

의류 제품과 인체 사이의 공간 형상 추출 방법†

- 빈약 유방 여성을 위한 몰드 브라를 대상으로 -

Extracting Method of the Space Shapes between Clothing and the Human Body

- Focusing on the Mold Bra for Small-breasted Women -

이 현 영*

군산대학교 의류학과

Lee, Hyun Young

Dept. of Clothing & Textiles, Kunsan National Univ.

Abstract

In the design of stereoscopic clothing items, the 3D shapes of the space between clothing and body (SCB; Space shape between Clothing and Body) can be very important clues to improve the fit for various body shapes. Therefore, this research suggests a method for extracting the shape of SCB using the mold bra cup as an example. The SCBs were extracted from two kinds of 3D images, a small-breasted women's nude breast images and bra-wearing images. The mold bra cups were compressed by wearing, and the outer and lower part of the SCBs could not be obtained because of the movement of the breast volume in the bras. Therefore, the SCBs could not be applied to the design of the mold bra cups directly. However, the suggested method can be useful when it is applied to stiffer clothing items and body parts whose shapes are not changed easily, such as a helmet or other body protectors.

Keyword: extract of space shape, wearing image of clothing, small-breasted women, cup of mold bra, 3D image

I. 서 론

의류 연구에 3차원 측정 및 분석 시스템의 도입은 인체나 의복의 형상 연구에 있어 보다 정밀하고 효율적인 접근을 가능케 하였으며, 이로 인해 이제는 매우 보편적인 연구 도구로 자리 잡았다. 인체 측정에 있어서도 3차원 시스템은 대량의 인체 데이터를 매우 짧은 시간 내에 얻어내어 분석할 수 있는 기반을 마련해 주었으며, 특히 기존에 쉽게 얻어내기 어려웠던 인체의 표면적, 부피, 또는 인체 곡면의 곡률 등도 보다 정밀

하고 쉽게 얻어낼 수 있게 되었다(Lee et. al., 2004). 따라서 인체 전신에 대한 측정 외에도 상반신(Kim & Park, 2011)이나 하반신(Kim & Hong, 2012; Kang & Kwon, 2013), 유방(Lee, et. al., 2004), 손(Choi & Kim, 2004), 머리(Luimon et. al., 2012) 등에 대한 보다 세밀한 분석과 관련 의류 제품에 대한 연구들도 다 수 수행되어 왔다.

관련 연구들을 살펴보면 의류 제품의 설계를 위한 인체 측정 및 사이즈 체계의 분석 및 개선(Choi, 2013), 그리고 모핑 기법 등을 통한 대표 체형 제안

† 이 논문은 2011년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2011-0014748).

* Corresponding author: Hyun Young Lee

Tel. +82-63-469-4662, Fax. +82-63-469-4661

E-mail: hyl@kunsan.ac.kr

(Shin, et. al., 2011), 의류 제품 또는 실험 의복에 대한 맞춤새 분석 및 인체와 의복 사이의 공극량 분석을 통한 의복 적정 여유량 산정(Shim et. al., 2000), 인체 동작에 따라 의복에 요구되는 신축률 분석(Shon & Hong, 2009), 그리고 한 단계 더 나아가 3차원 셸(shell)을 2차원 패턴으로 조합하는 프로그램 개발과 이러한 종류의 프로그램들을 활용한 패턴 연구 등이 다수 이루어졌다(Jeong, et al., 2005; Kim et. al., 2012). 최근에는 가상착의 시뮬레이션 프로그램 개발이나 이를 이용한 의복 착의 평가 및 비교 연구들이 활발히 이루어지고 있다(Li, et. al., 2010; Lim, 2009).

그러나 몰드 브라나 헬멧 등의 바디 프로텍터들은 평면적인 직물들을 재단하는 방식보다는 처음부터 입체적인 설계가 요구되므로(Hankoon Archive, 2012), 인체 형상에 적합한 형태로 디자인하기 위해서는 인체 위에 볼륨이 있는 형상으로 설계하는 것이 보다 정밀하고 효율적인 접근 방법일 수 있다. 그러나 현재까지의 브라 연구들에서는 3차원 측정을 통해 1 또는 2차원적 측정값들을 얻어내고 이를 패턴 설계에 적용하거나, 3차원 인체 영상을 2차원 패턴으로 전개하는 방식 등이 주로 적용되어 왔다(Jeong & Hong, 2010). 그러나 이러한 방법은 몰드 브라 컵이나 영덩이 패드, 헬멧(Meunier et. al., 2000) 등과 같이 입체적인 아이템들에 활용하기에는 제한이 따르며, 그 내부에 위치하는 공간의 부피조차 파악하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 이러한 입체 형태의 의류 아이템 설계 시 원하는 착용 실루엣을 유지하면서 인체의 형상 데이터를 그대로 반영할 수 있는 새로운 접근을 시도하고자 하였다.

이를 위해 본 연구에서는 시도하고자 하는 방법을 빈약 유방 여성을 위한 몰드 브라 컵에 적용하였다. 몰드 브라는 유방 볼륨을 보완하는데 유용하여 특히 빈약 유방 여성들에게는 필수적인 아이템이나, 이들의 미묘한 체형으로 인해 시판 제품이 잘 맞지 않아 이에 대한 개선이 요구되고 있다(Cho & Kim, 2008; Lee, 2007; Sohn & Kweon, 2012). 특히 이들을 위한 브라는 과장되지 않은 자연스러운 실루엣의 연출이 매우 중요하여 적절한 볼륨과 형태의 결정이 절실하다. 그러나 브라에 대해서도 브라 착용 모습과 누드 유방의 스캔 영상으로부터 필요한 계측치를 뽑거나, 두 영상을 겹쳐놓고 대략적인 차이를 확인하는 정도의 연구들이 주로 수행되어 왔으며(Lee & Hong, 2007), 몰드 컵과 같은 입체적인 형상에 대한 연구나 설계에 대한 국내 연구는 거의 드

물다. 특히, 빈약 유방 여성들의 경우 몰드 브라를 착용하여도 내부 들뜸 문제가 심각한 것으로 보고되고 있으나(Lee, 2007; Sohn & Kweon, 2012), 어느 정도 수준인지에 대한 파악은 구체적으로 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 입체 형태의 의류 아이템 설계 시 원하는 착용 실루엣을 유지하면서 인체의 형상 데이터를 그대로 반영할 수 있는 새로운 접근을 시도하고자, 먼저 의류 아이템과 인체 사이에 존재하는 공간(SCB; Space between exterior bra Cups and Breasts)의 형상을 추출할 수 있는 방법을 제안하고자 하였다. 이 때 빈약 유방용 몰드 브라 컵을 개발을 위한 아이템으로 선정하여, 몰드 브라를 착용했을 때의 3D 영상과 누드 유방의 영상으로부터 그 사이에 존재하는 공간의 형상을 추출을 시도하였다. 이를 위해 빈약 유방 여성들의 누드 유방 영상과 몰드 브라의 착용 영상들을 3차원 스캐너로 촬영하여 SCB의 형상을 추출에 활용하였다. 그리고 SCB의 형상 분석을 통해 빈약 유방 여성들이 시판 몰드 브라를 착용했을 때의 문제로 지적되었던 들뜸의 수준이 어느 정도인지도 파악하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 피험자 특성

본 연구에서는 밑가슴둘레는 70 또는 75 사이즈의 브라 착용이 적합하고, 70A와 75A 사이즈의 컵의 차지 않는 20대 여성들을 대상으로 실험을 실시하였다. 빈약형 피험자 판정을 위해 선행연구(Cho & Sohn, 2001)에서는 유두높이 3cm 내외로 간주하여 판정한 바 있다. 그러나 가슴둘레와 밑가슴둘레의 편차로만 유방부피를 정밀히 예측하기는 어려울 수도 있음을 고려하여, 본 연구에서는 피험자들의 유두높이와 함께 3차원 계측시스템을 활용한 유방부피를 실측을 통해 본 연구에 참여할 피험자를 선정하였다. 즉, 3차원 유방 촬영과 분석을 통해 유두높이 2.5cm 이하, 유방부피 300cm³ 이하인 여성들만 빈약형으로 판정하여 피험자로 활용하였다.

그 결과 20대 여성 중 70AA 사이즈 4명, 75AA 사이즈 3명으로 모두 7명이 피험자로 선정되었다. 이 피험자들은 평균 1.5cm의 매우 낮은 유두높이를 보여 선행연구(Cho & Sohn, 2001)의 기준으로는 충분히 빈약형으로 분류될 수 있음에도 불구하고 가슴둘레와 밑가슴둘레의 편

차는 7.5cm 보다 다소 높은 피험자들이 포함되었다. 그러나 이들도 실험브라에 비해서는 유방볼륨이 충분히 작아 피험자로서 참여하는 데에는 무리가 없었다. 이 실험에 참여한 피험자들의 특성을 <Table 1>에 제시하였다.

2. 실험 브라의 특성

본 연구에 사용된 실험 브라의 특성은 <Table 2>에 제시하였다. 이 브라는 룽런 제품으로 현재도 매장에서 찾아볼 수 있는 제품이다. 이 브라의 경우 75A 이상의 사이즈만 출시되고 있어, 만약 밀가슴둘레가 70이하이거나 AA컵 이하의 여성들이 이 제품을 구매하고자 할 경우 75A컵을 구매할 수밖에 없었다. 그럼에도 불구하고 두 번의 선행연구(Lee, 2007; 2012)에서 모두 70AA와 75AA 사이즈 이하의 빈약 유방 여성들 모두에게 가장 적합한 브라로 평가되었다. 빈약 유방 여성들을 대상으로 다양한 형태와 두께의 7개 시판 몰드 브라에 대해 착용평가를 실시한 결과, 주관적 착용감과 외관평가에서 가장 선호되었

으며, 이 브라의 몰드 컵 두께는 다소 두꺼운 편이어서 유방 볼륨이 작아도 보완이 잘 된다는 평가를 받았다(Lee, 2007). 또한 이 연구에서 좋은 평가를 받았던 몇 개 제품과 신제품들을 포함하여 6개 몰드 브라를 다시 선정하고, 빈약 유방 여성들이 착용한 정면과 측면 모습에 대해 전문가 평가를 수행한 결과에서도, 본 연구에서 선정한 브라의 외관이 과장되지 않으면서도 가장 자연스러운 실루엣을 연출해주는 브라로 선정된 바 있다(Lee, 2012). 따라서 두 선행연구 결과와 룽런제품으로 판매되고 있다 점을 고려하여 실험브라를 선정하게 되었다. 또한 이 브라가 두께가 다소 두껍고 하컵에 볼륨이 집중된 형태임에도 불구하고 실험 브라로 결정한 것은 적어도 이 브라가 해당 사이즈의 빈약 유방 여성들이 만족할 수 있는 볼륨과 외관을 가졌기 때문에 문제가 되는 들뜸 문제만 더 개선된다면 빈약 유방 여성들에게 보다 더 만족스러운 브라를 제공할 수 있다고 판단하였기 때문이다. 그리고 이 실험 브라 착용시 몰드 컵과 공간이 합해진 SCB의 형상이 추출된다면 이를 바탕으로 어느 부분에서 어느 정도의 들뜸

<Table 1> Characteristics of subjects

Measurements	Bra size		75AA		Mean	
	70AA (n=4)	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Bust girth(cm)	79.0	1.8	80.8	1.8	79.8	1.9
Under bust girth(cm)	70.8	0.9	73.0	0.0	71.7	1.3
Breast volume(cm ³)	265.5	28.5	226.3	55.1	248.7	43.1
Height of bust point(cm)	1.7	0.4	1.2	0.7	1.5	0.6
Area of breast bottom(cm ²)	191.0	13.8	171.2	20.3	182.5	18.6
Volume/Bottom area	1.4	0.1	1.3	0.2	1.4	0.1

<Table 2> Characteristics of Experimental Bra

Size	75A
Type	3/4 cup
Materials	Polyamide, elastin
	Upper cup
Local thickness of mold cup (when it is pressed with 170g weight)	Bust point
	Center part of under cup
	Lowest part of under cup
	Volume of the mold cup
Surface area of the mold cup	272.9cm ²

이 있는지를 좀 더 구체적으로 파악할 수 있으므로 이에 대한 개선에 한발 더 다가갈 수 있을 것으로 사료된다.

3. 3D 계측 및 분석 방법

유방의 3D 계측방법과 유방 부피 계측 방법 등은 선행 연구(Lee et al., 2004)의 방법에 따라 수행하였다. 스캔 전에 주요 인체 계측점과 유방 윤곽선에 해당하는 포인트 등은 인체 상에 컬러 펜으로 마크해두었다. 3차원 스캐너로는 형상 정보와 함께 texture mapping 값을 동시에 입력받을 수 있는 Vivid 910을 이용하였고, 촬영한 영상은 RapidForm XOR3(3D systems Co.)로 분석하였다. <Table 3>에는 계측점의 명칭과 위치를 표시하였다.

3차원 영상은 누드 상태에서의 유방 형태와 실험 브라를 착용했을 때의 모습을 모두 촬영하였다. 자세와 호흡 등이 촬영 때마다 유지될 수 있도록 최대한 통제하였다. 그리고 두 영상을 겹쳐놓고 두 영상에서 유방 부분에 존재하는 공간(SCB)의 형상을 분리하여 단면의 길이 및 곡

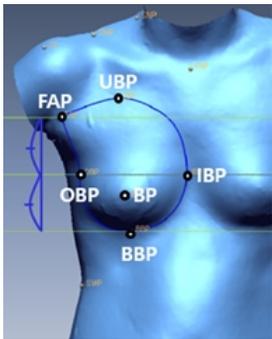
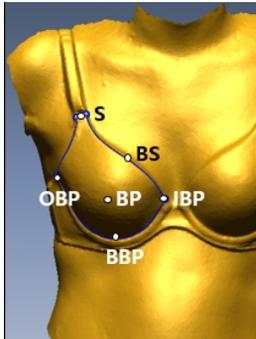
률 반경, 가장자리 두께, 밀면적 대비 부피 비율 등을 산출하였다.

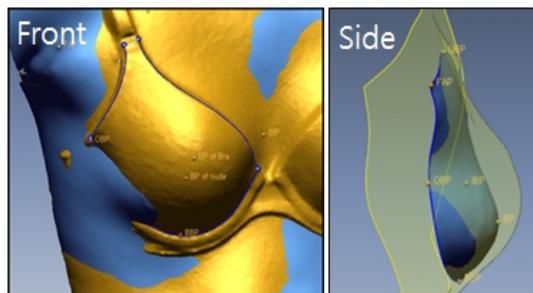
III. 연구결과 및 토의

1. 몰드 컵과 컵 내부의 들뜸 공간의 형상 추출방법

RapidForm XOR의 합성 기능들을 이용하여 누드 상태의 유방 영상과 실험 브라를 착용한 영상에서 유방 이외의 부분들이 최대한 일치하도록 두 영상을 겹쳐 놓았다. 실험브라 착용 시의 유방 영상과 누드 유방 영상을 겹쳐 놓았을 때의 정면과 측면 모습을 [Figure 1]에 제시하였다. 빈약 유방 여성들의 유방볼륨은 작지만 브라 착용에 의해 유방 외측의 볼륨이 중심 쪽으로 모아져 누드 외측이 브라착용 영상보다 돌출되어 있었다. 따라서 빈약 유방용 몰드 컵을 설계할 때 브라 착용 영상에서 누드 영상을 제거하여 몰드 컵의 형상을 직접 얻어낼 수는 없음을

<Table 3> Measurement points

Positions of measurement points		Symbols and explanations of measurement points
On the nude images	On the bra images	
		BP: bust point
		UBP: upper breast point
		IBP: inner breast point
		BBP: bottom breast point
		OBP: outer breast point
		FAP: front armpit point
		S: shoulder strap connecting point
		BS: intersecting point of the upper edge curve and the line of bisecting angle of $\angle S-BP-IBP$



[Figure 1] Overlapping two breast images

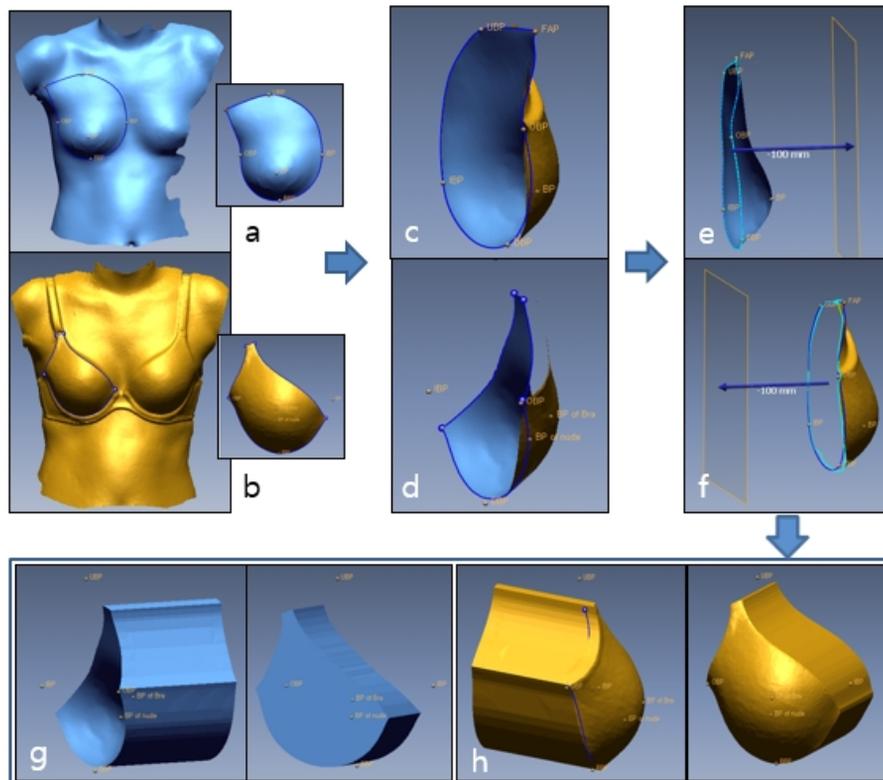
확인하였다. 대신, 브라 착용 영상의 유방 부분에서 추출한 surface를 누드 유방에 겹쳐놓은 측면 영상에서 누드와 브라 겹면의 빈 공간, 즉 몰드로 채워져야 하는 부분의 형상을 대략적으로 확인할 수 있었다. 또한 이 공간의 형태로부터 빈약 유방 여성들이 브라를 착용하였을 때에는 유방 하부 부분보다는 브라 컵의 유두점 부분뿐 아니라 유방 상부 부분의 들뜸 공간이 많음을 확인할 수 있었다.

그 다음 몰드 컵 착용 겹면과 누드 유방 사이의 공간(SCB) 부분을 추출해내고 분리해내는 방법은 [Figure 2~4]에, 그리고 분리된 공간 형상의 메쉬로부터 유두높이, 각종 길이, 곡률반경, 상변 들뜸분의 측정 방법은 [Figure 5]에 제시하였다.

가장 먼저 누드 유방 영상에서는 [Figure 2]의 a와 같이 3차원 촬영 전 마크해 놓은 계측점과 유방 윤곽선에 포함되는 점들을 참고로 유방의 윤곽선을 그린 후 유방 부분의 메쉬만 분리해 낸다. 그리고 브라 착용 영상에서 아래 그림 b와 같이 브라 컵의 윤곽을 따라 브라 컵 부분의 메쉬를 분리해 낸다. 이때 와이어 부분은 분리된 컵에 포함

되지 않았다. 누드 영상에서 분리해 낸 유방 메쉬는 'fixed normal' 기능을 활용하여 이면이 겹면이 되도록 c와 같이 뒤집는다. 두 메쉬 영상을 동시에 디스플레이하여 유방 메쉬와 브라 컵 메쉬가 겹쳐진 모습을 d와 같이 확인할 수 있다. 다음은 c와 d 각각의 메쉬에서 윤곽선 위의 점들을 이용하여 각각 한 개씩의 평면을 만든다. 그리고 이 평면과 평행하도록 각 메쉬의 이면쪽으로 10cm 정도 떨어진 곳에 e, f와 같이 각각 평면들을 만들고, 이 평면들을 향해 각각의 메쉬들을 'extrude'시킨다. [Figure 2]의 g와 h는 'extrude' 기능을 활용하여 solid block들로 변형된 유방과 브라 컵 부분의 영상을 보여준다.

입체 형태로 변형된 [Figure 2]의 g와 h의 두 solid block들을 실제로 동시에 디스플레이 시키면 [Figure 3]의 a와 같이 겹쳐있다. 그리고 이 때 두 solid는 [Figure 3]의 b와 같이 내부에 겹쳐있는 교집합 부분이 존재하게 된다. 이 부분이 바로 얻어내고자 했던 SCB 부분이다.



[Figure 2] Forming process of the breast shell and bra cup shell into the two solid blocks

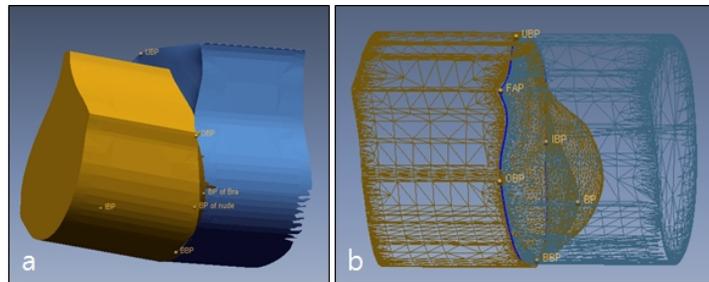
이 유방과 브라 컵의 solid block 들이 겹쳐 교집합을 이루는 부분, 즉 SCB의 형상만을 'boolean' 기능을 활용하여 [Figure 4]와 같이 분리해냈다. [Figure 4]의 a~c는 분리해 낸 SCB의 형상을 여러 방향의 모습을 제시한 것이고, d는 유방 위에 놓였을 때의 모습을 보여준 것이다. [Figure 4]의 추출된 공간의 형상은 누드 유방 위와 브라 컵 표면 아래의 공간에 해당하는 부분의 영상이다.

그러나 이렇게 추출된 SCB의 형상은 브라 몰드 컵의 형상으로 그대로 사용할 수 있는 형상이 아니었다. 브라 착용으로 인해 유방 외측 하부의 부분이 위쪽과 내측으로 일부 볼륨이 이동함으로써 누드 영상이 브라 착용 영상보다 밖으로 돌출되어 외측 하부의 부분을 추출되지 않았다. 더구나, 브라 밖으로 돌출된 유방 부분의 형상은 해당 소프트웨어로는 추출이 되지 않는 한계가 있었다. 따라서 SCB의 형상은 추출하였지만 제품 설계에 직접 적용할 수는 없음이 파악되었다.

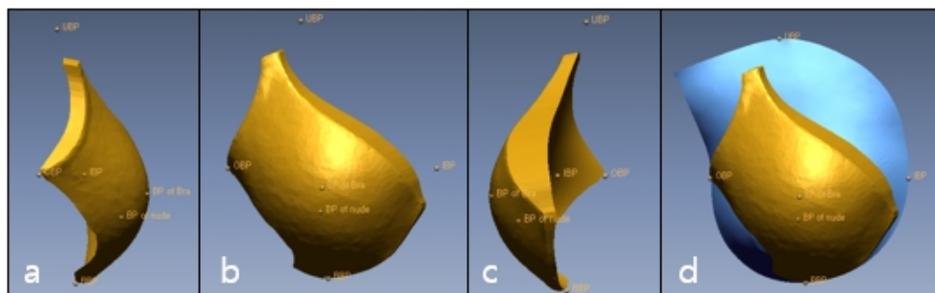
그러나 SCB의 관찰과 분석을 통해 들뜸 부위와 정도를 한눈에 파악할 있고 경향을 파악할 수 있는 정량적 수치도 얻어낼 수 있다. 이를 위해 [Figure 5]은 추출된 공간의 형상으로부터 몇몇 정보들을 얻기 위해 추출된 공간 형상을 분할하는 과정을 제시하였다. 먼저 b의 BBPL과 같이 내연점, 하연점, 외연점을 지나는 유저평면을 만들었다.

그리고 몰드 컵의 유두점(BP)에 해당하는 점을 유저평면에 수직으로 투영시키면 점을 얻었다. 그 투영된 점과 유두점을 지나는 벡터를 얻은 후, [Figure 5]의 a와 같이 그 벡터와 내연점(IBP), 하연점(BBP), 외연점(OBP), 브라 어깨끈이 달리는 부분의 중간 지점(S)을 각각 지나는 평면 4개를 생성시켰다. 그리고 빈약 유방 여성들의 경우 브라 착용시 컵의 상변이 들뜨는 경향이 있어, 내연점을 지나는 평면과 상연점을 지나는 평면이 이루는 이등분각을 찾아 평면을 하나 더 만들었다(a의 BS). 이렇게 얻은 5개의 평면으로 c, d와 같이 SCB 형상을 5개 조각으로 분할하였다. 그리고 이렇게 분할된 조각들의 측면 형상을 통해 SCB의 형상을 보다 구체적으로 관찰할 수 있었다. 그중 e는 SCB를 BP에서 S와 BBP를 잇는 평면으로 분할한 모습이며, f는 IBP와 OBP를 지나는 평면으로 분할한 모습이다. 또한 e의 영상은 빈약 유방 여성들의 브라 상컵 내에 얼마나 많은 공간이 있는지에 대한 정보를 제공한다.

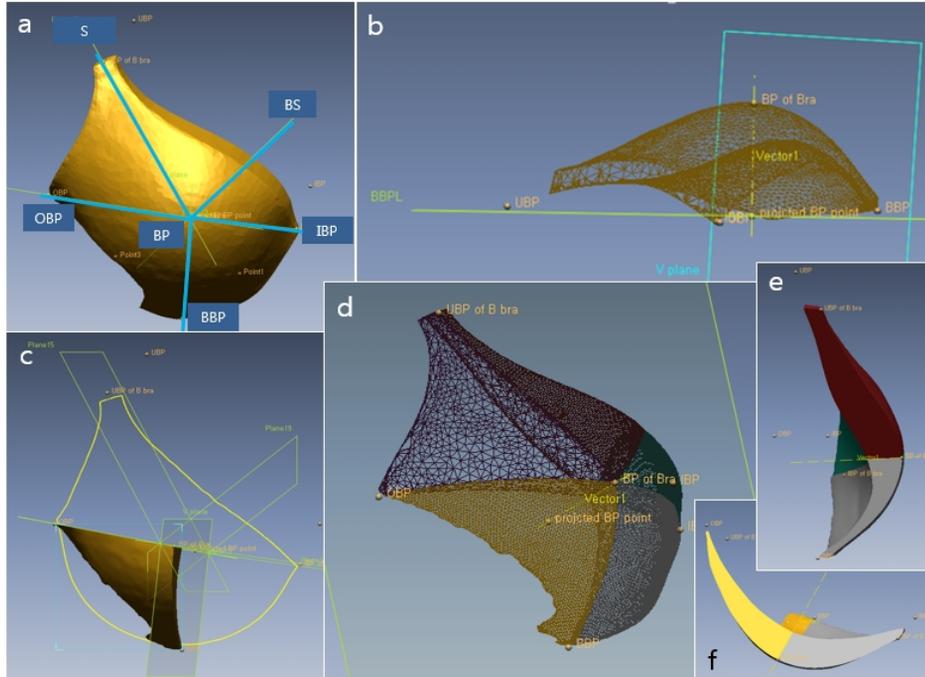
또한 분할된 공간의 각 조각으로부터 단면 형태의 관찰 뿐 아니라 부피나 길이, 곡률반경 등의 정보를 얻을 수 있다. [Figure 6]의 a와 b는 절단된 조각의 측면 형상으로부터 몰드 안팎의 직선거리 및 곡률반경의 측정방법을 제시하였다. 그리고 c와 d는 몰드 컵 상변의 가장자리의 두께 측정을 통해, 들뜸 정도를 측정하는 방법을 제시하였다.



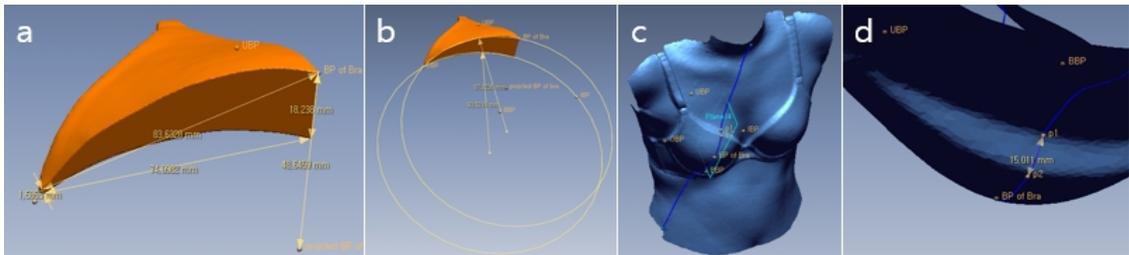
[Figure 3] Overlapping the two solid blocks of breast and bra cup



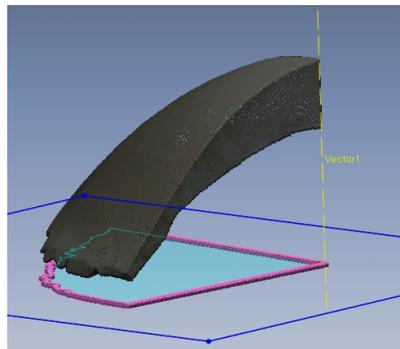
[Figure 4] Extruded shape of the SCB between the nude breast and surface of bra cup



[Figure 5] Split method of the extracted SCB



[Figure 6] Measurement of radius of curvature for sectional edge curves and gaped distance between bra surface and skin



[Figure 7] Bottom area of the separated piece

인체 영상에서의 내연점(IBP), 상연점(UBP), 외연점 (OBP), 하연점(BBP)를 지나는 평면을 만들고, 이 평면에 추출된 공간형상이 투영되었을 때의 면적을 밀면적으로 사용하였으며, [Figure 7]에 그 방법을 나타내었다.

2. SCB에 대한 분석

SCB의 형상을 추출하였지만 유방의 형태가 브라로 보정됨에 따라 그 형태가 누드 때와는 달라져 유방 외측 하부의 형상이 추출되지 않음으로써 SCB에 대한 분석 값을 몰드 컵 설계에 직접적으로 적용하기는 어려움이 밝혀졌다. 그러나 SCB의 단면형태나 밀면적 대비 부피비 등을 통해 어느 부분에 얼마나 들뜸이 심각한지에 대한 부위별로 객관적 수치를 통해 비교가 가능하다. 실제로 본 연구의 실험 브라가 빈약 유방 여성들이 가장 선호한 브라로 평가되었던 선행연구(Lee, 2007)를 보다 구체적으로 살펴보면, 본 연구에 사용된 실험 브라는 종합적으로 가장 좋은 평가를 받았음에도 불구하고, 브라의 상컵 내부와 상변의 밀착성에 대한 평가는 7점 척도에서 각각 평균 4.0과 3.6 수준으로 보통 이하인 것으로 나타나 상컵과 상변 부분이 여전히 들뜸 있음을 확인할 수 있었다. 또한 하컵 내부의 밀착성에 대해서도 4.9로 상컵 부분보다는 밀착성이 좋으나 매우 높은 편은 아니어서 하컵 부분에 볼륨이 편중되어 있는 스타일임에도 불구하고 하컵 부분까지도 들뜸있는 부분이 있음을 추정되었다. Lee(2012) 연구에서도 본 연구의 실험 브라는 가장 우수한 평가를 받았지만, 브라의 컵 사이즈 및 형태에 대한 평가 점수는 7점 척도에서 평균 5.0 수준이었다. 따라서 두 번에 걸친 선행연구들에서 본 연구 사용된 실험브라가 시판 브라들 중 가장 우수한 평가를 받았을지라도, 브라의 컵의 내부와 상변의 들뜸 문제는 여전히 심각하며 이에 대한 해결이 요구됨을 알 수 있었다. 따라서 컵이 들뜨는 부분과 양에 대한 정보를 조금이라도 더 구체적으로 얻어낸다면, 이에 대한 문제해결에 좀 더 다가갈 수 있을 것으로 판단되어 보다 정

량적인 분석을 수행하였다.

앞의 <Table 3>에서 유두점(BP)으로부터 주요 기준점들(IBP, BBP, OBP, S, BS)을 잇는 평면을 기준으로 분할된 공간 형상의 단면에서 내·외부 표면길이와 직선길이, 그리고 곡률반경을 측정하였고, 그 결과를 <Table 4>에 정리하였다. 분할된 단면의 평균 표면거리는 내부 쪽이 6.3cm, 외부 쪽이 6.7cm 수준이었고, 평균거리는 내부가 6.2cm, 외부가 6.5cm 수준으로 나타났다. 그리고 평균 곡률반경은 내부가 11.7cm, 외부가 7.1cm이었다.

한편, 각각의 단면에서 공간의 가장자리에 해당되는 부분의 두께와 브라 컵의 유두점에 해당하는 부분에서의 두께는 <Table 5>에 정리하였다. 가장자리의 두께는 브라 컵의 상변 중점인 BS가 1.3cm, 그 다음은 내연점(IBP)에서 1.1cm로 크게 나타나 이 부분이 잘 맞지 않고 브라 가장자리가 많이 들뜸 있음을 알 수 있었다. 하연점(BBP)에서는 0.4cm의 두께가 관찰되었으나, 이는 들뜸 보다는 몰드 브라 컵 자체의 두께에 기인한 것으로 보인다. 실제로 선행연구에서도 해당 브라의 하컵 중간 부분을 500g의 추로 가압한 후 두께를 측정하였을 때 0.4cm 이내로 압축됨이 확인된 바 있다. 따라서 빈약 유방의 경우 브라 내연점부터 상변부분의 들뜸 분을 제거해 주는 것이 반드시 필요하며 그 수치는 평균 1.3cm 수준임을 확인할 수 있었다. 한편, 유두점 부분에서는 평균 1.5cm 정도의 두께가 관측되어 몰드 자체의 두께와 들뜸 공간으로 이루어진 두께가 매우 큼을 알 수 있었다. 그런데 유두부분의 몰드 컵 두께가 두껍지 않은 브라라는 점을 감안하면 이 부분에서의 SCB 두께 상당 부분이 들뜸에 의한 것일 확률이 높다.

(Table 4) Length and curvature features at the divided sections of spaces

Sections	Surface distance(cm)				Distance(cm)				Radius of curvature(cm)			
	Inside		Outside		Inside		Outside		Inside		Outside	
	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.
BP~IBP	5.6	0.4	5.8	0.7	5.5	0.4	5.6	0.6	12.8	3.6	6.6	0.9
BP~BS	4.3	0.5	4.3	0.4	4.3	0.5	4.2	0.4	17.2	9.0	5.5	0.7
BP~S	9.5	0.3	9.8	0.4	9.4	0.3	9.7	0.3	14.0	6.6	8.1	2.6
BP~OBP	6.4	0.8	7.0	1.1	6.2	0.9	6.7	1.0	8.3	3.0	8.2	1.0
BP~BBP	5.8	0.5	6.4	0.5	5.6	0.3	6.2	0.4	6.4	1.7	7.3	0.6
Average	6.3	0.5	6.7	0.6	6.2	0.5	6.5	0.5	11.7	4.8	7.1	1.2

<Table 5> Thickness at the edges and BP

	Section	Avg.	S.D.
Thickness at edges	IBP	1.1	0.7
	BS	1.3	0.8
	S	0.5	0.4
	OBP	0.1	0.1
	BBP	0.4	0.2
Thickness at BP		1.5	0.2

<Table 6>은 분할된 조각들의 밑면적과 부피, 그리고 밑면적에 대한 부피 비율의 평균값들을 정리한 것이다. SCB의 평균 밑면적은 65.2cm², 부피는 68.0cm³의 수준으로 나타났다. 각 조각들의 면적은 다르므로 밑면적 대비 부피의 비율을 계산하였다. 그 결과 내연점(IBP)과 상변 위의 점(BP)을 잇는 조각의 비율이 1.5로 가장 높았고, 그 다음은 상변 위의 점(BS)과 어깨끈이 달리는 S를 잇는 조각이 1.3으로 나타났다. 즉, 위의 두 부분은 실험 브라가 상컵 부분은 얇고 대부분의 볼륨이 하컵에 분포되어 있는 특성에도 불구하고, 면적 대비 큰 부피를 보이고 있어 상컵에서의 들뜸 문제가 심각함을 확인할 수 있었다. 한편 하연점(BBP)과 내연점(IBP)을 잇는 부분에서는 1.2로 다소 높은 볼륨비율이 관찰되었지만 들뜸 보다는 실험 브라의 하컵이 두꺼웠기 때문에 나타난 현상으로 추정된다.

이상과 같이 빈약 유방 여성들의 누드 유방 영상과 좋은 평가를 받았던 시판 몰드 브라 착용시의 영상으로부터 빈약 유방 여성들을 위한 몰드 컵 설계시 필요한 브라 겉면과 유방 피부면 사이의 공간 형상을 추출하여 분석한 결과, 추출된 공간의 형상으로부터 빈약 유방 여성들이 브라를 착용하였을 때 몰드 컵의 볼륨과 들떠 있는 공간

이 어떠한 형상을 이루고 있는지와 상변 부분의 들뜸이 평균 1.3cm 수준으로 매우 큼이 확인되어 이에 대한 문제 해결이 요구됨을 확인할 수 있었다.

3. 토론

본 연구에서는 의류 제품과 인체 사이의 공간의 형상을 추출하여 제품 설계에 직접적으로 적용할 수 있는 방법을 제안하고자 하였다. 방법 자체로는 인체와 의복 사이의 공간을 잘 분리해 낼 수 있었지만 유동성과 형태변형이 큰 유방과 브라의 특성으로 인해 제품 설계에 직접 적용할 수 있는 형태를 얻어내는 데는 한계가 있었다. 즉, 브라의 보정 효과로 인하여 유방의 볼륨이 내측과 위쪽으로 이동하면서 SBC의 외측 하부 볼륨은 얻어낼 수가 없었고, 유방 전체의 형상도 브라 착용에 의해 변형되었을 것이므로 누드 유방의 것과는 달랐을 것이다. 또한 몰드 브라 자체의 형상이 인체 착용시 받는 하중과 인장으로 변형되었다. 실제로 실험 브라의 몰드 컵만을 분해하여 3차원 스캐너로 스캔 한 후 부피를 분석한 결과 92.6cm³이었으나 본 연구에서 추출된 SCB의 부피는 평균 68.0cm³로 훨씬 작았다. 물론 SCB의 부피에는 와이어 봉제로 덮인 부분의 몰드 컵 하단의 0.7cm 가량의 가장자리 부분의 부피는 포함되지 않았지만 착용에 의해 폼이 압축되면서 부피 감소가 있었을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 제안한 방법은 유방이나 몰드 브라와 같이 착용시 크게 변형되는 부위와 아이템에는 적용에 한계가 있음을 알 수 있었다.

그러나 인체 형상을 기반으로 정밀한 설계가 가능한 기술이므로 레저스포츠용 보호대나 유방 재건술 등 여러 분야에 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 예를 들어, 유방

<Table 6> Bottom areas and volumes of divided pieces of the space

Divided pieces of the space	Bottom area (cm ²)		Volume (cm ³)		Ratio of volume/bottom area	
	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.
IBP~BS	8.2	0.7	12.7	4.4	1.5	0.4
BS~S	14.3	2.3	18.8	6.5	1.3	0.3
S~OBP	24.5	1.1	24.0	8.7	1.0	0.4
OBP~BBP	18.2	2.6	12.5	3.5	0.7	0.1
BBP~IBP	24.3	2.5	29.6	8.6	1.2	0.3
Sum	65.2	-	68.0	-	-	-

재건 수술에서는 특별히 절제되지 않은 유방의 영상과 절제된 유방의 영상을 이용하여 수술로 복원시켜야하는 유방의 정확한 볼륨과 형상 정보를 얻을 수 있다. 뿐 아니라 유방 절제술을 받은 환자가 한쪽 유방을 절제하였고 보정용 브라를 착용해야한다면, 절제되지 않은 쪽에 브라를 착용했을 때의 영상과 절제된 유방의 영상을 모두 촬영하여 위의 방법으로 보정물의 부피와 형상을 정밀하게 얻어낸 후, 이를 브라로 제작하면 절제된 유방 환부의 형상에 적합하면서도 좌우 유방이 대칭적으로 잘 보정된 브라를 얻어낼 수 있다. 또한 헬멧과 같이 머리의 형태에 잘 맞아야 하는 경우 헬멧을 쓴 머리와 쓰지 않은 머리의 스캔 영상을 이용하여 헬멧 내부 형태까지도 잘 맞게 설계할 수 있을 것이며, 정강이 보호대와 같은 다른 부위의 보호대 설계에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 결론

본 연구에서는 인체에 착용된 의류 아이템과 인체 사이의 공간 형상을 추출할 수 있는 방법을 제안하고자 빈약 유방 여성용 몰드 브라 컵의 착용 영상과 누드 영상으로부터 몰드 컵과 들떠있는 빈 공간으로 이루어진 공간의 형상을 추출하고자 하였다. 의복 아이템과 인체 사이의 공간은 제안된 방법에 의해 추출이 가능하였으나, 본 연구에서 방법을 적용했던 아이템과 인체 부위의 소프트하고 유동적인 특성으로 인해 기대했던 온전한 몰드 컵의 형상을 직접 얻어낼 수는 없었다. 즉, 유방의 보정 성능으로 인해 유방 외측의 볼륨이 내측과 위쪽으로 이동했고, 이로 인해 외측 하부의 형상이 없어진 공간 형상만 얻어낼 수 있었다. 따라서 이 연구에서 제안한 연구방법은 인체의 형상을 그대로 제품 설계에 적용이 가능한 것은 매우 유용할 수 있으나 힘에 의해 변형이 많은 의류 아이템이나 인체 부위에는 적용하는데 한계가 있음을 알 수 있었다.

그러나 3차원 입체 형상의 아이템을 인체 형상에 잘 맞게 수정하거나 이를 바탕으로 설계하기 위해서는 매우 유용한 방법일 수 있으며, 적용 가능한 분야도 매우 다양할 것으로 기대된다. 후속 연구로는 위의 방법이 보다 유용하게 활용될 수 있는 아이템들에 적용을 통해 얼마만큼의 효과가 있는지 검증이 요구되며, 빈약 유방 여성용 몰드 컵 설계를 위해서는 위에서 얻어진 기초 자료를 참고로 보다 정밀한 설계가 가능한 연구방법이 마련

될 필요가 있다.

주제어: 공간 형상 추출, 의류제품의 착용 영상, 빈약 유방 여성, 몰드 브라 컵, 3차원 영상

REFERENCE

- Cho, E. J. & Sohn, H. S. (2001) A study on the poor breast shapes for 20's women, *Journal of Costume Culture*, 9(1), 11-18.
- Cho, S. H. & Kim, M. S. (2008). Brassiere Pattern Development Based on 3D Measurements of Upper Body; Focused on Women in Their 30's, *The Research Journal of the Costume Culture*, 16(3), 488-501.
- Choi, H. S. & Kim, E. K. (2004). The Database Development of 2-D and 3-D Hands Measurement for Improving Fitness of Gloves, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 28(9/10), 1300-1311.
- Choi, Y. I. (2013). Size Specifications of Females Aged between 7 and 18 for 3D Body Model Development, *Fashion and Textile Research Journal* 15(2), 247-255.
- Hankoon Archive (2012, October 5). Freeform systems; From the design of Molded Bra Cup to the Manufacturing of the Mold Case, Retrieved June 26, 2014. <https://www.youtube.com/watch?v=MioydtctY64>.
- Jeong, Y. H., & Hong, K. H. (2010). Development of 2D Patterns for Cycling Pants Using 3D Data of Human Movement and Stretch Fabric, *Journal of Korean Association of Human Ecology*, 19(3), 555-563.
- Jeong, Y. H., Hong, K. H. & Kim, S. J. (2005). Method of 3D Body Surface Segmentation and 2D Pattern Development Using Triangle Simplification and Triangle Patch Arrangement, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 29(9/10), 1359-1368.

- Kang, M. J. & Kwon, Y. A. (2013). An analysis on the Fit Preferences of Breeches using 3D Lower Body Scan data, *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 15(6), 1000-1009.
- Kim, H. J. & Park, S. J. (2011). Torso Pattern Design for Korean Middle-Aged Women using 3D Human Body Scan Data, *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 13(4), 600-613.
- Kim, S. Y. & Hong, K. H. (2012). Engineering Design Process of Tight-fit Sportswear using 3D Information of Dermatomes and Skin Deformation in Dynamic Posture, *Journal of Korean Association of Human Ecology*, 21(3), 551-565.
- Kim, T. G., Park, S. J., Park, J. W., Suh, C. Y. & Choi, S.A. (2012). Technical Design of Tight Upper Sportswear based on 3D Scanning Technology and Stretch Property of Knitted Fabric, *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 14(2), 277-285.
- Lee, H. Y. & Hong, K. (2007). Optimal brassiere wire based on the 3D anthropometric measurements of under breast curve, *Applied Ergonomics*, 38, 377-384.
- Lee, H. Y. (2007) Evaluation of Commercial Mould Brassieres for Women with Poor Breasts, *Journal of Korean Association of Human Ecology*, 16(6), 1211-1221.
- Lee, H. Y. (2012) Comparisons of the Wear Appearances and Sensation of Mold Brassieres according to Breast Types; Comparisons between Small-breasted Women and Normal Women, *Proceedings of The Society of Fashion & Textile Industry, Fall Conference, Korea*, 317-320.
- Lee, H. Y., Hong, K., & Kim, E. A. (2004). Measurement protocol of women's nude breasts using a 3D scanning technique, *Applied Ergonomics*, 35, 353-359.
- Li, J., Ye, J., Wang, Y., Bai, L. & Lu, G. (2010). Fitting 3D garment models onto individual human models, *Computers&Graphics*, 34, 742-755.
- Lim, J. (2009). Development of Men's suit Easy-Order Prototype using Cyber Fitting 3D Avatar, *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 11(2), 308-314.
- Luximon, Y., Ball, R. & Justice, L. (2012). The 3D Chinese head and face modeling, *Computer-Aided Design*, 44, 40-47.
- Meunier, P., Tack, D., Ricci, A, Bossi, L., & Angel, H. (2000). Helmet accommodation analysis using 3D laser scanning, *Applied Ergonomics*, 31, 361-369.
- Shim, K. N., Kim, J. S. & Lee, W. J. (2000). Computation of Ease-Rate in Basic Bodice Pattern by Analysis of Multiple Cross Section, Using 3-D Measuring Instrument, *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 2(4), 360-365.
- Shin, J. Y, Choi, Y. L, & Nam, Y. J. (2011). Development of a Representative Model for Different Body Shapes of 18-24 Aged Women; An Application of a 3D Morphing Technique, *Journal of the Korean Society for Clothing Industry*, 13(4), 590-599.
- Sohn, B. H. & Hong, K. H. (2009). A Study of the Variations by Motion of the Lower Body Using 3D Body Surface Scan Data of a Man in His Early Twenties, *Journal of Korean Association of Human Ecology*, 18(3), 729-740.
- Sohn, B. H. & Kweon, S. A. (2012). A Survey on Wearing of Brassieres according to Body and Breast Type of College Women, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 36(8), 791-801.

Received 28 March 2014; 1st Revised 27 June 2014;

Accepted 30 July 2014