

국문초록

배음 구조에 따른 징의 음색적 특징 연구

조원주, 김준

징은 사물놀이, 불교음악, 무속 등에 사용되는 대표적 국악타악기이다. 본 연구는 징의 피지컬 모델링 합성을 위한 기초 단계로 징의 음색적 특징을 분석한 연구이다. 분석은 크게 두 단계로 진행되어 첫째 전체적인 배음구조를 통한 음색적 특징을 분석하였으며, 둘째 이 배음들에서 나타나는 실시간 변화 및 맥놀이 현상에 대해 분석하였다. 그 결과 징은 두 개의 배음렬로 이루어지며, 각 배음렬은 거의 정확한 자연배음을 이루는 것으로 나타났다. 또한 두 배음렬의 엔벨로프 변화에 따라 실시간 특정 배음렬의 울림이 두드러지는 특징을 보였다. 이로서 징은 타격 초반 정확한 음고가 두드러지는 반면, 후반에는 맥놀이 현상이 두드러지게 나타났다. 이러한 배음 구조는 징의 재료와 제작방법에서 기인한 것으로 징 고유의 음색 형성에 중요한 요소로 간주되어야 한다.

배음 구조에 따른 징의 음색적 특징 연구

조원주*, 김준**

들어가는 말

악기 연구는 음악 역사와 함께 시작되었으며, 최근 컴퓨터를 이용한 다양한 방법들을 통해 이루어지고 있다. 소리 분석과 합성은 컴퓨터를 이용한 악기 연구에 있어 가장 중요한 방법의 하나로 지금까지 다양한 방법을 통한 연구가 행해지고 있다¹⁾. 그 중 악기의 물리적 특징에서 나타나는 규칙을 통해 소리를 만드는 방법인 피지컬모델링 합성은 특히 소리의 변화가 많은 악기에 적합한 방법의 하나로 각광받고 있다²⁾. 본 연구의 분석 대상인 징은 재료와 독특한 제작 방식에 의해 음색적 변화가 어떤 악기보다 두드러진다. 이런 이유에서 피지컬 모델링을 통한 방법은 징의 음색 합성에 가장 이상적인 방

* 동국대학교-서울 영상대학원 멀티미디어학과 박사과정

** (교신저자) 동국대학교-서울 영상대학원 멀티미디어학과 교수

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2011-0000064)

1) Stefan Bilbao, "Percussion Synthesis Based on Models of Nonlinear Shell Vibration" IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language processing, vol. 18, no. 4, 2010. pp. 872~880.

2) 김혜지, 윤혜정, 조형제, 김준 "국악기 피리의 소리합성을 위한 음색분석" 『멀티미디어학회 논문지』 제9권 제7호, 2006, p. 102.

법이라 할 수 있다. 이에 본 연구는 실제 합성을 위한 연구의 전 단계로 징이 가지는 음색적 특징을 다음의 두 단계로 나누어 분석하였다.

첫째, FFT 분석을 통해 징의 배음 구조를 분석하였다. 징은 타악기이지만 선율악기만큼의 정확한 음고(pitch)를 가지고 있기 때문에 FFT 분석을 사용하였다. 안정적인 울림을 분석하기 위해 어택(attack)과 디케이(decay)³⁾를 제외한 부분을 선택하였고, 분석에 사용된 윈도우 타입은 해닝(hanning)이며 윈도우 사이즈는 8,192이다.

둘째, FFT 배음 분석을 토대로 배음의 실시간 변화에서 나타나는 특징을 연구하였다. 실시간 변화는 징의 음색에서 가장 중시되는 일명 울음에 대한 부분으로 소리변화의 단계를 세부적으로 나누어 분석하였다. 분석에 사용된 윈도우 타입은 해닝으로 동일하게 적용하였으나 단계별 소리 변화 분석을 위해 512~16,384의 다양한 윈도우 사이즈(window size)를 적용하였다.

징의 음색 분석⁴⁾

1. 징의 배음구조

일반적으로 타악기는 리듬악기로 강박에 사용되거나 특정 리듬을 강조하기 위한 목적으로 사용된다. 리듬을 목적으로 사용되는 타악기의 경우 대부분이 정확한 음고가 없으며, 음향학적으로 소음의 특징을 갖는 경우가 많다. 하지만 징의 경우 매우 정확한 음고를 가지고 있다. 단순히 노이즈의 특정 대역의 음고가 아닌, 다른 선율 악기만큼의 정확한 음고로 인식된다. 즉 징의 배음 구조가 자연배음일 것이라는 예상이 가능하다.

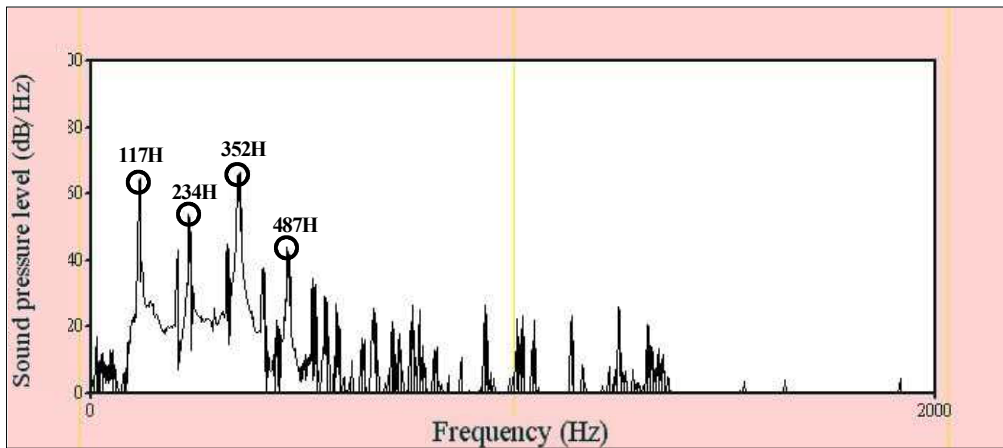
예 1은 FFT분석을 통해 살펴본 징의 배음구조이다. 약 117Hz를 기음(fundamental)

3) 악기 소리는 음량 값과 스펙트럼의 실시간 변화에 의해 만들어지며, 음량 값의 변화를 엔벨로프(envelope)라 한다. 엔벨로프는 네 단계로 정의되며, 어택은 소리가 발생해서 음량이 작아지기 전까지의 단계를, 디케이는 음량이 작아지는 부분부터 지속되기 전까지의 단계를 의미한다. Curtis Roads, Computer Music Tutorial, The MIT Press, 1996, p. 97.

4) 조원주, 김 준 “징의 배음 구조와 맥놀이 현상에 관한 연구” 『한국공학예술학회 학술대회 논문지』 제9권 제7호, 2009, pp. 23~28의 분석 결과를 참조하였음.

으로 정확한 비율의 배음이 나타나 자연배음의 구조를 보인다.

예 1. 주파수 영역에서 징의 배음 구조

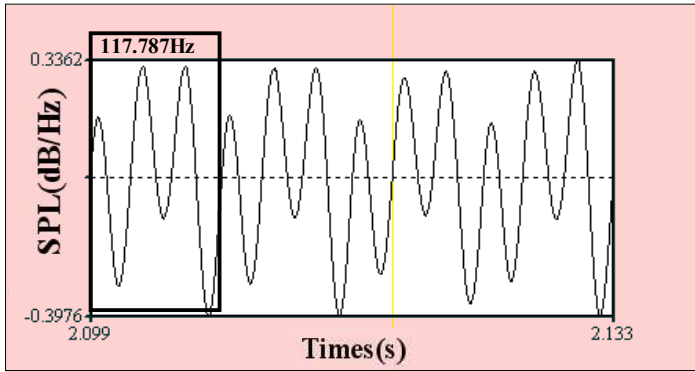


예 1에서와 같이 세 번째 배음(352Hz)의 강도가 두드러지게 나타나며, 높은 배음으로 갈수록 에너지가 감소하는 일반적인 스펙트럼 형태(spectral shape)⁵⁾을 보여준다. 100~500Hz 대역에서 두드러지는 음량의 배음들이 나타나며, 이후 촘촘한 간격의 배음들이 비교적 작은 음량으로 이어진다. 음색의 밝기에 영향을 주는 고배음의 에너지가 약하게 나타나⁶⁾ 징 특유의 어두운 음색이 만들어진다. 정확한 음고는 시간 영역의 파형에서도 잘 나타난다. 예 2는 징의 전체 파형의 일부를 시간 축에서 확대한 것이다.

5) Spectral Shape은 배음의 에너지(음량 값)가 갖는 형태를 의미하며, 음색 특징을 결정짓는 중요한 요소이다. Perry R. Cook. Music, Cognition, and Computerized Sound, The MIT Press, 1999, pp. 79~81.

6) Emery Schubert, Joe Wolfe, Alex Tarnopolsky, *Spectral centroid and timbre in complex, multiple instrumental textures* ICMPC8, Evanston, IL, USA, 2004, p. 656.

예 2. 시간 영역에서 징의 파형



거의 정확한 주기가 나타나고 있으며, 이 주기는 1초에 약 117.787번으로 Bb2 (117.787Hz)의 음고를 가진다. 또한 파형의 형태와 안정된 반복은 징이 거의 완벽한 비율의 자연배음 구조임을 예상하게 한다.

또한 징이 정확한 음고를 가지는 다른 이유는 일반적인 타악기에서 많이 발생하는 고주파 배음이 거의 없는 것에서도 찾을 수 있다. 이것은 징 채의 재질에 의한 것으로 채의 재질이 나무에 천을 감은 형태로 되어있기 때문으로 볼 수 있다⁷⁾.

2. 징의 배음렬

징의 배음구조를 통해 정확한 음고의 원인을 분석해 보았는데, 한 가지 의문이 생긴다. 그것은 FFT 분석에 기음과 관련된 배음 외에 강한 강도를 갖는 배음이 존재한다는 것이다. 그렇다면 이 배음들은 어떤 의미를 갖는 것인가?

대다수 타악기의 경우 악기 타격에서 발생하는 노이즈는 자연스러운 현상이다. 때문에 많은 타악기에서 악기 본래의 배음과 노이즈가 함께 발생 한다⁸⁾. 하지만 본 연구의 분

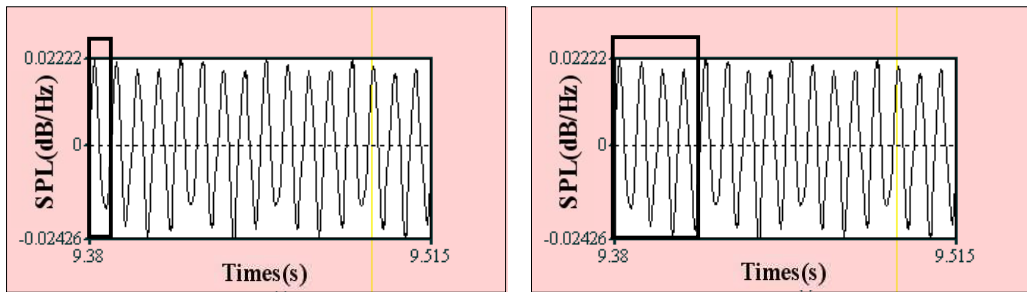
7) 성평모, “징 음향측정 및 분석”, 國樂院 論文集, Vol. 6, 1996, pp. 179~212.

8) Pierre Roy, François Pachet, Sergio Krakowski, “Analytical Features for the Classification of Percussive Sound: the Case of the Pandeiro”, Conference on Digital Audio Effects, 2007, pp. 1~8.

석 데이터는 이러한 부분을 제거하기 위해 어택과 서스테인을 제외한 부분을 취한 것이므로, 노이즈에 의한 부분음으로 볼 수는 없다.

예 3은 약 9초에서 살펴본 징의 파형으로 a.와 b.는 동일한 파형이다. 예 3. a.에 표기된 영역은 초당 117을 주기로 표시한 것이며, 징의 기본 음고를 나타낸다. 하지만 더 세밀하게 비교할 경우, 이 주기는 다시 네 번을 단위로 반복되고 있어(예 3. b.), 새로운 주기로 해석할 수 있다. 결과적으로 하나의 파형에서 두 개의 주기가 나타나고 있다.

예 3. 징의 파형에 나타나는 두 개의 주기



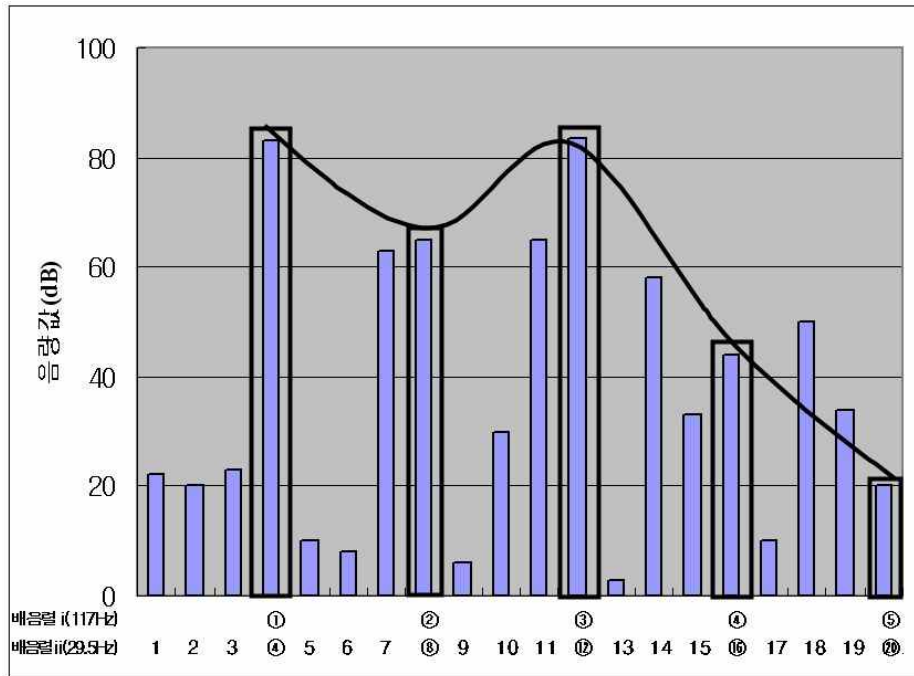
a. 117Hz

b. 29.5Hz

즉 시간 영역의 파형을 통해 두 개의 배음렬을 유추 할 수 있으며, 이것을 FFT분석 데이터와 비교하면 모든 배음이 두 배음렬의 구성음과 일치함을 알 수 있다.

예 4는 두 배음렬을 나타낸다. 편의상 기본 음고에 해당하는 배음렬과 또 다른 배음렬을 각각 배음렬 i와 배음렬 ii로 표기한다.

예 4. 징에 나타난 두 개의 배음렬



두 배음렬에서 특히 중요한 것은 배음렬 간의 비율, 즉 음정(interval) 관계이다. 배음렬 i 과 배음렬 ii의 비율은 117(Hz): 29.5(Hz) 즉 1: 0. 252로 나타났다. 이것은 평균률에서 볼 때 두 옥타브의 관계이며, 기본 음고의 배음렬과 두 옥타브 아래의 또 다른 배음렬로 이루어진다(예 5). 기본 음고보다 낮은 음고의 배음은 징의 울림을 더욱 안정적으로 만든다. 또한 두 배음렬의 비율에 의해 각 배음렬은 유사한 주파수의 배음을 갖게 된다. 예 4의 하단에 위치한 원숫자(①, ②...)로 표기된 배음들이 그 예이다. 이러한 배음들은 약간의 주파수 차이를 갖게 되며, 보다 풍부한 음향을 만든다.

예 5. 징에 나타나는 두 배음렬의 음정관계



기본 음고를 제공하는 배음렬 i의 경우 매우 일반적인 spectral shape을 보여주지만, 배음렬 ii는 특별한 유형을 보여준다. 하지만 저배음의 강도가 매우 낮으며, 제7배음 이상 비교적 높은 배음들의 음량 값이 크게 나타나고 있다. 실제 징의 청취에서 그 음고는 배음렬 i의 기음에 비해 높게 인식되는데, 이러한 높은 배음들의 존재에서 그 원인을 찾을 수 있다.

일반적으로 징은 구리와 주석의 합금으로 만들어지는 것으로 알려졌으나, 정확한 함량과 성분 등은 밝혀지지 않고 있다⁹⁾. 또한 징의 제작과정 역시 정형화된 틀을 가지고 있는 것이 아니기 때문에, 두 배음렬의 원인을 결론지을 수는 없다. 하지만 지금까지 분석된 징 외에 두 개의 징을 더 분석해 본 결과 두 개의 배음렬은 나머지 징에서도 나타났다. 표 1은 이러한 결과를 정리한 것이다. 지금까지 분석된 징을 징 A라고 표기 하였으며, 징 B와 징 C는 또 다른 징에서 얻은 결과이다.

표 1. 세 징에서 나타난 배음렬 비교

	징 A		징 B		징 C	
	평균률	비율	평균률	비율	평균률	비율
배음렬 i	Bb2	1	A2	1	B2	1
배음렬 ii	Bb0	0.252	A0	0.2545	C2	0.528

9) 국립국악원 金屬 打樂器 研究, 서울: 국립국악원, 1999, p. 18.

기본 음고의 배음렬과 또 다른 배음렬의 비율에는 차이가 있으나, 세 징에서 모두 두 개의 배음렬이 나타나는 것으로 분석되었다. 또한 기본음고의 배음렬(배음렬 i) 보다 낮은 음고를 기음으로 하는 배음렬(배음렬 ii)의 존재 역시 동일하게 나타났다. 즉 두 배음렬이 나타난다는 것은 일반화 가능한 징 고유의 특징으로 간주된다.

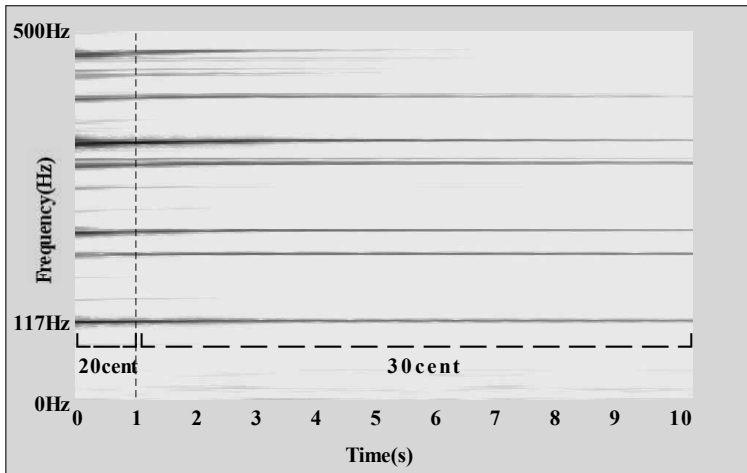
실시간 배음 변화

좋은 징을 선별하는데 있어 가장 중요한 점은 ‘울림’이라고 하는 특유의 울림으로 음향학적으로 맥놀이 현상을 의미한다. 일반적으로 맥놀이 현상이 길고 선명하게 발생할수록 잘 만들어진 징으로 평가된다. 본 장에서는 배음의 실시간 음량 값 변화를 분석하여 징에 나타나는 맥놀이 현상의 특징과 발생 원인을 살펴보았다.

1. 주요 배음의 실시간 변화

하나의 소리가 발생한 후 소멸할 때까지 어느 정도의 음색 변화는 대부분의 악기에서 나타나는 일반적 특징이다. 하지만 징의 경우 음색의 변화가 청각적으로 두드러지게 느껴질 만큼 크게 나타나며, 음고의 실시간 변화 역시 쉽게 인식된다. 예 6의 스펙트로그램은 징의 음고 변화 양상을 잘 보여준다.

예 6. 스펙트로그램에 나타난 주파수 변화



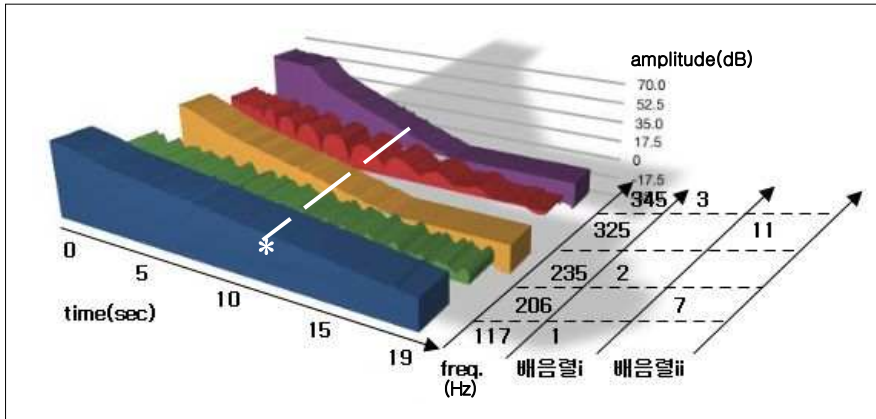
타격 직후, 기본 음고인 117Hz는 대략 1초 동안 약 20cent 가량의 음고 변화가 발생한다. 이후 완만하게 음고 변화가 지속되어 9초 경과 후, 약 30cent 정도의 음고 변화가 이어진다. 이로서 약 10초 동안 50cent 이상의 음고 변화가 나타난다. 이것은 징의 진동면이 평평하지 않고 약간 굴곡진 형태에서 기인한 것으로 알려져 있으며, 유사한 재질의 다른 타악기에서 나타나는 특징이기도 하다¹⁰⁾¹¹⁾.

징의 음색 변화에서 보다 중요한 점은 타격 후 약 5초가 지나 발생하는 맥놀이 현상이다. 맥놀이 현상은 징의 가장 독특한 특징으로 예 7은 징의 주요 배음이 분포하는 100~400Hz 범위에서 주요 배음의 강도 변화를 보여준다.

10) Emery Schubert, Joe Wolfe, Alex Tarnopolsky. "Spectral centroid and timbre in complex, multiple instrumental textures" ICMPC8, Evanston, IL, USA, 2004, pp. 654~657.

11) Thomas D. Rossing. *Science of Percussion Instruments*, World Scientific Publishing Company; 1st edition, 2000, p. 87.

예 7. 스펙트로그램에 나타난 주파수 변화



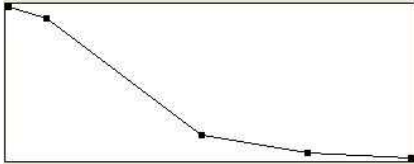
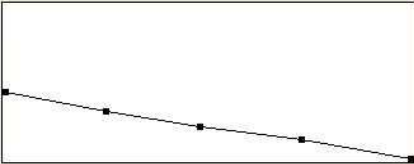
예 7에서 알 수 있듯이 두 배음렬은 매우 다른 강도 변화를 보인다. 그 차이는 크게 엔벨로프의 변화 양상과 맥놀이 현상으로 나눌 수 있다.

첫째 엔벨로프를 살펴보면, 배음렬 i는 변화의 범위가 넓고 비교적 급한 경사의 엔벨로프를 보여준다. 배음렬 i 내에서도 제3배음의 경우 이러한 특징이 가장 두드러지며, 제1배음의 경우 이러한 특징이 가장 적게 나타나는 것으로 분석되었다. 이와 같은 유형의 경사진 엔벨로프는 약 13초정도까지 이어지며, 이후 매우 약한 강도가 완만하게 지속된다. 한편 배음렬 ii는 상대적으로 변화의 범위가 좁고 엔벨로프 역시 완만하게 나타난다. 제7배음과 제11배음 모두 배음렬 i의 배음과 비교했을 때, 절반가량의 음량으로 소리가 시작한다. 하지만 타격 약 10초 이후(예 7에 *로 표시된 부분) 음량차는 거의 없어진다. 일반적으로 많은 사람들이 징의 소리를 듣고 중반(10초 중후반) 이후 음고가 올라간다고 표현하는데, 이것은 물리적으로 정확하지 않은 표현이라 할 수 있다. 음고가 올라가는 것이 아니라 낮은 배음과 높은 배음이 가진 강도의 변화에 따라 심리적으로 음고가 올라가는 것으로 인식하는 것이다. 즉 상대적인 음량의 크기에 따라 타격 후 중반부터 높은 음고의 배음이 두드러지게 되는 것이다.

둘째 배음렬 ii를 중심으로 명확한 맥놀이 현상이 발생한다. 배음렬 i 역시 음량 변화가 존재하며, 그 변화는 일반적인 악기에서 발생하는 것에 비해 큰 폭이라 할 수 있다. 하지만 상대적으로 변화의 폭이 많은 배음렬 ii에 의해 배음렬 i의 경우 일반적인 떨림 정도로 인식된다. 한편 징에서 좋은 ‘울음’은 타격 직후에 발생하는 음량 변

화가 아닌, 후반 뚜렷하게 들리는 맥놀이 현상을 의미한다. 즉 예 7에 *로 표시된 10초 이후부터 그 울음이 시작된다고 볼 수 있다. 하지만 이것 역시 징의 음고와 마찬가지로, 이 부분을 출발점으로 맥놀이 현상이 시작되는 것은 아니다. 배음렬 ii의 제7배음과 제11배음의 경우 주기와 폭에 있어 차이를 보이지만, 타격과 거의 동시에 맥놀이 현상이 시작되는 것을 볼 수 있다. 어택 부분을 제외한다 하더라도 맥놀이 현상은 뚜렷하게 발생한다. 10초 이후 울음이 발생한다고 느끼는 이유는 심리적 음고 변화의 원인과 비슷하다. 타격 초반 배음렬 ii의 맥놀이 현상은 배음렬 i에 비해 상대적으로 강도가 약하기 때문에 청각적으로 인식하기 힘들지만, 그 강도가 유사하며 점점 명확히 드러나게 되는 것이다. 또한 변화 많은 소리와 그렇지 않은 소리를 동시에 들을 때, 변화가 많은 소리를 더 잘 인식하는 것을 고려하면, 10초 이전에 맥놀이 현상을 듣는 것이 더 옳을 것이다. 실제 맥놀이가 시작되는 지점을 판단하는데 있어 개인차가 나타난다. 표 2는 징의 두 배음렬에서 나타나는 음량 값의 변화를 정리한 것이다.

표 2. 징에 나타난 두 배음렬의 강도 변화 비교

비교	배음렬 i	배음렬 ii
Envelope	전체적인 변화 폭이 매우 크며, 경사 또한 매우 급함 	완만한 변화 
Beating	미약하게 발생	명확한 맥놀이 발생

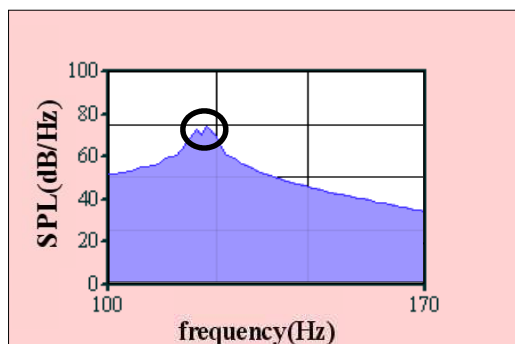
이와 같이 두 배음렬에서 나타나는 강도 변화가 명확하게 구분되는 것은 징이 두 개의 배음렬로 이루어졌다는 것을 더욱 명확하게 하는 결과라고 할 수 있으며, 징의 소리합성에 있어 가장 중요하게 다루어져야하는 특징으로 볼 수 있다.

2. 맥놀이 현상

맥놀이 현상은 주파수가 비슷한 두 파동의 간섭에 의해 두 주파수 차이만큼 주파수 폭이 일정한 주기로 변하는 것을 말한다¹²⁾. 징에서 발생하는 맥놀이 현상은 크게 두 가지 원인에 의해 나타난다.

첫 번째는 두 배음렬의 비율에서 발생하는 떨림 현상으로 배음렬 i에서 나타난다. 단일 배음렬의 배음 관계에서 맥놀이 현상은 발생하지 않는다. 하지만 징의 경우, 두 개의 배음렬에서 발생하는 1:0.252의 비율에 의해 자연스럽게 맥놀이 현상이 나타난다. 예 8은 배음렬 i의 제1배음에서 나타나는 맥놀이 현상을 보여준다.

예 8. 배음렬 i의 제1배음에서 나타나는 맥놀이 현상



하지만 이 배음들에서 발생하는 소리변화는 크지 않기 때문에, 맥놀이 현상 보다는 약간의 떨림으로 간주하는 것이 더 옳을 것이다.

두 번째는 두 배음렬 중 더 낮은 음을 기음으로 하는 배음렬 ii에서 발생한다. 징의 특징인 울음과 관련된 현상으로 명확한 맥놀이 현상을 보여준다. 표 3은 맥놀이 현상이 뚜렷하게 들리는 약 10초 이후 부분의 사운드에서 추출한 데이터이다.

12) William A. Sethares, "Tuning, Timbre, Spectrum, Scale", J. Springer, 2004, pp. 40~44.

표 3. 주요 배음과 맥놀이 현상을 일으키는 비배음

배음렬 i	배음렬 ii	주파수	음량
1		118.56378289158256	48.89559948802887
		205.6442550254216	13.59144195662379
	7	206.6956556741516	29.65579960237689
		209.1389334769968	05.716538366988685
2		237.10271049124106	17.77288039626985
	11	325.5407975963786	27.105544487404217
		326.72646805053415	09.890544329504813
3		355.6710579374382	15.039278812350277

■ = 배음 □ = 비배음

두드러지는 맥놀이가 발생하는 배음렬 ii의 제7배음과 제11배음에 맥놀이를 발생시키는 부분음들이 존재한다. 제7배음과 제11배음의 맥놀이 회수에서 특정한 관계를 파악할 수는 없으나, 비배음 성분의 존재에 의해 맥놀이가 발생하고 있다는 것을 알 수 있다. 배음렬 ii의 제7배음에서 발생하는 맥놀이 현상은 특히 중요한데, 그 이유는 이 배음의 경우 청각적으로도 두드러져 징의 울음에 가장 직접적인 결과를 제공하기 때문이다. 물론 모든 징에서 배음렬 ii의 제7배음이 항상 울음의 중심이 되는 소리를 제공하는 것은 아니다. 이것은 각 징에 따라 다소 다르게 나타난다. 하지만 배음렬 ii의 배음 중, 징의 기본음고보다 높은 배음에서 맥놀이 현상이 발생하는 것은 징의 일반적인 특징으로 간주할 수 있다.

앞서 언급되었던 것과 마찬가지로 징의 재료와 제작방법은 정형화되지 않았기 때문에 징에 나타난 음색적 특징의 정확한 원인을 밝히기는 힘들다. 하지만 징의 재료와 만들어지는 과정을 통해 두 개의 배음렬이 나타나며, 이 두 배음렬의 관계에서 독특한 음색이 발생한다. 기본 음고의 배음렬(배음렬 i)은 타격이후 강도가 급격히 소멸하였다. 반면 또 다른 배음렬(배음렬 ii)은 강도 변화가 심하지 않아 초반 상대적으로 작은 음량으로 나타나지만, 후반으로 가며 오히려 소리가 우세해지는 특징을 보였다. 징에서 매우 중요한 제작과정 중 하나인 마름질 혹은 메질은 징의 후반 작업으로 일명

울음잡기의 과정이다. 장인들은 이 과정을 통해 울음 즉 맥놀이가 만들어진다고 설명한다. 즉 망치를 이용해 타격 부위를 중심으로 편평하게 땡기는 이 과정을 통해 두 배음렬의 반응이 만들어지는 것으로 해석할 수 있다.

결론적으로 맥놀이 현상의 원인 역시 징의 재료와 제작과정에서 만들어지며, 두 배음렬이 각기 다른 특징을 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 엔벨로프의 변화와 함께 소리합성에서 매우 중요하게 다루어져야 할 것이다.

결론

본 연구는 우리나라의 대표적인 금속 타악기인 징의 피지컬 모델링 합성을 위한 사전 연구로 징의 배음구조를 중심으로 징의 음색적 특징을 분석한 것이다. 징에 나타나는 정확한 음고, 풍부하고 안정적인 음색, 특유의 울림 등을 분석하기 위해 소리의 가장 기본적인 요소인 배음 구조를 중심으로 징의 배음과 이 배음들의 실시간 변화를 분석하였다.

징은 일반적인 악기와 달리 두 개의 배음렬을 가진 것으로 나타났다. 단일 배음렬을 가진 일반 악기에 비해 배음의 개수 자체가 많기 때문에 풍부한 울림이 만들어졌다. 각 배음의 비율은 거의 완벽한 자연 배음의 비율로 이루어져 여타 선율 악기만큼의 정확한 음고가 나타났다. 특히 두 배음렬의 비율 혹은 음정관계는 징의 특징을 파악하는데 매우 중요한 부분으로, 기본 음고로 인식되는 배음렬_i보다 낮은 음고를 기음으로 하는 배음렬_{ii}가 존재하는 것으로 나타났다. 이로서 징 특유의 안정적인 음색이 만들어졌다. 이러한 특징은 정형화되지 않은 징의 제작방식 및 정량화되지 않은 재료의 비율과 관련된 것이기 때문에 배음렬에 나타난 수치를 일반화하는 것은 오류가 있다. 하지만 기본 음고보다 낮은 배음렬의 존재는 징의 일반적인 특징으로 간주할 수 있으며, 음색적 특징에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 해석된다.

배음의 실시간 변화에서 중요한 점은 두 배음렬이 각각 다른 특징을 갖는다는 것이다. 배음렬_i은 엔벨로프의 폭과 속도에서 매우 큰 변화를 보여주는 반면, 배음렬_{ii}는 상대적으로 작은 변화를 보여주었다. 하지만 맥놀이 현상에 있어 이러한 특징은 반대로 나타났다. 배음렬 _i은 작은 변화를 보여준 반면, 배음렬 _{ii}는 매우 두드러지는 변화를 보여주었다. 실제 징의 울음에 해당하는 맥놀이 현상은 배음렬 _{ii}에서 발생하는 것

으로 분석되었으며, 특히 제7배음 이상의 고배음을 중심으로 나타났다. 엔벨로프와 맥놀이 현상의 두 특징에 따라, 배음렬 i이 우세한 타격 초반의 경우 맥놀이 현상을 인식하기 힘들지만, 10초 이후 배음렬 ii의 상대적 음량이 증가한 경우 명확한 맥놀이 현상이 나타나는 것으로 분석되었다. 실시간 변화에 대한 이러한 결과 역시 징의 재료와 제작방식에서 그 원인을 찾을 수 있어 두 개의 배음렬을 중심으로 그 특징이 나타났다. 두 배음렬의 특징과 그 관계에서 생성되는 변화는 징의 음색에 가장 중요한 특성을 이룬다. 분석된 내용은 피지컬 모델링 합성을 위한 데이터로 이용될 것이며, 나아가 음색, 전자악기 개발 등으로 그 연구가 이어질 계획이다. 또한 악기제작을 위한 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

검색어(Keyword) |

징(Jing), 음색분석(Timbral Analysis), 맥놀이(Beating), 피지컬 모델링 합성(Physical Modelling Synthesis), 소리분석(Sound Analysis)

참 고 문 헌

- 국립국악원. 『金屬 打樂器 研究』 서울: 국립국악원, 1999.
- 김혜지, 윤혜정, 조형제, 김준. 『국악기 피리의 소리합성을 위한 음색분석』 멀티미디어학회 논문지 제9권 제7호, p.102, 2006.
- 성평모. 『징 음향측정 및 분석』 國樂院 論文集, Vol. 6, 1996.
- 조원주, 김 준. 『징의 배음 구조와 맥놀이 현상에 관한 연구』 한국공학예술학회 학술대회 논문지 제7권 제1호, pp. 23~28, 2009.
- Curtis Roads. *The Computer Music Tutorial*, The MIT Press, 1996.
- Emery Schubert, Joe Wolfe, Alex Tarnopolsky, "Spectral centroid and timbre in complex, multiple instrumental textures" ICMPC8, Evanston, IL, USA, 2004.
- John R. Pierce. *The Science of Musical Sound*, W. H. Freeman and Company New York, 1996.
- N. H. Fletcher. "Nonlinear frequency shifts in quasisphereac1-cap shells:Pitch glide in Chinese gongs", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 78. No. 6, pp. 2069-73, 1985.
- Perry R. Cook. *Music, Cognition, and Computerized Sound*, The MIT Press, 1999.
- Pierre Roy, François Pachet, Sergio Krakowski. "Analytical Features for the Classification of Percussive Sound: the Case of the Pandeiro", Conference on Digital Audio Effects, 2007.
- Stefan Bilbao. "Percussion Synthesis Based on Models of Nonlinear Shell Vibration" IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language processing, vol. 18, no. 4, 2010.
- Thomas D. Rossing. *Science of Percussion Instruments*, World Scientific Publishing Company; 1st edition, 2000.
- William A. Sethares. *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*, J. Springer, 2004.

ABSTRACT

Timbral Analysis of Jing by its Harmonic Structure

Wonju Cho, Jun Kim

Jing is one of the leading Korean Percussions, used for Samulnori, Buddhist Music, and Shamanism. This study analyzed the timbral characteristics of Korean traditional musical instrument, Jing, as a basic step for the Physical modeling synthesis. The analysis was divided into two steps. First, analyzed the timbral characteristics of Jing through harmonic structure. Second, studied the timbral changes by analyzing variations in real-time sound and beating phenomena. As a result, Jing has two harmonic series and each harmonic series is natural overtone. In addition, by change in the envelope of each harmonic series, real time sound changes. Jing has unique harmonic structure that is due to materials and production methods and the characteristic timbre is created by the harmonic structure.

투고일자: 2011년 2월 28일
심사일자: 2011년 3월 15일
게재확정일자: 2011년 4월 5일