

축척모형을 이용한 판소리 홀의 음향평가에 관한 연구

A Study on Acoustics Estimation of PANSORI hall by Scale Model

신 영 무*, 정 사 회**
(Young-Moo Shin*, Sa-Hee Chung**)

요 약

판소리 홀의 음향효과를 평가하기 위하여, 1/10 축척 모형 홀을 제작하고 각종 실내음향특성을 측정분석하였다. 이 실험을 위해서는 모형 홀의 임펄스 응답을 측정하는 일과 청감실험에 이용될 시험음(판소리)의 합성기술이 필요하게 되었다.

본 연구의 결과, 첫째로 임펄스 응답을 측정하기 위해 저자가 시작품으로 제작한 진극 방전음을 사용하여, 그 가능성을 확인하였다. 두번째로, 축척 모형의 모의실험에 의한 실내음향의 평가도 유효한 실험 방법의 하나로 응용할 수 있는 것을 확인하게 되었다.

본 연구의 성과로, 새로운 측정 기술과 청감 실험은 판소리 홀의 잔향시간이 1.0~1.2초 범위가 적당하다는 것을 알게 되었다.

ABSTRACT

In order to the sound effects and acoustics estimation of PANSORI hall, we are researched into the impulse response measuring and convolution integral of dry music(PANSORI) by using 1/10 scale model. Results are as follow.

First, impulse responses are measured by spark sound of electrodes and it is absolutely necessary many times of synchronous calculating for the obtain to enough S/N ratio.

Second, a simulation technique of scale model is confirmed one of an effectual method of indoor acoustics estimation.

Further, using the these new techniques and hearing test, its are recognized that reverberation time of PANSORI hall is about 1.0~1.2 second suitable.

I. 서 론

건축음향에 있어서 실내음향의 양부의 판단에는 지금까지 실내의 물리적 음향특성의 측정분석에 의해 평가하는 경우가 대부분였으나, 실제로는 실내음향의 청감적 특성에 의한 실의 양부를 판단하는 것이 궁극적으로는 필요하게 된다. 이런 관점에서 실내음향특성의 평가에는 물리적 특성과 심리적 특성과의 관계를 가능한 현상으로 형식화하고, 수학적인 수법에 의해 보편성이 있는 형태로 취급하는 것이 기본이라고 말할 수 있다. 그렇지만, 실제로 실내에 있어서의 음향과동현상, 건물에 있어서 차음이나 고체음의 전파 등은 매우 복잡하여, 공학적 견지에서 볼 때, 수학적 해석방법이 항상 유효하다고 말할 수 없고, 또 현실적으로 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 판소리가 공연되고 있는 몇 개의 우수 홀을 대상

으로 검토^{1,2)}한 것을 검증하기 위한 사전단계의 수법연구로써, 전용 판소리 공연장의 건설에 앞서, 축척모형 판소리 홀을 이용하여 실내음향의 특성을 예측 및 평가하고자 한다. 여기에서, 실제의 현상과 모형의 현상이 물리적으로 等價가 되어야 하기 때문에, 정량적인 호환관계가 되어야 한다. 즉, 현상을 지배하는 물리법칙에 기초를 둔 상사칙을 명확히 하고 실험에 착수할 필요가 있다.

다음으로, 모형 홀에서의 청감실험용 음원(본 연구에서는 판소리)의 제작이 필요하게 되는데, 이를 위한 실험 단계로는 첫째, 모형 홀의 임펄스 응답신호를 구하고, 둘째, 이 신호를 드라이 음악과 합성하는 하이브리드 시뮬레이션법에 의해 청감실험용 음원을 제작(합성연산)하게 된다. 또한, 우리 민속음악의 대표격인 판소리가 진행되는 공연장의 전체적인 印象을 합성음악(판소리)을 사용하여 피험자의 청감에 의해 평가하게 되는데, 이 성과의 고찰에 의해 판소리 공연장에 있어서, 물리음향특성 중 가장 중요한 물리 파라메타인 잔향시간이 1.0~1.2초 범위가 적당하다는 것을 알게 되었다.

* 전북산업대학교 건축공학과

** 원광대학교 건축공학과

접수일자: 1996년 9월 13일

II. 실내음향에 있어서의 종래의 심리평가연구

실내음향에 관한 종전의 연구는 실의 사용목적에 따라, 실내음향효과에 관한 주관평가와 상관이 있는 물리량을 구하고, 이것과 실의 경계조건상호의 대응을 밝히고자 하는 것을 목표로 연구가 진행되어 왔다. 수년전부터는 새로운 물리측과 병행하는 심리측측수법이나, 다미헤드 또는 리얼헤드 등에 의한 측정방법에 의해 실내음향효과에 관한 심리물리량을 구하는 수법과 실내음향의 전체적인 印象을 실제음악을 사용하여 청중 또는 피험자의 聽感에 의해 평가하는 수법 등이 보고되고 있다.

직접 실내의 음향효과에 관한 主觀聽感評價로는 W.N. Sproson³⁾, R.J.Hawkes⁴⁾ 등이 있고, 실제의 실을 이용하나 실내의 음을 다미헤드 또는 리얼헤드 등으로 수록한 음을 실험실적으로 재생평가하여 간접적으로 심리·물리·건축조건 상관을 검토하는 방법으로는 R.M.Edwards⁵⁾, D.Gottlob⁶⁾, G.Plenge⁸⁾, Yamaguchi⁹⁾, 木村¹⁰⁾ 등의 연구가 있다.

한편, 실내음장을 완전하게 시뮬레이션하기는 아직 불가능하나, 다체널 재생장치 및 계산방법에 의해, 실내 반사음의 시간 또는 공간구조를 간접적으로 그의 대응을 구하는 방법이 현재의 새로운 진전이라고 볼 수 있으며, 이에 관하여 M.Barron¹¹⁾, B.Yegnanarayana¹²⁾, W.Reichardt¹³⁾, 山本¹⁴⁾ 등의 연구가 있고, 日高¹⁵⁾, 山崎¹⁶⁾ 등의 보고는 새로운 평가방법의 진전이라고 할 수 있다.

이와 같은 연구는 공통적으로 다차원최도와 인자분석의 수법 등이 병행되고 있으며, 이에 관한 연구로 L.L. Thurstone¹⁷⁾, W.S.torgerson¹⁸⁾, 北村¹⁹⁾, 難波²⁰⁾ 등의 연구가 있고, 연구의 보조수단으로 다미헤드가 사용되고 있는 점도 평가의 정도를 높이는데 중요한 연구분야라고 할 수 있다.

III. 음향모형실험에서의 기본적 상사칙

일반적으로 모형실험의 목적은 모형에서의 현상에서 실물에서의 현상을 추정하는 것이기 때문에, 실물과 모형에 있어서 물리적 현상은 공통의 지배방정식을 만족할 필요가 있다²¹⁾. 이를 위해서는 관측대상인 현상에 관계하는 모든 물리량이 실물과 모형과 일정한 관계(상사칙)를 만족할 필요가 있으나, 이 관계를 구하는 경우, Buckingham의 정리에 근거를 둔 次元解析이 잘 사용된다²²⁾. 그런데 여기에서는 공기중에서 음향모형실험을 할 때, 기본적인 상사칙에 대해서는 차원해석에 의해 정리된다. 우선 음향현상에 관한 양으로써 8개의 물리량을 골라, 다음과 같이 길이(L), 질량(M), 시간(T)의 3개의 기본물리량에 의한 차원 매트릭스를 생각한다(단, 여기서는 공기의 점성, 열전도 등은 무시한다).

$$\begin{matrix} & L & T & f & \rho & K & p & u & P \\
 L & \left[\begin{array}{cccccccc} 1 & 0 & 0 & -3 & -1 & -1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & -2 & -2 & -1 & -3 \end{array} \right] \\
 M & \\
 T &
 \end{matrix}$$

단, f: 주파수, ρ: 공기의 밀도, K: 공기의 체적 탄성을 p: 음압, u: 입자속도, P: 음향파워

이 매트릭스의 랭크는 3이기 때문에, Buckingham의 정리로부터 다음의 5개의 無次元積(π 넘버)이 구해진다.

$$\pi_1 = T \cdot f \tag{3-1}$$

$$\pi_2 = p \cdot K^{-1} \tag{3-2}$$

$$\pi_3 = u \cdot (K/\rho)^{-1/2} = u \cdot c^{-1} \tag{3-3}$$

$$\pi_4 = f \cdot L \cdot (K/\rho)^{-1/2} = f \cdot L \cdot c^{-1} \tag{3-4}$$

$$\pi_5 = c^{-5} \cdot f^2 \cdot \rho^{-1} \cdot P \tag{3-5}$$

즉, 상사칙이 성립되기 위해서는 이들의 무차원량이 각각 실물과 모형이 일치하는 것이 필요하다. 여기서, 공기중에서 행한 모형실험에는 K, ρ 및 c는 실물과 같다. 그런데, 실물, 모형을 각각 r, m로 구별하고, 또 기본상사칙으로써 기하학적 축척비 L_m/L_r = 1/n의 관계식으로 고쳐쓰면 다음과 같다.

$$f_m = n \cdot f_r \tag{3-6}$$

$$T_m = T_r/n \tag{3-7}$$

$$p_m = p_r \tag{3-8}$$

$$u_m = u_r \tag{3-9}$$

$$P_m = P_r/n^2 \tag{3-10}$$

즉, 1/n 축척의 모형실험에서는 (3-6), (3-7) 식으로부터 실물에 대하여 실험주파수는 n 배, 시간은 1/n의 관계가 된다. 또, 음향 파워에 대해서도 상사관계가 성립되는 경우에는 (3-10)식에서 모형음원의 파워는 실물의 1/n² (-20log n dB)로 된다.

IV. 임펄스 응답의 측정

본 실험연구에서 기초적으로 중요한 부분은 실험대상 홀의 임펄스 응답을 구하는 일이다. 이 임펄스 응답의 전기적 신호정보는 실험대상 홀의 음장 시뮬레이션의 성패를 좌우하기 때문이다.

이 임펄스 응답의 측정을 위해, 음원은 필자의 시작품²³⁾인 방전음을 사용하고, 수음은 1/4" 마이크로폰으로 2 칸 벨로 수록하였다. 테이타의 수록은 12비트 A/D 컨버터로 변환하여 PC-9801NS 로 수록하였다. 임펄스 응답의 측정에 쓰인 제정수는 샘플링 주파수 48KHz, 테이타의 길이는 65536 WORDS×2ch, S/N 비의 개선을 위해 등

기가산수는 128회로써 측정하였다. 이 측정 및 신호처리 시스템은 그림 4-1과 같다. 이 시스템에 있어서 FFT에 의한 합성연산 및 임펄스 응답의 합성연산(Overlap-add법) 기술개발에 의해, 실제 홀 및 모형 홀에서의 청감적 인상을 2 채널의 재생기기를 통하여 직접 귀로 확인할 수가 있다.

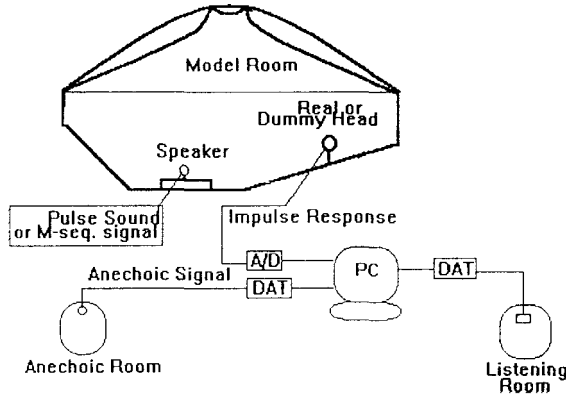


그림 4-1. 임펄스 응답의 측정 및 신호처리 시스템

V. 하이브리드 시뮬레이션에 의한 융합성

5-1. 시뮬레이션의 원리

본 실험연구에 적용한 시뮬레이션의 원리는 최근의 디지털 신호처리 기술을 병용한 시뮬레이션 수법의 개발에 의한 것으로, 이와 유사한 연구로써는 H.EIs 등에 의한 보고²⁴⁾가 있으며, 그 개요는 다음과 같다.

線形·時不變의 조건이 성립되는데는 상기의 임펄스 응답에 모든 물리적 정보가 포함돼 있으므로, 임의의 신호를 입력했을 때의 입·출력의 관계는 다음 식의 합성적분으로 나타낼 수 있다.

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau) \cdot h(t-\tau) d\tau \tag{5-1}$$

단, $x(t)$: 입력신호, $y(t)$: 출력신호,
 $h(t)$:系の 임펄스 응답

실내의 어느 1점(음원)으로부터 다른 1점(수음점)까지의 音響傳播系는 線形·時不變의 系로 볼 수가 있다. 따라서, 그 계의 임펄스 응답을 알면, 임의의 신호가 입력되었을 때의 수음점에 있어서의 출력은 (5-1)식으로 구할 수 있다.

즉, 홀의 음원으로 부터 수음점에 이르는 임펄스 응답이 얻어지면, 임의의 음원신호가 방사되었을 때의 수음

점에 있어서의 도달음역 (5-1)식의 합성연산에 의해 구할 수 있게 된다.

이 식의 연산에 대해서는 디지털 처리기술을 사용하는 방법이 현시점에서는 매우 효과적이라고 생각되어, FFT에 의한 합성연산을 한다.

상기 (5-1)식을 離散時間形(시간관수)으로 나타내면 다음 식(5-2)과 같다.

$$y(t) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m) \cdot h(n-m) \tag{5-2}$$

단, $h(n)$: 임펄스 응답(길이 N),
 $x(n)$: 입력신호(길이 M, 일반적으로 $N < M$)
 $y(n)$: $x(n)$ 과 $h(n)$ 의 합성(길이 $N + M - 1$)

음악이나 강연 등의 음향신호를 디지털적으로 취급하는 경우, 수십 KHz 이상의 샘플링 주파수를 설정할 필요가 있고, 신호의 시간길이도 수십 초 이상으로 할 필요가 있다. 또, 실의 임펄스 응답도 잔향시간 정도(초수)의 길이로 하지 않으면 안된다. 따라서, 실제로 (5-2)식의 연산을 할 경우, 계산량은 크게 늘어난다. 그런데, 보통 계산기를 사용할 때는, 계산량을 작게 하여 고속화하기 위한 여러 수법이 고안되게 되었다. 그 가운데 대표적인 것이 고속 후리에 변환(FFT)을 사용하는 것이고, 본 연구에서는 이 방법을 사용하였다.

5-2. 임펄스 응답의 합성연산

합성연산의 샘플링 주파수는 48KHz, 임펄스 응답의 길이는 65536 words로써 2채널, 음원신호의 길이는 917504 words, 세그먼트 길이는 8192 words, 임펄스 응답의 분할수는 8, 음원신호의 분할수는 104, FFT의 길이는 16384, FFT의 계산회수는 104회(음원신호 1채널당), FFT 1회의 계산시간은 20초, 전체의 계산시간은 9시간이 소요되었다.

VI. 판소리의 청감실험

6-1. 모형 판소리 홀의 제원

청감실험에 사용한 대상 모형홀의 제원은 표 6-1과 같고, 평면도는 그림 6-1과 같다.

표 6-1. 청감실험에 사용한 판소리 모형 홀의 제원

홀 명	용적(m3)	환산계석수	용 도	잔향시간(500Hz)
민속음악 연주 홀(가칭)	22,780	1,520석	판소리의공연	1.11초

6-2. 모형 판소리 홀의 임펄스 응답

그림 6-1에서 측정된 대상 홀의 임펄스 응답의 시간파형은 그림 6-2와 같다.

6-3. 자극으로 사용한 음장

청감실험용 음원은 무향실에서 녹음한 판소리(수궁가

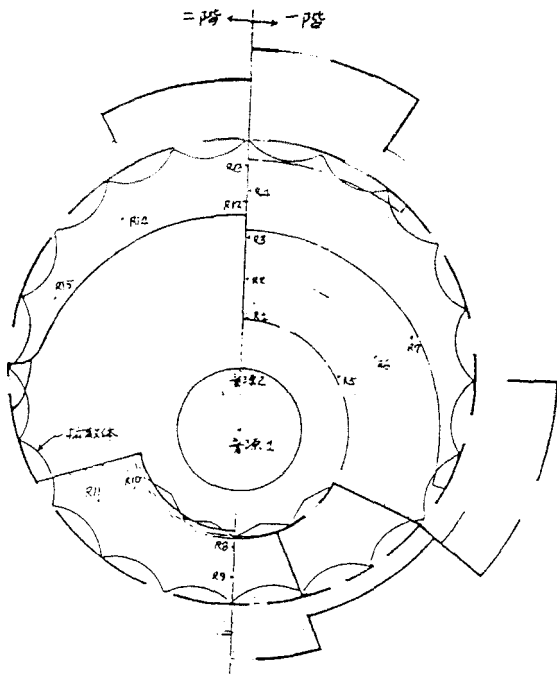


그림 6-1. 모형 판소리 홀의 평면도

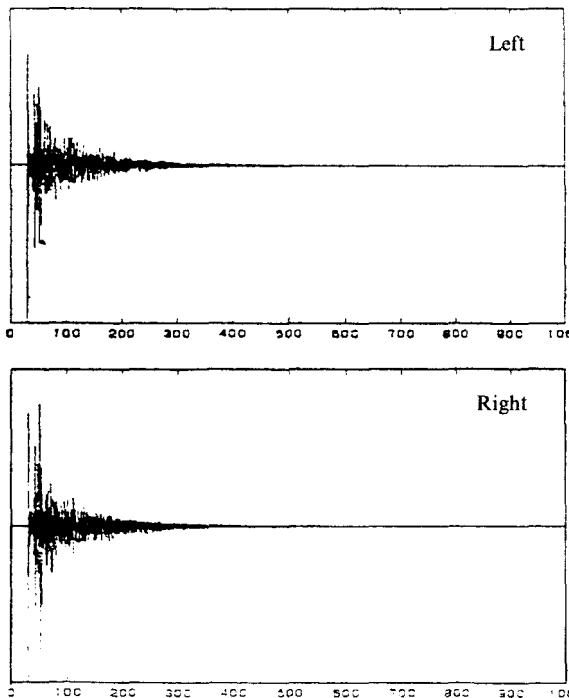


그림 6-2. 모형 판소리 홀의 임펄스 응답의 시간과형

의 일부)와 대상 홀의 임펄스 응답을 합성한 음악을 사용하였다.

청감실험에 자극으로 사용된 음악은 현장에서 계측한 임펄스 응답의 잔향과형을 각각 1.2, 1.0, 0.8, 0.6초의 것

으로 변환시켜 얻은 임펄스 응답과 드라이 음악(Dry Music)과의 합성연산한 합성음악으로 하였다.

Ⅶ. 평정척도법에 의한 청감평가

음향기기 등의 재생음의 양·부에 대해서, 일반적으로 사용하고 있는 평정척도의 카테고리에는 다음의 표 7-1과 같이 단계적 카테고리로 대상을 평가하는 방법으로써, 평정척도법²⁵⁾과 카테고리판단법²⁶⁾이 쓰인다.

표 7-1. 평정척도법정

카테고리	단극척도	양극척도
매우 좋다	5	2
약간 좋다	4	1
보통	3	0
약간 나쁘다	2	-1
매우 나쁘다	1	-2

카테고리는 특정의 심리적 속성이 증대 또는 감소하는 순위를 나타낸다. 따라서, 카테고리에 부여한 단극척도 또는 양극척도는 일반적으로 순서척도이다.

지금 자극 i 가 N 명의 피험자에게 M 회 반복제시하고, 카테고리 상 자극의 위치를 판단하게 하여 도수분포를 얻을 수가 있다. 이 분포의 총도수는 NM 이고, 그들이 각 카테고리에 분산하고 있다. 이 분포의 대표치, 즉 자극 i 의 척도치로는 각 카테고리를 나타내는 척도치가 순서척도이기 때문에, 평균치를 얻을 수가 있다. 자극 i 가 카테고리 j 에 평정된 도수를 f_{ij} 로 하면, 자극 i 의 척도치 R_i 를

$$R_i = \frac{1}{NM} \sum f_{ij} I_j$$

으로써, 분포의 평균치를 갖는 자극 i 의 척도치로 할 수도 있다. 여기서, I_j 는 카테고리 j 의 척도이고, m 은 카테고리의 총수이다. 그렇지만, 평정척도는 계열범주법이라는 방법에 의해 구하는 거리척도와와의 사이에 근사적으로 직선 관계가 성립할 수가 종종 있어서, 실용상으로는 거리척도에 준해서 취급되는 경우도 많다.

본 실험에는 평정 카테고리의 특성 때문에, 피험자가 대답하는 영역의 내용을 표 7-2의 평정척도표에 의해 청감실험을 하였다.

표 7-2. 5단계 주관청감평정척도표

영역	카 테 고 리				
	1	2	3	4	5
울림의 길이	매우길다	약간길다	적당하다	약간 짧다	매우 짧다
명료도	매우명료	약간명료	보통	약간불명료	매우불명료
전체적인상	매우좋다	약간좋다	보통	약간나쁘다	매우나쁘다

Ⅷ. 청감실험의 구성

청감실험의 구성은 다음과 같다.

1) 청감실험용 음원은 대상 홀의 임펄스 응답의 신호를 잔향감쇠파형이 각각 1.2, 1.0, 0.8, 0.6초의 파형으로 변환한 후, 각각의 임펄스 응답의 신호와 드라이 음악을 하이브리드 시뮬레이션 수법에 의해 합성하여 제작된 음악을 사용하였다.

- 2) 곡명은 판소리(수궁가 일부)
- 3) 피시험자는 국악연주자(5명), 국악과 학생(47명)
- 4) 피시험자의 평가장소는 간이 반무향실

Ⅹ. 청감평가량의 상호관계

실내음향에 있어서 청감적 인상을 나타내는 물리량으로서, 지금까지 많은 해외 학자들의 제안이 보고되고 있다. 그 중 잔향시간(T_{60})은 실내음향특성을 나타내는 대표적인 량이다. 이 잔향시간은 마크로적인 평가량으로서 중요하나, 같은 홀이라도 장소에 따라 잔향감이 다른 것을 경험할 수가 있다. 그래서 주관적인 잔향감을 평가하는 량으로서, 초기잔향시간(EDT: Early Decay Time)가 제안²⁷⁾ 되었으나, 이것도 잔향감과의 관련에 대해서는 검토할 필요가 있다.

또한, 잔향감과 매우 낮은 감각으로써 "울림(여운)"의 양을 나타내는 지표로써 다음 식의 시간중심(T_s : Center Time)이 제안되고 있다.

$$T_s = \frac{\int t p^2(t) dt}{\int p^2(t) dt} \quad p(t): \text{임펄스 응답}$$

실내음향에는 음의 명료성도 중요하므로, 이를 객관적으로 나타내기 위한 각종의 량이 제안되고 있으나, 그 가운데 대표적인 것으로는 다음의 D치(Deutlichkeit [definition])²⁸⁾가 있다.

Deutlichkeit [definition]

$$D_{50} = \frac{\int_{50ms}^{500ms} p^2(t) dt}{\int_{\infty} p^2(t) dt} \quad p(t): \text{임펄스 응답}$$

또한, Klarheitmass(Clarity)²⁹⁾:

$$C_{80} = 10 \log 10 \frac{\int_{80ms}^{800ms} p^2(t) dt}{\int_{\infty} p^2(t) dt} \quad p(t): \text{임펄스 응답}$$

D50은 스피치의 명료성, C80은 음악의 명료성을 나타내는 량으로써 제안된 것으로, 언제나 모노랄의 임펄스 응답으로 부터 구한 량을 나타내고 있다.

한편, 홀 등에는 음이 공간적으로 퍼지는 느낌도 매우 중요하다. 그 음의 공간으로 퍼지는 느낌을 나타내는 량으로써 지금까지 제안된 것 중에서 IACC(inter-aural cross correlation: 兩耳間相關度)³⁰⁾에 관한 검토를 하였다.

$$IACC = \left| \frac{\phi_{LR}(\tau)}{\sqrt{\phi_{LL}(0) \cdot \phi_{RR}(0)}} \right|_{\max} \quad |\tau| \leq 1ms$$

단, $\phi_{LR}(\tau)$: 좌우의 外耳道入口에 있어서 음압의 相互相關關數

$\phi_{LL}(0) \cdot \phi_{RR}(0)$: 각각 좌, 우의 외이도입구에 있어서 음압의 自己相關關數

IACC는 정규화된 양이간상관관수의 1ms이내의 최대치로써 정의되어 있다. 이와 같은 음의 퍼지는 느낌은 측방으로 부터의 반사음이 중요하다고 말할 수 있는 것으로서, 최근의 공연장의 음향설계에 있어서는 특히 측방 반사음의 확보를 위해서 응용되고 있다. 이들의 분석결과는, 표 9-1에 각 평가량을 나타내고 있다.

표 9-1. 각종 평가량

측정점	EDT(Sec)	Ts(msec)	D50(dB)	C80(dB)	IACC
R1	0.366	15.4	-0.1	22.4	0.729
R2	0.360	14.0	-0.1	26.0	0.825
R3	0.382	11.7	-0.0	27.9	0.914
R4	0.347	12.0	-0.1	27.6	0.841

Ⅹ. 청감실험의 분석결과

■ 울림(여운)의 길이의 분석결과

청감실험으로 부터 구한 자극의 카테고리상의 종합분석결과를 그림 10-1(A)와 같다. 이 종합평균치에서, 판소리의 경우는 잔향시간 1.0초부터 1.2초까지의 경우가 적당한 울림의 길이로써 분석되었다.

■ 명료도의 분석결과

청감실험으로 부터 구한 자극의 카테고리상의 종합분석결과는 그림 10-1(B)와 같다. 이 종합평균치에서, 판소리의 경우는 잔향시간 0.8초부터 1.0초까지의 범위가 적당한 명료도로써 분석되었다.

따라서, 판소리의 경우, 아니리라고 하는 것이 공연중에 가끔 나오기 때문에, 아니리의 演行이 잘 되게 하기 위해서는 가능한 한 잔향시간이 짧은 쪽이 좋은 명료도라고 할 수 있다.

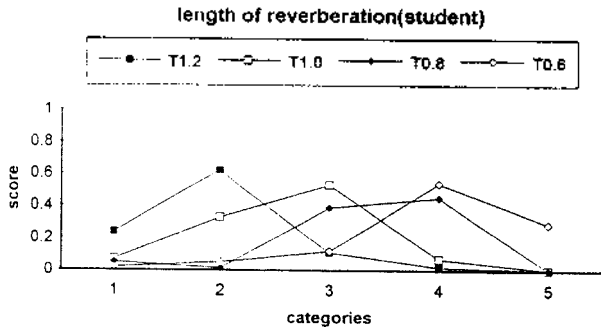
■ 전체적 인상의 분석결과

청감실험으로 부터 구한 자극의 카테고리상의 종합분석결과는 그림 10-1(C)와 같다. 이 종합평균치에서, 판소리의 경우는 잔향시간 1.0초부터 1.2초까지의 경우가 적당한 전체적 인상으로써 분석되었다.

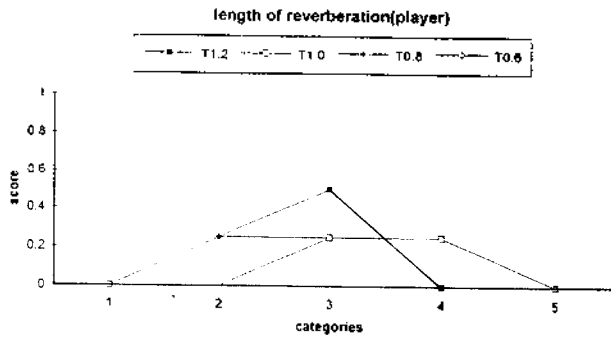
실내에 있어서 한국전통음악의 청감적 인상에 관한 잔향시간의 경향은 대체로 예측할 수가 있게 되었다. 즉, 판소리의 연행에 있어서 잔향시간이 짧은 홀이 좋은 요소 조건이라고 말할 수 있으나, 음악적인 입장에서 생각해

보면, 이 실험의 분석결과에 의해, 잔향시간 1.0~1.2초 전후가 좋은 범위다 라고 말할 수가 있다.

■ 판소리의 경우(울림의 길이)(A)

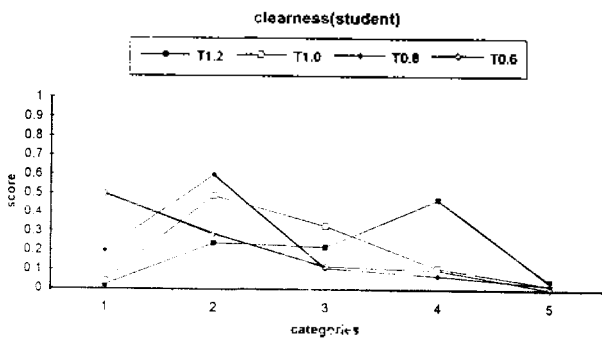


울림의 길이(학생)

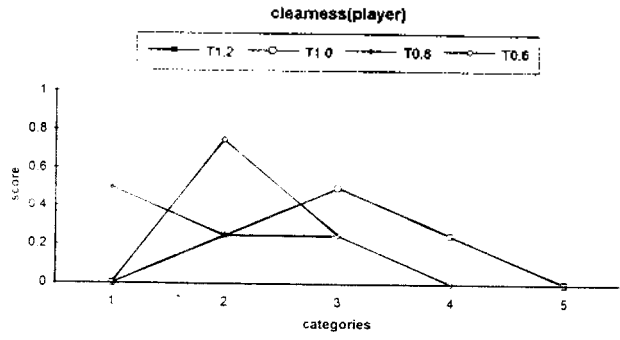


울림의 길이(연주자)

■ 판소리의 경우(명료도)(B)

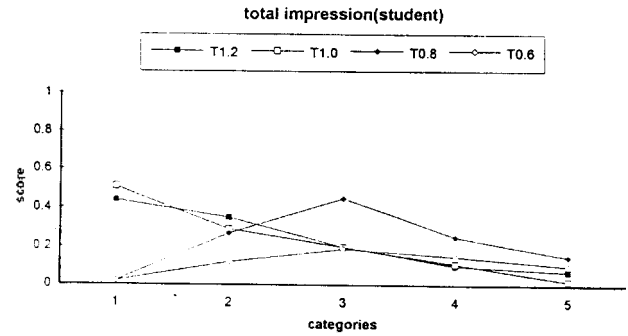


명료도(학생)

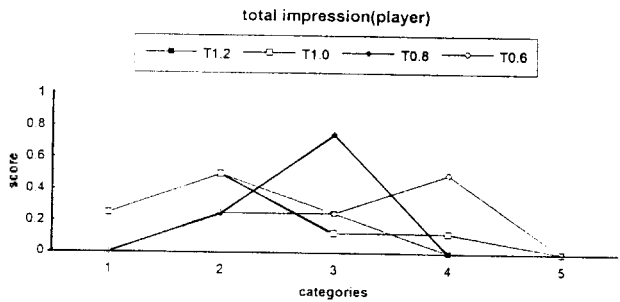


명료도(연주자)

■ 판소리의 경우(전체적 인상)(C)



전체적 인상(학생)



전체적 인상(연주자)

그림 10-1. 실험대상 홀의 각각의 분석결과

XI. 결 론

한국전통음악이 연주되고 있는 공연장의 음향상태에 있어서 청감적 인상을 조사하기 위해 측척모형 판소리 홀을 대상으로, 단계적 카테고리로 표현되는 평정척도법의 주관적 청감실험을 하였다.

본 연구에 참가한 피시험자들이 응답한 자료의 분석결

과는, 울림의 길이의 경우 판소리는 잔향시간이 0.6초에서 0.8초의 범위가, 명료도는 0.8초의 전후가, 전체적 인상은 1.0~1.2초의 범위가 좋은 홀이라고 응답하였다.

따라서, 본 연구의 청감실험에 의해 판소리의 경우는 「아니리」라고하는 것이 공연중에 종종 튀어나오기 때문에, 「아니리」의 演行이 잘 되게 하기 위해서는 음향적 측면에서 볼 때, 잔향시간이 짧은 홀이 좋은 명료도로 나타났기 때문에, 잔향시간은 가능한 한 긴 쪽보다는 짧은 쪽이 바람직하다는 것을 알게 되었다.

또한, 이번의 실험연구에 의해 임펄스 응답으로 부터는 모든 음향적 물리량 뿐만 아니라, 모든 청감평가를 위한 유효 시험음의 합성제작의 가능성을 확인하는 계기가 되었다. 따라서, 이 음향적 신호처리기술의 응용은 실내 음향설계에 있어서 매우 강한 도구로써 사용할 수 있는 점이 검증되었다.

이후, 본 실험연구에 의해 분석된 심리평가량과 각종 물리평가량 사이의 상관관계도 검토하여, 한국전통음악 공연장에 있어서의 실내음향 평가법의 새로운 기법이 제안될 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

1. 申榮茂, 朴棟진, 橋秀樹: パンソリ公演場の主観聴感評價, 國際音響學術發表會論文集, 199-202, 韓國音響學會(1990. 11. 9-10)
2. 신영무, 정사화: 음장 시뮬레이션에 의한 판소리의 청감평가에 관한 연구, 대한건축학회전북지부 논문집 제7권 제1호(통권7호)31-42(1995. 1)
3. W.N.Sproson: "Subjective study of two large music studios", BBC Eng. No.97, pp.33-46 (Mar.,1974)
4. R.J.Hawkes and H.Douglas: "Subjective acoustic experience in concert auditoria", Acustica 24, pp. 235-250(1971)
5. R.M.Edwards: "A subjective assesment of concert hall acoustics", Acustica 30, pp. 183-194(1974)
6. D.Gottlob: "Vergleich objectiver akustischer Parameter mit Ergebnissen subjektiver Untersuchungen an Konzertsalen", Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades des Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität zu Göttingen, pp. 1-71(1973)
7. M.R.Schroeder, D.Gottlob and K.F.Siebrasse: "comparative study of European concert hall: correlation of subjective preference with geometric and acoustic parameters", JASA 56, pp. 1195-1201(1974)
8. G.Plenge, P.Lehmann, R.Wetschurck and H.wilkens: "New methods in architectural investigations to evaluate the acoustic qualities of concert halls", JASA 57, pp. 1291-1299(1975)
9. K.Yamaguchi: "Multivariate analysis of subjective and physical measures of hall acoustics", JASA 52, pp. 1271(1972)
10. 木村, 關口克明: "室内音響の主観評價による室内音響設計指標の検討", 日本音響學會誌 32, pp. 606-614(1976)
11. M.Barron: "The subjective effects of first reflections in concert hall-the need for lateral reflections", J. Sound Vib. 15, pp. 475-494(1975)
12. B.Yegnanarayana and B.S.Ramakrishna: "Intelligibility of speech under nonexponential decay conditions", JASA 58, pp. 853-857(1975)
13. W.Reichardt und U.Lehmann: "Sind Raumeindruck und Durchsichtigkeit des Hörerlebnisses im Konzertsaal gegensätze?", Applied Acoustics 9, pp. 139-150(1976)
14. 山本照二, 鈴木文吉: "室内の響きに関する心理尺度と諸物理量の相關", 日本音響學會誌 32, pp. 599-605(1976)
15. 日高新人, 矢野博夫, 橋秀樹: ハイブリッドシミュレーションによる室内音響の模型實驗, 日本音響學會建築音響研究會資料, AA 88-08 昭和63年 5月 23日
16. 山崎芳男, 伊勢史郎: 日本音響學會講演論文集(1987. 3)
17. L.L.Thurstone: The measurement of values;, (1960), Chicago Univ. Press
18. W.S.Torgerson: Theory and methods of scaling;, (1958), John Wiley
19. 北村晋一, 難波精一郎, 三戸左内: 再生音の心理的評價について, 電気通信學會電氣音響研究專門委員會資料 (1962)
20. 難波精一郎, 桑野園子: ヘリコプター騒音の主観的評價について, 日本騒音制御工學會講演論文集, 25-28 (1989)
21. 江守一郎: 模型實驗の理論と應用(第二版), 技報堂出版, 1988.
22. 本間仁, 春日屋伸昌: 次元解析・最小2乗法と實驗式, コロナ社(1966)
23. 신영무: 음향실험용 음원의 제안, 대한건축학회전북지부 학술발표논문집 제6권 1호 1-6(1994. 1)
24. H.Els and J.Blauert: A measuring system for acoustic scale models, Proc. of the Vancouver symposium on acoustics and theatre planning for the performance arts, 65-70, 1986.
25. 日本音響學會: 聴覺と音響心理, 273-274, コロナ社(1978)
26. 田中良久: 心理學的測定法, 116-117, 東京大學出版會(1985)
27. V.L.Jordan: A group of objective acoustical criteria for concert halls, Appl. Acoust. 14, 253-266(1981)
28. R.Thiele: Richtungsverteilung und Zeitfolge der Schallruckwürfe in salen, Acustica 3, 291-302(1953)
29. W.Reichardt und U.Lehmann: Optimierung von Raumeindruck und Durchsichtigkeit von Musikdarbietungen durch Auswertung von Impulsschalltests, Acustica 48, 174-185 (1981)
30. 安藤四一: コンサートホール音響學 p. 38(シュプリンガー・フェアラーク東京) 1987.

▲신 영 무(Young-Moo Shin)

1990년 VOL. 9 NO. 2 참조

▲정 사 희(Sa-Hee Chung)

원광대학교 건축공학과 교수