한국음향학회지 제26권 제7호 pp. 343-352 (2007)

청감실험에 의한 국악당의 음향설계조건 설정

Establishment of the Room Acoustic Criteria for the Korean Traditional Music Halls Using Subjective Listening Tests

한 찬 훈*, 신 직 수**
(Chan-Hoon Haan*, Jic-Su Shin**)
*충북대학교 건축공학과, **RPG Korea
(접수일자: 2007년 8월 6일, 채택일자: 2007년 10월 1일)

본 연구의 목적은 국악당의 설계에 있어서 기존의 서양음악을 기준한 실내음향설계의 한계를 벗어나서 국악기의 음향특성에 맞는 실내음향의 설계기준을 제시하는데 있다. 이를 위하여 국악시재를 이용한 청감실험을 실시하였다. 먼저 국악합주를 무향실내에서 녹음하여 국악기의 지향음향특성을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 실시하였다. 설계중인 국악공연장의 3차원 공간을 설정하여 국악음원을 방사시킨 후 실내에서 충격응답을 얻었으며 추출된 충격응답 시료를 가지고 무향실에서 녹음된 음원과 콘볼루션시켜 가청화 (auralization)시재를 제작하였다. 가청화작업을 통하여 조사한 실내음향인자는 잔향시간(RT), 저주파 잔향비 (BR), 고주파 초기감쇠시간비 (Brilliance), 음의세기 (G), 음악명료도 (C80), 초기시간지연차 (ITDG), 양이효과지표 (IACC)등 총 7가지이며 무향녹음된 음원은 기악합주곡으로 구성하되 가청화 데이터를 각 지표안의 서로 다른 시료들과 짝을 지어 총 80쌍의 시료쌍을 제작하였다. 가청화 작업을 통하여 만든 시재를 국악연주자와 서양음악연주자를 대상으로 청감실험을 실시하였다.
청감실험결과 국악당에 대한 실내음향의 조건은 서양음악의 경우와 비교하여 매우 다른 양상을 나타내었다. 잔향시간은 0.8~1.0초의 매우 낮고 명료한 소리를 선호하였으며 잔향시간의 주파수특성도 모든 주파수 대역에서 일정한 잔향특성을 선호하는 것으로 나타났다. 또한 각 악기의 소리특성을 인지하기 위한 고음의 명료도가 중요한 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 향후 국악당 및 국악음원을 사용하는 공간의 설계에 유용하게 사용될 수 있으리라 판단된다.

핵심용어: 국악, 무향실, 가청화작업, 청감실험, 음향선호도, 쌍극척도법, 컴퓨터 모델링, 실내음향인자

투고분야: 음악음향 및 음향심리분야 (8.7)

The present study aims to investigate the design standard for acoustic criteria of Korean traditional music which could be used for the design of Korean traditional music halls. In order to do this, subjective listening tests were undertaken to musicians using auralized sounds which were convolved with the impulse response of traditional instruments recorded in an anechoic chamber. 94 pairs of sound were made which have different value of acoustic parameters including RT, BR, Brilliance, G, C80, ITDG, IACC. A paired comparison method (PCM) was used to analyze the results from the subjective listening tests.
The results show that the preference of acoustic criteria for the Korean traditional music is far different from those of western music. As a result, specific range of acoustic criteria were suggested for the appropriate acoustic conditions of Korean traditional music. Also, a guideline of the acoustic design of halls for performing the Korean traditional music was suggested which could be used as a basic reference in the future works.

Key words: Korean traditional music, Anechoic Room, Auralization, Subjective listening test, Acoustical preference, PCM method, Computer modeling, Room acoustic criteria

ASK subject classification: Musical Acoustics and Psychoacoustics (8.7)

책임저자: 한 찬 훈 (chhaan@chungbuk.ac.kr)
361-764 충북 청주시 흥덕구 개신동 10, 충북대학교 건축공학과
(전화: 043-261-2438; 팩스: 043-263-2635)

I. 서 론

국악과는 달리 서양음악에 대한 실내음향학적 특성은 이미 많은 연구가 진행되어 왔으며 서양악기에 대하여도 음향학의 측면의 연구가 장기간 시행되어서 음악의 종류에 따른 공연장의 설계조건과 음향학적 특성을 평가할 수 있는 객관적인 음향인자가 정립되어 있다. 그 이유는 서양음악의 경우 오래 전부터 대중적인 공연이 있어왔고, 공연장의 음향적 특성에 맞는 음악의 작곡이 이루어져서 '공연장에서의 음악'이라는 개념이 일찍이 받아들여져 왔기 때문이다. 그러나 국악에 있어서는 최근에 와서야 많은 사람이 전통 국악을 감상할 수 있는 규모의 대중적 공연이 시작되었기 때문에 공연장에 대한 음향학적인 지표가 공식화된 것이 없으며, 국악기의 음향특성과 이에 따른 공연장의 음향적 요구조건에 대한 연구가 이루어지지 않았다. 따라서 공연장 음향설계시 기준이 될 수 있는 지표를 찾기 위한 연구가 절실히 요구되고 있다.

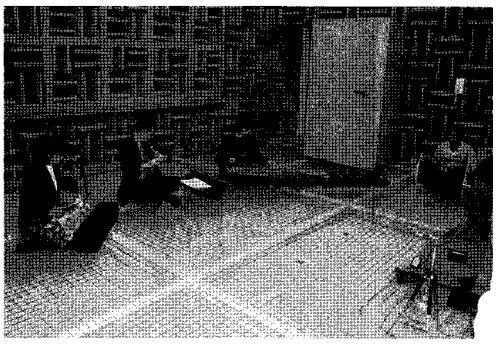
국악과 연계된 공연장의 음향에 대한 연구는 1989년에 신영부 [1-3]에 의하여 처음 시도되었다. 그의 연구는 주로 판소리와 국악전용공연장의 음향설계방법에 대하여 조사하였으며 음장 시뮬레이션이나 축척모형실험을 통한 전통음악당의 음향설계방법을 제시하였다. 1999년 성굉모[4,5]는 주관적 청취실험에 의하여 국악공연장의 음향인자에 대한 실험을 실시하였으며 그 결과를 판소리전용공연장에 적용하였다. 2003년부터 한찬훈 [6-17]은 국악기의 음향방사특성을 조사하였으며 무향실에서 측정한 총 13개의 국악기의 음향방사패턴을 측정하여 데이터베이스화 하였고 국악시재를 이용한 청감실험을 실시하여 1차적인 국악의 음향설계기준을 제시하였다. 2005년에는 정대업 [18]이 국내의 국악공연장에서 측정한 물리량의 실험 데이터를 통계처리하여 국악당의 음향특성을 조사한바 있다.

본 연구의 목적은 국악당의 설계에 있어서 기존의 서양음악을 기준한 실내음향설계의 한계를 벗어나고 국악기의 음향특성에 맞는 실내음향의 설계기준을 제시하는데 있다. 이를 위하여 실제 국악시재를 이용한 청감실험을 실시하였다. 먼저 국악음악의 합주를 무향실내에서 녹음한 뒤 무향실내에서 실시한 국악기의 종류에 따른 지향음향특성을 이용하여 컴퓨터 모델링을 다음과 같이 실시하였다. 국악당의 가상공간을 설정하여 국악음원을 방사시킨 후 가상공연장의 충격응답을 얻었으며 추출된 충격응답 자료를 가지고 무향실에서 녹음된 음원과 콘볼루션시켜 가청화시재를 제작하였다. 조사한 실내음향인자는 잔향시간 (RT), 저주파 잔향비 (BR), 고주파 초기감쇠시간비 (Brilliance), 음의세기 (G), 음악명료도 (C80), 초기시간지연차 (ITDG), 양이효과지표 (IACC)등 총 7가지이며 무향녹음된 음원은 기악합주곡으로 구성하되 가청화 데이터를 각 지표안의 서로 다른 시료들과 짝을 지어 총 48쌍의 시료쌍을 제작하였다. 가청화 작업을 통하여 만든 시재를 국악연주자와 서양음악연주자를 대상으로 청감실험을 실시하였다. 청감실험은 2차에 걸쳐 실시되었으며 1차 청감실험은 2003년에 2차 청감실험은 2005년에 나누어 실시되었다.

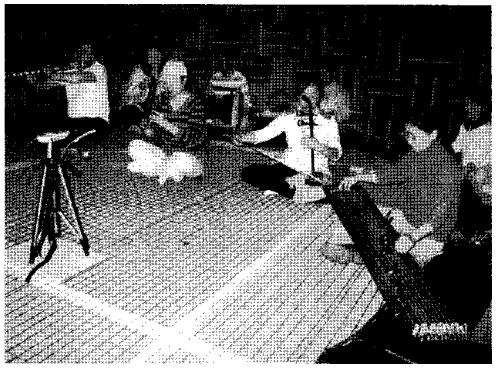
II. 가청화 작업

2.1. 무향실 음원 녹음

가청화작업에 사용하기 위한 음원의 녹음은 무향실에서 실시했다. 사용한 무향실 크기는 4.0×4.0×4.5 (H)m 이며 흡음쐐 크기는 0.4×0.2×0.7 (H)m 이고 재질은 발포 폴리우레탄이다. 내부 암소음은 측정결과 12 dB (A) 이하이었으며 출입문의 차음성능은 500Hz에서 약 75 dB 이다.



a) 1st recording image



b) 2nd recording image

그림 1. 무향실내의 녹음 이미지

Fig. 1. Pictures of recording in anechoic chamber.

표 1. 무향실 연주곡 제목
Table 1. Musical score played in recording.

연주형태 \ 명칭	악기	연주곡	비고
합주	가야금, 거문고, 해금, 대금, 단소, 세피리, 장고	천년만세	1차녹음
합주	가야금, 거문고, 아쟁, 해금, 대금, 소금, 피리, 장고, 북	영산회상	2차녹음

표 2. 청감실험 사용기자재
Table 2. Measuring devices for listening tests.

구 분		내 용	비고
무향실 녹음		TASCAM DA-P1 Digital Audio Tape Recorder Head Torso Simulator	1
시뮬레이션 / 합성		ODEON 6.0	1
음원의 편집		Cool Edit 2.0	1
청감실험	헤드폰	Senheiser (HD265)	5
	CD 플레이어	Inkel CD Player(CD-7080)	1
	헤드폰 분배기	5 채널 헤드폰 분배기	1

무향실녹음은 국악 전문연주자를 대상으로 합주를 녹음하였다. 녹음은 해금, 대금, 가야금, 장고 등 4개의 악기의 독주를 비롯하여 가야금, 거문고, 해금, 대금, 단소, 세피리, 장고등의 총 9개의 악기로 구성된 합주를 녹음하였고, 연주곡목은 1차 및 2차 녹음시 각각 천년만세와 영산회상 유초신 지곡중 타령를 연주하였다. 연주는 각각 2회씩 똑같은 곡을 연주하였으며, 이중 첫 번째 실험에서 녹음한 타령부분의 일부분을 청감시재를 만드는데 사용하였다. 표1은 무향실에서 실시한 연주악기 및 연주곡을 나타내고 있으며 그림1은 무향실에서 실시한 1차 및 2차 녹음시 촬영한 국악음원의 녹음이미지이다.

무향실의 국악음원 녹음장비는 TASCAM DA-P1 Digital Audio Tape Recorder를 사용하였으며, 편집은 Cool Edit Pro 2.0 을 이용하였다. 녹음중 IACC의 측정을 위하여 Head Torso Simulator를 동시에 사용하였다. 국악녹음과 편집 및 청감실험에 사용된 기자재는 표2에 나타난 바와 같다.

2.2. 가청화작업

국악당 음향의 선호도를 조사하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션에 의하여 분석한 국악공연장의 결과를 가청화(Auralization)작업을 통해 음향시재로 채취한 후 국악

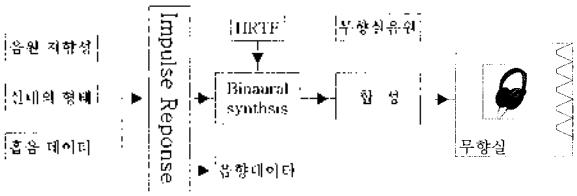


그림 2. 가청화작업의 구성도
Fig. 2. System flow chart of auralization.

표 3. 적용 국악공연장의 제원
Table 3. Architectural measures of the hall.

구 분			내 용		
객석	객 석	치수(m)/내용	길이 (L)	폭 (W)	높이 (H)
		최대치	24.3	27.6	12.9
		평균치	24.3	21.9	7.8
	최대음선거리 (apron 기준)		1층 (stalls) :18.2 m 2층 (balcony): 20.9 m		
	실용적 (V)		약 5625 m^3		
	실내표면적 (S)		약 2440 ㎡		
	바닥면적 (F)		약 915 ㎡		
	좌 석 수 (N)		712 석		
무대	무대치수(m)/내용		길이 (L)	폭 (W)	높이 (H)
	평균치 (m)		24	35.9	18.4
	무 대 면 적		1178 ㎡		

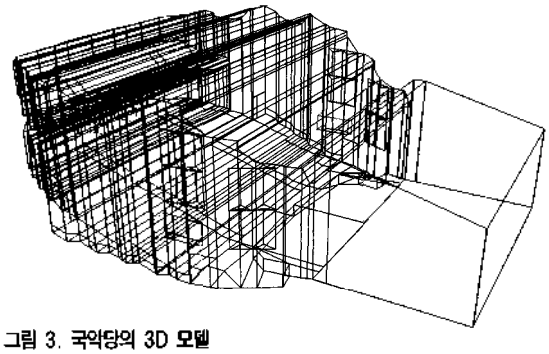


그림 3. 국악당의 3D 모델
Fig. 3. 3-dimensional model of a Korean music hall.

연주자와 서양음악연주자를 대상으로 청감실험을 실시하여 음향선호도를 조사하였다. 그림2는 본 연구에서 수행한 가청화작업의 전체 구성도이다.

모델링 되어진 공연장의 형태에 국악기의 지향특성과 마감자재의 흡음률 데이터를 입력하고 충격응답음을 측정하여 음향 데이터를 구하고 머리전달함수를 적용한 binaural synthesis를 구한다. 그리고 이전에 무향실에서 녹음한 국악음원과 합성하여 가청화 시재를 만들었다. 청감실험용 음원은 무향실에서 녹음한 합주곡 중의 일부를 사용하였다.

가청화시재를 제작하기 위한 3차원 모델링을 수행하기 위하여 현재 공사중인 부산 국립국악원의 대공연장을 모델로 하였다. 그림 2는 시뮬레이션에 사용된 공연장의 3차원 형태를 보여주고 있으며 공연장의 제원은 표3에 나타난 바와 같다.

2.3. 가청화 청감시재의 제작

공연장의 음향인자 측정 및 분석은 임펄스 응답의 측정에 의한 3차원 컴퓨터 시뮬레이션에 의하여 구하였고 음향출력레벨은 80dB로 하였다. 시뮬레이션과 음의 합성(Convolution)을 위하여 ODEON 6.0 프로그램을 사용하였다. 청감실험 시료의 지표별 음향특성을 만들기 위하여

표 4. 1차 및 2차 청감실험 시료의 지표별 음향특성
Table 4. Sampling of acoustic criteria of the 1st and 2nd listening tests.

번호	지표 \ 시료	1	2	3	4	5	1차실험 문항수	2차실험 문항수	주 관 적 음향인자
1	RT(sec)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	20	12	Liveness
2	Base Ratio	0.9	1.0	1.1	1.2		12	6	Warmth
3	Brilliance	0.8	0.9	1.0			6	6	Brilliance
4	G_{mid}(dB)	0	3	6	9		12	6	Strength
5	C_{80}(3)(dB)	-4	-2	0	2		12	6	Clarity
6	ITDG(ms)	9	14	21			6	6	Intimacy
7	IACC	0.26	0.37	0.49	0.60		12	6	Spaciousness
	計						80	48	

각 부분의 재료는 임의로 조정하였으며, 시료의 지표는 1차 청감실험에서는 RT값 5개, BR값 4개, Brilliance값 3개, G값 4개, C80값 4개, ITDG값 3개, IACC값 4개의 시료를 제작하였으며 만들고자 하는 지표 이외의 6가지 지표는 값이 같도록 하였다.

청감실험의 시재를 만들기 위하여 Odeon Program을 이용하여 작업하였으며 반복되는 작업의 효율을 높이기 위해서 지정된 수음점 1곳과 음원 1곳을 설정하여 지표의 계산을 반복하였다. 그 결과 나머지 6가지의 파라메터의 값들이 97%-99%의 수준에서 유지 되도록 할 수 있었다. 참고로 잔향시간의 변화시 G값이외에 다른 인자의 값은 크게 변하지 않았으며 G값의 경우는 출력값을 조정하여 맞추었다.

설문지는 총 80개의 문항으로 구성되었다. 2차 청감실험에서는 보다 효율적인 실험을 위하여 1차 청감실험의 결과를 바탕으로 하여 각 지표의 문항을 줄였다. 2차 청감실험에서는 각 지표의 시료를 줄여서 총 48개의 문항으로 구성하였다. Bass ratio의 경우 1차 실험시에는 0.9, 1.0, 1.1, 1.2 등의 4가지 지표로 구성하였고 2차실험시에는 0.9 1.0, 1.2로 구성하였는데 그 이유는 1차 실험의 결과 1.1과 1.2의 응답차이가 거의 없었기 때문에 2차실험의 경우에는 1.2만을 설정하여 시행하였다. 2차실험시 생략된 음향지표의 시료는 이탤릭체로 명기하였다. 표4는 1차 및 2차 청감실험 시료의 지표별 음향값과 문항수를 보여주고 있다.

III. 청감실험

청감실험에 사용된 설문지는 쌍극척도법에 의해 둘 중 하나를 선택하게 되어있다. 각 문항은 순열에 의해 짝지어지고 그 순서를 무작위로 섞어 피험자가 시료의 순서를 인지하지 못하도록 하였다. 통계처리는 PCM (Paired comparison method)법을 사용하였다. PCM법은 다수의 대상에 대해 서로의 물리적 특성의 우위를 판단해야 할 필요가 있는 경우 가능한 모든 짝에 대해 서로 비교를 하여 그 결과들을 토대로 전체적인 순위를 결정하는 방법이다. 이 방법은 다른 방법에 비해 평가자들 간의 편차가 적고 평가가 쉬운 방법이다. 실험결과 데이터의 유의성을 검정하기 위해서는 각 평가자의 일관성지수와 일치성 지수를 검사해야하며, 전체 평가 순위에서 서로 유의한 차이가 있는지를 검증하기 위하여 결과 값 차이의 유의성을 검사해보아야 한다. 본 조사에서는 개인별 일관성(consistency)이 0.8이상인 데이터만을 사용하였다. 집단내의 concordance (μ)값을 구하여 집단 내의 피험자들이 일치하는지 여부를 알아보고, 카이제곱 (χ^2)을 통하여 유의수준 (P_value) 값을 분석해 신뢰도를 검증하였다.

빈도수에 의해 얻어진 결과를 바탕으로 집단별 차이의 유무를 알아보기 위하여 교차분석을 실시하였다. 4개의 집단을 둘씩 짝을 지어 각 인자별로 총 6회의 교차분석을 실시하는데, 교차분석은 청감실험 결과 데이터를 이용하여 실시하고, 통계처리 프로그램은 SPSS를 사용하였다.

교차분석은 범주형자료 (명목척도 및 서열척도)를 두 개 혹은 그 이상의 변수에 대한 결합분포 (결합빈도)를 나타내는 분할표를 보여준다. 만일 두 변수가 각각 r개와 c개의 범주를 갖는다면 각 셀에 두 변수가 결합된 기대빈도를 구하고 실제 측정된 빈도를 구함으로써 두 변수가 독립성 혹은 연관성이 있는지를 판단한다. 이러한 기대빈도와 실제 측정치간의 차이를 비교하여 독립성 혹은 연관성을 판단하는 방법은 χ^2 (Chi-square Test)검정을 이용한다. 일반적으로 한 변수가 r개의 속성을 가지고 또 하나의 변수가 c개의 속성을 가질 때 만들어지는 표를 r × c 통계분할표라고 부른다.

교차분석결과 χ^2 값이 커지면 기대빈도와 실제빈도간의 차이가 크다는 것을 의미하며 동시에 두 변수가 서로 상관도가 높다는 것을 의미한다. 유의확률값은 유의수준 (α) 0.05하에서 대상변수들 사이의 영향력을 검증하기 위하여 교차분석 (χ^2)한 결과인 카이제곱통계량 값을 구하여 유의한 차이가 있는지를 검증하는 것이다. 이때 카이제곱통계량 값이 유의수준 하에서 유의한지, 유의하지 않은지의 기준이 되는 값이 유의확률 (p)값이다.

마지막으로, 각 지표간 Classification은 Cr (α) 값 이상의 차이를 보이는 것을 기준으로 하였다. 즉, Cr (α) 값을 구하여 지표별 Score의 차이가 Cr (α) 값 이상일 경우

표 5. 청감실험 피험자의 구성
Table 5. Number of each subject group of listening test.

No	피험자그룹	모집단수	청감실험 대상자 (표본수)	표본수/ 모집단수
1	국악연주자	292명	75명 (68%)	25.7%
2	서양음악 연주자	62명	36명 (32%)	25.8%
계		354명	111 (100%)	31.4%

지표간의 구분 (classification)이 가능한 것으로 하였고, Cr (α) 값 이하일 경우 두 지표가 동일한 것으로 하였다. (그림 4)는 PCM의 과정을 보여주는 순서도이다.

청감실험은 2차에 걸쳐 실시되었으며 1차 청감실험에서 2004년에 50명을 대상으로 실시하였으며 2차 청감실험은 2005년에 추가로 61명에게 실시하여 총 111명을 대상으로 조사를 실시하였다. 청감실험의 목적은 국악연주자와 서양음악연주자간의 선호도의 차이를 조사하여 기존의 서양음악 기준과 국악음향의 기준의 차이를 나타내는 것이었기 때문에 서양음악연주자와 국악연주자를 대상으로 청감실험을 실시하였다.

조사대상은 전문국악인 75명과 서양음악인 36명 등 총 111명으로 구성하였다. 국악연주의 모집단의 인원은 청감실험에 응한 3개의 국악단과 1개의 교향악단의 정원을 의미하며 청감실험의 피험자 구성은 표5에 나타난 바와 같다.

CD로 만들어진 시료는 먼저 음성으로 문항의 번호를 들려주고 1초 후 시료 1을 들려주고 2초 후 시료 2를 들려주도록 구성하였다. 문항과 문항사이는 4초로 하여 구분을 명확하게 할 수 있도록 하였다. 1차 청감실험시 각 시료의 길이는 15초로 하고 〈영산회상〉일부분을 청감실험의 시료로 사용하였으며, 2차 청감실험시에는 각 시료

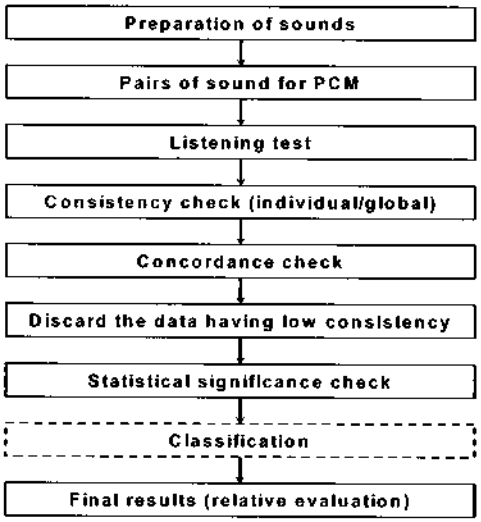


그림 4. PCM 통계처리흐름도
Fig. 4. Statistical Processing Method of PCM Method.

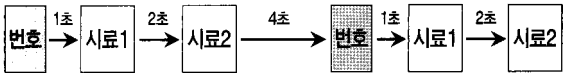


그림 5. 청감시재의 구성 및 내용
Fig. 5. Process of listening materials.

의 길이는 14초로 하고 합주곡 〈천년만세〉의 일부분을 청감실험의 시료로 사용하였다. 총 청감실험 시간은 1차 실험시에는 52분이 소요되었으며, 2차 실험에서는 32분이 소요되었다. 오랜 시간 청감실험에 임할 경우 피험자의 집중력이 떨어지는 것을 감안하여 각 지표가 끝날 때마다 쉬는 시간을 5~10분씩 주어 실험의 정확성을 기하고자 하였다. 청취자가 청감실험시 집중하지 못하거나 혼동이 될 때는 언제든지 중간에 멈추고 다시 청취할 수 있도록 하였으며 청감시재는 CD로 제작되어서 컴퓨터 상에서 간단한 조작으로 시작과 중단 및 반복청취가 가능하도록 하였다. 그림5는 청감시재의 구성을 도식화하여 보여주고 있다.

청감실험은 무향실이나 반무향실에서 실시하여야 하나, 수개의 집단을 실시해야 하기 때문에 피험자가 있는 곳으로 장비를 이동하여 청감실험을 실시하였다. 가청화 시재를 담은 CD를 재생하여 피험자가 헤드폰을 통하여 청감시재를 청취하도록 하였다. 피험자는 사전에 인원을 설정하여 그 인원을 5명씩 1개조로 나누어 시간을 분배하여 실험하였다. 이를 위하여 5 채널 헤드폰 분배기를 제

그림 6. 집단별 청감실험 이미지
Fig. 6. Pictures of group listening tests.

작하여 사용하였다. 청감실험의 장소는 외부의 소음영향이 적다고 판단되는 연습실을 택하여 청감실험을 실시하였다. 그림6은 각 집단별 청감실험 이미지의 예이다.

IV. 청감실험 결과

4.1. 빈도수에 의한 선호도 분석

청감실험의 결과는 1차실험과 2차실험의 결과를 종합한 것으로서 청감실험의 결과로 도출된 집단별 빈도수 및 정답률 등의 실험결과는 표 6에 나타난 바와 같다. 대체로 빈도수가 높은 지표에서 정답률이 높았다. 표 6에 나타난 빈도수 표에서 각 인자별 최대빈도수는 굵은 글씨체로 표시 하였다.

표 6. 집단별 빈도수 및 정답률
Table 6. Frequency and correct answer ratio of each subject group.

음향인자	지표	국악연주자			서양음악연주자			전 체		
		총빈도수	정답수	정답률%	총빈도수	정답수	정답률%	총빈도수	정답수	정답률%
RT	0.6	90	63	70	34	22	65	124	85	69
	0.8	**315**	220	70	**124**	90	73	439	310	71
	1	285	177	62	130	88	68	415	265	64
	1.2	225	115	51	**141**	93	66	366	208	57
	1.4	185	101	55	**131**	85	65	316	186	59
BR	0.9	183	98	54	86	44	51	269	142	53
	1	**186**	109	59	**87**	34	39	273	143	52
	1.1	74	38	51	53	26	49	127	64	50
	1.25	158	58	37	86	50	58	244	108	44
Brilliance	0.8	147	80	54	67	30	45	214	110	51
	0.9	140	60	43	84	46	55	224	106	47
	1	**163**	84	52	65	30	46	228	114	50
Gmid	0	54	22	41	47	27	57	101	49	49
	3	185	119	64	81	49	60	266	168	63
	6	131	57	44	84	52	62	215	109	51
	9	**230**	176	77	**100**	74	74	330	250	76
ITDG	9	**180**	128	71	88	58	66	268	186	69
	14	129	64	50	**96**	72	75	225	136	60
	21	135	90	67	32	8	25	167	98	59
C80	-4	**11**	6	55	1	0	0	12	6	50
	-2	105	78	74	75	62	83	180	140	78
	0	208	160	77	118	100	85	326	260	80
	2	**263**	221	84	**118**	92	78	381	313	82
IACC	0.26	72	34	47	57	40	70	129	74	57
	0.37	175	92	53	80	46	58	255	138	54
	0.49	150	70	47	80	44	55	230	114	50
	0.60	**191**	102	53	**95**	60	63	286	162	57

4.2. 쌍대비교법에 의한 선호도 분석

하나의 인자 내에는 같은 문항이 두개씩 존재하게 되는데 통계처리시 한명의 피험자가 두 번씩 청감실험을 한 것으로 하여 통계처리 하였다. 통계처리는 쌍대비교법법을 사용하여, 개인별 일관성이 0.8이상인 데이터만을 사용하였다. 일관성이 0.8 이상인 데이터를 가지고 개인별 매트릭스를 만들어 둘 중 선호하는 지표에 1을 그렇지 않은 지표에 0을 입력하여 그 스코어를 합하여 빈도수를 구하였다. 표7은 집단의 인자별 일관성 (consistency)이 0.8 이상인 빈도수와 백분율을 보여주고 있다.

표 7. 집단별 Consistency 추이
Table 7. Consistency of each group.

집단 / 내용		RT	BR	Brilliance	Loudness	ITDG	C_{80}	IACC
국악 연주자	Consistency 0.8이상 빈도	14	9	14	14	11	18	10
	백분율(%)	70	45	70	70	61	100	55
서양 음악 연주자	Consistency 0.8이상 빈도	25	21	22	19	22	28	18
	백분율(%)	78	65	68	59	68	87	56
전 체	Consistency 0.8이상 빈도	73	47	77	56	75	91	55
	백분율(%)	73	47	77	56	77	93	56

4.3. 국악시재의 음향인자별 선호도 분석

1) 잔향시간

청감실험 분석결과 국악연주자는 잔향시간이 짧은 시재일수록 선호하는 경향이 나왔으며, 서양음악연주자는 반대로 잔향시간이 긴 시재를 선호하는 것으로 나타났다. 국악연주자는 대체로 0.8초와 1.0초의 잔향시간을 가장 선호하는 것으로 나타나 건조한 음을 선호하는 것으로 나타났다. 이는 서양음악에 비해 짧은 잔향시간을 선호한다는 것을 보여주고 있는 것이다. 그림7은 피험자 집단별 잔향시간 선호도를 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서

표 8. 잔향시간 PCM 데이터
Table 8. PCM Data of RT.

Reverberation Time	국악 연주자	서양음악 연주자
μ(일치도)	0.29	0.09
X(확률분포값)	170.9	205.2
X^2(카이제곱)	56.97	35.69
v(자유도)	12.64	11.34
p value	0.00	0.00
Cr(α)	**6.27**	**8.21**

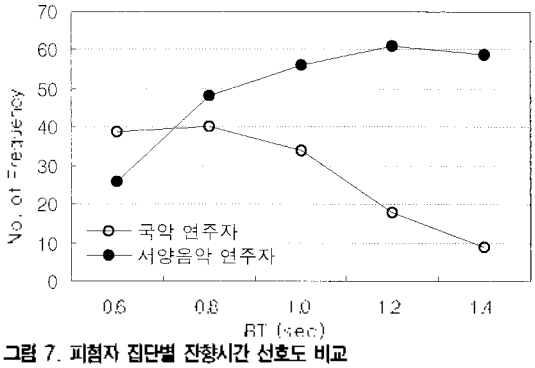


그림 7. 피험자 집단별 잔향시간 선호도 비교
Fig. 7. Preference of reverberation time of each subject group.

KMP는 국악연주자를 WMP는 서양음악연주자 그룹을 각각 의미한다.

PCM에 의한 잔향시간의 교차분석결과 국악연주자의 세부 카테고리에 속하는 국악전문연주자나 국악전공학생 간에는 유의수준 0.531이상으로 매우 비슷한 선호도를 보이고 있으나, 서양연주자는 다른 집단과의 교차분석에서 0에 가까운 유의 수준을 보이고 있어 타 집단과 현저히 다른 선호도를 보였다는 것을 알 수 있었다.

2) Bass Ratio

저주파 잔향비의 빈도수에 의한 분석결과 국악연주자는 대체로 1.0 이상의 저주파 잔향비를 선호하고 있으나, 서양음악연주자는 이보다 값이 큰 1.1 이상의 값을 선호하고 있는 것으로 나타났다.

쌍대비교법에 의한 분석에서는 서양음악연주자가 상대적으로 저음의 비가 조금 많을 때를 선호하는 것으로 나타났으며 국악연주자는 저음의 비가 비슷한 음을 선호하는 것으로 나타났다. 이는 국악의 잔향 주파수특성이 중간주파수대비 저주파수의비가 비슷한 것에 가깝다는 것을 의미한다.

PCM에 의한 Bass Ratio의 교차분석에서는 국악연주자 집단의 빈도수 그래프가 종모양을 하고 있는 것과 달리 서양음악연주자의 그래프는 지그재그 또는 종형의 반대 형태를 하고 있어 지표간 구분이 상대적으로 명확하지 못하였다는 것을 보여주고 있다.

표 9. Bass Ratio PCM 데이터
Table 9. PCM Data of Bass Ratio.

Bass Ratio	국악 연주자	서양음악 연주자
μ(일치도)	-0.49	-0.01
X(확률분포값)	94.57	21.16
X^2(카이제곱)	54.04	4.45
v(자유도)	17.63	6.98
p_value	0.00	0.00
Cr(α)	**4.64**	**6.82**

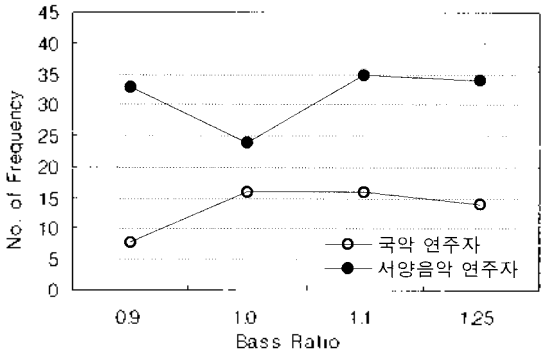


그림 8. 피험자 집단별 Base Ratio 선호도 비교
Fig. 8. Preference of base ratio of each subject group.

3) Brilliance

빈도수 분석결과 서양음악연주자는 고주파수 대역 초기감쇠시간 비율이 0.9 ≧ 0.8 〉 1.0의 순으로 선호도를 보여주었으나, 국악연주자는 빈도수에 뚜렷한 차이를 나타내지 않고 있다. 즉, 서양음악연주자는 고주파수 대역의 초기감쇠시간 비율이 적은 것을 선호하고 있으나, 국악연주자는 중간주파수 대비 고주파수의 비가 비슷한 것을 선호한다는 것을 말해주고 있다. 이것은 저주파수 잔향비에서도 국악의 특성이 저주파수바율이 비슷한 것을 선호하였다는 것과 상관관계가 있는 것으로 보인다. 서양음악연주자는 서양음악의 Brilliance 기준치인 0.9와 0.8의 값에서 높은 빈도수를 보이고 있었다.

PCM에 의한 Brilliance의 교차분석에서는 집단간 유의수준이 0.7~0.99 사이에 존재하는 것으로 나타났는데, 이것은 두 집단간에 대체로 비슷한 선호도 추이를 보인 것을 의미하였다. 이것은 Brilliance의 지표에서는 다른 지표보다 상대적으로 큰 차이가 나지 않고 있다는 것을 의미한다.

표 10. Brilliance PCM 데이터
Table 10. PCM Data of Brilliance.

Brilliance	국악 연주자	서양음악 연주자
μ(일치도)	-0.06	-0.007
X(확률분포 값)	1.88	14.83
X^2(카이제곱)	0.63	2.97
v(자유도)	3.79	3.47
p value	0.60	0.00
Cr(α)	**0.50**	**6.10**

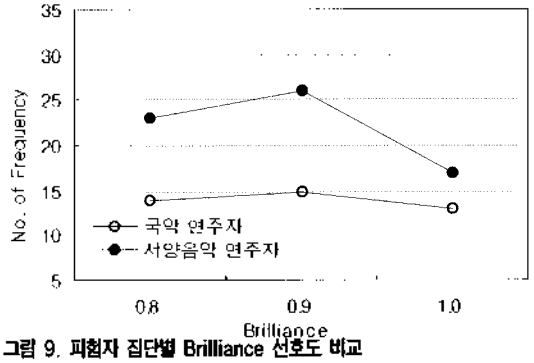


그림 9. 피험자 집단별 Brilliance 선호도 비교
Fig. 9. Preference of brilliance of each subject group.

4) Loudness

음의 세기에 대한 빈도수의 분석결과 국악연주자는 9dB〉 3dB〉 6dB〉의 순으로 선호도가 나타나서 3dB 이상을 선호하는 것으로 나타났으나 국악연주자는 대체로 빈도수에 큰 차이를 보이지 않았다. 반면에 서양연주자는 6dB〉 0dB≧ 3dB〉 9dB의 순으로 나타났다. 특히, 서양음악연주자의 경우 서양음악의 적정 G값 범위인 4.0~5.5 dB에 근접한 6dB을 가장 선호하고 있는 것으로 나타났다.

표 11. Loudness PCM 데이터
Table 11. PCM Data of Loudness.

Loudness	국악 연주자	서양음악 연주자
μ(일치도)	-0.05	-0.009
X(확률분포 값)	9.33	25.18
X^2(카이제곱)	4.15	5.92
v(자유도)	8.15	7.10
p value	0.31	0.00
Cr(α)	**5.07**	**6.51**

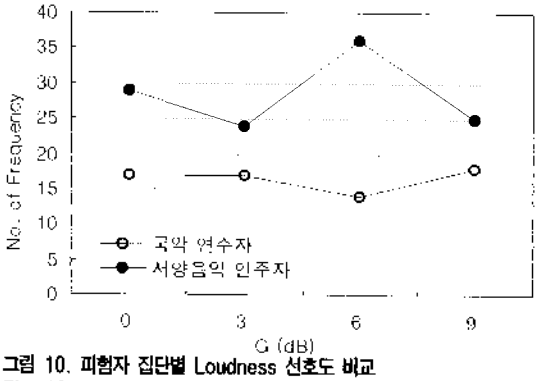


그림 10. 피험자 집단별 Loudness 선호도 비교
Fig. 10. Preference of loudness of each subject group.

PCM에 의한 Bass Ratio의 교차분석에서는 국악연주자와 서양음악연주자가 어느 정도 비슷한 빈도수 추이를 보여주는 것으로 나타났다.

5) ITDG

초기시간지연차의 빈도수 분석결과 국악연주자는 명백하게 짧은 초기시간지연차를 선호하고 있는 반면에 서양음악연주자는 14ms에서 가장 높은 선호도를 보이고 있었다. 이는 서양음악 초기지연시간차의 적정범위가 20ms 이하인 것과 일치하고 있다. 초기시간지연차에 대한 이 결과는 국악이 상대적으로 서양음악보다 규모가 작은 공간에서 연주되어야 한다는 것을 의미한다. 그리고 서양음악에 비하여 더 가깝게 들리는 것을 선호하고 있음을 나타내고 있다.

PCM에 의한 ITDG의 교차분석에서는 서양음악연주자 집단은 국악연주자 집단과 차이가 있는 선호도를 보이고 있는 것으로 나타났고, 유의 수준 이상의 값을 보이고 있다.

표 12. ITDG PCM 데이터
Table 12. PCM Data of ITDG.

ITDG	국악 연주자	서양음악 연주자
μ(일치도)	-0.018	0.07
X(확률분포 값)	7.67	42.83
X^2(카이제곱)	3.41	8.57
v(자유도)	4.07	3.47
p_value	0.10	0.00
Cr(α)	**4.46**	**6.10**

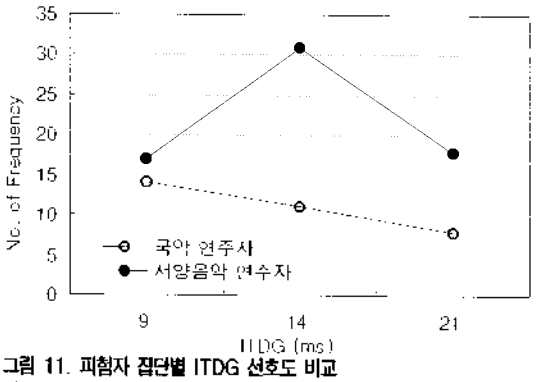


그림 11. 피험자 집단별 ITDG 선호도 비교
Fig. 11. Preference of ITDG of each subject group.

6) 음악명료도

음악명료도의 빈도수 분석결과 국악연주자와 서양음악연주자 모두 높은 음악명료도를 선호하고 있으나 서양음악연주자의 경우 그 상한치가 0dB인 것에 비하여 국악연주자는 2dB 이상으로 음악명료도가 클수록 더 선호하는 것으로 나타났다. 특히, 서양음악의 적정기준치가 -3dB부터 +1dB까지 인 것을 고려할 때 서양음악연주자의 선호도 분석 결과는 이 범위에 매우 근접하게 일치하고 있음을 알 수 있다.

두 집단 모두 2dB와 0dB를 선호하였는데, 이는 초기음에너지가 후기 음에너지보다 많은 것을 선호하는 것을 말해주고 있어서 잔향이 짧은 명료한 음을 선호한다는 것을 보여준다.

PCM에 의한 음악명료도의 교차분석에서는 국악연주자 집단이 서양음악연주자집단과 유의수준 이상의 값을 보여 비슷한 선호도를 보인 것으로 나타났다.

표 13. 음악명료도 PCM 데이터
Table 13. PCM Data of Sound Clarity.

음악명료도	국악 연주자	서양음악 연주자
μ(일치도)	0.78	0.69
X(확률분포 값)	386.69	827.61
X^2(카이제곱)	96.67	127.32
v(자유도)	7.17	6.71
p_value	0.00	0.00
Cr(α)	**6.35**	**7.79**

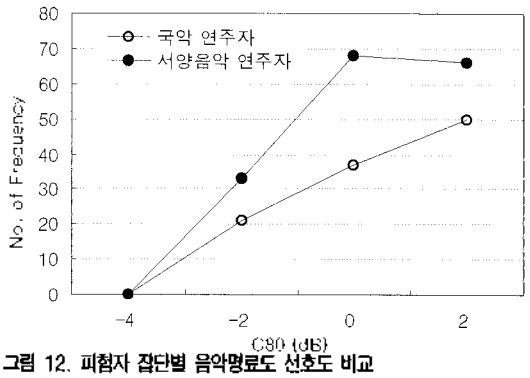


그림 12. 피험자 집단별 음악명료도 선호도 비교
Fig. 12. Preference of C80 of each subject group.

7) IACC

현장감 지수의 지표로 사용되고 있는 IACC는 양이효과의 기준치로 사용되고 있다. 즉, 왼쪽 귀와 오른쪽 귀에 도달하는 음상의 차이를 말하는데 IACC값이 0.15보다 작으면 공간적인 방향감이 없어져서 양이간의 상관관계가 작은 것을 의미하며 IACC값이 크면 음원의 방향성을 인지하기가 쉬워짐으로 음의 양이효과가 증대되서 현장감이 더하여 진다고 평가된다. 값이 1에 가까울수록 음차가 적다는 것을 말해준다.

IACC의 빈도수 분석결과 국악연주자가 0.6 ≧ 0.37 ≧ 0.26 〉 0.49의 순으로, 서양음악연주자는 0.26 ≧ 0.6 = 0.49 〉 0.37의 순으로 선호도를 보여주었다. 다른 파라메터와는 달리 IACC의 인자는 국악연주자와 서양음악연주자간의 성향이 뚜렷하게 구별되지 않지만 전체의 빈도수를 보면 서양음악연주자는 0.49 이상의 값에서 빈도수의 절대수가 많고 국악연주자는 0.37 이하의 값에서 빈도수가 더 많은 것을 알 수 있다. 쌍대비교법에 의한 방법에서도 빈도수에 의한 방법과 비슷한 추이를 보이고 있다. 서양음악연주자의 경우 전체적으로 양분되는 선호도를 보여주고 있으나 개인의 성향이 골고루 보이고 있었다.

표 14. IACC PCM 데이터
Table 14. PCM Data of IACC.

IACC	국악 연주자	서양 연주자
μ(일치도)	0.00	0.10
X(확률분포 값)	16.88	79.18
X^2(카이제곱)	8.44	18.63
v(자유도)	8.44	7.10
p value	0.03	0.00
Cr(α)	**4.86**	**6.51**

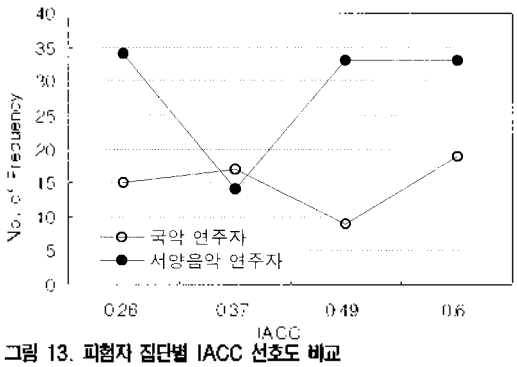


그림 13. 피험자 집단별 IACC 선호도 비교
Fig. 13. Preference of IACC of each subject group.

V. 국악당의 음향설계기준

청감실험에 의한 분석결과 잔향시간은 서양음악연주자 집단이 비교적 긴 잔향시간을 선호한 것과 달리 국악연주자는 서양음악에 비해 짧은 0.8~1.0초의 낮은 잔향시간과 명료한 소리를 선호하였다. 저주파수와 고주파수의 잔향비는 국악연주자의 경우 주파수별 해당 인자의 값이 비슷한 평탄한 특성을 선호한 반면에 서양음악연주자는 서양음악의 기준에 맞게 Bass Ratio는 저주파수 비가 다소 많은 것을 선호하였으며 Brilliance는 고주파의 비가 적은 것을 선호하였다.

표 15. 국악의 선호도와 서양음악의 기준 비교
Table 15. Comparison of acoustic criteria between Korean and western music.

No	음향인자	국악음악	서양음악	비고
1	RT	0.8초~1.0초	1.4초 이상	잔향시간
2	Bass Ratio	1.0 이상	1.2 이상	저주파의 잔향시간 비
3	Brilliance	1.0 이하	0.9 이하	고주파의 초기 감쇠시간 비
4	G	3 dB 이상	4.0~5.5 dB	Loudness
5	ITDG	9 ms	20 ms 이하	초기시간지연차
6	C80	0 dB 이상	-3dB~+1dB	음악명료도
7	IACC	0.4 이하	0.5 이하	좌우의 음상차이

음의 세기는 국악연주자가 상대적으로 큰 9dB를 선호하였는데 이는 국악이 큰 음의 세기를 필요로 한다는 것을 보여주고 있다. 초기시간 지연차는 9 ms의 짧은 시간을 선호하였는데, 이는 20 ms 이하인 서양음악에 비해 짧은 초기지연시간차를 선호하는 것으로 나타났다. 이것은 무대와 객석간의 거리가 짧고 공간의 규모가 크지 않은 공간이 국악에 더 적합하다는 것을 의미한다.

음악명료도의 선호 빈도수는 0~2 dB가 가장 많았는데 이는 서양음악에 비해 국악의 경우 명료도가 높은 음악을 선호한다는 것을 보여주는 것이다. 현장감 지수는 두 귀로 들어오는 음차가 큰 0.37이하의 값을 선호하였는데 이것은 국악이 서양음악에서 중요시하는 양이효과의 기준보다 더 많은 현장감을 요구한다는 것을 의미하고 있다.

이상의 결과를 종합하여 국악연주에 적합한 공간의 음향적 특성을 인자별로 표15에 정리하였다. 참고로 이미 정립되어 있는 서양음악의 연주에 맞는 설계기준치 [19]와 비교하여 분석하였다.

VI. 결론 및 고찰

청감실험결과 국악당에 대한 실내음향의 조건은 서양음악의 경우와 비교하여 매우 다른 양상을 나타내었다. 국악인은 0.8~1.0초의 낮은 잔향시간과 명료한 소리를 선호하였으며 잔향시간의 주파수특성도 평탄한 잔향특성을 선호하는 것으로 나타났다. 또한 각 악기의 소리특성을 인지하기 위한 고음의 명료도가 중요한 것으로 나타났

다. 그리고 초기지연시간은 9 ms에서 가장 많은 선호도를 보임으로써, 무대와 객석의 거리가 짧고 규모가 작은 공간을 선호하고 있음을 보여주었다. Loudness는 국악연주자가 9dB를 가장 많이 선호하였는데, 이는 국악연주에서 큰 음의 세기가 필요하다는 것을 의미한다. IACC는 반도수로 보면 작은 값을 더 선호하는 것으로 나타났으며 대체로 서양음악보다 양이효과가 더 작은 음향을 선호하는 것으로 해석된다.

이상의 결과에서 서양음악연주자는 기존에 알려진 것과 같이 서양음악의 음향기준을 선호하였으며 국악연주자는 이와는 많이 다른 음향적인 기준을 선호하는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 국악음향에 대한 기존연구의 결과와 비슷한 방향의 결론을 제시하였으나 보다 구체적이고 정밀한 음향기준을 세운 것으로 평가된다.

본 연구는 국악의 소리와 음향을 과학적이고 분석한 결과를 인지실험을 통하여 체계적으로 분석함으로서 국악음향을 위한 건축공간의 음향조건과 설계기준을 도출하였다. 본 연구의 결과는 향후 국악당의 건립과 국악음원을 사용하는 공간의 설계에 매우 유용하게 사용될 수 있으리라 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었습니다.

참 고 문 헌

1. 신영무, 박병전, "한국전통음악을 위한 공연장의 음향설계방법에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 4, 211-217, 1988.
2. 신영무, 정사화, "축척모형을 이용한 판소리 홀의 음향평가에 관한 연구", 한국음향학회지 15, 66-72, 1996.
3. 신영무,정사화, "음장 시뮬레이션에 의한 특정 판소리 홀의 음향평가", 대한건축학회 논문집, 13 (1) 137-144, 1997.
4. 김범수, 박경수, 최철민, 성굉모, "국악 공연에 적합한 공연장의 음향특성에 관한 연구" 한국음향학회 학술발표대회논문집, 18 (2), 451-454, 1999.
5. 최철민, 문한길, 성굉모, "국악 공연에 적합한 공연장의 음향특성에 관한 연구 II" 한국음향학회 학술발표대회논문집 19 (1), 447-450, 2000.
6. 신성환, 정철호, 이정권, 연철호, 한찬훈, "국악음원의 음향방사특성에 관한 연구" 한국음향학회 학술발표대회논문집, 22 1(s), 489-492, 2003.
7. 신직수, 연철호, 한찬훈, "청감실험에 의한 국악음악당 음향설계의 기준설정에 관한 연구" 한국음향학회 학술발표대회논문집, 22 1(s), 497-500, 2003.
8. Haan,C.H. & Yeon,C.H. & Jeong,C,H., I,J.G., "Modeling of Sound Fields Considering the Acoustical Characteristics of Korean Traditional Musical Instruments", 32nd Inter-Noise Conference, Jeju, 2003.
9. 신직수, 한찬훈, "청감실험에 의한 국악음향의 선호도 조사" 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 22 2(s), 221-224, 2003.
10. 정철호, 이정권, 연철호, 한찬훈, "국악음원의 음향방사특성을 고려한 국악원의 음향 성능 예측," 한국음향학회지, 23 (2) 146-161, 2004.
11. 이원구, 한찬훈, "국악기의 음향방사특성에 따른 국악당의 형태별 음향성능 조사" 대한건축학회 학술발표대회논문집, 4 (2), 31-36, 2004.
12. 이원구, 한찬훈, "공간형태의 변이에 따른 국악기의 음향특성조사" 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 23 2(s), 555-556, 2004.
13. 정철호, 정해원, 이정권, 이원구, 한찬훈, "국악기의 음향방사특성 조사연구" 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 23 2(s), 551-554, 2004.
14. 이원구, 신삼봉, 한찬훈, "국악음악에 대한 음악인의 청감실험결과 비교" 한국음향학회 학술발표대회논문집, 24 1(s), 353-354, 2005.
15. 한찬훈, "국악음향의 발전과 향후과제" 한국음향학회 건축음향 Workshop 논문집, 24 (2), 15-22, 2005
16. 한찬훈, 이원구, 정철호, "국악기의 음향방사특성에 따른 국악당의 음향성능 조사" 한국음향학회지, 24 (8), 469-480, 2005.
17. C.H.Haan, "Design Guideline of the Acoustics of the Korean Traditional Music Halls and its Application", 9th WESPAC Conference, Seoul, AR-P2, 2006.
18. 정대업, 최석원 "한국전통음악공연장의 건축음향특성에 관한 연구 I" 대한건축학회논문집, 21 (3) 181-189, 2005.
19. Madan Mehta, James Johnson, Jorge Rocafort, *Architectural Acoustics*, (Prentice Hall, 1999)

저자 약력

• **한 찬 훈 (Chan-Hoon Haan)**

한국음향학회지 제24권 8호, 제25권 3E호 참조

• **신 직 수 (Jic-Su Shin)**

2002년 2월 : 충북대학교 건축공학과 (공학사)
2004년 2월 : 충북대학교 건축공학과 (공학석사)
2004년 3월~ 현재: RPG Korea 근무
※ 관심 분야 : 실내음향, 음장시뮬레이션, 공연장음향