

## 3D 어패럴 캐드 시스템으로 제작된 가상의복의 소재물성별 실물 재현도에 관한 연구

오송윤 · 유은주<sup>†</sup>  
이화여자대학교 의류학과

### A Study on Expressivity of Virtual Clothing made of 3D Apparel CAD System according to the Physical Properties of Fabric

Song-Yun Oh and Eun-Joo Ryu<sup>†</sup>

Dept. of Clothing & Textiles, Ewha Womans University; Seoul, Korea

**Abstract :** This research was conducted to provide basic data to improve expressivity required for virtual clothing to replace actual clothing. For the experiment, 6 materials were selected and 12(2 kinds of length) actual flared skirts were made. At the same time, simulations were carried out on OptiTex Runway 12.0 for 36(12 kinds of skirts × KES, FTU, KES weight/10) kinds of virtual flared skirts, which were applied with the measured property values (thickness, weight, bending, shear, friction, and stretch). Also, the study compared and analyzed the wearing images, silhouette overlapping images, and skirt length measurements of the actual and virtual skirts put on a dummy. As a result, the actual skirts showed clear distinction for each material. In contrast, virtual 1 and 2 expressed fabric 3 in the most similar way, but could not recreate the uniform, soft, and natural flare shape of the actual skirts in general. Virtual 3 formed natural flares as those of the actual skirts, and expressed fabric 1, 5, and 6 in a similar way. However, virtual 3 had too much volume and barely showed any distinction for each material. All of virtual 1, 2, and 3 expressed different flare shapes on the front and back sides of the skirt similarly to the actual skirts, and had a good visual expression for the color and texture of the materials. However, they could not effectively express the elasticity and fabric sagging in the bias direction.

**Key words :** 3D apparel CAD system(3D 어패럴 캐드 시스템), physical properties of fabric(소재물성), 3D garment simulation(3D 가상착의), flared skirt(플레어스커트), Kawabata evaluation system(가와바타 시스템)

## 1. 서 론

3D 어패럴 캐드 시스템(3D apparel CAD system)은 피팅모델 생성에서부터 제품디자인, 패턴 설계, 텍스타일과 아트웍(Artwork) 이미지 맵핑, 물성 조절, 가상 봉제, 가상착의 시뮬레이션, 패턴 수정 등을 컴퓨터를 이용해 수행함으로써 의류제품 개발에 있어서의 일련의 과정을 가상공간에서 대체할 수 있는 시스템이다. 이 시스템은 의류업체의 디자인과 예비생산 단계 샘플제작 시 3차원 가상모델 및 가상봉제 시스템으로 시뮬레이션 함으로써 샘플의 착의평가가 쉽고 간편하게 이루어질 수 있으며(Lee & Lee, 2013), 실제 샘플 제작으로 인한 시간적, 경제적 손실을 줄여 합리적인 생산시스템 구축을 가능하게 한다(Choi & Cho, 2012). 이러한 장점을 가진 3D 어패럴 캐드 시스템은 눈부신 과학기술의 발달과 함께 90년대 말부터 3D 시뮬레이션 기술을 연구하는 학계와 3D 컴퓨터 그래픽스 기술을 기반으로 하는 어패럴 CAD/CAM 개발업체를 중심으로 전 세계적으로 범용화되기 시작하였다(Kim et al., 2014).

연구 분야에서도 3D 어패럴 캐드 시스템의 사용 비중은 높아지고 있다. 지금까지 국내 학회지에 발표된 3D 어패럴 캐드 시스템을 사용한 의복구성분야 연구는 크게 둘로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 3차원 스캔을 통해 얻은 바디 데이터를 활용한 인체모델링 연구, 가상의복을 제작한 후 프로그램의 특성을 분석한 연구, 가상의복과 실제의복을 동시에 제작하여 비교하는 연구 등 3D 가상착의 시스템의 프로그램 특성 및 효용성 확인을 목적으로 하는 연구이다. 둘째는 실제 제작 없이 가상착의 시스템만을 활용하여 맞춤새를 평가하고 최적의 패턴을 제안하는 연구로 패턴개발을 주목적으로 실제의복 대신 가상의복으로 착의평가를 대체한 연구이다. 남성의 클래식핏과 슬림핏 셔츠 패턴 비교분석(Kim et al., 2014), 산업체 패턴을 이용한 한국 연소노인여성 바지원형 개발(Cho & Na, 2014), 성인여성의 길 원형 비교연구(Cha & Kang, 2013a), 성인여성의 팬츠원형 비교연구(Cha & Kang, 2013b), 연령대별 성인남성 작업복 점퍼 패턴 설계(Park & Lee, 2012), 성인남성 기본 상의원형 비교(Hong & Suh, 2012), 원피스 드레스 원형개발 및 시각적 이미지 연구(Uh, 2011), 복부비만 중년남성의 슬랙스원형 개발(Lim, 2011b), 비만 여중생의 교복원형 개발(Lim, 2011c), 남자 운동선수의 상반신원형 설계(Lim, 2010a), 비만 중년여성의 토

<sup>†</sup>Corresponding author; Eun-Joo Ryu  
Tel. +82-2-3277-3075, Fax. +82-2-3277-3079  
E-mail: nayaej@hanmail.net

르소원형 설계(Lim, 2010b) 그리고 모터사이클 재킷의 착의평가(Do, 2008) 등의 연구는 실제의복제작 없이 가상의복으로만 착의평가를 실시하였으며, 3D 시뮬레이션만으로 착의평가를 대체하는 연구논문의 비중은 점점 늘어나고 있다.

한편 의류산업체에서는 국내 의류 벤더를 중심으로 의류제품개발 과정에서 3D 어패럴 캐드 시스템 상용화를 시작하여 점차적으로 그 영역이 늘어나는 추세이다. 2014년 7월에 가진 OptiTex Korea 대표와의 인터뷰 내용에 따르면 “한세실업(주)은 미국 소재 바이어 Target의 요구에 따라 2012년 초부터 일 년간 실제샘플로만 진행하던 작업을 OptiTex Runway를 사용한 가상샘플과 병행하는 파일럿(pilot) 기간을 가졌으며, 2015년까지 50%, 2018년까지 개발과정의 80%를 가상샘플로 대체하는 것을 목표로 하고 있다. 현재 한세실업, 세아상역, 신성통상, 노브랜드를 비롯한 7개 의류회사에서 3D 어패럴 캐드 시스템을 실무에 사용하고 있을 뿐 아니라 가방과 액세서리, 자동차 분야 업체에서도 3D 프로그램을 실무에 사용하기 시작하였다. 현재 의류제품의 경우 가상샘플로 진행한 스타일의 20~35%는 실제 오더가 진행되었고, 프로그램 사용 인력은 최소 2명에서 최대 13명으로 업체별 차이가 있지만 앞으로 더 많은 인력을 배치하기 위해 더 많은 사원에게 교육을 하고 있다”고 한다.

디자인 아이디어가 실제 의복으로 완성되기 위한 구성의 과정은 매우 중요하며, 최적의 패턴은 디자인 디테일의 반영뿐 아니라, 착용자의 체형과 체격, 재단되는 소재의 특성, 사용될 봉제법과 봉제과정의 특성 등이 모두 고려될 때 얻을 수 있다. Lee(2013)의 연구에 따르면, 3D 어패럴 캐드 시스템을 실무에 사용해본 업체 관련자들이 느끼는 3D 프로그램의 Artwork과 색상 표현은 활용도가 높고 비교적 만족스러우며, 실제 더미에서의 핏(fit)을 3D 프로그램에서 80~90%까지 표현하는 수준에 이르렀지만 일부 불일치되는 부분은 물성에서 오는 차이라고 하였다. 이는 3D 가상착의 시스템에서의 가상의복의 표현력이 소재의 물성과 매우 깊은 관련이 있으며, 앞으로 소재물성 표현과 관련하여 프로그램의 개선이 절실한 부분임을 알 수 있다. 가상의복을 다루는 기존의 의복구성분야 연구에서는 I-designer, DC-suite, Clo 3D, iVirids, Maya cloth, Optitex 등이 사용되고 있는데, 각 프로그램은 자체적으로 개발한 기본 소재리스트를 가지고 있으나 업체 실용화를 위해서는 데이터가 턱없이 부족한 상황으로, 이를 보완하기 위해 실제 소재에서 측정된 물성값을 적용하여 가상의 공간에서 개별적 소재 특성을 표현할 수 있도록 하고 있다. 하지만 학계의 연구와 의류산업체에서 실제의복을 가상의복으로 대체하는 비율이 높아지고 있음에도 불구하고, 실제 소재에서 측정된 물성을 프로그램에 대입하여 가상의복을 시뮬레이션 하였을 때 실제의복과 가상의복의 결과물에 어떠한 차이가 있는지에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다.

3D 가상착의시스템의 개발과 활용은 이제 우리의 현실로 다가왔고, 그 기술력과 표현력 또한 하루가 다르게 발전하고 있

다. 수작업 패턴에서 CAD 시스템으로 바뀔 때 CAD상의 패턴이 실제패턴과 1:1의 비율이 아니기 때문에 받아들이는데 장벽이 있었지만 현재는 대부분의 의류산업에서 상용화되고 있듯이(Lee, 2013), 이제 3D 어패럴 캐드 시스템은 현재 가지고 있는 실제샘플과의 차이를 차차 좁혀가면서 의류개발과정의 상당부분을 대체하게 될 것이다. 지금까지 발표된 여러 선행연구들(Choi & Do, 2008; Han & Kim, 2012; Hong, 2013; Ko, 2009; Koo, 2010; Paek, 2009; Yoon, 2013)이 실제와 가상샘플을 동시에 비교하고 가상샘플의 실제샘플 대체 가능성에 대해 상당히 긍정적으로 평가하고 있다. 하지만 아직까지 3차원 가상착의 시스템이 의류패션분야에서 다양하게 활용되기 위해서 소프트웨어의 기능향상은 필수적이며(Lee & Lee, 2013), 다양한 소재 및 디자인, 아이템에 따른 실물과 가상의복의 비교연구를 통해 가상의복이 어느 정도 실물의복을 구현할 수 있는지에 대한 검증이 필요하다(Lee et al., 2011).

이에 본 연구에서는 3D 어패럴 캐드 시스템으로 구현된 가상샘플이 실제샘플을 대체하기 위하여 검증되어야 할 여러 부분 중 의복구성의 결과에 큰 영향을 미치는 소재물성에 대하여 살펴보고, 현 단계의 3D 어패럴 캐드 시스템의 한계점과 개선 사항을 파악함으로써 3D 어패럴 캐드 시스템의 기능향상과 실무에서의 활용성을 높이는데 필요한 기초자료를 마련하고자 한다. 본 연구의 목적은 소재물성에 따라 영향을 많이 받는 기본형 플레이어스커트를 활용하여 다양한 소재의 실제스커트와 3D 어패럴 캐드 시스템에서 구현되는 가상스커트가 어떠한 차이를 보이는지 실험을 통하여 확인하고, 3D 가상착의 시스템에서 구현되는 소재물성이 가상샘플에 미치는 영향과 실제샘플을 대체하는데 있어서의 적합성을 분석하여 향후 개선방향을 제시하는 것이다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 실제모델 선정 및 가상모델 생성

본 연구에서는 가상의복이 실제의복을 얼마만큼 유사하게 재현하는가를 확인하기 위하여, 실제와 가상의 실험조건을 최대한 동일하게 하고자 하였다. 3D 어패럴 캐드 시스템이 제공하는 기본모델에 원하는 치수를 입력해 수정할 경우 치수만 같아질 뿐 형태가 같아지지 않아 가상착의 결과가 다르게 나타날 수 있으므로(Lim, 2011a; Uh, 2011), 가상모델은 실제모델을 3D 스캔하는 방식을 선택하였다. 또한 3D 스캔 및 사진촬영 과정 중 생체의 흔들림, 호흡, 긴장 등에 의한 불안정한 자세에서 발생할 수 있는 문제점(Koo, 2010)을 방지하고, 3D 스캔의 피험자가 실제 사람일 경우 실제와 가상모델의 치수차이가 적지 않은 점(Istook et al., 2011)을 고려하여 실제모델은 인체가 아닌 더미를 선택하였다. 선정된 더미는 제 5차 사이즈코리아(2004)의 3차원 인체형상에 기초하여 타겟층의 체형요소를 추출하여 개발된 (주)핏앤바디의 20대 성인 여자 더미(Hani\_s\_torso)이다. 그리고 이를 기술표준원 인체표준정보실에

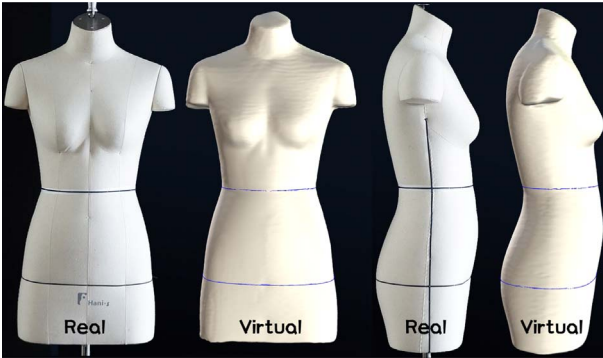


Fig. 1. Appearance of real & virtual body model.

Table 1. Anthropometric measurements of real & virtual body model (unit: cm)

| Item                     | Real | Virtual | Difference (V-R) |
|--------------------------|------|---------|------------------|
| Waist circumference      | 65.0 | 65.3    | 0.3              |
| Hip circumference        | 91.0 | 91.1    | 0.1              |
| Hip length at right side | 22.5 | 22.5    | 0.0              |

서 Cyberware社의 hole body scanner로 스캔한 후 Rapidform 2006으로 불러들여 구멍 메우기, 표면 다듬기 등의 가공을 하여 obj 파일 형식으로 저장하고, OptiTex Runway 12.0 프로그램에서 불러들여 실제 바디와의 주요부위 치수 및 오차범위를 확인 한 후 본 연구의 가상모델로 사용하였다. 실제 및 가상 모델의 이미지는 Fig. 1, 하반신 주요부위 측정치는 Table 1과 같다.

2.2. 아이템 및 소재 선정

스커트는 소재에 따라 실루엣의 변화가 심하고, 그 중 플레어 스커트는 소재의 역학적 특성에 따라 외관의 입체형상과 드

레이프 형상이 좌우된다(Ki, 2013). 이에 소재물성이 완성된 의류제품의 외관에 큰 영향을 미치는 기본형 플레어스커트를 본 연구의 실험 아이템으로 선정하였다. 실험 소재는 시판되는 기본형 플레어스커트에 가장 보편적으로 사용되고 있는 폴리에스터 100%, 폴리에스터-폴리우레탄 혼방, 폴리에스터-레이온-폴리우레탄 혼방 직물 중에서 두께와 중량, 드레이프 특성이 상이한 다섯 가지를 선정하고, 여기에 연구용 소재로 많이 사용되는 20수 광목을 추가하여 총 6가지 직물을 실험 대상으로 하였다. 시판 플레어스커트의 소재는 2014년 1월 온라인 검색을 통하여 Forever21, H&M, ZARA, UNIQLO, MANGO 등 5개 브랜드의 US 홈페이지에 게시된 기본형 플레어스커트의 혼용율을 분석한 결과에 따랐으며, 최종 선정된 6개 소재의 물리적 특성은 Table 2와 같다.

2.3. 실물스커트와 가상스커트 제작 및 착장

2.3.1. 실물스커트 제작 및 착장

스커트 패턴은 OptiTex 2D CAD 프로그램인 OptiTex PDS 12.0을 사용하여 제도하였다. 허리밴드는 모델 허리치수에 1cm 여유분을 추가한 길이에 3cm 너비의 직사각형으로, 스커트는 앞뒤 동일한 90°(전체 180°) 각도의 부채꼴모양으로 패턴을 디자인 하였다. 스커트 길이는 미니스커트 길이인 36cm와 무릎 길이인 56cm의 2가지 길이로, 스커트 식서방향은 앞·뒤 중심선으로 하였다. 실물스커트 제작을 위해 시접분량은 옆선 1.3cm, 허리밴드 사면과 스커트 허리선 1cm, 밑단 2.5cm를 주었고, 스커트의 양 옆선만 오버록 처리하였다. 허리밴드는 두께 0.25mm, 중량 28.73g/m<sup>2</sup>인 평직 실크접착심지를 부착한 상태로 윗선을 골로 접어 두 겹 처리하였고, 오프닝은 좌측 옆선 콘실지퍼 부착 부위에 접착심지를 댄 후 콘실지퍼와 원피스용 걸고리를 연결하였다. 밑단 처리방법이 소재물성 표현에 미치는 영향을 배제하기 위하여 밑단 시접은 처리하지 않고 펼쳐진 상태로 스커트를 완성하였다. 실험소재 6종에 2가지 길이, 총

Table 2. Physical properties of the test material

| Items                             | Fabric 1       | Fabric 2                           | Fabric 3         | Fabric 4         | Fabric 5                           | Fabric 6    |        |
|-----------------------------------|----------------|------------------------------------|------------------|------------------|------------------------------------|-------------|--------|
| Fiber contents                    | polyester 100% | polyester 60% rayon 37% spandex 3% | polyester 100%   | polyester 100%   | polyester 60% rayon 35% spandex 5% | cotton 100% |        |
| Structure                         | 2/2 twill      | 2/2 twill                          | derivative weave | derivative weave | plain (double weave)               | plain       |        |
| Thickness (mm)                    | 0.46           | 0.50                               | 0.29             | 0.39             | 1.09                               | 0.38        |        |
| Weight (g/m <sup>2</sup> )        | 144.41         | 236.46                             | 117.12           | 170.06           | 385.22                             | 148.68      |        |
| Bending* (gf·cm <sup>2</sup> /cm) | Warp           | 0.1274                             | 0.1452           | 0.0115           | 0.0752                             | 0.3048      | 0.1261 |
|                                   | Weft           | 0.0627                             | 0.0503           | 0.0044           | 0.0344                             | 0.2365      | 0.0927 |
| Shear* (gf/cm·degree)             | 0.60           | 0.99                               | 0.45             | 0.55             | 0.66                               | 2.20        |        |
| Surface friction*                 | 0.36           | 0.36                               | 0.26             | 0.25             | 0.37                               | 0.22        |        |
| Tensile* (Stretch) (%)            | Warp           | 3.86                               | 1.15             | 3.83             | 4.56                               | 6.64        | 2.07   |
|                                   | Weft           | 6.49                               | 9.83             | 4.37             | 4.07                               | 8.37        | 2.15   |

\*Bending, Shear, Surface friction, Tensile: measured by Kawabata Evaluation System (KES)

12개의 실물스커트를 위와 같은 방법으로 제작하고, 이를 Hani\_s\_torso 바디에 착장시켰다.

2.3.2. 가상스커트 제작 및 착장

가상스커트 시뮬레이션에 사용된 패턴은 실물스커트 패턴과 동일하나, 가상봉제의 편의성을 고려하여 허리밴드 패턴을 앞과 뒤의 두 조각으로 나누어 사용하였다. 실제소재에서 측정된 물성값을 OptiTex fabric editor에 입력하여 가상소재를 만들고 이를 2D 패턴에 적용하였다. 본 연구에서 사용한 OptiTex Runway 12.0는 소재물성 표현을 위해 인장, 전단, 굽힘, 마찰(이면), 중량, 두께의 6개 물성값을 요구하며, 적용 가능한 소재물성 측정방법으로는 KES, FTU, FAST 세 가지가 있다. 본 연구에서는 소재물성 측정방법별 차이도 함께 확인하고자 KES와 FTU 두 방식을 선택하였다. KES 방식은 기존의 관련 연구에서 보편적으로 많이 사용되는 방식으로 국내에서 직접 측정하였고, FTU 방식은 현재 Target 등의 업체에서 3D 가상샘플 작업에 사용하는 방식으로 OptiTex에서 자체적으로 고안한 기계를 사용하여 측정되므로 OptiTex 본사에 검사를 의뢰하였다. 선택한 두 방법으로 측정된 물성값을 각각 OptiTex fabric editor에 입력하여 변환되어진 가상공간에서의 물성값은 Table 3과 같다.

실물과 가상스커트 간 시간적인 유사도를 높이고자 실제 소재의 스캔이미지를 프로그램 내 텍스타일 이미지로 삽입하였고, 허리밴드는 실제 스커트와 유사한 조건으로 만들기 위해 두께와 무게 값을 접착심지를 포함한 원단의 두 배의 값으로 적용하였다. 기본적인 시뮬레이션 조건은 OptiTex Runway 12.0 기본 설정값을 그대로 사용하되 Resolution은 기본값 0.8/cm에서 0.63/cm로 Frame은 기본값 10에서 30사이로 조정하여 시뮬레이션 시간은 다소 길어지지만 더욱 자연스러운 소재표현이 되

도록 하였다. 패턴 배치 곡률은 다양한 곡률 테스트 후 허리밴드 cylinder 50%, 스커트 cylinder 30%로 설정하였다. 또한 반복된 시뮬레이션 실험 과정에서 중량이 작아지면 여러 가지 장점이 나타나는 것을 발견하여 KES로 측정된 소재의 물성값에 중량만 1/10로 줄여 시뮬레이션하여 보았다. 따라서 6가지 소재별로 각 2종류의 길이, 각 3종류의 가상 소재 물성값(KES, FTU, KES 소재 물성값에서 중량만 1/10로 줄인 경우)을 적용하여 총 36종의 가상 스커트를 착장 시뮬레이션 하였다.

2.4. 실제와 가상스커트의 착장 비교

제작된 12종의 실제스커트와 36종의 가상스커트 착장결과 분석을 위하여 스커트 착장 이미지, 실루엣 중합도, 치수를 비교 분석하였다. 이미지 비교는 착장 스커트 정면, 우측면, 후면 이미지를 동일한 길이와 소재별로 나누어 ‘실제-가상1(KES)-가상2(FTU)-가상3(KES weight/10)’으로 묶어, 전체적인 플레어 분량과 퍼짐 정도, 플레어의 균일도 및 개수와 크기, 전·후면의 플레어 차이, 스커트 밑단의 모양, 소재의 색상과 재질 표현 등에 대하여 살펴보았다. 실루엣 비교는 착장 스커트 정면과 우측면 실루엣 외곽선을 중합하여 ‘소재별 비교’와 ‘실제-가상 비교’로 나누어 실시하였다. 소재별 실루엣 비교는 실제, 가상1, 가상2, 가상3으로 나누어 6개 스커트 실루엣을 중첩하여 소재별 차이를 확인하였고, 실제-가상 실루엣 비교는 동일한 길이와 소재별로 실제-가상1, 실제-가상2, 실제-가상3으로 각각 실루엣을 중합하여 실제스커트와 가상스커트의 실루엣에 어떠한 차이가 있는지 확인하였다. 치수 비교는 스커트 앞중심선과 오른쪽 옆선 솔기의 수직길이를 측정하여, 원단 재단 방향에 따른 실제와 가상 스커트의 길이 차이를 분석하였다. 측정 시 허리밴드는 제외하였으며, 실물스커트의 경우 스커트를 제작하고 행거에 걸어둔 상태로 최소 이틀 이상을 방치하여 직물의 특성

Table 3. Converted physical properties of the test material by OptiTex fabric editor

| Items |                             | Fabric 1 | Fabric 2 | Fabric 3 | Fabric 4 | Fabric 5 | Fabric 6 |        |
|-------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| -     | Thickness (cm)              | 0.05     | 0.05     | 0.03     | 0.04     | 0.11     | 0.04     |        |
|       | Weight (gr/m <sup>2</sup> ) | 144.41   | 236.46   | 117.12   | 170.06   | 385.22   | 148.68   |        |
| KES   | Bending (dyn·cm)            | Warp     | 124.98   | 142.44   | 11.23    | 73.77    | 299.01   | 123.7  |
|       |                             | Weft     | 61.51    | 49.34    | 4.32     | 33.75    | 232.01   | 90.94  |
|       | Shear (grf/cm)              | 34       | 56       | 25       | 31       | 37       | 126      |        |
|       | Friction                    | 0.36     | 0.36     | 0.03     | 0.25     | 0.37     | 0.22     |        |
|       | Stretch (grf/cm)            | Warp     | 78.70    | 23.45    | 78.80    | 92.97    | 135.37   | 42.20  |
|       |                             | Weft     | 132.31   | 200.41   | 89.09    | 82.98    | 170.64   | 43.83  |
| FTU   | Bending (dyn·cm)            | Warp     | 119.9    | 251.8    | 1.77     | 43.94    | 278      | 197.57 |
|       |                             | Weft     | 128.21   | 201.5    | 4.89     | 40.23    | 99.41    | 8.14   |
|       | Shear (grf/cm)              | 60       | 32       | 87       | 51       | 26       | 36       |        |
|       | Friction                    | 0.30     | 0.30     | 0.10     | 0.20     | 0.30     | 0.30     |        |
|       | Stretch (grf/cm)            | Warp     | 37.18    | 140.47   | 90.41    | 43.94    | 31.98    | 55.73  |
|       |                             | Weft     | 44.03    | 36.14    | 88.39    | 55.83    | 29.68    | 42.26  |

에 따른 변화가 충분히 이루어진 후 측정하였다.

### 3. 결과 및 논의

#### 3.1. 실제와 가상 스커트 착장 이미지 비교 결과

##### 3.1.1. 실제스커트 착장 결과

동일한 더미, 패턴, 소재를 사용한 실제와 가상 스커트 착장 시뮬레이션 이미지는 Table 4와 Table 5에 나타내었다. 먼저 실제 스커트의 소재별 착장이미지 특성은 다음과 같다. 소재3은 가장 얇고 가벼우며 굽힘과 전단 값이 작은 소재로 실제스커트의 외관은 더미에 가장 밀착되면서 유연하게 바디곡선을 잘 나타내었고, 전체적인 플레어의 굴곡 수가 많아 플레어 하나의 크기는 작았으며, 옆선의 처짐이 매우 큰 특징을 나타내었다. 소재5는 두께, 무게, 굽힘에서 가장 큰 값을 나타내지만 전단 값이 비교적 작은 소재로 실제스커트의 외관은 크고, 높고, 부드러운 플레어 형상에 웅장한 느낌을 주는 볼륨감 있는 실루엣을 형성하였다. 소재6은 두께, 중량, 굽힘은 중간 이하에 속하지만 다른 소재들에 비해 전단 값이 매우 큰 특징을 가지고 있어, 플레어의 굴곡수가 비교적 적고 전체적으로 뻗치는 실루엣에 큰 볼륨감을 나타내며, 옆선 솔기가 수직으로 떨어지지

않고 허리밴드에 직각 방향으로 기울어진 특성을 보였다. 두께, 무게, 굽힘, 전단이 중간 또는 그 이하의 값을 나타내는 소재1과 소재4로 제작된 스커트는 전체적 볼륨감과 실루엣, 플레어의 모양과 개수 모두에서 중간 정도의 유사한 느낌을 주었다. 소재2는 두께, 무게, 굽힘, 전단 값은 중간정도이나 두께 대비 중량 값이 가장 큰 특성을 갖는 소재로 차분한 볼륨감에 작은 크기의 깊고 뚜렷한 플레어 형상을 균일하게 만들어냈다.

이상과 같이 실제스커트에서는 소재 차이에 의한 플레어스커트 외관의 차이를 뚜렷하게 확인할 수 있었는데, 동일한 소재일 경우 짧은 스커트와 긴 스커트에서 유사한 경향을 나타내었고 짧은 스커트보다는 긴 스커트가 각 소재의 특성을 더 두드러지게 나타내주었다. 그리고 모든 소재에서 스커트 전·후면의 차이가 현저하였는데, 이는 더미 앞·뒤 형상의 차이에도 불구하고 앞·뒤판 동일한 패턴을 사용한 데 기인한다. 6가지 소재 모두에서 전면에 비하여 후면의 전체적인 플레어 분량과 플레어의 굴곡수가 적었고, 전면은 대체적으로 허리밴드 바로 아래에서부터 플레어가 형성되는 반면 후면은 소재에 따라 미 들힘 또는 힙선 부근에서부터 플레어가 시작되었는데, 전단값이 작을수록 바디를 따라 밀착되는 부위가 길어지다가 일정 위치 아래에서 플레어가 생성되기 시작하였다.

Table 4. Appearance of real & virtual skirts-Short skirt

| Fabric no.  | Front |                 |                 |                           | Right side |                 |                 |                           | Back |                 |                 |                           |
|---|-------|-----------------|-----------------|---------------------------|------------|-----------------|-----------------|---------------------------|------|-----------------|-----------------|---------------------------|
|   | Real  | Virtual 1 (KES) | Virtual 2 (FTU) | Virtual 3 (KES weight/10) | Real       | Virtual 1 (KES) | Virtual 2 (FTU) | Virtual 3 (KES weight/10) | Real | Virtual 1 (KES) | Virtual 2 (FTU) | Virtual 3 (KES weight/10) |
| 1<br>polyester 100%<br>(2/2 twill)                                    |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 2<br>polyester 60%<br>rayon 37%<br>spandex 3%<br>(2/2 twill)          |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 3<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                             |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 4<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                             |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 5<br>polyester 60%<br>rayon 35%<br>spandex 5%<br>(plain-double weave) |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 6<br>cotton 100%<br>(plain)   |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |



**Table 5.** Appearance of real & virtual skirts-Long skirt

| Fabric no.  | Front |                 |                 |                           | Right side |                 |                 |                           | Back |                 |                 |                           |
|---|-------|-----------------|-----------------|---------------------------|------------|-----------------|-----------------|---------------------------|------|-----------------|-----------------|---------------------------|
|   | Real  | Virtual 1 (KES) | Virtual 2 (FTU) | Virtual 3 (KES weight/10) | Real       | Virtual 1 (KES) | Virtual 2 (FTU) | Virtual 3 (KES weight/10) | Real | Virtual 1 (KES) | Virtual 2 (FTU) | Virtual 3 (KES weight/10) |
| 1<br>polyester 100%<br>(2/2 twill)                                    |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 2<br>polyester 60%<br>rayon 37%<br>spandex 3%<br>(2/2 twill)          |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 3<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                             |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 4<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                             |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 5<br>polyester 60%<br>rayon 35%<br>spandex 5%<br>(plain-double weave) |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |
| 6<br>cotton 100%<br>(plain)   |       |                 |                 |                           |            |                 |                 |                           |      |                 |                 |                           |

3.1.2. 가상스커트 착장 시뮬레이션 과정 특성

본 연구에서 사용한 OptiTex Runway ver. 12.0은 플레어스커트 시뮬레이션 실험과정에서 다음과 같은 특성이 확인되었다. 첫째, Table 2의 측정된 물성 값을 OptiTex fabric editor에 입력한 후 이를 3D 가상착의 프로그램에서 불러오면 Table 3의 변환된 물성 값으로 표시되는데, 두께, 중량, 마찰 값에는 변화가 없으나 굽힘, 전단, 인장 값은 단위 변화와 함께 가상공간에서의 수치로 변환된다. 그리고 동일한 소재라 할지라도 물성 측정 방법(KES와 FTU)에 따라 변환된 물성 값은 다소 차이를 보였다(Table 3). 이는 실제소재가 동일하다 할지라도 측정방법의 차이에 따라서 가상공간에서의 물성 변화와 함께 시뮬레이션 결과에 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 둘째, 실제 재단과 봉제에서 까다로운 특성을 보이는 소재일 경우 3D 시뮬레이션에서도 동일한 어려움을 보이는 것으로 나타났다. 소재3과 같이 매우 얇고 부드러우며 흐들흐들한 원단은 재단 시 결방향이 흐트러지기 쉽고 봉제 시 변형이 심해 작업이 매우 까다로웠는데, 시뮬레이션 과정에서도 옆선 꼬임현상이 심하여 수차례의 시뮬레이션을 반복해야 했다. 이러한 어려움은 소재4와 소재5의 실제 및 가상 제작에서도 정도는 덜 하지만 유사하게

나타났다. 반면 가볍고 얇으며 전단 값이 커 재단과 봉제가 가장 용이했던 소재6(광목)의 경우 가상착의 과정도 가장 수월하였다. 셋째, 가상1과 가상2처럼 실제 물성값을 적용할 경우 시뮬레이션 과정에서 소재의 과도한 흔들림, 출렁임, 무게감을 나타내었다. 이는 OptiTex에서 기본으로 제공하는 소재들을 적용한 시뮬레이션에서는 찾아볼 수 없는 현상으로, 실제와 유사한 가상의복을 얻기 위해 중량값을 조정하는 추가실험을 시행하였다. 중량을 실제의 1/2, 1/3, 1/5, 1/10로 순차적으로 조정하면서 시뮬레이션 한 결과, KES 물성값에서 중량만 1/10로 수정한 가상3의 경우 시뮬레이션 과정에서 보이던 과도한 출렁임과 무게감 및 옆선 연결부위 원단 꼬임 현상이 해결되고 시뮬레이션 시간이 단축되었으며, 완료 후 플레이어의 균일도, 방향, 개수, 크기, 외곽선 실루엣 모양 등에서 실제에 보다 유사하게 표현됨을 발견하였다.

3.1.3. 가상스커트 착장 시뮬레이션 결과

가상1·2의 이미지를 실제와 비교한 결과는 다음과 같다. 실제는 소재가 바뀔 때 따라 서로 다른 느낌을 주는 스커트로 표현되었으나, 가상1·2는 약간의 소재별 차이를 보일뿐 실체스

커트에서 나타나는 차이 그대로를 표현하지는 못하였다. 특히 후면은 볼륨감에서만 작은 차이를 보이고 플레이어 형상에서의 소재 간 차이가 거의 없었으며, 측면은 모두 유사하게 나타났다. 가상1·2의 가장 큰 특징은 전면 플레이어의 생성 위치가 균일하지 못하고 중심부에 몰려 있으며, 플레이어의 방향이 스커트의 실루엣 방향으로 점진적으로 펼쳐지는 것이 아니라 수직방향으로 떨어지는 것이었다. 짧은 스커트의 경우 플레이어의 균일도가 비교적 높지만 긴 스커트의 경우 균일도가 매우 낮았고, 정면 실루엣은 옆선이 자연스럽게 휘지 않고 골반에서 현저하게 굽거나 사선 방향으로 곧게 뻗어있는 두 경우로 나뉘었다. 가상1·2의 착장이미지를 종합적으로 살펴보았을 때, 짧은 스커트 소재3이 실제스커트와 비교적 유사한 느낌으로 표현되었지만, 나머지 가상스커트들은 실제스커트의 자연스럽고 부드러운 우며 균일한 형상의 플레이어 이미지를 유사하게 재현하지는 못하였다.

가상3의 이미지를 실제 및 가상1·2와 비교한 결과 가상1·2와는 매우 다른 결과를 나타내었다. 가상3은 전체적으로 균일도가 높고 자연스러우며 아름다운 굴곡의 플레이어를 형성했고, 시뮬레이션 과정에서도 출렁임이나 꼬임현상 없이 매우 빠르고 안정적으로 진행되었다. 소재 간 중량의 차이가 실제 차이의 1/10에 불과하므로 여섯 개 스커트 모두 유사한 느낌으로 표현되어, 실제스커트에서 보이는 뚜렷한 소재별 차이를 찾아볼 수 없었다. 소재의 중량이 매우 낮아 스커트 전체의 볼륨감이 여섯 소재 모두 크며, 특히 측면에서의 볼륨감이 실제에 비해 매우 큰 특징을 보였다.

앞·뒤차 없는 패턴을 사용한 결과는 가상스커트 1, 2, 3 모두에서 실제스커트와 유사하게 표현되었다. 전·후면의 플레이어 분량, 굴곡 수, 형상의 차이가 매우 컸는데, 이러한 문제에 있어 가상스커트는 실제스커트의 착장결과를 거의 흡사하게 표현하고 있었다. 이는 스커트 전체에서 균일하고 아름다운 플레이어를 얻기 위해 요구되는 패턴 수정방법이 실제와 가상 샘플의 피팅 결과에서 동일하게 나타남을 의미한다. 소재의 색상과 질감에 대한 시각적 표현에 있어서는 실제 소재가 가지고 있는 느낌을 가상 스커트에서도 유사하게 표현하였고, 특히 화면상에서 스커트를 확대할 경우 직물의 조직감까지 뚜렷하게 확인할 수 있었다.

### 3.2. 실제와 가상 스커트 착장 실루엣 비교 결과

#### 3.2.1. 소재별 실루엣 비교

소재별 스커트 실루엣의 차이를 확인하고자 착장방법별로 나누어 실루엣 중합도를 살펴보았다(Table 6). 실제 스커트는 길이와 무관하게 정면에 비해 측면의 소재별 실루엣 차이가 더 크게 나타났다. 정면에서는 짧은 스커트 보다는 긴 스커트의 소재별 차이가 더 컸고, 측면에서는 유사하게 큰 차이를 나타내었다. 두께, 전단, 굽힘 값이 가장 작은 소재3은 정면과 측면에서 모두 바디에 밀착되면서 볼륨감이 가장 작게 나타났고, 무게가 가벼우면서 전단값이 가장 큰 소재6은 정면과 측면에서

모두 볼륨감이 가장 컸다. 또한 소재6은 정면보다는 측면의 볼륨감이 다른 스커트보다 훨씬 더 커서, 바디가 가지고 있는 편평율을 그대로 유지하기 보다는 원형에 가까운 형태의 실루엣을 나타내었다. 나머지 소재들은 소재3과 6 사이에서 차이를 보이며 다양한 볼륨감과 외곽선 실루엣을 나타내었다. 짧은 스커트는 정면  $3 < 5 < 1 < 2 \cdot 4 < 6$ , 측면  $3 < 5 < 2 < 1 < 4 < 6$  순으로 볼륨감이 컸고, 긴 스커트는 정면  $3 < 5 < 4 < 1 < 2 < 6$ , 측면  $3 < 1 < 5 < 2 < 4 < 6$  순으로 볼륨감이 컸다. 실제 스커트의 소재별 실루엣 중합도의 가장 특징적인 면 중의 하나는 스커트 옆선 바이어스방향 원단 늘어짐에 의한 스커트 길이의 차이가 뚜렷하다는 것으로, 짧은 스커트에 비해 긴 스커트에서 더 큰 차이를 나타내었다.

가상1과 가상2는 착장이미지로 보았을 때는 서로 유사하게 보였으나 실루엣에서는 차이를 나타내었다. 가상1은 긴 스커트 정면에서만 소재별 차이를 나타냈을 뿐 짧은 스커트 전면과 측면, 긴 스커트 측면에서는 소재별 차이를 거의 나타내지 않았다. 짧은 스커트의 전면은 전체적으로 볼륨감이 큰 경향을, 측면은 전체적으로 볼륨감이 작은 경향을 보이며 소재간 차이가 미비하게 나타났다. 긴 스커트의 정면은 소재6과 소재1의 볼륨감이 다른 소재에 비해 컸고, 측면은 모든 소재에서 매우 슬림한 경향을 보이며 소재간 차이가 작게 나타났다. 가상2는 모든 길이에서 정면의 소재별 실루엣에는 매우 큰 차이를, 측면에서는 작은 차이를 보였는데, 이는 실제스커트에서 나타나는 특성과는 정반대의 결과이다. 정면은 짧은 스커트 소재1, 2, 4, 6과 긴 스커트 소재1, 6의 옆선이 사선으로 뻗는 모양을 하며 볼륨감이 컸고, 측면은 모든 소재에서 슬림한 실루엣을 나타내었다. 가상3은 모든 길이에서 정면과 측면 모두 소재 간 미비한 차이를 보이면서 볼륨감이 큰 실루엣을 나타냈다. 가상1이나 가상2는 볼륨감이 클 경우 옆선 실루엣이 직선적으로 뻗는 느낌을 나타내는데 반해, 가상3은 전면과 측면 모두 실제스커트와 유사한 자연스러운 곡선의 외곽선을 나타내었다.

#### 3.2.2. 실제와 가상 스커트 실루엣 비교

실제와 가상의 실루엣 특성을 비교하기 위하여 정면과 우측면의 실루엣을 실제-가상1, 실제-가상2, 실제-가상3으로 중합한 결과는 Table 7, Table 8과 같다. 전체적으로 가상1과 가상2가 가상3에 비해 실제와 더 유사한 볼륨감을 표현하였다. 가상1·2는 짧은 스커트 소재3번, 긴 스커트 소재3과 소재4번을 실제와 가장 유사하게 표현하였고, 나머지 소재에서는 대체적으로 정면은 실제에 비해 볼륨감 있게, 측면은 실제보다 슬림하게 표현하였다. 특히 양옆선이 사선으로 뻗치면서 정면의 볼륨이 커지는 경우 측면은 실제보다 슬림하게 나타나, 입체적으로 보았을 때 실제스커트보다 편평률이 큰 납작한 형태로 표현됨을 알 수 있다. 가상3은 짧은 스커트와 긴 스커트 모두에서 볼륨감이 큰 소재6번을 실제와 가장 유사하게 표현하였고, 나머지 소재에 있어서는 스커트 길이별 차이를 보였다. 바디의 영향을 많이 받는 짧은 스커트는 실제와 비교적 유사한 볼륨감

**Table 6.** Silhouette overlap image of 6 different material skirts

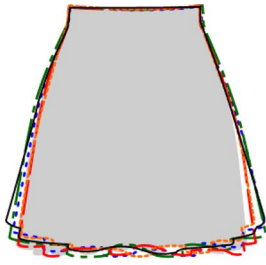
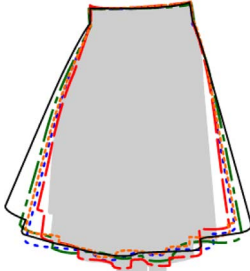
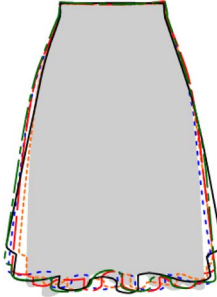
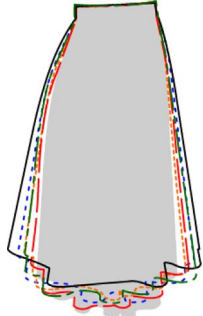
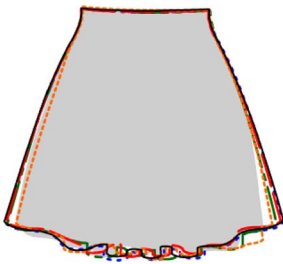
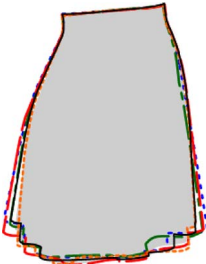
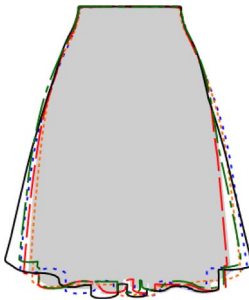
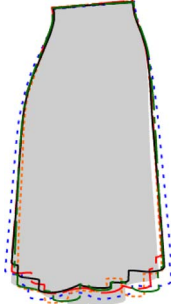
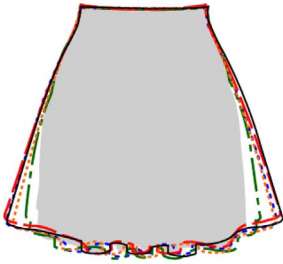
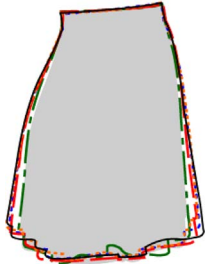
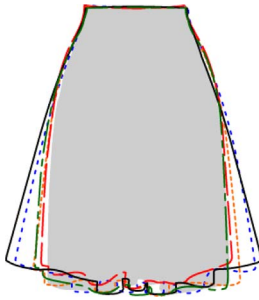
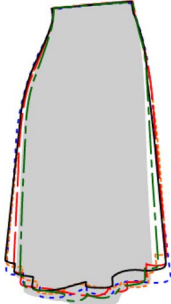
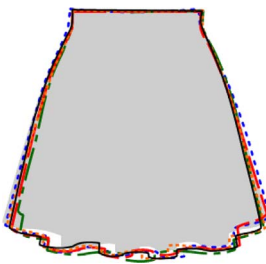
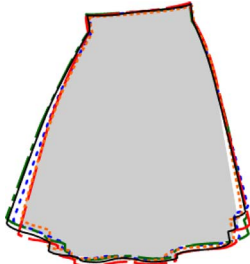
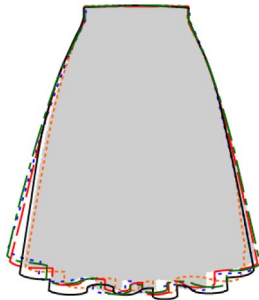
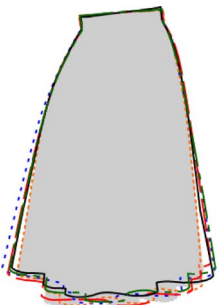
| Items                     | Short skirt   |   | Long skirt   |   |  |                                    |
|---------------------------|---|---|--|---|--|------------------------------------|
|                           | Front   | Right side  | Front  | Right side  |  |                                    |
| Real                      |    |    |    |    |  |                                    |
| Virtual 1 (KES)           |   |   |   |   |  |                                    |
| Virtual 2 (FTU)           |  |  |  |  |  |                                    |
| Virtual 3 (KES weight/10) |  |  |  |  |  |                                    |
|                           | Fabric 1<br>polyester 100%<br>(2/2 twill)   | Fabric 2<br>polyester 60%<br>rayon 37%<br>spandex 3%<br>(2/2 twill)                 | Fabric 3<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                                     | Fabric 4<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                                      | Fabric 5<br>polyester 60%<br>rayon 35%<br>spandex 5%<br>(plain-double weave) | Fabric 6<br>cotton 100%<br>(plain) |



Table 7. Silhouette overlap image of real & virtual skirts-Short skirt

| Fabric. no.   | Real & virtual 1 (KES) |            | Real & virtual 2 (FTU) |            | Real & virtual 3 (KES weight/10) |            |
|---|------------------------|------------|------------------------|------------|----------------------------------|------------|
|   | Front                  | Right side | Front                  | Right side | Front                            | Right side |
| 1<br>polyester 100%<br>(2/2 twill)                                    |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 2<br>polyester 60%<br>rayon 37%<br>spandex 3%<br>(2/2 twill)          |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 3<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                             |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 4<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                             |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 5<br>polyester 60%<br>rayon 35%<br>spandex 5%<br>(plain-double weave) |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 6<br>cotton 100%<br>(plain)   |                        |            |                        |            |                                  |            |

Real Virtual \* Similar volume pair

로 표현되었지만 긴 스커트는 실제와 큰 차이를 나타내었는데, 실제보다 볼륨감이 더 클 경우 정면에서 큰 정도와 측면에서 큰 정도가 거의 유사하게 나타났다. 이는 가상3은 전체적으로 실제보다 볼륨감을 더 크게 표현하고 있으나, 실제와 유사한 편평률을 보이며 360° 전체적으로 볼륨감을 크게 표현하는 것으로 가상1, 2의 옆선에서만 사선으로 뻗치면서 납작한 실루엣을 보이는 경향과는 서로 다른 특징을 나타낸다.

### 3.3. 실제와 가상 스커트 치수 비교 결과

외관 이미지와 실루엣 중합도에서 확인한 플레이어스커트 재단 방향에 따른 직물 처짐 정도를 수치로 확인하고자 착장상태

의 스커트 앞중심선과 오른쪽 옆선 수직길이를 측정하였다 (Table 9). 패턴의 치수는 밑단의 시접분량 2.5cm를 포함하여 짧은 스커트 38.5cm, 긴 스커트 58.5cm로 앞중심선과 옆선에서 동일하다. 실제스커트의 경우 식서방향으로 재단된 앞중심선은 패턴치수와 동일하거나 최대 0.5cm 패턴길이보다 길어져 큰 변화가 없었고, 정바이어스 방향으로 재단된 옆선은 짧은 스커트 0.1cm~3.1cm, 긴 스커트 0cm~5.5cm로 늘어나 소재별 차이가 크게 나타났다. 반면 가상의 스커트는 스커트 간 차이가 크지 않았는데 패턴길이보다 길어지는 경우는 드물었고, 특히 옆선 길이는 대부분 패턴 길이보다 짧게 측정되어 실제 스커트와 정반대의 결과를 보였다. 이는 가상1과 가상2의 경우 옆선 꼬임

Table 8. Silhouette overlap image of real & virtual skirts-Long skirt

| Fabric. no.   | Real & virtual 1 (KES) |            | Real & virtual 2 (FTU) |            | Real & virtual 3 (KES weight/10) |            |
|---|------------------------|------------|------------------------|------------|----------------------------------|------------|
|   | Front                  | Right side | Front                  | Right side | Front                            | Right side |
| 1<br>polyester 100%<br>(2/2 twill)                                    |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 2<br>polyester 60%<br>rayon 37%<br>spandex 3%<br>(2/2 twill)          |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 3<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                             |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 4<br>polyester 100%<br>(derivative weave)                             |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 5<br>polyester 60%<br>rayon 35%<br>spandex 5%<br>(plain-double weave) |                        |            |                        |            |                                  |            |
| 6<br>cotton 100%<br>(plain)   |                        |            |                        |            |                                  |            |

Real Virtual \* Similar volume pair

현상 또는 옆선 사선방향 자리 잡음으로 인한 것으로 보인다. 가상1은 짧은 스커트와 긴 스커트 소재2의 앞중심선(1.1cm/2.6cm)과 긴 스커트 소재3의 옆선(2.4cm)이, 가상2는 짧은 스커트와 긴 스커트 소재5의 앞중심선(1.4cm/3.3cm)과 긴 스커트 소재3, 5의 옆선(3.7cm/2.9cm)이 패턴길이보다 가장 많이 늘어

났는데, 실제스커트는 소재3과 5의 옆선이 각 5.5cm와 1.8cm 늘어나고 소재2와 5의 앞중심선이 0.3~0.5cm 늘어나 실제와 가상에서 비교적 큰 차이를 보였다. 그리고 가상3은 원단 처짐 현상이 거의 나타나지 않아 패턴길이에 비해 -0.4cm~0.1cm 사이의 미비한 차이를 보였고, 모든 길이에서 앞중심선과 옆선 길

Table 9. Comparison of measurement between real & virtual skirts

(unit: cm)

| Item & fabric no. | Measurements |           |           |           | Differences between pattern & skirt |           |           |           | Differences between real & virtual |       |       |      |      |
|-------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|-------|-------|------|------|
|                   | Real         | Virtual 1 | Virtual 2 | Virtual 3 | (Skirt - pattern)                   |           |           |           | (Virtual - real)                   |       |       |      |      |
|                   |              |           |           |           | Real (%)                            | Virtual 1 | Virtual 2 | Virtual 3 | Dif.1                              | Dif.2 | Dif.3 |      |      |
| Short skirt       | Fabric 1     | 38.9      | 38.7      | 39.0      | 38.5                                | 0.4 (1.0) | 0.2       | 0.5       | 0.0                                | -0.2  | 0.1   | -0.4 |      |
|                   | Fabric 2     | 38.8      | 39.6      | 38.7      | 38.5                                | 0.3 (0.8) | 1.1       | 0.2       | 0.0                                | 0.8   | -0.1  | -0.3 |      |
|                   | CF length    | Fabric 3  | 38.6      | 38.6      | 38.5                                | 38.2      | 0.1 (0.3) | 0.1       | 0.0                                | -0.3  | 0.0   | -0.1 | -0.4 |
|                   | Fabric 4     | 38.9      | 38.5      | 38.9      | 38.2                                | 0.4 (1.0) | 0.0       | 0.4       | -0.3                               | -0.4  | 0.0   | -0.7 |      |
|                   | Fabric 5     | 38.9      | 38.7      | 39.9      | 38.6                                | 0.4 (1.0) | 0.2       | 1.4       | 0.1                                | -0.2  | 1.0   | -0.3 |      |
|                   | Fabric 6     | 38.5      | 38.8      | 38.8      | 38.3                                | 0.0 (0.0) | 0.3       | 0.3       | -0.2                               | 0.3   | 0.3   | -0.2 |      |
|                   | SS length    | Fabric 1  | 39.7      | 38.4      | 38.4                                | 38.4      | 1.2 (3.1) | -0.1      | -0.1                               | -0.1  | -1.3  | -1.3 | -1.3 |
|                   |              | Fabric 2  | 39.0      | 38.4      | 38.4                                | 38.5      | 0.5 (1.3) | -0.1      | -0.1                               | 0.0   | -0.6  | -0.6 | -0.5 |
|                   |              | Fabric 3  | 41.6      | 38.3      | 37.6                                | 38.4      | 3.1 (8.1) | -0.2      | -0.9                               | -0.1  | -3.3  | -4.0 | -3.2 |
|                   |              | Fabric 4  | 41.0      | 38.2      | 38.4                                | 38.4      | 2.5 (6.5) | -0.3      | -0.1                               | -0.1  | -2.8  | -2.6 | -2.6 |
|                   |              | Fabric 5  | 39.5      | 38.4      | 37.6                                | 38.3      | 1.0 (2.6) | -0.1      | -0.9                               | -0.2  | -1.1  | -1.9 | -1.2 |
|                   |              | Fabric 6  | 38.6      | 38.3      | 38.4                                | 38.3      | 0.1 (0.3) | -0.2      | -0.1                               | -0.2  | -0.3  | -0.2 | -0.3 |
| Long skirt        | Fabric 1     | 58.5      | 59.1      | 59.1      | 58.1                                | 0.0 (0.0) | 0.6       | 0.6       | -0.4                               | 0.6   | 0.6   | -0.4 |      |
|                   | Fabric 2     | 58.9      | 61.1      | 59.0      | 58.5                                | 0.4 (0.7) | 2.6       | 0.5       | 0.0                                | 2.2   | 0.1   | -0.4 |      |
|                   | CF length    | Fabric 3  | 58.7      | 59.0      | 59.0                                | 58.2      | 0.2 (0.3) | 0.5       | 0.5                                | -0.3  | 0.3   | 0.3  | -0.5 |
|                   | Fabric 4     | 58.5      | 58.8      | 59.5      | 58.3                                | 0.0 (0.0) | 0.3       | 1.0       | -0.2                               | 0.3   | 1.0   | -0.2 |      |
|                   | Fabric 5     | 59.0      | 59.2      | 61.8      | 58.5                                | 0.5 (0.9) | 0.7       | 3.3       | 0.0                                | 0.2   | 2.8   | -0.5 |      |
|                   | Fabric 6     | 58.5      | 59.3      | 59.3      | 58.4                                | 0.0 (0.0) | 0.8       | 0.8       | -0.1                               | 0.8   | 0.8   | -0.1 |      |
|                   | SS length    | Fabric 1  | 60.6      | 58.2      | 58.1                                | 58.1      | 2.1 (3.6) | -0.3      | -0.4                               | -0.4  | -2.4  | -2.5 | -2.5 |
|                   |              | Fabric 2  | 59.6      | 58.3      | 58.2                                | 58.4      | 1.1 (1.9) | -0.2      | -0.3                               | -0.1  | -1.3  | -1.4 | -1.2 |
|                   |              | Fabric 3  | 64.0      | 60.9      | 62.2                                | 58.2      | 5.5 (9.4) | 2.4       | 3.7                                | -0.3  | -3.1  | -1.9 | -5.8 |
|                   |              | Fabric 4  | 61.4      | 58.2      | 59.8                                | 58.2      | 2.9 (5.0) | -0.3      | 1.3                                | -0.3  | -3.2  | -1.6 | -3.2 |
|                   |              | Fabric 5  | 60.3      | 58.3      | 61.4                                | 58.2      | 1.8 (3.1) | -0.2      | 2.9                                | -0.3  | -2.0  | 1.1  | -2.1 |
|                   |              | Fabric 6  | 58.5      | 58.3      | 58.2                                | 58.2      | 0.0 (0.0) | -0.2      | -0.3                               | -0.3  | -0.2  | -0.3 | -0.3 |

: Maximum difference for each section

이가 실제 스커트의 길이보다 짧게 나타났다. 이는 현 단계의 가상착의 시스템은 소재의 스트레칭성과 바이어스 방향 원단 처짐으로 인한 소재별 치수변화 특성 및 치수의 변화량을 실제와 같이 표현하는데 한계가 있음을 나타낸다. 플레어스커트와 같이 의복의 일정 부분이 바이어스 방향으로 재단되어 완성된 상태에서 길어지는 경우 늘어지는 부분과 늘어지는 분량을 정확히 확인하여 양산 전에 패턴이 수정되어야 한다. 따라서 3D 가상착의 시스템을 제품 개발에 사용할 경우 타이트스커트나 캐디스커트와 같이 식서방향으로 재단되어지는 스타일에 있어서는 현재 프로그램의 구현성에 큰 문제가 없겠지만, 플레어스커트와 같이 의복의 일부가 바이어스 방향으로 재단되는 스타일에서는 반드시 제 원단의 실제 샘플제작을 통한 확인이 필요할 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 Optitex Runway 12.0을 사용하여 다양한 소재물성을 적용한 가상 플레어스커트가 실제 스커트와 어떠한 차이를 보이는지 확인하고, 3D 가상착의 시스템에서 구현되는 소재물성이 가상 의복에 미치는 영향과 실제 샘플을 대체하는데 있어서의 적합성을 분석하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 6종의 소재를 사용하여 미니스커트 길이와 무릎길이의 180° 플레어스커트를 실제 제작하여 바디에 착용시킨 결과, 직물 물성(두께, 중량, 굽힘, 전단, 마찰, 인장)에 따른 뚜렷한 외관의 차이를 확인할 수 있었다. 가장 얇고, 가벼우며, 굽힘과 전단 값이 작은 소재3은 많은 개수의 작고 잔잔한 플레어를 만들었으며, 슬림한 실루엣에 바이어스방향으로 재단된 옆선의 처

짐 현상이 크게 나타났다. 두께, 무게, 굽힘에서 가장 큰 값을 나타낸 소재5는 크고, 높고, 부드러운 플레어 형상에 웅장한 느낌을 주는 볼륨감 있는 실루엣을 형성하였다. 두께, 중량, 굽힘은 중간 이하이나 전단 값이 매우 큰 소재6은 플레어의 굴곡수가 비교적 적고 가장 볼륨감이 컸으며, 옆선 처짐 현상이 나타나지 않았다. 중간 정도의 물성 특성을 나타내는 소재1과 소재4는 스커트의 전체적 볼륨감, 실루엣, 플레어의 모양과 개수 모두에서 중간정도의 느낌을 주었고, 두께대비 중량이 큰 소재2는 얇고 뚜렷한 플레어를 만들었다. 스커트 전·후면의 플레어형상 차이는 모든 소재에서 유사하게 나타났으며, 전단과 굽힘 값이 작을수록 후면 바디를 따라 밀착되는 부위의 길이가 길고, 옆선의 원단 처짐 현상이 심하게 나타났다. 소재별 특성은 짧은 길이와 긴 길이에서 유사하게 나타났으나, 짧은 길이보다는 무릎길이 스커트에서 각 소재의 특성을 더 두드러지게 나타내었다.

2. 실제와 가상 스커트 착장 이미지 비교결과, 가상1(KES)과 가상2(FTU)는 얇고 부드러우며 자중에 의한 변형이 심한 소재3을 유사하게 표현하였으나, 나머지 소재에 있어서는 실제 스커트의 균일하고 부드러우며 자연스러운 형상의 플레어와 실루엣을 재현하지 못하였다. 전면 플레어는 수직방향으로 떨어지는 경향을 나타내었고, 특히 긴 스커트는 플레어 생성 위치가 중심부에 몰려 있었다. 또한 긴 스커트의 정면 실루엣은 옆선이 현저하게 굽거나 일직선으로 뻗치는 두 경우로 나뉘면서 자연스러운 실제 실루엣과 차이를 보였다. 반면 가상3(KES weight/10)은 전반적으로 자연스럽고 아름다우며 균일도가 매우 높은 플레어를 형성하였고, 볼륨감이 큰 소재6을 가장 유사하게 표현하였으나, 소재 간 차이를 거의 나타내지 못하였다.

3. 착장 실루엣 비교 결과, 실제 스커트는 정면과 측면 모두에서 가장 슬림한 소재3과 가장 볼륨감 있는 소재6번 사이에서 소재별 차이를 보였으며, 정면에 비해 측면의 볼륨감에 더 큰 차이를 나타내었다. 가상1은 긴 스커트 정면에서만 소재별 차이를 나타내었고 나머지에서는 소재별 차이를 거의 나타내지 않았다. 가상2는 정면에서는 소재별 차이가 크게, 측면에서는 소재별 차이가 작게 나타나 실제와는 정반대로 표현되었다. 가상1·2 모두 슬림한 소재3의 실루엣을 가장 유사하게 표현하였고, 나머지 소재에 대해서는 대체적으로 정면은 실제에 비해 볼륨감 있게, 측면은 슬림하게 표현하였다. 가상3은 볼륨감 있는 소재6의 실루엣을 가장 유사하게 표현하였고, 정면과 측면 모두 자연스럽고 아름다운 외곽선 모양을 나타냈으나, 대체적으로 실제보다 볼륨감이 크게 나타났다.

4. 스커트 길이 치수 비교 결과, 실제스커트는 식서방향으로 재단된 앞중심선은 패턴치수와 동일하거나 큰 차이가 없었고, 정바이어스 방향으로 재단된 옆선은 패턴치수와 동일한 경우(소재6)에서 최대 9.4%까지 늘어난 경우(소재3)까지 소재별 차이가 크게 나타났다. 반면 가상1과 2는 소재 간 차이가 크지 않았으며, 특히 옆선은 패턴치수와 동일하거나 옆선 꼬임현상, 사선방향 자리 잡음으로 인해 오히려 짧아졌고, 앞중심 길이는

패턴 길이보다 오히려 길게 측정된 경우가 많았다. 가상3은 앞중심선과 옆선 모두에서 실제 스커트의 길이보다 같거나 짧게 나타났다. 현 단계의 프로그램은 소재의 스트레치성과 바이어스 방향 원단 처짐으로 인한 치수의 변화를 실질적으로 표현하지 못하는 것으로 나타났다.

5. 측정된 소재물성 값을 적용하여 플레어스커트를 가상 착의한 경우, 실제 소재의 색상과 조직감, 허리밴드의 맞음새, 전체적인 플레어의 분량, 앞·뒤판 플레어 양상의 차이, 스커트의 가로·세로 비율 등이 실제 스커트와 유사하게 표현되었다. 하지만 시뮬레이션 과정에서 발생하는 소재의 과도한 출력임과 무게감, 봉제 시 옆선의 꼬임현상, 그리고 플레어의 낮은 균일도, 플레어의 수직 방향성, 부자연스러운 실루엣, 실제와 다른 볼륨감, 바이어스방향 원단의 처짐 표현 등에서는 앞으로 개선이 필요한 것으로 분석되었다. 실제 측정된 물성 값에서 중량만 1/10로 수정하여 적용한 경우, 시뮬레이션 과정 중에 발생하는 문제들이 대부분 해소되었고, 프로그램 자체에서 제공하는 물성과 유사한 특성을 보였으며, 시뮬레이션 시간이 상당히 단축되었다. 또한 완성된 스커트에서의 플레어의 방향, 개수, 크기, 균일도, 아름다운 곡선 실루엣 표현 등은 실제 중량 값을 대입한 결과보다 실제 스커트와 더욱 유사하게 표현되었다. 하지만 중량을 줄여 적용할 경우 소재간 중량 값의 차이가 미비하므로 소재 간 차이를 거의 나타내지 못했고, 볼륨감이 전반적으로 실제보다 크게 표현되는 문제가 발생하였다. 차후 프로그램의 소재 표현성을 개선하기 위하여 본 연구의 실험에서 나타난 사항들을 고려하여 현재 버전에서 나타나는 문제점들을 하나씩 풀어나가야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 결과는 선택된 프로그램의 특성이나 소재의 특성, 그리고 플레어스커트의 재단 각도, 플레어의 분량 등이 달라질 경우 상이한 결과를 보일 수 있으므로 결과의 해석에 주의가 요구된다. 또한 실제와 가상 스커트의 플레어 굴곡, 개수, 형상 등 이미지 비교에 있어서 3차원 형상으로부터의 유사성 판정을 위한 객관적인 측정 방법이 사용되지 않았으며, 실제와 가상 스커트의 관능적 비교에 있어 다수 전문가들의 객관적 평가 없이 연구자들의 주관적 평가에 의존한 한계점이 있으므로, 실제와 가상 의복을 비교하는데 있어 보다 객관적이고 과학적인 방법을 보완할 필요가 있다. 하지만 본 연구의 결과가 후속으로 이어질 다양한 프로그램과 소재를 사용한 실제 샘플과 가상 샘플과의 비교연구와 더불어 3D 어패럴 캐드 시스템의 기능향상과 대중적인 상용화에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

## References

- Cha, S. J., & Kang, Y. K. (2013a). Comparison of basic bodice block for adults women by 3D simulation -Focus of the DC suite program-. *Journal of Fashion Business*, 17(2), 63-81. doi: 10.12940/jfb.2013.17.2.63
- Cha, S. J., & Kang, Y. K. (2013b). Comparison of pants for adults women by 3D simulation -Focus of the DC suite program-.

- Journal of Fashion Business*, 17(4), 1-21. doi: 10.12940/jfb.2013.17.4.1
- Choi, J., & Do, W. H. (2008). Analysis on lower body type and 3D virtual appearance evaluation of boots cut jeans for women. *Journal of the Korean Home Economics Association*, 46(2), 73-83.
- Choi, R., & Cho, C. S. (2012). A virtual fitting system using the top and bottom image of garment. *Journal of Korea Multimedia Society*, 15(7), 941-950.
- Cho, Y. J., & Na, H. S. (2014). Development of women's slacks pattern for Korean young-old generation based on industrial pattern-fit analysis by 3D body scanner-. *Journal of Korean Traditional Costume*, 17(1), 145-163.
- Do, W. H. (2008). Evaluation of motorcycle jacket for men using 3D clothes modeling system. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 14(1), 105-115.
- Han, M. R., & Kim, E. S. (2012). The relevances of the ease and the appearance by changing the sleeve cap height using virtual garment system. *Korean Journal Community Ling Science*, 23(2), 189-198.
- Hong, E. H. (2013). *Development of tight-fit torso patterns according to adult men's somatotype using surface flattening of 3D body scan data: using a 3D virtual garment system*. Unpublished doctoral dissertation, Hanyang University, Seoul.
- Hong, E. H., & Suh, M. A. (2012). A comparison study on men's bodice slopers -Using a 3D virtual garment system-. *The Research Journal of the Costume Culture*, 20(3), 403-415.
- Istook, C. L., Lim, H. S., & Chun, J. S. (2011). Comparative analysis of body measurement and fit evaluation between 2D direct body measuring and 3D body scan measuring. *The Research Journal of the Costume Culture*, 19(6), 1347-1358.
- Ki, H. S. (2013). A study on knit flare skirts of hem for 3D virtual clothing system -Focused on the angel of flare skirt-. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 15(2), 77-89.
- Kim, M. J., Kim, M. O., & Park, S. K. (2014). Comparison and analysis of men's classic-fit and slim-fit shirt patterns -Utilizing the 3D virtual try-on system-. *The Research Journal of the Costume Culture*, 22(2), 209-224.
- Ko, Y. A. (2009). *A study on the utilization of digital clothing as clothing sample making in apparel production*. Unpublished doctoral dissertation, Dongduk Women's University, Seoul.
- Koo, M. R. (2010). A study on the shape of hem-line of semi-flare skirts by P/W blended fabric's -Based on the comparison between real clothing and 3D virtual clothing-. *Journal of Korean Traditional Costume*, 13(2), 145-155.
- Lee, E. Y. (2013). *Development of job training program for technical designers*. Unpublished doctoral dissertation, Ewha Womans University, Seoul.
- Lee, J. S., & Lee, J. R. (2013). Comparison on the pants fitting for obese women between 3D virtual garment and real garment. *Journal of Fashion Business*, 17(2), 33-45. doi: 10.12940/jfb.2013.17.2.33
- Lee, S. K., Lee, S. Y., Kim, H. S., & Kang, I. A. (2011). The comparative analysis of shapes of 3D apparel CAD virtual clothing and actual clothing. *Korean Design Forum*, 30(2), 255-264.
- Lim, H. S. (2011a). Comparative assessment of virtual garments using direct and manual avatars. *The Research Journal of the Costume Culture*, 19(6), 1359-1371.
- Lim, J. Y. (2011b). A development of slacks patterns for the abdomen-obese middle-aged males from a virtual garment simulation. *The Research Journal of the Costume Culture*, 19(5), 1009-1018.
- Lim, J. Y. (2011c). A development of the uniform pattern for obese junior-high school girls from a virtual garment simulation. *The Research Journal of the Costume Culture*, 19(2), 245-254.
- Lim, J. Y. (2010a). A development of the bodice pattern for male sports athletes using by 3D virtual twin & virtual garment simulation. *Fashion & Textile Research Journal*, 12(3), 347-353.
- Lim, J. Y. (2010b). A development of the torso pattern for obese middle-aged women from 3D virtual garment simulation. *Fashion & Textile Research Journal*, 12(1), 86-93.
- Park, J. A., & Lee, W. K. (2012). Men's wok clothes jumper pattern-making and its appearance evaluation through 3-D clothing simulation. *Journal of Fashion Business*, 16(1), 103-120.
- Paek, K. J. (2009). Fit analysis for men's bodice pattern using 3D scans -Compared to traditional fit evaluation. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 33(1), 139-148.
- Uh, M. K. (2011). Development of a pattern and visual image for a one-piece dress using 3D virtual clothing system. *The Research Journal of the Costume Culture*, 19(3), 597-611.
- Yoon, J. W. (2013). *The development of tight fit torso patterns with body type of women by 3D body scan data: using the virtual appearance evaluation*. Unpublished doctoral dissertation, Hanyang University, Seoul.

(Received 29 April 2015; 1st Revised 30 May 2015;  
2nd Revised 21 July 2015; 3rd Revised 3 August 2015;  
Accepted 7 August 2015)