

3D 핸드형 스캐너와 3D 프린팅 기술 기반 드레이핑용 커스텀 메이드 드레스폼 개발

유은주 · 송화경^{1)†}

이화여자대학교 의류산업학과

¹⁾경희대학교 의상학과

Development of a Custom-Made Dress Form for Draping Based on 3D Handheld Scanners and 3D Printing Technology

Eun Joo Ryu and Hwa Kyung Song^{1)†}

Dept. of Fashion Industry, Ewha Womans University; Seoul, Korea

¹⁾Dept. of Clothing and Textiles, Kyung Hee University; Seoul, Korea

Abstract: This study aimed to develop a custom-made dress form for draping using a live model's 3D body scan obtained from an entry-level 3D handheld scanners, 3D modeling software and 3D printing technology. A female subject was recruited whose body size fell under the normal (N) body shape criteria suggested by KS K 0051. First, the handheld scanner reduced the length of the legs in scanning, but most of the scanning operations between the neck and crotch levels were conducted accurately. Therefore, this study was designed to develop a torso dress form. The full body 3D scan was edited into a torso shape using ZBrush® software. Using Rhinoceros® and Materialise's Magics software, a 3D body scan was modeled so that the user could fit two types of mannequin stands (one with a neck fixation from above and one with an insert from below) to the dress form. The body scan was divided into 9 pieces to fit the printable size of the Stratasys 3D printer Fortus 250mc, and the cross-sectional distance from the center to the periphery was downsized by 2 mm. After outputting the dress form scan file with a 3D printer, the dress form was manufactured by the first covering it with a 4 oz nonwoven pad and the second covering with a single jersey material.

Key words: 3D handheld scanner (3D 핸드형 스캐너), 3D printing (3D 프린팅), dress form (드레스폼), custom-made (맞춤형), draping (드레이핑)

1. 서 론

드레이핑용 드레스폼(dress form)은 의류제품 생산에 필수적인 생산도구나 구입 후 재구입율이 낮아서 중요성에 비해 산업규모가 작고 연구투자가 덜 이루어지고 있다(Chang, 2016). 특히 교육용으로 이용하기 적합한 드레이핑용 드레스폼은 2-3종에 불과하고 드레스폼 생산업체는 해외의 제품을 복제하거나 수년간 제작해온 경험을 바탕으로 형태와 치수를 변화시키며 생산하고 있다.

따라서 학계를 중심으로 한국인 체형에 적합한 드레스폼 제작에 관한 연구가 이루어지고 있는데 대부분 표준체형이나 평균체형을 반영한 드레스폼 개발에 관한 연구이며(Do & Choi,

2018; Koo & Lee, 2005; Park, 2015; Suh & Oh, 2012) 개인의 체형을 반영시킬 수 있는 커스텀 메이드(custom-made) 드레스폼 제작에 관한 연구는 부재한 실정이다. 기성복 업체의 경우는 표준이나 평균체형을 반영한 드레스폼 사용이 가능하지만, MTM(made-to-measure, 개인 맞춤) 의류업체가 드레이핑 기법을 이용하여 의류를 제작하기 위해 사용가능한 드레스폼은 없는 실정이며, 교육기관에서도 드레이핑 기법을 이용하여 학생 개인의 작품을 제작하고자 할 때 사용할 적절한 드레스폼은 부재한 실정이다.

드레스폼 개발에 관한 선행연구들은 2000년대 초반까지는 인체 측정을 위하여 마틴계측기를 이용한 직접측정 방법이나 카메라나 모이레 촬영기법을 이용한 간접측정 방법을 이용하였으나, 2003년 이후부터는 대부분 Cyberware사의 WB4나 일본 Hamamatsu사의 Bodyline Scanner와 같은 고정형 3D 전신 스캐너를 이용하여 획득된 3D 인체 형상 데이터 및 인체치수를 이용하여 드레스폼을 개발하였다.

그러나 고정형 3D 전신 스캐너는 고가이고 규모가 크기 때문에 소규모 업체나 교육기관에서 구입이 힘든 실정이다. 이에 반해 3D 핸드형 스캐너(handheld scanner)는 저가이고 경량이

†Corresponding author; Hwa Kyung Song

Tel. +82-2-961-9180

E-mail: hksong@khu.ac.kr

©2022 Fashion and Textile Research Journal (FTRJ). This is an open access journal. Articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

며 정밀도도 높아지고 있어서 의류학 분야에서도 활용가능성을 파악하는 연구들이 진행되고 있다. 국외 연구로 Xia et al.(2019)은 보급형 3D 핸드형 스캐너인 Structure Sensor by Occipital의 정확도를 13개 측정항목에 대해 마네킹 스캔의 측정치와 줄자를 이용하여 측정한 직접측정치와 비교하여 검증한 결과, 의류제작에 허용치 내의 오차가 발생한다고 밝혔다. 국내 연구로 Zhang et al.(2021)은 동일한 보급형 3D 핸드형 스캐너를 이용하여 68개 항목에 대해 라이브 모델의 스캔측정치와 직접측정치와 비교하여 정확도를 검증한 결과, 다리 길이가 축소되는 문제점이 있었지만, 호흡으로 인해 배꼽수준허리너비가 0.66 cm 작게, 배너비는 0.63 cm 크게, 배꼽수준허리두께와 배두께는 각각 0.71 cm, 1.05 cm 크게 스캔되는 문제점이 나타나는 것을 제외하면, 목뒤점부터 살까지는 대체로 잘 스캔하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구는 이 보급형 3D 핸드형 스캐너를 이용하여 토르소 형태의 드레스폼을 개발하고자 하였다.

본 연구는 드레스폼을 제작하는 기술로 3D 프린팅 기술에 주목하였다. 3D 프린팅 기술을 활용하여 드레스폼을 제작한 선행연구를 살펴보면, Kim and Choi(2010)는 실버 여성의 3D 형상 데이터를 이용하여 측정치를 추출하고 요인분석과 군집분석을 통해 평균모델을 생성한 후, FDM 방식의 3D 프린터와 ABS 소재를 이용하여 드레스폼을 제작하였다. Oh(2016)는 25-34세의 보통체형 여성 10명의 3D 형상 데이터를 이용하여 평균 수평 단면도를 추출하고, 3D CAD의 스케치 곡선을 사용하여 평균 토르소 바디의 3D 솔리드 모델을 완성하였다. FDM 방식의 3D 프린터와 PLA 소재를 이용하여 출력한 후 핀 작업이 가능하도록 2 mm 두께의 부직포 패드로 커버를 제작하여 트레이핑이 가능하도록 완성하였다. Do and Choi(2018)는 Size Korea(2010) 3D 데이터 중 시니어 남성의 평균치를 이용하여 대표 체형 3D 형상을 모델링하고 FFF 방식의 3D 프린터와 PLA 소재를 이용하여 드레스폼을 제작하였다.

선행연구는 모두 평균체형의 드레스폼 제작에 관한 연구이고, Oh(2016)의 연구를 제외하고 3D 프린팅으로 드레스폼을 출력한 후 패딩 과정 없이 드레스폼을 제작하여 의복 피팅용으로만 사용이 가능하였다. Oh(2016)는 부직포로 패딩을 하여 트레이핑이 가능하도록 하였으나 패드의 두께를 미리 감안하지 않고 제작하여 최종 드레스폼의 치수가 커지는 문제점이 발생하여, 3D 모델링 단계에서 둘레 치수를 미리 줄일 것을 제안하였다.

그러므로 본 연구에서는 보급형 3D 핸드형 스캐너와 3D 프린팅 기술을 활용하여 트레이핑용 커스텀 메이드 토르소 형태의 드레스폼을 개발하고자 한다. 이를 위해 목뒤점부터 살 부위까지의 정확도가 검증된 보급형 3D 핸드형 스캐너인 Structure Sensor(Occipital Inc., 2021)를 이용하여 여성 인체를 스캔하고, 시중에서 가장 많이 판매되고 있는 2개 형태의 스탠드(stand)(위에서 목을 고정하는 형태, 아래에 봉을 삽입하는 형태)가 사용이 가능한 형태의 드레스폼 제작을 위한 3D 모델링, 3D 프린팅, 커버링 방법을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1. 피험자 선정과 직접측정

본 연구는 한국 성인 여성복 사이즈 규격 KS K 0051(Korean Agency for Technology and Standards 2019)의 보통(N) 체형(드롭치: 엉덩이둘레와 가슴둘레의 차이가 3-9 cm)에 해당되는 여성 1인을 선정하였다. 본 연구는 인간 대상 연구로 분류되어 피험자 선정 이전에 연구윤리심의위원회(IRB)의 승인을 받고 연구를 진행하였다(IRB #KHSIRB-21-278).

3D 인체 형상의 치수와 직접측정치 간의 차이를 알아보기 위하여 '제 7차 한국인 인체치수조사 사업보고서'의 기준점 정의를 바탕으로 전신에 25개의 기준점에 지름 0.6 cm의 녹색 스티커를 부착하였다. 핸드형 스캐너의 정확도 검증을 위해 마틴 측정기를 이용하여 높이 14항목, 너비 9항목, 두께 7항목, 둘레 7항목을 5회 직접측정한 후 평균값을 산출하였다.

2.2. 3D 스캐닝

본 연구는 스캔을 위하여 Structure Sensor by Occipital 핸드형 스캐너를 iPad를 연결시킨 후, Itseez3D 앱을 이용하여 피험자의 전신을 3D 스캔하였다. 피험자의 얼굴을 붉은 타원형 프레임에 맞춘 후, 위에서 아래 방향으로 스캔하고 이후 시계 방향으로 움직이며 스캔을 진행하였다(Fig. 1). 1회 스캔 당 최대 5분까지 스캔 시간이 허용되나, 연구자는 반복 훈련을 통해 평균 3분 안에 스캔을 완료하도록 하였다. 본 연구는 5회 스캔을 진행하고 Geomagic Control X 프로그램을 이용하여 3D 인체형상에 표시된 녹색 스티커 위치를 바탕으로 기준점을 생성한 후 각 항목을 측정하였다. 3D 인체 스캔 측정치 5회 평균값과 직접측정치 5회 평균값의 차이값을 ISO 20685(International Organization for Standardization, 2018)의 허용오차(높이: 0.4 cm, 너비: 0.4 cm, 두께: 0.5 cm, 큰 둘레: 0.9 cm, 작은 둘레: 0.4 cm)를 기준으로 비교하여 보급형 핸드형 스캐너의 정확도를 분석하였다. 이후 3D 모델링 작업을 위해 5개 스캔 중 가장 스캔 상태가 양호한 1개를 선정하였다(Fig. 2).

2.3. 3D 모델링 소프트웨어와 3D 프린터

본 연구는 ZBrush®(Pixologic, Inc.) 소프트웨어를 이용하여 3D 인체 형상을 토르소 형태로 편집하였다. 토르소 형태로 편집된 3D 스캔 파일은 Rhinoceros®(Robert McNeel, Inc.) 소프트웨어를 이용하여 Fig. 3의 스탠드 2종류(위에서 목을 고정하는 형태, 아래에 봉을 삽입하는 형태)가 모두 사용이 가능하도록 모델링하고, 추후 3D 프린팅 이후 커버링 작업으로 인해 드레스폼 크기가 확대되기 때문에 미리 모델링 과정에서 다운 사이징하였다. 3D 프린팅을 위하여 Magics®(Materialise Inc.) 소프트웨어를 이용하여 스캔 파일의 속을 비우고, 3D 프린터로 제작이 가능한 사이즈에 맞게 분할하였다.

본 연구는 3D 프린팅은 FDM 출력방식의 3D 프린터인 Stratasys 사의 Fortus 250 mc를 사용하여 ASB 소재로 진행하

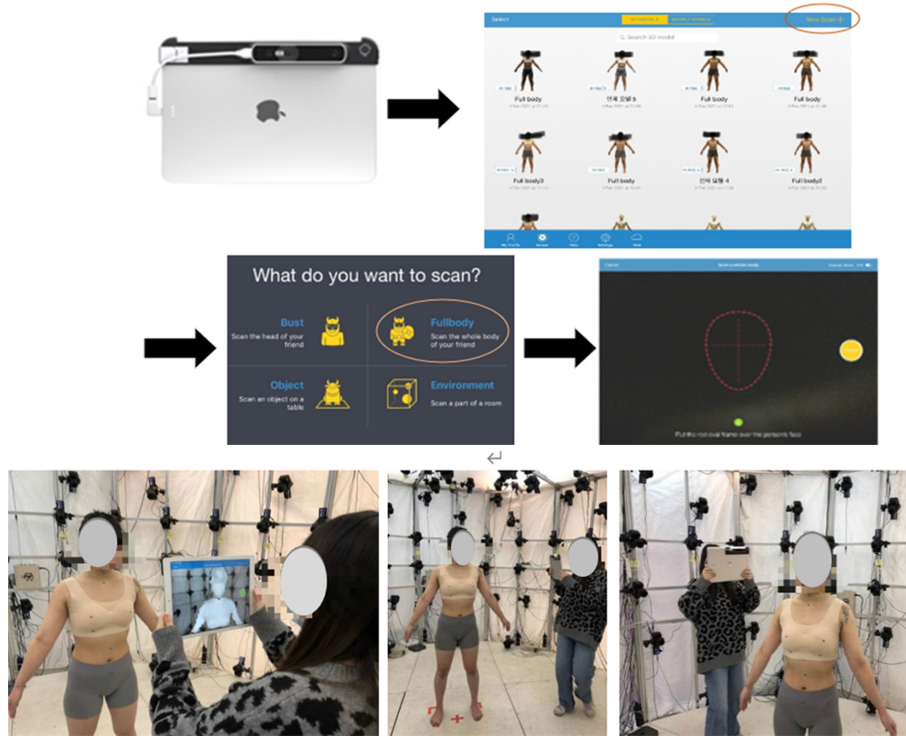


Fig. 1. Scanning process using Occipital's Structure Sensor scanner.



Fig. 2. 3D scan images for 3D modeling.



Fig. 3. Two types of dress form stands.

였다. 사용한 프린터의 사양은 Table 1과 같다. 프린팅 가능 사이즈 (W × D × H)는 254 × 254 × 305 mm이고 적층 높이는 0.254 mm이며, 3D 모델링 데이터와 3D 프린팅된 출력물 사이의 치수 오차는 ± 0.241 mm이고 stl 포맷만 사용이 가능하다.

2.4. 드레스폼 커버 패턴 제작 소프트웨어와 커버링 소재

3D 프린터 출력 시 사용된 재료인 ABS는 재질이 단단하여 드레스폼 표면에 핀을 꽂으며 진행되는 드레이핑용 드레스폼으로 사용이 불가능하였다. 따라서 의복제작용 드레스폼으로 사용하기 위해 3D 프린터로 출력한 드레스폼 표면에 쿠션감이


있는 두께 2 mm, 4 온스 부직포 패드로 1차 커버링을 하고, 부직포 커버의 패턴을 디지털라이저와 PAD Pattern Design 패턴 메이킹 소프트웨어를 이용하여 2D 패턴을 설계하였다. 이후 20 수 싱글 저지(single jersey) 소재를 이용하여 2차 커버링하였다.

3. 연구 결과

3.1. 모델의 직접측정치와 스캔측정치 비교

Structure Sensor by Occipital 스캐너로 획득된 3D 인체 스캔의 치수와 직접측정치 간의 차이를 비교한 결과는 Table 2와

Table 1. Configuration of 3D printer

Category	Specification	Image
3D printer model	Fortus 250mc (Stratasys Inc.)	
Printing technology	FDM	
Build envelope (XYZ)	254 × 254 × 305 mm	
Model material	ABS Plus P430	
Support material	ABS SR-30	
Material delivery	923 cc	
Slice height	0.254 mm	
Achievable accuracy	± 0.241 mm	
Inputted 3D file type	.stl	

같다. ISO 20685의 허용오차를 벗어나는 항목(음영표시)을 살펴보면, 본 연구가 이용한 보급형 3D 핸드형 스캐너는 목뒤점부터 살까지는 대체로 잘 스캔하였으나 볼기고랑점 이하에서는 길이 축소가 커지는 문제점이 나타났다.

높이항목의 경우, 목뒤점부터 살 부위까지에서는 어깨가쪽높이의 스캔측정치만 직접측정치와 차이가 ISO 20685 허용범위를 벗어나는 것으로 나타났는데, 이 결과를 고정된 마네킹을 대상으로 스캐너의 정확도를 살펴본 Zhang et al.(2021)의 연구결과와 비교해 본 결과, 라이브 모델이 스캔하는 동안 어깨부위가 미동함에 따라 차이가 나타난 것으로 사료된다. 따라서 본 연구는 3D 인체의 어깨점의 경우는 0.98 cm 높혀 모델링하기로 하였다.

너비, 두께, 둘레항목의 경우, 목뒤점부터 살 부위까지에서는 목너비의 스캔측정치만 ISO 20685 허용범위를 벗어나는 것으로 나타났는데, 마네킹 스캔의 정확도를 분석한 Zhang et al. (2021)의 연구에서는 정확했던 것으로 나타났기 때문에, 스캔 시 본 연구의 피험자가 목부위를 움직였거나 연구자가 직접 측정 시 목너비를 크게 측정했을 것으로 사료된다. 본 연구는 목너비의 스캔측정치가 직접측정치보다 0.82 cm 작았으므로 3D 모델링 시 목너비를 양쪽으로 0.41 cm 크게 모델링하기로 하였다. 최종적으로 본 연구는 모집된 피험자의 3D 스캔의 어깨점 높이와 목너비가 수정된다면, 토르소 형태의 드레스폼 제작에 이용가능하다고 판단하였다.

3.2. 3D 모델링

3.2.1. 토르소 형태로 편집

본 연구는 모델의 3D 스캔 5개 중 가장 스캔 상태가 양호한 1개를 선정하여 ZBrush[®] 소프트웨어를 이용하여 3D 인체형상을 다음 절차에 따라 토르소 형태로 편집하였다(Fig. 4). 먼저 3D 인체형상의 위치를 정렬하기 위하여 목너비의 중간과 살점을 지나는 선을 세운 후 수직으로 정렬하였다. 그리고 토르소 형태의 드레스폼 제작을 위해 3D 형상의 머리, 팔, 볼기고랑점 아래 부위를 제거하였다. 이후 셔츠형 상의 및 스커트 작업에 용이하도록 live boolean 툴을 이용하여 3D 형상을 볼기고랑점으로부터 5 cm 아래까지 연장한 후, sculptris pro 기능을 이용하여 인체의 굴곡을 단순화하였다.

Table 2. Comparison between direct and scanned measurements (unit:cm)

		Direct measurement (A)	Scanned measurement (B)	Difference (B-A)		
Height	1	Height	157.97	158.23	0.26	
	2	Cervical point	130.70	131.08	0.38	
	3	Side neck	131.65	131.67	0.02	
	4	Front neck	126.88	126.85	-0.03	
	5	Shoulder	127.93	126.95	-0.98	
	6	Bust	113.75	113.56	-0.19	
	7	Under bust	106.28	106.30	0.02	
	8	Waist	96.74	97.02	0.28	
	9	Hip	75.19	75.48	0.29	
	10	Crotch	68.64	68.84	0.19	
	11	Gluteal fold	66.65	67.28	0.63	
	12	Mid-thigh	61.88	63.24	1.35	
	13	Knee	42.09	43.03	0.93	
	14	Ankle	10.85	11.44	0.59	
Width	15	Neck	13.00	12.19	-0.82	
	16	Shoulder	33.26	33.33	0.07	
	17	Bust	29.40	29.50	0.10	
	18	Under bust	27.80	27.81	0.01	
	19	Waist	23.82	23.87	0.05	
	20	Hip	33.60	33.58	-0.03	
	21	Mid-thigh	17.64	17.24	-0.40	
	22	Knee	11.30	11.58	0.28	
	23	Under calf point	5.10	5.98	0.88	
Depth	24	Neck	11.52	11.54	0.02	
	26	Bust	22.67	23.17	0.50	
	27	Waist	17.61	18.11	0.50	
	28	Hip	22.28	22.29	0.01	
	29	Mid-thigh	16.40	16.87	0.47	
	30	Knee	11.69	12.02	0.33	
	31	Ankle	7.070	7.93	0.86	
	Circumference	32	Bust	87.94	88.44	0.50
		33	Waist	70.00	69.20	-0.80
34		Hip	93.49	93.68	0.19	
35		Thigh	54.84	55.94	1.10	
36		Mid-thigh	53.24	53.72	0.47	
37		Knee	36.40	36.91	0.51	
38		Ankle	19.98	21.97	1.99	

Grey shade: Items exceeding the maximum allowable errors (height, width, small circumference = 0.4 cm, depth = 0.5cm, large circumference = 0.9 cm) suggested by ISO 20685

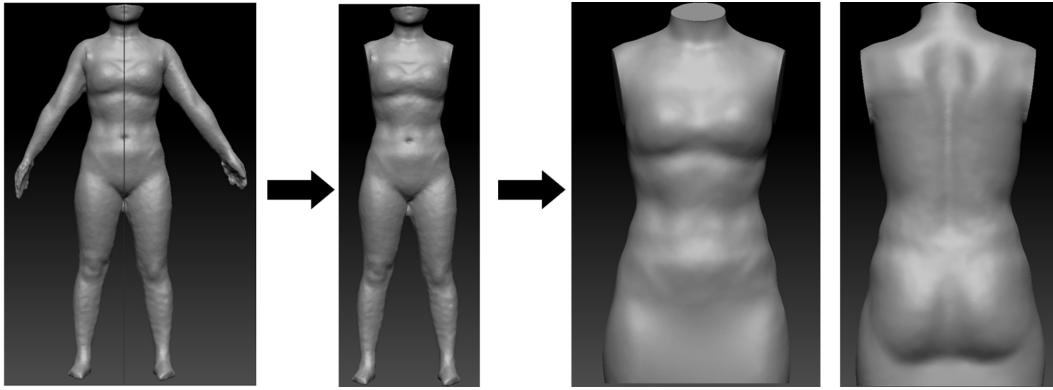


Fig. 4. Process of shaping a 3D whole body to a torso dress form.

3.2.2. 3D 인체 다운사이징과 드레스폼 스탠드 삽입 위한 모델링

3D 프린팅 이후 커버링 작업을 진행하면 드레스폼 크기가 확대되기 때문에 모델링 과정에서 미리 다운사이징 할 필요가 있다고 판단되었다. 본 연구가 커버링을 위해 사용할 4 온스 부직포 패드는 2 mm 두께이므로, 본 연구는 Rhinoceros®를 이용하여 X 단면의 중심으로부터 외곽까지의 단면거리를 2 mm, 즉 총 단면거리는 4 mm를 다운사이징 하였고, Y 단면은 약 5 mm 다운사이징 하였다(Fig. 5).

이후 스탠드 2종류(위에서 목을 고정하는 형태, 아래에 붓을 삽입하는 형태)를 모두 이용할 수 있도록 3D 모델링하고 stl 파일로 저장하였다. 목을 고정하는 형태의 스탠드는 위에 거는 스틸(steel) 고리의 아래쪽 나사 부분이 드레스폼과 연결되어야 했기 때문에 지름 0.9 cm, 길이 1 cm의 나사를 끼울 수 있도록 Fig. 6처럼 3D 인체의 목 부위 단면에 구멍을 내고 3개의 조각으로 분할하여 모델링 하였다. 아래에 붓을 삽입하는 형태의 스탠드는 지름 2.5 cm의 붓을 드레스폼에 끼워 고정되도록 해야하지만 드레스폼 안을 모두 채울 경우 재료비가 많이 소요되기 때문에 바닥에서 15 cm 올라온 지점부터 30 cm 지점까지만 붓을 지지할 수 있도록 Fig. 6과 같이 3D 모델링 하였다. 두 스탠드의 스틸 고리와 수직 붓이 삽입될 공간은 드레스폼이 수직으로 세워질 수 있도록 앞, 뒤 무게 및 부피의 이등분이 되는 지점으로 설정하였다.

3.2.3. 3D 프린팅을 위한 분할

본 연구가 이용하고자 하는 Stratasys 사의 3D 프린터 Fortus 250 mc의 빌트 플랫폼 사이즈(W×D×H)는 254×254×305 mm 이었기 때문에 완성된 3D 드레스폼 모델링 데이터는 Materialise Magics® 소프트웨어를 이용하여 Fig. 7처럼 9조각으로 분할하였다. 분할 경계선은 위에서 목을 고정하는 형태의 드레스폼 스탠드를 끼울 수 있도록 목둘레선에 설정하였고, 몸통 부위는 출력 조각의 수를 최소로 만들면서 젓가슴둘레선과 허리둘레선과 같은 의복기준선은 피하도록 설정하였다. 또한 아래에서 삽입하는 스탠드가 잘 지지되도록 드레스폼의 바닥면에서 20 cm 위에 가로 경계선을 설정하였다. 목부위를 제외한 나머지 부위에는 목너비의 중간과 바닥면 너비의 중간을 지나는 수직 분할선을 설정하였다.

3.3. 개발 드레스폼 3D 프린팅

본 연구는 Stratasys 사의 3D 프린터 Fortus 250 mc 기종을 사용하여 ABS Plus P430 소재로 2.25 mm씩 적층하며 출력하였다(Fig. 8). 3D 프린터에서 발생하는 진동에 의한 출력 오차를 줄여 안정적인 출력물을 얻기 위해, 서포트(support) 소재 ABS SR-30를 이용하여 바닥면을 1.5 cm 두께로 한 겹 더 출력하였고, 스탠드의 붓이 삽입될 빈 공간은 출력시 형상을 잘 유지하도록 서포트 소재로 공간을 메꾸어 출력하였다. 총 출력

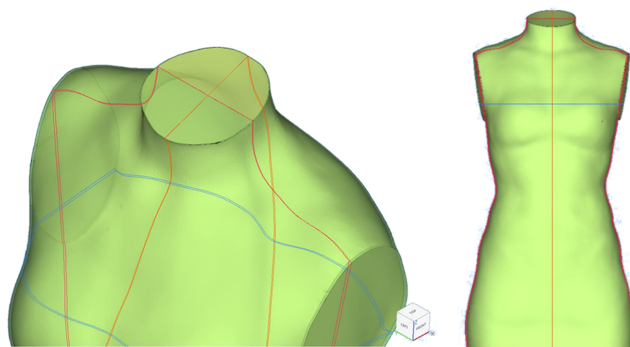
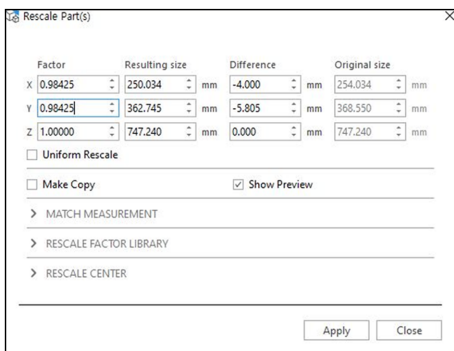


Fig. 5. Downsizing a 3D dress form.

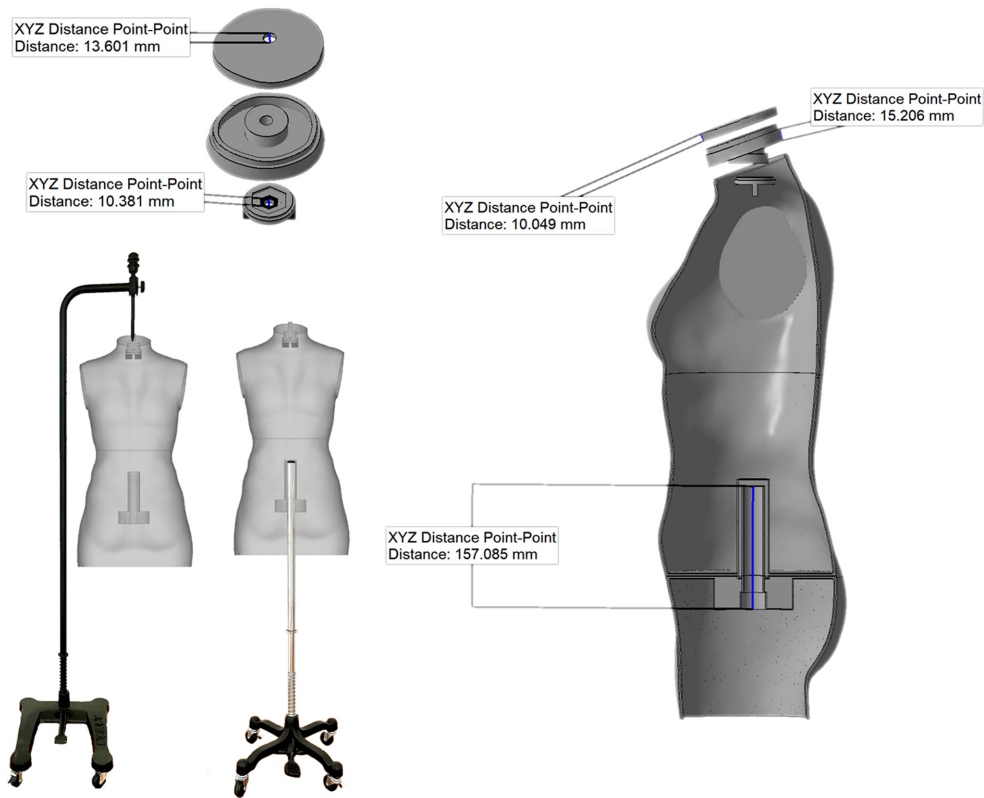


Fig. 6. 3D modeling for inserting two types of stands.

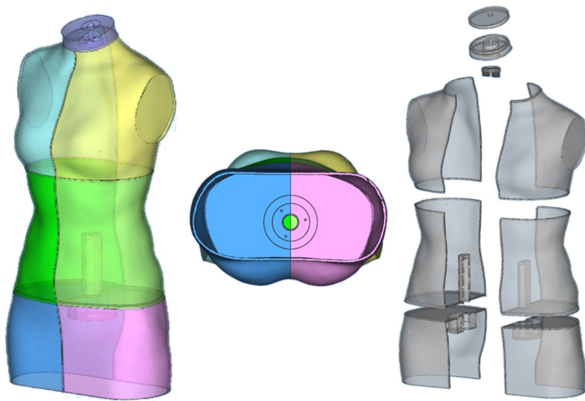


Fig. 7. Dividing the 3D scan into 9 parts for 3D printing.

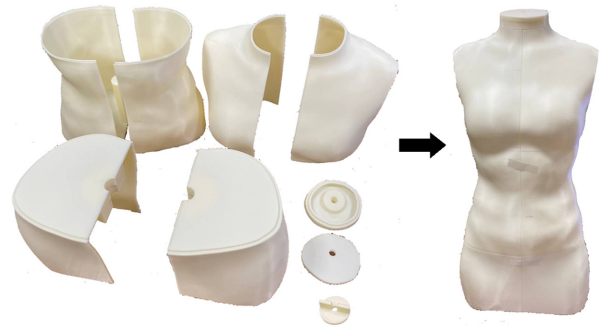


Fig. 8. Printed parts and assembled dress form.







시간은 238시간이었으나 히팅 시간이 길어질수록 출력물이 변형되는 현상이 발생하므로 3D 프린터 총 4대를 사용하여 출력 시간을 줄이도록 하였다. 3D 모델링 스캔과 3D 프린팅된 출력물 사이의 치수 오차는 0.2 mm로 거의 오차가 없는 것으로 나타났다. 출력이 완료된 후에는 서포트 소재로 출력된 불필요한 부분은 제거하고 드레스폼 표면을 사포를 이용하여 클리닝한 후, 접착제를 이용하여 각 조각을 연결한 후 스탠드를 연결하였다(Table 3).

3.4. 드레이핑을 위한 드레스폼 패딩 작업 및 최종 드레스폼 완성

3D 프린터 출력 시 사용된 재료인 ABS는 재질이 단단하여 드레스폼 표면에 핀을 꽂으며 진행되는 드레이핑용 드레스폼으로 사용이 불가능하였다. 따라서 드레이핑용 드레스폼으로 사용하기 위해 3D 프린터로 출력한 드레스폼 표면에 쿠션감이 있는 4 온스 부직포 패드를 이용하여 드레이핑 기법으로 부직포 커버의 패턴을 제작하였다.

이후 20수 싱글 저지(single jersey) 소재로 2차 커버링을 하기 위하여, 1차 커버링에 이용한 부직포 커버의 패턴을 디지털이저와 PAD Pattern Design 패턴메이킹 소프트웨어를 이용하여 dxf 파일을 생성하였다(Fig. 9). 생성된 패턴 파일을 출력하여 저지 소재 커버의 패턴으로 사용하였다. 부직포 패드 커버

Table 3. 3D printed dress form

Stand type	Images		
Type 1			
Type 2			

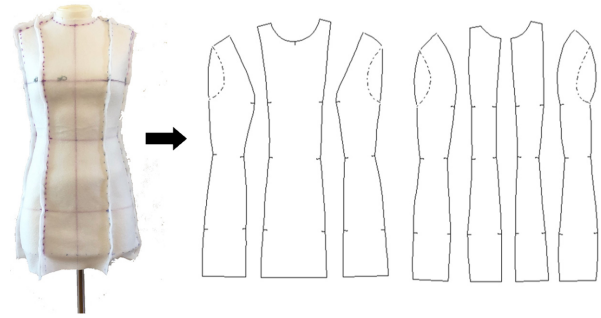


Fig. 9. Felt cover making and 2D patterns for jersey cover.



Fig. 10. Final pinnable dress form after covering.

와 지지 소재 커버를 각각 봉제하여 부직포 패드 커버를 드레스폼 ABS 표면에 1차로 씌우고, 위에 지지 소재 커버를 2차로 씌워 완성하였다(Fig. 10).

3.5. 최종 드레스폼 치수 검증 결과

완성된 드레스폼의 치수 정확도 파악을 위해 드레스폼 실측치와 Structure Sensor by Occipital 스캐너로 획득한 3D 인체

스캔 측정치를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 최종 제작된 드레스폼은 부직포 패드 커버와 지지 소재 커버를 씌운 상태이기 때문에 목 부위의 기준점을 정확히 파악하기가 어려웠으므로 어깨점, 가슴점, 허리점, 엉덩이돌출점 관련 높이, 너비, 두께, 둘레 항목의 치수를 비교하였다.

Table 4. Comparison between 3D scan and dress form measurements

			3D body scan (A)	Pinnable dress form (B)	Difference (B-A)
Height	1	Shoulder to waist	30.9	30.9	0.0
	2	Bust to waist	16.6	16.5	-0.1
	3	Waist to hip	21.5	21.5	0.0
Width	4	Shoulder	33.3	33.4	0.1
	5	Bust	29.5	29.5	0.0
	6	Waist	23.9	24.0	0.1
	7	Hip	33.6	33.6	0.0
Depth	8	Bust	23.2	23.1	-0.1
	9	Waist	18.1	18.3	0.2
	10	Hip	22.3	22.1	-0.2
Circumference	11	Bust	88.4	88.5	0.1
	12	Waist	69.2	70.0	0.8
	13	Hip	93.7	93.6	-0.1

(Unit:cm)

3D 프린팅 출력물과 3D 모델링의 치수 차이는 0.2 mm 정도로 거의 없기 때문에, 최종적으로 발생한 치수 차이는 부직포 패드 커버와 지지 소재 커버를 제작하여 착의하는 과정에서 발생한 것으로 사료된다. 드레스폼 실측치와 3D 스캔 측정치 간의 차이는 대부분 ± 1 mm 이내로 나타났지만, 드레스폼의 허리둘레는 3D 스캔 측정치보다 2 mm 크게 나타났고 이로 인해 드레스폼의 허리둘레가 3D 측정치보다 8 mm 크게 나타났다. 이는 등 기울기와 엉덩이 부위 돌출로 인해 허리 뒤쪽의 지지 소재 커버가 뜨는 현상이 발생했기 때문으로 사료된다.

4. 결론 및 제안

드레이핑용 드레스폼은 의류생산의 필수적인 도구이나 연구와 개발 투자가 덜 이루어지고 있다. 학계에서 이루어지는 연구는 표준체형이나 평균체형을 반영한 연구가 대부분이고 개인의 체형을 반영할 수 있는 커스텀 메이드 드레스폼 개발에 관한 연구는 부족한 실정이다. 또한 3D 인체 형상을 이용하여 드레스폼 개발을 한 선행연구들은 고정형 3D 전신 스캐너를 이용한 연구가 대부분이나 이는 고가이기 때문에 교육기관이나 소규모 패션업체가 구입하기는 힘든 실정이다.

따라서 본 연구는 보급형 3D 핸드형 스캐너와 3D 프린팅 기술을 활용한 드레이핑용 커스텀 메이드 드레스폼 개발을 목적으로 하였다. 본 연구가 사용한 3D 스캐너는 Occipital 사의 Structure Sensor로 iPad와 같은 모바일 디바이스에 부착 가능한 형태이고 보급형으로 가격이 저렴하면서도 정확도가 높은 편이었기 때문에, 의류업체나 교육기관의 의류전공자들의 활용 가능성이 높아질 것으로 기대되어 본 연구의 스캐너로 선정하였다. 본 연구에서 개발한 드레스폼의 제작과정과 결과는 다음과 같다.

1. 여성 라이브 모델의 직측측정치와 스캔측정치 비교: 본 연구가 이용한 핸드형 3D 스캐너는 목뒤점부터 살 부위까지는 실제와 비슷하게 스캔되는 편이었지만 머리와 살 이하의 부위에서는 길이 측소가 크게 나타나서 활용하기 어려운 것으로 판단되었다. 그러나 ISO 20685가 제시하는 허용오차와 라이브 모델의 미동으로 인한 오차를 감안하였을 때, 본 연구에 사용한 핸드형 스캐너로 획득된 스캔은 토르소 형태의 드레스폼으로는 활용가능할 것으로 사료되었다. 본 연구는 ISO 20685 허용오차를 벗어난 어깨점의 경우 0.98 cm를 높이고 목너비는 0.41 cm를 크게 모델링 하기로 하였다.

2. 토르소 형태로 3D 모델링: 본 연구는 ZBrush[®] 소프트웨어를 이용하여 3D 인체형상의 머리, 팔, 볼기고랑점 아래 부위를 제거하고 볼기고랑점으로부터 5 cm 아래까지 연장하여 토르소 형태로 편집하였다.

3. 3D 인체 다운사이징과 드레스폼 스탠드 삽입 위한 모델링: 본 연구는 커버링을 위해 사용한 4 온스 부직포 패드의 두께인 2 mm를 Rhinoceros[®]를 이용하여 미리 3D 모델링 단계에서 다운사이징하였다. 이후 본 연구는 패션 관련 교육기관의

드레이핑 수업 시 이용 가능한 개인 드레스폼 제작에 활용될 수 있도록, 시중에서 가장 많이 판매되고 있는 드레스폼 스탠드 2중(위에서 목을 고정하는 형태, 아래에 붓을 삽입하는 형태)을 드레스폼에 사용할 수 있도록 3D 모델링 하였다.

4. 3D 프린팅: 본 연구가 이용하고자 하는 Stratasys 사의 3D 프린터 Fortus 250 mc의 빌트 플랫폼 사이즈를 감안하여 Materialise Magics[®] 소프트웨어를 이용하여 9조각으로 분할하였다. ABS Plus P430 소재로 2.25 mm씩 적층하며 출력하였고 출력 오차를 줄이기 위하여 바닥면과 스탠드의 붓이 삽입될 빈 공간은 서포트 소재인 ABS SR-30을 이용하여 출력한 후 제거하였다.

5. 커버링 작업 후 최종 드레스폼 치수 검증: 본 연구는 핀 작업이 가능한 드레스폼 제작을 위해 4 온스 부직포 패드를 이용하여 드레이핑 기법으로 부직포 커버의 패턴을 제작하고 이후 20수 싱글 저지(single jersey) 소재로 2차 커버링하였다. 완성된 드레스폼의 치수 정확도 파악을 위해 드레스폼 실측치와 Structure Sensor by Occipital 스캐너로 획득한 3D 인체 스캔 측정치를 비교한 결과, 두 측정치 간의 차이는 대부분 ± 1 mm 이내로 나타났지만, 드레스폼의 허리둘레가 3D 스캔 측정치보다 8 mm 크게 나타났는데 이는 등 기울기와 엉덩이 부위 돌출로 인해 허리 뒤쪽의 지지 소재 커버가 뜨는 현상이 발생했기 때문으로 사료되었다.

대부분의 드레스폼 제작에 관한 선행연구는 핀 작업이 불가능한 소재로 3D 프린팅하여 의복 피팅용으로만 사용이 가능하였고 Oh(2016)의 연구만 부직포로 패딩을 하여 드레이핑이 가능하게 하였다. 그러나 패드의 두께를 미리 감안하지 않고 제작한 한계점이 있었기 때문에 본 연구는 커버링 소재로 사용될 4 온스 부직포 패드의 두께인 2 mm를 3D 모델링 과정에서 미리 다운사이징하여 최종적으로 제작된 드레스폼의 치수가 최초의 3D 스캔의 치수와 동일하도록 설계하고자 하였다. 지지 소재 커버가 허리 뒤쪽에서 뜨는 현상이 발생하는 문제점이 있었으므로 향후 연구에서는 보다 신축성 있는 소재를 선정하여 최종 커버가 3D 프린팅 출력물에 더욱 밀착되게 할 필요가 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 보급형 3D 스캐너를 사용한 드레스폼 제작 방법을 모색함으로써 소규모 의류업체와 교육기관에게 3D 스캐너 사용의 진입장벽을 낮추는데 기여하고자 하였다. 3D 스캐너의 사용방법, 3D 가공방법, 3D 모델링 및 프린팅 프로세스는 의류업체가 개인 소비자나 피팅 모델의 드레스폼 제작 시 이용이 가능하고, 고가의 3D 스캐너를 구입하기 힘든 교육기관에서 드레이핑 수업 시 학생 개인의 드레스폼 제작에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 본 연구는 보통 체형(N)의 여성 피험자 1명을 대상으로 5회 스캔한 데이터만을 이용하였기 때문에 추후 연구에서는 더 많은 샘플 수와 다양한 체형의 스캔을 바탕으로 한 핸드형 스캐너의 정확도 검증이 필요할 것으로 사료된다. 또한 본 연구는 전신 스캔을 한 후 정확도 검증을 실시하여, 인체 중심

에서 떨어진 머리와 다리 부위의 스캔의 정확도가 낮았지만, 처음부터 부위별(예. 머리, 다리, 손 등)로 스캔한 후 정확도 검증을 한다면 정확도가 높을 것으로 예상되어 부위별 마네킹 제작에도 활용 가능할 것으로 사료된다. 또한 본 연구는 드레스폼 커버링을 위한 패턴을 수작업으로 제작하였지만 추후 3D 인체 형상에서 2D 패턴을 자동으로 생성하는 알고리즘이 결합된다면 드레스폼 제작 과정이 보다 시스템화 될 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회분야 신진연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2019S1A5A8032479).

References

- Chang, H. K. (2016). The need of draping dress forms for fashion design. *Fashion Information and Technology*, 13, 81-85.
- Do, W., & Choi, E. (2018). A study of senior men's dress form development 3D digital technology. *Fashion and Textiles Research Journal*, 20(6), 722-732. doi:10.5805/SFT1.2018.20.6.722
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 20685-1: 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases*. Geneva, Switzerland.
- Kim, S. A., & Choi, H. S. (2010). Development of dress forms for the aged women based on their body shapes applying 3D body scan data. *The Research Journal of the Costume Culture*, 18(1), 80-92.
- Koo, M. J., & Lee, J. I. (2005). Standardized body type and the suitability of figures for the twenties women. *Fashion and Textiles Research Journal*, 7(6), 601-608.
- Korean Agency for Technology and Standards. (2019). *KS K 0051:2009 - Sizing systems for female adults' garments*, Eumseong: Korean Standards Association
- Oh, S. Y. (2016). A study of making a dress form for women using a 3D printer. *The Research Journal of the Costume Culture*, 24(6), 725-742. doi:10.7741/rjcc.2016.24.6.725
- Park, G. A. (2015). The Analysis on the torso type dress form developed through the 3-D virtual body modeling of the Korean female fashion models. *Journal of the Korean Society of Costume*, 65(2), 157-175. doi:10.7233/jksc.2015.65.2.157
- Park, S. M., & Nam, Y. J. (2012). The verification of accuracy of 3D body scan data - Focused on the Cyberware WB4 whole body scanner. *Journal of the Korea Fashion and Costume Design Association*, 14(1), 81-96.
- Suh, D. & Oh, S. Y. (2012). Development of bodice dress forms by body types for women in thirties applying 3D body scan data. *Journal of the Korean Contents Association*, 12(9), 136-145. doi:10.5392/JKCA.2012.12.09.136
- Xia, S., Guo, S., Li, J., & Istook, C. (2019). Comparison of different body measurement techniques - 3D stationary scanner, 3D handheld scanner, and tape measurement. *The Journal of the Textile Institute*, 110(8), 1103-1113. doi:10.1080/00405000.2018.1541437
- Zhang, L., Ryu, E. J., & Song, H. K. (2021). Evaluation of the accuracy of 3D handheld scanner - Focused on mannequin scans. *Proceedings of the 2021 Spring Conference of Korean Society of Clothing and Textiles*. Seoul, Korea, p. 266

(Received July 25, 2022; 1st Revised August 03, 2022;
2nd Revised August 06, 2022; Accepted August 11, 2022)