■ 研究論文

Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.12, No.2, 1993

Magnitude Estimation기법을 이용한 설계대안의 평가

Evaluating design alternatives based on magnitude estimation

한 성호* · 정 의승* · 정 무영* · 박 성준* · 곽 지영* · 최 필성*

Abstract

A psychophysical measurement technique called "magnitude estimation" was used to evaluate several interior design alternatives for a high speed train. Passenger activity, seat direction, and passenger age were manipulated by using a three factor within－subjects experimental design. During the experiment, two dependent measures, a line length and a numerical estimate for each alternative design were collected to validate the experimental procedures. The results showed that pasnger seats arranged in the same direction as the running direction of the train was favored nine times more than the opposite. Also, the subjects preferred listening to music in a coach train to the other activities such as reading newspaper, watching a movie, and resting. This paper demonstrates that a psychophysical technique can be used in the design of a development process, especially when it is difficult to quantify design variables such as subjective opinion or preference, etc.

Ⅰ. 서 론

새롭게 도입될 고속전철의 내장설계에 있어서 고려되어야 할 디자인 요소로는 객실내 승객석의 배치, 각종 내장설비, 복도 및 출입구의 설계 등 여러가지가 있다. 특히, 승객석의 배치에 있어서는 수송가능 인원을 최대화하여 얻는 경제성 측면과 객실 좌석간의 간격을 여유있게 설계함으로써 예상되는 승객 안락도의 두 측면이 대치되어 설계의 어려움이 있다. 즉, 승객의 만족도를 최대화하기 위해서는 승객석에 회전기능을 부여하여 기차의 진행방향에 따라 승객의 착석방향을 변화시킬 필요가 있으나, 이 경우 회전에 많은 공간과 비용이 소요되므로 경제성에 있어서는 만족스러운 설계대안이라 할 수 없다. 반면, 수송

* 포항공과대학교 산업공학과

량을 최대화하기 위하여 승객석을 고정시키게 되면, 열차의 진행방향과 반대로 앉게 되는 승객이 많은 불편을 느끼게 되는 문제점이 발생하게 된다. 따라서 객실내 승객석의 수와 배치에 관한 최적의 설계대안을 도출하기 위해서는 대치되는 디자인 요소를 최적화하는 과정이 필요하게 되며, 그 한 방법으로 각 설계대안에 대한 승객의 선호도를 파악함으로써 상호 모순되는 설계목표 간의 대립을 해결하여 최선의 해결책을 도출할 수 있다. 이는, 잠재승객층을 대상으로 각 설계대안을 평가하게 하고 이에 대한 비교 분석을 통하여 공학적 설계지침을 도출하고, 결과적으로 최적의 설계대안을 도출하여 실제 고속전철의 설계에 적용하는 방법을 의미한다. 여러가지 설계대안에 대한 승객의 선호도 파악에는 각종 Psychophysical Scaling 기법을 이용하게 된다.

고속전철의 경우 기존의 철도와 달리 속도면에서 두배 이상이 더 빠르고(약 250~300 km/hr), 승객수나 기타 부대설비의 제공에 있어서도 현격한 차이가 있을 것으로 예상되어, 현재의 철도를 이용하는 승객에 대하여 단순한 설문조사 등의 방법으로는 선호도에 대한 정확한 예측이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 모의실험환경을 실험실 내에 구축하고, 잠재승객층을 피실험자로 선정하여 Psychophysical Scaling 기법 중의 하나인Magnitude Estimation을 이용하여 각 설계대안에 대한 승객 선호도를 파악하기 위한 실험을 실시하였다.

II. Psychophysical Scaling

Psychophysical Scaling 기법은 각종 물리적 자극에 대한 인지강도를 파악하여 이들간의 연관관계를 규명하는데 주로 이용되어 왔으나, 여러가지 사회적 현상이나 심리적 요소의 측정에도 많이 이용되고 있다. 예를 들면, 범죄의 심각성에 따른 형벌적용의 타당성에 대한 시민의 의견[3], 그림의 미적 가치[2], 직업에 대한 인간의 선호도[5], 공공재(Public Goods)의 유용성[4], 각종 화장품에 대한 소비자의 의견[7] 등은 모두 Psychophysical Scaling 기법을 이용하여 측정을 실시한 사례이다.

Psychophysical Scaling 기법 중 사회 및 행동과학, 인간공학 등 여러 분야에서 가장 널리 사용되는 방법의 하나로 Category Scaling을 들 수 있다. Category Scaling은 강도를 표현하는 일련의 어구를 제시하여 피실험자가 자신의 지각강도와 가장 유사한 항목을 선택하도록 하는 방법으로, 시행횟수가 비교적 적고 평가방법이 난해하지 않은 장점이 있어 활용의 폭이 넓으나, 실제로 다음과 같은 단점을 갖는다[1, 6].

(1) 선택 가능한 항목의 수가 제한되어 있어 실제 피실험자의 지각강도에 있어서의 세밀한 차이는 표현이 불가능하여, 정보의 유실 가능성이 있다.

(2) 제한된 수의 항목만을 제시함으로써 피실험자의 응답에 의도하지 않게 영향을 주게 되어 편향된 평가결과를 초래할 수 있다.

(3) 각 항목들 간의 등간격성이 보장되지 않고 연속성이 없으므로 Category Scaling의 적용 결과 서열척도(Ordinal Scale)의 데이타를 얻게 되므로 각 항목의 발생빈도 분포만이 의미를 갖게 된다. 즉 각 평가대상 간의 강도 차이등에 대한 비교가 불가능하다.

Category Scaling의 이러한 단점을 보완하여 보다 정확도 있는 측정을 위해 Magnitude Estimation이 이용된다. Magnitude Estimation 기법은 외부 자극에 대한 인지강도를 상대적인 비율평가를 통하여 수치(Numerical Estimation)나 선의 길이(Line Production) 등 여러가지의 표현방식(Modality)을 통해 표현하게 하는 방법으로 Category Scaling과 달리

지각강도의 연속적 표현이 가능하며, 강도의 차이에 대한 비교분석이 가능하다. Magnitude Estimation을 통해 측정한 데이타에 대해서는 Stevens[8]의 Power Law에 의해 자극의 세기와 인지강도간의 관계가 설명이 가능하다. Stevens는 외부 자극과 인간이 느끼는 지각강도간에는 지수적인 관계가 성립함을 밝혔고, 이 관계를 다음과 같은 멱함수(Power Function)로 정의하였다.

$$\Psi = k\ \Phi^{b}$$

- Ψ : 지각강도 (Sensation Magnitude)
- Φ : 외부자극 강도 (Stimulus Magnitude)
- k : 비례상수
- b : 지수(Exponent)

위 식에서 지수 b는 인간에게 주어지는 자극의 종류에 따라 다르다. 예를 들어, 소리의 크기(Loudness)에 대한 지각강도에 있어서는 b가 0.67로서, 인간은 소리의 크기를 느낌에 있어 그다지 민감하지 못함을 나타내며, 전기적 쇼크(Electric Shock)에 대해서는 3.5로서 매우 민감하고, 추위(Cold)에 대해서는 b가 1.0으로서 선형관계에 있음을 나타내고 있다. Stevens에 의해 여러가지 자극에 대한 지수 b가 실험을 통하여 밝혀져 있으며, 이는 Cross-Modality Matching Paradigm[10]을 통한 측정 데이타의 타당성 검증에도 이용된다.

Cross-Modality Matching Paradigm은 측정치를 서로 다른 두가지 방식으로 표현하게 하여, 측정치의 타당성을 간접적으로 평가하기 위하여 개발된 방법으로, 다음 식과 같이 요약될 수 있다.

$$\Psi = k\ \Phi_1^{b1},\ \Psi = k\ \Phi_2^{b2}$$
$$k\ \Phi_1^{b1} = k\ \Phi_2^{b/2}$$
$$\Phi_1^{b1} = \Phi_2^{b2}$$
$$\log \Phi_1^{b1} = \log \Phi_2^{b2}$$
$$b_1 \log \Phi_1 = b_2 \log \Phi_2$$
$$\log \Phi_1 = (b_2/b_1) \log \Phi_2$$

즉, 피실험자의 지각강도를 Φ_1과 Φ_2의 두가지 표현방식으로 측정하였을 경우, 각각을 Log변환한 후 선형회귀분석을 실시하여 얻어지는 회귀식의 계수가 b_2/b_1에 근접하는 값을 가지면 실제 지각강도의 측정치로서 적합하다는 간접적인 결론을 얻을 수가 있다.

Category Scaling과 비교하여 Magnitude Estimation의 장점을 요약하면 다음과 같다.

(1) Power Law를 적용하여 지각강도와 인지강도 간의 관계를 설명할 수가 있다.
(2) 측정대상에 대한 사용자의 지각강도의 빈도분포 뿐 아니라, 실제 지각강도의 차이에 대한 정량적 분석이 가능하다.
(3) 의견의 크기 표현에 있어서 제한이 없으므로 피실험자의 응답에 미치는 영향이 감소될 수 있다.
(4) Cross-Modality Matching Paradigm을 통하여 측정치의 타당성을 간접적으로 증명할 수 있다.

Magnitude Estimation 기법은 인간이 외부환경에 대한 인지강도를 비율로 판단할 수 있고, 적절한 형태로 표현이 가능하다는 가정을 바탕으로 한다. 이러한 가정은 본실험에 앞서 실시된 예비실험을 통하여 타당성이 입증되었고, 따라서 Magnitude Estimation 기법의 적용은 인간의 인지도의 정량적 파악에 적합하다고 할 수 있다.

III. 실험방법

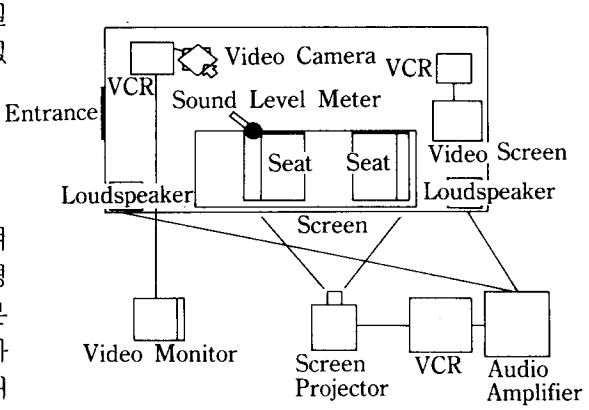
3-1. 피실험자 (Subjects)

총 30명의 잠재적 승객이 피실험자로 실험에 참가하였다. 본 실험에서 선호도 평가를 위하여 사용한 Magnitude Estimation기법은

피실험자의 비율 판단능력(Ratio Judgement)을 전제로 하고 있으므로, 30명의 피실험자를 대상으로 비율 판단능력에 대한 검증작업을 실시하여 합격된 24명의 실험결과만을 이용하여 분석을 실시하였다. 24명의 피실험자의 연령별 분포는 청년층(만 29세 이하), 중년층(만 30세 이상, 49세 이하), 장년층(만 50세 이상)이 각각 8명씩이었고, 청년층 피실험자는 주로 대학원에 재학중인 학생으로 구성되었으며, 중년층과 장년층의 피실험자는 교수 및 본교소재지 인근의 주민들로 구성되었다. 각 연령층 별 피실험자들의 평균 연령은 청년층이 23세, 중년층이 36세, 장년층이 55세였고, 피실험자의 성별 분포는 남자가 13명, 여자가 11명이었다. 모든 피실험자의 학력은 고졸 이상이었고, 전체의 87.5%인 21명이 실제로 후진으로 기차 여행을 해본 경험이 있었다.

3－2. 실험 장비(Apparatus)

피실험자가 실제 고속전철에 탑승하여 여행하는 상황을 느낄 수 있도록 모의 실험환경(Simulator)을 실험실 내에 제작하였다. 본 연구에서는 승객석에 대한 안락도를 파악하기 위한 것이 아니므로 승객석으로는 현대 그레이스의 좌석을 이용하였다. 주행중인 열차의 창밖 풍경이 녹화된 비디오 테이프를 Screen Projector(Sharp XG2000－U)를 이용하여 모의 객실의 창문에 해당하는 화면(Rear－view Screen)에 영사시켰으며, 영사된 화면은 고속 전철의 진행 속도감을 주기 위하여 기존 새마을호에서 촬영한 화면을 비디오편집기(Editing Controller)를 이용하여 재편집하여 시속 약 240～300 km의 속도감을 주도록 조절되었다. 열차 음향은 오디오 앰프(Inkel AI－3010)를 거쳐 일정한 음향 수준으로 증폭되어 한조의 스피커(Inkel ISP－103/B)를 통해 피실험자에게 전달되었다. 동시에 음향수준 측정기(Sound Level Meter, Brüel & Kjær Type 2230)를 객실내에 설치하여 소음수준을 측정하여 55～60 dBA를 유지하였다. 이 수치는 현 새마을호 객실 내부의 소음수준과 유사하며 고속 전철 객실내의 최대 소음 허용수준인 65 dBA를 넘지 않는 수치이다. 또한 피실험자가 비디오 감상을 할 수 있도록 비디오 장비(Video Monitor and VCR)를 모의 객실 내부에 설치하였고, 소형 오디오 카세트 플레이어(AIWA HS－J505)와 신문을 비치하여 실험 조건에 따라 피실험자가 이용할 수 있도록 하였다. 실험장면을 녹화하기 위한 장비를 설치하여 추후 분석과정에서 참고 자료로 사용할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 이용된 모의 실험환경의 전체적인 구성도와 내부 사진이 그림 1에 나타나 있다.



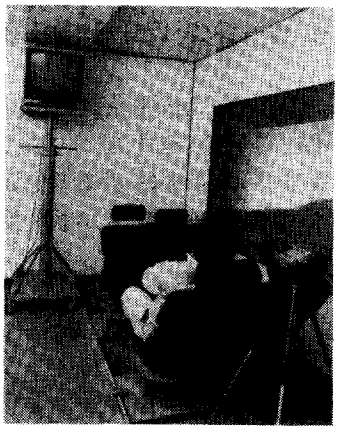


그림 1. 모의 실험환경(Simulator)의 구성도

3-3. 실험계획 (Experimental Design)

본 실험은 승객 연령층과 착석방향, 객실내 승객행동을 독립변수로 하는 3인자 Within-Subject Design으로 구성되었다. 각 실험변수의 정의 및 각 변수의 수준(Factor Level)은 표 1과 같고, 그림 2는 본 연구의 인자계획 구조(Factorial Structure)를 도식화한 것이다. 승객의 연령층은 크게 세 그룹으로 구분되어 만 29세 이하의 피실험자가 청년층, 30세 이상 49세 이하가 중년층, 50세 이상은 장년층으로 분류되었다. 착석방향 변수는 주행중인 열차내에서 승객의 착석방향이 열차의 진행과 같은 방향(전진)인지 반대방향(후진)인지에 따라 승객의 선호도에 미치는 영향을 파악하기 위한 것으로 전진과 후진의 두 수준으로 구성된다. 열차내 승객행동은 본실험에 앞서 실시된 현장조사를 통하여 실제 열차 이용 승객의 객실내 행동의 분포를 파악하여 가장 빈도가 높은 '휴식', '음악 감상', '독서(신문 읽기)' 등을 선정하였고, 고속전철 내 오락시설로서 제공될 것으로 예상되는 비디오 시스템을 통한 영화 감상을 추가하여 네가지 수준으로 결정하였다.

피실험자는 각 실험조건에서 일정시간 모의 실험을 실시한 후 각자의 선호도 평가결과를 선의 길이(LP)와 수치(NE)로 표현하게 하였고, 이를 이용하여 선호도의 정량적인 분석을 실시하였다. 또한, Cross-Modality Matching Paradigm에 따라 선호도에 관한 반응을 두가지 방법(LP와 NE)으로 측정함으로써, 피실험자의 응답에 대한 일관성을 검토하여 결과의 타당성을 검증할 수 있도록 하였다.

본 실험은 Within-Subject Design으로 구성되어, 한 피실험자 내에서 통제가 불가능한 연령변수를 제외하고, 착석방향과 승객행동의 두 변수의 조합으로 이루어진 여덟 가지 실험조건을 각 피실험자가 한 번씩 모두 수행하도록 하였다. 이와 같은 Within-Subject Design에서는 모든 피실험자가 같은 순서로 각 실험 조건을 수행하게 될 경우, 실험조건의

표 1. 선호도 실험변수의 정의

변 수	종 류	정 의
연령층	청년층	만 29세 이하
	중년층	만 30세 이상 49세 이하
	장년층	만 50세 이상
착석방향	전진	기차 진행 방향을 향하여 착석
	후진	기차 진행과 반대 방향을 향하여 착석
승객행동	휴식	일행과 대화를 하거나 창밖을 바라보며 여행하는것 등과 같이 특정한 행동을 취하지 않는 경우로 본 실험에서는 창밖을 보도록 하였다.
	음악 감상	음악을 들으며 여행하는 경우로 실험에서는 Ear Phone을 통해 음악을 듣도록 하였다.
	독서	신문이나 책을 읽으며 여행하는 경우로서 본 실험에서는 신문을 읽도록 하였다.
	비디오 감상	객실내에 설치된 Monitor를 통해 비디오를 감상하는 경우로서, VCR과 Monitor를 모의실험 환경내에 설치하여 영화를 감상하도록 하였다.

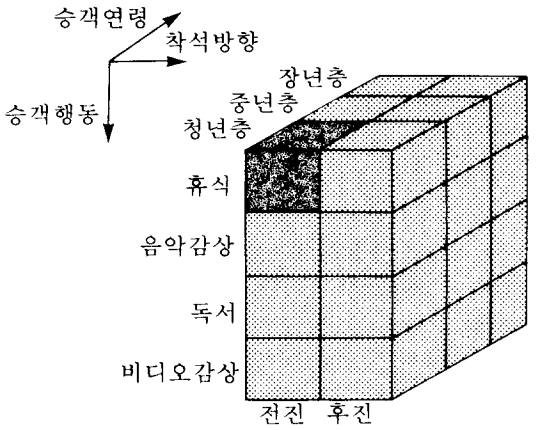


그림 2. 실험계획

전이효과(Transfer Effect)나 학습 효과(Learning Effect)등으로 인해 정확한 실험변수의 효과를 측정하기 곤란하므로, 모든 피실험자의 실험 진행순서를 다르게 정하는 기법 중의 하나인 Balanced Latin Square Design을 이용하여 전이효과나 학습효과를 최소화하였다.

3-4. 실험 절차

본 연구에서 실시한 전체 실험은 예비실험, 본실험 및 실험 후의 설문조사(Debriefing)의 세부분으로 구성된다. 먼저 피실험자에게 실험의 목적 및 전체적인 실험진행순서 등에 대해 간단하게 설명한 후 예비실험을 실시하였다. 예비실험은 피실험자에게 Magnitude Estimation기법을 이해시켜 본실험에서 선호도의 크기를 가능한 한 정확하게 표현할 수 있도록 하고, 비율판단 능력이 없거나 실험자의 지시사항을 제대로 이행하지 않아 Magnitude Estimation을 성공적으로 수행하지 못한 피실험자를 선별하여 결과 분석에서 제외시키기 위하여 실시하였으며, 또한, 예비실험으로 부터 각 개인의 NE와 LP에 대한 역함수의 지수를 파악하였다.

먼저 각 피실험자에게 여러가지 길이의 선을 무작위순으로 제시하고 선의 길이에 적합한 수치를 표현하게 하였고, 같은 방법으로 수치를 제시하여 각각에 적합한 길이의 선을 그리도록 하였다. 제시된 자극의 크기는 일반적으로 LP와 NE의 결과가 선형관계를 보이는 것으로 알려져 있는 최대자극 대 최소자극 비가 100 : 1인 범위를 포함하도록 하였다[6]. 예비실험이 완료된 후 피실험자에게 Magnitude Estimation을 선호도의 평가에 이용하는 방법을 설명하고, 실험의 내용을 바로 이해했는지를 확인하기 위해 실험에서 자신이 수행하게 될 작업(Task)의 내용을 직접 설명하게 하였다.
설명하게 하였다.

본실험에서는 각 피실험자가 전술한 8가지의 실험조건을 미리 정해진 순서에 따라 평가하였다. 각 피실험자는 각각의 실험조건에서 약 4분간 선호도를 평가하여, 먼저 선호도의 방향, 즉 '좋다'와 '싫다' 중의 한 방향을 선택한 후, 그 크기를 선의 길이(LP)와 수의 크기(NE)로 표시하였다. Magnitude Estimation 기법의 적용에는 Ratio Scaling에 필요한 초기기준을 제시하는 방법(Modulus Method)과, 초기기준을 제시하지 않고 응답자가 자유롭게 기준을 설정하는(Free Modulus Method) 두가지 방법이 있다. 전자의 경우 임의의 평가기준이 피실험자의 평가기준과 다를 수 있어, 실험결과가 편중(Bias)되어 나타날 가능성이 있으므로[11], 본 실험에서는 특정한 기준을 제시하지 않고 피실험자로 하여금 나름대로의 기준을 설정하게 하고, 선호도 크기를 자신의 기준에 대한 비율로 판단(Ratio Judgement)하도록 하였다. 각 피실험자가 8개의 실험조건을 모두 실행한 후에는 선호도의 크기를 일상생활 용어로 표현하기 위하여 '매우 싫다', '싫다', '약간 싫다', '그저 그렇다', '약간 좋다', '좋다', '매우 좋다'의 7개 항목에 해당하는 느낌의 크기를 선의 길이와 수의 크기로 표현하게 하였다. 마지막으로 실험에 대한 전반적인 느낌이나 특히 좋았거나 싫었던 실험조건 등에 대한 피실험자의 의견을 기록하였다.

Ⅳ. 실험결과 및 논의

4－1. 예비실험(Pretesting) 결과

실험 절차에서 언급한 바와 같이, 예비실험을 통하여 피실험자가 Magnitude Estimation 기법에 익숙해지도록 훈련시킬수 있을 뿐만 아니라, 예비실험 결과를 분석하여 피실험자의 비율제시능력을 평가할 수 있다. 본 실험에서 측정한 LP와 NE의 경우 지수가 1인 Power Law를 따르므로, 각 피실험자가 올바르게 비율제시(Ratio Judgement)를 수행하였다면, 수치 자극에 대하여 적합한 길이의 선을 그리도록한 LP와, 길이 자극에 대하여 수치를 표현하도록한 NE의 측정치와 각각의 자극강도를 Log 변환한 후 개별적으로 선형 회귀분석(Linear Regression)을 실시하였을때, 선형식의 기울기는 각각 1에 근접하는 값이어야 한다[6]. Magnitude Estimation이 제대로 수행되었음에도 불구하고 통계적으로 기각될 위험율(α－Risk)을 1%로 설정하여 각 피실험자의 측정치를 분석한 결과, 총 30명 중 20%인 6명의 피실험자가 올바른 Magnitude Estimation을 수행하지 않은 것으로 판명되어 분석에서 제외되었으며, 예비실험 결과가 양호한 24명의 실험자료만을 본실험의 선호도평가 분석에 이용하였다. 또한, 각 피실험자의 LP와 NE의 회귀식의 기울기는 각 실험조건에 대한 선호도의 측정치에 대하여 Regression Bias를 교정하고 두 데이타를 통합하여 새로운 측정치를 얻는 데 이용되었다.

4－2. 본실험(Main Experiment) 결과

선호도 평가실험에서는 피실험자에게 각 실험조건에 대한 선호도의 표현기준을 제시하지 않고 피실험자 나름대로의 표현기준을 설정하게 하여 그 기준에 따라 선호도를 평가하게 하는 Free Modulus 방식을 이용하였으므로, 한 피실험자에 대해서는 각 실험조건에 따른 선호도의 차이비교가 가능하나 전체 피실험자의 선호도 평가결과를 종합하여 비교하는 것은 불가능하다. 예를 들어, 1부터 10까지의 범위 내의 수로만 선호도를 표현한 피실험자의 응답과 1부터 1000의 범위의 수로 선호도를 표현한 응답을 그대로 비교하는 것은 의미가 없다. 따라서 전체 피실험자의 선호도 평가결과를 종합 분석하기 위해서는 각 피실험자의 평가 결과를 표준화(Standardization)하여 상호비교가 가능하도록 평가결과를 변환시켜야 한다. 먼저, '좋다'는 쪽의 응답은 그 피실험자가 평가한 '매우 좋다'에 해당하는 값에 대한 백분율로 표현하였고, '싫다'는 쪽의 응답은 '매우 싫다'에 대한 백분율로 표현하였다. 이때 '좋다'와 '싫다'의 방향성을 유지하기 위해 '싫다'는 쪽의 응답에 대해서는 역수를 취하여 1보다 작은 값을 갖도록 하였다.

각 실험조건에 대하여 얻은 LP와 NE의 두 가지 측정치에 있어서 Regression Bias를 교정하기 위하여 Lodge[6]가 제안한 다음과 같은 식을 이용하여 두 데이타를 통합하여 각 실험조건에 대한 선호도의 측정치로 이용하였다.

$$\text{통합된 측정치 (Integrated Measure)} = (LP^{1/n1} \times NE^{1/n2})^{0.5}$$

이 식에서 LP와 NE는 각각 선의 길이와 수치로 표현한 선호도의 측정치이고, n_1과 n_2는 예비실험 단계에서 구한 각 피실험자의 LP와 NE의 회귀식의 계수이다. 이 식을 이용하여 Regression Bias를 교정할 경우 실제 Scale Value에 한층 더 근접하는 값을 갖게 되므로 보다 정확한 상대적인 비교가 가능하게 된다[6].

4－2－1. 일상용어로 표현된 선호도 크기

선호도의 크기를 일상용어로 표현하기 위

하여 '매우 싫다' 부터 '매우 좋다'까지의 7개 항목에 대하여 해당되는 느낌의 크기를 선의 길이나 수의 크기로 표시하게 하고, 전술한 데이타 변환과정을 거쳐 모든 피실험자의 응답에 대한 기하평균을 취하여, '매우 좋다' (116.9), '좋다' (61.5), '약간 좋다' (39.0), '그저 그렇다' (18.7), '약간 싫다' (0.029), '싫다' (0.017), '매우 싫다' (0.009)의 결과를 얻었다. '싫다'는 쪽의 반응을 의미하는 데이타에 대해서 절대적인 크기를 나타내기 위해 역수를 취하면 '약간 싫다' (34.4), '싫다' (57.6), '매우 싫다' (116.9)와 같다(그림 3 참조). 이와 같이 Magnitude Estimation에 의한 선호도 크기를 일상용어와의 관계로 나타냄으로써 각 실험조건에 대한 선호도 평가의 해석을 용이하게 할 수 있다.

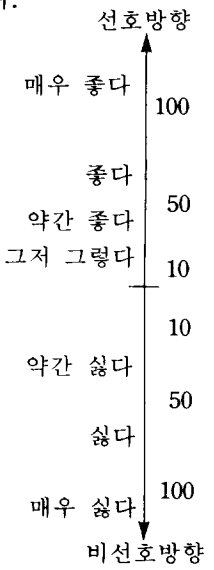


그림 3. 일상용어로 표현된 선호도

4-2-2. 실험조건별 선호도 크기

각 실험조건별 전체 피실험자의 선호도 평가치에 대하여 전술한 대로 변환을 실시하여 기하평균을 취한 결과, 그림 4와 같은 Scale을 얻었다. 전체 설계대안 중 전진방향 착석시 음악감상을 수행하도록한 실험조건에 대한 선호도가 가장 높은 것으로 나타났고, 후진방향 착석시 휴식을 취한 경우 가장 낮은 선호도를 보였다. 모든 실험조건에 대하여 피실험자들은 '좋다'는 쪽의 반응을 보였으며, 각각에 대한 선호도를 일상용어로 표현하면, 전진 방향 착석에서 음악을 듣거나 독서를 하는 실험조건에 대해서만 '약간 좋다'에 해당하는 선호도를 보였고, 그 이외의 경우는 '그저 그렇다'에 해당하였다.

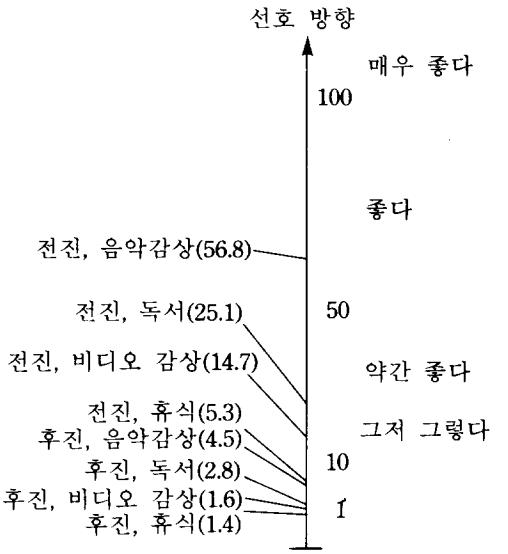


그림 4. 실험조건별 선호도

4-2-3. 실험변수별 선호도차이 분석

승객의 연령, 착석방향, 그리고 객실 내에서의 승객의 행동에 따른 선호도 차이를 파악하기 위하여 분산 분석(ANOVA)을 실시하였으며 표 2에 분석결과를 정리하였다.

분산분석 결과 착석 방향과 객실내 승객 행동에 따른 승객의 선호도에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 판명되었다($P<0.05$). 전진은 약 18.3의 선호도를 가지는 것으로 평가되었으며, 후진은 약 2.3의 선호도를 가지는 것으로 평가되어, 후진에 비해 전진을

표 2. 분산분석 표

Source	df	SS	MS	F	P
연령	2	20.99	10.50	2.24	0.1309
방향	1	38.46	38.46	8.72	0.0076*
연령×방향	2	4.56	2.28	0.52	0.6038
행동	3	15.37	5.12	3.80	0.0144*
연령×행동	6	7.39	1.23	0.91	0.4916
방향×행동	3	1.09	0.63	0.60	0.6157
연령×방향×행동	6	4.91	0.82	0.78	0.5912
SUBJ(연령)	21	98.26	4.68	·	·
방향×SUBJ(연령)	21	92.64	4.41	·	·
행동×SUBJ(연령)	63	84.98	1.35	·	·
방향×행동×SUBJ(연령)	63	66.33	1.05	·	·
Total	191	435.79			

* 유의수준 α=0.05에서 유의

약 9배정도 선호하는 것으로 나타났다. 그러나 후진에 대한 평가도 싫다는 쪽의 반응은 아닌 것으로 나타났다.

휴식, 음악감상, 독서, 비디오 감상의 네가지 승객 행동별 선호도의 크기는 각각 2.8, 16.0, 8.4, 4.8로 나타났고, Newman-Keuls Test를 실시한 결과 그림 5에서 보듯이, 승객은 음악감상, 독서, 비디오 감상에 대해서는 선호도에 큰 차이를 보이지 않았으나, 휴식에 비하여 유의한 차이를 보였다 ($p<0.05$). 즉, 승객들은 여행 중 휴식을 취하는 것 보다는 음악감상이나 독서, 비디오 감상 등의 행동을 취하는 것을 선호한다는 결론을 얻을 수 있다.

각 연령별 선호도의 평균은 청년층, 중년층, 장년층이 각각 2.3, 8.9, 13.6으로 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았으나($p>0.05$), 연령층이 낮을 수록 각 실험조건에 대한 선호도가 낮아지는 경향을 보였다. 이는 객실 내장 설계에 있어서, 청년층이나 중년층의 선호도를 증가시킬 수 있는 방향으로 설계 기준을 설정하여야 전체 선호도가 증가함을 의미한다. 마지막으로 그 외의 모든 교호작용은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다($P>0.05$).

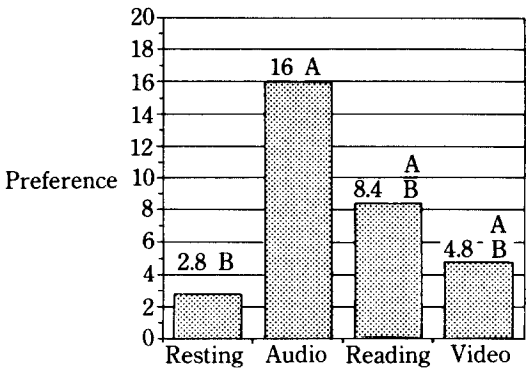


그림 5. 승객의 행동에 따른 선호도

4-2-4. 평가결과의 유효성 검증

Magnitude Estimation에 의한 선호도 평가치의 유효성을 검증하기 위하여 Cross-Modality Matching Paradigm이 개발되었다[10]. 본 실험에서 사용한 두 종속변수(NE, LP)를 log변환한 후 선형회귀분석을 실시한 결과, 두 종속 변수간의 상관계수는 0.99로 강한 상관관계를 보였으며, 회귀식의 계수는 0.99였다(그림 6 참조). 또한, 회귀식의 계수에

대한 95% 신뢰구간은 0.98부터 1.01로, 이는 Stevens[9]에 의한 이론적 계수인 1을 포함하고 있는 것으로 본 실험에서 사용된 Magnitude Estimation에 의한 선호도 측정치가 유효한 평가치임을 나타낸다. 회귀식의 계수에 대한 추정치는 이론적인 계수와 약 1%의 오차를 갖는데, 이러한 차이는 직접 평가방법(Direct Scaling)이 전체 응답자의 평가결과를 종합한 데이타보다 각자의 평가치에 의존하기 때문에 발생하는 것으로 알려져 있다[6].

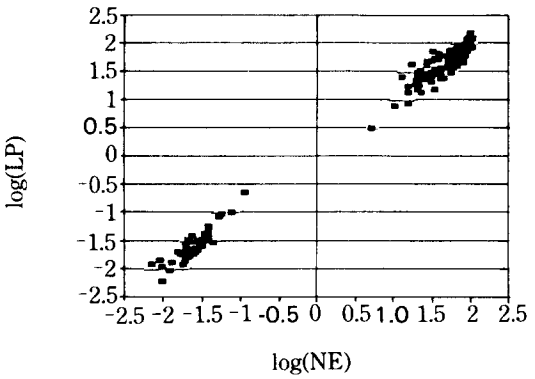


그림 6. NE와 LP 측정치의 산포도(Log-log-Scale)

4-2-5. 설계지침의 제시

전진과 후진에 따른 승객의 선호도에는 약 9배에 이르는 큰 차이가 나타났으나, 후진에 대한 승객의 선호도 또한 '싫다'는 쪽의 반응은 아니었다. 이러한 평가결과를 객실의자 설계기준으로 이용할 경우, 첫째, 착석방향에 대한 선호도를 제고하기 위해서는 승객이 항상 전진 방향으로 착석할 수 있도록 회전기능(Swivel)이 요구되며, 둘째, 객실의자의 회전기능에 따른 공간의 제약조건, 수송가능 승객수의 감소 등, 경제적 제약조건으로 인하여 객실의자의 고정배치가 불가피한 경우에도 기타 편의시설의 제공 등으로 승객의 불편사항은 최소화될 수 있으리라 예상된다.

따라서 승객 선호도의 제고를 위한 설계대안으로서 다음과 같은 사항들이 제안된다. 최선의 설계대안은 모든 승객들이 기차의 진행방향과 같은 방향으로 착석할 수 있도록 하는 것이라 할 수 있다. 구체적인 방법으로는 종착역에서 열차 자체의 방향을 바꾸어 주는 방법과 각각의 좌석에 회전기능을 부여하는 두가지를 들 수 있다. 전자의 경우 후자에 비해 수송량은 최대화할 수 있으나, 함께 여행하는 승객들간에도 마주 앉을 수가 없다는 또 다른 문제점이 발생한다. 차선의 설계대안으로는 좌석을 한쪽 방향으로 고정시키는 방법인데, 이는 후진 방향에 대한 승객의 선호도가 '싫다'는 쪽의 반응이 아니라는 점에 근거한 것이다.

여러가지 승객행동에 대한 선호도의 측정치에 대한 분석을 통하여 승객들은 음악감상, 독서, 비디오 감상 등을 휴식에 비해 선호하는 것으로 나타났다. 따라서, 객실내에 음악감상 설비와 비디오 및 각종 Information System의 설치가 제안된다. 특히, 후진방향에서 음악감상을 수행하였을 경우의 승객 선호도가 전진방향에서 휴식을 취하였을 경우와 거의 유사한 결과를 보인 점으로부터 각종 부대시설의 도입이 서론에서 언급한 공간과 승객만족도 사이의 Trade-off를 해결할 수 있을 것이라는 결론을 얻을 수 있다.

승객의 연령층에 따른 선호도에는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 연령층이 감소함에 따라 선호도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 젊은 층의 승객들이 본 실험에서 평가한 여러가지 설계대안들에 대하여 비판적인 입장을 보인 것으로 파악할 수 있으며, 따라서 전반적인 선호도의 제고를 위해서는 젊은 층 승객들의 요구사항을 최대한 반영하는 것이 필요하다.

V. 결 론

새로 건설될 고속전철 내 객실 내장설계에 있어서 여러가지 설계대안에 대한 한국인 승객의 선호도를 연구하였다. 승객들은 착석

방향에 있어서, 열차의 진행과 같은 방향으로 앉아 여행하는 것을 후진의 경우보다 약 9배 정도 선호하는 것으로 나타났으며, 이는 승객의 안락감을 제고하기 위해서는 객실의자의 회전기능이 요구됨을 의미한다. 또한, 승객은 음악감상, 독서 및 비디오감상을 휴식을 취하는 것에 비해 각각 약 6배, 3배, 2배 정도 더 선호하는 것으로 나타나, 객실내장 설계중 오디오 및 비디오 설비가 필수적임을 보이고 있다. 이러한 승객 선호도의 추세는 어느 특정 연령층에 국한된 것이 아니라 모든 연령층에서 동일하게 나타났다. 본 연구에서는 제품 또는 주변환경에 대한 인간의 선호도를 단순 설문조사 기법인 Category Scaling 방법에 의하여 평가하지 않고 정량적 분석기법인 Magnitude Estimation을 이용하여 평가함으로써 제품설계 및 개발과정에 유용하게 사용될 수 있음을 밝혔으며, 정량적인 연구결과는 실제 고속전철 객실 내장설계의 주요 설계기준으로 사용될 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

[1] 곽지영, 박성준, 한성호, "Psychophysical Scale 적용시 오류에 관한 사례조사", 대한인간공학회 '93 추계학술발표대회 논문집. 1993.

[2] Ekman, G. and Künnapas, T., "Measurement of aesthetic value of 'direct' and 'indirect' methods", Scandinavian Journal of Psychology, Vol. 3, pp.33-39, 1962.

[3] Gescheider, G. A., Catlin, E. C., and Fontana, A. M., "Psychophysical measurement of the judged seriousness of crimes and severity of punishments", Bulletin of the Psychonomic Society, Vol. 19, No. 5, pp.275-278, 1982.

[4] Kemp, S., "Magnitude estimation of the utility of public goods", Journal of Applied Psychology, Vol. 76, No. 4, pp.533-540, 1991.

[5] K nnapas, T. and Wikstr m, I., "Measurement of occupational preferences : A comparison of scaling methods", Perceptual and Motor Skills, Vol. 17, pp.611-624. 1963.

[6] Lodge, M., Magnitude Scaling : Quantitative maesurement of opinions, Beverly Hills, CA : Sage, 1981.

[7] Moskowitz, H. R., Cosmetic Product Testing : A Modern Psychophysical Approach, New York, NY : Marcel Dekker, Inc., 1984.

[8] Stevens, S. S., "On the psychophysical law", Psychological Review, Vol. 64, pp. 153-181, 1957.

[9] Stevens, S. S., Psychophysics : Introduction to its perceptual, neural, and social prospects, New York, NY : John Wiley, 1975.

[10] Stevens, J. C., Mack, J. D., and Stevens, S. S., "Growth of sensation on seven continua as measured by force of handgrip", Journal of Experimental Psychology, Vol. 59, pp.60-67, 1960.

[11] Zwislocki, J. J., "Group and individual relations between sensation magnitudes and their numerical estimates", Perception and Psychophysics, Vol. 28, pp.460-468, 1983.