

운전자의 안락감 평가 방법

김선웅, 박세진

한국표준과학연구원 인간정보연구그룹

A Methodology for Driver's Comfort Evaluation

Kim Sun Woong, Park Se Jin

Ergonomics and Information Research Group, KRISS

Abstract

자동차 시트 시스템의 개발은 주요한 연구 과제가 되어 왔으며, 이러한 분야의 연구들은 일반적으로 두 개의 형태로 나누어지는데, 그 첫 번째는 자동차 시트의 위치나 인체 측정학적인 요구 조건에 대한 연구이고, 두 번째는 시트의 안락감 성능에 대한 연구이다. 본 연구는 후자인 시트의 안락감 성능을 평가하기 위한 방법론적인 접근을 하고자 한다.

안락감을 평가하는 방법으로는 크게 정성적인 평가방법과 정량적인 평가 방법이 있다. 과거에는 주로 정성적인 평가방법이 사용되었지만, 최근에는 정량적인 평가 방법들이 많이 개발되어 활용되고 있다. 따라서 이러한 평가 방법들을 체계적으로 분석해 봄으로써 각 방법들에 대한 장·단점을 이해하고 적절하게 활용하는 가이드라인을 제공하고자 하였다.

1. 서론

자동차는 교통수단의 제공뿐만 아니라, 레저 및 작업대상으로서 인간 생활과 매우 밀접하다. 국민의식이 향상되고 소비문화의 질적 고급화가됨에 따라 자동차 기술의 많은 발전에도 불구하고, 사용상의 불편함을 느끼는 소비자들이 늘고 있어 보다 쾌적하고 안락한 자동차가 요구되고 있다.

선진 외국의 경우 이러한 소비자들의 변화하는 욕구를 만족시키기 위해 끊임없는 연구를 수행하고 있지만, 국내의 경우에는 연구의 필요성에 대한 인식의 부족으로 인

해 연구가 미비한 실정이며, 수행되어온 연구 또한 선진 외국의 연구결과에 대한 답습에 불과했다.

하지만, 최근 들어 국내 기업들간의 경쟁이 아닌 선진 외국 기업과의 경쟁의 필요성이 부각되고 그들과의 경쟁에서 우위를 차지하기 위해 관련 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구는 안락감 성능에 대한 연구로 이에 대한 연구결과들을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

Corlett과 Bishop은 피실험자에게 불편함을 느끼는 신체 부위에 등급을 매기거나

비율을 주도록 하는 불편함에 초점을 두는 것이 더 좋은 방법이라고 하였다(Corlett and Bishop, 1998).

Wachsler와 Learner는 안락감과 매우 상관 관계가 있는 요인은 등과 엉덩이 부분의 안락감이라는 것을 밝혔다(Wachsler and Learner, 1960).

같은 결과가 최근 UMTRI(University of michigan transportation research institute)에서 수행한 Roadside Interview에서 보고되었다(Schneider and Ricci, 1989). 또한, 국내에서도 권규식과 김선웅이 수행한 연구에서 비슷한 결과가 보고되었다(권규식, 김선웅, 2000).

주관적 평가방법에는 신체 부위에 초점을 두는 것과는 달리 피실험자가 시트 특성에 대한 평가를 하는 방법도 있다. 하지만, 주관적 판단에서의 공통된 편기 현상이나 주관적 평가에서 피실험자들의 제한된 능력이 보고되었다. 따라서, 본 연구의 주관적 평가시에는 평가자의 판단이 비교적 용이하고 선호도가 아닌 감각의 강도를 척도로 하여 평가할 수 있는 방법들을 소개하였다.

또한, 이러한 주관적 평가 결과들을 객관적으로 입증하기 위한 연구들이 수행되어 왔는데, 그 중 가장 보편적인 방법이 체압 분포의 측정이다. 최근에는 각 나라마다 상이한 인체 치수 및 proportion에 의해 발생하는 불편함을 최소화하기 위해 인체 측정치를 이용하여 가상의 공간에서 인체 Modeling을 통해 Seat의 Dimension을 평가하는 방법들도 많이 수행되고 있다. 또한, simulator나 실제 차량을 운전할때의 안락감을 평가하기 위하여 EMG, ECG, EOG 등의 생리신호를 이용한 평가방법들이 안락감을 평가하기 위한 새로운 방법으로 이용되고 있다.

Dempsey는 시트 쿠션은 적당하게 신체 무게를 잘 배분해야 하며 쇼크와 진동을 흡수해야 하고 신체 무게의 75%가 엉덩이

에 의해 지지되며 특히 높은 체압이 좌골 결절의 25cm²에 집중되어 있다고 하였다.

자동차의 실내공간 및 시트의 레이아웃을 위해 마네킹, 실물모형 등이 제작되어 활용되고 있는데, 이들 마네킹은 요추곡선을 고려하지 않았기 때문에 실제 앉은 자세와 마네킹간의 차이를 피할 수 없다(Hubbard and Reynolds, 1984).

Bush 등은 각기 다른 형상을 가진 시트의 영향을 객관적으로 측정하기 위한 방법으로 근전도 측정기를 사용하였다. 정적인 상태에서 근육의 활동을 살펴보기 위한 실험을 수행하였고 이 근전도 신호를 분석함으로써 median frequency에서의 변화가 근육 피로도 측정을 위한 실행 가능한 수단임을 입증하였다.

따라서 본 연구에서는 이와 같은 연구 결과들을 토대로 자동차 시트의 안락감 평가 방법을 개발 하고자 한다.

2. 시트 안락감의 주관적 평가

2.1 동적인 상태에서의 주관적 평가

이 평가 방법은 불특정 다수의 운전자들이 느끼는 기존 시트의 불편 요인을 추출하기 위한 신체의 불편도 평가에 유용한 방법이다.

조사 방법으로는 도로상에서 운전중이거나 휴식중인 운전자들을 대상으로 인터뷰를 통해서 설문조사를 실시한다.

주로 신체 부위들의 불편 정도, 불편 부위, 피로 증상, 피로 원인 등의 장시간 운전에 의해 나타나는 증상이나, 부위, 원인 등을 파악하는데 적합한 방법이다.

불편함의 정도는 주로 5점 척도나 7점 척도를 사용하여 표현하도록 하는 것이 일반적이며, 3점 척도나 9점 척도도 가끔씩 사용하기도 한다.

조사는 대부분 장시간동안 운전을 하고 있는 운전자들을 대상으로 하기 때문에 고속도로 휴게소에서 이루어진다.

이 방법을 통해 운전자의 주요 신체 부위의 불편 정도와 불편 형태의 수준을 비교함으로써 기존 시트의 안락도에 대한 주관적 평가를 수행할 수 있다.

2.2 정적인 상태에서의 주관적 평가

Branton은 의자를 평가한다는 것은 사용자의 안락감이 아니라 의자의 안락도를 평가하는 것이며, 사용자는 의자에 대한 정보를 평가자에게 전달하는 유일한 경로임을 주지하였다. 그럼에도 불구하고 의자의 좋고 나쁨에 따른 직무 수행도의 변화를 탐지해내기는 극히 어렵다. 그러므로 의자 평가의 실질적인 대안은 안락도를 측정하는 것이다.

표 1. 시트의 안락도 평가 항목

구 분	평 가 항 목
좌 판	<ul style="list-style-type: none"> • 경도 • 형상의 적합성(깊이, 너비, 높이 등) • 대퇴 압박감 • 대퇴 측면 지지감 • Hip slidingrka • 이물감
등 판	<ul style="list-style-type: none"> • 경도 • 형상의 적합성(깊이, 너비, 높이 등) • 요추지지(높이, 깊이 등) • 측면지지(경도, 간격, 두께 등) • 등판과 몸의 일치성 • 복부 압박감 • 이물감
헤 드 레스트	<ul style="list-style-type: none"> • 경도 • 위치(높이, 머리와의 거리 등) • 각도 • 형상의 적합성
암 레스트	<ul style="list-style-type: none"> • 경도 • 위치 (높이, 팔과의 거리 등) • 형상의 적합성 (너비, 길이 등)

결국 의자의 안락도를 측정하기 위해서는 평가지를 작성해야 한다. 수많은 연구자들이 저마다 다른 형태의 평가지를 작성해서 의자의 평가를 하고 있지만, 대부분 표 1과 같은 평가 항목들을 포함하고 있다.

표 1과 같은 평가 항목들을 평가하기 위한 방법으로 의미·미분 척도법(semantic differential method)을 주로 사용한다. 그중 주로 사용하는 scale은 다음과 같다.

- 2점 척도(2 point scale : McLeod et. al., 1980) : comfortable/uncomfortable을 적당한 선으로 연결
- 3점 척도(2 point scale : Grandjean et. al., 1973) : uncomfortable, medium, comfortable의 3개로 구분
- 7점 척도(7 point scale : Shvartz et. al., 1980) : extreme discomfort에서 extreme comfort까지를 7 단계로 구분
- 11점 척도(11 point scale : Shackel et. al., 1969) 11개 문장으로 나누어짐 approximately equal interval scale

위에서 언급한 체크 리스트 중 2점 척도나 3점 척도는 평가자의 판단이 용이하고 패널 선정에 있어 큰 제약을 받지 않는다는 장점이 있으나, 척도간 대소 관계만 정의될 뿐 비례적 관계는 존재하지 않고 통계 분석에 있어 비모수 검정(non-parametric test) 밖에 할 수 없기 때문에 정량화에 제약이 따른다.

반면에 7점 척도나 11점 척도는 척도간에 대소 관계뿐만 아니라 비례 관계도 성립하므로 비모수 검정과 모수 검정(parametric test)을 둘 다 해볼 수 있다는 장점이 있으나 평가자가 판단하는데 있어서 어려움이 많고 고도로 훈련된 패널 요원이 선정되어야 한다는 단점이 있다.

이러한 각 척도가 갖는 장점과 단점을 보완하기 위하여 최근에는 5점 척도가 많이 활용되고 있다.

3. 시트 안락감의 객관적 평가

주관적 평가는 단지 평가자 개인의 감성에 의존할 수밖에 없으므로 이러한 주관적 평가를 객관적으로 정량화할 필요성이 분명히 있다.

최근들어 시트 안락감의 정량화를 위해 주로 사용하는 평가 방법에는 체압분포의 측정, 인체 모델링을 통한 seat dimension의 검토 및 생리신호를 측정하는 방법이 있다.

3.1 체압 분포의 측정

체압분포에 대한 오랜 연구에도 불구하고 시트 특성들(침수, 각도, 곡면, 쿠션강도, 커버재료)과 운전자 특성들(몸무게, 신체굴곡, 근육 구성) 같은 요인들이 주어졌을 때 어떤 형태의 체압분포가 최적인지는 아직 알려지지 않고 있다. 그러나 일반적인 guideline들이 추천되고 있다.

시트쿠션은 적당하게 신체무게를 잘 배분해야하며 쇼크와 진동을 흡수해야한다. Drummond 등은 신체무게의 18%가 각 좌골결절에 분포된다는 것을 밝혔다. 이 부하는 동맥을 통과하는 혈액순환을 방해하기에 충분하며 결과로 통증, 마비, 고통을 야기한다. 따라서 체압분포가 시트안락감에 영향을 미치는 가장 중요한 요인들 중의 하나로 여겨져 왔다.

실제로 체압분포를 측정하는 것은 쉽지 않다. 그동안 많은 연구자들이 다양한 방법을 이용하여 체압분포를 측정하였다. Thier는 인간과 비슷한 질량 분포를 갖고 있는 strain gauge를 장착한 더미(Comfort-Oscal)를 사용하여 체압분포를 측정하였다(Their, 1963). Herzberg는 pediscope를 사용하여 엉덩이 밑부분의 최대 부하가 걸리는 부분을 측정하였고(Herzberg, 1972). Drummond 등은 체압분포도를 작성하기 위해 64개 strain gauge transducer들로 구성된 microcomputer-based pressure scanner를 개발하였는데 strain gauge transducer들이 깨지기 쉬운 단점이 있었다(Drummond et al., 1982). 그리고 최근에 Reed 등이 Force Sensing Resistor라 불리는 얇은 박막형 polymer 필름장치를 이용하여 개략적인 체압분포측정을 보여주었다.

기존의 체압분포측정 연구들에서 나타난 여러 문제점들이 표 2에 나타나 있다.

국내의 경우, 이들 문제점을 최대한 해결하기 위해 한국표준과학연구원에서 개발한 새로운 체압분포측정 시스템인 FBPM(Flexible Body Pressure Mat) 시스템이 자동차 회사, 시트 제조회사, 대학교, 연구원 등에서 주로 사용되고 있다(김철중 등, 1992).

표 2. 체압분포측정 연구들의 문제점 및 보완점

문 제 점	보 완 점
Pressure distortion	thin, flexible sensor body required
Resolution	sensitivity of measurement
Reliability	robustness of data acquisition and storage
Portability	on-site measurement
Usability	user interface of data display & manipulation

3.2 Human modeling을 통한 seat dimension에 대한 안락감 평가

SAFEWORK 등과 같은 Human modeling software는 다양한 기하학적인 형태를 결합하여 주어진 환경을 구성하고, 여기에 인간의 신체 특성이 충실히 반영된 마네킹을 생성시켜 주어진 환경과 인간과의 관계를 분석할 수 있다. 이들 software의 마네킹은 대부분 인간의 모든 치수와 형태학상의 윤곽뿐만 아니라, 신체의 유동성, 기능적 제한도 충실히 반영하며, 각 관절의 모든 운동은 사실성에 입각하여 제한되어 있다. 또한, 각 관절이 서로 복합적으로 연관되어 움직이는 역기구학에 기초하여 움직이기 때문에 실제 인간의 움직임과 비슷하게 조작 가능하다.

따라서 이러한 software를 이용함으로써 기존의 마네킹이나 실물모형 제작에 필요한 시간과 예산을 절약할 수 있으며, 특히 인간의 신체 특성과 유사한 software의 마네킹을 이용하여 각 나라 사람의 체형에 맞는 쾌적한 운전좌석에 대한 3차원 모델링을 할 수 있으며, 특히 인간의 신체 특성과 유사한 마네킹을 이용함으로써 보다 사실적이고 효과적으로 인간과 환경을 모델링 할 수 있다.

3.3 생리신호 측정에 의한 주행 안락감 평가

감성측정의 자연 과학적 수법으로서 중요한 것은 객관성과 재현성이 보증되는 것을 전제로 定量的 해석을 할 수 있다는 것이다.

인간의 감성 상태를 객관적으로 파악하려는 생리학적 계측에 있어서는 EMG, ECG, EOG, EEG, 유발전위(Eps), GSR, plethysmogram 등에 의한 생체내 물질의 검출, 계량 등 수많은 실험이 실용화 단계에 이르렀다.

이러한 신호들은 그 동안 인간공학의 작업부하 평가나 심리학 등의 분야에서 유용

한 지표로서 사용되어 왔다. 그러나 아직까지 감성 평가분야에서는 뚜렷한 연구결과를 내지 못하고 있는 실정이다. 이는 감성의 구조와 발생 과정에 대한 명확한 규명이 아직 되지 못했고, 또한 생리적 신호 변화를 측정하는 기술의 한계 때문이라고 할 수 있다.

3.3.1 근전도

근전도는 인체의 근섬유에서 발생하는 신호로서 근육에서 발생하는 전기적인 활동을 측정하는 것이다. 근전도의 크기는 보통 0~10mV(peak to peak), 0~1.5mV(r.m.s)로 알려져 있다. 근전도의 활동치를 보기 위해서 가장 널리 사용되는 것으로 주파수 분석을 사용한다. 근전도의 주파수 범위는 보통 0~500Hz이며, 주요한 정보는 50~150Hz에 집중되어 있으므로 보통 근전도를 이용한 주파수 분석에는 위와 같은 대역만 통과시켜 관찰하게 된다.

근전도를 통해서 우리가 알 수 있는 정보는 여러 가지가 있다. 그중 가장 기본적인 정보는 근육이 활동중이거나 특정시간에 언제 근육이 on-off 되었는지를 아는 것이다. 근전도의 값이 문턱치값을 넘은 시점을 근육이 움직인 때라고 본다.

근피로도 분석에 있어서의 제한점이 있다. 근피로도에는 특정부위의 근육을 관찰하는 방법으로 많이 사용되지만 여기에는 몇 가지 제한점을 가지게 된다. 그 이유는 먼저 피로라는 용어 자체의 정의가 불분명하며, pain tolerance, motivation, synergic accommodation 등의 요소를 고려하지 않게 되며, 근전도의 주파수 분석은 짧은 시간동안의 수축을 분석하는 것으로 장시간동안의 근수축에 대한 분석은 효과적이지 않다는 점 등을 들 수 있다. 하지만, 근래에 들어서 사용되는 Wavelet, time-frequency 등의 분석방법을 사용하면 장시간의 걸친 근전도 주파수 분석을 할 수 있다.

3.3.2 심전도

심전도는 심방근육의 연속적인 전기 분극 작용에 의한 결과로 인체 표면에 부착하는 전극을 통해서 검출되며 P, Q, R, S, T 라는 이름으로 명명한다.

심전도의 분석에는 파형 성분의 위치와 시간 간격을 매우 중요한 자료로 사용한다. 여기서 위치라 함은 심전도의 파형 성분인 P, Q, R, S, T의 출발점, 첨두치, 끝점 등을 말한다. 시간 간격이란 어떤 파형 성분의 출발점에서 끝점까지의 간격을 말하게 된다.

심전도 신호의 해석에는 다음과 같은 몇 가지 단계가 있다. 먼저 인체로부터 생체신호 획득, 잡음 제거, 기준점 설정(QRS detection), 특징점 추출, 패턴분류 등의 단계로 구분될 수 있다. 그 중에서도 QRS complex의 검출은 가장 기본이 되며 중요한 단계이다. QRS complex의 R-point를 검출하고 R-R 간격을 구해서 얻은 HRV(heart rate variability)를 통해 인체의 신경계의 변화를 파악하기도 한다.

4. 결론 및 토의

본 연구의 목적은 자동차 시트의 안락감을 평가하는 방법을 정립하고자 하였다.

따라서 평가 방법을 정량적인 방법과 정성적인 방법으로 분류하여 각각의 평가 항목에 대한 정의, 평가 요인, 분석 방법 등에 대해 알아보았다.

본 연구에서 다룬 방법들은 자동차 시트의 안락감 뿐만 아니라, 운전 자세, 승차·피로도 등을 평가하는데도 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

5. 참고문헌

1. Corlett, E.N. and Bishop, R.P., "A technique for assessing postural discomfort", SAE paper, No. 980653,

- 1998.
2. Wachsler, R.A. and Learner, D.B., "An analysis of some factors influencing seat comfort", *Ergonomics*, Vol. 3, pp. 315-320, 1960.
3. Schneider, L.W., and Ricci, L., "Survey of driver seating discomfort and related factors", University of Michigan Transportation Research Institute, Report No. UMTRI-89-23, 1989.
4. Hubbard, R.P., and Reynolds, H.M., "Anatomical geometry and seating", SAE Paper, No. 840506, 1984.
5. Thier, R. "Measurement of Seat Comfort", *Automobile Engineer*, Feb, 1963.
6. H. T. E. Hertzberg, "The Human Buttocks in Sitting: Pressure, Patterns, and Palliatives", *SAE Paper*, No. 720005, 1972.
7. D. S. Drummond, "A Study of Pressure Distributions Measured During Balanced and Unbalanced Sitting", *Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol. 64(A), pp. 1034-1039, 1982.
8. 김철중, 이남식, 박세진, 김창범, 김충웅, 이상춘, "자동차용 시트의 체압분포 측정기 개발 및 측정기술 개발", 한국표준과학연구원, KRISS-92-149-IR, , 1992.
9. 권규식, 김선웅, "자동차 피로 요인에 관한 연구", 2000 산업경영시스템학회 추계 학술대회 논문집, 2000.