

## 3D 스캐닝과 3D 프린팅을 이용한 슈즈 디자인 연구

- 힐 디자인 연구를 중심으로 -

이종석·이재정\*

경인여자대학교 패션·문화디자인학과 조교수  
국민대학교 의상디자인학과 교수\*

### 요약

3D 프린팅은 산업 분야를 막론하고 가장 주목받는 신기술로 인정받고 있으며 의료, 항공, 자동차, 제품 등의 제조업 분야에서 3D 프린팅 기술을 적극적으로 활용하는 추세이다. 패션산업 역시 활발한 3D 프린팅 관련 연구가 이루어지고 있으며 주로 모자, 신발 등 패션 액세서리를 중심으로 이루어지고 있다. 본 연구는 3D 스캐닝과 3D 프린팅을 이용한 슈즈 제작을 통해 디자이너가 관련 테크놀로지를 쉽게 이해하고 활용할 수 있는 가능성을 제시하는데 그 목적이 있다. 또한 3D 스캐닝과 3D 프린팅을 이용한 디자인 프로세스의 확산을 통해 디자이너가 보다 창의적인 디자인을 개발할 것으로 기대된다. 작품 제작을 위하여 국내·외 관련 문헌 및 선행 연구를 통하여 슈즈 디자인에 나타난 3D 프린팅 사례를 고찰하였다. 사례분석 결과 도출된 비대칭성, 반복성 콘셉트를 기반으로 총 2점의 작품 제작이 이루어졌다. 첫 번째 작품은 말린 수세미의 내부 구조에서 영감을 받은 작품을 제작하였으며, 두 번째 작품은 직선적인 건축 구조물에서 영감을 받은 작품이 제작되었다. 첫 번째 작품에서는 수세미를 3D 스캐닝 하여 만들어진 데이터를 바탕으로 1차 시안을 제작하였다. 디자인 수정에 중점을 둔 2차 시안이 제작되었으며 내구성을 보완한 3차 시안이 제작되었다. 두 번째 작품에서는 직선적인 형태의 건축 구조물 모형을 3D 스캐닝 하여 1차 시안을 제작하였다. 디자인을 보완한 2차 시안을 제작하였으며 내구성을 향상한 3차 시안이 제작되었다. 본 연구는 3D 스캐닝과 3D 프린팅을 이용한 슈즈 제작을 통해 새로운 창의적인 디자인의 가능성을 제시하였다는데 의의가 있다. 후속 연구를 통하여 기존에 시도하지 못하였던 창의적인 디자인 패러다임을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

주제어 : 3D 프린팅, 3D 스캐닝, 슈즈 디자인, 패션디자인

\*교신저자: 이재정, [jjl@kookmin.ac.kr](mailto:jjl@kookmin.ac.kr)

접수일: 2016년 5월 11일, 수정논문접수일: 2016년 5월 30일, 게재확정일: 2016년 6월 2일

## I. 서론

### 1. 연구배경 및 목적

3D 프린팅은 산업 분야를 막론하고 가장 주목 받는 신기술로 인정받고 있으며 의료, 항공, 자동차, 제품 등의 제조업 분야에서는 이미 실용화 단계를 넘어서 생산 라인에 3D 프린팅 기술을 적용하고 있다. Kim(2015)에 따르면 미국, 중국, 유럽연합, 일본은 국가 차원의 3D 프린팅 관련 산업육성책이 발표되었으며 국내에서도 2015년을 기점으로 3D 프린팅 산업 육성전략이 진행되고 있다. 특히 Ian(2014)의 연구에서 밝힌 바와 같이 2009년 FDM (fused deposition modeling) 방식의 3D 프린팅 특허가 만료되어 저가의 가정용 데스크탑 3D 프린터가 출시됨에 따라 시장성장이 폭발적으로 증가하고 있는 추세이다.

패션산업에서도 이러한 추세를 받아들여 3D 프린팅을 이용한 다양한 시도들이 이어지고 있다. 하지만 3D 프린팅 기술의 한계로 인장강도, 드레이프성, 내세탁성 등 의복 제작을 위한 기본적인 특성을 만족시키는 패브릭을 출력하기 어렵다는 단점 때문에 3D 프린팅 의상 자체가 적극적으로 연구되고 있지는 못한 실정이다(Lee & Lee, 2016). 따라서 패션산업에서의 3D 프린팅 연구는 주로 모자, 신발 등 패션 액세서리를 중심으로 이루어지고 있으며, 네덜란드 출신 패션디자이너 아이리스 반 헤르펜(Iris Van Herpen), 컨티늄 패션(Continuum fashion) 등 몇몇 디자이너가 선도적인 연구를 진행하고 있다. 하지만 이런 연구는 작품 출력을 위한 3D 모델링 인력 및 출력 노하우의 부재 등을 이유로 주로 글로벌 3D 프린팅 업체와의 협업으로 이루어지는 경우가 대부분이고 작은 규모의 독립 패션디자이너들에게는 3D 프린팅의 기술적 진입장벽이 매우 높은 것이 현실이다.

본 연구의 목적은 3D 스캐닝과 3D 프린팅을 이

용한 쉽고 직관적인 슈즈 디자인 프로세스를 제시함으로써 슈즈 디자인 분야의 독창적인 디자인 전개를 위한 발판을 마련함에 있다. 모든 디자인 프로세스가 3D로 진행되는 3D 디자인 프로세스 모델은 기존의 디자인 프로세스에서 시도되지 못했던 새로운 영역의 창조적인 디자인을 창출할 수 있다는데 그 의의가 있다.

### 2. 연구방법 및 범위

본 연구를 위한 연구방법으로 이론적 연구와 실증적 연구를 병행하였다. 먼저 국내·외 관련 문헌 및 선행 연구를 통하여 슈즈 디자인에 나타난 3D프린팅 사례를 고찰하였다. 사례의 선정 기준은 FDM 방식의 3D 프린팅이 대중화되기 시작한 2009년부터 2015년까지 FDM 방식의 3D 프린팅으로 제작된 슈즈 디자인 작품을 선정하였다. 사진 자료는 패션 컬렉션 전문 사이트인 스타일닷컴과(www.style.com), GAP Press, 디자이너 홈페이지 등을 참고하였다.

사례연구를 바탕으로 작품 제작이 이루어졌으며 디자인 및 제작 범위는 슈즈 디자인을 구성하는 다양한 부분 중 3D 프린팅 출력물로 독창적인 디자인 제작이 용이한 힐(heel)부분에 한정하여 이루어졌다. 사례분석 결과 도출된 비대칭성, 반복성 콘셉트를 기반으로 총 2점의 작품 제작이 이루어졌다. 수세미와 롤러코스터 구조물을 3D 스캐닝하여 이를 수정 보완하여 1차, 2차에 거친 3D 프린팅 과정을 거쳐 작품을 완성하였다.

## II. 이론적 배경

### 1. 3D 스캐닝의 개념

3D 스캐닝에 따르면 3D 스캐닝이란 3D 스캐너를 이용하여 대상물의 형상정보를 취득, 디지털 정

보로 전환하는 모든 과정을 통칭하는 용어이다 (3DSYSTEMS, n.d.). 3D 스캐너는 크게 접촉식과 비접촉식으로 구분된다. 접촉식 3D 스캐너는 탐촉자로 불리는 프루브(probe)를 측정하고 하는 물체의 직접 닿게 해서 측정을 하는 방식이다. CMM (coordinate measuring machine)이 대표적인 방식이며, 대부분의 제조업에 오래 전부터 이 방식이 활용되어 왔고 측정점의 정확도가 우수한 편이나 대상물의 표면에 접촉을 해야 하므로, 물체에 변형이나 손상을 줄 수 있다는 단점이 있다. 비접촉식 3D 스캐닝은 TOF(time of flight)에 근거하여 빛을 물체 표면에 조사하여 그 빛이 돌아오는 시간을 측정해서, 물체와 측정원점 사이의 거리를 구하는 기술을 바탕으로 하고 있다. 비접촉식 3D 스캐닝은 물체 표면에 라인 형태의 레이저를 조사하는 방식과 백색광을 조사하는 방식으로 구분된다(Table 1). 본 연구에 활용된 3D 스캐닝 기기는 메이커봇 (Makerbot)사에서 출시된 메이커봇 디지털라이저 (Makerbot Digitizer)이며 레이저를 조사하는 비접촉식 장비이다.

## 2. 3D 프린팅의 개념

일반적인 프린터가 사진이나 문서를 평면에 인쇄하는 반면 3D 프린팅은 액체, 파우더, 폴리머, 금속 등의 다양한 소재를 3차원 설계데이터를 기반으로 적층 방식(layer by layer)으로 쌓아올려 출력물을 형상화한다. 3D 프린팅은 1981년 일본 나고야 산업연구소의 히데오 코다마(Hideo Kodama)의 기능성 포토폴리머 RP 시스템 보고서 발표에서 처음 언급되었다. 이 원천기술은 1984년 설립된 미국 3D 시스템즈(3D Systems) 사의 찰스 헐(Charles Hull)에 의해 최초로 개발되었다(Yang, 2013). 이후 2010년을 기점으로 3D 프린팅의 본격적인 대중화가 시작되었다. 3D 프린팅 기술을 이용한 사례는 제품 제작을 위한 각 분야에 적극적으로 활용하기 시작하였고 의학, 제조업, 패션에까지 다양한 사례로 적용되며 발전하고 있다.

3D 프린터에서는 FDM, SLS(selective laser sintering), SLA(stereo lithography apparatus)의 세 가지 방식이 차지하는 비중이 압도적으로 많으며 현재 가장 대

Table 1. 3D 스캐닝 개념도 및 작동 이미지.

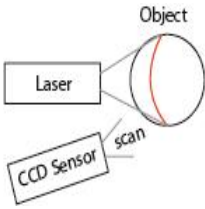
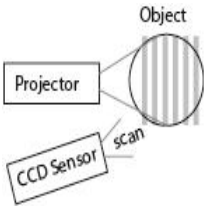


구분	비접촉식	
광원	레이저	백색광
개념도		
작동 이미지	 <p>Figure 1. 레이저 3D 스캐닝. From Wohl, (2013). <a href="http://makerbot.com">http://makerbot.com</a></p>	 <p>Figure 2. 백색광 3D 스캐닝. From ICT Lab, (n.d.). <a href="http://theictlab.org">http://theictlab.org</a></p>

Table 2. 3D 프린터 분류 방식에 따른 기술별 주요 특징.

적층방식	기술명	특징
압출	FDM	가는 실(필라멘트) 형태의 열가소성 물질을 노즐 안에서 녹여 얇은 필름형태로 출력하는 방식으로 적층
분말	SLS	베드에 도포된 파우더(분말)에 선택적으로 레이저를 조사·소결하고, 파우더를 도포하는 공정을 반복하여 적층
광경화	SLA	액체 광경화성 수지가 담긴 수조 안에 저전력·고밀도의 UV 레이저를 투사하여 경화시키는 방식으로 적층

Table 3. 연구에 활용된 3D 프린터 관련 프로그램 및 장비.

	3D 모델링	슬라이싱	출력소재	프린터
이미지				
이름	라이노	메이커웨어	PLA 필라멘트 색상: 화이트, 블랙, 레드	리플리케이터2

표적인 출력방식은 FDM과 SLS 방식이다(Table 2). 특히 Korea Creative Content Agency([KCCA], 2013)의 조사에 따르면 FDM 방식은 전체 시장의 73.4%를 차지하고 있는데, 이는 FDM 방식은 다른 기술에 비하여 가공 정밀도, 표면 조도가 부족하지만 현재 보급형 3D 프린터의 대부분이 이 방식을 채택하고 있기 때문에 3D 프린터 시장의 주류를 이루고 있다(Kim, 2016).

본 연구에 활용된 기자재는 다음과 같다. 3D 모델링에는 출력물의 특성상 곡선이 많은 디자인이 제안되었기 때문에 곡선 모델링에 특화되어서 주로 주얼리, 가전제품 디자인에 사용되는 로버트 맥닐사(Robert McNeel & Associates)의 라이노(Rhinoceros)가 사용되었다. 출력을 위한 소프트웨어는 메이커봇사의 메이커웨어(Makerware)가 사용되었다. 출력을 위한 하드웨어는 PLA 필라멘트(poly lactic acid filament) 3D 프린터는 메이커봇사의 리플리케이터2(Replicator2)가 사용되었다(Table 3).











### 3. 슈즈의 구조 및 힐의 종류

Jang(2012)에 따르면 슈즈의 구조는 크게 발등을 덮어씌우는 갑피(upper) 부분과 저부(bottom) 부분으로 나눌 수 있다. 슈즈 외부의 갑피는 앞날개(vamp)와 뒷날개(quarter)로 나누어지고 저부는 밑바닥의 겔창(outsole)과 뒤축에 부착되는 굽(heel)로 나누어진다(Table 4).

힐은 신발 앞뒤의 기울기에 적합한 높이로 뒤축 아랫부분에 부착되어 몸의 균형을 잡아 몸을 바르게 지탱할 수 있도록 도와주는 역할을 한다. 일반적으로 굽은 기능적인 역할 뿐만 아니라 착용자를 돋보일 수 있도록 하는 심미적 효과를 준다. Wee(2014)의 연구에서 밝힌 바와 같이 힐은 가죽, 나무, 고무, 코르크, 플라스틱 등 소재의 발전에 따라 다양한 재료로 만들어지며 프렌치 힐, 섯백 힐, 콘티넨탈 힐, 큐반 힐, 더치 힐, 스틸레토 힐, 앵글 힐, 웨지 힐, 플랫폼 힐 등 크기와 모양에 따라 다양한 종류로 구분된다.

본 연구에서는 3D 프린팅 출력물의 내구성 확

Table 4. 슈즈의 구조 및 힐의 종류.

슈즈의 구조			
힐의 종류	 <p>프렌치 힐</p>	 <p>셋백 힐</p>	 <p>콘터넬탈 힐</p>
	 <p>큐반 힐</p>	 <p>더치 힐</p>	 <p>스틸레토 힐</p>
	 <p>앵글 힐</p>	 <p>웨지 힐</p>	 <p>플랫폼 힐</p>

From Wee. (2014). p. 23.

보를 위하여 상대적으로 넓은 면적을 가지고 있는 웨지 힐과 플랫폼 힐을 선정하여 디자인 작업을 진행하였다.





#### 4. 3D 프린팅으로 제작된 슈즈 디자인의 특성

3D 프린팅 산업의 성장과 더불어 다양한 슈즈 디자인 프로젝트가 진행되고 있다. 슈즈의 갑피 부분은 일반적으로 인조가죽이 사용되며 일정 수증 이상의 인장강도와 내구성이 요구된다. 하지만 3D 프린팅의 기술적 한계로 이러한 소재는 출력이 힘들기 때문에 3D 프린팅 슈즈 디자인 연구는 힐 디자인에 국한되어 있거나 갑피와 힐을 통째로 출력

하는 디자인을 제안하고 있지만 착용성 문제를 해결하기는 힘든 것이 현실이다.

때문에 3D 프린팅 슈즈 디자인 연구사례를 살펴보면 이러한 한계점을 해결하기 위하여 기존의 슈즈 제조업에서는 만들기 힘든 디자인이 제안되고 있다. 기존 힐 제조 공정을 살펴보면 금속 틀을 만들어 액상 플라스틱 등의 소재를 주입하여 만드는 방식이기 때문에 디자인 자체가 지나치게 복잡하거나 곡선 또는 천공이 많으면 생산이 힘들다는 단점이 있다. 반면 3D 프린팅은 기존의 제조 공정은 다르게 소재를 적층하여 만들기 때문에 기존 공정에서 표현이 불가능한 디자인을 표현할 수 있다는 장점이 있고 슈즈 디자이너도 이러한 3D 프린팅의 특성을 살려 독특하고 창의적인 디자인을

Table 5. 3D 프린팅 슈즈 디자인 분석.

비대칭성	 <p>Figure 3. 『MELONIA』. From Josefi. (2013). <a href="http://www.naimjosefi.com">http://www.naimjosefi.com</a></p>	 <p>Figure 4. 『Myth Shoes』. From Continuum fashion. (2014a). <a href="http://www.continuumfashion.com">http://www.continuumfashion.com</a></p>	 <p>Figure 5. 『AMMONITE』. From United Nude Shoes. (2015). <a href="http://www.fr-ee.org">http://www.fr-ee.org</a></p>	 <p>Figure 6. 『BIOPIRACY』. From Van Herpen. (2014). <a href="http://www.irisvanherpen.com">http://www.irisvanherpen.com</a></p>
반복성	 <p>Figure 7. 『YOUNG Shoe』. From Young. (2015). <a href="http://www.michael-young.com">http://www.michael-young.com</a></p>	 <p>Figure 8. 『Strvct Shoes』. From Continuum fashion. (2014b). <a href="http://www.continuumfashion.com">http://www.continuumfashion.com</a></p>	 <p>Figure 9. 『Invisible Shoe』. From Chaves. (2011). <a href="http://www.andreiachaves.com">http://www.andreiachaves.com</a></p>	 <p>Figure 10. 『HONEY』. From Errazuriz. (2013). <a href="http://www.meetsebastian.com">http://www.meetsebastian.com</a></p>

제안하고 있다.

비대칭적이고 유기적인 곡선이 적용된 디자인은 기존 제조업에서 가장 만들기 힘든 디자인 중 하나이다. 나임 조세피(Naim Josefi)는 컬렉션을 통하여 부드러운 곡선을 강조한 슈즈 디자인을 선보이고 있다(Figure 3). 컨티넘 패션은 곡선을 강조한 슈즈 상품을 웹사이트에서 직접 판매하고 있다(Figure 4). 뉴욕에서 활동하고 있는 건축가인 페르난도 로메로(Fernando Romero)는 3D 시스템사와 협업으로 진행한 ‘United Nude Shoes’ 프로젝트를 통하여 유기적인 곡선이 돋보이는 슈즈 디자인을 선보였다(Figure 5). 반 헤르펜은 이러한 3D 프린팅 디자인 특성을 잘 활용한 대표적인 작가이다(Figure 6).

3D 프린팅의 또 다른 특성은 정밀한 선을 반복적으로 적층 출력하는 기술이다. 다양한 방면에서 실험적인 디자인을 선보이고 있는 영국 디자이너

미카엘 영(Michael Young)은 반복성이 강조된 구조적인 슈즈 디자인을 선보이고 있다(Figure 7). <Figure 8>과 같은 컨티넘 패션, 브라질 출신 슈즈 디자이너인 안드레아 체비스(Andreia Chaves)는 이러한 특성을 활용한 정교한 슈즈 디자인을 선보이고 있다(Figure 9). 또한 뉴욕에서 활동하고 있는 디자이너인 세바스찬 이라주리즈(Sebastian Errazuriz)는 ‘12 SHOES FOR 12 LOVERS’ 프로젝트를 통하여 정밀한 도형을 적층하는 구조가 돋보이는 슈즈 디자인을 선보이고 있다(Figure 10).

이와 같이 3D 프린팅을 활용한 슈즈 디자인은 기존 제조업에서 생산하기 힘든 두 가지 조형적 특성을 강조하고 있는 것으로 조사되었으며, 첫 번째는 비대칭적이고 유기적인 형태의 곡선을 응용한 디자인이며, 두 번째로는 직선적인 조형 요소가 중첩되어 쌓여서 반복성을 강조한 디자인으로 분류되었다(Table 5).

### III. 3D 프린팅을 활용한 작품 제작

#### 1. 작품의 제작의도 및 과정

Visocky O’Grady and Visocky O’Grady(2008)에 따르면 디자인 프로세스 이론은 대체로 다섯 단계로 제시되며 1.아이디어(idea) 2. 리서치(research) 3. 스케치(sketch) 4. 프로토타입(prototype)로 분류된다 (Figure 11). 아이디어 단계에서 받은 영감은 리서치와 스케치 과정에서 평면으로 옮겨지게 되며 프로토타입 단계에서 다시 입체로 만들어지는 과정을 거치게 된다. 디자이너가 최초로 자신의 디자인을 직관적으로 확인할 수 있는 시점은 4단계의 프로세스 중 4단계에 해당하는 프로토타입 과정이다. 숙련된 디자이너는 평면과 입체를 오가는 프로세스를 경험으로 예측할 수 있지만 그렇지 않은 경우는 프로토타입 과정에서 많은 시간과 비용을 소요하게 된다. 더 큰 문제는 이러한 기존의 디자인 프로세스가 이제껏 시도하지 않았던 새로운 구조나 복잡한 형태의 입체구조를 가진 창의적인 디자인을 핸들링하기 힘들다는데 있다. 반면 3D 스캐닝과 3D 프린팅을 활용한 디자인 프로세스 과정은 모든 과정이 3D로 이루어지기 때문에 디자이너가 각 단계의 결과물을 직관적으로 확인할 수 있는 장점이 있다.

본 연구는 이러한 장점을 가지고 있는 3D 디자인 프로세스를 제안하고자하였다. 사례연구를 통하여 자연물의 형태에서 영감을 받은 비대칭 유기



Figure 11. 디자인 프로세스 비교.

Adapted from Visocky O’Grady and Visocky O’Grady. (2008). p. 55.

구조와 인공물 형태에서 영감을 받은 반복 구조를 직접 3D 스캐닝 하고 3D 프린팅하여 1차, 2차, 3차 프로토타입을 제시하였다.

#### 2. 출력물 내부구조 테스트

3D 프린팅의 특성상 입체구조물 안쪽은 재료인 필라멘트의 효율적인 사용과 수축방지를 위하여 벌집 구조로 만들어지며 내부의 벌집구조 크기를 조절하여 입체구조물의 강도를 결정 할 수 있다. 본 테스트에서는 일반 힐과 웨지 힐 2종의 내부구조를 30%, 50%, 70% 3개로 출력하여 피실험자가 출력물을 착용 후 20m 구간을 4회 왕복하여 걷는 방식으로 각각의 강도를 체크하였다. 실험 결과 내부의 벌집구조 크기가 50%인 경우 가장 안정적인 인장강도와 내구성을 가지는 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구를 위한 작품의 내부 벌집 구조는 50%로 세팅하여 진행되었다. 내구성 테스트에 사용된 3D 모델링은 오픈소스 사이트인 썬기버스(www.thingiverse.com)에 게재된 작품 중 닉네임 Sexycyborg의 『Wedge Sandal』과 닉네임 Wearable3D의 『3D printed Heel』을 변형하여 제작되었다.

#### 3. 작품1 제작 과정

자연 상태의 비대칭적 조형 특성을 가진 구조물을 리서치 하였으며 벌집구조, 수세미, 잠자리 날개, 스펀지 구조 총 4종의 후보를 대상으로 리서치를 진행 한 결과 벌집 구조와 잠자리 날개 구조는 단일 방향에 대하여 높은 안정성을 보였으나 복합적인 방향에서의 안정성이 떨어지는 이유로 탈락되었으며, 스펀지 구조는 지나치게 높은 밀도로 인하여 작품 제작 시, 심미성이 떨어질 수 있는 이유로 탈락되었다. 복합적인 방향에서의 안정성, 심미성을 고려하여 최종적으로 수세미가 선정되었다.

수세미는 한국에서 자라는 박목, 박과, 수세미



Figure 12. 일반 힐과 웨지 힐의 내구성 테스트.

오이 속, 수세미 오이 종이 선정되었다. 2015년 9월 중순 수확한 수세미 열매를 1회 삶음, 1일 수세, 2일 건조과정을 거쳐 수세미 샘플을 채취하였으며 채취된 샘플을 부위별로 절개하여 총 9개 부위를 각각 10회에 걸쳐 총 90회의 스캐닝 작업을 진행하였다. 3D 스캐닝에는 메이커봇 디지털라이저가 이용되었다.

스캐닝 완성도가 높은 1개의 결과물을 선정하여 3D프로그램 라이노에서 표면 처리작업 후 메이커봇 리플리케이션2에서 1차 시안을 출력하였다. 1차 시안 출력결과 심미성을 위하여 지나치게 얇은 선으로 이루어진 구조로 인한 내구성 문제가 제기되어 이를 수정하여 2차 시안을 출력하였다. 1, 2차 시안은 출력속도 향상을 위하여 적층두께 0.2mm로 작업하였으나 작품 표면의 심미성 문제가 제기되어 3차 시안은 적층두께 0.1mm로 진행되었다. 3차 시안은 착용성, 실용성 향상을 위하여 웨지 힐 안쪽으로 3D 모델링을 적용하여 제작하였다(Table 6).

#### 4. 작품2 제작 과정

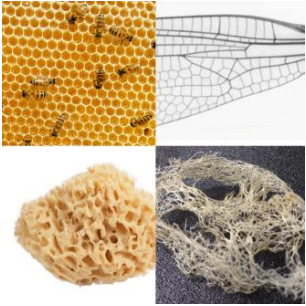
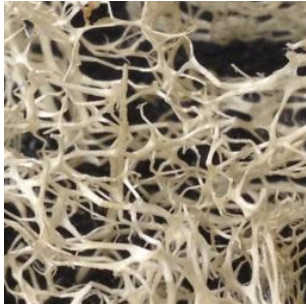
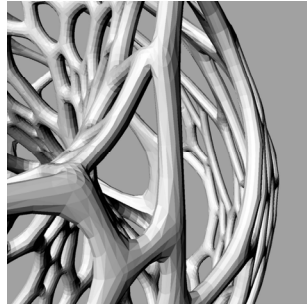
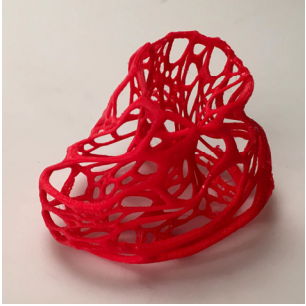


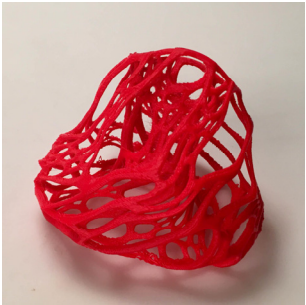


인공물의 반복성을 리서치 하였으며 베이징 경

기장, 롤러코스터 구조물, 에펠 타워 총 3개의 건축 구조를 리서치 하였다. 3D 스캐너의 하드웨어 특성 상 대상물의 크기가 가로 30cm, 세로 30cm, 높이 30cm 이내여야 하기 때문에 스캔 대상의 모형 사이즈를 제작하였다. 최종적으로 롤러코스터 구조물이 선정되었으며 베이징 경기장과 에펠탑의 구조물은 모형 사이즈로 제작하기 어려운 곡선적인 특성을 가지고 있어서 제외되었다.

3D 스캐닝을 위한 모형을 제작하였으며 육면체 구조인 모형을 방향 별로 10회씩 총 60회의 3D 스캐닝을 진행하여 모형 구조와 가장 근접하게 스캔된 데이터를 바탕으로 1차 시안을 제작하였다. 1차 시안은 패턴의 가장 작은 단위를 5가지 다른 크기로 출력하여 내구성 테스트를 진행하였다. 실험결과 외경 2cm의 정사각형 구조물이 선정되었다. 1차 시안 결과를 바탕으로 2차 시안이 제작되었으며 플랫폼 형태의 힐이 제작되었다. 심미성 테스트 결과 지나치게 무겁고 직선적인 느낌의 수정이 제안되어 3차 시안이 제작되었다. 3차 시안에서는 플랫폼 중심에 공간을 두어 가벼운 느낌을 제안하였으며 플랫폼의 앞쪽과 뒤쪽에도 곡선적인 느낌을 적용하여 전체적으로 날렵하고 트렌디한 디자인을 제시하였다(Table 7).



Table 6. 작품1 제작과정.

작품 콘셉트: 비대칭성		
1. 아이디어	2. 리서치	3. 스케치
		
4. 프로토타입_01 1차 시안 측면, 후면	4. 프로토타입_02 2차 시안 측면, 후면	4. 프로토타입_03 3차 시안 측면, 후면
		
		

## 5. 내구성 테스트

작품1의 2차, 3차 시안, 작품2의 2차, 3차 시안, 총 4점의 출력물에 대한 내구성 테스트를 진행하였다. 신장 165cm, 체중 52kg의 여성 피 실험자가 10m 구간을 왕복하는 방식으로 진행되었다. 각 왕복 후 출력물의 균열을 체크하였으며 첫 번째 균열 발생 이후에는 피 실험자의 안전을 위하여 실

험을 종료하였다. 실험 결과 작품1의 2차 시안, 작품2의 3차 시안은 비교적 빠른 시간에 균열이 발생하였다. 작품2의 3차 시안은 비교적 얇게 디자인된 저부 중심 부분에서 균열이 발생하였으며 작품1의 2차, 3차 시안은 수세미 디테일에서 균열이 발생하였다. 작품2의 2차 시안은 10회 테스트 종료까지 안정적인 내구성을 기록하였다.

Table 7. 작품2 제작과정.



작품 콘셉트: 반복성		
1. 아이디어	2. 리서치	3. 스케치
		
4. 프로토타입_01 1차 시안 측면, 후면	4. 프로토타입_02 2차 시안 측면, 후면	4. 프로토타입_03 3차 시안 측면, 후면
		
		

Table 8. 내구성 테스트.

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
작품1, 2차 시안				균열발생						
작품1, 3차 시안							균열발생			
작품2, 2차 시안										
작품2, 3차 시안		균열발생								

## IV. 결론

3D 프린팅은 산업 분야를 막론하고 가장 주목 받는 신기술로 인정받고 있으며 의료, 항공, 자동차, 제품 등의 제조업 분야에서 다양하게 활용되고 있다. 패션산업에서도 이러한 추세를 받아들여 3D 프린팅을 이용한 다양한 시도들이 이어지고 있다. 패션산업에서의 3D 프린팅 연구는 주로 모자, 신발 등 패션 액세서리를 중심으로 이루어지고 있으며 작품 출력을 위한 3D 모델링 인력 및 출력 노하우의 부재 등을 이유로 주로 글로벌 3D 프린팅 업체와의 협업으로 이루어지는 경우가 대부분이다. 따라서 작은 규모의 독립 패션디자이너들에게는 3D 프린팅의 기술적 진입 장벽이 매우 높은 것이 현실이다.

본 연구의 목적은 3D 스캐닝과 3D 프린팅을 이용한 쉽고 직관적인 슈즈 디자인 프로세스를 제시함으로써 슈즈 디자인 분야의 독창적인 디자인 전개를 위한 발판을 마련함에 있다. 본문에서 제시한 4단계의 디자인 프로세스를 3D로 진행하여 디자이너에게 보다 직관적인 디자인 프로세스를 제시하여 향후 보다 새롭고 창의적인 디자인 결과물을 보여줄 수 있는 가능성을 제시하였다.

작품 제작을 위하여 국내·외 관련 문헌 및 선행 연구를 통하여 슈즈 디자인에 나타난 3D 프린팅 사례를 고찰하였고 사례분석 결과 도출된 비대칭성, 반복성 개념을 기반으로 총 2점의 작품 제작이 이루어졌다. 첫 번째 작품에서는 수세미 구조를 스캔하여 만들어진 3D 데이터를 바탕으로 1차 시안을 제작하였으며 계속된 수정 보완을 거쳐 3차 시안에서는 착용성, 실용성 향상을 위하여 웨지 힐 안쪽으로 3D 모델링을 적용하여 제작하였다. 두 번째 작품에서는 롤리코스터 구조물 모형을 제작, 스캔하여 만들어진 3D 데이터를 바탕으로 1차 시안을 제작하였다. 1차 시안의 내구성 테스트 결과를 바탕으로 2차 시안의 심미성 테스트 결과를 바

탕으로 곡선적인 형태가 가미된 3차 시안이 제시되었다.

두 작품에서 슈즈의 구성요소인 갑피와 힐 부분 중 힐 부분의 디자인에 한정하여 연구가 진행되었기 때문에 향후 갑피 부분의 디자인과 결합된 완전한 형태의 슈즈 디자인 연구와 출력물의 내구성 확보를 위한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서 제안된 모든 디자인 프로세스가 3D로 진행되는 직관적인 디자인 프로세스 모델은 기존의 디자인 프로세스에서 2D 작업과 3D 작업 사이의 간극을 없애는 동시에 이제까지 시도되지 않았던 새로운 영역의 창조적인 디자인을 창출할 수 있다는데 그 의의가 있다. 본 연구의 지속적인 발전을 통하여 하드웨어와 소프트웨어의 활용 가능성을 높인다면 패션디자인 분야에서 기존에 시도하지 못하였던 새로운 디자인 패러다임을 제시할 수 있을 것으로 전망된다.

## Reference

- Chaves, A. (2011, February 8). Invisible Shoe. *ANDREIA CHAVES*. Retrieved April 9, 2016, from <http://www.andreiachaves.com/AndreiaChaves/index.php/collection/invisibleseries>
- Continuum fashion. (2014a). Myth. *continuum*. Retrieved April 9, 2016, from <http://www.continuumfashion.com/projects.php>
- Continuum fashion. (2014b). Strvct. *continuum*. Retrieved April 9, 2016, from <http://www.continuumfashion.com/projects.php>
- Errazuriz, S. (2013). 12 SHOES FOR 12 LOVERS. *SEBASTIAN ERRAZURIZ Studio*. Retrieved April 9, 2016, from <http://www.meetsebastian.com/sebastian-errazuriz-design-art-12-shoes-12-lovers>
- Van Herpen, I. (2014). biopiracy. *IRIS VAN HERPEN*. Retrieved April 9, 2016, from <http://www.irisvanherpen.com/womenswear#biopiracy>
- Ian, F. (2014). *3D Printing Clusters are the Future for Design-Oriented Companies*. VA: SmartTech Markets Publishing.
- ICT Lab. (n.d.). 3D Underworld. *Immersive and Creative Technologies Lab*. Retrieved April 9, 2016, from <http://theictlab.org/portfolios/3d-underworld>

- Jang, S. E. (2012). *Shoe Design and Patternmaking*. Seoul: Kyomunsa.
- Josefi, N. (2013). melonia. *NAIM JOSEFI*. Retrieved April 10, 2016, from <http://www.naimjosefi.com/accessories>
- Kim, H. E. (2015). The research into the changes of fashion industry according to the development of 3D printing technology. *Journal of the Korean Society of Fashion Design*, 15(4), 17-33. <http://dx.doi.org/10.18652/2015.15.4.2>
- Kim, H. E. (2016). A research into the development of millinerries for daily use utilising voronoi diagrams: Design based on 3D printing for manufacturing. *Journal of the Korean Society of Fashion Design*, 16(1), 33-47. <http://dx.doi.org/10.18652/2016.16.1.3>
- Kim, S. Y. (2015). Formative characteristics of art heel shown in fashion collections: Focusing on fashion collections from 2008S/S to 2015F/W. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 21(3), 116-128.
- Korea Creative Content Agency. (2013). *CT INSIGHT*(No. 29). Seoul: Korea Creative Content Agency.
- Lee, J. S., & Lee, J. J. (2016). A study on the development of fashion design based on FDM 3D Printing. *Journal of the Korean Society of Fashion Design*, 16(1), 101-115. <http://dx.doi.org/10.18652/2016.16.1.7>
- United Nude Shoes. (2015). *fr-ee*. Retrieved February 12, 2016, <http://www.fr-ee.org/project/63/United+Nude+Shoes>
- Visocky O'Grady, J., & Visocky O'Grady, K. (2008). *A Designer's Research Manual: Succeed in Design by Knowing Your Clients and What They Really Need* (Woo, J. J., Trans.). Seoul: ROCKPORT. (Original work published 2009)
- Wee, K. H. (2014). A comparative study on 3-dimensional printing technologies used in jewelry designing. *THE KOREA SOCIETY OF ART & DESIGN*, 17(1), 9-20.
- Wohl, J. (2013, November 8). Digitizer Education | Part 3: Materials for 3D Scanning. *MakerBot*. Retrieved April 9, 2016, from <http://www.makerbot.com/blog/2013/11/08/digitizer-education-part-3-materials-for-3d-scanning>
- Young, M. (2015). United Nude. *MYS*[MichaelYoung]. Retrieved April 9, 2016, from <http://www.michael-young.com/young-shoe>
- Yang, J. W. (2013). *A Study on the fashion design adapting three-dimensional digital printing technology*. Unpublished master's thesis, Hongik University, Seoul.
- 3DSYSTEMS. (n.d.). About 3D Scanning. *3DSYSTEMS*. Retrieved April 10, 2016, from <http://www.3dscanning.co.kr/about3dscanning>

# **A Study on the Development of Shoe Design Using 3D Scanning and 3D Printing**

**- Focused on Heel Design -**

**Lee, Jong Seok · Lee, Jae Jung<sup>†</sup>**

Assistant Professor, Dept. of Fashion & Culture Design, Kyungin Women's University  
Professor, Dept. of Fashion Design, Kookmin University<sup>†</sup>

## **Abstract**

3D printing is recognized as the most noteworthy new technology in all industrial sectors. The fashion industry has also done 3D printing research and made 3D printing fashion accessories like hats, shoes, jewelry commercially available. This study aims to present the possibility that designer can easily understand and utilize relevant technology based on shoes manufacturing using 3D scanning and 3D printing. Also, the design process using 3D scanning and 3D printing is expected to develop more creative designs. For works, it examined 3D printing cases shown from shoes design through review of domestic and foreign literature and precedent studies. As a result of case analysis, 2 works were manufactured based on asymmetrical and repetitive concepts. The first work was inspired by the internal structure of the dry scrubber. The first prototype was made based on the data created by 3D scanning of a scrubber. The second prototype is focused on design modifications and the third prototype complements the durability. The second work was inspired by the linear architectural structure. The first prototype was based on the data created by 3D scanning of an architectural structure model of linear forms. The second prototype is focused on design modifications and the third prototype complements the durability and flexibility. This study presents the possibility of new and creative design based on the shoes produced by using the 3D scanning and 3D printing. further study is expected to be able to present a new design paradigm.

Key words : 3D printing, 3D scanning, shoe design, fashion design

