〈논 문〉 SAE NO. 98370029

승용차 문닫이 음질의 평가기법에 관한 연구

Evaluation of Door Closing Sound by Using Semantic Difference Method

박 현 근*, 김 정 태**
H. K. Park, J. T. Kim

ABSTRACT

In the study, a method to evaluate the door closing sound has been developed. Based on the factor analysis, various adjective pairs which describe meaning of the door impact sound have been differentiated. This approach, called Semantic Difference(SD) method, was originally developed in linguistics research in order to compare diverse mother tongue.

This paper introduces at first how th door sound is generated and transmitted. After that, a factor analysis which is a tool of SD method is implemented to door closing sound for 12 domestic and 1 foreign car models. During investigation, the examined models are categorized into small, medium and luxurious size automobiles.

The adjective pairs which attribute to the door quality have been factorized into three group : expensive/ smooth, powerful/ heavy, and modern/dull. It turns out that the first factor : expensive/ smooth plays the most important role in door closing sound quality.

주요기술용어 : Door Closing Sound(문닫이음), Semantic Difference Method(의미미분법), Factor Analysis(요인분석), Adjective pair(형용사의 짝)

1. 서 론

소비자가 승용차를 구입할 때 승용차를 평가하는 요소로는 가격, 외형 디자인, 안전성, 내구성 등과 같은 여러 요소들이 있다. 이런 요소에 더하여 최근에 중요시되고 있는 요소 중의 하나가 자동차의 문을 닫을 때 느끼는 문닫이 음의 느낌이라 할 수 있다. 따라서 소비자에게 좋은 느낌을 주는 문닫이 음질의 평가는 승용차의 소

* 대우전자
** 정회원, 홍익대학교 기계공학과

음 측면에서 중요시되고 있다.

이와 같은 문닫이 음질의 평가는 단순히 물리적으로 측정한 음압의 크기에 따라 결정되는 것이 아니라 감성적인 측면에서 인간이 느끼는 다양한 심리적·감각적 요소가 복합적으로 연계되어 나타나게 된다. 그러므로 이러한 문닫이 음은 객관적인 감성에 의해서라기 보다는 지극히 주관적이다.

본 연구에서는 주관적이고, 감성적인 승용차의 문닫이 음에 대한 감성 평가 기법을 제시하고자 한다.[1] 총 13개 국내외 차량에서 측정된 문닫이 음을 대상으로 사람이 문닫이 음에 대하여 느끼는 감성을 의미 미분법으로 분석하여 보았다. 형용사로 구성된 감성 평가 어휘를 사용하여 문닫이 음의 지배적인 요인을 도출하고자 하였으며 지배 요인들로 구성된 의미 공간상에서 각 차종이 가지고 있는 문닫이 음의 특징을 찾아내어 문닫이 음을 정량화하고자 하였다.

2. 문닫이 음의 발생구조

자동차의 문닫이 음(door slam noise)은 도어에 부착되어 있는 랫치(latch)와 폴(pawl)이 차체의 스트라이커(striker)와 충돌하면서 발생된다. Fig.1은 문이 가지고 있는 기본적인 구조를 보여주고 있으며 문닫이 음은 Fig.2와 같은 순서로 발생되며, 충격과정에 대한 세부설명은

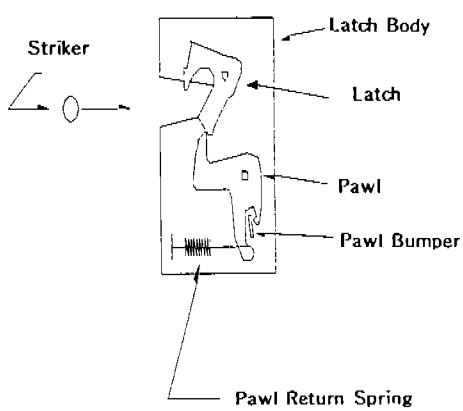

Fig.1 문의 구조 그림

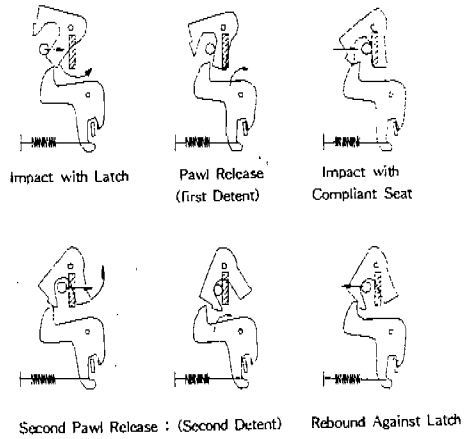

Fig.2 문닫이 음의 발생구조

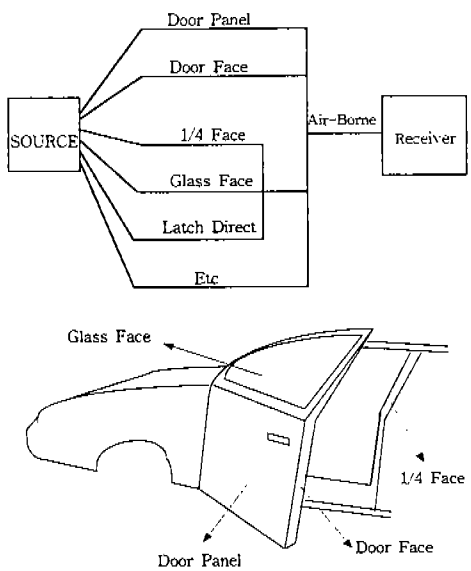

Fig.3 문닫이 음의 전달경로

관련자료에 기술되어 있다.[2]

이와 같은 과정을 통해 발생된 문닫이 음은 1차 충격음, 2차 충격음, 여음으로 구별되는 독특한 3단계의 신호형태를 가지게 된다. 3단계의 신호형태는 차종에 따라서 유사하거나 상이한 양상을 가지게 되며 다양한 전달 경로를 통해서 차실 내부로 퍼져나가게 된다.

따라서 승용차 문을 구성하고 있는 특정 구조를 통해서 발생되는 도어의 충격은 하나의 음원

으로 가상하여 모델링 할 수 있고 음원으로부터 발생된 충격음은 다시 다양한 전달 경로를 통해서 인체의 청각기관에 전달된다. 자동차의 문닫이 음이 전달되고 경로는 도어의 패넬과 유리창 및 차체의 구조를 통하는 등 여러 가지의 구조물에 의해서 영향을 받게 된다. Fig.3은 도어의 충격시 발생된 진동에너지가 승용차 탑승객에게 전달되는 다양한 전달 경로를 보여주고 있다.

3. 의미 미분법(Semantic Differential Method, SD법)

인간의 감성을 정량, 정성적으로 측정하고 과학적으로 분석, 평가하여 이를 제품이나 환경의 설계에 적극 응용하여 보다 편리하고 안락하며, 안전하고 더 나가서 인간의 삶을 쾌적하게 하고자 하는 전반적인 기술을 감성공학이라고 한다.[1),5)] 여기서 감성이라 함은 외부의 물리적 자극에 의한 감각, 지각으로부터 인간의 내부에서 일어나는 고도의 심리적인 체험으로 쾌적감, 고급감, 불쾌감, 불편함 등의 복합적인 감정을 말하며 소리를 듣고 단순히 '좋다'라고 느끼는 것보다는 쾌적함, 편리함 등을 생각하는 고차원적인 감각형태이다.

인간은 자극에 대하여 오감을 통해 감지하고 심리적으로 판단하게 되는데, 이것은 감성이란 능력 전반을 가리키는 경우도 있지만 직감적인 능력을 말하는 경우도 있다. 따라서 감성 공학의 핵심은 인간의 쾌적성을 평가하기 위한 기초 자료로서 인간의 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각 등의 감각기능을 측정하는 것이라 할 수 있다. 인간이 어떤 조건하에서 '고급스러움', '친밀감', '참신함', '색다름' 등의 감정을 가지게 되나 하는 것 등을 측정하는 기술이 된다.

인간의 감성은 심리적인 상태의 감정이나 기분을 표현하는 것으로서 이를 어휘로서 나타내는 데 가장 적절한 거은 수식어로 활용되고 있는 형용사이다. 형용사를 소재로 하여 인간의 이미지공간을 측정하는 방법에는 의미 미분법(Semantic Differential Method, SD법)이 있다.

의미 미분법은 오스구도(Osgood C.E.)등이

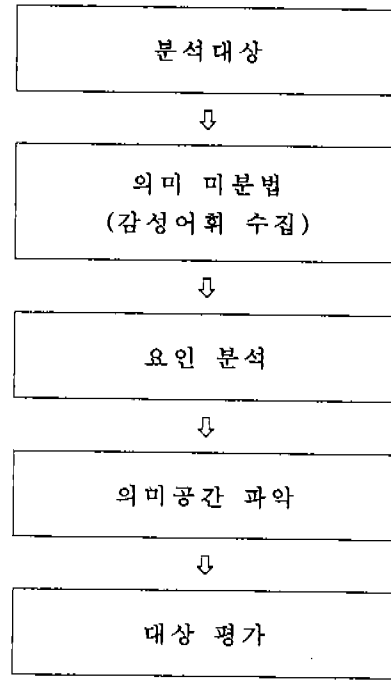

Fig.4 의미 미분법의 접근방법

세계 각국 언어의 의미가 어느 정도 상호 유사한지를 조사하는 비교문화 연구의 목적으로 개발되었으며 서로 다른 국가의 언어 이미지에는 기본적으로 평가성(evaluation), 역동성(rotency), 활동성(activity)의 세 가지 독립적인 인자로 성립되어 있다는 것을 알아낸 이후 여러 가지 감성어휘를 이용하여 어떤 대상에 대한 인간의 감성을 정량화하는데 많이 이용되고 있다.[6)~9)]

이러한 감성들을 이용한 분석기법 중 형용사로 대상을 평가하는 의미 미분법(Semantic Differential Method, SD법)을 사용하기 위한 접근방법은 Fig.4와 같다. 분석대상 선정 단계에서 대상은 문닫이 음질이며 의미 미분법의 적용 단계에서 감성어휘를 수집하여 요인분석으로 감성어휘의 통계처리를 하게 된다. 통계분석 결과에서 의미 공간을 파악하고 의미공간 상에서 대상을 평가하게 된다. 본 논문에서는 SD법에 기초하여 각 실험차의 문닫이 음을 가지고 있는 감성적인 측면을 측정하기 위하여 형용사의 짝으로 구성된 감성 평가어휘 12개를 선별하였으

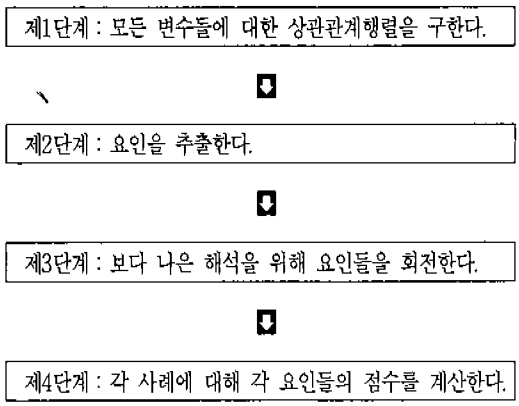

Fig.5 요인분석 과정

며 7득점 설문지를 이용하여 사람들이 문단이음에 대하여 느끼는 감성을 점수화하였다. 또한, 이를 요인 분석법(Factor Analysis)으로 분석하여 지배적인 요인을 도출하였다.[10),11)]

요인분석은 Fig.5와 같은 4단계의 과정을 거쳐 분석되어진다.

3.1 제1단계 : 상관관계의 검토

요인분석은 관련된 변수들을 서로 묶어 주어야 하므로 변수들간에는 적어도 하나 이상의 다른 변수와 높은 상관을 가져야 한다. 상관이 크지 않다면 그것은 공통 요인을 갖지 않는다는 것을 의미한다. 따라서 요인을 구하는게 어렵게 되므로 변수들간의 상관관계를 검토하는 일이 선행되어야 한다.

각 변수간의 상관관계를 결정지어주는 계수로는 상관계수 r(correlation coefficient)가 있으며 다음 식과 같다.

$$r=\frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y} \qquad (1)$$

식(1)은 공분산 S_{xy}를, x와 y의 표준편차 S_x, S_y에 의해 나눈 것이라고 생각할 수 있는데, 여기서 본질적인 의미를 지닌 것은 공분산이다. x_i와 y_i($i=1\sim n$)라는 두 개의 변수의 짝이 있을 때, 이들이 동일 보조를 취한다면 공분산은 양의 값이다. 반대 보조를 취한다면 음의 값이고, 각각이 독립적이라면 0에 접근한다. 두 개의 표준편차로 나누는 것은 값 r이 취하는 범위를 다음과 같이 -1과 1 사이에 들어가도록 하기 위한 것이다.

$$-1\le r\le 1 \qquad (2)$$

상관계수 r은 식(2)와 같이 표시되며 변수 x와 y가 각각 독립적일 때에는 x와 y는 아무런 상관관계가 없게 된다. 그 외에는 두 변수 사이에 관계가 성립된다.

3.2 제2단계

요인추출의 목적은 요인을 결정하는 것이다. 여러 요인 추출 방법중 여기서는 관측된 요인의 선형 결합인 주성분분석(principal components analysis)을 사용하였다. 첫 번째 주성분은 표본의 분산을 가장 많이 설명해 주는 선형결합이다. 다음은 첫 번째의 주성분과 무관한 분산을 가장 많이 설명해 주는 선형결합이다. 이러한 방식으로 차례로 요인성분들을 구할 수 있다. 따라서 요인 추출 단계에서는 데이터를 가장 잘 기술하기에 충분한 공통 요인을 결정하여야 한다. 이것은 고유치와 요인들에 의해 설명할 수 있는 분산의 비율을 고려하여 결정하게 된다.

3.3 제3단계 : 요인의 회전

요인 추출 단계에서 얻어진 요인행렬은 요인과 개별 변수간의 상관관계를 알려주지만 이 행렬로써 의미 있는 요인을 확인하기는 어렵다. 어떤 경우에는 변수들과 요인들이 해석 가능한 형태로 상관관계가 나타나지 않는가 하면 어떤 경우에는 대부분의 요인들이 많은 변수들과 상관관계를 가진 것으로 나타나기도 한다. 그러므로, 초기의 행렬을 해석하기 쉬운 행렬로 회전시킬 필요가 있다. 회전의 목적은 단순 구조(simple structure)를 달성시키는 것이다. 즉, 각각의 요인이 어떤 변수들에 대해서만 0이 아닌 적재치를 갖게 함으로써 요인의 해석을 용이하게 하기

위한 것이며, 각 변수는 적은 수의 요인(가장 바람직한 것은 한 요인)에 대해서만 0이 아닌 적재치를 가지게 하는 것이다. 회전으로 요인해의 적합도가 달라지지는 않으며 요인행렬이 달라지더라도 설명되는 분산의 비율은 변화하지 않는다.[1)]

3.4 제4단계 : 요인점수

요인분석 목적중의 하나는 변수의 수를 보다 적은 수의 요인으로 줄이려는 것이므로 각 사례에 대한 요인 점수를 추정하는 것이 바람직하다. 즉, 여러 변수 대신에 요인을 대신 사용한다는 뜻이 된다. 요인분석의 수리모형은 다음과 같다. 각 변수는 다음 수식과 같이 관측되지 않는 요인들의 선형 결합으로 표시될 수 있다.

$$X_i = A + i1F_1 + A_{i2}F_2 + A_{i3}F_3 + \cdots + A_{ik}F_k + U_i \quad (3)$$

여기서, F_j : 공통요인

U_i : 변수 i에만 관계된 요인

A_{ij} : k개의 요인을 결합하기 위해 사용되는 계수

또한, 각 요인들도 관측 변수들의 선형 결합으로 추정된다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$F_i = \sum_{i=0}^{p} W_{ji}X_i = W_{j1}X_1 + W_{j2}X_2 + W_{j3}X_3 + \cdots + W_{jp}X_p \quad (4)$$

여기서, W_j : 요인점수의 계수

F_j : j번째의 요인변

p : 변수의 수

이런 방법으로 분석되어 서로 유사한 형용사들로 묶여진 요인들은 각각의 차종마다 '유사하다', '유사하지 않다' 등의 서로 다른 경향을 보이게 된다. 그러므로 요인 각각에 대하여 각 차량이 가지는 경향을 비교하여 볼 필요가 있다.

간단한 통계방법인 분산분석법(analysis of variance, ANOVA)으로 설문지에 의한 원득점의 평균값을 이용하여 1% 유의수준(level of significance)에서 각 대상이 가지는 경향의 유사성을 알아보았으며 원득점의 평균값이 보여주는 차량간의 경향과 요인분석 결과가 보여주는 차량간의 경향을 비교하여 요인분석 결과의 타당성을 확인하여 보았다.

4. 문닫이 음의 평가

문닫이 음을 평가하기 위하여 13개의 대상 차량을 선정하여 이의 문닫이 음을 측정하였으며 설문지를 이용하여 12개의 감성 평가 어휘를 선별하였다.[12)~15)] 이후 측정된 문닫이 음과 감성 평가 어휘를 사용하여 청취실험을 하였다. 실험결과로 얻어진 자료는 요인분석법을 이용하여 분석하였다. Fig.6은 문닫이 음 평가의 흐름도이다.

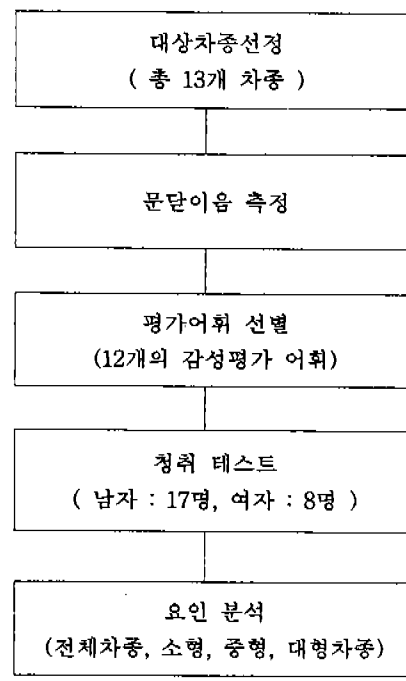

Fig.6 문닫이 음 평가의 흐름도

4.1 측정 대상 차종

문닫이 음의 측정 차량은 총 13개의 차량으로 출고된지 3개월 미만의 차체에 결함이 없는 신차종이며, 크기별로 소형 5종(국내 4개 차종, 국외 1개 차종), 중형 4종(국내 4개 차종), 대형 4종(국내 4개 차종)이었다.[16]

4.2 측정방법과 측정System의 구성

문닫이 음의 측정에는 시간신호 분석과 음질평가에 사용하기 위해서 도어가 닫힐 때의 속도를 감지하는 센서와 함께 소음계, 스테레오 마이크를 사용하였다. 사용된 소음계는 Onno-Sokki LA-500과 B&K-2236을, 마이크는 sony사의 콘덴서 마이크를 사용하였다. 스테레오 마이크는 운전석에 운전자의 귀 높이로 설치되었으며 소음계는 차체 외부, 또는 차체에 설치하고 속도센서는 도어의 닫힘 속도를 측정할 수 있도록 스트라이커가 있는 차체 가까이에 두었다. Fig.7은 위의 측정 시스템을 보여주며 Table 1은 계측장비 목록이다. 사용된 속도센서는 UMTLIST로써 SEEKA 비접촉 센서 2개를 사용하였다. 문이 닫힐 때, 센서의 양단을 통과하는 시점이 판단되면 두 센서사이의 간격을 사전에 알고 있으므로 문이 닫히는 시점에서의 속도를 순간적으로 계산하게 된다. 또한, 문이 닫힐 때의 조건이 반복되도록 하기 위하여 FESTO공압장치를 사용하였다. 문닫이 음은 문이 반쯤 열린 상태에서

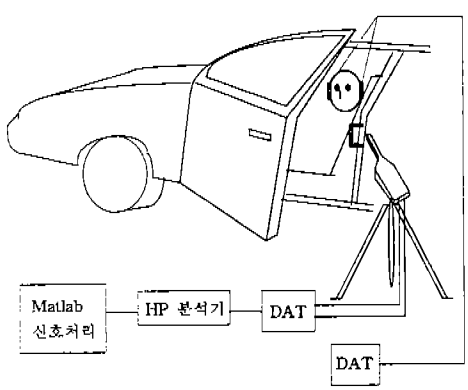

Fig.7 문닫이 음의 측정시스템

Table 1 문닫이 음 측정에 사용된 장비

계측기	Spec	용도
소 음 계	Onno-Sokki LA-500 B&K-2236 SPL	소음 음압 측정
마 이 크	이중 condenser Mic. SONY	음향 신호 측정
녹 음 기	DAT RECORDER SONY	측정신호 저장
센 서	UM-TLIST속도센서 (SEEKA 비접촉 센서, 2개)	문닫힘 속도 계산
공압장치	FESTO	문닫힘 조건 반복
분 석 기	HP3565S FFT Analyzer	소음음압 분석

실험을 실시하여 측정되었으며 10회 반복하여 시험하는 동안, 문닫이 속도는 최소속도 2.9m/s, 최고속도 3.1m/s, 평균치 3.0m/s 등 비교적 제한된 범위내의 속도값을 가지는 등 반복성이 보장될 수 있었다.

소음계를 통해서 들어오는 신호는 DAT 녹음기에 입력하여 HP3565S FFT 분석기로 분석하였으며 이후 Matlab으로 신호 처리하여 시간에 따르는 음압의 변화를 알아보았다. 스테레오 마

Table 2 문닫이 음질을 나타내는 감성평가어휘의 짝

선별된 감성어휘의 짝	비 고
가 벼 운 – 무 거 운	a
낡 은 – 새 로 운	b
거슬리는 – 안 정 된	c
저급감의 – 고급감의	d
기분나쁜 – 기분좋은	e
듣기싫은 – 듣기좋은	f
빈 약 한 – 박력있는	g
경 박 한 – 중 후 한	h
거 친 – 부드러운	I
불 쾌 한 – 유 쾌 한	j
여 린 – 강 한	k
둔 탁 한 – 날카로운	l

Table 3 문닫이 음질평가시 사용된 질문서 양식

#. 다음은 자동차의 무닫이 음을 평가하는 형용사(평가어휘)의 짝입니다.
자동차의 문닫이 음을 잘 듣고 해당 번호에 표시를 해주십시오.

Example : 어두운 3 2 1 0 1 2 3

Left 3 : 매우 어두운
Left 2 : 어두운
Left 1 : 조금 어두운
0 : 두가지 모두 느껴지지 않는다.
Right 3 : 매우 밝은
Right 2 : 밝은
Right 3 : 조금 밝은

평가어휘의 짝

의미미분척도	-3	-2	-1	0	1	2	3	
가벼운	-	-	-	-	-	-	-	무거운
낡은	-	-	-	-	-	-	-	새로운
거슬리는	-	-	-	-	-	-	-	안정된
저급감의	-	-	-	-	-	-	-	고급감의
기분나쁜	-	-	-	-	-	-	-	기분좋은
듣기싫은	-	-	-	-	-	-	-	듣기좋은
빈약한	-	-	-	-	-	-	-	박력있는
경박한	-	-	-	-	-	-	-	중후한
거친	-	-	-	-	-	-	-	부드러운
불쾌한	-	-	-	-	-	-	-	유쾌한
여린	-	-	-	-	-	-	-	강한
무딘	-	-	-	-	-	-	-	날카로운

이크로 DAT 녹음기로 입력된 음향신호는 후에 음질평가에 사용하였다.

4.3 문닫이 음의 평가어휘 및 청취과정

(1) 음의 평가어휘

음의 심리평가를 위한 48개 형용사와 운전경력 2년 이상의 자가용 운전자 10인을 대상으로 한 설문조사에서 문닫이 음을 표현하는 약 40개의 형용사 평가어휘를 확보하였으며, 이들 중에서 문닫이 음을 설명하기에 충분한 형용사의 짝으로 구성된 12개의 감성평가 어휘를 선별하였다. Table 2는 선별된 12개의 감성평가 어휘의 내용이다.

(2) 청취실험

위에서 선별한 12개의 감성평가 어휘의 짝으로 순서척도 -3에서 3까지의 양극 척도를 이용한 표 3과 같은 설문지를 작성하였으며 아래의 방법으로 청취실험을 시행하였다.

- 설문지 응답자는 총 25인의 대학생으로 이 중 남성 응답자가 17명 여성 응답자가 8명이다.

- 측정 방법으로 응답자는 4인 또는 3인을 1조로 하였으며 문닫이 음은 DAT 녹음기로 재생하여 청취하였다.
- 평가어휘의 이해를 돕고자 평가어휘를 충분히 숙지할 수 있는 시간을 주었으며 차량의 선입견을 없애고자 13개 차종을 무작위 순으로 재생하였다.
- 측정시 빛을 차단한 채로 1개 차종에 대하여 각각 3~5번씩 순차적으로 재생하였다.
- 실험시간대는 교내 소음이 적은 이른 오전 시간과 늦은 오후 시간을 이용하여 응답자가 청취에 전념할 수 있도록 하였으며 측정에 소요된 시간은 약 40분 가량이 소요되었다.

4.4 요인 분석

설문지에 의해 25인에게 평가되어진 감성어휘들은 -3에서 3까지의 다양한 값을 가지며 점수화 되어진다. 이러한 감성 어휘들은 여러 가지 통계적인 기법으로 분석이 이루어지며 이중 의미미분법에서 가장 널리 사용되는 기법인 요인분석법(Factor Analysis)으로 분석하여 보았다.

분석된 감성 어휘들은 서로의 상관성 관계에 따라 어떤 동종의 집단으로 분류되어진다. 이러한 집단을 요인이라 부르며 이것은 여러 개의 유사한 감성어휘들이 묶여진 것으로 여러 개의 문닫이 음 관련 감성어휘 대신 문닫이 음을 평가하는 새로운 변수가 되며 각 요인들을 축으로 하여 구성된 의미 공간상에서 문닫이 음을 평가할 수 있는 지배적인 요인으로 작용하게 된다.

평가는 대상 차량 전체에 대하여, 그리고 대상 차량의 크기별(소형 5종, 중형 4종, 대형 4종)로 문닫이 음의 지배 요인을 도출하여 보았다. 각각의 지배 요인의 요인점수와 평균 점수에서의 차이점을 결정하기 위하여 분산 분석법중의 한가지 방법인 1요인 분산분석법(one-way ANOVA)으로 각 요인들의 원득점을 1% 유의수준에서 분석하여 각각의 요인에 대하여 대상 차종별로 비교하여 그 차이점을 알아보았다.

(1) 요인 분석 I : 전체 13개 차종

전체 차종에 대하여 시행한 요인분석에서 문닫이 음을 지배하는 요인들은 모두 3개의 그룹으로 Fig.8은 각 요인들의 고유치를 보여주고 있다. 12개의 요인중 고유치가 1이상인 요인을 지배적인 요인을 선택하여 보았다.

Fig.9는 회전된 요인 공간상에서 평가 어휘들의 그룹을 보여주고 있다. 요인 1의 고유치는 4.8로 고급감, 쾌·불쾌감 등을 내용으로한 7개의 평가 어휘를 포함하고 있으며 전체 12개의 감성 평가 어휘의 40.0%를 설명하고 있다. 요인 2의 고유치는 1.8로 역동성과 관련하여 3개의 평가 어휘를 포함하고 있으며 전체의 14.8%를 설명하고 있으며 요인 3은 신·구에 관련된 2개의 평가 어휘를 포함하며 고유치는 1.1로 전체의

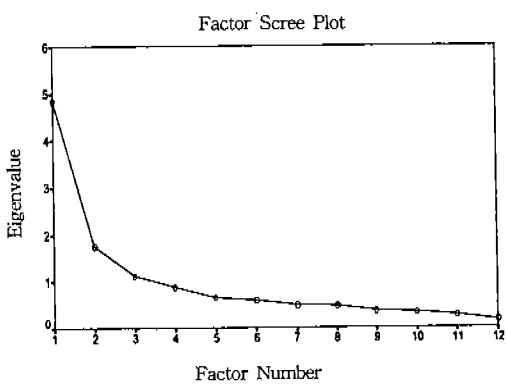

Fig.8 Factor scree plot

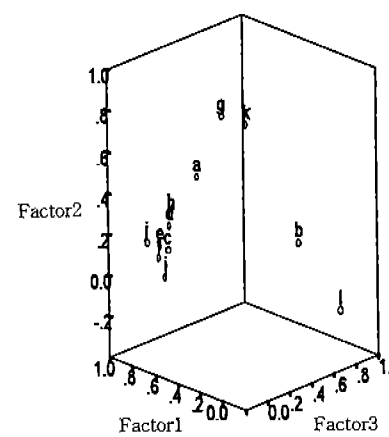

Fig.9 Factor plot in rotated fator space

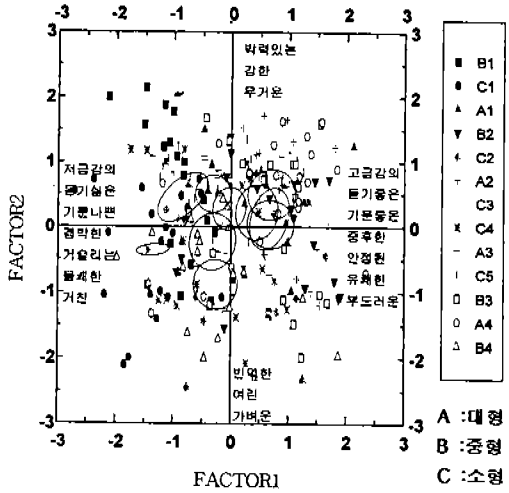

Fig.10 13개 차량에 대한 문닫이 음의 요인점수(요인 1축과 요인 2축)

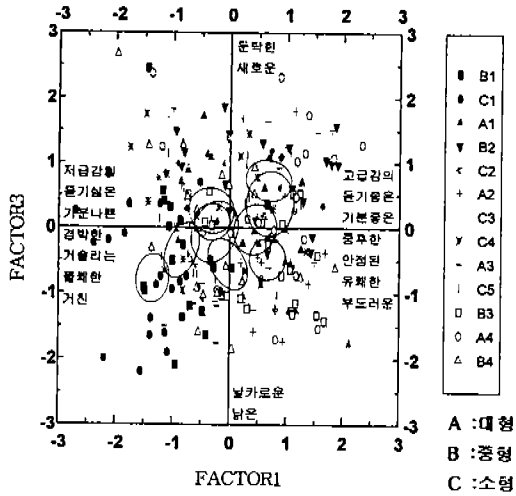

Fig.11 13개 차량에 대한 문닫이 음의 요인점수(요인 1축과 요인 3축)

9.2%를 설명하고 있다. 즉 12개의 감성 평가 어휘들은 3개의 요인들로 묶어져 전체의 63.9%를 설명하고 있다.

총 13개의 차량에서 측정된 문닫이 음의 요인분석에서 평가어휘들은 도출된 3개의 요인으로 묶여졌다. 그림 10은 저급감/부드러운 등의 감성어휘로 구성된 요인 1과 빈약한/무거운 등의 감성어휘로 구성된 요인 2에서 요인 점수들을 보여주고 있다.

Fig.11은 저급감/부드러운 등의 감성어휘로 구성된 요인 1과 날카로운/새로운 등의 감성어휘로 구성된 요인 3에서 요인 점수들을 보여주고 있다. 각각의 타원들은 13개 차종이 가진 문닫이 음에 대한 평균요인득점의 95% 신뢰구간 추정치를 의미하고 있다. Fig.10에서 C1, C4, B4 차량의 신뢰도 타원이 요인 1축과 요인 2축을 따라 다른 차종에 비하여 '저급감의', '듣기싫은', '기분 나쁜', '경박한', '거슬리는', '불쾌한', '거친' 그리고 '빈약한', '여린', '박력있는' 쪽에 위치하고 있음을 알 수 있다. 이에반해 C1, B1, B4, A3의 신뢰도 타원은 요인 1축과 요인 3축을 따라 다른 차종에 비하여 '저급감의', '듣기싫은', '기분 나쁜', '경박한', '거슬리는', '불쾌한', '거친' 그리고 '날카로운', '낡은' 쪽에 위치하고 있음을 알 수 있다.

(2) 요인 분석Ⅱ : 소형차량

소형 5개 차량에 대하여 실시한 요인분석에서 12개의 평가 어휘는 3개의 요인으로 묶여졌다. 요인 1의 고유치는 4.6이고 요인 2의 고유치는 1.7이며 요인 3의 고유치는 1.2로 각각 전체 평가어휘의 38.3%, 14.2%, 10.3%를 설명하고 있으며 전체 평가 어휘의 62.8%를 설명하고 있다.

전체 13개 차량의 요인분석 결과와 유사하며 평가 어휘 '가벼운-무거운'이 요인 2에서 요인 3으로 묶여지고 있음을 알 수 있다.

Fig.12에서 C1차종이 요인 1축을 따라 다른 4개 차종에 비하여 '저급감의', '듣기싫은', '기분나쁜', '경박한', '거슬리는', '불쾌한', '거친'쪽에 신뢰도 타원이 위치하고 있음을 알 수 있으며 C2차종은 그 밖의 경향을 보인다. 또한, C5차종은 요인 2축을 따라 '박력있는', '강한', '무거운' 쪽으로 신뢰도 타원이 분포하고 있다. 1% 유의수준으로 시행한 분산분석에서도 C1, C2차종은 요인 1에 대하여 나머지 3개 차종과 서로 구분되며 요인 2에서는 C5차종이 C1, C2차종과는 다름을 보인다. C1, C2차종의 경우 요인 1의 영향을 많이 받으며 C3, C4, C5차종의 경우 요인 2의 영향을 더 AKASG이 받고 있다.

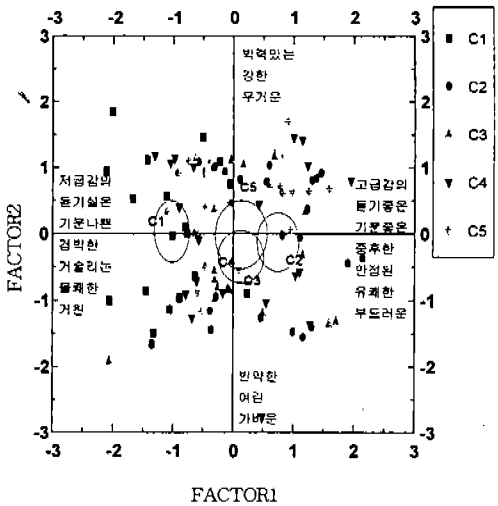

Fig.12 소형 5개 차량에 대한 문닫이 음의 요인점수(요인 1축과 요인 2축)

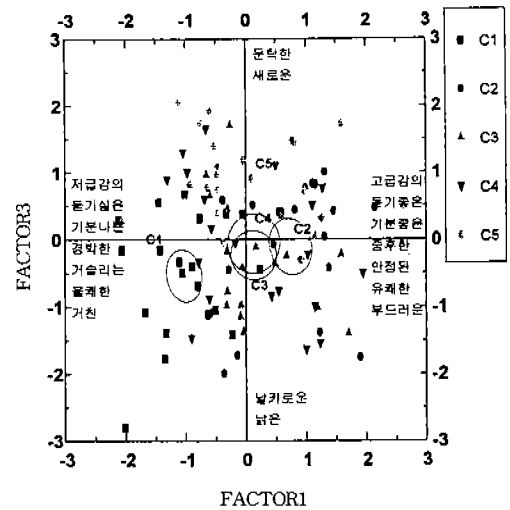

Fig.13 소형 5개 차량에 대한 문닫이 음의 요인점수(요인 1축과 요인 3축)

Fig.13에서는 요인 1축과 요인 3축을 따라 C1차량의 신뢰도 타원이 다른 4개 차종에 비하여 '저급감의', '듣기 싫은', '기분 나쁜', '경박한', '거슬리는', '불쾌한', '거친' 쪽에 그리고 '날카로운', '낡은'쪽에 위치하고 있다. C5차량이 요인 3축을 따라 '둔탁한', '새로운'쪽에 신뢰도 타원이 위치하고 있다. C4, C3차량의 신뢰도타원은 두 축에 대하여 별다른 변화를 보이지 않는다.

한편, 소형 5개 차량에 대한 분산분석 결과는 1% 유의수준으로 시행한 분산분석에서도 C1, C5차종은 요인 3에 대하여 나머지 3개 차종과 서로 구분되고 있다.

(3) 요인분석Ⅲ : 중형차량

중형 4개 차량에 대하여 실시한 요인분석에서 12개의 평가 어휘는 3개의 요인으로 묶여졌다. 요인 1의 고유치는 4.4이고 요인 2의 고유치는 2.3이며 요인 3의 고유치는 1.3으로 각각 전체 평가 어휘의 36.8%, 19.5%, 10.7%를 설명하고 있으며 전체 평가 어휘의 67.1%를 설명하고 있다. 요인을 구성하는 평가 어휘의 내용은 전체 13개 차량의 요인분석 결과와 동일하다.

Fig.14는 요인 1축과 요인 2축의 평면을 보여주고 있다. B1, B4차종은 신뢰도 타원이 요인 1축을 따라서 '저급감의', '듣기 싫은', '기분 나쁜', '경박한', '거슬리는', '불쾌한', '거친' 쪽에 위치하고 B2, B3차종의 신뢰도 타원은 '고급감의', '듣기 좋은', '기분 좋은', '중후한', '안정된', '유쾌한', '부드러운'쪽에 위치하고 있다. 요인 2축에서는 B4차종의 신뢰도 타원이 다른 3개 차종보다 '빈약한', '여린', '가벼운'쪽에 위치한다.

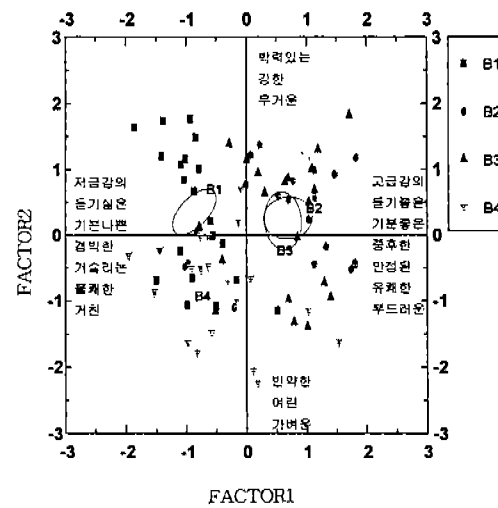

Fig.14 중형 4개 차량에 대한 문닫이 음의 요인점수(요인 1축과 요인 2축)

1% 유의수준으로 시행한 분산 분석에서도 요

인 1에 대하여 B1과 B4는 B2, B3과 서로 구분되며 요인 2에서는 B4차종이 다른 3개 차종과 구분된다. B1, B2, B3는 요인 1의 영향을 많이 받으며 B4차종은 요인 2의 영향을 많이 받고 있다.

Fig.15는 요인 1축과 요인 3축을 따라 분포되어 있는 음질특성을 보여주고 있다. B1차량의 신뢰도 타원이 '저급감의', '듣기 싫은', '기분 나쁜', '경박한', '거슬리는', '불쾌한', '거친' 쪽에 그리고 '날카로운', '밝은'쪽에 위치하고 있으며 B2 차량의 신뢰도 타원은 '고급감의', '듣기 좋은', '기분 좋은', '중후한', '안정된', '유쾌한', '부드러운' 그리고 '둔탁한', '새로운'쪽에 위치하고 있다. 분산분석 결과를 보면, 1% 유의수준으로 시행한 분산분석에서도 B2차종은 요인 3에 대하여 나머지 3개 차종과 서로 구분되고 있음을 볼 수 있다.

(4) 요인 분석Ⅳ : 대형차량

대형 4개 차량에 대하여 실시한 요인분석에서 12개의 평가 어휘는 3개의 요인으로 묶었으며 고유치가 1이상인 것만을 지배 요인으로 선정하였다. 요인 1의 고유치는 4.3이고 요인 2의 고유치는 1.9이며 요인 3의 고유치는 1.4으로 각각 전체 평가 어휘의 36.2%, 15.6%, 11.6%를 설명하고 있으며 전체 평가 어휘의 63.4%를 설명하고 있다. 요인을 구성하는 평가 어휘의 내용은 전체 13개 차량의 요인분석 결과와 동일하다.

Fig.16은 대형차량에 대한 요인 1축과 요인 2축의 평면을 보여주고 있다. A3 차종의 신뢰도 타원이 요인 1축을 따라서 '저급감의', '듣기 싫은', '기분 나쁜', '경박한', '거슬리는', '불쾌한', '거친' 쪽에 위치하고 A2, A4차종은 '고급감의', '듣기 좋은', '기분 좋은', '중후한', '안정된', '유쾌한', '부드러운'쪽에 위치하고 있다. 요인 2축에서는 신뢰도 타원이 별다른 변화를 보이지 않고 있다. 1% 유의수준으로 시행한 분산분석에서 요인 1에 대하여 A3차종은 다른 3개 차종과 서로 구분되며 요인 2에서는 4개 차종이 서로 구분되지 않고 있다.

Fig.17은 요인 1축과 요인 3축의 평면을 보여주고 있다. A3차량의 신뢰도 타원이 '저급감의', '듣기 싫은', '기분 나쁜', '경박한', '거슬리는', '불쾌한', '거친' 쪽에 그리고 '날카로운', '밝은'쪽에 위치하고 있으며 A2, A4차량의 신뢰도 타원은 '고급감의', '듣기 좋은', '기분 좋은', '중후한', '안정된', '유쾌한', '부드러운' 그리고 '둔탁한', '새로운'쪽에 위치하고 있다. A1차량의 신뢰도 타원은 두 축에 대하여 별다른 변화를 보이지 않는다. 1% 유의수준으로 시행한 분산 분석

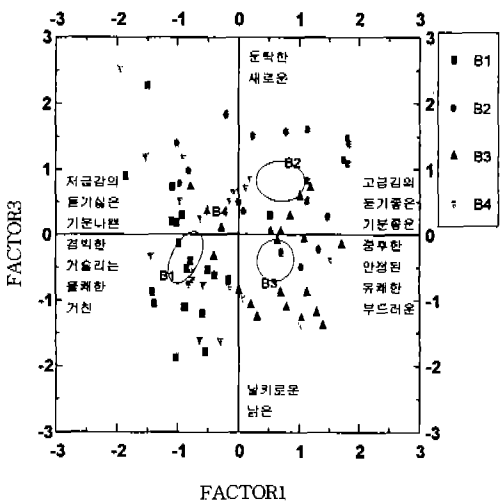

Fig.15 중형 4개 차량에 대한 문닫이 음의 요인점수(요인 1축과 요인 3축)

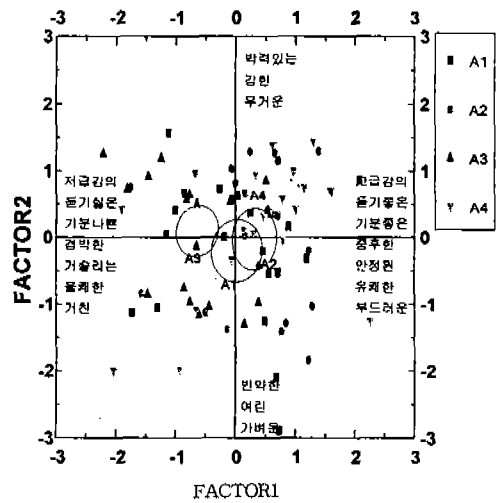

Fig.16 대형 4개 차량에 대한 문닫이 음의 요인점수(요인 1축과 요인 2축)

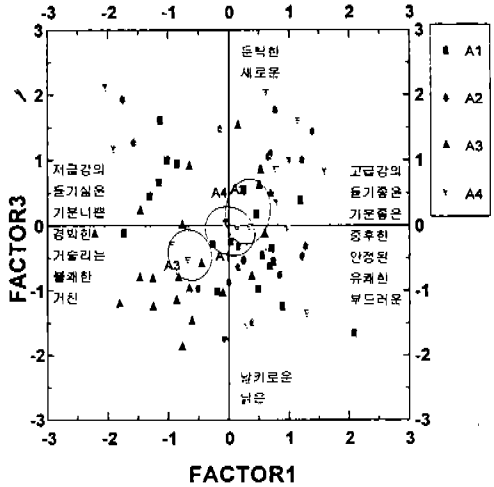

Fig.17 대형 4개 차량에 대한 문닫이 음의 요인점수(요인 1축과 요인 3축)

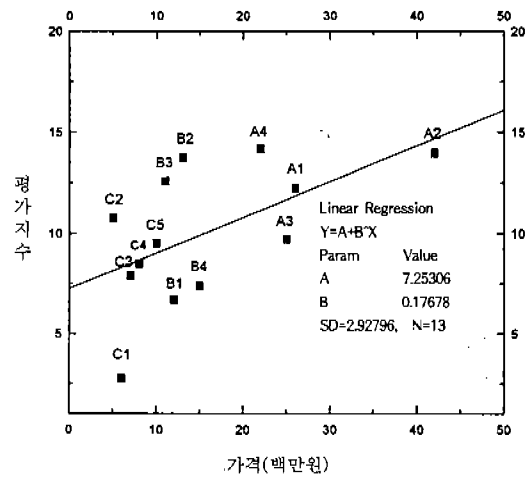

Fig.18 차량별 평가지수

Table 4 문닫이 음의 평가어휘 구분결과

구 분	내 용
요인 1 (7개)	7개의 평가 어휘 ○ 쾌 · 불쾌감과 관련 : '듣기 싫은-듣기 좋은', '기분 나쁜-기분 좋은', '불쾌한-유쾌한' ○ 품위감과 관련 : '저급감의-고급감의', '경박한-중후한' ○ 안정감과 관련 : '거슬리는-안정된', '거친-부드러운'
요인 2 (3개)	3개의 평가 어휘 ○ 역동감과 관련 : '빈약한-박력있는', '여린-강한', '가벼운-부거운'
요인 3 (2개)	2개의 평가 어휘 ○ 신 · 구감과 관련 : '날카로운-둔탁한', '낡은-새로운'

에서 요인 3에 대하여 A3차종은 다른 3개 차종과 서로 구분되고 있다. A1차종을 제외한 3개 차종은 요인 3에 의해 영향을 받고 있다.

(5) 평가지수

도출된 요인들을 이용하여 각각의 요인에 대해서 고유치(eigenvalues)의 비를 가중치로 주어 대상을 평가하는 평가지수를 계산하여 보았다. 사용된 가중치는 고유치의 비를 이용하였으며 다음과 같이 제안하였다.

$$\text{평가지수} = 10 + (\text{가중치}) \times \text{요인 } 1 + (\text{가중치}) \times \text{요인 } 2 + \cdots \quad (4)$$

그림 18은 위 식을 이용하여 차량별 평가지수를 그림으로 나타낸 결과이다. 전체 13개 차종에 대하여 각 차종의 크기별로 C2차량, B2차량 A4차량의 평가지수가 높으며 C1차량, B1차량, A3차량의 문닫이 음의 평가지수가 다른 차종에 비하여 낮음을 알 수 있다.

가격에 따른 평가지수의 경향을 알아보기 위하여 최소자승법으로 회기선을 계산하였다. 회기선의 기울기는 0.2로 양의 기울기를 보여주며 가격축에 대하여 평가지수가 완만하게 증가하고 있다.

한편, 대상차량에 대하여 수행되었던 요인분석

결과를 정리해보면, 승용차 문닫이 음의 평가어휘는 크게 3개의 요인으로 묶어지는 것을 볼 수 있다. 첫 번째 요인은 쾌/불쾌감과 관련된 요인, 품위감과 관련된 요인 및 안정감과 관련된 요인 등으로 볼 수 있다. 두 번째 요인은 역동감과 관련되며 세 번째 요인은 신/구감각과 관련되고 있다. 이와 같은 내용은 Table 4에 정리되어 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 자동차의 문닫이 음을 정량화하기 위해 측정된 문닫이 음의 청취실험을 통하여 물리적으로 측정된 음악의 크기에 따른 문닫이 음의 평가가 수행되었다. 감성 평가 어휘를 사용하여 감성공학적인 접근을 시도하였으며 대상 전체에 대하여 시행한 요인분석 결과에서 감성 평가 어휘들은 3개의 요인들로 묶여졌다.

대상 차량의 크기별로 시행한 요인분석 결과, 각각의 크기별로 감성 평가 어휘들은 3개의 요인으로 묶여졌으며 중형 4개 차종과 대형 4개 차종 그리고 소형 5개 차종의 평가요인결과는 전체 차종과 유사한 경향을 보이고 있다. 도출된 3가지 요인들은 평가 어휘들의 그룹으로 문닫이 음을 평가하는 지배적인 요소라고 판단된다. 전체 13개 차종 분석에서 또 3가지 종류의 승용차 크기별 차종 분석에서 첫 번째 요인인 "고급스러운/부드러운" 형용사 어휘가 가장 지배적인 평가 요인임을 알 수 있다.

참 고 문 헌

1. Richard A. Johnson & Dean W. Wichern, "Applied Multivariate Statistical Analysis", PRENTICE HALL, 1992.
2. 박현근, "자동차 문닫이 음의 감성평가기법에 관한 연구", 홍익대학교 석사학위논문, 1996.
3. 김정태, 전오성, 윤병옥, "Door Slam Noise 특성분석(Ⅰ)", 홍익대, 표준硏, 1994.
4. 인간공학회, "감성 공학의 기초와 응용", 감성공학분과, 1993.
5. 김철중, 이남식, "감성공학과 인간공학, 감성공학기술 관련자료집", 1992.
6. 정충영, 최이규, "SPSSWIN을 이용한 통계분석", 무학경영사, 1996.
7. 김성천, 문경일, "SPSS 시리즈 활용법", 집문당, 1990.
8. 채서일 등, "SPSS/PC+를 이용한 통계분석", 학현사, pp. 191~211, 1990.
9. 김기영, 전명식, "SAS 인자 분석", 자유아카데미, 1993.
10. 이봉수, 박지원, "응용통계학", 진명문화사, 1992.
11. 이영준, "SPSS/PC+를 이용한 다변량 분석", 석정사, 1993.
12. 김선우, 장길수, 정광용, 한명호, "음향심리실험에 의한 음의 유형화에 관한 연구", 한국소음진동공학회지 제3권 제4호, pp. 361~371, 1993.
13. Kuang C. Wei and Norman C. Otta, "PROCEEDINGS of the HUMAN FACTORS SOCIETY 36th ANNUAL MEETING", Ford Research Laboratory, 1992.
14. Yasuo Oshitani, "Determination Quaxitity of Automotive Door Closing Sound", 자동차기술 Vol. 45, No. 12, 1991.
15. Taken Hashimoto, "An Estimation Method of Sound Quality of Vehicle Noise", 자동차기술 Vol. 45, No. 12, 1991.
16. "차세대 자동차 안전도 공통기반기술개발에 관한 연구", 상공자원부, 1994.