

잔향음의 음압레벨 변화에 따른 연주자의 무대음향 주관평가

Subjective Evaluation of Stage Acoustics with the Alteration of the Sound Pressure Level of Reverberation

김 영 선* · 정 정 호† · 전 진 용*
Youngsun Kim, Jeongho Jeong and Jinyong Jeon

(Received February 23, 2015 ; Revised February 14, 2017 ; Accepted February 14, 2017)

Key Words : Stage Acoustics(무대음향), Subjective Evaluation(주관평가), Reverberation(잔향), Reverberant Sound Pressure Level(잔향음압레벨)

ABSTRACT

The subjective experiments on professional musicians using the four channel real-time convolution system were conducted to investigate the effect of reverberant sound pressure level (L_{rev}) for stage acoustics. The strength of L_{rev} was changed to 2 dB steps to investigate the optimal strength for ease of performance and the subjective questionnaire survey was conducted to investigate the effect of subjective factor by L_{rev} . From the experimental results, a specific strength of L_{rev} is related to ease of music performance. Loudness and directivity are highly correlated.

1. 서 론

콘서트홀 디자인에 있어 무대는 시각적으로는 청중을 위한 공간이지만 음향적으로는 연주자에게 큰 영향을 미치는 공간이다. 따라서 무대음향은 연주자들의 입장에서 평가되어야 한다.

콘서트홀의 실내음향 설계에 있어 자연음향 뿐만 아니라 전기음향 보정장치에 의한 음향 설계에도 잔향을 조절하기 위한 여러 방법들이 고려되고 있다⁽¹⁻⁴⁾. 이와 같이 직접음을 고정한 상태에서 잔향을 변화시키는 것은 전기음향 보정장치에 의한 잔향 보정, 음반 제작 그리고 공연장에서 전기음향 시스템 활용이 이루어지고 있지만, 최적의 잔향 강도에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이 연구에서는 대한 무대 음향 연구로써 전문 연

주자들의 입장에서 무대 위의 잔향음압(reverberant sound pressure level, L_{rev} [dB])에 대한 연주자 청감 평가를 진행하였다. 이를 위해 동일한 음압감소비율(decay rate)을 갖는 충격응답(impulse response)에 대해 연주자가 반사음이 매우 적은 실험 공간에서 같은 연주를 반복 실시하면서 서로 다른 충격응답의 에너지 비율을 실시간으로 컨벌루션(convolution)하여 제시하였다. 서로 다른 충격응답의 에너지 비율에 대하여 연주하기에 알맞은 음압조건과 주관적 인상에서 어떤 부분에 가장 영향을 미치고 있는지를 조사하였다.

2. 기존연구

Gade(1989)^(5,6)는 무대음향 지표로 ST1 등을 제안하였으며, 무대에서의 음장조건이 연주자들의 연주

† Corresponding Author; Member, Fire Safety & Building Environment System Research Team, Fire Insurers Laboratories of Korea
E-mail : jhjeong@kfpa.or.kr

* Member, Architectural Engineering, Hanyang University

‡ Recommended by Editor Myung Jun Kim

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

에 영향을 주는 것으로 보고하였다.

청취 음압 레벨의 변화는 $G^{(7,8)}$ 값으로 표현된다. G 값은 청취자 위치의 음압을 자유음장에서 동일한 음원을 재생하여 측정한 기준음압과의 차이를 나타내는 것이다. 그러나 G 값은 직접음과 잔향의 에너지 비율은 고려되지 않는다. 잔향의 음압이 커지면 G 값이 상승하지만 STI, D50과 같이 명료도(clarity)와 관계된 지수는 낮아지게 되는 것과 같은 영향을 인지하는 측면에서의 잔향의 주관적 인상을 설명하는 데에는 한계가 있다.

김용희 등(2007)⁽⁹⁾은 실제 공연장 무대에서 연주자 대상 청감 평가를 실시하였으며, 독주의 경우 적정한 초기반사음, 합주의 경우 초기 반사음 크기가 연주자 선호도와 관련되는 것으로 보고하였다. Ueno 등(2005)⁽¹⁰⁾은 앙상블 연주자들을 위한 무대음향에 대한 연구를 진행하였으며, 연주자 선호도의 결과로써 앙상블 연주자간에 서로의 음이 잘 들리는 정도(hearing each other)가 중요한 것으로 나타났으며 이를 만족시키기 위해서는 초기 반사음(early reflection)과 잔향 강도(reverberation strength)가 최적 이 되어야함을 기술하였다.

Hase 등(2000)⁽¹¹⁾은 청취 음량이 심리적으로 잔향을 인식하는데 큰 영향을 주는 것으로 보고하였고, Lee 등(2011)⁽¹²⁾의 연구에서도 음압이 높아지면 잔향감(reverberance)이 증가하는 것으로 나타났다.

Lee 등(2012)⁽¹³⁾은 물리적인 잔향과 주관적 잔향감에 대한 연구를 진행하면서 RIR(room impulse response)의 강도(gain) 차이가 주관적 평가에 있어 영향이 매우 크다는 연구결과를 발표했으며, Morimoto 등(2004)⁽¹⁴⁾의 연구를 인용하여 stopped reverberance, running reverberance 및 impulsive reverberance와 같은 세 가지 잔향감에 대해 기술하였다.

- (1) Stopped(혹은 terminal) reverberance : 비충격 가진 후의 잔향감
- (2) Running reverberance : 계속되는 자극에 대한 잔향감으로 전체 감쇠음을 듣기는 어려우나 초기 감쇠음과 두드러지게 드러나는 음들이 섞어진 상태의 음을 듣게 되는 상태
- (3) Impulsive reverberance : 충격가진 후의 잔향감

Morimoto 등(2004)⁽¹⁴⁾은 위의 세 가지 잔향감을 구분하여 기술함으로써 잔향감에 대한 연구가 위의

언급한 세 가지 범주에서 각각 연구되어야 할 필요성을 피력하였다.

이를 기준으로 하여 볼 때, 이 연구에 사용된 연주곡의 주제부 실연에 의한 연주자 평가는 stopped reverberance와 running reverberance에 해당하는 잔향감에 대한 평가이다. Fig. 1은 Nakamura 등⁽¹⁵⁾이 제시한 잔향음의 음압 관련 지표(L_{rev} , L_{qr})의 정의를 나타낸 것이다.

$$L_{rev} = 10 \log \left\{ \frac{(V/S)(1-\bar{\alpha})}{\bar{\alpha} V} \right\} + 17$$

$$= 10 \log \left\{ \frac{(0.19 V^{-0.71})(1-\bar{\alpha})}{\bar{\alpha}} \right\} + 17$$

$$L_{qr} = L_{rev} - \frac{9}{T}$$

$$\frac{V}{S} = 0.19 V^{0.29}$$

- $\bar{\alpha}$: average absorption coefficient
- S : room inner surface area (m²)
- V : room volume (m³)
- T : reverberation time (s)
- L_{rev} : reverberant sound pressure level (dB)
- L_{qr} : quantity of reverberation (dB)

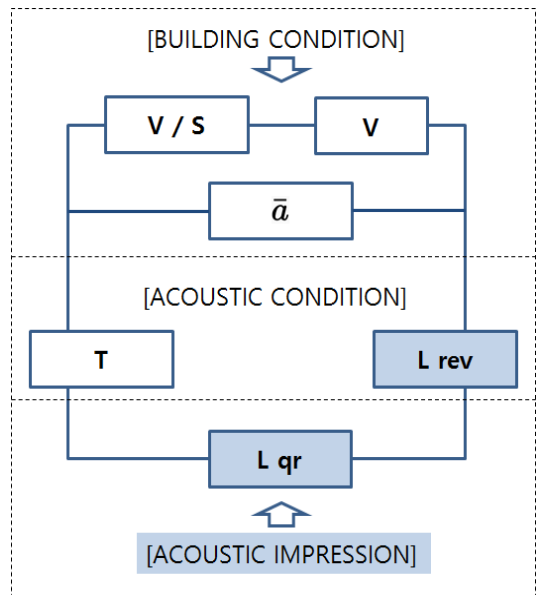


Fig. 1 Evaluation factors on acoustic impression (L_{rev} , L_{qr})

3. 실험 방법 및 결과

3.1 실험개요

이 연구는 연주자들이 직접 연주하는 음을 실시간으로 가청화하여 무대음향을 재현하고, 이렇게 재현된 무대에서 잔향의 음압레벨 변화에 의한 영향을 살펴보기 위해 잔향시간은 일정하게 유지하면서 잔향음압(L_{rev})의 세기만을 변화시켜 JND Test와 연주자들이 실제 연주하는 상황에서 전체적인 느낌, 음의 크기, 집중도, 방향성, 명료성, 친밀감 및 세기 표현 등에 대하여 설문하였다.

이 실험은 청감실험용 무향 챔버에서 이루어졌으며 다양한 공연장 무대를 경험한 20년 경력 이상의 오케스트라 소속 4명의 전문 바이올린 연주자들을 대상으로 하였다.

청감실험용 무향 챔버의 바닥 면적은 4.62 m^2 ($2.2 \text{ m} \times 2.1 \text{ m}$), 높이는 2.4 m이었다. 실내의 배경소음은 약 23 dB이하로 유지되었으며 상온조건에서 연주자 대상 청감실험이 진행되었다. 실험공간의 잔향시간은 0.2 s 이하로 나타났다.

실시간 잔향 제시는 연주자들의 연주를 초지향성(hyper-cardioid) 패턴의 마이크로 수음하고 이를 실시간으로 가청화하여 무향 챔버 내의 4채널 잔향제시 스피커를 통해 연주자에게 제시하였다. 연주자는 실제 연주를 하면서 실시간으로 가청화되어 제시되는 잔향을 4채널 스피커를 통해 들을 수 있도록 하였다. 이 때 잔향음의 잔향시간은 일정하게 유지하면서 잔향의 음압만을 변화시켰다.

이 실험에 사용된 장비는 Table 1과 같다.

Table 1 S/W and H/W used for this experiment

Simulation S/W	CATT Acoustics
Auralization H/W	LakeDSP
Measurement H/W	Mellisa
SPL measurement	01dB symphony
Microphone	AKG C414
Speaker	BOSE 301 × 4 EA

3.2 실험 설정 및 음향 시뮬레이션

4채널 음장재현을 위해 4개의 스피커를 1.5 m 높이에 설치하고 연주자를 중심으로 반경 1 m 거리에서 서로 마주보도록 배치하였고 수음용 마이크는 연주음만을 수음하기 위해 연주자 머리 위 정면에서 악기로부터 60 cm거리에서 초지향성 패턴으로 연주자의 악기를 향하도록 배치하였다. Fig. 2는 실험에 사용된 연주음 가청화 및 제시 시스템을 간략하게 나타낸 것이다.

초지향성 마이크로폰으로 수음된 음원은 실시간 가청화를 위한 장치(lake DSP)로 처리되었으며 입력과 출력의 지연(latency)시간의 합은 4 ms이다. Lake DSP 입력단에 사용된 EQ는 잔향 세기의 변화와 연주자가 연주하기 편한 자연스러운 음색을 형성하는데 사용되었으며 이후 세기 변화 시에는 음색의 변화는 주지 않았다.

가청화를 위한 충격응답은 실내음향 시뮬레이션 모델링을 통해 중주파수 대역(500 Hz, 1 kHz 평균) 잔향시간 2.2 s에 해당하는 충격응답을 도출하였다. 이 때 무대 위 연주자를 중심으로 잔향이 제시되는 4개의 스피커 지점과 동일한 위치에서 충격응답을 도출하였다.

실내음향 시뮬레이션은 Fig. 3과 같이 CATT acoustics를 활용하였으며 중규모 콘서트홀을 모델링하였다. 시뮬레이션 대상 콘서트홀은 440석 규모로 면적은 448 m^2 ($28 \text{ m} \times 16 \text{ m}$), 높이는 8.5 m이며 슈박스(shoe box) 형태의 발코니가 없는 형식이다.

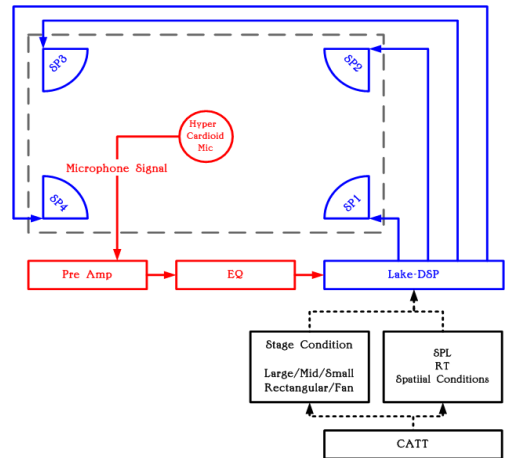


Fig. 2 Block-diagram of real time auralisation and sound reproduction system

Fig. 3은 실내음향 시뮬레이션 모델 및 무대 위의 서의 충격응답 추출 지점을 나타낸다.

3.3 잔향음압 JND Test

잔향 음압 레벨의 제시 간격을 결정하기 위해 4 명의 전문 바이올린 연주자를 대상으로 실연 중이 아닌 상태와 실연 중인 상태에서의 잔향 음압 레벨에 대한 JND(just noticeable difference) 실험을 시행하였다.

JND 실험 시 연주곡은 Minuet(from String Quintet in E Major, Opus 11-5, L. Boccherini, 1743~1805)의 주선율로 정하고 각 연주자 별로 연주음의 크기가 다르므로 음장 보정을 실시하기 전 상태의 연주음에 대해 평균 음압 레벨을 확인하였다.

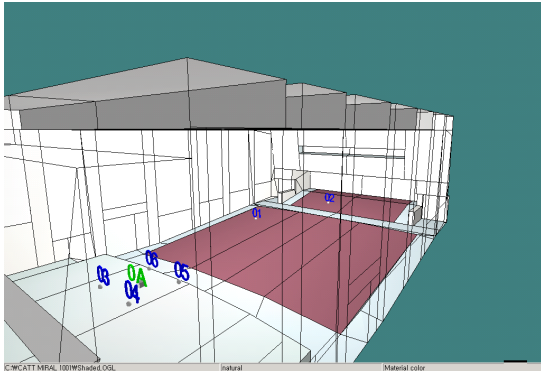


Fig. 3 Model for room acoustic simulation

Fig. 4는 잔향 음압에 대한 JND 실험을 위해 1 dB 간격으로 제시된 주파수 대역별 잔향 음압 레벨의 변화를 나타낸 것이다.

Fig. 5는 각각의 잔향 음압 레벨 변화 시 청감 실험 챔버에 제시되는 음장의 잔향시간 측정결과이다. 각 주파수 대역별로 제시된 음장의 잔향시간 표준 편차는 대부분의 주파수 대역에서 0.1 s 이하로 나타났다.

3.4 잔향음압 JND Test 결과

(1) Fig. 6은 실연 중이 아닌 상태에서 제시된 잔향음압에 대한 JND를 실험한 결과를 나타낸 것이다. 잔향 음압 레벨차이가 1 dB일 경우보다 2 dB일 경우에 연주자들이 잔향차이가 있다고 응답한 비율이 더 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 JND를 결정할 경우 75% 이상의 응답자가 반응하는 수준을 기준으로 함으로 잔향 음압 레벨 변화에 대한 JND는 1 dB 이상이라 할 수 있다.

(2) 연주를 하면서 JND 시험을 실시하였다. 제시 잔향음압의 범위는 가장 선호도가 높은 음압을 기준 음압 0 dB(이하 0 dB[ease]로 표기)로 하였을 때 -6 dB ~ +4 dB까지 제시하였다. 연주자들 모두 잔향음압 4 dB 이상에서는 소리가 너무 커서 연주하기 힘들다고 답하였고, 6 dB 이하에서는 잔향이 잘 들리지 않는다고 답하였다.

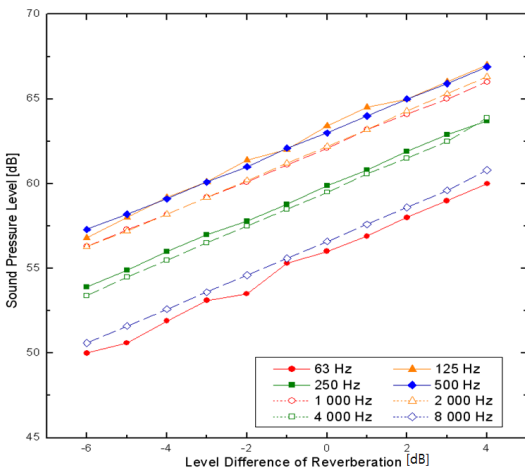


Fig. 4 Sound pressure level of presented stimulus for JND experiment

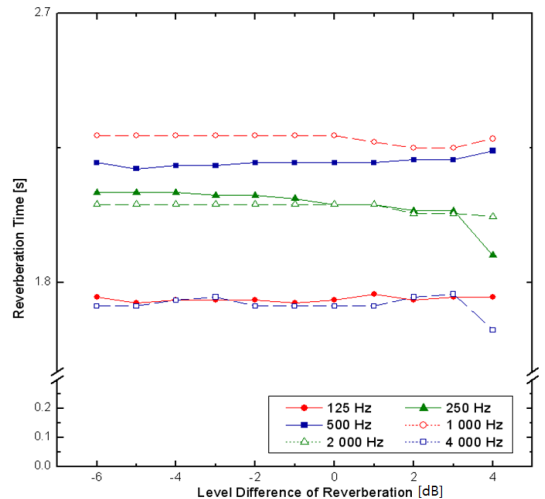


Fig. 5 Reverberation time(s) at each step of level difference(dB) of reverberation

(3) 위의 결과에 의해 0 dB[ease]에 해당하는 음압을 중간 레벨(mid level)로 하고, 중간 레벨보다 +2 dB 증가시킨 지점을 기준으로 제시한 경우를 높은 레벨(high level), 중간 레벨보다 -2 dB 낮게 제시한 경우를 낮은 레벨(low level)로 지정하여 세 단계 기준 음압에서 1 dB와 2 dB의 간격으로 잔향 음압 레벨을 변화시켰을 때의 JND 실험을 실시하였다.

Fig. 7은 세 단계 음압별 JND 실험 결과를 나타낸 것이다. 높은 기준음압에서 제시된 경우는 ±1 dB 차이와 +2 dB 차이를 구분하지만, 음압이 -2 dB로 내려간 경우에는 음압구분에 어려움을 보이고 있으며, 중간레벨과 낮은 레벨의 기준음압에서는 +1 dB와 +2 dB의 차이는 구분하지만 -1 dB와 -2 dB 차이 모두 구분하기 어려운 것으로 나타났다. 이는 잔향음압 0 dB[ease] 이하에서는 1 dB와 2 dB 음압 구분이 어려움을 나타낸다.

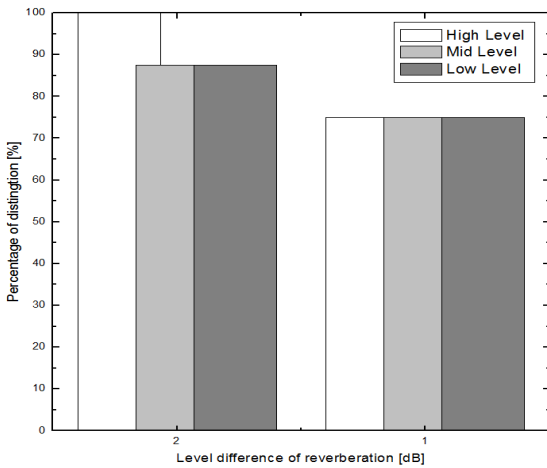


Fig. 6 Results of JND experiment

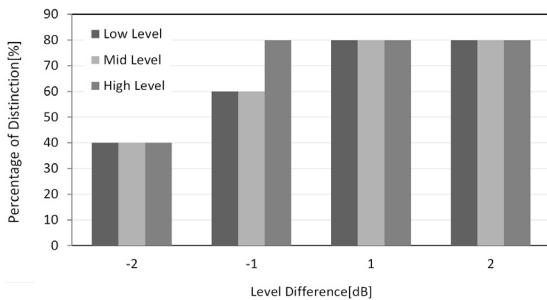


Fig. 7 JND test with 3 steps of level change

위의 결과를 종합해 보았을 때 연주하지 않을 경우 잔향음압의 JND 인지와 연주할 경우의 잔향음압 JND 인지에는 차이가 있으며, 연주 시에는 0 dB[ease] 이하의 1 dB 혹은 2 dB 수준의 잔향음압 차이에 대해서는 구분이 어려움을 나타낸다.

3.5 7개 항목 설문평가

JND test 결과를 바탕으로 0 dB[ease] 기준 2 dB 간격의 잔향음압 실험을 설계하였다. 이에 따라 연주자가 직접연주를 하며 Table 2의 설문항목에 답하도록 하였다. 설문은 Table 2의 질문항목을 대상으로 쌍대비교법(paired comparison method)을 적용하여 음압이 다른 두 가지 조건의 음장을 제시하고 각 음장조건에서 연주자가 연주를 실시한 후 Table 2의 각 질문에 대하여 선호되는 음장을 선택하도록 하였다.

3.6 7개 항목 설문평가 분석

Figs. 8 ~ 14는 각각의 설문항목에 대한 선호도 평가 분석 결과를 나타낸 것이다. 제시하는 잔향 음압 레벨의 조건은 고정되어 있으나 실제 잔향 음압 레벨은 연주자의 연주음량에 따라 다소 차이가 있으므로 ‘Overall Impression’에서 선호도가 가장 높은 잔향음압 상태를 ‘0’(0 dB[ease]와 동일 값)로 표기하고 그 외 각각의 질문은 ‘Overall Impression’에 대하여 상대비교를 하여 나타내었다.

Fig. 8은 전반적 인상에 대해 질문한 overall impression 항목의 실험결과를 나타낸 것이다. 다른 음압의 선호도는 50% 이하이나 특정 음압에서 선호도가 75% 이상으로 두드러지게 높은 것을 알 수 있다.

Table 2 Questionnaire survey items

Factor	Questionnaire
Overall impression	홀의 전체적인 느낌이 좋은가?
Loudness	음의 크기가 큰가?
Concentration	연주에 집중에 잘 되는가?
Directivity	연주 소리가 잘 뻗어가는가?
Clarity	음이 명확하게 들리는가?
Intimacy	연주 소리가 친밀한가?
Intensity	음의 세기 표현이 정확한가?

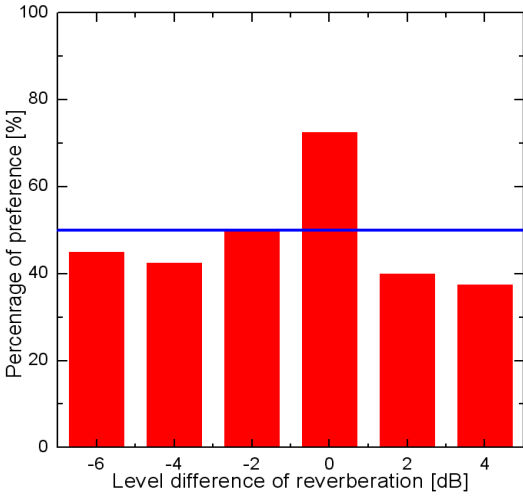


Fig. 8 Experimental result on overall impression

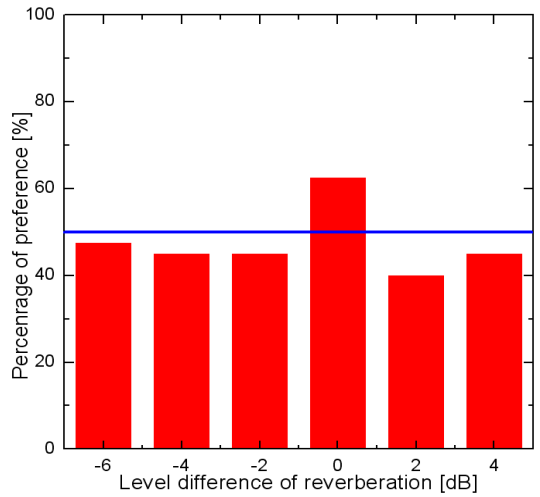


Fig. 10 Experimental result on concentration

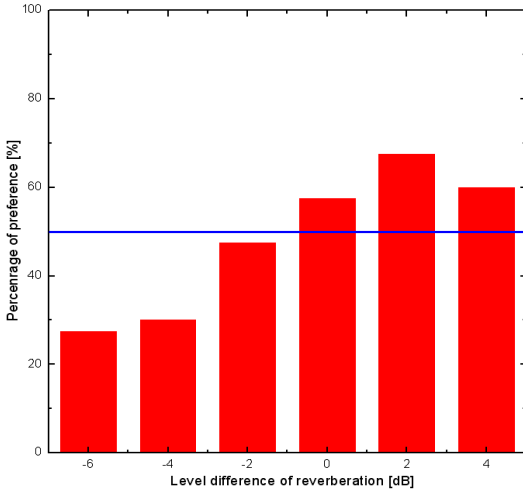


Fig. 9 Experimental result on loudness

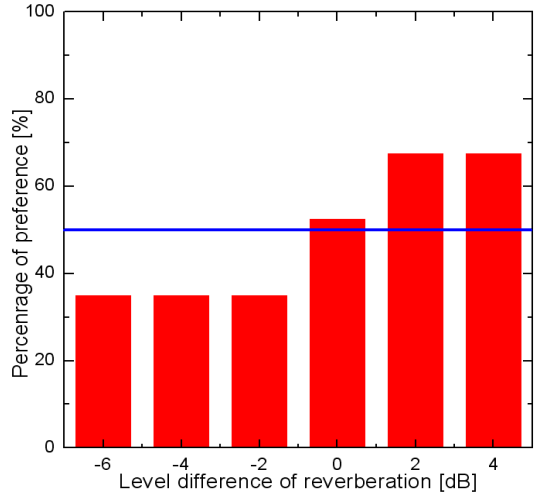


Fig. 11 Experimental result on directivity

Fig. 9는 잔향의 크기(loudness) 평가 결과를 정리하여 나타낸 것이다. Fig. 7에서와 같이 잔향 음압이 0 dB[ease] 보다 높을 경우 잔향 음압의 차이를 잘 구분하지만, 잔향 음압 0 dB[ease] 보다 낮은 경우 잘 구분하지 못하는 것으로 나타났다.

Fig. 10은 연주자의 연주 집중도에 대한 설문항목으로 연주에 집중하기 좋은 환경을 선택하도록 한 것이다. Fig. 13의 실험결과에서와 같이 잔향 음압레벨이 0 dB[ease] 일 경우 집중도가 높게 나타났다.

공연장 무대에서 연주자가 연주할 경우 방향성 정보에 대한 구분 여부를 질문한 결과는 Fig. 11에

나타내었다. 잔향 음압이 0 dB[ease] 이상 일 때 소리의 방향성이 더 좋고, 잘 뻗어나간다고 느끼는 것으로 나타났다. 방향성 평가 실험의 결과는 전체적인 느낌 항목에 대하여 선호도가 가장 높은 ‘0 dB’ 시점을 전후하여 급격히 증가하는 것으로 나타났다. Fig. 12는 잔향 음압 레벨 변화 시 연주음의 명료도에 대한 실험 결과이다. 잔향 음압 레벨이 -2 dB 경우 연주음이 가장 명료하다고 나타났다.

Fig. 13은 자신이 연주하는 연주음이 친밀하게 들리는가에 대한 항목의 평가결과를 나타낸 것이다. 친밀감 항목의 경우 잔향 음압 레벨 변화에 따른 선호도

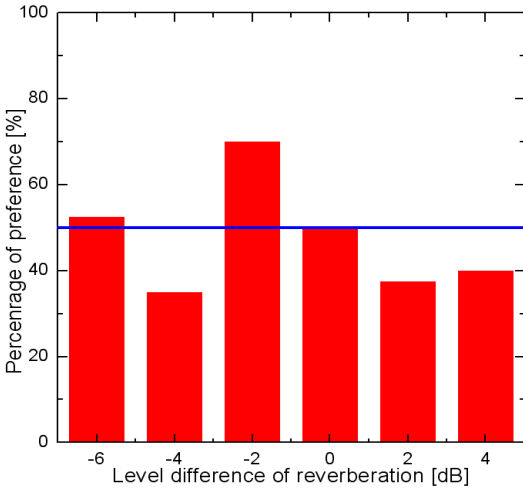


Fig. 12 Experimental result on clarity

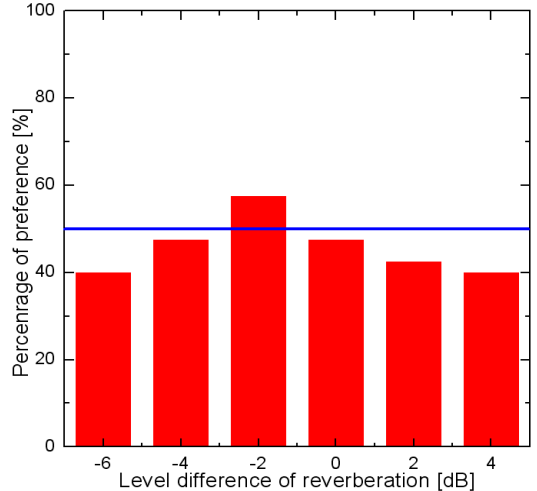


Fig. 14 Experimental result on intensity

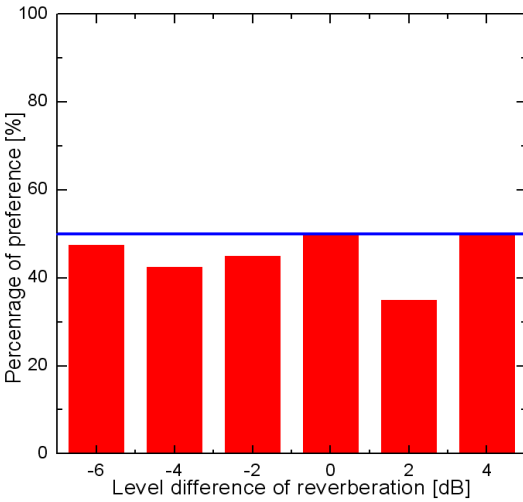


Fig. 13 Experimental result on intimacy

차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

Fig. 14는 연주 공간의 연주 강도에 대한 평가 결과이다. Fig. 12와 같이 잔향 음압 레벨 -2 dB 지점에서 연주음의 세기 표현이 보다 정확하다고 응답하였다.

4. 상관분석

잔향 음압(L_{rev})의 물리적 변화와 연주자의 음향 환경 인지 주관 평가 결과 사이의 상호 관계성을 검증하고자 상관분석을 실시하였다. Table 3은 SPSS

Table 3 Correlation between reverberant sound pressure level(L_{rev}) and the result of subjective evaluation (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

Type	Result of subjective evaluation			
Factor	Overall impression	Loudness	Concentration	Directivity
L_{rev}	-0.07	0.98**	-0.11	0.93**

Type	Result of subjective evaluation		
Factor	Clarity	Intimacy	Intensity
L_{rev}	-0.30	0.15	-0.22

v.23.0을 이용하여 산출한 잔향 음압 변화와 연주자 주관 평가 항목인 overall impression, loudness, concentration, directivity, clarity, intimacy, intensity 사이의 pearson 상관 계수를 나타내고 있다.

잔향 음압의 물리적 변화는 연주자의 음향 환경 인지 주관 평가 항목 중 loudness, directivity와 매우 강한 상관관계를 보였다. 이는 잔향 음압의 변화가 음압 크기 변화와 음의 방향성 인지 변화와 관련이 있다는 의미로 해석할 수 있다. 즉, 잔향 음압의 변화는 단순히 잔향감 변화에 영향을 주는 차원에 머무는 것이 아니라, 주관적 음향 환경 평가에 있어서 잔향의 크기와 방향성 인지와도 깊은 관련이 있다는 것이다.

4.1 주요인분석

잔향 음압의 물리적 변화에 따른 연주자의 음향

Table 4 Analysis of major factors

Factors	Items of subjective evaluation (89.3 %)		
	Factor 1: loudness (30.7 %)	Factor 2: clarity (30.5 %)	Factor 3: intimacy (28.1 %)
Loudness	0.99	0.02	-0.01
Concentration	-0.06	0.14	0.89
Directivity	0.90	-0.44	-0.02
Clarity	-0.13	0.88	0.20
Intimacy	0.03	0.03	0.93
Intensity	-0.13	0.92	-0.01

Table 5 Regression analysis

Independent variable	Model classification
	Reverberant sound pressure level(L_{rev})
Overall impression	$R^2 = 0.01$ ($p = 0.00$)
Loudness	$R^2 = 0.85$ ($p = 0.00$)
Concentration	$R^2 = 0.01$ ($p = 0.00$)
Directivity	$R^2 = 0.86$ ($p = 0.00$)
Clarity	$R^2 = 0.09$ ($p = 0.00$)
Intimacy	$R^2 = 0.02$ ($p = 0.00$)
Intensity	$R^2 = 0.05$ ($p = 0.00$)

환경 인지 변화를 나타내는 주관 평가 항목들의 주요인을 규명하기 위하여, 직교 회전 중 하나인 Varimax 회전법을 이용한 주요인 분석을 실시하였다. 음향 환경의 전반적 만족도에 관한 항목인 전반적 인상(overall impression)을 제외한 6개 주관 평가 항목에 대한 주요인을 추출하였는데, 추출된 요인들은 서로 독립적이며 요인 사이의 상관관계는 나타나지 않았다. 주요인의 개수는 고유값(eigenvalue) 1을 기준으로 추출하였다.

Table 4는 연주자 주관 평가 항목들에 대한 주요인 분석 결과를 나타내고 있다. 전체 평가 항목에 대하여 89.3%의 분산을 설명하는 3개의 주요인으로 축약되었다. 요인 1은 음의 강도와 관련 있는 평가 항목 loudness와 directivity와 상관관계를 보였으며, 전체 분산의 30.7%를 설명하는 것으로 나타났다. 요인 2는 음의 명료도와 관련 있는 평가 항목 clarity, intensity와 상관관계를 보였으며, 전체 분산의 30.5%를 설명하는 것으로 나타났다. 마지막으로 요인 3은 음의 친밀감과 관련 있는 평가 항목 concentration, intimacy와 상관관계를 보였으며, 전체 분산의 28.1%를 설명하는 것으로 나타났다.

4.2 회귀분석

Overall impression, loudness, concentration, directivity, clarity, intimacy, intensity 7개의 연주자 주관 평가 항목(Y)에 대한 잔향 음압 변화(X)의 선형회귀분석을 실시하였다. 그 결과 단일변수모형

($Y \approx aX + C$, a 는 계수, C 는 상수)의 경우 Table 3과 같이 주관 평가 항목의 인지 변화에 대한 잔향 음압 변화의 설명력(R^2)을 도출하였다. 이는 주관 평가 항목의 인지 변화에 잔향 음압의 변화가 미치는 영향력을 의미한다고 할 수 있다.

유의도 $p < 0.01$, $R^2 = 0.80$ 이상의 높은 설명력을 보인 모형은 주관 평가 항목 중에서 loudness($R^2 = 0.85$), directivity($R^2 = 0.86$)로 도출되었다. 또한, 다른 주관 평가 항목에 대해서는 설명력을 보인 모형을 발견할 수 없었다. 이는 이전에 실시한 주요인 분석의 결과와 유사한 경향성으로 해석할 수 있는데, 잔향 음압의 변화에 따라서 음의 크기, 방향성과 깊은 상호영향력을 가지고 있다는 것이다.

이상의 다양한 통계 분석 결과에 따르면 잔향 음압의 물리적 변화는 연주자 입장에서 음의 크기(loudness)와 음의 방향성(directivity)의 주관적 인지에 가장 커다란 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다.

5. 결 론

이 연구는 동일한 무대음향 조건에서 잔향 음압(L_{rev})의 세기 변화에 따라 무대 위에서 연주하는 연주자들의 연주 시와 연주 시가 아닌 상태에서의 JND test를 실시하였고 잔향음압의 세기에 따라 주관적 선호도가 어떻게 변화되는지에 대하여 조사하였다.

실험 결과로는 무대음향에 있어 연주자들이 선호하는 특정한 잔향음압레벨이 있으며, 이 지점의 잔향

음압을 기점으로 잔향의 음압차이 구분에 영향을 받으며, 잔향음압의 변화는 주관적 선호도 평가에 있어서 전반적 인상(overall impression)에 주요한 영향을 주고, 음의 크기(loudness)와 방향성(directionality)이 가장 상관도가 높은 것으로 나타났다.

잔향음압레벨에 따라 잔향의 선호도가 변화한다는 것은 무대 위 연주자를 위해 특정한 음압 세기의 잔향을 제공해야 함을 의미하며, 무대음향을 평가하는 지표로써 연주자 주관평가에 있어 잔향 음압레벨에 대한 세부적인 연구의 필요성을 의미한다고 판단된다.

또한 전반적 인상(overall impression)에 대한 항목에서 선호도가 가장 높은 잔향음압에서도 평가분야에 따라 선호도가 변화하는 것을 볼 수 있는데, 이는 무대음향 설계 시 고려해야 할 평가분야별 우선순위가 있다는 것을 의미한다고 판단된다. 이는 전기음향 보정장치에 의한 무대음향 보정 시 적정 잔향시간과 함께 적정 잔향음압이 고려되어야 한다는 것을 의미하며, 무대음향 설계 시 연주자들이 선호하는 적정 잔향음압 제시에 대한 확대된 연구의 필요성을 나타낸다.

후 기

이 연구는 미래창조과학부 글로벌프론티어사업의 연구비지원(2013M3A6A3079356)에 의해 수행되었습니다.

References

(1) The History of Electronic Architecture and Variable Acoustics by Wim Prinssen, SIAP B.V. Uden, the Netherlands and Dr. Peter D'Antonio, RPG Diffuser Systems Inc. Upper Marlboro, Maryland, USA.
 (2) Design Criteria for Acoustic Enhancement Systems - Ben Kok, Wim Prinssen., Systems for Improved Acoustics Performance Uden, The Netherlands.
 (3) Recent Experiences with Electronic Acoustic Enhancement in Concert Halls and Opera Houses - David Griesinger., Lixicon, 3 Oak Park, Bedford, MA 01730.
 (4) Progress in Concert Hall Design - Developing an

Awareness of Spatial Sound and Learning How to Control It - R. Essert(Arup Acoustics), EBU Technical Review, Winter 1997, Essert.

(5) Gade, A. C., 1989, Investigation of Musicians' Room Acoustics Conditions in Concert Halls, Part I : Methods and Laboratory Experiments, ACUSTICA, Vol. 69, pp. 193~203.

(6) Gade, A. C., 1989, Investigation of Musicians' Room Acoustics Conditions in Concert Halls, Part II : Field Experiments and Synthesis of Results, ACUSTICA, Vol. 69, pp. 49~262.

(7) Hartmann, G., 1987, Über die Gewünschte Hörerlautstärke bei Kammermusik, Applied Acoustics, Vol. 22, No. 2, p. 145.

(8) ISO 3382-1, 2006, Acoustics-measurement of Room Acoustic Parameters - Part 1: Performance Rooms, International Standard ISO/DIS 3382-1 Draft: 2006, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

(9) Kim, Y. H., Lee, P. J. and Jeon, J. Y., 2007, Relation between Acoustical Parameters and Ensemble Performance on a Concert Hall Stage, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 975~978.

(10) Ueno, K., Kanamori, T. and Tachibana, H., 2005, Experimental Study on Stage Acoustics for Ensemble Performance in Chamber Music, Acoust. Sci. & Tech., Vol. 26, No. 4, pp. 345~352.

(11) Hase, S., Takatsu, A., Sato, S., Sakai, H. and Ando, Y., 2000, Reverberance of an Existing Hall in Relation to Both Subsequent Reverberation Time and SPL, J. Sound. Vib., Vol. 232, No. 1, pp. 149~155.

(12) Lee, D., Cabrera, D. and Martens, W. L., 2011, Equal Reverberance Contours for Synthetic Room Impulse Responses Listened to Directly: Evaluation of Reverberance in Terms of Loudness Decay Parameters, J. Build. Acoust., Vol. 18, No. 1-2, pp. 189~205.

(13) Lee, D. H., Cabrera, D. and Martens, W. L., 2012, The Effect of Loudness on the Reverberance of Music: Reverberance Prediction using Loudness Models, Acoustical Society of America, Vol. 131, No. 2, pp. 1194~1205.

(14) Morimoto, M. and Asaoka, A., 2004, Multi-dimensional Analysis of Reverberance, in Proceedings of the 18th International Congress on Acoustics, Tokyo,

Japan.

(15) Nakamura, S., 2001, On the Guide to Optimum Values of Reverberation Time, in Proceedings of the 17th ICA 2001, Rome, Italy.



Young Sun Kim is a researcher of Architectural Engineering at the Architectural Acoustics Laboratory, Hanyang University. His main research interests are in the fields of architectural acoustics and sound recording engineering.



Jeong Ho Jeong is currently a senior researcher at Fire Insurers Laboratories of Korea(FILK). He received his M.S. and Ph.D. degree in architectural engineering from Hanyang University, Korea. His research is interests include standardization in building acoustics field. Also, he has interest on the sound localization research for AES(Acoustic Evacuation Signal).



Jin Yong Jeon is a professor of Architectural Engineering at the Architectural Acoustics Laboratory, Hanyang University. His main research interests are in the fields of architectural acoustics, noise, vibration and soundscape. He is also an Associate Editor of the international journal on acoustics, "Acta Acustica united with Acustica."