

▣ 응용논문

동작분석을 이용한 카 오디오 위치 평가
Car-audio Position Evaluation
Using 3-Dimensional Motion Analysis

임 창 주*

Lim, Chang-Joo

임 치 환**

Lim, Chee-Hwan

ABSTRACT

Usability has become a primary factor in determining the acceptability and consequent success of consumer product. It is common that the product usability is evaluated by objective performance measures and/or subjective user preference measures. This study is concerned with objective evaluation of the product usability using 3-dimensional motion analysis. We evaluated car-audio position using 3-dimensional motion analysis. The parameters investigated in this experiment were height of car-audio, left-right angle, and front-end angle. The experimental results showed that the usability evaluation method using motion analysis was consistent with user's subjective assessment. This objective method can be applied to not only car-audio position evaluation but also various consumer products' usability evaluation.

1. 서론

1.1 연구의 배경

최근 들어 자동차는 일상 생활에 없어서는 안 되는 하나의 필수품으로 자리 잡아 가고 있다. 이와 더불어 자동차 안에서 보내는 시간이 길어지게 되었고, 따라서 자동차는 단순히 운전을 목적으로 하는 것이 아니라 운전자의 쾌적한 환경을 위해 여러 부가 장치들을 가지게 되었다. 이러한 장치 중에서 가장 대표적인 것은 카 오디오이다. 요즘 자동차 운전자중에는 자동차의 성능이나 디자인 이외에도 카 오디오의 음질이나 디자인을 중시하는 사람들이 많아지고 있으며, 보다 성능 좋은 카 오디오를 구입해서 장착하기도 한다.

경찰청의 통계에 의하면 고속도로에서 일어나는 자동차 사고의 30% 이상이 운전자의 전방주시 태만이 원인이라고 한다. 운전자는 운전 중에 운전 이외에 여러 가지 행동을 하게 되며,

* 한국과학기술평가원

** 서원대학교 경영학부

이 경우 전방주시 태만이 발생하게 된다[1]. 먼저 어떤 경우에 전방주시 태만이 발생하는지를 생각해 보자. 담배불을 붙이기 위해 라이터를 켜는 경우를 들 수 있다. 또 라디오 방송을 듣기 위해 다이얼을 맞추는 일도 있을 것이고, 테이프나 CD 등을 집어넣는 카 오디오 조작 등도 있을 수 있다. 대화에 열중해 옆 좌석이나 뒷좌석으로 고개를 돌리면서 운전하는 일도 일어날 수 있다. 그리고 장거리 운전을 할 때 균것질을 하는 경우에도 앞에 펼쳐지는 상황을 충분하게 확인 못하는 경우도 있다.

이러한 전방주시 태만은 운전자의 의도적인 행동에 의해 비롯된다. 따라서, 자동차 사고를 줄이기 위해서는 운전자로 하여금 전방 주시를 게을리 하지 않을 수 있는 환경, 즉 운전자가 운전 중 의도한 행동을 쉽고, 편하게 할 수 있는 환경을 제공해야 할 필요성이 있다.

1.2 연구의 목적 및 의의

제품의 사용편의성에 대한 연구는 인간 중심의 제품이나 환경을 만들고자 하는 인간공학 분야에서 많이 이루어 졌으며 인간공학적 고찰을 통해서 향상될 수 있다. 제품이 사용자에게 얼마나 적합하게 설계되었는지 객관적으로 평가하기 위해서는 사용자의 동작을 분석하는 것이 필요하다[2].

즉 제품을 사용할 때 부하(Stress)를 과중하게 받는 자세가 많은 상황이나 자유 동작 영역¹⁾의 범위를 벗어나는 조종 장치가 있는 경우, 인체의 동작을 분석해서 보다 객관적이고 정량적인 자료를 얻어 물리적인 사용편의성 평가에 응용할 수 있다[3].

이 연구의 목적은 카 오디오를 대상으로 하여, 각기 다른 높이 수준, 좌우각, 전후각을 가지는 카 오디오의 위치를 카 오디오를 조작하는 운전자의 3차원 동작 분석을 통해 운전자가 조작이 편리하도록 정하는 것이다. 운전자에게 조작이 편리한 카 오디오의 위치를 결정함으로써 운전자의 운전 중 카 오디오 조작을 위한 시간과 노력을 줄일 수 있도록 해 주고, 전방 주시 태만으로 비롯되는 사고도 줄일 수 있을 것이다[5].

2. 운전자 우수(右手)의 파악한계

2.1 실험 개요

운전자세에서 운전자의 파악 한계를 측정함으로써, 카 오디오가 위치할 수 있는 범위를 찾아낸다. 이를 통해 카 오디오의 최적 위치를 결정할 수 있도록 한다. 본 실험에서는 운전자의 등판 각도에 따른 파악한계를 살펴보고 핸들과 시트간의 거리는 고정시켰다.

2.2 실험 장비

본 실험에서는 운전자의 파악 한계를 3차원 상에서 측정하기 위하여 3차원 동작 분석 시스템인 Vicon140™을 이용하였다. 마커 추적을 위해서 4대의 카메라를 이용하였으며, 60Hz로 데이터를 포집하였다.

2.3 피실험자

본 실험에서는 남자 4명을 대상으로 운전자의 파악 한계 측정을 실시하였다. 피실험자에 대한 인체측정 자료(anthropometric data)는 <표 1>과 같다.

2.4 실험 방법

3단계(각 75°, 90°, 115°)로 의자의 등판 각도를 설정하고 이에 대해 각 피실험자가 운전 자세로 시트에 앉아 오른손을 뻗어 자유롭게 움직이게 하였다. 의자와 피실험자 몸에 마커를 부

착하여 이를 Vicon140™ 시스템을 이용하여 좌표를 추적하였다.

<표 1> 피실험자 인체측정 자료

피실험자	나이(년)	신장(cm)	앞으로 뻗은 팔길이(cm)
1	23	169.3	77.4
2	23	180.2	79.9
3	22	176.1	78.1
4	29	183.0	80.6
평균	24.25	177.15	79
표준편차	3.20	5.95	1.50

2.5 실험결과

4명의 피실험자 모두 시트의 등판 각도가 커짐에 따라 파악 한계가 작아지는 경향이 있었는데 이는 시트의 등판 각도가 커짐에 따라 운전자 자세가 뒤로 젖혀지기 때문이다. 3가지 등판 각도 중에서 피실험자들이 선호한 등판 각도는 115°이었다. 3가지 등판 각도에 따른 피실험자 4명의 파악 한계는 <표 2>와 같다.

본 연구에서 운전자의 우수의 파악한계는 카 오디오가 위치할 수 있는 범위를 대략적으로 찾아내기 위한 예비 실험이다. 보다 정확한 파악한계를 위해서는 한국인의 표준체형 분포에 따라 이를 대표할 수 있는 피실험자의 선정이 필요하고 Control Type 에 따라 Finger Tip, Thumb Tip 의 치수를 적용시켜야 할 것이다.

<표 2> 등판 각도별(75°, 90°, 115°) 운전자의 파악 한계 (단위 mm)

등판각도 피실험자	75°	90°	115°	비고
1	850-950	770-880	650-750	시트 우측면 기준 우측으로 0-50° 범위
2	940-1070	900-1000	660-780	
3	900-1060	880-990	640-770	
4	930-1050	920-1000	650-800	

각 피실험자별과 등판 각도별로 파악 한계가 많은 차이를 보였는데, 이는 피실험자의 신체 조건과 시트 등판 각도에 따른 자세의 차이에 기인한 것이다. 또한 한 등판 각도에 대해서 피 실험자의 파악 한계는 일정한 값이 아닌 일정 범위의 값들을 나타내는데, 이는 손끝 높이에 따 른 파악 한계의 변화 때문이다.

이러한 결과에서 운전자 자세와 운전자 신체 조건에 따라 파악 한계가 일정하지 않고 그 차 가 크다는 것을 알 수 있다. 이는 운전자 자세와 신체 조건을 고려한 카 오디오 위치 선정이 필요함을 말하는 것이다[4]. 따라서, 카 오디오의 최적 위치를 결정하기 위해서 위의 실험 결과

를 바탕으로 운전자의 파악 한계 내에서 카 오디오의 위치 범위를 정한다.

본 실험에서는 피실험자 선정에 있어 한국인의 표준 체형 분포에 따라 이를 대표할 수 있는 피실험자 집단의 선정이 필요하며, 높이·거리 수준 별로 오디오의 위치를 선정하여 그 최적 위치를 결정해야 할 것이다.

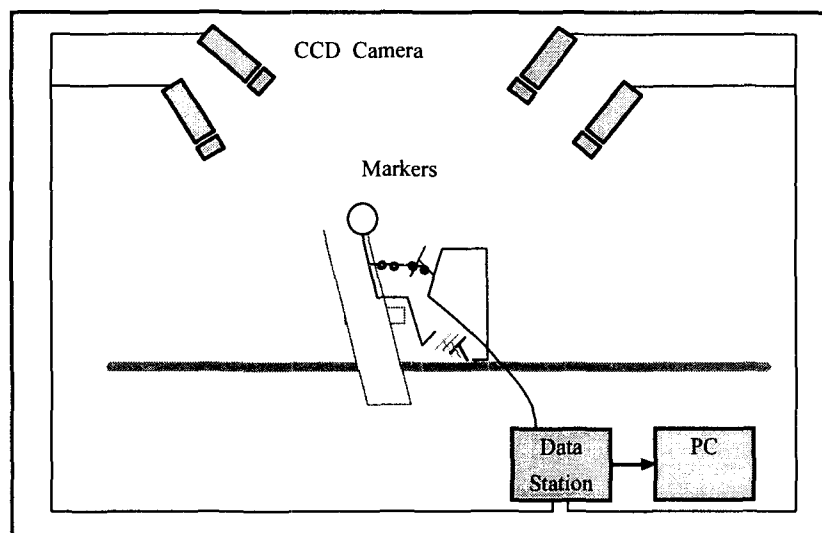
3. 카 오디오 위치 평가 실험

3.1 실험개요

본 실험은 카 오디오의 높이, 전후각, 좌우각의 크기가 운전자의 카 오디오 조작 시 운전자의 동작에 어떤 영향을 미치는지 알아보고 운전자에게 적합한 카 오디오의 위치를 제안하는데 그 목적이 있다. 운전자의 카 오디오 조작 동작을 평가하기 위해 운전자의 우측 팔에 마커를 부착하고, 3차원 동작 분석 시스템인 Vicon140™을 이용하여 어깨 관절각, 팔꿈치 관절각, 손목 관절각과 어깨의 움직임 추적을 하였다.

3.2 실험장비

본 실험에서 운전자의 오디오 조작 동작을 3차원 상에서 측정하기 위하여 3차원 동작 분석 시스템인 Vicon140™을 이용하였다. 피실험자 몸에 마커를 부착하고, 마커 추적을 위해서 4대의 카메라를 이용하였으며, 60Hz로 데이터를 포집하였다.



<그림 1> Vicon140™ 시스템

Vicon140™ 시스템은 3차원 동작 측정 시스템으로 <그림 1>과 같이 추적하고자 하는 인체의 주요 부위에 마커(marker)를 부착함으로써 인체의 동작을 추적한다. 이 때 3차원 위치값을 얻기 위해서는 이론적으로 2대 이상의 카메라가 필요하며(현재 4대의 카메라 보유), 인체의 움직임을 방해하지 않기 위해 적외선 조명이 부착된 카메라와 적외선을 반사하는 재질로 이루어진 마커를 사용한다.

3.3 피실험자

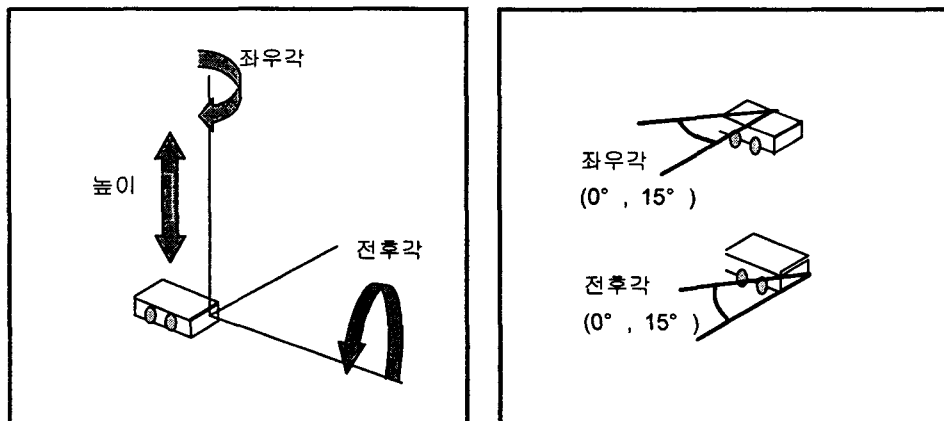
본 실험은 총 8명의 남자 피실험자를 대상으로 하였다. 피실험자의 연령은 21~27세(평균 24.25세) 사이에 분포하며, 피실험자는 모두 운전면허증을 가지고 있으며, 운전이 지장이 없는 정상인이다.

3.4 실험방법

본 실험은 카 오디오의 높이, 좌우각, 전후각이 카 오디오를 조작하는 운전자의 동작에 미치는 영향을 알아보고, 이를 통해 운전자가 조작하기 편한 카 오디오의 위치를 결정하는 것을 목적으로 한다. 운전자의 카 오디오 조작 동작을 평가하기 위해 운전자의 우측 어깨, 윗팔, 아랫팔, 손등에 각 2개씩 총 8개의 마커를 부착한 후, 각 관절간의 각도와 어깨 움직임의 평가척도(Measure)로 사용하였고, 설문조사를 통한 주관적 평가도 같이 실시하였다. 본 실험에 사용된 변수들은 다음과 같다.

- 독립변수
 - 카 오디오의 높이 3수준
 - 좌우각 2 수준
 - 전후각 2 수준
- 종속변수
 - 손 및 팔의 관절각
 - 어깨 움직임
 - 주관적 척도(7-point likert-scale 설문지 작성)

본 실험은 총 12가지의 실험 조건(3×2×2)을 2회 반복한 Full Factorial Design으로 실행하였으며 피실험자에 대해서는 블럭화(Blocking)를 하였다. <표 3>은 12가지의 실험조건을 표로 나타낸 것이다. <그림 2>에서는 좌우각, 전후각에 대한 정의를 나타내었다.



(a) 높이, 좌우각, 전후각

(b) 좌우각, 전후각 실험 조건 수준

<그림 2> 카 오디오의 높이, 좌우각, 전후각의 정의

운전자의 손, 팔의 관절각을 구하기 위해 우측 어깨, 윗팔, 아랫팔, 손등에 각 2개씩 총 8개의 마커를 <그림 3>과 같이 부착한 후, 팔을 곧게 편 상태에서 기본각을 측정하였고, 이후 실험에서 얻은 관절각을 기본각을 이용해 보정해 주었다

<표 3> 실험 조건

독립변수		높이(cm)		
		40	50	60
좌우각 (degree)	0	1	5	9
	15	2	6	10
전후각 (degree)	0	3	7	11
	15	4	8	12

3.5 실험절차

먼저, 피실험자가 실험의 목적 및 내용을 충분히 숙지하도록 교육하였으며, 카 오디오 조작에 익숙해지도록 충분한 연습을 하게 하였다. 이후 정해진 위치에 마커를 부착한 후, 본 실험을 실시하였으며 실험 중 피실험자가 피곤을 느낄 때에는 충분한 휴식을 취하도록 하였다. 실험에 주어진 직무(task)는 각 실험 조건하에서 피실험자가 카 오디오를 조작해 FM 주파수를 맞추는 것이며, 피실험자는 실험을 끝낸 이후에 각 실험조건에 대해 7점 척도(7-point likert-scale, 7: 가장 선호)로 평가하는 설문지를 작성토록 하였다. <그림 3>은 실제 카 오디오 위치 평가를 위해 피실험자가 마커를 부착하고 카 오디오를 조작하는 동작을 보여준다.



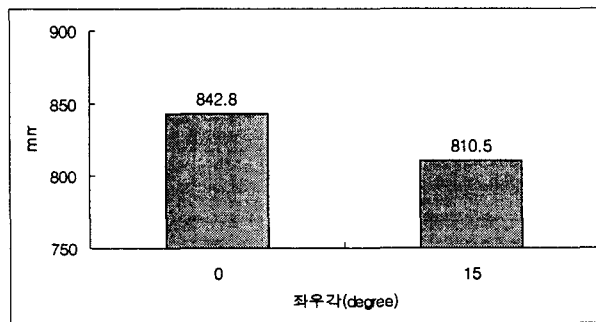
<그림 3> 카 오디오 위치 평가 실험 그림

3.6 실험결과

본 절에서는 전체 피실험자의 평균 관절각과 어깨움직임을 그래프로 나타내고 각 요인의 효과를 규명하기 위해 분산분석을 시행하였다. 평균 관절각은 어깨 관절각, 팔꿈치 관절각, 손목 관절각을 구하였으며, 어깨 움직임을 함께 고려하였다. 전체 피실험자들을 대상으로 한 분산분석 결과에서 유의한 영향이 있다고 분석된 요소들을 정리해 보면 <표 4>와 같다.

<표 4>에서 보는 바와 같이 카 오디오의 위치가 어깨의 관절각에 유의한 영향을 미치지 않음을 알 수 있는데, 이는 피실험자 간의 개인차가 심한 것이 그 원인으로 생각된다. 따라서, 개인차로 인해 결과치들이 서로 상쇄되는 것을 막기 위해 피실험자들을 앞은 어깨 높이별로 <표 5>와 같이 4명씩 두 그룹(S-앞은 어깨 높이가 작은 그룹, L-앞은 어깨 높이가 큰 그룹)으로 나누어 피실험자 그룹과 카 오디오의 높이가 어깨 관절에 미치는 영향을 분석하였다.

<그림 4>는 카 오디오의 좌우각에 따른 어깨 움직임의 변화를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 좌우각이 클수록 어깨 움직임이 작다는 것을 알 수 있다.



<그림 4> 오디오 좌우각에 따른 어깨 움직임

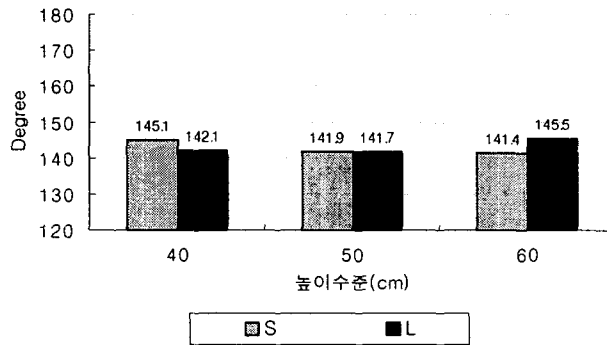
<표 4> 분산분석 결과

종속변수	독립변수	F Value	유의수준
어깨 관절각	.	.	.
팔꿈치 관절각	카 오디오의 높이	24.17	0.05
	카 오디오의 좌우각	11.46	0.05
손목 관절각	카 오디오의 전후각	7.05	0.05
어깨 움직임	카 오디오의 좌우각	10.49	0.05

<표 5> 피실험자의 앞은 어깨 높이별 그룹화 (단위: cm)

피실험자 그룹	평균 앞은 어깨 높이	그룹내 피실험자들의 앞은 어깨 높이
S	61.3	59.2, 60.9, 62.2, 63.0
L	66.3	64.1, 65.4, 66.9, 68.8

다음 <그림 5>는 피실험자의 그룹과 카 오디오의 높이에 따른 어깨 관절각을 그래프로 나타낸 것이며, <표 6>은 이들의 분산분석 결과이다.



<그림 5> 피실험자 그룹과 카 오디오 높이 수준별 어깨 관절각

<표 6> S그룹의 어깨 관절각의 피실험자 그룹간 분석

Source of variation	DF	F Value	Pr > F
카 오디오의 높이(1)	2	0.63	0.5354
피실험자 그룹(2)	1	0.61	0.4366
Interaction[(1)×(2)]	2	0.15	0.8597

이상의 결과에서 어깨 관절각에 영향을 미치는 요소 중에서 피실험자 그룹간에는 유의한 차이가 존재하지 않음을 알 수 있다. 즉, 피실험자 개인차를 고려해도 유의하지 않음을 알 수 있다. 이는 카 오디오 높이 수준간 차이가 작기 때문에 어깨 관절각의 크기에 큰 영향을 주지 못하기 때문이라 생각되고, 따라서 작은 높이 수준범위에서는 어깨의 관절각이 좋은 척도로 사용될 수 없음을 의미한다.

설문지를 통한 주관적 평가와 실험을 통해 유의한 영향을 미치는 것으로 나타난 종속변수 중 팔꿈치 관절각과의 관계는 <표 7>과 같다.

<표 7> 주관적 척도와 팔꿈치 관절각과의 관계

		팔꿈치 관절각(degree)	주관적 선호도
높이 수준 (cm)	40	159.6	3.5
	50	147.9	4.8
	60	136.0	5.8
좌우각 (degree)	0	152.5	4.1
	15	143.2	5.3

4. 결론

지금까지 카 오디오의 위치 평가를 위해 카 오디오의 높이, 좌우각, 전후각 수준별로 카 오디오를 조작하는 운전자의 관절각과 어깨움직임이 어떠한 영향을 받는지 실험을 통하여 평가해 보았다. 여기에서 카 오디오를 조작하는 운전자의 관절각과 어깨움직임은 3차원 동작분석기를 통하여 측정하였다.

카 오디오의 조작시 팔꿈치 관절각의 변위가 크지 않을수록, 어깨의 움직임이 작을수록, 손목각의 변위가 크지 않을수록 운전자에게 부하가 적게 걸린다고 가정할 때, 카 오디오의 높이 수준은 60cm, 전후각 15°, 좌우각 15° 일 때 최적의 위치라고 할 수 있다. 또 설문지를 통해 실시한 주관적 평가 결과를 살펴보면, 피실험자들은 카 오디오의 높이수준이 60cm, 전후각 15°, 좌우각 15° 일 때를 선호하고 있다. 이는 피실험자의 동작분석을 통해 살펴본 객관적이고 정량화된 척도라고 할 수 있는 관절각과 어깨 움직임의 결과와 대체로 일치함을 알 수 있다. 이상의 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1) 설문지를 통한 주관적 선호도와 관절각과의 관계로부터 관절각을 사용편의성 평가의 척도로 사용할 수 있다.

2) 실험에서 설정한 조건 중에서 카 오디오의 전후각 15°, 좌우각 15°, 높이 60cm 수준일 때 최적임을 알 수 있다.

본 연구에서는 카 오디오의 위치 평가를 위해 높이 3수준, 전후각 2수준, 좌우각 2수준에 대해서만 실험을 실시하였다. 하지만, 보다 정밀하고 정확한 평가방법을 개발하기 위해서는 추후에 보다 다양한 높이 수준과, 전후각, 좌우각 수준 및 카오디오의 전후 위치 등에 대해서 실험이 이루어져야 할 것이다. 또, 운전자의 앉은키·앉은 어깨 높이 등과 카 오디오 높이 수준과의 관계를 규명하는 실험이 필요하다.

본 연구의 결과는 향후 카 오디오를 설계하는데 간접적인 자료로 사용될 수 있을 것이다. 본 연구에서 제안한 신체 관절각, 특히 팔꿈치 관절각과 어깨 움직임을 이용한 카 오디오 평가 방법은 설문지를 통한 주관적 평가방식과 함께 카 오디오 디자인에 대한 정량화된 평가를 가능하도록 해 주기 때문에 추후 카 오디오를 디자인하고 평가하는 기본 척도로써 사용될 수 있을 것이다. 이러한 방법은 카 오디오 뿐 아니라 특정 작업 공간을 가지는 상황에서 다루어야 하는 다른 많은 제품, 조작기구 등의 사용동작평가에도 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 경찰청, 교통사고 조사자료, <http://www.police.go.kr>, 1997
- [2] Charles, R. K., "The Measurement of Tracking Proficiency", *Human Factors*, 11(1): 43-64, 1969.
- [3] Murray, M. P., Seireg, A., and Scholz, R. C., "Center of gravity, center of pressure, and supportive forces during human activities", *Journal of Applied Physiology*, 23(1): 831-838, 1967.
- [4] Sugano, H., and Takeya, T., "Measurement of body movement and its clinical application", *The Japanese Journal of Physiology*, 20: 296-308, 1970.
- [5] 3차원 동작분석을 이용한 제품의 사용성 평가방법 개발 연구보고서, 한국표준과학연구원, 1997.