3차원 모핑기법에 의한 18-24세 여성의 체형별 대표 형상 도출을 위한 연구

신주영¹⁾ · 최영림²⁾ · 남윤자³⁾

¹⁾서울대학교 의류학과

²⁾서울대학교 생활과학연구소

³⁾서울대학교 의류학과/생활과학연구소

Development of a Representative Model for Different Body Shapes of 18-24 Aged Women - An Application of a 3D Morphing Technique -

Ju-Young Shin¹⁾, Young-Lim Choi²⁾, and Yun-Ja Nam³⁾

¹⁾Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University, Seoul, Korea

²⁾Research Institute of Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea

³⁾Dept. of Clothing & Textiles/Research Institute of Human Ecology, Seoul National University, Seoul, Korea

Abstract : The purpose of this study is to classify body types into different groups based on 3D scanned data, and identify the representative body shapes that most frequently appear in the groups. A high frequency range was defined based on body measurement data, and representative shapes were identified based on body scan data of women aged 18-24. The major findings of this study are as follows. First, the three typical types of height, bust and drop mixes among Korean women aged 18-24 are as follows: 155-88-N, 160-82-A, and 165-85-A. Regarding the body type, the A and N types frequently appeared, while the H type was rare. Second, among the subjects of the high-frequency groups, upright bodies were selected as sample models and were used for morphing. An adjustment was made to the morphing results to reflect the body characteristics of the sample models evenly. Third, to verify the morphing results, the body sizes of the sample models and the created models were compared. The result showed that, the sizes were close to the average size of the sample models. Fourth, to verify whether the morphing processes adequately reflected the features of the body shapes, cross-section models of key body parts were made and the degree of representativeness was determined.

Key words: 3D Morphing Technique, Representative Shape, 3D scanned data

1. 서 론

바디 스캐너의 개발과 더불어 전세계적으로 대규모 인체측정사업이 이루어져 왔고, 국내에서도 이를 이용한 체형분석과 의복패턴 개발 등의 연구가 끊임없이 이루어지고 있다. 또한 국내외적으로 3차원 인체 측정 기술을 이용하여 의류 상품의 설계 및 생산, 주문, 판매, 유통, 고객관리에 이르는 전 과정이 온라인상에서 이루어지고 있으며(백경자 외, 2009) 인터넷 상거래의 활성화와 더불어 인터넷 쇼핑을 통해서 의류를 구매하는 비율 역시 증가하고 있다. 온라인 쇼핑물 통계조사 결과에 따르면 의류와 패션관련제품의 매출액은 매년 급증하고 있으며(통계청, 2004), 대한상공회의소(2004)와 한국인터넷마케팅협회(2005)에 따르면 인터넷 쇼핑물의 주 고객이 2030세대와 여성으로 나타났고 가장 많이 구매하는 품목으로 의류 및 패션잡화

가 59.2%로 1위를 나타냈다.

이와 같이 온라인 쇼핑물을 통해 실제 착용해보지 않고 의류 상품을 주문하기 위해서는 단순히 의복 스타일에 대한 정보뿐만 아니라 착용 상태에 대한 요구가 증가하고 있다. 소비자의 만족도 향상과 구매의사결정에 도움을 주며 사이즈 불만족에 따른 반품을 줄이기 위하여 가상 착의 모델에 의한 착용 결과를 제공하는 서비스가 증가하고 있다. 예를 들어 미국의 Browzwear사에서 제공하는 가상착의 시스템인 스타일존(www.stylezone.com)이나 한국의 i-fashion 의류기술센터에서 제공하는 i-fashion mall(www.ifashionmall.co.kr) 등이 있다. 이러한 가상착의 시스템 내에서 제공되는 가상착의 모델의 개발 또한 이루어지고 있으나(강득찬, 2002) 인체의 평균적인 특징과 형태적인 차별성을 반영한 연구는 많지 않아 이에 대한 연구방법론 개발이 요구된다. 가상 착의를 위한 가상착의 모델의 모델링과 사이즈 변형에 관련한 다양한 연구들이 발표되었으나(Blanz & Vetter, 1999; Kim & Park, 2004; Ma & Jiang, 2004; Kasap & Magnenat-Thalmann, 2007) 대부분의 연구에서 평균 치수에 의하여 대표 체형을 모델링하거나, 전체 사이

Corresponding author; Young-Lim Choi
Tel. +82-2-880-5704, Fax. +82-2-879-1976
E-mail: orangebk@empal.com

즈 구간을 대표하는 1종의 대표 모델의 형상을 이용하여 다른 체형의 3차원 모델을 개발하는 방법을 사용하였다. 그러나 인체의 3차원적 형상은 2차원적 치수의 평균에 의하여 도출되기 어려우며 치수뿐만 아니라 다양한 형태적 특성으로 이루어지므로 이러한 형태적 특성을 평균화한 대표형상의 구현과 도출이 필요하다.

3차원적 인체의 형태적 특성을 평균화하여 대표 형상을 도출하기 위하여 3차원 스캔 데이터를 이용한 모핑(morphing)기법을 이용하였다. 영화, 애니메이션에서 자주 사용되는 모핑기법은 서로 다른 형상의 이미지를 변환시킬 때 그 공백을 채워주는 데 사용되는 그래픽 기법이다. 3차원 형상 데이터에 모핑기법을 적용하면 두 모델의 모핑 포인트들의 위치를 계산하여 모핑 포인트 주위의 폴리곤(polygon)들을 평균적인 형상으로 변형시켜 두 모델 사이의 공백을 채워줄 수 있다. 3차원 형상 데이터간의 모핑을 통하여 체형 특징을 반영하면서 다양한 사이즈 구간을 대표할 수 있는 인체 형상도출이 가능하여 신수진(2005), 박선미 외(2007)의 연구에서 체형 특성을 대표하는 가상모델 생성에 사용되었다.

본 연구는 3차원 인체 형상 모델링의 한 방법인 모핑기법을 활용하여 다양한 체형을 구간별로 세분화하여 대표 형상을 도출하고자 하였다. 특히 모핑에 사용된 3차원 형상 데이터들의 체형 특성을 균일하게 반영하기 위하여, 기존 연구에서 제시된 균등비율의 모핑이 아닌 불균등비율을 적용하였으며, 모핑기법과 비율적용에 따라 더 많은 구간의 체형특성을 반영한 가상모델의 활용이 가능할 것으로 기대된다. 체형별 대표형상 도출을 통하여 가상착의 모델에 체형에 따른 3차원 형태적 특성을 보다 정확하게 반영하고 가상공간 상에서 다양한 체형의 가상모델을 제공할 수 있으며 나아가 의류상품의 전자상거래 활성화를 도모하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 20대 여성의 체형분류 및 구간선정

본 연구에서는 한국인 인체치수조사사업인 제5차 사이즈 코

리아(산업자원부 기술표준원, 2004)의 18-24세 여성 416명의 3차원 측정치를 이용하였다. 이들의 키와, 젖가슴둘레를 이용한 교차분석을 실시하여 18-24세 여성의 다빈도 구간을 도출하였다. 한국산업규격 성인 여성복 치수(한국산업표준, 2004)에 근거하여 엉덩이둘레와 가슴둘레의 차이인 드롭(Drop)으로 분류하였으며, 분류된 데이터를 사용하여 교차분석을 실시하였다. 그 결과 드롭에 의한 체형은 다음의 3가지 형태로 나누어 질 수 있으며(A-가슴이 작고 엉덩이가 큰 체형, N-보통체형, H-가슴이 크고 엉덩이가 작은 체형) 키-젖가슴둘레 다빈도 구간 내에서 드롭의 분포가 가장 밀집되는 구간들을 선정하였다. 그 구간에 해당하는 3차원 형상데이터 중에서 측면에서 허리두께의 이등분을 지나는 수직선을 설정하여 상반신의 앞뒤두께가 균형을 이루는 바른 체형 (Choi & Nam, 2010)을 선정하였으며, 선정된 3차원 스캔 데이터를 모핑을 위한 샘플 모델로 사용하여 구간에 해당하는 대표 형상을 도출하였다.

2.2. 모핑을 이용한 대표체형 도출

2.2.1. 모핑(Morphing)

현재 온라인상에서 제공되는 가상착의 시스템관련 연구가 다양하게 진행되고 있다. 그 중에서도 가상착의 시스템 상에서 제공되는 가상바디의 경우 개별맞춤(made-to-measure)화 트렌드에 적절히 대처하기 위한 대안이다. 가상착의 시스템 상에서 제공되는 가상바디의 경우 기본제공 바디가 대다수의 인체를 대표할 수 있어야 하면서 동시에 다양한 체형을 커버할 수 있어야 한다. 이러한 특성을 반영한 가상바디 생성을 위하여 3차원 형상데이터를 활용한 인체형상 도출 방법의 하나로 모핑기법이 활용되고 있다. 모핑이란 메타모핑(metamorphing;변형)의 약자로, 서로 다른 형상의 이미지를 변환시킬 때 그 공백을 채워주는 데 사용되는 컴퓨터 애니메이션 기법을 말한다(남윤자, 이주현, 2008). 모핑은 가상착의 모델을 만들기 위한 한 방안으로 2개 또는 그 이상의 3차원 형상으로부터 새로운 평균적인 형상을 얻기 위해 부각되는 방법이다(박선미 외, 2007). 이러한 모핑은 주형모델(template shell)이 기준모델(reference shell)에 가깝게 형상이 변화하며 그 정도를 조절할 수 있다는 특징을 가

Table 1. 모핑비율 조절에 따른 최종반영비율 차이

<div><div><div>A</div><div>B</div></div><div><div>C</div><div>D</div></div><div>E</div><div>①AB</div><div>②CD</div><div>③CDE</div><div>④</div><div>최종 모델</div></div>	균등비율	모핑	A	B	C	D	E
		①	50%	50%			
		②			50%	50%	
		③				50%	50%
		④	50%			50%	
최종모델에 반영되는 비율		25%	25%	12.5%	12.5%	25%	
<div><div><div>A</div><div>B</div></div><div><div>C</div><div>D</div></div><div>E</div><div>①AB</div><div>②CD</div><div>③CDE</div><div>④</div><div>최종 모델</div></div>	불균등비율	모핑	A	B	C	D	E
		①	50%	50%			
		②			50%	50%	
		③				66.7%	33.3%
		④	40%			60%	
최종모델에 반영되는 비율		20%	20%	20%	20%	20%	

Table 2. 모핑과정

① 폴리곤모핑 명령실행 : Rapidform 2006 실행 후 폴리곤 워크벤치의 tool에서 모핑 명령 실행. 모핑에 사용될 2개 폴리곤 모델 불러오기(import).

② 주형모델(template)과 기준모델(reference) 지정 : 주형모델과 기준모델을 순서에 따라 클릭하여 지정.

③ 랜드 마크 지정 : 모핑 포인트를 불러들인 후 각각의 모델에 순서에 따라 지정. 형상 반영 비율(Interpolation Ratio) 조절.

④ 모핑 완성 : Add shell을 통해 모핑 형상 도출.

진다. 이러한 모핑을 활용한 인체 형상연구는 대부분 평균형상을 얻기 위해 주형모델과 기준모델의 형상을 각각 50%씩 반영하는 방식이 주로 사용되었다(신수진, 2005; 박선미 외, 2007). 그러나 각 모델의 형상을 50%씩 반영할 경우, 샘플모델의 수가 2의 제곱배수 즉, 4, 8, 16개인 경우에는 모든 모델이 최종 모델에 동일한 비율로 반영될 수 있으나 샘플모델의 수가 2의 제곱배수가 아닌 경우에는 특정한 모델의 특성이 더 많이 반영될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 연구대상으로 삼은 형상의 특징을 각각 동등하게 반영할 수 있도록 Table 1과 같이 각 단계별 형상 데이터 반영 비율을 불균등하게 조절하여 최종 모델에 반영되는 비율이 동일하도록 하였다.

2.2.2. 모핑순서

3차원 인체의 대표형상 생성을 위한 모핑에는 Rapidform 2006(INUS Technology, Inc Korea)이 사용되었다. Rapidform 2006에서 지원되는 폴리곤 모핑 기능은 2개의 폴리곤 모델(Polygon model)을 각각 주형모델과 기준모델로 삼아 주형모델이 기준모델로 변형되는 과정이다(Table 2). 모핑과정에서 주형모델과 기준모델에 대응점을 모핑 포인트로 지정하면 대응되는 포인트의 형상 특징을 계산하여 주형모델과 기준모델의 평균적인 형상을 도출한다. 이때 형상 반영 비율을 조절할 수 있으며 주형모델과 기준모델의 특성을 몇 %씩 반영할지 여부를 결정할 수 있다. 본 연구의 경우 여러 차례의 모핑을 거치게 되며, 최종도출 형상에는 각 모델특성이 동등하게 반영하도록 비율을 조절하였다.

2.2.3. 모핑 포인트

모핑은 대응되는 모핑 포인트들의 위치를 계산하여 결과를 산출하므로 적절한 모핑 포인트 지정이 매우 중요하다. 특히 인체 형상 데이터의 경우 3차원 인체의 특성을 잘 반영할 수 있는 모핑 포인트 선정이 필요하다. 총 5회의 예비실험을 통하여 다음의 36개의 모핑 포인트들을 도출하였으며 3차원 인체 형상의 중요 특징 부위들이 반영되도록 하였다(Table 3).

2.3. 모핑 결과물의 치수 정확도 분석

모핑을 통해 도출된 형상의 정확도를 분석하기 위하여 각각의 모핑에 사용된 모델들과 모핑에 의하여 도출된 최종모델의 인체 치수를 측정하여 각각의 모델들의 평균과 비교 분석하였다. 더불어 인체 주요 부위의 횡단면을 추출하여 모핑 과정에 따른 횡단 면적을 측정하여 모핑 과정의 정확도를 분석하였다. 인체치수 측정에는 AutoBM2007(한현숙, 2007)이, 횡단면 추출에는 Rapidform 2006(INUS Technology, Inc Korea)이, 횡단면의 면적 측정에는 AutoCAD2005(AUTODESK, Inc)가 사용되었다.

3. 연구결과

3.1. 20대 여성의 체형분류 및 구간선정에 따른 체형 도출

5차 사이즈코리아(산업자원부 기술표준원, 2004) 3차원 인체 측정자료 중, 20대 여성 416명을 대상으로 한국산업규격 성인 여성복 치수(KS K 0051)에 따라 키와 젖가슴둘레를 각각 5 cm와 3 cm단위로 구간화 하였다. 키와 젖가슴둘레를 교차 분

Table 3. 모핑 포인트와 정의

	모핑 포인트	정의
머리	머리마루점 눈살점(미간점)	머리수평면을 유지할 때 머리 부위 정중선 상에서 가장 위쪽 눈 위 두드러진 뼈 사이의 이마뼈 중간에서 가장 앞으로 돌출한 곳
목	목앞점 목뒤점	목밑둘레선에서 앞 정중선과 만나는 곳 일곱째 목뼈 가시돌기의 가장 뒤로 만져지는 곳
몸통	어깨가쪽점(좌우)	위팔 폭을 이등분하는 수직선과 겨드랑둘레선이 만나는 곳
	겨드랑앞점(좌우)	앞쪽에서 겨드랑 접합의 가장 위쪽
	젖꼭지점(좌우)	여성의 경우 측정복을 착용한 상태에서 가장 앞으로 돌출한 곳
	젖가슴아래점(좌우)	젖가슴이 몸통과 연결되는 부위에서 가장 아래쪽
	허리앞점	허리옆점 높이를 앞 정중선 상에 표시한 것
	허리뒤점	허리옆점 높이를 뒤 정중선 상에 표시한 것
	허리옆점(좌우)	피측정자의 앞에서 보아 몸통의 오른쪽 옆 윤곽선에서 가장 들어간 곳
	배꼽점	배꼽의 가운데
	배꼽수준허리옆점(좌우)	배꼽점 높이를 허리의 오른쪽과 왼쪽에 표시한 것
	배꼽수준허리뒤점(좌우)	배꼽점 높이를 뒤 정중선 상에 표시한 것
	엉덩이옆점	엉덩이 높이를 왼쪽과 오른쪽에 표시한 것
	엉덩이돌출점	엉덩이 부위에서 가장 뒤쪽으로 돌출한 곳
다리	살점	음부와 항문의 중간
	무릎뼈 가운데점(좌우)	무릎뼈의 위가와 아래가 사이의 가운데
	오금점(좌우)	무릎 뒤 부분 장딴지와 넙다리 사이 연결 위치에서 무릎너비의 가운데 점
	가쪽복사점(좌우)	종아리뼈의 아래쪽 돌기인 가쪽복사에서 가장 가쪽으로 돌출한 곳
팔	안쪽복사점(좌우)	정강뼈의 아래쪽 돌기인 안쪽복사에서 가장 안쪽으로 돌출한 곳
손	손목가쪽점(좌우)	노뼈 붓돌기 가장 아래쪽
손	손끝점(좌우)	셋째 손가락의 끝

Table 4. 18-24세 여성의 키와 젖가슴둘레구간

분포(단위; 명)

	젖가슴둘레												전체
	73	76	79	82	85	88	91	94	97	100	103	106	
키	145			2	2								4
	150	1		4	4	1	3	2	1				20
	155	3	8	12	16	20	24	8	5	2	1	1	100
	160	22	7	18	37	39	25	11	8	4	2		153
	165	1	1	13	27	30	13	11	7	3		1	107
	170				5	4	8	5		1	1	2	27
	175					1	1	2			1		5
전체	7	16	47	91	100	72	40	22	11	5	4	1	416

음영: 전체의 2%이상 다빈도 구간

석한 결과 Table 4와 같이 155-79, 155-82, 155-85, 155-88구간과, 160-79, 160-82구간, 160-85구간, 160-88구간, 160-91구간, 165-79, 165-82구간, 165-85구간, 165-88, 165-91 등의 구간이 2% 이상의 빈도를 나타내었다.

이들 다빈도 구간을 드롭에 따른 A, N, H로 교차분석을 실시한 결과 표 5와 같이 나타났다. 키 구간별로 키 155 cm구간에서는 젖가슴둘레 88 cm, N체형이, 키 160 cm구간에서는 젖가슴둘레 82 cm, A체형이, 키 165 cm구간에서는 젖가슴둘레 85 cm, A

체형이 최다빈도 구간으로 나타났다. 이 구간들의 피험자들을 대상으로 측면체형을 분류하여 각 구간별로 바른 체형에 해당하는 5명씩을 모핑을 위한 샘플모델로 선정하였다(Table 5).

3.2. 모핑을 통한 대표 형상 도출

키와 젖가슴둘레의 다빈도 구간을 대상으로 드롭에 따른 교차분석을 실시하여 키구간별 다빈도 구간에 해당하는 155-88-N 체형, 160-82-A 체형, 165-85-A 체형을 선정하였다. 모핑을

Table 6. 키와 젓가슴둘레 다빈도 구간의 드롭별 분포(단위; 명)

키구간	젓가슴둘레구간	체형			전체
		A	N	H	
155	79	7	5	-	12
	82	9	6	1	16
	85	5	12	3	20
	88	2	21	1	24
160	79	10	8	-	18
	82	22	14	1	37
	85	19	20	0	39
	88	4	20	1	25
	91	-	10	1	11
165	79	11	2	-	13
	82	20	7	0	27
	85	23	7	0	30
	88	4	8	1	13
	91	4	6	1	11
전체		140	146	10	296

음영: 모핑에 사용된 키별 체형구간

통한 대표 형상을 도출하는데 의의를 가지고, 각 키구간에 가장 많은 피험자가 존재하는 구간을 피험자 구간으로 선택하였다. 각 체형 그룹의 3차원 형상데이터 중에서 측면에서 허리두께의 이등분을 지나는 수직선을 설정하여 상반신의 앞뒤두께가 균형을 이루는 바른 체형(Choi & Nam, 2010)에 해당하는 3차원 스캔 데이터 5개를 선정하여 샘플 모델로 선정하여 각 체형 그룹 당 4회의 모핑을 실시하였다(Fig. 1).

모핑 단계에서 매회 균등하게 50% 비율로 형상특성을 반영하는 경우, 샘플모델이 2의 제곱배수에 해당하는 2, 4, 8, 16등인 경우에는 모든 샘플 형상의 특성을 균등하게 반영할 수 있다. 그러나 본 연구와 같이 모핑을 위한 샘플모델이 2의 제곱배수가 아닌 경우에는 Table 1과 같이 최종 모델에 반영되는 비율에 차이가 발생하며 이로 인하여 평균모델이 특정 형상의 특징을 더 많이 나타내어 왜곡될 수 있다. 따라서 최종 도출 모델에게 5개 샘플모델의 형태적 특성을 동등하게 반영하기 위해서는 비율조절이 필요하며, 표 1의 불균등비율을 반영하여 모핑을 실시하였다. 1차 모핑에서는 A와 B를 각각 50%로, 2차 모핑에서는 C와 D의 비율을 동등하게 50%로 실시하였다. 3차 모핑에서는 CD형상과 E를 각각 66.7%와 33.3%로 반영하여

Fig. 1. 모핑과정에 따라 최종 도출된 최종모델**Table 6.** 구간별 모핑된 최종모델과 인체모델 평균의 치수

비교(단위;mm)

측정항목	155-88-N구간			160-82-A구간			165-85-A구간		
	155 최종 (①)	모델 평균 (②)	오차 (①-②)	160 최종 (①)	모델평균 (②)	오차 (①-②)	165 최종 (①)	모델 평균 (②)	오차 (①-②)
키	1571	1576	-5	1644	1641	3	1571	1576	-5
목뒤높이	1322	1324	-2	1391	1388	3	1322	1324	-2
목옆높이	1315	1319	-4	1388	1384	4	1315	1319	-4
목앞높이	1281	1279	2	1339	1336	3	1281	1279	2
어깨가쪽높이	1261	1263	-2	1328	1330	-2	1261	1263	-2
겨드랑높이	1166	1168	-2	1231	1226	5	1166	1168	-2
젓가슴높이	1106	1108	-2	1176	1173	3	1106	1108	-2
젓가슴아래높이	1066	1065	1	1125	1122	3	1066	1065	1
허리높이	963	961	2	1022	1018	4	963	961	2
배높이	870	870	0	928	922	6	870	870	0
엉덩이높이	765	766	-1	816	819	-3	765	766	-1
살높이	678	676	2	737	740	-3	678	676	2

Table 6. 구간별 모핑된 최종모델과 인체모델 평균의 치수(계속)

								비교(단위:mm)		
둘레	목둘레	314	316	-2	325	327	-2	314	316	-2
	가슴둘레	895	898	-3	860	865	-5	895	898	-3
	젓가슴둘레	872	878	-6	834	842	-8	872	878	-6
	젓가슴아래둘레	747	753	-6	727	735	-8	747	753	-6
	허리둘레	715	725	-10	698	702	-4	715	725	-10
	배둘레	829	833	-4	836	839	-3	829	833	-4
	엉덩이둘레	937	941	-4	948	951	-3	937	941	-4
	넙다리둘레	553	557	-4	560	555	5	553	557	-4
	무릎둘레	344	353	-10	360	353	7	344	353	-10
	장딴지둘레	344	350	-7	371	358	13	344	350	-7
	종아리최소둘레	186	198	-11	217	214	3	186	198	-11
	위팔둘레	276	288	-12	284	276	8	276	288	-12
	팔꿈치둘레	221	231	-10	250	232	18	221	231	-10
	손목둘레	139	154	-14	172	153	19	139	154	-14
길이	목옆젓꼭지길이	264	264	0	258	255	3	264	264	0
	목옆허리둘레선길이	411	416	-6	419	416	3	411	416	-6
	등길이	368	373	-5	378	377	1	361	373	-12
	목뒤등뼈위겨드랑수준길이	155	157	-2	164	162	2	153	157	-5
	어깨길이	133	131	2	128	125	3	140	131	9
	어깨가쪽사이길이	381	381	0	381	375	6	381	381	0
	겨드랑앞벽사이길이	346	343	3	352	353	-1	347	343	5
	겨드랑뒤벽사이길이	374	369	5	355	352	3	380	369	10
	살앞뒤길이	728	721	7	731	723	8	733	721	12
	다리가쪽길이	974	970	4	1033	1027	6	974	970	4
	엉덩이옆길이	294	293	1	295	291	4	294	293	1
	팔길이	483	491	-8	507	522	-15	483	491	-8
	위팔길이	287	294	-7	301	307	-6	287	294	-7
	젓꼭지사이수평길이	159	158	2	158	160	-2	159	158	2
너비	가슴너비	317	313	4	305	303	2	317	313	4
	젓가슴너비	293	297	-3	289	289	0	293	297	-3
	젓가슴아래너비	270	269	1	262	266	-4	270	269	1
	허리너비	262	265	-4	257	260	-3	262	265	-4
	배너비	307	308	-1	309	310	-1	307	308	-1
	엉덩이너비	343	345	-2	348	350	-2	343	345	-2
두께	가슴두께	209	213	-4	198	201	-3	207	213	-7
	젓가슴두께	221	226	-5	210	212	-2	221	226	-5
	젓가슴아래두께	194	198	-4	184	186	-2	194	198	-4
	허리두께	183	186	-3	179	175	4	183	186	-3
	배두께	210	213	-3	211	212	-1	210	213	-3
	엉덩이두께	210	216	-5	213	215	-2	210	216	-5

CDE형상에 C, D, E형상이 동일하게 반영되도록 하였다. 마지막 4차 모핑에서는 CDE형상과 AB형상을 각각 비율 60%와 40%로 반영하였다. 결과적으로 최종적으로 도출되는 형상에는 모핑에 사용된 각 모델들의 형상이 고르게 반영될 수 있다.

3.3. 모핑 결과검증

3.3.1. 주요 부위 치수의 비교

키 구간별로 도출된 최종 모델의 정확도를 검증하기 위하여 3차원 형상 데이터 자동측정 소프트웨어인 AutoBM2007을 사

용하여 인체형상의 각 부위를 측정하였다.

Table 6의 결과와 같이 구간별로 도출된 대표형상의 치수와 모핑에 사용된 각각의 모델들의 치수의 평균을 구하여 비교하였다. 첫번째 구간인 키 155 cm 가슴둘레 88 cm N체형의 경우 최종모델과 모핑에 사용된 모델들의 평균과 높이항목에서 -5~2의 오차를 나타냈다. 둘레항목의 경우 -14~2 범위의 오차를 나타냈으며 길이항목은 -8~7, 너비항목은 -4~4, 두께항목은 -5~3의 오차범위를 나타냈다. 155-88-N체형 구간의 경우 높이와 두께항목에서는 비교적 적은 오차를 나타냈으며, 둘레항목에서 가장 큰 오차를 보였다. 특히 손목둘레 항목의 경우 가장 큰 오차를 나타내었는데 이는 모핑 포인트가 해당부위에 각각 1개씩만 지정되어 위치정보가 부족했기 때문으로 판단되었다.

160-82-A체형 구간의 경우 높이항목에서는 -3~6의 오차를 보이며 둘레항목에서는 -8~19의 오차를 길이항목에서는 -15~8의 오차를 나타냈다. 너비항목의 경우 -4~2의 오차를 나타냈고 두께항목의 경우 -3~4범위의 오차 값을 나타냈다. 155-88-N체형 구간에서와 비슷하게 너비와 두께항목의 경우 비교적 오차 값이 적었으며, 둘레항목에서 가장 큰 오차를 나타냈다.

165-85-A체형 구간의 경우 높이항목은 -5~2, 둘레항목은 -14~2, 길이항목은 -12~12, 너비항목은 -4~4, 두께항목에서는 -7~3의 오차 값을 나타냈다. 둘레항목의 경우 다른 키구간에서와 같이 손목둘레 값에서 가장 큰 오차 값을 나타냈으며 길이항목의 경우 팔길이 항목에서 가장 오차 값이 큰 경향을 나타냈다. 반면 너비나 두께 면에서는 모든 구간에서 둘레나 길이항목보다 오차가 작은 것으로 나타났다. 그러나 둘레의 경우에도 장만지둘레나 손목둘레 등 몇몇 항목을 제외한 전체 오차는 1 cm를 초과하지 않아 모핑에 사용된 형상들의 평균과 최종모형평형상이 근접하며 5개의 형상모델의 치수를 반영하는 것으로 나타났다.

3.3.2. 표준 점수를 이용한 샘플모델과 최종모델의 치수 비교
각 체형구간별 A, B, C, D, E모델의 평균치를 표준으로 삼아 A, B, C, D, E모델과 AB(1차 모핑), CD(2차 모핑), CDE(3차 모핑), 최종모델의 표준점수(Z-score)를 아래의 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{표준점수}(z) = \frac{Y_i - \bar{Y}}{S.D.}$$

Y_i : 각 형상 치수
 $\bar{Y}$: A, B, C, D, E 평균
 $S.D.$: A, B, C, D, E 표준편차

다음에 제시된 Fig. 2는 155-88-N 체형 그룹의 표준점수 분포이다. 높이항목의 경우 최종모델의 키와 높이항목의 표준 점수는 0에 근접하여 A, B, C, D, E모델의 평균과 매우 유사한 것으로 나타났다. 높이항목의 표준 점수는 키 -0.33, 목뒤높이 -0.31, 목옆높이 -0.49, 목앞높이 0.16, 어깨가쪽높이 -0.29, 겨드랑높이 0.15, 젖가슴높이 -0.11, 젖가슴아래높이 0.03, 허리높이 0.11, 배높이 0.00, 엉덩이높이 -0.08, 살높이 0.12로 표준점

Fig. 2. 155-88-N 그룹의 키와 높이 항목 표준점수(z-score) 비교

Fig. 3. 160-82-A 그룹의 키와 높이 항목 표준점수(z-score) 비교

수가 -0.33~0.16 범위 내의 분포를 보였다.

Fig. 3은 160-82-A 체형 그룹의 표준점수 분포이다. 160-82-A 그룹에 있어서도 최종모델의 키와 높이항목의 표준 점수는 0에 근접하여 A, B, C, D, E모델의 평균과 매우 유사한 것으로 나타났다. 최종모델의 표준 점수는 키 0.01, 목뒤높이 0.43, 목옆높이 0.38, 목앞높이 0.23, 어깨가쪽높이 -0.04, 겨드랑높이 0.47, 젖가슴높이 -0.32, 젖가슴아래높이 -0.21, 허리높이 0.43, 배높이 0.06, 엉덩이높이 0.38, 살높이 0.34로 표준점수가 -0.32~0.43 범위 내의 분포를 보여 155-88-N 그룹의 표준점수 그래프와 같이 최종모델의 표준점수가 0에 가까워 샘플모델의 평균에 근접함을 알 수 있다.

165-85-A 체형 그룹의 높이항목 관련 표준점수 그래프는 Fig. 4와 같다. 최종모델의 표준 점수는 키 0.45, 목뒤높이 0.33, 목옆높이 0.45, 목앞높이 0.51, 어깨가쪽높이 -0.17, 겨드랑높이 0.31, 젖가슴높이 0.14, 젖가슴아래높이 0.14, 허리높이 0.40, 배높이 0.44, 엉덩이높이 -0.43, 살높이 -0.18로 표준점수가 -0.43~0.51의 범위에 있어 평균과 근접한 것으로 나타났다.

각 구간별 둘레항목의 표준점수를 그래프로 나타냈다. 155-88-N그룹에 해당하는 최종모델의 둘레항목 표준점수는 그림 5에 제시하였다. 그 결과 가슴둘레 -0.22, 젖가슴둘레 -0.48, 젖가슴아래둘레 -0.41, 허리둘레 -0.41, 배둘레 -0.38, 엉덩이둘레 -0.27, 넓다리둘레 -0.58, 무릎둘레 -0.64, 장만지둘레 -0.25, 종아리최소둘레 -0.79, 위팔둘레 -1.03, 팔꿈치둘레 -0.67, 손목둘레 -0.82로 나타났다. 둘레항목의 표준점수는 높이항목의 표준점수보다 큰 편차를 나타내었으며 특히 팔과 다리부위 항목은 최종모델의 치수와 샘플모델의 평균이 상당한 차이가 있음을

Fig. 4. 165-85-A 그룹의 키와 높이 항목 표준점수(z-score) 비교

Fig. 5. 155-88-N 그룹의 둘레 항목 표준점수(z-score) 비교

나타내었다. 이러한 결과는 팔과 다리 부위는 각 항목별 모핑 포인트가 좌우 각 1개씩 존재하여 형태적 특성을 계산하는데 무리가 있었기 때문으로 판단되었다. 반면에, 가슴둘레에서 엉덩이둘레에 이르는 동체부위의 둘레항목은 팔과 다리 부위에 비하여 평균에 근접한 것으로 나타났다.

160-82-A그룹 최종모델의 둘레항목 표준 점수는 그림 6에 제시하였다. 최종모델의 둘레항목 표준 점수는 가슴둘레 0.20, 젓가슴둘레 0.01, 젓가슴아래둘레 0.21, 허리둘레 0.28, 배둘레 0.11, 엉덩이둘레 -0.39, 넓다리둘레 -0.57, 무릎둘레 -0.49, 장딴지둘레 0.39, 종아리최소둘레 -1.25, 위팔둘레 0.72, 팔꿈치둘레 -0.42, 손목둘레 -1.33으로 나타났다. 특히 팔과 다리부위 항목은 최종모델의 치수와 샘플모델의 평균이 차이가 있음을 나타내었다. 이러한 결과는 155-88-N 그룹과 같이 사지 부위의 모핑 포인트가 부족하여 형태적 특성을 계산하는데 무리가 있었기 때문으로 판단되었다.

165-85-A 그룹의 최종모델의 둘레항목 표준 점수는 그림 7과 같으며, 가슴둘레 -0.22, 젓가슴둘레 -0.33, 젓가슴아래둘레 -0.31, 허리둘레 -0.23, 배둘레 -0.10, 엉덩이둘레 -0.20, 넓다리둘레 0.19, 무릎둘레 0.40, 장딴지둘레 0.64, 종아리최소둘레 0.20, 위팔둘레 0.59, 팔꿈치둘레 1.07, 손목둘레 1.17로 나타났다. 특히 팔과 다리부위 항목은 155-88-N 그룹, 160-82-A그룹과 같이 최종모델의 치수와 샘플모델의 평균에 차이가 있음이 나타났다.

3.3.3. 주요 부위 단면적 비교

최종 모델이 모핑에 사용된 5개 모델의 인체 특성을 정확하

Fig. 6. 160-82-A 그룹의 둘레 항목 표준점수(z-score) 비교

Fig. 7. 165-85-A 그룹의 둘레 항목 표준점수(z-score) 비교

게 반영하는지 평가하기 위하여 키 구간별 인체 주요 부위의 횡단면을 추출하여 인체형상과 모핑 결과의 횡단면적을 측정하였다(Table 7). 모핑에 사용된 샘플모델과 최종모델의 횡단면을 가슴둘레, 젓가슴둘레, 젓가슴아래둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레에서 추출하였으며 각 횡단면의 면적을 측정하였다(Fig. 8-10). 표 7의 횡단면은 160-82-A 그룹을 대표로 제시하였으며 모핑에 사

Table 7. 횡단면 추출

Fig. 8. 155-88-N 그룹 횡단면적의 표준점수(z-score) 비교

Fig. 9. 160-82-A 그룹 횡단면적의 표준점수(z-score) 비교

용된 5개 샘플모델과 최종모델의 횡단면 형태 특성을 확인할 수 있다.

각 체형 그룹별 샘플모델의 횡단면적의 평균과 표준편차를 이용하여 샘플모델과 최종모델의 표준점수(Z-score)를 산출하였다. Fig. 8과 같이 155-88-N 그룹 최종모델의 표준 점수는 가슴둘레 -0.05, 젖가슴둘레 -0.22, 젖가슴아래둘레 -0.13, 허리둘레 -0.14, 엉덩이둘레 -0.18로 -0.22~-0.05 범위 내에서 고른 분포를 보였다. Fig. 9의 160-82-A 그룹의 경우 가슴둘레 0.20, 젖가슴둘레 0.18, 젖가슴아래둘레 0.18, 허리둘레 0.17, 엉덩이둘레 0.10로 0.10~0.20 범위를 나타냈다. 그림 10의 165-85-A 그룹은 가슴둘레 0.10, 젖가슴둘레 -0.05, 젖가슴아래둘레 -0.02, 허리둘레 0.18, 엉덩이둘레 0.11로 -0.02~0.18 범위를 나타냈다. 표준점수 그래프를 통해서 키 구간별로 모핑에 사용된 모델들의 횡단면이 최종모델에 적절히 반영되었음을 알 수 있다.

Fig. 10. 165-85-A 그룹 횡단면적의 표준점수(z-score) 비교

4. 결론 및 논의

본 연구에서는 18-24세 성인여성의 체형의 다빈도 구간을 추출하고 해당 구간의 체형 특징을 대표할 수 있는 대표 형상을 도출하고자 하였다. 3차원 스캔데이터와 모핑기법을 사용하여 체형별 대표 모델 도출하였으며 부위별 치수와 횡단면적을 측정하여 대표성을 검증하고자 하였다. 3차원 형상데이터의 모핑에 의한 대표형상 도출은 치수데이터가 반영하기 어려운 인체의 3차원 형태적 특성을 형상을 반영한 대표 형상 모델 생성이 가능하다는 장점이 있다. 체형 그룹별 샘플모델을 이용하여 만들어진 대표모델은 가상착의 시스템이나 의복생산용 바디, 체형분석 시스템 등에 활용될 수 있다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 20대 여성(18-24) 416명의 대해 키와 젖가슴둘레의 교차 분석을 실시한 결과, 키 155-82, 155-85, 155-88, 160-82구간, 160-85구간, 160-88구간, 165-82구간, 165-85구간, 165-88구간에 가장 많이 분포함을 알 수 있었다. 각 구간별로 체형 분포를 살펴본 결과 각각의 키와 가슴둘레 구간별로 체형분포가 다른 것을 알 수 있었으며, 그중에서도 가장 많은 피험자가 분포하는 구간을 선정하여 모핑을 실시하였다. 155-88-N 체형, 160-82-A 체형, 165-85-A 체형으로 해당 구간에는 20인을 초과하는 피험자가 분포하였다. 각각의 구간별로 측면체형이 다른 체형에 해당하는 5개의 샘플모델을 도출하였다. Rapidform 2006을 이용하여 형태적 특징점들 위주로 모핑 포인트들을 선정하였다.

2. 각각의 체형별 최종모델에 5개의 샘플모델의 체형 특성을 동일한 비율로 반영하고자 하였다. 이를 위하여 각 모핑 단계에서 샘플모델의 비율을 조절하는 불균등비율을 사용하였다. 1차 모핑과정에서 모델 A, B를 각각 50%로 반영하여 AB모델을 도출하였다. 2차 모핑과정에서는 모델 C, D 역시 50%씩

반영하여 CD모형을 도출하였으며, 3차 모핑과정에서는 CD모형과 E모형을 각각 67% 33%로 비율을 조절하여 CDE모형을 도출하였다. 마지막으로 모핑과정에서 AB모형과 CDE모형의 모핑을 실시하였으며 모핑 비율은 AB모형을 60%, CDE모형을 40% 반영하도록 하였다. 이러한 모핑 과정을 통하여 최종모형은 5개 샘플모형을 20%씩 동등하게 반영되도록 하였다.

3. 모핑 결과를 검증하기 위하여 각 구간별로 모핑에 사용된 5개 샘플모형과 최종모형의 인체치수를 비교하였다. 총 52개 치수 항목을 비교한 결과 모핑에 사용된 샘플모형들의 평균과 최종모형의 치수가 근접하게 나타났다. 높이, 둘레, 길이, 너비, 두께 항목 중에서 높이, 두께 너비의 항목은 비교적 적은 범위를 보였다. 둘레항목의 경우 다른 항목에 비하여 가장 큰 오차를 나타냈으나, 체간부보다는 손목둘레와 같은 사지부에서 나타나 모핑 포인트를 추가할 필요를 보였다. 사지부를 제외한 항목에서는 전체 오차 1cm를 초과하지 않는 것으로 나타났으며 이는 모핑에 사용된 샘플모형들의 평균과 최종모핑형상이 근접한 것을 나타낸다.

4. 모핑과정에서 형태적 특성이 적합하게 반영되는지 검증하기 위하여 인체 주요부위의 횡단면을 추출하고 횡단면적을 측정하여 최종모형의 대표성을 검증하였다. 횡단면은 가슴둘레, 젖가슴둘레, 젖가슴아래둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레 총 5개 항목에서 추출하였다. 최종모형의 표준점수를 비교한 결과 155-88-N구간은 -0.22~0.05, 160-82-A구간은 0.10~0.20, 165-85-A구간은 -0.02~0.18의 오차범위를 보여 각 부위의 형태적 특성이 상당히 정확하게 반영되었음을 알 수 있다.

본 연구에서는 모핑기법에 의하여 체형 그룹별 대표 형상을 도출하여 의복 제작과 판매에 활용되는 가상모델의 사이즈별 다양화의 지표를 마련하였다. 특히 모핑 과정에 있어 기존 연구와 달리 불균등비율을 사용하여 모핑에 사용된 샘플모형들의 형태적 특성이 최종모델에 균일하게 반영되도록 하여 모핑기법에 의한 대표형상 추출의 방법론을 제시하였다. 이러한 대표형상 도출을 통해서, 가상착의 모델에 체형 유형별 특성을 보다 정확하게 반영한 형상을 이용할 수 있으며 가상공간 상에서 다양한 체형의 가상모델을 제공 할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 지식경제부(대한민국)가 조성한 산업원천기술개발사업(10035526, 맞춤형산형 섬유제품 PLM 시스템 개발)의 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

- 강득찬. (2002). 인터넷을 기반으로 한 가상현실 환경에서의 3차원 인체 구현. 창원대학교 대학원 석사학위논문.
- 남윤자, 이주현. (2008). 3차원 인체형상과 가상착의. 패션정보와 기술, 5, 41-53
- 대한상공회의소. (2004). 인터넷쇼핑몰의 구매행태와 시사점 조사. 대한상공회의소 홍보실.
- 박선미, 남윤자, 최경미. (2007). 모핑 기법을 활용한 40대 남성 하반신 가상모델 생성에 관한 연구. 한국의류학회지, 31(3), 463-474.
- 백경자, 이정란, 김미성. (2009). 3차원 바디 스캐너를 활용한 가상착의에 관한 인식조사-업체 실무자 및 소비자를 대상으로-. 한국생활과학회지, 18(3), 719-727.
- 산업자원부 기술표준원. (2004). 제5차 한국인 인체치수조사사업 보고서. 서울: 산업자원부 기술표준원.
- 신수진. (2005). 3차원 인체형상을 활용한 40대 남성의 하반신 대표 체형과 바디연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 통계청. (2004). 사이버쇼핑몰 통계조사. 서울
- 한국산업표준. (2004). KS K 0051-성인 여성복의 치수. 서울: 국가표준종합정보센터.
- 한국인터넷마케팅협회. (2005). 2005년 KNP(Korea Netizen Profile) 인터넷 이용자 조사보고서. 서울
- 한현숙. (2007). 의복 제작을 위한 3차원 인체 측정점 및 치수 측정 경로 자동 설정에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문
- Blanz V., & Vetter T. (1999). A morphable model for the synthesis of 3d faces. *Proceedings of the 26th annual conference on computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH 99)*, pp. 187-194.
- Choi Y., & Nam Y. (2010). Classification of Upper Lateral Body Shapes for the Apparel Industry. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(5), 378-390.
- Kasap M., & Magnenat-Thalmann N. (2007). Parameterized human body model for realtime applications. *Proceedings of the 2007 international conference on cyberworlds*, pp. 160-167.
- Kim S., & Park C. (2004). Parametric body model generation for garment drape simulation. *Fibers and Polymers*, 5(1), 12-18.
- Ma Y., & Jiang S. (2004). Realistic modeling and animation of human body based on scanned data. *Journal of Computer Science and Technology*, 19(4), 529-537.

(2011년 2월 23일 접수/ 2011년 4월 7일 1차 수정/
2011년 5월 12일 2차 수정/ 2011년 6월 7일 3차 수정/
2011년 6월 7일 게재확정)