

3D프린팅 기법의 파라메트릭 의자 유형분석에 관한 연구

박현영, 이태희*
순천향대학교 건축학과

A study on parametric chair type analysis of 3D printing technique

Hyeon Yeong Park, Tae Hee Lee*
Department of Architecture, Soonchunhyang University

요약 본 연구에서는 3D 프린팅 기술의 향상과 소프트웨어 발전에 의해 시도되고 활용되는 파라메트릭 의자 유형을 분석하였다. 3D 프린팅 기술의 특성과 현대인의 니즈에 맞춘 다품종 소량생산 방식의 파라메트릭 디자인은 사용의 범위가 확대되고 있으며 실내의 의자에서 적극적으로 시도되고 있다. 2006년부터 2022년 8월까지 시도된 56개의 파라메트릭 프린팅 의자를 대상으로 1차적으로 보로노이, 프랙탈, 너프로 구분하고 2차적으로 선, 면, 매스로 분류하였으며 최종으로 형태, 재료, 출력 방식의 3가지 유형별 특성으로 분석할 수 있었다. 결과로는 첫째, 보로노이와 프랙탈 형태에서 유기적 너프 형태의 유형으로 변화하고 있으며 둘째, 플라스틱 재료를 중심으로 점차 시멘트, 식재료, 나무, 재활용 및 친환경 플라스틱 등의 다양한 재료 사용으로 확산을 확인하였고 셋째, SLA/SLS에 비해 FDM 활용 방식이 증가하고 있었다. 3D 프린팅의 기술 발전과 형태 및 재료의 변화를 통해 제공자의 창작 의지와 사용자의 요구에 맞춰 향후 다양한 방식으로 기술이 공유될 것이다. 3D 프린팅 기술 발전에 맞춰 다양한 재료에 대한 적용 및 새로운 융합 기술 변화에 대한 심도 있는 연구가 필요함을 알 수 있었다.

Abstract This study analyzed a parametric chair design that was attempted and utilized through the improvement of 3D printing technology and the development of software. Parametric design that allows small-quantity batch production is expanding in usage range due to characteristics of 3D printing technologies and satisfaction of modern society's needs. This is being actively attempted in designing indoor/outdoor chairs. 56 parametric designs that had been attempted since 2006 were first classified as Voronoi, fractal, and NURBS and then classified into lines, faces, and masses. Lastly, they were analyzed using shape, material, and output method. As a result, firstly, the Voronoi and fractal type were shifting towards the organic NURBS type. Secondly, the use of various materials such as cement, food, wood, recycled materials, and eco-friendly plastic has gradually spread around plastic materials. Third, FDM utilization methods were increased compared to SLA/SLS. Through the improvement of 3D printing technology and changes in form and materials, the technology will be shared in various ways in the future to meet the creative will of the provider and the user's needs. In line with the improvement of 3D printing technology, in-depth study on the application of various materials and changes in new conversion technology is needed.

Keywords : 3D Printing, Furniture, Parametric, Voronoi, Fractal, Nurbs, Plastic

본 논문은 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 연구과제로 수행되었음.(22CTAP-C163801-02)

본 논문은 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Tae Hee Lee(Soonchunhyang Univ.)

email: taehee@sch.ac.kr

Received November 3, 2022

Revised January 3, 2023

Accepted February 3, 2023

Published February 28, 2023

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

현대 사회에서 3D 프린팅 기술의 성장과 발전은 전통 제작 방식으로 겪는 제조기반의 기술의 한계를 뛰어넘을 수 있도록 하는 계기가 되었다. 3D 프린팅 기술은 실내외 가구로 인식되고 있는 의자 분야에서도 가구 디자이너의 다양한 디자인적 요소와 소비자의 차별화된 니즈를 충족시킬 수 있는 대안으로 발전하고 있다. 제조기반 3D 프린팅 기술의 대표적 장점인 다품종 소량생산 시스템은 일상생활부터 건축, 자동차, 의료, 패션 분야 등 다양한 산업의 혁신을 견인하고 있다. 3D 프린터 장비가 일반 보급화 됨에 따라 전문가 기반의 전문적 기술이 아닌 사용자 위주의 포편화된 기술로써 인식의 변화가 생겼으며, 3D 프린터의 일반 보급이 확산됨에 따라 3D 모델링 데이터만 있으면 원하는 출력물을 소유할 수 있게 되었다. 하지만 단순히 편의성, 기능성만을 제공한다고 인식되어 있던 가구 분야의 의자는 과거와 달리 사회의 변화에 따른 소비자들의 관심과 인식 수준이 높아지고 있으며, 차별화된 디자인을 요구하게 되었다[1]. 사회적 변화에 따른 다양성 및 정체성(Identity)을 충족시킬 수 있는 의자의 디자인 요소는 자유도가 요구되는 파라메트릭 디자인을 요구하게 되었으며, 현재 이를 대량생산 공급체인 전통 제조방식으로 제작하기에는 비용 및 수량, 제작 기간 등의 한계에 부딪히는 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 기술로써 3D 프린팅 기술이 주목을 받고 있는 추세이다. 일반 의자의 구조나 소재 등과 같은 변화에 대한 선행연구는 다양한 방식으로 연구되었으며, 3D 프린팅된 가구는 기술적 특징이나 3D 프린팅 가구의 초기 연구가 진행되었다. 특히 파라메트릭 기법은 FDM 방식의 기술 발전과 함께 출력 방식이 용이해지고 재료가 다양해지고 있음에도 디자인 형태 및 기술방식의 흐름에 관한 연구 실적은 미비한 실정이다 [2]. 이에 본 연구는 3D 프린팅 기술을 활용한 파라메트릭 기법으로 제작된 의자의 사례 분류 및 유형 분석을 통해 디자인 유형 흐름을 파악하고 기술을 도출하여 앞으로 대두될 새로운 기술과 혁신적인 가구 디자인의 가능성 및 기준 제시를 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 3D프린팅 기술이 적용되어 가구 및 의자 디자인에 적용되는 연구이므로 시간적 범위를 두었고

전 세계적 현상을 전문분야 커뮤니티에서 사례를 도출하였다.

시간적 범위는 3D 프린팅 기술이 사용되고 발전된 시기인 2006년부터 2022년 8월(연구시점)까지의 파라메트릭 의자를 대상으로 하였다.

객관적 사례 선정을 위하여 3가지 단계로 사례 선정을 하였다. 첫 번째, 국제적 신뢰가 있는 전문분야 커뮤니티 16개 기관에서 중복 언급된 작품을 선택하고 둘째, 국내외 언론 및 기사에서 2회 이상 언급된 작품 및 설명을 기준하며 셋째, 이미 디자인가구 분야에서 유명한 작가 및 브랜드의 작품 리스트(웹페이지 등)에서 최종적으로 56개의 객관적 사례를 선정하였다.

2차원적 분석 요소로 보로노이, 프랙탈, 넵스로 구분되는 파라메트릭 요소와 조형 요소인 선, 면, 매스로 구분하여 분석하였고 형태, 재료, 출력 방식을 유형별로 분석하였다. 결론적으로 56개의 사례연구를 통해 시대의 흐름별로 3D 프린팅 기술을 활용한 파라메트릭 의자의 특징과 디자인 측면의 경향 및 기술적 동향을 파악하였다.

1.3 선행연구

3D 프린팅 기술로 제작된 가구와 관련된 선행연구를 조사한 결과, 요리스 라만(Joris Laaman)의 가구디자인에 관해 기술적 제작 방법과 가구별 재료로 사례를 분석한 이현정(2016)은 알고리즘 프로그램과 3D 프린터를 활용한 가구 디자인을 통해 출력 방식과 재료에 따른 발전 과정 및 유전공학과 생명공학, 물리학 등 과학 기술과의 협업을 통한 발전 가능성을 연구하였다[3]. 강현대(2015)는 3D 프린팅 가구 및 조명의 사례를 분석하였고 기술의 방식과 재료의 연관성을 구분하였다. 또한 조형적 특징에 따라 3D 프린팅 가구의 실용성과 사용성, 내구성으로 비교·분석하였으며, 소비자 니즈에 맞춰 다품종 소량생산이 가능한 3D 프린팅 가구의 경쟁력과 가구 분야의 변화에 대해 연구하였다[2]. 선행연구를 파악한 결과, 3D프린팅 기술의 발전과 소비자 니즈를 충족시킬 수 있는 3D 프린팅 가구에 대한 전반적인 연구는 진행되었으나 특정 요소에 대한 다양한 연구가 부족하며 선행연구는 출력 방식에 관한 연구 논문과 한정된 가구를 대상으로 하고 있다. 따라서 본 연구는 일반적으로 명명되는 3D 프린팅 가구가 아닌 특정 요소로 3D프린팅 파라메트릭 의자에 대해 연구를 진행하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 3D프린팅의 개념 및 발전현황

1986년 3D 시스템즈 척헐(Chuck Hull)의 광경화성 수지적층조형방식(SLA; Stereolithography)으로 시작된 3D 프린터는 1987년 레이저소결방식(SLS; Selective Laser Sintering)과 1989년 용착조형공정(FDM; Fused Deposition Modeling) 프린팅 방식이 개발 되었다[4]. 본격적인 3D 프린팅 분야의 발전은 2005년 마이크로 컨트롤러인 아두이노 보드 개발과 출력 방식의 특허권 만료로 시작되었으며[5] 3D 프린터의 출력 방식별 만료 시기는 Table 1과 같다. 보편적으로 압출 방식과 레이저를 이용한 소결방식이 주를 이루며, 출력하는 재료, 제작의 형태, 출력물의 용도에 따라 출력 방식이 결정된다.

Table 1. Patent year and patent expiration by 3D printer output method[5]

Output method	Patent year	Patent expiry
SLA	1984	2004
FDM	1989	2009
SLS	1994	2004

SLA와 SLS 방식은 레진과 파우더에 레이저를 투사하여 경화시키는 방법으로 적층해 나가는 방식이다. 속도가 빠르고 정밀도가 우수하나, 장비와 소재 가격이 고가이며 운영기술과 대형화가 어렵다는 단점이 있다. FDM 방식은 플라스틱 등 재료를 가는 실 형태의 필라멘트를 고열로 녹여 층을 쌓아가는 적층 방식으로 장비 가격과 유지 보수 비용이 비교적 저렴하여 대중적으로 일반화되었으며, 여러 산업 분야에서 적용되고 있다. 하지만 출력 시 외부 환경에 민감하여, 제작 시간이 많이 소요되며 완성도를 위하여 후가공이 동반되기도 한다는 단점이 있다[6,7].

2.2 파라메트릭 디자인

파라메트릭은 파라미터(parameter)에서 파생된 단어로 수학 용어인 매개변수를 뜻한다. 알고리즘으로 여러 개의 매개를 이용하여 순서와 조건의 관계를 형태화하는 것을 말한다. 건축설계 분야에서 “파라메트릭 디자인은 설계의 원형과 변종이라는 틀에서 어떤 설계 문제에 대응하는 부재나 공간의 형상을 구성하는 원리와 관계 조건을 정의하는 것이다. 즉, 어떤 형상을 직접 만드는 것이 아니라 형상의 원리를 입력하는 것이다. 이렇게 설계

를 한다는 것은 어떤 부재나 공간의 치수나 크기, 수량이 하나의 결과적 형상으로 고정되어 있는 것이 아니고 그것이 대지나 환경, 다른 부재나 공간과 어떠한 원리로 구성되는지에 대한 관계식을 표현하는 것이다[8].”라고 정의하고 있다. 이는 파라메트릭 디자인의 특성이 유기적인 형태와 패턴의 디자인 형태로 이어지고 있다는 것이다. 파라메트릭 기법은 일반적 지식 또는 수치적 접근 방식으로 구분할 수 있다. 일반적 지식은 비정형 디자인에 내재된 논리를 분석하여 규칙적으로 형상을 단계적으로 만드는 방법이다. 수치적 접근의 방식은 수학적 기하학 개념의 점, 선, 면의 방향과 크기의 수치 입력을 통한 형태 변화와 공간의 표피, 외부 요소에 의한 형태적 변화, 매개변수에 따른 연산에 의한 변화, 생물의 진화를 모방한 유기적 알고리즘에 다른 형태 형성 방법이다[9].

파라메트릭 모델링 형성 프로그램으로는 라이노(Rhinoceros)의 그래스호퍼(Grasshopper), 파라클라우드(Paracloud)등이 있으며 기하학적 모델 구조와 건물의 곡률을 결정하는 디자인에 활용되고 있다.

3. 파라메트릭 의자의 유형 분류

3.1 분석대상 및 분류체계

본 연구에 적용된 사례는 파라메트릭 방식 가구 중 3D 프린팅 기술로 제작된 의자를 중심으로 선정하였으며, 제작연도 및 재료가 노출된 3D 프린팅 의자, 3D 프린팅 기술 관련 전문 매거진 및 사이트, 작가와 기업의 자료에서 56개의 사례를 도출하였다.

(3DPrint.com, Designboom, dezeen, interiorholic., CHAIR BLOG EU, 3D Printing Industry, Architecture.com, metafor, piegatto, PDC, 월간디자인, FRIEDMAN BENDA, spade-studio, IEMAI, nagami.design, 기타...)

Table 2. Extraction of elements of classification system in terms of design according to previous studies

Parametric design elements	Researcher	Yoon Myoungchul, Koh Seonglyong	Voronoy[10]
		Lee Jihyeon	Fractal, Nurbs[11]
Formative design element		Choi Seonmi	Lines, Surface, Mass[12]



Line(VL), Surface(VS), Mass(VM), Plastic(■), Reusable/Eco-friendly plastic(□), Metal(◆), Cement(●), Food ingredients(◎), Wood(▲)
 Fig. 1. Voronoi design according to 3D printing output method by year

2006년부터 2022년 8월까지의 파라메트릭 의자를 대상으로 하였으나 기간별 사용빈도의 비교를 위하여 2021년부터 2022년 8월(20개월)의 사용빈도를 2025년 까지(60개월) 3배로 보정하여 비교하였다.

1차 분류체계로 파라메트릭 의자의 디자인 요소인 보로노이, 프랙탈, 넵스로 분석하였고 2차 분류체계는 조형적 요소인 선, 면, 매스로 구분하여 연구를 진행하였다 [10-12]. 1차적 분류체계의 요소인 보로노이 다이어그램은 알고리즘에 의해 구현되는 방법 중 하나이며, 변수에 의한 형태 또는 패턴으로 디자인이 가능하고 프랙탈은 일정한 규칙을 반복하는 반복 함수(Iterated Function)에 의해 구현된다. 또한 자기 유사적이고 비선형성의 성격을 가지며 간단한 구조가 규칙적으로 반복되는 패턴으로 나타난다. 넵스(Nurbs)는 유기적인 형태생성이 가능하며, 곡선, 비정형 곡선, 곡면을 수학적으로 정확하게 정의하는 모델링 방식이다[13]. 2차적 분류체계 요소로는 3가지 형태 조형요소(선, 면, 매스)로 구별하여 분석 체계로 활용하였다.

3.2 보로노이 디자인 사례 분류

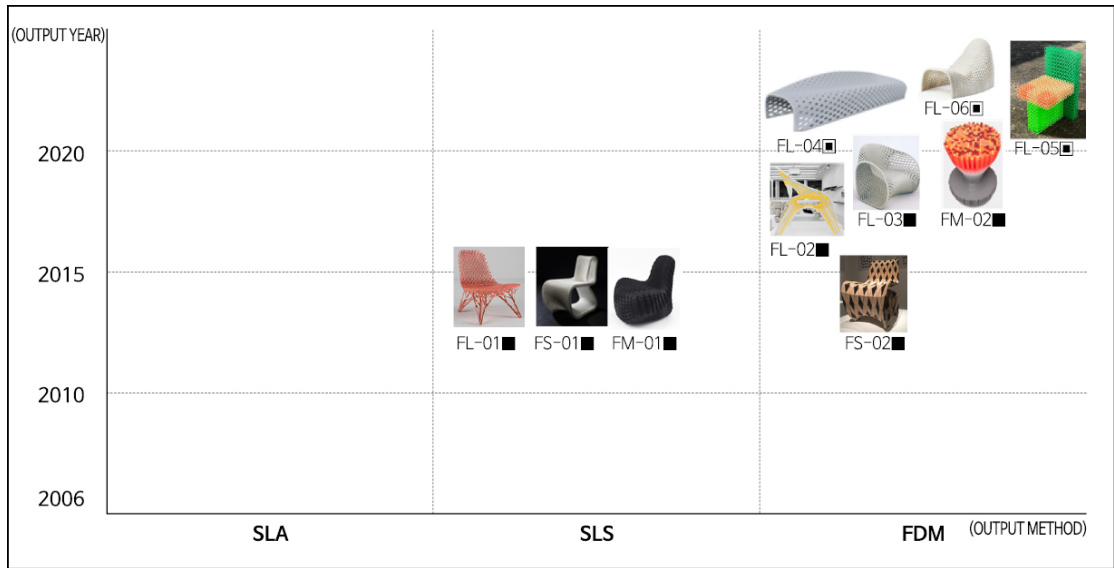
보로노이 디자인은 평면 위에 점과 점을 수직이등분선으로 이어 생긴 선으로 이루어진 다각형을 평면 분할하는 방법으로 만들어진다[14]. 도출된 18개의 디자인은 보로노이 패턴이라고 자료에 명시되었거나 보로노이 패

턴이 특징으로 표현된 사례를 제작 시기, 3D 프린팅 방식, 재료의 종류로 분류하였다. (Fig. 1)(Table 3)

Table 3. Voronoi design case[15-32]

Formative ele.	Production year	Ingredient
VL-01	2006	◆
VL-02	2007	■
VL-03	2009	■
VL-04	2011	■
VL-05	2012	◎
VL-06	2013	■
VL-07	2014	■
VL-08	2014	■
VL-09	2014	■
VL-10	2014	◆
VL-11	2014	◆
VL-12	2014	■
VL-13	2019	■
VS-01	2009	■
VS-02	2018	□
VS-03	2019	■
VS-04	2020	□
VM-01	2019	□

Line(VL), Surface(VS), Mass(VM), Plastic(■), Reusable/Eco-friendly plastic(□), Metal(◆), Cement(●), Food ingredients(◎), Wood(▲)



Line(FL), Surface(FS), Mass(FM), Plastic(■), Reusable/Eco-friendly plastic(□), Metal(◆), Cement(●), Food ingredients(◎), Wood(▲)
 Fig. 2. Fractal design according to 3D printing output method by year

3.3 프랙탈 디자인 사례 분류

프랙탈 디자인은 작은 구조가 전체 구조와 닮은 형태로 끝없이 되풀이되는 구조 디자인이다. 도출된 10개의 프랙탈 디자인은 패턴의 크기가 일정하거나, 패턴 모양이 동일한 방식으로 반복되는 특징을 지닌 사례를 선정하여 제작 시기, 3D 프린팅 방식, 재료의 종류로 분류하였다. (Fig. 2)(Table 4)

Table 4. Fractal design case[33-42]

Formative ele.	Production year	Ingredient
FL-01	2014	■
FL-02	2016	■
FL-03	2019	■
FL-04	2020	□
FL-05	2020	□
FL-06	2021	□
FS-01	2014	■
FS-02	2014	■
FM-01	2014	■
FM-02	2019	■

Line(FL), Surface(FS), Mass(FM), Plastic(■), Reusable/Eco-friendly plastic(□), Metal(◆), Cement(●), Food ingredients(◎), Wood(▲)

3.4 넵스 디자인 사례 분류

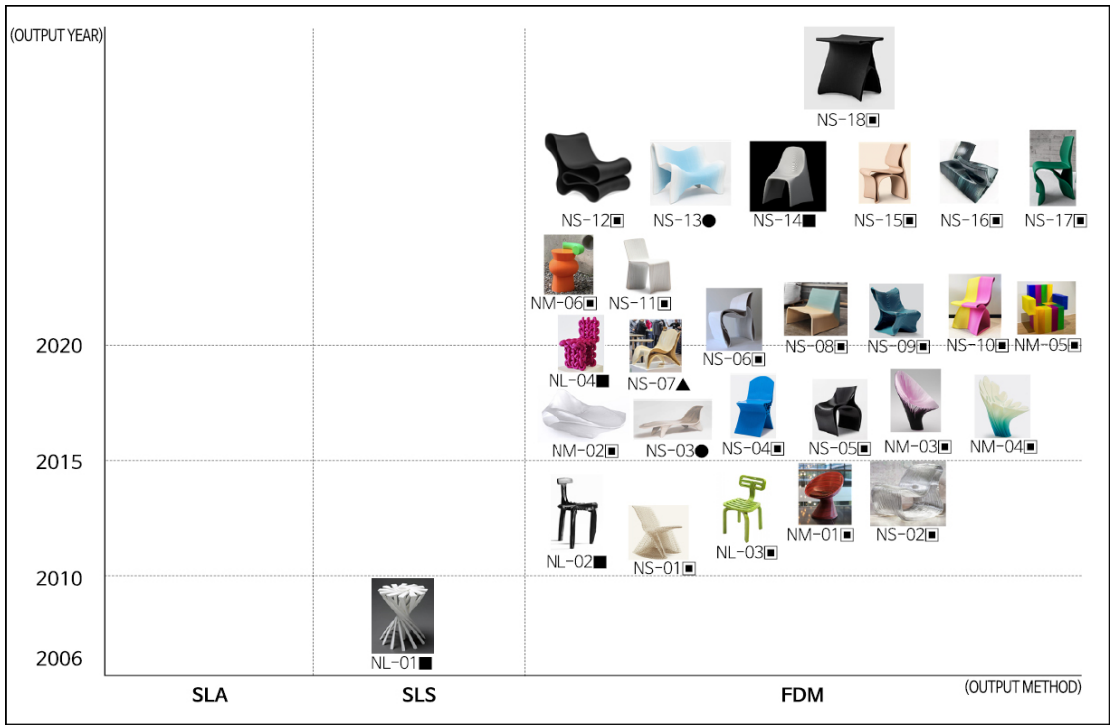
넵스 디자인은 일정한 점들을 연결한 직선에서 계산에 의한 곡선을 구하고 그 곡선을 확장시킨 3차원의 곡면을 구하는 방식이며[43], 일반적으로는 비정형화된 형상(곡면, 면, 다면체 등)을 정확하게 표현하는 모델링 기법을 말한다. 도출된 28개의 넵스 디자인은 유기적 형태 또는

패턴의 특징이 없는 사례를 제작 시기, 3D 프린팅 방식, 재료의 종류로 분류하였다. (Fig. 3)(Table 5)

Table 5. Nurbs design case[44-71]

Formative ele.	Production year	Ingredient
NL-01	2006	■
NL-02	2012	■
NL-03	2012	□
NL-04	2019	■
NS-01	2011	□
NS-02	2014	□
NS-03	2018	●
NS-04	2018	□
NS-05	2018	□
NS-06	2019	□
NS-07	2019	▲
NS-08	2020	□
NS-09	2020	□
NS-10	2020	□
NS-11	2021	□
NS-12	2021	■
NS-13	2021	●
NS-14	2021	■
NS-15	2021	□
NS-16	2021	□
NS-17	2022	□
NS-18	2022	□
NM-01	2014	□
NM-02	2018	□
NM-03	2018	□
NM-04	2018	□
NM-05	2020	□
NM-06	2021	□

Line(NL), Surface(NS), Mass(NM), Plastic(■), Reusable/Eco-friendly plastic(□), Metal(◆), Cement(●), Food ingredients(◎), Wood(▲)



Line(NL), Surface(NS), Mass(NM), Plastic(■), Reusable/Eco-friendly plastic(□), Metal(◆), Cement(●), Food ingredients(◎), Wood(▲)
 Fig. 3. Nurbs design according to 3D printing output method by year

4. 유형별 특성 분석

4.1 조형요소에 따른 유형별 특성

형태의 유형별 특성 분석을 위해 조형요소인 선, 면, 매스로 분류하여 시기별로 분석하였다.

분석 결과 넓스의 면(18개, 32.1%), 보로노이 선(14개, 25.0%)으로 3D 프린팅 기술로 제작된 의자의 주된 형태를 이루고 있는 것으로 나타났다.

Table 6. Classification of modeling elements by design

Division	Line	Surface	Mass
Voronoi	14	3	1
Fractal	6	2	2
Nurbs	4	18	6
Sum	24	23	9

시기적 특성으로는 초기에는 보로노이 형태가 주를 이루었으나 중기 이후 급감하였으며, 형태 제작 방식의 변화로 인하여 넓스 형태는 중기를 지나며 급증하는 것으로 나타났다. 현재 넓스 형태는 3D 프린팅 의자 제작에

있어 절대적 비중을 차지하고 있다. 프랙탈 형태는 중기 이후로 미미한 비율이지만 유지되는 특성을 보이고 있다.

Table 7. Frequency of parametric elements by year

Year	Voronoi	Fractal	Nurbs	Sum
2006~10	4	0	1	5
2011~15	9	4	5	18
2016~20	5	5	12	22
*2021~(22.8)25	(0)0	(1)3	(10)30	(11)33

*5년 단위 분류와 비교를 위해 21~22.8에 약3배로 계산함(예측 가능하지 않음)

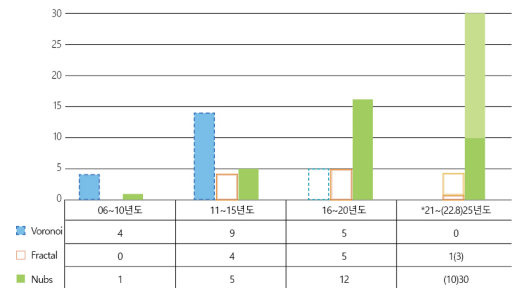


Fig. 4. Parametric element graph by year

4.2 재료에 따른 유형별 특성

3D 프린팅 의자 제작에 사용된 재료의 종류를 시기와 형태별 사용 빈도로 구분하여 분석하였다. 시기별 사용 빈도의 분석 결과 초기에는 플라스틱 사용빈도가 대부분을 차지하였으나 증기부터는 재활용 플라스틱의 사용빈도가 늘어나기 시작하였고 현재는 절대적인 비율로 활용되고 있는 것으로 나타났다. 이는 가구 3D 프린팅의 경우 대형화가 필요하므로 사용성이 좋은 플라스틱이 우선 사용되었으나 증반기부터 환경문제를 인식하고 재활용 플라스틱 활용기술이 개발되며 3D 프린팅 의자(작품)의 재료로 많은 사용 빈도가 나타났다.

Table 8. Classification of modeling elements by material

Division	2006~10	2011~15	2016~20	*2021~(22.8)25	Sum	(%)
Plastic	4	10	6	(1)3	(21)23	37.5
Re/Eco-Plastic	0	4	14	(9)27	(27)45	48.2
Metal	1	3	0	(0)0	(4)4	7.1
Cement	0	0	1	(1)3	(2)4	3.6
Food	0	1	0	(0)0	(1)1	1.8
Wood	0	0	1	(0)0	(1)1	1.8
	5	18	22	(11)33	(56)79	100

*5년 단위 분류와 비교를 위해 21~22.8에 약3배로 계산함

사용 비율이 높지 않지만 메탈, 시멘트, 식재료, 나무 등의 다양한 재료 사용이 활용되었으나 지속 또는 발전하지 못하고 단발적 시도에 그치고 있음도 확인하였다.

Table 9. The number of materials per molding element

Division	Voronoi	Fractal	Nurbs
Plastic	11	7	4
Re/Eco-Plastic	3	3	21
Metal	3	0	0
Cement	0	0	2
Food	1	0	0
Wood	0	0	1
Sum	18	10	28

이러한 재료의 변화는 조형요소의 변화와도 흐름을 같이 한다. 2016년 이후 넓스 방식의 디자인이 증가함과 동시에 재사용/친환경 플라스틱의 재료의 사용량 또한 급격하게 많아졌음을 알 수 있다. 보로노이와 프랙탈의

패턴 방식에 사용되는 재료는 플라스틱이 많았던 반면 넓스 방식으로 디자인된 의자는 재활용/친환경 플라스틱 재료 사용이 주를 이루는 것으로 나타났다.

4.3 출력 방식에 따른 유형별 특성

3D 프린팅 의자에 제작 시 활용된 출력 방식을 연도별, 형태별로 분류하여 유형별 특성을 분석하였다. 3D 프린터의 출력 방식에 대한 분석 결과, 06년~22년까지 SLA 방식과 SLS 방식은 각 7개(12.5%)로 동일하며, FDM 방식은 42개(75%)를 차지하는 것으로 분석되었다. 2016년 이후 FDM 출력 방식이 주를 이루었음을 알 수 있다. 이는 대형 출력에 유리한 FDM 방식의 기술 개발과 보급화가 3D프린팅 가구 제작에 가장 적극적으로 활용되는 것을 나타내며, 이는 현대에 절대적 비율로 사용되고 있음을 알 수 있다.

Table 10. Quantity by output method of 3D printer by year

Year	SLA	SLS	FDM
2006~10	4	1	0
2011~15	3	6	9
2016~20	0	0	22
*2021~(22.8)25	(0)0	(0)0	(11)33
Sum	7	7	(42)64

*5년 단위 분류와 비교를 위해 21~22.8에 약3배로 계산함

Table 11. Quantity by 3D printer output method

Division	SLA	SLS	FDM	
Voronoi	Line	6	3	4
	Surface	1	0	3
	Mass	0	0	1
Fractal	Line	0	1	5
	Surface	0	1	1
	Mass	0	1	1
Nurbs	Line	0	1	3
	Surface	0	0	18
	Mass	0	0	6
Sum	7	7	42	

형태별 출력 방식의 특징으로는 조형 요소인 넓스의 면과 FDM 방식의 조합의 비율이 높은 것으로 분석되었으며, 재료 특성의 결과와 동일하게 도출되었다.

5. 결론

본 연구에서는 3D 프린팅 기술로 제작된 파라메트릭 의자를 형태, 재료, 출력 방식으로 유형별 특성을 분석하였다. 2000년대 후반부터 가구 및 조형작가에 의해 제작되는 파라메트릭 의자는 점차 활용 빈도가 높아지고 있으며 실험적 시도에서 시작되어 창작자의 자유의지 표현 및 소비자 니즈에 맞추는 방식으로 발전하는 것을 확인하였다. 3D 프린팅 기술을 활용하여 제작된 파라메트릭 의자의 유형 분석을 진행하였으며, 형태 및 재료, 출력 방식의 분류체계를 통한 분석에서 다음과 같이 세 가지 특징이 도출되었다.

첫째, 초기에는 보로노이(선)가 많았으나 증후반으로 넓스(면) 형태가 많아졌으며 보로노이와 프랙탈은 선 형태의 의자가 많이 제작되었던 반면, 넓스 형태의 의자는 면 형태가 많이 제작되고 있음을 알 수 있었다. 또한 넓스 형태의 의자는 선이나 매스 형태에서도 그 수가 적지 않게 제작되고 있음을 알 수 있었다. 56개의 사례 분석의 결과로 주된 디자인 적용의 변화는 디자인 모델링 방식과 3D프린터의 기술 향상과 관련 있음을 확인하였으며 이는 기술이 발전되는 방향으로 디자인 방식이 따라오고 있는 것을 반증하며 앞으로의 디자인 방향을 예측할 수 있게 되었다.

둘째, 재료의 사용빈도 분석 결과, 가구 3D 프린팅 분야의 가장 어려운 기술인 대형 출력에 유리한 플라스틱 재료가 주로 사용되는 것으로 나타났다. 특히, 중기부터는 상대적으로 신재료에 비해 사용성이 떨어지고 해결점도 많아지는 재료임에도 재사용 플라스틱의 사용빈도가 압도적으로 증가하고 있다. 플라스틱에 비해 높은 활용 기술이 필요함에도 불구하고 세계적 이슈인 환경문제를 해결하고, 친환경적 의미를 부여하려는 가구 디자이너(제작자)의 의도로 많은 실험을 하고 있는 것으로 판단된다. 넓스방식의 디자인이 2016년 이후부터 증가함과 재 활용/친환경 플라스틱 재료 사용량이 같은 시기에 급증함을 알 수 있었다.

셋째, 초기 3D 프린팅 의자의 출력 방식은 SLA, SLS 방식에서 중기 이후 FDM 출력 방식으로 전환되었으며, 형태적 특성은 3D프린터 장비의 기술 발전과 연관이 있는 것으로 나타났다. 초기의 SLA 방식이 활성화되었을 시기에는 보로노이 선형 디자인이 주를 이루었으며 FDM의 대형화와 정밀화, 대중화가 실현되는 2015년 이후에는 넓스 디자인 형태가 증가하였으며 절대적인 비율을 차지하였다.

이와 같이 3D 프린팅 기술의 발전은 파라메트릭 의자에 있어 형태적이 면에서 구애받지 않고 다품종 소량생산 시대에 맞게 소비자의 선택의 폭이 넓어지고 있다. 이러한 흐름은 재료의 폭을 넓히게 되었고 특히, 재활용 플라스틱의 가치를 향상시키는 일에 앞장서고 있다. 하지만 재활용 플라스틱 의자의 경우는 판매되는 제품보다는 연구나 전시 목적의 의자가 대부분이다. 재활용 플라스틱을 이용한 3D 프린팅 의자의 보급을 위한 다양한 연구가 필요하다.

3D 프린터의 보급 및 기술 향상은 가구 디자이너의 창작 의지와 소비자 요구가 점점 향하여 발전하고 있으며 향후 인간의 생활에 필요한 주거환경이나 생활에 필요한 다양한 제품을 3D프린팅 기술과 같은 다양한 방식으로 공유될 것으로 예상된다.

가구 및 의자뿐 아니라 다양한 분야에서의 디자인은 기술이 허용되는 범위에서 빠르게 발전될 것이며 재사용 및 다양한 재료의 적용, 로봇 프린팅 방식과 같은 융합 기술의 변화에 대한 적용 연구가 지속적으로 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] S. H. Lee, "A study on the importance and application of 3D printing technology for street furniture manufacturing", Journal of the Korea Academia-Industrial, Vol.21, No4, pp.509-517, Apr. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.4.509>
- [2] H. D. Kang, "Analysis of furnitere design cases usign 3D printing Technique", The korea contents association, Vol.15, No15, pp.177-186, Jan. 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2015.15.02.177>
- [3] H. J. Lee, "Study of furniture design utilizing 3D Printers Joris Laaman", Journal of the Korea Furniture Society, Vol.27, No2, pp.128-136, Apr. 2016.
- [4] 3dprintkorea, What is a 3D printer?, 3D Ways, 2017, Available From: http://www.3dways.co.kr/xe/sub7_1, (accessed Aug. 18, 2022)
- [5] Naegameoni, 3D Printer introductory stage(1984~2005) / Growing period(2005~2009) Conquer 3D Printing as a Beginner, 2020, Available From: <https://jhi60718442.tistory.com/m/71?category=889124>, (accessed Oct. 18, 2022)
- [6] S. J. Lee, 21st-century manufacturing revolution serial article 1.-3D printer patent expiration, slowly shaking the board, 2021, Available From: <https://www.mfgkr.com/archives/19125>, (accessed Oct. 1, 2022)

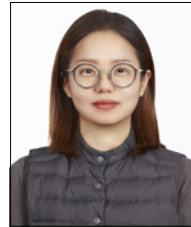
- [7] K90. Output method of 3D printer-FDM/SLA/SLS 3D Printer. Gomgun. 2017. Available From: <https://kuma12.tistory.com/37> (accessed Oct. 1, 2022)
- [8] S. A. Kim, The 4th industrial revolution and the evolution of the building service industry, Policy issue, Architecture and Urban space, Korea, 2018, pp.14.
- [9] K. S. Lee, C. L. Lee, "Study on the facade design using parametric modeling methods", Architectural institute of Korea, Vol.13, No.3, pp.80-81, Jul. 2013. DOI: https://doi.org/10.5659/JAIK_PD.2013.29.7.91
- [10] M. C. Yoon, S. L. Koh, "Creating Parametric Atypical Form on the BIM-base in the Digital Space", Architectural institute of Korea, Vol.13, No.3, pp.79-81, Jul. 2011.
- [11] J. H. Lee, J. E. Kim, E. K. Yang, S. Y. Min, Z. Y. Sun, E. H. Lee, "Atypical Forms of 3D Printing Fashion Accessories according to the Digital Design Methods", Journal of Korea Society of Fashion Design, Vol.16, No.1, pp.80-81, Sep. 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.18652/2016.16.1.1>
- [12] S. M. Choi, *A Study on the Materials and form of design*, Master's thesis, Yonsei University, Seoul, Korea, pp.44-48, 2011.
- [13] M. J. Jung, *A Study on the morphogenesis of digital architecture by parametric design tool*, Master's thesis, Ulsan University, Ulsan, Korea, pp.16-17, 2016.
- [14] Samvely. He is responsible for the design and structure of the architecture. Voronoi diagram. Samsung C&T's construction division, a blog of university student reporters. 2016, Available From: https://m.blog.naver.com/cnt_reporter/220881143997 (accessed Aug. 9, 2022)
- [15] Jiris Laarman, Born chair(2006), Available From: <https://www.iorislaarman.com/work/bone-chair/> (accessed May 21, 2022)
- [16] J. H. Jeon, Doubts that only new news can wake up: Focusing on Yoris Rahman's work., Seoul art guide, 2021, Available From: <http://www.daljini.com/?WS=31&BC=cv&CNO=327&DNO=19780&PHPSESSID=6f4b2a4e2b5b6e2cf1e4dbae1f1742c5>
- [17] Heidi Milkert, Emmanuel Touraine's and Ventury Paris' Eiffel Tower-Inspired 3D Printable Chairs & More, 2015, Available From: <https://3dprint.com/54686/ventury-3d-printed-chairs/> (accessed May 21, 2022)
- [18] Peter donders, Batoidea, Available From: <https://peterdonders.com/index.php?channel=home&page=portfolio&show=batoidea&lang=en> (accessed May 21, 2022)
- [19] Daniel Widrig, Degenerate Chair 2012-2013, 2013, Available From: <https://www.frac-centre.fr/en/index-authors/rub/rubprojects-317.html?authID=380&ensembleID=1281&oeuvredID=13126> (accessed May 21, 2022)
- [20] Daniella, 3D Printed Chair, Fubiz, 2014, Available From: <https://www.fubiz.net/2014/10/13/3d-printed-chair/> (accessed May 21, 2022)
- [21] The plan, DUROTAXIS CHAIR/LA BURBUJA LAMP SYNTHESIS DESIGN + ARCHITECTURE, 2016, Available From: <https://www.theplan.it/award-2016-industrialdesign/durotaxis-chair-la-burbuja-lamp-1> (accessed May 21, 2022)
- [22] Alyn Griffiths, Biomimicry chair by Lilian van Daal replaces traditional upholstery with 3D-printed structure, Dezeen, 2016, Available From: <https://www.dezeen.com/2014/08/05/biomimicry-3d-printed-soft-seat-chair-by-lilian-van-daal/> (accessed May 21, 2022)
- [23] Marco Hemmerling, marco hemmerling + ulrich nether form additive generico chair, designboom, 2014, Available From: <https://www.designboom.com/design/marco-hemmerling-ulrich-nether-additive-generico-chair-04-09-2014/> (accessed May 21, 2022)
- [24] METALWORKS - DESIGNING & MAKING, Friedman benda, Available From: https://www.friedmanbenda.com/artist_work/microstructures-gradient-aluminum-chair-2014/ (accessed May 21, 2022)
- [25] Dragon bench, NGV, 2014, Available From: <https://www.ngv.vic.gov.au/explore/collection/work/121541/> (accessed May 21, 2022)
- [26] Janne kytanen sofa so good, Total Design Reviews, Available From: <https://www.totaldesignreviews.com/2019/10/18/janne-kyttanen-sofa-so-good/> (accessed May 21, 2022)
- [27] 2019 Tamu, Patrickjouin id, 2019, Available From: <https://www.patrickjouin.com/fr/projets/patrick-jouin-id/1498-tamu.html> (accessed May 21, 2022)
- [28] The Gaudi chair by /bram geene, 2010, Available From: <https://www.contemporist.com/the-gaudi-chair-by-bram-geenen/> (accessed May 21, 2022)
- [29] Estrat, Nagami, Available From: <https://nagami.design/en/product/estrat/> (accessed May 21, 2022)
- [30] S. H. Lee, A Study on the technology of street furniture manufacture in large 3D printing, Master's thesis, Soonchunhyang University, Asan, Korea, pp.56-58, 2019.
- [31] Clera, Nagami, Available From: <https://nagami.design/en/product/clera/> (accessed May 21, 2022)
- [32] Plum, Plum chair concept, Available From: <https://calebgees.com/plum-chair/> (accessed Dec. 23,

- 2022)
- [33] JORIS LAARMAN, Friedman benda, Available From: https://www.friedmanbenda.com/artist_work/microstructures-adaptation-chair-long-cell-2014/ (accessed May 21, 2022)
- [34] Complex and lightweight shapes made feasible with altair hyperworks, ALTAIR, Available From: <https://altairengineering.fr/customer-story/zaha-hadid-3d-printed-chair> (accessed May 21, 2022)
- [35] Soave chair, Pieagtto instagram, 2019, Available From: <https://www.instagram.com/p/B1sTLZAlu5j/> (accessed May 21, 2022)
- [36] Saspi sofa, Pieagtto instagram, 2020, Available From: <https://www.instagram.com/p/CCq8NL0F8Xq/> (accessed Dec. 23, 2022)
- [37] Module 2020, Ryu_jongdae instagram, 2020, Available From: https://www.instagram.com/p/CJNZA4_Jp77/ (accessed May 21, 2022)
- [38] Truss chair, Pieagtto instagram, 2019, Available From: <https://www.instagram.com/p/B2y5c7sld62/> (accessed Dec. 23, 2022)
- [39] Michael molitch-HOU, 3D printed cellular loop chair grown from nature's principles, 3D printing industry, 2019, Available From: <https://3dprintingindustry.com/news/3d-printed-cellular-loop-chair-grown-from-natures-principles-6860/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [40] Joris Laarman lets you download a chair and 3D Print it, 3D printing.com, 2014, Available From: <https://3dprinting.com/news/joris-laarman-lets-download-chair-3d-print/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [41] Soft Gradient Chair (2014), Joris laarmanlab, 2014, Available From: <https://www.jorislaarman.com/work/soft-gradient/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [42] Robitica TM, Nagam, 2014, Available From: <https://nagami.design/en/product/robotica/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [43] I. T. Kim, K. H. Yoon, B. S. Kim, J. H. Seol, S. H. Yang, Nurbs, Animated cartoon dictionary, 2008, Available From: <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1649082&cid=42627&categoryId=42627> (accessed Jun. 13, 2022)
- [44] Materialise, One_shot.MGX-Stool, Available From: <https://i.materialise.com/en/shop/item/one-shot-mgx> (accessed Jun. 13, 2022)
- [45] Noise chair, Estudio Guto Requena+META-D, Available From: <https://www.arch2o.com/noise-chairs-estudio-guto-requena-meta-d/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [46] Dirk vander kooij, Chubby chair, Available From: <https://dirkvanderkooij.com/chubby> (accessed Jun. 13, 2022)
- [47] E. H. Choi, [Interview] About the ever-growing knot, SPACE, 2019, Available From: https://vmospace.com/report/report_view.html?base_seq=NTk5 (accessed Jun. 13, 2022)
- [48] Dirk vander kooij, Endless chair, Available From: <https://dirkvanderkooij.com/endless-chair> (accessed Jun. 13, 2022)
- [49] Not only hollow chair, archello, Available From: <https://archello.com/product/not-only-hollow-chair> (accessed Jun. 13, 2022)
- [50] Digital chaiselongue, Philipp aduatz, 2018, Available From: <https://www.philippaduatz.com/portfolio-item/digital-chaiselongue/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [51] Nobu, Nagami, Available From: <https://nagami.design/en/product/nobu/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [52] Peeler, Nagami, Available From: <https://nagami.design/en/product/peeler/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [53] Manglar chair, EXTERNAL REFERENCE, Available From: <https://externalreference.com/proyectos/manglar-chair-2019/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [54] Dark satine chair, UPM Formi 3D, 2019, Available From: <https://www.3d-tulostus.fi/WebRoot/vilkas04/Shops/20131018-11092-264846-1/5D78/A0C1/C011/430A/8F47/0A28/1011/4734/upm-formi-3d-flyer-dark-satine-chair-en.pdf> (accessed Jun. 13, 2022)
- [55] Ermis, The New Raw, 2020, Available From: <https://thenewraw.org/Ermis> (accessed Jun. 13, 2022)
- [56] Naser nader ibrahim, Mawj 3D printed chair by MEAN*(Middle east architecture network, Amazing Architecture, 2021, Available From: <https://amazingarchitecture.com/chair/mawi-3d-printed-chair-designed-by-mean-middle-east-architecture-network> (accessed Jun. 13, 2022)
- [57] Fold chair 2020, Atelier manferdini, Available From: <http://www.ateliermanferdini.com/design#/xuberance/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [58] Line 3D chair, piegatto, Available From: <https://www.piegatto.com/en/furniture/29-dinning-chairs/424-dining-s-chair-2> (accessed Jun. 13, 2022)
- [59] Reform lounge chair black, Reform design lab, Available From: <https://www.reformlab.se/product/reform-lounge-chair-black-1> (accessed Jun. 13, 2022)
- [60] Gradient fauteuil, Philipp aduatz, 2021, Available From: <https://www.philippaduatz.com/portfolio-item/gradient-fauteuil/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [61] Pellet 3D Printing Chair, 3D Printing Solutions For High Performance Materials, Available From:

- <https://www.iemai3d.com/wp-content/uploads/2021/04/Pellet-3D-Printing-Chair.pdf> (accessed Jun. 13, 2022)
- [62] Antropo, metafo, Available From: <https://www.metafor.pl/product-page/antropo-krzes%C5%82o> (accessed Jun. 13, 2022)
- [63] Rocking Conversation Chair, Beirut makers, 2021, Available From: <http://www.beirutmakers.xyz/~guillaume> (accessed Jun. 13, 2022)
- [64] Dezeen staff, Kelp collection chair by interesting times gang, de show zeen room, 2022, Available From: <https://www.dezeen.com/2022/04/22/kelp-collection-chair-interesting-times-gang-dezeen-showroom/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [65] Balt, metafor, 2022, Available From: <https://www.metafor.pl/balt-3d> (accessed Jun. 13, 2022)
- [66] Alicia Kim, "Layered" Furniture Collection, Interior holic9, 2014, Available From: <https://www.interiorholic.com/decorating/accessories/layered-furniture-collection/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [67] Airchaise, Nagami, Available From: <https://nagami.design/en/product/airchaise1/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [68] Bow, Nagami, Available From: <https://nagami.design/en/product/bow/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [69] Rise, Nagami, Available From: <https://nagami.design/en/product/rise/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [70] Colors-modern module bioplastic, Ryu_jongdae instagram, 2022, Available From: <https://www.instagram.com/p/CarHVNNpnnd/> (accessed Jun. 13, 2022)
- [71] Colors bioplastic, Ryu_jongdae instagram, 2022, Available From: <https://www.instagram.com/p/CY6XIr3Psh4/> (accessed Jun. 13, 2022)

박 현 영(Hyeon Yeong Park)

[정회원]



- 2018년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 대학원 건축학과 (공학석사)

<관심분야>

3D프린팅, 디지털디자인

이 태 희(Tae-Hee Lee)

[정회원]



- 2004년 2월 : 순천향대학교 대학원 건축학과 (공학석사)
- 2013년 2월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 건축계획전공 (공학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 건축학과 부교수

<관심분야>

로봇 • 3D 프린팅