

무대 위 연주평가에 따른 듀엣 연주자의 무대음향 선호요인

Preference factors of stage acoustics for duet performers according to on-stage performance evaluation

김영선,[†] 김용희,² 전진용¹

(Young-Sun Kim,^{1†} Yong-Hee Kim,² and Jin-Yong Jeon¹)

¹한양대학교 건축공학부, ²한국건설생활환경시험연구원(KCL)

(Received April 3, 2017; revised April 19, 2017; accepted September 28, 2017)

초 록: 본 연구는 실제 콘서트홀에서의 무대음향측정과 무대 위 연주평가를 통해 듀엣연주자의 무대음향 선호요인을 도출한 것이다. 실험은 1186석 규모의 공연장에서 진행하였으며, 무대에는 오케스트라 셸(Orchestra Shell)이 설치되었다. 실험에는 15쌍(총30명)의 연주자가 참여하였고, 선별된 5개 위치에서 순서에 따라 쌓을 지어 자기연주에 따른 각 지점의 선호도를 평가하였다. 그 결과, 무대 중앙의 선호도가 가장 높은 것으로 나타났으며, CS(Clarify at stage) 및 ST_{Late} 가 가장 유의한 선호요인으로 도출되었다.

핵심어: 무대음향, 주관적 평가, 듀엣 연주자, 콘서트 홀

ABSTRACT: The purpose of this study is to derive the preference factors of stage acoustics for duet performers through the measurement of the stage acoustics in a concert hall and the performance evaluation on the stage. 15 pairs (total 30 players) of the performers participated in the experiment, and the preference of selected 5 locations were evaluated. As a result, the preference in the center of stage was the highest, and CS (Clarity at stage) and ST_{Late} were the most significant factors for the preference.

Keywords: Stage acoustics, Subjective evaluation, Duet performers, Concert hall

PACS numbers: 43.55.Br, 43.55.Hy, 43.66.Lj

1. 서 론

공연장의 건축음향설계는 객석 및 무대 모두에서 설계목적에 맞는 최적의 음환경을 도출하는 것을 목표로 삼는다.^[1] 객석 입장에서는 잔향감, 친근감과 같은 주관적 평가요소들과 초기 감쇠음(Early Decay Time, EDT), 잔향시간(Reverberation Time, RT) 등을 포함하는 다양한 객관적 음향 요소들을 적절히 확보해야 하며,^[2] 이와 더불어 연주자 입장에서는 무대지원(ST : Stage Support)지표를 측정하여 그 수치를 높이는 방향으로 음환경을 확보하고자 한다.^[3] 특히 무대 위 연주자 입장으로서의 앙상블 연주자에 의한 주관

적 평가와 관련하여 Gade^[4]는 연주자 설문을 통해서 서로 듣기(Hearing each other)가 앙상블 연주 시 중요한 요소 중 하나이며 이는 직접음과 초기 반사음을 포함하는 초기 에너지와 중요하게 연관되어 있음을 기술하였고, Baron^[5]은 소규모 오케스트라와 관련한 무대음향 연구에서 후기에 대한 초기 에너지 비율이 주관적 잔향감과 음의 상관관계를 갖는다고 기술하였다. Chiang *et al.*^[6]의 솔로와 챔버 연주자들을 대상으로 한 연구에서는 무대음향 선호도와 ST_{Late} 가 상관도가 높은 것으로 보고하였고, Jeon과 Lee^[7]의 ‘반주소리의 잔향은 적당한가?’, ‘반주소리가 분명하게 들려오는가?’ 등과 같은 듀오 앙상블을 위한 평가에 있어서도 ST_{Late} 와 $IACC_{L3}$ 가 높게 나타나는 무대지점을 선호하는 것으로 나타났다. Kim과 Jeon^[8]의 ‘음악

[†]Corresponding author: Young-Sun Kim (faiko@daum.net)
Department of Architectural Engineering, Hanyang University, 17 Haengdang-dong, Seongdong-gu, Seoul 133-791, Republic of Korea
(Tel: 82-2-2220-1795, Fax: 82-2-2220-4794)

연주 공간과 합창연주의 연구'에서는 잔향시간과 측면반사음이 주요한 무대음향 선호도 요인으로 보고하고 있으며, Jeon *et al.*^[9]의 독주, 이중주, 사중주 연주자를 대상으로 하는 무대음향 연구에서는 무대 중앙부를 연주지점으로 선호하는 것으로 보고하였다.

그러나 오케스트라 쉘 등의 반사벽으로 둘러싸인 무대의 ST 분포가 연주지점에 따라 큰 차이를 보이고,^[10] 연주자의 개성에 따라 판단 기준이 다양하며, 연주형태에 따라서도 선호도가 다를 수 있기 때문에 연주자에게 실제적으로 도움이 되는 음향설계를 위해서는 보다 다양한 연주조건에 따른 최적 무대음향 선호요인을 도출하는 것이 필요하다. 이에 대한 선행 연구로써 독주, 이중주, 사중주 연주자를 대상으로 한 ST^[9]에 관한 연구는 공연장을 설계할 시 무대음향 평가 요소인 ST에 대해 연주자 평가와 관련하여 추가 연구가 필요함을 피력한다. 이와 관련한 연구로써 Kim *et al.*^[11]의 연구는 기존의 연구가 솔로 기악연주자를 기준으로 하고 있으므로, 이에 대한 추가 연구로써 성악가를 기준하여 연구하였으며, 그 결과로써 기악연주자와 성악가간에 선호도 차이가 있음을 보여주고 있으며, Jeon *et al.*^[9]의 연구에서는 현악 연주자를 기준으로 앙상블 연주에 관한 결과를 보여주고 있으므로, 본 연구에서는 이에 대한 확대 연구로써 플루트와 클라리넷을 포함하는 목관악기 앙상블 연주자군의 연구를 진행함과 동시에 기존의 연구인 현악기 연주자와 성악연주자의 대조군을 동일한 공간에서 비교함으로써 악기군 추가 연구로 진행하였다. 본 연구는 이러한 관점에서 이중주 연주자를 대상으로 하는 앙상블 연주자를 위한 무대음향 추가 연구에 해당한다.

실험 대상 공연장 무대의 선정은 기존의 연구 환경과 같이 오케스트라 쉘이 설치되어있으며 무대의 ST_{Early} 값의 최대값과 최소값의 차이가 8.4 dB로써, 이전 유사 연구들의 ST_{Early} 최대 차이 값이 2.2 dB, 3.9 dB^[9], 5 dB^[10], 8.6 dB^[11] 수준임을 감안하여 볼 때, 본 공연장의 무대 환경이 ST_{Early} 값에 의한 연주자 선호도 차이가 분명하게 나타날 것으로 파악되어 선정하게 되었다.

이에 따라 이전 연구^[9,11]의 방법론을 바탕으로 이중주 연주자의 무대음향 선호요인을 무대 위 연주평가 방법을 통해 도출하였다.

무대음향의 물리적 특성을 평가하기 위한 측정으로는 ST지표를 무대 위 17개 지점에서 측정하였다. 무대 위 연주평가를 위해서는 ST_{Early} 값이 다를 뿐만 아니라 무대 앞, 뒤, 옆과 같은 물리적 위치가 다른 지점을 고려하여 5개 지점을 지정하고, 지정된 위치에서 듀엣 연주를 하면서 연주 선호도에 관한 청감평가를 실시하였다.

II. 무대음향의 물리적 측정

2.1 측정 대상 홀과 측정위치

천안에 위치한 봉서홀을 대상으로 진행하였다. 극장의 전체 형상은 장방형이며, 좌석 수는 1,186석, 객석 평균 잔향시간은 공식 시 1.1 s이다. 객석 뒤쪽으로는 2층 발코니가 있으며, 무대면적 238 m², 무대 폭은 12 m에서 15 m, 높이는 6.8 m에서 8.8 m 범위이며, 무대 깊이의 최대값은 16.8 m이다.

Fig. 1은 대상 홀의 무대 평면과 측정위치를 나타낸 것이다. 무대음향의 측정은 다양한 ST에 대해 평가하기 위해 무대 전 지역을 포함하는 17개 지점을

Table 1. List of measuring equipment.

Equipment	Model
Speaker	AVM-DO12(Dodecahedron)
Power amplifier	MC ² audio T1500
Microphone	AKG C414B-ULS
Audio interface	Roland FA-66
Software	Adobe audition

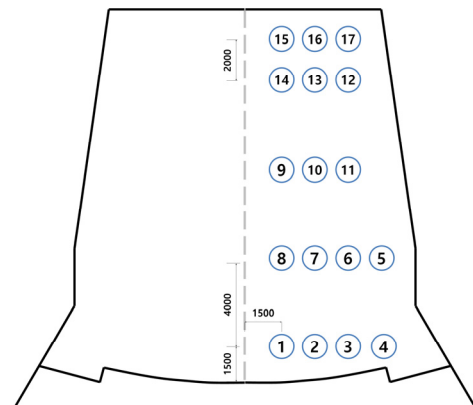


Fig. 1. Stage and measurement positions at Bongseo hall, Cheonan city.

선정하였다.

2.2 무대음향 평가 지표 및 측정방법

무대음향 평가를 위한 물리적인 지표는 ISO 3382-1^[12]에 정의된 바와 같이 각 측정지점에서 높이 1.5m로 설치된 무지향성 음원(Dodecahedron)과 무지향성 마이크로폰(AKG C414-Omni)을 1 m 간격으로 설치하여 충격응답(Impulse response)을 측정하였다. 음원과 수음점의 높이를 1.5 m로 한 이유는 청감실험을 위한 양상블 연주자의 연주가 서있는 자세로 연주하는 것을 모사했기 때문이다. 각 지점에서 음원과 마이크로폰 간 배치는 일정하게 유지하였다. Fig. 1과 같이 중앙에서 앞쪽 끝에서 안쪽으로 1.5 m 그리고 오른쪽으로 1.5 m 지점을 1번으로 하여 오른쪽으로는 1.5 m 간격으로 측정하였고, 무대 뒤쪽으로는 4 m 간격으로 측정하였으며, 12, 13, 14번 열과 15, 16, 17번 열의 앞뒤 간격은 2m간격으로 무대음향 지표가 측정되었다. 이때, Fig. 1에 표기된 17개 지점은 수음점의 위치이며 무지향성 음원은 마이크 좌측에 배치하였고, 마이크의 정면이 무지향성 음원을 향하도록 하였다. 무지향성 음원의 높이 1.5m 지점은 음원의 중간지점에 해당한다. 또한 다른 지점과는 다르게 후벽 부에서 2m 떨어진 지점의 ST 측정은 오케스트라 연주 시 후벽 가까운 지점에도 연주자가 배치됨을 고려하여 이 지점 또한 평가지점으로 선정하였다. Table 1은 무대음향 측정에 사용된 장비 리스트이다.

측정된 임펄스는 ISO 3382-1:2009^[12]를 바탕으로 ST_{Early}, ST_{Late} 및 CS(Clarify at stage)를 측정하였다. ST_{Early}는 직접음의 에너지(0 ms to 10 ms)와 초기반사음(20 ms to 100 ms)에너지의 대수비로 정의되며, ST_{Late}는 직접음 에너지(0 ms to 10ms)와 후기반사음(100 ms to 1000ms)의 에너지 대수비로 정의된다. CS는 명료도 측정지표인 C₈₀과 동일하게 정의된다. ST는 3382-1:2009^[12]을 기반으로 250 Hz에서 2 kHz 대역의 옥타브 밴드 평균값으로, CS는 Gade의 연구^[13]를 참고하여 500 Hz에서 2 kHz 대역의 옥타브 밴드 평균값으로 계산하였다. 다음 Eqs. (1)~(3)은 위에 기술한 무대음향지표에 대한 정의를 나타낸다.

$$ST_{Early} = 10 \log \frac{\int_{20ms}^{100ms} p^2(t) dt}{\int_{0ms}^{10ms} p^2(t) dt} \quad [dB]. \quad (1)$$

$$ST_{Late} = 10 \log \frac{\int_{100ms}^{1000ms} p^2(t) dt}{\int_{0ms}^{10ms} p^2(t) dt} \quad [dB]. \quad (2)$$

$$CS = 10 \log \frac{\int_{0ms}^{80ms} p^2(t) dt}{\int_{80ms}^{\infty} p^2(t) dt} \quad [dB]. \quad (3)$$

2.3 측정결과

각 지점에서 측정한 무대음향 지표의 결과는 Table 2와 같다. 무대 주변구조에 의한 초기음의 무대 지원도인 ST_{Early}는 측정지점에 따라 -15.5 dB에서 -

Table 2. Measurement results of stage acoustics (* A ~ E: 5 positions selected for evaluation).

Positions	ST _{Early} [dB]	ST _{Late} [dB]	CS[dB]
1(A)	-13.6	-14.2	13.5
2	-12.7	-14.4	13.6
3	-14.6	-16.9	15.8
4	-15.5	-17.1	16.6
5(B)	-13.6	-15.3	13.7
6	-11.1	-13.4	12.2
7(C)	-10.3	-13.0	11.9
8	-12.7	-14.6	13.1
9(D)	-8.9	-13.4	11.7
10	-8.7	-14.0	12.5
11	-9.2	-13.4	11.8
12	-8.3	-14.6	13.7
13	-7.1	-14.0	13.7
14	-9.0	-14.3	13.5
15(E)	-8.3	-14.7	13.7
16	-8.3	-14.7	13.7
17	-9.3	-15.8	15.1
Max.	-7.1	-13.0	16.6
Min.	-15.5	-17.1	11.7
Range (Max-min)	8.4	4.1	4.9

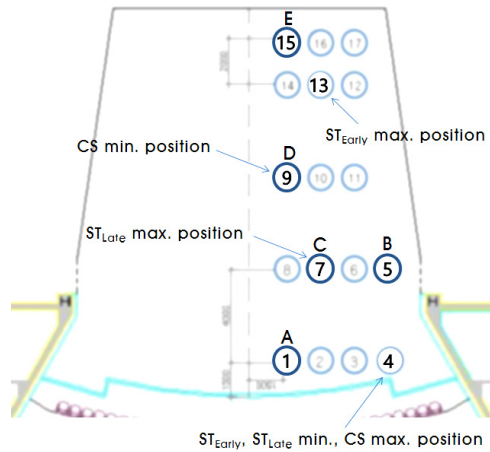


Fig. 2. Five evaluation positions (A-E) and measurement result.

7.1 dB로 8 dB 이상의 차이를 보였다. 객석으로부터의 잔향음을 포함하는 ST_{Late} 는 -17.1 dB에서 -13.0 dB로 4.1 dB의 차이를 보였고, CS는 11.7 dB에서 16.6 dB로 4.9 dB의 차이를 보였다. ST_{Early} 는 무대를 둘러싸고 있는 오케스트라 첼로부터의 거리에 따른 영향을 직접적으로 받아 측정지점에 따라 큰 편차를 보이는 것으로 파악된다. ST_{Early} 가 가장 큰 지점은 오케스트라 첼 후벽 및 측벽과 가까운 13번 지점으로 나타났고, ST_{Late} 가 가장 큰 지점은 7번으로써 무대 중앙에서 약간 객석 쪽에 가까운 지점으로 나타났다. 4번 지점은 ST_{Early} 와 ST_{Late} 가 가장 낮은 지점인 반면, CS가 가장 높은 지점으로 나타났고, 9번 지점은 CS가 가장 낮은 지점으로 나타났다. Fig. 2는 무대음향 지표의 측정결과를 나타낸다.

본 연구는 무대음향의 물리적 특성과 청감적 특성의 상관관계를 도출하고자 한 것이다. 따라서 무대의 위치별 최대 최소 차이가 ST_{Early} 8.4 dB, ST_{Late} 4.1 dB, CS 4.9 dB로 도출되어 충분한 물리적 특성 변화를 나타내는 지점을 선정했다고 사료된다.

III. 듀엣 연주자의 무대 위 연주음 평가

3.1 연주음 평가 피험자

무대에서 15쌍(30명)의 기악 및 성악 전공생과 남녀 대학생을 대상으로 본인들 스스로 듀엣으로 연주할 때 무대 위치별 주관적 선호도 평가를 Fig. 3과 같



Fig. 3. Evaluations of the stage by duet performers.

이 실시하였다. 피험자의 연령은 19세~34세이며, 연주하는 악기종류에 따라 플룻 12명, 첼로 2명, 성악 2명, 클라리넷 2명, 바이올린 12명으로 모집하였다.

연주자 주관평가에 있어 연주자들은 8가지 인상에 대해 실험 전에 자세한 설명을 들었으며, 실험 진행시 자신의 느낌에 대해서는 다른 연주자들과 토론하지 않았다.

평가인자는 Gade의 연구^[5]와 이를 기반으로 작성된 Jeon *et al.*^[9]과 Kim *et al.*^[11]의 평가인자를 참고하였다.

3.2 무대 위 연주음 평가방법

피험자들은 5개 위치에서 쌍대평가를 실시하여 위치별 선호도를 Scale value로 평가^[6]하였다. 평가를 위한 무대 위 5개의 위치는 Table 2의 17개 지점 중 ST_{Early} 지표를 기준으로 그 값이 현저히 차이가 나는 지점과 그렇지 않은 지점을 섞어서 선정하였다. 이와 함께 ST_{Early} 값이 다를 뿐만 아니라 무대 앞, 뒤, 옆과 같은 물리적 위치가 다른 지점을 고려하여 5개 지

Table 3. Lists of the subjective evaluation for performers.^[5,9,11]

Item	Explanation
Clarity	Degree of hearing each other's sound clearly
Ensemble	Degree of harmonious ensemble sound
Blending	Degree of mixing between sound
Size	Feeling on scale of space size
Directivity	Degree of straightness on sound
Reverberance	Degree of perceived reverberation in a temporal sense
Stage support	Degree of hearing my performance on stage
Overall Impression	Overall impression of the hall sound

점(A ~ E)을 지정하였다.

연주자들이 위치별 음향을 파악하기 위해서는 5개 지점에 대한 쌍대비교를 위해 2개씩 짝지어진 지점에서 Fig. 3과 같이 두 명의 연주자들이 악보 보며 대를 향해 정면을 응시하면서 3회 반복 앙상블 연주를 실시한 후 Table 3의 질문에 대해 답하였다.

Table 3은 연주자의 연주음 평가를 위한 질문지이다. 이에 따라서 8개의 질문에 대하여 주관적인 자기 연주음 청취평가를 실시하였으며, 5단계의 스케일에 따라 1: '매우 그렇다', 2: '그렇다', 3: '보통이다', 4: '그렇지 않다', 5: '매우 그렇지 않다'로 질문지에 답변하였다.

3.3 선호도 쌍대비교 결과

총 30명의 피험자로부터 5개의 응답지점의 비교 쌍으로부터 10개의 응답을 수집하였다. 일관성 테스트 결과 30명 중 30명의 응답이 유의하여($p < 0.05$), 30명의 응답을 통계분석에 사용하였다. 피험자간의 일치성 테스트는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($p < 0.05$). 선호도에 대한 Scale value는 5개의 응답지점에 대한 30명의 피험자 선호도 결과(각 지점별 응답결과를 테이블로 정리)의 빈도수를 합하고, 그 빈도수를 피험자수로 나누어 Eq. (4)와 같이 확률(Provability)을 도출한다. Eq. (5)와 같이 이 확률값의 표준정규누적분포의 역함수인 확률변수값을 구한다. 각 지점별 확률변수값의 평균을 Eq. (6)과 같이 구하면 이 값이 Scale value이다. 본 실험에서는 Scale value의 양수값이 클수록 선호함을 의미하며, 음수값이 작을수록 비선호함을 의미한다.

$$\rho_{rc} = f_{rc} / s. \tag{4}$$

ρ_{rc} : 각 행(row)과 열(column)의 빈도수에 대한 확률(Provability)

f_{rc} : 지점별 응답 빈도수의 합

s : 총 응답자 수

$$x_{rc} = \Phi(\rho_{rc}). \tag{5}$$

x_{rc} : 확률이 ρ_{rc} 인 표준정규누적분포의 역함수, 확률변수값

$$SV = \sum_{r=1}^t x_{rc} / t. \tag{6}$$

SV: Scale value, 확률변수값의 평균

t: 지점수의 총합

Table 4는 각 평가지점에 대한 쌍대비교 결과를 피험자의 종류에 따라 나타낸다.

피험자 전체를 대상으로 했을 때, 선호도는 위치 D(9) 지점이 가장 높고 다음으로는 위치 C(7)이 높게 나왔다. 선호도에 있어 중앙부분이 선호도가 높은 경향을 보이고 있고, 무대 앞쪽이면서 측벽에 가까운 부분인 위치 B(5)가 가장 낮게 나타났다.

또한 상대적으로 피험자수가 많은 플룻과 바이올린 연주자 결과만을 대상으로 비교하였을 때, 전체 30명에 대한 평균값과 경향성에서 큰 차이를 보이지 않았다.

한편, 성악연주자의 경우 피험자수가 2명으로써 피험자 수가 적어 대표성을 갖기는 어려운 점이 있

Table 4. Paired comparison result of the performers.

Measurement result	Scale value of preference			
	All (30 people)	Wind inst. (14 people)	String inst. (14 people)	Vocal (2 people)
A(1)	-0.31	-0.55	-0.08	-1.23
B(5)	-0.73	-0.64	-0.91	-1.23
C(7)	0.52	0.67	0.35	1.23
D(9)	0.81	0.63	0.85	1.23
E(15)	-0.30	-0.11	-0.22	0.00

Table 5. Analysis of Pearsons correlation coefficient (r) between paired comparison results and stage acoustics measurement results. (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

Correlation coefficient	All	Wind inst.	String inst.	Vocal
ST _{Early}	0.61	0.72*	0.60	0.79
ST _{Late}	0.93**	0.88*	0.90*	0.83
CS	-0.97**	-0.93**	-0.88*	-0.89

으나, 경향성을 보았을 때 기악연주자들과 다르지 않은 특성을 보였다. 이는 독주 연주자를 대상으로 한 기존 연구의 경향성^[11]과는 다른 양상으로써 듀엣 연주자를 대상으로 한 본 실험에서는 기악과 성악 연주자간의 One-way ANOVA 분석결과 유의한 차이는 발견되지 않았다($p = 1.00$).

쌍대비교 평가결과와 무대음향의 물리적 지표간의 상관관계를 살펴보면 Table 5와 같이 ST_{Late} 와 CS만 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 특히 CS의 상관계수가 -0.97로 가장 높게 나타났으며, 관악기 연주자의 경우 ST_{Early} 와 0.72의 유의한 상관성을 보였다. 이때 음원의 방사특성은 각 음원에 따라 고유하므로 상관관계가 다르게 나타날 수 있다.

3.4 앙상블 연주음 5점 척도 평가결과

명료성, 앙상블, 블렌딩, 사이즈, 방향성, 잔향감, 무대지원은 Gade^[5]의 연구를 기반으로 한 Kim *et*

Table 6. Preference analysis of subjective evaluation result by 5-point rating on preferred positions.

Items		Positions	D(9)	C(7)
Clarity	Overall		3.87	
	Flute		4.17	
	Violin			3.75
Ensemble	Overall		4.10	
	Flute		4.50	
	Violin			3.92
Blending	Overall		4.0	
	Flute		4.42	
	Violin			3.92
Size	Overall		3.87	
	Flute		4.17	
	Violin		3.50	3.50
Directivity	Overall		3.63	3.67
	Flute		3.83	
	Violin			3.67
Reverberance	Overall		3.77	
	Flute		4.00	
	Violin			3.75
Stage support	Overall		3.67	3.77
	Flute		4.00	
	Violin			3.75

al.^[11]의 연구를 활용한 지표로써, Gade의 ST1, ST2는 연주자 청감평가시 현악기 연주자를 기준으로 하였으며, Kim *et al.*의 연구는 성악과 기악(바이올린, 클라리넷)을 대상으로 무대음향의 주관적 인상을 솔로와 듀엣으로 평가하였다. 본 연구에서는 이를 바탕으로 듀엣 앙상블 연주자에게 동일한 질문을 하였으며, 이 때 이러한 평가는 솔로와 앙상블의 평가를 단순 비교할 수 있다는 장점이 있으나, 앙상블을 평가할 수 있는 내용으로 적합한지의 여부는 지속적인 추가 연구를 통해 밝혀내야할 과제이다. Table 6과 Fig. 4는 각 주관적 항목에 대한 5점 척도 평가결과를 나타낸다. 5점 척도에 의한 평가로 진행되어 5에 가

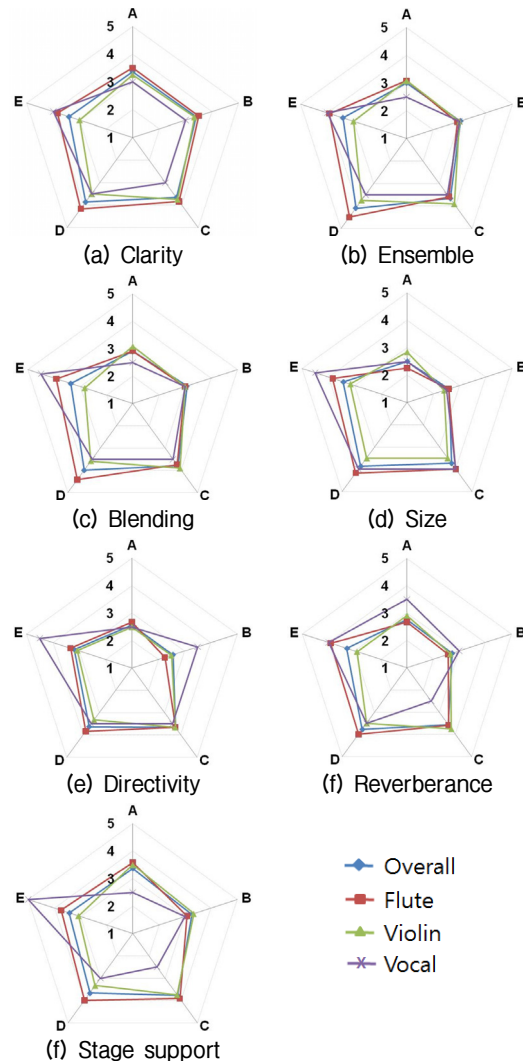


Fig. 4. Subjective evaluation result by 5-point ratings at the five positions on stage.

까을수록 선호도가 높은 것을 나타낸다.

Fig. 4는 각 위치 A-E에서의 항목별 선호도를 나타내고 있다.

Table 6은 선호도가 가장 높은 지점 D(9)와 C(7)에 대한 평가결과를 나타내며, 동일하거나 근소한 차이를 보이는 경우 두 개의 점수를 모두 표기 하였다.

선호도가 높은 D(9) 지점은 CS가 가장 낮게 나타나고 ST_{Late} 도 높은 편에 속하는 지점이다. 이는 Jeon *et al.*^[9]의 연구를 통해 솔로 연주자들의 선호도가 ST_{Late} 와 양의 상관도를 갖는 것과 관련된 것으로 보인다. 또한 듀엣 연주자들의 선호도가 무대지원(Support), 음색(Timber), ST_{Early} 와 음의 상관도를 나타내고 5점 척도로 평가된 평가요소 중 가장 높은 점수를 갖는 앙상블, 블렌딩과 함께 복합적으로 작용하여 가장 선호되는 위치로 선택된 것으로 추측된다. C(7) 지점의 경우는 ST_{Late} 가 가장 높음으로써 바이올린 듀엣에서 높은 선호도를 보였으며, 이는 Jeon과 Lee^[7]의 연구에서 ST_{Late} 가 솔로와 듀엣연주자의 전체 선호도에 기여하고 있다는 것과 동일한 경향성을 갖는다. C(7) 지점에 대한 5점 척도 평가에서는 방향성과 무대지원에서 높은 선호도를 보였다. 이에 따라 전체 선호도가 가장 높은 D(9) 지점과 바이올린 듀엣에서 높은 선호도를 나타낸 C(7) 지점을 비교하여 볼 때, 이는 듀엣 연주에 의한 무대음향 평가에 있어 연주악기에 따른 선호도 차이가 있음을 보여주는 사례로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서 측정한 천안 봉서홀의 무대음향분포는 이전 연구에서 진행한 다른 공연장과 유사하게 ST_{Early} 의 분포범위가 크게 나타났다. 듀엣 연주자를 대상으로 무대 위 연주음 평가를 진행한 결과, 성악가와 악기 연주자 모두 무대 중앙의 선호도가 가장 높은 것으로 나타났으며, CS 및 ST_{Late} 가 가장 유의한 선호요인으로 도출되었다. 더욱이, 명료성, 앙상블, 블렌딩, 사이즈, 방향성, 잔향감, 무대지원, 선호도 모두 유사한 경향성을 보이고 있다. 성악연주자의 대상인원이 적어 대표성을 갖기는 어려울 것으로 보이나 본 실험에서는 기악연주자와의 유의한 차이가

발견되지 않아 듀엣 앙상블의 경우와 솔로 연주와의 무대음향 선호도 차이점에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다. Jeon과 Lee^[7]는 솔로와 듀엣의 전체 선호도 평가에 ST_{Late} 가 기여한다고 보고하였으며, 이와 마찬가지로 천안 봉서홀의 무대 부 중앙의 선호도가 높은 것은 이와 유사한 경향성을 가진다. 따라서 ST_{Late} 가 높게 나타나기 위해서는 무대 내에 반사음이 100 ms ~ 1 s 사이에 분포되어야 하며, 이는 17 m 이상의 거리에 반사면이 적절하게 배치되어야 함을 의미한다. 이를 위해 무대천장, 무대벽체의 평면 각도 등 무대 주변구조에 대한 적정 설계에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

음향 평가에 있어 고려해야 할 조건들이 ST 지표 3가지 이외에도 다양하게 있겠으나, 본 연구에서는 Gade연구와 ISO에 규정된 무대음향의 물리적 평가 지표를 중심으로 듀엣 연주자의 선호도 요인을 밝히 고자 하였다. 향후에는 공간감과 관련된 있는 IACC(Inter Aural Cross Correlation)나 초기 잔향을 나타내는 EDT 등 다양한 음향지표와 무대음향 선호도 요인과의 상관 관계 등을 분석할 필요가 있다. 또한 보다 많은 피험자의 평가를 통해 솔로 성악 연주자의 선호도 경향 성과는 다르게 나타난 듀엣 성악연주자의 선호도 요인에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보이며, 추가 연구 방향으로써 기존의 솔로연주자를 대상으로 도출된 모델식과 통합된 듀엣 연주자의 모델식을 도출하여 무대음향 설계에 직접적으로 활용할 수 있는 기반을 마련하는 것이 필요할 것으로 보인다.

References

1. J. J. Dammerud and M. Barron, "Attenuation of direct sound and the contributions of early reflections within symphony orchestras," *J. Acoust. Soc. Am.* **128**, 1755 (2010).
2. M. D. Egan, *Architectural Acoustics* (J. Ross, 2007, Originally published by McGraw-Hill, New York, 1988), pp. 62-64, 108-109, 147, 155.
3. C. W. Lee, Y. H. Kim, C. K. Seo, and J. Y. Jeon, "The effects of stage reflectors on stage acoustics in concert halls"(in Korean), *J. Kr. Soc. Living Environ. Sys.* **15**, 383-391 (2008).
4. A. C. Gade, "Investigations of musicians' room acoustic conditions in concert hall, Part I: Method and laboratory

- experiments,” *Acta Acustica united with Acustica*. **65**, 193-203 (1989).
5. M. Barron, “The Gulbenkian Great Hall, Lisbon, II: an acoustic study of a concert hall with variable stage,” *J. Sound and Vib.* **59**, 481-502 (1978).
 6. W. Chiang, S. Chen, and C. Huang, “Subjective assessment of stage acoustics for solo and chamber music performances,” *Acta Acustica United with Acustica*. **89**, 848-856 (2003).
 7. J. Y. Jeon and C. W. Lee, “A study on the acoustical parameters for the stage design of halls”(in Korean), *J. Architectural Inst. Kr.* **16**, 133-140 (2000).
 8. S. K. Kim and J. Y. Jeon, “Analyses of the choir singing performed in various acoustical conditions” (in Korean), *J. Kr. Music Soc. Music Study*, **21**, 47-63 (2000).
 9. J. Y. Jeon, Y. S. Kim, H. S. Lim, and D. Cabrera, “Preferred positions for solo, duet, and quartet performers on stage in concert halls: In situ experiment with acoustic measurements”, *J. Building and Environment*. **93**, 267-277 (2015).
 10. J. Y. Jeon and M. Barron, “Evaluation of stage acoustics in Seoul Arts Center Concert Hall by measuring stage support,” *J. Acoust. Soc. Am.* **117**, 232 (2005).
 11. Y. H. Kim, C. W. Lee, C. K. Seo, and J. Y. Jeon, “Connection between acoustical parameters and solo performance on a concert hall stage” (in Korea), *J. Acoust. Soc. Kr.* **27**, 296-302 (2008).
 12. ISO 3382-1, *Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 1: Performance spaces*, 2009.
 13. A. C. Gade, “Investigations of musicians’ room acoustic conditions in concert halls. II: Field experiments and synthesis of results,” *Acustica*, **69**, 249-262 (1989).

▶ 김 용 희 (Yong-Hee Kim)



1998년 3월 ~ 2005년 2월: 한양대학교 건축공학부 공학사
 2005년 3월 ~ 2011년 2월 한양대학교 건축공학과 공학박사(석박사 통합과정)
 2011년 3월 ~ 2011년 10월 한양대학교 부설 산업과학연구소 선임연구원
 2011년 11월 ~ 2013년 11월 일본 독립행정법인 산업기술총합연구소(AIST) 박사후연구원
 2013년 12월 ~ 현재: 한국건설생활환경시험연구원(KCL) 선임연구원

▶ 전 진 용 (Jin-Yong Jeon)



1982년 2월: 한양대학교 건축공학과 학사
 1991년 2월: 시드니대학교 Building Science 석사
 1994년 2월: 시드니대학교 Architectural Acoustics 박사
 1995 ~ 1997년: 시드니대학교 박사후연구원
 1997 ~ 1998년: 영동대학교 전임강사
 1998년 ~ 현재: 한양대학교 건축공학부 교수

저자 약력

▶ 김 영 선 (Young-Sun Kim)



1995년 2월: 서울대학교 기악과 음악학사
 1998년 5월: 버클리 음악대학 Music Production & Engineering 전공 4year Professional Diploma
 2003년 ~ 현재: 한양대학교 건축공학과 박사과정
 2004년 ~ 현재: 호서대학교 예체능대학 부교수