

3D 가상착의와 실제착의의 평가방법 고찰

– 선행 연구를 중심으로 –

류 경 옥[†]

장안대학교 패션디자인과 조교수[†]

Study of Evaluate 3D Virtual Versus Actual Fitting

- Focusing on Previous Studies -

Ryu, Kyoung ok[†]

Assistant Professor, Dept. of Fashion Design, Jangan University[†]

(2024.4.27 접수; 2024.5.21 수정; 2024.6.7 채택)

Abstract

This study comprehensively analyzes previous research comparing the similarities between 3D virtual and actual fittings, and identifies the current usage and limitations of virtual fitting programs. The findings reveal that, in most cases, 3D virtual fittings are not perfect substitutes for actual fittings. To address these limitations, this research focuses on the Hohenstein fitting test and BP-ANNs-based garment fit evaluation method, which incorporate various parameters, such as the correlation between wearers and garments, garment pressure, and ease, thus providing objective data, such as data acquired that can enhance subjective evaluations. By integrating such objective assessments, the study suggests potential improvements in virtual fitting accuracy. This research is expected to provide foundational data necessary for the development of a consumer virtual fitting systems alongside advancements in 3D virtual fitting technology.

Key Words: 3D Virtual fitting (3D 가상착의), Actual fitting (실제착의), Similarity (유사도), Hohenstein fitting test (Hohenstein 피팅 테스트), BP-ANNs-based garment fit evaluation method (BP-ANNs 기반 의류적합 평가법)

I. 서론

현대 의류 산업에서 3D 가상착의 기술은 디자인, 제작, 소비자 경험 향상을 위한 중요한 도구로 부상하고 있다. 이 기술은 특히 실제 착의 없이도 의류의 핏을 예측하고 시각화할 수 있게 해주며, 제품 개발 비용을 절감하고, 소비자 만족도를 높이는 데 기여할 수 있기에 온라인 공간, 메

타버스 공간을 위해 확대되어 활용될 것으로 전망된다. 가상착의가 실제 착의의 정확한 대체제로서 기능하기 위해서는 그 정확성과 신뢰성을 지속적으로 검증하고 개선하는 과정이 필수적이다.

3D 가상착의와 실제 착의의 비교를 위한 비교요인으로 의상의 디자인, 패턴, 직물의 물성과 가공, 색의 표현과 더불어 봉제 방법, 아바타 즉 인체 치수와 체형 모두 중요하다. 하지만 가상착의

[†]Corresponding author ; Ryu, Kyoung ok
Tel. 031-299-3080
E-mail : yoyoryu@naver.com

와 실제 착의의 유사도가 어느 정도 정확한 지 여부에 대한 기준은 현재 없다. 또한 가상착의 관련 선행연구의 대부분은 실제착의와의 비교가 아닌 실제착의를 대신한 용도로 활용하고 있고, 가상착의와 실제착의의 유사도를 실험한 선행연구의 대부분은 패턴, 광목으로 만들어진 실제 착의, 의상 아이템 일부분을 비교한 것이 전부이다(구미란과 서미아, 2009; 박연신, 2016; 김영숙 외, 2014; 김현아 외, (2011); 남영란과 김동은 2021; 왕설영 외, 2020; 원윤혜와 이정란, 2021; 이진숙과 이정란, 2013; 이희란 외, 2016; 이희란 외, 2017; Kaixuan Liu 외, 2021; Kaixuan Liu 외, 2022; Flora ZANGUE 외, 2020; Hwa Kyung Song 외, 2015).

미래에는 결국 소비자의 가상착의가 실용화될 것으로 기대되므로 3D 가상착의와 실제착의의 유사도는 미래의 패션산업에서 매우 중요한 분야라 하겠다. 이에 본 연구는 선행 연구들의 유사도 평가 방법과 결과를 조사, 분석하여 가상착의 프로그램의 현 주소를 알고자 한다. 이를 통해 가상착의 기술의 정확성 향상을 위하여 3D 가상착의와 실제착의의 유사도 평가 방법이 어떻게 발전되어야 하는 지 알아보고자 한다. 이는 나아가 소비자 가상착의 시스템 구축에 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

II. 연구방법

1. 연구 방법

연구 방법으로 2024년 4월 10일을 기준으로 하여 '3D 가상착의'와 '실제착의'를 키워드로 네이버 학술정보에서 조사하고, '3D virtual fitting'와 '3D simulation'을 키워드로 구글 스칼라(Google Scholar)에서 선행 연구들의 목록을 조사하였다. 이 중 3D 가상착의와 실제착의의 착의 평가 비교가 제시된 논문을 모두 선택하여 연구 범위로 정하였다. 사전 조사로 연관검색어 Garment fit evaluation, 유사도, 관능평가 등을 조사하였으나 실제착의와 3D 가상착의를 비교한 논문으로 해당되지 않았기에 상기 제시한 단어 키워드에 해당되는 논문으로 범위를 정하였다.

2. 연구 내용

연구 내용으로는 선행 연구에 활용된 가상착의 프로그램의 현황, 평가 방법, 피험자, 평가자, 실험복 제작 방법, 실험복 재료와 제작 방법, 평가 내용과 한계점을 조사하였다. 그리고 실험 방법의 결과를 분석하여 장단점과 개선방법에 대하여 고찰하였다.

III. 결과

1. 선행 연구 요약

3D 가상착의와 실제착의의 유사도 비교에 대한 선행연구는 2024년 4월 10일을 기준으로 다음과 같이 14개로 조사되었다. 이는 의외의 결과인데 3D 가상착의 관련 논문의 수는 매우 많았으나 실제착의와 같이 비교하거나 평가한 연구가 아닌 실제착의 조사만이거나 가상착의만으로 시도하는 실험이었다. 연구에 선정된 선행연구와 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

구미란과 서미아(2009)의 재단 각도에 따른 세미 플레이어 스커트의 외관 및 헬라인 드레이프 형상에 관한 연구에서는 3D 가상착의와 실제착의의 전체적인 실루엣과 느낌은 비슷한 결과를 보이나 옆면의 경우 차이가 심하게 났고, 드레이프 형상 역시 큰 차이를 보이고 있는 결과를 알 수 있다.

박연신(2016)의 여성 재킷의 실제착의와 가상착의 비교를 통한 3D 가상착의 시스템 개선에 대한 연구에서 사이즈코리아 평균 사이즈의 22세 체험자에게 광목으로 만든 기본 재킷을 착의시켜 외관 평가를 한 결과를 보고했는데, 가상착의와 실제 착의의 차이가 각 부위별로 다양하게 나타났으며, 평가집단별 외관 평가의 결과도 차이가 있음을 밝혔다.

김영숙 외 (2014)의 실제착의와 3D 가상착의의 외관 유사도 평가에 관한 연구에서는 한국의 'CLO 3D', 일본 Technoa의 'i-Designer', 이스라엘 Optitex의 '3D Runway Designer', 총 3개 프로그램을 활용하여 3가지 체형별 팬츠 아이템의 실제 착의를 비교하였는데 프로그램별 유사도의 차이

가 확연히 나타났을 뿐 아니라 팬츠 항목의 대부분이 실제 착의와 가상착의의 결과가 유사하지 않은 것으로 나타났다.

김현아 외 (2011)의 플레어 스커트의 실제착의와 가상착의 이미지 비교에서는 소재에 따른 실제착의 가상착의의 시각적 이미지를 분석하고, 시각적이미지와 소재의 역학적특성 상관관계를 알아봤는데 실제착의와 가상착의의 차이를 크게 보이는 직물 물성으로 부피감을 꼽았고, 여러 가지 한계에 의하여 실제 착의와 가상착의의 유의도는 차이가 있음을 밝혔다.

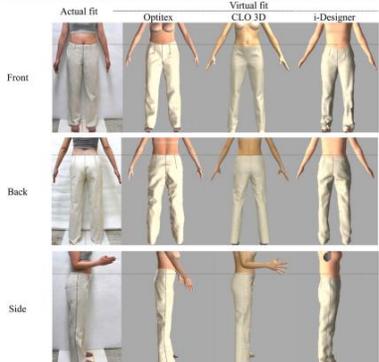
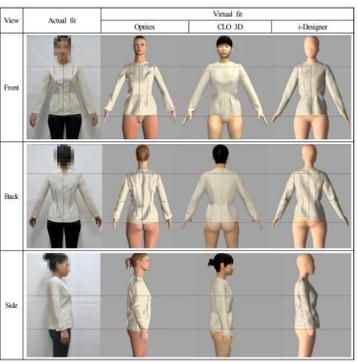
남영란 외 (2021)의 네크라인 종류에 따른 3D 가상착의와 실제착의의 비교 연구에서는 CLO 프로그램에 치수만 반영한 기본 아바타와 모델을 스캔한 데이터를 활용한 아바타를 활용하여 가상착의와 실제 착의의 유사도를 조사하였는데 스캔한 데이터를 반영한 아바타의 후면 유사도를 제외하고는 두 아바타 모두 실제 착의와는 차이가 있는 결과를 나타냈다.

왕설영 외(2020)의 의복의 2D 도식화, 3D 가상착의, 실제착의 외관 평가 비교에서는 중국인 일반인 110명에게 이미지가 뒤섞인 설문지로 2D 도식화, 3D 가상착의, 실제 착의사진의 유사도를 분석하였다. 그 결과 2D 도식화의 유사도가 보다 우수한 결과를 보였으며 3D 가상착의에서 의복 아이템별로는 티셔츠보다는 원피스의 유사도가 우수하게 나타났다.

원윤혜와 이정란(2021)은 팬츠 실루엣에 따른 실제착의와 가상착의의 유사도 비교 연구에서 바지통에 따른 3가지 바지의 실제 착의와 가상착의 이미지의 유사도를 평가하였는데. 여유분이 많은 트라우저의 경우 좋은 유사도 결과를 보였고, 타이트하거나 주름이 많은 경우 유사도가 좋지 않은 결과를 보였다.

Hwa Kyung Song 외 (2015)의 Investigation of the Validity of 3-D Virtual Fitting for Pants에서는 61명을 대상으로 다양한 사이즈의 피험자의 인체 정보를 3D 스캔하여 실제 착의와 가상착의를 비

〈표 1〉 선행연구별 3D 가상착의와 실제착의의 비교 사례

논문	유사도 평가 사례	논문	유사도 평가 사례
구미란 외 (2009) 재단각도에 ~		곽연신 (2016) 여성 재킷의~	 <p>왼쪽 실제 착의/ 오른쪽 3D 가상착의</p>
김영숙 외 (2014) 실제착의와~		김영숙 외 (2014) 토르소 원형 ~	

<p>김현아 외 (2011) 플레이스커트의 ~</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Real garment</th> </tr> <tr> <th>Real 1 (Cotton)</th> <th>Real 2 (Linen)</th> <th>Real 3 (Wool)</th> <th>Real 4 (Silk)</th> <th>Real 5 (Polyester)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="5">3D garment simulation</th> </tr> <tr> <th>Simulation1 (Cotton)</th> <th>Simulation2 (Linen)</th> <th>Simulation3 (Wool)</th> <th>Simulation4 (Silk)</th> <th>Simulation5 (Polyester)</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Real garment					Real 1 (Cotton)	Real 2 (Linen)	Real 3 (Wool)	Real 4 (Silk)	Real 5 (Polyester)						3D garment simulation					Simulation1 (Cotton)	Simulation2 (Linen)	Simulation3 (Wool)	Simulation4 (Silk)	Simulation5 (Polyester)						<p>남영란 외 (2021) 넥 라인 종류에 ~</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Design</th> <th rowspan="2">Real body</th> <th colspan="2">Virtual body</th> </tr> <tr> <th>Body①</th> <th>Body②</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Round</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Square</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>High</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Conf</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Design	Real body	Virtual body		Body①	Body②	Round				V				Square				High				Conf			
Real garment																																																											
Real 1 (Cotton)	Real 2 (Linen)	Real 3 (Wool)	Real 4 (Silk)	Real 5 (Polyester)																																																							
3D garment simulation																																																											
Simulation1 (Cotton)	Simulation2 (Linen)	Simulation3 (Wool)	Simulation4 (Silk)	Simulation5 (Polyester)																																																							
Design	Real body	Virtual body																																																									
		Body①	Body②																																																								
Round																																																											
V																																																											
Square																																																											
High																																																											
Conf																																																											
<p>왕설영 외 (2020) 의복의 2D 도식화 ~</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2D Flat Sketch</th> <th>3D Virtual Clothing</th> <th>Real Clothing</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Front</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Back</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th></th> <th>2D Flat Sketch</th> <th>3D Virtual Clothing</th> <th>Real Clothing</th> </tr> <tr> <td>Front</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Back</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		2D Flat Sketch	3D Virtual Clothing	Real Clothing	Front				Back					2D Flat Sketch	3D Virtual Clothing	Real Clothing	Front				Back				<p>원윤혜 외 (2021) 팬츠 실루엣에 따른 실제 ~</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Trousers</th> <th colspan="2">Slacks</th> <th colspan="2">Wide pants</th> </tr> <tr> <th>Actual clothing</th> <th>Virtual clothing</th> <th>Actual clothing</th> <th>Virtual clothing</th> <th>Actual clothing</th> <th>Virtual clothing</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Trousers		Slacks		Wide pants		Actual clothing	Virtual clothing	Actual clothing	Virtual clothing	Actual clothing	Virtual clothing																				
	2D Flat Sketch	3D Virtual Clothing	Real Clothing																																																								
Front																																																											
Back																																																											
	2D Flat Sketch	3D Virtual Clothing	Real Clothing																																																								
Front																																																											
Back																																																											
Trousers		Slacks		Wide pants																																																							
Actual clothing	Virtual clothing	Actual clothing	Virtual clothing	Actual clothing	Virtual clothing																																																						
<p>이진숙 외 (2013) 3차원 가상 착의와 실제 착의 ~</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Front</th> <th>Side</th> <th>Back</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Cotton 100%</td> <td>Real </td> <td>Real </td> <td>Real </td> </tr> <tr> <td>Virtual </td> <td>Virtual </td> <td>Virtual </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Cotton & Spande x mixed</td> <td>Real </td> <td>Real </td> <td>Real </td> </tr> <tr> <td>Virtual </td> <td>Virtual </td> <td>Virtual </td> </tr> </tbody> </table>	Item	Front	Side	Back	Cotton 100%	Real	Real	Real	Virtual	Virtual	Virtual	Cotton & Spande x mixed	Real	Real	Real	Virtual	Virtual	Virtual	<p>Hwa Kyung Song et al (2015) Investigation of ~</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>왼쪽 실제 착의/ 오른쪽 3D 가상착의</p>																																						
Item	Front	Side	Back																																																								
Cotton 100%	Real	Real	Real																																																								
	Virtual	Virtual	Virtual																																																								
Cotton & Spande x mixed	Real	Real	Real																																																								
	Virtual	Virtual	Virtual																																																								

교하였으나 유사도가 좋지 않다는 결과를 나타내었는데, 여유분량과 주름의 표현이 다른 것으로 나타났다.

Flora ZANGUE 외 (2020)의 Virtual Fit vs. Physical Fit - How Well Does 3D Simulation Represent the Physical Reality에서는 3D 가상착의 프로그램을 3가지 사용하였고, 프로그램 사용자도 각각 다른 사용자가 시뮬레이션하여 자켓의 가상착의와 실제 착의의 유사도를 평가하였으며, Hohenstein 피팅 테스트를 적용하여 실험하였는데 그 결과 유사도가 좋은 것으로 나타났다. 가상착의를 보다 잘 표현하기 위하여 다양하고 많은 파라미터(parameter)가 추가되어 개선되어야 할 것을 제안하였다.

Kaixuan Liu et al (2021)의 Garment Fit Evaluation for Fashion Design and Manufacturing 는 가상착의의 압력실험의 결과와 실제 착의를 비교하기 위하여 BP-ANN 기반 의류 핏 평가를 위한 훈련된 모델이 72개의 바지를 착장하여 비교하였다. 그 결과 BP-ANN 기반 예측적합도가 높게 나타났고, 이를 응용하여 온라인 쇼핑에서 의류 핏을 평가하고 예측하는 프로세스를 제안하였다.

이상으로 3D 가상착의와 실제착의의 유사도 비교에서 대부분의 결과는 일치하지 않은 것으로 나타나 아직까지 3D 가상착의는 실제착의를 반영하고 있다고 할 수 없는 결과를 보여주고 있음이 사료된다.

다음 <표 1>은 선행연구에서 나타난 착의의 비교 사례이다. 비교 사례의 예가 없는 보고서의 경우 제외되었다. 그림으로 보듯이 3D 가상착의와 실제착의의 유사도는 유사하지 않은 결과를 보이고 있다.

2. 선행연구에서 나타난 3D 가상착의와 실제 착의의 유사도 평가

가. 3D 가상착의 프로그램

선행 연구에서 나타난 평가 방법과 내용은 다음 <표 2>와 같다. 우선 3D 가상착의를 위한 직접적인 프로그램으로 CLO 3D, V-Stitcher, Vidya, i-designer, PDS 3-D Runway Creator, Body Order Tool이 사용되었는데 CLO 3D가 가장 많이 사용

되고 있는 것을 알 수 있다. 이 외에 3D 가상착의 정보를 위해 사용된 프로그램으로 인체나 마네킨을 스캔하기 위한 프로그램으로 Body Line Scanner, Body Line Manage, Metasequoia program, Canon Scan 4400F이 다양하게 사용되었고, 직물의 물성을 측정하기 위한 프로그램으로 KES 시스템이 한정된 연구에 활용되고 있는 것을 알 수 있다.

나. 3D 가상착의와 실제 착의 유사도 평가 방법

3D 가상착의와 실제착의의 유사도 비교를 위한 평가 방법으로 첫째, 관능평가가 이뤄졌다. 관능평가는 같은 조건에서 평가하기 위하여 실제 착의의 사진과 가상착의를 출력하여 비교하는 방법이 제일 많았고, 실제 착의의 사진과 3D 가상착의를 모니터 내에서 비교하는 방법이 한 건 있었다. 이와는 다르게 실제 착의는 평가자가 실물로 직접 평가하고, 3D 가상착의는 모니터로 하는 방법이 있었다. 둘째, 실제 착의의 착용자가 착용 만족도를 평가하고 이를 KES시스템 결과를 반영한 3D 아바타가 착장한 상태의 압력, 여유와 비교하는 방법이 있었다.

평가자는 실무 경력이 있거나 의상 전공자인 전문인들로 5명에서 30명으로 구성되었으나 설문지법 형식으로 110의 평가자 결과가 사용되기도 하였다.

실제 모델은 제한적으로 한명이나 세명이 선정되었고, 마네킨을 사용하는 경우기와 모델의 신체 정보가 밝혀지지 않고 결과만 기술한 연구도 있었다.

3D 가상착의 아바타는 인체나 마네킨을 스캔하여 적용한 경우와 프로그램의 대표 아바타를 그대로 사용하는 경우가 있었다.

실제 착의를 위한 의복 제작에 사용된 직물은 면 100% 광목(muslin)이 많이 사용되었고, 면, 린넨, 실크, 양모, 그리고 폴리에스터를 각각 사용하여 직물의 특성별로 실험된 연구도 있었지만 한 건의 연구를 제외하고는 모두 제한적으로 몇 가지 직물만을 사용하였다. 또한 직물의 물성이 정확히 적용되지 않고 적당한 두께나 적당한 무게 등으로 표현된 직물이 선택되어 사용되기도 하였다.

의복의 복종은 스커트, 바지, 자켓으로 한정하여 실험한 경우와 다양한 의복을 한꺼번에 실험한 경우 등 선행연구 대부분이 다른 복종의 결과를 보여주고 있다.

〈표 2〉 선행연구별 3D 가상착의와 실제착의 비교 분석

논문	요인	평가	프로그램	피험자	평가자	직물	실험복	결과
구미란 외 (2009) 재단각도에 따른 ~	- 3D 시뮬레이션 값과 실제 착의를 사진으로 촬영하여 외관평가 (5점척도, 7문항) - 드레이프 형상 분석	i-Designer KES시스템으로 측정된 물성 적용	바디 사용 (허리둘레63cm, 엉덩이둘레 90cm, 엉덩이 길이 18cm)	의복구성 전공자 (5명)	폴리에스터 100% 소재	-식서 중심선인 플레어 스커트 -바이아스 중심선인 플레어 스커트	-식서 방향의 옆면에서 가상착의와 실제 착의가 큰 차이를 보임 -드레이프형상은 차이가 많이 보임 -원단1가지 실험의 한계를 가짐	
곽연신 (2016) 여성 재킷의~	- 3D 가상착의와 실제착의 사진의 유사도 평가 - 디자이너 집단과 패턴 집단의 평가 차이 분석 - 앞면 옆면 뒷면 소매 칼라의 평가항목에 대해 5점 척도 평가	CLO 3D 3.58	사이즈 코리아 평균 사이즈 22세 여성 피험자	- 디자이너 집단 - 패턴 메이커 집단	보통 두께의 광목	기본 사이즈 재킷	- 가상착의와 실제 착의의 차이가 다양한 결과로 나옴 - 평가집단에 따라 결과가 다름. 디자이너 집단이 높은 점수 - 모든 항목에서 가상착의가 더 아름답다는 결과	
김영숙 외 (2014) 실제착의와 3D 가상착의~	- 3D 시뮬레이션 값과 실제 착의를 사진으로 촬영하여 외관평가 - 정·후·측면으로 분석 총 15항목 3점 Likert 척도로 맞춤새 평가	- CLO 3D - i-Designer - Optitex의 3D Runway Designer	사이즈 코리아 평균체형의 대표체형 모델 3명 - 허리가 가는 체형 - 보통체형 - 허리가 굵은 체형	- 경력 3년이상 테크니컬 디자이너 - 의상학 전공 석·박사 (30명)	광목 (면100%, 무게115.0 g/m2, 두께0.30 m/m, 평직)	Lee and Nam(2007)의 바지원형 패턴 활용 대표체형별로 바지 3벌 제작	- 프로그램별, 부위별 유사도의 차이를 보임 - 허리가 굵은 체형의 유사도가 더 좋음 - 대부분의 항목에서 가상착의와 실제착의가 유사하지 않음	
김영숙 외 (2014) 토르소 원형의 실제착의와 3D 가상착의~	- 3D 시뮬레이션 값과 실제 착의를 사진으로 촬영하여 이미지로 외관평가 - 정·후·측면으로 분석 총 27항목 3점 Likert 척도로 맞춤새 평가 - 외관 유사도 평가는 맞춤새 평가 항목에 5개 추가하여 평가	- CLO 3D - i-Designer - Optitex의 3D Runway Designer	사이즈 코리아 평균체형의 대표체형 모델 3명 - 보통체형 - 가슴이 작고 엉덩이가 큰 체형 - 가슴이 크고 엉덩이가 작은 체형	전문평가자 집단 (30명)	광목 (면100%, 무게115.0 g/m2, 두께0.30 m/m, 평직)	Lee and Nam(2007)의 토르소와 소매 원형 패턴 활용 대표체형의 모델 치수에 따라 아바타 형상과 패턴 제작	- CLO는 둘레, 너비, 주름 유사도는 우수, 실루엣 유사도는 보통 이하 - I Designer는 주름량과 실루엣 유사도 우수 - Optitex는 몸통둘레항목에서만 CLO와 비슷한 결의 유사도 - 프로그램에 따라 다른 결과를 보임 - 주름이 없을수록 유사도가 좋음 - 모든 부위에서 가상착의와 실제착의의 유의한 차이를 보임	
김현아 외 (2011) 플레어 스커트의 실제착의와 가상착의~	- 소재에 따른 실제착의 가상착의의 시각적 이미지 분석 - 시각적이미지와 소재의 역학적특성 상관관계 분석 - SPSS (Ver. 12.0)로 상관분석, t-test, ANOVA, Duncan의 다중범위검정	직물) - K E S - F B (Kawabata, 1980)로 물성 측정 - 이미지는 Canon Scan 4400F로 스캔하여 활용 virtual mode) Body Order Tool로 드레스폼 재현	- 실제 착의로 마네킨 사용 - 가상착의로 마네킨을 3D 스캔하여 적용	20~30대 의류학 전공 여성을 대상으로 60부 설문지	면, 린넨, 실크, 양모, 그리고 폴리에스터 100%의 소재 5가지	몇도 플레어 스커트인지 패턴은 밝히지 않음	- 실제착의 가상착의 모두 면, 양모 소재가 매력적인 것으로 도출됨 - 부피감은 시각적이미지와 소재의 역학적 특성간 밀접한 연관성을 나타냄 - 소재에 따라 가상착의 부피감이 더 크게 나타났으며, 면 린넨 양모의 경우 실제착의의 활동성이 커 보이는 것으로 나타남 - 가상착의와 실제착의가 다르게 인식됨을 알 수 있음	

<p>남영란 외 (2021) 네크라인 종류에 ~</p>	<p>- 3D 형상과 실제 착의 사진의 형상 유사도 5점 척도 평가 - Artec 3D Eva 바디스캐너로 피침자를 스캔한 데이터를 적용한 아바타 ① - 치수를 적용한 CLO 기본 아바타 ②</p>	<p>CLO 3D</p>	<p>20~30대 한국 성인 여성의 평균 치수에 근접하고 인체 치수가 표준편차 범위 내에 있는 20대 여성 대표 모델 (1명)</p>	<p>의복 구성 전공자 (10명) CLO 사용 전문가 (10명)</p>	<p>30수 광복 원단</p>	<p>라운드 네크라인, 브이네크라인, 스퀘어 네크라인, 하이네크라인, 카울네크라인 5종의 네크라인 바디스 원형</p>	<p>- 신체 스캐너 데이터를 활용한 아바타의 유사도가 우수 - CLO 기본 아바타의 유사도는 낮은 결과 - 두 아바타 모두 가상착의와 유사도가 일치하지 않은 결과</p>
<p>왕설영 외(2020) 의복의 2D도식화 3D~</p>	<p>- 2D 도식화와, 3D 가상착의와 실제착의 사진의 유사도 평가 - 이미지를 무작위로 배치한 4종류 설문지 (5점 척도) - 설문지 자료 SPSS로 기술 통계, 빈도분석, 교차분석, 일원분산분석, 사후 분석 검증</p>	<p>2D - Adobe사의 일러스트레이터 3D - V-Stitcher</p>	<p>선행연구에서 나타난 의류업체 피팅 모델치수의 20대 여성 (1명)</p>	<p>20-30대 일반 중국인 평가자 (110명)</p>	<p>티셔츠) 면100%, 0.486mm 두께, 219g/m² 중량 원피스) 레이온 100%, 0.282mm 두께, 135g/m² 중량</p>	<p>의복을 새로 제작하지 않고 실제 의복을 바탕으로 도식화, 패턴을 제작한 후 이를 가상착의시스 템화 함</p>	<p>- 맞춤새 결과 모든 항목에서 유의한 수준의 유사도를 보임 - 2D의 유사도가 3D 가상착의보다 우수 - 3D 가상착의에서 티셔츠 보다는 원피스의 유사도가 우수</p>
<p>원윤혜외 (2021) 팬츠 실루엣에 따른 실제착의와 ~</p>	<p>- 바지통의 크기에 따른 트라우저, 슬랙스, 와이드 팬츠 유사도 측정 - 실제착의와 이미지 사진의 비교 - 앞면16항목, 옆면23항목, 뒷면 16항목의 유사도 평가 5점 척도</p>	<p>- CLO 3D - CLO Fabric Kit를 이용한 가상 원단 제작 - 피침자의 치수가 적용된 아바타로 가상 착의</p>	<p>사이즈 코리아 20대 여성의 평균치수중 표준편차 안에 해당하는 20대 여성 (1명)</p>	<p>의류 구성 전공 석·박사 이상의 전문가 (11명)</p>	<p>30수 광복</p>	<p>팬츠길이 93cm, 밑위26cm로 트라우저, 슬랙스, 와이드팬츠 3가지 제작</p>	<p>- 팬츠의 기본형에 해당하는 트라우저가 다른 실루엣들에 비해 유사도가 높게 평가 - 팬츠가 타이트헤지거나 주름이 많아질 경우 유사도가 좋지 않음 - 밑단의 유사도는 매우 다름 - 아바타 제작 및 편집 시 다양한 모습을 형상화하는 것과 다양한 직물을 형상화 하는 것에 한계가 있음</p>
<p>이진숙 외 (2013) 3차원 가상착의와 실제착의의 비만여성의 바지 맞춤새</p>	<p>- 2가지 소재의 팬츠를 실제 착의와 가상착의 이미지 외관평가 각 25항목 5점 척도 - 실제착의 사진과 가상착의 이미지를 컴퓨터 화면에서 유사도 비교 평가 16항목</p>	<p>- Body Line Scanner - Body Line Manage - Metasequoia program (인체 폴리곤 졸업) - i-designer</p>	<p>- 제 5차 한국인 인체치수조사서의 20~30대 비만체형과 치수의 여성 (5명)</p>	<p>- 대학원생의 포함 복구성학의 전공 전문인 (10명)</p>	<p>Cotton 100%와 면과 스판이 혼용된 신축성 소재 2가지</p>	<p>기성복 바지 중 젊은 비만 여성이 선호하는 세미타이트 피트의 바지 제작</p>	<p>- 비교평가 결과 비만체형의 특징인 엉덩이부위, 넓다리부위의 지방 침착이 큰 부위는 유사성이 낮게 평가 - 소재의 질감표현도 실제와 유사성이 낮음</p>
<p>이희란 외 (2016) 3차원 가상착의와 실제착의를 통한 블라우스 진동돌레</p>	<p>- 실제 착의 평가 객관적 평가 (2가지 동작에 따른 기준선 이동량 측정) - 실제 착의평가 주관적 평가(착용감 평가 11점 척도와 외관평가 10점척도) - spss로 자료 분석 - 가상착의 평가(2가지 동작에 따른 기준점 변화 거리 측정) - 소매없는 목판 패턴 8개를 가상착의</p>	<p>- CLO 3D - 블 라 우 스 패턴을 인체에 배치하기 위하여 arrangement points를 사용 - CLO프로그램내의 면으로 시뮬레이션</p>	<p>제7차 한국인 인체치수조사 보고서의 평균치수에 해당하는 여성 (7명)</p>	<p>- 착용자가 스스로 평가 (7명)</p>	<p>면 100%머슬린을 2회 세탁 후 다림질 하여 여블라우스 제작</p>	<p>어깨 다트가 없는 기본 블라우스 제작 (가슴둘레 94.2cm, 소매산 높이 10.5cm, 소매 길이 59cm)</p>	<p>- 실제착의와 가상착의의 직접적인 유사도를 비교한 것이 아니고 변화양으로써 상관관계를 알아봄 - 동작 시 블라우스의 진동 기준의 변화양이 적을수록 착용자 주관적 만족도가 높게 나타남 - 가상착의의 변화양 측정으로 실제 착의를 예측할 수 있음을 시사</p>

<p>이희란 외 (2017) 앞과 뒤 실루엣이 다른 스커트의 가상착의와 실제착의~</p>	<p>- 실제착의는 모넨판 위의 실제착의의 사진으로 변화량과 주름 평가 - 자동시스템을 활용한 가상착의 결과에서 물성을 각기 변화시켜 변화량을 확인 - 가상착의와 실제 착의의 물리적객관적 비교로 물리적 형태 특성 비교</p>	<p>3D CLO 실제 직물의 물성을 대입하지 않고 종류별 대푯값을 사용한 9가지 프로그램 직물 사용</p>	<p>제7차 사이즈코리아의 세 인체 평균 데이터 20~24세에 해당하는 마네킹</p>	<p>의류학 분야 석사 이상을 졸업한 전문가 (7명)</p>	<p>여성복의 봄 가을 용면, 양모, 실크, 레이온, 폴리에스테르 5종류의 직물</p>	<p>앞판은 라인 설계하였으며 뒤판은 개더 스커트</p>	<p>- 실제 착의 양모스커트와 가장 비슷한 외관의 가상 착의 직물은 코튼 개버딘과 울 트윌로 나타남 - 재료별 실제착의와 가상착의는 모두 다르게 나타남 - 소재의 물성을 적용한 것이 아니라 프로그램상에서 비슷한 물성을 찾아 비교한 것은 한계</p>
<p>Hwa Kyung Song et al (2015) Investigation of</p>	<p>- 61명 대상의 실제 바지와 3디 가상착의의 유사도 비교 - 바지의 핏은 17항목 3점 척도로 평가하고 - 유사도는 5점척도로 평가</p>	<p>- VITUS/XXL 3D Body Scanner로 인체 스캔 - Optitex PDS 3-D Runway Creator</p>	<p>- 18세~ 35세 리 여성 61명</p>	<p>- 8년 이상 근무한 전문 테크니컬 디자이너</p>	<p>중간 두께와 무게의 100% 면 트윌 (twill) 직물</p>	<p>미국 사이즈 기본 사이즈 10을 기본패턴으로 하여 2~20 사이즈 까지 바지 제작</p>	<p>- 실제 착의와 가상착의의 유사도는 좋지 않은 것으로 평가됨 - 가상착의는 실제 착의보다 여유가 적었고 주름 표현이 적절하지 않음</p>
<p>Flora ZANGUE et al (2020) Virtual Fit vs. Physical Fit - How Well Does 3D ~</p>	<p>- 상체와 하체를 위한 다양한 의류의 가상착의와 실제착의 분석 - 착용자가 직접 편안함, 활동성도 직접 평가 - Hohenstein 피팅 테스트 활용</p>	<p>- CLO 3D -V-Stitcher -Vidya 3명의 다른 사용자가 프로그램 활용</p>	<p>대표체형에 따른 모델 (명수 확인 불가)</p>	<p>참가자 자체 평가 전문 평가자 (3명)</p>	<p>사용한 직물을 가상 착의에 적용</p>	<p>몇 가지 의복을 실험하였는 지 구체적 언급 없음 (다양한 의복)</p>	<p>가상착의가 실제 착의와의 유사도가 양호하지만 한계가 있음 프로그램 사용자에 따라 제한적으로 결과가 달라질 수 있음이 한계</p>
<p>Kaixuan Liu et al (2021) Garment Fit Evaluation for ~</p>	<p>- 가상착의의 의류 압력과 실제착의의 착용자 평가를 비교 (타이트한지 느슨한지 등)20항목 측정 - 끌로 아바타와 동일한 조건의 모델 섭의 BP-ANN 기반으로 의류의 핏을 예측</p>	<p>CLO 3D</p>	<p>끌로 아바타와 동일한 조건의 모델 (명수 확인 불가)</p>	<p>참가자 자체 평가 전문가 평가</p>	<p>면 100% 트윌</p>	<p>몇 가지 의복을 실험하였는 지 구체적 언급 없음 (다양한 의복)</p>	<p>- 수집된 디지털 의류 압력 데이터는 모델 구축 및 검증 위한 입력 학습 및 테스트 데이터로 사용될 수 있음 - 의류 핏 평가를 위하여 BP-ANN 기반 의류 핏 평가 모델을 훈련시키는 것이 예측정확도 검증에 도움이 됨</p>

상기에 기술한 바와 같이 선행연구들은 많은 한계를 가지는 데 유의도 평가 방법이 평가자의 주관적 결과를 보고하고 있고, 제한적 소수 모델의 착의 결과를 사용하고 있고, 실제 착의 실험임에도 마네킹을 사용하는 한계를 가지고 있었다. 또한 의복에 사용되는 직물 역시 제한적인 몇가지 직물을 사용한 것이 대부분이었고 직물의 물성이 3D 가상착의 프로그램에 정확히 반영되지 않는 경우가 많았다. 또한 3D 가상착의 프로그램 사용자의 숙련도 차이나 몇 번의 시뮬레이션 결과를

사용했는 지 여부가 연구마다 다른 조건과 결과를 보이고 있다. 아바타의 경우 인체 3D 스캔 정보의 검증 정도, 실제 직물의 3D 시뮬레이션 반영 등 모두 한정적인 범위에서의 결과를 보고하는 한계를 가진 실험들이다. 의복과 인체의 관계에 대한 상호 요인은 무수히 많은 조건과 조합을 가지므로 모든 실험이 종합적으로 이뤄지기는 쉽지 않다. 하지만 기준을 두어 연구자들의 결과가 종합되거나 활용될 수 있는 방안이 필요한 것을 알 수 있다.

다. 주관적 유사도 평가와 객관적 유사도 평가

상기한 바와 같이 선행 연구의 대부분 3D 가상 착의와 실제 착의의 유사도 평가는 관능 평가로 이뤄지고 있으며 3D 가상착의와 실제 착의의 유사도가 좋지 않은 결과로 개선이 필요하다고 보고하고 있다.

한편, Flora ZANGUE 외 (2020)의 연구와 Kaixuan Liu 외 (2021)의 연구에서는 대부분의 유사도 평가 결과와는 다르게 양호한 결과도 보고하고 있는데 이들의 연구는 평가 방법 역시 다른 연구와는 다르게 주관적 평가와 객관적 평가를 같이 적용하여 사용한 것을 알 수 있다. 우선, Flora ZANGUE 외 (2020)의 연구에서는 Hohenstein 연구소에서 개발한 Hohenstein 피팅 테스트를 적용하였다. 이 테스트는 유사도 비교를 객관화하기 위한 프로세스를 제안하고 있는데 이를 살펴보면 피팅 테스트를 위해서 첫째, 모집단을 대표할 수 있는 인체의 체형과 치수를 분석하고 확인해야 한다. 둘째, 연구 대상의 의류아이템은 다양한 사이즈의 적절한 제작법을 따르는 의복으로 충족되어야 한다. 셋째, 실제 착용자가 직접 의류의 핏, 편안함, 활동성을 평가하여 의류와 신체의 압박이나 여유를 관찰하여야 한다. 넷째, 3D 가상의류 프로그램을 통해 실제 피팅과의 물리적 차이를 비교하고 분석한다. 마지막으로 실제 착의와 3D 가상착의의 결과를 종합적으로 비교하여 정확성을 평가하고, 각각의 피팅법을 개선하여 테스트를 발전시키는 것으로 되어있다. 이 피팅테스트를

적용한 Flora ZANGUE 외 (2020)의 연구에서는 얼마나 많은 의복인지, 어떤 종류인지는 의복을 구체적으로 나열하고 있지는 않지만 많은 의복의 착의 실험을 하였다고 보고하고 있으며, 3D 가상 착의와 실제 착의의 유사도 평가 시, 단순한 주관적인 평가 외에 객관적인 평가인 착용자의 착용 만족도, 인체와 의복의 여유, 의복압, 변형 등을 3D 가상착의 상태와 비교하였으며 착의자의 평가 뿐 아니라 전문 평가자의 평가까지 다양한 정보가 종합되어 평가된 것을 알 수 있다. 이 연구에서는 다양한 파라미터(Parameter)가 적용된 3D 가상착의 시스템이 좋은 결과를 가져올 것이라고 제안하고 있다.

유사도 결과에 좋은 결과를 보인 Kaixuan Liu 외 (2021)의 연구가 하나 더 있는데, 이 역시 주관적 평가와 객관적 평가를 사용한 것을 알 수 있다. 이 연구에서는 다양한 의복을 입은 피험자가 자체 평가한 주관적 평가가 포함되어 있으며, 전문가가 평가했다고 특별히 설명하고 있지는 않지만, 전문가에 의해 가상착의가 평가되었음을 짐작할 수 있다. 이 연구에서는 객관적 평가로 BP-ANNs-based 기반 의류적합 평가법, Random Forest 기반 의류적합 평가법, Bayesian Classifier 기반 의류적합 평가법, Discriminant Analysis 기반 의류적합 평가법, machine-learning기반 의류적합 평가법을 사용하였는데 이는 객관적 수치로 평가하는 방법들로 관능평가와는 다르다(표 3). 이 연구에서는 이러한 객관적 평가 방법이 주관적

〈표 3〉 Kaixuan Liu 외 (2021)연구에서 사용된 객관적 의류적합성 평가법

평가법	내용	설명
BP-ANNs-based	역전파 인공신경망(Back Propagation Artificial Neural Networks)을 사용하여 디지털 의류 압력 데이터로부터 의류의 적합성(너무 타이트하거나, 잘 맞거나, 너무 루즈함)을 예측. 입력 데이터로 가상 시착을 통해 측정된 의류의 압력이 사용되며, 이를 통해 신속하고 자동으로 의류의 적합성을 평가	
Random Forest	회귀 분석을 수행하는 데 사용되는 트리 구조의 모델을 사용하여 의류의 적합성을 평가	
Bayesian Classifier	의류 적합성을 평가하기 위해 확률적 학습을 사용. 이 분류기는 각 적합성 상태(타이트, 적합, 루즈)에 대한 확률을 계산하여 가장 높은 확률을 가진 상태를 예측 결과로 제공	
Discriminant Analysis	판별 분석은 입력 데이터(의류 압력)의 통계적 특성을 분석하여 다른 적합성 상태를 구분	
machine-learning-based	여러 기계 학습 알고리즘을 활용하여 의류의 적합성을 평가. 실제 착용 테스트 없이 의류가 사용자의 몸에 얼마나 잘 맞는지를 예측 (의복압등 입력 데이터, 타이트한지 등의 여부를 각 모델이 평가 등)	

평가 방법에 비해 높은 예측 정확도를 제공한다고 하였다. 하지만 각각의 방법은 자료의 종류에 따라 결과가 달라지므로 자료의 성격에 따라 다른 결과를 보인다고 한계를 밝히고 있다.

이희란 외 (2016)의 연구에서 역시 관능평가 외에 팔의 움직임에 따른 기준선의 이동량으로 비교 평가하였는데 객관적 수치인 이동량과 주관적 평가의 착용자의 움직임에 따른 착용 만족도를 포함시켜 비교한 연구이다. 하지만 그 결과는 유사하지 않은 것으로 나타났다.

이상에서와 같이 3D 가상착의와 실제 착의의 유사도 평가의 방법은 매우 많은 조건이 자료화 되어야 하는데, 조건들을 수치화 객관화하여 두 착의의 조건을 같은 조건으로 만들 수 있다면 3D 가상착의와 실제 착의의 유사도의 좋은 결과를 기대할 수 있다고 사료된다. 즉 의복 환경학, 의복구성, 직물의 소재와 물성 분야에서 연구되었던 의복압, 여유, 변형 등의 객관적 자료들이 3D 가상착의 프로그램에 수치화되어 정확히 반영된다면 보다 좋은 결과가 예측할 수 있다고 하겠다.

3D 가상착의 프로그램은 실제 제작해보지 않아도 디자인개발과 패턴 수정에 시간적으로나 경제적으로 큰 역할을 하고 있다. 하지만 유의도 평가의 결과에서 알 수 있듯이 의복의 여유, 의복압, 직물과 인체의 조건이 3D 프로그램에 완벽히 적용되고 있지 않은 상태로 그래픽적으로 실물에 가깝게 느껴지는 표현을 구현하고 있음을 알 수 있다. 따라서 디자인과 패턴의 개발에 따라서 3D 가상착의와 실제 착의의 유사도 평가에 있어 다양한 인체 정보, 의복 정보와 조건이 다르더라도 유사도에 영향을 주는 객관적 정보를 알아내고 반영하는 노력이 지속적으로 3D 가상착의 프로그램에 반영될 수 있도록 객관적 평가에 대한 시도가 이루어지고 자료화 되어야 함을 시사한다.

IV. 결론

본 연구는 3D 가상착의의 실용화를 위하여 3D 가상착의와 실제착의의 유사도 및 정확성 향상을 위하여 개선 가능성을 발견하고자 하였다. 그 방법으로 선행연구들의 유사도 비교 방법을 조사하였고 그 결과는 다음과 같다. 2024년 4월 10일을

기준으로 14개의 선행연구가 선정되었는데, 3D 가상착의에 사용되는 프로그램으로 CLO 3D가 가장 많이 활용되고 있고, 착의를 위한 의복으로 면 100%의 광목(muslin)이 많이 사용된 것을 알 수 있었다. 대부분 피험자의 명수나, 의복의 제작 별수는 적은 수로 착의 되고 제작되었으며 평가자는 전공자이거나 실무경력자 소수집단이 주관적으로 리커트 평가 방법으로 평가하는 것이 대부분이었다. 연구 결과로 현재 3D 가상착의와 실제 착의의 유사도는 유사하지 않고, 많은 한계를 가지고 있어 개선되어야 함을 밝히고 있다. 대부분의 연구 결과와는 다르게 유사도 평가에서 좋은 결과를 보인 Flora ZANGUE 외 (2020)의 연구와 Kaixuan Liu 외 (2021)의 연구에서는 Hohenstein 피팅 테스트와 BP-ANNs—based 의류적합 평가법 따라 3D 가상착의와 실제착의의 유사도 평가하는 객관적 방법을 도입한 것을 알 수 있는데, 이들 연구에서는 다양한 착의 의복과 착의 결과를 연구에 사용하였음에도 의복 여유, 의복압 등의 객관적 수치를 3D 가상착의에 적용하고 이를 다시 주관적 평가하여, 다양한 복종이 자료화되고 결과로 나타날 수 있었다.

이상으로 3D 가상착의와 실제착의의 유사도 평가를 위하여 평가자 주관적 평가 외에 객관적 평가가 도입되어 개선될 수 있음을 알 수 있다. 이를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 3D 가상착의와 실제착의의 유사도 평가에서 주관적인 비교 평가 외에 객관적인 요인들을 반영하여 유사도의 결과를 개선시킬 수 있다. 둘째, 객관화된 다양하고 많은 인체, 의복, 직물, 의복압, 여유 등의 정보가 반영된 3D 가상착의는 실제 착의와의 유사도를 높일 수 있다. 셋째, 객관적 평가를 위하여 Hohenstein 피팅 테스트, BP-ANNs—based 기반 의류적합 평가법을 활용할 수 있다.

의복이 이뤄지는 조건으로 인체의 정보, 직물의 정보, 패턴 제작법, 봉제법, 가공법 등 다양한 요인들이 종합적으로 표현되고 제작되는 것처럼 3D 가상착의에도 이러한 정보들이 적용되어야 보다 사실에 가까운 모습으로 구현될 것은 명백하다. 3D 가상착의 프로그램의 발전에 따라 별도로 보여지는 모습은 실제와 비슷한 수준이라 예상하였으나 선행연구의 유사도 평가 결과들은 좋지 않았다. 그 개선의 방법으로 3D 프로그램을 검증

하기 위하여 실험되어왔던 리커트 평가의 주관적 평가에 그치지 않고, 수치로 알 수 있는 인체정보, 직물정보, 이동량 등의 자료가 객관적 평가로 포함하여 개발되어야 함을 시사한다. 3D 가상착의 시스템이 발전되고 개발되는 것만큼 새로운 소재의 개발도 이루어지고, 인체 정보도 달라지고 있다. 따라서 물리적 자료 즉 직물의 물성, 인체와 패턴의 관계가 프로세스화 되어 프로그램에 반영 될 수 있다면 3D 가상착의와 실제착의의 유사도는 매우 좋아질 것으로 사료된다. 이에 후속 연구로는 객관적 조건들이 반영되는 실험과 실험에 따라 유사도의 결과가 어떻게 나타나는 지 많은 자료가 쌓이길 기대한다. 또한 이러한 결과들이 3D 가상착의 프로그램으로 적극적으로 반영될 수 있기를 바란다. 이는 미래 패션 산업의 실용화 될 가상착의 시스템을 위한 중요한 자료가 될 것이다.

참고문헌

- 구미란, 서미아.(2009). 재단 각도에 따른 세미 플레어 스커트의 외관 및 헴라인 드레이프 형상에 관한 연구 - 실제 착의와 i-Designer의 가상착의 시스템을 중심으로 -, *복식문화연구*, 17(3), 499 - 511.
- 곽연신(2016). 여성 재킷의 실제착의와 가상착의 비교를 통한 3D 가상착의 시스템 개선에 대한 연구. *문화기술의 융합*, 2(3), 15-22
- 김영숙, 윤사아, 송화경. (2014). 실제착의와 3D 가상착의의 외관 유사도 평가에 관한 연구 - 여성복 바지원형을 중심으로 -. *한국의류산업학회지*, 16(6), 961-970
- 김현아, 유효선, 이주현, 남윤자 (2011). 플레어 스커트의 실제착의와 가상착의 이미지 비교. *감성과학*. 14(3), pp.385-394.
- 남영란, 김동은 (2021). 네크라인 종류에 따른 3D 가상착의와 실제착의 비교 연구, *한국의류산업학회지*. 23(2) 247- 260.
- 왕설영, 권채령, 김동은.(2020). 의복의 2D 도식화, 3D 가상착의, 실제착의 외관평가 비교 - 20~30대 중국인 평가를 중심으로-, *한국의류학회지*, 44(2), 193-208
- 원윤혜, 이정란. (2021). 팬츠 실루엣에 따른 실제 착의와 가상착의의 유사도 비교 연구, *한국의류산업학회지*, 23(6), 826 - 835.
- 이진숙, 이정란(2013). 3차원 가상착의와 실제착의를 통한 비만여성의 바지 맞음새 비교. *패션비즈니스*. 17(2), 33 - 45.
- 이희란, 이예진, 홍경희. (2016). 3차원 가상착의와 실제착의를 통한 블라우스 진동둘레 평가. *한국생활과학회지*, 25(6), 761 - 773.
- 이희란, 홍경희.(2017). 앞과 뒤 실루엣이 다른 스키니의 가상착의와 실제착의에 대한 주관적 외관평가 형태특성 비교. *패션비즈니스*, 21(5), 91-108
- Kaixuan Liu, Chun Zhu^{1,4}, Xianyi Zeng, Xuyuan Tao, Pascal Bruniaux, Jianping Wang. (2021). Garment fit evaluation for fashion design and manufacturing, *Research Square*, November 30th
- Kaixuan Liu¹, Hanhan Wu, Chun Zhu, Jianping Wang, Xianyi Zeng, Xuyuan Tao, Pascal Bruniaux. (2022), An evaluation of garment fit to improve customer body fit of fashion design clothing, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Volume 120, 2685-2699.
- Flora ZANGUE, Christian PIRCH1, Anke KLEPSE1, Simone MORLOCK1. (2020). Virtual Fit vs. Physical Fit - How Well Does 3D Simulation Represent the Physical Reality, *Proceedings of 3DBODY. TECH 2020*, 11th Int. Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, 17-18 Nov. 2020, Online/Virtual
- Hwa Kyung Song, Susan P. Ashdown.(2015). Investigation of the Validity of 3-D Virtual Fitting for Pants, *Clothing and Textiles Research Journal*, Vol. 33(4) 314-330.