Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 25, No. 2 pp.85-93, May 2006

자동차 설계를 위한 한국인 3차원 표준 형상의 선정*

홍승우[1] · 박성준[2] · 정의승[1]

[1]고려대학교 산업시스템정보공학과 / [2]남서울대학교 산업경영공학과

3-D Body Typing of Korean Adults and its Application to Vehicle Design

Seungwoo Hong[1], Sungjoon Park[2], Eui S. Jung[1]

[1]Department of Industrial Systems and Information Engineering, Korea University, Seoul, 136-701
[2]Department of Industrial and Management Engineering, Namseoul University, Cheonan, 330-707

ABSTRACT

The purpose of this study is to extract typical body shapes of Korean adults based on the three-dimensional Korean anthropometric data measured through 5th national anthropometric survey and to examine the suitability of the 3-D human shape data for the interior packaging. 36 three-dimensional anthropometric variables related to the design of vehicle interior were considered for the appraisal of typical body shapes. Four major factors were extracted by the factor analysis and factor scores were calculated for all subjects. Typical or standard drivers of Korean adults were selected by the minimum deviation criteria for the four factor scores with respect to 5th, 50th, and 95th percentiles, respectively. Typical drivers of Korean adults were visualized by the CATIA-HUMAN program due to the absence of proper application software for three-dimensionally scanned human body data. There are considerable differences between the anthropometric data of Korean adults and those provided by CATIA-HUMAN program, which shows that the modeling data provided by CATIA-HUMAN should not be directly applied to the ergonomic evaluation for the vehicle design. This suggests the necessity for the development of suitable software for scanned human shape data. It is also expected that the anthropometric data of typical drivers extracted from this study help design package layouts and improve the suitability of ergonomic evaluation for Korean customers.

Keyword: Korean adult driver, Anthropometric data, Factor analysis, Package layout

1. 서 론

자동차 산업의 발전으로 인해 국내에서 개발되는 차량들이 점차 고급화 되어감에 따라 고급차 위주의 수요로 변모해 가고 있는 상황이다. 특히, 외국 선진 차량의 수입이 보편화됨에 따라 한국인의 인체특성 반영을 통한 내수 시장에서의 경쟁 우위 확보를 위한 자동차 업계의 노력이 가속화되고 있는 실정이다.

국내 자동차 산업은 최근 비약적인 발전을 거듭하여 품질면에서 J.D. Power 등 해외 평가기관으로부터 우수한 평가를 받고 있다. 또한 국내 자동차 업계는 독자모델 개발이라

*본 연구는 2005년도 산업자원부 기술표준원 학술용역과제 지원으로 수행되었음.
교신저자: 박성준
주 소: 330-707 충남 천안시 성환읍 매주리 21번지, 전화: 041-580-2204, E-mail: sjpark@nsu.ac.kr

는 목표를 넘어 선진업체로의 진입을 목표로 삼고 있는 등 국가 산업 전반에 걸쳐 자동차 산업의 기여도가 크다고 할 수 있다. 그러나 해외 업체의 국내 시장 공략 또한 가속화됨에 따라 국내 내수 시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 한국인의 인체특성 반영을 통한 자동차 업계의 상품성 확보는 매우 중요한 이슈라고 할 수 있다.

자동차 산업은 대표적인 국가 기간 산업으로서 제품의 부가가치를 높이기 위해서는 연비, 성능, 외형뿐만 아니라 인간공학적 적합성을 향상시키는 것이 중요하다(정성재 등, 1998). 이를 위하여 운전자에 대한 특성을 파악해 나가고자 하는 연구가 진행되고 있으며, 일찍이 미국, 유럽 등 선진국에서는 자국인을 대상으로 한 인체 측정자료를 바탕으로 인체모형 개발에 관심을 가져왔으며(이상철 등, 2002), 근래에 이르러 인체모형을 활용한 차량 내 패키징 연구가 수행되어 왔다. 그러나 실제 측정된 3차원 인체 형상 데이터를 활용한 차량 개발 사례는 아직 발표된 바 없으며, 또한 차량 설계 시 실제 한국인 표준 체형과 모델링된 표준 형상과의 비교 평가 연구는 자동차 산업의 경쟁력 제고를 위하여 필수적인 과제라고 판단된다.

차량 개발 시 인체특성을 반영하기 위해서는 운전자에 대한 3차원 형상 데이터가 필요하며, 국내에서는 Size Korea 사업을 통하여 한국인 인체 형상 데이터가 측정되어 왔다. 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 형상 데이터를 CAD 시스템에서 작동시킬 수 있어야 한다. 이를 위해서는 자동차 산업에서 사용되고 있는 CATIA, Unigraphics 등의 프로그램과 연동할 수 있는 소프트웨어의 개발이 요구되고 있다. 현재까지는 측정된 인체 형상 데이터를 CAD 시스템에서 직접 운용할 수 없는 관계로 자동차 회사에서는 RAMSIS, CATIA-HUMAN(구 Safework Model)과 같은 Ergonomic Human Model을 통하여 차량 설계에 인체 데이터를 적용하고 있으나, 서구인의 데이터를 바탕으로 모델링 알고리즘이 개발된 프로그램임에 따라 실제 한국인의 인체특성을 정확하게 반영하고 있는지에 대한 검토가 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 3차원 인체 형상 데이터를 자동차 설계에 활용할 수 있도록 한국인 표준 운전자를 선정하고자 한다. 표준 체형을 가진 운전자를 선정하고자 할 때, 기존의 방법처럼 신장과 같은 소수 데이터만을 고려하여 표준 운전자를 선정하게 되면, 체형을 결정하는 모든 변수를 고려하지 못하기 때문에 표준 운전자를 선정하는데 한계를 지니게 된다. 또한 신장이 평균이라고 해도 그 외 인체 측정 데이터까지 평균값인 표준 체형자는 존재하지 않기 때문에 다양한 인체 측정변수를 고려하여 표준 체형을 정의하여야 한다.

이제까지, 자동차 설계에서 인체자료 적용으로는 한국인의 2차원 직접 측정 데이터만을 자동차 설계에 반영하였으나(신원경 등, 1997, 신해웅, 1998), 최근 차량 내 운전자의 안락성, 편의성, 쾌적성에 대한 요구가 증가함에 따라 한국인 운전자의 인체특성을 파악하기 위해 3차원 인체 형상 데이터를 활용하는 방안에 대한 필요성이 높아지고 있으므로 차량 설계에 적합한 표준 운전자를 선정하고자 한다. 또한, 앞서 언급한 바와 같이 자동차 회사에서 사용하고 있는 Ergonomic Human Model에 의해서 생성되는 한국인 운전자 형상과, 실제 측정 데이터로부터 도출된 표준 운전자 형상간의 비교를 통하여 기존 모델의 사용 적합성을 검토해 보고자 한다. 본 연구에서는 도출된 운전자 형상 데이터를 바탕으로 실제 설계 작업에 적용해 봄으로써 인간공학적 차량 설계 과정에서의 3차원 형상 데이터의 효용성과 필요성을 검토해 보고자 한다.

2. 표준 운전자 선정

Size Korea 사업 시 측정한 3차원 형상 데이터로부터 한국인의 인체특성을 대표하는 표준 운전자를 선정하기 위해 차량 설계에 필요한 다양한 변수를 고려하고자 하였으며, 이를 위하여 자동차 업체의 설계 담당자 2명과 인간공학 전문가 3명의 협의를 통해 3차원 인체측정항목 중 자동차 설계와 관련된 36개의 변수를 추출하였다. 추출된 변수를 항목별로 정리하면 [표 1]과 같이, 높이 14개, 길이 8개, 너비 5개, 둘레 5개, 두께 4개로 구성되어 있다.

추출된 인체 측정 데이터를 성인(남/여)을 기준으로 하는 다변량 기법(Multivariate Analysis Method) 중에 하나인 요인분석(Factor Analysis)을 통해 인체측정변수를 그룹핑하고 요인점수(Factor Score)를 계산하였다. 또한 설계 범위의 Percentile(5^{th}, 50^{th}, 95^{th})을 결정하고 Percentile별 요인점수 조합을 추출하여 최종적으로 최소편차에 근거한 표준 운전자를 선정하였다. 이로부터 최소편차에 근거한 표준 운전자를 선정하기 위하여 한국 성인 남성 및 여성의 요인점수를 활용하여 표준 운전자를 선정하였고 다음 [그림 1]은 표준 운전자를 선정하기 위한 절차를 보여준다.

상기의 [그림 1]과 같이, Subject별 요인점수와 요인점수의 Percentile값을 계산하여 요인별로 Subject의 요인점수와 Percentile값 간의 차이를 계산하였고 이를 바탕으로 앞선 요인분석 결과로부터 산출된 Proportion을 가중치에 반영하여 최소편차에 근거한 Subject를 추출할 수 있는 계산식을 도출하였으며, 이 계산식으로부터 Percentile별 표준

표 1. 자동차 설계 관련 인체측정변수

Dimensional type	No.	Anthropometric variable
Height	1	키(Stature)
	2	눈높이(Eye height)
	3	허리높이(Waist height)
	4	엉덩이높이(Buttock height)
	5	무릎높이(Knee height)
	6	무릎뼈가운데높이(Midpatella height)
	7	가쪽복사높이 (Lateral Malleolus height)
	8	앉은키(Sitting height)
	9	앉은눈높이(Eye height, sitting)
	10	앉은목뒤높이(Cervicale height, sitting)
	11	앉은어깨높이(Shoulder height, sitting)
	12	앉은팔꿈치높이(Elbow height, sitting)
	13	앉은무릎높이(Knee height, sitting)
	14	앉은오금높이(Popliteal height)
Length	1	발직선길이(Foot length)
	2	팔길이(Arm length)
	3	위팔길이(Upperarm length)
	4	아래팔길이(Forearm length)
	5	아래팔수평길이(Elbow−wrist length)
	6	팔꿈치손끝수평길이 (Forearm−fingertip length)
	7	앉은엉덩이오금수평길이 (Buttock−popliteal length)
	8	앉은엉덩이무릎수평길이 (Buttock−knee length)
Width	1	위팔사이너비(Bideltoid breadth)
	2	허리너비(Waist breadth)
	3	앉은엉덩이너비 (Buttock breadth, sitting)
	4	손너비(Hand breadth)
	5	발너비(Foot breadth)
Circumference	1	목밑둘레(Neck base circumference)
	2	가슴둘레(Chest circumference)
	3	허리둘레(Waist circumference)
	4	엉덩이둘레(Buttock circumference)
	5	무릎둘레(Knee circumference)
Depth	1	가슴두께(Chest depth)
	2	배두께(Abdominal depth)
	3	엉덩이두께(Buttock depth)
	4	앉은배두께(Abdominal depth, sitting)

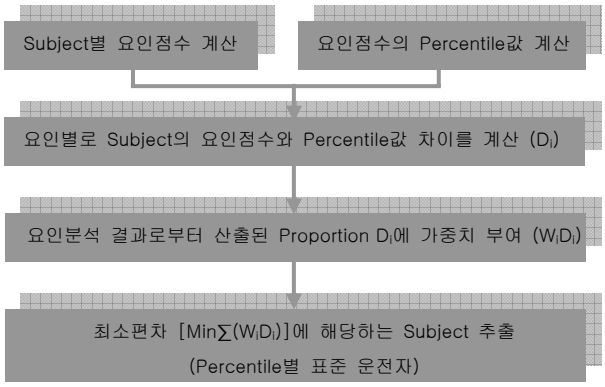

그림 1. 표준 운전자 선정을 위한 계산 절차

운전자를 선정하였다.

요인추출방법으로는 주성분분석을 이용하였고 요인의 회전방법으로는 직각회전방식으로 Varimax 회전의 방법을 선택하였다(Hair et al., 1995, Johnson et al., 1998).

표 2. 성인 남성의 요인분석 결과

최종요인	둘레 & 두께	높이	앉은높이	팔길이	Final Communality
요인번호	1	2	3	4	
허리둘레	0.98	−0.01	0.06	0.01	0.96
앉은배두께	0.94	−0.05	−0.01	−0.08	0.90
배두께	0.93	−0.04	0.00	−0.05	0.88
허리너비	0.92	0.06	0.12	0.09	0.88
가슴두께	0.87	0.02	0.01	0.13	0.78
엉덩이두께	0.87	0.07	0.20	0.09	0.81
가슴둘레	0.86	0.09	0.22	0.18	0.83
키	0.00	0.94	0.27	0.15	0.97
눈높이	0.00	0.93	0.29	0.17	0.98
엉덩이높이	−0.02	0.93	0.10	0.30	0.96
허리높이	0.03	0.92	0.15	0.25	0.94
무릎뼈가운데높이	0.05	0.92	0.08	0.29	0.95
무릎높이	0.05	0.91	0.14	0.26	0.92
앉은어깨높이	0.17	0.21	0.91	0.19	0.93
앉은눈높이	0.01	0.26	0.89	0.27	0.93
앉은키	0.02	0.28	0.88	0.30	0.94
앉은목뒤높이	0.14	0.27	0.87	0.26	0.92
앉은팔꿈치높이	0.22	−0.03	0.85	−0.22	0.82
아래팔길이	0.07	0.30	0.13	0.87	0.88
아래팔수평길이	0.10	0.24	0.07	0.84	0.78
팔꿈치손끝수평길이	0.11	0.34	0.25	0.83	0.87
팔길이	0.03	0.39	0.23	0.82	0.87
Proportion(%)	27.08	26.53	19.67	16.23	89.51

성인 남/여(20~59세) 표준 운전자를 선정하기 위해 요인점수를 활용하여 Percentile별 표준 운전자를 도출하였다. 성인 남성을 대상으로 요인분석을 실시하여 최종적으로 추출된 요인은 나타내면 다음 [표 2]와 같다.

상기의 [표 2]와 같이, 성인 남성에 대한 요인분석 결과, 요인 1은 둘레 및 두께 변수, 요인 2는 높이 변수, 요인 3은 앉은높이 변수, 요인 4는 팔길이 변수로 그룹핑 되었으며, 이들 4개의 요인이 전체 분산의 89.51%를 차지하여 높은 설명력을 보이고 있다. 또한 각각의 요인들은 전체 분산에 대하여 요인 1은 27.08%, 요인 2는 26.53%, 요인 3은 19.67%, 요인 4는 16.23%를 차지하였다.

위와 동일한 방법으로 성인 여성을 대상으로 요인분석을 실시하여 최종적으로 추출된 요인을 살펴보면 다음 [표 3]과 같다.

표 3. 성인 여성의 요인분석 결과

최종요인	앉은높이 & 길이	높이	둘레 & 두께	팔길이	Final Communality
요인번호	1	2	3	4	
앉은키	0.95	0.15	−0.03	−0.02	0.94
앉은목뒤높이	0.94	0.15	0.02	−0.04	0.92
앉은눈높이	0.94	0.16	−0.03	−0.03	0.91
앉은엉덩이 무릎수평길이	0.92	0.19	0.11	0.13	0.91
앉은어깨높이	0.92	0.14	0.03	−0.06	0.87
팔꿈치손끝수평길이	0.90	0.20	0.01	0.20	0.89
앉은무릎높이	0.90	0.23	−0.05	0.19	0.90
앉은오금높이	0.90	0.24	−0.07	0.22	0.91
앉은엉덩이 오금수평길이	0.87	0.18	0.13	0.15	0.83
아래팔수평길이	0.81	0.20	−0.02	0.27	0.77
키	0.23	0.96	0.00	0.03	0.98
눈높이	0.23	0.96	0.00	0.04	0.98
허리높이	0.24	0.95	−0.06	0.12	0.98
엉덩이높이	0.23	0.95	−0.03	0.15	0.97
무릎뼈가운데높이	0.23	0.95	0.01	0.13	0.96
무릎높이	0.22	0.95	−0.02	0.12	0.96
허리둘레	−0.01	−0.08	0.96	0.07	0.94
배두께	−0.01	−0.06	0.94	0.03	0.89
허리너비	−0.01	−0.07	0.92	0.15	0.87
가슴둘레	0.01	0.08	0.90	0.22	0.87
가슴두께	0.01	0.05	0.90	0.13	0.83
엉덩이두께	0.07	−0.01	0.89	0.18	0.82
팔길이	0.17	0.15	0.25	0.93	0.98
위팔길이	0.12	0.13	0.23	0.87	0.84
아래팔길이	0.20	0.15	0.24	0.86	0.86
Proportion(%)	34.46	23.52	21.12	11.20	90.31

상기의 [표 3]과 같이, 성인 여성에 대한 요인분석 결과, 요인 1은 앉은높이 및 길이 변수, 요인 2는 높이 변수, 요인

표 4. 성인 남/여 표준 운전자의 Percentile별 인체 측정 데이터

자동차 설계 관련 인체측정변수		한국 성인 남/여 표준 운전자 (mm)					
		남성(Percentile)			여성(Percentile)		
항목 (36)	인체측정변수	5th	50th	95th	5th	50th	95th
높이 (14)	키	1524	1747	1806	1480	1568	1648
	눈높이	1412	1600	1684	1351	1443	1526
	허리높이	949	1053	1123	911	950	1038
	엉덩이높이	731	822	891	672	748	824
	무릎높이	388	438	479	357	408	451
	무릎뼈가운데높이	412	455	483	377	417	462
	가쪽복사높이	58	52	65	41	50	51
	앉은키	837	945	966	851	862	880
	앉은눈높이	725	799	838	723	739	757
	앉은목뒤높이	585	672	710	610	614	632
	앉은어깨높이	547	576	638	549	555	561
	앉은팔꿈치높이	247	266	284	274	247	229
	앉은무릎높이	439	485	542	402	468	504
	앉은오금높이	373	415	447	344	379	415
길이 (8)	발직선길이	223	267	271	220	235	237
	팔길이	499	532	578	449	511	549
	위팔길이	279	285	327	257	289	324
	아래팔길이	220	247	250	192	221	225
	아래팔수평길이	248	267	277	216	244	242
	팔꿈치손끝수평길이	391	443	472	360	413	429
	앉은엉덩이오금수평길이	426	483	502	397	435	500
	앉은엉덩이무릎수평길이	498	569	612	472	530	587
너비 (5)	위팔사이너비	402	497	485	412	424	465
	허리너비	269	302	334	237	277	335
	앉은엉덩이너비	330	379	404	314	362	433
	손너비	76	82	94	65	71	78
	발너비	85	104	98	76	84	89
둘레 (5)	목밑둘레	416	476	448	384	360	397
	가슴둘레	877	1022	1108	839	899	1009
	허리둘레	719	818	1003	653	775	965
	엉덩이둘레	826	974	1026	878	909	1092
	무릎둘레	338	406	412	330	339	395
두께 (4)	가슴두께	196	235	270	186	219	238
	배두께	180	204	284	183	229	277
	엉덩이두께	213	272	273	206	224	267
	앉은배두께	179	214	303	181	229	291

3은 둘레 및 두께 변수, 요인 4는 팔길이 변수로 그룹핑 되었으며, 이들 4개의 요인이 전체 분산의 90.31%를 차지하여 높은 설명력을 보이고 있다. 또한 각각의 요인들은 전체 분산에 대하여 요인 1은 34.46%, 요인 2는 23.52%, 요인 3은 21.12%, 요인 4는 11.20%를 차지하였다. 다음 [표 4]는 본 연구에서 선정된 한국 성인 남/여의 Percentile별 자동차 설계 관련 변수들의 인체 측정 데이터를 보여준다.

상기의 [표 4]를 바탕으로 본 연구에서 선정된 한국 성인 남/여 표준 운전자의 인체 측정 데이터와 HUMAN과 같은 소프트웨어 기반 모델링 데이터와의 비교를 통해 자동차 설계 시 보다 실질적인 Package Layout에 반영할 수 있는 인체 형상 자료를 얻을 수 있다. 또한 상기의 [표 4]의 3차원 한국 성인 표준 운전자의 Percentile별 형상 데이터 자료를 CATIA에서 시각화시키면 다음 [그림 2]와 같으며, 이를 통해 한국 성인 표준 운전자의 인체특성을 파악할 수 있다.

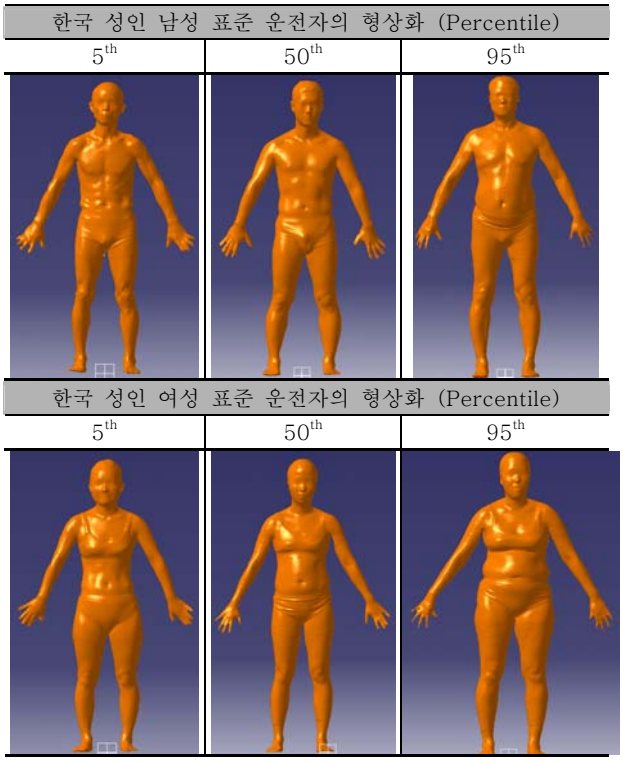

그림 2. CATIA를 활용한 한국 성인 남성 표준 운전자의 형상화(상)와 한국 성인 여성 표준 운전자의 형상화(하)

상기의 [그림 2]의 형상 데이터 중 한국 성인 여성 표준 운전자의 형상 데이터를 예로 들면, [표 4]에 한국 성인 여성 표준 운전자(95th Percentile)의 인체 측정 데이터 중 허리너비, 앉은 엉덩이너비, 엉덩이둘레는 동일 Percentile의 남성 표준 운전자 인체측정데이터보다 큰 것을 알 수 있으며, [그림 2]의 한국 성인 여성 표준 운전자(95th Percentile) 형상화가 이를 입증하고 있다.

자동차 설계에 한국인 인체특성을 잘 반영하기 위해 도출된 한국인 표준 체형의 형상 데이터를 CAD 환경 내에서 자유자재로 조작이 가능하도록 지원해주는 3차원 형상 데이터 운용 소프트웨어가 필요하다. 그러나 현재 이러한 기능을 제공하는 소프트웨어의 부재로 인해 본 연구에서는 차선책으로 HUMAN에 표준 형상 체형의 인체 변수 값을 입력하는 방식을 통하여 CAD 상에서의 형상화를 시도하였으며, 차량 설계에 활용하였다.

HUMAN이 생성한 한국 성인 인체 측정 데이터와 자동차 설계 관련 선정된 한국 성인 표준 운전자의 인체 측정 데이터와의 비교를 통해 모델링된 인체 형상 데이터와 실제 한국 성인 표준 운전자 형상과의 차이를 파악할 수 있으며, 이는 자동차 설계 시 보다 실질적인 인체 측정 데이터를 반영하는데 의미를 부여할 수 있다. 다음 [표 5]는 HUMAN이 생성한 한국 성인 형상 데이터와 본 연구에서 선정된 한국 성인 표준 운전자 인체 측정 데이터와의 차이를 비교한 것이며, 자동차 설계 변수 중에 주요 변수만을 비교하였고 남성은 95th Percentile, 여성은 5th Percentile을 제시하였다.

표 5. HUMAN이 생성한 한국 성인 형상 데이터와 본 연구에서 선정된 한국 성인 표준 운전자의 인체 측정 데이터와의 비교

자동차 설계 관련 인체측정변수		HUMAN이 생성한 성인 형상 데이터(mm)		성인 표준 운전자의 인체 측정 데이터(mm)	
		남성	여성	남성	여성
항목	인체측정변수	95th	5th	95th	5th
높이	키	1796	1479	1806	1480
	엉덩이높이	872	714	891	672
	무릎뼈가운데높이	488	383	483	377
	앉은키	958	832	966	851
	앉은눈높이	844	726	838	723
앉은길이	앉은엉덩이 오금수평길이	477	396	502	397
	앉은엉덩이 무릎수평길이	589	496	612	472
너비	허리너비	308	227	334	237
	앉은엉덩이너비	377	318	404	314
둘레	가슴둘레	978	791	1108	839
	엉덩이둘레	1013	827	1026	878
두께	가슴두께	240	200	270	186
	엉덩이두께	249	191	273	206

상기의 [표 5]와 같이, HUMAN이 생성한 한국 성인 남성의 형상 데이터와 한국 성인 남성 표준 운전자의 인체 측정 데이터간에는 거의 모든 변수에서 한국 성인 남성 표준

운전자의 인체 측정 데이터가 큰 것을 알 수 있으며, 특히 너비, 둘레, 두께 변수에서는 상당한 차이를 보여 기존의 CATIA-HUMAN에서의 모델링, 시각화한 인체 형상 데이터를 여과 없이 활용하는 것은 한국인의 정확한 인체특성을 반영한다고 볼 수 없다. 또한 HUMAN이 생성한 한국 성인 여성 형상 데이터와 한국 성인 여성 표준 운전자의 인체 측정 데이터간 비교에서는 키의 차이는 미비하나, 엉덩이높이와 무릎뼈가운데높이에서 HUMAN이 생성한 한국 성인 형상 데이터가 큰 것을 알 수 있으며, 이는 상대적으로 상체길이가 하체길이보다 긴 한국 성인 여성 표준 운전자의 인체특성을 보여주는 결과로 해석할 수 있으며, 앉은키 변수와 앉은길이 변수에서도 마찬가지 결과로 볼 수 있다. 또한 너비, 두께 변수에서는 차이가 미비한 반면, 유독 둘레 변수에서는 한국 성인 여성 표준 운전자의 인체 측정 데이터가 상당히 큰 결과를 보여 HUMAN에서 제시하는 모델링 인체 형상 데이터가 한국 성인 표준 체형을 정확히 반영하지 못한다고 할 수 있으며, 차량 설계 시 인간공학적 평가의 신뢰도가 저하된다고 할 수 있다.

3. 적용 사례

본 연구에서 선정된 한국 성인 표준 운전자를 바탕으로 자동차 설계 시 인간공학적 검토가 요구되는 설계사례에 대해 분석을 하였고 특히 3차원 형상자료에 대한 활용연구뿐만 아니라 설계 이슈에 따라 2차원 직접 측정 데이터의 활용방안을 함께 고려하였다. 본 연구에서는 표준 체형자와 모델링된 운전자 더미간의 설계 기준점 차이 분석 및 승용차 후석 다리공간(Legroom) 및 머리공간(Headroom) 확인 등의 사례를 제시해 보고자 하며, 현재 자동차 회사가 사용하고 있는 인체모형 소프트웨어를 적용한 설계사례와 표준 운전자를 형상화하여 적용한 설계사례를 비교하여 표준 형상 데이터 활용의 필요성을 입증하고자 한다.

3.1 착좌 기준점(설계 기준점) 분석

착좌 기준점(SgRP, H-Point)은 자동차 설계의 기준점으로 패키징 설계에서 가장 중요한 부분이라고 할 수 있다. 현재 대부분의 자동차 회사에서는 국제 인증 및 수출을 위하여 미국인 95th Percentile을 기준으로 설계 기준점을 정의하고 있으나, 한국인 인체특성에 부합하는 표준 운전자를 선정하기 위해 모든 설계 및 평가의 기준이 되는 한국인의 착좌 위치를 정확히 파악하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 인증을 위한 설계 기준점으로는 사용될 수 없으나, 한국인 운전자의 조작 편의성, 시계성 등의 사용성 평가를 정확히 수행하기 위해서 반드시 필요한 정보라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 자동차 회사에서 설계 기준으로 사용하고 있는 SAE Manikin, CATIA-HUMAN에 의한 한국인 남성 95th Percentile 인체 형상과 본 연구에서 선정된 한국인 남자 95th Percentile 표준 운전자의 인체 형상 데이터간의 비교를 통하여 한국인과 미국인의 착좌 위치를 분석하고자 하였으며, 특히 CATIA-HUMAN과 한국인 표준 체형간의 차이를 통해 3차원 형상자료 및 표준 체형 데이터의 적용 필요성을 입증하고자 한다.

다음 [그림 3]은 세단형 승용차를 대상으로 SAE 95th Percentile 대비 HUMAN(Korean 95th Percentile)과 SAE 95th Percentile 대비 한국인 표준 운전자 95th Percentile의 H-Point와 Eye-Point 위치를 나타낸 것이다.

HPT (좌)	X방향	-96.74mm전방	HPT (우)	X방향	-160.3mm전방
	Z방향	1.49mm상방		Z방향	3.56mm상방

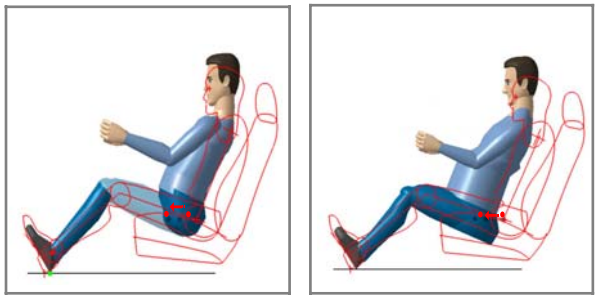

그림 3. Sedan을 대상으로 SAE 95th Percentile VS. HUMAN Korean 95th Percentile(좌), SAE 95th Percentile VS. 한국인 표준 운전자 95th Percentile(우)

상기의 [그림 3]과 같이, 기존의 HUMAN을 이용하여 한국인 착좌 위치를 나타내었을 경우, SAE 기준 대비 한국인의 착좌 기준점은 상방으로는 거의 변화가 없고(+1.49mm) 전방으로 96.7mm 이동하는 것으로 분석된다. 반면에 표준 체형을 적용하였을 경우, 상방 3.65mm, 전방 160.3mm 이동하는 것으로 검토되어 미국인 보다 Eye-Point는 오히려 위에, H-Point는 상당히 앞에 존재함을 알 수 있다. 이는 한국인과 미국인의 운전자세 비교 연구 결과(신용탁 등, 1997)와 일치하는 것으로 한국인 특성을 반영한 인체모형의 활용 필요성을 입증하는 것이라 할 수 있다. 또한 앉은키는 한국인 표준 운전자 95th Percentile이 착좌 시 훨씬 큰 것을 알 수 있으며, 하체길이는 한국인 표준 운전자가 상대적으로 짧은 것을 알 수 있다. 또한 엉덩이, 배 부위의 둘레 및 두께의 크기가 HUMAN의 모델링 알고리즘에 의하여 형상되었을 경우 보다 더 크게 표현되어 현실적인 인체 형상이

반영되고 있음을 알 수 있다.

3.2 후석 거주성 평가

일반적으로 차량 내 거주성을 평가하기 위해서는 다리 부위의 공간을 검토하는 Legroom 평가, 실내 차폭 검토에 해당하는 Shoulderroom 평가, 머리공간의 여유를 평가하는 Headroom 평가 등이 있다. 본 연구에서는 한국인 승객을 대상으로 승용차 후석의 거주성 평가를 위하여 한국인 표준 운전자와 HUMAN에 의한 한국인 인체모형을 이용하여 Legroom과 Headroom을 평가하였다. 다음 [그림 4]는 후석 거주성을 알아보기 위해 승용차에서 HUMAN이 생성한 한국인 95th Percentile과 한국인 표준 운전자 95th Percentile을 비교한 것이다.

그림 4. 후석 거주성 평가 [한국인 HUMAN 95th Percentile(좌) VS. 한국인 표준 운전자 95th Percentile(우)]

상기의 [그림 4]와 같이, HUMAN이 생성한 한국인 95th Percentile보다 실제 한국인 표준 운전자 95th Percentile의 앉은키가 큰 것을 알 수 있으며, 상대적으로 하체가 짧기 때문에 Legroom에는 유리하나, 상체가 길어지기 때문에 [그림 4]의 우측과 같이 Headroom에는 불리해지는 것을 알 수 있다.

적용된 인체 측정 데이터에 따라 평가 결과는 다르게 도출될 수 있기 때문에 실제 한국인 표준 체형에 해당하는 측정자료를 적용하지 않고 모델링된 인체모형을 적용할 경우, 승객이 후석에 탑승하여 나타나는 실제 반응과의 괴리가 예상된다. 따라서 한국인의 인체특성을 파악하고 설계 시 후석 사용자의 거주성 등을 정확하게 평가, 예측하기 위해서는 보다 정확한 인체 측정 데이터의 적용이 필요하다고 할 수 있다.

4. 논의 및 추후연구

본 연구는 Size Korea 사업을 통하여 측정된 한국인 3차원 형상 데이터를 기반으로 한국인 인체특성에 적합한 대표 운전자를 요인분석 기법에 기초하여 선정하였다. 한국인 성인 표준 운전자의 인체특성 파악을 위해 HUMAN을 활용하여 3차원 형상자료를 시각화하였고 이를 활용하여 차량 내 패키징 설계에 적용해 보았다. 모델링된 한국 성인 표준 형상 데이터와 실제 본 연구에서 선정된 한국 성인 표준 형상 데이터와의 차이를 통해 한국인 인체특성을 파악하고자 하였으며, 차량 패키징 설계에의 적용을 통하여 정확한 인체 데이터 활용의 중요성에 대하여 검토하였다. 또한 3차원 형상 데이터를 실질적으로 차량 설계에 반영하기 위해서는 CAD 시스템에서 직접 활용할 수 있는 인체 형상 운용을 위한 전용 소프트웨어가 필요하다는 것도 알 수 있었다.

미국의 자동차 업체인 GM에서는 미국 성인 인체 측정 데이터를 기준으로 인체모형을 제작하여 실질적인 차량 내장 설계에 활용하고 있으나(이상철 등, 2002), 국내에서는 아직까지 2차원적인 인체 측정 데이터만을 적용하고 있기 때문에 인체 형상 데이터의 활용 수준이 초보적 단계라고 할 수 있다. 현재 국제 인증 등을 이유로 미국인 기준으로 설계가 이루어 질 수 밖에 없으며, 한국인에 대한 검토는 서구인과의 신체차이를 반영하는 수준에서 인간공학적 평가가 이루어지고 있으므로 본 연구에서는 선정된 한국 성인 인체 측정 데이터와 미국 성인 인체 측정 데이터와의 차이 비교를 통하여 한국인과 미국인의 신체적인 크기와 인체특성의 차이를 파악하고자 하였다. 향후, 한국인 체형 특성에 적합한 자동차를 설계하기 위해서는 한국인 표준 체형을 기준으로 차량 패키징 평가가 이루어져야 한다고 판단된다.

본 연구에서는 HUMAN을 활용하여 미국 성인 인체 측정 데이터를 추출하여 본 연구에서 선정된 한국 성인 표준 운전자의 인체 측정 데이터와 비교하였다. 다음 [표 6]은 HUMAN이 생성한 미국 성인 인체 측정 데이터, 본 연구에서 선정된 한국 성인 인체 측정 데이터를 자동차 설계 변수와 관련하여 비교한 것이며, 앞서 선정한 36개의 자동차 설계 변수 중 HUMAN이 지원하는 변수만을 비교하였다.

상기의 [표 6]에서 볼 수 있는 바와 같이 미국 성인 인체 측정 데이터와 본 연구에서 선정된 한국 성인 표준 운전자의 인체 측정 데이터간에는 다음과 같은 차이점이 존재하였다.

첫째, 남성간 차이를 비교해 보면, 키, 엉덩이높이, 무릎뼈 가운데높이는 각각 60mm의 차이를 보인 반면, 앉은키, 앉은눈높이에서는 이 보다 작은 미비한 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 이를 통해 미국 성인 남성의 표준 체형자와 한국 성인 남성의 표준 체형자간 높이 차이가 존재하나, 상대적으로 한국 성인 남성 표준 체형자의 상체길이가 하체길이보다 상당히 길다고 해석할 수 있다. 반면에 너비, 두께 변수를 비교해 보면, 남성간 차이가 미비한 것을 알 수 있으며, 특히 둘레 변수 중 가슴둘레 변수는 한국 성인 남성 표준 체형자가, 엉덩이둘레 변수는 미국 성인 남성 표준 체형자가 큰 것을 확인할 수 있다. 따라서 미국 성인 남성 표준 체형자는 삼각형 체형이라고 할 수 있으며, 반면에 한국 성인 남

표 6. 미국 성인 인체 측정 데이터(HUMAN)와 한국 성인 표준 운전자의 인체 측정 데이터 비교

자동차 설계 관련 인체측정변수		HUMAN의 미국 성인 인체 측정 데이터(mm)		한국 성인 표준 운전자 인체 측정 데이터(mm)	
		남성	여성	남성	여성
항목	인체측정변수	95^{th}	95^{th}	95^{th}	95^{th}
높이	키	1866	1734	1806	1648
	엉덩이높이	952	913	891	824
	무릎뼈가운데높이	543	502	483	462
	앉은키	959	909	966	880
	앉은눈높이	834	793	838	757
앉은 길이	앉은엉덩이 오금수평길이	537	525	502	500
	앉은엉덩이 무릎수평길이	662	628	612	587
너비	허리너비	344	336	334	335
	앉은엉덩이너비	402	429	404	433
둘레	가슴둘레	1078	1012	1108	1009
	엉덩이둘레	1072	1066	1026	1092
두께	가슴두께	268	274	270	238
	엉덩이두께	273	262	273	267

성 표준 체형자은 역삼각형 체형이라는 가정이 가능하며, 이에 대한 추후 심층 연구가 필요하다고 판단된다.

둘째, 여성간 차이를 비교해 보면, 키는 86mm의 차이, 엉덩이높이는 89mm의 차이를 보여 미국 성인 여성 표준 체형자가 한국 성인 여성 표준 체형자보다 상당히 키가 크고 하체길이가 길다는 것을 알 수 있다. 그러나 무릎뼈가운데높이 변수에서는 남성간 차이가 60mm인 반면, 여성간 차이에서는 상대적으로 작은 40mm의 차이를 보여 Upper Leg와 Lower Leg의 비율이 성별에 따라 다르다는 추정이 가능하다고 보여진다. 너비, 둘레, 두께 변수간 차이에서는 양자간 미비한 차이를 보였으나, 특히 가슴관련 변수 중 가슴두께 변수에서는 36mm의 상당한 차이를 보이므로 차량의 안전벨트 등의 설계에 참고자료로 활용이 가능하다고 판단된다.

한국 성인 표준 운전자의 인체 측정 데이터, 미국 성인의 인체 측정 데이터는 앞서 검토한 바와 같이 HUMAN이 제공하는 한국 성인 표준 체형의 인체 측정 데이터와도 큰 차이가 있으므로 차량 설계 시 Package Layout에 정확한 인체특성을 반영하기 위해서는 3차원 형상 데이터 분석을 통한 표준 운전자의 신체특성에 관한 연구가 계속되어야 할 것이다. 또한 이와 더불어 차량 설계에 한국인 인체특성을 잘 반영하기 위해서는 전용 소프트웨어의 개발이 시급한 과제라고 할 수 있다. 한국인 표준 체형의 형상 데이터를 CAD 시스템에서 자유자재로 조작이 가능하도록 지원 및 연동이 가능한 3차원 형상 데이터 운용 소프트웨어의 개발을 통하여 자동차 설계 과정에서 한국인 인체 측정 데이터가 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 다음 [그림 5]는 한국 성인 40대 남성의 3차원 형상 데이터를 활용하여 운전자세를 구현한 예이다. 설계자가 인체 형상 데이터를 활용하여 손쉽게 다음과 같은 형상을 구현할 수 있어야만 설계 중 인간공학적 평가가 가능하리라 생각된다.

그림 5. 인체 형상 데이터를 활용한 운전자세 구현의 사례

또한 이와 같은 운용 소프트웨어의 개발과 함께 CAD 시스템에서 표준 운전자 형상 데이터의 자세 조정이 가능할 경우, 설계 표준으로 적용할 수 있도록 운전자세에 대한 정의 및 적합성 평가함수 등의 연구가 가능하리라 기대된다.

참고 문헌

신용탁, 임성현, 정의승, 전영호, 기도형, 박종대, 미국인과 한국인의 운전자세 비교, *대한산업공학회 학술대회 논문집*, 1997.

신원경, 박민용, 한국인 운전자의 선호 운전자세를 고려한 승용차 운전 공간 규격제안, *대한산업공학회 학술대회 논문집*, 1999.

신해웅, 자동차 거주공간 설계 및 평가를 위한 기초자료 수집기법, *한국산업경영시스템학회 학술저널*, 21(45), 1-10, 1998.

이상철, 손권, 김성진, 한국인 인체모델의 개발과 적용, *대한인간공학회지*, 21(2), 13-23, 2002.

정성재, 박민용, Forward Kinematics 모델을 이용한 자동차 운전공간의 설계, *대한인간공학회지*, 21(2), 47-58, 2002.

Hair Jr J. F., Anderson R. E., Tatham R. L. and Black W. C., *Multivariate Data Analysis with Reading*, 4th ed., Prentice-Hall, 1995.

Johnson R. A. and Wichern D. W., *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 4th ed., Prentice-Hall, 1998.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 홍 승 우 ❖ ergohong@korea.ac.kr
고려대학교 산업시스템정보공학과 석사
현 재: 고려대학교 산업시스템정보공학과 박사과정
관심분야: 제품개발, HCI, 감성공학

❖ 박 성 준 ❖ sjpark@nsu.ac.kr
포항공과대학교 박사
삼성자동차 중앙연구소 책임연구원
현 재: 남서울대학교 산업경영공학과 부교수
관심분야: 자동차 인간공학, 제품개발, 안전공학

❖ 정 의 승 ❖ ejung@korea.ac.kr
Pennsylvania State Univ. 산업공학 박사
현 재: 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수
관심분야: 인체공학적 제품설계, HCI, 인체모델 개발

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2006년 03월 03일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2006년 04월 09일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2006년 04월 17일