

승용차 내부소음의 음질평가 실험연구

Experimental Study on Subjective Evaluation of Car Interior Sound Quality

* 최 병 호 *

Dipl.-Psych., Dr. Byongho Choe

아우구스트 쉬크**

Prof. Dr. Dr. h.c. August Schick

Key Words : psychoacoustics(심리음향학), sound quality evaluation(음질평가), psychological measurement(심리측정), nonmetric mds(다차원분석), preference/similarity mapping(선호도/유사도 매핑)

ABSTRACT

This study is directed toward determining the number and characteristics of psychologically meaningful perceptual dimensions required for assessing the sound quality with respect to vehicle interior and/or exterior noises, and toward identifying the acoustical or psychoacoustical bases underlying the perception. By nonmetric MDS and clustering analysis of sound quality data sets on our own, of critical importance are two perceptual dimensions for which subjective verdicts can be interpreted as loudness and sharpness. The perceptual dimensions based upon similarity judgments could be accounted for 48% and 24% of the variance, each of which might be a match for the acoustic parameter "A-weighted maximum pressure level"($r = .85$) and for the psychoacoustic parameter "sharpness" ($r = .66$), respectively. On the other hand, the perceptual dimensions based upon preference ratings could explain 66% and 10% of the variance, where the acoustic parameter "A-weighted maximum pressure level"($r = .92$) might be taken to be a best predictor, but sharpness appeared to be less suitable for the description of preference behavior. Linked to the results, the problems of quantitative modelling of subjective sound quality evaluation and also of implementing corresponding cognitive combination rule for technical and industrial applications, say having "winner-sound quality" according to preference criteria will be shortly in discussion.

1. 서 론

오늘날 승용차는 우리의 일상생활에 있어 중요한 공간이며 쾌적한 승용차 내부음향공간의 제공은 제품품질의 필수적인 요구사항으로 인식되고 있다. 1970년대에 들어서면서 승용차 내부소음의 음질에 대한 관심이 생기기 시작했는데 이는 제품의 음질이 경제적인 가치로 환원될 수 있기 때문이다. 또한 음질은 경쟁적인 여러 유사 제품의 분별을 가능케 하는 중요한 제품디자인 요소의 하나로 간

주된다 (Schick, 1992). 승용차 내부소음 음질평가의 인지적/심미적 경험내용을 음향적/디자인적 요인으로 환원하는 문제는 심리음향학의 중요한 과제이며 (Schick, 1994) 승용차 내부소음 음질평가는 다차원적이라는 것이다 (Blauert & Jekosch, 1997; Bodden, 1997). 예를 들면 자동차소음평가연구를 통해 보마크(Boemak)는 음질평가행동의 변량을 결정하는 요인으로 BRIGHTNESS와 SOFTNESS를 언급하였으며, 비스핑(Bisping, 1994, 1997)은 SHARP-DULL 혹은 METALLIC-DEEP의 평정척도를 핵심차원으로 이해하였다. 1990년대 이후로 활발한 심리음향연구가 진행되었고 음질평가의 심리적 판단차원과 밀접한 연관을 가진 심리음향적 공학계수가 개발되었다. 근자에 이르러서는 심리음향적 공학계수를 승용차 내부소음 음질평가 시의 감각요인/심리적 판단차원에 상응하는 것으로 파악하기 시작하였으며, 음질평가를 일련의 음향적/심리음향적 특성의 다양한 조합을 통해 정량화

* 사무생산성센터 경영컨설팅팀 (서울)

E-mail: byongho_choe@web.de

Tel: (042) 933-4634, Mobile: (011) 9414-6768

** Carl-von-Ossietzky Oldenburg Univ. (독일)

Institute for Research into Man-Environment-Relations

E-mail: august.schick@uni-oldenburg.de

할 수 있다는 시각이 형성되었다. 최근에는 다차원측정기법을 승용차 내부소음 뿐만 아니라 다양한 산업제품소음에 대한 음질평가행동에 기반을 둔 감각차원을 밝혀내고 음향적 내지는 심리음향적 공학계수와외의 관계법칙을 세우는 분석도구로 사용되기 시작하였다 (Susini et al., 1997; McAdams et al., 1998). 본 연구에서는 승용차 내부소음 음질평가의 다차원적 공간구조의 거저에 깔린 감각차원 혹은 판단준거를 규명하고, 어떠한 음향적 혹은 심리음향적 특성이 승용차소음 음질평가에 가장 중요한 영향을 미치며, 판단유형에 따른 음질평가행동의 변화를 확인하고 예측가능한 법칙을 세우고자 한다.

2. 실험방법

먼저 다차원측정기법을 통해 음질평가 데이터에서 자극간 유사도를 추정하여 서열관계로 환원한 뒤 자극간 거리를 계산하여 유사도서열이 거리서열을 얼마나 잘 반영하는 지를 분석하였다 (Torgerson, 1958; Shepard, 1957, 1966). 자극간 거리관계를 공간적으로 표현하기 위해 음질평가 데이터를 민콕스키 공간모델에 의거해 계산하였는데, 본 연구에서는 크루스칼이 개발한 알고리즘 (Kruskal, 1964a, 1964b)을 응용하였다. 다음으로 유사도서열과 거리서열 간 monotony 조건의 충족여부를 검토하였다. 스트레스값이 0인 랜덤공간을 반복적으로 시행하여 monotony 조건을 충족하는 스트레스값이 계속해서 또 다른 랜덤공간을 창출하여 이 과정에서 감각차원의 수가 감소하고 스트레스값이 더 이상 향상되지 않게 되면 마지막에 남는 다차원구조가 최종 해결공간이 된다. 대체로 스트레스값이 0.005의 범위에 이르면 반복과정은 중단된다. 스트레스는 해결공간에서 유사도서열과 거리서열 간의 관계가 얼마나 왜곡되어 있는 지를 암시해 주는 지표이다. Economy 조건의 충족여부를 검토하였다. 즉, 해결공간이 유일하고 적절한 감각차원의 수를 산출해 낸다면 추가차원이 가세하더라도 스트레스값은 더 이상 개선되지 않아야 한다. 스트레스값의 범위는 0과 1사이로 0에 가까울수록 해결공간의 신뢰도는 높아진다. 크루스칼이 제시한 스트레스값 평가기준 (0.2: 빈약함, 0.1: 적당함, 0.05: 좋음, 0.025: 훌륭함, 0: 완벽함)은 조사대상의 표본수가 클수록 스트레스값도 커지는 경우가 있어 적용하지 않으며, 일반적으로 0.2이하 임의적임, 0.2-0.3 부족함, 0.1-0.2 만족스럽지 않음, 0.05-0.1 만족스러움, 0.01-0.05 훌륭함, 0.00-0.01 아주 훌륭함, 0.00 완벽함을 평가지표로 사용한다. 현재 스트레스값의 의미를 평가할 수 있는 통계적 분석방법은 미개발된 실정이다. 왜냐하면 다양한 경험대상에 대한 스트레스 분포가

충분히 연구되지 않았기 때문이다. 그러나 바게나르와 파드모스(Wagenaar & Padmos, 1971)는 몬테카를로 측정기법을 사용하여 스트레스가 분석대상수와 감각차원수의 함수로 표현될 수 있다는 것을 보여주었다. 본 실험은 충분한/필수적인 심리적으로 타당한 경험조건을 확인, 설정하고 경험조건을 충족하는 범위내에서 주관평가 데이터의 반복적 양산이 가능하도록 실시하였다.

2.1 실험 1

(1) 실험조건

30인의 독일인 실험대상자가 참여하였으며, 평균 나이는 27살이고 남자 15명 여자 15명이었다. 청각능력은 모두 정상이었다. 실험은 독일 올덴부르크 대학교 산하 인간환경관계연구소 음향실에서 진행되었으며 본 실험실은 외부로부터 소음차단이 가능하다 (Choe 2000). 사용한 실험소음은 1994년에 Society of automotive engineers of Japan에서 제작한 "mimic sound expression for vehicle noise"을 사용하였고 이는 크게 5개의 자극범주로 구분될 수 있다 (Table 1).

Table 1. Categories of Experimental Stimuli

engine noise	generator engine noise (GG) cooling fan engine noise (AVG) turbo engine combustion noise (VMG) injection pump engine noise (ASG) booming engine noise (DG)
transmission noise	noise from transmission case (TGG) clutch operating transmission noise (KG) brake squeak transmission noise (BQG)
road noise	road noise (W1G) road noise (W2G)
tyre noise	tyre noise (R1G) tyre noise (R2G)
vibration noise	air-conditioner compressor vibration noise (KAG) instrument panel radiation vibration noise (IBG) gear shift lever vibration noise (GHG)

일반적으로 음향연구에서는 필터항수를 이용해 실제엔진소음을 합성하여 가상엔진소음을 만들어 사용하고 있다. 이는 실제엔진소음의 음질평가를 설명하는 객관적 파라미터의 의미를 왜곡할 수도 있기 때문에 음질평가에 적합한 전형적인 승용차내부소음을 선택하는 표준방법은 전무하지만 합성소음은 실험대상자에 친숙한 자연소음을 감각판단연구에 사용하는 것이 바람직하다 (Brunswick & Kamiya, 1953). 실험소음은 시디롬으로부터 아날로그상태로 센하이저 헤드폰(Senheiser Headphone)을 통해 실험대상자에게 전달된다. 헤드폰을 통한 자극전달의 단점으로 저주파수의 소

음이 전달될 때 느낄 수 있는 신체적 진동의 불가능성을 거론할 수 있다. 그러나 칸(Khan et al., 1998)은 10개의 디젤엔진소음을 대상으로 헤드폰, 스피커 및 서브우퍼를 사용하여 소음 성가심(Annoyance)에 대해서 음질평가하여 헤드폰평정과 스피커평정에 통계적으로 유의미한 차이가 없다는 것을 증명하였다. 15개 소음으로 구성된 40개의 조합에 대한 선호도평정은 100스텝을 가진 척도로 실험대상자가 프로그램 인터페이스에서 트랙바를 마우스로 움직여 결정을 할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 사용한 척도는 헬러(Heller, 1985)에 의해 고안된 Category Partitioning Scale과 유사하며 스티븐스의 Magnitude Estimation과 Absolute Scaling을 조합한 Hybrid로 이해할 수 있다. 척도스케일은 아래와 같다. 첫 번째 자극이 가장 좋다(-50), 첫 번째 자극이 조금 낫다(-25), 양 자극은 별 차이가 없다(0), 두 번째 자극이 조금 낫다(+25), 두 번째 자극이 가장 좋다(+50). 본 과제를 수행하기 전에 과제내용과 스케일링 프로그램의 기술적 측면을 숙지하기 위해 3개의 연습 과제를 수행하였다. 실험소음은 실험대상자가 스스로 만족한 평가결과에 이르기까지 반복해 들을 수 있도록 하였다. 과제수행이 끝나면 질문서를 통해 음질평가에 사용한 주관적 판단준거를 기술하도록 하였으며 실험소음의 지속시간은 음질평가에 대한 시간적 영향의 가능성을 줄이기 위해 15초로 통일하였고 본 과제수행의 소요시간은 45분이었다. 실험소음의 물리적 정량화 방법으로는 HEAD acoustics Binaural Analysis System("BAS", 1996)을 사용하였다. BAS의 계산모델은 아우레스가 감각적 쾌적음향("Sensorischer Wohlklang")을 예측하기 위해 제안한 모델(Aures, 1985)에 이론적 기반을 두고 있다. 실험소음은 BAS를 이용해 20가지의 음향적 및 심리음향적 요인분석을 실시하였으며 선호도평정을 위해 컴퓨터기반 스케일링 프로그램("NOVAL")을 개발하였다. 본 프로그램은 DELPHI 프로그램언어로 구성되어 윈도우환경에 최적화 되어있으며 PC와 시디롬을 연결해 준다.

(2) 분석방법

총 1200개의 데이터 세트를 수집하였으며, 30명의 실험대상자의 개별 데이터를 종합하여 210개의 쌍을 지닌 유사도 매트릭스를 생성하였으며 이는 각 소음자극쌍에 대해서 최소한 5명의 실험대상자가 평가한 결과이다. 개인별 자극쌍 유사도 매트릭스

를 종합하여 집단 자극쌍 유사도 매트릭스를 작성한 것은 간 주관적인 음질평가차이보다는 음질평가에 기반한 다차원구조의 전반적인 경향을 규명하고자 함에 있다. 다차원축정이 데이터분석에 적합한지를 판단하고자 Nonnegativity 공리와 Symmetry 공리를 충족여부를 검토하였다. 즉, 자극과 자극자체의 거리는 결코 마이너스가 될 수 없고, 자극간 거리는 자극제시순서에 영향을 받지 않아야 한다 (Young & Householder, 1938). Symmetry 경험조건이 충족되지 않는 경우는 실험대상자가 약한 질서(Weak Order)를 형성하는 능력을 결여하고 있음을 암시한다. 약한질서관계는 Connexity 공리와 Transitivity 공리를 충족하는 경험적 관계로 음질평가 데이터의 필수적 경험조건이다 (Tversky & Krantz, 1970). 그밖에 존슨은 Ultrametric Inequality 공리를 요청하였다. 즉, 두 자극 간 거리는 결코 또 다른 세 번째 자극 간 거리보다 클 수 없다. 음질평가 데이터의 필수적 경험조건인 Symmetry 공리의 충족여부를 검토하였다. 불충족인 경우 데이터 값은 -1, 충족인 경우 +1로 원데이터를 재계산하였으며 도합 18개의 불충족조건을 확인하였다. Symmetry 평가기준은 충족건수가 0%-20%는 VL(very low), 20%-40%는 L(low), 40%-60%는 H(high), 60%-80%는 VH(very high), 80%이상은 SH(supreme high)로 평가결과 불충족범위가 8.5%에 머물러 Symmetry 경험조건을 충족하였다. 스트레스값의 최소준거는 0.001, 랜덤공간의 최대반복수는 50으로 설정하였다.

(3) 결과

랜덤공간에서 민콕스키 모델상수를 1에서 10까지 반복하여 구한 실험소음의 다차원구조의 분석결과, 2차원구조에서 3차원구조로 전환될 때 스트레스값은 더 이상 개선되지 않았다 (Fig. 1).

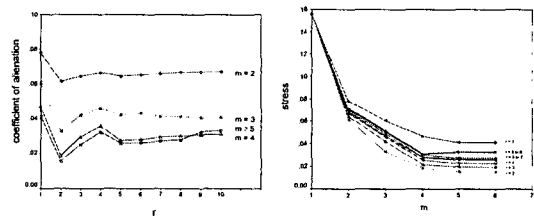


Fig. 1: stress vs. r-metrics Fig. 2: stress vs. dimensionality

민콕스키 모델상수가 2이고 차원수가 3인 경우 스

트레스값은 0.03271로 나타났으며 monotony는 선형적 관계를 보였다. 즉, 자극간 거리가 작을수록 자극간 유사도는 높아졌다. 이는 스트레스와 민콥스키 모델상수의 함수분석은 유클리드 공간모델이 음질평가 데이터를 가장 잘 설명한다는 것을 의미한다. 또한 1차원에서 2차원로의 진행과정에서 뚜렷한 Elbow Effect(크루스칼 제 1법칙)가 나타났으며 (Fig. 2), 스트레스 낮아짐점 이후의 추가적인 차원의 도입은 더 이상 스트레스값의 개선을 보여주지 않았다 (크루스칼 제 2법칙). 데이터에 내재된 스트레스값의 통계적 분포가 알려져 있지 않은 관계로 크루스칼 제 3법칙은 검토하지 않았다. 변량분석결과, 1차 감각차원은 66%, 2차 감각차원은 10%, 3차 감각차원은 7%의 변량을 각각 설명하였다. 비차원분석도구인 Additive Tree 기법을 통해 음질평가 데이터의 신뢰할 만한 클러스터를 유추하였고 Ultrametric Inequality 경험조건이 충족되었음을 확인하였다. 실험후 실시한 설문조사결과, 실험대상자는 선호하는 자극에 대해서는 quiet, smooth, soft, low, windy, regular, dull 등의 묘사형용사를, 선호하지 않는 자극에 대해서는 loud, accelerating, high, shrill 등의 묘사형용사를 평가준거로 활용한 것으로 파악되었다. 1차 감각차원은 low 혹은 soft로 판단된 자극집단을 accelerating 혹은 loud로 판단된 자극군과 대응하고 있다고 할 수 있으며, 2차 감각차원은 irregular 혹은 disrhythmic로 판단하거나 VMGL나 R2G처럼 shrill 혹은 high 여부에 따라 소음을 분별하는 것으로 사료된다.

2.2 실험 II

캐롤과 찡(Carroll & Chang, 1970)은 자극간 유사도판단의 다차원구조와 달리 선호도평정의 다차원구조에서 개인차이가 존재하며 유사도판단과 선호도평정은 동일한 감각차원에 기반한다고 주장하였다. 이에 선호도평정에 기반한 음질평가의 다차원구조와 유사도판단에 의거한 음질평가의 다차원구조의 일치여부를 규명하고자 2차 실험을 수행하였다 (Choe 2000).

(1) 실험조건

실험은 실험 I 실시 30일 후에 실시하였으며, 실험 I에 참여한 실험대상자중 23명이 실험에 참여하였으며 평균 나이는 28세이고 남자 11명 여자 12명이었다. 유사도판단을 위해 100스텝을 가진

Rating Scale을 사용하였으며, 실험대상자는 프로그램 인터페이스에서 트랙바를 마우스로 이용하여 결정할 수 있도록 하였다. 척도의 의미는 두 자극이 전혀 다르다(-50), 두 자극이 서로 같다(+50)로 척도의 양 극단에 언어적 레벨을 배치하고 중간에는 레벨을 두지 않았다. 본 과제의 경우 각 실험대상자는 1차 음질평가에서 생성한 동일한 자극쌍 서열을 토대로 유사도판단을 수행하도록 하였다. 그밖의 실험조건은 실험 I과 동일하다.

(2) 분석방법

총 92의 데이터 세트를 구하였으며 23명의 실험대상자의 데이터를 평균하여 210개의 값을 지닌 자극쌍 유사도 매트릭스를 생성하였으며 이는 각 자극쌍에 대해서 최소한 4명의 실험대상자가 평가한 결과이다. Symmetry 검사는 특정한 자극이 비교자극과 다르거나 같은지를 결정하는 판단기준으로 사용할 수 없는 관계로 Symmetry 값 0.27은 실험대상자가 유사도보다는 상이성의 관점에서 과제를 수행했을 가능성을 암시한다고 할 수 있다. 스트레스값의 최소한의 준거는 0.001, 랜덤공간의 최대한의 반복수는 50번, 그리고 측정단위는 Ordinal로 설정하였다.

(3) 결과

실험소음의 다차원구조의 분석결과, 민콥스키 상수가 2이고 차원수가 3인 경우의 스트레스 값은 0.02868로 모델상수가 2에서 3으로 전환될 때 스트레스값은 더 이상 개선되지 않았다.

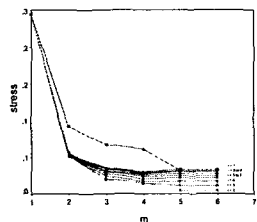
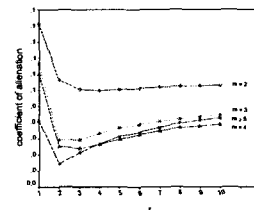


Fig. 3: stress vs. r-metrics Fig. 4: stress vs. dimensionality

스트레스 대비 차원 함수관계는 모델상수 = 2를 낮아짐점으로 추정케 한다 (Fig. 3). 이는 유클리드 공간모델이 음질평가행동을 설명하는 인지조합규칙임을 암시한다. 차원수가 2인 지점에서 뚜렷한 팔꿈치효과를 관찰할 수 있으며 이는 2차원 유클리드 공간해결이 유사도판단의 다차원적 구조를 설명하는 최적모델임을 의미한다 (Fig. 4). 실험수 실시한 설문조사결과, 실험대상자는 1차 음질평가에 사용한 의미론적 묘사, 예를 들면 loud, quiet, high, dull, rhythmic, accelerating, regular, beating, topic

등을 언급하였다. 유사도판단의 1차 감각차원은 대체로 low 혹은 soft 성격을 지닌 자극군에 속하는 자극들을 accelerating 혹은 loud 음향인상을 준 자극군에 속하는 자극들과 대비시킨 반면, 2차 감각차원은 discontinuous 혹은 disrhythmic 음향인상을 준 자극군에 속하는 자극들을 상대적으로 shrill 혹은 high 감지된 자극군에 속하는 자극들과 대비시키는 것으로 나타났다. 변량분석에서는 1차 감각차원이 48%, 2차 감각차원이 24%의 변량을 각각 설명하는 것으로 파악되었다.

3. 결 론

특정한 공간모델이 경험데이터의 심리적 구조를 적절히 표현한다 하더라도 다차원 측정기법을 통해 얻은 감각차원의 의미는 여전히 규명될 필요가 있다 (Stewart, 1974). 실험 I의 1차 음질평가와 실험 II의 2차 음질평가의 다차원구조 내 감각차원이 공통적인 판단기반 위에 성립된 것인지를 규명하고자 20개의 음향적 및 심리음향적 요인의 380개의 가능한 쌍의 다변량분석을 수행하였다. 그 결과, 유일하게 1차 선호도차원과 1차 유사도차원 간에 통계적으로 유의미한 상관관계가 나타났다.

Table 2: Correlation coefficients between psychological reference-axes and unidimensional components relating dB(A) max, acum Leq, and vacil Leq

	dB(A) max	acum Leq	vacil Leq
sim_dimI	0.846**	0.077	0.017
sim_dimII	0.220	0.661*	0.134
sim_dimIII	0.218	0.268	0.036
pref_dimI	0.919**	0.043	0.220
pref_dimII	0.043	0.351	0.069
pref_dimIII	0.025	0.371	0.155

** correlation coefficient is significant on the level of 0.01 (two-sided).
 * correlation coefficient is significant on the level of 0.05 (two-sided).

1차 유사도차원과 Level은 80%이상의 상관관계를, 2차 유사도차원과 Sharpness는 60%이상의 상관관계를, 1차 선호도차원과 Level은 90% 이상의 아주 높은 상관관계를 보여주었다 (Table 2). 선호도평정은 한가지 음향특질의 최대한의 크기에 의해 결정되는 반면에 유사도판단은 2개 혹은 그 이상의 음향특질이 요구되고 각각은 최소한의 크기를 갖고 있다. 다차원 측정기법을 통해 얻은 구조분석의 결과와 자극의 기술적 분석의 결과를 Least Squares 회귀분석을 수행해 계량적 함수관계를 구하였다.

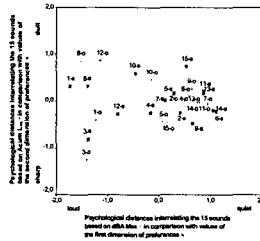


Fig. 5: Arrangement of stimuli regarding composite distances (●) based on dimensions of preference ratings relative to its component distances (*) on the basis of dB(A) max and acum Leq

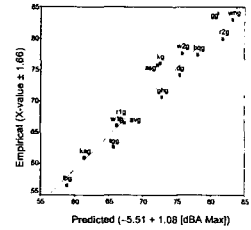


Fig. 6: Prediction of psychological differences between sounds in like-dislike ratings from optimal weighting of physical variables

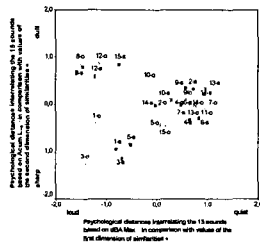


Fig. 7: Arrangement of stimuli regarding composite distances (●) based on dimensions of perceived similarity relative to its component distances (*) on the basis of dB(A) max and acum Leq

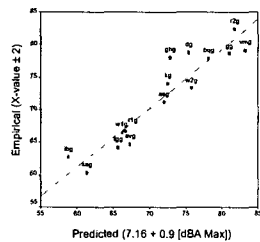


Fig. 8: Prediction of psychological differences between sounds in similarity-difference judgments from optimal weighting of physical variables

Fig. 5와 Fig. 7은 공통된 자극공간에서 음질평가의 감각차원에 바탕을 둔 자극배치를 기하학적 Framework에 투영한 결과로 주관적 및 물리적 자극분포간의 일치성을 관찰하였다. 소음선호도평정에 의거한 음질평가행동의 예측모델을 선형적 회귀모델(Fig. 6)의 개념으로 표현하면 $X_{pref} = 5.51 + 1.08[\text{dB(A) max}] \pm 1.66$. 1.66은 일종의 Gain Factor로 Squared Sum of Standard Errors를 경감시킨다. Multiple R은 0.97이고 corrected R^2 는 0.93의 상관계수를 보였다. 즉, 음질평가 데이터 변량의 93%를 loud-soft 평정척도로 설명할 수 있다. 마찬가지로 소음유사도판단에 의거한 예상판단과 실제판단의 관계(Fig. 8)는 $X_{sim} = 7.16 + 0.9[\text{dB(A) max}] \pm 2$. Multiple R은 0.94이고 corrected R^2 는 0.87이었다. 즉, 유사도판단은 경험자극과 객관자극 간 거리차이가 0.35이고 2dB에 상응하며, 선호도평정은 경험자극과 객관자극간 거리차이가 0.29로 1.66dB에 상응한다. 유사도판단의 2차 감각차원과 Sharpness의 거리편차는 0.33으로 2.14acum에 상응하며 multiple R은 0.68로 통계적으로 유의미하다. 선호도평정의 2차

감각차원과 Sharpness는 통계적 의미를 얻지 못했다.

4. 토 의

승용차내부소음 음질평가는 2개의 자극특성결합에 의한 단일한 percept로 이해할 수 있다.

$$X_{sum} = 0.95[X_{dB(A)}] + 0.74[X_{Acum}] + 0.36$$

X_{sum} 은 음질평가결과, $X_{dB(A)}$ 와 X_{Acum} 은 dB(A) maximum과 Sharpness를 측정된 자극간의 거리를 나타낸다. 가중함수 0.95, 0.74는 독립적 요인차원에 투영된 음질평가결과를 의미한다. 0.36은 상수로 자유로운 파라메터가 아니라 데이터에서 산출한 고정값이다. 통계분석결과에서 얻은 유사도판단 메커니즘은 Level과 Sharpness에 의해 결정되는 반면에 선호도평정메커니즘은 Level에 의해 예측이 가능하다. 음질평가행동을 민콕스키 공간과 같은 기하학적 구조로 표현해야 된다는 당위는 없으나 음질평가 패턴비교의 Baseline으로 사용시 도움을 줄 수 있다. 또한 Level-Sharpness 효과가 승용차내부소음 음질평가에서 중요한 역할을 하고 있다는 본 연구의 결론이 승용차음향학 뿐만 아니라 산업 및 환경소음연구에 방법론적 가능성에 대한 후속연구를 자극하기를 기대한다. 심리음향학 내에서 다차원기법을 응용하여 음질평가가 어떻게 형성되고 조직되는지를 연구한 성과는 대단히 미약한 편이다. 최근에 승용차 내부소음 음질을 향상시키기 위해 주관적 평가차원과 연관되는 심리음향적 파라메터에 기초하여 음질평가의 다차원 선호지도를 제작하는 연구가 진행되고 있다 (Susini et al., 1997; McAdams, et al. 1998). 그러나 선호도확률과 심리적 거리의 관계의 법칙성 여부가 관건임에도 불구하고, 선호도확률이 자극간 심리적 거리와 비례하는지 혹은 Logarithmic Function 또는 Negative Exponential Function이 선호도확률과 거리의 심리물리적 함수로 적합한지의 여부를 결정하는 과제가 남아있는 실정이다.

참 고 문 헌

(1) Aures, W.: Berechnungsverfahren für den sensorischen Wohlklang beliebiger Schallsignale. *Acustica* 50, 130-141, 1985.

(2) Bisping, R. (1994). Digital generation of acoustical targets for car sound engineering based on psychometrical data. *Proceedings Internoise 94*, Vol. 2, Japan, 869-876.

(3) Bisping, R. (1997). Car Interior Sound Quality: Experimental Analysis by Synthesis. *Acustica*, 83, 813-818.

(4) Blauert, J., & Jekosch, U. (1997). Sound quality evaluation. A multi-layered problem. *Acustica*, Vol. 83, 747-753.

(5) Bodden, M. (1997). Instrumentation for Sound Quality Evaluation. *Acustica*, 83, 775-783.

(6) Carroll, J. D., & Chang, J. J. (1970). Analysis of individual differences in multidimensional scaling via an N-way generalization of Eckart-Youngs decomposition. *Psychometrika*, Vol. 35, 283-319.

(7) Choe, B. (2000). A nonmetric multidimensional analysis of 15 complex sounds: a comparison of preferences and similarities evaluations. *Reports from the Institute for Research into Man-Environment-Relations*, No. 35, November 2000. Oldenburg.

(8) Choe, B. (2001). Nonmetric multidimensional scaling of complex sounds: dimensions of preference ratings and perceived similarity of vehicle noises. *Shaker Verlag Aachen*.

(9) Khan, M. S., Johansson, Oe., & Sundbaeck, U. (1998). A laboratory study of sound quality with artificial head and stereophonic recordings in free field conditions. In: Davies, P., & Ebbitt, G. (Eds.). *Sound Quality Symposium, Ypsilanti Michigan USA*, 43-52.

(10) Kruskal, J. B. (1964a). Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29, 1-27.

(11) Kruskal, J. B. (1964b). Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. *Psychometrika*, 29, 115-129.

(12) McAdams, S., Susini, P., Misdariis, N., & Winsberg, S. (1998). Multidimensional characterisation of perceptual and preference judgments of vehicle and environmental noises. *Euro-Noise 98: Designing for Silence*, Muenchen, 561-566.

(13) Schick, A. (1992). Aktuelle Probleme der Schallwirkungsforschung. *HNO*, 40, Springer-Verlag, 37-40.

(14) Schick, A. (1994). Zur Geschichte der Bewertung von Innengeräuschen in Personewagen. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, Vol. 41, 61-68.

(15) Shepard, R. N. (1957). Stimulus and response generalization: A stochastic model for relating generalization to distance in psychological space. *Psychometrika*, 22, 325-345.

(16) Shepard, R. N. (1966). Metric structure in ordinal data. *Journal of Mathematical Psychology*, 3, 287-315.

(17) Stewart, T. R. (1974). Generality of multidimensional representations. *Multivariate Behavioral Research*, 9, 507-519.

(18) Susini, P., McAdams, S., & Winsberg, S. (1997). Perceptual characterization of vehicle noises. *EEA Symposium: Psychoacoustic Industry and Universities*, Janvier.

(19) Torgerson, W. S. (1958). *Theory and methods of scaling*. New York: Wiley.

(20) Tversky, A., & Krantz, D. H. (1970). The dimensional representation and the metric structure of similarity data. *Journal of Mathematical Psychology*, 7, 572-596.

(21) Young, G., & Householder, A. S. (1938). Discussion of a set of points in terms of their mutual distances. *Psychometrika*, 3, 19-22.