

# 대금 농음에 따른 음색 변화 연구

조희영, 조형제, 김준

동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과

## The Study on the Daegeum's FFT Spectrum Change by Vibrato

Hee Young Cho, Hyung-je Cho, Jun Kim

Department of Multimedia, Graduate School of Digital Image & Contents, Dongguk University

### 요 약

컴퓨터로 대금연주를 표현하고자할 때 단순한 음색의 모방만으로는 부족한 점이 많다. 이에 한국음악의 가장 큰 특징이자 대금의 중요한 연주기법인 농음을 컴퓨터로 합성하기 위하여, 대금 농음에 따른 음색의 변화를 분석하였다. 서양악기인 플루트의 비브라토에 비하여 대금의 농음은 음고와 음량이 모두 크게 변화하는 특징을 가지고 있다. 대금의 농음 중 음색의 변화를 분석한 결과 음고가 최저로 떨어졌다가 올라가는 시점에 대금의 제 1배음보다 낮은 주파수대역에 새 배음이 발생되고, 그 배음을 기준으로 한 새로운 배음열이 형성되는 것을 발견할 수 있었다. 이러한 특징은 저음역의 농음에서는 일어나지 않고, 중음역 이상의 높은 음고의 농음에서만 일어나고 있었다. 이러한 연주 기법에 따른 음색 변화의 연구는 한국악기의 소리를 합성을 위한 중요한 기초자료가 될 것이다.

### 1. 서 론

컴퓨터와 전자악기를 사용한 음악이 급속도로 발전하게 되면서 컴퓨터를 사용하여 악기의 음색을 모방하고 합성을 하고자 하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이는 한국악기에 있어서도 예외는 아니어서 한국악기를 컴퓨터 음악에서 사용하고자 하는 노력이 지속되고 있다. 하지만 컴퓨터를 사용하여 한국악기의 연주를 재현하고자 할 때에는 단순한 음색의 합성만으로는 불가능하며, 한국음악만이 가지는 농음 등과 같은 연주기법이 첨가되어야 자연스러운 표현이 가능할 것이다. 농음은 한국음악의 특징을 나타내는 가장 중요한 요소 중 하나로 음을 떨어서 내는 기법이다.

소리를 합성하는 방법은 다양하지만 그 중 악기의 소리 발생 과정을 재현하는 물리적 모델링 합성법(Physical Modeling Synthesis)이 복잡한 구조를 가진 한국악기의 음색합성에 가장 적합한 방법이라고 여겨진다. 이에 본 연구에서는 대금의 물리적 모델링 합성을 위한 전 단계로서 대금 농음의 음색적 특징을 분석하였다. 먼저 대금을 농음할 때 발생하는 음고와 음량의 변화를 살펴본 후, 농음 전체의 음색변화를 스펙트로그램(spectrogram)<sup>1)</sup>을

통하여 특징적인 변화가 나타난 부분을 찾아낸 후, 그 부분을 FFT 분석을 통하여 좀 더 정밀하게 분석하였다.

### II. 대금의 농음

화성이 없이 선율을 중심으로 이루어진 한국음악은 각각의 음들이 선율 속에서 의미를 갖기 위하여 독특한 시김새<sup>2)</sup>를 가지고 있다. 즉 음마다 평으로 내거나, 떨어주거나, 끌어내는 등 고유한 기능을 갖고 있는데 이 중 가장 중요한 연주기법은 요성(搖聲)<sup>3)</sup>이다. 요성에는 음을 떨어서 내는 농음(弄音), 음을 끌어내리는 퇴성(退聲), 음을 밀어 올리는 추성(推聲) 등이 있고, 이는 한국음악의 가장 중요한 특징 중 하나이다.

농음은 연주할 때 음을 떨어서 내는 기법으로 서양 음악의 비브라토(vibrato)와 비슷하다. 농음을 연주하는 방법은 대금을 고정하고 있는 팔과 고개를 상하로 움직여서 연주한다. 이 때 입술이 대금의 취구를 막는 면적에 의하여 음고가 변화되고, 입술과 취구와의 거리가 멀어졌다 가까워졌다를 반복함에 따라 음량도 함께 변화한다.

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

1)스펙트로그램(spectrogram): 시간의 변화에 따른 신호의 주파수 성분과 세기를 삼차원 그래프로 나타낸 것이다.

2) 시김새: 전통음악에서 선율을 이루는 골격음의 앞이나 뒤에서 그 음을 꾸며주는 장식음이나 음길이가 짧은 잔가락을 일컫는 용어이다.

3) 관악기 또는 성악에서 사용하는 용어, 현악기에서는 농현(弄絃)이라고 함.

따라서 대금의 농음은 음량이 변화하는 음량-비브라토(amplitude vibrato)와 음고-비브라토(pitch vibrato)가 동시에 발생하는 특징을 갖는다.

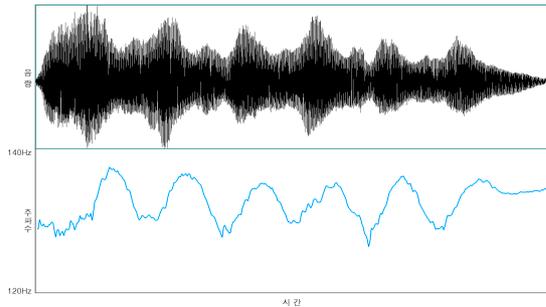


그림 1. 대금 농음의 음량과 음고 변화

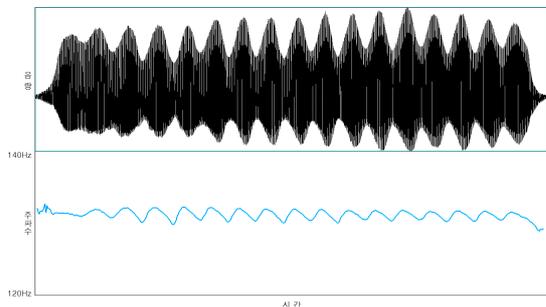


그림 2. 플룻 비브라토의 음량과 음고 변화

그림 1.은 대금의 배남려(備, 즉 C3)를 농음할 때 나타나는 음량의 변화(위)와 음고의 변화(아래)로, 음량과 음고 모두 많은 변화가 일어나고 있다. 음량이 커질 때 음고가 따라 올라가고, 음량이 작아질 때 음고도 낮아지는 것을 볼 수 있다. 음량은 변화의 폭이 처음에는 컸다가 점점 작아지는 것에 반하여, 음고는 처음부터 끝까지 그 변화의 폭이 큰 변화 없이 일정하게 변화하고 있다. 음고 주파수는 최고 137Hz, 최저 126Hz이고 이는 음정값 약 145센트(cent)<sup>4)</sup>로 반음 이상의 음정의 변화가 있다는 것을 의미한다.

그림 2.는 플룻 C3를 비브라토로 연주할 때 나타나는 음량의 변화(위)와 음고의 변화(아래)이다. 대금의 농음과 마찬가지로 음량과 음고가 모두 변화하고 있지만, 음량의 변화의 폭은 비교적 큰 반면, 음고는 아주 미세하게 변화하고 있음을 알 수 있다. 대금과 비교하여 음량과 음고의 변화의 폭이 작고, 처음부터 끝까지 일정한 음량의 변화 폭을 유지하고 있음을 알 수 있다. 음고 주파수는 최고 132Hz 최저 129Hz이고, 이는 음정값으로 약 40센트의 차이로 대금과 비교하면 아주 작은 음정의 변화가 일어나고 있음을 알 수 있다.

4) 센트(cent): 완전8도를 1200단계로 나눈 값으로 극히 미세한 음정차도 정확하게 표시가 가능한 음정값의 단위이다. 평균율의 반음은 100cent이고, 1cent는 반음의 1/100이다.

### Ⅲ. 대금 농음의 음색 변화

#### 3.1 분석 대상

대금의 두 종류인 정악대금(正樂大筚)과 산조대금(散調大筚) 중 대금의 원형으로 볼 수 있는 정악대금을 분석 대상으로 선정하였다. 농음에 의해 일어나는 음색의 변화를 분석하기 위한 샘플은 숙련된 연주자가 대금의 모든 음을 농음기법으로 연주하는 것을 녹음하여 제작하였다. 연구는 모든 음역대의 농음을 대상으로 하였으며, 농음을 하면서 음이 발생하여 소멸할 때까지의 음색의 변화를 분석하였다.

#### 3.2 분석 방법

대금을 농음기법으로 연주할 때의 음색 변화를 알아보기 위한 분석은 크게 두 단계로 이루어졌다. 먼저 스펙트로그램(spectrogram)을 사용하여 대금 농음 시 발생하는 시간에 따른 배음의 변화를 살펴보고, 변화가 관찰되는 부분의 음색 특징을 FFT (Fast Fourier Transform) 스펙트럼<sup>5)</sup> 분석을 통하여 살펴보았다. FFT 스펙트럼 분석에 사용된 윈도우 사이즈(window size)는 1024이고, 윈도우 타입(window type)은 해닝(hanning)이다.

#### 3.3 분석 결과

대금 농음에 따른 음색 변화를 분석한 결과 음역에 따라 다른 특징을 보이는 것이 발견되었다.

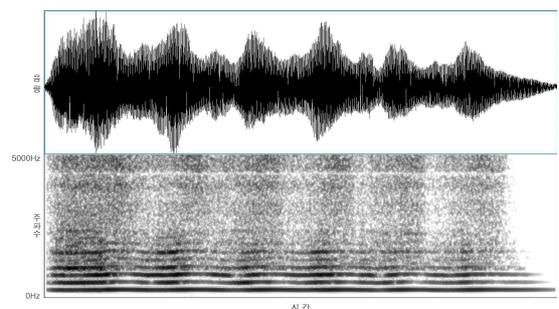


그림 3. 대금 배남려(備) 농음의 스펙트로그램

그림 3.은 대금의 배남려(備) 농음의 음량의 변화(위)와 스펙트로그램(아래)이다. 스펙트로그램의 가로축은 시간을 세로축은 주파수를 나타내며, 소리의 음량(amplitude)이 강할수록 진하게 표시된다. 농음에 따른 음량의 변화에 따라 음량이 작은 부분은 약 3~4번째 배음까지의 적은 수의 배음만이 확실하게 드러나는 것에 반하여 음량

5) Fast Fourier Transform: 시간과 주파수의 도메인을 서로 간의 도메인으로 변화하는 것을 가능하도록 해주는 푸리에 변환에서 필요한 신호만을 골라 계산시간을 줄인 변환법이다.

이 커질수록 높은 배음들의 음량이 점점 커지고 있음을 알 수 있다. 또한, 사운드가 소실(release)될 때에는 노이즈(noise)는 거의 없이 배음들만이 확실히 드러나고, 높은 배음들부터 차례로 사라져 마지막에는 제1배음만이 남아있는 것을 알 수 있다.

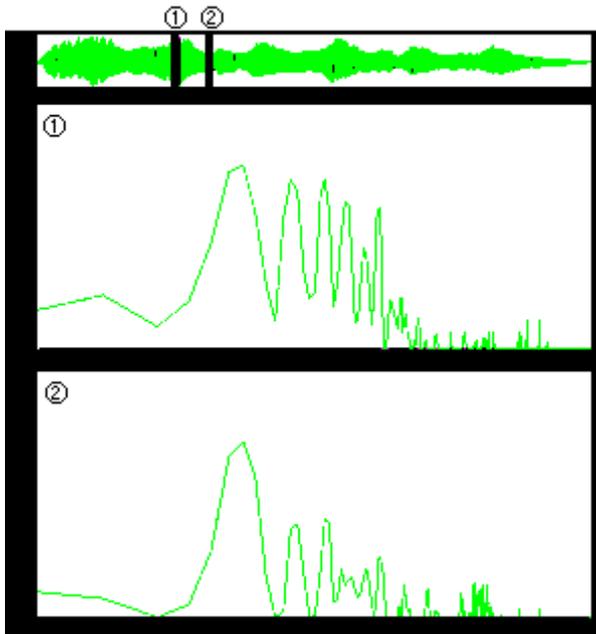


그림 4. 대금 배남려(備)의 부분 FFT 스펙트럼

그림 4는 대금 배남려(備)를 농음기법으로 연주하는 중 음량이 큰 부분(①)과 음량이 작은 부분(②)의 FFT 스펙트럼을 비교한 것이다. 음량이 큰 부분의 FFT 스펙트럼은 제6배음까지 음량의 감소가 그리 크지 않고 배음들이 확실히 드러나고 있는 반면, 음량이 작은 부분의 FFT 스펙트럼은 제2배음부터 음량이 크게 감소하였으며 제4배음부터는 노이즈에 가까운 형태를 하고 있다.

표 1. 배남려(備) 농음의 부분별 배음의 주파수와 음량

배음	음량이 큰 부분(①)		음량이 작은 부분(②)	
	주파수 (Hz)	음량 (dB)	주파수 (Hz)	음량 (dB)
제1배음	281.250	-3.22	281.250	-5.10
제2배음	515.625	-6.81	562.500	-25.10
제3배음	796.875	-6.68	796.875	-23.85
제4배음	1031.250	-11.90	984.375	-36.16
제5배음	1312.500	-23.19	1359.375	-36.23
제6배음	1593.750	-13.52	1593.750	-32.93

표 1.은 그림 4.의 FFT 스펙트럼을 분석한 것으로 음량이 큰 부분과 음량이 작은 부분의 제1배음의 음량의

세기는 크게 차이가 나지 않으나, 음량이 작은 부분은 제2배음부터의 음량이 급격히 줄어들고 있는 것을 알 수 있다.

대금을 농음기법으로 연주할 때 저음역보다 고음역에서 더 큰 음색의 변화가 보였다.

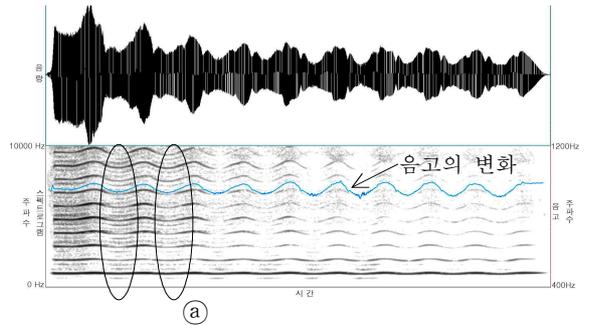


그림 5. 대금 청임종(淋) 농음의 스펙트로그램

그림 5.는 대금 청임종(淋)을 농음할 때의 스펙트로그램이다. 음량이 큰 부분이 작은 부분보다 높은 배음들이 많이 나타나고 있는 것과 사운드가 소실될 때 배음들이 거의 없고, 마지막에는 제1배음만이 남아있는 점은 저음역대를 농음할 때와의 공통점이다. 고음역대의 농음에서만 나타나는 특징은 대금의 고유 배음 사이에 새로운 배음들이 나타나는 부분(㉠)이 있다는 점이다. 이러한 새 배음들이 나타나는 곳은 음고가 최저로 떨어졌다가 올라가는 지점들이며, 이는 입술이 대금의 취구의 가장 넓은 면적을 막았다가 열어주어 좁은 구멍으로 김을 불어넣다가 김을 불어넣는 취구의 면적이 점차 넓어지는 지점이다.

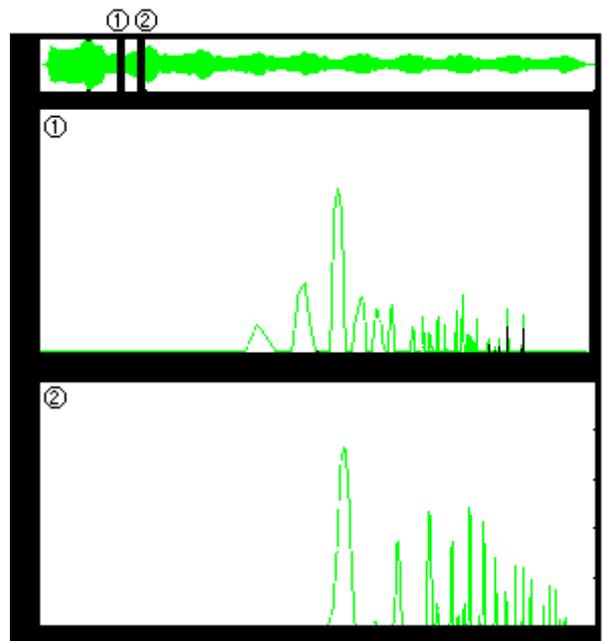


그림 6. 대금 청임종(淋) 농음의 부분 FFT 스펙트럼

그림 6.은 대금 청입종 농음의 부분별 FFT 스펙트럼을 보여주고 있다. 음량이 작은 부분(①)의 FFT 스펙트럼을 살펴보면 음량이 가장 큰 제1배음이 있고, 제1배음보다 아래 주파수에도 배음이 존재하는 것을 볼 수 있다. 이는 그림 5의 ㉠부분에 해당하는 것으로, 이를 대금의 일반적 배음열을 가지고 있는 음량이 큰 부분(②)과 비교하여 보면, 제1배음과 제2배음 사이에 배음을 가지고 있는 것을 볼 수 있다.

표 2. 청입종(淋) 농음의 부분별 배음의 주파수와 음량

배음	새로운 배음열이 나타나는 부분(①)		일반적 배음열이 나타나는 부분(②)	
	주파수 (Hz)	음량 (dB)	주파수 (Hz)	음량 (dB)
제1배음	328.125	-41.18	<b>937.500</b>	<b>-7.40</b>
제2배음	609.375	-30.85	1968.750	-27.42
제3배음	<b>937.500</b>	<b>- 7.43</b>	2906.250	-19.69
제4배음	1265.625	-34.12	3890.625	-27.02
제5배음	1546.875	-36.97	4875.000	-18.64
제6배음	1875.000	-36.31	5859.375	-22.31
제7배음	2203.125	-49.11	6796.875	-30.93
제8배음	2484.375	-41.74	7781.250	-39.52

표 2.는 그림 6.의 FFT스펙트럼을 분석한 것으로 노이즈로 볼 수 없는 비교적 음량이 큰 배음의 성격을 가진 것들을 차례로 측정된 것이다. 굵게 표시된 것이 인지되는 음고인 제1배음의 주파수이다. 정수배로 나타나는 대금의 일반적 배음열에 비하여 새로운 배음열이 나타나는 부분은 제1배음 아래에 배음이 생성되고 그 중 가장 낮은 배음의 정수배로 배음들이 존재하고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 저음역대에서는 나타나지 않고 중음역대 이상의 음고의 농음에서만 나타나고 있다.

그림 7.은 중음역대에 해당되는 청태주 농음의 부분 스펙트럼으로 고음역대인 그림 6.의 청입종의 농음과 마찬가지로 제1배음 아래에 나타난 배음을 기준으로 한 정수배를 가지고 있는 것을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 연구는 대금 농음을 할 때 일어나는 음색의 변화를 분석한 것이다. 대금의 농음은 서양악기인 플루트의 비브라토에 비해 음정과 음량의 변화가 큰 것이 특징이다. 대금 농음의 음색 변화는 음역에 따라 다른 특징을 보이고 있었는데, 가장 두드러진 특징은 높은 음고가 최저로 떨어졌다가 다시 올라가는 부분에 기존의 배음에 새로운 배음이 더해진다는 점이다. 즉, 대금의 일반적 연주에서 나타나는 제1배음보다 낮은 주파수에 새로운 배음이 나

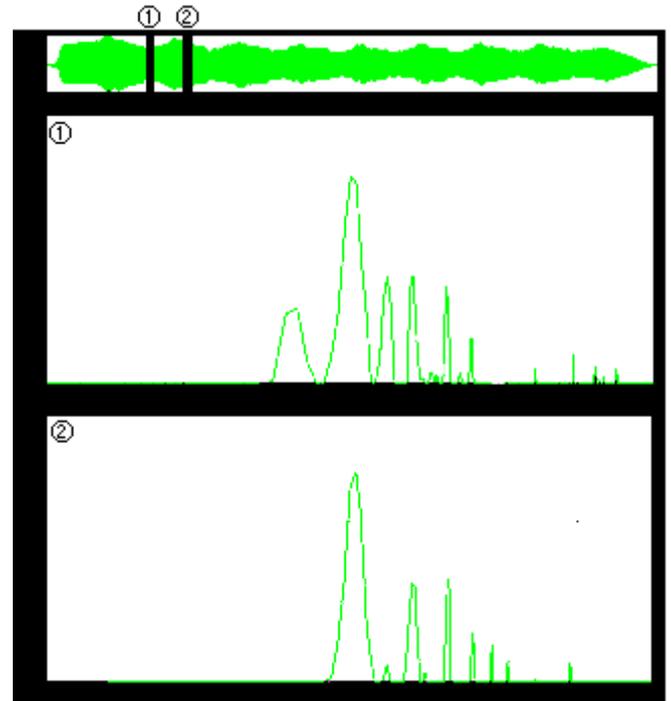


그림 7. 대금 청태주(沈) 농음의 부분 FFT 스펙트럼

타나고, 그 배음을 기준으로 정수배에 해당되는 주파수에 새로운 배음들이 나타났다. 이러한 현상은 저음역대의 농음에서는 나타나지 않고 중음역 대역 이상의 높은 음고 대역의 농음에서 나타나는 현상이다. 이러한 연주기법에 따른 음색 변화의 연구는 대금의 물리적 모델링 합성을 위한 중요한 기초자료가 될 것이다.

#### V. 참고문헌

- [1] 송혜진, 강운구, 『한국악기』, 열화당, 2001.
- [2] 장사훈, 『국악대사전』, 세광음악출판사, 1991.
- [3] Jeremy F. Alm, James S. Walker, "Time-Frequency Analysis of Musical Instruments", SIAM Review, vol. 44, issue 3, pp.457-476, 2002.
- [4] John R. Pierce, 『The Science of Musical Sound』, W.H. Freeman and Company, 1992.
- [5] Curtis Roads, 『The Computer Music Tutorial』, The MIT Press, 1996.
- [6] Thomas D. Rossing, Richard F. Moore, Paul A. Wheeler, 『The Science of Sound』, Addison Wesley Publishing Company, 2001.
- [7] William A. Sethares, 『Tuning, Timbre, Spectrum, Scale』, Springer, 1997.