



# 차량용 파워 시트 슬라이드 장치 음질의 감성 평가

## Sensory Evaluation of Sound Quality for Vehicle Power Seat Slide Adjuster

김 성 욱\* · 오 종 석\* · 김 기 선†  
Sung-Yuk Kim\*, Jong-Seok Oh\* and Key-Sun Kim†

(Received January 15, 2019 ; Revised April 8, 2019 ; Accepted April 8, 2019)

**Key Words :** Sensory Evaluation(감성평가), Sound Quality(음질), Slide Adjuster(슬라이드), Factor Analysis(요인 분석)

### ABSTRACT

In this study, we analyzed the image characteristics of vehicle type and the operating sound quality by jury testing the operating noise of the power seat slide adjuster for the vehicle. First, the operating noise for five test power seats was measured and adjectives for subjective sound quality evaluation were extracted through questionnaires. Next, the images according to vehicle type were examined using the extracted adjectives. Third, a subjective evaluation of sound quality was performed using a loud speaker. At this time, the sound quality and the sound image of the operating noise were extracted by examining the preference, adjective score using the semantic differential, and vehicle matching the sound source. Thus, it was possible to suggest sound quality characteristics of slide operating noise and improvements in sound quality according to vehicle type.

### 1. 서 론

자동차 산업은 최근 감성품질에 대한 소비자의 요구사항에 부응하기 위해 기술적 요소와 감성을 연계한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>(1-3)</sup>. 이로 인해 차량의 실내 소음은 탑승자가 자동차의 품질을 결정하는데 중요한 요소로 작용하고 있으며, 이에 대한 노력의 결과로 최근 파워트레인, 구동계, 노면 등으로부터 유입되는 외부 기인 소음에 대해 소음 저감 및 브랜드와 차종의 이미지를 반영한 배기 소음 구현 등 감성 품질 측면에서 상당부분 개선되어왔다<sup>(4-7)</sup>. 그러나 외부 기인 소음의 개선으로 인해 실내 정숙성과 감성 품질

이 향상됨으로써 기존에 이슈가 되지 않았던 파워 윈도우, 파노라마 선루프, 파워 시트 등과 같은 인테리어 파트의 메커니즘 소음이 상대적으로 증가함으로써 새로운 실내 소음 문제가 부각되고 있다.

이와 같은 메커니즘 소음은 탑승자와 매우 근접한 거리에서 발생하기 때문에 소음의 수준이 낮더라도 인간의 감성에 매우 민감하게 작용하게 된다. 뿐만 아니라 자동차 브랜드 및 차종에 따라 가지고 있는 고유한 개성과 이미지도 감성 영역에 상당한 영향을 미치게 된다. 따라서 물리적 음압 수준의 저감뿐만 아니라 탑승자의 심리적 영향을 반영한 소음의 질적 수준을 높일 수 있는 음질 개선이 필요한 실정이다<sup>(8-10)</sup>. 그 중 파워 시트의 경우, 최근 편의성과 안락성을 충족시

† Corresponding Authors ; Member, Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University  
E-mail : keysun@kongju.ac.kr

\* Member, Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju National University

‡ Recommended by Editor Jun Hong Park

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

키기 위한 고감성 시트의 개발로 인해 다양한 편의 기능들이 좁은 공간에 장착되고 있으며, 심지어 소형 차종에도 파워 시트가 적용되고 있다<sup>(11)</sup>. 이로 인해 차량 실내에서 인체와 가장 밀접하게 접촉되는 시트는 구동 메커니즘의 작동 소음에 매우 취약한 구조를 가지게 되었으며, 이에 대한 개선이 상당부분 필요로 하게 되었다. 그 중 슬라이드는 시트의 전후 위치를 조절하는 장치로, 작동 범위가 넓고 대칭을 이루는 양방향 레일 구동 메커니즘의 조합으로 인해 구동 소음의 음질 측면에서 취약한 구조를 가지고 있다.

슬라이드의 구동 메커니즘은 우선 소형 DC 모터에 의해 작동하고 동력을 전달하는 축과 기어, 그리고 직접적으로 움직이는 레일 파트로 나뉘지며 이들은 모두 소음원으로 작용하게 된다. DC 모터의 경우 브러쉬-정류자의 마찰 소음과 영구자석-코일 슬롯에 의한 토크 리플 소음이 발생하며, 감속기어에서는 기어 맞물림 주파수가 소음으로 발생한다<sup>(12)</sup>. 그 외 리드 스크류와 레일의 공진에 의한 소음 증폭, 축 정렬 불량 및 베어링 결합 등과 같은 소음이 발생하기도 한다. 이와 관련된 연구로, 과거 1995년 Cerrato et al.<sup>(13)</sup>은 슬라이드의 작동 소음에 대한 음질 평가를 실시하였으며, 1997년 Pickering et al.<sup>(14)</sup>은 lead screw와 drive block 사이에서 발생하는 squeal noise에 대한 원인을 분석하였다. 2010년 Kang et al.<sup>(15)</sup>은 슬라이드의 lead screw system에서 발생하는 squeak noise에 대해 연속체 모델을 사용하여 lead screw - nut 마찰 소음 모델을 구축하였다. 2016년 Kim et al.<sup>(2)</sup>은 슬라이드 레일의 동특성을 파악하여 200 Hz ~ 300 Hz 영역에서 발생하는 구조 공진에 의한 소음 증폭을 실험을 통해 규명하였다. 이와 더불어 2018년에는 lead screw의 동특성에 의한 슬라이드 작동 소음의 영향을 실험과 수치해석을 통해 도출하였다<sup>(16)</sup>. 이와 같이 과거부터 현재까지 슬라이드 작동 소음에 대한 연구는 주로 소음원에 대한 규명과 저감 대책을 위주로 진행되었다. 그러나 음질에 대한 연구의 경우, 주관평가를 이용한 단순 음질 선호도를 조사하거나 회귀 모델을 구축하는 것에 그침으로써 차종에 대한 이미지는 전혀 반영되지 못한 실정이다.

따라서 이 연구에서는 차량용 파워 시트 슬라이드의 작동 소음에 대한 주관적 평가를 통해 차종의 이미지와 작동음질 특성을 분석함으로써 차종에 따른 작동 음질의 개선 방향을 제시하였다. 우선 파워 시트 5종에 대한 작동 소음을 측정하였으며, 주관적 음질 평가

를 위한 어휘 설문 조사를 통해 형용사를 추출하였다. 다음으로 추출된 어휘를 이용하여 차종에 따른 이미지를 조사하였다. 세 번째로 주관적 음질 평가는 스피커를 이용하였으며, 이때 작동음의 선호도, 의미 분별법(semantic differential method)<sup>(17)</sup>을 이용한 형용사 어휘 점수, 그리고 음원과 어울리는 차종을 조사함으로써 작동음에 대한 음질 특성과 음의 이미지를 추출하였다. 이를 통해 슬라이드 작동 소음의 음질 특성과 차종에 따른 음질 개선 방향을 제시할 수 있었다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 슬라이드 장치 메커니즘 및 작동 시험방법

파워 시트 슬라이드는 Fig. 1과 같이 DC 모터로 작동하며, 플렉시블 샤프트(flexible shaft)를 통해 웜(worm)과 웜 휠(worm wheel)로 구동력을 전달한다. 웜과 웜 휠은 기어박스(gearbox)의 내부에 맞물려 있으며, 기어박스는 어퍼 레일(upper rail)에 결합되어 있다. 웜 휠의 나사산은 리드 스크류(lead screw)와 맞물린 상태에서 웜 휠이 회전을 할 경우, 기어박스와 어퍼 레일이 함께 직선운동을 하게 된다. 리드 스크류에 작용하는 힘은 추력(thrust), 접선력(tangential force), 반경방향 힘(radial force)이 있으며, 이것은 모두 모터의 토크에 의해 발생한다. 이 외에 시트 무게와 사람의 하중에 의해 가해지는 힘은 시트 레일에 전달된다. 즉, 리드 스크류는 모터의 토크에 의해 전달되는 힘의 영향만을 받게 되는 구조이다<sup>(16)</sup>.

Fig. 2는 작동 시험을 진행했던 반무향실을 나타낸 것이다. 반무향실의 환경조건은 온도 약  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 습도 약  $40\% \pm 10\%$ , 암소음 약 25 dB를 유지하였다. 소음 측정 및 분석은 head acoustics Artemis system을 이용하였으며, PCB Piezotronics사의 1/2인치 마이크로폰(microphone)으로 소음을 녹음하였다. Fig. 3은 이 연구에서 사용되었던 파워 시트 5종과 작동 시험방법을 나타낸 것이다<sup>(18)</sup>. 우선 마이크로폰의 위치는 좌석 기준점(seat reference point; SRP)으로부터 상단 700 mm에 설치하였으며, 시트 쿠션에 더미 웨이트(dummy weight) 75 kg을 이용하여 하중 조건을 부가하였다. 마지막으로 파워 시트의 작동 모드는 cw와 ccw로 총 2가지로 진행하였으며, cw는 최후방에서 최전방으로의 움직임, ccw의 경우 cw와 반대로 움직이는 모드로 하였다.

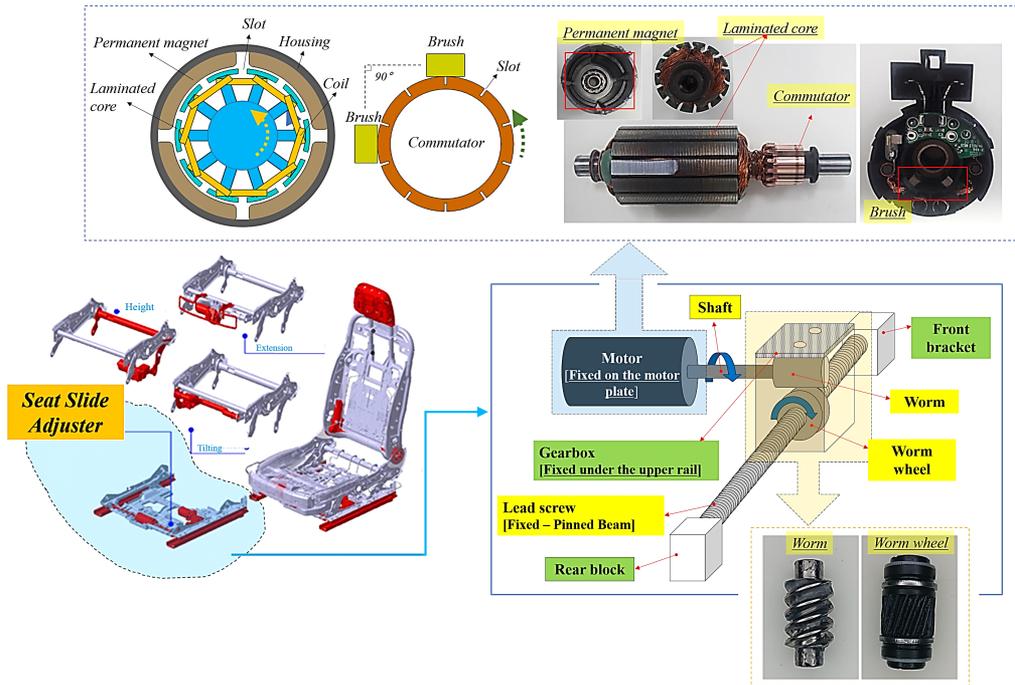


Fig. 1 Driving mechanism of the slide adjuster



Fig. 2 Test environment

## 2.2 주관적 음질 평가 방법

이 연구에서는 자동차 시트의 슬라이드 작동 소음에 대한 주관적 음질 평가 및 분석을 위해 다음과 같은 절차로 진행되었다.

첫 번째로 청음 평가에 사용될 감성 형용사 어휘는 이 연구진의 기존 연구<sup>(18)</sup>에서 추출되었던 형용사 쌍들을 채택하였으며, Table 1에 나타내었다.

두 번째로 시트 슬라이드 작동 음질의 개선 목표 방향을 구축하기 위해 차종별 이미지 조사를 진행하였

다. 이는 차종의 이미지에 부합하는 음질 구현 또한 중요한 감성 요소로 작용하기 때문에 차종에 부합하는 이미지를 조사함으로써 음질 개선의 목표 방향을 명확히 구축할 수 있다. 차종별 이미지 조사는 어휘 선정에서 추출된 형용사들을 이용하였으며, 조사 대상은 20대~30대 남녀 97명을 대상으로 진행되었다. 차종에 대한 항목은 세단, SUV, 쿠페로 선정하였으며, 다중 응답 방식을 채택함으로써 차종에 부합하는 형용사들을 모두 선택하도록 하였다.

세 번째로 의미 분별법을 이용한 청음 평가를 진행하였으며, 우선 정상 청력을 가진 20대~30대 남녀 47명을 피시험자로 선출하였다. 다음으로 작동 소음 재생 방식은 Fig. 4와 같이 라우드 스피커(loud-speaker)를 이용한 모노 재생(monophonic reproduction)을 채택하였다. 모노 재생 방법은 스피커의 잡음을 포함한 기계적인 문제, 그리고 음색 변화를 스테레오 재생에 비해 정확히 표현하는 장점을 가진다<sup>(18,19)</sup>. 뿐만 아니라 주변 환경에 의한 영향을 적게 받으면서 좋은 재현성을 가지기 때문에 이 연구의 주관적 음질 평가 목적에 가장 알맞은 재생 방식이라고 판단하였다.

네 번째로 라우드 스피커의 주파수 응답 보정, 청음 평가 절차 및 유의사항은 이 연구진의 기존 연구 문헌을



Fig. 3 Test method and samples

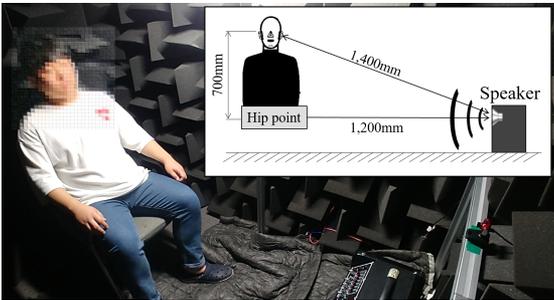


Fig. 4 Subjective evaluation using loud-speaker

Table 1 Selected emotional adjective pairs

No.	Adjective pairs	No.	Adjective pairs
1	Buzzing-rumbling	7	Expensive-cheap
2	Monotonous-fluctuating	8	Strong-weak
3	Deep-high	9	Soft-rough
4	Quiet-loud	10	Smooth-sharp
5	Slow-fast	11	Comfortable-uncomfortable
6	Heavy-light	12	Stable-unstable

기초로 동일하게 진행되었다<sup>(18)</sup>. 다섯 번째로, Table 1의 형용사 쌍들을 이용한 의미 분별법의 7점 척도 설문지와 10점 척도의 음질 선호도 설문지를 제작하였다. 음질 선호도의 경우 전체 음질에 대한 점수 및 순위를 나타내며, 형용사 점수의 결과를 설명해주는 역할을 하게 된다. 이와 더불어 각각의 음원을 청취한 피험자들에게 음원과 어울리는 차종을 자유롭게 기재하도록 항목을 추가하였으며, 이를 통해 작동음의 이미지를 유추할 수 있도록 하였다.

마지막으로 청음 평가에서 수집된 평가 점수는 식 (1)

과 식 (2)의 정규화 과정을 통해 피험자들 간의 평가 편차 및 평가 기준을 제거하였으며, 식 (3)의 표준화를 거침으로써 표준 점수를 획득할 수 있었다<sup>(18,19)</sup>. 여기서  $i$ 는 피험자,  $j$ 는 음원,  $k$ 는 평가 항목(형용사 쌍, 선호도),  $x$ 는 평가점수,  $\mu$ 는 평가치 평균,  $J$ 는 피험자 수,  $X'$ 은 범위 보정된 평가 점수,  $\mu$ 는 표준 편차를 의미한다.

$$d_i = \left( \sum_{j=1}^i (x_{ijk} - \mu_k) \right) / J \tag{1}$$

$$X'_{ijk} = x_{ijk} - d_i \tag{2}$$

$$Z_{i,jk} = (X'_{ijk} - \mu_k) / \sigma_k \quad (3)$$

### 3. 결과 및 분석

#### 3.1 분산 분석

청음 평가에서 형용사 쌍들과 선호도에 대한 평가가 음원별로 유의한 차이가 있는지를 판단하기 위해서는 분산 분석(analysis of variance; ANOVA)을 수행할 필요가 있다. 우선 형용사 쌍들에 대한 정규성 검정을 실시하여 정규분포 가정을 검증하였다. 그 결과, rumbling-buzzing, monotonous-fluctuating, deep-high, expensive-cheap 항목에서 정규성을 만족하지 못하였다. 따라서, 비모수 검정을 통해 분석을 진행하였다. 우선 크리스칼-윌리스 검정(Kruskal-Wallis test)을 이용하였으며, 그 결과 음원별 모든 평가 항목에서 유의한 차이가 있음을 확인하였다. 이를 근거로 좀더 명확한 분석을 위해, 음원별 평가항목 평균값을 Fig. 5의 그래프로 작성하여 분석하였다. 우선 A\_cw와 A\_ccw의 경우 strong-weak, heavy-light, rumbling-buzzing 항목을 제외한 나머지 항목에서 모두 (-) 점수에 집중되어 있었다. 이는 다른 음원에 비해 비교적 긍정적인 형용사가 높은 점수를 가짐으로써 우수한 음질임을 유추할 수 있었다.

C\_cw와 B\_cw의 경우 -0.5점~0점 사이에 위치하고 있었으며, E\_ccw는 -0.5점~+0.5점 사이에 위치함으로써 평균 점수와 가장 근접한 음원됨을 알 수 있었다. C\_ccw는 rough, strong, heavy, loud, deep,

rumbling에 대한 점수가 비교적 높게 나타났으며, 이는 역동적인 느낌이 가장 강하게 나타남을 유추할 수 있었다.

B\_ccw, D\_cw, D\_ccw, E\_cw는 주로 (+) 점수에 집중되어 있었으며, 특히 D\_ccw와 E\_cw는 대부분의 어휘에서 높은 (+) 점수를 보임으로써 가장 부정적인 느낌을 가진 음질임을 알 수 있었다.

다음으로 선호도 점수에 대한 분산 분석을 수행하였다. 위와 마찬가지로 정규성 검정과 분산의 동질성 검정을 실시하였으며, 그 결과 정규분포와 등분산 가정이 만족함으로써 분산 분석이 가능한 표본임을 확인하였다. 그리고 Table 2의 분산 분석 결과를 통해 모든 음원에 대한 선호도 점수의 유의한 차이가 있음을 확인하였다.

마지막으로 던컨의 다중 검정(Duncan's multiple range test)을 이용한 사후 검정을 통해 음원들의 선호도 점수에 대한 등급화 및 등급의 유효 점수 범위를 확인하였으며, Table 3에 나타내었다. 우선 가장 우수한 음질 선호도인 A 등급에 속하는 음원은 A\_ccw와

Table 2 ANOVA of preference score

	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Between groups	170.006	9	18.890	29.061	0.000
Within groups	298.994	460	0.650	-	-
Total	469.000	469	-	-	-

Table 3 Homogeneous subsets of preference score

	Sound source	Subset for alpha = 0.05			Grade	N
		1	2	3		
Duncan	A_ccw	1.14			(A)	47
	A_cw	1.05			(A)	47
	C_cw		0.15		(B)	47
	B_cw		0.02		(B)	47
	E_ccw		0.00		(B)	47
	C_ccw			-0.32	(C)	47
	B_ccw			-0.42	(C)	47
	D_cw			-0.49	(C)	47
	E_cw			-0.55	(C)	47
	D_ccw			-0.58	(C)	47
Sig.		0.17	0.42	0.59		

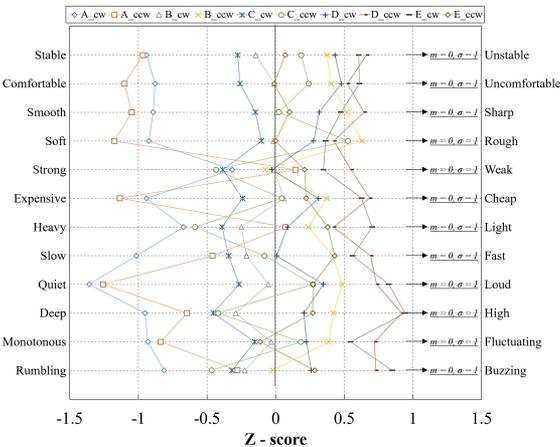


Fig. 5 Mean score of jury testing

A\_cw로 나타났으며, C\_cw, B\_cw, E\_ccw가 B 등급, C\_ccw, B\_ccw, D\_cw, E\_cw, D\_ccw가 C 등급으로 분류되었다. 특히 D차종의 경우 cw와 ccw 모두 C등급으로 분류됨으로써 가장 불량한 음질로 판단되었다.

**3.2 차종 이미지를 반영한 요인 분석**

Fig. 6은 차종별 이미지 조사 결과에 대한 정규화 과정을 거친 데이터를 교차 분석한 결과이다. 세단의 경우 quiet, expensive, soft, comfortable, stable, SUV는 heavy와 strong, 쿠페는 fast 항목에서 모두 80% 이상의 채택률을 보였다. 즉, 세단은 고급스러운 이미지, SUV는 역동적인 이미지, 쿠페는 스피디한 이미지를 알 수 있었으며, 이를 통해 각 차종의 시트에 대한 작동 음질의 추구 방향을 제시할 수 있었다.

다음으로 Fig. 7과 Fig. 8은 주관평가 결과 중 [음원과 어울리는 차종]을 형식없이 자유롭게 작성했던 것으로, 총 470개의 설문 항목 중 결측값 15개를 제외한 455개의 응답을 일괄적으로 정리하여 교차 분석한 결과이다. 우선 Fig. 7을 살펴보면, 모든 시험 차종들이 세단과 어울리는 작동음임을 알 수 있었으며, 특히 대형 SUV인 D 차종의 경우 정답률 약 16%로 중형 세단(B, C 차종)의 정답률보다도 낮음을 알 수 있었다. 즉, 시험에 사용된 시트들은 차종에 관련 없이 모두 세단의 이미지만을 반영한 작동음을 가지고 있는 것으로 판단되었다. 좀 더 세분화된 결과를 확인하기 위해 Fig. 8의 그래프에서 살펴보면, 대형 세단 (A, E 차종)의 경우 대형 세단 채택률 39%, 중형 세단 (B, C 차종)의 경우 중형 세단 채택률 30%로 가장 높게 나

타났으며, 이는 대형 세단과 중형 세단의 작동음이 차종의 이미지가 잘 부합하는 것으로 파악되었다. 그러나 대형 SUV(D 차종)의 경우 소형/중형/대형 세단의 채택률이 27%, 23%, 13%였으며, 소형/중형/대형 SUV가 각각 4%, 2%, 1%의 채택률을 보였다. 즉, SUV에 대한 이미지가 전혀 반영되지 못한 작동음임을 알 수 있었다.

마지막으로 차량 이미지를 반영한 요인 분석을 위해, Fig. 6에서 80% 이상의 채택률을 보인 형용사 항목이 포함된 형용사 쌍의 주관점수를 변수로 채택하였다. Table 4는 요인 분석과 신뢰도 분석에 대한 결과를 나타낸 것으로, KMO와 Bartlett검정, Cronbach 알파 계수를 통해 요인 분석의 타당성과 신뢰도를 확보하였다. 그 결과, 세단의 이미지를 나타내었던 항목들과 SUV에 대한 항목들이 각각의 요인으로 축소되는 것을 확인할 수 있었으며, 추출된 요인들을 각각

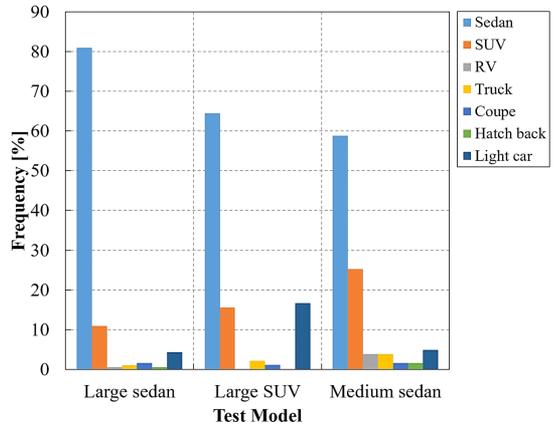


Fig. 7 Vehicle type that match sound sources 1

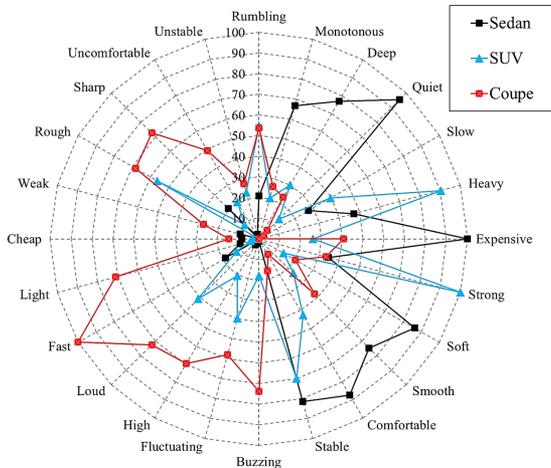


Fig. 6 Cross tabulation analysis for car image

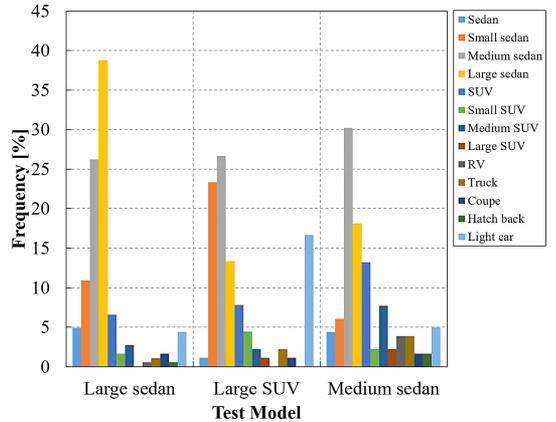


Fig. 8 Vehicle type that match sound sources 2

**Table 4** Factor analysis and reliability statistics results

Factor name	Adjective pair	Rotated component		Cronbach's alpha
		1	2	
Factor 1 (comfort)	Comfortable-uncomfortable	0.899	0.185	0.928
	Soft-rough	0.885	-0.062	
	Stable-unstable	0.856	0.241	
	Quiet-loud	0.855	0.134	
	Expensive-cheap	0.830	0.342	
Factor 2 (dynamic)	Heavy-light	0.105	0.893	0.745
	Strong-weak	0.177	0.860	
	Total	4.172	1.383	
	% of variance	59.596	19.758	
Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy				0.854
Bartlett's test of sphericity	Approx. chi-square	2212.326		
	df	21		
	Sig.	0.000		

이미지가 충분히 고려되지 못한 음질로 파악되었으며, 주관 평가의 음원과 어울리는 차종에서 도출된 결과와 일치함을 알 수 있었다. 결론적으로, 세단과 SUV의 시트 슬라이드 작동음에 대한 음질 개선 방향을 명확하게 제시할 수 있었다.

### 4. 결 론

이 연구에서는 차종별 감성 인자를 고려한 차량용 파워 시트 슬라이드 장치의 작동 음질에 대한 분석을 실시하였으며 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

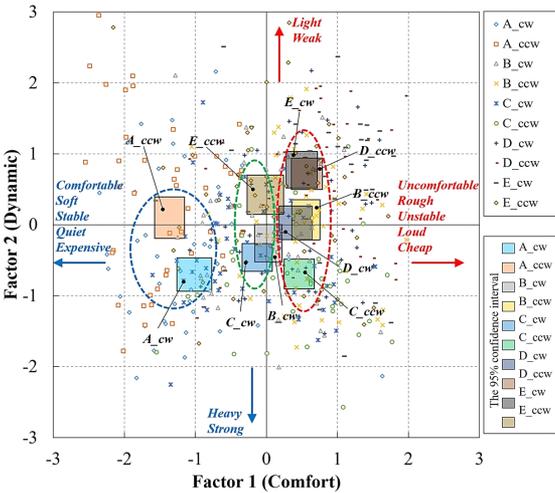
(1) 주관적 음질 평가 결과에 대한 분산 분석을 통해 차종별 시트의 형용사 점수와 선호도 점수 간의 선형성을 확인할 수 있었다. 그리고 사후 분석을 통해 선호도 점수에 대한 등급화 및 등급별 점수 유효 범위를 도출함으로써 슬라이드 작동음의 선호도를 정량화할 수 있었다.

(2) 차종에 대한 이미지 조사를 통해 세단은 고급스러운 이미지, SUV는 역동적인 이미지, 쿠페는 스피디한 이미지임을 알 수 있었다. 이는 단순히 슬라이드 작동 소음의 음질 개선뿐만 아니라 차종의 이미지에 부합하는 음질 구현의 기초자료로써 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

(3) 차종의 이미지와 차종별 슬라이드 작동 음원과 어울리는 차종을 조사한 결과, SUV 차종의 슬라이드 작동음은 SUV의 이미지를 반영하지 못한 결과를 확인할 수 있었다. 이는 SUV의 역동적인 이미지가 고려되지 못하고 세단의 이미지만 반영된 작동 음질이 차종에 관련 없이 발생되고 있음을 알 수 있었다. 따라서 차종별 정체성이 반영될 수 있는 작동음의 구현이 필요할 것으로 사료된다.

(4) 주관적 음질 평가 결과와 차종의 이미지를 고려한 요인 분석을 통해 comfort와 dynamic이라는 2가지 요인들로 묶여졌다. 이에 대한 요인점수를 의미 공간상에서 분석한 결과, comfort 요인은 음질 선호도, dynamic 요인은 차종의 역동적 이미지에 대해 서로 선형적인 특성이 나타남을 알 수 있었다. 이로써 슬라이드 작동음에 대한 음질 추구 방향을 2차원적으로 제시할 수 있었다.

(5) 추후 슬라이드 작동 소음에 대한 객관적 분석을 통해 고급감과 역동성에 미치는 소음원을 분석할 예



**Fig. 9** Factor score plot

comfort와 dynamic으로 명명하였다. 다음으로 추출된 요인 점수를 Fig. 9의 의미공간상에서 확인해보면, comfort축에서 (-) 방향으로 갈수록 음질의 선호도가 증가함을 Table 3과의 비교를 통해 파악할 수 있었다. 그러나 dynamic축의 경우, 전체 음질 선호도에 대한 영향은 상대적으로 미비하였으나 차종의 이미지 특성이 잘 반영되었음을 알 수 있었다. 즉, 대형 SUV인 D 차종에 대한 역동성이 세단 차종인 A, B, C 차종보다 상대적으로 부족한 것으로 확인되었다. 이는 SUV의

정이며, 이를 통해 차종별 메커니즘 개선 방향을 도출할 수 있을 것으로 사료된다.

## 후 기

이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2017R1D1A1B03033881).

## References

(1) Kim, S. Y., Jeon, O. H. and Kim, K. S., 2017, A Study on the Abnormal Noise Characteristics for Moving Device of Automotive Power Seat, *Information: An International Interdisciplinary Journal*, Vol. 20, No. 5(B), pp. 3667~3674.

(2) Kim, S. Y., Jeon, O. H. and Kim, K. S., 2016, A Study on the Experimental Analysis of Noise from Vehicle Power Seat Slide Rail, *International Journal of Control and Automation*, Vol. 9, No. 3, pp. 133~142.

(3) Kim, S. Y. and Kim, K. S., 2018, A Study on Radiation Noise of Vehicle Power Seat Recliner Using Finite Element Analysis, *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 17, No. 1, pp. 101~107.

(4) Shin, S. H., Cheong, C. U., Kim, D. W. and Jung, S. S., 2010, Evaluation of BSR Noise Properties of Instrument Panel in a Vehicle, *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 20, No. 7, pp. 644~650.

(5) Kim, S. H., Park, D. C., Jo, H. H., Sung, W. C. and Kang, Y. J., 2014, The Development and Application of Sound Quality Index for the Improving Luxury Sound Quality of Road Vehicle Power Window System, *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 108~116.

(6) Kang, H. S., Lee, S. K., Shin, T. J., Jung, K. W. and Park, D. C., 2015, Study Concerning Preference for Noise Quality of Automotive Horn for Improvement of Perceived Quality and Improvement of New Noise Metric, *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 25, No. 3, pp. 141~149.

(7) Jung, I. S., Kim, H. K., Shin, D. H., Lim, H. G. and Kim, S. H., 2015, A Study on Sound Quality of

Exhaust Tail-pipe Noise of Vehicle, *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 25, No. 2, pp. 90~100.

(8) Naoki, S. and Yasuo, M., 1999, Study on Exterior Idling Sound Quality Evaluation Method for Diesel Engine Trucks, *SAE Technical Paper 1999-01-1739*.

(9) Blommer, M., Amman, S., Gu, P., Tsou, P., Dawson, V. and Vandenbrink, K., 2003, Sound Quality Aspects of Impact Harshness for Light Trucks and SUVs, *SAE Technical Paper 2003-01-1501*.

(10) Park, S. G., Lee, H. J., Sim, H. J., Lee, Y. Y. and Oh, J. E., 2006, Construction and Comparison of Sound Quality Index for the Vehicle HVAC System Using Regression Model and Neural Network Model, *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 16, No. 9, pp. 897~903.

(11) Kim, S. Y., Lee, J. B. and Kim, K. S., 2017, A Study on the Dynamic Analysis of Recliner Gear for Vehicle Power Seats, *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol. 16, No. 6, pp. 15~20.

(12) Kim, S. Y. and Kim, K. S., 2018, Analysis of Operating Noise Characteristics and Contribution for Automotive Seat Backrest Adjuster, *International Journal of Engineering & Technology*, Vol. 7, No. 2.33, pp. 336~341.

(13) Cerrato, G., Crewe, A. and Terech, J., 1995, Sound Quality Assessment of Powered Seat Adjusters, *SAE Technical Paper 951288*, doi: 10.4271/951288.

(14) Pickering, D. J. and Rachel, T. L., 1997, Intermittent Modal Vibration and Squeal Sounds Found in Electric Motor-operated Seat Adjusters, *SAE Technical Paper 972060*, doi: 10.4271/972060.

(15) Kang, J. Y. and Kim, K. S., 2010, Squeak Noise in Lead Screw Systems: Self-excited Vibration of Continuous Model, *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 329, No. 17, pp. 3587~3595.

(16) Kim, S. Y. and Kim, K. S., 2018, Dynamic and Noise Characteristics of Lead Screw in Vehicle Power Seat Adjuster, *Engineering Design Applications*, Vol. 92, pp. 43~54.

(17) Park, H. K. and Kim, J. T., 1998, Evaluation of Door Closing Sound by Using Semantic Difference Method, *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, Vol. 6, No. 2, pp. 67~79.

(18) Kim, S. Y., Jang, J. G., Ji, H. S., Kim, O. W. and Kim, K. S., 2019, A Study on the Emotional Adjective Extraction and Subjective Evaluation of Sound Quality for Vehicle Power Seat, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 18, No. 2, pp. 29~37.

(19) Shin, S.-H., Ih, J.-G., Jeong, H. and Yu, D.-G., 2000, On the Correlation between Subjective Test and Loudness Measurement of the Loudspeaker, The Journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 19, No. 7, pp. 66~76.



**Key-Sun Kim** received his Ph. D. degree in the Department of mechanical engineering from Inha University. His research interests include machinery and automotive manufacturing process.



**Sung-Yuk Kim** is a Ph.D. Candidate in Department of mechanical engineering from Kongju National University. His research interests include noise, vibration and sound quality.