

3차원 인체스캔형상을 재현한 3D 아바타 제작을 위한 가상착의 시스템의 활용성 검증

- CLO 3D 프로그램을 중심으로 -

홍 은 희[†]

인천대학교 패션산업학과 겸임교수[†]

Usability verification of virtual clothing system for the production of a 3D avatar reproduced from 3D human body scan shape data

- Focusing on the CLO 3D program -

Eun-Hee Hong[†]

Adjunct Prof., Dept. Fashion Industry, Incheon National University[†]

(2020. 1. 31 접수; 2020. 2. 14 수정; 2020. 2. 17 채택)

Abstract

The purpose of this study is to create a 3D avatar from 3D human body shape data using the CLO 3D virtual clothing program and to verify the feasibility of avatar production using the virtual clothing system for verifying size and shape. The research method was to select one virtual representative model that is the closest to the mean size of each body item for each age group. Using the 3D human body scan shape of a 40-69 years old male was applied to the CLO 3D virtual wearing system. Using the CLO 3D Avatar conversion menu, we verified the feasibility of creating a 3D avatar that reproduces the human body scan shape. In the dimension comparison between the 3D avatar and the fictitious representative model, the dimension difference was noticeable in height, circumference, and length. However, as a result, the converted 3D avatar showed less than a 5% difference in most human dimensions. In addition, since the body shape and posture were reproduced similarly, the utilization of the avatar was verified.

Key Words: 3D Avatar(3차원 아바타), avatar sizing(아바타 사이징), 3D human body scan shape(3차원 인체스캔형상), virtual clothing system(가상착의 시스템), avatar conversion menu(아바타 변환 메뉴)

I. 서론

21세기 정보통신시대를 맞이하여 의류산업의 형태에서도 급속한 전환이 이루어지고 있

다. 인터넷 전자상거래를 통한 유통구조의 변화뿐만 아니라 소비자 개별 수요 맞춤을 위한 자동생산시스템의 개발로 인해 의류산업의 디지털화가 가속화되고 있지만 온라인상에서 의복의 인체적합성을 요구하는 의류산업에서는

[†]Corresponding author ; Eun-Hee Hong
E-mail : heh7550@hanmail.net

고객의 인체 사이즈 및 체형을 반영해야 하는 기술적인 어려움으로 제한적인 서비스를 제공할 수밖에 없는 현실이다. 따라서 의류산업에서는 기술적인 문제를 해결하고 타겟 고객의 체형정보를 수집하여 적극 활용가능하도록 하는 것이 마켓에서의 경쟁력을 강화하는 가장 중요한 마케팅 요소로 판단하고 관련 연구에 집중하고 있다.

국가기술표준원에서 시행한 한국인 인체치수조사사업으로 획득한 3차원 인체형상자료의 활용은 제품설계에서부터 생산, 소비, 유통 등 산업 전반의 과정이 온라인상에서 이루어질 수 있도록 하는데 주도적인 역할을 하여 왔다. 의류산업에서도 3차원 인체형상 정보는 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 최근에는 특히 산업체 및 학계에서 가상착의 프로그램을 통한 인체정보의 활용이 활발해지고 있다.

가상착의 프로그램은 온라인 공간에서 3차원의 가상인체에 의복을 직접 입혀볼 수 있는 프로그램으로 가상샘플제작을 통한 가상피팅이 가능하여 의복의 맞춤새 및 치수적합성을 확인하는데 용이하며, 시간과 장소의 구애없이 생산자와 바이어간의 의사소통을 효율적으로 가능하게 해주어 글로벌 의류 생산체제하에서 그 효용성이 증대되고 있다. 그러나 그에 비해 프로그램내에서 가상착의를 현실화시켜주는 가상모델인 아바타를 실제 체형과 유사하게 재현해 낼 수 있는 시스템의 개발이 더딘 상황이다. 현재 가상착의 프로그램에서 주로 사용되고 있는 가상모델은 프로그램 개발사에서 기본 제공하는 아바타로, 모델 치수를 기반으로 한 비현실적인 사이즈와 20, 30대의 한정된 체형 구조를 갖는 것들이 대부분이다. 그러나 이를 일반인을 대상으로 하는 기성복 생산업체에서 활용하는 데에는 한계가 있으므로, 이들은 가상바디를 전문적으로 개발하는 업체에 비싼 비용을 지불하고 원하는 타겟 소비자의 체형정보를 제공하여 주문제작한 가상모델을 프로그램에 적용하고 있는 실정이다. 따라서 실제 체형을 유사하게 재현할 수 있는 아바타 제작기술 및 방법론에 대한 연구가 시급하며, 더불어 복잡한 3차원 모델링 프로그램의 작업없이 3차원 인체스캔정보만을 활용하여 접근이 용이한 가상착의 프로그램내에서 비교적 쉽게

다양한 인체를 재현해 낼 수 있는 아바타 제작 방법을 찾아낼 필요가 있다.

이에 본 연구는 최근 활발해지고 있는 의류산업에서의 전자상거래 및 디지털 의복생산에 효용성이 있는 인체 재현 3D 아바타 제작을 위한 기초 연구로써, 산업체 및 교육계에서 상용화되고 있는 CLO 3D 가상착의 프로그램을 활용하여 3차원 인체형상자료를 변환한 3D 아바타를 제작하고, 사이즈 및 형상의 비교·분석을 통하여 가상착의 시스템을 이용한 아바타 제작의 활용 가능성을 검증하고자 한다.

II. 연구방법 및 절차

1. 연구대상 및 자료

본 연구를 위해 제6차 한국인 인체치수조사 사업에서 측정된 3차원 자동 인체형상 자료 중, 사이즈코리아에서 구분한 중장년·노년기에 해당되는 40~69세 성인 남성 총 618명의 자료를 활용하였다. 여성에 비해 소극적인 소비 형태를 보이며 온라인에서의 구매가 확대되고 있는 성인 남성의 인체자료를 연구에 활용하였으며, 프로그램내에서 기본 제공되는 아바타뿐만 아니라 선행 연구들이 20대, 30대의 체형을 반영한 아바타 제작에 한정되어 있음을 고려하여 본 연구에서는 3D 아바타의 연령별 다양화를 위하여 그 대상을 다르게 선정하였다. 연구대상의 연령별 인원분포는 40대 200명, 50대 213명, 60대 205명이며, 각 연령대별로 인체 부위 항목별 평균치수에 가장 근접하는 가상대표모델 1명씩을 선정하여 가상착의 시스템에서 사이즈 조절 및 자세변형이 가능한 3D 아바타를 제작하기 위한 raw data로 활용하였다. 대표모델 선정을 위한 인체 항목은 CLO 3D 프로그램에서 아바타 사이징이 가능한 편집창의 29항목을 토대로 하여 아바타 제작 및 의복 설계에 필요하다고 판단되는 항목을 추가하여 최종 높이 12항목, 둘레 12항목, 길이 8개항목, 기타 1항목으로 재설정하였다. 다음의 <표 1>에 각 연령대별 인체 항목 평균치와 선정된 가상대표모델의 인체 치수를 제시하였다.

〈표 1〉 인체 항목의 연령대별 평균치 및 가상대표모델 인체측정치

(단위: mm)

항목	연령대	40대		50대		60대	
		스캔데이터 평균치	대표모델 인체치수	스캔데이터 평균치	대표모델 인체치수	스캔데이터 평균치	대표모델 인체치수
높이 항목 (12)	키	1704	1701	1667	1687	1646	1647
	목뒤높이	1451	1446	1420	1414	1405	1393
	목옆높이	1430	1430	1401	1402	1385	1379
	목앞높이	1382	1381	1351	1363	1334	1328
	어깨가쪽높이	1374	1366	1346	1352	1331	1327
	겨드랑높이	1255	1254	1228	1232	1212	1213
	젓가슴높이	1208	1197	1178	1178	1160	1158
	허리높이	1018	1020	996	997	984	970
	배꼽수준허리높이	982	969	958	955	945	948
	엉덩이높이	831	842	815	815	805	809
	다리별린살높이	745	748	728	716	720	720
	무릎뼈가운데높이	449	454	438	427	434	422
둘레 항목 (12)	목밑둘레	433	445	428	428	434	432
	가슴둘레	1002	995	985	996	994	987
	젓가슴둘레	960	931	947	963	957	951
	허리둘레	871	894	868	875	888	866
	배꼽수준허리둘레	881	880	876	890	892	864
	엉덩이둘레	957	956	936	947	938	953
	넙다리둘레	576	585	560	557	554	554
	무릎둘레	378	371	369	387	370	369
	장판지둘레	384	375	369	396	367	370
	발목최대둘레	286	261	282	299	284	272
	편위팔둘레	343	343	334	366	332	353
	편팔꿈치둘레	261	259	255	266	257	268
손목둘레	181	173	181	184	184	185	
길이 항목 (8)	어깨길이	141	144	138	138	137	136
	어깨가쪽사이길이	434	441	422	410	421	424
	뒷목어깨가쪽사이길이	217	221	211	205	210	212
	겨드랑뒤접힘사이길이	386	368	379	358	382	392
	겨드랑앞접힘사이길이	374	381	368	383	368	354
	앞중심길이	383	389	375	384	202	374
	등길이	450	435	442	435	441	438
	엉덩이옆길이	191	180	185	186	183	162
팔길이	556	547	547	540	545	533	
기타	오른어깨기울기	24	28	24	22.0	24	24.0

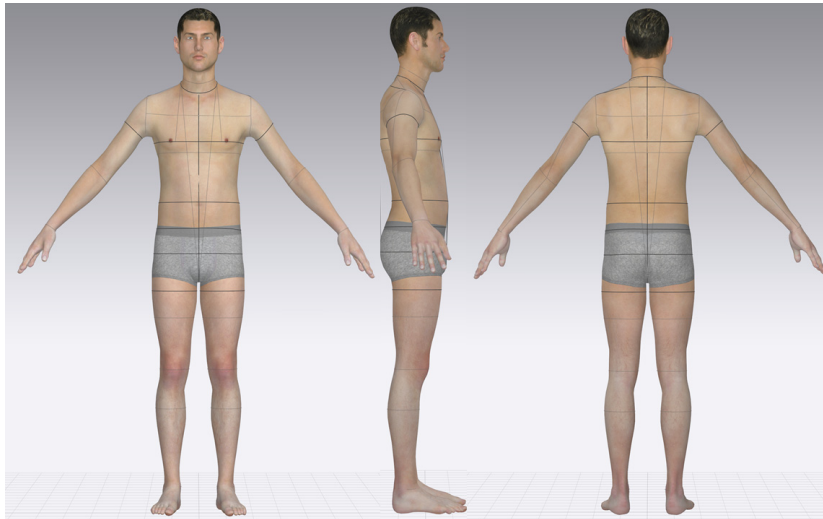
2. 3차원 인체 스캔 형상을 변환한 3D 아바타 제작

아바타 제작을 위한 가상착의 시스템의 활용 가능성 검증을 위한 본 연구의 목적에 따라, 연구

모델인 3D 아바타의 제작에는 ㈜클로버츠휄엘패션의 가상착의 프로그램인 CLO 3D(ver 5.1)를 사용하였다. 인체 스캔 형상(가상대표모델)의 사이즈뿐만 아니라 체형을 그대로 유지하면서 관절 구조 및 관절점을 생성하여 위치 및 포즈의 변경이 가능한 3D 아바타로 제작될 수 있도록 하기 위하

〈표 2〉 설정된 아바타 사이즈 편집창 인체 항목

	Height Items	Width Items	Lenght Items	Other
1	Total Height	Chest Circumference	Across Shoulder	Shoulder Drop
2	HPS Height	Waist Circumference	CF neck to Waist	
3	Chest Height	Neck Base Circumference	CB neck to Waist	
4	Waist Height	High Hip Circumference	Arm Length	
5	Inseam Height	Low Hip Circumference	CB neck to Wrist	
6	High Hip Height	Thigh Circumference		
7	Low Hip Height	Knee Circumference		
8	Thigh Height	Calf Circumference		
9	Knee Height	Ankle Circumference		
10		Bicep Circumference		
11		Elbow Circumference		
12		Wrist Circumference		



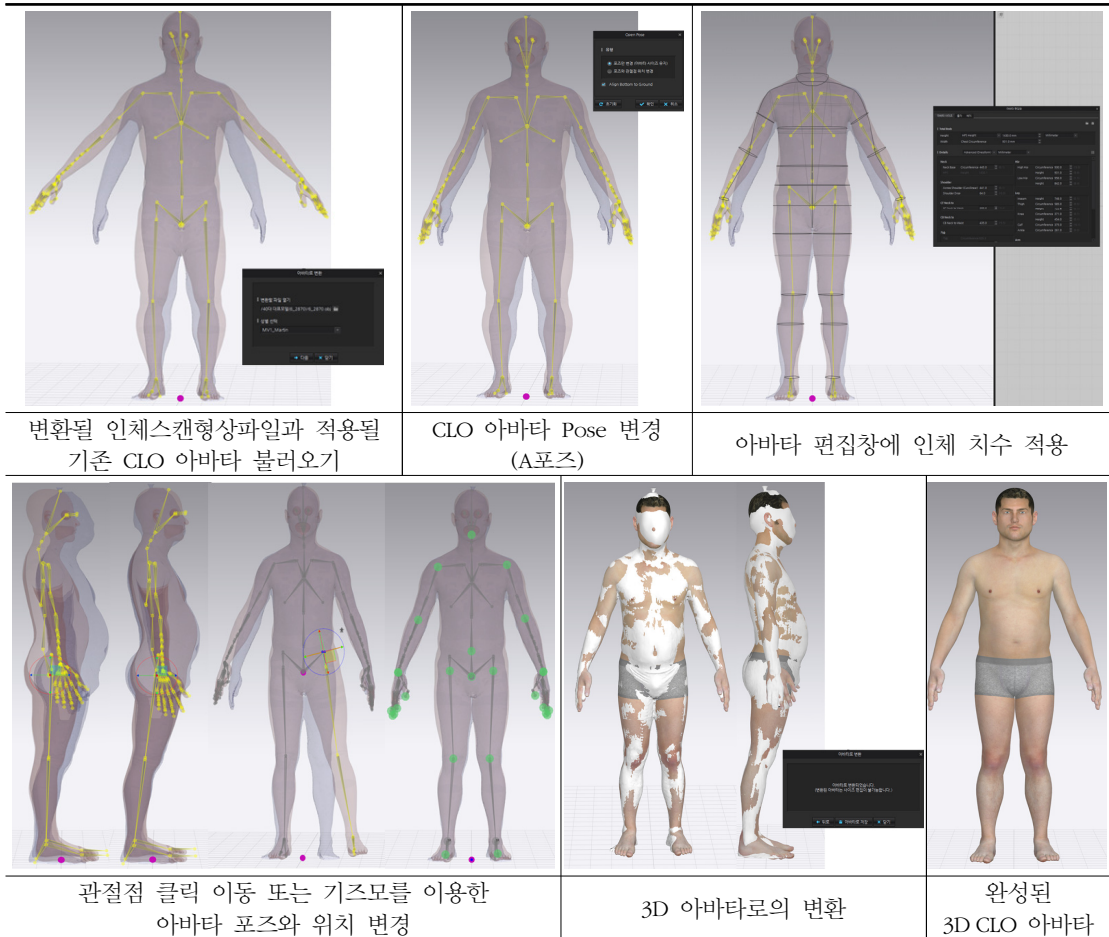
〈그림 1〉 사이즈 편집창의 인체 항목에 따른 치수 설정 위치

여 본 프로그램의 아바타 변환(convert to Avatar) 메뉴를 사용하였다. 아바타 변환 메뉴는 CLO 3D program의 ver. 5.0이상에서 upgrade된 기능으로, 기존 ver.에서의 2차원적 단순 사이즈 편집에 의한 아바타 제작 기능의 한계점을 개선하고 스캔 형상 파일의 체형까지 그대로 변형 가능하게 한 기능이다.

연구 결과의 오류를 최소화하기 위하여 3D 아바타의 제작은 연령대별로 3회 반복 실시하여 그 중 연령대별 대표모델의 치수에 가장 근접하게 변환된 3D 아바타를 선택하여 연구에 적용하였다.

1) 3D 아바타 변환 메뉴의 제작 경로

CLO 3D 프로그램내의 3D 아바타 변환 경로는, 메인 메뉴(Main Menu) ▶아바타(Avatar) ▶아바타로 변환(Convert to Avatar)▶변환할 파일(스캔 파일 또는 모델링 파일) 열기(Open a 3D body file), 적용할 기존 CLO 아바타의 성별, 종류 선택 (Select gender, type) ▶기존 CLO 아바타와 변환할 파일이 겹쳐지도록) 아바타사이즈 편집창 설정(setting Avatar Size Editor), 아바타의 위치와 포즈 변경(Adjust the CLO avatar pose to overlap the the body parts below)▶변환(Convert) ▶아바



〈그림 2〉 3차원 인체 스캔 형상의 3D 아바타 변환 작업 과정

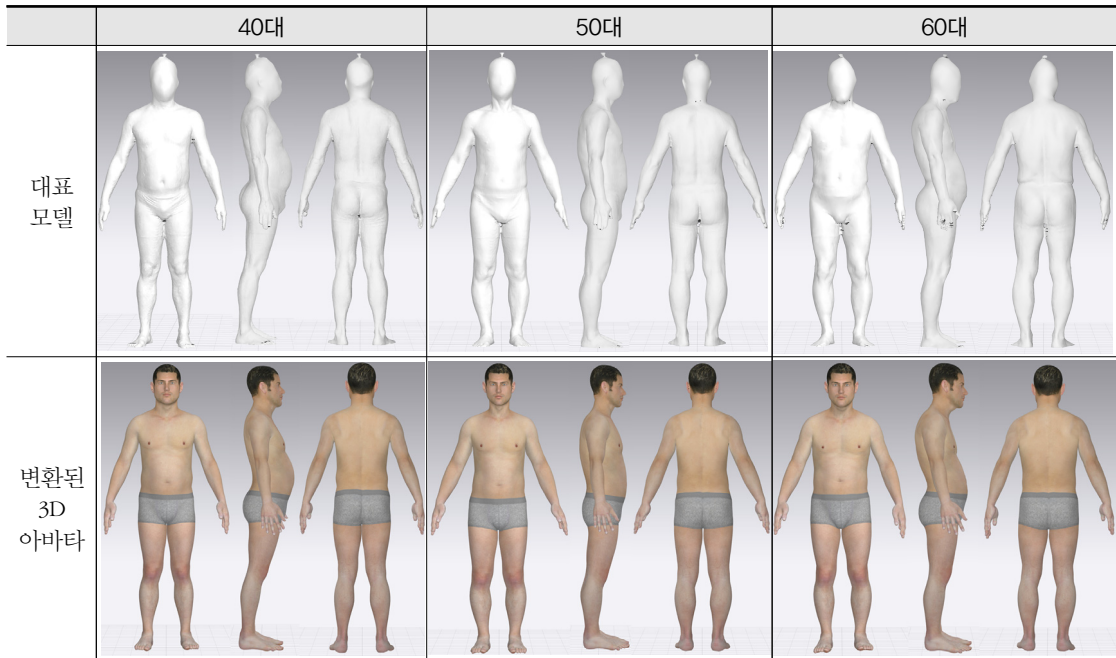
타 저장(Save as Avatar)으로 설정되어 있으며, 이 순서에 따라 가상대표모델을 3D 아바타로 변환하는 작업이 진행되었다.

2) 적용할 아바타의 선택 및 사이즈 편집

3D 아바타 변환 경로에 따라 먼저, 변환할 파일을 40대, 50대, 60대 가상대표모델(ob)파일_인체형상스캔파일로 각각 지정하고, 변환에 적용될 기존 CLO 아바타는 가상대표모델과 골격 및 관절, 근육구조가 가장 비슷하게 제작되어 있는 본 프로그램에서 기본 제공하는 동양 남자 아바타인 MV1_Martin을 선택하여 불러온 후, 가상대표모델의 포즈와 가장 비슷한 A포즈로 자세를 변경하였

다. 인체스캔형상과의 동일한 실험 조건 설정을 위해 미리 신발을 삭제한 후 재저장한 MV1_Martin 아바타를 적용하였다.

아바타 사이징은 아바타 편집창을 열고 프로그램이 제공하는 아바타 사이즈 조절 메뉴얼을 참고하여 각 연령대별 가상모델의 인체 항목 치수를 적용하였다. 아바타 편집창은 Total Body 그룹과 Details 그룹으로 인체 항목이 나뉘어져 있으며, Total Body는 아바타의 전체 체형을 결정해주는 Total Height와 HPS height, Inseam Height의 3개 높이항목과 Chest Circumference의 너비항목(프로그램내에서 둘레항목이 아닌 너비항목으로 제시됨)을 설정하도록 시스템화 되어 있다. 3개의 높이항목 중 1개의 항목만을 선택하여 치수값을 입



〈그림 3〉 연령대별 변환된 3D 아바타와 가상대표모델의 인체형상

력할 수 있으며, 1개 항목을 설정하면 나머지 항목은 자연스럽게 값이 자동 조절되도록 시스템화되어 있다. CLO 3D 프로그램내에서의 Chest Circumference는 가슴둘레가 아닌 젖가슴둘레를 의미하는 것으로 파악되었다(그림 1).

본 연구에서는 Total Height보다는 머리치수를 제외한 HPS height 항목이 의복 설계와 연결될 수 있는 몸통의 전체 체형을 보다 정확하게 표현해 줄 수 있는 기준이 되는 항목이라고 판단하여, Total Body의 높이 항목으로 HPS height 항목을 선택하고, Chest Circumference 항목과 함께 치수를 입력한 후, 나머지 Details 항목의 세부 치수를 입력하였다. 또한 Details에는 치수 입력항목의 수를 선택할 수 있는 Basic, Advanced(HumanBody), Advanced(Dressform)의 3종류의 옵션이 있는데, 본 연구에서는 가상대표모델의 부위별 인체 치수를 최대한 반영하도록 가장 많은 인체 항목을 적용시킬 수 있는 Advanced (Dressform) 옵션을 선택하여 세부 항목의 치수 입력을 완성하였다. 프로그램내의 아바타 편집창에서 치수 입력이 가능한 항목은 29개 항목이었으며, Total Rise와 Verticl Trunk 항목은 사이즈코리아 3차원 자동 전

신 인체측정 자료의 측정항목에 포함되어 있지 않고 대응해서 치수를 유추할 수 있는 항목 또한 부재하므로 수치의 적용이 불가하다고 판단하여 본 연구의 아바타 사이즈 입력 항목에서 제외하였다.

사이즈코리아의 3차원 자동 전신 인체 측정 기준선 및 측정방법(2012)에 준하여 측정된 인체 항목에 포함되지 않아 아바타 사이즈 편집창에서 치수의 직접 적용이 불가능한 항목들은 계산식으로 환산된 치수를 적용하였다. Shoulder Drop(어깨기울기) 항목은 (옆목높이-어깨가쪽높이), CB neck to Wrist(화장)는 (목뒤어깨가쪽길이+팔길이)의 계산된 치수를 각각 적용하였다.

최종 설정되어 치수가 입력된 아바타 사이즈 편집창의 인체 항목은 27개 항목으로 아래의 〈표 2〉에 그 항목을 제시하였으며, 프로그램 내 시스템화되어 있는 인체 항목에 따른 치수 설정의 위치를 〈그림 1〉에 제시하였다.

3) 아바타 위치와 포즈 변경

3차원 인체스캔형상이 사이즈뿐만 아니라 인체

형태 및 포즈(자세)를 재현하고, 움직임이 가능하기 위한 관절구조를 갖는 3D 아바타로 잘 변환될 수 있도록 하기 위해, 기존 아바타의 부위별 관절과 관절점을 마우스를 클릭하거나 기즈모를 사용하여 움직이면서 아바타의 위치와 자세, 체형 형태가 가상대표모델(인체스캔형상)과 잘 겹쳐질 수 있도록 조절하였다. 위의 설정이 완료된 후 아바타 변환 버튼을 선택하여 로딩과정을 거친 후 최종 3D 아바타로의 변환이 완성되었다. 이상의 3D 아바타 변환 작업의 과정을 아래의 <그림 2>에, 연령대별 제작된 3D 아바타와 가상대표모델(인체스캔자료)의 형상을 <그림 3>에 제시하였다.

3. 3D 아바타의 활용 가능성 검증을 위한 분석방법

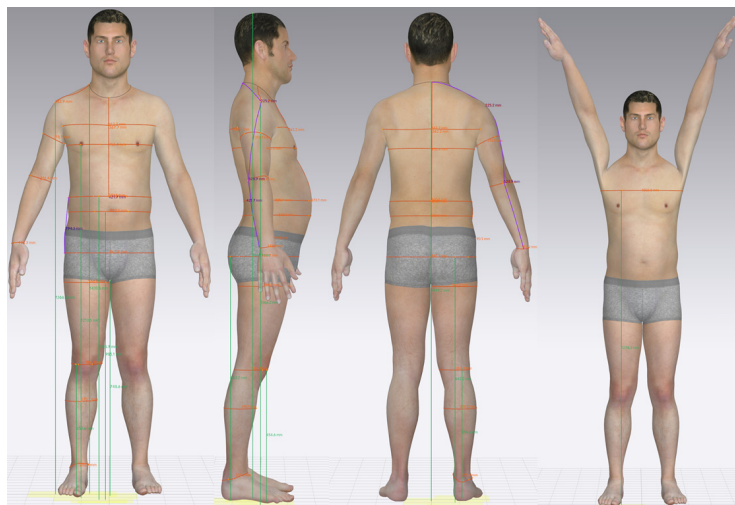
본 연구에서 사용한 CLO 3D 가상착의 프로그램의 아바타 변환 시스템에 의해 제작된 3D 아바타가 변환된 파일(인체스캔형상)의 사이즈 및 형상을 유사하게 재현하였는지를 검증하기 위한 분석방법은 다음과 같다.

1) 3D 아바타의 치수 적합성 분석

3D 아바타의 치수 적합성 분석을 위해 3D 아바타의 인체항목별 측정치와 가상대표모델 인체치수

의 차이를 비교하였다. 3D 아바타의 치수 측정에는 CLO 3D프로그램내의 아바타 줄자(Measure) 메뉴를 활용하였다. 변환된 3D 아바타 위에 높이 항목의 위치를 찾아 높이줄자를 먼저 생성하고, 높이줄자의 위치에 맞춰 둘레항목을 측정할 수 있는 둘레줄자를 생성, 길이항목의 위치에 길이줄자를 생성하였다. 가슴둘레는 연결된 위팔부분으로 인해 외곽둘레의 측정이 불가능하므로, 부득이 아바타의 관절점을 조절하여 팔을 위로 들어 올린 상태에서 줄자를 생성하였다. 일반적으로, 스캔한 인체의 가슴둘레 항목을 3차원상에서 측정하기 위해서는 다른 3D 모델링 프로그램으로 팔을 제거하지만, 가상착의 프로그램의 활용성 검증이라는 본 연구에서는 목적에 따라 최대한 프로그램내에서 활용할 수 있는 메뉴를 찾아 적용하고자 하였다.

3D 아바타 치수 측정을 위한 기준선 설정 및 측정방법은 CLO 3D 프로그램의 아바타 사이징 매뉴얼을 기준으로 하되, 설정 및 측정방법이 명확하지 않거나 부재한 항목에 한해서는 사이즈코리아의 3차원 전신 자동 측정 방법(2012)의 기준선 설정방법을 적용하였다. 3D 아바타의 치수 적합성 비교를 위해 선정된 사이즈 측정항목은 가상대표모델 선정을 위한 항목과 동일하게 높이 12항목, 둘레 12항목, 길이 8개항목, 기타 1항목으로 총 33항목을 설정하였다. 아래의 <그림 4>에 3D 아바타 사이즈 측정을 위한 기준선 설정 및



<그림 4> 3D 아바타 치수 측정을 위한 기준선 설정 및 측정방법

〈표 3〉 변환 3D 아바타와 가상 대표모델의 인체항목별 치수 비교

(단위 : mm, °)

항목	연령대	40대			50대			60대		
		대표모델 인체치수 (A)	3D아바타 측정치 (B)	차이 (B-A)	대표모델 인체치수 (A)	3D아바타 측정치 (B)	차이 (B-A)	대표모델 인체치수 (A)	3D아바타 측정치 (B)	차이 (B-A)
높이 항목 (12)	키	1701	1688	-13	1687	1677	-10	1647	1640	-7
	목뒤높이	1446	1446	0	1414	1416	2	1393	1393	0
	목옆높이	1430	1430	0	1402	1402	0	1379	1379	0
	목앞높이	1381	1380	-1	1363	1363	0	1328	1326	-2
	어깨가쪽높이	1366	1366	0	1352	1352	0	1327	1325	-2
	겨드랑높이	1254	1269	15	1232	1243	11	1213	1213	0
	젖기슴높이	1197	1209	12	1178	1189	11	1158	1158	0
	허리높이	1020	1038	18	997	1002	5	970	989	19
	배꼽수준허리높이	969	987	18	955	960	5	948	967	19
	엉덩이높이	842	842	0	815	815	0	809	809	0
	다리별린살높이	748	743	-5	716	712	-4	720	716	-4
	무릎뼈가운데높이	454	454	0	427	427	0	422	422	0
둘레 항목 (12)	목밑둘레	445	450	5	428	433	5	432	432	0
	가슴둘레	995	1004	9	996	1000	4	987	996	9
	젖기슴둘레	931	952	21	963	976	13	951	953	2
	허리둘레	894	886	-8	875	878	3	866	865	-1
	배꼽수준허리둘레	880	883	3	890	879	-11	864	865	1
	엉덩이둘레	956	961	5	947	955	5	953	960	7
	넓다리둘레	585	566	-19	557	558	1	554	554	0
	무릎둘레	371	365	-6	387	385	-2	369	364	-5
	장딴지둘레	375	370	-5	396	395	-1	370	370	0
	발목최대둘레	261	256	-5	299	290	-9	272	264	-8
	편위팔둘레	343	318	-25	366	339	-27	353	325	-28
	편팔꿈치둘레	259	251	-8	266	262	-4	268	259	-9
손목둘레	173	172	-1	184	188	4	185	176	-9	
길이 항목 (8)	어깨길이	144	144	0	138	136	-2	136	136	0
	어깨가쪽사이길이	441	441	0	410	410	0	424	424	0
	뒷목어깨가쪽사이길이	221	221	0	205	205	0	212	212	0
	겨드랑뒤접힘사이길이	368	357	-11	358	328	-30	392	360	-32
	겨드랑앞접힘사이길이	381	362	-19	383	368	-15	354	344	-10
	앞중심길이	389	373	-16	384	370	-14	374	351	-23
	등길이	435	422	-13	435	425	-10	438	433	-5
	엉덩이옆길이	180	193	13	186	190	4	162	180	18
팔길이	547	546	-1	540	538	-2	533	522	-11	
기타	오른어깨기울기	28	27	-1	22	22	0	24	24	0

*음영은 항목별 치수 편차가 크게 나타난 항목들을 표시함.

측정방법을 제시하였다.

2) 3D 아바타의 형상 분석

3D 아바타의 형상 분석을 위해 3D 아바타와

인체스캔형상의 정면·측면 외곽 형상을 추출하고 이를 중합하여 중합도에 의해 인체 형상 및 자세의 재현정도를 파악하였다. 정면·측면 외곽형상은 바닥면을 기준으로 중합되었으며, 이미지추출과 중합에 Yuka pattern program이 사용되었다.

Ⅲ. 연구결과 및 논의

1. 3D 아바타의 치수 적합성 분석

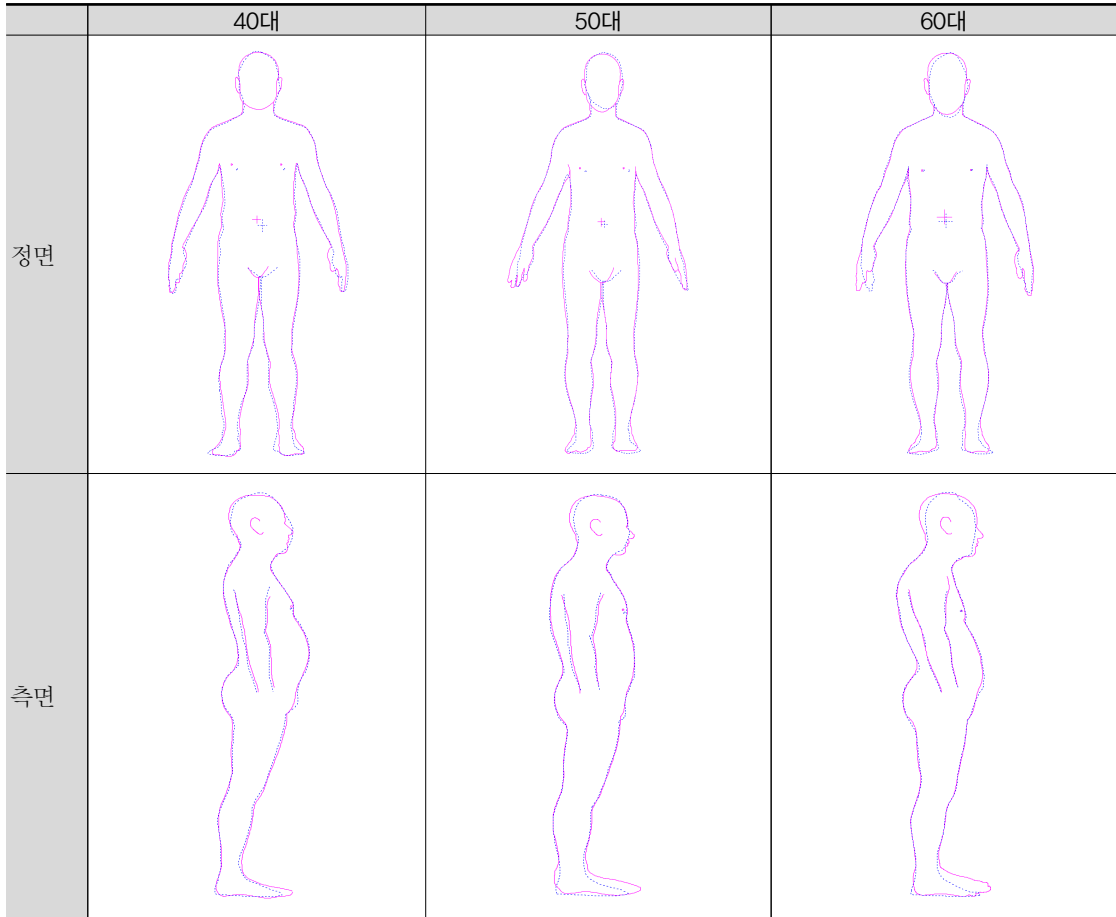
변환된 3D 아바타가 가상대표모델의 인체 사이즈를 잘 반영하여 제작되었는지를 알아보기 위해 3D 아바타와 가상대표모델의 인체 부위별 치수를 비교한 결과는 다음과 같다(표 3).

변환된 3D 아바타와 가상대표모델의 인체 항목별 치수를 비교한 결과, 인체항목별·연령대별로 치수의 상이한 차이는 보이고 있었으나, 특히 높이 5항목과 둘레 2항목, 길이 5항목에서 뚜렷한 치수의 차이를 나타내었다. 높이항목에서는 겨드랑이높이와 젖가슴높이 항목에서 60대를 제외한 40대, 50대의 3D 아바타 치수가 12~15mm, 11mm 정도 크게 측정되었고, 허리높이와 배꼽수준허리높이 항목은 40대와 60대에서 18~19mm, 50대에서 5mm 크게 측정되었다. 이와 반대로 키 항목에서는 3D 아바타가 가상대표모델의 치수보다 40대, 50대, 60대에서 각각 -13mm, -10mm, -7mm로 작게 측정되었다. 그 외의 높이항목에서는 치수 차이가 거의 없는 것으로 나타나, 이들 항목에 대해서는 3D 아바타로의 사이즈 재현이 유사하게 잘 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 3D 아바타의 HPS Height 치수가 가상대표모델과 같은 치수로 재현되었음에도 불구하고 키 항목의 치수가 작게 측정된 이유는 머리치수의 차이 때문인 것으로 분석되며, 결국 머리부위는 가상인체의 사이즈 재현성이 떨어지는 부위로 판단할 수 있다.

둘레항목을 살펴보면, 편위팔둘레 항목이 다른 항목에 비해 가장 큰 치수 차이를 나타내어 -(25~28)mm 작게 측정되었고, 젖가슴둘레는 40대와 50대에서 21mm와 13mm 크게 측정되었다. 치수의 상이한 차이는 있지만 둘레항목 중 가슴둘레와 젖가슴둘레, 엉덩이둘레, 목밑둘레 항목에서는 3D 아바타의 치수가 모든 연령대에서 가상대표모델보다 더 크게 측정되었고, 무릎둘레와 장딴지둘레, 발목최대둘레, 편위팔둘레, 편팔꿈치둘레, 손목둘레 등의 팔과 다리에 해당되는 둘레항목들은 3D 아바타가 가상대표모델의 치수보다 작게 측정되었다. 결론적으로, 3차원 인체형상(가상대표모델)이 3D 아바타로 변환될 때, 몸통에 해당되는

둘레항목은 좀 더 크게 생성되고 팔과 다리에 해당되는 둘레항목은 작게 생성되었음을 알 수 있었다. 허리둘레 항목은 40대 아바타에서 -8mm로 작게, 50대에서는 3mm 크게 측정되었으며, 이와 반대로 배꼽수준허리둘레 항목은 40대에서는 3mm 크게, 50대에서는 -11mm로 작게 측정되었다. 스캔된 인체형상은 살과 겨드랑 부위 등 인체 구조 특성상의 접히거나 가리워진 부분을 완벽히 표현하지 못하고 있기 때문에 팔둘레와 가슴둘레, 젖가슴둘레, 넓다리둘레 등 관련항목들의 치수 및 형상의 재현성에 좋지 않은 영향을 미칠 수 밖에 없다. 또한 본 연구의 40대 가상대표모델과 같이 젖가슴둘레와 가슴둘레 등 근접하는 인체 항목의 치수 차이가 큰 체형의 경우에도 그 부위의 정확한 사이즈 재현이 어려운 것으로 파악되었다.

길이항목에서는, 겨드랑뒤접힘사이길이(뒤폭)과 겨드랑앞접힘사이길이(앞폭), 앞중심길이, 등길이 항목에서 3D 아바타가 가상대표모델의 치수보다 작게 측정되었다. 특히 겨드랑뒤접힘사이길이는 40대, 50대, 60대에서 각각 -11mm, -30mm, -32mm로 작게 측정되어 편위팔둘레 항목과 함께 측정된 모든 항목에서 3D 아바타와 대표모델간의 치수차이가 가장 크게 나타나 3D 아바타의 재현성이 낮은 인체부위임이 확인되었다. 또한 이와 반대로 엉덩이 옆길이는 연령대별로 13mm, 4mm, 18mm 크게 측정되었는데, 앞중심길이와 등길이와 같이 허리선을 기준으로 위쪽으로 측정되는 길이항목에서는 3D 아바타의 치수가 가상대표모델보다 작게 측정되고, 허리선 아래쪽으로 측정되는 길이항목에서는 3D 아바타의 치수가 크게 측정되었다. 이를 높이항목에서 허리높이와 배꼽수준허리높이 항목에서 가상대표모델과 3D 아바타간에 치수차이가 있었던 것으로 판단해볼 때 아바타 사이즈 편집창의 허리선 부위의 위치 설정에 문제가 있었던 것으로 판단된다. CLO 3D 프로그램의 사이즈 편집창에서 치수의 입력이 가능한 높이항목은 Total Height(키), HPS Height(옆목높이), Chest Height(가슴높이), Waist Height(허리높이), Inseam Height(다리별린 살높이), High Hip Height(엉덩이높이), Low Hip Height(엉덩이 중간높이), Thigh Height(허벅지높이), Knee Height(무릎높이)의 9개 항목으로 사이즈코리아의 3차원 인체 측정 기준선 및 측정방법(2012)과



* 분홍색 실선은 변환된 3D아바타를, 파란색 점선은 가상대표모델의 형상을 나타냄

〈그림 5〉 3D 아바타와 가상대표모델의 정면·측면형상 중합도

비교했을 때 위치의 설정이 다르고 부정확했던 항목은 허리높이 항목이었다. 사이즈코리아의 측정자료에 의하면 허리높이의 위치는 배꼽점을 기준하는 배꼽수준허리높이에서 40~50mm 정도 위쪽에 위치하는 것으로 측정되었는데 본 연구자가 CLO 3D 프로그램내 기본 아바타의 허리높이를 직접 측정한 바에 따르면 허리높이는 배꼽을 기준으로 13mm 위쪽으로 설정되어 있었다. 따라서 허리높이를 측정 또는 설정하는 기준이 서로 다르므로 사이즈코리아에서 제공한 인체스캔데이터의 허리높이 치수를 CLO 3D 프로그램의 허리높이 입력창에 그대로 적용할 경우에 허리높이뿐 아니라 관련된 항목들의 3D 아바타의 치수 및 형

태 재현성이 낮아질 수밖에 없음을 확인하였다.

결과를 바탕으로 분석해 볼 때, 가상 아바타 제작 시에 관절구조를 이용한 관절점 조절 기능으로 아바타의 자세 및 위치 설정까지는 가능해졌으나 인체 근육의 모양이나 위치를 사용자가 개별적으로 조절할 수 있는 기능이 프로그램내에 개발되지 않아 근육에 의해서도 다양한 형태를 나타내는 인체의 100% 완벽한 재현은 아직 불가능한 것으로 판단된다. 그러나 치수분석 결과, 본 연구방법으로 채택한 CLO 3D 프로그램의 아바타 변환 메뉴에 의한 아바타 제작의 인체 사이즈 재현성은 매우 높은 것으로 분석되었다.

2. 3D 아바타와 가상대표모델의 형상 유사성 검증

변환된 3D 아바타가 가상대표모델의 형상을 재현하였는지 그 유사성을 검증하기 위해 3D 아바타와 가상대표모델의 정면과 측면의 외곽 형상을 추출하여 중합하고 그 차이를 비교하였다. 아래의 <그림 5>에 연령대별 정면·측면 중합도를 제시하였으며 이를 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

종합적인 형상을 비교하였을 때, 인체 부위별 위치 및 크기에 있어서는 몇몇 상이한 부분이 보이지만 전체적인 자세와 체형에 있어서는 변형된 3D아바타는 모두 가상대표모델과 유사하게 재현된 것으로 분석되었다.

40대 정면·측면 중합도를 살펴보면, 정면 중합도에서 젓꼭지점을 지나는 가슴둘레의 위치가 가상대표모델보다 3D 아바타쪽이 더 위쪽에서 형성되어 있음을 확인할 수 있었다. 이는 젓가슴높이 항목에서 12mm 높게 측정되었던 치수 비교의 결과와 일치하는 결과로, 젓가슴둘레의 치수가 21mm 크게 생성될 수 있었던 원인으로 작용했으리라 추측된다. 배꼽수준허리높이 또한 3D 아바타쪽이 더 높게 형성된 것으로 보이며 18mm 높게 측정되었던 치수 비교의 결과를 역시 뒷받침하였다. 몸통을 비롯한 팔, 다리까지의 전체적인 체형의 실루엣은 허리부위의 울퉁불퉁한 형태까지도 자연스럽게 재현되면서 유사하게 표현되었다. 자세에 있어 살부위와 무릎 아래부위, 팔꿈치 아래부위의 차이가 보여지는 것은 인체스캔형상의 자세가 정면을 바라보지 않고 오른쪽방향으로 틀어져 촬영됨에 기인하는 것으로 3D 아바타로 변환되면서 자세의 교정이 함께 이루어진 것으로 분석된다. 그 과정에서 젓꼭지사이간격과 배꼽점의 위치가 좌우 균형있게 재배치되었다. 40대 가상모델의 겨드랑부위와 살부위의 스캔 품질이 떨어져서 관련항목의 치수에 영향을 미친 결과에 반해 외곽형상의 실루엣에서는 차이를 나타내지 않았다. 측면 중합도에서, 뒤중심 허리부위의 휘어진 굴곡 형상이 그대로 표현되지 못하고 부드럽게 왜곡되어 표현되었으며 남성체형의 가장 특징적인 살부위가 축소되어 표현되었다. 치수비교평가에서는 3D 아바타의 넓다리

둘레의 치수가 19mm 작게 측정되었는데 반해 측면 형상 실루엣에서는 오히려 가상대표모델의 넓다리둘레 사이즈가 크게 표현되었다. 그 이유는 정면 형상 실루엣 분석에서와 같이 가상대표모델의 스캔형상이 한쪽으로 틀어져 허벅지부위의 크기 표현이 축소되어진 것으로 분석된다. 종합적으로 평가해볼 때, 40대의 정면·측면 중합도에서 보여지는 전체적인 자세와 체형의 외곽 형상은 가상대표모델과 3D 아바타가 비교적 유사한 것으로 분석되었다.

50대 정면·측면 중합도를 살펴보면, 정면 중합도에서는 40대 형상의 비교 결과와 같이 젓가슴높이와 배꼽수준허리높이의 위치가 가상대표모델보다 3D 아바타쪽이 더 위쪽에 형성되어 있음이 확인되었다. 인체스캔형상 또한 스캔 촬영 시 자세의 틀어짐 현상이 있었던 것으로 보여지고 이에 따라 3D 아바타로 변환되면서 젓꼭지사이간격과 배꼽점, 살점 등의 위치가 좌우 균형있게 재배치되었고, 틀어짐 현상이 심했던 얼굴부위도 정면을 향하도록 재배치되었다. 측면 중합도에서 자세와 체형을 나타내는 외곽 형상은 서로 매우 유사하게 표현되었다. 다만 40대와 마찬가지로 살부위가 축소되어 표현되어졌으며 다른 연령대에 비해 어깨관절에서부터 위팔에 연결되는 부위의 크기 및 형상의 재현성이 조금 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 연구자가 아바타의 자세 및 형태 등을 인체스캔형상과 유사하게 맞추기 위해 관절점을 조절하는 과정에서 작업의 미숙함과 오류가 있었던 것으로 추측되며, 이 부위를 작업함에 있어 특히 신중을 기해야 함을 밝힌다.

60대 정면·측면 중합도를 살펴보면, 다른 연령대보다 정면 중합도의 유사성이 가장 높게 표현되었는데 이는 인체 스캔 형상의 자세 각도가 다른 연령대에 비해 바르기 때문인 것으로 판단되었다. 40대와 50대에서 뚜렷한 차이를 보였던 젓가슴높이가 치수분석 결과와 같이 같은 위치에서 정확히 표현되었으며, 다만 배꼽수준허리높이와 허리높이는 다른 연령대와 마찬가지로 높게 생성된 것으로 표현되었다. 이는 아바타 치수분석 결과에서 설명한 바와 같이 CLO 3D 프로그램내의 아바타 사이징 시스템 항목 중에 허리높이, 배꼽수준허리높이

설정방법이 사이즈코리아 3차원 자동전신 인체형상자료의 설정방법과 다르기 때문에 나타난 예견된 결과라 판단된다. 측면 중합도에서 뒤허리부위의 휘어진 굴곡 형상이 40대에서 표현된 것과 같이 인체를 그대로 재현하지 못하고 부드럽게 왜곡되어 표현되었으며 엉덩이아래부분의 처짐현상 또한 반영되지 못하고 솟은 엉덩이로 표현되어 측면에서의 재현성이 가장 떨어지는 부위로 나타났다. 그러나 60대 아바타의 측면의 전체적인 자세 및 체형의 외곽 형상 또한 비교적 가상대표모델과 유사하게 표현된 것으로 분석되었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 CLO 3D 프로그램 내 아바타 변환 메뉴를 활용하여 인체스캔형상을 재현한 3D 아바타 제작의 활용 가능성을 검증한 결과, 변환된 3D 아바타가 인체스캔형상의 체형 및 자세를 유사하게 재현하고, 사이즈 생성에 있어서도 대부분의 항목에서 $\pm 05\%$ 이내의 오차를 나타내었으므로 그 활용 가능성이 검증되었다고 할 수 있다.

IV. 결론

본 연구는 의류산업에서의 전자상거래 및 디지털 의복생산에 효용성이 있는 인체 재현 3D 아바타를 제작하기 위한 기초 연구로써, 산업체 및 교육계에서 상용화되고 있는 CLO 3D 가상착의 프로그램을 활용하여 3차원 인체형상자료를 변환한 3D 아바타를 제작하고, 사이즈 및 형상의 비교·분석을 통하여 가상착의 시스템을 이용한 아바타 제작의 활용 가능성을 검증하였다.

연구방법은 제6차 한국인 인체치수조사 사업에서 측정된 3차원 자동 인체형상 자료 중, 40~69세에 해당되는 중장년·노년기 성인 남성 총 618명의 자료를 활용하여 각 연령대별로 인체 부위 항목별 평균치수에 가장 근접하는 가상 대표모델 1명씩을 선정하고 CLO3D 가상착의 프로그램내 3D 아바타 변환메뉴에 적용하여 연령대별 3D 아바타를 제작하고 인체 항목별 사이즈 및 형상을 비교·분석하였다.

변환된 3D 아바타와 가상대표모델의 인체 항목별 치수를 비교·분석한 결과, 높이 5항목과 둘레

2항목, 길이 5항목에서 뚜렷한 치수 차이를 나타내었다. 3D 아바타 치수는 겨드랑높이와 젖가슴 높이에서 40대, 50대가 12~15mm, 11mm 크게 측정되었고, 허리높이와 배꼽수준허리높이는 40대, 60대에서 18~19mm, 50대에서 5mm 크게, 키 항목에서는 40대, 50대, 60대에서 각각 -13mm, -10mm, -7mm로 작게 측정되었다. 그 외의 높이항목에서는 치수 차이를 거의 나타내지 않았다. 둘레항목은 편위팔둘레 항목이 가장 큰 치수 차이를 나타내어 -(25~28)mm 작게 측정되었고, 젖가슴둘레는 40대, 50대에서 21mm, 13mm 크게 측정되었다. 둘레항목에서는 몸통에 해당되는 둘레항목은 좀 더 크게 측정되었고 팔,다리에 해당되는 둘레항목은 작게 측정되었다. 허리둘레는 40대에서 8mm 작게, 50대에서 3mm 크게 측정되었으며, 배꼽수준허리둘레 항목은 40대에서는 3mm 크게, 50대에서는 -11mm로 작게 측정되었다. 길이항목에서는 겨드랑뒤접합사이길이와 겨드랑앞접합사이길이, 앞중심길이, 등길이 항목에서 3D 아바타의 치수가 작게 측정되었다. 특히 겨드랑뒤접합사이길이는 40대, 50대, 60대에서 각각 -11mm, -30mm, -32mm로 작게 측정되어 편위팔둘레 항목과 함께 측정된 모든 항목에서 가장 큰 치수 차이를 나타내었다. 허리높이 항목의 치수 설정 및 측정방법이 사이즈코리아와 CLO 3D 프로그램 간에 서로 달라서 허리높이 뿐만 아니라 관련항목들의 치수 및 형태 재현성에 좋지 않은 영향을 끼친 것으로 분석되었다.

3D 아바타와 가상대표모델의 형상 유사성을 정면·측면 중합도에 의해 검증한 결과, 젖가슴높이가 40대와 50대에서 높게 형성되었고, 배꼽수준허리높이는 모든 연령대에서 높게 형성되었다. 40대와 60대의 측면중합도에서 뒤허리부위의 휘어진 굴곡형상이 3D 아바타로 변환되면서 부드럽게 왜곡되어 표현되었으며, 살부위가 축소되어 표현되었다. 40대 측면 중합도에서는 엉덩이아래부분의 처짐현상이 반영되지 못하고 솟은 엉덩이로 표현되어 측면에서의 재현성이 가장 떨어지는 부위로 분석되었다. 인체스캔형상의 자세 각도가 바르지 않아 한쪽 방향으로 쏠려 있던 가상대표모델의 형상은 3D 아바타로 변환되면서 좌우 균형있게 재배치된 것으로 분석되었다.

결론적으로, 변환된 3D 아바타는 인체스캔형상의 사이즈 및 형상을 유사하게 재현하는 것으로 분석되었으므로 CLO 3D 가상착의 시스템을 활용한 아바타 제작의 활용성이 검증되었다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 진행한 3D 아바타 제작의 방법은 학문적으로나 산업적인 측면에서 그 활용도가 크다고 할 수 있다. 그러나 프로그램의 정확성과 효용성을 높이고 인체의 완벽한 재현을 위해서는 몇가지 시스템의 보완이 필요하며 다음을 제안한다. 첫째, 아바타사이즈 편집창에 남녀구분을 두고 Total Body의 너비 항목을 의복설계와 연결될 수 있는 항목인 여성은 젖가슴둘레, 남성은 가슴둘레로 수정·보완할 것을 제안한다. 둘째, 체형 표현의 극대화를 위해 두께와 너비항목의 추가를 제안한다. 셋째, 인체 형태의 완벽한 재현을 위해 근육의 위치 및 모양 등을 사용자가 조절할 수 있는 근육조절 기능의 추가를 제안한다. 넷째, 치수 측정의 정확도를 높이기 위해 인체의 단면추출 및 단면둘레치수 측정 기능의 추가를 제안한다.

마지막으로, 본 연구는 가상착의 프로그램을 활용한 아바타 제작의 활용성을 검증하기 위한 연구로서 연구 결과의 확대해석에 제한점이 있으며, 후속연구에서 다양한 연령과 체형에 적용하며 반복 실험에 의하여 실험 결과치의 오류를 줄이고자 한다.

참고문헌

- 강민주. (2019). *3차원 가상 착의를 위한 파라메트릭 마네킹의 개발*. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 강여선. (2014). 19~59세 성인여성과 비교한 가상 인체의 부위별 치수분석. *한국의류학회지*, 38(6), 896-912.
- 고형석, 손희순, 이민정. (2012). *3D 어패럴 CAD 시스템의 3D 바디 사이징 비교분석*. 한국섬유신문사. 자료검색일 2020. 1. 5, 자료출처 <http://www.ktnews.com/>
- 국가기술표준원 사이즈코리아. (2012). *제6차 중장년노년층 3D인체형상측정조사사업 최종보고서*. 자료검색일 2020. 1. 5, 자료출처 <https://sizekorea.kr/>
- 김태훈. (2010). *3차원 인체 형상 측정 프로토콜 고도화를 위한 연구 : 3차원 바디 스캐너, 3차원 인체 자동 측정 소프트웨어, 3차원 인체 측정 자세를 중심으로*. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 남윤자, 최경미, 박선미. (2006). 3D 데이터를 이용한 3차원 인체 모델링. *섬유기술과 산업*, 10(3), 251-258.
- 박창규. (2004). 의류 패션산업에서의 3차원 및 디지털 응용기술의 현황. *패션정보와 기술*, 1(1), 99-100.
- 이민정, 손희순. (2012). CLO 3D 아바타 사이징과 실제인체간의 치수 및 형태 차이 비교 분석. *패션비즈니스*, 16(4), 137-151.
- 이민정. (2011). *남성 정장 MTM 시스템 구현을 위한 3D 아바타 사이징과 가상 피팅 기술 연구*. 숙명여자대학교 대학원 박사학위논문.
- 정선영. (2008). *한국 성인 여성의 3차원 인체 형상 라이브러리 구축에 관한 연구*. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- CLO 3D 홈페이지. (2019). CLO 3D매뉴얼. 자료검색일 2020. 1. 5, 자료출처 <https://www.clo3d.com/>