

3차원 좌표를 이용한 승용차 운전공간의 설계기법 개발†

정성재 · 박민용

한양대학교 산업공학과

A Development of an Occupant Packaging Tool Using 3-Dimensional Coordinates in Passenger Vehicle's Driver Space

Sung-Jae Chung · Min-Yong Park

This research suggested a method by which the driver space can be designed to best accommodate the driver's anthropometric characteristics. Three-dimensional manikins and a variable seating buck were developed and used for this study. Manikins were designed with 18 links comprising the 95th percentile male and 5th percentile female data. The seating buck was built to create various driving environments using the distance and the height between the H-point(hip pivot) of the seat and the AHP(accelerator heel point), the angle of the back rest, the angle of the steering wheel, the vertical distance of the steering wheel, and the location of the T.G.S.(transmission gear shift) knob. Measurements of each variable were collected with a coordinate measuring machine by positioning the 3-D manikin under various combinations of the design factors of the seating buck, which was constructed based on mid-size domestic passenger cars. The data were then converted to the joint angles of the driver. The combination of the measurements for an optimal driving environment is suggested by applying sets of the joint angles at which the driver feels comfortable.

1. 서론

1.1 연구배경

오늘날의 승용차는 기능적인 측면뿐만이 아니라 운전자 및 탑승자에게 적합한 거주(occupant) 공간을 제공해야 하는 인간 공학적 측면을 만족시켜야 한다(이상규 등, 1997). 부적절한 거주 공간에서 비롯된 좋지 않은 운전자세는 신체의 각 부위에 피로를 유발시키고 피로 유발시 운전성능에도 영향을 미친다(Brown, 1994). 그러나 많은 운전자들이 일상적으로 자동차를 운전하면서도 올바른 운전환경을 갖추는 것이 얼마나 중요한지 인식하지 못하고 있는 경우가 많다. 이는 운전자의 인식 부족으로 인한 경우도 있겠지만, 대부분의 경우에는 운전자 모집단의 여러 신체 사이즈와 운전자세를 동시에 고려한 운전석 package layout의 부재에서 비롯된 것임이 지적되고 있다. 이를

뒷받침해주는 사례를 보면, Philippart, Roe, Arnold, and Kuechenmeister (1984)는 핸들의 위치가 운전자가 선택한 시트 위치에 영향을 준다고 하였다. 이를 뒷받침하는 연구로 박성준과 강동석 (1998)은 운전자의 시점에서 볼 때, 시트의 조절범위만을 고려해서는 안 되고 핸들의 위치가 조절되어야 한다고 하였다. 신원경, 정성재, 그리고 박민용(1997)은 작은 여성의 경우에 상체와 핸들과의 안전한 거리를 유지하기 위해서는 페달이 여성 운전자 쪽으로 조절될 수 있어야 한다고 하였다. 이러한 연구들은 승용차의 운전공간에 존재하는 여러 요소들에 운전자들이 맞춰지면 안 되고, 그 반대로 각종 운전이 필요한 여러 요소들이 운전자에게 적합하도록 설계 초기부터 고려되어야 하는 필요성을 제기하는 것이었다.

이와 같이 자동차 산업에서는 인간공학적 기술 축적과 이를 이용한 제품 응용이 필요하다. 특히 자동차를 이용하는 소비자의 신체적인 특성들을 무시할 경우, 자동차의 기계적인 메커니즘이 우수해도 소비자들의 만족도는 충족되지 않을 수

† 본 연구는 1999년도 한양대학교 산업과학연구소 지원연구과제 연구비의 일부 지원을 받아 수행되었음.

있다. 이러한 특성들의 반영은 주로 운전자나 승객들의 거주 공간이 되는 자동차 내부에 결집하게 된다. 외국의 경우를 보면, 운전자의 거주 공간에 대한 만족도가 구매행위에 큰 영향을 미치고 있어 이에 따른 승용차의 거주 공간에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있다.

1.2 연구목적

우리나라의 자동차 메이커들은 package layout 단계에서, 주로 미국자동차공학회(Society of Automotive Engineers; SAE)에서 정해진 2차원 H-point template와, 3차원 H-point machine(Roe, 1993; SAE J826, 1995)을 사용하고 있다. 이 장치들은 자동차의 seating accommodation을 측정하고 정의하는 데 사용하고자 고안되었다(SAE J826, 1995). 2차원 H-point template의 경우를 보면, torso, thigh, lower leg, 그리고 foot segment들로 이루어져 있으며 성인 남자가 신발을 신고 있는 형상이다. 3차원 H-point machine의 경우는 lower leg와 thigh segment들이 10th, 50th, 95th percentile 길이로 조절될 수 있게 제작되었으며, 남성 50th percentile의 몸무게인 76kg(167lb)이라는 무게를 주었다. 이들 장치들은 모두 성인 남자만을 모델로 쓰고 있으며, 몸통과 하지(lower limb)만을 표현하고 있어 정보의 제공이 제한적이다.

전형적인 package layout은 2차원 기준 모형을 이용한 2차원 평면상(grid)의 seating arrangement drawing을 사용하여 왔는데, 이러한 그림 도면상에서 2차원상의 좌표를 설계치수로 사용하여 왔다. 이와 같은 외국의 기준모형을 근거로 운전 공간을 설계하게 되면서 야기되는 문제점들이 선행 연구들에서 지적된 바가 있다. 외국 기준모형을 사용하여 설계된 양산 차량의 운전공간과 이를 실제 운전하는 사용자간 인터페이스의 문제점은 부적합한 외국의 기준 모형이 그대로 사용된 데서 기인된 것이라고 볼 수 있다.

따라서, 본 연구는 운전자 신체 사이즈와 운전자세에 적합한 운전공간을 제공하기 위한 새로운 설계기법(occupant packaging tool)을 개발하고자 한다. 이를 위하여 새로운 기준 모형으로 상지(upper limb)를 추가한 남녀 3차원 마네킹과 진보된 가변식 seating buck을 각각 제작하고, 마네킹의 관절점에서 얻을 수 있는 3차원 직각 좌표를 설계기준으로 사용하는 방법을 제안하고자 한다.

2. 연구방법

전체적인 연구의 진행 방향을 도시하면 <그림 1>과 같다.

2.1 기준축과 기준좌표의 정의

본 연구는 3차원 공간에서 작업이 진행되기 때문에 기준축과 기준좌표가 정의되어야 한다. 본 연구에서 사용하는 좌표

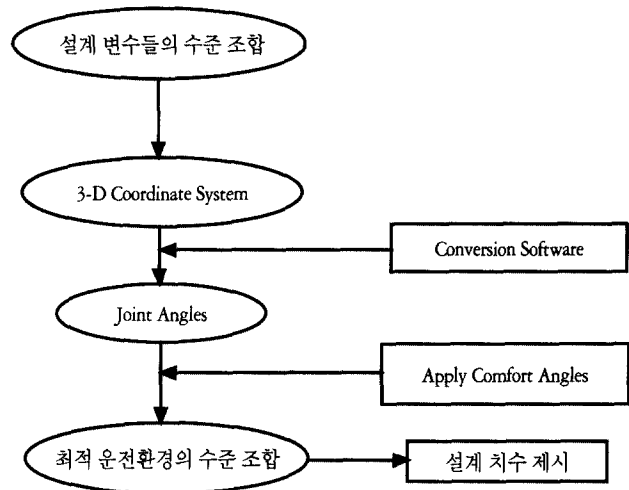


그림 1. 연구절차.

계는 왼손 좌표계로서 X, Y, Z축은 각각 Seating buck의 앞뒤 수평방향, 좌우 수평방향, 상하 수직방향이다(Roe, 1993). 기준좌표(Reference Origin)는 양쪽 발 heel point의 중간 점으로 지정하였다.

2.2 Seating buck의 제작

Seating buck은 7개 설계변수를 이용하여 제작하였다(정성재와 박민용, 1999). 본 연구를 위해 제작된 seating buck은 핸들이 앞뒤(X축)로 움직일 수 있으며, 수동 변속기인 T.G.S knob가 앞뒤(X축), 상하(Z축)로 움직일 수 있다. 이렇게 제작한 이유는 기존 연구에서 지적된 부분과 오른팔로 조작되는 수동 변속기의 위치에 대한 연구를 병행하기 위해서다. <표 1>은 seating buck에 사용된 설계변수의 정의와 가변 치수들을 보이고 있으며, 이를 도시하면 <그림 2>와 같다. <표 1>의 HX와 HZ에서 나오는 SRP(Seating Reference Point)는 시트의 좌판과 마네킹의 대퇴 부분이 만나는 부분의 연장선과 시트의 등판과 몸통 뒷

표 1. Seating buck에 사용된 설계변수의 정의와 치수

시트의 변수	HX(5)	AHP~SRP 간의 거리 1062, 997, 932, 867, 802 (mm)
	HZ(3)	AHP~SRP 간의 높이 137, 172, 207 (mm)
	BA(3)	시트의 Back Angle 110, 105, 100 (°)
핸들의 변수	WX(3)	AHP~핸들 중앙간의 거리 502, 462, 422 (mm)
	WA(3)	Steering Wheel Column 각도 18.93, 21.43, 23.93 (°)
T.G.S. Knob의 변수	TX(3)	AHP~T.G.S. Knob의 거리 610, 570, 530 (mm)
	TZ(3)	AHP~T.G.S. Knob의 높이 380, 415, 450 (mm)

그림 2. Seating buck의 개념도.

부분이 만나는 부분의 연장선이 만나는 점이다(Tilley, 1993). 실험을 위한 각 설계변수들의 가변 치수들은 국내 자동차 메이커들의 중형 모델(2000cc급)의 치수를 포함하면서 보다 포괄적인 실험이 이루어질 수 있도록 SAE J1517의 자료값(Roe, 1993)을 참조하여 추가 여유를 넣어 결정하였다.

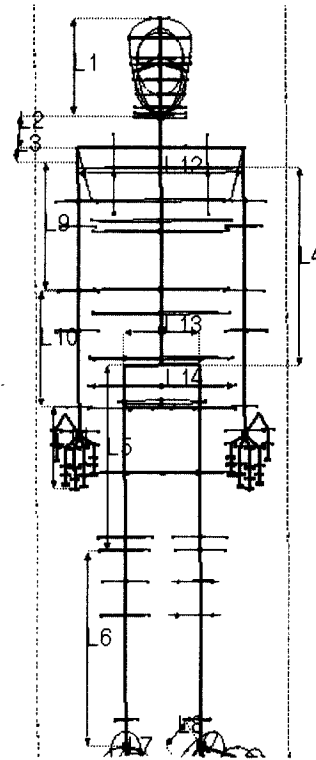


그림 3. 마네킹 링크의 구성도.

2.3 3차원 마네킹의 제작

운전자의 거주공간을 결정하는 도구로서 마네킹이 여러 연구들(Kohara and Sugi, 1972; Manary et al., 1994)을 통해 개발·보강되었는데, 그중 Kohara and Sugi(1972)는 착좌시의 안락감이 시트의 외형적인 형상이 아니라 앉은 사람이 유지하는 최종적인 안정된 자세에 의해 결정된다고 보고, 그 자세를 평가하기 위하여 3차원 마네킹을 개발하였다.

본 연구의 기준모형으로 만들어지는 마네킹의 링크는 기존 연구를 참조하여 18개의 링크로 제작하였으며, 세부항목은 <표 2>와 같으며 링크 구성도를 그림으로 도시하면 <그림 3>과 같다.

표 2. 마네킹 링크의 세부항목

Body Segments	정의	Link수
Head Link (Neck 포함)	머리마루점(Vertex)~어깨점	1
Trunk Links	어깨점~Shoulder point	1
	Shoulder point~H-point	2
	Right Shoulder point~Left Shoulder point	1
	Right H-point~Left H-point	1
Leg Links	Hip~Knee	2
	Knee~Ankle	2
	Ankle~발바닥	2
Arm Links	Shoulder~Elbow	2
	Elbow~Wrist	2
	Wrist~손끝	2
Total		18

설계 대상 모집단은 미국인으로 하였으며, 본 연구의 기준 모형이 되는 마네킹은 신체 크기의 일반적 극한치인 95th percentile 성인남자, 5th percentile 성인여자로 정하였다. 형태학상 체형은 정상 체형으로 제작하였으며, 마네킹의 각 부분을 제작하기 위한 신체 치수는 3-D Human Modeling Tool인 SAFEWORK[®]을 사용하여 추출하였다. SAFEWORK[®]은 103개의 인체측정 변수와 99개의 독립링크, 그리고 148개의 자유도를 갖고 있기 때문에, 고정식 인체측정 자료에서 제공하지 못하는 치수를 얻어낼 수 있다(GENICOM, 1999).

여기서 한국인 모집단을 택하지 않고, 미국인 모집단을 택한 이유는 첫 번째로 국내 자동차 메이커들조차 해외 경쟁력을 이유로 미국인의 치수를 일반적으로 사용하고 있으며, 두 번째는 본 연구가 운전공간의 설계기법의 개발을 목적으로 하기 때문에 운전자 모집단의 보편성을 필요로 하기 때문이다. 따라서 마네킹 제작에 쓰여진 95th percentile 성인남자의 신장은 186.569cm이고, 5th percentile 성인여자의 신장은 152.478cm이다. 마네킹 제작에 쓰인 부분별 치수는 <표 3>과 같으며, 완성된 두 종류의 마네킹 중 5th percentile female manikin의 모습을 <그림 4>에 도시하였다.

2.4 측정변수와 안락각도

운전자세는 신체 체절간의 각도를 이용하여 설명되며 모델화된다는 연구(Faraway et al., 1999) 등 운전자가 승용차의 거주

표 3. SAFEWORK[®]에서 얻은 신체 부분별 치수 (단위: cm)

정 의	95th percentile M	5th percentile F	방향
머리마루점 ~ 목뒤점	24.245	21.381	Z축
목뒤점 ~ 어깨점(목길이)	7.944	7.166	Z축
어깨점 ~ Shoulder point	5.088	4.899	Z축
Shoulder point ~ H-point	48.905	38.153	Z축
H-point ~ Knee	46.373	38.152	Z축
Knee ~ Ankle	46.786	36.973	Z축
Ankle ~ 발바닥	7.173	5.704	Z축
Ankle ~ Heel point	9.434	7.397	
Shoulder point ~ Elbow	31.110	24.193	
Elbow ~ Wrist	27.999	21.774	
Wrist ~ 손끝	20.575	16.964	
양쪽 Shoulder point간 길이	41.583	34.491	Y축
양쪽 H-point간 길이	18.874	15.528	Y축
엉덩이 너비	36.953	31.499	Y축

표 4. 측정변수(관절각도)와 Comfort Angles

측정변수	정 의	안락각도	
		하한치	상한치
$\theta_{S,R}$	오른쪽 어깨 각도	-15	45
$\theta_{E,R}$	오른쪽 팔굽 각도	80	120
θ_H	엉덩이 각도	95	120
θ_{TH}	대퇴 각도	10	20
θ_K	무릎 각도	110	135
θ_A	발목 각도	72	105
θ_B	몸통 각도	10	30
$\theta_{S,L}$	왼쪽 어깨 각도	10	45
$\theta_{E,L}$	왼쪽 팔굽 각도	80	125

그림 4. 5th percentile female manikin.

공간 안에서 형성하고 있는 신체 체절별 각도에 대한 여러 연구가 진행되어 왔다(Matsuoka and Hanai, 1988; Grandjean, 1980; Judic *et al.*, 1993; Tilley, 1993). 이 중에서 Judic, Cooper, Truchot, Effenterre, and Duchamp(1993)은 최소불편도(Least Discomfort)라는 개념을 도입하여 운전자의 불편도를 최소화시킬 수 있는 관절각도에 관한 운전자세를 제시하였다.

본 연구에서는 측정변수로 사용할 관절 각도를 9개로 선정하였다. 기존에는 주로 하지부분과 핸들을 잡고 있는 상지에 관련한 관절 각도에 대해서 연구되었으나, 본 연구에서는 오른쪽 상지가 T.G.S knob를 잡고 있는 자세를 추가하였다. 9개의 측정변수는 <표 4>에 제시되어 있으며, 이를 그림으로 도시하면 <그림 5>와 같다. 좌표계에서 각도로의 모든 변환이 끝나고 분석에 사용될 측정변수별 안락각도는 기존 연구들(Judic *et al.*, 1993; Tilley, 1993)을 근거로 하여 결정하였으며, 수치는 <표 4>에 함께 제시하였다. 이때 오른쪽 어깨 각도, 오른쪽 팔굽 각도, 엉덩이 각도, 몸통 각도는 Tilley(1993)의 데이터를 사용하

그림 5. 체절별 측정변수.

였다. 이때 오른쪽 어깨각도의 하한치가 -15도란 의미는 위 팔이 몸통의 수직선상에서 뒤로 빠지는 것을 의미한다. 발목 각도는 Judic *et al.*(1993)의 데이터를 사용하였는데, 하한치 72도는 본 실험에서 얻어진 발목각도가 신발 각도를 보정하기 전 각도이기 때문에 약간 작은 값으로 결정되었다. 무릎 각도는 다른 각도와는 다르게 strength를 고려하여야 하기 때문에 110도에서 시작하여 최대치는 135도로 결정하였다. 나머지 대퇴 각도, 왼쪽 어깨 각도, 그리고 왼쪽 팔굽 각도는 기존 연구의 각도들을 비교하여 적합하게 결정하였다.

3. 실험

3.1 실험장비

3차원 좌표 측정기(3 Dimensional Coordinate Measuring Machine)는 세 개의 직교 이송축(X, Y, Z축)으로 구성되어 있으며, 각 축에는 정밀 위치검출기가 장착되어 있다. 그리고 접촉을 감

그림 6. 전체적인 실험환경.

지할 수 있는 측정센서(probe)가 3차원 공간상에서 이동하면서 측정물의 접촉점(pointmark)의 값을 읽어서 좌표값을 나타낸다. 본 연구에서 사용한 3차원 좌표 측정기는 정반(Model: FUJIOKA-BK1300), 측정센서(Model: RENISHAW H6-N34143), 측정기(Model: FUJIOKA HI-DIGITER 20SX), 측정 프로그램(CMVS 4.1)으로 구성되어 있으며, 측정 오차는 5/100(mm)이다.

실험모델로 제작된 seating buck을 좌표 측정기의 구성 요소인 정반(측정을 위한 장비)에 올려놓고 바닥 면과 평행하게 설치하게 되는데, 전체적인 실험환경을 보이면 <그림 6>과 같다.

3.2 공간좌표 수집 및 변환

마네킹의 설치를 위하여 운전석 등판 각도를 마네킹에 적용하여 마네킹의 몸통각도를 설정한 후, 마네킹의 등과 시트를 고정하였다. 그리고 마네킹의 발목 각도를 가속기 페달 각도와 평행이 되도록 설정한 후, 마네킹의 발을 페달에 고정시켰다. 왼손은 9시 방향으로 핸들에 고정하였고 오른손은 수동 변속기에 고정되도록 하였다(Tilley, 1993). 좌표의 수집은 실험계획(다원배치법)에 의한 순서표를 작성하여 실시하였으며, seating buck과 마네킹의 세팅 횟수는 남자, 여자 각각 3,645회였다.

수집된 3차원 좌표를 측정변수인 관절각도로 변환하기 위해 conversion software(Vehicle Work 1.0)를 제작하였다. 이를 사용하여 3차원 직각 좌표 상에서 얻어지는 좌표값들을 측정변수인 9개의 해당 관절각도로 변환하였다.

3.3 변환되어 나온 측정변수

측정변수로 변환된 관절각도의 총합을 보면, 남자가 2,673개이고, 여자의 경우는 해당 여성의 신체 치수보다 큰 운전환경으로 인해 결측치가 있었기 때문에 972개로 집계되었다. 이러한 개수는 9개의 관절각도가 모인 행들의 총합을 의미한다.

9개(A점~I점) 관절점의 3차원 좌표에서 변환된 관절각도의

그림 7. 변환된 관절각도의 예.

(ID=974; 남성; HX=997mm, HZ=207mm, BA=110°, WX=502mm, WA=18.93°, TX=610mm, TZ=415mm)

예(남성의 경우)가 <그림 7>에 제시되어 있다.

4. 결과 및 토의

본 연구를 통하여 수집된 자료는 크게 두 개의 데이터베이스(① 세팅 ID, 설계변수, 측정변수, ② 세팅 ID, 3차원 좌표값)를 형성하고 있는데, 이 두 개의 DB는 세팅 ID를 공통 키로 갖고 있다. 분석은 두 가지 부분으로 나누어 진행하였는데, 첫 번째는 측정변수들이 <표 4>에서 제시한 안락각도 안에 들어갈 때의 세팅 ID와 그때의 설계변수들의 수준 조합을 가려내었고, 두 번째로 해당 세팅 ID를 사용하여 2번 DB에서 원래의 3차원 좌표값을 뽑아내는 작업을 진행하였다.

4.1 최적의 운전환경 제시

첫 번째 작업에 대한 분석 결과는 <표 5>와 같다. 설계변수들의 치수별 수준 번호들로 조합된 각각의 행들은 최적의 운전 환경의 조합을 의미한다.

남자의 경우를 살펴보면, 7개의 설계변수 중 HX, HZ, BA, WX는 특정 치수를 요구하고 있다. 이 4개의 특정 치수들인 997mm(HX: 수준2), 207mm(HZ: 수준3), 110°(BA: 수준1), 502mm(WX: 수준1)의 조합으로 정해지면 설계변수인 핸들의 경사도(WA)는 3개 수준을 모두 허용하고 있으며, TX, TZ는 2개의 수준만이 가능하다. 이러한 결과는 시트의 3개 변수(HX, HZ, BA)와 핸들의 앞 뒤 길이(WX)가 키 큰 남성의 운전자세에 많은 영향을 끼치고 있다는 것을 의미한다. 즉, 이들 4개의 변수들이

표 5. 95th percentile male과 여자 5th percentile female의 최적 환경 조합

Male							
ID	HX	HZ	BA	WX	WA	TX	TZ
974	997	207	110	502	18.93	610	415
975	997	207	110	502	18.93	610	450
978	997	207	110	502	18.93	570	450
983	997	207	110	502	21.43	610	415
984	997	207	110	502	21.43	610	450
987	997	207	110	502	21.43	570	450
992	997	207	110	502	23.93	610	415
993	997	207	110	502	23.93	610	450
996	997	207	110	502	23.93	570	450

Female							
ID	HX	HZ	BA	WX	WA	TX	TZ
277	802	137	110	462	18.93	530	380
286	802	137	110	462	21.43	530	380
508	802	172	110	502	23.93	570	380
511	802	172	110	502	23.93	530	380
512	802	172	110	502	23.93	530	415
513	802	172	110	502	23.93	530	450
517	802	172	110	462	18.93	570	380
520	802	172	110	462	18.93	530	380
521	802	172	110	462	18.93	530	415
522	802	172	110	462	18.93	530	450
526	802	172	110	462	21.43	570	380
529	802	172	110	462	21.43	530	380
530	802	172	110	462	21.43	530	415
531	802	172	110	462	21.43	530	450
544	802	172	110	422	18.93	570	380
547	802	172	110	422	18.93	530	380
548	802	172	110	422	18.93	530	415
549	802	172	110	422	18.93	530	450
598	802	172	105	462	18.93	530	380
601	802	172	105	462	18.93	530	380
602	802	172	105	462	18.93	530	415
607	802	172	105	462	21.43	530	380
610	802	172	105	462	21.43	530	380
611	802	172	105	462	21.43	530	415
616	802	172	105	462	23.93	530	380
619	802	172	105	462	23.93	530	380
620	802	172	105	462	23.93	530	415
625	802	172	105	422	18.93	530	380
628	802	172	105	422	18.93	530	380
629	802	172	105	422	18.93	530	415
634	802	172	105	422	21.43	530	380
637	802	172	105	422	21.43	530	380
638	802	172	105	422	21.43	530	415
643	802	172	105	422	23.93	530	380
646	802	172	105	422	23.93	530	380
647	802	172	105	422	23.93	530	415

특정 치수의 조합으로 정해지면 95th percentile의 남자는 핸들의 경사도(WA)를 자유자재로 쓸 수 있으나, 수동 변속기의 앞

뒤 길이(TX) 3수준 중 가장 길이가 짧은 530(mm)와 변속기의 높낮이(TZ) 3수준 중 가장 높이가 낮은 380(mm)는 운전자세를 유지하는 데 부적절한 것으로 분석되었다.

여자의 경우는, 남자의 결과와는 다른 양상을 보인다. 여자의 키가 152cm로 상당히 작은 체구의 운전자이기 때문에 남자와는 다르게 HX의 가장 작은 5수준(802mm)을 요구하고 있다. HZ는 가장 높은 높이인 3수준(207mm)이 제외되었고, 두 가지 경우를 제외하고는 2수준(172mm)이 적정한 것으로 분석되었다. BA의 경우는 가장 작은 각도의 수준(105°)이 제외되었는데, 이것은 키 작은 여성의 경우 시트를 앞으로 바짝 당겨 앉게 되며, 자연스럽게 상지의 안락 관절각도를 보장받기 위해 시트의 등판을 뒤로 눕혀야 된다는 것을 의미한다. 이와 연결하여 WX의 결과를 보아도 이를 뒷받침하여 준다. 즉, 핸들의 앞뒤 길이(WX)를 살펴보면, 운전대가 여성 운전자의 상체와 가장 가깝게 위치하는 수준인 1수준(502mm)이 대부분 제외되었다. 이것을 통하여 HX, BA와 WX간의 trade-off 관계를 알 수 있다. 수동 변속기의 경우를 살펴보면, TX의 수준1(610mm)은 키 작은 여성에게는 당연히 부담스러운 수준이며, 몇 경우를 제외하면 거의 대부분이 3수준(530mm)을 유지하는 것으로 분석되었다. 마지막으로 TZ의 경우는, 몇 가지 경우를 제외하면 1, 2수준(380mm, 415mm)을 유지하는 것으로 분석되었다.

수동 변속기의 경우, 남녀의 이러한 결과는 기존 운전자세 연구의 고려 대상이 아니었던 수동 변속기의 위치가 설계 기준으로 고려되어야 하는 필요성을 보여주었다.

95th percentile 남자인 경우, 앞서 제시된 최적환경 중 하나의 조합(ID=974; 남성; HX=997mm, HZ=207mm, BA=110°, WX=502mm, WA=18.93°, TX=610mm, TZ=415mm)을 이용하여 마네킹의 3차원 좌표값들을 시각적으로 모델링한 결과를 Vehicle Work 1.0을 통하여 <그림 8>, <그림 9>, <그림 10>에 보였다.

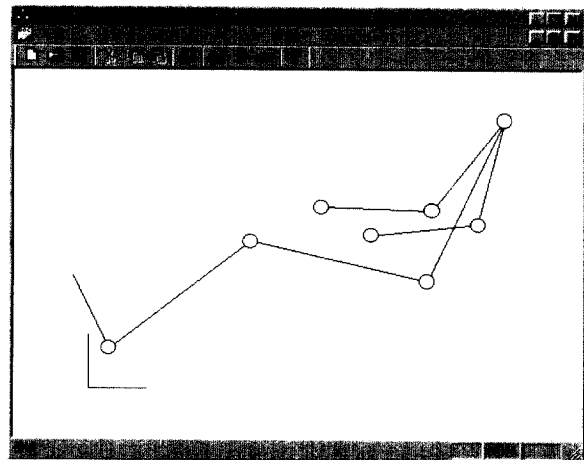


그림 8. 3차원 좌표들의 Side View.

(ID=974; 남성; HX=997mm, HZ=207mm, BA=110°, WX=502mm, WA=18.93°, TX=610mm, TZ=415mm)

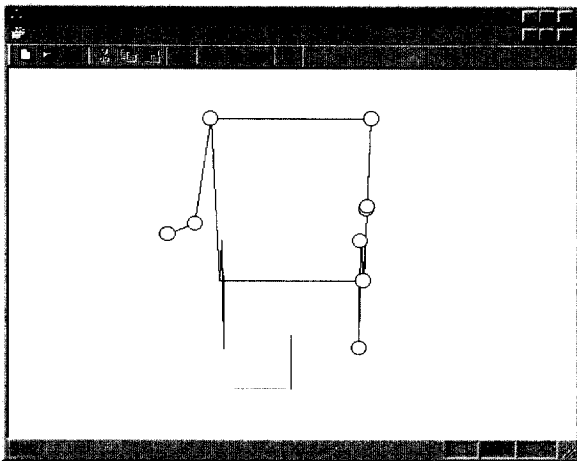


그림 9. 3차원 좌표들의 Front View.

(ID=974; 남성: HX=997mm, HZ=207mm, BA=110°, WX=502mm, WA=18.93°, TX=610mm, TZ=415mm)

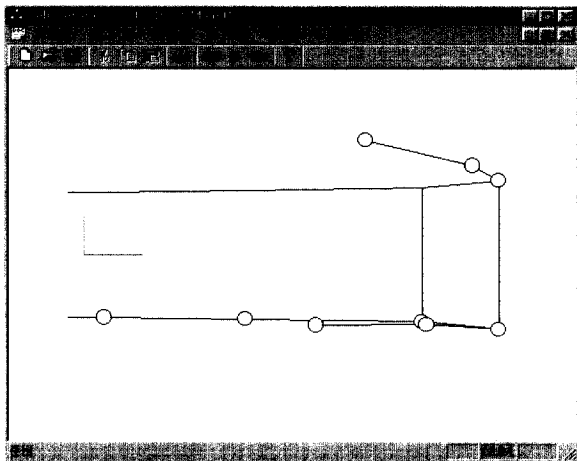


그림 10. 3차원 좌표들의 Top View.

(ID=974; 남성: HX=997mm, HZ=207mm, BA=110°, WX=502mm, WA=18.93°, TX=610mm, TZ=415mm)

위의 <그림 9>와 <그림 10>을 보면, 오른쪽 팔이 시상단면(sagittal plane)에서 굴절(forward flexion)이 일어나고 이와 함께 관상단면(frontal plane)에서 외전(abduction)이 동시에 일어난다고 있음을 알 수 있다. 이는 본 연구를 위해 제작된 마네킹의 어깨 부분이 구상관절(ball-and-socket joint)로 이루어져 있으며, 오른쪽 손이 수동 변속기에 위치함으로써 생기는 결과이다. 팔의 외전에 대한 범위는 약 180도로 알려져 있을 뿐, 외전에 대한 운전자세 안락 각도의 선행 연구는 상대적으로 미약하다. 여러 이유가 있겠지만, 운전공간에 대한 많은 연구가 전형적인 2차원적 Package Layout으로 진행되어, 3차원적으로 일어나는 오른 팔의 운전자세 각도를 고려할 수 없었기 때문으로 보여진다. 따라서 본 연구에서 얻어진 데이터와 3-D Human Modeling Tool을 이용한 연구가 진행된다면, 보다 진보된 결과물을 산출

할 수 있을 것으로 기대된다.

4.2 새로운 설계기준의 제시

앞선 결과에서 해당 세팅 ID를 사용하여 2번 DB에서 원래의 3차원 좌표값을 뽑아낸 후, driver reference point를 도시하였다. 2차원상의 측면도(side view)와 평면도(top view)로 나누어 참조점들을 <그림 11>과 <그림 12>에 보였다. A점은 Ankle, B점은 Knee, C점은 Hip, D점은 Left Shoulder, E점은 Left Elbow, F점은 Left Wrist, G점은 Right Shoulder, H점은 Right Elbow, I점은 Right Wrist의 관절점을 가리키고 있다. 이 점들을 이용하여 운전공간상의 하드웨어의 참조점들을 추정할 수 있으며 이를 사용하여 승용차의 occupant package의 설계지침으로 이용할 수 있다. 예를 들면, <그림 11>에서 C점인 H-point는 X와 Z축으로 각각 862.14, 297.42의 좌표값을 가지고 있는데, 이 좌표를 이용하면 시트 쪽의 유용한 참조점을 추정할 수 있다. 이를 위해서 SAFEWORK[®]을 이용하여 95th percentile male의 양쪽 H-point의 중앙 점에서 buttock까지의 길이와 H-point의 중간점에서 수직선을 내린 후, H-point에서 buttock까지의 사선 사이의 각도를 추출하였다. 그 값은 각각 158.75(mm)와 71.02°이고 이 값을 아래의 식 (1)과 (2)에 대입하면 예로 든 하드웨어의 참조점을 알 수 있다.

$$x = \gamma \times \sin \theta + 862.14 \quad (1)$$

$$z = -(r \times \cos \theta) + 297.42 \quad (2)$$

$$\gamma = 158.75(\text{mm}), \quad \theta = 71.02(^{\circ})$$

따라서 구하려는 하드웨어 참조점은 X와 Z축으로 각각 1012.26, 245.78의 좌표값을 가지게 된다. 이 좌표는 운전자의 엉덩이가 시트 좌판의 가장 안쪽에 접하는 점으로 여러 용도로 쓰일 수 있다.

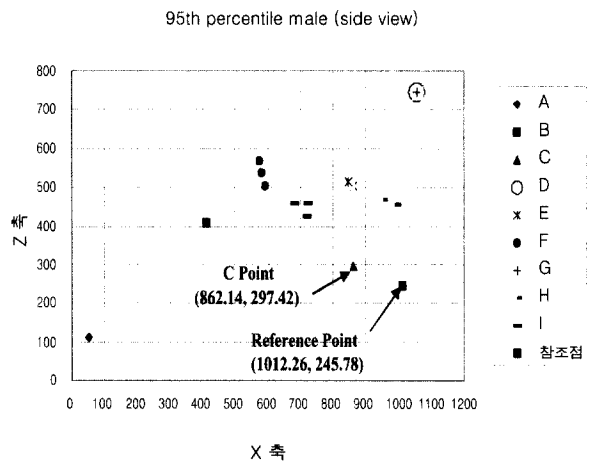


그림 11. 95th percentile male의 driver reference point (side view).

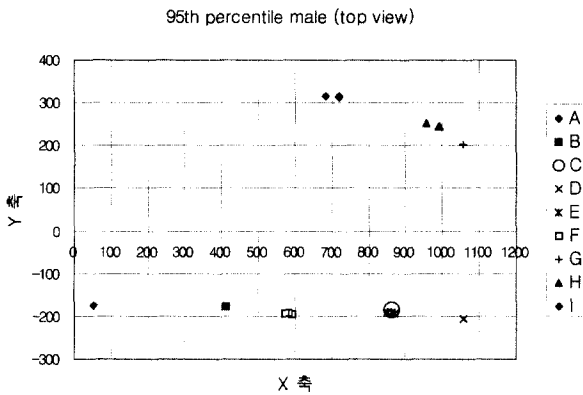


그림 12. 95th percentile male의 driver reference point (top view).

5. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 운전자에게 신체 사이즈와 운전자세에 적합한 환경을 제공하기 위하여 운전자의 관절점에서 얻어지는 3차원 좌표값을 이용한 새로운 occupant packaging tool을 개발하였다. 이를 위하여 새로운 기준 모형으로 상지를 추가한 남녀 3차원 마네킹과 진보된 가변식 seating buck을 각각 제작하여, 마네킹의 관절점에서 얻어지는 3차원 직각 좌표를 설계기준으로 사용하는 방법을 제안하였다. 운전자세의 경우, 왼쪽 상지와 오른쪽 상지의 관절각을 각각 고려함으로써 실제적인 기법으로 적용될 수 있도록 하였다.

본 연구의 결과를 얻어내기 위해 쓰였던 comfort angles의 경우, 어떤 각도 범위를 선정하느냐에 따라 설계기준으로 쓰여질 body landmark 값들이 조금씩 변할 수 있다. 그러나 본 연구는 차량의 설계 과정에서의 새로운 기법 개발을 목적으로 하였기 때문에, 운전자세에 대한 선행 연구의 문제점 및 개선 방향을 다루지 않았다. 따라서 추후 연구과제로 운전자들이 실제로 선호하는 각도나 상지의 외전 각도를 포함한 운전자세의 진보된 연구가 함께 진행되어야 할 것이다.

본 연구의 추후 연구과제로서 occupant packaging 단계에서, 마네킹과 seating buck과 같은 기준 모형을 사용하지 않고서도 운전자의 체질별 치수와 운전자세의 관절각 치수를 입력하면 driver reference point를 알 수 있는 수리 모델의 개발이 진행될 것이다. 이러한 수리 모델은 intelligent adjustable seating system에 응용될 수 있다. 예를 들어, 운전자의 체질별 치수는 인종간의 차이는 있지만 신장 치수와 상관관계가 있으며, 상관계수도 나와 있다. 따라서 운전자는 운전석에서 자신의 신장치수를

입력하여 올바른 운전자세가 유지될 수 있는 운전환경을 제공할 수 있다.

참고문헌

박성준, 강동석 (1998), Ergonomic Human Model을 이용한 인간공학적 차량설계, *산업공학*, 11(2), 125-137.

신원경, 정성재, 박민용 (1997), 한국인 인체 측정 데이터를 이용한 내수용 승용차 내부 설계 평가 및 개선에 대한 연구, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 12-22.

이상규, 박우진, 정의승, 기도형, 최재호, 박성준 (1997), 운전석 위치에 따른 운전자의 지각 불편도 평가, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 120-127.

정성재, 박민용 (1999), 승용차 운전공간의 인간공학적 분석을 위한 공간좌표에 대한 연구, *한국공업경영학회 춘계학술대회 논문집*, 185-189.

Brown, I. D. (1994), Driver Fatigue, *Human factors*, 36(2), 298-314.

Faraway, J. J., Xhang, X. D., and Chaffin, D. B. (1999), Rectifying postures reconstructed from joint angles to meet constraints, *Journal of Biomechanics*, 32(7), 733-736.

GENICOM (1999), *SAFEWORK User's Manual*.

Grandjean, E. (1980), Sitting posture of car drivers from the point of view of ergonomics, *Proceedings of International Conference on Ergonomics and Transportation*, Academic Press.

Judic, J. M., Cooper, J. A., Truchot, P., Effenterre, P. V., and Duchamp, R. (1993), More objectives tools for the integration of postural comfort in automotive seat design, *SAE Technical Paper No. 930113*, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.

Kohara, J., and Sugi, T. (1972), Development of biomechanical manikins for measuring seat comfort, *SAE Technical Paper No. 720006*, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.

Manary, M. A., Schneider, L. W., Flannagan, C. C., and Eby, B. H. (1994), Evaluation of the SAE J826 3-D Manikin Measures of Driver Positioning and Posture, *SAE Technical Paper No. 941048*, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.

Matsuoka, Y. M., and Hanai, T. (1988), Study of Comfortable Sitting Posture, *SAE Technical Paper No. 880054*, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.

Philippart, N. I., Roe, R. W., Arnold, A., and Kuechenmeister, T. J. (1984), Driver selected seat position model, *SAE Technical Paper No. 840508*, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.

Roe, R. W. (1993), Occupant Packaging, *Automotive Ergonomics* (Edited by Peacock, B., and Karwowski, W.), 11-42, Taylor & Francis, London.

Society of Automotive Engineers (1995), Recommended Practice SAE J826, *In SAE Handbook*, 4, Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc.

Tilley, A. R. (1993), *The Measure of Man and Women*, Henry Dreyfuss Associates.