여 Praat과 Snd의 결과는 비교분석 되었으며, 그 결과에는 이견이 없었다. 다만 본 논문에서는 파라미터 설정의 용이함과 분석결과 제시형식의 명료성을 고려하여 Snd의 분석결과를 그림으로 인용하였다. 가설 및 연구의 방향에 따른 세부기준 등을 고려하여, 윈도우 타입(window type)은 해밍(hamming)을, 윈도우 사이즈(window size)는 2048로 하였다.

2.3 분석 결과

연구를 위한 편경의 음색분석은 FFT 스펙트럼 분석을 통한 음색특성 분석, 그리고 소노그램 분석을 통한 시간대별 음색변화의 순으로 진행되었다.

2.3.1 경석의 성분과 음색의 관계

편경은 예로부터 경석이라고 하는 옥돌로 만들어져 왔다. 경석이란 지질학적인 전문용어가 아니라 '맑은 소리가 나는 옥돌'이라 하여 지어진 이름이기에, 경석이 속한 암석의 분류에 대해서는 정확히 알려져 있지 않다[1].

2) Praat : 암스테르담대학의 파울 부르스마(Paul Boersma)와 다비트 베닝크(David Weenink)가 공동개발한 소리분석 소프트웨어.

3) Snd : 소리분석과 합성을 위한 도구로, 스텐포드대학 컴퓨터음악 연구소(CCRMA)에서 개발한 소프트웨어.

경석을 구성하는 주요성분 중, 이산화규소와 산화마그네슘의 함량이 많은 경우, 청아한 음색을 띤 좋은 음질을 갖게 되는 것으로 알려져 있어, 중국은 이 같은 경향이 두드러진 흑색 경석(흑경)으로 편경을 제작해왔다. 이에 반해 우리나라는 연청색의 경석을 선호하여 왔으며, 현재 광업진흥청에서는 이산화규소, 산화알루미늄, 산화칼슘, 산화마그네슘이 주성분으로 알려진 이 경석을 그냥 총칭하여 '대리석'으로 분류하고 있다. 석회석 성분이 많아 흰 빛을 띠는 것은, 돌이 물러 강도가 낮은 것으로 알려져 있으며, 이로 인하여 공명률이 떨어지고 탁한 소리가 난다. 반면 강도가 높아지면 여음이 길고 '땡'하며 자극성 있게 울리게 되므로, 돌의 색을 음색과 관련지어 볼 수 있는데, 일반적으로 우리나라의 편경 제작에 쓰이는 경석은 투명하고 입자가 고우며 강한 돌로, 강도는 옥과 대리석의 중간정도에 해당된다[7].

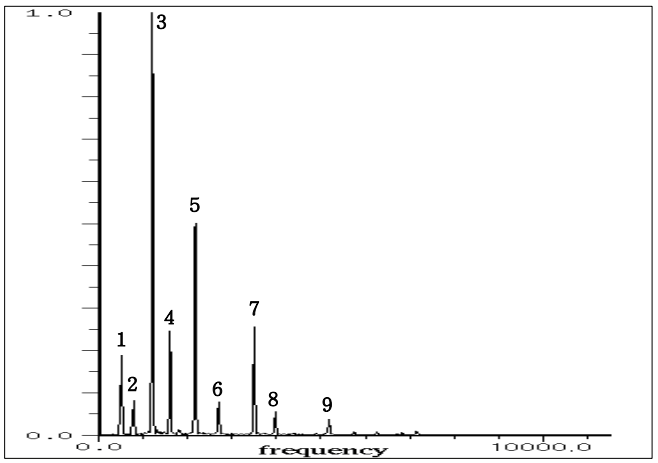
2.3.2 편경의 음색분석

국악기 관련 문헌에서는 편경의 음색을, '자연석에서 우러나오는 순수함과 특유의 청아한 느낌'[8]으로 표현하고 있다. 이 같은 특성을 음향학적 구조로서 객관화하기 위한 방법으로, 먼저, 각 경석 별 주파수 성분 및 분포를 살펴보기로 한다.

2.3.2.1 경의 FFT주파수 분석

편경을 대표할 수 있는 특징적인 음향구조를 밝히고자, 먼저, 각 경석의 타격 후, 타격 노이즈가 사라진 약 30ms지점으로부터 주요주파수 성분을 포함한 상태로 충분한 앰프(amp)값을 유지하고 있는 46ms길이의 구간을 샘플로 취하여 FFT주파수 분석을 하였다. 이 구간은, 타격 노이즈를 제외한, 경의 음색을 구성하는 대부분의 주파수 성분이 모두 나타나는 구간으로, 아래의 그림 2는 이 구간에서 최저음인 황종(C5)의 FFT주파수 분석결과를 나타낸 그래프이다. 스펙트럼의 숫자는 주요 배음(harmonic number)을, 우측의 숫자열은 배음별 해당 주파수 및 앰프값을 의미한다. 아래의 황종분석에서 1,234Hz에 해당하는 제3배음(harmonic number3)은 이 구간에서 최고 앰프값을 갖는 배음이며, 타격직후 기저주파수(fundamental frequency)에 해당하는 제1배음을 능가하여 두드러지게 나타난 주파수 성분으로는, 그 밖에 제5, 제4배음 등이 있다. 이처럼 타격직후, 제1배음을 제외한 인접 배음이 주도권을 나누어 갖는 구조는 편경의 음색을 더욱 맑고 신비롭게 만들고 있다. 이러한 경향은 특히 황종에서 두드러지며 주로 편경의 저음역대에 해당하는 하단부에서 일반적으로 나타나고 있다.

위 그림 2에 나타난 주파수성분 중, 황종의 주요 주파수성분에 해당하는 9개 배음을 정리하여, 제1배음(harmonic number1)에 대하여 아래의 표 2와 같이 상대진동수(mode frequncy)로 정리하였다. 표 2의 주요주파수 성분들은 경의 발음 후, 전체 소리지속구간(최대 음량값으로부터 -60dB 떨어지기까지 걸리는 시간)의 약 1/6에 해당하는 구간(약 300ms) 동안 지속되고 있는, 매우 중요한 성분이다.



341	0.002
523	**0.200**
796	**0.081**
1043	0.007
1234	**1.000**
1332	0.013
1491	0.008
1619	**0.254**
1819	0.016
1984	0.004
2186	**0.633**
2346	0.006
2486	0.005
2711	0.078
3021	0.004
3245	0.003
3513	**0.261**
3718	0.005
3984	0.055
4178	0.003
4404	0.005
4499	0.002
4587	0.002
4895	0.004
5182	0.042
5754	0.007
6257	0.007
6714	0.003
6836	0.006
7156	0.011

그림 2. 편경의 황종(C5) FFT 분석결과

표 2. 황종의 주파수성분 및 상대진동수의 비

partial number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
주파수성분(Hz)	523	796	1234	1619	2186	2711	3513	3984	5182
상대진동수	1	1.52	2.36	3.10	4.18	5.18	6.72	7.62	9.91

2.3.2.2 경의 배음에 대한 화성학적 분석

대부분의 유율악기인 현악기나 관악기의 현(string)이나 관(air column)이 하모닉한 배음(harmonic overtone)성분을 만들어내는 것에 반해, 유율 타악기들의 배음성분은 제1배음에 대해 하모닉한 관계에 있지 않음은 이미 밝혀진 바 있다[3]. 돌로 만들어진 타악기 편경의 상대진동수 분석결과에서도, 경의 주요 배음성분은 제1배음과 인하모닉(inharmonic) 관계에 있는 것으로 밝혀졌다. 표 2에 나타난 이들 황종의 주요 배음성분은, 다른 악기와 확연히 구분되는 경만의 고유 음색을 구성하고 있으며, 이 같은 배음성분은 아래의 그림 3과 같이 평균율로 환산·표기될 수 있다.

그림 3의 주요 배음성분은 황종 음색의 발생과 함께 시작되는 매우 특징적인 음향을 만들어내고 있으며, 이들 성분은 편경의 황종 청취시 가장 두드러지는 그림 3의 set 1 또는 set 2로 분석하여볼 필요가 있다. 이들 배음은, 전체 소리지속구간 내에서 본 배음성분의 지속성과 해당구간(30ms~76ms) 내에서의 음량에 의거한 중요도를 고려하여 추출된 주요 배음성분으로, 제1배음으로부터 4배음에 이르는 set 1과 제1배음으로부터 3배음에 이르는 set 2를 화성학적으로 해석하여 다음의 그림 4, 그림 5와 같이 특징적인 음정구조로 정리하여 볼 수 있다. 황종의 제1배음으로부터 4배음까지의 성분을 포함하고 있는 그림 4는, 주파수성분의 배치상태로부터 유추하여 본 5도 관계 음정(좌)에 관한 내용으로, C-G, Ab-Eb으로 이루어진 이 같은 울림은, AbM7에 해당하는 화성(우)의 전위형으로도 분석 가능하며, 청취시 인지되는 주파수성분의 음량 및 배치상태를 고려할 때 3음이 생략된 두 개의 삼화음으로 해석하는 것 또한 가능할 것이다. 그러나 경의 발음 후, 550ms 지점을 전후로 급속히 사라지는 Ab 성분을 제하고 나면, 제1·2·3배음으로 구성되는 다음 그림 5의 C minor화성을 대표적인 지배화성으로 보는 것이 타당하다.

위 그림 5에 나타난 C5, Eb6, G5의 울림은 개리위치에 있는 단3화음(좌)의 울림을 조성하며, Cm 화성(우)으로 정리될 수 있다. 이 같은 단3화음(minor triad)의 울림은 16개 경 모두에 공통적으로 나타나고 있으나, 그 구조는 음고에 따라 조금씩 변화된 형태로 나타난다.

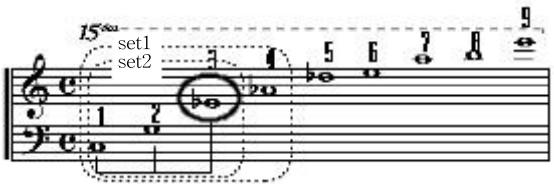



그림 3. 황종(C5)의 배음열

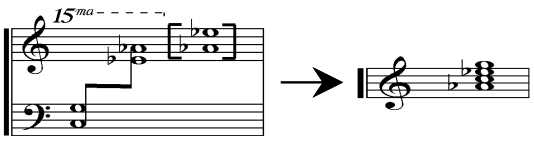


그림 4. set 1 : 황종(C5) 제1/2/3/4배음의 화성학적 분석

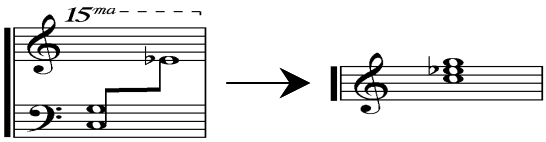


그림 5. set 2 : 황종(C5) 제1/2/3배음의 화성학적 분석

2.3.2.3 경의 상대진동수 비교분석

다음의 그림 6은, 앞서 표 2에 제시되었던 황종의 상대진동수를 포함한, 16개 경의 상대진동수를 기록한 그래프이다. 주요배음에 해당하는 제1배음(하단)으로부터 7배음(상단)까지의 상대진동수를 나타낸 이 그래프에서, 제3배음까지의 분포는 비교적 안정되어 있음을 확인할 수 있다. 이 같은 구조는, 12율 4청성에 해당하는 16개 경 모두에서, 그림 5에 나타난 단3화음의 울림이 발생하고 있음을 증명해주고 있다. 또한, 그림 4의 분석과 같이 제4배음을 포함한 구조의 경우, 임종 및 응종을 포함, 이후 이어지는 4청성의 대역에서 제4배음의 상대진동수에 의해 매우 불안정한 형태로 나타나고 있다.

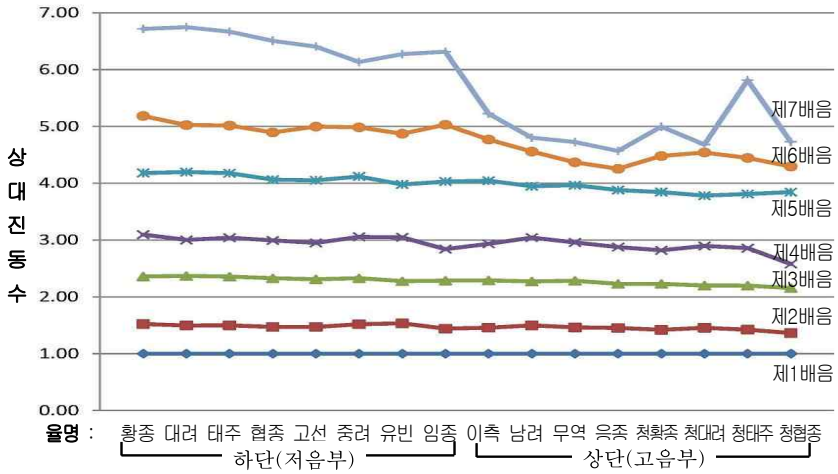


그림 6. 편경의 상대진동수

위 그림 6의 황종으로부터 청협종에 이르는 전체 음역의 상대진동수를 종합적으로 볼 때, 비교적 안정된 제3배음까지와는 달리, 제4배음으로부터 7배음에 이르기까지의 진동수는 제6과 7배음의 불안정한 상대모드진동수를 포함하여 경 별로 많은 차이를 보였다. 그러나 제4배음 이후의 배음들은 앞의 제3배음까지에 비해 음량 값이 많이 적으므로, 전체 음색을 구성함에 있어 그 영향력이 비교적 크지 않다. 따라서 경마다 모두 다른 음색으로 구별되어 들리지는 않지만, 이 같은 경향은 음역별로 약간의 차이를 만들어 내고 있다.

경의 음고가 올라갈수록, 편경의 특징적 음색을 구성하는 제 2·3배음의 상대진동수는 이에 비례하여 점점 떨어진다. 따라서 전반적으로 최저음인 황종에서 단3화음으로 출발한 구조는 상단의 최고음인 청협종에 이르기까지 구성음이 점차 밀집된다. 이와 같은 이유로, 두 단으로 이루어진 편경 한 틀의 구조를 볼 때, 황종에서 임종에 달하는 하단과 이측에서 청협종에 달하는 상단은, 구별되는 음색을 갖게 된다.

편경을 대표할 수 있는 주파수 특성을 정리하여 본다면, 특징적 음색을 구성하는 주요 주파수 성분은 제1배음과 배수관계에 있지 아니하며, 제1배음을 근음으로 하는 단3화음 구조를 가지고 있으며, 배음을 구성하는 주파수 간 거리는 음고에 비례하여 밀집된다. 이처럼 배음의 간격이 좁혀짐에 따라 편경의 고음역, 특히 4청성 음역에서는 배음의 구조 상 악기음

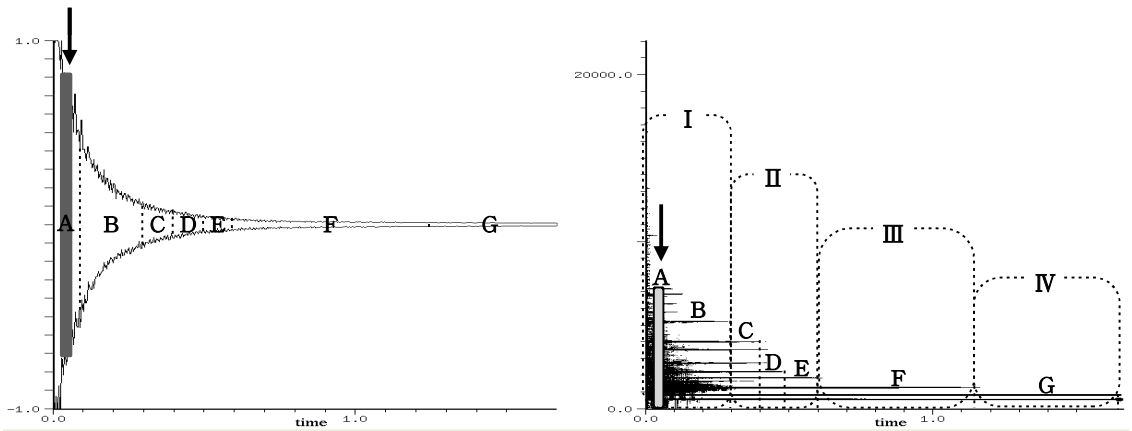


그림 7. 시간의 변화에 따른 황종(C5)의 음량 및 주파수성분 분석

표 3. 주요 주파수성분 변화에 따른 구간설정

영역	해당 구간	주요 주파수성분	해당 시간 (단위:ms)
Ⅰ	A+B	제1배음~9배음	0 ~ 300
Ⅱ	C+D+E	제1배음~4배음	300 ~ 600
Ⅲ	F	제1배음~3배음	600 ~ 1150
Ⅳ	G	제1배음~2배음	1150 ~ 1665

색으로 좋지 않은 둔탁한 소리가 난다. 균일한 형태와 크기를 가진 각 경이, 최저음 황을 기준으로 4청성음역에 이르기까지 정해진 음정에 의해 조율되다보니, 고음을 만들어내기 위해 너무 두껍게 제작되었기 때문이라 짐작해 볼 수 있다. 경의 소리로 들어본 악기음색으로서의 가치는, 위 그림 6에서 보는 바와 같이, 넓은 배음역을 가진 황종의 경우가 매우 이상적이라 할 수 있을 것이다.

3. 편경음색의 시간에 따른 변화분석

3.1 주파수성분의 변화

황종의 타격 후, 소리지속구간 내의 주파수 성분 변화에 따른 구분은 다음의 그림 8에 나타난 바와 같이 A에서 G에 이르는 총 일곱 개의 구간으로 나누어질 수 있다. 편경의 음색을 대표할 수 있는 주파수 성분 검출을 위하여 사용된 샘플은, 경의 음색을 구성하는 대부분의 주파수 성분이 모두 나타나는 발음 후 30~76ms구간으로(또 나옴), 경의 풍부한 음색이 담긴 이 46ms 길이의 샘플은 아래 그림 8의 A구간 내에 위치한다.

그림 8의 구분에 따르면, 각 경을 대표하는 제 9배음까지의 주요주파수 성분은, A 구간에서 출발하여 B 구간의 끝에 이른다. B 구간에 이르지 못하고 소멸된 A 구간의 잔여 주파수 성분은, 그림 2에서 보이는 바와 같이 다른 성분에 비하여 그 양이 매우 적어 귀로 인지되지 못하고 있다. 그림 3의 set1과 set2에 나타난 제 3배음 혹은 4배음까지의 주요주파수 성분은 E구간 혹은 F구간까지 지속되는 것을 볼 수 있다.

주요 주파수 성분에 해당하는 제1배음으로부터 9배음까지를 기준으로 하여, 이들 구간은 다음의 표 3과 같이, 크게 제Ⅰ부터 Ⅳ영역까지의 네 영역으로 분류된다.

다음으로 위의 표 3의 해당 영역별 주요주파수성분에 대하여, 시간의 흐름에 따라 제Ⅰ부터 Ⅳ영역까지 그 음량변화를 분석하는 것은, 음색을 구성하고

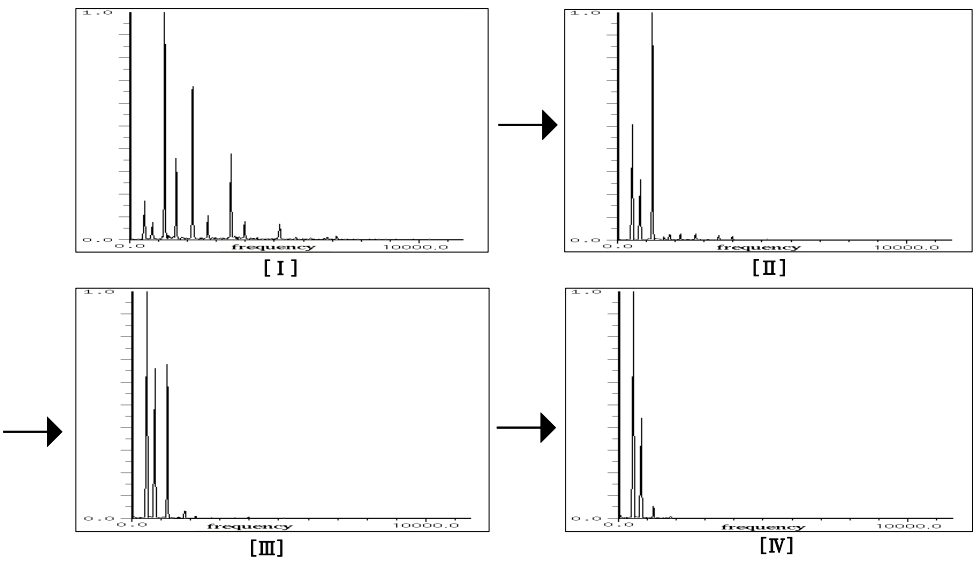


그림 8. 시간의 흐름에 따른 주파수성분의 음량 변화

있는 주파수성분별 그 양적 변화를 보는 것으로서, 시간의 흐름에 따른 황종의 음색변화에 관한 구체적인 해답이 될 것이다.

3.2 주파수성분의 음량 변화

위 표 3의 구분에 따라, 시간의 흐름에 따른 주파수성분의 음량변화를 분석해 본 결과는 아래의 그림 8과 같다. 황종의 음색은, 제1배음으로부터 9배음까지의 구성으로 출발하지만 제3배음까지를 제외한 대부분의 배음은 제Ⅱ영역에 들어서기 전 소멸하고, 제Ⅲ영역을 거치면서 결국 제3배음마저 소멸함에 따라, 마지막 제Ⅳ영역에서는 제1배음과 2배음만이 유지됨으로써 주도권을 갖게 된다.

위의 그림 8을 주요성분인 세 개의 배음 중심으로 살펴보면, 경의 타격 후 가장 큰 음량으로 Ⅰ · Ⅱ영역에서 지속되던 제3배음은 Ⅲ영역에서 약 70%로 감소 후, Ⅳ영역에서는 5%로 감소하며 사라진다. 반면, 경의 타격 후 미미한 음량으로 출발한 제1배음은, 시간의 흐름에 비례하여 상대적으로 그 음량 또한 상승하여, 제3배음의 음량이 급격히 줄어든 Ⅲ · Ⅳ영역에서 지배적인 음량을 갖게 된다. 또한 제2배음은 대부분 제1배음의 50%내외에 해당하는 음량을 가지고 제1배음을 보조하고 있음을 알 수 있다. 이 같은 황종의 주파수성분과 그 결합비율에 따른 음색변화 현상은, 시간의 흐름에 따라 지속적으로 변화하는 독창적인 패턴을 구사함으로써 편경만의 신비로운 음향학적 특성을 풍부하게 해 주고 있다. 이 같은 특성은 편경의 음색을 보다 독창적이고 가치있게 만들어주고 있으며, 앞으로 더 많은 편경의 제작시 중요하게 다루어야할 부분으로 사료된다. 그러나 이러한 현상은 황종을 시작으로 저음역에 속하는 하단부에서 두드러지며, 타격직후 제1배음이 주도권을 가지고 출발하는 상단부에서는 나타나지 않아 음색변화는 점차 단조로운 패턴을 띠게 된다. 또한 이 같은 음색변화의 패턴은 음고인지적 측면과도 깊은 연관성을 갖는다.

3.3 음고 인지적 특성

지금까지 밝혀진 편경음색의 특징은, 편경이라고 하는 악기 고유의 특성 및 가치와 직결된 것으로, 편경을 대표할 수 있는 독특한 주파수성분과 함께 시간에 따라 변화하는 이들 성분비의 구조는, 편경이 악기로서 매우 매력적이고도 독특한 음색구성 요소를 가지고 있음을 증명해주고 있다. 이 같은 특성은, 악기별 물리적 구조 및 특성에 따라 음색인지적 측면에 있어 크고 작은 영향력을 행사하여 왔으며, 다음과 같이 분류하여 생각해볼 수 있다.

발음 후 가해진 2차적인 힘의 작용에 의하여 음의 지속시간을 연장하는 악기, 혹은 한 번의 물리적 충격으로도 긴 시간동안 음을 지속시킬 수 있는 악기의 경우는, 음의 지속시간이 짧은 여타의 악기에 비해, 상대적으로 인간이 그 음색변화를 인지하고 즐기기에 용이하다. 반면, 발음 후, 음의 지속시간을 연장할 수 없어 짧은 지속시간을 갖는 악기의 경우는, 매우 짧은 시간동안 일어난 주파수성분 및 구조 변화를 인지하기에 인간의 능력에 한계가 있기 때문이다. 따라서 인간은, 매우 짧은 시간 안에 일어난 주파수성분 및 구조 변화의 경우, 시간의 진행에 의한 점진적인 변화라기보다는, 하나의 포괄된 음색특성으로 인지하는 경향이 있다. 시간의 진행에 따른 변화 분석결과, 매우 독특하고 특징적인 성분 및 구조의 변화가 나타난다 할지라도, 음의 지속시간이 너무 짧아 그 진행속도가 과도하게 빠른 경우, 인간이 이 같은 시간의 진행에 따른 변화를 느끼기 어려워, 인간을 중심으로 하는 인지적 측면의 연구에 있어서 그 의미를 찾기 어렵기 때문이다.

이 같은 관점에서 볼 때, 악기 편경의 경우는, 시간에 따른 음색의 변화를 인지할 수 있는 범주에 들어가는 악기로, 편경의 음색 청취시 경의 음고를 인지하는 과정을 통하여 이를 증명할 수 있다. 이는 편경이 가지고 있는 배음구조의 특성이 음고인지와 관계되기 때문으로, 주파수성분 및 구조의 변화가 음고인지에 영향을 미치는 악기의 경우를 생각해봄으로써 그 해답을 얻을 수 있다.

악기 편경은, 서양악기인 글로켄슈필(glocken-spiel)과 마찬가지로, 음색을 구성하는 배음을 조화시키기 위한 인위적인 조율이 가해지지 않는 악기로, 튜블라 공명기나 바(bar)의 커브조각을 통한 배음성분의 조율이 가해진, 마림바(marimba)의 경우와 구별된다[9]. 편경의 주요 주파수성분은 배수관계에 있지 아니하며, 위 그림 8에서 볼 수 있는 바와 같이, 타격 직후, 제3배음(Eb)이 주도권을 갖다가 기본주파수에 해당하는 제1배음으로 옮아가는, 매우 독특

한 구조를 가지고 있다. 이 같은 특성으로, 음고분석기를 통해 편경음고를 측정할 경우, 경의 음량에 따라 황종이 C가 아닌 Eb으로 감지되거나, 시간의 흐름에 따라 Eb에서 C로 변화된 결과를 나타내기도 한다. 이러한 결과는, 앞서 나타난 음색 분석결과를 통해 예상할 수 있는 것으로, 시간의 흐름에 따라 변화하는 주파수성분 및 그 음량의 분포에 기인하고 있다.

따라서 편경과 같은 악기음색에 익숙하지 않거나, 혹은 이와 비슷한 악기음색을 접해본 경험이 없는 경우, 절대음감의 소유자라 하더라도 경의 청취를 통한 음고인지에 상당한 혼선이 뒤따르게 된다. 따라서 전통적으로 황종의 대표 음고를 C로 인지해왔던 것은, 경의 울림이 사라지고 난 뒤, 전체 음 지속시간 동안의 구성 주파수성분과 성분비의 및 분포변화 등을 종합적으로 인지하여 낸 결론이라고 볼 수 있을 것이며, 청취 후 내려진 결론에 해당한다. 즉, 경의 타격 후, 가장 마지막까지 지속되며, 가장 낮은 음고를 가진 주파수성분을 각각의 경을 대표하는 기본음고로 인식해 왔던 것이다. 편경의 이 같은 성질을 이해하고 나면, 인간은 이 같은 특수한 음고인지 방식에 적응함으로써, 매우 쉽고 자연스럽게 편경의 음고를 인지하고 즐길 수 있게 된다.

그러나 이 같은 현상은, 앞서 소개된 경의 타격직후 주파수특성에서 언급한 바와 같이, 고음역에서는 타격직후부터 제1배음이 주도권을 갖는 형태로 나타나기 때문에, 시간에 따른 변화양상의 패턴은 점차 사라지게 된다. 또한 고음부에서는, 경의 지나치게 두꺼운 두께로 인하여 음의 지속시간 또한 짧아지게 되므로, 음색은 매우 단조로운 인상을 띠게 된다. 따라서 편경의 상단부 음색은 음고 인지면에서 명확한 반면, 단조롭고 일반적인 패턴을 갖게 되므로, 악기음색으로서의 독창성 및 가치는 떨어진다고 볼 수 있다.

4. 편경음색의 강도에 따른 변화분석

편경은 악기의 음색특성 및 주법, 국악곡에서의 역할 면에서 볼 때, 다양한 강도로 연주되는 다이나믹레인지(dynamic range)를 갖는 악기로 보기는 힘들다. 실제로 편경의 연주시, 특별히 강하게 혹은 약하게 연주할 경우, 좋은 울림을 갖는 소리로 만들어내기 위해서는 상당한 노력이 필요하다. 또한 실제로 강하게 혹은 약하게 연주된 편경음색의 샘플을 대상으로 주파수성분을 분석해 본 결과, 유의미한 차이를 발견할 수 없었다.

5. 결 론

본 연구는 국악 타악기 편경의 소리 합성을 위한 분석연구로, 편경 고유의 음색특성을 찾아 그 원인을 객관적으로 규명하고자 진행되었다. 편경의 물리적 모델링 합성을 위하여, 독특한 음색을 구성하고 있는 고유의 대표적인 배음구조를 밝혀냈으며, 그 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 편경의 각 음정을 구성하는 경의 배음은 제1배음에 대해 배수관계에 있지 않으며, 고유의 음색을 구성하는 주요배음 성분은 제1배음을 근음(root)으로 하는 단3화음(minor triad)의 울림을 갖는다.

둘째, 편경의 황종을 포함한 저음역에 해당하는 하단부에서는, 타격직후 제1배음을 제외한 인접배음의 음량이 더 우세한 것으로 나타났으며, 이 같은 경향은 상단 고음부로 가면서 사라진다.

셋째, 음정별 구성주파수 성분은, 음고에 비례하여 밀집됨으로써 배음의 간격이 좁혀짐에 따라, 편경의 고음역에 해당하는 상단보다는 저음역에 해당하는 하단이 악기로서 이상적인 음색을 갖게 된다. 특히 4청성 음역에서는 대표적인 단3화음의 구조를 포함한 대부분의 주파수 성분이 매우 밀집되는 등, 배음구조상 악기음색으로서 좋지 않은 둔탁한 소리를 띠게 된다.

셋째, 각각의 경의 음색을 대표하는 제9배음까지의 주요성분을 중심으로 보았을 때, 시간의 흐름에 따라 저음역에서는 그 성분비의 변화를 뚜렷이 보였으며, 성향에 따라 몇 개의 구간으로 구분되었다. 타격직후, 제1배음을 제외한 인접 배음이 강세를 보이다가 큰 폭으로 감소하고, 이에 반비례하여 시간이 흐를수록 힘을 더해가는 제1배음 중심으로 변화하는 이 같은 구조는 매우 특징적이나, 고음역으로 가면서 매우 단조롭게 변화하게 된다.

넷째, 편경의 저음역에서, 경의 타격 직후, 주도권을 가졌던 인접 배음성분이 사라지고 난 뒤, 가장 마지막까지 지속적으로 청취되는 제1배음의 성분은, 각 경의 기본(대표)주파수로 인식된다.

다섯째, 경의 타격 강도에 따른 주파수 성분 및

분포의 변화 연구 면에서는 유의미한 결과를 얻지 못하였다.

여섯째, 편경의 음색을 종합적으로 분석한 결과, 전반적인 음색은 저음역에 해당하는 하단부와 고음역에 해당하는 상단부로 구분되었으며, 하단부의 음색이 악기로서의 가치 또한 높아 편경의 대표음색으로서 타당하다는 결론을 내렸다. 특히 황종의 음색은, 배음구조 및 시간에 따른 배음분포 및 성분비의 변화를 통해 매력적이고 이상적인 음색의 형태로 분석되었다. 이 같은 결과는, 최저음 황종을 기준으로 제작되어 형태를 고정한 상태에서 약 2배에 이르는 두께로 청협종에 이르게 되는, 편경의 구조에 기인한 것으로 보인다.

본 연구결과는 편경의 음색특성을 좌우하는 주파수성분을 중심으로 본, 배음분석을 포함한 종합적인 결과로, 경의 주파수특성 및 시간에 따른 변화양상을 통해 살펴본, 과학적인 분석연구이다. 이 같은 결과는 편경의 물리적 모델링 합성 시 우선적으로 고려되어야 할 중요한 사항이다.

참 고 문 헌

[1] 박상하, 노정욱, 성굉모, “편경 제작용 경석 표본의 역학적 물성 측정,” 한국음향학회지, 제27권, 제4호, pp.171-177, 2008.

[2] 유준희, “편경의 진동양식 분석,” 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 제23권, 제1(S)호, pp.283-286, 2004.

[3] 유준희, “편경의 기억자형 모양에 따른 조율 효과,” 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 제23권, 제2(S)호, pp.287-290, 2004.

[4] 유준희, “편경의 진동모드 분석,” 한국음향학회지, 제25권, 제3호, pp.121-128, 2006.

[5] 권오연. “한국음악의 조율체계와 음계에 대한 음향학적 고찰,” 음악과 문화, 제4호, pp.59-98, 2001.

[6] 한기열, 윤지원, 김준, “국악 타악기 편경의 소리 합성을 위한 음색분석 연구,” 한국공학·예술학회 학술발표대회 논문집, 제7권, 제1호, pp.65-68, 2009.

[7] 이숙희, 편종 편경 악기장 김현곤, 한국학술정보(주), 2008.

[8] 송혜진, 한국악기, 열화당, 2001.

[9] Tomas D. Rossing, F. Richard Moore, and Paul A. Wheeler, *Science of Sound,* Addison Wesley, San Francisco, 2002,

[10] Perry R. Cook, *Music, Cognition, and Computerized Sound : An Introduction to Psychoacoustics*, The MIT Press, Cambridge, 2001,

[11] John R. Pierce, *The Science of Musical Sound, W. H. Freeman and Company*, New York, 1992,

[12] Curtis Roads, *The Computer Music Tutorial*, The MIT Press, Cambridge, 1996.

[13] Thomas D. Rossing, *Science of Percussion Instruments, Series in Popular Science*, Volume 3, World Scientific, Singapore, 2000,

[14] William A. Sethares, *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale, Springe*r, London, 1998.

[15] 김현지, “영조조 편경 제작과정 연구 :「인정전 악기조성청의궤」를 중심으로,” 한국음악학논집, 제3집, pp.7-55, 1999.

[16] 김형운, 소리가 하늘이다, KBS Media 한국사傳 세종대왕, 제2부, 2008.

[17] 송방송, “박연의 율관제작과 악기제조,” 한국예술종합학교 논문집, 제3집, pp.214-302, 2000.

윤 지 원

1997년 연세대학교 작곡과(학사)
2000년 연세대학교 음악학과 작곡전공(음악석사)
2006년 동국대학교 멀티미디어학과 컴퓨터음악전공(컴퓨터음악박사 수료)

2010년~현재 계명대학교 뮤직프로덕션과 교수
관심분야 : 컴퓨터음악, 인터렉티브 멀티미디어 음악, 음악작곡 자동화 시스템

김 준

1989년 경희대학교 작곡과(학사)
1994년 미국 Boston대학교 작곡과(음악석사)
1999년 미국 Stanford대학교 작곡/컴퓨터음악 전공(음악박사)

2001년~현재 동국대학교 멀티미디어학과 교수
관심분야 : 컴퓨터음악, 멀티미디어음악, 소리 합성, Sound Visualization