

대금(大笥)의 청(淸) 울림에 따른 음색 및 노이즈의 변화에 대한 연구

윤지원[†], 조희영^{**}, 조형제^{***}, 김준^{****}

요 약

대금은 주요 국악기 중 유일하게 청을 사용하는 악기로 청의 특징은 대금의 음색을 합성하기 위하여 가장 먼저 고려되어야 할 사항이다. 이에 청의 울림에 따른 대금의 배음 변화를 비교 연구한 결과 약 일곱 번째 이상 배음들에서 음량차이가 나타났다. 또한 배음 변화를 제외한 노이즈 변화도 연구하여 청의 울림이 배음의 경우와는 달리 노이즈와는 무관하다는 결론을 얻었다. 청 울림이 대금의 음색에 미치는 영향에 관한 연구는 대금 음색의 합성을 위한 첫 단계로서, 대금 소리 합성의 기초자료로 사용된다.

A Study on the Timbre and Noise of Daegeum by Cheong Vibration

Jiwon Yoon[†], Heeyoung Cho^{**}, Hyung-Je Cho^{***}, Jun Kim^{****}

ABSTRACT

Daegeum is the only Korean musical instrument that uses *cheong*. The characteristics of *cheong* have to be considered first for the sound synthesis of *daegeum*. This study analyzes the changes of partials in accordance with the vibration of *cheong*. It shows that amplitudes differ at the partials after about the seventh partial. The study also found that, unlike the case of partials, the vibration of *cheong* has nothing to do with noise. We expect that this study results can be applied to the sound synthesis of *daegeum*.

Key words: Daegeum Cheong(대금 청(淸)), Sound Analysis(소리 분석), Sound Synthesis(소리 합성)

1. 서 론

전자악기가 발달하고 음악 작업에서의 비중이 막대해지면서 악기의 음색을 전자적으로 합성하고자 하는 노력은 지속적으로 이루어지고 있다. 악기 음색을 합성하는 방식에는 악기의 스펙트럼을 분석하여 합성하는 방식인 가산합성(Additive Synthesis) 방식과 주파수변조 합성(Frequency Modulation

Synthesis) 방식, 실재하는 악기의 구조와 소리의 발생 방식을 재현하는 물리적 모델링 합성(Physical Modeling Synthesis) 방식이 있다. 이 중 물리적 모델링 방식은 실제 악기의 음색과 가까운 소리를 만들어 낼 수 있다는 장점 때문에 최근 많이 연구되고 있다.

국악기의 경우에도 그 독특한 소리를 합성하기 위하여 여러 가지 방법으로 음색 합성이 시도되고 있

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김 준, 주소 : 서울시 중구 필동3가 26번지(100-715), 전화 : (02)2260-3264, FAX : (02)2260-3764, E-mail : music@dongguk.edu

접수일 : 2005년 12월 5일, 완료일 : 2006년 5월 2일
[†] 준회원, 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 박사과정 (E-mail : jiwon1973@hanmail.net)

^{**} 준회원, 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 박사과정

(E-mail: heeyoung37@hanmail.net)

^{***} 정회원, 동국대학교 멀티미디어학과 교수 (E-mail : chohj@dongguk.edu)

^{****} 정회원, 동국대학교 멀티미디어학과 교수

※ 본 연구는 과학기술부(한국과학재단) 특정기초연구 (R01-2005-000-10946-0) 지원으로 수행되었음

다. 그 중 대금(大笏)은 다른 관악기에서는 찾아볼 수 없는 청(淸)을 사용하여, 청의 울림에서 비롯된 독특한 음색을 만들어내고 있다. 청의 울림은 대금만이 가지고 있는 가장 큰 특징으로, 대금 음색을 합성할 때 가장 먼저 연구되어야 할 사항이다.

본 논문은 대금의 음색 합성을 위한 기초 단계로, 대금의 청을 울리지 않은 음색과 청을 울린 음색을 비교하여 청의 울림이 대금 음색에 주는 영향을 연구한 것으로, 다음 장에서 먼저 대금의 구조를 살펴보고, 대금 청 울림이 음색 및 노이즈에 주는 영향을 분석한 후 결론을 맺는다.

2. 대금의 구조

대금은 대나무로 만든 가로 부는 관악기이다. 『악학궤범』(樂學軌範)¹⁾ 의하면 오래된 황죽(黃竹)으로 만든 것이 가장 좋다고 전해지고 있으나, 쌍골죽(雙骨竹)²⁾을 사용하여 만든 것이 맑고 깨끗한 소리를 내어 현재 많이 사용되고 있다. 관의 위쪽은 막혀있으며, 위쪽에서부터 바람을 불어 넣는 취구(吹口), 갈대에서 채취한 청(淸)을 붙이는 청공(淸孔), 손가락으로 막아 음정을 조정하는 여섯 개의 지공(指孔), 그리고 개수가 일정하지 않은 칠성공(七星孔)을 가지고 있다[그림 1]. 대금의 청공에는 갈대 줄기의 안쪽 벽에 붙어있는 매우 얇고 흰 막인 갈대청(淸)을 붙여서 연주한다. 청공은 금속으로 된 청 가리개로 덮어놓는데, 이것은 청을 보호하고, 청이 울리는 정도를 조정하여 음색을 조정하는 역할을 한다.

가로 부는 국악 관악기에는 신라 말기 삼죽(三竹)이라 불린 대금, 중금(中笏)³⁾, 소금(小笏)⁴⁾이 있는데, 이 중 대금만이 청을 붙여 연주한다. 청을 언제부터 사용하였는지는 알려져 있지 않지만, 『악학궤범』의 악기도설(樂器圖說)에 청공이 있는 것을 보아 조선 전기 이전부터 대금에 청을 사용한 것으로 보인다. 대금을 연주할 때 취구로 바람을 넣으면 그 바람

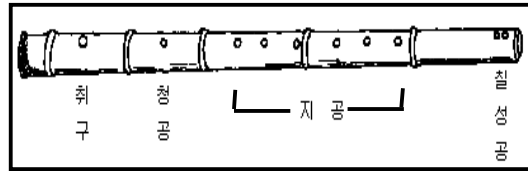


그림 1. 대금의 구조

이 청을 진동시켜 청이 울리는 독특한 소리가 나는데, 이것이 대금만이 가지는 음색의 가장 큰 특징이 된다. 『악학궤범』에는 청공은 취구와 지공의 중간에 위치하며, 지공 쪽에 가까울수록 청이 울리는 소리가 더 잘나는 것으로 기록되어있다.

대금 연주는 바람을 불어 넣는 강도에 따라 약하게 부는 저취(低吹), 보통으로 부는 평취(平吹), 세게 부는 역취(力吹)로 구분되는데, 같은 안공법(按孔法)으로 불 때 이들은 각각 옥타브 차이가 난다. 주로 저취로 연주하는 저음과 역취로 연주하는 고음에서 청이 울리는 소리가 잘 나며, 부드럽고 따뜻한 저음에는 깊고 풍부한 소리를 더하고 고음에서는 맑고 청아하며 장쾌한 소리를 낸다.

3. 대금 청의 음색분석

3.1 분석 대상

대금에는 정악대금(正樂大笏)⁵⁾과 산조대금(散調大笏)⁶⁾ 두 종류가 있는데, 본 연구에서는 대금의 원형으로 볼 수 있으며 비교적 노이즈(noise)가 적어 배음(partial) 분석에 용이한 정악대금을 분석대상으로 선정하였다.

청이 대금의 음색에 미치는 영향을 분석하기 위한 샘플은 숙련된 연주자가 각 음정별로 청을 울린 소리와 청을 울리지 않은 소리를 연주하도록 하여 제작되었다. 연구는 대금 연주 시 청이 주로 울리는 음역대를 중심으로 이루어졌다. 이에 해당하는 음역대는 저취로 연주하는 저음역대와 역취로 연주하는 고음역대로, 분석은 이들 샘플의 안정적인 음색 분석을 위하여 완만한 음량 값이 지속되는 평탄한(steady)부분을 대상으로 하였다.

1) 악학궤범(樂學軌範): 조선 성종(1493)때 성현 등이 편찬된 9권 3책으로 구성된 악전(樂典). 음악이론, 악기 편성과 연주절차, 악기 제작과 연주법 등 음악에 대한 모든 것을 총 망라하여 기술되어 있다.

2) 골이 양쪽으로 패인 대나무.

3) 중금(中笏): 대금보다 작으며, 한 개의 취구, 여섯 개의 지공, 여러 개의 칠성공을 가지고 있다.

4) 소금(小笏): 삼죽 중 가장 작은 악기로 한 개의 취구와 일곱 개의 지공을 가지고 있다.

5) 정악대금(正樂大笏): 궁중음악, 풍류음악을 연주하기 위한 대금.

6) 산조대금(散調大笏): 대금 산조를 연주하기 위해 개량된 대금으로 빠른 가락을 연주를 용이하게 하기 위하여 정악대금보다 길이가 짧다.

3.2 분석 방법

분석의 방향은 크게 두 가지로 나누어진다. 첫째는 청의 울림에 따른 음색 특징이 배음(partial)의 분포 및 각 배음의 음량과 관계가 있는가를 밝히는 것이며, 둘째는 청의 울림에 따른 음색 변화가 노이즈의 분포 변화 및 음량 증가에 기인하는 가를 밝히는 것이다.

3.2.1 배음 분석

청의 울림에 따른 음색 변화와 배음과의 관계를 규명하기 위한 스펙트럼 분석은 청을 울리지 않은 음색과 청을 울린 음색의 개별적인 음정 모두에 대하여 동일한 조건의 FFT(Fast Fourier Transform)⁷⁾ 스펙트럼 분석을 하였다. FFT 스펙트럼 분석에 사용된 윈도우 사이즈(window size)는 1024이고, 윈도우 타입(window type)은 해밍(hamming)이다.

3.2.2 노이즈 분석

노이즈와의 상관관계를 밝히기 위한 분석 역시 FFT 스펙트럼 분석에 사용된 동일한 샘플을 대상으로 하였으며, 윈도우 사이즈에 있어서도 동일하다. 노이즈 분석에 사용된 것은 SMS(Spectral Modeling Synthesis)⁸⁾ 방식으로, 먼저 배음성분과 노이즈성분을 분리하고 여기서 추출해 낸 노이즈 성분에 대해서만 따로 스펙트럼 분석을 적용할 수 있어 노이즈 변화 분석에 용이하다.

3.3 분석 결과

3.3.1 배음 변화

대금의 배음 스펙트럼은 청의 울림에 따른 많은 차이점을 보였다. [그림 2-1]과 [그림 2-2]는 저취로 연주한 황종(黃, E b 4)의 스펙트럼으로 가로축은 주파수, 세로축은 음량의 크기를 나타낸다.

위의 청을 울리지 않은 음색 [그림 2-1]과 청을

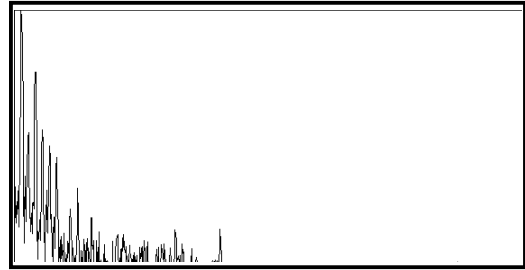


그림 2-1. 청을 울리지 않은 음색 ; 황종(黃, E b 4)의 스펙트럼

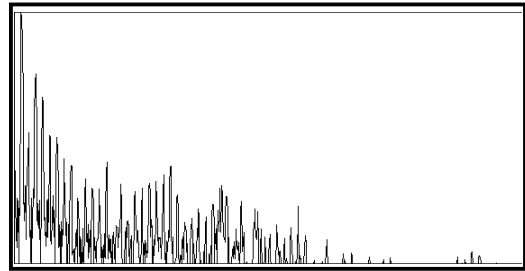


그림 2-2. 청을 울린 음색 ; 황종(黃, E b 4)의 스펙트럼

울린 음색 [그림 2-2]를 비교해보면 약 여섯 번째 배음까지의 구조는 유사하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 첫 번째 배음이 가장 크고 두 번째 배음이 세 번째 배음보다 작으며 세 번째 이후의 배음부터는 점점 작아지는 특징을 가지고 있다.

청을 울리지 않은 음색과 청을 울린 음색 간의 차이가 나타나는 것은 약 일곱 번째 배음부터이다. 청을 울리지 않은 음색 [그림 2-1]에서는 약 여섯 번째 배음까지는 확실한 배음 구조가 나타나지만 그 이후부터는 배음이라기보다는 노이즈처럼 불규칙한 스펙트럼이 나타나고 있다. 반면 청을 울린 음색 [그림 2-2]에서는 여섯 번째 이후의 배음들도 확실히 드러나 아주 높은 주파수 대역의 배음까지도 식별 가능하다. 이 밖의 저취 연주에서의 배음 변화를 볼 수 있는 또 다른 예로 다음의 [그림 3-1]과 [그림 3-2]의 배남려(備, C3)를 들 수 있다.

이를 통해 저취 연주에서 배음의 급격한 변화가 청 울림 음색 특성의 원인이 되고 있음을 알 수 있다.

[그림 4-1]과 [그림 4-2]는 역취로 연주한 청임종(淸, B b 5)의 스펙트럼으로, 가로축은 주파수를 세로축은 음량의 크기를 나타낸다. 역취로 연주한 고음역대 음색의 분석에서도 저취로 연주한 저음역대 음색의 분석과 동일한 결과가 나왔다. 두 그림을 비교해보면 약 일곱 번째 배음까지는 유사한 배음 구조를

7) Fast Fourier Transform: 시간과 주파수의 도메인을 서로간의 도메인으로 변환하는 것을 가능하도록 해주는 푸리에 변환에서 필요한 신호만을 골라 계산시간을 줄인 변환법이다.

8) Spectral Modeling Synthesis : 자비에 세라(Xavier Serra)에 의해 고안되었으며, 소리를 정현파(sine wave)의 부분과 노이즈(noise)의 부분으로 나누어 분석·합성하는 방법을 취한다.

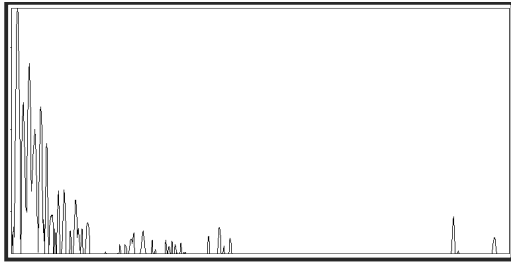


그림 3-1. 청을 울리지 않은 음색 ; 배남려(備, C3)의 스펙트럼

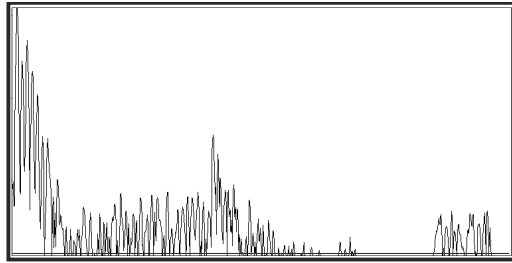


그림 3-2. 청을 울린 음색 ; 배남려(備, C3)의 스펙트럼

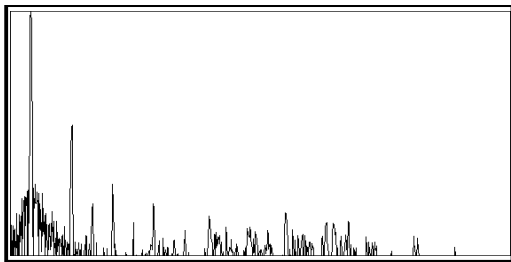


그림 4-1. 청을 울리지 않은 음색 ; 청임종(淸, Bb5)의 스펙트럼

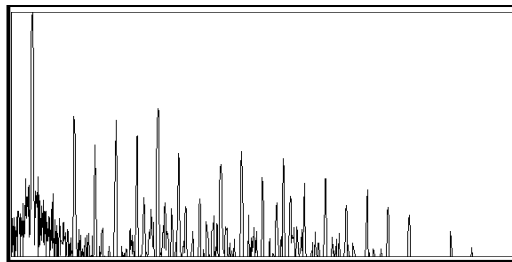


그림 4-2. 청을 울린 음색 ; 청임종(淸, Bb5)의 스펙트럼

이루며, 이후 약 여덟 번째 배음부터는 청을 울리지 않은 음색(그림 4-1)은 배음이 소멸되어 노이즈와 같은 불규칙한 스펙트럼만이 나타나는데 비해 청을 울린 음색(그림 4-2)은 저취 연주의 경우와 마찬가지로 매우 높은 주파수까지도 확실한 배음이 드러나고 있음을 알 수 있다.

이 밖에 역취 연주에서의 배음 변화를 볼 수 있는

또 다른 예로 다음의 [그림 5-1]과 [그림 5-2]의 청남려(淸, C6)를 들 수 있다.

또한 청 소리가 잘 나지 않는 평취 연주의 경우에 해당하는 [그림 6-1]과 [그림 6-2]의 임종(林, Bb4)에서도 배음의 변화를 볼 수 있다.

위에서 살펴본 두 음정 외의 약 5개(저취 2개, 평취 1개, 역취 2개)의 다른 음정의 음색에 대해서도 동일

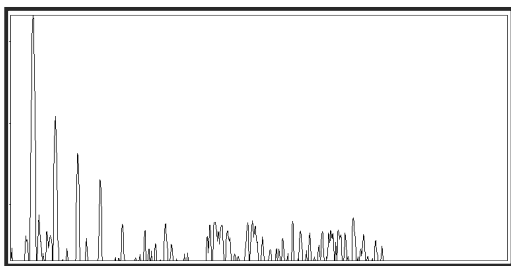


그림 5-1. 청을 울리지 않은 음색 ; 청남려(淸, C6)의 스펙트럼

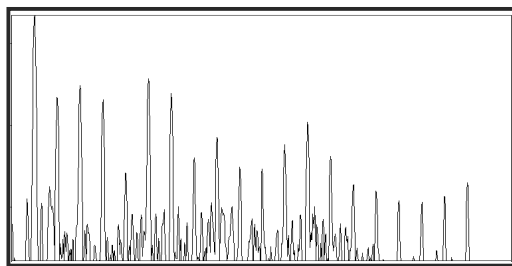


그림 5-2. 청을 울린 음색 ; 청남려(淸, C6)의 스펙트럼

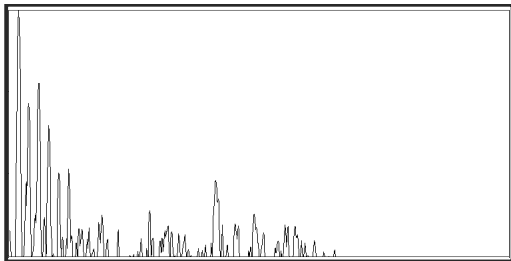


그림 6-1. 청을 울리지 않은 음색 ; 임종(林, Bb4)의 스펙트럼

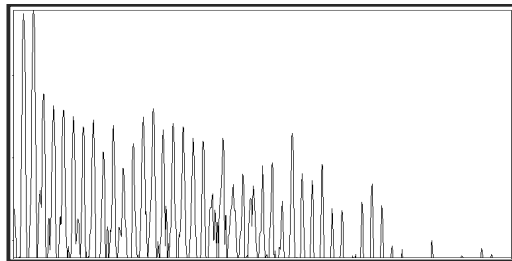


그림 6-2. 청을 울린 음색 ; 임종(林, Bb4)의 스펙트럼

표 1. 대금의 청 울림에 따른 음색 스펙트럼의 변화

	첫 배음부터 약 일곱 번째 배음	약 일곱 번째 이후의 배음
청을 울리지 않은 음색	배음식별 가능 주파수에 비례하여 배음의 음량 감소	배음식별 불가능 노이즈로 추정되는 소량의 고주파 성분 위치
청을 울린 음색	배음성분의 고른 분포 두 번 이상의 배음 용기 주파수에 비례하여 용기 전체의 음량값 감소	

한 조건으로 스펙트럼을 분석한 결과 표 1과 같은 보편적인 현상을 도출해 낼 수 있었다.

대금의 음색은 청의 울림에 따라 스펙트럼 분석에서 배음 구조에 큰 차이가 있음을 보여주었다. 청을 울리지 않은 대금의 음색은 일반적으로 약 7번째에서 10번째 배음에 도달하면 배음의 음량 값이 급격하게 감소하여 소멸하는 것으로 나타났고, 고주파 영역에는 거의 배음으로 볼 수 없는 노이즈 성분만이 분포되어 있으며 그 음량 값도 매우 작은 것을 볼 수 있다.

반면 청을 울린 대금의 음색은 고주파 영역에까지 매우 고른 배음 분포를 보이고 있으며, 비교적 명확하게 노이즈와 구분되어 몇 개의 주파수 축을 중심으로 용기된 형태를 보이고 있다. 동일한 분석을 다른 음정에도 적용한 결과, 일반적인 청 울림 음색은 첫 번째 배음으로부터 시작된 일련의 배음구조가 나타나는 가운데 다시 연이어 약 2개 이상의 중심 주파수 영역을 기준으로 용기되는 형태를 보였다[그림 7].

청을 울리지 않은 음색과 상이한 이 같은 청 울림 음색의 독특한 배음구조 형태는 대금의 신비한 음색 특성을 만들어내는데 결정적으로 기여하고 있음을 알 수 있다.

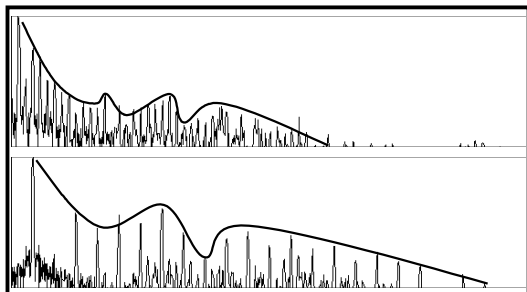


그림 7. 청 울림 스펙트럼의 배음용기

3.3.2 노이즈 변화

청의 울림에 따른 대금 음색의 차이가 배음구조에 기인한다는 스펙트럼 분석결과와는 별개로, 청의 울림에 따른 노이즈의 분포와 음량변화를 분석하여 보았다.

[그림 8-1]과 [그림 8-2]는 SMS 방식으로 소리의 사인파들과 노이즈를 분리한 후 노이즈만을 스펙트럼 분석한 결과이다. 두 그림의 가로축은 주파수를 나타내며, 세로축은 음량을 나타낸다. 두 그림을 살펴보면 청을 울리지 않은 음색(그림 8-1)의 노이즈의 분포와 청을 울린 음색(그림 8-2)의 노이즈 분포에 차이가 없음을 알 수 있다. 두 경우 모두 전 주파수 대역에 걸쳐서 최소 약 -130dB에서 최대 약 -80dB의 노이즈를 갖고 있다.

같은 조건으로 이루어진 다른 음정들의 분석에서도 동일한 현상을 보이고 있어, 음정의 변화 및 청 울림에 상관없이 전반적인 대금 음색의 노이즈는 모두 동일한 형태로 분포하고 있음을 알 수 있다. 이 분석에서 청 울림의 유무에 관계없이 전반적인 대금 음색의 노이즈는 약 20,000 Hz 영역을 향해 약 반으로 음량 값이 떨어졌다가 다시 이 부분을 기점으로 하여 평균값으로 회복하는 것으로 나타난다.

일반적으로 대금의 강렬한 음색인 청이 울리는 소리를 들어보면 노이즈가 많이 발생되고 있을 것 같은

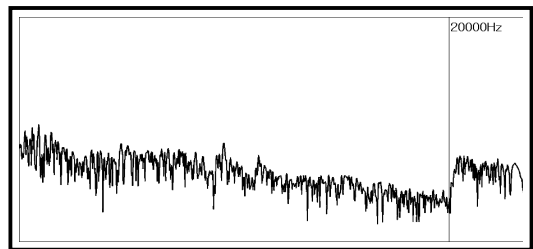


그림 8-1. 청을 울리지 않은 음색; 황중(黃, E b4)의 노이즈 스펙트럼

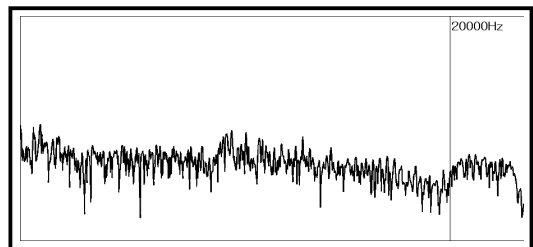


그림 8-2. 청을 울린 음색; 황중(黃, E b4)의 노이즈 스펙트럼

생각을 갖게 된다. 그러나 위의 분석은 청을 올리는 음색이 노이즈 성분의 변화와는 아무런 연관성이 없음을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 연구는 청 울림에 의한 대금의 독특한 음색이 음향학적으로 어떠한 요인에 근거하는가를 밝히고자 한 것이다. 소리 음색을 결정짓는 주요 성분인 배음 분석과 노이즈 분석을 개별적으로 진행한 이유는 청 울림에 의한 음색 변화가 배음성분과 노이즈 변화 모두에 기인할 수도 있다는 가능성 때문이었다. 분석은 동일한 음정에 대해 청을 올리지 않은 음색과 청을 올린 음색을 비교하는 방식으로 이루어졌으며 그 결과는 다음과 같다.

청 울림에 따른 배음 구조를 분석한 결과 청이 올리지 않은 음색과 청을 올린 음색 모두 약 7~10 배음까지는 동일한 배음 구조를 가지고 있음을 알 수 있었다. 그러나 약 7~10번째 배음 이후부터, 청을 올리지 않은 음색은 배음성분이 사라지는 반면 청을 올린 음색은 높은 주파수의 배음까지도 식별 가능한 고른 분포를 보였다.

또한 대금 연주 시 발생하는 노이즈를 분석한 결과 청의 울림과는 관계없이 모두 비슷한 형태의 노이즈 분포가 나타나고 있어 청 울림과 노이즈가 무관함을 알 수 있었다. 이는 청을 올릴 때 노이즈가 증가할 것이라는 일반적인 생각과는 상반된 결과이다.

대금의 청 울림 음색을 음향학적으로 보다 객관화하는 작업은 대금 음색을 가상악기를 통해 재현하거나 물리적 모델링(physical modeling) 방식을 사용하여 합성할 경우 핵심적인 부분이 될 것이다. 청의 울림은 대금의 일반적인 음색 특성에 청의 울림이라는 물리적 현상이 첨가되어 음색이 변화된 현상으로 볼 수 있다. 이러한 대금 청의 역할은 서양 악기뿐만 아니라 다른 국악 관악기에서도 찾아 볼 수 없는 독특한 특징으로 대금 음색의 핵심이다. 이는 대금의 물리적 모델링 합성에서 가장 우선적으로 고려되어야 할 중요한 요소일 것이다.

참 고 문 헌

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

[2] Xavier Serra, "Musical Sound Modeling With Sinusoids Plus Noise," 1997. (<http://www.iaa.upf.es/~xserra/articles/msm/>)

[3] Xavier Serra, "Integrating Complementary Spectral Models in the Design of a Musical Synthesizer," 1997. (<http://www.iaa.upf.es/~xserra/articles/spectral-models/>)

[4] William A. Sethares, *Tuning Timbre Spectrum Scale*, Springer-Verlag Telos, Berlin Germany, 2004

[5] John Strawn, *Digital Audio Signal Processing An Anthology*, A-R Editions, Inc., Middleton, WI, 1985.

[6] 서형원, 대금 제작법에 관한 연구: 정악대금을 중심으로, 추계예술대학교 교육대학원, 서울, 2003.

[7] 성덕현, Physical Modeling을 이용한 단소 음합성에 관한 연구, 울산대학교 대학원, 울산, 2002.

[8] 송혜진, 강운구, 한국악기, 열화당, 서울, 2001.

[9] 장사훈, 국악대사전, 세광음악출판사, 서울, 1991.

[10] 이상용, "대금제작에 관하여," 단국대학교 논문집, Vol. 20, pp. 211-222, 1986.



윤 지 원

1997년 연세대학교 음악대학 작곡과 졸업 (음악학사)
 2001년 연세대학교 음악학과 작곡 전공 졸업 (음악석사)
 2004년~현재 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 박사과정

관심분야 : 컴퓨터음악, DSP, 인터랙티브 뮤직, 하이브리드 인스트루먼트



조 희 영

1999년 이화여자대학교 음악대학 국악과 졸업 (학사)
 2003년 이화여자대학교 실용음악대학원 음악공학전공 졸업 (음악석사)
 2004년~현재 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 박사과정

관심분야 : 컴퓨터음악, 소리합성, HCI



조 형 제

- 1973년 부산대학교 전자공학과 (학사)
- 1975년 한국과학기술원 전기·전자공학과 (공학석사)
- 1986년 한국과학기술원 전기·전자공학과 (공학박사)
- 1986년~현재 동국대학교 멀티미

디어학과 교수

관심분야 : 디지털사운드처리, 컴퓨터 그래픽스, 게임, 컴퓨터비전



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