Journal of The Korea Convergence Society
Vol. 12. No. 12, pp. 169-176, 2021
ISSN 2233-4890 / e-ISSN 2713-6353
DOI : https://doi.org/10.15207/JKCS.2021.12.12.169

3D프린팅 파라메트릭 패션제품 사례분석연구

안진욱[1], 장중식[2*]
[1]국민대학교 테크노디자인전문대학원 제품이노베이션학과 석사과정, [2]국민대학교 공업디자인학과 교수

Case Analysis Study on 3D printed parametric Fashion Products

Jin-wook Ahn[1], Joong-sik Jang[2*]
[1]Master's Course, Dept. of Product Innovation Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin University
[2]Professor, Dept. of Industrial Design, Graduate School of Techno Design, Kookmin University

요 약 본 연구는 파라메트릭 디자인 기반의 3D프린팅 패션제품이 늘어나고 있는 가운데, 3D프린팅 파라메트릭 패션제품의 조형성을 탐구하는 것을 목표로 한다. 연구방법으로, 이론적 고찰을 실시하고 3D프린팅 파라메트릭 패션제품의 조형성을 도출한뒤, 3D프린팅 파라메트릭 패션제품의 사례를 수집하여 의류, 신발, 악세사리 총 3가지 유형으로 살펴보았다. 연구결과, 형태적으로는 자연물을 모티브로한 형태를 확인할 수 있었고, 구조적으로는 경제적인 최적구조와 어셈블리구조, 자연물 구조를 확인하였으며 소재의 경우는 복잡형상 구현을 위한 정밀소재를, 색채의 경우는 단색, 무채색 계열과 자연색조합을 사용한다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서 제시한 3D프린팅 파라메트릭 패션제품의 조형성에 대한 이해를 통해 파라메트릭 기반 패션제품의 확산과 조형적 흐름을 이해하는데 기초자료로 사용되기를 기대한다.

주제어 : 3D프린팅, 파라메트릭, 패션, 디지털제조, 조형성

Abstract This study aims to explore the formativeness of 3D printed parametric fashion products while parametric design-based 3D printed fashion products are increasing. As a research method, theoretical review was conducted and formative properties of 3D printing parametric fashion products were derived, and cases of 3D printing parametric fashion products were collected and examined into three types of clothing, shoes, and accessories. As a result of the study, it was possible to confirm the shape with the motif of a natural object, and structurally, the economical optimal structure, assembly structure, and natural structure were confirmed. was found to use natural and achromatic colors. Through the understanding of the formativeness of 3D printing parametric fashion products presented in this study, it is expected that it will be used as basic data to understand the spread and formative flow of parametric-based fashion products.

Key Words : 3D Printing, Parametric, Fashion, Digital Manufacturing, Formation

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

제품을 제조하는 방식은 시대가 지남에 따라 다양하게 변화해왔다. 가내수공업에서 대량생산 체제를 지나 디지털 제조라는 새로운 방식으로 우리 삶을 변화시키고 있다. 디지털 제조(Digital Manufacturing)란 제작하려는 제품을 디지털 파일로 변환하여 어디서든 시공간에 구애받지 않고 제작 할 수 있는 제조방식을 말한다[1]. 디지털 제조를 기반으로한 3D프린팅 기술은 공장에서 제조된 기성품을 단순히 사는 소비하는 문화에서 자신의 개성을 드러내고 직접 생산할 수 있는 주체적인

*This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) Grant funded by the Korean. Government(MSIP) (No. Grant Number - 2015R1A5A7037615).
*Corresponding Author : Jung-Sik Jang(kmjanggo@kookmin.ac.kr)
Received October 1, 2021 Revised December 1, 2021
Accepted December 20, 2021 Published December 28, 2021

생산문화로 바꾸고 있다. 현재 패션디자인 분야에서는 3D프린팅을 활용하여 형태적, 재료적 특성을 의류, 신발, 악세서리 등의 패션 제품에 적용하는 연구가 활발히 이루어 지고 있다[2].

디지털 제조방식 중에서도 파라메트릭 디자인 기법을 기반으로한 3D프린팅 패션 제품들은 기존의 일반적인 디자인 프로세스에 따른 패션 제품들과 많은 차이를 보이는데, 특히 외형적으로 차별화된 구조와 형태를 띠고 있기 때문이다. 이는 파라메트릭 모델링의 방식은 기존 대비 형태를 구성함에 있어서 확장성과 유연성이 있기 때문이며, 3D프린팅의 다양한 소재와 색상 적용이 가능했기 때문이다. 3D프린팅이 패션디자인 분야에서 더 활발히 연구되기 위해서는 파라메트릭 패션디자인 제품의 조형적 요소들에 대한 연구가 필요하다. 그러나 아직까지 파라메트릭 패션제품의 조형성에 대한 연구가 충분히 이루어지지 않고 있다.

이에 본 연구는 3D프린팅으로 만들어진 파라메트릭 디자인 패션제품들의 사례를 수집하고 조형적 특징을 분석하여 제시하고자 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구를 위한 방법은 다음과 같다. 첫째, 선행연구 및 관련 문헌자료를 바탕으로 3D프린팅, 파라메트릭 디자인, 조형성에 대한 이론적 개념을 고찰한 뒤 파라메트릭 패션제품에 대한 조형성을 도출한다. 둘째, 국내외 논문 및 학술지, 기사, 인터넷 키워드 검색과 웹사이트를 통하여 3D프린팅으로 제작된 파라메트릭 패션 제품 사례를 선정하고 앞서 도출한 조형적 요소를 기반으로 분석한다.

2. 이론적배경

2.1 3D 프린팅 정의 및 기술 구현방식

3D프린팅 기술은 3차원으로 설계된 디지털 데이터를 바탕으로 액체, 파우더, 금속 등의 재료를 연속적으로 쌓아 입체물을 제조하는 적층기술을 말한다. CNC, 레이저조각기 등을 사용하여 입체물을 깎는 절삭가공과 반대의 개념으로, 쾌속 조형 기술(Rapid Prototype), 혹은 적층가공(Additive Manufacturing)이라고 불린다[3]. 적층가공은 절삭가공에 비해 재료절감과 가공형태의 제약이 없다는 장점이 있다.

2.2 3D프린팅 조형 방식 및 소재

3D 프린팅 기술은 조형 방식에 따라 분류할 수 있다. 가장 보편적으로 사용되는 방식은 SLS, SLA, FDM[4], 이며 근래에는 PJT방식도 패션분야에서 많이 사용된다[5]. SLS(Selective Laser Sintering)는 파우더 형태의 소재 위에 레이저 빔을 투사하여 입체조형하는 방식이며 나일론, 금속 분말 등의 다양한 소재와 색상이 적용되고 있고 탄성과 유연성이 우수하여 패션분야를 포함한 다양한 분야에서 많이 사용되고 있다[6]. SLA(Stereo Lithography Apparatus)는 광경화성 수지에 레이저빔이나 UV자외선을 투사하여 수지를 경화시켜 적층해 조형물을 제작하는 방식이다. 표면조도가 우수하여 정교하지만 재료와 색상 표현이 한정적이라 실용적인 의류제작에 잘 사용되지 않는다. FDM(Fused Deposition Modeling)는 필라멘트 형태의 재료를 헤드를 통하여 고온으로 녹여서 적층시키는 방식이다. 필라멘트는 PLA, ABS, TPU 등의 재료를 많이 사용하며 현재 개인용, 교육용 3D프린터로서 가장 많이 사용되고 있다. PJT(Photopolymer Jetting Technology)방식은 액체 폴리머 재료를 헤드를 통하여 레이어 형상 별로 분사하고, UV램프로 경화시켜 적층하는 제작방식을 말한다. 고정밀도의 표면 조도가 좋은 결과물을 얻을 수 있고 광범위한 색상 적용과 경도에 따라 재료를 혼합하는 것이 가능하여 높은 미적요소를 구현할 수 있다는 장점이 있다. 이에 PJT방식은 제조용 툴 제작 뿐만 아니라 많은 패션전시를 위한 제품제작에도 사용되고 있다.

2.3 파라메트릭 디자인

파라메트릭 디자인은 객체와 객체끼리 연결되는 관계성을 논리적으로 정의하고 수학적인 알고리즘을 만들어 이를 기반으로 컴퓨터 연산을 통해 자동으로 형상을 생성해내는 방식이다[7]. 즉, 파라메트릭 디자인은 매개변수를 활용하여 디자인을 하는 것으로서 복잡한 데이터에 대해 빠른 수정과 즉각적인 피드백이 가능하며 설계에 필요한 논리적인 데이터들을 수집할 수 있다는 장점이 있기 때문에 기계설계, 건축디자인, 제품디자인 등의 다양에 분야에 적용되고 있다.

2.4 패션디자인에서의 조형성

선행연구 결과 패션디자인에서의 조형성 요소는 다음과 같다.

Table 1. Formative elements in fashion design

Author	Formative Elements
LEE.E.Y (1983)	Line, Color, Material
	Structural Design, Decorative Design, Pattern
KIM.M.J (2009)	Form, Color, Material, Decorative Pattern
YOO..H.J (2001)	Form, Color, Material, Decoration
SONG.A.R (2016)	Form, Material, Detail, Color
KIM.S.Y (2017)	Form, Color, Material, Pattern, Detail, Pattern Technique, Illustration

패션디자인에서의 조형성을 살펴보면 이은영(1983)은 선, 색채, 재질로 구성되거나 구조적 디자인, 장식적 디자인, 무늬로 구성된다고 말한다[8]. 김민자(2009)는 형태, 색채, 소재, 장식무늬로 보았으며[9], 유현정(2001)은 형태, 색채, 소재, 장식으로 보았다[10]. 송아라(2016)은 형태, 소재, 디테일, 컬러로 보았으며[11], 김선영(2017)은 형태, 색상, 소재 ,문양, 디테일, 패턴 테크닉, 활용 일러스트로 보았다[12]. 위의 선행연구 내용들의 공통기준들을 토대로, 본 연구자는 3D프린팅 파라메트릭 패션제품의 조형성을 형태, 구조, 소재, 컬러, 총 네가지의 요소로 추출하였다.

3. 3D프린팅 파라메트릭 패션제품 사례분석

3.1 사례분석의 틀

3D프린팅 파라메트릭 패션제품의 조형성 연구를 위해 사례분석을 진행할 제품유형을 의복, 신발, 악세서리로 분류하였으며, 3D프린팅 및 파라메트릭 디자인 전문사이트 너버스시스템(n-e-r-v-o-u-s.com)에서 판매&제작하고 있는 제품군의 유형을 정리하여 따랐다. 사례 수집은 2021년 9월~11월사이, 주요포털 사이트 구글과 네이버, 핀터레스트, 너버스시스템에서 parametric fashion, parametric fashion product의 용어로 검색하였다. 중복되거나 유사 디자인을 제외한 총 92개 사례 중 디자인 패턴 형태가 서로 다른 7종을 종합적으로 정리하여 도출하였고 선행연구에서 도출한 조형성을 기준으로 3D프린팅 파라메트릭 패션제품의 조형적 특징을 분석하였다.

3.2 Madagascan Sunset Butterfly

Fig. 1. Julia Koerner, 2018

오스트리아 건축가 Julia Koerner가 마다가스카르 일몰 나비의 날개 강모 구조를 모방하여 파라메트릭 기반의 알고리즘을 사용하여 디자인한 사례이다[13]. 외형적으로는 나비의 날개 모습과 유사한 형태를 띠고 있으며 강모구조는 반복적이고 서로 다른 길이의 유기적 연결로 표현되었다. Stratasys의 Polyjet J750의 프린터를 사용하여 출력하였으며 단단하고 투명하여 아크릴과 유사한 VeroClear라는 소재를 사용하여 출력되었다. VeroClear소재는 다른 재료와의 혼합성이 좋고 투명도와 색조, 경도를 다양하게 표현할 수 있기 때문에 나비의 강모구조가 가지고 있는 흰색, 검정, 주황 빛의 색상 조합을 유연하고 정밀하게 표현할 수 있다. 또한 해당 사례의 모티브가 되는 자연물인 나비는 구조색이라고 불리는 색상 표현방법을 사용하는데, 이는 물질이 특정 색소를 가지고 있는 것이 아닌 물질이 가지는 그 자체의 구조적 특성만으로 빛을 반사시켜 색상을 표현하는 것을 말한다. 이는 3D프린팅 방식과 소재기술이 정교해짐에 따라 다양하고 복잡한 미세 구조에 대한 파라메트릭 설계의 중요성이 커진다는 것을 말해주며 구조 설계에 따라 유연하고 다채로운 색상 표현이 가능함을 시사한다고 볼 수 있다.

3.3 Kinematic Petal Dress

Fig. 2. Jessica Rosenkrantz, 2016

보스턴 미술관(MFA)이 Techstyle 전시를 위해 드레스 제작을 파라메트릭 디자인 전문업체 Nervous Systems에 의뢰한 사례이다[14]. 형태적으로는 꽃잎, 깃털, 비늘 등의 자연물의 영감을 받았고 반복되는 비선형적인 형태를 통해 표면을 구성하였다. 또한 구조적으로 꽃잎이 연결되는 프레임의 모듈화를 통해 가변적 구조를 사용하였다. 이는 착용자의 움직임에 따라 달라지는 신체 굴곡에 부합할 수 있는 맞춤성의 가치를 제공한다고 볼 수 있으며 프레임을 접어 출력함으로 부피를 줄이고 한번에 출력하여 제작 효율성을 높였다고 볼 수 있다. 꽃잎과 프레임의 결합성은 꽃잎의 형태를 바꿀 수 있다는 디자인의 다양성을 제공한다. SLS방식으로 나일론 소재를 사용하여 출력되었으며 나일론의 강한 내구성과 유연성을 이용하여 출력 후에 열을 가해 붉은색으로 염색되었다. 이에 초기 3D출력시에는 염색이 잘 될 수 있도록 흰색의 나일론 소재가 사용되었다. 3D출력 후 2차 후처리 단계가 있는 경우, 가공의 용이성을 고려한 적절한 소재 선택이 중요함을 말해준다.

3.4 Data-customized midsoles with New Balance

Fig. 3. New Balance, 2015

신발브랜드 New Balance와 Nervous Systems가 협력하여 개발한 3d프린팅 고성능 미드솔 러닝화이다[15]. 실시간으로 변화하는 가변적인 힘에 대해 반응할 수 있는 미드솔의 구조를 디자인 한 사례이며 구조자체가 디자인된 형태로서의 역할을 한다. 미드솔의 형태는 나무와 뼈와 같이 자연에서 볼 수 있는 발포체의 구조를 띠고 있다. 자연에서의 이러한 발포체 구조들은 종류가 다양하여 소재의 물성에 따라 적절한 구조를 매치시킬 수 있다는 장점이 있으며 발포체의 밀도를 조절하여 가변적인 힘에 대응할 수 있다는 장점이 있다. 위 제품은 높은 탄성과 우수한 강도를 지닌 엘라스토머 파우더 소재를 사용하여 SLS방식으로 제작되었고 불투명한 흰색 소재를 사용하여 발포구멍의 다양한 크기와 형태를 시각적으로 더 잘 드러낸다.

3.5 Ammonite Shoes

Fig. 4. Ben Van Berkel, 2015

건축가 Fernando Romero가 디자인한 신발로 2015년 밀라노 Re-Inventing Shoes collection에서 전시되었다[16]. 화석화된 암모나이트의 나선 껍질을 모티브로 삼았으며 발과 발목을 완전히 덮는 오각형의 형태를 지닌다. 밑창과 굽이 일체형으로 되어있는 웨지(wedge)구조로 되어있는데, 강도향상을 위해 비선형적이고 유기적인 홀 패턴을 연속적으로 배열함으로 신발 전체가 연결되어 구조적으로 높은 강도를 유지한다는 특징을 지닌다. 자연물이 주는 강렬한 느낌을 강조하기 위해 붉은 색상의 나일론 소재와 TPU를 신발 내,외부에 적용하였다. 기존 신발(힐)이 분리된다는 형태적 고정관념을 탈피했으며 파라메트릭 설계로 구조적인 통합과 강도유지, 유기체적 나선홀의 심미성을 극대화한 사례라고 볼 수 있다.

3.6 Cell Cycle Jewelry

Fig. 5. Nervous System, 2010

방산충의 미세한 껍질에서 영감을 받아 제작된 3차원 세포모양의 반지이다[17]. 2중 레이어에 적용된 비선형적인 보로노이 구조는 전통제작으로는 할 수 없는, 공간감이 느껴지는 복잡한 형상이며 동시에 3D프린터로 제작시 지지대 없이 한번에 출력이 가능한 효율적인 구조를 보여주고 있다. 색상은 소재에 따라 달라지는데, 스테인리스와 청동을 주조하여 노란 빛을 띰과 동시에 앤티크한 느낌을 준다. 또한 악세사리 제작에 자주 사용하는 스털링 실버(은 합금)를 재료로 사용하는 경우에는, 왁스 소재로 반지를 3D프린팅하고 이후에 스털링 실버를 주조하여 스테인리스 보다 표면이 더 매끄럽고 밝은 은색을 띤다. 이와같이 형상과 구조는 심미성과 제작의 용이성에 관여하며 금속에서의 색상은 3D프린터의 소재 자체만으로 표현하지 않고 2차 가공을 통하여 색상이 정해지게 된다고 볼 수 있다.

3.7 Florescence Jewelry

Fig. 6. Nervous System, 2015

꽃과 해파리의 팔주름에서 영감을 받은 형태이며 웨이브 형태의 기하학적이고 유기적인 구조가 특징이다[18]. 파도와 같은 주름을 중력방향에 따라 자연스럽게 아래로 떨어지도록 디자인함으로 공간을 만들고, 목에 자연스럽게 걸칠 수 있는 드레이프 스타일로 패턴을 생성한다. 주름과 같은 패턴 요소를 물리법칙에 따라 크기, 밀도, 휨 정도를 조절하여 디자인함으로 조형적인 안정감과 자연스러움을 제공한다. SLS방식으로 흰색, 분홍색, 검은색 나일론 소재를 사용하여 제공되며 매끄럽고 밝은 색상의 스털링 실버 색상도 제공된다. 흰색, 분홍색 등의 색상은 꽃과 해파리라는 이미지를 잘 반영할 수 있는 색상으로 선택된 것으로 보이며, 소재 또한 반복적이고 유기적인 구조를 잘 반영할 수 있는 나일론 탄력 소재를 사용한 디자인이다.

3.8 Dragonfly 3D Printed Dress

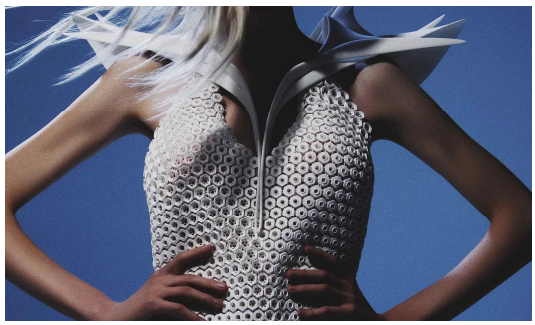

Fig. 7. Oleg Soroko & Mintsev Kirill, 2019

러시아의 두 아티스트 Oleg Soroko와 Mintsev Kirill가 디자인 한 것으로, 체인메일이라는 프레임과 헥사곤 모양의 타일이라는 두가지 유형의 파라메트릭 디자인이 결합되었다[19]. 형태적으로, 잠자리의 영감을 받아 날개를 연상하게 하는 뾰족한 깃이 어깨를 감싸며 무수히 많은 헥사곤 형태의 타일이 몸을 이루고 있다. 또한 신체 굴곡에 따라 연결되는 타일의 내부홀의 크기를 다르게 하여 시각적인 흐름을 유도하는 효과가 있다. 구조적으로는 체인메일 형태의 프레임과 헥사곤 타일이 결합될 수 있는 swivel joint가 사용되었으며 프레임과 타일 모두 기하학적인 구조를 가지고 있다. 프레임과 타일의 결합방식을 통해서 다른 형태(패턴)의 적용이 가능하여 다양한 디자인 제공이 가능하다. 사용된 소재는 나일론으로 SLS 방식으로 출력되었으며 헥사곤 타일의 홀 크기 변화를 신체와 대비하여 부각되도록 타일을 불투명한 흰색을 사용한 것으로 보인다. 전체적으로, 잠자리 형태와 반복적인 기하학구조에 따른 시선유도, 불투명한 흰색 소재의 조합은 미래지향적이고 강렬한 느낌을 불러일으킨다.

Table 2. Common Features between cases

Formativeness	Common Feature
Form	Natural Objet
Structure	Supportless
Material	Highly precise
Color	Solid, Achromatic, / Natural Objet color set

Table 3. Individuality between cases

Formativeness	Case	Individuality
Form	2,7	A form that induces the flow of gaze
	6	Formative stability based on the laws of physics.
Structure	2,7	Assembly structure, Customized Structure
	3	The optimal foam structure for a specific material.
	4	Integrated structure.
Material	5	The use of mixed metals to increase strength.
	2,5	The use of material that consider post-processing
Color	1	It implies the possibility of Structural Coloration / Applying multiple colors within a single structure

3.9 사례분석결과

본 연구를 통해 3D프린팅을 활용한 파라메트릭 3D 프린팅 패션제품사례들을 분석해 보았으며 형태, 소재, 구조, 컬러를 중심으로 조형성 분석을 하였다. 그 결과 다음과 같이 4가지 특징으로 분류할 수 있었다.

첫째, 형태적으로는 의복, 신발, 악세서리 세가지 유형의 패션제품에서 공통적으로 자연물을 모티브하여 제작되는 사실을 확인할 수 있었다. 의복의 경우, 유기체적 구조 표현과 자연물을 연상시키는 의복의 부분 변형을 통해 자연물에 가까운 사실적이고 정밀한 표현이 가능하며 구조를 의도적으로 변형함으로 시선의 흐름을 유도하였다. 이는 기존의 직물중심 방식으로 할 수 없는 새로운 표현이 가능해짐을 말해준다. 신발과 악세서리는 기본 형태 내에서 자연물의 비선형적이고 유기적인 구조의 반복을 형태로서 확대하여 표현하였음을 확인하였다.

둘째, 구조적으로는 세가지 패션유형에서 공통적으로 3D출력시 서포트를 발생시키지 않는 최적 구조로 설계되었음을 확인하였다. 이는 시간과 비용을 절감하고 정밀한 표면을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 또한 파라메트릭 변수 설계를 통해 사용자 맞춤성을 제공할 수 있었다. 의복 유형에서는 유닛과 프레임의 결합이라는 어셈블리 구조가 있었고 이를 통해 신체 굴곡에 따른 맞춤성을 제공하였고, 신발과 악세서리에서는 자연물 구조(발포체 구조, 해파리 팔주름구조, 방산충 구조)를 기반으로 하되 물리적 움직임, 신체 치수를 고려하여 맞춤제작이 가능했다. 또한 자연물 구조의 탐색은 특정 소재의 물성을 극대화할 수 있는 구조를 발견할 수 있도록 아이디어를 제공한다.

셋째, 소재의 측면에서, 복잡하고 반복적인 파라메트릭 형태와 구조를 구현하기 위한 정밀한 소재의 선택을 확인할 수 있었다. 세가지의 패션유형에서 전반적으로 SLS방식의 나일론 소재를 사용했다는 것을 알 수 있었는데, 이는 나일론의 강한 내구성과 높은 혼합성과 유연성은 투명도와 색조, 경도를 의도에 따라 조절할 수 있고 이를 통해 정밀한 결과물을 제작할 수 있다는 장점이 있다. 스테인리스로 만든 반지의 경우는 2중 보로노이 레이어 구조의 정밀도를 높이기 위해 스테인리스와 청동을 섞어 제작되었다. 디자이너의 디테일하고 복잡한 요구사항을 충족시키기 위해 물성, 혼합성, 내구성 등의 측면에서 소재 발전의 중요성이 더 커질 것으로 보인다.

마지막으로 색채의 경우, 무채색 혹은 단색과 자연색 조합의 사용을 많이 사용한 것을 알 수 있었다. 자연물의 구조가 디자인의 주 요소로 사용되는 경우에는 구조의 비선형적인 굴곡 혹은 타공을 효과적으로 보여줄 수 있는 무채색, 혹은 단색 계열의 색상을 사용하였음을 확인할 수 있었다. 그리고 자연물의 형태를 디자인의 주 요소로 사용하는 경우에는 본래 자연물이 가지고 있는 단일 색상, 혹은 자연물 색상 조합을 차용하는 것을 확인할 수 있었다.

4.결론

3d프린팅 기술과 파라메트릭의 디자인의 중요성이 커짐에 따라 3d 프린팅 파라메트릭 패션 제품들이 많이 연구되고 있다. 이에 본 연구에서는 파라메트릭 패션 제품의 조형성을 알아보는 연구를 진행하였다. 이론적 고찰을 통해 3D프린팅 기술적 원리와 유형을 알아보았고 파라메트릭 디자인의 정의 및 특징과 패션디자인에서의 조형성을 알아보았다. 이론적 고찰을 통해 3d프린팅 파라메트릭 패션제품의 조형성을 도출하였으며 사례분석을 통해 도출한 조형성으로 사례별 분석을 진행하였다. 그 결과, 도출된 사례별 파라메트릭 패션제품의 조형성은 다음과 같다.

첫째, 자연물을 모티브로 한 유기적이고 비선형적 형태들을 많이 확인할 수 있었고 두 번째로는 서포트를 발생시키지 않는 최적구조와 어셈블리 구조, 자연물 구조를 확인할 수 있었다. 셋째, 소재의 측면에서는 복잡형상을 위한 정밀소재를 사용했으며, 마지막 색채에서는

무채색과 자연색을 많이 활용했음을 알 수 있었다.

본 연구의 제한점으로는 3D프린팅 파라메트릭 패션제품의 조형적 요소들을 분석함에 있어서 최대한 객관성을 유지하려고 했으나, 주관적인 견해가 포함되었을 가능성을 배제할 수 없음을 밝힌다.

본 연구에서 제시한 3D프린팅 파라메트릭 패션제품의 조형성에 대한 이해를 통해 파라메트릭 기반 패션제품의 확산과 조형적 흐름을 이해하는데 기반이 될 것이다. 특히 3D프린팅 기술발전과 소재 개발이 진행될수록 파라메트릭 패션제품의 조형성이 어떻게 변화, 발전하는지 지켜보는 것이 중요할 것이다. 또한 자연물의 유기체 구조의 이용이 파라메트릭 디자인의 조형성에서 상당히 중요한 요소를 차지하기 때문에, 더 많은 자연물의 유기체 구조를 탐색하거나 자연물이 아닌 건축과 같은 기하학적 원리에 입각하여 조형성을 연구하는 것도 의미가 있을 것이다.

REFERENCES

[1] H. Y. Jeong. (2016). The Current Status of 3D Printing Use in Fashion Industry and Utilization Strategies for Fashion Design Departments. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association, 18(3),* 245-260.

[2] J. S. Lee. (2015). A Study On the development of Fashion Products based on 3D Printing, *A Journal of Brand Design Association of Korea, 1(13),* 147-162.
DOI : 10.18852/bdak.2015.13.1.147

[3] S. H. Kim. (2016). 3D Printing Technology in Fashion Industry. *The Korean Society of Clothing and Textiles, 13,,* 60-65.

[4] S. Y. Park. (2016). A Case Study on Collaborations in 3D Printing Fashion. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association, 66(7),* 124-138.
DOI : 10.7233/.2016.66.7.124

[5] H. S. Kim. (2015). Study on Status of Utilizing 3D Printing in Fashion Field. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association, 17(2),* 125-143.

[6] Y. R. Park. (2015. July). 3D printing animation. *3D Printing Korea, 7, p54*

[7] S. W. Jeong. (2019). A Method of Hole Pattern Design of Products Using Parametric Design.,. *Journal of Industrial Design Studies, 13(4),* 85-96.
DOI : 10.37254/ids.2019.12.50.08.96

[8] E. Y. Lee. (1983). *Fashion Design,* Seoul: Gyomoon Publishing.

[9] M. J. Kim. (2009). *The essence of Korean Fashion Design,* Seoul: Snupress Publishing.

[10] H. J. Yu. (2001). *A study on the formativeness of socks and stockings,* Master's Degree dissertation. Seoul National University, Seoul

[11] A. R. Song. (2016). A Study on the Formative characteristics of Fashion Design Using 3D Printing Technology -focusted on iris van herpen-,,. *Korea Society of Basic Design & ART 17(2),* 219-230.

[12] S. Y. Kim. (2017). Formativeness and Aesthetic Characteristics of Tsumori Chisato's Fashion Design, *Korean Journal of Human Ecology, 26(3),* 245-258.
DOI : 10.5934/kjhe.2017.26.3.245

[13] Style-In-Progress. (2020). *Fashion Is the Smallest Scale of Architecture" Julia,* Issuu [Online]. https://issuu.com/style-in-progress/docs/style_in_progress_1_2020_english_edition/s/10758457

[14] Jenna McKnight. (2016). *Nervous System creates "4D-printed" dress made of nylon petals and scales,* dezeen [Online]. https://www.dezeen.com/2016/03/08/nervous-system-4d-3d-printed-kinematic-nylon-petals-dress-fashion/

[15] Emma Tucker. (2015). *New Balance partners with Nervous System to design personalised 3D-printed trainer soles,* dezeen [Online]. https://www.dezeen.com/2015/12/06/new-balance-nervous-system-3d-printed-personalised-soles-trainers-footwear/

[16] Nina Azzarello. (2015). *united nude + 3D systems present re-inventing shoes during milan design week,* designboom [Online]. https://www.designboom.com/design/united-nude-3d-systems-re-inventing-shoes-milan-design-week-04-14-2015/

[17] Nervous System. (2009). *Cell Cycle Jewelry,* Nervous System [Online]. https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/tags/product/albums/cell-cycle-jewelry/

[18] Nervous System. (2015). *Florescence Jewelry, Nervous System.* [Online]. https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/tags/3dprint/albums/floraform-jewelry/

[19] Admin. (2019). *Dragonfly, a 3D Printed Dress*

Designed and Fabricated by Oleg Soroko and Mintsev Kirill. PA [Online]. https://parametric-architecture.com/dragonfly-3d-printed-dress/

안 진 욱(Jin-Wook Ahn) [학생회원]

· 2020년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원 제품이노베이션학과 석사과정
· 관심분야 : 제품디자인, 파라메트릭, 제너레이티브 설계, 3D프린팅, 스마트패션
· E-Mail : ahn900@hanmail.net

장 중 식(Jung-Sik Jang) [정회원]

· 1998년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 조형대학 공업디자인학과 교수
· 관심분야 : 3D프린팅, 제품디자인, 니팅머신, 스마트 팩토리
· E-Mail : kmjanggo@kookmin.ac.kr