

국악 공연장의 음향 지표에 관한 연구

A Study of Optimal Acoustic Parameters for Korean Traditional Music

김범수, 박경수, 최철민, 성평모
서울대학교 전기공학부

Beom Soo Kim, Park Kyoungsoo, Chulmin Choi, Koeng-Mo Sung

School of Electrical Engineering, Seoul National University

E-Mail : rhcp@acoustics.snu.ac.kr

요약

서양음악의 음향학적인 측면에서의 연구는 오랜 기간 동안 진행되어왔다. 이를 통해 콘서트홀의 음향학적 특성을 평가할 수 있는 객관적 지표들을 제시할 수 있었다. 하지만 국악에 있어서는 공연장에 대한 음향학적인 지표가 공식화된 것이 없고, 게다가 지표를 찾기 위한 충분한 국악전용 공연장의 수가 부족하다. 따라서 본 논문에서는 국립국악원 예악당의 모델을 기초로 한 컴퓨터 모의실험을 통해서 얻어진 가상 국악공연장을 바탕으로 RT, Warmth, IACC, ITDG 등의 4가지 지표를 가지고 각기 다양한 시료를 제작하여 청취실험을 실시하였다. 그 결과 서양음악과는 다른 경향의 RT, Warmth 선호도를 추출할 수 있었다.

0. 개요

서양음악에 적합한 실내음향학적 특성은 이미 많은 연구가 진행되어 왔으며 '좋은 공연장'이 가져야 할 여러 가지 주관적, 객관적 지표를 제시할 수 있는 수준에 이르고 있다. 이는 서양음악의 경우 이미 오래 전부터 대중적인 공연장이 있어 왔고, 기존의 공연장의 음향학적인 특성에 맞는 음악의 작곡이 행해지는 등, '공연장에서의 음악'이라고 하는 개념이 일찍이 받아들여져 왔기 때문이다. 그러나, 우리의 전통 국악은 현대에 이르러서야 수많은 사람이 함께 감상할 수 있는 큰 규모의 대중적인 공연장에서의 연주가 시작되었기 때문에, 국악공연

을 위해 건설된 공연장이 적고, 또한 그 특성이 서양음악의 기준에 맞추어져 있어 전통국악의 공연에 적합하다고 말할 수 있는 근거가 없다. 서울대학교 음향공학연구실에서는 국립국악원으로부터 의뢰를 받아 국립국악원 예악당의 음향특성의 측정을 수행한 바 있다. 그런데, 앞서 언급한 것과 같이 국악 연주자와 음악애호가들이 주관적인 경험으로 좋은 공연장이라고 추천하는 대중적 공연장이 현재는 없고, 따라서 좋은 공연장에서 추출된 객관적 지표를 기준으로 비교할 수 없기 때문에 이 측정된 결과를 놓고 공연장의 음향특성을 평가하기에는 어려움이 있다. 이러한 국악에 적합한 공연장의 음향 특성의 표준의 설정은 공연장의 설계 및 평가를 위해서만이 아니라 국악 음반의 제작에도 중요하다. 즉, 스튜디오에서 녹음된 경우에 인공적으로 첨가하게 되는 잔향음 처리나 반사음의 설정 등에 응용하여 더 나은 결과를 기대할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 표준의 설정을 위하여 모의 실험을 통해 여러 가지 음향학적 특성을 가지는 가상적 공연장의 충격응답을 구하고 미리 녹음된 국악곡의 무향 음원과 콘볼루션하여 청취실험을 수행하였다. 이 청취 실험은 국악 연주자, 국악 이론학자 및 음향학 전공자를 대상으로 실시하였으며 선호도에 따른 각 지표들의 적절치(optimal value)를 찾아 그 결과를 바탕으로 국악공연장에 적합한 몇 가지 음향특성을 제시하였다.

1. 측정된 예악당의 음향특성

1.1 측정방법

측정은 무대중앙에 위치한 12면체의 무지향성 스피커를 통하여 5초 길이의 MLS(Maximum Length Sequence)신호를 객석에 위치한 더미 헤드로 녹음하여 분석하는 방식을 취하였다.

녹음위치는 예악당의 전체 모양이 거의 대칭적 구조를 이루고 있으므로 측정은 객석에서 무대를 바라볼 때 좌측의 절반에 대하여 측정하였다. 다음의 그림 1에 측정을 위하여 녹음된 위치를 요약하였다.

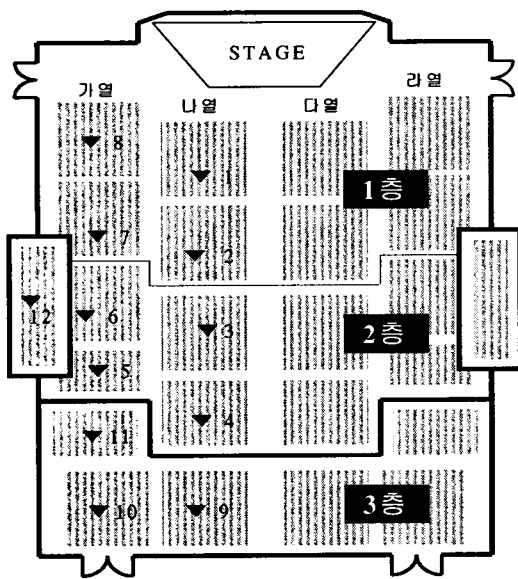


그림 1 측정위치

1.2 측정결과

예악당은 좌석 774석, 체적 11600m³ 규모의 슈박스(shoobox)에 가까운 모양을 하고 있다. 측정된 충격응답은 다음의 그림2와 같은 모양을 하고 있다. 예악당에서의 충격응답은 잘 성장한 전나무(Tannenbaum)의 모양을 갖추고 있다.

1.2.1 초기지연시간(initial-time-delay gap)

초기지연시간은 콘서트홀의 주관적 평가지표인 친근감과 밀접한 관계를 갖는 중요한 실내음향학의 객관적 지표이다. 예악당의 초기지연시간은 실내음향학적 기준으로 약 9내지 십수 ms 이내의 매우 좋은 값을 갖는다.

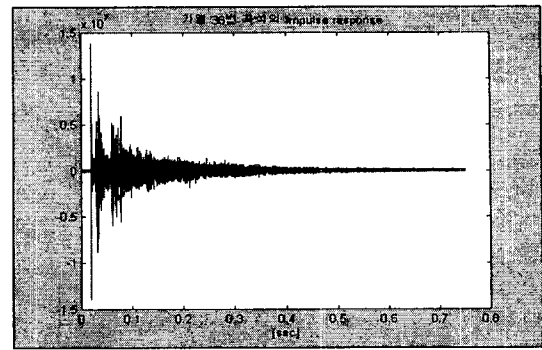


그림 2 예악당의 충격응답

1.2.2 IACC (Interaural Cross-correlation Coefficient)

콘서트홀의 공간감과 밀접한 관련을 갖는 지표로서 두 귀에 들어오는 신호의 상관관계를 나타내는 IACC가 있다. IACC는 500Hz, 1kHz, 2kHz 부분의 IACC를 평균하여 구하는 것이 일반적이다. 예악당의 구조는 국내의 다른 콘서트홀과 달리 국내에서 거의 보기가 드문 슈박스(shoobox) 형태의 구조를 하고 있다. 따라서, 매우 좋은 공간감을 얻을 수 있는 구조로 되어 있다.

1.2.3 명료도(Clarify) C₈₀

음악을 듣는 것을 목적으로 하는 콘서트홀에서 음악의 한 음, 한 음을 투명하게 전달하는 정도를 객관적으로 나타낸 지표로는 명료도 C₈₀을 들 수 있다. 대체로 거의 모든 좌석에서 0dB을 상회하고 있으므로 예악당의 명료도는 상당히 좋은 편이라 말할 수 있다.

표 1 좌석별 ITDG, IACC, 및 C₈₀ 측정값

좌석 (측정위치)	1번	2번	8번
ITDG [msec]	11.7	9.2	10.0
IACC	0.38	0.38	0.24
C ₈₀ [dB]	2.0	5.0	3.0

1.2.4 잔향시간 및 warmth

잔향시간은 일반적으로 500Hz와 1kHz의 잔향시간을 평균하여 보거나, 옥타브밴드별 중심 주파수의 잔향시간을 각각 살펴보는 것이 일반적이다. 전 대역에 걸친 잔향시간은 모든 좌석에 걸쳐 전반적으로 짧은 약 1초의 잔향시간을

갖는다. 옥타브밴드 중심주파수가 1kHz 부근의 잔향시간이 길고 저음부의 잔향시간이 짧아 따뜻하지 못한 음색을 가지고 있다.

표 2 주파수 대역별 잔향시간[sec]

중심주파수 [Hz]	125	250	500	1k	2k	4k
RT 측정치 [sec]	0.8	0.9	1.0	1.4	1.1	1.1

2. 가상공연장의 충격응답

가상 공간의 실험을 위해서 CATT Acoustics 프로그램을 이용하여 예약당 도면을 기준으로 그림 3과 같은 공연장을 모델링하였다. 이러한 가상공간에서 추후 실험할 결과의 신뢰성을 높이기 위해서는, 만들어진 가상공간이 과연 타당한 것인가에 대한 검증이 필요하다. 앞에서 측정한 결과는 예약당의 실제 공간상에서의 음향특성을 나타내므로, 이 결과를 기준으로 하여 비교함으로써 가상공간의 타당성을 가늠할 수 있겠다. 실내음향학에서 가장 중요한 지표라 할 수 있는 잔향시간을 비교하여 옥타브밴드 중심주파수별 값이 같은 결과를 가지도록 하였고, 다른 주요한 지표들인 IACC, ITDG 등도 거의 같거나 비슷한 경향으로 맞추었다.

이렇게 해서 만들어진 가상공간의 원형을 바탕으로, 벽면의 흡음계수를 조절하여 다양한 잔향시간을 얻을 수 있었고, 옥타브 밴드 중심주파수별 잔향시간을 조절하여 다양한 warmth를 얻었다. 잔향시간은 중음대역인 500Hz와 1kHz에서의 값을 평균하여 표 3의 5가지의 경우를 추출하였고, warmth는 저음대역과 중음대역의 잔향시간 비에 따라 warm, flat, cool 등의 3가지로 나누어 추출하였다. ITDG나 IACC 실험을 위해서는 같은 모델 내에서 다양한 위치에서의 충격응답을 이용하였다. 잔향시간이나 warmth는 모델 내에서 거의 일정하게 나타나므로 ITDG, IACC만을 가변시킨 결과를 얻을 수 있다. 이렇게 얻어진 가상공간의 다양한 충격응답 시료를 표 3에 정리하였다.

3. 주관적 평가방법

위의 표 3에서와 같이 추출된 충격응답 시료를 가지고 무향녹음된 음원과 콘볼루션시켜,

17개의 가청화(auralization) 데이터를 얻을 수 있었다. 무향녹음된 음원은 '계면가락 도들이' 12초 샘플을 사용하였다. 이 가청화 데이터를 각 지표 안의 서로 다른 시료들과 짝을 지어 58쌍의 시료쌍을 제작하여 청취평가를 실시하였다.

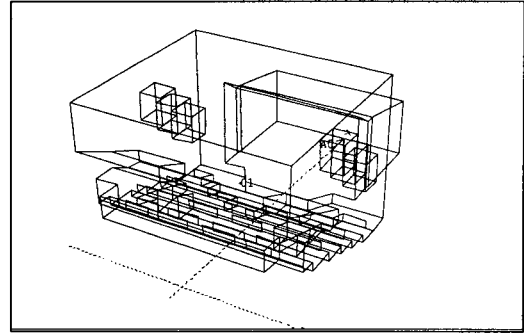


그림 3 가상적 국악 공연장의 모델링

표 3 가상공간에서의 다양한 시료추출

지표\시료	1	2	3	4	5
RT [sec]	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0
Warmth	cool	flat	warm	-	-
IACC	0.26	0.37	0.49	0.60	-
ITDG [ms]	9	14	21	27	33

4. 청취실험의 결과분석

청취실험은 국악공연을 실제로 하고 있는 연주자 그룹 15명과, 국악이론 연구를 하고 있거나 음향을 전공으로 하고 있는 비연주자 그룹 11명의 두 가지의 경우를 각각 살펴보았다. 각 지표에 따른 선호도는 그림 4에서부터 그림 7에 나타내었다.

잔향시간은 청취실험 결과 연주자와 비연주자 모두 1.0초 내외를 선호하는 것으로 나타났다. 이는 서양음악에서 선호되는 값보다 짧은 편인 실제 예약당의 잔향시간보다도 약간 낮은 수치였다. 서양의 실내음향학에서 선호하는 것으로 알려진 2초 정도의 잔향시간은 적절하지 못한 것으로 나타났다.

Warmth에 대한 결과는 연주자와 비연주자간에 다른 경향으로 나타났는데, 비연주자의 경우는 warmth의 차이를 그다지 느끼지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 연주자의 경우에는 저음부의 잔향시간이 적은 cool한 소리를

선호하는 것으로 나타났다. 이는 중음부에 비해 저음부의 잔향시간이 약간 길어야 좋은 소리라고 평가하는 서양음악의 기준과 대치되는 결과이다.

IACC에 대한 결과는 전반적으로 높은 수치를 선호하는 경향이 나타났다. 연주자 그룹은 서양 음악에서도 적합한 수치로 알려진 0.37 시료에 높은 선호를 나타내었다. 그러나 0.26을 제외한 비교적 monoral한 시료들에 연주자와 비연주자 그룹 모두 선호를 나타냈다는 사실은 주지할 만한 결과이다.

ITDG에 대한 결과는 warmth에서와 유사하게, 연주자 그룹만이 분명한 선호도를 나타내었고 비연주자 그룹은 특정한 선호를 보이지 않았다. 그 경향을 파악해 보면 대체적으로 14msec 정도의 ITDG 값을 선호하여, 비교적 높은 친근감이 느껴졌을 때 피실험자의 선호도가 높은 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후과제

이상의 연구에서 국립국악원 예악당의 모델을 기초로 한 모의실험을 통해서 얻어진 가상 국악공연장의 충격응답을 바탕으로 다양한 RT, Warmth, IACC, ITDG를 가지는 청취시료를 제작하여 청취실험을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 잔향시간은 1.0초 시료에 높은 선호도를 나타내었다.
- 2) Warmth는 부족한 저음을 가진 시료에 높은 선호도를 나타내었다.
- 3) IACC는 비교적 monoral한 경향에, 그리고 ITDG는 비교적 작은 값에 선호도를 가졌다.

위 1), 2)의 결과는 서양음악에서 이야기하는 실내음향학적 적절치와 상반되는 결과가 나타났다. 추후에 더욱 다양한 피실험자를 확보하여 보완된 청취실험을 실시한다면, IACC와 ITDG에서도 좀 더 뚜렷한 경향을 찾을 수 있을 것이다. 또한 이러한 실내음향 특성은 음악의 장르나 악기의 편성에 따라서도 달라질 수 있는 것이므로 다양한 악곡에서의 연구가 필요하다.

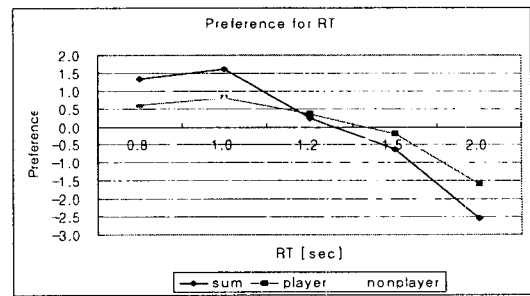


그림 4 잔향시간 가변에 따른 선호도

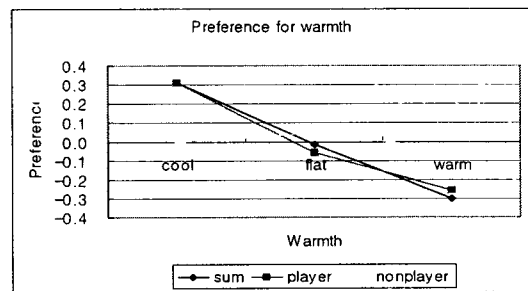


그림 5 Warmth 가변에 따른 선호도

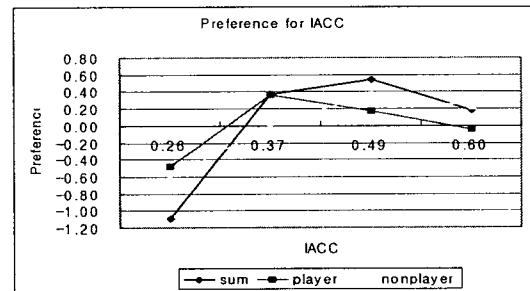


그림 6 IACC 가변에 따른 선호도

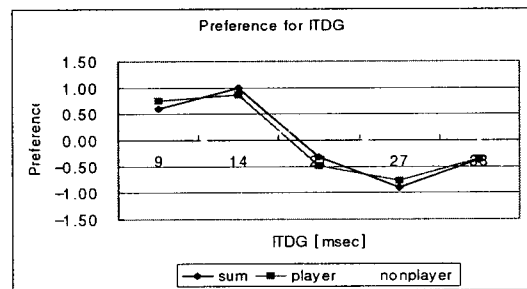


그림 7 ITDG 가변에 따른 선호도

참고문헌

- [1] E. Hojan, C. Posselt, "Subjective evaluation of acoustical properties of concert halls based on their impulse response", J. Acoust. Soc. Am. 88(4), 1990
- [2] L. Beranek, *Concert Halls and Opera Halls*, Acoustical Society of America, 1996.