

# 3D 가상 패션 CAD를 이용한 가상 견본의 원단 물성 향상 연구

이 수 민 · 박 주 희<sup>+</sup>

국민대학교 디자인대학원 석사 · 국민대학교 의상디자인학과 교수<sup>+</sup>

## A Study on the Improvement of Fabric Property for Virtual Sample Using 3D Virtual Fashion CAD

Soomin Lee · Juhee Park<sup>+</sup>

Master, Graduate School of Design, Kookmin University

Professor, Dept. of Fashion Design, Kookmin University<sup>+</sup>

(received date: 2022. 12. 27, revised date: 2023. 1. 18, accepted date: 2023. 2. 7)

### ABSTRACT

The purpose of this study is to derive data that can implement a specific design and appearance through experiments to create a virtual sample as close to the original as possible. A literature review was conducted on the 3D Virtual Fashion CAD program and CLO, which is the most widely used program in fashion companies. We then conducted a survey of practitioners on the use of 3D Virtual Fashion CAD programs. This was done to demonstrate the fact that thin fabrics are implemented differently from the actual, and that hoods, sleeves, and flaps are applied with the most variation in regard to structural aspects. The subject of the experimental study, anorak jumpers with a hood of thin, rustling, woven fabric most commonly made of softshell fabric was created in two designs. The experiment identified the material of the sample which was made of three fabrics and created a virtual sample property value based on the designated basic property value. This was done to determine what property value was most similar to the sample after consultation with an expert. After applying it to the virtual sample as the final property value, an expert survey was conducted to evaluate its appearance. The results revealed that the basic property value input to CLO is light and thin and that it is not possible to accurately apply a material with a rustling appearance. The difference between the actual sample and the one shown in the virtual sample was quite noticeable with the virtual sample demonstrating problems including the collapse of the shape, amount of wrinkles being tilted downward, and the flap lifting on the body plate. This problem was found by adjusting stretch, bending strength, buckling, and buckling strength, as well as using rules for controlling physical property values according to fabric and design.

Key words: CLO(클로), fabric property(원단 물성), 3D virtual fashion CAD(3D 가상 패션 CAD)

---

본 논문은 석사학위 청구논문의 일부임.

Corresponding author: Juhee Park, e-mail: ju-hee@kookmin.ac.kr

## I. 서론

오늘날 IT 기술의 발전으로 가상 세계에 대한 욕구가 늘어가며 이에 대한 발전도 가속화되고 있다. 가상 세계는 영화와 게임뿐 아니라 많은 분야에서 컴퓨터와 디지털 기기를 이용하여 가상으로 옷을 입어보거나 나만의 캐릭터를 만들어 그 세계 안에서 의상과 액세서리를 구매하는 등 다양한 방식으로 구현되고 있다. 패션산업에서도 IT 기술과 접목하여 3D로 가상 견본을 만들어 왔는데, COVID-19로 비대면 업무가 장기화되면서 패션쇼와 룩북 제작에서, 나아가 광고 커뮤니케이션과 같은 마케팅에도 3D 프로그램이 적용되며 그 쓰임새가 커지고 있다.

본 연구는 3D 가상 패션 CAD에서 패턴 제도와 의상 제작을 하고, 이를 가상 모델에 착의시키는 가상 견본의 제작 단계에 주목하였다. 상품 기획 단계에서 디자인과 맞춤새를 확인하고, 생산 전 여러 차례 진행되는 품평회를 위해 실물 견본을 제작해오던 패션산업에서 3D 가상 패션 CAD 프로그램을 활용한 가상 견본 구현은 생산성, 효율성, 지속가능성에 있어서 큰 혁신을 제공한다. 나아가 이는 시간 단축과 함께 에너지 낭비를 줄일 수 있다는 점에서 환경 문제에 적극적으로 대처하는 지속 가능 디자인의 방법으로도 인식되고 있다.

패션산업의 글로벌 소싱이 확대되고 비대면 소통이 많아지면서 3D 가상 패션 CAD의 사용법을 비롯해 프로그램의 기능적 향상과 실물 견본과의 유사성을 높일 수 있는 여러 연구가 진행되고 있다. 3D 가상 패션 CAD 관련 선행연구를 살펴보면, 많은 실물을 만들어야 하는 연구 과정에 효율성을 높이기 위해 이 프로그램을 도구로 활용하는 연구가 다수 진행되었다. 원형 개발 연구에서 맞춤새 확인용으로 이 프로그램을 활용하거나(Lee, 2020), 디자인 개발 연구에서도 활발하게 쓰이고 있다(Sin, 2021). 한편 3D 가상 패션 CAD의 사용

자가 직면하는 소재 표현의 한계는 소재 관련 여러 연구로 이어졌다. 그동안 소재별 비교분석 연구(Jang & Lee, 2017), 니트 소재의 표현 연구(Choi & Kim, 2012)를 비롯하여 선택된 원단을 잘 표현할 수 있는 물성값 도출 연구(Kim, 2009; Oh & Ryu, 2015) 등이 진행되었으며, 소재 물성값의 체계화를 통해 디자인별, 원단별 최상의 물성값을 제시하는 다양한 연구가 여전히 필요하다. 특히, 가상 의상 시스템을 가장 활발하게 도입하고 있는 스포츠웨어의 경우, 가상 의상 소재에 대한 다각도의 체계적인 연구가 더욱 요구된다.

본 연구는 3D 가상 패션 CAD로 실물 견본과 유사한 가상 견본을 구현하기 위해 소재에 주어진 물성값을 조율하는 실험을 통해 특정 디자인을 구현할 수 있는 데이터를 도출하는 데 목적을 두었다. 연구 방법은 문헌 연구와 실증연구로서, 3D 가상 패션 CAD와 클로에 대한 고찰을 문헌 연구하고, 실물 견본과 유사한 가상 견본을 구현하기 위한 실험연구와 설문 조사를 통한 실증연구를 한다. 실험연구의 방법은 두 가지 디자인, 세 가지 원단의 실험복을 정한 뒤 직접 측정된 원단의 기본 물성값으로 세 가지 3D 원단을 만들고, 해당 원단으로 제작된 실물 견본과 가상 견본을 비교분석하는 것이다. 본 연구는 실무자들을 대상으로 2회의 설문 조사를 진행한다. 우선, 디자인과 소재의 선정과정에서 설문 조사를 통해 자료를 수집하고, 연구를 분석하는 과정에서 전문가의 외관평가를 거친다.

## II. 3D 가상 패션 CAD 고찰

### 1. 3D 가상 패션 CAD의 종류

오늘날 사용량이 많은 CAD 프로그램은 이스라엘 Optitex사의 3D Runway Designer, 싱가포르 Browzwear사에서 개발한 V-Stitcher와 Lotta, 일본 Technoa사에서 개발한 I-Designer, 한국에서 개발한 (주)피센의 DC-suit, FXGear사의 Qualoth

와 (주)클로버추얼패션사의 클로 등 7가지로 파악된다.

이스라엘 Optitex사의 3D Runway Designer는 2D와 3D를 함께 사용할 수 있는 프로그램으로 기존 3D 모델에 직접 옷을 입힐 수도 있으며, 모델의 사이즈를 조절하여 원하는 사이즈의 모델을 만들 수도 있다(Kim & Kim, 2019). 2D CAD의 기능이 뛰어나다는 장점이 있다(Opti-Korea, n.d.). 싱가포르 Browzwear사의 V-stitcher는 패턴을 제작하거나 수정하는 워크플로우에 이상적인 3D Virtual CAD 프로그램이다. 이는 가상의상에 대한 디자인적인 문제를 확인하고 수정하는 작업자를 위한 툴을 가지고 있다(Stylecad, n.d.). Browzwear사의 또 다른 3D 가상 CAD 프로그램인 Lotta는 Adobe 일러스트레이터와 포토샵을 동시에 작업할 수 있고, 패턴을 자르거나 봉제하지 않고 새로운 디자인을 바로 작업할 수 있어, 디자이너를 위한 프로그램이라는 특징을 가진다(Stylecad, n.d.). 일본 Technoa사의 I-Designer는 다른 프로그램과는 다르게 별도의 설치 없이 web 브라우저상에서 작업할 수 있다. 스마트폰이나 태블릿에서도 가상 의상을 사용할 수 있으며, 의복뿐만 아니라 얼굴과 액세서리 또한 가상으로 만들 수 있는 I-D face와 I-D accessory로 구성되어 있다(I-Designer, n.d.). 한국에서도 3D 가상 패션 CAD 프로그램의 개발이 활발히 이루어져 3가지의 프로그램이 개발되었다. DC-suit는 서울대학교 벤처기업인 (주)피센에서 만든 프로그램이다. DC-Suit는 거의 완벽

한 직물 구조를 표현하고 손쉬운 렌더링 작업을 가능케 한다는 강점을 지닌다. 안티 에일리어싱(Anti-Aliasing)이라는 픽셀의 작은 수치를 높여듯 그래픽의 계단 현상을 부드럽게 만드는 기술로 각 원단이 가지는 특성을 실물과 같이 세밀하게 묘사해 제품 실패 가능성을 줄였다(Jung, 2015). FXGear사의 Qualoth는 현재 개발된 툴 중에서 가장 정확한 층돌 시뮬레이션과 여러 겹의 옷, 사실적인 옷 주름과 구김 등의 시뮬레이션이 가능하고 다른 제작 툴과 달리 실제 의상 제작에서 사용되는 패턴 제작 방식을 통해 직물 특성을 빠르게 표현한다는 장점이 있다. 2005년에 美 Disney Studio와 NCSOFT에 판매를 시작으로 2006년에는 Dream Works Studio, NEXON에서도 사용되었다. 최근에는 FXmirror라는 가상 피팅을 만들어 나이키, 타미힐피거, 코오롱 스포츠 등에서 활용한 바 있다(IT World, 2016). 클로는 (주)클로버추얼패션사가 Marvelous Designer에 이어 패션산업에 적합한 프로그램으로 개발한 것이다. 클로는 Multi-Core CPU를 활용하여 복잡한 의상도 빠른 속도로 자연스럽게 시뮬레이션 할 수 있다.

3D 가상 패션 CAD의 종류는 <Table 1>과 같이 정리될 수 있다.

<Table 1> 3D Virtual Fashion CAD Characteristics

Program	Country	Company	Functional Features
Runway designer	Israel	Optitex	Convenient 2D(flat pattern) function
V-stitcher	Singapore	Browzwear	Ideal for pattern creation and modification workflows
Lotta	Singapore	Browzwear	Designing directly into 3D outfits without any pattern work
I-designer	Japan	Technoa	Working on the Web without installation
DC-suit	Korea	Pisen	Anti-aliasing enables fine-grained representation of graphics
Qualoth	Korea	FXGear	Fewer collisions when simulating multiple layers of clothing
Clo	Korea	Clo virtual fashion	Fast, natural simulation

## 2. 클로에 대한 고찰

### 1) 개발 및 활용

국내 3D 가상 패션 CAD 프로그램인 클로는 2009년에 출시되어 현재 7.1 버전까지 개발되었다. 현재 출시된 3D 가상 패션 CAD 프로그램 중 패션기업과 교육기관에서 가장 많이 쓰이고 있는 프로그램이다. 'Marvelous Designer'라는 게임이나 애니메이션 캐릭터의 의상을 사실적으로 표현하는 프로그램으로 시작하여, 3차원 아바타 기증과 외부 2D 패턴 CAD 데이터를 접목시켜 패션산업에 적합하게 발전시킨 것이 클로이다(Kim, 2021). 이와 같은 개발 배경으로 클로는 가상의 환경에서 원단의 소재 표현이 입체적이고 사실적 시각효과가 우수하다. 따라서 Blizzard, Electronic Arts(EA), SONY 등 세계 10대 게임사와 '아바타', '반지의 제왕'을 제작한 Weta Digital, 스타워즈로 유명한 ILM사와 같은 세계 최고 영화 제작사들도 클로를 사용 중이며(Cho, 2015), 디즈니에서 크게 흥행한 '겨울왕국'의 엘사 드레스 또한 클로에서 탄생하였다(Lee, 2016).

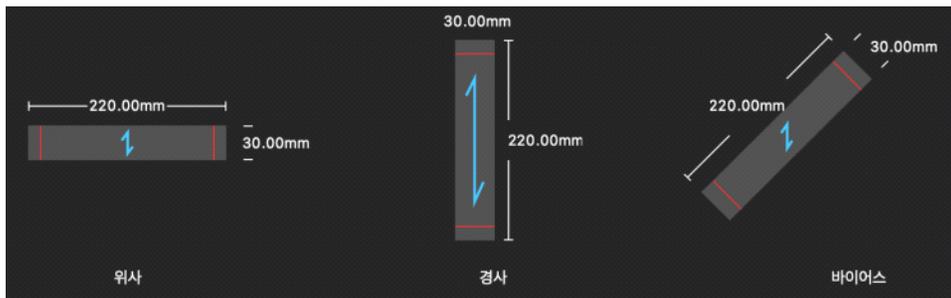
영화나 게임 의상과는 달리, 실제 패션 제품은 디자인과 구조적 밸런스와 원단의 주름, 재질, 색상 등 실제 의상의 견본과 최대한 유사하게 구현해야하므로 클로를 패션산업에 도입하는 데는 시간이 걸렸다. 현재 나이키와 아디다스 등이 프로

축구단 유니폼부터 다양한 스포츠용품에 클로를 쓰고 있으며, 한솔, 한세 등 국내 벤더기업 및 프라다와 루이비통 등 해외 럭셔리 브랜드 기업에서도 클로를 이용하여 가상 의상 견본을 제작하고 있다(Ko, 2018).

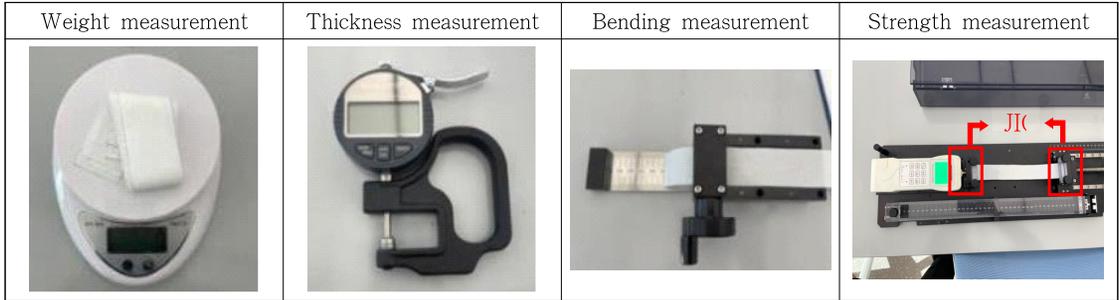
### 2) 3D원단 제작

클로 가상 견본의 원단을 제작하기 위해서는 실물원단의 무게, 두께, 굽힘값, 인장강도 등의 물성값을 측정해야한다. 원단은 위사, 경사, 정 바이어스 방향으로 각각 220mm x 30mm 크기로 잘라(Fig. 1) 도구를 활용하여 측정한다(Fig. 2). 굽힘값은 밀린 거리와 길이를 각각 측정한다. 밀린 거리는 원단을 기계의 롤러 아래에 위치시킨 후 롤러를 돌려 원단이 바닥에 닿는 순간 멈추고, 원단이 수직 방향으로 밀려 바닥에 닿는 지점까지의 길이를 측정하는 것이며, 길이는 밀린 원단 아래쪽으로 길이자를 넣어 측정하는 것이다. 인장 강도는 원단의 양 끝 10mm 지점을 고정시킨 후, Digital Force Gauge의 레버를 1mm씩 당기면서 원단 힘의 값이 0.01kg이 되도록 당긴 뒤 측정한다. 이때 당기는 길이를 0mm부터 25mm 사이에서 측정 구간이 다섯 구간 이상 나오도록 한다(Yoon, 2021).

측정된 물성값을 클로의 EMULATOR 기능에서 입력하여 가상원단을 제작한다. 우선 원단명과 종류, 크기와 무게, 두께를 입력하고, 굽힘값은 위



<Fig. 1> Swatch Size  
(Photo by author. 2021)



<Fig. 2> Measurement Tools  
(Photo by author. 2021)

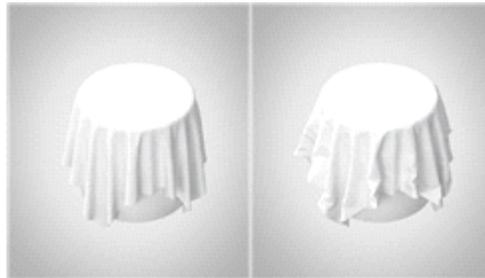
사, 경사, 바이어스 방향의 밀린 거리 측정값과 원단 길이를 입력한다. 인장강도는 롤러를 돌린 거리와 거리만큼의 측정된 힘의 값을 각각 입력하며, 마지막으로 직물의 스캔 이미지를 입력하여 완성한다.

### 3) 3D원단의 물성값 요소

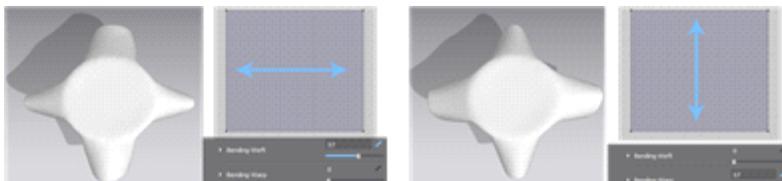
패션 제품을 위한 원단은 매우 다양하며, 원단마다 다양한 특성으로 서로 다른 물성값을 가지고

있다. 3D 원단을 가상 견본에 적용하면 각각의 물성값을 조절할 수 있는 속성 창이 나오는데, 이 창에서 속성마다 경사, 위사, 바이어스의 값을 변화시키면서 물성값을 조절할 수 있다. 클로에서 사용되는 속성은 다음과 같다.

첫째, Stretch-Weft, Stretch-Warp, Shear는 위사, 경사, 바이어스의 강도를 조절하는 속성이다. 세 가지 속성은 원단의 반발력을 높이거나 낮추어 신축성을 표현할 수 있다. 비율을 높이면 면이나



<Fig. 3> Expressions of Stetch  
(Photo by author, 2021)



<Fig. 4> Expressions of Bending strength  
(CLO. n.d.-a)

데님과 같은 단단하고 뻣뻣한 소재를 표현할 수 있고, 비율을 낮추면 저지와 같은 신축성 좋은 소재를 표현할 수 있다(Fig. 3).

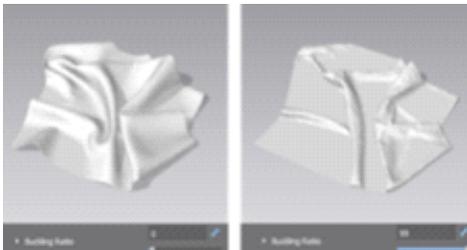
둘째, Bending-Weft, Bending-Warp, Bending-Bias는 굽힘 강도를 조절하는 속성이다. 굽힘 강도는 원단의 굽혀짐에 대한 반발력으로, 부드러움과 단단함의 표현을 조절할 수 있다. 값을 높일수록 데님이나 가죽과 같이 뻣뻣한 소재를, 값을 낮출수록 실크와 쉬폰같이 드레이프성이 좋은 소재를 표현할 수 있다(Fig. 4).

셋째, Buckling Ratio-Weft, Buckling Ratio-Warp, Buckling Ratio Bias는 좌굴점이라는 속성을 조절해 주는데, 주름의 표현을 조절해 준다. 좌굴점은 일정 이상의 힘이 가해지지 않는 경우 원단이 휘지 않고 본래의 형태를 유지하다가 일정 이상의 힘이 가해지면 그 순간부터 원단이 쉽게 휘어지는 특성을 반영하기 위해 사용한다. 좌굴점이 100에 가까울수록 적은 힘에도 잘 휘어지는 소재가 되며

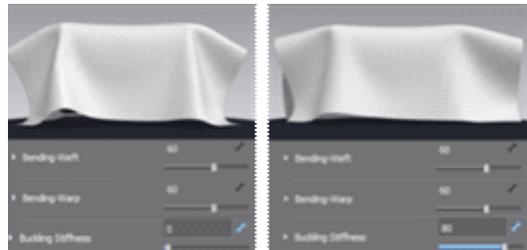
0에 가까울수록 큰 힘을 가해야만 휘어지는 소재가 된다(Fig. 5). 이 특성을 반영하여 작은 주름이 생기는 원단은 값을 높여주고 큰 주름이 필요한 원단은 값을 낮춘다.

넷째, Buckling Stiffness-Weft, Buckling Stiffness-Warp, Buckling Stiffness-Bias는 좌굴점 강도를 조절해 주는 속성이다. 좌굴점 강도는 외부의 힘으로 원단이 굽는 부분(모서리)에서 전체 굽힘 강도 힘의 몇 퍼센트를 사용할지 조절해 주는 것이다. 예를 들어 좌굴점 값이 60일 때 좌굴점 강도를 80으로 입력하면 원단이 굽는 부분의 실제 강도는 좌굴점 값의 80%인 48이 된다. 즉, 좌굴점 강도 값이 높을수록 원단의 모서리 부분이 잘 굽지 않고, 값이 낮을수록 잘 꺾이게 된다(Fig. 6).

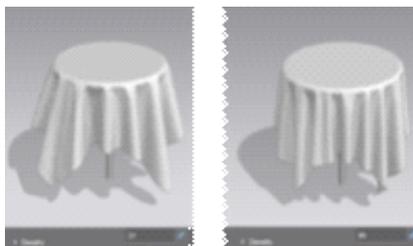
마지막으로 가상의상의 움직임의 제동시킬 수 있는 속성과 밀도, 마찰계수, 두께는 각각 Internal Damping, Density, Friction, Thickness에서 조절할 수 있다. 내부 댄핑은 의상이 찰랑거릴 때 늘어나



<Fig. 5> Expressions of Buckling Ratio (CLO. n.d.-b)



<Fig. 6> Expressions of Buckling Stiffness (CLO. n.d.-c)



<Fig. 7> Expressions of Internal Damping (CLO. n.d.-d)



<Fig. 8> Expressions of Density (CLO. n.d.-e)

거나 줄어드는 속도에 대한 반발력의 세기를 조절하기 위해 사용한다. 값이 높으면 느리게 움직이고 낮으면 매우 빠르게 चल랑거리는 느낌을 준다. 밀도(Fig. 7)는 단위(m<sup>2</sup>)면적당 무게 비유를 나타내기 위해 사용하며 값이 높을수록 원단이 무거워진다. 마찰계수(Fig. 8)는 의상의 마찰력을 조절하기 위해 사용하며, 아바타를 제외하고 의상과 의상 사이의 마찰에만 영향을 준다.

### III. 연구방법

#### 1. 실험복 설계

##### 1) 설문 조사

실험복을 선정하기 위해, 패션기업에서 3D 가상 패션 CAD 프로그램을 사용하고 있는 1~5년 경력의 실무자 20명을 대상으로 설문 조사를 진행하였다. 설문 조사는 2021년 10월 18일부터 10월 25일까지 일주일간 진행되었으며, 가상 건본의 디테일 작업과 원단 등에 대한 6개의 문항으로 구조화된 설문지를 통하여 이루어졌다.

디테일 표현에 관한 질문의 답변으로는 가상 건본의 디테일 표현에 대한 부정적인 응답이 46.2%로 나타났으며, 표현이 잘 안 된 주요 디테일 표

현 부위로는 주머니 플랩과 요크, 후드가 있었으며, 그 외 소매, 주름이 많은 허리 밴드 작업이나 바인딩도 지적되었다. 잘못된 디테일 표현의 구체적인 내용은 실제 샘플과 맞음새가 달라 보인다가나 필요 없는 여유분이 생긴다는 답변이 주를 이루었다.

원단 관련 문항에서는 가상 건본의 원단이 실제 원단과 유사한지에 대해 부정적 응답이 61.5%로 나타났으며, 소프트 셀에 주로 쓰이는 얇고 바스락 거리는 우븐 원단과 단단한 소재, 그 외 신축성 소재, 워싱 원단, 플리스 원단이 언급되었다. 이 밖에도 개선 사항으로는 부자재의 기능 표현이 있었으며, 실제 건본과 유사한 효과를 얻기에 현실적으로 어려운 여러 문제점이 제시되었다.

설문조사의 항목과 답변은 <Table 2>와 같이 정리될 수 있다.

##### 2) 실험복 선정

###### (1) 디자인

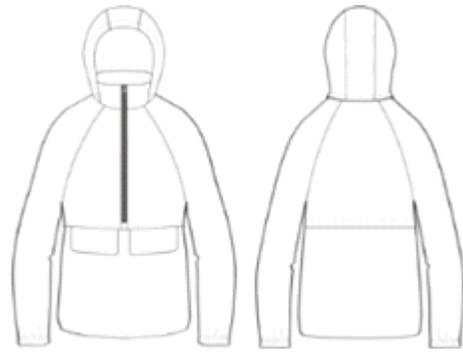
본 연구의 실험을 위해 설문 조사의 결과를 토대로 후드, 주머니 플랩, 뒷몸판 요크 플랩, 그리고 종류가 다른 두 가지 소매 디자인의 실험복 디자인 A와 B를 준비하였다. 디자인 A는 후드 일

<Table 2> Survey for Physical and Virtual Samples

Category	Questions	Answers
Design details	Whether the details of the outfit are expressed well	Well done 53.8% Badly done 46.2%
	If it didn't go well, what details were not expressed well?	Hood 15.4% Sleeve 12.7% Pocket flap 30.8% Yoke 23.1% Other 18% (waistband, binding...)
Materials	Whether the physical and virtual fabric look similar	Well done 38.5% Badly done 61.5%
	What kind of fabric came out differently?	Hard fabric 30.8% Soft fabric 38.5% Stretchy fabric 15.4% Other 18.2% (washed fabric, fleece...)



<Fig. 9> Design A



<Fig. 10> Design B

체형 셋인 소매의 아노락으로<Fig. 9>, 주머니 플랩은 가로 절개선과 옆선에 끼워 물린 고정형이며, 뒷목판 요크형 플랩은 20cm 이하의 비교적 짧은 형태를 보인다. 디자인 B는 후드 분리형 레글런 소매의 아노락으로<Fig. 10>, 주머니 플랩은 가슴 절개선에만 물려있는 뚜껑형 플랩이며, 뒷목판 요크형 플랩은 20cm 이상의 긴 형태를 갖는다.

(2) 치수 선정 및 패턴 설계

실험복의 패턴을 위한 인체 치수는 사이즈 코리아(Size Korea)에서 제공하는 7차 한국인 인체 치수 중 20대 중반에서 30대 초반의 남자 718명을 대상으로 수집한 수치의 평균값<Table 3>과 20대와 30대를 타깃으로 하는 스포츠웨어 중 규모가 큰 기업 중 하나인 코오롱 스포츠의 인체모형 치수를 참고하였다.

<Table 3> Size Korea, 7th Korean Human Size (Men in Their Mid-20s and Early 30s)

(Unit: cm)

Body part	Neck circumference	Chest circumference	Waist circumference	Hip circumference	Back length
Measurement	38.05	97.95	84.3	97.4	44.25
Body part	Shoulder width	Sleeve length	Head circumference	Sagittal arc of head	
Measurement	42.95	59.3	57.1	33.1	

<Table 4> Measurement of Design A

(Unit: cm)

Design A	Chest circumference	Waist circumference	Hip circumference	Back length	Shoulder width
spec	120	116	113	74	47.5
Design A	Bicep	Sleeve length	Hood width	Hood length	Back yolk
spec	45	59	27.5	37.5	15.5

<Table 5> Measurement of Design B

(Unit: cm)

Design B	Chest circumference	Waist circumference	Hip circumference	Back length	CB~cuff
spec	120	116	113	76	92
Design B	Bicep	Hood width	Hood length	Back york	
spec	45	26	33	42	

실험복 패턴의 사이즈는 <Table 3>의 인체 치수에 스포츠 웨어의 활동성을 생각하여 여유량을 더하여 <Table 4>, <Table 5>와 같이 준비하였다. 실험복의 패턴은 남성복 패턴의 제도법(Jo, 2014)에 따라, 이스라엘에서 개발한 Optitex 12 ver. 프로그램으로 제도하였다.

**(3) 소재**

설문 조사의 결과를 토대로 3가지 종류의 소프트 셀 원단을 선정하였다. 원단 1은 통기성이 우수한 얇고 비치는 나일론 100%의 바스락거리고 건조한 소재이며, 원단 2는 나일론 75% 면 25% 혼용률의 소재로서, 원단 1에 비해 두꺼워서 비치지 않고 바스락거리지는 소재이다. 원단 3은 폴리에

스터 100%의 매끈하고 비치는 소재로서, 라미네이팅 코팅으로 원단 2와 비슷한 무게와 두께를 가진다. 선정된 세 가지 소재의 물성값을 측정된 결과는 <Table 6-7> 그리고 <Table 8>과 같다.

세 가지 원단을 측정된 결과 무게는 원단 1-3-2 순으로 가벼웠으며, 두께는 원단 1-2-3 순으로 두꺼웠다. 굽힘값의 경우, 위사, 경사, 바이어스의 밀린 거리는 모두 원단 3-1-2 순으로 큰 값을 나타냈으며, 길이의 값은 위사와 경사는 원단 3-1-2 순으로 컸으며, 바이어스는 원단 3-2-1 순으로 큰 값을 나타냈다. 이로써 굽힘값의 값은 원단3이 가장 낮고, 원단1은 중간, 원단2가 가장 높다는 것을 알 수 있었다.

인장 강도의 힘은 거리가 원단 별로 제각각 달

<Table 6> Fabric 1 Physical Property Value

Fabric 1- 100% Nylon					
Weight 0.5g					
Thickness 0.12mm					
Bending value	Distance			Length	
Weft	26mm			37mm	
Warp	23mm			35mm	
Bias	21mm			35mm	
Tensile strength					
Weft (distance)	2mm	4mm	6mm	8mm	10mm
Weft (strength)	0.01kgf	0.03kgf	0.204kgf	0.525kgf	0.873kgf
Warp (distance)	2mm	4mm	6mm	8mm	10mm
Warp (strength)	0.01kgf	0.03kgf	0.068kgf	0.237kgf	0.503kgf
Bias (distance)	3mm	6mm	9mm	12mm	15mm
Bias (strength)	0.01kgf	0.043kgf	0.119kgf	0.186kgf	0.270kgf

<Table 7> Fabric 2 Physical Property Value

Fabric 2- 75% Nylon 25% Cotton					
Weight 3g					
Thickness 0.18mm					
Bending value	Distance			Length	
Weft	30mm			38mm	
Warp	26mm			36mm	
Bias	21mm			33mm	
Tensile strength					
Weft (distance)	3mm	6mm	9mm	12mm	15mm
Weft (strength)	0.01kgf	0.03kgf	0.05kgf	0.251kgf	0.782kgf
Warp (distance)	2mm	4mm	6mm	8mm	10mm
Warp (strength)	0.01kgf	0.03kgf	0.1kgf	0.824kgf	1.878kgf
Bias (distance)	5mm	10mm	15mm	20mm	25mm
Bias (strength)	0.01kgf	0.03kgf	0.068kgf	0.161kgf	0.33kgf

<Table 8> Fabric 3 Physical Property Value

Fabric 3-Polyester 100% Laminating Coating					
Weight 2g					
Thickness 0.19mm					
Bending value	Distance			Length	
Weft	15mm			32mm	
Warp	20mm			33mm	
Bias	5mm			28mm	
Tensile strength					
Weft (distance)	3mm	6mm	9mm	12mm	15mm
Weft (strength)	0.01kgf	0.03kgf	0.108kgf	0.219kgf	0.361kgf
Warp (distance)	3mm	6mm	9mm	12mm	15mm
Warp (strength)	0.01kgf	0.03kgf	0.082kgf	0.177kgf	1.291kgf
Bias (distance)	3mm	6mm	9mm	12mm	15mm
Bias (strength)	0.01kgf	0.03kgf	0.05kgf	0.079kgf	0.111kgf

라 위사와 경사는 거리 10mm 단위로 비교하였는데 3mm의 배수로 측정된 원단은 거리 9mm와 비교하고 바이어스는 거리 15mm인 힘과 비교하였다. 위사의 인장 강도 힘은 원단 2-3-1 순으로 높고, 경사는 원단 3-1-2 순으로 높았다. 바이어스는 원단 2-3-1 순으로 높았는데 종합적으로는 원단1의 인장 강도가 가장 높았으며, 그다음으로는 원

단 3, 제일 낮은 인장 강도를 가진 원단은 원단 2였다.

## 2. 실험복 제작

본 연구의 실험복은 실물 견본과 가상 견본으로 제작되었다.

<Table 9> Name of the Samples

Design	Fabric	Physical sample	Virtual Sample	
			Default property value	Final property value
A	Fabric 1	A1	A1-1	A1-2
	Fabric 2	A2	A2-1	A2-2
	Fabric 3	A3	A3-1	A3-2
B	Fabric 1	B1	B1-1	B1-2
	Fabric 2	B2	B2-1	B2-2
	Fabric 3	B3	B3-1	B3-2

실물 견본은 디자인 A와 B를 원단 1, 2, 3으로 각각 제작하여 총 6점을 완성하였다. 실물 견본은 원단의 특성에만 집중하여 가상 견본과 비교할 수 있도록, 최소한의 부자재만 적용하였다. 원단 1, 2, 3으로 제작된 디자인 A의 실물 견본은 A1, A2, A3로, 디자인 B의 실물 견본은 B1, B2, B3로 명명하였다.

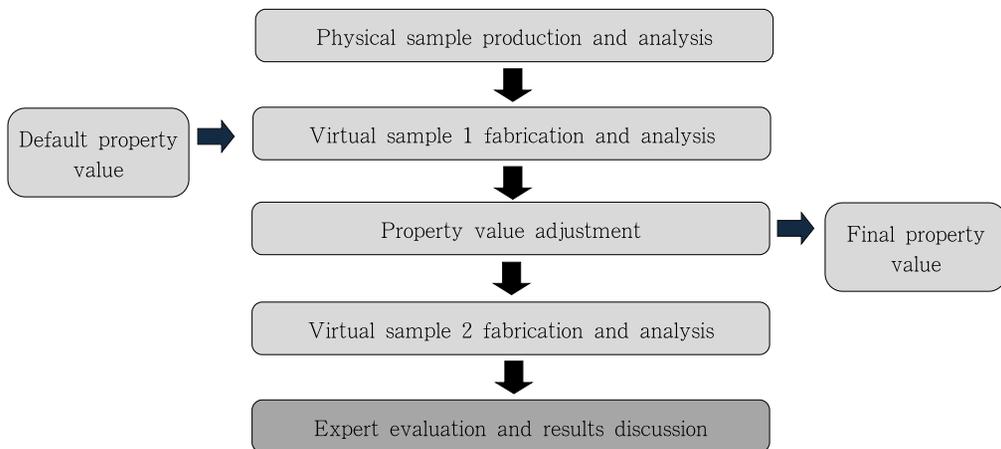
가상 견본은 클로 프로그램에서 원단 1, 2, 3을 측정하여 얻은 물성값의 3D 가상 원단으로 만들어졌다. 본 연구는 실물 견본과 최대한 유사한 가상 견본을 구현하기 위해 이 물성값을 조절하는 실험을 한다. 이때, 측정된 기본물성값과 조절된 최종물성값을 적용한 가상 견본을 디자인과 원단에 따라 고유 번호를 지정하였다. 수정된 물성값

은 본문의 저자 외 CLO의 경력직 전문가와 상의하여 진행하였다. 제작된 총 12점의 가상 견본의 고유 번호는 아래 <Table 9>와 같다.

### 3. 분석 방법

가상 견본의 원단 물성값을 조절하기 위해서는 실물 견본과 가상 견본 간의 비교분석이 필요하다. 본 연구는 다음과 같은 순서로 분석을 진행하였다(Fig. 11).

- ① 실물 견본을 제작하고 견본에 나타나는 원단의 특징이나 디자인 디테일의 표현 특성을 분석한다.
- ② 기본 물성값을 적용한 '가상 견본 1'을 제작



<Fig. 11> Research Method

하고 실물 견본과 비교 분석한다.

- ③ 클로 전문가와 상의하여 원단의 물성값을 조절하여 최종물성값을 만든다.
- ④ 최종물성값을 적용한 '가상 견본 2'를 제작하고, '가상 견본 1' 및 '실물 견본'과 비교 분석한다.
- ⑤ 전문가 평가를 통해 연구 결과를 논의한다.

## IV. 연구결과 및 평가

### 1. 연구결과

#### 1) 실물 견본의 외관 특성

실물 견본 6점에 대해 외관 평가의 결과는 다음과 같다.

디자인 A의 원단 1로 제작한 실물 견본 A1 <Fig. 12>의 외관을 살펴보면, 몸판과 일체형 후드의 크기가 큰 편임에도 불구하고 후드와 앞 목 칼라가 처지지 않고 형태가 유지되는 것을 볼 수 있다. 소매의 경우 고무밴드가 손목을 잡아주어, 어깨 점부터 소매 끝까지 골고루 주름이 생기는 현상이 나타났다. 주머니 플랩은 가슴 절개선과 옆선에 물려있지만, 원단 특성상 몸판과 플랩 사이에 일정 정도의 공간이 유지되는 것을 볼 수 있었다. 뒷몸판 요크 플랩은 요크의 길이가 짧은 형태여서 들뜨는 현상을 볼 수 있었다.

디자인 A의 원단 2로 제작한 실물 견본 A2 <Fig. 12>의 외관을 살펴보면, 후드와 칼라의 형태가 잘 유지 되는 것을 볼 수 있다. 소매 또한 전체적으로 여유가 있고 A1보다는 주름이 덜 잡히는 형태이다. 주머니 플랩은 몸판에 잘 안착한 형태를 유지하고 있다. 뒷몸판 요크 플랩은 A 1보다 좀 더 들뜨는 형태가 나타났다.

디자인 A의 원단3으로 제작한 실물 견본 A3 <Fig. 12>의 외관을 살펴보면 후드와 칼라가 A1과 A2처럼 힘있게 형태가 잘 유지 되는 것을 볼 수 있다. 소매 또한 여유분이 전체적으로 주름져

있고, 주머니 플랩은 몸판과 잘 안착한 형태를 유지하고 있다. 뒷몸판 요크 플랩은 A1과 A2 중 가장 들뜨는 현상이 약한 형태로 실험복이 제작되었다.

디자인 B의 원단 1로 제작한 실물 견본 B1 <Fig. 13>의 외관을 살펴보면 탈부착 후드와 칼라가 디자인 A처럼 힘있게 형태가 유지되는 것을 볼 수 있다. 소매는 래글런 소매 특성상 소매통이 넓은 편임에도 불구하고 겨드랑이에 크게 거슬리지 않을 정도로 여유 있게 들어가 있다. 주머니 플랩은 몸판에서 살짝 떠 있는 형태를 유지하고 있다. 뒷몸판 요크 플랩은 20cm 이상의 길이로 안정적인 형태를 보인다.

디자인 B의 원단 2로 제작한 실물 견본 B2 <Fig. 13>의 외관을 살펴보면 후드와 칼라가 B1처럼 힘있게 형태가 유지되는 것을 볼 수 있다. 래글런 소매의 겨드랑이에는 B1보다 주름이 상대적으로 많아 보였고, 주머니 플랩은 몸판에서 살짝 떠 있는 형태를 유지하고 있다. 뒷몸판 요크 플랩은 20cm 이상의 길이로 B1과 같이 안정적인 형태를 보인다.

디자인 B의 원단 3으로 제작한 실물 견본 B3 <Fig. 13>의 외관을 살펴보면 후드와 칼라의 형태가 힘있게 유지 되는 것을 볼 수 있다. 소매는 겨드랑이에 원단이 팔려 들어가 보이는 형태가 되었고, 주머니 플랩은 몸판에서 적당히 안착한 형태를 유지하고 있다. 뒷몸판 요크 플랩은 20cm 이상의 길이로 안정적인 형태를 보인다.

실물 견본은 건조하고 바스락거리는 소재의 원단은 실루엣이 비칠 정도로 얇아도 쉬폰이나 린넨처럼 흐물거리지 않고 압력을 가하면 그 현상을 유지하려는 현상이 있어 디자인 A처럼 후드가 머리로부터 공간이 많이 남아도 앞으로 처지지 않고 만져준 그대로 현상을 유지하였다. 디자인 B에서도 래글런 소매는 디자인 특성상 소매통이 클 수밖에 없는데 모양을 손으로 여러 번 만져주니 소매에 있는 여유 분량의 주름이 자연스럽게 골고루 분산되기도 하지만, 원단마다 겨드랑이 밑에 팔려



<Fig. 12> Design A Physical Sample



<Fig. 13> Design B Physical Sample

들어가는 모양도 각각 다르다는 것을 알 수 있었다.

## 2) 가상 견본의 외관 특성

물성값을 조절하기 위해 실물 견본과 기본 물성값을 적용한 가상 견본을 비교하였다. 세 가지 원단의 3D상에서 나타나는 물성값은 아래 <Table 10>과 같다.

기본물성값을 적용한 디자인 A의 가상 견본 A1-1, A2-1, A3-1과 디자인 B의 가상 견본 B1-1, B2-1, B3-1을 만들고, 실물 견본과 외관을 비교하여 본 결과는 다음과 같다.

가상 견본 A1-1<Fig. 14>을 실물 견본 A1에 비해 후드와 앞칼라 형태가 힘이 없고 무너지는 현상, 주머니 플랩과 뒷몸판 요크 플랩이 몸판에 너무 붙어있는 현상이 나타났다. 또한, 소매는 너

무 매끄럽게 떨어져 실제보다 부드러운 소재로 구현되었다.

가상 견본 A2-1<Fig. 14>을 A2와 비교하였을 때, 후드와 앞칼라의 형태가 힘이 없고 무너져 실제 원단과 달리 니트 원단처럼 나타났다. 주머니 플랩과 뒷몸판 요크 플랩 또한 실물 견본 보다 몸판에 너무 붙어있는 형태를 나타냈으며, 소매는 실물 견본 보다 매끄럽게 떨어져 실제 원단보다 부드러운 소재로 보였다.

가상 견본 A3-1<Fig. 14>은 실물 견본 A3과 비교하였을 때, 디자인 A의 가상 견본 중 가장 형태 유지가 잘 된 편이었지만, 실제보다 후드와 앞칼라의 형태가 힘이 없고 아래로 처져있다. 주머니 플랩과 뒷 요크 플랩 또한 실물 견본 보다 몸판에 밀착된 형태를 보여주었다. 소매는 A1-이

<Table 10> 3D Basic Property Value of Fabric 1, 2, and 3

Properties	Value		
	Fabric 1	Fabric 2	Fabric 3
Stretch-weft	19	33	30
Stretch- warp	31	30	30
Shear	10	19	30
Bending-weft	23	50	38
Bending-warp	17	49	10
Bending-bias	17	35	30
Buckling ratio-weft	30	30	30
Buckling ratio-warp	30	30	30
Buckling ratio bias	30	30	30
Buckling stiffness-weft	25	25	25
Buckling stiffness-warp	25	25	25
Buckling stiffness-bias	25	25	25
Internal damping	1	1	1
Density	0	12	0
Friction	3	3	7
Thickness(mm)	0.12	0.18	0.19

나 A2-1보다는 여유량 표현이 잘 되었지만, 소매 밑단 쪽으로 여유량이 모이는 현상이 있었다.

가상 견본 B1-1<Fig. 15>을 실물 견본 B1과 비교 하였을 때, 후드의 형태가 무너지는 현상은 없었으나 앞칼라가 처져 보였다. 주머니 플랩은 실물 견본보다 몸판에서 들뜨는 현상이 보였다. 소매의 주름은 자연스럽게 잡혀있지만, 실물 견본보다 매끈한 형태를 보였다. 뒷몸판 요크 플랩은 기장이 20cm 이상인 긴 형태여서 실물 견본과 다르지 않은 안정적인 형태를 보였다.

가상 견본 B2-1<Fig. 15>을 실물 견본 B2와 비교 하였을 때, 후드와 앞칼라는 힘이 있는 원단처럼 형태가 유지되는 것을 볼 수 있었다. 주머니 플랩은 실물 견본보다 더 들떠 있고 소매 또한 원래 원단보다 주름이 잡히지 않았다. 뒷몸판 요크 플랩은 기장이 길어 실물 견본과 같이 안정적인 형태를 보였다.

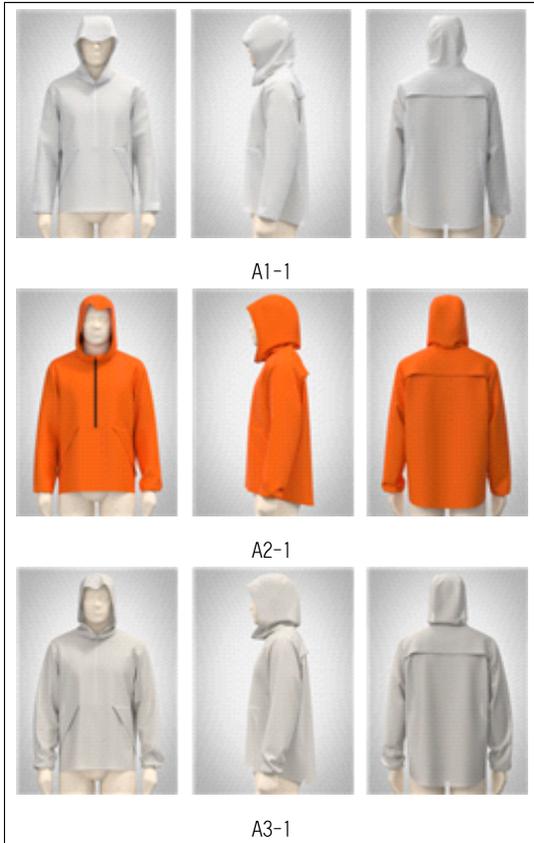
가상 견본 B3-1<Fig. 15>을 B3과 비교하였을

때, 후드의 중앙과 앞칼라가 조금 무너지는 현상을 볼 수 있었다. 주머니 플랩은 몸판에서 많이 들뜨는 것을 볼 수 있었고, 소매는 기본물성값의 가상 견본들 중 여유량의 표현이 가장 잘 되어 있는 것으로 보였다. 뒷몸판 요크 플랩은 긴 기장으로 실물 견본과 같이 안정적인 형태를 보였다.

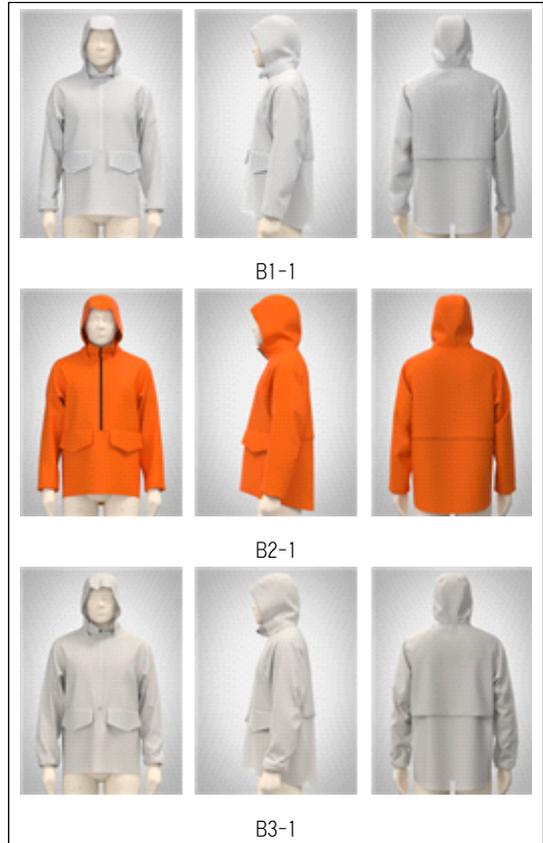
종합적으로 살펴보았을 때, 두 디자인 모두 세 가지 원단의 기본 물성값을 적용했을 때 가상 견본의 원단 모두 처지는 현상과 주름이 작고 부드러운 형태로 신축성이 있어 보여 니트에 가깝게 구현했다. 기본 물성값으로 만든 6점의 가상 견본은 모두 공통으로 신축성(Stretch)과 굽힘 강도(Bending), 좌굴점(Buckling ratio)에 해당하는 속성의 조절이 필요한 것으로 분석하였다.

### 3) 물성값 조절

물성값 조절은 신축성(Stretch)과 굽힘 강도(Bending), 좌굴점(Buckling ratio)에 해당하는 속



〈Fig. 14〉 Design A Virtual Sample 1



〈Fig. 15〉 Design B Virtual Sample 1

성을 먼저 조절한 뒤, 좌굴점강도(Buckling stiffness)는 좌굴점(Buckling ratio)을 먼저 조절한 다음 필요하면 조절하였다. 원단의 움직임을 조절하는 속성(Internal damping)과 마찰계수(Friction)는 원단에 크게 영향이 없을 것으로 보여 수치조절에서 제외하기로 하였다. 밀도와 두께는 원단 고유의 값이기 때문에 값을 그대로 유지 시켰다.

먼저, 세 가지 원단 모두 니트 원단처럼 처지는 현상이 나타나 우븐 원단의 표현을 강조하기 위해 원단의 강도를 높이기 위해 신축성의 값을 조절하고, 원단이 힘없이 흐물거리는 현상을 개선하기 위해서 굽힘 강도의 수치를 조절하였다. 신축성의 속성인 Stretch-weft, Stretch-warp, Shear의 값과 원단의 굽힘 강도의 속성인 Bending-weft, Bending-

warp, Bending-bias의 물성값을 가장 높은 값과 동일한 수치로 맞췄다.

디자인 A와 디자인 B 물성값을 조절한 수치는 〈Table 11〉과 같다.

조절한 물성값을 적용한 디자인 A와 디자인 B의 가상 견본에 적용해 살펴본 결과 가상 견본 A1-1, A2-1, A3-1과 비교하였을 때, 후드와 칼라의 처지는 현상은 약간의 개선이 있었지만, 여전히 실물 견본과 유사해 보이지는 않았다. 디자인 A의 가상 견본은 수정이 더 필요한 것으로 보여, 〈Table 11〉의 물성값을 기준으로 다시 실물 견본과 유사하도록 물성값의 수치를 조절하여 최종물성값을 만들었다.

A1-2의 물성값은 후드와 앞칼라의 처지는 현상

<Table 11> Design A & Design B Adjustment of Properties

Properties	Value		
	Fabric 1	Fabric 2	Fabric 3
Stretch-weft	31	33	30
Stretch-warp	31	33	30
Shear	31	33	30
Bending-weft	23	50	38
Bending-warp	23	50	38
Bending-bias	23	50	38
Buckling ratio-weft	30	30	30
Buckling ratio-warp	30	30	30
Buckling ratio bias	30	30	30
Buckling stiffness-weft	25	25	25
Buckling stiffness-warp	25	25	25
Buckling stiffness-bias	25	25	25
Internal damping	1	1	1
Density	0	12	0
Friction	3	3	7
Thickness(mm)	0.12	0.18	0.19

으로 니트의 느낌이 강해 원단의 우븐의 느낌을 더 강조하기 위해 굽힘 강도 속성인 Bending-weft, Bending-warp, Bending-bias의 값을 5씩 높이고, 굽힘 강도의 수치 증가로 인해 원단이 더 매끈해 보이는 현상이 있어 주름의 표현을 살려주기 위해 Buckling ratio-weft, Buckling ratio-warp, Buckling ratio bias의 값을 20씩 높여주었다. 가상 견본에 주름이 자연스럽게 잡혔지만, 실물 견본처럼 주름이 뽀족해 보이지 않고 부드럽게 보여 좌굴점 강도를 조절하는 Buckling stiffness-weft, Buckling stiffness-warp, Buckling stiffness-bias의 속성을 10씩 낮추었다.

A2-2의 물성값은 원단의 신축성이 있는 것으로 보여 Stretch-weft, Stretch-warp, Shear의 값을 40씩 높였다. 신축성과 굽힘 강도의 값이 높아짐으로 인해서 원단이 매끈해 보이고 부풀어 보이는 현상이 있어 좌굴점 속성에 해당하는 Buckling ratio-weft, Buckling ratio-warp, Buckling ratio

bias의 값을 20씩 높여주고, 주름의 형태가 조금 더 뽀족하게 만들기 위해 좌굴점 강도인 Buckling stiffness-weft, Buckling stiffness-warp, Buckling stiffness-bias의 값을 5씩 낮추었다.

A3-2의 물성값은 주름의 표현이 실물 견본과 비슷하게 보이지만 형태가 힘이 없고 아래로 처지는 느낌이 강해 원단의 신축성을 없애기 위해 Stretch-weft, Stretch-warp, Shear의 값을 15씩 높였다. 우븐 원단의 느낌을 더 강조하기 위해서 Bending-weft, Bending-warp, Bending-bias의 값을 10씩 높여주었다. 위에 값들을 높여줌으로써 원단이 매끈하고 부풀어 보이는 현상이 있어 Buckling ratio-weft, Buckling ratio-warp, Buckling ratio bias의 값을 15씩 높였다.

<Table 11>의 물성값을 적용한 가상 견본을 B1-1, B2-1, B3-1과 비교했을 때, 수정이 필요하다고 생각되었던 앞칼라 처지는 현상이 많이 개선되었다. 디자인 B의 가상 견본은 디자인 A와 같

은 물성값을 적용했음에도 불구하고 디자인 A보다 수정해야 할 부분이 크게 줄어들었지만, 추가로 원단의 느낌이 매끈해 보이고 자잘한 주름들의 표현이 안 되어 물성값을 조절했다.

B1-2의 물성값 조절은 <Table 11>의 적용한 가상 건본에서 형태적인 부분들은 개선이 되었고, 가상 건본의 관절마다 주름의 표현을 살려주기 위해 좌굴점의 속성 Buckling ratio-weft, Buckling ratio-warp, Buckling ratio bias의 값을 20씩 높이고, 주름의 뻣죽함을 살리기 위해 좌굴점 강도인 Buckling stiffness-weft, Buckling stiffness-warp, Buckling stiffness-bias의 값을 15씩 낮추었다. 하지만 좌굴점을 높이고 좌굴점강도를 낮추니 원래 잘 잡혀있던 앞칼라와 후드의 형태가 무너지는 현상이 생겨 신축성의 속성인 Stretch-weft, Stretch-warp, Shear의 값을 5씩 높였고, 굽힘 강도의 속성인 Bending-weft, Bending-warp, Bending-bias의 값을 5씩 높였다.

B2-2의 물성값은 세 가지 원단 중 밀도가 가장 높아 신축성이 낮아지면 처지는 현상이 생겨 Stretch-weft, Stretch-warp, Shear의 값을 20씩 높였다. 굽힘 강도는 50으로 이미 수치가 큰 상태이며, 신축성의 세 가지 속성을 높이면 원단이 매끈하고 부풀어 보이는 현상이 생겨 좌굴점 속성인 Buckling ratio-weft, Buckling ratio-warp, Buckling ratio-bias의 값을 20씩 높이고, 좌굴점 강도인 Buckling stiffness-weft, Buckling stiffness-warp, Buckling stiffness-bias의 값을 10씩 낮추었다.

B3-2의 물성값은 <Table 11>의 물성값을 적용하여 실물과 거의 유사하게 보였지만 위에 값들을 높여줌으로써 원단의 주름이 퍼지는 현상이 있어 Buckling ratio-weft, Buckling ratio-warp, Buckling ratio-bias의 값을 20씩 높이고, 좌굴점 강도인 Buckling stiffness-weft, Buckling stiffness-warp, Buckling stiffness-bias의 값을 10씩 낮추었다.

디자인 A와 B의 조절한 물성값은 <Table 12>

<Table 12> 3D Final Property Value of Design A

Properties	Value					
	A1-2	A2-2	A3-2	B1-2	B2-2	B3-2
Stretch-weft	31	73	45	31	53	30
Stretch-warp	31	73	45	31	53	30
Shear	31	73	45	31	53	30
Bending-weft	28	50	48	28	50	38
Bending-warp	28	50	48	28	50	38
Bending-bias	28	50	48	28	50	38
Buckling ratio-weft	50	50	45	50	50	50
Buckling ratio-warp	50	50	45	50	50	50
Buckling ratio bias	50	50	45	50	50	50
Buckling stiffness-weft	15	20	25	10	15	15
Buckling stiffness-warp	15	20	25	10	15	15
Buckling stiffness-bias	15	20	25	10	15	15
Internal damping	1	1	1	1	1	1
Density	0	12	0	0	12	0
Friction	3	3	7	3	3	7
Thickness(mm)	0.12	0.18	0.19	0.12	0.18	0.19

로 정리될 수 있다.

4) 최종 물성값의 가상 견본 특성

최종 물성값을 적용한 각 디자인과 원단의 가상 견본2를 실물 견본 및 가상 견본1과 비교 분석하였다.

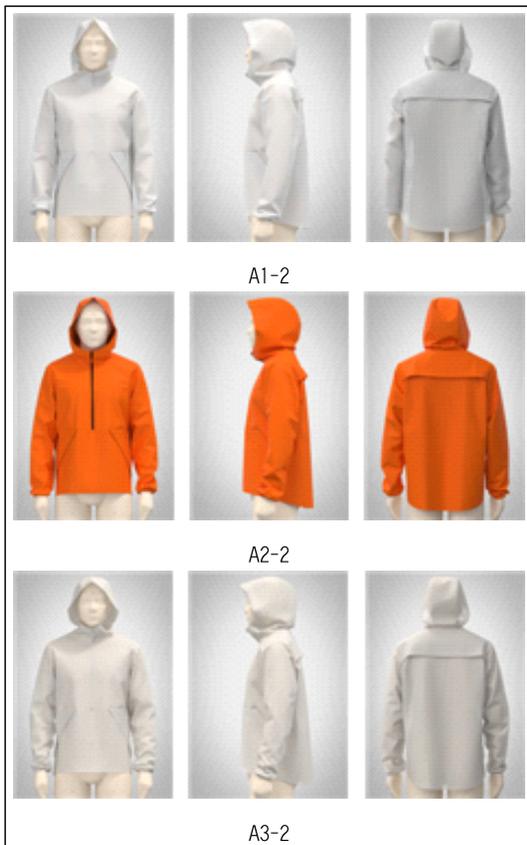
A1-2<Fig. 16>의 가상 견본의 후드와 앞칼라는 A1-1에서 나타났던 처지는 현상이 개선되었고, 소매와 몸판의 전체적인 큰 주름의 형태가 부드러워 보이지 않고 딱딱한 느낌이 들었다. 하지만 후드의 형태가 완벽하게 실물 견본과 같이 동그랗게 되지 않고 중심이 뾰족해지는 현상이 생겼다. 주머니 플랩이나 뒷몸판 요크 플랩의 형태는 A1-1과 비슷하였고, 견본의 전체적인 작은 주름까지는

표현되지 않았다.

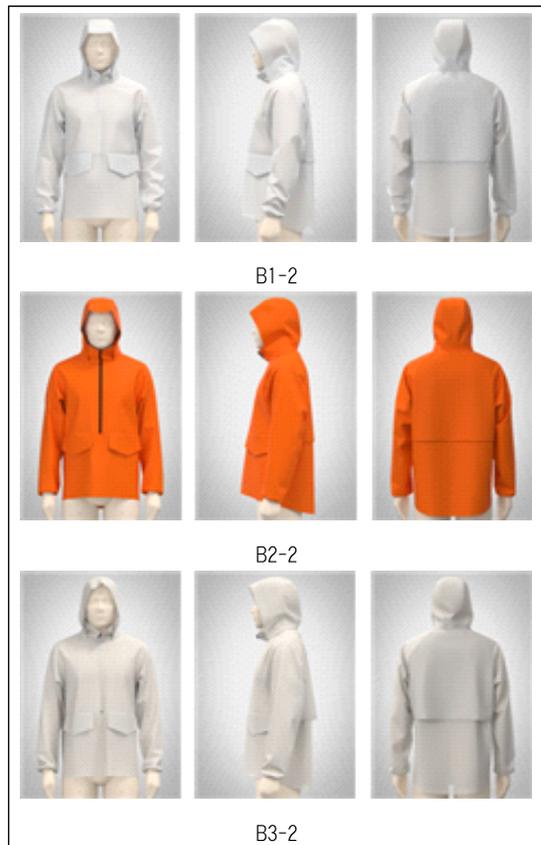
A2-2<Fig. 16>의 가상 견본은 후드와 앞칼라의 처지는 현상과 소매와 몸판의 큰 주름의 표현은 되는 듯했으나, 가상 견본의 텍스처의 느낌이 매끈해 보이는 편이었다.

A3-2<Fig. 16>의 가상 견본은 후드와 앞칼라 소매와 몸판의 큰 주름은 실물과 거의 유사하게 나타났다. 후드와 앞칼라의 처지는 현상뿐 아니라 후드 모양도 실물과 거의 유사하게 잡혔다. 주름의 표현과 꺾이는 정도도 유사하게 보였지만 A3-2의 가상 견본도 주머니 플랩과 뒤 요크 플랩의 자잘한 주름의 표현이 부족한 것으로 보인다.

B1-2<Fig. 17>는 앞칼라의 처지는 현상은 개선되었지만, 후드 옆면과 후드 중앙의 봉제 된 부분



<Fig. 16> Design A Virtual Sample 2



<Fig. 17> Design B Virtual Sample 2

은 B1-1과 같이 각저 보이는 현상은 그대로였다. 또한, 소매와 몸판 전체의 큰 주름의 표현은 잘 되었지만, 측면의 가상 견본에서 앞 밑단이 들리는 현상과 주머니 플랩은 실물 견본 보다 더 뾰뻑해 보이고 자잘한 주름은 표현이 부족했다.

B2-2(Fig. 17)는 B2-1보다 큰 주름의 표현이 단단해 보이기는 했으나, 자잘한 주름의 표현이 부족하여 원단이 매끈해 보였다. 앞 밑단 역시 디자인 A 보다 들려 보이고 주머니 플랩은 B2-1보다 몸판과 떠 보이는 현상은 개선되었지만, 뾰뻑해 보이는 현상이 있었다.

B3-2(Fig. 17)는 앞칼라의 처지는 현상이 개선되었으며, 주름의 표현은 더 단단해 보였다. 하지만 앞칼라와 후드의 처지는 현상을 개선하기 위해 물성값을 조절했지만, 앞칼라만 개선되었고 이로 인해 큰 주름이 B3-1보다 표현이 덜 되는 듯하였으나, 전체적인 느낌은 실험복 6가지 중 실물 견본과 가장 유사하게 보였다.

## 2. 전문가 평가

본 연구의 결과 분석을 위하여 실험을 진행한 연구자와 전문가 1인 외 클로 전문가들의 외관 평가를 설문 조사를 통하여 진행하였다. 설문 조사는 실무자 5명을 대상으로 2명의 샘플사와 3명의

3D를 다루는 디자이너로 정했다. 실무자들의 경력은 샘플사는 25년 이상 디자이너 2명은 5년 이상이다. 질문은 한 개의 가상 견본당 10가지로 진행하였으며, 실물 견본과 가상 견본을 나란히 보여준 뒤 리커드 5점 척도로 유사한 정도를 매기고 그 이유에 관해 설명을 서술하도록 진행하였다. 설문조사의 결과값은 <Table 13>과 같다.

A1-2의 가상 견본의 외관 평가 점수는 3.8에서 4.6사이로 나왔다. 3.8은 측면 실루엣 항목만 나왔으며, 4.2가 후면, 후드, 소매 3항목, 4.4는 정면, 칼라, 전체적 외관의 평가인 3항목에 나왔다. 가장 높은 점수로는 4.6인 주머니 플랩의 항목으로 나왔다. 서술형의 질문인 유사하다고 생각하는 부분에서는 육안으로 봤을 때 전체적인 핏이 거의 비슷하다는 의견과 디자인의 포인트가 되는 주머니 플랩 부분이 잘 살려져 있고, 핏과 컬러가 동일 디자인이라고 보인다는 의견이 있었다. 유사하다고 생각되지 않았던 부분에서는 후드의 중앙이 뾰뻑해지는 부분을 지적하였고, 원단의 소재가 조금 달라 보여 아쉽다는 의견이 있었다.

A2-2의 가상 견본의 외관 평가 점수는 3.2에서 4.8사이로 나왔다. 3.2에 대한 항목은 칼라 항목으로 나왔으며, 4.4는 측면, 후드, 주머니, 전체적 외관인 4항목이 나왔다. 4.6는 후면과 소매 항목이

<Table 13> Virtual Sample Assessment

Questions	Score (Likert 5-Point Scale)					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
The front silhouette of the virtual sample is similar.	4.4	4.8	4.8	4.4	4.4	4.4
The side silhouette of the virtual sample is similar.	3.8	4.4	4.8	4.6	3.8	4.2
The back silhouette of the virtual sample is similar.	4.2	4.6	4.8	4.6	4.4	4.2
The hood silhouette of the virtual sample is similar.	4.2	4.4	4.6	4.2	4.4	4.2
The collar silhouette of the virtual sample is similar.	4.4	3.2	4.4	4.2	4.0	5
The sleeve silhouette of the virtual sample is similar.	4.2	4.6	4.6	4.6	4.4	4.4
The silhouette of the pocket flap of the virtual sample is similar.	4.6	4.4	4.0	4.0	4.4	4.6
The overall appearance of the virtual sample is similar.	4.4	4.4	4.6	4.4	4.6	4.4
Average Score	4.27	4.35	4.57	4.37	4.3	4.42

나왔으며, 4.8은 정면 실루엣 항목으로 나왔다. 서술형의 질문인 유사하다고 생각하는 부분의 답변으로는 전체적인 핏과 주름의 느낌, 디테일의 형태가 실물 견본과 유사하게 보인다고 하였다. 유사하지 않다고 생각되는 부분에서는 칼라의 모양이 실물 견본보다 처져있다는 의견이 대부분이었다.

A3-2의 가상 견본의 외관 평가 점수는 4.0에서 4.8사이로 나왔다. 4.0에 대한 항목은 주머니 플랩의 항목으로 나왔으며, 4.6에 대한 항목으로는 후드, 소매, 전체적 외관에 대해 나왔다. 4.8은 정면, 측면, 후면인 3항목에서 나왔다. 서술형 답변에서도 유사하지 않다고 생각되는 질문에는 유사하지 않다고 생각되는 부분이 없다는 의견이 대부분이었으며, 유사하다고 생각되는 이유로는 실루엣과 보이는 주름의 양과 표현이 잘 되었고, 전반적으로 차이를 못 느낀다는 의견이 있었다.

B1-2의 가상 견본의 외관 평가 점수는 4.0에서 4.6사이로 나왔다. 4.0에 대한 항목은 주머니 플랩의 항목으로 나왔으며, 4.2에 대한 항목으로는 후드와 칼라 2항목, 4.4는 정면과 전체적 외관 2항목이 나왔다. 4.6은 측면, 후면, 소매 실루엣인 3항목으로 나왔다. 유사하다고 생각하는 질문에 대한 답변으로는 가상 견본을 보고 실물 견본이 어떻게 나올지 파악이 된다는 의견과 래글런 소매와 셋인 소매의 차이점을 생각하여 함께 비교하니 래글런 소매에 맞게 가상 견본이 잘 표현되었다는 답변이 있었다. 유사하지 않다는 생각했던 부분으로는 후드의 형태가 부드러워 보이지 않다는 것과 몸판이 실제 견본보다 조금 부풀어 보인다는 점, 그리고 압흡 여유는 가상 견본이 더 있어 보인다는 의견이 있었다.

B2-2의 가상 견본의 외관 평가 점수는 3.8에서 4.6사이로 나왔다. 3.8에 대한 항목은 측면의 대한 항목으로 나왔으며, 4.0은 칼라 실루엣에 대한 항목, 4.4는 정면과 후면, 후드, 소매, 주머니 플랩 총 5항목이 나왔다. 4.6은 전체적인 외관 항목이 나왔다. 유사하다고 생각되는 부분은 실물 견본이

어떻게 나올지 예상은 가능하다는 의견이 있었고, 유사하게 생각되지 않았던 부분은 측면에서 앞뒤 편차가 실물 견본보다 더 있어 보이고, 소매의 주름 표현이 아쉽다는 의견이 대부분이었다.

B3-2의 가상 견본의 외관 평가 점수는 4.2에서 5사이로 나왔다. 4.2에 대한 항목으로는 측면, 후면, 후드가 나왔으며, 4.4는 정면과 소매, 전체적 외관인 3항목이 나왔다. 4.6은 주머니 플랩의 항목이 나왔으며, 5점을 받은 항목은 칼라 실루엣이다. 서술형 질문인 유사하다고 생각하는 부분으로는 전체적인 실루엣과 물성의 느낌이 유사해 보이고, 주름의 방향이나 견본의 핏이 예측 가능하다고 생각한다는 의견이 있었다. 유사하지 않다고 생각하는 부분으로는 실물보다 좀 더 매끈해 보이며 앞하단이 들뜨는 현상으로 앞뒤 편차가 커 보인다는 의견이 있었다.

실무자들의 설문 조사 결과 실물 견본 6점과 비교하였을 때 6점의 가상 견본 모두 실물과 유사하다는 의견이 있었다. 단, 견본에 따라 디테일 표현에 있어 아쉬운 부분에 대한 의견이 있었다.

## V. 결론 및 제언

본 연구는 3D 가상 패션 CAD 프로그램으로 가상 의상과 실제 샘플의 유사도를 높이는 연구이다. 실험을 위해 세 가지 원단의 두 가지 디자인을 실험복으로 지정하였다. 실험복은 후드 일체형과 셋인소매가 달리고 고정형 주머니플랩과 20cm 이하의 뒷몸판 요크형 플랩이 달린 디자인 A와 후드 분리형의 래글런소매가 달린 뚜껑형 주머니 플랩과 20cm 이상의 뒷몸판 플랩이 달린 디자인 B의 아노락 점퍼로 지정했다. 실험복 원단 1은 속이 비칠 정도로 얇지만 단단하고, 건조해 바스락거리는 느낌의 원단이며, 원단 2는 원단1과 비슷하지만 두께감이 있고 무게가 1g 이상 차이가 났으며, 원단 3은 얇고 바스락거리는 소재로 두께와 무게감은 원단 2와 비슷하고 부드러운 원단에 라

미네이트가 붙여진 원단이기 때문에 외관상 원단 1이나 원단 2보다 매끈해 보였다. 세 가지 원단으로 실물 건본을 만들어 인체 모델에 입혔을 때 6점의 실물 건본은 모두 약간의 주름과 원단 자체의 차이만 있을 뿐 외관적 형태는 비슷하게 작용이 되었다. 원단을 측정하여 기본 물성값으로 만든 가상 건본은 직물의 느낌보다는 편성물이라는 느낌이 났다. 6점의 가상 건본의 물성값 조절을 통해 얇고 단단한 느낌의 원단 물성값 조절을 제안했다.

첫 번째로, 실물 건본과 기본물성값의 외관의 특성을 살펴보았을 때, 6점의 가상 건본 모두 후드와 앞갈라의 형태가 밑으로 처지는 현상이 있었다. 신축성과 굽힘 강도의 수치를 올려 가상 건본의 변화를 관찰하여 신축성과 굽힘 강도의 수치를 높일수록 후드와 앞갈라의 형태가 무너지지 않는다는 사실을 발견하였다. 이때, 수치를 너무 올리면 자연스러운 주름은 사라지고 옷이 부풀어 보이는 현상이 생기기 때문에 신축성의 속성은 75이하로, 굽힘 강도의 속성은 50이하로 조절을 했다. 또한, 원단의 무게가 무거우면 가상 건본의 원단의 밀도가 높아져 더 처지는 현상이 생긴다. 이로 인해 신축성과 굽힘 강도를 최대한으로 올려줄 수밖에 없는데 이때, 원단이 너무 퍼져 보이는 현상은 좌굴점과 좌굴점 강도를 조절하여 개선하였다. 하지만 좌굴점을 너무 높이거나 좌굴점 강도를 너무 내리면 다시 처지는 현상이 생겨 좌굴점 속성의 수치는 50 이하로 올려주며, 좌굴점 강도 속성의 수치는 10 이상 25 이하 사이의 수치를 조절했다.

두 번째로, 두 디자인의 조절한 물성값을 살펴보면 디자인 B의 최종물성값이 디자인 A의 최종물성값보다 신축성과 굽힘 강도의 값이 상대적으로 낮게 조절되었다. 물성값 조절에 큰 영향이 있었던 요인은 후드와 앞갈라의 형태를 개선하는 것인데, 디자인 특성상 후드 일체형이 분리형보다 처지는 현상이 두드러지므로 신축성과 굽힘 강도로 원단을 힘있고 뽀뽀하게 조절하기 위하여 수치를

상대적으로 크게 조절했다. 좌굴점과 좌굴점 강도는 디자인 B가 디자인 A보다 상대적으로 낮았는데, 이러한 차이는 주머니 플랩과 소매에 영향으로 보였다. 디자인 B의 주머니 플랩은 고정되지 않아 신축성과 굽힘 강도를 올리면서 들뜨는 현상이 생기고 래글런 소매 또한 디자인 특성상 겨드랑이 부분이나 소매통의 주름이 실물 건본과 같이 주름이 자연스럽게 보이지 않았다. 좌굴점 강도의 수치를 줄여줌으로써 주머니 플랩의 들뜨는 현상도 개선하였으며 소매 주름뿐 아니라 몸판도 실물 건본과 더 유사하게 보이도록 수치를 15 이하로 조절해 주었다.

세 번째로는, 실물 건본 6점의 외관 형태는 비슷해 보이는데 가상 건본은 각각 원단과 디자인마다 달라 실물 원단의 측정값을 살펴보았다. 세 가지 원단 중 실물 건본과 가장 유사하게 나온 원단은 원단 3이었는데, 이 원단은 굽힘값을 측정하였을 때 가장 낮게 나와 가상 건본을 만들었을 때 주름이 가장 자연스럽게 잡힌 것으로 보였다. 다른 두 원단의 외관상 특성은 원단 자체만으로 단단하며 바스락거리는 소재이지만, 원단 2가 원단 1보다 두께도 상대적으로 두껍고 무게도 2.5g이나 더 나가는 것으로 측정되었다. 그리고 굽힘값과 인장 강도를 살펴보면 굽힘값은 높고 인장 강도가 가장 낮아 원단의 주름은 잘 안잡히지만 신축성은 좋은 원단인 수치로 측정되었다. 이러한 실험 결과에 따라 얇고 단단하며 바스락거리는 직물로 가상 건본을 만들기 위해서는 인장 강도는 높고 굽힘값은 낮게 나와야 원하는 가상 건본의 결과물을 얻을 수 있다.

본 연구는 3D 가상 패션 CAD 프로그램을 이용하여 가상 건본과 실물 건본을 비교하여 얇고 바스락거리는 직물에 적합한 물성값 조절의 방법을 제안하였다. 가상 건본을 만들 때 적용한 원단이 실물 건본과 유사하게 표현될 수 있도록 원래 지정된 물성값과 다른 값을 적용하여 시뮬레이션하여 안정적인 결과를 얻도록 한 것이다. COVID-19

이후 스포츠웨어에 대한 수요가 높아지는 시점에서 스포츠웨어에서 많이 쓰이지만 가상 패션에서 구현하기 힘든 원단에 대한 실험은 면직물이나 니트 원단 등에 치중된 선행연구와 차별성을 가지며, 이는 다양한 원단의 연구개발 활성화로 이어질 것이다. 연구 결과를 토대로 다양한 원단의 가상 견본에 적용한다면, 3D 가상 패션 CAD의 물성 표현이 향상되고 가상 견본이 보다 세밀하게 묘사되어 실물 견본 제작에 필요한 비용과 시간을 줄여 패션의 지속가능성에도 기여할 것으로 기대한다.

## References

- Cho S. S. (2015, June 28) Nike, the 3D software that IKEA uses, the company that made it?. *Maeil Business Newspaper*. Retrieved from <https://n.news.naver.com/article/009/0003514546>
- Choi, K. M. & Kim, J. J. (2012). A study on the tensile deformation characteristics of knits and appearance using 3D digital virtual clothing systems. *Journal of Fashion Business*, 16(2), 151-162. doi: 10.12940/jfb.2012.16.2.151
- CLO. (n.d.-a). Retrieved from <https://support.clo3d.com/hc/ko/articles/115000483187-%EA%B5%BD%ED%9E%98%EA%B0%95%EB%8F%84-%EC%9C%84%EC%82%AC-%EA%B2%BD%EC%82%AC>
- CLO. (n.d.-b). Retrieved from <https://support.clo3d.com/hc/ko/articles/115002797808-%EC%A2%8C%EA%B5%B4%EC%A0%90-%EC%A1%B0%EC%A0%88-%EC%9C%84%EC%82%AC-%EA%B2%BD%EC%82%AC>
- CLO. (n.d.-c). Retrieved from <https://support.clo3d.com/hc/ko/articles/115002685527-%EC%A2%8C%EA%B5%B4%EC%A0%90-%EA%B0%95%EB%8F%84-%EC%A1%B0%EC%A0%88-%EC%9C%84%EC%82%AC-%EA%B2%BD%EC%82%AC>
- CLO. (n.d.-d). Retrieved from <https://support.clo3d.com/hc/ko/articles/115002797988-%EB%B0%80%EB%8F%84-%EC%A1%B0%EC%A0%88>
- CLO. (n.d.-e). Retrieved from <https://support.clo3d.com/hc/ko/articles/115002797948-%EB%A7%88%EC%B0%B0-%EA%B3%84%EC%88%98-%EC%A1%B0%EC%A0%88>
- IT World. (2016, September 30). FX Gear runs virtual fitting zone for fashion brand events with 'FX Mirror'. Retrieved from <https://www.itworld.co.kr/tags/56426/%EC%97%90%ED%94%84%EC%97%91%EC%8A%A4%EA%B8%B0%EC%96%B4/101385>
- I-Designer. (n.d.). Retrieved from <http://www.i-designer.co.kr/designer1.htm?PHPSESSID=43fbf168255cc62b6c6adb322255ddd1d>
- Jang, H. K. & Lee, J. M. (2017). A comparative analysis of virtual clothing materials using a digital clothing. *Journal of Fashion Business*, 21(5),30-42. doi: 10.12940/jfb.2017.21.5.30
- Jo, G. Y.(2014). *Men's wear*. Seoul, Republic of Korea: Books and Trees.
- Jung, K. C. (2015, August 17). Taking the lead in digitizing the global clothing production process. *The Korea Fashion & Textile News*. Retrieved from <http://www.ktnews.com/news/articleView.html?idxno=95312>
- Kim, A. N. (2009). *A study on representation of the virtual clothing materials using a digital clothing program* (Unpublished master's thesis). Sookmyung Women's University, Republic of Korea.
- Kim, H. J. (2021). *A case study on zero waste cutting fashion design* (Unpublished doctoral dissertation). Seoul Women's University, Republic of Korea.
- Kim, J. H. & Kim, Y. K. (2019). A study on the convergence characteristics 3D virtual fashion design program. *The Korean Society of Science & Art*, 37(4), 53-63. doi: 10.17548/ksaf.2019.09.30.53
- Ko, K. B. (2018, November 05). Oh Seungwoo, the co-CEO of Clover Virtual Fashion, Louis Vuitton and H&M use "3D costume design SW". *The Seoul Economic Daily*. Retrieved from <https://www.sedaily.com/NewsView/1S72M15JNY>
- Lee, N. R. (2020). *Comparative analysis of the effect of fabric thickness on the fit of real and virtual clothing* (Unpublished doctoral dissertation). Seoul National University, Republic of Korea.
- Lee, S. J. (2016, April 26). Oh Seung-woo and Bu Jung-hyuk, CEO of Clover Virtual Fashion. *Magazine Hankyung*. Retrieved from <https://magazine.hankyung.com/business/article/201604264784b>
- Oh, S. Y. & Ryu, E. J. (2015). A study on expressivity of virtual clothing made of 3D apparel CAD system according to the physical properties of fabric. *Fashion & Textile Research Journal*, 17(4), 613-625. doi:10.5805/sfti.2015.17.4.613.
- Opti-Korea. (n.d.). Retrieved from [http://www.optikorea.com/skin/news/basic/page02\\_01\\_03.php](http://www.optikorea.com/skin/news/basic/page02_01_03.php).
- Sin, H. K. (2021). A study on design of casual wear utilizing 3D virtual clothing technology : Focus on generation Z. *The journal of the convergence on culture technology*, 7(1), 75-81. doi:10.17703/JCCT.2021.7.1.75.
- Stylecad. (n.d.). Retrieved from <https://stylecad.co.kr/vstitcher>
- Yoon, H. J. (2021). Drape comparison between virtual fabric and real fabric for the production of virtual clothing. *Journal of Human Ecology*, 25(3), 95-104. doi:10.36357/joh.2021.25.3.95