

# 한국인 인체 측정 데이터를 이용한 내수용 승용차 내부 설계 평가 및 개선에 대한 연구

신원경, 정성재, 박민용

한양대학교 산업공학과

## ABSTRACT

본 연구는 현재 국내에서 생산되는 주요 승용차의 운전석과 운전석 주변 제어장치간의 규격이 한국 성인의 신체에 맞게 설계되었는지를 분석하고 평가하여 한국인의 신체에 적합한 승용차 내부설계의 개선안을 제시하고자 한다. 이를 위해 최근의 한국인 인체 측정 자료를 이용하여 운전자가 운전석에서 갖추어야 할 편안한 자세를 3차원 인체 모델링 도구인 SAFEWORK<sup>®</sup>을 이용하여 모델링하였다. 이 모델링을 위해 본 연구에서는 사람과 환경과의 관계를 고정적인 인체 측정 데이터와 기능적인 인체 측정 데이터를 동시에 고려하여 삼차원으로 모델링한 다음 현재 국내에 판매중인 소형, 준중형, 중형승용차 3종류의 규격치를 적용한 시트를 SAFEWORK<sup>®</sup>으로 설계하였다. 한국인 인체 측정 데이터로 만들어진 마네킨을 설계된 각각의 시트에 앉혀 시트의 규격과, 시트에서 운전석 주변의 제어장치간의 규격에 대한 적합성 여부를 판단한 결과, 운전석에서 accelerator pedal까지의 거리와 volume control까지의 거리, 운전석의 깊이와 뒷좌석 폭 등 연구대상이 된 3종류의 내수용 승용차의 주요 규격이 한국 성인의 신체에 부적합하다는 결과가 나왔다. 이에 한국 성인의 인체 측정 데이터에 적합한 시트와 주변 제어장치간의 설계 규격을 제시하고자 한다.

### 1. 연구배경

자동차가 더 이상 일부 계층의 전유물이 아니라 생활의 필수적인 도구로 사용됨에 따라 대부분의 일반인이 자동차를 사용하게 되고 많은 시간을 차에서 보내는 사람들이 늘어가고 있다. 따라서 자동차 운전석의 설계가 운전자에게 편안함을 주고 가능한 한 모든 사람들이 이를 운전하기에 적합하게 설계되어야 할 필요성이 대두되고 있다. 따라서 많은 자동차 회사들이 고유의 디자인과 기능을 가진 다양한 자동차를, 수출용뿐만 아니라 자국민을 위한 내수용 자동차로 생산하고 있다. 현재 국내의 많은 자동차 회사들도 다방면으로 많은 노력을 하고 있으나 실제로 대부분의 설계를 외국회사에 의뢰하여 제작하기 때문에 우리나라 국민체위에 적합하다고는 볼 수 없다. 만약 내수용 자동차의 설계가 한국인의 신체에 적합하지 못할 경우, 운전시 피로를 초래할 뿐만 아니라 운전자의 실수를 야기시켜 결국 사고를

유발하고 운전자의 안전과 생명을 위협하게 된다. 따라서 본 연구는 한국인의 신체 측정 자료와 국내에서 생산되는 내수용 차의 규격치 및 측정치를 비교하여 적합성 여부를 분석, 평가하여 한국인이 안전하고 편안하게 운전할 수 있는 자동차를 설계하는데 기여하고자 한다.

## 2. 3차원 인체 모델링 도구 : SAFEWORK<sup>®</sup>

본 연구에서는 인체와 자동차간의 환경을 3차원적으로 모델링할 수 있는 도구로써 SAFEWORK<sup>®</sup>을 사용하였다. SAFEWORK<sup>®</sup>은 인체에 대하여 3차원으로 모델링할 수 있는 강력한 소프트웨어이다. SAFEWORK<sup>®</sup>은 UNIX system의 Irix 5.3 이상의 환경에서 실행되고, Macintosh나 MS/Windows에서 사용하는 standard menu bar를 사용하는 인터페이스를 기본으로 제공한다. SAFEWORK<sup>®</sup>은 인간공학적인 관점에서 사람과 그 환경과의 관계를 모형화함으로써 모델적용 시 작업자의 reach envelope, 작업자와 특정 물체간의 충돌여부, 특정 환경하에서 작업자가 가질 수 있는 편안한 자세 등을 알아볼 수 있고, 따라서 작업장을 설계하는데 있어서 최적의 시간 및 비용으로 설계할 수 있을 것이다 (<http://www.safework.com>).

SAFEWORK<sup>®</sup>은 외부에서 개발·응용중인 CAD(예. CATIA) 또는 다른 그래픽 파일들을 불러들여 쓸 수 있다. 불러들인 그래픽 환경에 마네킨을 배치하여 그 적용범위와 시야, 다른 사람 또는 기계등의 위험 요소와의 충돌 등을 알아볼 수 있다. 이에 따른 이득으로는 자동차등이 부적합하게 설계되는 것을 미연에 방지할 수 있고, 사용자가 실제 느끼는 만족도를 증대시킬 수 있다.

SAFEWORK<sup>®</sup>은 또한 다른 3차원 인체 모델링 도구(예. JACK(<http://www.cis.upenn.edu/~hms/jack.html>), RAMSIS(이수강, 1997))보다 훨씬 우수한 몇가지 기능을 가지고 있는데 그중 하나가 강력한 마네킨 기능이다. SAFEWORK<sup>®</sup>에는 여러나라의 인체 측정 자료가 입력되어 있어 필요한 자료를 이용하여 마네킨을 생성할 수 있으며, 필요에 따라서는 측정변수에 따른 추가 인체 자료를 쉽게 On-line으로 재입력할 수 있다. 또한 마네킨 기능은 103개의 인체측정 변수를 가지고 있고 99개의 독립링크와 148개의 자유도를 가지고 있으므로 가상의 사람을 사용자가 원하는 대로의 가장 자연스럽게 적합한 모습으로 다른 3차원 인체 모델링 도구보다 아주 손쉽게 만들 수 있는 장점이 있다. 또한 postural analysis를 통해서 사람의 자세를 체절별로 자유자재로 움직일 수 있고, inverse kinematics을 이용, 움직임의 각도를 역으로 자동 계산하면서 자연스럽게 움직이게도 할 수 있다(한치근, 정의승, 1993). 마네킨이 움직이는 Range Of Motion은 실제 인간이 움직일 수 있는 한계에 따라 실제의 사람들과 같은 움직임을 적용시킬 수 있다. 그리고 SAFEWORK<sup>®</sup>의 마네킨은 vision 기능을 갖고 있는데 마네킨이 환경을 보는데 있어 다양한 시야(예. binocular, ambinocular, monocular)를 제공한다. 이것 역시 다른 3차원 인체 모델링 도구보다 다양하고 우수한 기능이라 할 수 있다. 또한 자주 쓰이는 자세나 환경을 라이브러리 기능에 복사시켜 놓고 원할 때마다 불러들여 새로운 파일에 적용시킬 수도 있는데, 이 라이브러리에 있는 기존의 자세나 환경에 관계되는 방대한 양의 자료가 들어있다.

### 3 연구절차

#### 3.1 자동차 종류의 선정

연구 대상으로 사용된 승용차는 국내에서 생산되어 운전자의 대다수가 많이 이용하고 있는 소형, 준중형, 중형 모델 중에서 하나씩을 택하였다.

#### 3.2 한국 성인의 인체치수 자료

연구 대상으로 선정된 한국 성인의 인체치수 자료는 연령 그룹이 청년층(18-24세)으로서 표 1.에 측정항목 몇가지만을 기술하였다(김철중 등, 1992).

표 1. 한국 성인 인체치수 자료 (cm)

측정항목	성별	percentile		
		5%	50%	95%
키	남	161.4	169.9	178.3
	여	150.8	159.2	167.4
몸통너비	남	39.6	43.6	48.6
	여	36.1	40.4	44.5
앞으로 뻗은 손끝길이	남	74.5	80.8	87.6
	여	71.7	76.9	82.5
엉덩이 오금길이	남	41.8	45.8	50.0
	여	41.1	44.3	48.1

#### 3.3 마네킨의 생성 및 운전자세 설계

SAFEWORK<sup>®</sup> 을 통하여 3차원 인체 모델링을 한다. 자동차는 가능한 한 모든 사람이 사용하기에 적합하게 설계가 되어야 하므로 여자 5 percentile과 남자 95 percentile의 마네킨을 생성시킨다. 한국인 자료로 공업진흥청의 국민표준체위 자료(김철중 등, 1992)중에서 18-24세의 자료가 입력되어 있는데 이를 마네킨 생성에 적용한다. 운전자 좌석 설계시 현재 한국인 신체를 고려한 운전자세에 대한 기준은 없다. 그러므로 본 연구에서는 Society of Automotive Engineers, Inc.에서 보고된 SAE J1100(SAE, 1993)에서의 정의와 이것을 근거로 발표된 Motor Vehicle Manufacturers Association(peacock, B and Karwowski, W, 1993)의 치수 자료를 이용하였다. 이 자료를 보면, Accelerator Heel Point(AHP)를 기준으로 가로단면에서 등판각도는 25°, 무릎각도는 134.04°, 발목각도는 87° 이다. 그것을 근거로 하여 운전자의 편안한 자세를 모델링한다.

#### 3.4 측정변수의 결정

본 연구에서 결정된 운전시의 중요 변수들은 다음과 같다.

1. Hip-point에서부터 가속 페달(AHP)까지의 거리
2. Hip-point에서부터 가속 페달(AHP)까지의 높이

3. 운전석 등판 우측 모서리에서부터 라디오 볼륨 제어기까지의 거리
4. 운전석 깊이
5. 뒷좌석 폭

### 3.5 자동차 규격에 대한 자료수집

운전석의 설계를 위해서는 좌석의 규격과 운전석과 제어공간간의 규격이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 연구대상이 된 승용차를 생산하는 국내 모자동차 회사에 의뢰하여 제공받은 자료를 사용하였고, 그 중 규격화 되어 있지 않은 자료(예, 운전석 등판 우측 모서리에서부터 라디오 볼륨 제어기까지의 거리)는 새 자동차를 직접 측정하였다. 측정오차를 줄이기 위하여 측정을 3회 실시하였다. 이상으로부터 구한 관련 규격은 표 2.와 표 3.에 정리되어있다.

표 2. 좌석 규격 자료

(mm)

항목	소형	준중형	중형
HIP-POINT- AHP 높이	257	252	259
CUSHION 깊이	493	509	502
CUSHION 폭	506	520	535
BACK 높이	549	571	580
BACK 폭	506	520	538
HEADREST 높이	180	180	170
HEADREST 폭	296	296	298
SLIDE 조절량	225	225	225
SEAT 높이 조절량	-	31	31
HIP POINT -AHP 높이	285	281	290
뒷좌석 CUSHION 깊이	480	469	493
뒷좌석 CUSHION 폭	1300	1364	1446
뒷좌석 BACK 높이	631	663	704
뒷좌석 BACK 폭	1240	1364	1470

표 3. 운전석과 제어 공간간의 규격 실측치

( x : 운전석의 앞방향 y: 운전석의 높이 z: 운전석에서 승객방향) (mm)

항목	소형			준중형			중형		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z
Hpoint-AHP	953	100	156	970	80	176	971	94.4	178
seat-volume(측정치)	1030	225	50	1020	240	50	1030	220	120

### 3.5 평가를 위한 모델링

수집된 자료를 이용하여 SAFEWORk<sup>®</sup>으로 운전석과 뒷좌석을 모델링 한다. 그 다음에는 설계된 좌석에 남자 95 percentile 과 여자 5 percentile의 마네킨을 앉힌다. 좌석과 마네킨이 접지하는 부위는 좌석등판과 마네킨의 scye 부분, 또 좌석밑판과 마네킨의 midhigh 부분이다. 그 다음으로는 SAFEWORk<sup>®</sup>에서 지원해주는 distance 기능으로 거리를 모델링한다. 이때 기준이 필요하게 되는데 측정항목별 기준은 표 4.와 같다.

표 4. 측정항목별 기준

측정항목	기준
1. H-point 에서부터 가속 페달까지의 거리	y축 고정
2. H-point에서부터 가속 페달까지의 높이	y축 고정
3. 운전석 등판에서부터 라디오 볼륨제어기까지의 거리	y, z축 고정
4. 운전석 깊이	-
5. 뒷좌석 폭	-

모델링한 결과의 예(소형차의 경우)는 다음과 같다.

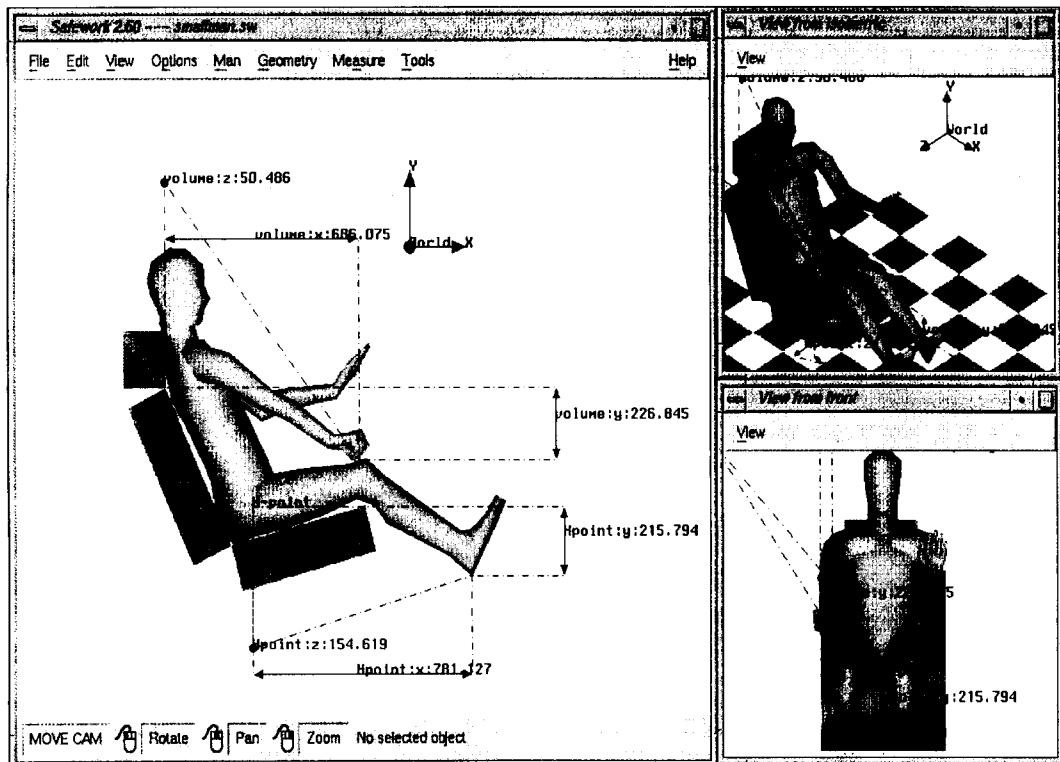


그림 1. 소형차 운전석에 앉힌 남자 95 percentile의 마네킨

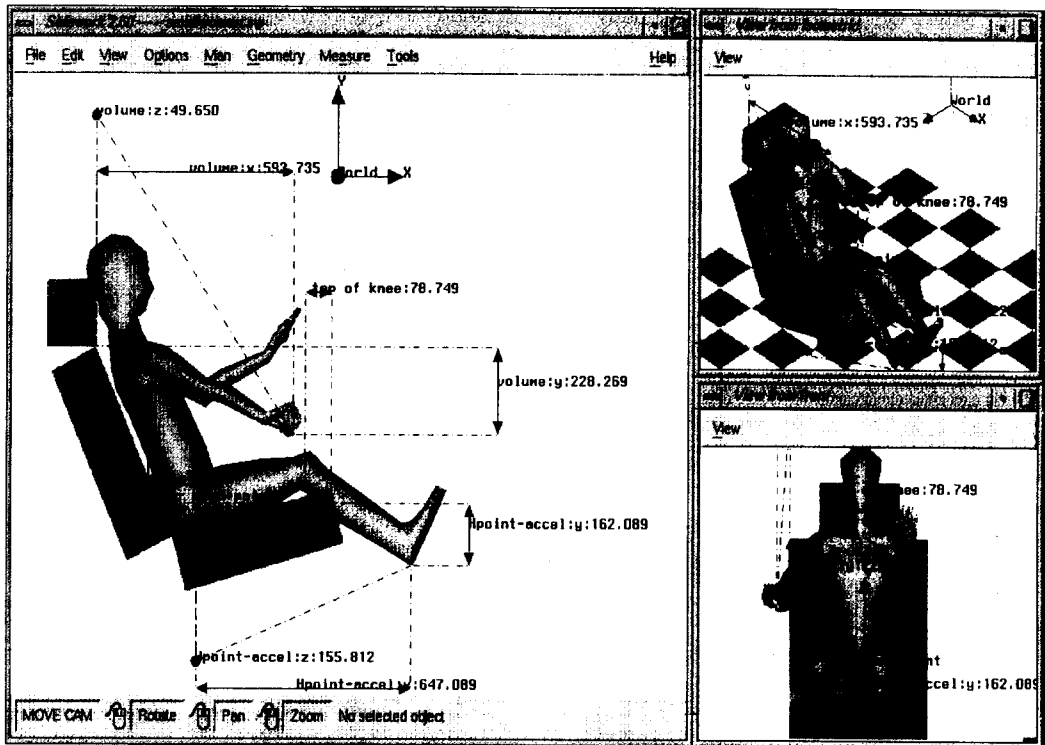


그림 2. 소형차 운전석에 앉힌 여자 5 percentile의 마네킨

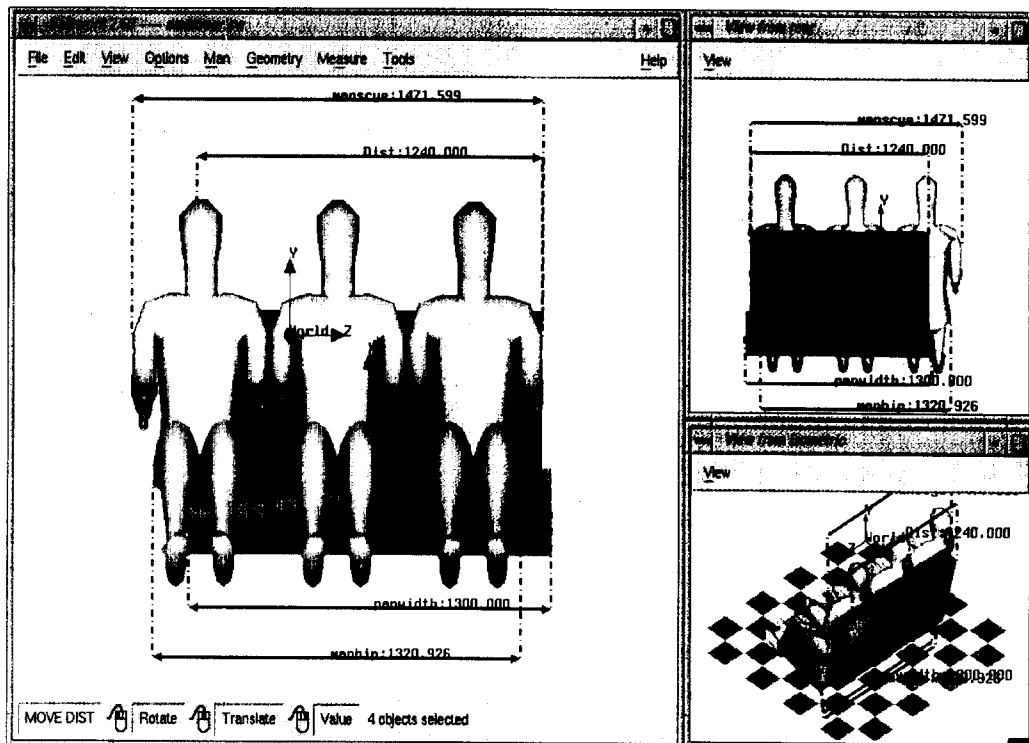


그림 3. 소형차 뒷좌석에 앉힌 남자 95 percentile의 마네킨 3명

### 3.6 비교 평가

모델링을 통한 좌석과 마네킨 간 상호관계를 현재 자동차의 규격과 바람직한 규격으로 비교하여 평가하면 표 5, 표 6, 표 7.로 정리 요약할 수 있다.

표 5. 소형차와의 비교

(mm)

	현재의 규격		모델링에 의한 적정 규격 (실제 운전자가 필요한 거리)	
	최대	최소	남자	여자
1. H-point 에서부터 가속 페달까지의 거리	953	728	781.127	647.089
2. H-point에서부터 가속 페달까지의 높이	257		215.794	162.089
3. 운전석 등판에서부터 라디오 볼륨제어기까지의 거리	1030	805	686.075	593.735
4. 운전석 깊이	493			414.251
5. 뒷좌석 폭	등판	1240	1471.599	
	밑판	1300	1320.926	

표 6. 준중형차와의 비교

(mm)

	현재의 규격		모델링에 대한 적정 규격 (실제 운전자가 필요한 거리)	
	최대	최소	남자	여자
1. H-point 에서부터 가속 페달까지의 거리	970	745	781.297	648.837
2. H-point에서부터 가속 페달까지의 높이	252	221	214.891	172.076
3. 운전석 등판에서부터 라디오 볼륨제어기까지의 거리	1020	795	689.941	602.163
4. 운전석 깊이	509			409.397
5. 뒷좌석 폭	등판	1364	1471.599	
	밑판	1364	1320.926	

표 7. 중형차와의 비교

(mm)

	현재의 규격		모델링에 의한 적정 규격 (실제 운전자가 필요한 거리)	
	최대	최소	남자	여자
1. H-point 에서부터 가속 페달까지의 거리	971	746	773.670	648.592
2. H-point에서부터 가속 페달까지의 높이	259	228	211.941	172.114
3. 운전석 등판에서부터 라디오 볼륨제어기까지의 거리	1030	805	707.300	637.738
4. 운전석 깊이	502			410.606
5. 뒷좌석 폭	등판	1470	1471.599	
	밑판	1446	1320.926	

3.7 평가 및 개선 결과

승용차 종류별 평가 및 개선 결과는 다음 표 8. 표 9. 표 10. 와 같다.

표 8. 소형차의 평가 및 개선

측정변수	평가 및 개선	
1. H-point에서부터 가속 페달까지의 거리	최대규격과 최소규격안에 남자는 들어가지만 여자는 들어가지 못한다. 여자가 이 규격안에 들어가기 위해서는 80.911mm의 범위가 추가되어야 한다.	
2. H-point에서부터 가속 페달까지의 높이	남자와 여자 모두 이 규격과 각각 41.206mm과 94.911mm씩 차이를 보이고 있는데 이는 최초 설계시 한국인 인체 자료를 쓰지 않았기 때문으로 생각된다	
3. 운전석 등판에서부터 라디오 볼륨 제어기까지의 거리	남자와 여자 모두 운전시 볼륨 제어기까지의 거리차가 각각 118.925mm와 211.265mm 이다. 이를 보상하기 위해서는 운전자가 상체를 앞으로 굽혀야 한다.	
4. 운전석 깊이	운전석 깊이가 여자에게는 78.749mm의 차이를 보이고 있다. 이는 그만큼 여자의 신체에 비해 운전석이 깊다는 것을 의미한다.	
5. 뒷좌석 폭	등판	231.599mm 만큼이 부족하다.
	밑판	20.926mm 만큼이 부족하다.



표 9. 준중형차의 평가 및 개선

측정변수		평가 및 개선
1. H-point에서부터 가속 페달까지의 거리		최대규격과 최소규격안에 남자는 들어가지만 여자는 들어가지 못한다. 여자가 이 규격안에 들어가기 위해서는 96.163mm의 범위가 추가되어야 한다.
2. H-point에서부터 가속 페달까지의 높이		남자와 여자 모두 이 규격과 각각 6.109mm과 48.924mm 씩 차이를 보이고 있다.
3. 운전석 등판에서부터 라디오 볼륨 제어기까지의 거리		남자와 여자 모두 운전시 볼륨 제어기까지의 거리차가 각각 105.359mm와 192.837mm 이다. 이를 보상하기 위해서는 운전자가 상체를 앞으로 굽혀야 한다.
4. 운전석 깊이		운전석 깊이가 여자한테는 99.603mm의 차이를 보이고 있다. 이는 그만큼 여자의 신체에 운전석이 깊다는 것을 의미한다.
5. 뒷좌석 폭	등판	107.599mm 만큼이 부족하다.
	밑판	43.074mm 만큼이 남는다.

표 10. 중형차의 평가 및 개선

측정변수		평가 및 개선
1. H-point에서부터 가속 페달까지의 거리		최대규격과 최소규격안에 남자는 들어가지만 여자는 들어가지 못한다. 여자가 이 규격안에 들어가기 위해서는 97.408mm의 범위가 추가되어야 한다.
2. H-point에서부터 가속 페달까지의 높이		남자와 여자 모두 이 규격과 각각 16.059mm과 55.886mm 씩 차이를 보이고 있다.
3. 운전석 등판에서부터 라디오 볼륨 제어기까지의 거리		남자와 여자 모두 운전시 볼륨 제어기까지의 거리차가 각각 97.7mm과 167.262mm 이다. 이를 보상하기 위해서는 운전자가 상체를 앞으로 굽혀야 한다.
4. 운전석 깊이		운전석 깊이가 여자에게는 91.394mm의 차이를 보이고 있다. 이는 그만큼 여자의 신체에 비해 운전석이 깊다는 것을 의미 한다.
5. 뒷좌석 폭	등판	1.599mm 만큼이 부족하다.
	밑판	125.074mm 만큼이 남는다.

#### 4. 결론 및 토의

이상의 것을 정리하여 보면, 국내 내수용 자동차가 한국인의 인체자료와 많이 다르게 설계되어 있음을 알 수 있다. H-point에서부터 가속 페달까지의 거리를 살펴 보면, 소형차 보다 준중형과 중형에서 여자 운전자는 자기 신체와 맞지 않은 상태에서 운전을 하게 된다. H-point에서부터 가속 페달까지의 높이를 보면, 준중형과 중형은 높이 조절이 가능하게 되어 있어도 차이를 보이는데, 소형은 조절 기능 자체가 없어 문제가 된다. 또한 조절 범위도 한국인 체형을 반영하여 더 큰 폭으로 바뀌어야 한다. 운전석 등판에서부터 라디오 볼륨 제어기까지의 거리를 봐도 각각의 차이를 보이고 있다. 운전석 깊이를 보면, 남자의 경우는 별 문제가 없는 것으로 분석되어진 반면, 여자의 경우는 등판에서 오금까지의 거리가 운전석 깊이 보다 짧은 관계로 이를 보상하기 위해서는 엉덩이가 앞으로 빠진 상태에서 운전을 하게 된다. 뒷좌석 폭의 경우, 3차종 모두 등판 넓이가 부족해서 3사람이 편안하게 앉을 수 없다. 그리고 한가지 재미있는 사실은 소형차는 밀판이 등판보다 넓게 설계되어 있는 반면, 중형은 등판이 더 넓게 설계되어 있다는 것이다.

자동차 수입의 완전한 개방이 멀지 않은 시점에서 현재 국내에 수입된 외국 자동차가 한국인의 인체 체형에 알맞게 설계되었는가를 확인해 볼 필요가 있다. 실제로 한국인의 평균 키와 외국인의 평균키가 크게 다른데도 우리는 그대로 외국인의 체형에 맞게 설계된 자동차를 운전하고 있다. 역으로 외국인들 체형에 맞는 자동차를 만들어 수출할 때 국제 경쟁력 상승에도 또한 기여하게 될 것이다.

추후 연구의 일환으로, 본 연구에서 나온 자료를 바탕으로 해서 실제 운전에서 벌어지는 현장 자료를 첨부하여 운전에 대한 만족도를 측정할 필요가 있다. 예를 들면, 신체 치수에 적합하지 않은 자동차를 운전할 때 운전자가 받는 피로도의 측정이 한 예가 되겠다. 본 연구에서는 좌석의 등판과 밀판만을 고려 하였는데, 여기에 머리부분이 만나는 Headrest 부분과 운전자의 시야부분이 추가될 필요가 있다. 또한 한국인 인체측정자료를 사용하여 다양한 Seating buck의 설계가 추후에 계속 이루어져야 한다. 이런 뒷받침 속에서 더욱 개선된 Vehicle Packaging을 기대할 수 있을 것이다.

#### REFERENCES

- 1) 김철중, 이남식, 김진호, 박수찬, 이용호, 최종후, 강신철, 이규금, 이상도, 이동춘, 산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사 보고서, 한국표준과학연구원, TR/Kriss-92-144-IR, 공업진흥청, 1992.
- 2) 이수강, "패키지 설계 지원시스템 구축사례", I.E.매거진, 4(1), pp. 13-16, 1997.
- 3) 한치근, 정의승, "인체 모델의 컴퓨터 형상화 기법", 대한인간공학회지 12(1), 1993.
- 4) Peacock, B and Karwowski, W, Automotive Ergonomics, Taylor Francis, 1993.

- 5) About Jack as <http://www.cis.upenn.edu/~hms/jack.html>
- 6) SAFEWORK: The Human Modeling Software as <http://www.safework.com>
- 7) Society of Automotive Engineers, Inc., SAE J287, "Driver Hand Control Reach", 1988.
- 8) Society of Automotive Engineers, Inc., SAE J1100, "Surface Vehicle Recommended Practice" 1993.
- 9) Pheasant, S, BODYSPACE : Anthropometry, Ergonomics and Design, Taylor & Francis, 1988.