

국악 공연에 적합한 공연장의 음향특성에 관한 연구

A study on optimizing the acoustic properties of concert halls 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 연구는 음향학의 측면에서 수십년 동안 연구가 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 대한 실내음향학적 특성은 이미 많은 연구가 진행되어 왔으며, 좋은 공연장이 갖추어야 할 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' 개념이 일찍이 받아들여져 왔기 때문이다. 그러나, 우리의 전통 국악은 현대에 와서야 수많은 사람이 함께 전통 국악을 감상할 수 있는 큰 규모의 대중적인 공연장에서의 연주가 시작되었기 때문에, 국악 공연을 위해 건설된 공연장이 적을 뿐만 아니라 그

특성이 서양 음악의 기준에 맞추어져 있어 전통 국악의 공연에 적합하다고 말할 수 있는 근거가 없다. 이에 서울대학교 음향공학연구실에서는 국립국악원으로부터 의뢰를 받아 국립국악원 예악당의 음향특성의 측정을 실시하였다. 그런데, 앞서 언급한 바와 같이 국악 연주자와 음악애호가들이 주관적인 경험으로 좋은 공연장이라고 추천하는 대중적 공연장이 현재는 없고, 따라서 좋은 연주장에서 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.

따라서 본 논문에서는 이러한 표준의 설정을 위하여 모의 실험을 통해 여러 가지 음향학적인 특성을 가지는 가상적 국악공연장의 충격응답을 구하고, 미리 녹음된 국악곡의 무향 음원과 콘볼루션(convolution)하여 청취실험을 수행하였다. 이 청취 실험은 국악 연주자, 국악 이론학자 및 음향학 전공자를 대상으로 실시하였으며, 조사 결과를 바탕으로 국악 공연장에 적합한 몇 가지 음향특성을 제시하였다.

1. 측정된 예악당의 음향특성

측정은 무대중앙에 위치한 12면체의 무지향성

스피커를 통하여 5초 길이의 MLS(Maximum Length Sequence)신호를 좌석에 위치한 자체 제작의 7점 마이크와 더미헤드로 녹음하여 분석하는 방식을 취하였다.

예악당은 공연의 종류와 규모에 따라 음향반사 구조물(orchestra shell)을 사용하는 경우와 사용하지 않는 두 가지 경우로 나뉘어 지는데, 본 논문에서는 연주만을 위한 환경을 고려하여 음향반사 구조물을 설치한 경우만을 고려하였다. 예악당은 좌석 774석, 체적 11600m³ 규모의 슈박스(shoobox)에 가까운 모양을 하고 있다. 측정된 충격응답은 다음의 그림 1과 같은 모양을 하고 있다. 예악당에서의 충격응답은 잘 성장한 전나무(Tannenbaum)의 모양을 갖추고 있다.

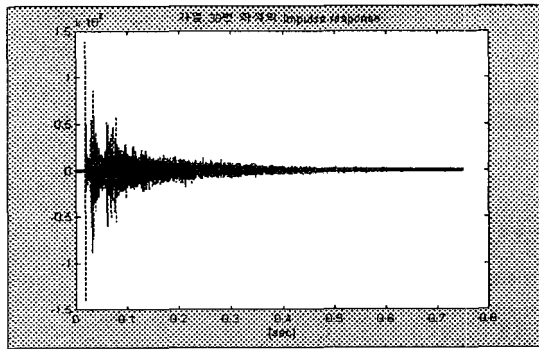


그림 1. 예악당의 충격응답

표 1. 좌석별 ITDG, IACC, 및 C₈₀ 값

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

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

그 결과를 분석해 본 결과, 예악당의 구조가 국내에서 보기 드문 슈박스(shoobox) 형태의 구조를 하고 있으므로 좋은 공간감을 나타내는 것을 알 수 있었다. 그리고 초기 반사음이 직접음에 가까워 높은 친근감을 나타내었다. 또 명료도에 있

어서는 거의 모든 좌석에서 0dB을 상회하여 좋은 명료도를 나타내었다. 전 대역에 걸친 잔향시간은 모든 좌석에 걸쳐 공히 약 1초의 잔향시간을 갖는데, 전반적으로 잔향시간은 매우 짧은 값을 가지고 있다. 저음부의 잔향 부족으로 인해 따뜻하지 못한 음색을 가지고 있으며, 1kHz 부분에서 긴 잔향시간을 갖는 것이 특징이다. 표 1과 표 2에 측정 결과를 정리해 놓았다.

2. 가상공연장의 충격응답

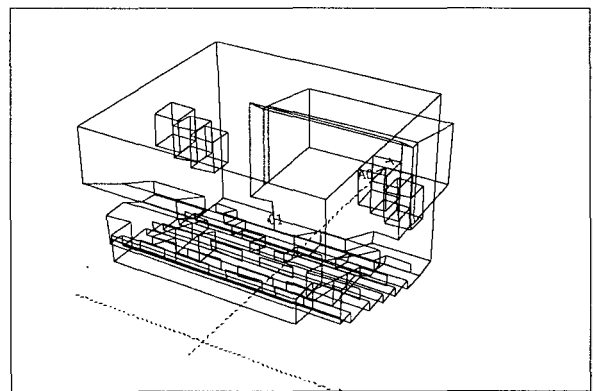


그림 2. 가상적 국악 공연장의 모델링

가상 공간의 실험을 위해서 CATT Acoustics 프로그램을 이용하여 그림 2와 같은 공연장을 모델링하였다. 이러한 가상공간에서 추후 실험할 결과의 신뢰성을 높이기 위해서는, 만들어진 가상공간이 과연 타당한 것인가에 대한 검증이 필요하다. 앞에서 측정한 결과는 예악당의 실제 공간 상에서의 음향특성을 나타내므로, 이 결과치를 기준으로 하여 모델링함으로써 가상공간의 타당성을 가늠할 수 있겠다. 실내음향학에서 가장 중요한 지표라 할 수 있는 잔향시간을 비교하여 옥타브 밴드 중심주파수별 값이 같은 결과를 가지도록 설계하였고, 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, 마찬가지로 옥타브 밴드 중심주파수별 잔향시간을 조절하여 다양한 warmth를 얻었다. 잔향시간은 중음대역인 500Hz와 1kHz를 평균하여 0.8초, 0.9초, 1.0초, 1.5초, 2.0초와 원래 예악당의 모델과 같은 1.2초 이렇게 5가지의 시료를 추출하였다. Warmth는 저음대역이 중음대역보다 긴 잔향시간을 가지는 'warm', 저음대역과 중음대

역이 같은 잔향시간을 갖는 'flat', 그리고 원래 예약당의 경우와도 비슷한 저음부가 짧은 잔향시간을 가지는 '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. 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 도돌이'란 곡을 가야금, 대금, 그리고 해금으로 연주한 12초 길이의 샘플을 사용하였다. 이 가청화 데이터를 각 지표안의 서로 다른 시료들과 짝을 지어 58쌍의 시료쌍을 제작하였다. 질문지는 58쌍의 시료를 1쌍씩 들고 먼저 나온 시료(시료 A)와 나중 나온 시료(시료 B) 둘 중에 어떤 소리를 더 선호하는지 답할 수 있게 제작하였다. 질문에 대한 점수는 -2점부터 2점까지의 점수에 각 지표별 문항수를 곱하여 평균을 내었다. 지표별 문항수는 표 3에서와 같으며, 질문지는 그림 3과 같은 형태를 사용하였다. 같은 시료들로 이루어졌으나 A, B 순서만 바뀐 두 쌍에 대해서 피실험자의 대답이 일관되지 않은 경우를 체크하여, 각 지표 내에서 일관성이 없는 실험자를 배제한 피실험자들로 계산하였다.

표 3. 가상공간에서의 다양한 시료 추출

지표\시료	1	2	3	4	5	지표별 문항수
RT [sec]	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	20
Warmth	cool	flat	warm	-	-	6
IACC	0.26	0.37	0.49	0.60	-	12
ITDG [ms]	9	14	21	27	33	20



그림 3. 질문지의 형태

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 살펴보고, 또 두 그룹 점수의 평균으로서 전체의 경향을 파악하여 보았다. 각 지표에 따른 선호도는 그림 4에서부터 그림 7에 나타나있다.

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. 특히 주지할 사실은 1.0초의 잔향시간을 기준으로, 잔향시간이 증가할수록 선호도가 점점 감소하며, 잔향시간이 0.8초인 경우에도 상당히 높은 수치의 선호도를 보였다는 점이다.

Warmth에 대한 결과는 연주자와 비연주자 간에 다른 경향으로 나타났는데, 비연주자의 경우는 warmth의 차이를 그다지 느끼지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 연주자의 경우에는 저음부의 잔향시간이 짧은 'cool'을 선호하는 것으로 나타났다. 이는 중음부에 비해 저음부의 잔향시간이 약간 길어야 좋은 소리라고 평가하는 서양음악의 기준과 대치되는 결과이다.

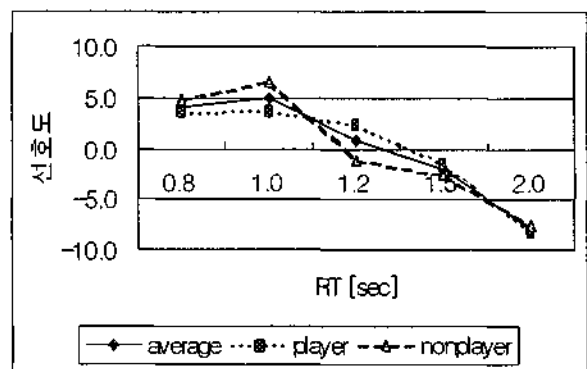


그림 4. RT 가변에 따른 선호도

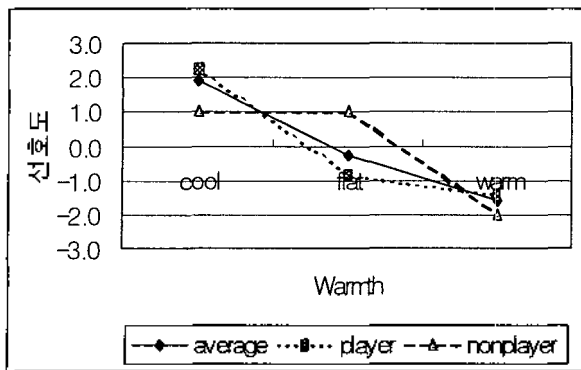


그림 5. Warmth 가변에 따른 선호도

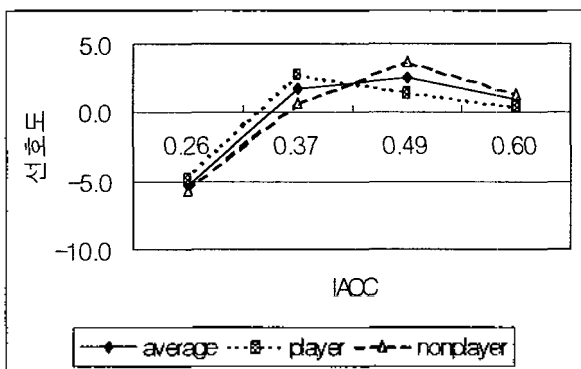


그림 6. IACC 가변에 따른 선호도

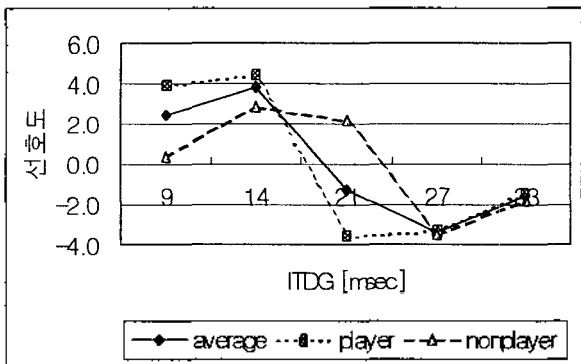


그림 7. ITDG 가변에 따른 선호도

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 주목할 만하다.

ITDG에 대한 결과는 14msec 정도의 ITDG 값을 선호하는 것으로 나타났다. 14msec를 기준으

로 9msec의 짧은 값의 시료에도 비교적 높은 선호도를 나타냈으며, 21msec 이상으로 ITDG가 늘어날수록 선호도가 떨어짐을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후과제

이상의 연구에서 국립국악원 예약당의 모델을 기초로 한 모의실험을 통해서 얻어진 가상 국악 공연장의 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) ITDG는 14msec 시료에 높은 선호도를 나타내었다.
- 4) IACC는 비교적 monoral한 경향에 선호도를 보였다.

위 1), 2)의 결과는 서양 음악에서 이야기하는 실내음향학적 적절치와 상반되는 결과가 나타났다. 추후에 더욱 다양한 피실험자를 확보하여 보완된 청취실험을 실시한다면, IACC에서도 더 뚜렷한 경향을 찾을 수 있을 것이다. 이러한 지표들의 적정 범위가 추출되면, 그 지표를 만족시키는 가상 국악공연장을 제작하여 적절한 공연장을 설계하는 데에도 도움을 주게 될 것이며, 국악 음반 제작시 잔향과 반사음 등에 대한 기준으로도 활용될 수 있을 것이다. 이러한 실내음향 특성은 음악의 장르나 악기의 편성에 따라서도 달라질 수 있는 것이므로, 향후 다양한 악곡과 다양한 연주 형태를 고려한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 박경수, 최철민, 김범수, 성평모, "국립국악원 예약당의 음향 특성과 개선방향", 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 제 17권 2호, 1998
- [2] 방희석, 안철용, 성평모, "1점 7마이크 수신법에 의한 음장 측정", 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 제 16권 2호, 1997
- [3] L. Beranek, *Concert Halls and Opera Halls*, Acoustical Society of America, 1996.
- [4] H. Kuttruff, *Room Acoustics*, Elsevier Applied Science, 1991.