

## 모핑 기법을 활용한 40대 남성 하반신 가상모델 생성에 관한 연구

박선미 · 남윤자<sup>†</sup> · 최경미\*

서울대학교 생활과학대학 의류학과, \*동서울대학 패션디자인과

### A Study of 3D Virtual Fitting Model of Men's Lower Bodies in Forties by Morphing Technique.

Sun-Mi Park · Yun-Ja Nam<sup>†</sup> · Kueng-Mi Choi\*

Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University

\*Dept. of Fashion Design, Dong-Seoul College

(2006. 10. 10. 접수)

#### Abstract

With rapid expansion in e-retailing of apparel business, personalized fitting model service shows the possibility as the differentiated marketing strategy in cyber shopping. According as necessity of personalized fitting model construction rises, it is tried personalized fitting model creation in several fields such as computer engineering, mechanical engineering, information engineering. But, because existent study was concentrated only on human body modeling, it does not reflect average morphological characteristics of human body properly. In this study, we wish to examine if morphing is fit for expressing characteristic of average human body shape and suggest desirable morphing. We used 3-D scan data of 254 Korean middle aged men collected by Size Korea 2004.

The result of this study are as follows:

Lower body types were categorized by height, hip girth and lower drop(hip girth-navel girth) which were main factors of lower body shape. Then each factor was divided into 3 groups respectively, 30% in the middle, over 30%, under 30%. In 27 groups, the group which belonged to 30% in the middle of height, 30% in the middle of hip girth, 30% in the middle of lower drop was selected as a representative group. We tested geometrical figure by differ volume, tilt, position of point. And we created a representative type of men's lower bodies by morphing the representative group and analyzed it's horizontal, vertical sections. A representative type which was created by morphing reflected a real body and changed realistically at the part of hip, crotch, calf muscle and so on. A cross sections of a representative type were similar to average cross sections of the representative group in size and shape. So it was proved that morphing was successful.

**Key words:** Lower body type, Morphing, Representative type, 3D Virtual fitting model; 하반신 체형, 모핑,  
대표체형, 가상페팅모델

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: yunja@snu.ac.kr

본 논문은 산업자원부에서 시행된 2004년도 표준화 부문  
연구용역사업의 일부 연구비 지원으로 수행되었습니다.

본 논문은 2006학년도 서울대학교 생활과학대학 부속생활  
과학연구소의 일부 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## I. 서 론

인터넷을 통한 전자상거래가 확대되면서 인터넷 쇼핑에서 의류를 구매하는 경우가 많아지고 있으며, 이와 더불어 의복의 착용상태를 미리 확인하여 의류 제품에 대한 감성적 판단 근거를 제공할 수 있는 가상피팅모델 구축의 필요성이 높아지고 있다(박진순, 2001; 최현영, 2001; Jones et al., 1995). 이러한 개인적 쇼핑보조원과 같은 역할을 하는 가상피팅모델의 개발은 온라인상에서 구매되는 상품에 대한 소비자의 신뢰를 향상시키고, 브랜드 로열티를 창출하며, 쇼핑의 효율성과 반품율의 감소를 가져올 것이라고 기대된다(Wang et al., 2005). 이처럼, 가상피팅모델 구축의 필요성이 높아짐에 따라 의류학을 비롯하여 컴퓨터 공학(신규하, 2001), 기계공학(권오현, 2001; 이상철, 2002), 전자공학(강득찬, 2002), 정보통신공학(신승철, 2001; 이강일, 2006; 최우혁, 2001), 섬유공학(조준우, 2003) 등 여러 분야에서 가상모델을 만들기 위한 노력이 이루어지고 있다. 그러나 의류제품은 업체에서 타겟으로 하는 불특정 다수를 대상으로 만들어지기 때문에 평균화된 인체 형상이 필요하지만 기존의 연구들(Au & Yuen, 1999; Ben Azouz et al., 2004; Dekker et al., 1999; Seo & Magnenat-Thalmann, 2003)은 인체 형상 모델링에만 집중되어 있어 인체의 평균적인 형태적 특징을 제대로 반영시키지 못하고 있는 실정이다.

현재 개발되어 제공되고 있는 가상피팅모델은 인터넷 쇼핑몰의 주요 사용자 층인 20~30대 모델이 주류를 이루고 있다. 그러나 특정 연령층과는 상관없이 전 연령대가 사용할 만큼 인터넷이 보편화됨에 따라 모든 연령대를 위한 가상피팅모델 개발의 필요성이 대두되고 있다. 특히 남성복은 형태의 정형성과 체형을 잘 드러내는 특성 때문에 착용시의 맞음새가 중요하나 국내 남성복 의류업체는 20대의 표준체형인 성인 남성을 위주로 기성복을 생산하므로 30~40대 중년남성의 신체치수 및 체형에는 적합성이 낮은 것이 현실이다(김혜수, 2001). 특히 40대는 체형의 변화가 큰 시기로 중년 남성의 바지는 피트성 뿐만 아니라 동작기능성이 매우 중요시되므로 맞음새와 동시에 기능성이 요구되는 고감도 남성복 생산을 위해서 정확한 체형분석이 요구되고 있다.

최근 가상피팅모델을 만들기 위한 한 방안으로 2개 또는 그 이상의 3차원 형상으로부터 새로운 평균

적인 형상을 얻기 위한 모핑(morphing) 기법이 새롭게 부각되고 있다. 모핑은 어떤 사물의 형상을 다른 모습의 형상으로 서서히 변화시키는 기법이다. 소스 물체와 변형시킬 물체 두 형상이 필요하며 모핑 시킬 두 형상간의 대응점을 찾아 형상을 변형시킨다. 2차원적인 화상변형과 3차원적인 형태변형이 있으며 응용분야로는 영화, 비디오게임, TV 프로그램, 뮤직비디오 등이 있다. 의류학에서는 모핑 과정을 통해 한국인 성인 남녀의 머리형태를 분석하여 3차원 표준머리 모형을 생성한 연구가 행해졌다(김혜수, 2004).

본 연구에서는 3차원 인체 형상 모델링의 한 방법으로 새롭게 부각된 모핑 기법을 활용하여 평균인체 형상의 형태적인 특징이 반영된 가상피팅모델을 개발함으로써 모핑이 모델링기법으로 적합한가를 검토하고 바람직한 모핑 방안을 제안하고자 한다.

3차원 형상자료를 이용하여 체형변화가 큰 40대 성인 남자의 체형을 분류하고, 대표체형 가상모델을 개발함으로써 소비자가 on-line 상에서의 의류상품 구매시 가상공간상에서 시작하여 맞음새가 향상된 상품을 구매할 수 있도록 하며, 사이즈로 인하여 발생하는 반품 및 재고율을 낮출 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 연구방법

### 1. 연구자료

본 연구에서는 2003년 4월~2004년 11월 동안 시행된 한국인 인체치수조사사업의 40대 남성 254명의 3차원 인체 형상 데이터 및 치수 자료를 사용하였다. 모핑에는 'Rapidform 2004'를 사용하였고, 측정항목은 하반신 관련 측정항목으로 총 39개 항목을 사용하였다(Table 1).

### 2. 40대 남성 하반신 체형분류 및 대표체형 구간 설정

본 연구에서는 하반신 체형의 크기를 나타내는 주요 요인인 키와, 부피를 나타내는 주요 요인인 엉덩이둘레, 그리고 의류제품설계의 적합성을 높이기 위해 하반신의 형태적 특징을 나타내는 하드롭에 의해 40대 남성 하반신 대표체형 구간을 선정하였다.

Table 1. 측정항목

높이항목	둘레항목	길이, 너비, 두께 항목
1. 키	16. 허리둘레	27. 엉덩이옆길이
2. 허리높이	17. 배꼽수준허리둘레	28. 살앞뒤길이
3. 배꼽수준허리높이	18. 배둘레	29. 넓다리길이
4. 배높이	19. 엉덩이둘레	30. 허리옆가쪽복사길이
5. 위앞엉덩뼈가시높이	20. 넓다리둘레	31. 다리가쪽길이
6. 엉덩뼈능선높이	21. 넓다리중간둘레	32. 허리너비
7. 엉덩이높이	22. 무릎둘레	33. 배너비
8. 불기고랑높이	23. 무릎아래둘레	34. 배꼽수준허리너비
9. 넓다리높이	24. 장딴지둘레	35. 엉덩이너비
10. 살높이	25. 종아리최소둘레	36. 허리두께
11. 장딴지높이	26. 발목최대둘레	37. 배꼽수준허리두께
12. 엉덩이수직길이		38. 배두께
13. 무릎높이		39. 엉덩이두께
14. 무릎뼈가운데높이		
15. 가쪽복사높이		

### 3. 모핑을 통한 대표체형 생성

#### 1) 도형 테스트

본 연구에서는 두 모델의 동일한 랜드마크를 참조하여, 랜드마크 주위의 polygon들을 평균적인 형상으로 변형시켜주는 모핑 기법을 사용하였다. Rapidform에서 제공되는 Polygon 모핑 기법은 하나의 polygon model을 또 다른 하나의 모델로 변형시켜주고 그 과정 중에 중간 단계의 형상을 보여주고 저장할 수 있다.

모핑에 영향을 주는 요소로는 대상물의 부피와 축의 기울기, 그리고 모핑 포인트의 위치 3가지를 선정하였고, 이들 요소들이 모핑 결과에 어떠한 영향을 주는지를 규명하기 위해 기하학적인 도형 테스트를 실시하였다.

#### 2) 대표체형 가상모델 생성을 위한 모핑 실시

40대 남성의 하반신 대표체형 가상모델 생성을 위하여 부피와 하반신 체축 각도를 고려하고, 40대 남성 하반신의 형상의 특징을 잘 반영하는 곳에 모핑 포인트의 위치를 선정하여 모핑을 실시하였다.

#### 3) 모핑을 통한 대표체형 가상모델 생성결과의 검증

모핑 과정을 통해 도출된 대표체형 가상모델의 타당성을 검토하기 위해 모핑을 통해 생성된 대표체형 가상모델과 대표체형 그룹간의 주요부위 치수를 비교·검토 하였으며, 대표체형 그룹의 단면도를 분석

하여 평균단면을 비교하였다.

## III. 연구결과 및 분석

### 1. 40대 남성 하반신 체형분류 및 대표체형 구간 선정 결과

40대 남성 254명에 대해 하반신을 키, 엉덩이둘레, 하드롭(엉덩이둘레-배꼽수준허리둘레)의 중앙 30%와 그 이상, 이하로 각각 3구간으로 나누어 총 27개 그룹으로 분류하였다. 체형분류구간 중에서 키 중앙 30% (1667~1709mm), 엉덩이둘레 중앙 30%(945~983mm), 드롭치 중앙 30%(66~98mm)의 구간을 대표체형의 구간으로 선정하였다. T-test를 통하여 대표체형 그룹과 전체 그룹의 인체측정치를 비교한 결과, 모든 항목에서 전체 집단과 대표체형그룹의 평균치는 신뢰도 95% 구간에서 유의한 차이가 없어 대표체형 그룹은 전체 그룹을 대표한다고 볼 수 있다. 40대 남성 하반신 대표체형 그룹은 키의 평균이 169.0cm, 엉덩이둘레의 평균은 96.6 cm, 배꼽수준허리둘레의 평균은 88.4cm로 나타났다.

### 2. 도형 테스트 결과

#### 1) 부피에 의한 영향

모핑 대상물의 부피 차이에 의한 영향을 알아보기 위해 Rapidform을 이용하여 원뿔 도형 3개를 생성하였

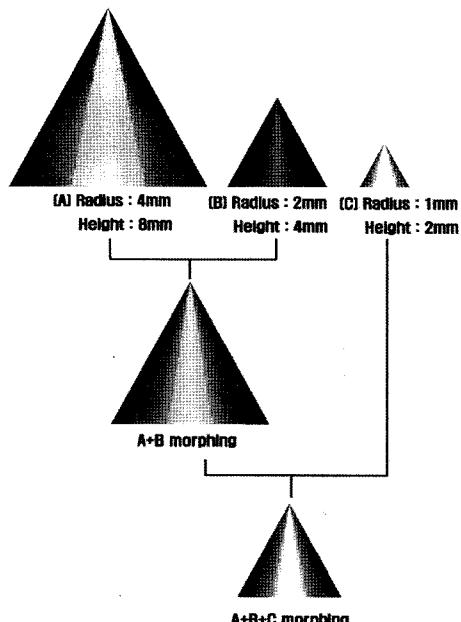


Fig. 1. 부피 테스트 I

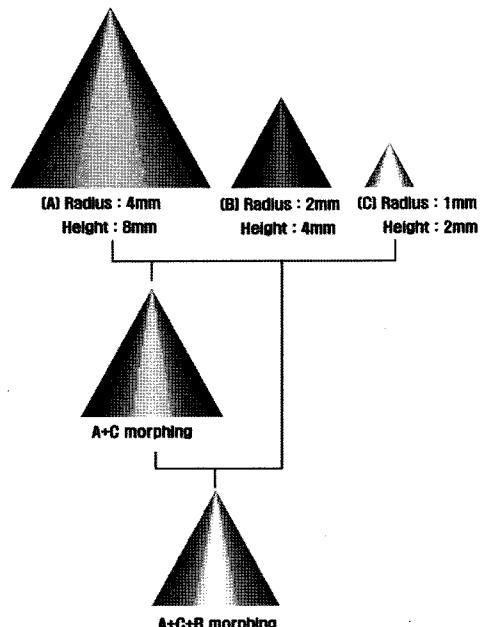


Fig. 2. 부피 테스트 II

Table 2. 부피 테스트 결과

부피 테스트	A	B	C	(A+B)+C 모평	(A+C)+B 모평	계산값*
Radius(mm)	4.00	2.00	1.00	2.00	2.25	2.33
Height(mm)	8.00	4.00	2.00	3.99	4.50	4.67
Area of Shell( $\text{mm}^2$ )	162.59	40.61	10.12	40.58	51.42	55.57
Volume of Shell( $\text{mm}^3$ )	133.91	16.71	2.08	16.69	23.82	26.80
Mid circumference(mm)	12.58	6.28	3.14	6.28	7.06	7.34
Bottom circumference(mm)	25.13	12.57	6.28	12.56	14.13	14.66

\*계산값\*: 각 도형(A, B, C)의 부피를 평균화 시킨 값 (계산값 =  $(A+B+C)/3$ )

다. 원뿔 (A)는 반지름 4mm, 높이 8mm이며, 원뿔 (B)는 반지름 2mm, 높이 4mm, 원뿔 (C)는 반지름 1mm, 높이 2mm이다.

모평 순서를 2가지로 조작하였는데, 우선 부피의 순서에 따라 원뿔 (A)와 (B)를 모평한 후 다시 원뿔 (C)를 모평 하였으며 <Fig. 1>, 다음으로는 가장 부피가 큰 원뿔 (A)와 가장 부피가 작은 (C)를 모평한 후 그 결과물과 (B)를 모평 하였다(Fig. 2).

두 가지 경우의 모평 결과에 대해 반지름, 높이, 면적, 부피, 둘레치수 등을 분석한 결과 A+B+C의 순서보다는 A+C+B 순서의 결과물이 각 도형의 부피를 평균화 시킨 계산값에 더 근사함을 알 수 있었다(Table

2). 따라서 대표체형 그룹 내에서 모평의 순서를 정할 때 부피가 큰 것과 작은 것을 모평하여 모평 대상물의 부피의 평균이 전체 그룹의 평균과 차이가 나지 않도록 유지하도록 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

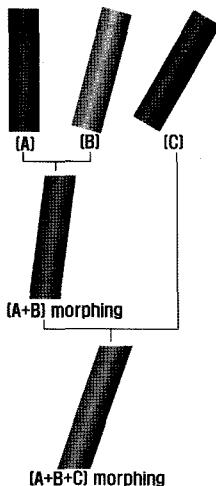
## 2) 자세축에 의한 영향

모평 대상물간의 자세축 차이에 의해 모평 결과가 어떠한 영향을 받는지를 알아보기 위해 자세축이 다른 원기둥 3개를 생성하였다. 원기둥(A)는 지름 10mm, 높이 80mm이며, 원기둥 (B)와 (C)는 원기둥 (A)를 각각  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  기울인 것이다. 축의 각도를 제외한 원기둥 (A), (B), (C)의 면적과 부피, 둘레 등의 치수는

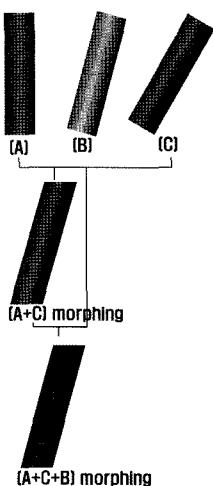
모두 같다.

첫 번째 실험은 자세축의 크기의 순서에 의해 원기둥 (A)와 (B)를 모평한 후 그 결과물과 원기둥 (C)를 모평하였으며 <Fig. 3>, 두 번째 실험에서는 원기둥 (A)와 (C)를 모평한 후 그 결과물과 원기둥 (B)를 모평하였다(Fig. 4). 각각 실험 결과에 대한 원통도(Cylindricity)와 평균 반지름, 편차 등을 살펴보았으며 결과는 <Table 3>과 같다.

우선 A+B+C의 순으로 모평을 한 결과 축의 각도는  $19.58^\circ$ , A+C+B의 순으로 모평을 한 결과 축의 각



<Fig. 3>



<Fig. 4>

Fig. 3. 자세축 테스트 결과 I  
Fig. 4. 자세축 테스트 결과 II

도는  $15.54^\circ$ 로 변화하였다. 계산값이  $15^\circ$ 인 점을 감안할 때 모평 대상의 축의 각도에 의해 모평 결과가 영향을 받고 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 자세축 역시 두 모평 대상물간의 자세축 평균이 그룹 내의 평균과 차이가 나지 않도록 자세축이 가장 큰 것과 작은 것을 모평하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 그러나 사람의 체축이  $0\sim10^\circ$  내외인 점을 고려한다면 인체의 체축 각도를 고려한 추가 연구가 필요하다고 볼 수 있다.

### 3) 모평 포인트의 위치

모평 포인트의 위치에 따라 모평 결과가 어떻게 달라지는지를 확인하기 위해 정육면체와 원기둥을 대상으로 모평 포인트의 위치를 4단계로 변화시켜 단계별 실험을 실시하였다(Fig. 5). 실험에 사용한 정육면체는  $10mm \times 10mm \times 10mm$ 이며, 원기둥은 지름  $10mm$ , 높이  $10mm$ 이다. 각 실험 단계별로 가로, 세로, 높이 및 면적과 부피의 변화를 분석하였다(Table 4, Fig. 6, Fig. 7).

첫 번째 실험에서는 정육면체의 각 변의 중점에 모평 포인트를 선정하고(총 12개의 모평 포인트 사용) 이에 대응하는 위치에 원기둥의 모평 포인트를 선정하였다. 그 결과 정육면체와 원기둥을 모평하였음에도 불구하고 모평 결과는 정육면체와 거의 차이가 없었다. 이는 모평 포인트의 위치가 도형의 형태의 특징을 반영하지 못했기 때문으로 파악된다. 즉, 두 모평 대상의 형태상에서 가장 차이가 나는 꼭지점에 모평 포인트가 선정되지 못했기 때문이다.

두 번째 실험에서는 정육면체의 각 꼭지점에 모평 포

Table 3. 자세축 테스트 결과

자세축 테스트 차수	A	B	C	A+B+C 모평	A+C+B 모평	계산값*
Angle of an axis ( $^\circ$ )	0.00	15.00	30.00	19.58	15.54	15.00
Height(mm)	80.00	82.45	79.28	80.02	80.02	80.58
Area of Shell( $mm^2$ )	5642.69	5642.69	5642.69	6070.96	5916.34	5642.69
Volume of Shell( $mm^3$ )	24970.58	24970.58	24970.58	27152.40	26386.52	24970.58
Top circumference(mm)	62.68	63.89	67.67	65.46	64.51	64.75
Mid circumference(mm)	62.83	63.86	67.70	65.56	64.58	64.80
Bottom circumference(mm)	62.68	63.90	67.67	65.48	64.50	64.75
Cylindricity	0.00	0.00	0.00	0.12	0.14	0.00
Average Radius(mm)	10.00	10.00	10.00	10.30	10.17	10.00
Standard Deviation	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00

\*계산값\*: 각 도형(A, B, C)의 부피를 평균화 시킨 계산값  $((A+B+C)/3)$

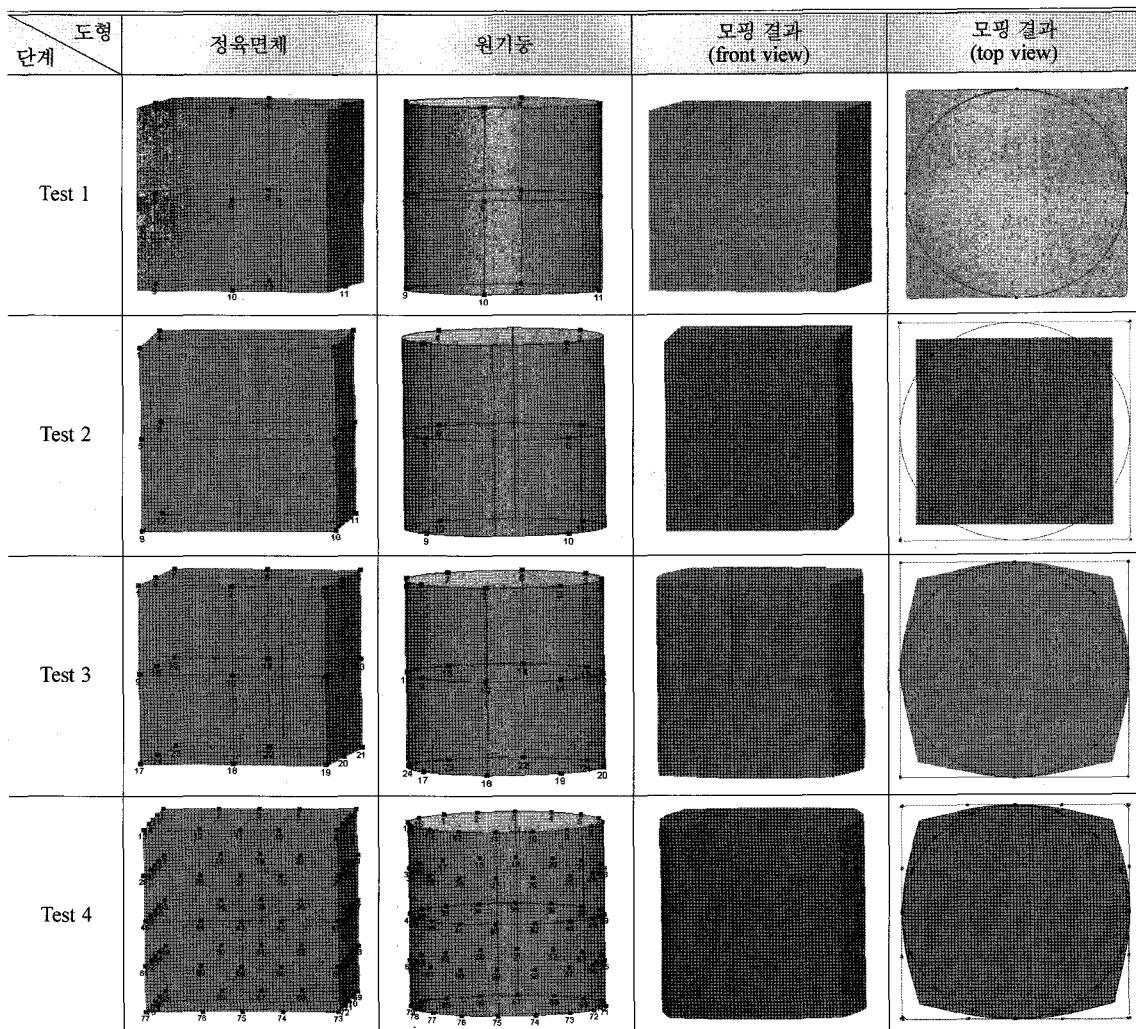


Fig. 5. 모핑 포인트 위치 실험 대상

Table 4. 모핑 포인트 위치 테스트 결과

(단위: mm)

위치 테스트 차 수	정육면체	원기둥	test 1	test 2	test 3	test 4	계산값*
Width	10.00	10.00	10.02	8.56	10.04	10.04	10.00
Height	10.00	10.00	10.05	10.04	10.05	10.00	10.00
Depth	10.00	10.00	10.02	8.57	10.04	10.04	10.00
Area( $\text{mm}^2$ )	600.00	470.86	599.60	487.99	522.23	524.07	535.43
Volume( $\text{mm}^3$ )	1000.00	784.13	1000.22	730.54	878.26	885.61	892.065
Mid circumference	39.86	31.42	39.91	34.06	34.68	34.69	35.64

\*\*계산값\*: 각 기준점에서 정육면체와 원기둥의 측정치를 평균화 시킨 값. (계산값 = (정육면체+원기둥)/2)

인트를 선정하고(총 12개의 모핑 포인트 사용) 이에 대응하는 위치에 원기둥의 모핑 포인트를 선정하였다. 그

결과 첫 번째 실험에서와 같이 사각형이 생성되었는데, 앞의 결과와 다른 점은 가로 8.56 mm, 세로 8.57mm로

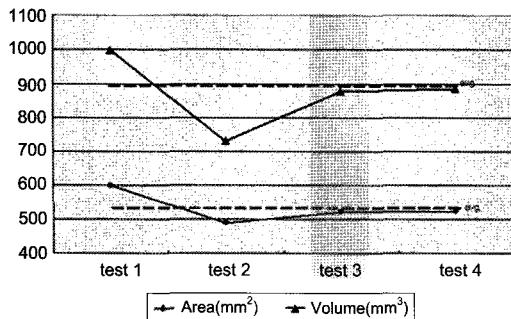


Fig. 6. 단계별 치수 변화(면적, 부피)

길이의 축소가 일어난 점이다. 두 모핑 대상의 형태적 특징점에 모핑 포인트를 설정하였음에도 불구하고 모핑이 제대로 되지 않은 이유는 모핑 포인트가 영향을 미치는 영역이 한정되어 있기 때문이라고 파악된다.

세 번째 실험에서는 첫 번째와 두 번째 실험에 사용된 모핑 포인트를 혼합(총 24개의 모핑 포인트 사용)하여 사용하였다. 그 결과 정육면체와 원기둥의 형태가 적절히 혼합된 모핑 결과를 얻을 수 있었다.

네 번째 실험에서는 세 번째 실험에 사용된 모핑 포인트의 수를 늘려 총 80개의 모핑 포인트를 사용하였다. 그 결과 모핑 포인트를 더욱 세분화 하였음에도 불구하고 결과는 세 번째 실험 결과와 거의 비슷하였다.

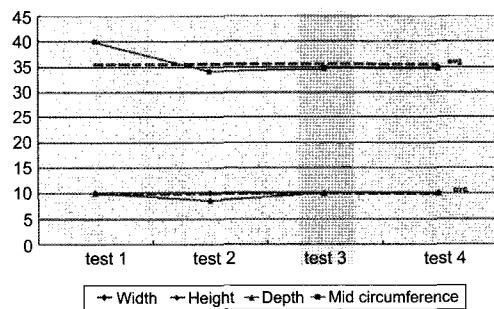


Fig. 7. 단계별 치수 변화(가로, 세로, 높이, 둘레)

따라서 모핑 결과의 신뢰도를 높이기 위해서는 두 모핑 대상의 형태적 특징을 잘 반영하는 모핑 포인트를 설정하여야 하며, 형태적 특징점 이외의 모핑 포인트의 추가는 결과의 신뢰성을 높여주지는 못하는 것으로 파악된다.

### 3. 인체의 형상 특징점 선정

인체 형상의 특징점을 고려한 모핑 포인트를 선정하기 위해 본 연구에서는 40대 남성 하반신의 형상의 특징을 잘 반영하는 곳에 총 32개의 모핑 포인트의 위치를 선정하여 주었다(Fig. 8). 본 연구에서 사용한

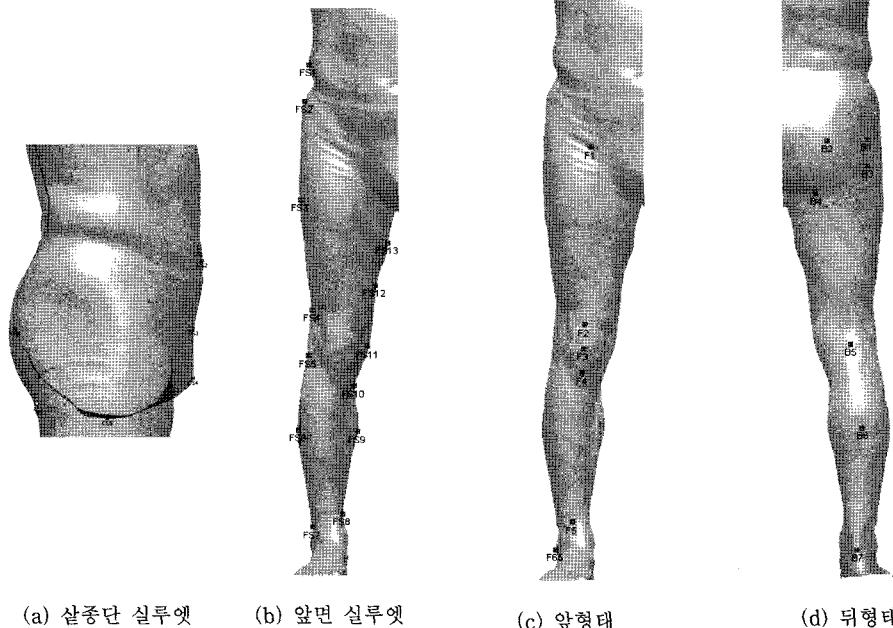


Fig. 8. 모핑 포인트 위치

Table 5. 모핑 포인트의 위치

분류	번호	모핑 포인트	분류	번호	모핑 포인트
살 종 단 실 루 엣	CS1	배꼽점	앞 형 태	F1	몸통 다리 연결 부위
	CS2	배돌출점		F2	무릎 형태점 1
	CS3	성기 오목점		F3	무릎 형태점 2
	CS4	성기 돌출점		F4	무릎 형태점 3
	CS5	살점		F5	종아리 최소점
	CS6	꼬리뼈점		F6	바깥 복사점
소계	6		소계	6	
앞 면 실 루 엣	FS1	옆허리 돌출점	뒤 형 태	B1	넙다리뼈큰돌기점
	FS2	위앞엉덩뼈가시점		B2	엉덩이돌출점
	FS3	다리바깥 실루엣 변곡점 1		B3	불기고랑능선 위점
	FS4	다리바깥 실루엣 변곡점 2		B4	불기고랑점
	FS5	다리바깥 실루엣 변곡점 3		B5	오금점
	FS6	다리바깥 실루엣 변곡점 4		B6	장딴지돌출점
	FS7	다리바깥 실루엣 변곡점 5		B7	발뒤꿈치 형태점
	FS8	다리안쪽 실루엣 변곡점 1	소계	7	
	FS9	다리안쪽 실루엣 변곡점 2	총계	32	
	FS10	다리안쪽 실루엣 변곡점 3			
	FS11	다리안쪽 실루엣 변곡점 4			
	FS12	다리안쪽 실루엣 변곡점 5			
	FS13	다리안쪽 실루엣 변곡점 6			
소계	13				

모핑 포인트는 살종단 실루엣을 반영하는 포인트, 앞면 실루엣을 반영하는 포인트, 앞 형태 및 뒤 형태를 반영하는 포인트로 분류될 수 있다(Table 5).

#### 4. 모핑을 통한 대표체형 도출

이러한 결과를 바탕으로 대표체형 가상모델 생성을 위한 인체 형상 모핑을 실시하였다.

전처리 단계로 대표체형 그룹 내의 폴리곤의 수가 일정하도록 조정하여 폴리곤에 의한 영향을 통제 하였으며, 대표체형 그룹의 허리 위 10cm 부분과 가쪽 복사점 아래 부분의 형상을 제거하였다.

부피 및 자세축 요인에 의한 모핑 순서를 결정하기 위해, 우선 대표체형 그룹 중 하반신 체축 각도가 평균에 가까운 피험자 10명을 선정하였고, <Fig. 9>에서와 같이 부피가 가장 작은 A에서부터 부피가 가장 큰 J 까지 일렬로 나열한 후, 부피의 평균이 전체 평균과 차이가 나지 않도록 두 개씩 묶어서 토너먼트 형식으

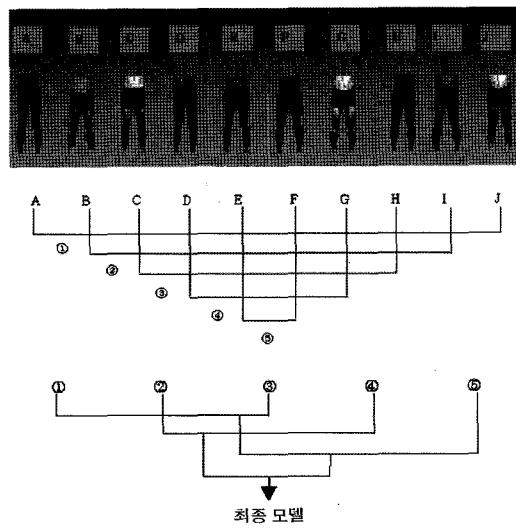


Fig. 9. 모핑 순서(토너먼트 표)

로 모핑을 실시하였다.

인체의 비대칭성을 고려하여 모델의 오른쪽을 기

준으로 대칭 형상을 만들기 위해, 배꼽점을 기준으로 오른쪽만 남기고, 왼쪽 형상을 제거한 후, 주형모델(template shell)과 기준모델(reference shell)에 각각 모핑 포인트를 찍어주었다.

모핑 과정을 통해 최종 형상을 얻은 후, mirror 기능을 사용하여 좌우 대칭의 대표형상을 추출하였다. 대

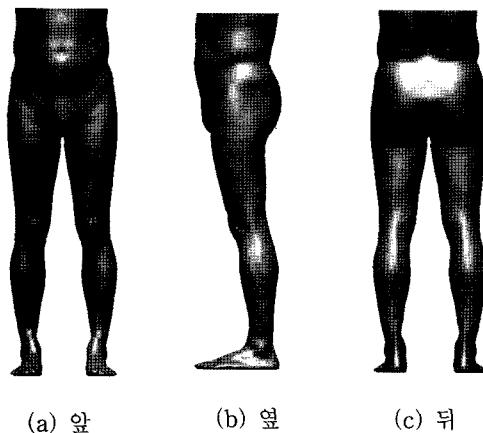


Fig. 10. 대표체형 가상모델 결과

표체형 도출 결과 인체의 부피감이 그대로 표현되었으며, 엉덩이부위, 삶부위 및 장딴지 근육 등이 사실적으로 변화하였음을 알 수 있다(Fig. 10).

## 5. 모핑 결과의 검증

### I) 주요부위 치수 비교

대표체형 가상모델의 모핑 결과를 검증하기 위해 본 연구에서는 2단계의 검증을 실시하였다.

먼저 모핑을 통해 생성된 대표체형 가상모델과 대표체형 그룹간의 주요부위 치수를 비교·검토하였다 (Table 6). 그 결과 높이항목을 제외한 대부분의 항목에서 대표체형 가상모델과 대표체형 그룹간의 차이가 크지 않으므로 모핑 결과물에 대표체형 그룹의 평균적인 치수가 반영되었음을 알 수 있다. 높이항목에서 치수의 차이가 난 이유는 대표체형 가상모델은 의류산업에서의 활용성을 높이기 위해 다리를 벌린 상태로 모델링 된 반면, 대표체형 그룹의 측정치는 다리를 붙인 상태에서 측정된 값이기 때문이다.

Table 6. 대표체형 가상모델과 대표체형 그룹의 치수 비교

(단위: mm)

항 목	대표체형 가상모델(A)	대표체형 그룹(B)	차이 (A-B)	항 목	대표체형 가상모델(A)	대표체형 그룹(B)	차이 (A-B)
엉덩이둘레	975	966	9	허리높이	1026	1042	-16
허리둘레	882	873	9	배꼽수준허리높이	977	985	-8
배꼽수준허리둘레	887	884	3	배높이	947	951	-4
배둘레	881	902	-21	위앞엉덩뼈가시높이	912	914	-2
넙다리둘레	609	611	-2	엉덩뼈능선점높이	959	978	-19
넙다리가운데둘레	508	518	-10	엉덩이높이	823	825	-2
무릎둘레	364	375	-11	불기고랑높이	734	737	-3
장딴지둘레	375	376	-1	샅높이	736	738	-2
종아리최소둘레	218	217	1	넙다리높이	838	846	-8
발목최대둘레	253	266	-13	장딴지높이	311	314	-3
샅앞뒤길이	764	786	-22	엉덩이수직길이	282	283	-1
넙다리길이	293	319	-26	무릎높이	436	438	-2
허리너비	314	306	8	무릎가운데접높이	451	455	-4
배꼽수준허리너비	314	312	2	가쪽복사점높이	61	59	2
배너비	308	317	-9	엉덩이옆길이	198	215	-17
허리두께	246	242	4	허리옆가쪽복사길이	973	997	-24
배꼽수준허리두께	239	237	2	다리가쪽길이	1034	1056	-22
배두께	241	246	-5	엉덩이너비	357	340	17
엉덩이두께	253	255	-2				

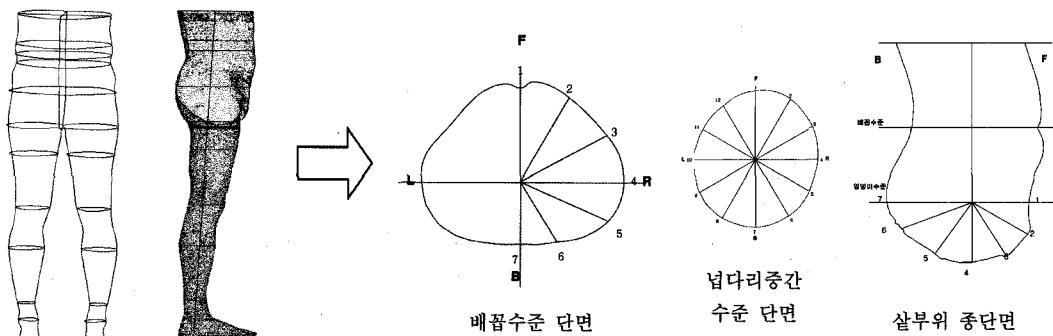


Fig 11. Rapidform을 이용한 평균 단면추출의 예

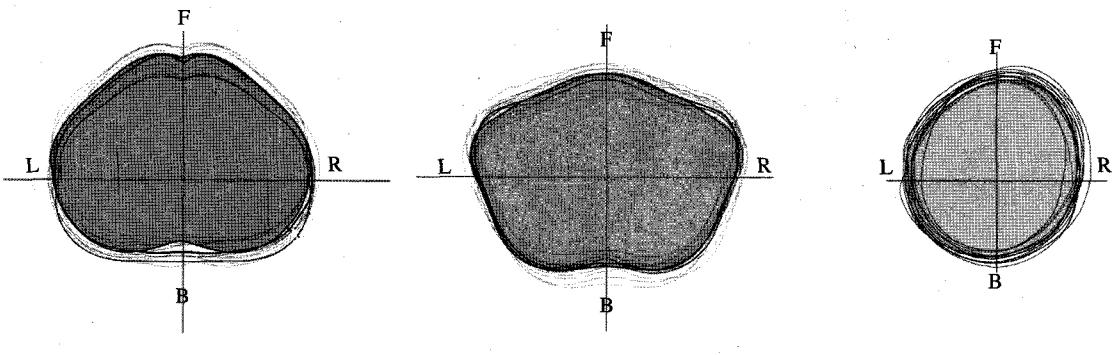


Fig. 12. 대표체형 가상모델(음영 단면)과 대표체형 그룹 10명의 단면(실선 단면) 비교

## 2) 주요부위 평균 단면 비교

대표체형 가상모델의 결과를 검증하기 위한 두 번째 단계로 주요부위 단면의 형상을 비교하였다. Rapidform 2004를 이용하여 대표체형 그룹 10명의 몸통부위 주요 단면 5개(허리위 100mm 수준, 허리둘레, 배꼽수준허리 둘레, 엉덩이둘레, 살종단면)와 다리부위 주요단면 5개(넙다리둘레, 넙다리가운데둘레, 무릎둘레, 장딴지둘레, 종아리최소둘레)를 추출하였다.

이들 10명의 주요부위 평균 단면을 추출하기 위해 몸통부위단면(허리위 100mm 수준, 허리둘레, 배꼽수준허리둘레, 엉덩이둘레)은 오른쪽 반쪽만 30°씩 나누어 길이를 측정하였고(총 7부위), 다리부위 단면은 전체를 30°씩 나누어 길이를 측정(총 12부위)하여 평균값을 구하였다. 살부위 종단면은 엉덩이 아래 부분을 30°씩 나누어 길이를 측정하고 평균값을 구하였다 (Fig. 11, Table 7).

그 결과 <Fig. 12>에서 보는 바와 같이 대표체형 그룹 10명의 주요 단면과 모평을 통해 형성된 대표체형

의 단면이 거의 유사한 경향을 보이고 있음을 알 수 있었다.

대표체형 그룹과 모평을 통해 형성된 대표체형의 주요부위 단면 측정치를 비교한 결과<Table 7>, 허리위 100mm 수준에서는 3, 허리둘레 수준은 3, 5, 6, 7, 배꼽수준허리둘레 수준의 경우 5, 6, 넙다리가운데둘레의 경우 2, 7, 8, 무릎둘레의 경우 7, 장딴지둘레의 경우 7을 제외한 모든 부위에서 1mm 이내의 차이를 보이므로 대표체형 그룹의 단면 평균치와 대표체형의 단면 측정치는 큰 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 따라서 단면의 평균적인 치수를 유지하면서 인체 형상을 3차원적으로 재현한 대표체형이 얻어졌음을 알 수 있다.

## IV. 결론 및 논의

본 연구에서는 체형의 변화가 큰 시기인 40대 남성 바지의 맞음새와 기능성을 향상시키는데 기여하고자,

Table 7. 대표체형의 단면 측정치와 대표체형 그룹의 단면측정치 평균 비교 (단위: mm)

단면의 위치	대표체형 그룹의 평균 단면												대표체형 가상모델의 단면												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
몸통부위	허리위 100mm	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						
	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						
	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						
	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						
	샅종단	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						
다리부위	넙다리	10.9	11.2	9.7	9.4	7.7	7.4	7.6	7.8	8.0	8.8	9.8	10.5	10.8	11.4	10.1	9.0	8.2	7.4	7.5	7.2	7.5	9.2	10.2	10.4
	넙다리 가운데	9.5	9.4	8.2	7.5	6.8	6.7	6.9	7.1	7.2	7.7	8.0	8.6	10.2	10.7	9.0	7.4	6.4	5.8	5.6	5.8	6.5	7.5	8.7	8.9
	무릎	7.2	6.7	5.7	5.8	5.5	5.7	5.8	5.2	6.0	5.8	5.5	6.0	7.7	6.3	5.4	5.7	4.9	5.1	4.9	4.5	5.2	5.5	5.1	6.1
	장딴지	5.1	5.5	5.6	5.7	6.5	7.2	7.9	7.2	6.5	5.9	4.6	4.6	5.4	6.0	5.9	5.7	6.2	6.4	6.3	6.5	6.3	5.8	4.8	4.5
	종아리 최소	3.9	3.4	3.0	2.8	3.0	3.3	4.0	3.7	2.9	2.7	3.2	3.9	4.4	3.7	3.2	3.0	2.9	3.2	3.6	3.8	3.2	2.9	3.2	4.1

\*\* 표에서 음영은 대표체형 그룹과 대표체형 가상모델간의 단면의 길이 차이가 1mm 이상인 곳을 표시함.

모핑 기법을 이용하여 대표체형 그룹의 평균적 형상을 가지면서도 인체의 사실적 형상이 반영된 가상피팅모델을 생성하고자 하였다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 40대 남성 254명에 대해 키 중앙 30%(1667~1709mm), 엉덩이둘레 중앙 30%(945~983mm), 드롭치 중앙 30%(66~98mm)의 구간을 대표체형의 구간으로 선정하였다. t-test를 통하여 대표체형 그룹과 전체 그룹의 인체측정치를 비교한 결과, 모든 항목에서 전체 집단과 대표체형 그룹의 평균치는 신뢰도 95% 구간에서 유의한 차이가 없어 대표체형 그룹은 전체 그룹을 대표한다고 볼 수 있다.

2. 모핑 대상물의 부피와 축의 기울기, 그리고 모핑 포인트의 위치 등 모핑에 영향을 미치는 주요 요소들을 선정하여 기하학적 도형 테스트를 실시하였다. 그 결과 대표체형 그룹 내에서 모핑의 순서를 정할 때 부피와 축의 기울기는 큰 것과 작은 것을 먼저 모핑하는 것이 바람직 한 것으로 파악되었다. 또한 모핑 결과의 신뢰도를 높이기 위해서는 두 모핑 대상의 형태적 특징을 잘 나타내는 곳에 모핑 포인트를 선정하여야 하며 형태적 특징점 이외의 모핑 포인트의 추가는 결과의 신뢰성을 높여주지는 못하는 것으로 파악되었다.

3. 대표체형 그룹 10명에 대한 부피와 하반신 체축 각도를 고려하고, 40대 남성 하반신의 형상의 특징을 잘 반영하는 곳에 모핑 포인트의 위치를 선정하여 모핑을 실시한 결과 인체의 부피감이 그대로 표현되었

으며, 엉덩이부위, 색부위 및 장딴지 근육 등이 사실적으로 변화하여 모핑 과정이 잘 이루어졌음을 알 수 있었다.

4. 모핑 과정을 통해 도출된 대표체형 가상모델의 타당성을 검토하기 위해 대표체형 가상모델과 대표체형 그룹간의 주요부위의 치수를 비교·검토 하였으며, 대표체형 그룹의 단면도를 분석하여 평균 단면을 구하였다. 그 결과 대표체형 그룹의 치수와 평균 단면은 모핑을 통해 형성된 대표체형과 거의 유사한 경향을 보였다. 따라서 평균 단면의 형태적 특징을 유지하면서 인체 형상을 3차원적으로 재현한 대표체형이 얻어졌음을 알 수 있다.

본 연구에서는 Size Korea 사업을 통하여 수집된 40대 남자의 3차원 인체형상자료를 이용하여 40대 남자 하반신 체형을 분류하고 40대 대표체형 집단을 모핑이라는 새로운 방법으로 인체의 형태적인 특징을 그대로 재현한 평균 형상을 만들어 제시하고자 하였다. 40대는 체형의 변화가 큰 시기로 남성의 바지는 퍼트 성 뿐만 아니라 동작기능성이 매우 중요시되므로 정확한 체형분석이 필요하다. 3차원 형상자료를 이용하여 체형변화가 큰 40대 성인 남자의 체형을 분류하고, 대표체형 가상모델을 개발함으로써 소비자가 on-line 상에서의 의류상품 구매 시 가상공간상에서 시작하여 맞음새가 향상된 상품을 구매할 수 있도록 하며, 사이즈로 인하여 발생하는 반품 및 재고율을 낮출 수 있을

것으로 고려된다. 본 연구는 비교적 단순한 인체 곡면을 가지고 있는 40대 남성의 하반신을 그 대상으로 하고 있으나 추후에는 여성을 비롯하여 다양한 체형에서도 모핑의 효과를 검증해야 할 필요가 있다. 또한 본 실험에서는 체축이 평균에 가까운 피험자를 선정하였으므로 체축 요소를 제외하였지만 다양한 체형에서의 각도 요인도 중요하게 고려되어야 할 것이다.

### 참고문헌

- 장득찬. (2002). 인터넷을 기반으로 한 가상현실 환경에서의 3차원 인체 구현. 창원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 권오현. (2001). 3차원 전신 측정기를 이용한 신체치수의 자동 추출 및 웹 모델링. 영남대학교 대학원 석사학위 논문.
- 김혜수. (2001). 개별주문 생산 실태와 수정 패턴의 차의 평가 -중년 비만 남성 정장 상의를 중심으로-. 가톨릭대학교 석사학위 논문.
- 김혜수. (2004). 3차원 측정에 의한 한국 성인 남녀의 머리 형태 분석. 가톨릭대학교 대학원 박사학위 논문.
- 박진순. (2001). 인터넷 가상피팅모델 개발을 위한 감성체형 연구. 연세대학교 대학원 석사학위 논문.
- 신규하. (2001). 인체 모델 변형을 이용한 3차원 아바타 컴퓨터시스템 개발. 한신대학교 대학원 석사학위 논문.
- 신승철. (2001). 패션코디를 위한 개인 체형에 의복 3D 모델의 정합. 명지대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이강일. (2006). 계층형 구조의 3D 인체 모델링 모듈 개발. 원광대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이상칠, 손권, 김성진. (2002). 한국인 인체 모델의 개발과 적용. 대한인간공학회지, 21(2), 13-23.
- 조준우. (2003). 인체 모델링을 위한 단면 곡선 및 곡면에 대한 연구. 영남대학교 대학원 석사학위 논문.
- 최우혁. (2001). 의복 3D 모델의 자동 생성과 3D 드래핑. 명지대학교 대학원 석사학위 논문.
- 최현영. (2001). 인터넷 마케팅을 위한 인체피팅모델 개발 방안에 관한 연구. 연세대학교 대학원 석사학위 논문.
- Au, C. K. & Yuen, M. M. F. (1999). Feature-based reverse engineering of mannequin for garment design. *Computer-Aided Design*, 31, 751-759.
- Ben Azouz, Z., Rioux, M., Shu, C., & Lepage, R. (2004). Analysis of human shape variation using volumetric techniques. *Computer Animation and Social Agents*, NRC 47147.
- Dekker, L., Douros, I., Buxton, B. F., & Treleaven, P. (1999). Building symbolic information for 3D human body modeling from range data. *Proceeding of the IEEE Computer Society*, 388-397.
- Jones, P., Li, P., Brooke, W. K., & West, G. M. (1995). Format for human body modelling from 3-D body scanning. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 7(1), 7-16.
- Seo, H. & Magnenat-Thalmann, N. (2003). An automatic modeling of human bodies from sizing parameters. *Proceedings of the ACM SIGGRAPH symposium on Interactive 3D Graphics 2003, Monterey, USA*, 19-20, 234.
- Wang, C. C. L., Wang, Y., & Yuen, M. M. F. (2005). Design automation for customized apparel products. *Computer-Aided Design*, 37, 675-691.