

3D 프린팅 기술이 접목된 여성 슈즈 디자인의 조형적 특성

김 영 삼 · 전 여 선 · 박 근 정 · 김 장 현⁺

중앙대학교 예술대학 패션디자인전공 부교수 · 서울대학교 생활과학대학 생활과학연구소 연수연구원 ·
중앙대학교 일반대학원 패션예술학과 석사과정 · 중앙대학교 예술대학 패션디자인전공 시간강사⁺

Formative Characteristics of Women's Shoes Design Utilizing 3D Printing Technology

Young-Sam Kim · Yuh-Sun Jun · keun-Jung Park · Jang-Hyeon Kim⁺

Associate Professor, Dept. of Fashion Design, College of Arts, Chung-Ang University
Post-doc Researcher, Research Institute of Human Ecology, College of Human Ecology, Seoul National University
Master's Course, Dept. of Fashion Art, Graduate School, Chung-Ang University
Instructor, Dept. of Fashion Design, College of Arts, Chung-Ang University⁺
(received date: 2016. 8. 16, revised date: 2016. 9. 18, accepted date: 2016. 9. 28)

ABSTRACT

This study examines the morphological expression type and formative characteristics of women's shoes designs that integrate 3D printing technology. The results of the study are as follows. First, the morphological expression types of contemporary shoes that integrate 3D printing technology express a structural form created by repetition. Second, it expresses a dynamic form, which combines organic curves that create an external volume. Third, it expresses a surrealist form centered on an object with the creation of a unique shape that utilizes objects easily experienced in local surroundings. Fourth, it expresses a hybrid form on a partial derivation. Each of the other system's components are fused to create another beauty that develops a new value in a colorful variation on the shape of 3D printing shoes. The first formative characteristic of women's shoes designs that integrate 3D printing technology is continuity. This creates an invisible form of a new space through repetitive unidirectional layers with a gradual expansion of a unitary seamless curves. Second, it is an exaggeration. This exaggeration elicits an enormous aesthetic quality by structuring the outward space in the difference of the volume formed based on the maximization of a specific part and the volume of a line's atypical movement. Third, it is a decoration. It displays the beauty of a decoration that evokes a unique artistic inspiration by partial unification or a practical representation of a specific form. This can also be seen as superimposing a 3D printing figure that has an outstanding shape onto part of the fashion shoes. Fourth, it concerns a geometrical characteristic that formulates a new structure with rationality in combining basic shapes such as circles, triangles and squares with lines, hexagons and interconnected geometrical forms to create a multi-dimensional space for shoes in a systematic and unidirectional pattern.

Key words: 3D printing technology(3D 프린팅 기술), the formative characteristics(조형적 특성), women's shoes design(여성 슈즈 디자인)

I. 서론

현대 과학 기술의 진보는 현존하는 산업 체계의 경쟁 구도 및 이해 관계 뿐만 아니라 미래의 라이프 스타일까지 변화를 불러일으킴으로서 새로운 사업 기회의 창출 및 우리의 생활 전반에 질적 향상까지도 도모하고 있다. 이처럼 과학 기술의 영향력이 우리 사회에서 확대되고 있는 시점 가운데 3D 프린팅 기술이 가장 큰 주목을 받고 있는데, 3D 프린팅 기술은 소재를 적층하여 제작하는 방식으로 2차원의 디지털화된 디자인을 3차원의 상품으로 신속하게 구현해낼 수 있는 기술을 의미한다. 현재 여러 학자들이나 언론 보도에 3D printing 기술이 '제 3의 산업혁명' 또는 '제조업의 혁신을 가져올 수 있는 기술'로 명명되고 있는 가장 큰 배경은 단일 품종, 대량 생산을 기반으로 하는 기업 중심의 제조 환경에서 다 품종, 소량 생산의 소비자 중심 시대로의 패러다임 변화를 들 수 있다. 다시 말해서, 소비자 개개인이 원하는 상품이나 디자인을 직접 제조·생산이 가능해진다는 것은 향후 기업에게 소비자로서 수직적 관계가 아닌 생산자로서 수평적 관계로 전환될 수 있음을 의미한다. 또 다른 배경의 하나로 3D 프린팅 기술은 제조업 기술의 한계점으로 인하여 구현할 수 없었던 추상적인 사고 기반의 창조적인 형태를 실현 가능케 할 수 있다(Kim, Kim, & Kim, 2015). 또한, 봉제를 통하여 의복을 구성하는 패션 분야에서 단순 수작업이나 봉제 기계만으로 표현 할 수 없었던 입체적인 디자인을 실현시킬 수 있으며, 디자인 수정에 있어서도 패턴을 수정하여 가공을 해야하는 단계를 거치지 않고, 디지털상에서 수정하여 사출함으로써 디자인의 변형에 용이함을 가져다 줄 수 있다. 이와 같이 패션 분야에서 특수한 장점을 가지고 있는 3D 프린팅 기술은 Iris Van herpan이나 Chanel 등 여러 패션 디자이너들을 통하여 도입되고 있으며, 의복 뿐만 아니라 액세서리나 모자, 구두 등의 패션 소품까지 그 영역

을 넓혀가고 있다. 특히, 최근 가장 주목할 만한 점으로, 3D 프린팅 기술을 접목한 다양한 슈즈가 컬렉션이나 기사를 통하여 대중들에게 선보이고 있는데, 패션성과 기능성이 동시에 요구되는 슈즈에서 3D 프린팅 기술의 도입은 종전에 화형(靴型)의 설계 및 주물의 성형 등 복잡한 신발 제작 과정을 간소화할 수 있다. 이러한 특성은 공정 시간의 단축 및 비용을 절감할 수 있으며, 제작에 있어서 효율성을 높여줄 수 있다. 더 나아가 향후 소비자들도 디자이너가 되어 자신의 요구와 취향에 부합하는 슈즈를 제작할 수 있는 기회를 갖을 수 있으며, 반대로 디지털화된 자신의 디자인을 생산자로서 공유하고 판매할 수 있는 오픈 디자인 소스 중심의 1인 제조업 시대가 가능하다고 볼 수 있다. 이에 슈즈에 3D 프린팅 기술의 도입은 점차 확산될 것으로 예측된다.

본 연구와 관련된 최근 선행연구에 대해 살펴보면 3D 프린팅과 관련한 연구는 패션 분야의 3D 프린팅 활용 현황 및 3D 프린팅을 활용한 패션 디자인이나 제품을 개발하는 연구(Yang, 2013; Lee, Kim, & Hwang, 2015; Kim & Kang, 2015), 기계 미학적 관점에서 3D 프린팅 패션의 조형적 특성을 분석하는 연구(Kim, Lee, Kim, & Jun, 2015), 디지털 디자인 기법에 따른 3D 프린팅 패션 액세서리의 비정형적 조형 특성에 관하여 분석하는 연구(Lee, Kim, Yang, Min, Sun, & Lee, 2016) 등이 있다. 또한, 슈즈와 관련한 연구는 패션 구두의 트렌드에 관하여 분석하거나(Kim, 2010), 패션 컬렉션에 나타난 아트 힐 또는 여성 구두의 디자인의 조형적 특성에 관하여 분석하는 연구(Kim, 2015; Kim & Lee, 2010) 등이 있다. 이와 같이 패션 슈즈에 관련된 연구는 주로 패션 트렌드와 관련하여 상관 관계를 분석하거나 미학적인 관점에서 디자인을 분석하는데 중점을 두고 있으며, 3D 프린팅에 관련된 연구는 주로 3D 프린팅 기술이 접목된 의상이나 액세서리를 중심으로 이루어졌다. 하지만, 3D 프린팅 기술을 통하여 창출

된 패션 슈즈 디자인의 측면을 조형적으로 분석하는 연구는 아직까지 진행되지 않고 있으며, 3D 프린팅을 활용한 패션 슈즈의 창의적인 디자인 개발을 위해서는 반드시 선행되어야 할 연구라 사료된다.

이에 본 연구는 3D 프린팅 기술이 접목된 여성 슈즈 디자인의 형태를 중심으로 그 유형을 종합적으로 고찰해보고 이를 토대로 조형적 특성에 대해 살펴보는 데 목적이 있다. 이를 통해 3D 프린팅 기술이 현대 슈즈에서 갖는 무한한 표현 가능성을 확인할 수 있으며, 더 나아가 다양한 산업 현장에서 사용되는 슈즈를 대상으로 3D 프린팅 기술의 적극적인 활용 가능성과 방안을 모색해 볼 수 있는 있다는 데 의의가 있다.

본 연구를 위한 내용 및 절차는 다음과 같다. 첫째, 3D 프린팅 기술 및 슈즈에 대한 일반적 고찰을 수행한다. 둘째, 3D 프린팅 기술이 활용된 다양한 슈즈의 형태적인 측면에 대한 분석을 통하여 디자인의 유형을 분류 및 범주화한다. 셋째, 이를 바탕으로 3D 프린팅 기술이 활용된 슈즈 디자인의 조형적 특성을 파악한다.

연구방법 및 범위는 3D 프린팅 기술 및 슈즈와 관련된 학술 단체에 게재된 선행 연구 논문, 국·내외 단행본, 인터넷 및 전문서적을 중심으로 이론적인 연구와 최근 5년간 국·내외 인터넷 포털 사이트에서 나타난 3D 프린팅 기술이 접목된 슈즈의 이미지를 중심으로 사례 연구를 병행하였다.

II. 이론적 배경

1. 3D 프린팅 기술에 대한 일반적인 고찰

3D 프린팅 기술은 전 세계의 주요 언론과 연구 기관은 물론 미국의 대통령까지도 미래의 성장 동력으로 언급할 만큼 높은 관심을 받고 있다. 패션 산업에서도 향후 3D 프린팅의 성장 가능성에 주목하고, 그 활용 가능성에 대한 시도가 패션 기업 및 디자이너들에 의해 활발하게 전개되고 있다.

3D 프린팅 기술은 1986년 미국의 Charles W.

Hull 박사에 의해 개발된 이래로 이미 제조 비용이 많이 드는 산업 현장을 중심으로 디자인 평가를 위한 시제품이나 제조과정의 일부로 활용하고 있으며, 최근에는 NP Mendel 타입의 개인용 3D 프린터가 출현하게 되면서 대중적으로 알려지게 되었다(Jung, 2014). 3D 프린팅이란 “여러가지 3D CAD 프로그램에서 작성된 3D 모델링 데이터를 3D 프린터로 출력하여 손으로 만져보고 확인할 수 있는 실제 물리적인 모델로 빠르고 정확하게 제작할 수 있는 기술”(Noh, 2014, p.9)을 의미한다. 이는 Rapid prototyping 또는 RP 머신이라고 일컬어지고 있는데, 다수의 기업들이 3D 프린팅을 검증과 기능성 평가를 위한 시제품(prototype model)을 제작하는데 초점을 두어 활용(Huh, 2014)했다는 데 기인하였다고 할 수 있다. 즉, 인간의 노동력에 의해 수작업을 통하여 재료를 절삭하거나 절단 또는 금형을 제작하여 주조하는 기존의 전통적인 생산 방식과는 상반된 개념으로 데이터화된 설계도와 3D 프린트라는 기계의 힘을 통하여 제품 생산의 시간과 비용을 줄이고 디자인에 대한 정확도를 높임으로써 시제품을 신속하고 빠르게 제작하기 위한 조형 기술이라는 의미를 담고 있다. 이와 같은 3D 프린팅에 대하여 Huh(2014, p. 21)는 “2D 프린트에서 활자를 인쇄하는 것”이라고 하였으며, Barnett(2014, p. 24)은 광의(廣義)적인 의미로서 “현대 사회 속에서 흔히 사용하고 있는 2D 프린터의 논리적 진화”라고 해석하였다. 다시 말해, 오늘날 인간이 가정이나 사무실에서 흔히 사용하는 2D 프린터는 디지털화된 파일이 프린터의 잉크를 통하여 2차원의 한정된 공간인 종이의 표면 위에 인쇄되는데 반해, 3D 프린터는 디지털화된 파일이 특수 고분자 물질이나 금속 가루를 통하여 3차원의 공간에 입체적인 형태로 표출되는 것으로서 출력을 위한 소재의 물성, 생산된 출력물에 대한 공간 개념의 변화가 그 차이점이라고 할 수 있으며, 2D 프린터를 통한 기술의 축적이 3D 프린터의 개발과 진보를 촉진시키기 위한 초

석이 되었다고 해석할 수 있다.

3D 프린팅의 일반적인 제조 공정은 데이터화된 디자인의 형상이 반쯤 용융(熔融)된 가루나 액체 또는 고체 형태의 특수한 소재가 프린터의 헤드의 수평·수직의 움직임을 통해 분출되고, 1차적으로 응고된 레이어 위에 또 하나의 레이어를 적층시키는 일련의 과정 반복을 통하여 실질적인 3차원의 입체적인 물체로 형상화하는 융합 증착 모델링(FDM: Fused Deposition Modeling)(Lipson & Kurman, 2013)을 의미한다. 이와 같이 고체형 플라스틱의 출력을 통하여 제품을 생산하는 FDM 방식은 2009년 특허권의 만료로 인하여 오늘날 대부분의 3D 프린터에 광범위하게 적용되어 왔으며, 가장 대중화되어 있는 3D 프린팅의 대표적인 기술이라고 할 수 있다. FDM 방식은 주로 ABS나 PLA와 같은 열가소성 수지를 소재로 사용하여 내구성과 강도가 강하다는 장점이 있지만, 적층을 통해 형성된 층으로 인한 거친 표면, 냉각 과정을 통해 발생하는 열응력으로 인한 제품의 수축과 변형, 이를 최소화하기 위해 출력 면적의 제한으로 인한 대형 제품 제조의 한계(Barnett, 2014)라는 단점을 내포하고 있다. 이와 같은 배경으로 높은 정밀도를 요구하는 산업 현장에서 상업적인 제품을 생산하기 위한 3D printing의 제조 방식으로 SLA(Stereo Lithography Apparatus)방식과 SLS(Selective Laser Sintering)방식을 들 수 있다.

첫 번째로, SLA는 광경화 수지 조형법이라고 하며, 빛에 반응하는 액화 상태의 광경화성 수지가 들어있는 탱크에 레이저 빔을 반복적으로 노출시켜 경화(硬化)시키고, 이를 층층히 쌓아 모델을 조형(Choi, 2010)하는 기술을 말한다. 즉, 액체를 응결하여 물체를 생산하는 형식을 띤다고 할 수 있는데, 이와 같은 방법을 통하여 제조된 제품은 표면이 매우 매끄럽고, 복잡한 형상을 출력할 수 있는 정밀도가 우수하지만, 경화된 상태로 인하여 충격에 의한 파손에 쉽게 노출되어 있다(Huh, 2014). 또 다른 기법 중의 하나로 SLS(Selective

Laser Sintering), 선택적 레이저 소결법을 들 수 있다. 1986년경 Carl Deckard와 Joe Beman에 의해 개발된 SLS 방법은 사용 재료의 형태가 분말의 형태, 즉, 파우더 형태의 재료에 레이저를 선택적으로 주사하여 서로 용융점이 상이한 분말이 소결(燒結)되는 원리로서 플라스틱, 금속, 모래 와 같은 다양한 물성을 내포하는 원료의 사용이 가능(Whi, 2014)하여 재료의 선택 폭이 넓고, 여분의 분말은 재활용이 가능하며, 제품 제조에 있어서의 정밀성과 조형 속도 또한 빠르다. 하지만, 장비의 큰 부피와 높은 가격 및 사용을 위한 전문적인 교육이 필요하다라는 단점(Huh, 2014)을 내포하고 있다.

현재 3D 프린팅 기술은 저렴한 가격과 부피의 경량화 및 비전문가들도 다루기 용이한 소프트웨어의 개발을 통해 대중화를 위한 성장기반을 마련하고 있으며, 정부의 육성 정책과 함께 그 시장의 규모와 수요는 점차 확대되고 있다. 이와 같은 3D 프린팅 기술의 궁극적인 목표는 기업적인 측면에서 대량 생산이 가지고 있는 제품의 다양성 결여와 각 분야에 전문가들의 소량 생산이라는 기존의 한계점을 절충하여 해결함으로써 미래지향적인 새로운 비즈니스 모델의 창출이라고 할 수 있다. 즉, 빠르고, 저렴하면서 다량의, 다채로운 좋은 품질의 상품을 누구나 생산할 수 있고, 서로 공유할 수 있으며, 자본주의의 틀에 벗어나 좀 더 자율적이면서 창의적인 접근을 가능케 함으로써 판매자, 소비자가 아닌 인간 중심의 재미 있는 변화를 생성시키는 하나의 혁신적인 도구라고 할 수 있다.

2. 슈즈에 대한 일반적인 고찰

인간은 지구상에 현존하는 생명체 중에서 유일하게 직립보행을 하는 동물로, 발은 몸의 균형을 잡아줄 수 있는 지지대의 역할을 수행함과 동시에 원하는 장소로 신체를 이동시킬 수 있는 행동기관이라고 할 수 있다. 또한, 발의 저부에는 인체의 내장 기관과 긴밀하게 관련되어 있는 신경반사대가 분포되어 있어 인간의 건강과도 깊은 관련성이

있다. 슈즈는 이와 같이 인간의 신체 일부인 족부(足部)에 착용하는 도구를 의미하는 것(Jang, 2012)으로, 그 어원의 유래는 핵(核)의 뜻을 함양한 앵글로 색슨어의 쇼(shoe)에서 찾을 수 있는데, 인간 신체 중 발이 중요한 역할을 함을 의미한다고 할 수 있다(Kim, 2005).

슈즈의 발생 기원에 대해 정확하게 알 수는 없지만, Boucher(1987)에 의하면 빙하기 시대의 말기로 추측하고 있으며, 사냥을 위해 출타하는 원시인들이 가죽을 소재로 뼈바늘이나 돛바늘과 같은 원시적인 도구를 활용하여 발을 감싸는 단순한 형태를 제작하였다고 하였다. 또한, Turner Wilcox(1948)에 의하면 인류의 문화에서 신발은 거친 지형이나 불균형한 기후로부터 발을 보호하기 위해 시작된 것이라고 하였다. 이와 같은 문헌들을 통해 슈즈가 태초에 인류가 처박한 자연 환경으로부터 발을 보호하기 위한 목적으로 착용되었다는 것을 추정해볼 수 있다. 이와 같이 보호적 기능의 일차적인 목적을 위해 만들어진 슈즈는 다양한 지역적 기후 및 풍토, 사머니즘적 목적과 장식적 욕구 등의 복합적 요인에 따라 다채로운 형태로 복식의 역사와 함께 나타났다.

고대 이집트 시대에서 나타난 슈즈는 파피루스로 엮어 만든 개방형 슈즈 형태인 샌들(sandal)로서 주로 왕족과 일부 특권층이 부와 권력의 상징으로 활용하였다(Lee, 2009). 특히, 왕이 착용하는 샌들 저부에 적국의 사람을 그려놓아 왕이 적과의 전쟁에서 승리를 기원(Mcdowell, 1994)하였다는 점에서 주술적 의미를 부여하였다고 할 수 있다. 이와 같은 샌들의 형태는 고대 그리스와 로마 시대에서도 살펴볼 수 있는데, Cosgrave(2001)에 의하면 그리스 시대에 맨발의 의미는 비천함을 암시함으로써 노예들에게 신발의 착용이 허가 되지 않았으며, 복식으로 사회적 신분을 표출하였던 로마 시대의 신발은 색상이나 형태, 재료의 차이를 통하여 신분이나 직업, 성별을 구분하였다고 하였다. 크리트 시대에는 기능적인 측면이 부각된 슈즈가

나타났는데, 특히, 가죽 끈을 활용하여 다리의 아래 부분까지 묶은 형태의 무게감이 있는 반 부츠에 대하여 Jung(2003)은 크리트의 울퉁불퉁한 지질학적 요인으로부터 기인하였을 것이라고 추정하고 있다. 이와 같이 고대 시대에는 환경적인 영향으로부터 발을 보호하기 위해 슈즈를 착용하였을 뿐만 아니라 주술적인 의미를 부여하기도 하였고, 하나의 집단 속에서 조직의 구조적·계층적 경계를 설정하는 수단으로 활용되었다고 할 수 있다. 중세 시대에는 문화권이 온화한 기후의 지중해 중심에서 한랭한 기후의 서유럽권으로 이동함으로써 슈즈 또한 구두나 부츠의 형태를 많이 착용하였다(Kim & Lee, 2010). 가장 주목할만한 것으로 비잔틴 시대에 유행하였던 동양풍의 보석이 장식된 구두와 부츠와 앞이 뾰족하게 돌출되어 있는 고딕 시대의 슈즈를 들 수 있는데, 이는 동방 문화의 접촉과 한 시대에 유행하였던 예술 양식을 가늠해 볼 수 있는 하나의 산물이라고 할 수 있다.

근세 시대에 접어들면서 앞이 뾰족하게 돌출되어 있는 슈즈는 넓적하게 변형된 오리 모양(duck shoes)의 타원 형태로(Kim, Choi, & Lee, 2001) 전 시대와의 차별화되는 디자인이 나타나는데, 그 당시 의상의 형태가 직선적인 실루엣에서 곡선의 실루엣으로 변화됨에 영향을 받았다고 할 수 있다. 특히, 16세기 후반에 등장한 쇼핀(chopin)은 5~30cm의 굽이 있는 슈즈로 부유한 여인들과 매춘부들이 주로 착용하였는데, 17세기에는 남성들도 쇼핀을 착용할 만큼 큰 유행을 일으켰으며, 자신의 신분을 표상화하는 귀족들의 전유물로 자리 잡게 되었다(Lee, 2009). 17세기를 기점으로 가늘어지고 높아진 힐의 형태나 자수, 리본, 버클 등의 장식적인 요소가 가미된 다양한 종류의 여성 구두가 나타났고, 18세기 초까지 신발 역사의 황금기를 맞이하게 된다(Dejean, 2006). 그러나, 프랑스혁명을 기점으로 여성 복식이 자유와 간편함을 추구하는 실용적인 경향으로 변화된 양상과 남성용 구두의 영향에 의해 18세기 중엽부터 굽이 낮아지

기 시작하여 후반에는 뒷굽이 없을 정도의 평평한 형태의 샌들로 변화하였다(Bohn & Loschek, 2002; Jung, 2003). 19세기에 이르러 굽이 없고, 새틴이나 부드러운 가죽으로 만든 슬리퍼나 펌프스의 형태, 또는 스커트 길이가 짧아짐으로서 발목을 가리기 위한 앵클 부츠 스타일이 유행하였다(Lee, 2009; Kim, 2005; Lee, 2001). 또한, Lyman R. Blake가 재화용 재봉틀을 발명함으로써 신발의 대량 생산이 가능해짐으로써 신발 산업이 발전할 수 있는 토대가 마련되었다고 할 수 있다(Turner Wilcox, 1948). 19세기 후반에는 옥스퍼드 슈즈와 같은 단화가 유행하였는데, 19세기 말에 이르러 점차 스포츠 및 여가 생활이 주목을 받음으로서 활동을 용이하게 할 수 있는 미드솔과 아웃솔에 다양한 변화를 줌에 따라 구두와 운동화의 기능적 구분이 이루어졌다(Lee, 2001). 20세기에는 아르데코, 초현실주의 등과 같은 예술 사조에 영향을 받은 슈즈 디자인들이 등장하였으며, 두 차례의 세계 대전으로 인한 물자부족의 현상은 종전에 사용하지 않았던 재료들을 구두의 소재로 활용하는 시발점이 되었다(Lee, 2009). 이와 더불어 문화적 다원성을 추구하는 포스트모던의 도래는 슈즈 디자이너들에게 창조적 자율성을 부여함으로써 고정관념을 탈피한 실험적인 슈즈 디자인들이 선보여졌고(Lucy & Linda, 2005), Salvatore Ferragamo, Roger Vivier, Manolo Blahnik, Christian Louboutin 등 슈즈만을 위한 디자이너들의 등장은 구두가 디자인 영역으로서 새롭게 인식되는 계기를 보여주는 결과라고 할 수 있다.

현재 Tom Ford나 Michael Kors와 같이 컬렉션 라인을 진행하고 있는 패션 디자이너들은 “컬렉션을 위해 옷보다 구두를 먼저 디자인한다” 또는 “구두는 결코 의상을 만든 후에 생각해서는 안된다”(Lee, 2001, p. 46)고 하며 구두의 중요성에 대해 강조하고 있다. 이처럼 현재의 슈즈는 토털 코디네이션을 완성하기 위한 하나의 수단이라는 개념을 넘어 디자이너의 차별화된 감각과 창조적 사

고를 부각시킬 수 있는 심미적 요소로 전개되고 있다. 또한, 현대 사회는 공간과 시간, 이념과 문화의 경계를 넘어 인간 생활의 모든 영역이 공유되는 정보 네트워크 사회로 진행(Lee & Lee, 2005)되고 있는데, 다른 분야와의 통섭과 융합을 추구하는 시대적 환경에 맞추어 패션 산업에서도 정보화 네트워크 사회를 이끌어갈 핵심 기술 중의 하나인 3D 프린팅 기술을 적극 활용하여 전통적 조형성과 물성을 뛰어 넘는 슈즈의 창출을 모색하고 있다.

Ⅲ. 3D 프린팅 기술이 접목된 여성 슈즈 디자인의 형태적 표현 유형

현대 슈즈는 시시각각 급변하는 세계 유행의 흐름에 따라 다양한 시도를 통한 새로운 형태의 디자인이 선보여지고 있다. 특히, 슈즈 산업에서도 과학 기술의 융합이 강조되는 추세에 발맞추어 3D 프린팅 기술의 도입이 시도되고 있다.

본 장에서는 3D 프린팅 기술이 활용된 여성 슈즈 디자인의 조형적 특성을 분석하기 위해 슈즈의 외형적 구조를 기준으로 슈즈의 형태적 측면을 고찰해보고자 한다. 1차적으로 본 연구진이 3D 프린팅 기술과 연관된 슈즈를 검색하여 관련 이미지의 기사 및 내용 분석을 실시하였고, 3D Printing 기술이 접목된 여성 슈즈라고 검증된 이미지만을 선정, 총 123장을 수합하였으며, 슈즈의 외형적 측면을 중심으로 이미지를 범주화하였다. 슈즈의 외형적 구조는 발등을 덮는 갑피(upper)와 바닥인 저부(bottom)로 구성되어 있는데, 슈즈의 외부의 갑피는 전면부(vamp, fore part)와 후면부(quarter, back part)로, 저부는 밑바닥의 걸창(outsole)과 뒤축에 부착되는 굽(heel)으로 세분화할 수 있다(Jang, 2012; Choklat, 2012/2013; Kim & Cha, 2014). 이를 기준으로 각 유형별 키워드를 통하여 동일한 패턴의 반복에 의한 구조적 형태, 유기적 곡선을 조합한 역동적 형태, 오브제 중심의 초현

실적인 형태, 부분적 차용에 의한 혼성적인 형태의 네 가지의 형태적 유형을 설정하였다. 2차적으로는 이미지의 유형별 범주화에 대한 객관성을 확보하기 위하여, 패션 디자인 전공 석사급 3인, 박사급 2인, 현장에서 종사하는 슈즈 디자이너와 3D 프린팅 디자이너 2인으로 전문가 집단을 구성하여 설문조사를 실시하였다. 이에 관한 신뢰도는 통계 분석 프로그램인 SPSS Ver.18.0을 사용한 결과, Cronbach's alpha는 0.790으로 도출되었으며, 본 연구에서는 각 형태적 표현 유형별 대표할 수 있는 이미지 자료 40장을 그 사례로 제시하였다.

1. 동일한 패턴의 반복에 의한 구조적 형태

동일한 패턴의 반복에 의한 구조적인 형태란 어떠한 형태가 규칙적인 질서를 가지고 일정한 방향으로 연속되어 적층됨으로써 슈즈 외형에서는 여러개의 독립적인 공간들이 병합된 것과 같은 하나의 구조적이고 입체적인 형상으로 표출되는 것을 의미한다.

대표적인 예를 살펴보면, <Fig. 1>은 패션디자이너 Iris Van Herpen과 건축가 Rem D Koolhaas의 협업으로 제작된 3D 프린팅 슈즈로서 슈즈 위에 일정한 간격의 층위를 연속적인 반복을 통하여 슈즈의 유선형적인 형태에 따라 순환적인 동선의 흐름을 형성함으로써 슈즈의 외형을 강조하거나 확장되는 이미지를 자아내었다. <Fig. 2>의 UNX2는 건축가 Ben Van Berkel가 슈즈의 정지와 움직임에서 표출되는 다양한 이미지에 관심을 가지고 디자인한 슈즈("RE-INVENTING SHOES", 2015)로서 연속적인 선의 규칙적인 반복과 조합을 통하여 하나의 독립성을 갖는 선들의 리듬감을 통해 동작의 패턴화를 구현하였으며, 선과 선 사이의 차이들로 인하여 형성되는 공간들의 미세한 움직임을 통하여 역동적인 이미지를 연출하였다. Ammonite라고 명명된 <Fig. 3>은 건축가 Fernando Romero가 하나의 우주라고 할 수 있는 인간의 신체 내부에서 여러 근육들과 뼈와 같은 요소들이

자연적인 법칙에 의해 힘을 생성해내는 구조를 구현("RE-INVENTING SHOES", 2015)하려고 하였는데, 전체적인 슈즈의 갑피의 형상은 내부적으로 작은 타원형의 공간들이 하나의 방향성을 갖고 점진적인 반복과 확장함으로써 하나의 입체적인 외형을 구축하였다. 이는 각기 다른 크기의 타원형으로 인하여 불규칙해보이지만, 불규칙한 것들이 반복적인 배열을 통하여 규칙적인 조합을 이룸으로써 하나의 공간적 조형미를 창출하였다고 할 수 있다. 또한, 산업 디자이너 Michael Young은 무수히 많은 선들을 일정한 간격으로 교차하여 <Fig. 4>의 Young shoe를 선보였는데, 선의 교차를 통해 생성된 작은 공간들은 하나의 열려있는 개방된 공간으로 구성되며, 이는 슈즈에 무한한 중층 구조의 입체성을 부여하였다. 이와 더불어 산업디자이너 Ross lovegrove의 Ilabo<Fig. 5>는 여러 가닥의 선들의 얽힘 구조를 통하여 자연스럽게 창출된 격자무늬의 패턴이 돋보이는 하이힐로서 다리의 선을 따라 유려한 흐름으로 섬세하고 우아한 여성의 아름다움을 보여준다고 할 수 있다. <Fig. 6>은 디자이너 Ross Barber가 디자인한 3D 프린팅 슈즈로서 흰색의 산호 형태를 슈즈의 quarter부분에 발땀굽치의 외형에 따라 배열하거나, 갑피의 vamp에 중첩하여 장식적인 측면과 함께 구조적인 외형을 구축하였다. 또한, 저부에는 규칙적인 배열을 통하여 하나의 두터운 레이어를 형성함으로써 심미적인 요소뿐만 아니라 발을 보호하거나 충격을 완화시키는 기능적인 요소까지도 수반하였다고 할 수 있다. 이와 유사한 형태로 아티스트 Sebastian Errazuriz가 제작한 Honey<Fig. 7>는 갑피 저부의 전체에 노랑 색상의 벌집 형태를 반복적으로 배치하여 웨지힐을 구성하였다. 정육각형의 벌집의 모양은 시각적으로 기하학적 입체 조형미를 표출하며, 외부의 힘을 분산시키는 구조로서 슈즈의 견고함과 안정성을 배가시킨다고 할 수 있다. <Fig. 8>의 은 디자인 스튜디오 Continuum Fashion에서 저해상도의 컴퓨터 그래픽과

트론에 영감을 받아 제작한 웨지 힐(Sher, 2014)로서 슈즈 명칭인 Polygonal과 같이 각기 다른 크기의 비정형화된 다각형 면들의 연속적인 조합을 통하여 입체적인 아름다움을 나타내었다. 또한, Continuum사에서 환상에서 영감을 받아 제작된 Strvct(Fig. 9)는 슈즈의 갑피와 저부에 여러 가닥의 선들을 병합하고, 이로 인하여 형성된 투명한 부분이 시각적으로 삼각형의 형태로 인식됨으로서 마치 삼각형 면들의 연속적인 배열을 통하여 슈즈의 공간을 구축한 것과 유사한 효과를 자아내었다. 디자이너 Francis Bitonti는 영국의 수학자 John Conway에 의해 개발한 세포 구조를 성장시키는 수학모델을 적용(Howarth, 2014)하여 <Fig. 10>와 같은 3D 프린팅 슈즈를 완성하였는데, 슈즈의 갑피 부분에는 옐로우와 그린, 주황색의 색상을 띤 다수의 픽셀들을 균일하게 배열하였으며,

저부의 걸창과 힐에는 다크 퍼플의 픽셀들을 무분별한 형태로 조합하여 색상의 그라데이션 효과와 함께 마치 신발이 흘러내리는 듯한 착각을 불러일으키는 조형미를 표출하였다.

이처럼 3D 프린팅 기술을 통하여 슈즈의 갑피와 저부에 전체적으로 동일한 패턴의 반복을 통하여 구조적으로 형상화한 슈즈 디자인은 3D 프린팅의 소재를 기반으로 특정한 패턴의 형상을 대칭 또는 비대칭의 형태로 일정한 규칙 아래 사출함으로써 슈즈의 외피 구조를 구성하고 있는 부재와 부재 사이의 반복과 균형, 불균형 사이의 경계에서 존재하는 힘의 흐름에 의한 구조적인 조형미를 창출하였다고 할 수 있다.

2. 유기적 곡선을 활용한 역동적 형태

유기적인 곡선을 활용한 역동적인 형태란 단일



<Fig. 1> 3D printed shoes by Iris Van Herpen with Bart Hess (Virtualshoemuseum, n.d.-a)



<Fig. 2> 3D printed shoes by Ben van Berkel (Rhinecapital, 2015-a)



<Fig. 3> 3D printed shoes by fernando romero (Virtualshoemuseum, n.d.-b)



<Fig. 4> 3D printed shoes by michael young (Rhinecapital, 2015-b)



<Fig. 5> 3D printed shoes by ross lovegrove, (Rhinecapital, 2015-c).



<Fig. 6> 3D printed shoes by Ross Barber (3ders, 2012)



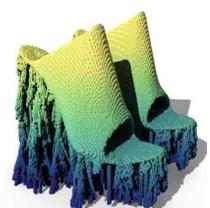
<Fig. 7> 3D printed shoes by Sebastian Errazuriz (Mocoloco, 2014)



<Fig. 8> 3D printed shoes by Mary Huang, (3dprintingindustry, 2014a)



<Fig. 9> 3D printed shoes by Continuum (Continuumfashion, n.d. a)



<Fig. 10> 3D printed shoes by Francis Bitonti (Hausie, n.d.)

형태의 자유로운 곡선 또는 여러 선들의 유기적인 조합을 통하여 볼륨감 있는 형태를 구성함으로써 슈즈의 외형에서는 선들의 순환적인 흐름을 통해 리드미컬한 유동적인 형상으로 표출되는 것을 의미한다.

대표적인 예를 살펴보면, <Fig. 11>의 Melonia shoes는 패션디자이너 Naim Josefi와 산업 디자이너 Souzan Youssouf의 협업을 통해 제작된 슈즈로서 흰색 계열의 선들이 기형적인 곡선의 형태감을 표출함으로써 불완전하면서도 생동감 있는 이미지를 자아내었다. United Nude가 바다의 산호에 영감을 받아 선보인 Coral shoes<Fig. 12>는 실제 산호의 외형에서 표출되는 여러개의 구멍을 굵은 크기의 선들의 연결을 통하여 구두 저부에 상이한 형태와 방향성을 함양하고 있는 두가지의 원형의 공극(孔隙)으로 표현하였는데, 빈 공간과 짙은 공간의 대조, 또는 상이한 크기와 상반된 방향성을 갖고 있는 원형의 대조는 슈즈의 왜곡된 형태감을 더욱 부각시키는 효과를 표출하였다고 할 수 있다. <Fig. 13>는 Victoria Spruce가 현대 조각품에 영감을 받아 디자인한 하이힐로 저부에서 시작된 하나의 선은 갑피의 quarter부분에서 양갈래로 비틀어져 교차되고, vamp부분에서 시작되는 하나의 선과 발목 부분에서 재결합하게 되어 서로 상이한 부분에서 차별적인 형태의 변형이 서로 관계를 맺어 하나가 됨으로써 부조화로운 디자인의 혼용이 하나의 일체성을 함양한 형태로 자연스럽게 치환되는 결과를 가져왔다고 할 수 있다. Safa Sahin이 디자인한 <Fig. 14>은 슈즈의 갑피 vamp부분의 왜곡된 형태와 함께 얇은 곡선들이 힐을 따라 방향성을 상실한 채, 무분별하게 서로 얽혀짐으로써 전체적으로 불규칙적인 형상에서 표출되는 독특하면서도 이질적인 조형미를 자아내었다. 또한, Anastasia Radevich의 <Fig. 15>는 힐뿐만 아니라 갑피를 전체적으로 얇은 여러가닥의 곡선들을 얽히게 사출함으로써 선의 끊임없는 흐름에서 자아내는 유동적이고 역동적인 형태감을 자아

내고 있다. 패션 디자이너 Iris van Herpen은 'Wilderness Embodied'의 주제로 진행된 2013 F/W에서 슈즈 디자이너 Rem D Koolhaas와의 콜라보레이션을 통하여 <Fig. 16>와 같은 3D 프린팅 슈즈를 선보였다. Rem D Koolhaas는 슈즈를 디자인함에 있어 'Tree roots growing together'라는 사고를 기반으로 자연의 세계를 모방(Perepelkin, 2013)하려고 하였는데, 갑피로부터 저부까지 여러가닥의 선들이 유기적인 상관관계를 갖고 서로 얽힘으로써 나무의 뿌리에서 표출되는 구조적 질감을 재현함과 동시에 외형적 볼륨감이 강조된 형태로 형상화되었다. 이와 같이 유기적인 곡선의 조합을 통한 형태는 Mary Huang의 슈즈에서도 살펴볼 수 있는데, <Fig. 17>과 같이 볼드한 형태의 곡선들을 힐 부분을 중심으로 교차, 조합하여 총체적 조직이 강조된 형태미를 표출하였다. 또한, Natalia Sushchenko의 <Fig. 18>은 저부를 중심으로 둔탁한 형태의 곡선이 갑피의 후면부로 갈수록 부드럽고 유연한 곡선의 형태로 변화함으로써 스스로 변화하고 움직이는 듯한 생명감을 재현하였으며, 영국 디자이너 Julian Hakes의 <Fig. 19>는 단일 형태의 곡선에 꼬임을 줌으로써 저부의 중층 부분에 자율성을 부여하고, 외형적으로 간결하면서도 비대칭적인 형태의 구조를 구현하였다. 이와 더불어 인간 근육의 구조와 발의 자연스러운 움직임에 영감을 받아 3D 프린팅 슈즈를 형상화한 이스라엘 디자이너 Neta Soreq의 <Fig. 20>은 스프링과 같이 구불거리는 연속적인 곡선들의 결합으로 표현되는 슈즈는 한층 입체적이고 역동적인 조형미를 표출하였다.

이처럼 슈즈의 갑피 또는 저부의 걸창과 힐을 중심으로 유기적 곡선을 활용한 역동적 형태의 3D 프린팅 슈즈는 단일 곡선 형태의 왜곡을 통한 새로운 공간을 확보하거나, 여러 유닛들이 교차 응집하여 슈즈자체의 볼륨을 강조하여 리드미컬한 형태를 구현함으로써 시각적으로 마치 움직이는 것과 같은 생동감이 느껴지는 역동미를 자아내었



<Fig. 11> 3D printed shoes by Naim Josefi and Souzan Youssouf (Arch2o, n.d.)



<Fig. 12> 3D printed shoes by Rem D. Koolhaas (Unitednude, 2014)



<Fig. 13> 3D printed shoes by Victoria Spruce (Virtualshoemuseum, n.d. -c)



<Fig. 14> 3D printed shoes by Safa Şahin (Nelly, 2014)



<Fig. 15> 3D printed shoes by Anastasia Radevich (Virtualshoemuseum, n.d. -d)



<Fig. 16> 3D printed shoes by Iris Van Herpen with Rem D Koolhaas (Virtualshoemuseum, n.d. -e)



<Fig. 17> 3D printed shoes by Mary Huang (Continuumfashion, n.d. b)



<Fig. 18> 3D printed shoes by Natalia Sushchenko (Fabtextiles, 2013)



<Fig. 19> 3D printed shoes by Julian Hakes (Rapidreadytech, 2015)



<Fig. 20> 3D printed shoes by Neta Sorek (Howarth, 2016)

다고 할 수 있다.

3. 오브제 중심의 초현실적인 형태

오브제 중심의 초현실적인 형태란 인간의 감각을 통해 인식할 수 있는 사물들을 직접적으로 절충하여 이질적인 형태를 구성함으로써 현실 세계에서 사물의 고정된 의미 체계는 소멸되고, 디자이너의 심미성이 강조된 새롭고 독특한 형상으로 표출되는 것을 의미한다.

대표적인 예를 살펴보면, 디자이너 Cristina Franceschini는 3D 프린팅의 레이저 소결 방식을 활용하여 고대 로마의 와인의 신 Eva와 Bacco의 조각<Fig. 21>이나 와인의 재료가 되는 포도 나무

의 형상<Fig. 22>을 접목(Anusci, 2015)한 3D 프린팅 슈즈를 완성하였다. 이와 유사한 형태로 <Fig. 23>는 디자인 스튜디오 Continuum Fashion의 디자이너 Mary Huang이 바로크 조각의 대표적 거장 Bernini의 Apollo과 Daphne의 조각상에 영감을 받아 디자인한 슈즈(Sher, 2014)로서 조각상의 내용의 중심인 월계수 나무의 유기적이고, 곡선의 형태미를 슈즈의 저부에 굽은 선의 꼬임을 통하여 디자인하였다. 이와 같이 조각과 연관된 스토리를 중심으로 오브제화하는 것은 오브제의 외형에서 자아내는 고전미와 자연미 뿐만 아니라 신화적인 의미까지 표상화하였다고 할 수 있다. Sebastian Errazuriz은 '12 Shoes for 12 Lovers'라는 주제하에 자신의 연애 경험이 반영된 디자인을

선보였는데, <Fig. 24>와 같이 슈즈의 힐 부분에 성모 마리아의 형상과 머리 위에 씌여진 천을 사실적으로 묘사하거나, <Fig. 25>처럼 거친 질감을 함양한 돌의 형상을 직접적으로 묘사함으로써 과거 자신이 접하였던 여성들의 감성을 간접적으로 반영한 것이라고 볼 수 있다. <Fig. 25>와 같이 자연의 세계 안에 존재하는 사물 뿐만 아니라 생명체를 그 대상으로 하여 접목한 3D 프린팅 슈즈도 살펴볼 수 있는데, David Mussaffi가 디자인한 <Fig. 26>와 같이 맘모스의 반신을 슈즈의 힐 부분에 접목시킨다거나, Melinda Looi의 <Fig. 27>처럼 조류의 두상과 깃털을 슈즈 갑피의 전면과 후면에 형상화한 것, 또한, Michaela Janse van Vuuren가 제작한 <Fig. 28>과 같이 용의 형상을 슈즈 저부의 전체에 활용하고, 용의 비늘 모양을 갑피의 부분에 패턴화하였다. 이와 같이 자연 생명체의 형상을 오브제화하여 사실적으로 접목하는

것은 보는 이로 하여금 마치 실제 동물이 움직이는 듯한 생동감과 재미를 불러일으키고 동시에 상상 속 자연으로의 이입을 통한 현실 세계로부터의 정신적 해방감을 느낄 수 있다고 할 수 있다. 또한, 인간 생활상에서 쉽게 접할 수 있는 사물이 사용 목적과 용도에 벗어나 3D 프린팅 슈즈로 새롭게 구성된 사례도 살펴볼 수 있는데, 터키의 디자이너 Safa Şahin이 디자인한 <Fig. 29>는 컵케익의 크림과 그 위에 올려져 있는 딸기, 케익의 받침대 일체를 3D 프린팅으로 사출하여 사실적으로 표현하였으며, Georgia Tech 학생들에 의해 제작된 <Fig. 30>는 클래식한 쿠퍼형의 자동차 형태 그 자체가 웨지 힐을 구성함으로써 슈즈를 장식하는 하나의 도구로 표현되었다.

이상의 고찰을 통하여 슈즈의 걸창과 힐을 중심으로 3D 프린팅 기술을 통하여 오브제 중심의 초현실적인 형태를 띤 슈즈는 우리 주변에서 쉽게



<Fig. 21> 3D printed shoes by Cristina Franceschini (Anusci, 2015)



<Fig. 22> 3D printed shoes by Cristina Franceschini (Shoespost, 2015)



<Fig. 23> 3D printed shoes by Mary Huang (Chua, 2014)



<Fig. 24> 3D printed shoes by Sebastian Errazuriz (Howarth, 2013a)



<Fig. 25> 3D printed shoes by Sebastian Errazuriz (Howarth, 2013b)



<Fig. 26> 3D printed shoes by David Mussaffi (Cgtrader, n. d.)



<Fig. 27> 3D printed shoes by Melinda Looi (Dugdale, 2013)



<Fig. 28> 3D printed shoes by Michaela Janse van Vuuren (Designindaba, n.d.).



<Fig. 29> 3D printed shoes by Safa Şahin (Virtualshoemuseum, n.d. -f)



<Fig. 30> 3D printed shoes by Georgia Tech (Krassenstein, 2014)

경험할 수 있는 사물들을 접목하여 사물이 갖고 있는 본질적인 의미를 일탈한 하나의 새롭고 독창적인 형상을 창출함으로써 관찰자로 하여금 시각적인 자극과 함께 디자이너의 발상 의도에 대한 호기심을 유발하며, 무한한 상상력을 통한 자의적인 해석을 통하여 사물에 대한 모호함을 전혀 다른 의미와 느낌으로 사고의 전환을 가져옴으로써 재미와 위트를 느낄 수 있다고 할 수 있다.

4. 부분적 차용을 통한 혼성적인 형태

부분적인 차용을 통한 혼성적인 형태란 가죽으로 제작된 슈즈의 일부분에 디자이너의 창조적 사유가 반영된 3D 프린팅 조형물을 접목하는 것으로 서로 다른 개념들의 절충을 통해 조형물의 외형적인 형식미를 증대시켜주는 보조적인 역할을 수행하는 것을 의미한다.

대표적인 예를 살펴보면, 슈즈 저부에 3D 프린팅을 접목한 것으로, 2015 S/S Iris van Herpen과 슈즈 디자이너 Noritaka Tatehana과의 콜라보레이션을 통한 디자인<Fig. 31>은 또 다른 행성의 생물권에 주목하고, 외계의 생명체와 지질에 대한 탐구(Krassenstein, 2015)를 통하여 제작된 것으로, 슈즈의 저부에 3D 프린팅의 레이저 커팅 기술에 의해 제작된 각기 다른 형태의 다각형 크리스털을 접목하여 빛의 각에 따라 생성되는 창출되는 음영은 환상적인 이미지를 부각시키고 있다. 또한, 디자이너 Mutatio라는 컨셉을 바탕으로 디자인된 Francis Bitonti의 <Fig. 32>는 검정색상의 가죽으로 구성된 슈즈의 저부에 3D 프린팅을 활용하여 사출된 금색의 매탈릭 플랫폼 솔을 접목하였는데, 굽이치는 선을 함양한 기괴한 형태는 컨셉의 이미지를 강조시키는 역할을 한다고 할 수 있다. 또 다른 부분적 차용으로 힐 부분에 3D 프린팅 기술을 접목한 사례도 살펴볼 수 있는데, 멕시코의 건축가이자 패션디자이너인 Jorge Ayala는 <Fig. 33>와 같이 힐부터 발바닥 중앙까지 감싸는 조형물을 3D 프린팅으로 제작하였는데, 은색의 색상을

뎀 왜곡된 형상은 블랙 가죽 소재로 제작된 갑피 부분과 접목되어 색상의 대비와 조형물의 상징을 통한 미래적이며 입체적인 조형미를 창출하였다. 이와 유사한 사례로, Chaemin Hong<Fig. 34>와 Zoe Dai<Fig. 35>는 생명체의 외형을 구축하는 뼈의 형상이 반영("Bone inspired 3D printed pumps by London designer Chaemin Hong", 2013; Krassenstein, 2015)된 3D 프린팅 힐을 접목하여 구조적이고, 독특한 조형미를 형성하였다. 이와 더불어, 갑피의 전면부 또는 후면부에 3D 프린팅의 조형물을 부착한 사례로 david mussaffi의 <Fig. 36>는 가죽으로 제작된 레드 컬러의 슈즈에 동물의 이빨을 형상화 한 것과 같은 블랙 계열의 3D 프린팅 구조물을 접목하여 부조화스럽고 공격적인 감정을 극대화시킨다고 할 수 있다. 또한, Katrien Herdewyn는 <Fig. 37>과 같이 갑피의 후면부에 다각형의 조각들이 중첩되어 만들어진 차콜색 장식물을 접목하거나 <Fig. 38>처럼 갑피의 상부부터 후면부까지 엘로우 계열의 격자무늬로 구성된 3D 프린팅 구조물을 길게 늘어뜨림으로써 심플하고 모던한 슈즈에 보다 세련되고 우아한 이미지를 더하고 있다. 이와 더불어, 이탈리아 슈즈 디자이너 Gruppo Meccaniche Luciani는 <Fig. 39>와 같이 3D 프린팅으로 사출된 흰색의 직선 격자선으로 구성된 무아레 무늬를 갑피의 옆면에 결합하여 슈즈의 형태 뿐만 아니라 장식적인 역할을 더하였으며, Kade Chan<Fig. 40>은 꽃이나 넝쿨 줄기와 같은 식물의 유기적인 곡선들을 조직화한 3D 프린팅 구조물을 갑피의 전체에 적용하여 아르누보적인 분위기를 연출하고 있다.

이처럼 슈즈의 밑창이나 힐, 또는 갑피의 전면부나 후면부에 3D 프린팅 조형물을 부분적 차용을 통한 혼성적인 형태의 3D 프린팅 슈즈는 패션 산업에서 일반화되어 있는 슈즈에 과학 기술 기반의 창조물을 동시에 수용함으로써 이질적인 체계의 구성물들의 융합으로 인하여 슈즈의 외형적 의미가 재생산되며, 슈즈의 이미지와 가치에 대체로



<Fig. 31> 3D printed shoes by Iris van Herpen (Dezeen, 2015)



<Fig. 32> 3D printed shoes by Francis Bitonti (Virtualshoemuseum, n.d.-g)



<Fig. 33> 3D printed shoes by Jorge Ayala (Ayarchitecture, n.d.)



<Fig. 34> 3D printed shoes by Chaemin Hong (3ders, 2013)



<Fig. 35> 3D printed shoes by Zoe Dai (Krassenstein, 2015)



<Fig. 36> 3D printed shoes by David Mussaffi (Krassenstein, 2014)



<Fig. 37> 3D printed shoes by Katrien Herdewyn (Rajsic, 2014)



<Fig. 38> 3D printed shoes by Katrien Herdewyn (3dprintingindustry, 2014b)



<Fig. 39> 3D printed shoes by Gruppo Meccaniche Luciani (Glamorousheels, n.d.)



<Fig. 40> 3D printed shoes by Kade Chan (3ders, 2014)

움을 부여한다고 할 수 있다. 이는 하나의 획일화된 시각에서 벗어나 다양한 개념들의 혼성을 통한 조형 질서를 통해 새로움을 창출하고자 하는 디자이너의 의지를 반영하는 결과라고 할 수 있다.

IV. 3D 프린팅 기술이 접목된 여성 슈즈 디자인의 조형적 특성

3D 프린팅 기술은 상상과 현실이라는 이분화된 경계를 넘어 패션 디자이너의 형이상학적 관념을 가장 효과적으로 현실 세계에 구체화해주고 실현 가능성을 높여줄 수 있는 하나의 도구로서 슈즈의 디자인에 있어서 미치는 파급효과가 크다고 할 수 있다.

3D 프린팅 기술이 접목된 여성 슈즈의 형태적 표현 사례 고찰을 통해 도출된 조형적 특성은 첫

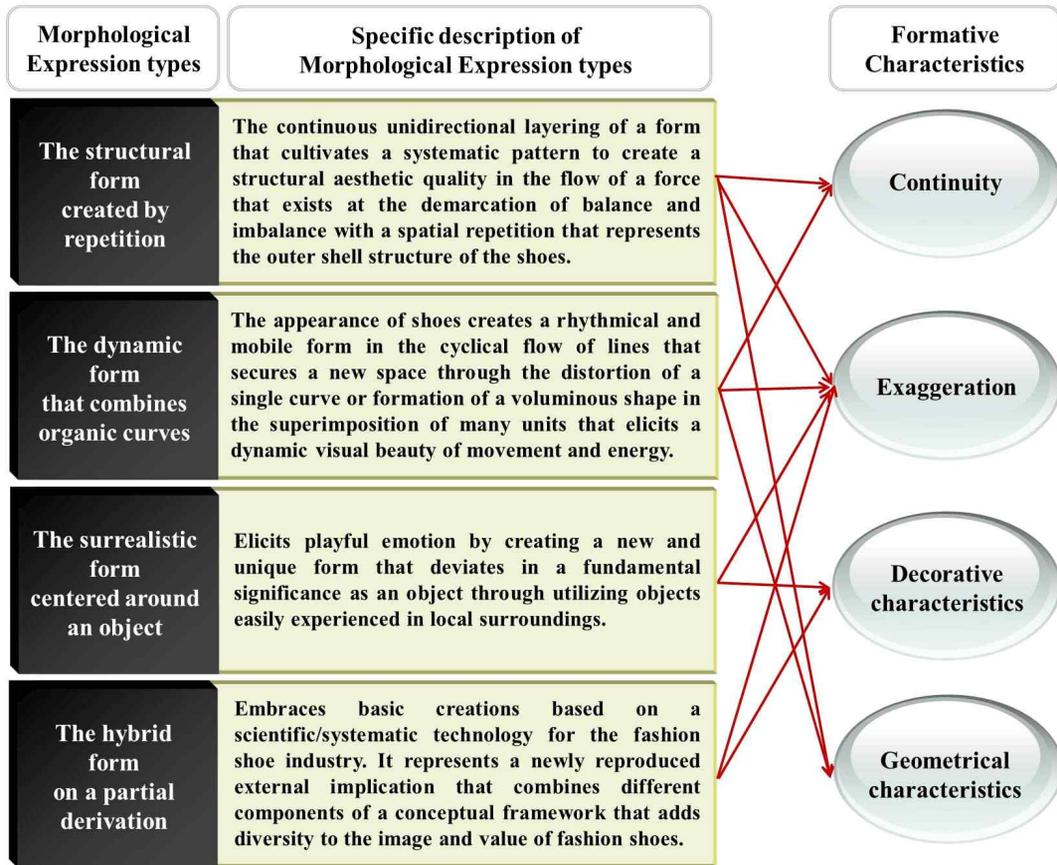
째, 연속성의 특성을 나타낸다고 할 수 있다. *Donga new Korean language dictionary*(2005)의하면 연속성이란 “끊이지 않고 죽 이어지거나 지속되는 성질이나 상태”(p. 1650)를 의미하는 것으로 So (2000)에 의하면 공간에서의 연속성은 하나의 흐름, 즉, 단절되지 않는 연속적인 고차화를 통하여 무제한적인 범위를 함양하고 있다고 하였다. 또한, Yang & Yang(2008)에 의하면 프렉탈적 공간을 예를 들어, “연속성은 동일 형태의 반복 뿐만 아니라 단일 형태가 지속적으로 변화되면서 전체적으로 유사한 형태가 연속되어지는 것”에서 표출된다고 하였다. 즉, 연속성이란 어떠한 형상이 일련의 흐름 속에서 단절되지 않고 연속적으로 이어지거나 축적됨으로써 하나의 구성 체계가 형성되는 것을 의미한다고 할 수 있다. 3D 프린팅 기술이 접목된 현대 슈즈의 디자인에 나타난 연속성은

〈Fig. 1〉와 같이 슈즈 위에 표현된 미세한 층위들이 유선형의 흐름에 따라 일정한 간격으로 병치하여 리드미컬한 파동의 동적 효과를 형성하거나, 〈Fig. 2〉처럼 리듬감 있는 여러 가닥의 연속적인 곡선들이 새로운 공간감을 확보하여 하나의 볼륨감 있는 슈즈의 형태를 구성함으로써 표출되었다. 또한, 〈Fig. 3〉과 같이 타원 형태가 슈즈의 중심부부터 시계 방향으로 크기가 점진적으로 확장되어 순환하거나, 〈Fig. 11〉이나 〈Fig. 13〉처럼 슈즈를 구성하는 하나의 선이 순환적 구조를 형성함으로써 연속적이고 역동적인 공간으로의 변화를 생성한다고 할 수 있다.

둘째, 과장성의 특성을 나타냈다. *Donga new Korean language dictionary*(2005)의하면 과장이란 “사실보다 지나치게 떠벌려 나타냄”(p. 239)을 뜻하는 것으로, 디자인 사진(Ko, 2000)에서는 통상적으로 본래부터 물체가 함양하고 있는 모양에서 확대되어진 것을 의미한다. Yoo(2012)의 연구에서는 조형적 의미에서의 과장에 대해 실제의 사물의 구조나 형태를 과도하게 변형하여 창조적이고 독창적인 형태로 탈바꿈하는 것이라고 하였으며, Bae(2008)에 의하면 작가의 주관적인 미의식이 내재된 형태의 과장은 공간에 대한 새로운 방향뿐만 아니라 관찰자에게 시각적인 감흥을 불러일으킨다고 하였다. 다시 말해서 과장성은 조형물의 형상이나 구조의 변형을 통하여 공간을 확장시킴으로써 형태의 극대화를 통한 새로운 구조로의 탈바꿈을 통해 거대한 조형미를 창출하는 것을 의미한다고 할 수 있다. 3D 프린팅 기술이 접목된 현대 여성 슈즈의 디자인에 나타난 과장성은 〈Fig. 1〉-〈Fig. 4〉와 같이 슈즈의 공간적 확장을 통한 부피의 팽창을 통하여 입체화하거나, 〈Fig. 13, 19〉처럼 슈즈를 구성하는 선의 꼬임과 왜곡을 통한 역동적인 형태를 통해 시각적으로 공간이 확장된 듯한 착시 효과를 불러일으킴으로써 표출되었다. 또한, 〈Fig. 16, 17〉와 같이 각기 다른 움직임을 함양한 여러 선들의 혼합과 중첩을 통하여 볼

륨감을 형성하거나, 〈Fig. 26〉와 〈Fig. 23〉처럼 특정 오브제의 크기를 부분적으로 확대하여 비대칭적인 부피의 돌출시킴으로써 형태를 강조하였다. 이와 같이 3D 프린팅 기술을 통한 형태의 과장은 새로움을 갈망하는 현대인들의 욕구를 충족시키기 위한 디자이너의 실험 정신이 반영된 결과라고 할 수 있으며, 이를 통하여 창출된 결과물은 기존의 슈즈와는 전혀 다른 새로운 미를 제시하는 것이라고 할 수 있다.

셋째, 장식성의 특성을 나타냈다. *Donga new Korean language dictionary*(2005)의하면 장식이란 “아름답게 꾸밈 또는 그 꾸밈새나 장식물”(p. 1988)을 의미하는 것으로 르네상스 시대의 알베르티(L. B. Alberti)는 미의 보완물로서 어떠한 것이 부가된 것이라고 하였으며(Jang, 2000), Jung(2009)에 의하면 장식은 공간에 어떠한 질서를 부여함으로써 아름다움을 구현하는 속성을 내포한다고 하였다. 또한, Kim(2012)에 의하면 작품 전체의 형태나 이미지를 결정짓는 장식은 보는 이의 시선을 유도하는 하나의 유인자극으로서의 기능을 하며, 이는 아름다움을 표현하고자하는 인간의 본질적인 욕망의 표상(Lee, 2004)이라 할 수 있다. 다시 말해서, 장식성이란 조형물의 공간 위에 시각적인 아름다움을 위한 질서, 즉, 또다른 형태를 부여함으로써 형성되는 것이며, 외형적인 형식미를 증대시켜주는 부가적인 역할을 수행한다고 할 수 있다. 3D 프린팅 기술이 접목된 현대 슈즈의 디자인에 나타난 장식성은 〈Fig. 31〉-〈Fig. 40〉과 같이 심플한 스타일의 슈즈에 디자이너의 상상력이 결합된 기이한 형태의 3D 프린팅 조형물을 매치함으로써 나타났는데, 이는 슈즈에 이질적이면서도 독특한 미적 분위기를 형성시켜주는 수단으로 활용되었다. 또한, 〈Fig. 23, 25〉이나 〈Fig. 26, 27, 28〉처럼 식물이나 동물의 형태적 특성을 부분적으로 결합한다거나, 〈Fig. 21, 22, 24, 29, 30〉과 같이 조각상이나 컵케익, 자동차 등 인간의 생활상에서 쉽게 접할 수 있는 사물들을 슈즈의 형태 자체로



〈Fig. 41〉 Morphological Expression types and Formative Characteristics of Women's Shoes utilizing 3D Printing Technology

활용하는 것은 본래의 사물이나 생명체가 함양하고 있는 기능이나 역할의 개념을 상쇄시키고, 장식적인 의미로서 보는 이에게 재미와 즐거움을 선사하는 유희적인 역할을 수반한다고 할 수 있다.

넷째, 기하학적인 특성이 나타났다. 기하학이란 *Donga new Korean language dictionary*(2005)에 의하면 “수학의 한 부문으로 점·선·면·입체 등이 만드는 공간 도형의 성질을 연구하는 학문”(p. 373)이라는 의미로 Kwon(1999)에 의하면 기하학적 형태란 “원, 삼각형, 사각형 등으로 간결하게 응축된 형태들”이라고 하였다. Park(1989)에 의하면 기하학적 형태란 인간의 이지적인 사고 체계에

의해 창조되어진 자연의 정제된 형태로서 복잡한 자연의 형태를 단순한 형태로 환원한 인공적인 추상의 형태라고 하였다. 다시 말해서, 기하학적인 특성이란 원이나 삼각형, 사각형 등 기본적인 형태들이 수학적 질서 하에 상호 결합하여 합리성을 띤 새로운 구조를 형성하는 것이라고 할 수 있다. 단순한 형태는 함축적 의미로 3D 프린팅 기술이 접목된 현대 슈즈의 디자인에 나타난 기하학적인 특성은 〈Fig. 2, 4, 9〉처럼 여러 가닥의 선들이 일정한 질서 체계 하에 서로 연결되어 단순하면서도 입체적인 형태를 구성하거나, 〈Fig. 8〉와 같이 서로 다른 크기의 삼각형들이 특정한 기울임을 갖고

융합하여 다면체를 형성함으로써 표출되었다. 또한, <Fig. 7>처럼 육각형 형태의 벌집 모양들이 웨지힐의 한정된 공간 하에 일정하게 축적되거나, <Fig. 10>과 같이 픽셀을 형상화한 사각형의 작은 입체들이 일정한 수학적 법칙에 따라 배열되어 다차원적인 슈즈의 공간 구조를 형성함으로써 안정감 있는 기하학적인 형태를 구현하였다. 지금까지 3D 프린팅 기술이 접목된 현대 슈즈의 형태적 표현 유형과 조형적 특성을 종합적으로 정리해보면 다음과 같다(Fig. 41).

V. 결론

오늘날 현대사회의 다변화적인 양상과 다양한 현대 소비자들의 욕구 충족이 만들어낸 3D 프린팅 기술은 소비시장의 판도를 변화시키는 새로운 대안으로 떠오르고 있다. 슈즈에서의 3D 프린팅 기술은 다채로운 조형적 변화를 가능케 하여 디자이너의 독창적인 미적 감성을 실현시켜줄 뿐만 아니라 상품의 가치를 높여주는 시너지 효과를 창출하고 있다. 본 연구는 3D 프린팅 기술이 접목된 여성 슈즈 디자인의 형태적 표현 유형에 따른 조형적 특성을 고찰한 것으로 연구의 결론은 다음과 같다.

3D 프린팅 기술이 접목된 현대 슈즈의 형태적 표현 유형은 첫째, 반복에 의한 구조적 형태를 표현한 것으로써 연속적으로 동일한 패턴의 적층을 통한 입체적인 변형을 통하여 건축에서 느낄 수 있는 구조적인 조형미를 자아내었다고 할 수 있다. 둘째, 유기적 곡선을 조합한 역동적 형태를 표현한 것으로써 유기적이고 형이상학적인 곡선들의 왜곡이나 꼬임, 또는 조합을 통하여 순환적 흐름이 내포되어 있는 외형적인 볼륨감을 형성함으로써 역동적이면서도 생동감이 느껴지는 형태미가 표출되었다. 셋째, 오브제 중심의 초현실적인 형태를 표현한 것으로써 우리 주변에서 쉽게 경험할 수 있는 사물들을 활용하여 창출된 이질적이고 독

특한 형상은 현실 세계에서 사물이 갖는 통상적인 개념을 초월함으로써 유희적인 감성을 자아내었다고 할 수 있다. 넷째, 부분적 차용에 의한 혼성적인 형태를 표현한 것으로, 서로 다른 체계의 구성물들이 융합하여 슈즈의 형태에 다채로운 변화를 부여함으로써 새로운 가치를 함양한 또 다른 아름다움을 창출한다고 할 수 있다.

3D 프린팅 기술이 접목된 여성 슈즈 디자인의 형태적 표현 분석을 통하여 도출된 조형적 특성은 첫째, 연속성이다. 연속성이란 단절되지 않은 하나의 흐름과 질서 속에서 어떠한 형상이 연속적으로 지속됨으로써 무한의 체계를 형성하는 것을 의미하는 것으로 하나의 방향성을 따라 형성되어 있는 반복적인 층위나 단일 형태의 점진적인 확장, 또는 끊김 없는 곡선들의 순환적 구조를 통하여 비가시적인 형태의 새로운 공간을 창출하였다. 둘째, 과장성이다. 과장성이란 조형물의 한정된 공간의 확장으로 인해 형태의 극대화를 창출하는 것을 의미하는 것으로 외형적 공간을 구조화하거나 특정 부분의 극대화로 인해 형성된 부피의 차이로 인한 대비, 선의 비정형적인 움직임으로 인한 부피감으로 인하여 거대한 조형미를 자아내었다. 셋째, 장식성이다. 장식성이란 조형물의 공간 위에 또 다른 형태를 접목하여 외형적인 아름다움을 향상시켜 주는 것으로 특정 사물 형태를 부분적 일체화 또는 실제적으로 표상화하거나, 슈즈의 일부분에 형태감이 돋보이는 3D 프린팅 조형물을 접목하여 독특한 미적 감흥을 불러일으키는 장식미를 표출하였다. 넷째, 기하학적인 특성이다. 기하학적인 특성이란 원이나 삼각형, 사각형 등 기본적인 형태들이 수학적 질서 하에 상호 결합하여 합리성을 띤 새로운 구조를 형성하는 것을 의미하는 것으로 동일한 크기의 선, 육각형, 입면체들이 일정한 법칙 속에서 서로 연결되거나 축적되어 다차원적인 슈즈의 공간을 형성하는 것과 같이 기본적 형태들이 수학적 질서 하에 상호 결합하여 합리성을 띤 새로운 구조를 형성하는 것이라고 할 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 슈즈를 제작함에 있어 3D printing 기술의 융합을 모색하는 일련의 시도들은 전통적 조형성과 물성의 한계점에 직면 하였던 디자이너의 창조적 사고의 틀을 확장시킴으로써 보다 혁신적인 슈즈를 창출하였다고 할 수 있다. 또한, 다른 분야와의 통섭과 융합을 추구하는 시대적 환경에 맞추어 3D 프린팅 기술이 슈즈 산업 분야에서 새로운 표현 영역으로서의 가능성을 열어주는 기회를 제공할 것이라 사료된다. 향후 후속 연구에서는 패션 산업 뿐만 아니라 다양한 산업 분야에서 3D 프린팅 기술의 적용 가능한 슈즈를 중심으로 디자인적인 측면 뿐만 아니라 기능적인 부분까지 수반할 수 있는 실물을 사출하여 산업 현장에 활용함으로써 보다 직접적이고 현실감 있는 심층적인 후속연구도 이루어지기를 바란다.

References

- Ayarchitecture. (n. d.). Retrieved from <http://www.ayararchitecture.com/filter/2013/versailles>
- Anusci, V. (2015, February 21). Step into the future of shopping with a 3D printed shoe. All3dp. Retrieved from <https://all3dp.com/3d-printed-womens-shoes/>
- Arch2o. (n. d.). Retrieved from <http://www.arch2o.com/melonia-shoe-1-naim-josefi-souzan-youssouf/arch2o-naim-josefi-souzan-youssouf-melonia-shoe-01/>
- Boucher, F. (1987). *20,000 years of fashion: The history of costume and personal adornment*. New York: Harry N. Abrams.
- Barnett, C. (2014). *3D printing: The next industrial revolution by Christopher Barnatt*(E. H. Gil & S. T. Kim, Trans.). Seoul: Hanbitbiz (Original work published 2013)
- Boehn, M. V. & Loschek, I. (2002). *The history of fashion*(M. S. Chun, Trans.). Seoul: Hangilart. (Original work published 1996)
- Bae, J. M. (2008). *A study on formative exaggeration phenomenon in fashion through indexical consideration of DeLong's theory*. Unpublished doctoral dissertation, Chung-Ang University, Seoul.
- Choklat, A. (2013). *Footwear design* (H. K. Kim, Trans.). Seoul: Vizandbiz. (Original work published 2012)
- Choi, S. K. (2010). *Everything for 3D print*. Seoul: Hyejiwon.
- Cosgrave, B. (2001). *The complete history of costume & fashion: from ancient Egypt to the present day*. New York: Chekmark books.
- Continuumfashion. (n. d. a). Retrieved from <http://www.continuumfashion.com/shoes.php>
- Continuumfashion. (n.d. b). Retrieved from <http://www.continuumfashion.com/>
- Chua, J. M. (2014, August 13). "Myth" is the World's First 3D-Printed Ready-to-Wear Shoe Collection. *Ecouterre*. Retrieved from <http://www.ecouterre.com/myth-is-the-worlds-first-3d-printed-ready-to-wear-shoe-collection/continuum-myth-3d-printed-shoes-5/?extend=1>
- Cgtrader. (n. d.). Retrieved from <https://www.cgtrader.com/free-3d-print-models/fashion/shoes/split-mammoth-high-heel-shoe-puzzle-large-print>
- Dugdale, A. (2013, June 7). 3-D-Printed Fashion Show Results In Amazing Creations. *Fastcompany*. Retrieved from <http://www.fastcompany.com/3013569/fast-feed/3-d-printed-fashion-show-results-in-amazing-creations>
- Designindaba. (n. d.). Retrieved from <http://www.designindaba.com/articles/creative-work/step-0>
- Dejean, J. (2006). *The essence of style: how the French invented high fashion, fine food, chic cafes, style, sophistication, and glamour*. New York: Free Press.
- Dong-A new Korean language dictionary (5th ed.). (2005). Seoul: Doosan Dong-A.
- Dezeen (2015, March 13). Retrieved from <http://www.dezeen.com/2015/03/13/iris-van-herpen-hacking-infinity-aw15-paris-fashion-week-pleats-gauze/>
- Fabtextiles. (2013, April 25). *Fabtextiles*. Retrieved from <http://fabtextiles.org/3d-printed-shoes/>
- Glamorousheels. (n. d.). Retrieved from <http://glamorousheels.com/italian-designer-makes-fashionable-3d-printed-high-heels/>
- Howarth, D. (2014, September 26). Francis Bitonti creates pixellated 3D-printed shoes using cellular automation. *Dezeen*. Retrieved from <http://www.dezeen.com/2014/09/26/francis-bitonti-3d-printed-molecule-shoes-adobe-stratasys/>
- Howarth, D. (2013a, December 13). The Virgin. *Dezeen*. Retrieved from <http://www.dezeen.com/2013/12/13/designer-3d-prints-shoes-representing-12-of-his-lovers/>
- Howarth, D. (2013b, December 13). The Rock. *Dezeen*. Retrieved from <http://www.dezeen.com/2013/12/13/designer-3d-prints-shoes-representing-12-of-his-lovers/>
- Howarth, D. (2016, January 24). Neta Soreq's Energetic Pass shoes have bouncy 3D-printed soles. *Dezeen*. Retrieved from <http://www.dezeen.com/2016/01/24/video-energetic-pass-3d-printed-shoes-neta-soreq-fashion-footwear-design-movie/>
- Huh, J. (2014). *Everything for 3D print*. Seoul: Dongasiabook.
- Hausie (n. d.). Retrieved from <http://hausie.com/3d-print>

- ted-design-sculpting-outside-the-box/
- Jang, M. H. (2000). A study on the meaning of ornament in the present age. Unpublished master's thesis, Seoul National University, Seoul.
- Jung, J. W. (2014). A study on the way of revitalization for design industry of 3D printing technology. *Journal of Design Knowledge*, 31, 43-52.
- Jung, J. N. (2009). The decorative characteristics of fashion design in domestic fashion magazines. Unpublished doctoral dissertation, Kyungpook National University, Daegu.
- Jang, S. E. (2012). *Shoes design and patternmaking*. Seoul: Kyomunsa.
- Jang, G. H., & Huh, J. Y. (1992). *Shoes design*. Seoul: chohyungsa.
- Jung, H. S. (2003). *A history of fashion*. Seoul: Gyomoonsa Publishers.
- Kwon, S. W. (1999). *Design basics*. Seoul: Misinsa.
- Kim, S. A. (2005). *Understanding shoes design*. Seoul: Design bank.
- Kim, H. S., & Kang, I. A. (2015). Study on status of utilizing 3D printing in fashion field. *A Journal of the Korean Fashion & Costume Design Association*, 17(2), 125-143.
- Kim, Y. S., Kim, Y. M., & Kim, J. H. (2015). Formative characteristics of contemporary fashion shoes utilizing 3D Printing Technology. Proceedings of the Korean Society of Clothing and Textiles, Fall Conference, Korea, 214.
- Kim, Y. S., Lee, J. A., Kim, J. H., & Jun, Y. S. (2015). Formative characteristics of 3D printing fashion from the perspective of mechanic aesthetic. *The Research Journal of the Costume Culture*, 23(2), 294-309.
- Kim, J. Y. (2010). A study on the trend of fashion shoes : Focused on 2008~2010 fashion collection. *Korean Design Knowledge Journal*, 14, 56-69.
- Kim, E. Y., & Lee, M. S. (2010). A study on the footwear design of fashion collections-focused on the Paris · Milano · New York · London collections from 2001 S/S to 2008 F/W. *The Korean Society of Fashion Design*, 10(1), 1-19.
- Kim, M. J., Choi, H. S., & Lee, H. J. (2001). A study on the history of western Shoes and their aesthetic value. *Journal of the Korean Society of Costume*, 51(5), 157-173.
- Kim, S. Y. (2012). A study of cut-out designs in contemporary fashion. *The Research Journal of the Costume Culture*, 20(1), 36-48.
- Kim, S. Y. (2015). Formative characteristics of art heel shown in fashion collections -Focusing on fashion collections from 2008S/S to 2015F/W-. *The Journal of Korean Society of Design Culture*, 21(3), 115-128.
- Kim, H. R., & Cha, N. S. (2014). *How to make shoes patterns*. Seoul: Iljinsa.
- Ko, Y. W. (2000). *The dictionary of contemporary design*. Seoul: Ahngraphics.
- Krassenstein, E. (2015, March 27). Iris van Herpen Teams with 3D Systems to Create Mesmorizing Crystalline 3D Printed Dress & Shoes. *3dprint*. Retrieved from <https://3dprint.com/53854/iris-van-herpen-3d-fashion/>
- Krassenstein, E. (2015, April 25). *3dprint*. Retrieved from <https://3dprint.com/60746/zoe-dai-3d-printed-shoes/>
- Krassenstein, E. (2014, May 21). *3dprint*. Retrieved from <https://3dprint.com/4131/3d-t-rex-remix/>
- Krassenstein, B. (2014, August 29). *3dprint*. Retrieved from <https://3dprint.com/13286/miss-america-bridges-3d-print-shoes/>
- Lee, J. S., Kim, K. A., & Hwang, S. J. (2015). A study on the development of fashion products based on 3D printing. *A Journal of Brand Design Association of Korea*, 13(1), 147-162.
- Lee, J. H., Kim, J. E., Yang, E. K., Min, S. Y., Sun, Z. Y., & Lee, E. H. (2016). Atypical forms of 3D printing fashion accessories according to the digital design methods. *The Korean Society of Fashion Design*, 16(1), 1-16.
- Lee, S. A. (2004). Study of beads decoration design expressed with modern fashion : centering around Paris, Milan, New York, London collection from 2000 to 2004. Unpublished master's thesis, Hong Ik University, Seoul.
- Lee, Y. J., & Lee, K. H. (2005). Study of a new paradigm of product design in the age of information network -focused on direct digital manufacturing used on B to C to B design-. *Korean Society of Basic Design & Art*, 16(3), 429-439.
- Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *The new world of 3d printing*(S. Y. Kim & I. H. Kim, Trans.). Seoul: Hansmedia(Original work published 2013)
- Lee, K. B. (2001). *Shoes : of shoes, for shoes design, by shoes designer*. Seoul: Munwhamadang.
- Lee, H. J. (2009). A study on the formativeness of the fashion shoes in high fashion. *Journal of the Korean Society of Costume*, 59(9), 55-70.
- Lucy, P. & Linda, W. (2005). *Shoes* (H. S. Kim, Trans.). Seoul: Jakkajingsin (Original work published 1999).
- Mocoloco. (2014, December 31). Retrieved from <http://mocoloco.com/12-shoes-x-12-lovers-by-sebastian-errazuriz/>
- Mcdowell, C. (1994). *Shoes: fashion and fantasy*. London: Thames & Hudson.
- Nelly. (2014, May 26). Safa Şahin: Shoes, tech, paintings, 3D printing and photography *Ozon*. Retrieved from <http://el.ozonweb.com/art/safa-sahin-shoes-tech-paintings-3d-printing-and-photography>

- Noh, S. W. (2014). *3D printer practical use guide book*. Seoul: Mechapia.
- "RE-INVENTING SHOES". (2015, April 14). Pushing the boundaries of shoe design with the latest materials and most advanced 3D printing technology. *Unitednude*. Retrieved from <http://www.unitednude.com/news/2015/re-inventing-shoes-62>
- Park, E. S. (1989). Costume design by adapting geometric form : With a circle, a triangle, a quadrangle as the central figures. Unpublished master's thesis, Ewha Womans University, Seoul.
- Perepelkin, P. (2013, July 2). 3D Printed Shoes at the Iris van Herpen F/W Couture Collection. *Additivefashion*. Retrieved from <http://www.additivefashion.com/3d-printed-shoes-at-the-iris-van-herpen-fw-couture-collection/>
- Rhinecapital. (2015a, May 29). Retrieved from <http://www.rhinecapital.com/3d-printed-shoes-l-re-inventing-shoes/>
- Rhinecapital. (2015b, May 29). Retrieved from <http://www.rhinecapital.com/3d-printed-shoes-l-re-inventing-shoes/>
- Rhinecapital. (2015c, May 29). Retrieved from <http://www.rhinecapital.com/3d-printed-shoes-l-re-inventing-shoes/>
- Rajsic, I. (2014, August 30). 3dprint. Retrieved from <https://3dprint.com/13335/3d-printed-heels/>
- Rapidreadytech. (2015, August 12). Retrieved from <http://www.rapidreadytech.com/2015/08/3d-printing-twisted-shoes/>
- So, M. H. (2000). A study on design methods and process in dwelling aggradation for the common territory of high-rise collective housing. Unpublished master's thesis, Ewha Womans University, Seoul.
- Sher, D. (2014, June 16). A Modern Myth: the Continuum of Prêt-à-Porter 3D Printed Shoes. *3dprintingindustry*. Retrieved from <http://3dprintingindustry.com/2014/06/16/modern-myth-continuum-pret-porter-3d-printed-shoes/>
- Shoespost. (2015, February 13). Retrieved from <https://shoespost.com/cristina-franceschini-design/>
- Turner Wilcox, R. (1948). *The mode in footwear: from antiquity to the present day*. New York: Charles Scribner's Sons.
- Unitednude. (2014, November.). Retrieved from <http://www.unitednude.com/news/2014/coral-shoes-55>
- Virtualshoemuseum. (n.d.-a). Retrieved from <http://www.virtualshoemuseum.com/iris-van-herpen/capriole>
- Virtualshoemuseum. (n. d.-b). Retrieved from <http://www.virtualshoemuseum.com/fernando-romero/ammonite>
- Virtualshoemuseum. (n. d. -c). Retrieved from <http://www.virtualshoemuseum.com/victoria-spruce/sienna>
- Virtualshoemuseum. (n. d. -d). Retrieved from <http://www.virtualshoemuseum.com/anastasia-radevich/kinetic-ankle-boot>
- Virtualshoemuseum. (n. d. -f). Retrieved from <http://www.virtualshoemuseum.com/safa-sahin/cupcake>
- Virtualshoemuseum. (n. d. -g). Retrieved from <http://www.virtualshoemuseum.com/francis-bitonti/mutation>
- Virtualshoemuseum. (n. d. -e). Retrieved from <http://www.virtualshoemuseum.com/united-nude/beyond-wilderness>
- Whi, K. H. (2014). A comparative study on 3-dimensional printing technologies used in jewelry designing. *Study of Art & Design*, 17(1), 137-161.
- Yang, H. Y., & Yang, S. H. (2008). A study on the continuity expressed in modern fashion design : Focusing on the continuance theory of H. Bergson and the continuity theory of J. Deleuze. *Journal of the Korean Society of Costume*, 58(2), 15-33.
- Yang, J. W. (2013). A Study on the fashion design adapting three-dimensional digital printing technology. Unpublished master's thesis, Hongik University, Seoul, Korea.
- Yoo, J. H. (2012). Exaggeration shown in contemporary knit fashion. Unpublished master's thesis, Hanyang University, Seoul.
- 3ders. (2012, September 19). Retrieved from <http://www.3ders.org/articles/20120919-conceptual-footwear-fuses-classic-design-with-3d-printed-nylon-soles.html>
- 3ders. (2014, December 30). Retrieved from <http://www.3ders.org/articles/20141230-professional-origami-artist-uses-3doodler-pen-to-create-high-heel-shoe.html>
- 3ders. (2013, July 17). Retrieved from <http://www.3ders.org/articles/20130717-bone-inspired-3d-printed-pumps-by-london-designer-chaemin-hong.html>
- 3dprintingindustry. (2014a, June 16). Retrieved from <http://3dprintingindustry.com/news/modern-myth-continuum-pret-porter-3d-printed-shoes-28351/>
- 3dprintingindustry. (2014b, October 14). Retrieved from <http://3dprintingindustry.com/news/3d-shoes-design-3d-printed-34539/>