

# 감성평가를 위한 한국인 인체모델의 개발

이상철, 김성진, 정윤석(부산대 기계설계공학과),  
손권(부산대 기계공학부)

## Korean Dummy Models for Sensibility Ergonomic Evaluation

Sang Cheol Lee, Seong Jin Kim, Yun Seok Jeong, and Kwon Son  
(School of Mechanical Engineering, Pusan National University)

**Abstract:** 제품 및 환경에 대한 감성평가를 위한 한국인 체형에 맞는 인체모델을 개발하기 위해 인체측정자료를 수집 및 분석한다. 분석된 인체측정 자료를 이용하여 15개의 지체와 14개의 조인트로 구성된 인체모델을 구성하고 기구학적 특성 값을 기술한다. 구성된 인체모델은 3차원 그래픽 기술을 통해 가시화하며, 가상현실 상에서 제품 및 환경과 상호 작용하도록 구성함으로써 감성평가가 가능하도록 구성한다. 정면충돌 상황시의 각 지체의 거동을 분석하고 국제 인체모델과 비교함으로써 동역학적으로 인체모델이 타당한지를 평가한다. 가상환경에서 차량 내부의 감성평가에 인체모델을 이용한다.

**Keywords:** human, dummy, ergonomics, anthropometry, dynamics

### 1. 서론

인체모델은 사용자의 감성을 만족시키는 제품 설계를 위한 기반기술로서 대단히 중요하다. 차량과 같은 인간의 감성이 중요시되는 감성제품을 개발하기 위해서는 제품과 환경에 대해 인체가 갖는 감성 데이터를 확보하여야 한다. 인체모델은 차량의 제어장치의 조작영역과 시야 평가 및 중요 인간공학적 평가에 사용되며, 한계상황에서 차량의 거동이 운전자에게 미치는 영향과 안전을 위한 인지 지각 능력 평가 등에 활발히 이용된다.

최근 Chaffin은 CAD 시스템에서 17개의 지체를 가지는 인체모델을 사용하여 리치 모션에 대해 동적인 인간공학적 평가에 대한

연구를 수행하였고, [1] 국내에서는 측면 충돌용 더미인 Euro-SID의 유한요소 모델을 개발하여 차량의 측면 충돌 시뮬레이션에 사용하였다. [2] 그러나 이들 인체모델은 한국인의 체격과 기본적으로 차이를 보이고 있고 모델의 구성이 복잡하여 한국인의 체격을 고려한 제품의 설계 및 평가에 이용하기가 쉽지 않다.

본 연구에서는 한국인의 인체측정자료를 수집하고 통계학적으로 분석하여, 인체모델 생성의 기초 데이터로서 사용한다. 한국인 인체측정자료들을 통해 인체 각 지체들의 특성치와 상관관계를 얻고 한국인 인체모델을 생성한다. 본 연구는 인체와 인체모델의 기구학적 특성값을 기술하고 한국인 인체 모델을 구성함으로써, 감성평가에 사용할 수

있는 인체모형을 제공하고자 한다. 본 연구에서 제시되는 인체 모델링 방법은 인체를 15개의 독립된 지체들로 구분하여 조인트를 통해 연결하고, 각 지체들의 특성값을 기술하는 강체 동역학이다. 인체모형은 폭넓은 분야에 대한 용이한 적용을 위해 3차원 그래픽 기술을 통해 가시화되며, 구성된 인체모형은 정면충돌시의 각 지체의 거동을 해석하여 국외모델과 비교된다.

본 연구에서 개발된 인체모형은 기존의 인체모형에 비해 구성이 간단하고 정적 평가와 동적 평가에 함께 사용할 수 있는 장점이 있고, 한국인의 체격을 고려한 인간공학 및 감성공학적 평가에 활용할 수 있다.

## 2. 인체자료의 통계학적 분석

인체측정은 크게 정적측정과 동적측정으로 나눌 수 있다. 정적 인체측정은 움직이지 않고 곧게 선 표준화된 자세로 신체크기를 재기 때문에 측정치를 비교적 쉽게 얻을 수 있으며 제품디자인에도 쉽게 적용된다. 그러나 동적 치수는 측정하기가 복잡하고 어렵다. 팔의 동작범위는 동적 치수에 해당되며 해부학상의 팔길이가 아니라 어깨높이나 넓이, 관절, 어깨, 팔꿈치, 손목, 가락이 움직일 때의 범위들의 조화된 결과이다. 따라서 팔의 동작범위는 어깨, 팔, 손가락의 위치와 움직임에 따라 다르게 나타난다.

인체 측정치를 이용하기 위해서는 사용자 집단을 결정하고 만족비율 정도에 따라 인체 측정치를 다르게 이용하여야 한다. 정확히 표준 치를 갖는 사람은 존재하지 않기 때문에 인간공학적 설계를 위해서는 분포의 중간 값과 같은 한 점보다 범위에 관심을 갖게 되며, 범위를 가장 적절하게 나타내는 통계량이 백분위수(percentiles)이다. 백분위수는 100명이 어떤 특성치 별로 가장 작은 값에서부터 큰 값까지 나열되었을 때 각 사람에 해당되어지는 값이다.

한국인 인체모형 제작에 필요한 기초자료로

는 국민 표준체위 조사 보고서를 사용하였다.[3] 이 조사는 0세의 영아부터 70세까지의 노인 층에 이르는 각 연령층의 전국민을 모집단으로 하여 남자 6,578명, 여자 6,484명의 총 13,062명을 표본으로 선정하여 조사하였다. 측정방법은 마틴자를 이용하여 직접 측정되었으며, 측정항목은 키, 몸무게, 발등높이 등 120개 항목이었다.

수집된 자료는 연령 및 성별에 따라 11개 범주로 분류하였다. 연령 별로는 영유아(0-5세), 초등(6-11세), 중등(12-17세), 청년1(18-24세), 청년2(25-39세), 장년(40-59세), 노년(60세 이상)으로 분류하였으며, 영유아와 초등, 중등 층은 남녀의 구별 없이 각 나이별로 측정항목의 평균값이 주어지고, 청년1과 청년2, 장년과 노년 층은 남녀 각각의 부위별 통계량을 평균과 백분위수(5, 10, 25, 50, 75, 90, 95%ile)로 나타내었다. 표 1은 청년2 층(25-29세)의 부위별 통계량의 일부이다.

## 3. 인체모형의 기구학적 구성

인체 모형을 구성하기 위해서 인체를 15개의 지체(segment)들로 나누고 조인트로 연결하였다. 지체는 인체의 관절사이의 부분이다. 손과 발은 하나의 지체이며 어깨에서 엉덩이에 이르는 부분은 3개의 지체로 구분한다. 각 지체들은 타원의 형태로 표현되며, 물리적 조인트로 결합되어 있고, 질량과 관성모멘트를

표 1. 인체측정치의 통계학적 분류

Table 1. Classification of human anthropometric data

번호	측정항목	평균	표준편차	백분위								
				5%ile	10%ile	25%ile	50%ile	75%ile	90%ile	95%ile		
1	키	170.9	5	162.6	164.7	167.5	170.8	174.2	177.5	179.2		
2	몸높이	158.5	5.2	150	151.6	155	158.9	161.8	165.1	167.1		
3	어깨높이	138.2	5.1	129.8	131.6	134.8	138.5	141.7	144.5	146.5		
4	특위높이	144.6	5.1	135.8	138.1	141.1	144.6	147.8	151.1	153.3		
5	허드형광높이	127.6	4.9	119.1	121.4	124.6	127.7	131	133.9	135.1		
6	허리높이	102.3	4.4	95.2	96.8	99.3	102.3	105.2	108.4	109.6		
7	장골근높이	92.8	4.3	85.1	87.4	90.1	92.8	95.8	98.4	99.9		
8	발꿈치인발장제높이	104.6	4.1	97.4	99.5	102	104.8	107.4	109.3	111.2		
9	손끝높이	64.7	3	59.6	60.6	62.6	64.8	66.7	68.5	69.6		
10	엉덩어리높이	75.4	3.7	69.4	70.7	72.8	75.5	78.1	80.2	81.5		
11	리용높이	75.5	3.7	69.7	71	72.8	75.5	77.9	80.2	82		
12	다 뒤돌기높이	84	4	77.1	79	81.2	84.1	86.9	89.2	90.6		
13	우뿔 머리인쪽높이	44.6	2.1	41.2	42	43.1	44.6	45.9	47.4	48.2		
14	경번제높이	33.4	1.9	30.5	31	32.1	33.4	34.8	36	36.5		

가진다.[4] 인체모델의 데이터를 생성하기 위해 미 공군에서 개발한 인체자료 생성 프로그램인 GEBOD(Generator Of Body Data)을 사용하였다.[5] GEBOD은 지체들의 형상, 질량, 조인트의 위치와 기계적 특성치를 계산한다. GEBOD의 자료는 모두 국소 지역 좌표계에 의해 기술되며 각각의 지체 좌표계 원점은 지체의 질량 중심으로 정의한다. 발끝을 아래로 해서 서 있는 자세에서 국소 지역 좌표계의 +z축은 아래, +x축은 전방, +y축은 인체의 오른쪽으로 정의한다. 인체 모델의 형태는 접촉 타원 반축(contact ellipsoid semiaxis)와 조인트의 상대위치에 의해 결정되며, 접촉 타원은 각 지체와 연관되어 있고, 주위환경과 지체 사이의 경계면이 된다. 조인트는 지체를 연결하고 회전축의 중심으로서 회전운동을 가능하게 한다. 인체모델의 지체와 조인트구성은 그림 1과 같다.

GEBOD은 특정한 인체 치수 기입이 가능하며, 이 경우 내장된 인체측정학적 조사와 입체사진술 연구에 기초한 데이터가 아닌, 입력자료에 기초하여 인체 데이터를 생성한다.[6] GEBOD입력자료는 32개 인체치수를 가지고 있어야 하며, 필요한 인체치수는 국민 표준 체위조사의 120개 항목과 비교하여 정의가 가장 유사한 것을 사용하였다. 이는 GEBOD이 정의하는 인체 측정학적 용어와 국민표준체위조사에서 사용한 용어가 정확히 일치하지는 않기 때문이다. 사용되는 인체측정치는 표 2에 나타내었다.

인체 치수가 입력으로 주어지면 GEBOD은 그림 2와 같이 4가지 그룹의 회귀방정식을 이용하여 인체치수와 조인트 위치좌표, 지체의 체적, 주관성 모멘트 등을 결정한다.

#### 4. 인체모델의 동적 해석

한국인 표준 인체모델의 동적 해석을 위하여 인체 거동 해석 프로그램인 TNO사의 Madymo(V 5.41)를 사용하였고 GEBOD에서

생성된 50%ile 한국인 성인 남성의 인체 데이터를 사용하여 Madymo의 입력 데이터

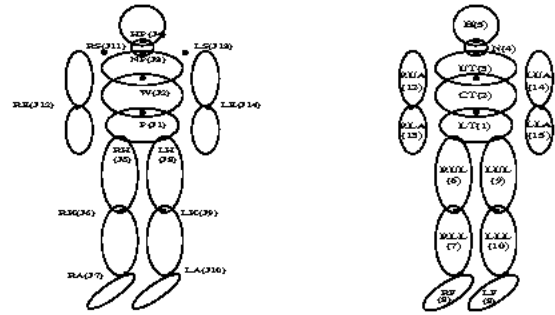


그림 1. 인체모델의 지체와 조인트 구성  
Fig. 1. Segments and joints of human dummy

표 2. GEBOD에 사용되는 32개 인체 치수

Table 2. User input data in GEBOD

GEBOD	요준신체 조사보고서
0 몸무게 (WEIGHT)	1 신 키 (STANDING HEIGHT)
2 어깨높이 (SHOULDER HEIGHT)	3 겨드랑이높이 (ARMPIT HEIGHT)
4 허리높이 (WAIST HEIGHT)	5 앉은키 (SEATED HEIGHT)
6 머리길이 (HEAD LENGTH)	7 머리너비 (HEAD READTH)
8 턱에서 머리까지의 높이 (HEAD TO CHIN HEIGHT)	9 목 둘레 (NECK CIRCUMFERENCE)
10 어깨너비 (SHOULDER BREADTH)	11 가슴두께 (CHEST DEPTH)
12 가슴너비 (CHEST BREADTH)	13 허리두께 (WAIST DEPTH)
14 허리너비 (WAIST BREADTH)	15 엉덩이두께 (BUTTOCK DEPTH)
16 엉덩이너비 (HIP BREADTH, STANDING)	17 어깨에서 팔꿈치 길이 (SHOULDER TO ELBOW LENGTH)
18 팔뚝-손발길이 (FOREARM-HAND LENGTH)	19 이두근둘레 (BICEPS CIRCUMFERENCE)
20 팔꿈치둘레 (ELBOW CIRCUMFERENCE)	21 팔뚝둘레 (FOREARM CIRCUMFERENCE)
22 손목둘레 (WRIST CIRCUMFERENCE)	23 앉은 무릎높이 (KNEE HEIGHT, SEATED)
24 허벅지둘레 (THIGH CIRCUMFERENCE)	25 윗다리둘레 (UPPER LEG CIRCUMFERENCE)
26 무릎둘레 (KNEE CIRCUMFERENCE)	27 정안지둘레 (CALE CIRCUMFERENCE)
28 발목둘레 (ANKLE CIRCUMFERENCE)	29 외측발목높이 (ANKLE HEIGHT, OUTSIDE)
30 발 너비 (FOOT BREADTH)	31 발길이 (FOOT LENGTH)

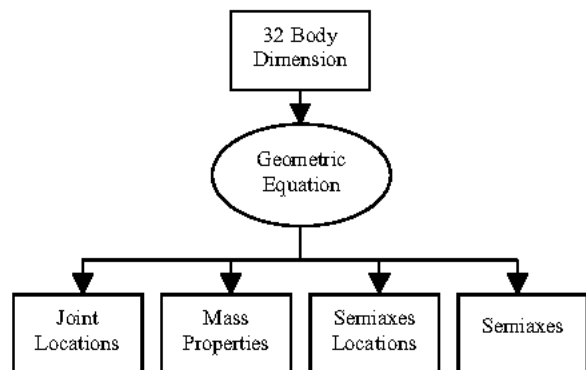


그림 2. 인체 특성치의 생성  
Fig. 2. Generating human inertial data process

파일을 작성하였다.[7] 기하학적 데이터와 질량 및 관성모멘트는 GEBOD에서 생성된 데이터를 그대로 사용하였고, 조인트의 종류는 표 3과 같다. 그리고 기계적 특성은 전방 충돌용 국제 표준 인체모델인 Hybrid III의 데이터를 적절히 수정하여 사용하였다.

한국인 인체 모델의 동적 해석의 검증을 위해 Hybrid III의 전방 충돌 썰매 테스트와 동일한 해석 환경에서 시뮬레이션을 수행하였다. 한국인 인체 모델을 썰매에 앉히고 안전 벨트를 부착하였고, 앉은 자세에서 인체모델의 움직임이 없이 동적 평형을 이루도록 하였다. Hybrid III의 해석과 동일하게 20 g, 50 km/h의 전방 충돌 상황에 대해 200 msec동안 해석을 수행하였고, 그림 3은 Hybrid III(좌)와 한국인 표준 인체모델(우)의 전방 충돌시 인체의 거동을 보여준다.

그림 4는 한국인 표준 인체모델과 Hybrid III의 머리, 흉부 및 골반의 가속도 변화를 보여준다. 한국인 표준 인체모델이 비교적 가속도가 높았으며, 전체적인 거동은 Hybrid III와 유사하였다.

### 5. 인체모델의 가시화

제품과 환경에 대해 인체가 갖는 감성에 대한 데이터를 얻기 위해서는 평가에 사용될 실제 환경과 실물 모형의 제작이 요구된다. 하지만 실제의 인체모형과 환경구성에는 많은 시간과 비용이 필요하다. 본 연구에서는 가상

표 3. 인체 모델에 사용한 조인트 종류

Table 3. Joints of human dummy

번호	조인트 위치	종류
J1	LT CT	FREE
J2	CT UT	BRACKET
J3	UT N	SPHERICAL
J4	N H	SPHERICAL
J5	LT RUL	SPHERICAL
J6	RUL RLL	CRT
J7	RLL RF	SPHERICAL
J8	LT LUL	SPHERICAL
J9	LUL LLL	CRT
J10	LLL LF	SPHERICAL
J11	UT RUA	UNIVERSIAL
J12	RUA RLA	UNIVERSIAL
J13	UT LUA	UNIVERSIAL
J14	LUA LLA	UNIVERSIAL

현실과 3차원 그래픽 기술을 이용하여 인체모델을 가시화 하고 평가할 수 있도록 하여 비용과 시간을 절약하고자 하였다. 인체모델의 가시화는 PC플랫폼상에서 OpenGL 그래픽 라이브러리와 MFC라이브러리를 사용

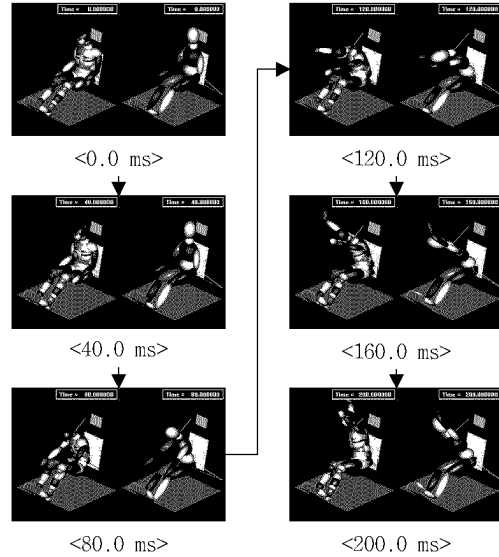


그림 3. 전방 충돌 시뮬레이션  
Hybrid III(좌)와 한국인 인체모델(우)  
Fig. 3. Simulation in frontal crash  
Hybrid III(Left) and Korean dummy(Right)

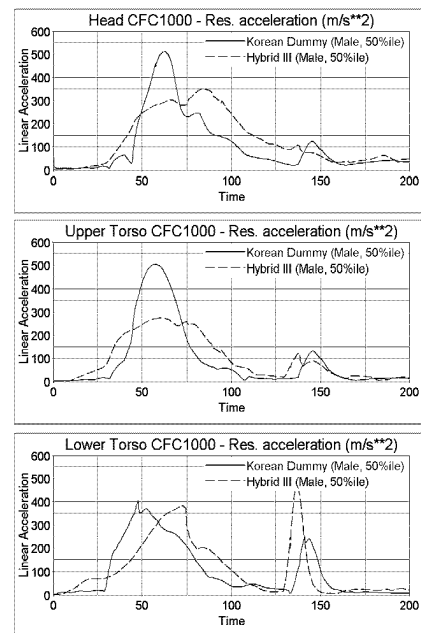


그림 4. 전방 충돌시 머리, 흉부 및 골반의 가속도  
Fig. 4. Head, upper and lower torso acceleration  
in frontal crash

하여 구성하였고,[8] 이를 다시 SGI 워크스테이션 플랫폼에서 OpenGL Performer 라이브러리를 사용하여 재구성함으로써 PC플랫폼의 그래픽 처리속도 문제해결과 다양한 채널구성이 가능하도록 하였다.[9]

### 5.1. OpenGL을 이용한 가시화

OpenGL은 그래픽 전문회사인 실리콘그래픽스에서 개발한 IRIS GL을 다른 시스템에서도 사용할 수 있도록 수정한 것으로 최근에 널리 활용되어 3차원 그래픽 라이브러리의 표준으로 자리잡고 있다. OpenGL은 3차원 데이터를 직접적으로 사용할 수 있으며, 하드웨어에 구속받지 않으며, 다양한 환경에서 이용 가능하다. Microsoft사에서 개발한 MFC라이브러리는 PC 플랫폼 상에서 MS Windows용 프로그램을 용이하게 한다. 개발된 프로그램은 MFC와 OpenGL을 이용하여 가상환경을 구현하였으며 PC플랫폼에서 원활히 동작한다.

가상환경 상에서 인체모델의 15개 지체는 조인트로 연결된 타원으로 가시화되며, 와이어 프레임 및 솔리드 프레임으로 표시 가능하다. 각 지체는 연결된 조인트의 회전을 통해 인체의 동작과 시점의 변경이 가능하도록 구성되었다. 그림 5에 OpenGL을 통해 가시화된 인체 모델을 나타내었다. 왼쪽부터 남자 청년 1(25-29세) 50%ile, 어린이 6세 평균, 여자 청년 1(25-29세) 50%ile 모델을 보여주고 있다.

### 5.2. OpenGL Performer를 이용한 가시화

Performer라이브러리는 SGI에서 개발된 실시간 3차원 그래픽 개발 환경으로 SGI 그래픽 워크스테이션에서 동작한다. Performer와 그래픽 전용 워크스테이션을 이용함으로써 PC에서의 자원한계로 인한 저속 그래픽처리 문제를 해결할 수 있다. 또한 다중채널을 구성함으로써 보다 현실적인 가시환경을 구축할 수 있으며, 가상환경내의 각 물체간의 관계를 자료구조로 구성하는 Scene Graph를 이용하여 가상환경을 효율적으로 제어할 수 있다.

구성된 인체 모델의 Scene Graph는 골반의

위치를 전역 좌표계에 대해 정의하고, 각 지체는 골반의 위치로부터 지역 좌표계로 표시되는 조인트에 의해 묶인 사슬 구조를 가지게 된다. 구성된 인체모델은 그림 6과 같다.

## 6. 감성 평가에의 이용

차량 내부 인테리어의 감성평가에 있어서 시야나 팔과 다리의 리치는 인간의 감성 중 안락감, 개방감, 사용감 등을 평가하는데 중요한 변수가 될 수 있다. 조작하기 용이한 기어 슈프트의 위치, 운전대에 가리지 않고 시야 확보가 가능한 계기판의 위치 등으로부터 인간의 감성을 평가하는 연구가 진행 중이다. 또

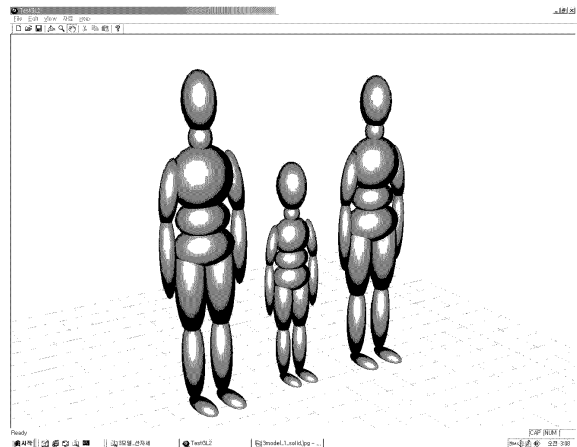


그림 5. OpenGL을 이용한 인체모델의 가시화  
Fig. 5. Visualization of human dummy using OpenGL

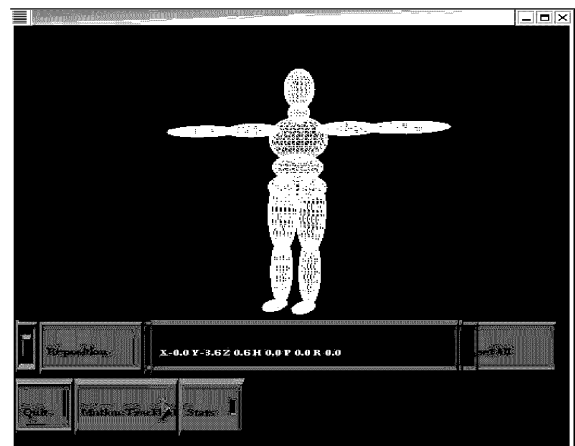


그림 6. Performer를 이용한 인체모델의 가시화  
Fig. 6. Visualization of human dummy using OpenGL Performer

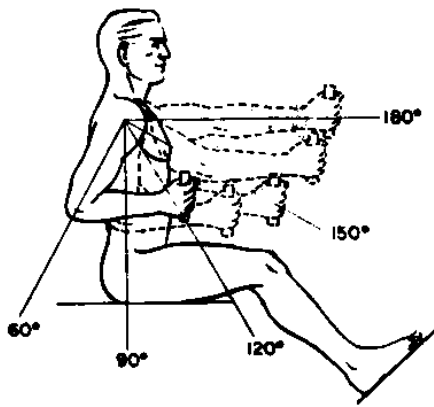


그림 7. 기기 조작시 팔꿈치 각도에 따른 팔의 힘  
Fig. 7. Strength in relation to control operation

다른 예로 그림 7에서 보듯이 앉은 자세에서 조작 기기의 최적의 위치를 선정하기 위해 조작값을 평가하는 경우에도 인체모델이 활용 가능하다. [10]

## 7. 결론

제품이나 환경에 대한 인간의 감성측정 및 평가에 적용하기 위해서, 한국인 체형에 맞는 인체모델의 개발을 목적으로 한국인 인체 측정 자료를 수집하였다. 수집된 자료는 사용자 집단에 따른 백분위수로 분류함으로써 한국인 인체모델의 기초자료로 하였다.

분류된 자료를 토대로 15개의 지체와 14개의 조인트로 연결된 인체모델을 생성하였다. 생성된 인체 모델은 지체들의 형상, 질량, 조인트의 위치와 기계적 특성치를 포함하고 있어 동역학적 해석에 사용이 가능하며 인체 모형 제작에 기초자료로 사용될 수 있도록 하였다. 개발된 인체모델을 3차원 그래픽 기술을 이용해 PC플랫폼과 SGI 워크스테이션에서 가시화하였다. 각 지체는 타원으로 표현되며 조인트의 회전을 통해 인체 동작구현이 가능하다.

인체모델의 감성평가를 통하여 인간 친화적인 제품의 개발에 이용될 수 있다. 구체적으로는 한국인 인체모델은 인간 감성을 만족시키는 제품개발을 위한 데이터를 제공할 것이며 가상현실에 사용자 자신을 대신하는 인체를

제공 할 수 있을 것이다. 인체모델의 동적 거동해석은 한계상황에서 인체를 대신하여 보다 안전하고 안정된 결과를 제공할 것이며 시간적, 금전적 비용을 크게 절감할 것으로 기대된다. 감성 측정 및 평가에 다양하고 적합한 인체모델을 제공함으로써 국내의 감성공학 연구의 기초연구로서 활력을 제공하고자 한다.

## 후기

본 연구는 과학기술부 선도기술개발 사업비 (가상 환경 제시 시스템 구축을 위한 감성 측정 및 평가 지원, 2000-J-ES-04-A-03)의 지원으로 수행되었음.

## 참고문헌

- [1] Don B. Chaffin, *On simulating human reach motions for Ergonomics analyses, Proceedings of the International Conference on Computer-Aided Ergonomics and Safety*, 2001
- [2] Chang-Nam Ahn, Han-Il Bae, Kwan-Hum Park, *Development of finite Element Euro-SID Model, Seoul 2000 FISITA World Automotive Congress*, 2001
- [3] 한국표준과학연구원, *국민표준채워 조사보고서*, 국립기술연구원, 1997
- [4] J. McConville and T. Churchill, *Anthropometric Relationships of Body and Body Segment Moments of Inertia*, Springfield, NTIS, 1980
- [5] H. Cheng, A. Rizer and L. Obergefell, *Generator of Body Data Manual*, Springfield, NTIS, 1994
- [6] J. Young and R. Chandler, *Anthropometric and Mass Distribution Characteristics of Adult Female*, Oklahoma, Civil Aeromedical Institute, 1983
- [7] TNO Automotive, *Madymo Manual Version 5.4*, TNO Automotive, 1999
- [8] R. Fosner, *OpenGL Programming for Windows 95 and Windows NT*, Addison-Wesley, 1996
- [9] G. Eckel and K. Jones, *OpenGL Performer Programmer's Guide*, Mountain View, SGI, 2000
- [10] Wesley E. Woodson, Barry Tillman, Peggy Tillman, *Human Factors Design Handbook*, McGraw-Hill, Inc., 1992