

3D 데이터를 이용한 3차원 인체 모델링

남윤자, 최경미*, 박선미

서울대학교 의류학과, *동서울대학 패션디자인과

1. 서 론

의류산업에서의 3차원 인체측정 기술과 3차원 데이터 활용기술은 IT 산업의 발달과 함께 빠르게 발전하고 있다. 의류산업에서 주로 활용되고 있는 3차원 관련기술은 3차원 인체측정에 의한 3차원 형상정보를 얻는 기술, 채취된 3차원 인체형상정보를 분석하여 모델링하거나 리모델링하는 기술, 3차원 형상정보를 2차원 패턴으로 변형시키는 패턴화 기술 등으로 나눌 수 있다. 최근 들어 활발해지고 있는 3차원 인체측정 데이터를 활용한 일련의 연구는 e-business의 활성화에 힘입어 대량 맞춤 생산이나 개별 맞춤 생산에서 활용되는 개인 맞춤을 위한 미래 의류산업에 초점을 맞추고 있으나, 아직까지 이러한 맞춤형 콘텐츠들은 배송시간이나 맞춤에 의한 생산비용증가, 고가품에 대한 off-line 중심의 쇼핑 습관 등에 의해 일반화되기까지는 시간이 소요될 것으로 예측된다. 한편 현재 주를 이루고 있는 기성복 산업을 위한 3차원 인체측정 데이터를 활용한 첨단 기술개발은 일부에 국한되고 있어 실질적인 의류산업의 첨단화 및 효율화에 대한 기대에 부응하고 있지 못한 실정이다.

기성복의 생산은 불특정다수를 대상으로 타겟을 설정하여 통계자료나 경험을 바탕으로 타겟의 사이즈 수요를 예측하게 된다. 예측된 사이즈 수요를 기초로 하여 제품을 설계하고 생산량을 예측하여 제품을 출시함으로써, 고객에 대한 맞춤새 향상으로

고객 만족도 향상에 따른 매출 향상과 재고 감소 효과를 얻기도 한다.

최근들어 기성복의 생산을 위한 기획 단계, 설계 단계, 유통단계에서 3차원 데이터를 활용한 평균화 가상모델을 생성하고 이를 활용하여 사이즈 기획에 필요한 3차원 통계 자료 제공, 패턴 설계기법 개발 도구의 3차원 형상제공, 가상피팅 모델 개발 등에 활용하여 제품의 실질적인 맞춤새 품질을 향상시키고 고객이 가상 공간상에서 맞춤새를 확인 할 수 있는 가상체험 툴을 개발하는 등 일부 연구가 발표되고 있다.

본 연구는 Size Korea 연구용역사업의 지원을 받아 본 연구팀에 의해 2004년에서 2005년에 이루어진 대량생산의 설계기술 표준화 및 맞춤새 품질 향상을 위한 3차원 모델링 기술을 활용한 연구 개발 결과 중에서 3차원 가상모델 생성에 관한 기술에 대하여 소개하고자 한다.

기성복 생산 체제하에서 필요한 3차원 가상모델은 1대1의 맞춤형 모델이 아닌 타겟 집단의 체형특징을 가진 평균화 모델이어야 한다. 현재 사용되고 있는 3차원 인체형상 데이터의 평균화 기법은 평균 와이어프레임을 이용한 모델링방법과 모핑기법을 이용한 모델링방법으로 나눌 수 있다. 평균 와이어 프레임에 이용한 모델링방법은 Adult(35-45세) 타겟의 여성 전신을 대상으로 한 연구결과를 소개하고, 모핑기법을 이용한 모델링방법은 40대 남성 하반신을 대상으로 한 연구결과를 소개하고자 한다.

2. 평균와이어 프레임을 이용한 3차원 가상 모델 생성

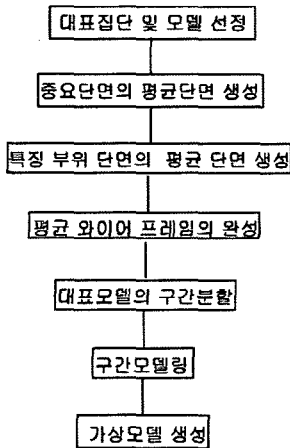


Figure 1. 평균와이어 프레임 이용한 3차원 가상 모델 생성 프로세스.

본 연구팀에 의해 2005년에 연구 개발된 방법으로 Adult(35-45세) 여성 전신을 대상으로 3차원 가상모델을 생성한 과정 및 결과를 소개하고자 한다.

평균와이어 프레임을 이용한 3차원 가상 모델을 생성하기 위한 프로세스는 Figure 1과 같으며 그 프로세스에 따라 모델링 방법으로 소개하고자 한다.

2.1. 샘플모델 선정

기성복 생산을 위한 가상모델은 의류 업체에서 현재 생산하고 있는 사이즈 체계를 기준으로 타겟으로 하는 연령집단의 사이즈 구간의 인체형상의 특성을 가진 아름다운 바른 자세의 모델이어야 한다. 따라서 모델링하고자 하는 사이즈 구간의 피측정자 중에서 88-94-160 사이즈 구간의 사이즈와 근접하고 바른 자세로 상하 밸런스가 좋은 아름다운 형태를 가진 5명을 대표체형 집단으로 선정하고 그 중 1명을 가상모델 생성을 위한 대표체형 집단의 샘플 모델로 선정하였다(Figure 2).

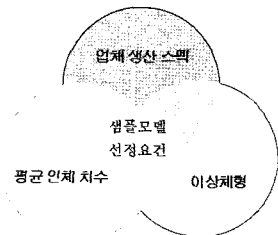


Figure 2. 샘플 모델의 선정 요건.

adult(35-45세) 여성의 중심사이즈에 해당하는 88-94-160 사이즈 그룹의 대표체형 집단(5명)은 같은 사이즈의 전체집단(28명)에 비해 높이 항목에서 차이가 크나, 이는 이상

적인 상하 밸런스에 따른 아름다운 형태의 샘플 집단 추출에 의한 것이다. 대표모델선정은 가상모델의 작업 효율을 높이고 아름다운 형상을 얻기 위하여 샘플 집단의 사이즈에 근접한 모델을 선정하여야 한다.

2.2. 특징 부위 단면의 평균 단면 생성

adult 타겟(35세~49세)의 155(160)/88/94의 대표체형 집단의 평균 와이어 프레임을 설계하기 위하여 샘플집단 5명의 모델의 횡단면 19개 종단면 2개 옆선2개로 총 23개의 단면을 2004 Rapid Form 프로그램을 사용하여 채취하였으며, 평균 단면을 생성하기 위하여 Autocad 2005 프로그램을 사용하였다(Figure 3).

몸통부위의 횡단면은 오른쪽 반쪽만 5도 간격으로 나누어 길이를 측정하였고, 다리부위 단면은 전체를 10도씩 나누어 길이를 측정하여 평균값을 구하였다.

이렇게 얻어진 평균 거리를 spline 곡선으로 연결하여 오른쪽 반의 평균 단면을 얻은 후 mirror 기능을 이용하여 최종 평균 단면을 얻었다(Figure 4).

인체를 앞뒤로 나누는 기준선인 옆선은 허리옆점을 기준으로 어깨가쪽점과 가슴복사점을 연결한 선으로 설정하였고, 인체를 좌우로 나누는 기준선인 중앙선은 목앞점과 배꼽점을 지나는 평면으로 설정하였다.

어깨 부위는 인체에서 가장 넓은 범위의 운동이

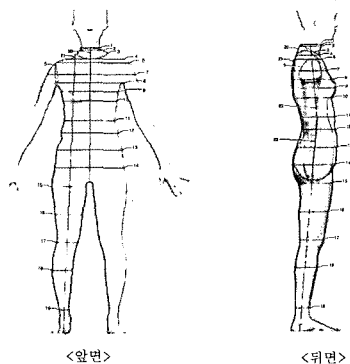


Figure 3. 특징 부위의 단면 채취.

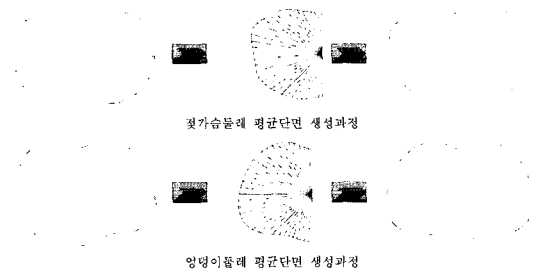


Figure 4. 횡단면의 평균단면 생성과정.

가능한 곳으로 어깨 관절 및 빗장뼈, 인대와 근육으로 덮여있어 그 형상이 매우 복잡하다. 이 부위의 평균화 작업을 위해 우선 샘플 집단 5명의 어깨부위(목옆점에서 어깨가쪽점까지의 체표길이) 단면을 얻은 후, 어깨부위의 평균화 작업을 실시하였다. 진동둘레는 몸통과 팔을 연결시켜주는 중간적 역할을 하며 의복생산용 바디에서는 팔 막음판 설계에 기초가 되는 중요한 부위이다. 샘플 모델로부터 어

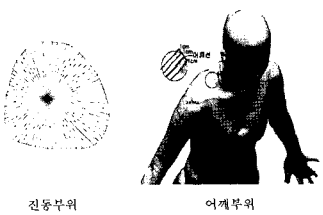


Figure 5. 특정부위 와이어 프레임.

깨가쪽점과 겨드랑 앞접힘점, 겨드랑 뒤접힘점을 지나진동둘레 단면을 추출하여 진동둘레 평균단면을 완성하였다(Figure 5).

2.3. 평균 와이어 프레임의 완성

19개의 횡단면 중에서 목뒤목앞둘레와 진동둘레를 제외한 17개 횡단면의 높이의 평균을 구하고 젓꼭지 무릎 종단면을 중심으로 안쪽을 중심너비, 바깥쪽을 바깥너비로 명명한 후 각각의 평균치를 적용하고, 각 샘플 집단 모델에서 추출된 인체 중요부위 횡단면 19부위와 종단면 2부위, 그리고 인체의 자세 축이 반영된 상·하반신 옆선을 조합하여 평균 와이어 프레임을 완성하였다(Figure 6).

2.4. 평균 와이어 프레임을 이용한 가상모델 생성

인체의 변곡은 개인에 따라 또한 부위에 따라 매

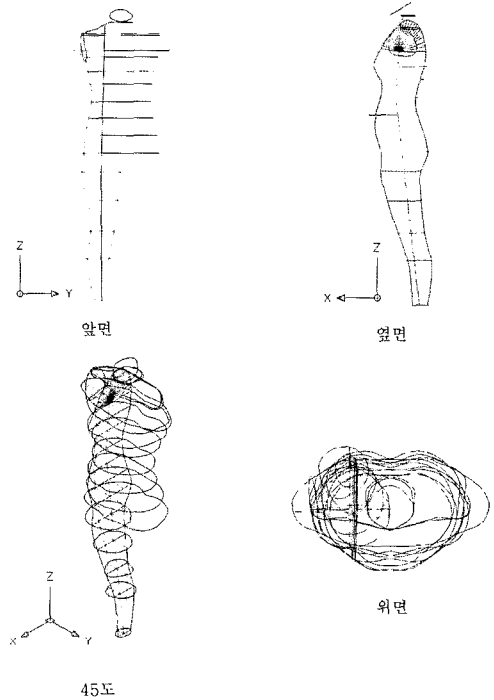


Figure 6. Adult 타겟 88-94-160 사이즈 그룹의 평균 와이어 프레임의 완성.

우 다양하여, 일부부위의 평균단면만으로 3차원 인체형상을 재현하기 어려우므로 평균적인 형상을 얻기 위한 3차원적인 접근이 필요하다. 이에 본 연구에서는 실제 인체형상을 참조하여 구간별 모델링을 하므로써 부족한 인체 형상정보를 보완하여 가상모델을 생성하는 새로운 방법을 모색하였다.

대표체형 가상모델은 2004 Rapid Form을 사용하여 다음과 같은 과정을 거쳐 생성되었다. 먼저 샘플 모델 집단 5명 중 가장 아름다운 체형을 가진 피험자 1명을 선정하여 평균 와이어 프레임을 기초로 구간을 설정하였다. 총 14개로 선정된 구간에 의해 형상 데이터를 분리하여 각 구간별로 모델링을 실시하였다. 각 구간별 모델링 과정을 거친 형상 데이터는 평균 와이어 프레임에 일치되도록 형상을 변형하였다. 구간별로 변형된 형상은 하나의 모델로 합쳐진다(Figure 7).

그 결과 인체의 부피감이 그대로 표현되었으며,

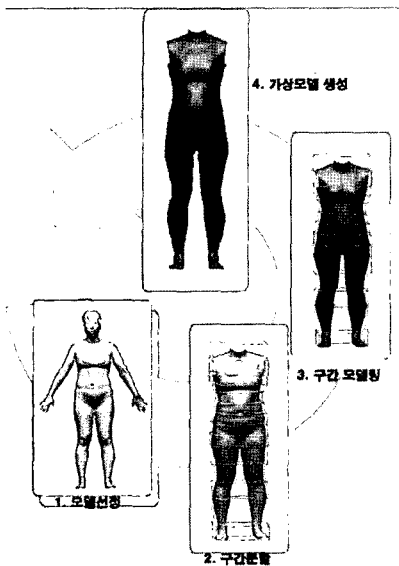


Figure 7. 대표체형 가상모델 생성과정.

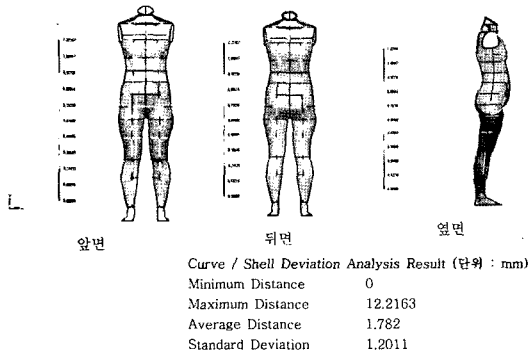


Figure 8. Adult 타겟 88-94-160 사이즈 그룹의 가상모델 생성 결과의 차이분석.

목부위, 어깨부위, 엉덩이부위, 살부위 등이 인체의 실제 형상과 유사하여 사실적으로 표현가능하였으며 평균 와이어 프레임과 평균 1.782 mm 차이가 있는 근접한 가상 모델을 모델링 하였다 (Figure 8).

3. 모핑에 의한 모델링 기술

본 연구팀에 의해 2004년에 연구된 방법으로 40대 남성 허반신을 대상으로 3차원 가상모델을 생성

한 과정 및 결과를 소개하고자 한다.

3.1. Morphing의 원리

polygon morphing은 하나의 polygon model을 또 다른 하나의 모델로 변형시켜주고 그 과정 중에 중간 단계의 형상을 보여주고 저장할 수 있다. Rapid Form은 volume morphing을 하는데 landmark를 이용하므로 각각의 모델 형상의 특징적 부위에 landmark를 지정해주어야 한다. morphing은 두 모델의 동일한 landmark를 참조하여, landmark 주위의 polygon들을 평균적인 형상으로 변형시켜주는 작업이다. Figure 9는 morphing의 원리를 나타낸 것이다.

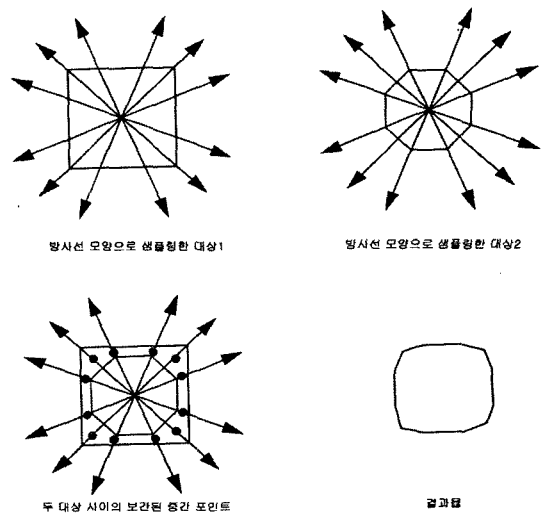


Figure 9. 모핑 원리.

3.2. Morphing 과정

12명의 대표체형 그룹 중에 스캔 상태가 불량한 2명을 제외한 10명을 morphing에 사용하였다. 제외된 2명은 대표체형 그룹에서 volume 순서로는 2, 9위의 피험자와 유사한 volume을 나타내어 전체 평균값이나 평균형상에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

본 연구의 morphing 과정은 Figure 10과 같다.

본 연구에서 실행된 morphing 과정은 다음과 같다. (1) 선정된 10명의 대표체형 그룹의 허리위 10 cm 수

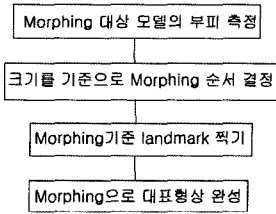


Figure 10. Morphing 과정 간략도.

준의 위부분과 가쪽복사 아래 부분의 형상을 제거한 후, 각각의 부피를 측정하였다. 하반신의 부피를 측정하여 부피 순서대로 정렬한 결과는 Table 1과 같다.

(2) Figure 11와 같이 shell 을 부피 크기순으로 나열한 후, 두개씩 묶어서 토너먼트 형식으로 morphing 순서를 정하였다. 평균적인 형상을 얻기 위하여 Figure 12와 같이 큰 부피와 작은 부피의 모델을 토너먼트 형식을 취하여 morphing 하였다.

(3) 인체의 비대칭성을 고려하여 오른쪽을 기준으로 대칭 형상을 만들기 위해, 배꼽점을 기준으로 오른쪽만 남기고, 왼쪽 형상을 제거한다.

(4) template model과 reference model에 각각 landmark를 찍어준다.

polygon morphing은 landmark 주변의 polygon들을 평균적인 형상으로 만들어주므로 인체형상의 특징적인 부위에 landmark를 찍어주어야 한다(Figure 13).

(5) 각각의 landmark를 연결하여 morphing 해준다. morphing은 template shell이 reference shell에 가깝게 형상이 변화하는 과정이며, 그 정도를 조절할 수 있다. 100%는 완전히 reference shell 이 되며 70%는 reference shell에 좀 더 가깝게 되고, 30%는 template shell 쪽에 좀 더 가깝게 되므로, 평균형상을 얻기 위해 50% morphing을 하였다(Figure 14).

(6) 최종형상을 얻은 후, mirror 기능을 사용하여 좌우 대칭의 형상을 완성하였다(Figure 15). 대표형상 생성 결과 인체의 부피감이 그대로 표현되었으며, 엉덩이부위, 살부위 및 장딴지 근육 등이 사실적으로 변화하여 morphing 과정이 성공적으로 이루어졌다고 할 수 있다(Figure15).

(7) 대표형상의 측정 결과와 대표체형 그룹의 인체 측정 결과를 비교 한 결과 높이항목에서는 대표형상은 다리를 벌리고 있는 반면 대표체형 그룹의 평균치는 2자세에서 측정된 값으로 다리를 모으고 있으므로 대체적으로 대표형상의 높이가 약간씩 낮게 나타났다. 인체는 좌우가 비대칭이나 대표형상은 의류제품 설계를 고려하여 좌우 대칭으로 생성하여 둘레항목에서 차이가 생길 수 있으나, 대표체형 그룹

Table 1. 대표체형 그룹 (10명)의 체표면적과 부피

volume 순서	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	평균
volume (cm ³)	39074.7	39492.3	39523.5	39754.1	40115.4	40440.9	40814.7	41995.3	42011.9	42069.3	40529.2
area (cm ²)	9591.0	9394.0	9488.7	9640.8	9706.3	9692.0	9678.9	10008.3	9817.9	9839.2	9685.7

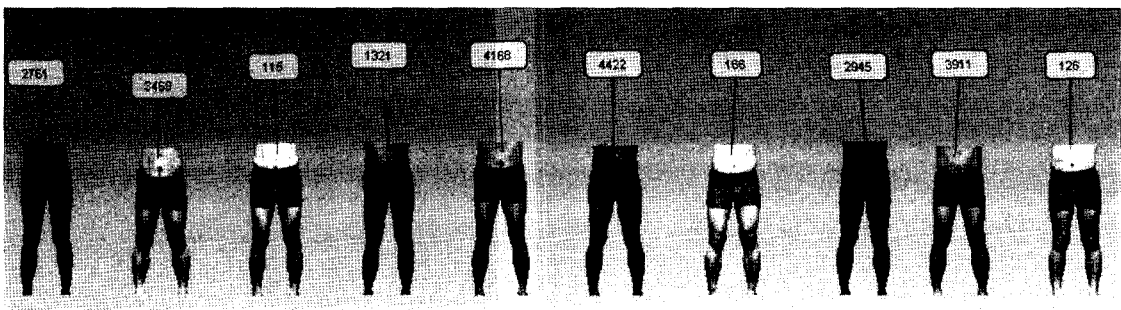


Figure 11. volume 크기 순서.

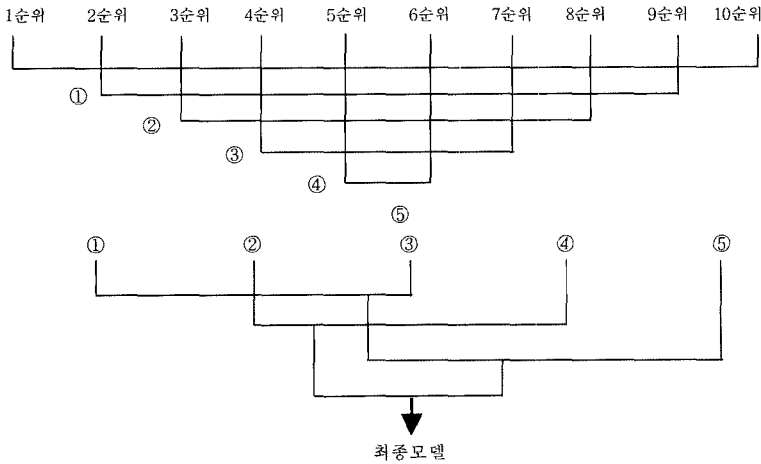


Figure 12. Morphing 순서 (토너먼트 표).

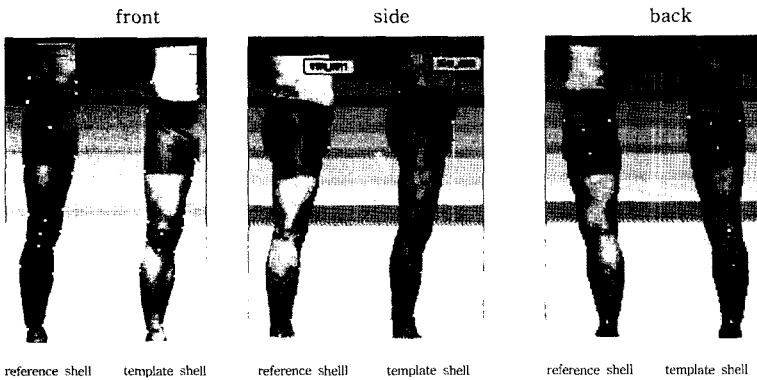


Figure 13. 앞, 뒤, 옆면에서의 landmark.

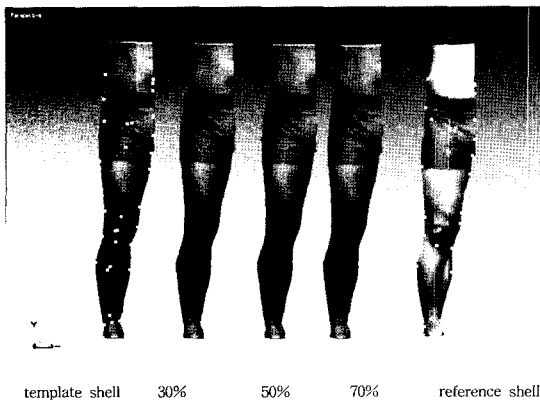


Figure 14. Morphing의 개념도.

과의 차이가 크지 않으므로 morphing이 성공적으로 이루어졌다고 판단할 수 있다(Table 2).

3.3. 대표형상과 대표체형그룹의 단면 비교

인체의 곡면 형상은 개인에 따라 또 부위에 따라 매우 다양하여, morphing을 통한 대표형상의 단면이 대표체형 그룹의 평균단면과 일치하지 않을 수도 있다. 또한 평균단면만으로는 3차원 인체형상의 리모델링이 어려우므로 평균적인 형상을 얻기 위한 3차원적인 접근이 필요하며, 이에 본 연구에서는 morphing이라는 과정을 통해 새로운 방법을 모색하였다. 그 결과 평균단면과 morphing을 통해 형성된 대표형상의 단면이 거의 유사한 경향을 보였다(Figure 16).

대표체형그룹(12명)과 morphing 결과 생성된 가상모델의 주요부위 단면을 비교한 결과, 10 mm 이상의 차이를 보이는 부위를 빨간색으로 표시하였으며, 그 밖의

Table 2. Morphing 과정을 통해 생성된 대표형상의 측정치와 대표체형 그룹의 평균 비교 (단위: mm)

항목	대표형상	대표체형그룹	차이
배꼽수준허리높이	977	985	-8
엉덩뼈능선점높이	959	978	-19
엉덩이높이	823	825	-2
살높이	736	738	-2
배꼽수준허리둘레	887	884	3
배둘레	881	902	-21
엉덩이둘레	975	966	9
넙다리둘레	609	611	-2
장딴지둘레	375	376	-1
종아리최소둘레	218	217	1

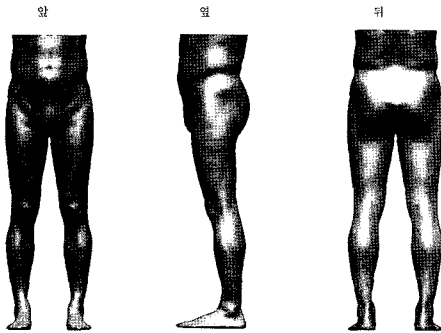


Figure 15. 대표형상 생성.

부위에서 10 mm 이하의 차이를 보이고 있어 평균 단면에 근사한 것을 알 수 있었다.

이상과 같이 모핑에 의한 방법은 남성체형과 같이 근육이 발달한 경우에는 근육의 특징점과 인체형상의 특징점을 이용하여 모핑법에 의한 모델링이 유용하나, 인체형상이 부드러운 곡면 형상을 띠는 여성의 경우 형상의 특징점을 설정하는데 어려움이 있어 남성에 비해 좋은 결과를 얻기 어려운 것으로 예비실험 결과 나타났다. 또한 Figure 8의 평균 와이어프레임을 이용한 가상모델 생성방법은 평균 차이가 2 mm이하로 나타났으나, 모핑에 의한 방법은 평균와이어프레임을 이용한 모델링 결과 보다 차이

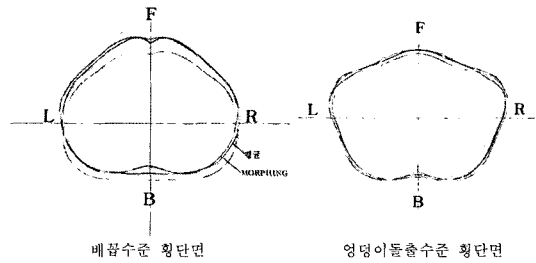


Figure 16. 평균단면과 morphing에 의한 단면 비교.

가 큰 것을 알 수 있었다. 그러나 분석에 소요되는 시간은 모핑에 의한 방법이 평균와이어프레임에 의한 방법보다 분석시간이 짧아 높은 정밀도를 요하지 않을 경우에는 유용할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 Size Korea 연구용역사업의 지원을 받아 본 연구팀에 의해 2004년에서 2005년에 이루어진 3차원 인체측정 데이터를 활용한 모델링 기술에 대하여 소개 하였다. 본 연구팀에서 개발된 대량생산의 설계기술 표준화 및 맞춤새 품질 향상을 위한 3차원 모델링 기술을 활용한 연구 개발 결과

Table 3. 대표체형과 대표형상의 평균단면 측정치 비교

(단위: cm)

단면의 위치	대표체형그룹(12명)							가상모델							비교							
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
몸통부위	허리위 10 cm	11.7	11.8	13.7	15.1	16.4	14.5	11.7	12.1	12.1	12.1	14.8	16.3	15.4	12.2	-0.4	-0.3	1.6	0.3	0.1	-0.8	-0.5
	허리	13.9	13.8	14.3	15.5	14.0	10.8	8.5	13.3	13.2	13.1	15.7	15.0	12.8	9.9	0.6	0.6	1.2	-0.2	-1.0	-2.0	-1.4
	배꼽	14.1	14.7	15.2	15.6	13.7	10.1	8.8	13.5	14.1	14.5	15.7	14.8	11.8	8.7	0.6	0.7	0.7	-0.1	-1.2	-1.7	0.1
	엉덩이	13.5	13.3	17.2	16.7	15.4	13.8	11.1	13.5	13.8	16.9	17.3	15.6	14.1	11.4	0.1	-0.5	0.3	-0.6	-0.2	-0.3	-0.3
	살종단	13.5	13.4	9.8	8.7	8.3	9.7	11.1	13.5	13.9	10.4	9.0	8.7	9.3	11.5	0.0	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	0.4	-0.3
다리부위	볼기 고랑	10.9	11.2	9.7	9.4	7.7	7.4	7.6	10.8	11.4	10.1	9.0	8.2	7.4	7.5	0.1	-0.2	-0.3	0.4	-0.5	0.0	0.1
	넙다리 가운데	9.5	9.4	8.2	7.5	6.8	6.7	6.9	10.2	10.7	9.0	7.4	6.4	5.8	5.6	-0.7	-1.4	-0.7	0.1	0.4	0.9	1.3
	무릎 가운데	7.2	6.7	5.7	5.8	5.5	5.7	5.8	7.7	6.3	5.4	5.7	4.9	5.1	4.9	-0.4	0.4	0.3	0.1	0.6	0.6	1.0
	장판지	5.1	5.5	5.6	5.7	6.5	7.2	7.9	5.4	6.0	5.9	5.7	6.2	6.4	6.3	-0.4	-0.5	-0.4	0.0	0.3	0.8	1.6
	종아리 최소	3.9	3.4	3.0	2.8	3.0	3.3	4.0	4.4	3.7	3.2	3.0	2.9	3.2	3.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.5

는 향후 자동화 및 실용화 단계를 거쳐 일반화 될 수 있을 것이다.

e-business의 활성화에 따라 대량 맞춤 생산이나 개별 맞춤 생산에서 활용되는 개인 맞춤을 위한 미래 의류산업을 대비할 수 있는 콘텐츠와 현재 기성복산업에서의 대량생산을 위한 콘텐츠를 각각 균형있고 개발목적에 맞도록 효율적으로 개발 및 활용함으로써 국내 의류산업의 미래 경쟁력을 확보하고 새로운 마켓을 개척할 수 있을 것이다.

본 연구팀은 Size Korea의 3차원 인체측정 자료를 활용하여 현재 생산효율저하 및 국제임금 불균형 등으로 생산기반이 위축되어 어려움을 겪고 있는 기성복 산업의 고부가가치화에 일조할 수 있는

대량생산을 위한 3차원 모델링 기술과 e-business를 본격화하기 위한 개별맞춤을 위한 3차원 모델링 기술을 꾸준히 개발하여 국내 의류 산업의 발전에 도움이 되고자 한다.

참고문헌

1. 산업자원부, 3차원 인체형상을 이용한 여자 다기능성 의복 생산용 바디 개발 보고서, 2005.
2. 산업자원부, 3차원 형상자료를 이용한 2차원 평면 pattern 제도법 개발 보고서, 2005.
3. 산업자원부, 3차원 인체형상을 이용한 40대 남자 하반신 가상피팅모델 및 의복생산용 바디 개발, 2004.
4. 산업자원부, 3차원 인체측정법 표준화 보고서, 2003.

저자 프로필



남 윤 자

1981. 서울대학교 의류학과 졸업
 1983. 서울대학교 의류학과(석사)
 1991. 서울대학교 의류학과(박사)
 2001-현재. 서울대학교 의류학과 교수
 (151-742) 서울 관악구 신림동 산56-1
 전화: 02-880-6844
 e-mail: yunja@snu.ac.kr



최 경 미

1983. 건국대학교 의상학과 졸업
 1986. 일본 文化女子大學 의복구성학(석사)
 1991. 일본 文化女子大學 의복체형학(박사)
 1999-현재. 동서울대학 조교수



박 선 미

2000. 연세대학교 의류학과 졸업
 2004. 서울대학교 의류학과(석사)
 2004-현재. 서울대학교 의류학과 의복인간공학연구실(박사과정)
 2005-현재. 수원대학교 시간강사
 2005-현재. 이앤비(E&B) 연구개발팀
 2005-2006. 서울대학교 생활과학연구소 연구원