

# 금관가야 왕과 왕비의 복식 재현

- 테크니컬 디자인 프로세스의 3차원 가상착의 활용 -

박정현 · 권준희 · 이주영<sup>+</sup>

부산대학교 생활환경연구소 연구원 · 수원대학교 패션디자인과 강사 · 동명대학교 패션디자인학과 조교수<sup>+</sup>

## A Study on the Representation of Kings and Queens' Costumes of Geumgwan Gaya

- Using 3D Virtual Garment Simulation of Technical Design Process -

Jung Hyun Park · Jun-hee Kweon · Joo Young Lee<sup>+</sup>

Researcher, Research Institute of Ecology, Pusan National University

Lecturer, Dept. of Fashion Design, Suwon University

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

(received date: 2020. 3. 11, revised date: 2020. 4. 7, accepted date: 2020. 4. 13)

### ABSTRACT

The purpose of this study is to reproduce the kings and queens' costumes of *Geumgwan Gaya* using a three-dimensional virtual garment simulation system. The king's dress consists of Po and pants, and the queen's costume consists of Jangyoo and pleated skirts. For the king's costume, one layer of top and bottom, two layers of top and bottom were simulated to compare the results. There was almost no difference between the one-layer and two-layer simulations. For the queen's costume, one layer of top and bottom, two layers of top and bottom, and an underskirt addition were simulated. An underskirt addition was the most suitable to express the silhouette. The folding angle of the queen's accordion-pleated skirt made of 16 pieces set at 70 degrees and 190 degrees, and the stiff fabric was used to maintain the shape. Among the three types of underskirts (flare, pleated, and layered) inserted to make the pleated skirt more full-flowing, the silhouette with the layered underskirt was the most natural and appropriate. The digital restoration of *Geumgwan Gaya* costumes using the three-dimensional virtual garment simulation system not only accumulates the basic data of *Geumgwan Gaya* costumes but also can be used as educational audiovisual material in museums and schools.

Key words: costume reproduction(복식 재현), *Geumgwan Gaya*(금관가야),  
King and Queen(왕과 왕비), technical design(테크니컬 디자인),  
3D virtual garment simulation(3차원 가상착의)

## I. 서론

3차원 가상착의 기술은 급속히 발전하여 의류 산업의 제품개발 및 유통 분야에 영향을 미치고 있다. 제품 기획단계에서 가상착의 시스템을 통해 디자인을 신속하게 확인할 수 있으며, 샘플 제작 단계에서 원단의 물성 정보를 적용하여 의복을 시뮬레이션하고 확인함으로써 샘플의 핏 테스트 및 수정에 드는 시간과 노력을 줄일 수 있어 제품의 개발 기간을 단축시키고 업무의 효율성을 높일 수 있다. 실제 한세실업, 세아상역, 신성통상 등의 국내 의류 벤더업체의 테크니컬 디자이너들은 실무에서 가상샘플을 적용하여 제품개발을 진행하고 있다(Oh & Ryu, 2015). 3D 아바타를 활용한 의상 피팅 기술은 패션상품의 온라인 유통에도 적용되어 사용자들의 요구를 반영한 맞춤형 주문 생산 및 가상 피팅 비즈니스 활성화에 기여하고 있다.

3차원 가상착의에 대한 연구로는 아바타 사이즈 관련 연구(Kang, 2014), 3차원 가상착의 시스템을 활용한 의복 원형 설계(Lim, 2019; Seong & Ha, 2017; Shin & Suh, 2018), 실제 의복과 가상착의의 비교(Cha, 2014; Choi, Kim, & Kim, 2017), 기능성 의복 개발과정에 적용(Jeon & Moon, 2015; Jeong, 2016), 디자인 개발에 활용(Lee, Sung, & Kim, 2019; Shin & Kim, 2016), 소재의 특성에 따른 가상착의 비교 및 분석(Chang & Lee, 2017; Oh & Ryu, 2015) 등 다양한 선행 연구가 있으나, 대부분 서양복식분야에서 이루어졌다. 전통복식과 관련한 3차원 가상착의 연구는 당의의 3차원 시뮬레이션을 실행하고 이에 대한 문제점을 분석한 연구(Kim, Choi, & Nam, 2010)와 고구려 시대 무용총 여자무용수 복식을 재현한 연구(Kim & Kang, 2012), 향계 검무복을 활용하여 포저 상용화캐릭터용 가상의를 제작한 사례(Yang & Lee, 2015) 정도로 매우 제한적이다.

본 연구에서 3차원 가상착의 시스템을 적용하고자 하는 금관가야 복식은 2018년 4월에서 2019년 4

월까지 김해시에서 추진한 '가야복식복원사업 연구용역'에서 이론적 연구가 진행된 바 있다(Kweon, 2019a; Kweon, 2019b). 그런데 복식유물이 남아 있지 않을 뿐만 아니라 고구려 고분벽화와 같은 시각자료조차 찾아볼 수 없는 금관가야의 경우 이론적 연구만으로는 복식의 실체를 파악할 수 없다. 그리고 실물 제작을 통한 고대 복식의 복원은 많은 시간과 노력은 물론 예산을 필요로 하고 있어 현실적으로 어려움이 있다. 이에 일러스트를 통한 재현(Kweon, Lee & Im, 2019; Kweon, 2019c)이 시도되기도 하였으나 3D가 아닌 2D 이미지만으로는 사실적인 표현에 한계가 있을 수밖에 없다.

지금까지 전통복식 재현 과정을 보면, '도식화 제작 → 실물 제작' 또는 '도식화 제작 → 2D 일러스트 제작 → 실물 제작' 등으로 진행되어 왔다. 2D 일러스트를 제작할 경우에는 작업자의 일러스트 기법에 따라 편차가 발생할 뿐만 아니라 착장 효과를 입체적으로 파악하는데 어려움이 있었고, 실물을 제작할 경우에는 시간과 경비가 많이 소요될 뿐만 아니라 실물 제작 후 기획했던 대로 착장 효과가 나타나지 않는 위험부담도 있었다. 3차원 가상착의 시스템을 이용하여 전통복식을 재현할 경우 사실적 착장 효과를 예측할 수 있고, 2D 일러스트 과정도 생략할 수 있다. 따라서 금관가야 복식에 대한 3차원 가상착의 시스템 적용은 현 시점에서 가장 경제적이고 효과적으로 의복 및 장식구의 사실적인 착장 모습을 재현할 수 있는 금관가야 복식문화의 디지털 복원이라 할 수 있다.

이에 본 연구는 3차원 가상착의 소프트웨어 중 CLO(Clo Virtual Fashion Inc.) 프로그램을 사용해 금관가야의 왕과 왕비 복식을 재현해 보고자 한다. CLO 프로그램은 패턴디자인과 가상착의가 실시간으로 연동되어 직관적이고 빠른 수정이 가능하고 가상 인체모델의 변형 및 포즈변경, 레이어드 방식의 코디, 모듈러 디자인과 같은 기능을 제공하고 있다. 금관가야 복식의 3차원 가상착의

시스템을 통한 디지털 콘텐츠화는 일차적으로 금관가야 복식 연구의 기초자료 축적의 의미를 지닐 뿐만 아니라 박물관이나 학교에서의 교육용 시청각 자료로서의 활용, 문화상품 및 각종 엔터테인먼트 산업에의 정보제공 등을 통해 금관가야 복식을 일반인들에게 더욱 쉽게 다가갈 수 있도록 하며 현대적 활용도를 높일 수 있는 계기가 될 것이다.

## II. 이론적 배경

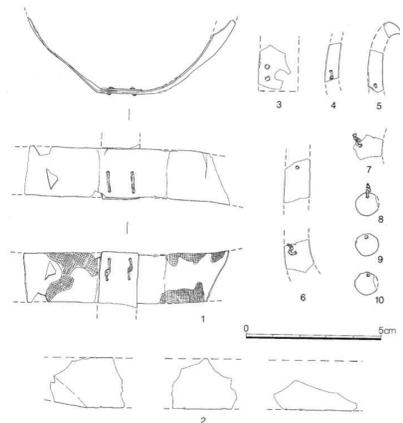
변한(弁韓)의 일국(一國)인 가락국(句婁國)에서 출발한 금관가야는 낙동강과 바다를 통한 무역 활동을 기반으로 3세기 후반-4세기에는 가야연맹체의 맹주로 성장하였고, 고구려의 남정(南征) 이후 쇠퇴하기 시작해 532년 신라에 통합되었다. 금관가야의 의복은 고구려, 백제, 신라의 삼국과 같은 상의(上衣)하고(下袴) 양식인데 여성은 바지 위에 치마를 덧입기도 하였다. 그런데 금관가야는 상의로 포(袍), 장유(長襦), 유(襦)의 세 가지 유형이 모두 착용되었고, 여기에서 포는 발등에 이르는 긴 길이, 유는 엉덩이를 덮는 길이이며 장유는 포보다는 짧고 유보다는 긴 길이인데 대개 중

아리 정도에 이르는 길이이다(Kweon, 2019a). 그러나 이들 상의는 길이의 차이에 따라 명칭이 구분될 뿐 직령(直領), 교임(交衽)이며 허리에 띠를 둘러 여미고 일반적으로 가장자리에 선 장식을 한다는 점은 동일하다.

금관가야의 왕은 상황에 따라 활동성을 요하는 경우 유고를 착용하기도 하였지만, 예복으로는 낙랑과의 교류 그리고 이후 선비족의 삼연 및 부여를 통해 한화된 복식 양식을 받아들여 포와 고를 착용하였다(Kweon, 2019c). 이때 포의 허리에는 포백대(布帛帶)와 함께 금속 장식이 있는 가죽 허리띠를 두르는데 가죽허리띠는 김해 대성동 88호분 출토 진식(晉式)대금구 유물에 근거하였다(Fig. 1). 그리고 왕은 머리에 대관[帶輪式 立飾冠]을 쓰고 구슬 목걸이와 귀걸이를 하는데, 대관은 대성동 29호분 출토 금동관 파편에 근거하여 대륜에 2단의 수지(樹枝)형 입식을 갖춘 형태로 재현하였고(Fig. 2), 목걸이와 귀걸이는 각각 양동리 322호분, 대성동 18호분 출토 유물에 근거하였다. 또한 왕은 손에 부채를 들고 곱이 있는 옷칠신을 착용하였는데 부채는 김해 '가야의 숲' 조성부지 내 3호 목관묘 출토 유물, 옷칠신은 낙랑 및



<Fig. 1> Belt Ornament from Daeseong-dong Tomb no. 88. (Daeseong-dong Tombs Museum, 2013, p. 74)

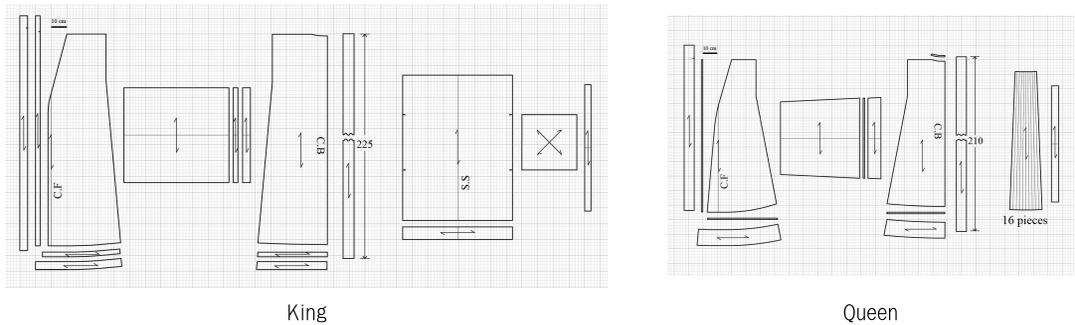


<Fig. 2> Metal Pieces from Daeseong-dong Tomb no. 29. (Kyungsung University Museum, 2000, p. 116)

<Table 1> Flat drawings

(unit : cm)

		Flat drawing			
King	Clothing	<p>(Kweon et al., 2019, p. 7)</p>	<p>(Kweon et al., 2019, p. 7)</p>		
	Accessories	<p>(Kweon et al., 2019, p. 12)</p>	<p>(Kweon et al., 2019, p. 8)</p>	<p>weon et al., 2019, p. 9)</p>	<p>(Kweon et al., 2019, p. 10, 11)</p>
Queen	Clothing	<p>(Kweon et al., 2019, p. 15)</p>	<p>(Kweon et al., 2019, p. 15)</p>		
	Accessories	<p>(Kweon et al., 2019, p. 16)</p>	<p>(Kweon et al., 2019, p. 17)</p>	<p>(Kweon et al., 2019, p. 17)</p>	<p>(Kweon et al., 2019, p. 16)</p>



〈Fig. 3〉 2D Patterns

다호리 19호분 출토 유물에 근거하였다(Kweon, 2019b).

금관가야의 왕비는 예복으로 장유와 치마를 착용하였다. 이때 머리에는 장식빗과 비녀를 꽂아 장식하였는데, 장식빗은 대성동 88호분, 비녀는 합천저포E지구 25호분 출토 유물에 근거하여 재현하였다. 왕비의 목걸이와 귀걸이는 각각 대성동유적 3호, 대성동 18호분 출토 유물에 근거하여 재현하였고, 신발은 왕과 동일한 옷칠신을 착용하였다. (Lee, 2019). 왕과 왕비가 착용한 의복과 장신구의 일러스트는 〈Table 1〉과 같고 의복에 대한 2D 패턴은 〈Fig. 3〉에 제시하였다.

### Ⅲ. 연구방법

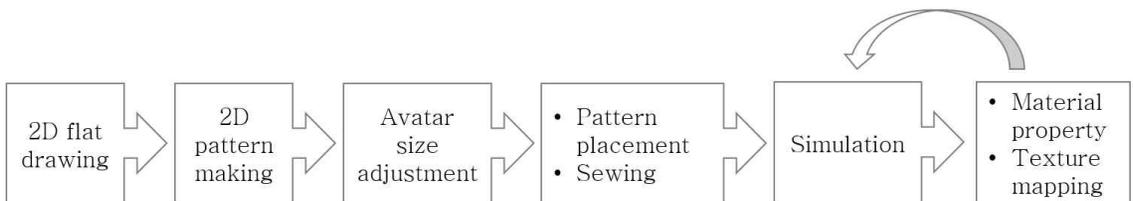
#### 1. 3D 가상착의 과정

의복패턴은 유스하이텍의 SuperAlpha:plus(Yuka CAD)를 사용하여 제작하였으며, CLO(CLO vir-

tual fashion Inc.)에서 3차원 가상착의를 실행하였다. 가상착의의 과정은 다음과 같다. 아바타의 사이즈를 원하는 사이즈에 맞게 조절한 후, DXF 포맷 형태의 의복패턴을 불러와서 이를 인체 주변에 적절하게 배치한다. 패턴에 봉제선을 설정한 후 시뮬레이션을 실행하고, 텍스처를 삽입하거나 원단 속성을 조절한다(Fig. 4).

#### 2. 아바타 사이즈 조절

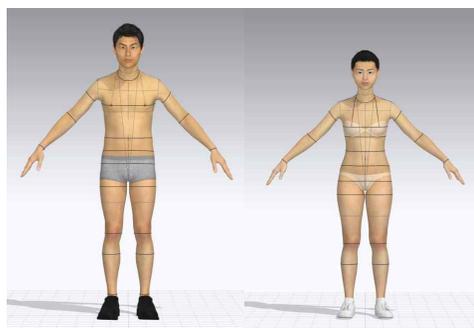
금관가야인들은 고분 출토 인골에 근거하여 남자의 신장은 약 165.0cm, 여자의 신장은 약 150.0cm로 추정되지만(DTM, 2017) 신장 이외의 둘째항목은 인골만으로 알 수 없다. 이에 남자는 국가기술표준원 사이즈코리아의 인체측정 치수를 참고하여 윗가슴둘레는 92.7cm로 정하였다. 그런데 여자의 경우 사이즈코리아의 인체측정 치수를 보면 신장이 150.0cm일 때 가슴둘레가 88.7cm로서 다소 크다. 김해 대성동 57호에서 출토된 30대 여성으



〈Fig. 4〉 The Process of Virtual Fitting

로 추정되는 순장인골과 창녕 송현동 15호분에서 출토된 16세 여성으로 추정되는 순장인골을 토대로 제작된 인체복원도를 보면 표준체형이거나 약간 마른체형이다(Lee, 2019). 따라서 여자의 경우 신장은 고분 출토 인골에 근거하여 150cm를 적용하고, 가슴둘레는 현대 여성복 호칭 82-88-150을 참고하여 82cm로 정하였다. 이에 근거하여 남, 여 아바타를 생성한 후 아바타 편집창에서 신장과 가슴둘레를 입력하였다. 가슴둘레는 설정한 치수를 그대로 입력하였고, 그 외 치수는 신장과 가슴둘레를 입력하였을 때 자동변환되는 인체치수를 사용하였다. 단, 왕과 왕비 복식에서 신발굽 높이는 6cm인데 CLO에서 생성된 아바타의 신발굽 높이는 남자 1.3cm, 여자 2.0cm여서, 그 차이를 반영

하여 높이 관련 항목에 남자는 4.7cm, 여자는 4.0cm의 치수를 더하였다. 생성된 아바타와 아바타 치수표는 <Fig. 5>와 <Table 2>에 제시하였다.



<Fig. 5> 3D Avatars

<Table 2> Measurements of 3D Avatars

(unit : cm)

Measurements	Men	Women
Height	169.7	154.0
Chest circumference	92.7	-
Chest height	124.8	-
Bust circumference	-	82.0
Bust height	-	112.2
Under bust circumference	-	69.4
Neck base circumference	41.1	35.5
Neck height	145.3	131.1
Across shoulder	41.0	34.3
Waist circumference	79.0	64.1
Waist height	104.5	97.8
High hip circumference	84.7	78.5
Low hip circumference	91.2	88.9
Leg inseam height	78.4	74.0
Thigh circumference	53.1	54.5
Knee circumference	34.5	32.1
Calf circumference	34.8	32.0
Ankle circumference	22.0	19.4
Arm length	55.3	49.9
Biceps circumference	29.3	25.2
Elbow circumference	24.3	20.7
Wrist circumference	17.0	13.9

### 3. 의복 아이템별 3D 가상착의 방법

왕은 포, 바지, 관모, 대, 목걸이, 귀걸이에 대하여 왕비는 장유, 치마, 머리 장신구, 목걸이, 귀걸이에 대하여 가상착의를 진행하였다. 포, 바지, 장유, 치마 등은 일반적인 3차원 가상착의 방법을 적용하였고, 복식 부속품은 원단에 2차원 그래픽을 적용하여 곡면화 시키고 오브제로 가져와서 고정하는 방법을 적용하였다.

## IV. 연구결과

### 1. 금관가야 왕 복식의 3차원 가상착의 재현

#### 1) 왕의 복식 구성

왕의 복식은 겉에서 보았을 때 바지와 포 하나씩만 드러나지만 실제 착용시에는 겉옷 안에 받침옷을 착용했을 것이다. 즉 겉으로 드러난 바지와 포 안에 각각 속바지와 받침용 포를 겹쳐 입은 것이다. 이에 본 연구에서는 첫 번째, 원래의 구성대로 바지와 포 모두 2겹을 착장하는 방법(2겹 착장)과 함께 원활한 시뮬레이션과 효율적인 작업을 위해 두 번째, 바지와 포를 1겹씩 착장하되 깃과 소매단 부분에 부분적으로 구성요소를 덧대어 2겹



① 2 layers : Under pants + Pants + Under Po + Po

② 1 layer : Pants + Po

<Fig. 6> Components of King's Clothing

을 표현하는 방법(1겹 착장)을 시도해 보았다. 이들 2종류의 구성은 <Fig. 6>과 같다.

가상의복 제작 시 원단은 기본적으로 default 원단을 사용하였으며 속치마와 같이 형태를 유지해야 하는 부분의 원단물성은 최대값의 경사 강도와 굽힘 강도를 적용하였다. 깃, 수구 선장식 등에 부분적으로 심지를 덧대고, 구성요소 별로 원단에 텍스처를 삽입하여 색상과 문양 등을 표현하였다.

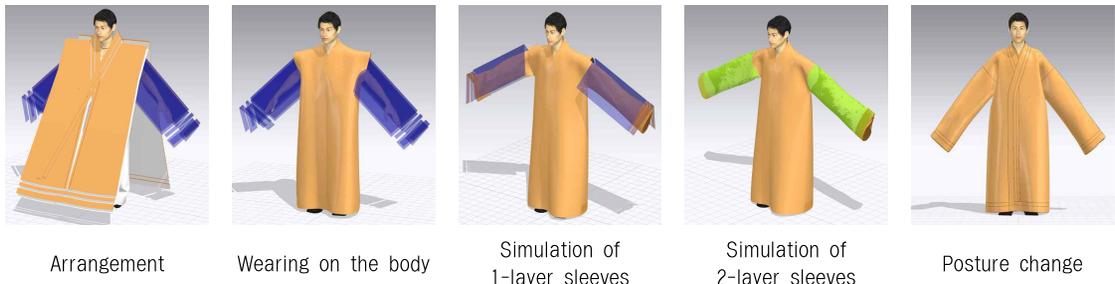
## 2) 포의 가상착의

2겹의 포를 착장하기 위한 방법은 다음과 같다. 몸판에 해당하는 패턴을 착장 순서대로 간격을 띄워서 배치하여 겹으로 드러나는 포와 반침용 포를 동시에 착장하되, 전개형 의복이라 여밈이 벌어질 수 있으므로 깃에서 앞단으로 넘어가는 위치의 여밈 부분을 봉제하여 임시로 고정시켰다. 진동 부위의 원활한 시뮬레이션을 위해 아바타 팔의 각도를 수평에 가깝게 변경하고 소매를 한 겹씩 순차적으로 입혔다. 안쪽 소매를 착장한 후, 구성요소

의 레이어 값을 조절하여 순서대로 착장되도록 하며, 겹 소매를 쉽게 착장하기 위해 안쪽 소매통을 경사 수축률 80% 정도로 임시로 줄였다가 회복시키는 방법을 사용하였다. 마찰 충돌이 발생하는 부분을 방지하고 쉽게 착장하기 위해 강화와 프리즈 기능을 적절하게 사용하는 것이 필요하며, 착장 후 자세는 원래대로 회복시킨다<Fig. 7>.

## 3) 구성요소에 따른 왕 복식 가상착의 비교

<Table 3>은 구성요소에 따른 왕 복식의 가상착의 결과를 정리한 것이다. 앞, 옆, 뒤에서 보았을 때 1겹 착장과 2겹 착장에서 큰 차이가 없었으나, 포의 외곽 실루엣을 비교해 보면 2겹 착장보다 1겹 착장했을 때 허리아래에서 밑단까지의 실루엣이 더 풍성하게 표현되는 것을 알 수 있었다. 이는 3차원 가상착의에서 포와 같이 풍성한 형태의 동일한 의상을 여러 겹 착장하면 반침옷에서 형성된 불균일한 굴곡과 주름이 겹옷의 형태에 영향을 주어 불균일하고 부자연스러운 실루엣을 형



<Fig. 7> 3D Virtual Fitting of 2 Layers of Po

〈Table 3〉 Comparison of 3D Virtual Fitting by King's Clothing Composition

	Front view	Side view	Back view	Bottom view
Pants + Po				
Under pants + Pants + Under Po + Po				

성하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 여러 겹의 주름옷을 겹쳐서 착장하면 시뮬레이션을 진행할 때와 특히 아바타의 포즈 등을 변경할 때 원단이 충돌하는 문제가 쉽게 발생한다. 이와 같이 착장 상태, 충돌의 문제, 착장과정의 효율성 등을 고려할 때 3차원 가상착의에서는 1겹의 착장에 부분적으로 구성요소를 덧대어 겹쳐 입은 효과를 내는 것이 더 효과적인 것으로 판단된다.

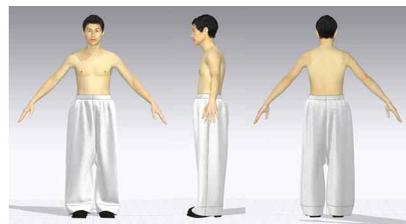
그리고 바지 1겹과 바지 2겹의 착장을 비교한 결과는 〈Fig. 8〉과 같으며, 실루엣의 차이는 거의 없었다.

4) 포백대의 가상착의

허리띠를 착장하기 위해 몸판의 위사수축률을 70%로 설정하여 임시로 부피를 줄여주었으며, 허리부분의 주름이 골고루 배치될 수 있도록 허리선



1 layer of pants



2 layers of pants

〈Fig. 8〉 Comparison of Pants Virtual Fitting



<Fig. 9> 3D Virtual Fitting of Fabric Waist Belt

위치에 내부선을 생성하고 60% 비율, 10의 강도로 고무줄 기능을 적용하였다. 허리띠는 앞, 뒤로 분리하고 배치포인트를 활용하여 곡면으로 만들었다. 상반신 쪽에 자연스럽게 풍성한 주름이 잡히도록 옷감의 허리선 위치를 아바타에 시침으로 고정하였다. 이러한 방법을 사용하여 원단의 무게로 인해 아래로 쳐지는 것을 잡아줄 수 있다. 허리띠 착용 시에도 충격을 방지하기 위해 레이어 값을 조정하여 시뮬레이션을 진행하며, 허리띠 착용 후에 몸판의 위사 수축률을 단계적으로 회복시켜 자연스러운 주름을 표현하였다<Fig. 9>.

### 5) 가죽 허리띠의 가상착의

왕의 허리띠는 검은색 원단의 포백대 위에 빨간색 가죽 허리띠를 겹쳐 두른 형태이며 가죽 허리띠에는 금속장식이 달려있다. 이를 표현하기 위

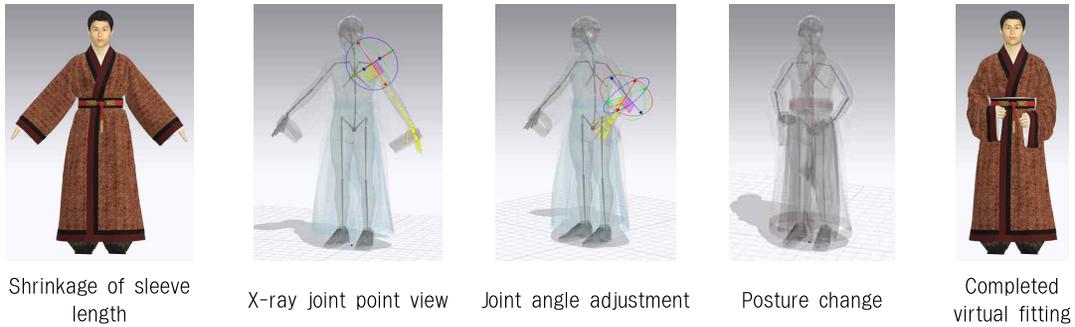
해 검은색 원단 허리띠 위에 빨간색 가죽 허리띠가 고정될 수 있도록 내부선을 생성하고 봉제하여 1겹씩 순차적으로 시뮬레이션 한다. 금속장식을 표현하는 방법은 다음과 같다. 임의의 사각형 패턴을 생성하고 금속장식이 그려진 이미지를 텍스처에 적용한 후 내부선 그리기 기능을 활용하여 각각의 금속 조각의 외곽선에 맞춰 패턴을 잘라낸다. 금속장식은 단단한 형태이므로 원단의 물성을 Trim-Hardware로 설정하고 강화시킨 상태에서 최대한 허리끈에 가깝게 배치하고 시뮬레이션을 실행하였다<Fig. 10>.

### 6) 자세 변경

왕의 자세는 부채를 들고 앞으로 손을 모은 자세이다. 따라서 이를 위해 시뮬레이션을 실행하는 상태에서 관절각도를 변경하여 이에 따라 착용



<Fig. 10> 3D Virtual Fitting of Leather Waist Belt



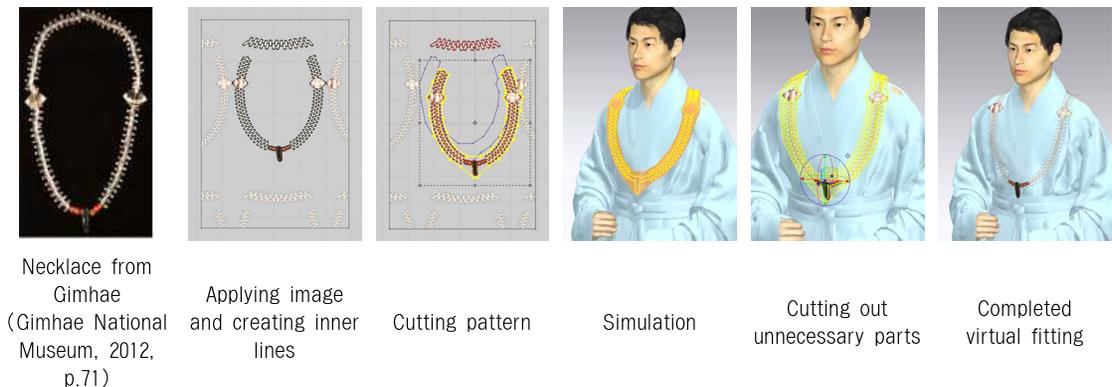
<Fig. 11> Posture Change

한 의상이 변형되도록 하였다. 소매의 원래 길이로 유지한 상태에서 관절을 꺾어주면 아바타가 원단을 뚫고 나가거나 충돌이 일어나므로, 위사 수축률을 55%로 축소한 상태에서 자세변경을 진행하였다. 자세변경이 완료된 후 원단의 수축률을 회복시키고, 주름을 적절하게 표현하기 위해 부분적으로 고무줄을 적용하고 아바타 시침기능을 사용하였다. 관절각도는 한 번에 변경하는 것이 아니라 조금씩 나누어 조절하여 원단이 적응할 수 있도록 하였다<Fig. 11>.

7) 장신구의 가상착의

CLO에서 단추, 버클, 지퍼 등의 기본적인 의류용 부자재를 사용할 수는 있지만 목걸이와 같은

장신구를 시뮬레이션 하는 기능은 없으며, OBJ, FBX 등의 파일 포맷으로 되어있는 3D 형상을 불러와서 배치하는 것은 가능하다. 따라서 본 연구에서는 목걸이와 귀걸이 등의 장신구를 표현하기 위해 2차원 패턴 위에 장신구 이미지를 텍스처로 적용하고 이를 잘라 배치한 후 시뮬레이션 하는 방법을 사용하였다. 왕의 목걸이는 외곽선의 형태가 가늘고 복잡한 곡선으로 되어 있어 목걸이 형상대로 잘라 시뮬레이션을 진행하면 형태가 유지되지 않았다. 이에 목걸이 전체의 큰 윤곽을 따라 잘라 배치하여 시뮬레이션 한 후에 불필요한 부분을 정교하게 잘라내었다. 원단의 물성은 Trim-Hardware를 적용하고 강화상태에서 시뮬레이션 하였으며, 다른 작업이 진행되는 동안 형태가 고



<Fig. 12> 3D Virtual Fitting of Necklace

정되도록 프리즈 시켜놓거나 OBJ 파일 포맷으로 내보내고 다시 불러와 위치를 잡아주는 방법을 사용하였다. OBJ 파일로 변환하여 다시 불러오면 3D 형상은 시뮬레이션에 영향을 받지 않으며, 이러한 방법은 부채, 모자 등 다른 장신구에도 적용될 수 있다(Fig. 12).

### 8) 관모의 가상착의

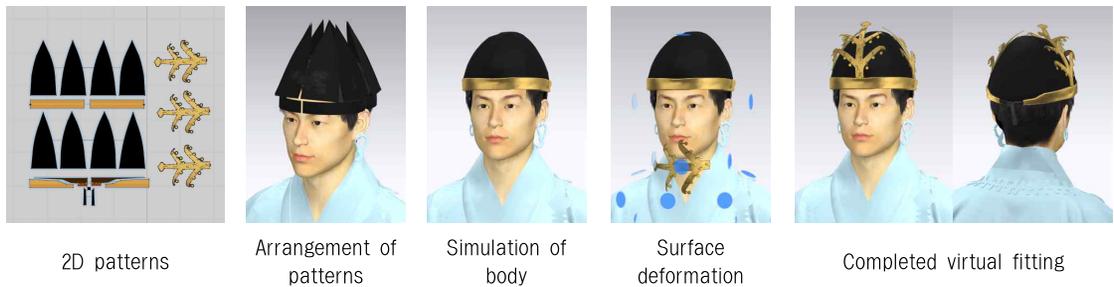
왕의 모자는 원래 섬유 혹은 가죽의 유기질 모체 위에 금속제의 대륜과 입식장식이 부착된 형태이다. 이를 3D 가상착의 시스템에서 표현하기 위해 모자의 본체를 대륜 부분과 연결되도록 구성하되 대륜 부분의 렌더링 두께를 높여 대륜장식이 모체 위에 올려진 것처럼 표현하였으며, 뒤쪽에 대륜 끝 부분을 묶는 가죽 끈을 추가하였다. 수지형 입식은 장신구 제작방식을 적용하되 배치포인트를 활용하여 곡면으로 변형하고 이를 회전, 이동하여 적합한 위치에 배치하였다. 대륜과 수지형 입식 부분은 재질을 Metal로 설정하여 금속처럼 표현하

였으며, 가죽 끈 부분도 Leather 재질로 설정하였다(Fig. 13).

## 2. 금관가야 왕비 복식의 3차원 가상착의 재현

### 1) 왕비의 복식 구성

왕비의 복식은 겉에서 보았을 때 치마와 장유 하나씩만 드러나지만 실제 착용시에는 겹옷 안에 받침옷을 착용했을 것이다. 즉 겹으로 드러난 치마와 장유 안에 각각 속치마와 받침용 장유를 겹쳐 입은 것이다. 이에 본 연구에서는 첫 번째, 원래의 구성대로 속치마·치마·받침용 장유·장유를 착장하는 방법(2겹 착장), 두 번째, 속치마·치마·장유를 착장하되 깃과 소매단 부분에 부분적으로 구성요소를 덧대는 방법(1겹+속치마 착장), 세 번째, 치마·장유를 착장하되 깃과 소매단 부분에 부분적으로 구성요소를 덧대는 방법(1겹 착장) 등을 시도해 보았다. 이들 3종류의 구성은 <Fig. 14>와 같다.



<Fig. 13> 3D Virtual Fitting of Headgear



① 2 layers :  
Underskirt + Skirt + Under Jangyoo + Jangyoo

② 1 layer + Underskirt :  
Underskirt + Skirt + Jangyoo

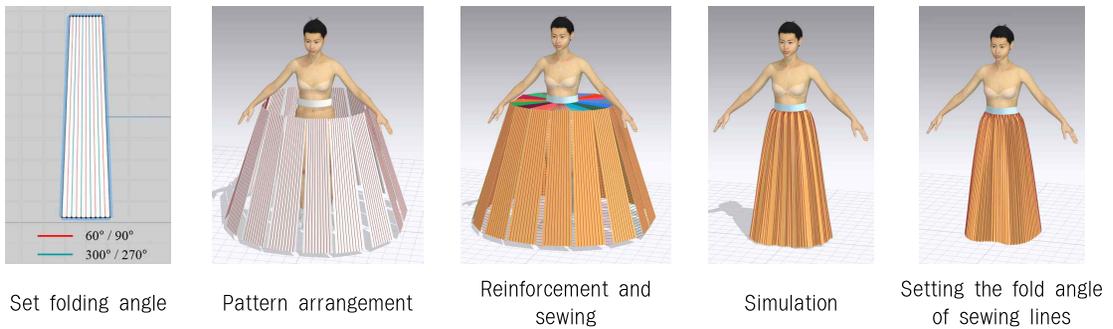
③ 1 layer : Skirt + Jangyoo

<Fig. 14> Components of Queen's Clothing

2) 치마의 가상착의

치마는 허리에서 밑단까지 주름이 잡혀 있는 주름치마이다. 16조각으로 구성된 아코디언 주름의 치마를 제작하기 위해 패턴 내부의 주름선에 맞추어 주름의 접힘각도를 설정하였다. 패턴 배치 후 원단을 강화시키고 봉제선을 설정한 후에 시뮬레이션을 진행하였다. 기본 봉제선의 각도가 180°로 설정되어 있기 때문에 주름 각도에 맞게 봉제선 각도를 수정하였다(Fig. 15).

치마의 형태는 원단의 물성과 주름의 접힘각도에 영향을 받는다. 치마에서 Default 물성을 가진 원단으로 시뮬레이션을 진행한 경우 <Table 4>에서 보듯이 원단의 유연성으로 인해 인체에 밀착되면서 아래로 축 쳐지게 되어 풍성한 치마를 재현할 수 없었다. 치마의 형태가 유지되면서 퍼지도록 표현하기 위하여 Default 원단의 물성에서 경사 강도와 경사 굽힘강도를 최대값으로 조절하여 Stiff 원단의 치마를 생성한 다음 이를 Default 원



<Fig. 15> Construction of Pleated Skirt

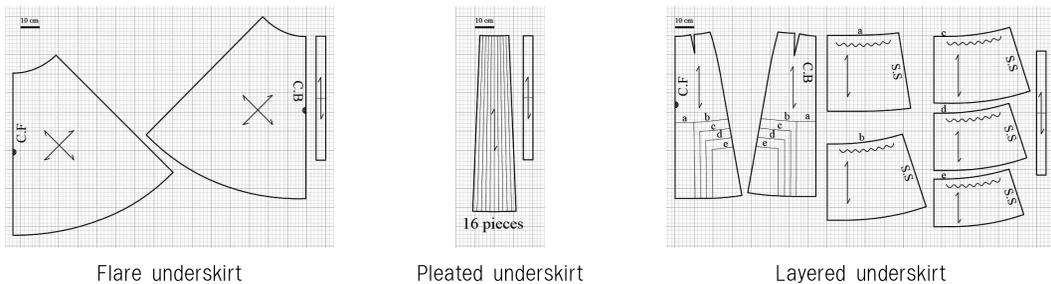
<Table 4> Comparison of 3D Virtual Fitting by Fabric Properties and the Folding Angle of Pleated Skirt

	Default fabric			Stiff fabric		
	Front view	Side view	Bottom view	Front view	Side view	Bottom view
60° and 300°						
90° and 270°						

단의 치마와 비교한 결과 Stiff 원단으로 만든 치마의 실루엣이 더 풍성하게 표현되었다. 또한 주름의 접힘 각도를 60°와 300°, 90°와 270°로 다르게 설정하여 주름 각도에 따른 실루엣의 변화를 비교한 결과, Default 원단에서는 주름의 접힘 각도가 커짐에 따라 전체적인 실루엣에는 큰 차이가 없었으나 주름이 벌어지는 특성으로 인해 치마 밑단에 작은 굴곡들이 생성되었다. Stiff 원단에서는 주름의 접힘 각도가 커짐에 따라 주름이 벌어지고, 벌어진 형태가 유지되면서 볼륨이 커지는 것으로 나타났다. Stiff 원단에서 패턴 1조각(주름 5개)의 밑단 너비는 60°에서 10.7cm, 90°에서는 13.7cm로 측정되었는데, 주름치마 디자인에서 치마 1조각의 주름이 자연스럽게 펼쳐진 길이는 12cm 정도이므로 본 연구에서는 70°에서 약 11.7cm의 길이를 가정하여 주름의 접힘각도를 70°와 290°로 설정하였다.

### 3) 속치마의 가상착의

속치마를 입지 않고 겹치마만 착용한 경우 인체 형상을 따라 옷감이 드레이프되므로 전술한 <Table 4>의 Stiff 원단 치마에서 보듯이 앞중심 부위에 오목하게 굴곡이 생겨 균형감 있는 실루엣을 형성하는데 부족한 측면이 있었다. 따라서 치마 안에 속치마를 입혀 이를 보완하고자 하는데, 속치마는 플레어 속치마, 플리츠 속치마, 레이어드 속치마 3종류로 구성하였다. 플레어 속치마는 전체 180°의 플레어 스커트이고, 플리츠 속치마는 겹치마와 동일한 형태로 하되 3cm만큼 길이를 줄인 치마이며, 레이어드 속치마는 A라인 스커트 아래쪽에 양쪽으로 4단의 러플을 겹쳐 배치하고 앞·뒤에 각각 1단의 러플을 덧 댄 치마이다. 속치마는 형태유지 목적을 가지므로 부분적으로 강화를 적용하여 원단을 좀 더 힘 있게 유지시켰다. 속치마의 패턴과 3D 가상착의 모습은 <Fig. 16>과 <Fig. 17>에 제시하였다.



<Fig. 16> 2D Pattern of Underskirts



<Fig. 17> 3D Virtual Fitting of Underskirt

3종류의 속치마 위에 Default 원단과 Stiff 원단의 겹치마를 겹쳐 입힌 다음 시뮬레이션을 진행한 결과, 치마의 좌우 너비와 Bottom view에서 치마 밑단의 굴곡에 차이가 나타났다.

속치마에 Default 원단의 겹치마를 적용했을 때 플레어 속치마의 경우 치마의 밑단 굴곡이 비교적 균일하였으나 치마의 좌우 너비가 좁게 나타났고, 플리츠와 레이어드 속치마의 경우 치마의 좌우 너비는 플레어 속치마에 비해 넓었으나 밑단 굴곡이 다소 심하게 나타났다. 즉 Default 원단의 겹치마를 적용한 경우 전체적으로 아래로 처짐이 심하였고 그로 인해 치마의 풍성하고 자연스러운 실루엣이 표현되기 어려웠다. 또한 드레이프성으로 인해 치마가 속치마의 형태에 따라 변형되어 치마 밑단

에서 굴곡이 균일하게 나타나지 않았다.

반면에 속치마에 Stiff 원단의 겹치마를 적용했을 때 볼륨감 있게 퍼지면서 밑단에 굴곡 없이 매끈한 모양으로 나타났다. 치마의 좌우 너비가 가장 넓게 퍼진 것은 레이어드 속치마로, 밑단의 굴곡 정도가 적은 것은 플레어와 레이어드 속치마로 나타났다으므로 겹치마의 좌우 너비가 넓고 밑단의 굴곡이 적은 조건을 모두 만족하는 속치마는 레이어드 속치마라고 할 수 있다<Table 5>. 따라서 치마의 구성은 치마 밑단에 굴곡이 적고 타원형으로 균형감 있는 실루엣을 나타내는 Stiff 원단을 적용한 겹치마와 레이어드 속치마의 결합으로 정하였다.

한편, 고증의 측면에서 금관가야 속치마의 형태를 단언하기는 어렵지만, 속치마도 겹치마와 마찬가지로

<Table 5> Comparison of 3D Virtual Fitting by Underskirt Types and Fabric Properties

	Default fabric			Stiff fabric		
	Front view	Side view	Bottom view	Front view	Side view	Bottom view
Flare						
Pleated						
Layered						

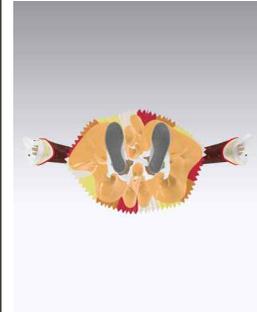
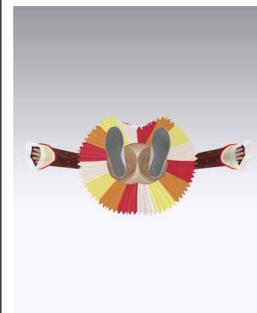
가지로 주름치마였을 가능성이 크다. 그러나 3차원 가상착의 상에서는 걸치마와 속치마에 모두 주름이 있을 경우 시뮬레이션 과정에서 매쉬의 충돌이 쉽게 발생하며 <Table 5>에서 보듯이 실루엣이 만족스럽지 못하게 나타났고, 오히려 허리부분에 주름이 없고 아래 부분에 러플이 들어간 레이어드 속치마를 조합했을 때 실루엣이 더 만족스럽게 나타났다. 따라서 3차원 가상착의 시스템을 이용하여 전통적인 주름치마의 실루엣을 도출하고자 할 때는 플리츠 속치마보다 레이어드 속치마가 더 적합한

것으로 생각된다. 다만, 전통적인 방법에 따라 플리츠 속치마로 재현하고자 할 경우에는 매쉬의 충돌을 최소화하기 위하여 패턴 위쪽의 일정 부분을 절개하여 주름을 없애는 방법을 시도해 볼 수 있으나 불륨감은 만족스럽지 않을 것으로 예상된다.

#### 4) 구성요소에 따른 왕비 복식 가상착의 비교

<Table 6>은 구성요소에 따른 왕비 복식의 가상착의 결과를 정리한 것이다. 먼저, 전체적인 실루엣을 보면, 속치마가 있는 경우는 치마의 폭이

<Table 6> Comparison of 3D Virtual Fitting by Queen's Clothing Composition

	Front view	Side view	Back view	Bottom view
Underskirt +Skirt +Under Jangyoo +Jangyoo				
Underskirt +Skirt +Jangyoo				
Skirt +Jangyoo				

넓어져서 하반신의 부피감이 크게 나타났고, 속치마가 없는 경우는 치마의 폭이 줄어들어 하반신의 부피감이 확연하게 작은 것으로 나타났다. 속치마를 착용할 경우 장유의 실루엣도 치마의 실루엣에 따라 자연스럽게 양 옆으로 퍼지면서 밑단 굴곡의 균일도가 높은 이상적인 형태로 표현되는 것을 확인할 수 있다.

다음으로, 2겹의 치마 위에 상의로 받침용 장유와 장유 2겹을 착용했을 때와 받침용 장유 없이 장유 하나만 착용했을 때를 비교해 보면 전체적으로 거의 유사하게 나타났다. 따라서 3차원 가상착의에서는 착장 과정의 효율성과 원단의 충돌 방지를 고려하여 받침용 장유를 적용하지 않고 속치마, 치마, 장유를 입는 착장에 부분적으로 구성요소를 덧대는 방법으로 겹쳐 입은 효과를 내는 것이 더 효율적이라고 생각된다.

### 3. 금관가야 왕과 왕비 복식의 3차원 가상착의 최종 결과물

〈Table 7〉은 왕과 왕비 복식의 3D 가상착의의 최종 결과물을 제시한 것이다. 최종 결과물은 허리띠, 모자의 금속장식, 목걸이, 의상을 입힌 상태에서 자세를 변경하고 장신구를 더한 후에 렌더링한 모습으로서, 주름 표현이나 재질 표현이 상당히 사실적인 것을 볼 수 있다. 피부에 해당하는 텍스처 이미지를 보정하여 피부색도 왕과 왕비의 이미지에 맞게 좀 더 밝게 수정하였다.

구성요소에 따른 가상착의 결과를 바탕으로 최종 결과물의 만족도를 살펴보면, 왕의 경우 바지와 포를 착장한 구성, 왕비의 경우 속치마·치마·장유를 착장한 구성이 맞음새와 실루엣 측면에서 우수하였다. 의복의 직물은 기본적으로 Default 원단을 적용하되 왕비의 치마에 경사 강도와 경사 굽힘강도를 높인 Stiff 원단을 사용함으로써 의복의 외관이 축 늘어지지 않고 풍성하고 힘있게 표

〈Table 7〉 3D Virtual Costumes of King and Queen

	Front view	3/4 left view	Side view	Back view
King				



현되도록 하였다. 장신구의 경우 원단에 그래픽 이미지를 적용하고 각각의 형태적 특성에 맞는 소재와 재질을 설정하여 시뮬레이션을 진행한 결과 2차원 원단의 드래이프 결과임에도 불구하고 장신구의 이미지를 전달하는데 매우 효과적이었다.

## V. 결론

본 연구는 금관가야 왕과 왕비 복식을 재현한 사례연구로 전통 복식을 3차원 디지털 자료로 개발하고 복식의 형태적 특성과 구성적인 측면을 고려하여 효율적이고 재현성이 높은 가상착의 방법을 제시하였다. 본 연구를 통해 도출한 결론은 다음과 같다.

첫째, 금관가야 왕은 포와 바지, 왕비는 장유와 치마를 착용하는데 상하의 모두 반침용 의복과 함께 2겹을 겹쳐 착용하였을 것이다. 그런데 여러 겹 겹쳐 풍성한 형태를 가지는 의상을 3차원 가상착의 시스템을 활용하여 재현할 경우 반침옷과 겹옷의 원단 간 충돌 문제가 대두되었다. 이에 2겹

착장과 1겹 착장 각각에 따른 가상착의 결과 먼저 상의에서는 왕과 왕비 모두 2겹 착장보다는 1겹 착장시 결과물의 맞음새와 실루엣 측면에서 우수하였다. 따라서 작업과정의 효율성과 시뮬레이션의 안정성을 위해 착용 의복의 수는 최소한으로 하되 깃과 수구와 같은 부분에 구성요소를 덧대어 두 겹을 표현하는 방법이 적합한 것으로 생각된다. 그런데 하의에서 왕의 바지는 2겹과 1겹 착용의 실루엣 차이가 거의 없었지만 왕비의 치마는 걸치마만 착용했을 때 보다 속치마와 함께 2겹을 착용했을 때 더욱 풍성한 실루엣을 보였다.

둘째, 왕과 왕비의 상의는 허리띠로 여미게 되는데 고대 복식에서 품이 큰 의복의 경우 허리띠 착용시 허리띠 위쪽에 자연스럽게 블라우징되는 부분이 형성된다. 이 부분의 표현을 위해 원단 수축률 조정 및 고무줄 적용 등의 방법을 사용하여 자연스러운 실루엣을 구현하도록 하였다. 또한 의상 착장시 강화, 프리즈, 활성화, 레이어 값 설정 기능 등을 적절하게 사용하여 충돌을 방지하고 원활한 시뮬레이션을 가능하게 하였다.

셋째, 금관가야의 왕비 치마는 아코디언식 주름

치마이다. 치마는 주름의 접힘각도, 봉제선의 각도, 원단의 물성에 따라 가상착의 의복의 실루엣과 결과물에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 주름의 접힘각도는 70°와 290°, 봉제선은 290°, 원단 물성은 Stiff 상태로 설정했을 때 가상착의 형태가 설계에 맞게 구현되었다. 왕비의 겹치마 안에 플레어, 플리즈, 레이어드 속치마를 적용했을 때 치마의 좌우너비가 넓게 퍼지고 치마의 굴곡이 적은 조건을 모두 만족하는 속치마는 레이어드 속치마로 나타났다. 고중의 측면에서는 플리즈 속치마가 타당하겠지만 3차원 가상착의 시스템을 사용한 형태 재현이라는 관점에서는 레이어드 속치마가 전통적인 주름치마의 최적화된 실루엣을 도출하는데 더 적합한 것으로 나타났다.

넷째, 3차원 가상착의 소프트웨어(CLO)에서 장신구를 표현하는 방법은 3D 형상의 obj파일을 불러와서 원하는 위치에 고정되도록 배치하는 것만 가능하므로 본 연구에서는 평면의 원단에 장신구의 2차원 이미지를 적용하고 원단의 두께를 조절하여 표현하였으나 3차원 입체물의 형상을 표현하기에 제한이 있었다. 입체적이고 사실적인 장신구 표현을 위한 대안으로는 CLO에서 아바타(혹은 아바타와 의상 착장 결과물)를 내보내고 3차원 CAD 프로그램에서 불러와서 그 위에 입체형상을 제작한 후, 이를 다시 CLO에서 불러와서 배치하는 방법을 고려해볼 수 있으나 그 과정이 복잡하고 효율성이 떨어진다.

본 연구는 전통복식의 착의 상태를 3차원 디지털 기술을 사용하여 재현하였고, 의복 조합에 따른 착의 상태와 의복 겹쳐 입기에 따른 착의 상태를 비교·분석하였다는 점에서 의의가 있다. 3차원 가상착의 시스템은 물성 및 장신구 표현 부분에서 한계가 있지만, 이는 전통복식의 착장 모습을 입체적이고 사실적으로 재현할 수 있는 매우 효과적인 방법이다. 3차원 가상착의 결과물은 이미지 자료로 사용될 뿐만 아니라 이를 사용하여 텐테이블 영상 등을 제작하는 것이 가능하므로,

이는 복식문화 콘텐츠 개발 및 디지털 복식 라이브러리 등에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 3차원 시청각 자료를 교육 프로그램에 활용하여 직접 실물을 보기 힘든 복식자료에 대한 정보를 시간과 공간의 제약을 넘어서 제공한다면 교육의 효과를 높일 수 있을 것이다.

그런데 CLO에서 선택할 수 있는 헤어와 신발 종류가 제한적이어서 전통복식의 이미지를 정확하게 전달하기에는 한계가 있었다. 전통적 이미지에 맞는 헤어와 신발은 물론 아바타의 얼굴 개발이 요구된다. 또한 전통복식 분야에서 금관가야뿐만 아니라 시대와 신분을 확장한 다양한 의복 디자인과 여러 종류의 원단 물성을 적용한 가상착의도 지속적으로 시도되어야 할 것이다.

## References

- Cha, S. J. (2014). A study on comparing visual images between real and 3D simulation. *Journal of Basic Design & Art*, 15(6), 707-722.
- Chang, H. & Lee, J. (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
- Choi, I. Y., Kim, H. S., & Kim, J. M. (2017). A comparative study on tailored jacket collar variations using human subjects and virtual simulation: A focus on collar stand and laying amount. *Society of Korea Design Trend*, 57, 151-163.
- Daeseong-dong Tombs Museum. (2013). *Daeseong-dong ancient tombs: bridge of east asian trade*. Gimhae, Republic of Korea: Daeseong-dong Tombs Museum.
- Daeseong-dong Tombs Museum. (2017). *Knock on the secret door again* [비밀의 문 다시 두드리다]. Gimhae, Republic of Korea: Daeseong-dong Tombs Museum.
- Gimhae National Museum. (2012). *A glimpse of Gaya in Yangdong-ri*. Seoul, Republic of Korea: Graphicnet.
- Jeon, E. & Moon, J. (2015). Manual design for pattern developing and virtual modelling through product analysis -Focused on disposable protective coverall-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 39(3), 457-467. doi:10.5850/JKSC.2015.39.3.457
- Jeong, Y. (2016). Development of ergonomic pattern for motorcycle pants using 3D virtual clothing. *Korean*

- Journal of Human Ecology*, 25(2), 207-225. doi: 10.5934/kjhe.2016.25.2.207
- Kang, Y. (2014). A study on the reality of avatar sizes comparing with body sizes of women aged 19 to 59. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 38(6), 896-912. doi:10.5850/JKSC.2014.38.6.896
- Kim, H. & Kang, I. (2012). The reproduction of female dancer's wear in Muyongchong. *Journal of Korea Design Forum*, (35), 247-253.
- Kim, M. K., Choi, Y. L., & Nam, Y. J. (2010). Basic research for 3D virtual clothing simulation of traditional Korean Dang'ui costumes -A focus on issues occurring in the course of a 3D virtual presentation that uses the qualoth for maya program-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 34(11), 1836-1843.
- Kweon, J.-H. (2019a). A Study on the costumes of Geumgwan Gaya -Focusing on the length of upper garments-. *Journal of the Korean Society of Costume*, 69(4), 86-103. doi:10.7233/jksc.2019.69.4.086
- Kweon, J.-H. (2019b). A Study on the costume of Geumgwan Gaya -Focused on headgear, belt, footwear-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 43(3), 532-548. doi:10.5850/JKSC.2019.43.4.532
- Kweon, J.-H. (2019c). An illustration proposal for Geumgwan Gaya men's costume. *Journal of the Korean Society of Costume*, 69(7), 127-147. doi:10.7233/jksc.2019.69.7.127
- Kweon, J.-H., Lee, J. Y., & Im, J. Y. (2019). *Gumgwan Gaya Costume*. Pusan, Republic of Korea: Gimhae, Korean Traditional Costume Research Institute of Pusan National University.
- Kyungsung University Museum. (2000b). 金海大成洞古墳 群II-13・18・29號墳- [Gimhae Daeseong-dong tombs II-13・18・29-]. Pusan, Republic of Korea: Geumyang munwhasa.
- Lee, J. Y. (2019). Geumgwan Gaya Women's Costume, In *Proceedings of the 2nd International Conference of Gimhae & Korean traditional costume research institute of Pusan national university (Eds.) on Gumgwan Gaya's Culture of dress*, Pusan, Republic of Korea, pp. 69-94.
- Lee, N., Sung, O., & Kim, S. (2019). The design development of family formal clothes using 3D virtual clothing software. *Journal of Fashion Business*, 23(3), 35-50. doi:10.12940/jfb.2019.23.3.35
- Lim, J. (2019). Development of the slacks pattern for the elderly women from 3D virtual garment simulation. *Fashion & Textile Research Journal*, 21(1), 59-66. doi:10.5805/SFTI.2019.21.1.59
- 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
- Seong, O. J. & Ha, H. J. (2017). Study on torso patterns for elderly obese women for vitalization of the silver clothing industry -Applying the CLO 3D program-. *The Research Journal of the Costume Culture*, 25(4), 476-487. doi:10.7741/rjcc.2017.25.4.476
- Shin, J. Y. & Kim, S. J. (2016). A study about fashion designs to establish the voter's favored female political leader's image through survey analysis. *Journal of the Korean Society of Costume*, 66(7), 154-170. doi:10.7233/jksc.2016.66.7.154
- Shin, K. & Suh, C. (2018). A study on the development of basic pants pattern for men using virtual fitting program -Focused on the menswear textbook-. *Fashion & Textile Research Journal*, 20(4), 410-421. doi:10.5850/SFTI.2018.20.4.410
- Yang, E. K. & Lee, J. H. (2015). Planning of digital fashion contents using the korean local sword dance costume -Focusing on the digital fashion contents business of the poser commercialization 3D character-. *Journal of Digital Design*, 15(2), 623-636.