Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 25, No. 1 pp.27-33, February 2006

다변량 통계기법을 활용한 표준 운전자세의 도출*

박 성 준[1]

[1]남서울대학교 산업경영공학과

Estimation of Driver's Standard Postures by a Multivariate Analysis Method

Sungjoon Park[1]

[1]Department of Industrial and Management Engineering, Namseoul University, Cheonan, 330-707

ABSTRACT

The package layout of a vehicle is very important to the driver's postural comfort. It considers human body characteristics of drivers and passengers, and uses the anthropometric data on driver's posture. Especially, since the human bodies were scanned in Size Korea project, three-dimensional human shape data have been considered the useful data in vehicle design stage. The proper driver's postural data are necessary in order to apply three-dimensional human data or ergonomic human models to package layout. Traditional postural data were provided to each joint angle individually, such as elbow angle, shoulder angle, hip angle, and knee angle. However, it is not appropriate to account for the human posture because the limbs move in coupled with each other. In the study, some whole-body posture were derived by multivariate statistical analysis to develop driver's standard posture, which may be used for reference data in application of human model software or human shape data in CAD environment. From the clustering analysis five whole-body postures were classified for the driver's representative posture. This study demonstrates that the combination of the most frequent angles of each joint can not explain the driver's actual posture in car, and that the joint angles must be considered together as a whole-body posture. It is expected that this study is helpful for the package layout designer to understand the driver's posture and to apply the human shape data to vehicle design.

Keyword: Driver's Posture, Multivariate analysis, Clustering

1. 서 론

자동차 산업의 발전으로 인하여 국내에서 개발되는 차량들이 점차 고급화 되어가고 있으며, 고객의 수요 역시 사용편의성, 안락감 등이 개선된 고급차 위주로 수요가 바뀌어가고 있다. 특히, 외국 선진 차량들의 수입이 보편화됨에 따라 한국인의 인체특성을 차량 설계에 반영함으로써 내수 시장에서의 우위를 확보하기 위한 자동차 업계의 노력이 가속화되고 있다.

차량개발 시 인체특성을 반영하기 위해서는 운전자에 대한 형상 데이터가 필요하며, 국내에서는 Size Korea 사업을 통하여 한국인의 인체 형상 데이터가 측정되었다. 인체의 길이, 너비 데이터 등 2차원적인 인체 자료만을 측정한 기존의 인체치수조사사업과는 달리 2003년도에 처음 실시된 Size Korea 사업은 한국인에 대한 3차원 형상 데이터를 측정함

*본 연구는 2005년도 남서울대학교 학술연구비 지원과제임.
교신저자: 박성준
주 소: 330-707 충청남도 천안시 성환읍 매주리 21, 전화: 041-580-2204, E-mail: sjpark@nsu.ac.kr

으로써 CAD 환경에서 인체 데이터를 직접 제품개발에 활용할 수 있도록 하였다. 자동차 개발의 경우 인체 형상 자료를 통하여 Steering Wheel, Gear-shift Lever 등 각종 기기 배치에 대한 적합성 평가, 승하차의 편의성 및 간섭 문제 검토와 같은 다양한 인간공학적 평가가 가능하며, 또한 형상 특징을 반영하여 좌석(seat)의 쿠션 형상을 설계하는 등 활용분야가 넓다고 하겠다. [그림 1]은 자동차 설계 시의 인체 형상 자료 활용의 예를 보여주고 있다. 위의 그림은 차량의 종류에 따라 조종장치의 배치가 어떻게 변화하여야 하는 것인가를 평가하는 예이며, 아래의 그림은 후석 승하차 시 신체 각 부위와 차량 구조간의 간섭 문제를 평가하여 탑승의 편의성을 높이고자 하는 설계과정의 예이다.

인체 형상 데이터를 자동차 설계에 반영하기 위해서는 첫째, 측정된 인체 형상 데이터 중 표준 운전자로 활용할 수 있는 대표적 체형을 정의하여 표준 운전자로 설계에 사용할 수 있도록 하여야 하며, 둘째, 표준 운전자의 인체 형상을 CAD 시스템에서 동작시킬 수 있어야 한다. 이를 위해서는 자동차 산업에서 사용되고 있는 CATIA 프로그램 등과 연동할 수 있는 소프트웨어의 개발이 요구된다고 하겠다. 셋째, 이와 같이 CAD 시스템에서 표준 운전자의 자세 조정이 가능할 경우 설계 표준으로 적용할 수 있는 운전자세에 대한 기준이 정의되어야 한다.

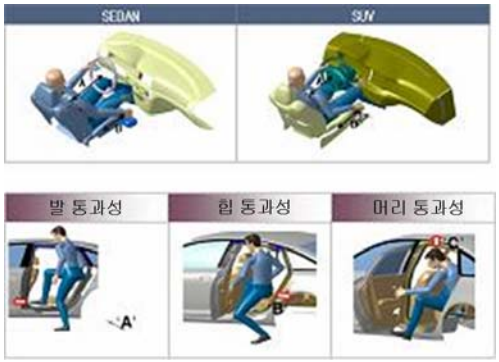

그림 1. 인체 형상 데이터의 자동차 설계 활용의 예

현재까지는 측정된 인체 형상 데이터를 CAD 시스템에서 직접 운용할 수 없기 때문에 자동차 회사에서는 RAMSIS, CATIA-HUMAN과 같은 Ergonomic Human Model을 통하여 차량 설계에 인체 데이터를 적용하고 있다. 이와 같은 Ergonomic Human Model을 조작성, 거주성 평가 등에 활용하기 위해서는 설계자가 각 관절의 각도를 입력하여 자세를 표현한 후, 표현된 자세에서의 지체의 위치 등을 통하여 조작성을 평가하고, 눈 위치에서의 시계성(Visibility)을 평가하는 등의 인간공학적 설계안 평가를 실시하게 된다. 그러나 현재 운전자세 표현을 위해서 사용되고 있는 SAE (Society of Automotive Engineers) 운전자세 데이터 등 (Trebbi, 1986, Judic et al., 1993)은 각 관절별로 제시되는 기준자세의 범위가 넓어 설계자가 선택한 자세에 따라 적용결과가 다르게 나오는 등 활용상의 문제점을 가지고 있다. 이와 같은 활용기준의 모호함으로 인한 인체 형상 자료의 활용도 저하를 극복하기 위해서는 실제 운전자세를 잘 표현할 수 있는 대표 운전자세의 정의가 필요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 인체 형상 데이터 또는 Ergonomic Human Model을 자동차 설계에 활용할 때 기준으로 활용할 수 있도록 한국인의 운전자세를 측정, 분석하여 대표적인 자세를 도출하고자 한다. 또한, 지금까지 대부분의 자동차 설계를 위한 운전자세 데이터가 각 관절별로 개별적으로 제시되고 있으나, 사람의 움직임이 각 관절별로 독립적으로 이루어지지 않으므로 각 관절별로 운전자세를 제시하는 방법을 탈피하여 운전자세 기준 데이터를 제시하고자 한다. 관절별로 제시된 데이터를 조합하여 운전자세를 표현하는 방식의 문제점은 과거에도 지적된 바 있다(박성준, 1999). 따라서 본 연구에서는 첫째, 실측된 운전자세 데이터에 대한 통계적 분석을 통하여 관절별 최빈(또는 평균)각도의 조합으로 운전자세를 표현하는 방식의 문제점을 제시하고, 둘째, 이와 같은 문제점을 극복하고 보다 현실적인 운전자세를 Ergonomic Human Model 등에서 재현할 수 있는 대표 운전자세를 도출하고자 함을 연구목적으로 한다. 이를 통하여 현재 사용 중인 인체 모형의 활용도를 더욱 높이고자 하며, 향후 개발될 인체 형상 동작 시스템의 기본 데이터로 활용할 수 있도록 하고자 한다.

2. 운전자세 연구

운전 편의성이 향상된 차량을 개발하기 위해서는 Seat의 위치, 각종 조종장치 및 디스플레이류의 배치 등이 운전자의 신체 조건에 맞아야 한다. 국내외 자동차 회사에서는 차량 설계 시 인체 형상을 시각화한 각종 템플리트(Template) 또는 인체모델(Human Model) 등을 설계에 활용하여 왔으며, 이를 위하여 이들을 착좌시킬 운전자세에 대하여 많은 연구가 진행되어 왔다.

지금까지 수행되어 온 운전자세 연구는 크게 두 가지 범주로 분류할 수 있다. 첫째, 신체의 각 관절별로 자세 각도를 제시하여 운전자세를 정의하는 방법에 관한 연구가 주를 이루어왔다. 이와 같은 연구는 또다시 각 관절별로 자세 각도를 범주화하여 우선순위를 제시하는 방식의 연구들(Albert and Hans, 1985, Trebbi, 1986)과 관절별로 허용범위에

해당하는 각도를 제시하는 연구(Judic et al., 1993) 유형으로 구분할 수 있다. [표 1]과 [표 2]는 각각의 연구 유형에 대한 예이다.

표 1. 관절별 자세 범주(Trebbi, 1986)

관절부위	Sufficient	Fair	Good
Ankle	80~100	84~96	85~92
Knee	99~131	107~123	111~119
Hip	89~101	91~99	93~97
Vertical to Upper Arm	42~52	44~50	46~48
Elbow	84~124	92~116	100~108

표 2. 관절별 자세 허용범위(Judic et al., 1993)

Definition	Min.	Max.
Torso Axis – Vertical	20	30
Torso Axis – Thigh Axis	95	120
Thigh Axis – Lower Leg Axis	95	135
Leg Axis – Pedal Plane	78	105
Torso Axis – Upper Arm Axis	0	50
Upper Arm – Fore Arm Axis	80	170
Fore Arm Axis – Hand Axis	170	190
Pedal Plane – Floor Pan	40	70
Thigh Axis – Horizontal	12	25

그러나 이와 같이 관절별로 자세 각도를 제시하여 운전자세를 정의하는 방법에는 다음과 같은 한계가 주장되어 왔다(박성준 등, 2002). 관절 각도가 범위값으로 제시되어 기존 설계안에 대한 적합성 평가용으로는 효과적이나, 설계용으로 사용되기에는 자세조합이 너무 많이 존재하여 기준을 정의하기 어려운 문제가 존재한다. 이와 함께 제시된 범위가 너무 넓어 실제로는 무의미한 자세가 도출되기도 한다. 또한, 사람의 각 관절은 서로 유기적으로 연계되어 움직이므로 각각 독립적으로 자세를 정의하여 조합하는 것은 적합하지 않다고 보여지며, 이와 같은 이유로 '연동된 동작범위(Coupled Range of Motion)'의 개념이 제시되었다(Roebuck, 1975). 실제로 각 관절별 최적 각도를 조합한 자세가 실제 운전자세와 상이하다는 비교 연구가 발표되기도 하였다(박성준, 1999). 이와 같은 문제와 함께 관절 각도의 범주값 제시로는 정량적 평가가 불가능하여 설계 대안간의 우열비교가 곤란하다는 단점이 존재한다.

운전자세와 관련된 또 하나의 연구 유형은 이와 같은 문제점을 극복하기 위한 방법으로서 운전자세 평가 함수를 개발하는 연구가 진행되어 왔다. 품질공학 분야에서 활용되고 있는 손실 함수 개념을 도입하여 최적 운전자세로부터의 이탈에 따른 자세 적합성의 감소를 분석하였으며(박성준 등, 2002), 운전자세의 변화에 따라 운전자가 인지하는 불편도 함수를 추정하고자 하는 연구가 발표되었다(박성준 등, 2003). 이와 같은 자세 함수를 통하여 기존의 설계안에 의하여 결정되는 운전자세의 적합성을 정량적으로 평가할 수 있으나, 반대로 설계안을 도출하기 위해서 인체형상 데이터를 착좌시키 위해서는 각 관절별로 값을 정하여 입력하여야 하므로 여전히 설계의 기준이 되는 운전자세가 제시되어야 한다.

본 연구에서는 관절별로 제시되어온 운전자세 연구방식을 탈피하여 사람들이 선호하는 운전자세에 대한 측정을 실시한 후, 통계적 그룹핑에 의하여 사람들이 취하는 운전자세를 가장 잘 대변할 수 있는 대표적인 운전자세들을 추출하였다. 이는 각 관절별 분석이 아닌 운전자세를 규정하는 4개의 주요 관절([표 1] 참조, 무릎(Knee)–몸통(Hip)–어깨(Shoulder)–팔꿈치(Elbow), 발목(Ankle)은 일반적으로 87°로 고정)을 동시에 고려하여 실제 운전자세를 설계에 반영할 수 있도록 하고자 하였다.

3. 운전자세 측정

3.1 피실험자

운전자세 측정을 위하여 운전 경력이 있는 남자 126명의 피실험자가 실험에 참여하였다. 연령은 20대부터 30대까지였으며, 신장 조건은 한국인 성인 남자의 5th percentile부터 95th percentile까지가 모두 포함되었다.

3.2 측정장비 및 절차

운전자세를 측정하기 위하여 앞에서 언급한 4개의 각 관절부위에 마커(Marker)를 부착하여 이로부터 관절 각도를 측정하였다. 차량의 조건에 따라 운전자세가 영향을 많이 받게 됨으로 실차에서 운전자세를 측정할 경우 측정 결과의 일반화에 제약이 된다. 따라서 본 연구에서는 좌석(Seat)의 전후, 상하 조정이 가능하고 등받이(Backrest)의 각도 조절, 운전대(Steering Wheel)의 전후/상하 조정 및 Tilting 기능, 그리고 페달의 높낮이 조절이 가능한 Seating Buck을 제작하여 피실험자 본인이 가장 선호하는 운전자세를 취하는 데 제약이 없도록 하였다. [표 3]에 Seating Buck 각 요소의 조절범위를 정리하여 제시하였다. 표에서 볼 수 있는 바와 같이 운전자세에 영향을 줄 수 있는 모든 요소의 조절범위는 기존 차량의 조절범위 수준을 충분히 초과하도록 제작하였

으며, 따라서 환경적 요인으로 인하여 자신의 운전자세를 결정하는데 제약을 받지 않도록 하였다. 운전대와 페달은 모두 실제 조작이 가능한 실차의 부품을 구입하여 제작함으로써 피실험자가 실제 운전 상황처럼 조작을 충분히 해보면서 최적 운전자세를 취할 수 있도록 하였다.

운전자세 측정 결과의 신뢰도를 높이기 위하여 운전자 1인이 2회씩 운전자세를 취하도록 하였으며, 반복 측정의 효과를 높일 수 있도록 1회 측정이 끝나면 Seat의 위치는 최후방으로, Pedal의 위치는 가장 낮게, 그리고 Backrest의 각도는 90°로 변경시킨 후 피실험자 본인이 자신에게 맞추어 다시 조절하여 2차 자세를 취하도록 하였다. 실험 진행자가 Seating Buck의 각 구성요소들의 위치를 조정하는 동안 피실험자는 휴식을 취하도록 하였으며, 실험준비 및 2회의 실험참여, 그리고 휴식시간을 포함하여 총 20여분이 실험에 소요되었다.

표 3. Seating Buck 구성부품의 조절범위

구성부품	조절항목	조절범위(mm)
Seat	전후방향	460
	상하방향	280
	등받이 기울기	140°
Steering Wheel	전후방향	300
	상하방향	150
	Tilting(기울기)	30°
Pedal	전후방향	270
	상하방향	280

4. 대표 운전자세의 선정

4.1 운전자세 신뢰도 분석

피실험자가 본인의 최적자세를 일관되게 취할 수 있는가를 평가하기 위하여 1차 측정과 2차 측정자세간에 Paired t-test를 실시하였다. 각 관절별로 무릎의 경우 p=0.161, 몸통의 경우 p=0.413, 어깨의 경우 p=0.451, 팔꿈치의 경우 p=0.877로써 모두 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 분석되었다. 따라서 피실험자들은 각자 일관되게 운전자세를 취하였다고 볼 수 있으며, 이를 바탕으로 분석의 정확도를 높이기 위하여 두 측정치의 평균을 통계분석에 사용하였다.

4.2 관절별 자세 각도 상관분석

관절별 자세에 대한 상관분석을 실시하여 각 관절간의 연관성을 분석하였다. [표 4]에서 볼 수 있는 바와 같이 무릎과 몸통, 어깨와 팔꿈치의 경우 각각 0.562. 0.667로서 상관관계가 높은 것으로 분석되었다(p=0.000). 또한 팔꿈치와 무릎의 경우도 상관계수가 0.403(p=0.000)으로 나타나, 각각의 관절이 서로 연동되어 움직이는 것이 확인되었다. 따라서 운전자세를 각 관절별로 독립적으로 제시하는 것은 의미가 적다고 여겨지며, 본 연구에서는 전체 운전자세를 함께 고려하여 대표 운전자세 각도를 정의하고자 한다.

표 4. 각 관절간 상관계수

관절	Knee	Hip	Shoulder
Hip	0.562		
(p-value)	0.000		
Shoulder	-0.035	0.103	
(p-value)	0.696	0.253	
Elbow	0.403	0.211	0.667
(p-value)	0.000	0.017	0.000

4.3 운전자세 군집화

운전자세의 유형을 분류하기 위하여 126명의 운전자세에 각 관절별로 코드를 부여하였다. 운전자세를 나타내는 각도는 연속형 데이터이므로 히스토그램 작성 시의 일반적 방법에 따라 범주화를 실시한 후 각 범주에 코드를 부여하였다. 범주의 개수는 5개로 하여 -2, -1, 0, 1, 2로 코드화 하였다. 다음의 [표 5]는 각 관절별 범주화 기준을 제시한다.

표 5. 관절별 자세 각도의 범주화

Code	Knee	Hip	Shoulder	Elbow
-2	101.25~ 109.25	87.25~ 93.25	16.75~ 22.75	94.25~ 109.25
-1	109.25~ 117.25	93.25~ 99.25	22.75~ 28.75	109.25~ 124.25
0	117.25~ 125.25	99.25~ 105.25	28.75~ 34.75	124.25~ 139.25
1	125.25~ 133.25	105.25~ 111.25	34.75~ 40.75	139.25~ 154.25
2	133.25~ 141.25	111.25~ 118.25	40.75~ 46.75	154.25~ 169.25

예를 들어, 한 피실험자의 자세 각도가 무릎, 몸통, 어깨, 팔꿈치의 순으로 각각 113.5°, 92.5°, 25°, 139.5°이였다면, 자세유형은 코드값으로 표현되어(-1, -2, -1, 1)이 된다. 이와 같은 방법으로 범주화 하여 자세를 분류한 결과, 126

명이 취한 자세는 크게 72가지인 것으로 나타났다. 유사한 운전자세와 서로 상이한 운전자세를 구분하여 자세를 분류하고 대표적 운전자세를 선정하는 것이 본 연구의 목적이므로, 다변량 통계기법 중 군집분석 기법을 적용하여 비슷한 유형의 운전자세를 그룹핑하고 각 그룹의 대표적인 운전자세를 도출하고자 하였다.

군집화 방법 중 본 연구에서는 'Nearest Neighbor' 방법을 선택하여 분석을 실시하였다. 이는 일반적으로 'Nearest Neighbor' 방법이 개체간 거리가 가까워 개체들을 묶는 경향이 있으므로 군집의 수를 작게 하는 경향이 있기 때문이다(권세혁, 2004). 너무 많은 대표 운전자세가 선정될 경우, 인체모형의 활용 시 기준의 모호성이 증대되므로 유사한 운전자세는 가능한 군집화하여 군집 수를 줄이고자 하였다. 통계 패키지는 SAS 9.1을 사용하여 분석하였으며, 최적 군집수는 Pseudo Hotelling's T^2 통계량과 덴드로그램의 시각적 분석을 통하여 결정하였다. 다음의 통계분석 결과([표 6] 참조)에서 볼 수 있는 바와 같이 Pseudo Hotelling's T^2 통계량이 NCL값이 4인 경우에 커지게 되므로 군집간 거리가 멀다는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 최적 군집의 수를 NCL=4의 전단계인 5개로 하여 운전자세를 정의하였다.

126명의 운전자세를 크게 5개의 유형으로 군집화하였을 경우, 첫 번째 군집(자세유형 1-0-0-0)에 41명의 운전자세가 포함되었으며(32.5%), 두 번째 군집(0-(-1)-(-1)-0)에 29명(23%), 세 번째 군집(1-1-1-1)에 26명(20.5%), 그리고 네 번째 군집(0-0-0-1)과 다섯 번째 군집(0-0-(-2)-(-1))에 15명씩(12%) 포함되었다.

표 6. 군집분석 통계량(SAS 출력물 정리)

NCL	Clusters Joined		FREQ	PST2
71	OB 9	OB 15	2	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
5	OB 1	CL 18	4	3.3
4	CL 5	CL 6	68	7.6
3	CL 4	OB 17	69	3.5
2	CL 3	CL 20	71	3.6
1	CL 2	OB 40	72	1.9

각 군집별로 대표 운전자세를 선정하기 위하여 자세유형에서의 각 코드값별로 자세 각도의 최빈값(mode)을 구하여 대표 운전자세를 정의하였다. 평균값을 이용하여 정의할 경우, 실제 다수의 운전자가 취하지 않는 가상의 자세가 나올 수 있기 때문에 실제자세의 빈도에 근거하여 정의하였다. 실제로 관절별 최빈값으로 구성된 자세유형(즉 코드조합)에 해당하는 운전자세를 취한 사람이 각 군집별로 가장 많았으며, 평균값으로 자세유형을 정의하였을 경우 군집 2와 4의 경우 최빈값 기준의 운전자세 수에 비하여 각각 1/3과 1/5에 불과하여 최빈값에 근거한 대표 자세 선정이 타당한 것으로 판단되었다. [표 7]은 5개의 군집에 따른 대표 운전자세를 정리한 표이며, [그림 2]는 각각의 운전자세를 CATIA-HUMAN 프로그램을 이용하여 시각화한 예이다.

그림에서 볼 수 있는 바와 같이 표준자세로 정의할 수 있는 1 순위 자세에 비하여 2순위 자세는 팔꿈치를 제외한 세 관절 모두 상대적으로 웅크리는 자세(Flexion)를 취하고 있으며, 3순위 자세는 반대로 몸을 이완한 자세(Extension)를 취하고 있음을 알 수 있다. 즉, 앞의 상관분석을 통하여 언급한 바와 같이 한 관절의 각도만 변하는 것이 아니라 운전자세를 규정하는 관절 각도들이 서로 유사한 경향을 보이며 함께 움직여짐을 알 수 있다.

표 7. 군집된 대표 운전자세

	Knee	Hip	Shoulder	Elbow
1 순위	129°	102°	32°	132°
	1	0	0	0
2 순위	121°	96°	26°	132°
	0	-1	-1	0
3 순위	129°	108°	38°	147°
	1	1	1	1
4 순위	121°	102°	32°	147°
	0	0	0	1
	121°	102°	20°	117°
	0	0	-2	-1

5. 논의 및 결론

본 연구에서는 자동차 패키지 설계에 활용할 수 있는 표준 운전자세를 도출하기 위하여 군집분석을 이용한 운전자세 유형분석을 실시하였다. 일반적으로 실시되는 관절별 분석 방식을 지양하고, 운전자세 전체를 고려하여 유사한 자세들을 군집화하였다.

126명의 운전자세를 측정하여 분석한 결과, 5개의 운전자세 유형으로 그룹핑 되었으며, 특히 상위 3개 자세에 전체 자세의 76%가 포함되어 대표적인 운전자세의 기준으로 활용할 수 있을 것으로 판단되었다. 향후 3차원 인체 형상 데

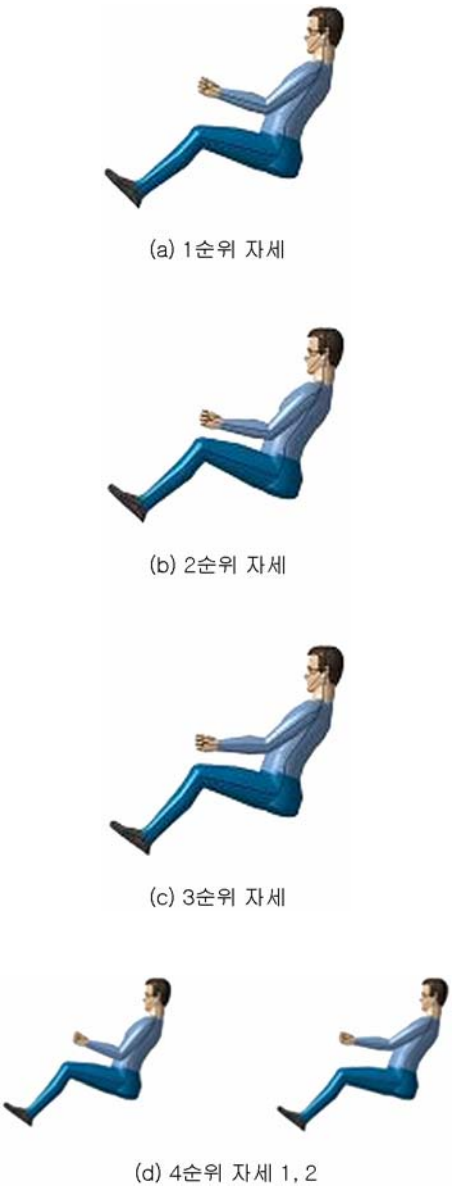

그림 2. 도출된 대표 운전자세의 시각화

이터를 조작할 수 있는 프로그램이 개발되어 설계에 활용되거나, 또는 현재 활용되고 있는 Ergonomic Human Model을 사용하여 패키지 설계를 실시할 경우 본 연구를 통하여 도출된 표준 운전자세를 적용함으로써, 실제 운전자세를 반영한 설계안을 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

운전자세를 구성하는 네 개의 관절 각도에 대한 상관분석(표 4 참조)과 도출된 표준자세들에 대한 시각화 결과(그림 2 참조)로부터 운전자세는 관절별로 독립적으로 고려될 수 없음이 입증되었다. [그림 2]에서 볼 수 있는 바와 같이 표준자세로부터 자세변화가 필요한 경우 무릎 각도가 작아지게 되면서 어깨와 몸통 각도가 모두 작아지거나(자세 2), 또는 몸통 각도(Hip)와 함께 어깨, 팔꿈치 각도가 모두 커지는 등(자세 3) 자세는 여러 관절의 각도를 함께 고려하여 변화시켜야 함을 알 수 있다. 따라서 Human Model과 같은 인체모형 소프트웨어를 사용할 때 특정자세에서 한 관절부위의 각도만을 변화시키는 것은 실제 운전자세를 반영하는데 부적합함을 알 수 있으며, 관절의 연동관계를 고려하여 자세를 변화시켜야 할 것이다. 본 연구에서는 표준 운전자세를 도출하면서 단일자세를 제시하지 않고 5개의 자세를 순차적으로 제시함으로써 차량 설계 시 운전자세의 변화가 필요할 경우 자세 변경의 기준으로 사용할 수 있도록 하였다.

[그림 3]은 네 관절의 범주별 자세 빈도를 분석한 것으로서, 모두 중앙 범주 (즉 자세코드 0)에 해당하는 각도가 가장 많은 빈도를 차지하고 있다. 그러나 각 관절별 최빈자세라 할 수 있는 중앙자세의 조합으로 운전자세를 정의하였을 경우(즉, 0-0-0-0 자세), 이러한 운전자세를 취한 사람은 126명 중 4명에 불과하여 표준 운전자세로 적용할 수 없는 것으로 분석되었다. 이는 기존의 운전자세 연구 결과들을 적용할 때 관절별 최적자세를 단순 조합하여 실제 운전자세를 재현할 수는 없음을 보여준다고 하겠다. 본 연구에서 제시한 표준 운전자세들을 활용하므로써 관절별 자세조합을 통한 비현실적인 운전자세로 설계 및 평가 작업을 하는 경우에 비하여 보다 현실적인 패키지 설계가 가능하리라 기대한다.

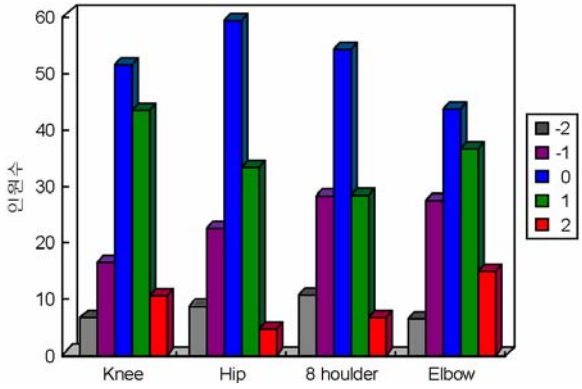

그림 3. 관절별 자세 빈도 분석

인체 형상 자료를 자동차 설계에 적용하기 위해서는 설계의 기준점인 H-point에 착좌시킬 기준자세가 필요하며, 본 연구에서 제시한 자료를 활용하여 설계자별로 설계대안에 대한 동일한 인간공학적 평가가 가능하리라고 기대된다. 그러나 본 연구에서의 운전자세 측정이 페달 및 Steering Wheel의 조작이 가능한 상태에서의 측정이었음에도 불구하고, 운

전상황에서의 측정 즉 동적상황에서의 측정이라고 보기에는 무리가 있으며, 이 부분에 대한 향후 보완 연구가 이루어져야 설계과정에 보다 효과적으로 활용될 수 있을 것이다. 향후 Simulator를 활용하여 운전 작업을 부여한 조건(동적상황)에서 일정시간 운전 작업을 수행하게 한 후의 자세를 측정을 함으로써 보다 현실적인 표준 운전자세를 도출하는 것이 필요하다고 판단되며, 자세결정을 위한 측정부위 역시 무릎-몸통-어깨-팔꿈치 네 부위로부터의 확대가 필요하다고 여겨진다. 특히, Eye Point 측정 등에 유용하게 활용할 수 있도록 목 부위 등을 고려하여 분석을 함으로써 보다 정확한 표준 자세를 도출할 필요가 있다고 판단된다.

또한, 본 연구에서 도출된 운전자세를 설계에 보다 효과적으로 활용하기 위해서는 신체 크기에 따른 운전자세의 변화 기준에 관한 연구가 수행되어져야 한다고 본다. 작은 체형의 여성 운전자와 큰 체형의 남성 운전자에 대하여 동일한 자세를 적용하여 설계안을 도출할 경우 Seat Track의 각도가 하향각도를 나타내는 등 비 현실적인 설계안이 도출되게 됨으로 표준자세로부터 자세를 변화시켜가며 타당성있는 설계안을 도출하여야 할 것이다. 이를 위해서는 자세변화를 위한 보다 구체적인 기준이 제시되어야 할 것이며, 운전자세의 변화에 따른 불편도의 변화를 평가할 수 있는 운전자세 평가함수 등(박성준 등, 2002, 2003)과의 연계가 필요하다고 할 수 있다. 이와 함께 본 연구의 방법론을 다양한 신체크기의 운전자 집단에 적용하여 성별, 또는 퍼센타일별 표준자세를 도출함으로써 인간공학적 평가의 정확성을 제고할 수 있으리라 판단된다. 이와 같은 후속 연구를 통하여 자동차 설계에 인체 형상 데이터를 보다 효과적으로 활용할 수 있게 되리라 여겨지며, 보다 인체공학적으로 적합한 차량개발이 가능하리라고 기대된다.

참고 문헌

권세혁, *다변량 분석*, 자유아카데미, 2004.

박성준, 차량 설계를 위한 운전자세 연구의 문제점 및 개선방향, *대한인간공학회 춘계학술대회 논문집*, 1999.

박성준, 김호, 인체모형의 효과적 활용을 위한 자세 함수의 개발, *대한산업공학회지*, 28(2), 217-223, 2002.

박성준, 최재호, 이승환, 김수환, 지각 불편도에 기초한 운전자세 평가 함수의 개발, *대한인간공학회 춘계학술대회 논문집*, 2003.

Albert, W. and Hans, G., The Best Function for the Seat of a Passenger Car, *SAE paper 850484*, Society of Automotive Engineers, 1985.

Judic, J. M., Cooper, J. A., Truchot, P., Effenterre, P. V. and Duchamp, R., More Objective Tools for the Integration of Postural Comfort in Automotive Seat Design, *SAE paper 930113*, Society of Automotive Engineers, 1993.

Roebuck, J. A., Kroemer, K. H. E, and Thomson, W. G., *Engineering Anthropometry Method*, John Wiley and Sons, New York. 1975.

Trebbi, G., A Probabilistic Method for Assessing the Longitudinal Habitability of a Car, *SAE paper 865108*, Society of Automotive Engineers, 1986.

◐ 저자 소개 ◑

❖ **박 성 준** ❖ sjpark@nsu.ac.kr

성균관대학교 학사
포항공과대학교 석사, 박사
삼성자동차 중앙연구소 책임연구원
현 재: 남서울대학교 산업경영공학과 부교수
관심분야: 자동차 인간공학, 제품개발, 감성공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2005년 11월 28일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2005년 12월 30일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2006년 02월 10일