

Size Korea 3차원 인체측정 방법 표준화

- 전신스캐너를 중심으로 -

남윤자 · 최경미* · 정의승** · 윤명환***

서울대학교 의류학과, *동서울대학 패션디자인과, **고려대학교 산업공학과, ***서울대학교 산업공학과

Standardization of 3D Body Measurement for the Size Korea

Yun Ja Nam, Kueng Mi Choi*, Eui Seung Jung**, Myung Hwan Yun***

Dept. of Clothing and Textiles, Seoul National University · *Dept. of Fashion Design, Dong Seoul College
Dept. of Industrial Engineering, Korea University · *Dept. of Industrial Engineering, Seoul National University

1. 서 론

우리나라에서는 1979년부터 매 6년마다 모두 4차례에 걸쳐 마틴자에 의한 직접측정법으로 국민표준체위조사를 실시하여 산업계에서 요구하는 인체치수 정보를 지원하고는 있으나, 급변하는 산업 환경 하에서 새로운 인체치수 정보 및 인체형상자료에 대한 요구가 많아지고 있어, 각 산업에서 요구하는 맞춤형 데이터를 제공하지 못하는 실정이다.

현재 거의 모든 제품의 설계, 제작, 판매 및 유통에 이르는 각 분야에서는 인체치수 데이터 뿐만 아니라 인체형상 데이터 및 관련 정보를 획득하기 위한 경쟁이 심화되고 있다. 이미 일본의 경우 1992년 세계에서 가장 먼저 대규모 3차원 인체측정 사업을 실시하였으며, 최근 (2004년 10월 시작 예정) 새로운 3차원 인체측정사업을 실시할 예정이다. 1997년 미국과 유럽이 공동으로 실시한 CEASAR 프로젝트, 2001년에서 2002년까지 미국에서 실시된 SIZE USA 및 영국에서 실시된 SIZE UK 등 선진국들은 대규모 3차원 인체측정을 실시하고 있다. 최근에는 남아프리카공화국 및 브라질에서도 대규모 3차원 인체측정을 실시할 예정이다. 이러한 선진국을 비롯한 세계 각국에서 자국 제품들의 경쟁력을 확보하고 국제시장에서의 새로운 기술선점을 위하여 앞 다투어 3차원 인체측정기술을 개발하고 3차원 인체측정자료를 활용한 다양한 연구가 구체화 되어 가고 있는 실정이다. 이러한 주변 상황을 고려해 볼 때 우리나라

도 3차원 인체측정 기술개발 및 자국민에 대한 3차원 인체형상정보의 확보가 절실한 시점에서 금번 Size Korea 사업은 시기적으로 매우 적절하다고 할 수 있다. Size Korea 인체측정 사업에서 얻어진 3차원 인체측정자료는 데이터 베이스화되어 인체형상 데이터를 활용한 새로운 규격을 제안하고, 인간 중심적 제품 만들기를 위한 기초자료를 제공하여, 산업계에서 요구하는 맞춤형 인체형상 정보의 활용을 실질적으로 지원할 것이다.

한국인 인체치수 조사사업(일명 Size Korea)의 3차원 인체측정은 2003년 6월부터 2004년 11월까지 총 18개월에 걸쳐 전국 5개 지역에서 총 5,000명(8-75세)을 대상으로 실시되었다. Size Korea 사업의 3차원 인체측정은 보다 고품질의 인체형상자료를 확보하기 위하여 전신스캐너, 발스캐너 및 머리측정기를 사용하여 전신형상데이터, 발형상데이터 및 머리 2차원데이터를 수집하였다. 본 고에서는 의류산업과 관련된 인체전신형상자료를 측정하기 위한 전신스캐너를 이용한 3차원 인체측정방법을 기술하고, 3차원 인체측정 데이터를 활용한 의류산업 관련 연구를 소개하고자 한다.

2. 3차원 인체측정 자세 및 항목

2.1 3차원 인체측정자세

사이즈 코리아 3차원 인체측정자세는 4종류로 기본 선 자세, 응용 선 자세, 응용 앉은 자세, 머리 스캔 자세이다.

표 1. 3차원 인체측정자세의 기본 사항

구 분	점검 사항
호흡상태	측정하는 동안 자연스럽게 흡기와 호기의 중간상태를 유지한다
근육의 이완 상태	배에 힘을 주지 않는다. 등, 가슴, 목을 부자연스럽게 세우지 않도록 주의한다
머리 수평면	눈확아래점과 귀구슬점이 수평이 되도록 하며 시선은 정면을 향한다.
다리	양발에 몸의 무게가 균등하게 실리도록 한다.
어깨	팔의 움직임으로 어깨가 심하게 기울어지는 것을 주의한다

[표 1]은 3차원 인체측정시 모든 자세에서 지켜야 할 기본 사항을 나타낸 것이다. 3차원 인체측정자세는 [그림 1]에 표시하였다.

2.2 기본 선 자세

기본 선 자세는 우선 스캔을 위한 판의 중앙에 서서 양 발 엄지발가락의 간격을 키에 맞게 제작된 발판을 기준으로 선다(20cm 발판: 키 167cm 이상, 18cm 발판: 키 150cm~167cm, 16cm 발판: 키 150cm 이하). 다리의 형태는 구부러지지 않은 곧은 자세로 하며, 몸통과 손목과의 거리를 손목 간격 보정자를 이용 팔길이에 맞게 선택하여 몸통과 손목의 간격을 유지한다(20cm 손목 간격보정자: 팔길이 55.5cm 이상, 18cm 손목 간격 보정자: 팔길이 49cm~55.5cm, 15.5cm 손목간격 보정자: 팔길이 49cm이하). 이때 손은 손등이 앞을 향하게 한다. 손목 간격 보정자를 이용 손끝의 위치가 결정되면, 손 끝에 자세유지대를 두어, 손목 간격 보정자의 역할을 대신한다. 손목 간격 보

정자는 측정 시는 사용하지 않고, 자세 유지대를 이용하여 몸통과 손목의 간격을 유지한다. 머리수평면을 유지하고, 측정 시 호흡은 자연스럽게 호기와 호기의 중간 상태를 유지한다. 이 자세는 대부분의 둘레 및 길이 항목을 얻을 수 있는 자세로서, 어깨가 올라가거나 뒷팔이 몸통과 붙지 않도록 한다. 편안한 자세가 되도록 자세보조자가 자세를 교정해주도록 한다.

2.3 응용 선 자세

응용 선 자세는 대부분의 높이 항목을 얻을 수 있는 자세로서, 다리를 붙이고, 왼팔은 지면과 수평이 되게 뻗고, 오른팔은 아래팔과 위팔의 각도를 90도를 구부러 앞으로 뻗은 자세이다. 서는 위치도 기본 선 자세와 달리 팔의 길이가 긴 사람의 경우 손부위가 스캔되어지는 부분을 넘어갈 수 있기 때문에, 스캔판의 중앙에서 20cm 뒤로 이동한 위치에서 정면을 향해 선다(발판이용). 이 자세는 팔의 굽혀지는 각도를 일정하게 유지하고, 오른팔의 경우 각도를

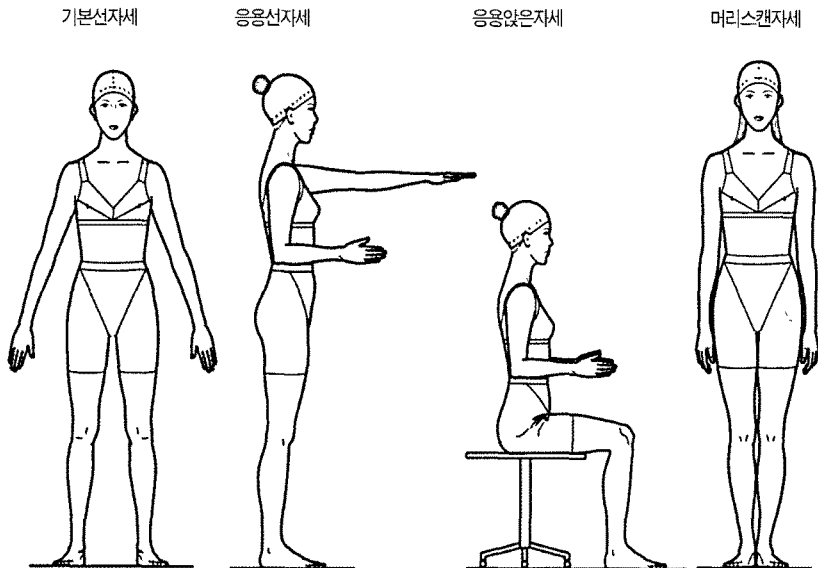


그림 1 3차원 인체측정 자세

유지하기 위해 자세가 경직되어 어깨가 올라가거나, 몸에 밀착되지 않게 주의한다. 왼팔은 손바닥이 지면으로 향하도록 한다. 손가락은 앉은 모두 편다.

깨측의 균형이 흐트러지지 않도록 하며, 팔이 자연스럽게 내려진 상태에서, 자세를 유지하도록 해야 한다. 머리 수평면을 유지하면서 호기와 흡기의 중간 상태를 유지한다

2.4 응용 앉은 자세

응용 앉은 자세는 우선 후색판의 의자를 스캔판의 중앙 뒷면에 위치시키고, 다리를 기본 선자세 시와 동일하게 벌린 편안한 자세로 의자에 앉는다(20cm 발판: 키 167cm 이상, 18cm 발판: 키 150cm~167cm, 16cm 발판: 키 150cm 이하). 무릎은 발에서 곧게 직선으로 올라오게 하고, 의자에 앉을 시에는 넓다리의 앞부분이 지면과 수직이 되도록 의자의 높이를 조정한다. 팔은 양팔 모두 아래팔과 위팔의 각도를 90도로 유지한다. 이 자세는 앉은 자세에서 측정될 수 있는 항목을 측정할 수 있는 자세로서, 양팔을 올릴 때 어

2.5 머리 스캔 자세

머리스캔자세는 직접측정 시의 바른자세와 동일하며 팔을 자연스럽게 내리고 선자세이다. 머리카락에 의하여 머리부위의 형상이 달라지지 않도록 머리카락을 자연스럽게 늘어뜨린 후 측정모를 썬다.

3. 3차원 인체측정 기준점 및 항목

3.1 3차원 인체측정 기준점

Size Korea 인체측정사업의 3차원 인체측정 기준점은 3

표 2. 3차원 전신인체측정 기준점

부위	부착 여부	기준 점수	항 목 명
머리	부착	1	머리마루점
	비부착	1	눈초리점
소계	2		
목	부착	5	방패연골아래점 목뒤점 목앞점 목옆점-오른쪽 / 왼쪽
	비부착	0	
소계	5		
몸통	부착	35	어깨점-오른쪽/왼쪽, 어깨가쪽점-오른쪽/왼쪽, 겨드랑앞점-오른쪽/왼쪽, 겨드랑뒤점-오른쪽/왼쪽, 겨드랑앞벽점-오른쪽/왼쪽, 겨드랑뒤벽점-오른쪽/왼쪽, 겨드랑옆점(어), 허리옆점(자연스럽게 들어간자리)-오른쪽/왼쪽, 허리출점, 배꼽점, 배꼽수준허리옆점-오른쪽/왼쪽, 배꼽수준허리뒤점-오른쪽/왼쪽, 배돌출점, 엉덩뼈능선점, 위앞엉덩뼈가시점, 불기고랑점, 엉덩이돌출점, 살앞점
	비부착	6	어깨가운데점-오른쪽, 겨드랑점-오른쪽/왼쪽, 앉은배돌출점 살점, 등돌출점
	소계	41	
다리	부착	14	넓다리뼈근들기점, 무릎뼈가운데점, 무릎뼈아래점, 오금점, 정강뼈위점, 장딴지돌출점, 기쪽복사점-오른쪽/왼쪽, 안쪽복사점-오른쪽, 앉은무릎뼈위점, 앉은무릎앞점, 앉은오금점-위, 앞 종아리아래점
	비부착	5	넓다리가운데점, 앉은엉덩이뒤돌출점, 앉은엉덩이옆돌출점-오른쪽/왼쪽, 앉은넓다리위점
소계	19		
발	부착	4	발안쪽점, 발가쪽점, 발끝점, 발꿈치점
소계	4		
팔	부착	9	어깨세모근점-오른쪽/왼쪽, 노뼈위점, 팔꿈치가운데점, 손목안쪽점, 손목가쪽점, 아래팔가쪽돌출점, 팔꿈치가쪽점-오른쪽/왼쪽
	비부착	1	팔꿈치아래점
소계	10		
손	부착	4	손안쪽점, 손가쪽점, 손끝점(보조), 손권끝점(보조)
	비부착	1	앉은손끝점
기타	비부착	1	앉은바닥면
소계		6	
총계		87	부착=70 / 비부착=17

표 3. 인체측정항목 비교

항목 종류	고려 항목	신뢰도 비교		가능 항목	불가능 항목
		신뢰도 높은 항목	신뢰도 낮은 항목		
ISO8559 (KS7003) ①	55	30	19	49	6
ISO7250 (KS7004) ②	56	26	16	42	14
①② 공통항목 ③	12	4	5	9	3
기타 ④	58	35	8	43	15
합계	157	87	38	125	32

표 4. 3차원 전신인체측정항목

	자세	항목 수	인 체 측 정 항 목 명
높이	①	1	다리발린살높이
	②	27	키, 눈높이, 어깨높이, 어깨가쪽높이, 목뒤높이, 목앞높이, 겨드랑높이, 젖가슴높이, 젖가슴아래높이, 허리높이, 배꼽수준허리높이, 배높이, 위앞엉덩뼈가시높이, 엉덩뼈 능선높이, 엉덩이높이, 불기고랑높이, 넓다리높이, 살높이, 장판지높이, 엉덩이 수직길이, 몸통수직길이, 무릎높이, 무릎뼈가운데높이, 가쪽복사높이, 팔꿈치팔꿈치 높이, 손끝높이, 손권끝높이
	③	7	앉은키, 앉은눈높이, 앉은목뒤높이, 앉은어깨높이, 앉은팔꿈치높이, 앉은무릎높이, 앉은오금높이
소계		35	
둘레	①	23	목둘레, 목뒤둘레, 목밑둘레, 겨드랑둘레, 가슴둘레, 젖가슴둘레, 젖가슴아래둘레, 허리둘레, 배꼽수준허리둘레, 배둘레, 넓다리둘레, 넓다리중간둘레, 무릎둘레, 무릎 아래둘레, 장판지둘레, 종아리최소둘레, 발둘레, 발목최대둘레, 편위팔둘레, 편팔 끝둘레, 아래팔둘레, 손목둘레, 몸통세로둘레
	②	1	엉덩이둘레
소계		24	
기울기	③	2	오른쪽어깨기울기, 왼쪽어깨기울기
소계		2	
길이	①	18	앞중심길이, 배꼽수준앞중심길이, 목앞젓꼭지길이, 목옆허리둘레선길이(앞길이), 목뒤젓꼭지허리둘레선길이, 목뒤젓꼭지길이, 목뒤등뼈위겨드랑수준길이, 목옆허리둘레선길이(뒤길이), 젓꼭지허리둘레선길이, 등길이, 배꼽수준등길이, 살앞뒤길이, 넓다리길이, 발적선길이, 팔길이, 팔안쪽길이, 위팔길이, 아래팔길이
	②	8	목뒤오금길이, 총길이, 엉덩이옆길이, 허리옆가쪽복사길이, 다리가쪽길이, 굽힌팔길이, 목뒤손목안쪽길이, 벽면어깨수평길이
	③	11	어깨길이, 목뒤어깨끝길이, 양어깨끝길이, 겨드랑뒤벽사이길이(뒤폭), 겨드랑앞벽 사이길이(앞폭), 겨드랑앞접합사이길이, 겨드랑뒤접합사이길이, 아래팔수평길이, 팔꿈치손끝수평길이, 앉은엉덩이오금수평길이, 앉은엉덩이무릎수평길이
소계		37	
너비	①	11	목(밧)너비, 어깨너비, 위팔사이너비, 가슴너비, 젖가슴너비, 젖가슴아래너비, 허리너비, 배너비, 배꼽수준허리너비, 발너비, 젓꼭지사이수평길이
	②	2	엉덩이너비, 손너비
	③	2	팔꿈치사이너비, 앉은엉덩이너비
소계		15	
두께	①	9	겨드랑두께, 가슴두께, 젖가슴두께, 젖가슴아래두께, 허리두께, 배꼽수준허리두께, 배두께, 엉덩이두께, 벽면몸통두께
	③	3	앉은넓다리높이, 앉은배두께, 앉은엉덩이배두께
소계		12	
합계		125	

표 5. Cyberware社의 WB4 사양

	항 목	사 양
1	측정원리	레이저 측정방식
2	광원	Laser Class 1
3	측정부 수	4 Probe & Mirror
4	측정영역	Cylindrical 120(D) × 200(Y) cm
5	측정 Pitch	수평방향 : 5.0mm 수직방향 : 1.0~5 mm (1 mm 적합)
6	측정 속도	17초
7	데이터 처리속도	10초 이내, 데이터 정합시간 10초
8	컬러(Color획득)	가능 (8bit RGB)
9	제품 크기	360(L) × 360(W) × 293(H) cm
10	제품 무게	450kg
11	전원	Auto Selecting 90-135VAC / 175-264VAC, 47-63HZ, 1500W
12	추천 시스템 환경	SGI WorkStation Platform
13	측정조건	내외부 조명 형광등(일반 사무실 환경) 측정자세 · 서서 or 의자에 앉아 앞을 바라본다
14	이동 가능성/방식	불가능/ 해체 조립방식
15	활용분야	인체측정 Project, 의류, 컴퓨터 그래픽

차원 인체측정 자료의 활용도를 높이기 위하여 다음과 같은 조건을 만족하도록 결정하였다.

- 2차원 인체측정 항목을 3차원 인체측정 자료에서 측정이 가능하도록 직접측정법에 의한 인체측정 기준점과 3차원 인체측정을 위한 인체 특징점이 포함되어 후후 직접측정법에 의한 인체측정을 대체 하는 것이 가능하여야 한다.
- 3차원 인체 형상의 리모델링이 가능하도록 인체의 실루엣의 특징을 나타내는 특징점을 포함한다.
- 후후 인체측정자료의 산업별 활용성을 높이기 위한 검증 방법으로 역학적 모델 개발을 위한 기준점을 포함한다.
- 자동 측정이나 반자동측정이 가능하도록 자동측정 알고리즘 개발에 필요한 항목을 포함한다.

Size Korea 인체측정사업에서 3차원 인체측정을 위한 인체측정 기준점은 총 87개로 체표에 랜드마크를 부착한 기준점이 총 70개(측정기준점 60개, 보조기준점 10개), 육안으로 3차원 영상에서 확인이 가능하여 비부착한 기준점이 17개이다. 3차원 전신인체측정을 위한 기준점은 [표 2]에 표시하였다.

3.2 3차원 전신인체측정

[표 3]은 ISO 및 KS가 규정하고 있는 인체측정 항목을 비교 한 것이다. 의류설계를 위한 ISO 8559(KS A 7003) 과 인간공학설계를 위한 인체측정 규격인 ISO 7250(KS A 7004)에서 제시된 항목은 총 157개로 이중 3차원 인체형상에서 측정이 가능한 항목은 125개, 측정이 불가능한 항목은 32개이다. Size Korea 인체측정사업에서의 3차원

인체측정 항목은 ISO에서 제시하고 있는 항목을 기초로 다음과 같은 선정기준을 만족하는 항목으로 결정 하였다.

- 전 산업에서 제품 설계나 신제품 개발에 필요로 하는 항목
- 인체형상의 특징을 잘 나타내주는 항목
- 2차원 인체측정 항목을 대체할 수 있는 3차원 인체측정 항목
- 제품의 사용 후 평가가 가능한 항목

Size Korea 인체측정사업에서 3차원 인체측정 항목은 사이즈 코리아의 3차원 전신인체측정을 위해 개발된 3차원 인체치수 측정 전문프로그램인 3DM을 사용하여 측정된 항목이다. 3차원 전신인체측정 항목은 높이 35항목, 둘레 24항목, 길이 37항목, 너비 15항목, 두께 12항목, 기울기 2항목으로 총 125개 항목이다. 3차원 전신인체측정 항목은 [표 4]에 표시하였다.

3.3 보조인체측정 항목

3차원 데이터의 신뢰도를 확보하고 3차원 영상자료의 에디팅을 위한 보조측정을 실시하였다. 보조측정은 마틴자에 의한 직접측정법으로 이루어졌으며, Size Korea 직접측정법에서 사용하고 있는 방법과 동일한 방법으로 측정하였다. Size Korea 3차원 측정팀의 직접측정법에 의한 측정항목은 3차원 영상의 에디팅을 위한 보조항목으로 높이 항목 3개 항목(키, 목뒤높이, 살높이), 의류제작을 위한 둘레 항목 8개 항목(목밑둘레, 가슴둘레, 젖가슴둘레, 젖가슴아래둘레, 허리둘레, 배둘레, 엉덩이둘레, 겨드랑이둘레) 및 길이항목 3개 항목(어깨가쪽사이길이, 팔길이, 등길이), 머

리부위 에디팅을 위한 보조항목으로 머리항목 3개 항목(귀구슬사이머리위길이, 귀구슬사이너비, 귀바퀴위뿌리-귀바퀴위뿌리(뒤)직선길이)과 몸무게로 총 19개 항목이다.

4. 3차원 인체측정기기 및 보조도구

4.1 전신스캐너

1) 전신스캐너 하드웨어 사양

Size Korea에서 사용되는 3차원 인체 측정기는 Cyberware社(미국)의 WB4 제품으로서 기구부 및 측정부가 전신측정에 적합하게 설계되어 있다. 4개의 측정 probe로 구성되어 있는데 그 사이각이 75도와 105도로 나누어져 있다. 스캐너는 모터에 의해 수직 레일을 따라 위아래로 움직이는 작동방식으로 이루어져 있다. Probe내부는 광원과 디텍터가 있어 사람 몸에 빛을 쬐어 측정하는 방식이다. 인체 형상 데이터(약 10,000개의 Point)와 색 정보를 얻을 수 있다. 측정자세는 제한된 영역내에서 기본 선자세, 앉은 자세 등 비교적 다양한 자세를 스캐닝 할 수 있다. Cyberware社의 WB4 사양은 [표 5]와 같다.

2) 전신스캐너 소프트웨어 사양

Cyberware의 스캔용 소프트웨어들을 모두 SGI workstation에 CyDir이라는 묶여있으며, 기능에 따라 CyScan, CyPie, CyEat, CyEdit, mtool이라는 이름으로 되어있다. 이들을 사용하여 스캐너 구동에서부터 데이터 조작까지 처리할 수 있다. Size Korea 사업에 사용된 전신스캐너 관련 소프트웨어는 [표 6]과 같다.

4.2 측정복

3차원 인체측정 시 정확한 인체실루엣 및 인체치수를 얻기 위하여 인체에 밀착되어 들뜨는 부분이 없으면서도 인체실루엣을 왜곡 없이 그대로 나타내 줄 수 있도록 3차원 인체측정용 측정복을 착용하여야 한다. 3차원 인체측정을 위한 측정복의 조건은 다음과 같다.

- 착의 시 인체 실루엣의 변화가 없을 것
- 착의 시 과도한 노출에 의해 피험자가 불쾌감을 느끼지 않도록 디자인할 것
- 3차원 인체측정기에 의한 최적 데이터를 얻을 수 있는 색상과 재질을 고려할 것
- 반복 사용 시 형태 안정성을 유지할 수 있도록 소재와 디자인을 고려할 것
- 측정 시간을 줄이고 원활한 진행을 위하여 착탈이 편

리할 것

- 연령에 의한 신체적 특징을 고려하여 디자인할 것
- 측정시 머리 형태에 의한 영향을 최소화시킬 수 있는 측정모를 사용할 것

Size Korea 인체측정사업에서는 위와 같은 조건을 고려하여 3차원 인체측정용 측정복 개발하여 사용하였다.

1) 측정복 디자인 및 착용방법

측정복의 디자인 및 착용방법은 [표 7, 표 8]과 같다. 성인여자는 지정된 브래지어와 브리프 위에 측정복 상의와 측정복 하의를 착용하였고 남자는 지정된 브리프 위에 측정복 하의를 착용하였다. 단 여자 이동은 젖가슴이 발달하지 않은 경우 브래지어를 착용하지 않고 측정복 상의만을 착용하였고, 측정복 하의는 브리프를 입기 어려운 저연령 아동인 경우 자신의 브리프를 입은 위에 측정복 하의를 착용하였다.

측정복의 사이즈는 성인의 경우 총 90 종의 사이즈를 개발하여 사용하였으며, 아동의 경우 총 46 종의 사이즈를 개발하여 사용하였다. 성인여자의 경우 브래지어가 40개 사이즈, 측정복 상의가 20개 사이즈, 브리프가 9개 사이즈 및 측정복 하의가 21개 사이즈를 개발하여 사용하였다. 성인남자의 경우 브리프가 7개 사이즈, 측정복 하의가 13개 사이즈를 개발하여 사용하였다. 아동의 경우 성장단계에 따라 성인과 동일한 사이즈를 착용하기도 하였으나 성인과 공동으로 착용할 수 없는 아동의 경우는 별도의 아동용 측정복을 개발하여 사용하였다.

2) 측정모 디자인 및 사이즈

3차원 스캔 시 머리부위와 목, 어깨 등 부위의 최적의 데이터를 얻기 위해서는 두발을 정돈하고 모발을 눌러주는 신축성 소재의 측정모가 필요하다. 모발이 짧은 경우와 달리 긴 경우에는 모발로 인해 머리의 부피가 커져 측정오차가 증가한다. 따라서 머리부위의 측정에 방해가 되지 않는 중간 위치에 구멍을 뚫어 모발을 빼낸 후 묶어 머리그물망으로 정리하는 방법으로 측정오차를 최대한 줄이도록 한다(그림 2).

4.3 측정보조도구

수동측정 프로그램 사용 시 인체의 다양한 기준점을 표시하기 위한 랜드마크와 3차원 측정 시에 손목과 몸통의 간격을 일정하게 유지하기 위한 자세유지대, 앉은 자세의 측정을 위한 의자 및 손목과 몸통의 간격 정도를 처음에 잡

표 6. 전신스캐너(Cyberware社의 WB4) 소프트웨어 사양

구분	소프트웨어명	기능	File 상태	
			input	output
스캐닝 관련	CyScan	WB4 motion control하며 측정조건 지정한다.	Inventor(IV), SGI RGB Image File	IV, PLY(Cyberware unique), SGI Image File
데이터 조작 관련	CyPre	각 측정부에서 획득된 데이터들을 정렬 및 하나로 정합한다. 명령어방식 스캔 data를 편집한다	Echo(Cyberware unique), PLY, TIFF, SGI RGB Image File	IV, PLY(Cyberware unique), SGI Image File
	CyEat	대표적인 기능으로 Fill Hole, Smoothing, 점 선 면 선택 및 제거, Decimation 등이 있다.	PLY	IV, PLY(Cyberware unique), SGI Image File
	MTool	파일 형식을 변환해준다.	PLY, OBJ, STL	PLY, OBJ, STL, DXF, 3ds, IV, WRL, Iges, ASC
	CySlice	모델의 단면을 지정하여 생성한다 이 프로그램내에서 단면의 둘레나 치수 측정은 불가능하며 Output File인 Iges로 출력하여 별도의 CAD 프로그램에서 측정하여야 한다.	PLY	Iges, Shce(Cyberware unique)

이주기 위한 손목 간격 보정자를 제작하였다. 또한 자동 측정 시 발의 너비를 보정하는 발판을 제작하였다.

1) 랜드마크

3차원 인체 측정시에 기준점을 표시하기 위한 랜드마크로 활용되기 위해서는 [표 9]와 같은 조건을 만족시켜야 한다.

랜드마크로 사용되기 위해서는 위와 같은 조건을 만족시킬 수 있는 적절한 재질과 색상, 크기를 선택하여 이를 적용하도록 하였다. [표 10]과 같이 랜드마크의 재질은 신축성이 뛰어나고 부착력이 우수하여 쉽게 떨어지지 않는 근육테이프를 선정하였으며, 랜드마크의 색상은 피부색과 보

색인 녹색과 청색 그리고 채도와 명도가 높아 검출이 용이한 적색을 선정하였고, 랜드마크의 크기는 3차원 영상을 컴퓨터 화면상에서 확인이 가능한 최소크기로 하였다.

수동 측정 시에는 스캔된 자료로부터 직접 기준점을 포인팅(Pointing)해야 하므로 측정 전에 피측정자의 몸에 랜드마크를 부착하여 보다 정확하고 신속하게 기준점을 찾아 내도록 하였다.

녹색의 랜드마크가 가장 검출력이 뛰어나고, 측정복이나 몸의 색깔에서 두드러지게 나타나기 때문에 인체 기준점에 부착하였고, 청색의 랜드마크는 보조기준점(수준점)에 부착하였으며, 적색의 랜드마크는 어깨점과 어깨가쪽점과 같

표 7. 성인여자 측정복의 디자인 및 착용방법


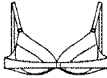

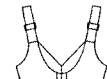
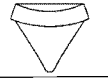
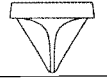






구분	앞	뒤	착용방법	사이즈
상의			브래지어 + 측정복 상의 착용	40개
				20개
하의			브리프 + 측정복 하의 착용	9개
				21개

표 8. 성인남자 측정복의 디자인 및 착용방법

구 분		앞	뒤	착용방법	사이즈
하의	브리프			브리프 + 측정복 하의 착용	7개
	측정복				13개

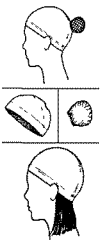
이 기준점이 근접한 경우에 근접한 기준점의 식별이 쉽도록 구별하여 사용하였다.

2) 손목 간격 보정자

손목 간격 보정자는 피측정자의 몸통과 손목사이의 간격을 측정시 어느 정도 유지해야 하는 지를 표시, 보정해 주는 용도로 사용되고, 연령별로 사용이 가능하도록 15.5cm, 18cm, 20cm의 3종류를 제작하였다.

자세 보조자는 자동 측정 전 피측정자의 나이와 신체사항을 고려하여 적절한 손목 간격 보정자를 선택, 몸통과 손목사이에 끼워 넣는다. 자세보조자는 피측정자가 너무 강하게 눌러 자세가 움직여들거나, 몸통이나 손목이 들어가지 않을 정도로 자연스럽게 누르게 하고, 손목이 위치해야 할 위치에 자세유지대를 조정해야 한다. 피측정자가 자세유지대에 손이 위치하게 되고, 손목이 놓여져야 할 위치를 인식하게 되면, 끼워진 손목 간격 보정자를 떼어낸다(그림 3, 표 11).

그림 2. 측정모 착용상태

자세	측정모 착용상태	사이즈
자세1		6개
자세2		
자세3		
자세4		
(머리 스캔 자세)		

3) 자세유지대

자세유지대는 손목 간격 보정자로 인한 빛의 굴절 및 반사 현상을 방지하기 위하여, 실제 자동 측정 시 손목 간격 보정자의 역할을 대신할 수 있도록 제작되었다. 그러므로 실제 측정 시 피측정자의 몸통과 손목사이의 거리를 유지할 수 있게 한다(그림 4).

자세보조자는 자세유지대의 상하 좌우 조절나사를 이용하여 손목 간격 보정자에 의해 결정된 손끝의 위치에 수평바의 끝을 조절하여 맞춘다. 피측정자는 수평바의 끝을 보고 본인의 손끝이 놓여져야 할 위치를 기억하게 되고, 이를 통해 손목과 몸통의 간격을 유지할 수 있다.

4) 측정용 의자

앉은 자세를 측정하기 위한 의자로서 피측정자 넓다리의 앞부분이 원판과 수직이 되도록 의자의 높이를 조정하여 사용한다. 의자는 원판의 가장 뒷부분(스캐너 정면 기준)에 위치하여 사용하고, 신체의 사이즈 및 연령에 따라 A,B,C형의 의자를 선택하여 사용한다(표 12, 그림 5).

5) 측정용 발판

신체 사이즈 및 연령에 따라 선 자세 및 앉은 자세의 다리 벌림 정도가 달라지기 때문에 측정용 발판을 제작 다리 벌림의 정도를 보정한다.

자세 보조자는 인체 사이즈에 따라, 발판에 그려진 발의 모양과 선을 이용 선자세와 앉은자세 시 피측정자의 발을 보정한다. 측정용 발판 사용 기준은 [그림 6], [표 15]와 같다.

표 9 3차원 인체측정용 랜드마크의 조건

재 질	색 상	크 기
-부착시 인체피부에 직접 닿으므로 인체에 무해해야 한다. -측정하는 동안 피부로부터 떨어져서는 안된다 -인체의 곡면을 허용할 수 있도록 신축성이 좋아야 한다.	-측정프로그램에서 검출이 잘 되어야 한다. -피계측자에게 거부감을 줄 수 있는 자극적인 색상은 피하도록 한다.	-측정데이터의 분해능력을 고려하여 측정프로그램에서 검출이 가능해야 한다.

표 10. 랜드마크

구 분	형상 및 크기	색 깔	재 질	비 고
전신렌 드마크	지름 11mm 원형, 평면형 랜드마크	녹색(기준점), 청색(보조기준점) 적색(근접한 경우)	근육테이프	● ● ●

5. 3차원 인체 측정 순서

Size Korea 인체측정 사업을 위한 3차원 인체측정방법은 '3차원 인체측정법 표준화에 관한 산업기술기반 조성' 사업에 따른 프로토콜에 근거하여 실시하였다.

Size Korea 인체측정 사업에서의 개략적 3차원 인체 측정 순서는 그림 9와 같다.

- ① Size Korea 인체측정 사업에 대하여 간단히 설명하고 측정복을 선택하기 위해 줄자로 여자의 경우 4개 항목(젓가슴둘레, 젓가슴아래둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레), 남자의 경우 2개 항목(허리둘레, 엉덩이둘레)을 측정하여 측정복 사이즈를 결정하고 대기실로 안내한다.
- ② [표 7], [표 8]의 측정복 착용방법에 따라 자신의 옷과 액세서리를 모두 벗고 지정된 측정복으로 갈아입도록 한다. 머리는 [그림 2]의 측정모 착용방법에 따라 정리하여 직접측정실로 안내한다.
- ③ 전신스캐너용 랜드마크를 70개 부착하고 보조 인체측정을 19개 항목을 측정하여 전신스캐너로 안내한다.
- ④ 전신스캐너의 측정스테이션에 피측정자가 서면 모두 4자세로 스캐닝을 실시하고 발스캐너로 안내한다.

⑤ 피측정자를 의자로 안내하여 발스캐너 전용 랜드마크를 오른발에 15개 부착하고, 발스캐너에 오른발을 위치시키면 스캐닝을 실시한다.

⑥ 측정이 종료되면 피측정자의 몸에 표시된 모든 랜드마크를 제거하고 측정복을 갈아입도록 한다.

⑦ 대기실에서 측정복을 반환받고 측정 후 설문지의 작성이 끝나면 모든 측정은 종료하게 된다.

측정요원은 총 8명이 필요하며 모든 요원은 측정 및 데이터분석을 위하여 복합적 역할을 수행 할 수 있도록 충분한 교육을 실시하였다.

3차원측정센터의 배치는 인력을 경제적이고 효율적으로 운영하기 위하여 모든 부분을 쉽게 접근하도록 중앙 집중적인 배치를 시도하였으며, 경우에 따라 현장에서의 공간적 상황에 따라 동선의 흐름을 유지 하면서 유연성 있게 대응할 수 있도록 하였다.

6. 데이터 분석 방법

Size Korea 인체측정 사업에서는 3차원 인체형상 및 인체형상에서 얻어진 인체측정치를 제공 할 예정이다. 3차원 인체 스캐닝에서 얻어진 3차원 인체측정 데이터는 데이터

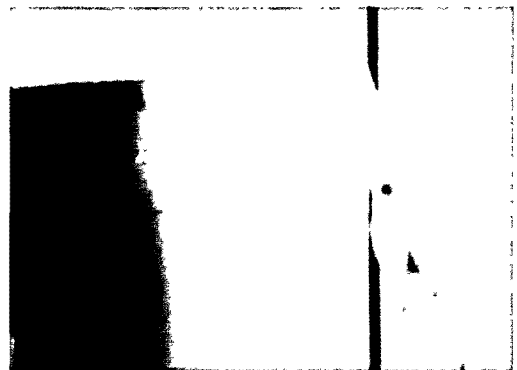
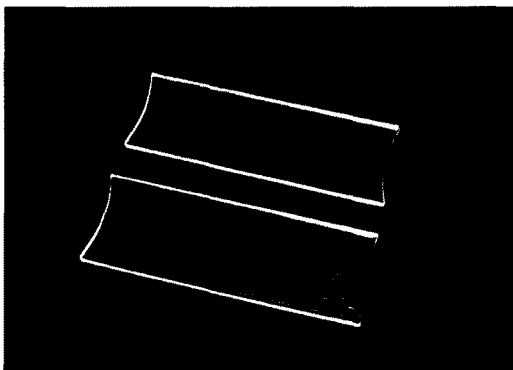


그림 3. 손목 간격 보정자

표 11. 손목 간격 보정자의 사용 기준

손목과 몸통의 간격	~ 16.7cm	16.7 ~ 19.0	19.0 ~
팔길이 기준	49cm 이하	49cm ~ 55.5cm	55.5cm 이상
손목 간격 보정자	15.5cm 보정자	18cm 보정자	20cm 보정자

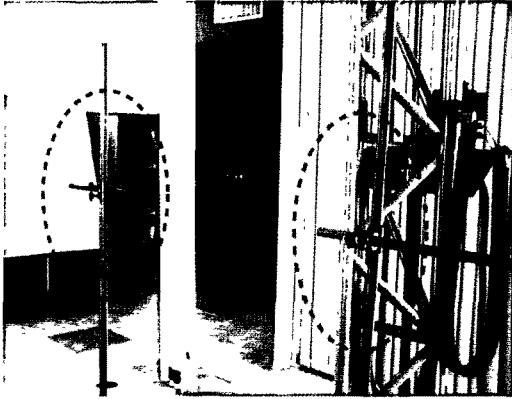


그림 4 자세유지대의 형태

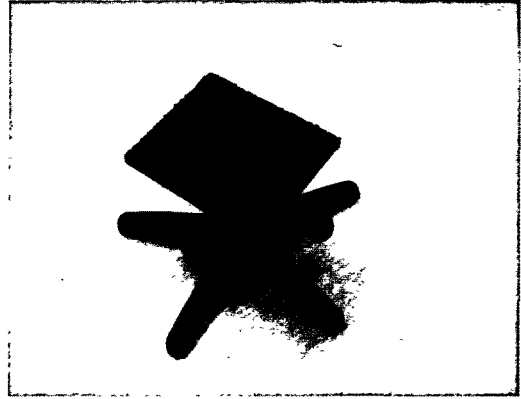


그림 5 측정용 의자의 형태

표 12. 측정용 의자의 사용 기준

측정용 의자	A형	B형	C형
높이 조정 가능 범위	29cm~35cm	35cm~40cm	40cm~65cm
키	162cm 이하	162cm~170cm	170cm 이상
비 고	소아용(8세 정도)	성인용	성인용

의 사용목적에 따라 정확한 치수나 형상 등을 얻기 위하여 데이터의 전 처리 과정을 거쳐 3차원 인체형상 정보를 추출하는 데이터 분석 과정이 필요하다.

6.1 데이터 전처리

데이터의 전 처리과정에서는 3차원 스캔 데이터를 다양한 방법으로 처리하는 기능 및 분석도구를 제공하는 범용 3차원 역설계 모델러(3D Reverse Modeler)인 Rapid-form((주) 아이너스 기술, 2004년)을 사용하였다.

스캔 데이터는 스캔 자세에 따라 미측정 부위로 인해서 다른 부위에 Hole이 생기거나 표면이 매우 거친 부분이 생겨 3차원 인체측정 시 오차의 원인이 되기도 한다. 신뢰도 높은 인체측정 자료를 얻기 위해서는 Hole이 생긴 부분을 매꾸어 주고 표면이 거친 부분을 매끄럽게 에디팅 할 필요가 있다. Size Korea 사업에서는 3차원 인체형상을 제공하기 위하여 완벽한 에디팅을 하기에는 많은 시간이 소요되므로 제한된 분석시간 내에 효율적이고 정확도가 높은 자료를 얻기 위하여 스캔 자세별로 최소한의 에

디팅을 실시하였다. 또한 각 스캔 자세별로 3차원 인체형상에서 인체치수를 얻기 위한 전문 프로그램인 3DM에서 분석이 가능하도록 3차원 인체형상에서의 인체치수 측정 경로를 따라 최소한의 에디팅을 실시하였다. 인체형상자료의 Mesh 상태가 좋지 않은 경우에는 Smoothing 처리하여 표면이 매끄러워 지도록 하였다. Hole이 생긴 부위는 Curvature 형태의 Bridge를 세워 Bridge와 Bridge사이의 Surface를 체표면의 형상에 따라 smooth 또는 Curvature로 메꾸었다.

스캔자세 1은 양어깨부위, 양겨드랑 부위, 살부위, 오른쪽 발부위를 에디팅 하였다. 스캔자세 2는 머리부위, 오른쪽 어깨부위, 굽힌 오른쪽 팔부위를 에디팅 하였다. 스캔자세 3은 머리부위, 어깨부위, 배부위, 손목안쪽부위, 넓다리 위부위, 앉은 오금부위를 에디팅 하였다. 스캔자세 4는 머리부위, 어깨부위를 에디팅 하였다. 살부위 및 겨드랑부위는 3차원 스캐너의 특성 상 미측정 부위가 발생하여 다른 부위에 비해 Hole이 많이 생기므로 체표에 표시된 랜드마크나 보조인체측정치를 (겨드랑점, 살앞점) 참고하여 에디

표 13. 측정용 발판 사용 기준

측정용 발판	16cm	18cm	20cm
다리길이(넓다리뼈근돌기높이)	98cm 이하	98cm~109cm	109cm 이상
키	150cm 이하	167cm~150cm	167cm 이상
비고	청색	황색	적색

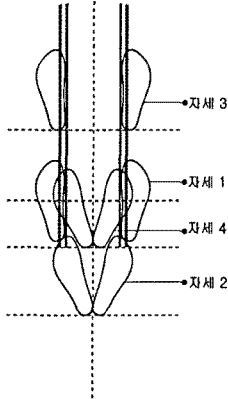


그림 6 측정용 발판

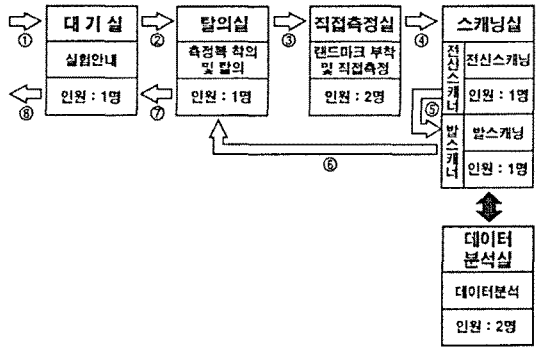


그림 7 3차원 인체측정 순서

팅을 실시하였다(표 14).

6.2 3DM(3 Dimensional Measurement)을 이용한 항목 측정

Size Korea 인체측정사업의 3차원 인체측정치는 3차원 인체형상에서 인체치수를 측정하기 위하여 한국에서 개발된 인체측정 전문 프로그램인 3DM을 사용하여 측정되었

다. 3차원 인체측정의 장점인 신속한 인체측정을 위해서는 3차원형상에서 자동으로 랜드마크를 인식하여 자동으로 측정하는 것이 좋으나, 기존의 3차원 형상자료에서 인체치수를 측정하는 전문 프로그램들이 인체측정에서 요구되는 정확도를 확보하고 있지 않아, Size Korea 3차원 인체측정은 3차원 형상에서 랜드마크를 측정자가 직접 클릭하여 측정하는 반자동측정방식을 채택하였다. 이러한 3차원 인

표 14. 자세별 에디팅 부위

자세	부위	에디팅 전	에디팅 후	자세	부위	에디팅 전	에디팅 후
자세1	겨드랑			자세3	넓다리위		
	살뒤				머리		
	살앞				팔꿈치		
자세2	어깨			자세4	배		
	팔꿈치				머리 및 어깨		
	머리 및 오른쪽 어깨						

표 15. 3D형상 전신 데이터 종류

파일종류	최초스캔	메쉬 칼라	메쉬	메쉬 칼라압축	
파일확장자	iv(binary)	ply(binary)	ply(ascii)	GSize 고유포맷	
1개당 크기 (*4자세)	약 9.5MB (38MB)	약 5 MB (20MB)	11 MB (44MB)	약 200 KB (800KB)	
저장 공간	700MB CD 1장당	18명 (1000명 =55개)	35명 (1000명 =29개)	15명 (1000명 =35개)	875명 (1000명 =1.2개)
1GB당	26명 (1000명 =40GB)	51명 (1000명 =20GB)	23명 (1000명 =44GB)	1280명 (1000명 =0.78GB)	
용도	<ul style="list-style-type: none"> 연구용 데이터복원용 	<ul style="list-style-type: none"> 3D 측정용 형상 분석용 	<ul style="list-style-type: none"> 형상 분석용 	<ul style="list-style-type: none"> 3D 측정용 형상 분석용 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 4개로 분리된 파일 데이터 복원용으로 반드시 저장해야 함. 	<ul style="list-style-type: none"> 통합된 파일 칼라값이 있으므로 피측정자의 신분노출의 위험이 있다 	<ul style="list-style-type: none"> 형상만 있으므로 피측정자의 신분이 덜 노출된다. 	<ul style="list-style-type: none"> 고도로 압축된 파일 3D측정 전문 프로그램에서만 사용가능 	

표 16. 측정치 데이터

종류	3D 측정치		직접 측정치	
	1	2	3	4
측정치	전신	머리	전신	머리
측정항목 개수	125	40	15	3
저장형태	3D 전용 DB 프로그램에 내장			

체측정자료는 향후 보다 정확도가 높은 새로운 자동 측정 프로그램의 개발의 기초자료가 될 수 있을 것이다.

7. 3차원 인체형상자료의 종류

Size Korea의 3차원 인체형상자료는 웹을 기반으로 한 데이터베이스 관리시스템이 구축되어 사용자에게 제공될 예정이며, 데이터 베이스의 제공형태나 사용권 제한 등을 최종 점검하고 있다. 피측정자의 개인 신상보호를 위해 얼굴부위는 마스킹 처리하여 제공될 것이며, 그밖에 개인의 신상에 관한 정보는 철저한 관리 하에 제한적으로 제공될 예정이다.

Size Korea사업에서 측정된 데이터 종류에는 크게 3D형상 데이터, 3D형상으로부터 측정된 인체측정치 데이터 및 3차원 측정자료의 신뢰도를 높이기 위해 측정된 보조인체측정치 데이터가 있다.

7.1 3D형상 데이터

3D형상 데이터는 스캐너로부터 얻어지며, 인체의 실제형상은 3차원 좌표치와 칼라값으로 구성되어 있다. 이는 여

러 가지 형태로 저장되며 각 형태의 특징은 [표 15]와 같다.

-최초 스캔 파일은 스캐너에서 최초로 얻어지는 파일로서 메쉬와 색상정보를 가지고 있는 iv(binary)포맷으로 되어 있다. 4개의 스캔헤드로 부터 나온 4개의 형상데이터가 각각 떨어져 있는 형태이다. 이 파일은 noise가 많고 하나로 합쳐지지 않은 상태이므로 3D형상을 필요로 하는 산업에서 직접 사용할 수는 없다. 단, 파일로부터 나머지 모든 파일들이 파생되므로 데이터 복원용으로 원자료를 저장하고 있다.

-메쉬, 칼라 파일은 iv파일에서 4개로 떨어진 형상을 하나로 합쳐 머지시킨, 메쉬와 색상정보를 가지고 있는 ply(binary)포맷이다. WB4 스캐너의 소프트웨어 중 Cypie프로그램으로부터 생성되는 파일로 3DM(3 Dimensional Measurement)의 분석을 위해 사용되는 파일이다

-메쉬 파일은 메쉬, 칼라 파일과 같으나 메쉬 정보만을 가지고 있는 ply(ascii)포맷이다. 색상이 없으므로 피측정자의 신분을 일정 수준 숨길 수 있으며, 형상정보만을 제공할 경우 사용한다.

-메쉬, 칼라압축 파일은 메쉬,칼라 파일을 특수한 압축알고리즘으로 압축하여 저장 공간을 줄이도록 한 파일로 3DM 분석시 분석 속도를 높이고 저장 공간을 줄이기 위하여 사용하였다.

7.2 측정치 데이터

Size Korea에서 제공되는 인체측정치 데이터는 3DM(3 Dimensional Measurement)을 사용하여 3차원 형상데이

터로부터 얻어진 치수데이터와 직접측정에 의해 얻어진 보조인체측정치(척골길이, 전신 스캐너에서 얻어지는 측정치 데이터의 종류는 [표 16]과 같다. 전술한 것과 같이 전신 스캐너에서 얻어지는 측정치는 총 125개 항목이며 각 항목의 내용은 [표 4]와 같으며, 보조 인체측정치(척골길이)는 전신이 15개 항목, 머리가 3개 항목이다

8. 3차원 인체측정 자료의 활용연구

국내에서 처음으로 이루어진 대규모 3차원 인체측정 사업 결과로 얻어진 3차원 인체 형상자료는 산업계의 수요가 매우 높다. 그러나 세계적으로도 3차원 인체측정자료를 활용한 산업은 인체측정용 스캐너 개발이나 게임, 애니메이션, 영화 등과 같은 영상산업 등에 치우쳐 있어, 인체형상을 이용한 친인간적 상품개발이나 환경조성과 같은 구체적인 정밀한 자료가 필요한 분야까지는 활성화 시키지 못하고 있는 실정이다. 대량의 3차원 인체측정 자료가 산업계에서 필요로 하는 실질적인 형태의 자료로 활용되기 위해서는 3차원 인체측정자료를 쉽게 접근하여 필요로 하는 데이터로의 가공이 용이하도록 하는 자료 활용에 대한 인프라 조성이 필요하다. 이에 Size Korea 인체측정사업에서는 3차원 인체측정 사업에서 얻어진 데이터의 활용성을 높이고 산업체에서 보다 쉽게 자료를 이용 할 수 있도록 대표 산업별로 3차원 인체측정 데이터의 활용연구를 진행하고 있다. 이중 의류산업과 관련된 연구는 다음과 같다.

-3차원 인체측정자료의 패턴 수량화를 위한 통계적 표현 방법 개발

3차원 인체형상에서 얻어진 3차원 인체측정치(척골길이)를 활용하여 3차원 인체형상의 특성을 대표 할 수 있는 통계적 해석 방법을 개발하고, 각 산업에서 필요로 하는 한국인 체형정보에 대한 정량적 지표를 도출하여 한국인 표준체형의 선정 목적으로 연구 중이다.

-3차원 인체형상자료를 활용한 의복생산용 표준바디 개발

현재 의류생산에 필요한 한국인을 위한 의류생산용 표준바디조차도 없는 실정에서 성별 및 연령대별로 두 집단을 대상으로 의복생산용 바디를 개발하고, 21세기형 대량맞춤 생산을 대비한 표준형 가상 피팅모델을 개발하고 있다. 여성의 경우 맞음새 및 트렌드성을 중시하는 상의류를 생산하기 위한 20대 성인여성용 토루소 바디를 개발 하고 있으며, 남성의 경우 주로 맞음새 및 기능성이 요구되는 바지를 생산하기 위한 40대 남성복바지용 하반신 바디를 개발

중이다.

이 밖에도 3차원 인체측정과 관련된 활용연구는 3차원 인체모델 동작 알고리즘 개발, 인간공학적 Desk System 개발, 3차원 인체측정정보에 대한 데이터베이스 구축 등의 연구가 진행 중이며, 2004년 12월 1일에 연구결과를 발표 할 예정이다.

9. 결 론

이상과 같이 2003년에서 2004년까지 2년간 실시된 Size Korea 인체측정사업의 3차원 인체측정방법에 대하여 기술하였다. Size Korea 인체측정사업은 국내 산업의 국제경쟁력과 직결될 수 있는 산업계의 자료 활용도를 높이고, 결과물에 대한 정확도를 높이기 위하여, 기타 선진국에서는 볼 수 없었던 측정방법에 대한 표준화 연구가 선행되어 3차원 인체측정법에 대한 프로토콜을 개발하였으며, Size Korea의 3차원 인체측정방법은 이 프로토콜에 준한 것이다. 이러한 3차원 인체측정에 대한 연구기반을 가진 한국의 의견이 ISO Working Group(ISO 20685, 3D Scanning Methodologies for Internationally Compatible Anthropometric Databases)에 적극 반영 될 수 있도록 노력 중이다.

21세기 경제의 패러다임인 전자상거래에서 의류산업이 경쟁력을 갖추려면 다양한 연령층의 고객을 확보하고, online의 가상리뷰매장에서의 맞춤새 향상시켜 반품비율을 감소시켜야 할 것이다. 앞으로 3차원 인체측정기술개발 및 3차원 인체측정자료에 대한 활용연구는 이러한 전자상거래 상에서 의류산업의 경쟁력 확보의 중요한 키워드가 될 것이다. 또한 3차원 인체형상 정보의 활용연구는 한국인 체형에 맞는 인간중심의 친인간적 의류제품설계를 위한 기초 기술 및 정보를 제공하여 의류제품의 경쟁력 확보에 기여할 수 있을 것이다.

본 연구는 산업자원부 기술표준원 산업기술기반조성사업으로 진행된 연구로 제 5차 한국인 인체치수 조사사업 (Size Korea)에 사용되었습니다.

참 고 문 헌

산업자원부. (2001) *산업자원기술발전조성에 관한 최종 보고서*. 2002.
 산업자원부. *3차원 인체측정법 표준화 보고서*. 2003.
 산업자원부. *3차원 인체형상 계측기의 정밀도 및 신뢰도 개발*

보고서, 2002.
 산업자원부. 3차원 인체형상 데이터 관리 및 정보화 시스템 개발, 2003.
 산업자원부. 직접측정법표준화 및 프로토콜 표준화 보고서, 2003.
<http://www.Wipco.co.kr/>
<http://arn.itri.org/docs/scan/articles/bobbin.html>
http://www.i-ware.co.jp/hp_English/e_infoot/e_infoot_front.htm
<http://www.rapidform.com>
<http://www.tc2.com>
 - http://www.lcf.linst.ac.uk/cms/cgi/site/research/major/size_uk.htm
<http://www.sizeusa.com>
<http://www.sae.org/technicalcommittees/caesar.htm>
<http://www.atc.gr/eT-Cluster>
<http://www.atc.gr/e-tailor>
<http://www.fashion-me.com>
<http://www.human-solutions.com>
<http://www.techmath.com>
<http://www.lectra.com>
 文化服裝學院의 3개교 공동, 高度化先進機器・技術を援用したファッション産業教育における新教育システムの開發-體型計測・人臺制作と衣服原型の開發-, 2000.
 NEC. 3-D style Simulator Danae-s 소개자료, 2002.
 人間生活工學研究センター. 高齢者特性計測機器等開發委託-寸法・形態計測機器開發, 經濟産業省 研究委託成果報告書, 2001.

人間生活工學研究センター. 知的基盤創成・利用技術研究開發 高效率人體計測機の 研究開發, 産業技術總合開發機構 研究委託成果報告書, 2001.

남 운 자

서울대학교 의류학과(학사, 석사)
 서울대학교 의류학과(박사)
 가톨릭대학교 의류직물학과 부교수
 현재 서울대학교 생활과학대학 의류학과 부교수

최 경 미

건국대학교 의상학과(학사)
 일본 문화여자대학(석사)
 일본 대치여자대학(박사과정 수료)
 현재 동서울대학 패션디자인과 조교수

정 의 승

서울대학교 산업공학과(학사, 석사)
 미국 펜실바니아 주립대 산업공학과(박사)
 현재 고려대학교 산업공학과 부교수

윤 명 환

서울대학교 산업공학과(학사, 석사)
 미국 펜실바니아 주립대 산업공학과(박사)
 현재 서울대학교 산업공학과 부교수
