

An Empirical Study on the Use of Generative Design on Product Design

Hanbeom Na¹, Wonsup Kim^{2*}

¹Department of IT·Design Fusion Program, Student, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea

²Department of Design, Professor, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea

Abstract

Background Generative design is attracting attention as it can solve a design goal by adding the designer's sense and sensibility to the objective result generated based on the design goal, and as an alternative to the convergence process that can receive help in generating the structure and modeling by the algorithm. However, despite the interest of many designers in generative design, there are no precise guidelines on how to conceive, develop, and express generative product design, which causes many difficulties in utilizing generative design. Therefore, this study finds out how to utilize generative design through a product design development project.

Methods First, as a research method, the study conducted prior research on modeling, exploration, and ideas for product design development and derived implications related to product design and modeling ideas. Second, study examined the modeling and structural application examples of products and parts using generative design and investigated methods that can be utilized in product design. Third, carried out a product design development project using generative design for students majoring in product (industrial) design and junior designers and analyzed the use and process of generative design. Fourth, through an interview with the participating designers, the study derived the generative design method of plan and possibility in Product design process.

Results The study showed the possibility of using an objective result that meets the generative design goals and the applicability in product design with creative and new modeling that goes beyond human imagination. However, several attempts were conducted to extract the design and structure intended by the designer, and it was sometimes difficult to derive a meaningful product shape while developing the design without understanding the principle, thus suggesting the necessity of a guideline.

Conclusions Although the existing product designs were developed based on image research or a designer's sensibility or sense, they were meaningful as product designs based on generative design, which derives a formative and structure differentiated from the existing ones through various options and adds the sensibility of the designer. It is expected that guidelines presented in the future on how to apply options of generative design, using the basic functions of products, will be effectively used in generative product design.

Keywords Generative Design, Product Design, Industrial Design, Design Methodology, Design Process, Design Form

*Corresponding author: Wonsup Kim (wskim@seoultech.ac.kr)

Citation: Na, H., & Kim, W. (2022). An Empirical Study on the Use of Generative Design on Product Design. *Archives of Design Research*, 35(2), 115-135.

<http://dx.doi.org/10.15187/adr.2022.05.35.2.115>

Received : Jan. 17. 2022 ; **Reviewed :** Mar. 09. 2022 ; **Accepted :** Mar. 09. 2022

pISSN 1226-8046 **eISSN** 2288-2987

Copyright : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

1. 서론

1. 1. 연구 배경 및 목적

제너레이티브 디자인(Generative Design)은 컴퓨터 프로그램을 사용하여 디자인 목적을 수행하는 컴퓨테이션 디자인(Computational Design)의 한 영역이다. 제너레이티브 디자인은 디자이너가 제품 개발의 목표 달성을 위해 필요한 조건과 한계를 소프트웨어에 입력하면 인공지능 알고리즘을 통해 조건에 적합한 형상과 구조에 대한 결과를 도출해내는 것을 말한다.

일반적인 알고리즘 기반의 디자인 개발은 주로 형상의 구현에 국한되어 있다. 그 과정은 디자이너가 직접 디자인요소 각각의 매개변수에 대응하는 수치를 입력하면 형상이 만들어지고 이 형상에 대해 수정과 변형 과정을 거친 뒤 다양한 디자인 대안을 도출(Lim, Lee, Son & Kim, 2013)하는 것이다. 제너레이티브 디자인은 개발자가 모델링을 위한 디자인 필수 형상 요소만 모델링 데이터로 제시한 뒤 안전계수, 무게, 소재, 가공 방법 등 기구적 설계 변수의 조건을 컴퓨터 소프트웨어에 입력하면, 인공지능이 가능한 모든 조합으로 다양한 설계 대안을 생성하여 제안한다. 디자이너나 엔지니어는 이를 검토하여 개발 목표나 콘셉트, 요구사항에 부합하는 결과물을 선택(Na & Kim, 2021)하여 활용할 수 있다는 점에서 기존 알고리즘 기반의 디자인 개발 도구와 차이가 있다.

전통적인 제품 개발 프로세스의 디자인에서 일반적으로 리서치를 기반으로 최종적인 조형을 도출하는 과정 중 디자이너의 감각이나 경험, 개인적인 역량이 중요한 역할을 했다면, 제너레이티브 디자인은 디자이너의 주관적인 감각 및 감성뿐 아니라 정량적인 리서치 데이터를 컴퓨터의 연산 기능에 연동하여 활용한다. 이를 통해 개발자는 제품 개발단계에서의 요구사항과 설계단계에서 발생할 수 있는 다양한 문제를 디자인 개발 이전에 검토하여 반영할 수 있다. 이러한 이유로 제품디자인 개발에 제너레이티브 디자인 도구를 접목하는 시도가 확대되고 있으며, 나아가 제너레이티브 디자인은 앞서 언급한 바와 같이 기존의 파라메트릭 디자인이 제공하는 알고리즘에 의한 형상 생성의 역할뿐 아니라 공학적 요구조건에 부합하는 다양한 결과물을 통해 디자이너의 상상력과 독창성을 지원할 수 있는 새로운 도구로서 주목받고 있다. 또한, CAD 프로그램 기반으로 초기 개념 설계에서부터 획득된 제너레이티브 디자인의 결과물은 다음 단계의 디자인 개발을 위해 전환하여 사용하는 데 용이하기 때문에 기존의 디자인 프로세스와도 조화롭게 활용(Krish, 2011)할 수 있어 제품디자인 프로세스에서의 활용 가치는 증가할 것으로 예측된다.

이에 본 연구자는 선행연구에서 제품디자인 프로세스를 기반으로 제너레이티브 디자인의 제품디자인 활용 가능성을 제시하였고, 후속 연구인 본 연구에서는 제너레이티브 디자인에 기반한 제품디자인 프로젝트 워크숍을 통해 선행연구에서 제시한 제너레이티브 디자인의 활용 효과와 가능성을 검증하기 위한 실증 연구를 진행하고자 한다.

1. 2. 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 제너레이티브 디자인 도구를 단지 설계 요구사항에 국한된 엔지니어링 분야의 영역뿐만 아니라 디자인과 관련하여 설정 가능한 다양한 변수를 기반으로 창의적이고 독특한 조형 발상의 영역까지 포함한 방법에 사용하여 제품디자인 프로젝트를 수행하는 워크숍을 실시하고, 워크숍에 참여한 디자이너들의 인터뷰를 통해 제너레이티브 디자인 사용 후 디자인 도구로서의 유용성과 사용 경험에 대한 의견을 수집한다. 그리고 프로젝트 수행과정에서 발생하는 중간 산출물과 수렴된 피험자들의 의견을 평가하여 제품디자인 과정에서 제너레이티브 디자인의 효용성을 제시하고자 한다.

구체적인 연구방법은 다음과 같다. 첫째, 선행연구를 통해 제품디자인 개발 과정에서 조형 발상에 관련한 시사점을 도출한다. 둘째, 제너레이티브 디자인을 활용한 제품의 조형과 구조 개발 적용 사례를 살펴보고 이후 진행할 실증 연구의 제품디자인에 활용할 수 있는 방안에 대해 검토한다. 셋째, 제품(산업)디자인 전공 학생들과 주니어급의 디자이너를 대상으로 제너레이티브 디자인을 활용한 제품디자인 개발 프로젝트를 수행하도록 한 후 각 디자인별로 제너레이티브 디자인 활용 방법과 수행과정에 대해 분석한다. 넷째, 프로젝트

수행에 참여한 피험자의 인터뷰를 수집 분석하고 앞서 분석한 실험 결과와 종합하여 제너레이티브 디자인의 활용을 통한 제품디자인의 효과에 대해 알아보고, 효과를 증대하기 위한 요구사항과 활용 전략을 제시한다.



Figure 1 Method and scope of research

2. 조형 개발에 관한 선행연구 분석

조형이란 인간이 인위적으로 만든 형태에 대한 개념이다. 즉, 인간의 의지가 개입하여 미적인 질서를 표현하는 행위이며, 본질을 표현하고 창조해나가는 행위이다. 특히 고정관념, 선입견, 틀에 박힌 기법이나 모방에서 벗어나지 못한 조형 표현 능력은 대중들로부터 공통성, 보편성, 대중성에 입각한 조형의 공감대를 얻기에 부족할 수 있다. 따라서 조형 발상과 창조는 기업의 디자인 경영전략이나 프로세스상의 전략적 측면에서 매우 중요한 역할을 하고 있다(Song, 2013).

본 연구에서는 먼저 디자인 개발을 위한 조형 발상, 활용 및 특징과 관련한 선행연구 조사를 통해 제너레이티브 디자인의 제품디자인 활용과 관련한 시사점을 도출하였다.

Table 1 Preceding Study for Formative Idea of Product Design

연구자	이슈	내용
김병수 (Kim, 2016)	CFT 모형을 통한 창의적 조형 발상	- Creative Form-generative 모형을 통해 제품디자인 조형 구성 요인 인지를 객관화 및 구조화시켜 원리를 제안
박서혜 (Park, 2011)	위상기하학을 활용한 입체 조형 교육	- 위상기하학의 원리를 이해하고 아이디어 발상을 통해 창의적인 입체조형 창출로 논리적이고 확산적 조형사고 함양
송상민, 김후성 (Song, Kim, 2015)	유기체론적 디자인 조형 특징	- 유기론적 형태의 표현 요소 - 형태의 결정 요소가 표현 요소에서 확장되어 기능적 요소로서 사용
송홍권 (Song, 2013)	조형 알고리즘을 이용한 디자인 발상	- 조형 알고리즘 기반의 디자인 발상 지원 시스템 개발 - 기본 조형을 중심으로 입력값의 변화에 따라 다양한 결과 도출
유연식 (Yoo, 2014)	독창적 제품 디자인을 위한 반전 언어법	- 액체 화장품 용기의 구조형태를 보편성 언어 의미로 도출하고 그에 반전되는 구조형태의 언어 의미를 활용하여 독창적인 제품 조형 디자인 개발

김병수(Kim, 2016)는 창의적인 사고와 디자인 조형의 시각화 과정을 연계할 수 있는 방안으로 단일 조형 및 복합 조형에 동사를 활용한 조형 발상 용어(확장, 구부리기, 기울이기, 나누기, 비틀기 등)로 창의적 조형 창출할 수 있도록 구조화시킨 CFT(Creative Form-generative Tool) 모형을 제안하였다. 박서혜(Park, 2011)는 대상물의 형태 분석을 통해 중첩, 삭제, 스케일링, 분열 등의 형태 변형과 접기, 비틀기, 왜곡, 파동 등 위상변환의 원리를 적용하여 창의적인 조형 발상과 입체화 능력을 향상시킬 수 있다고 하였다. 송상민, 김후성(Song, Kim, 2015)은 유기체론 디자인의 공통적인 표현적 특성은 이질적(Heterogeneous) 성질이며, 다차원적 면 구성(Multi-Dimensional Surface), 이중적 분절 면 구성(Hybrid-Divided Surface), 비등질적 면의 중첩적 구성(Non-Uniformity Layered Surface)이 유기체적 조형의 표현 요소라고 말하였다. 송홍권(Song, 2013)은 형상정보를 추출하는 모든 과정을 조형 알고리즘으로 정의하였으며, 2차원 이미지 척도(2D Image Scale), 3차원 이미지 척도(3D Image Scale)의 좌표개념으로 기본 도형의 확장을 통한 디자인 발상지원시스템을 제안하였고, 이를 이용하여 디자이너의 사고영역을 넘어서는 조형의 발상과 사고의 폭을 넓힐 수 있다고 주장하였다. 유연식(Yoo, 2014)은 제품의 조형을 보편적인 언어의미로 도출하고 이를 반전 언어로 전환, 활용하는 ‘반전언어법’을 제안하여 조형 교육 및 실제 제품디자인의 조형화 과정에서 독창적인 조형 개발에 효과적으로 활용될 수 있다고 하였다.

선행연구에서 살펴볼 수 있듯이 조형은 제품디자인에서 제품의 콘셉트와 디자이너의 사상을 전달하는 매우 중요한 역할을 하기 때문에 기초 조형 교육부터 실무에 적용할 수 있는 다양한 방법, 기법으로 연구되어왔다. 제품의 조형 언어를 분석하여 반전, 변형, 생성의 언어로 조형을 시각화하는 방안이나 기본 조형에서부터 면, 모서리, 비율의 변화를 통한 위상 변환, 알고리즘 방식의 시각화 방안 등 창의적인 조형개발을 위한 연구가 진행되어왔음을 볼 수 있었다.

본 연구는 제너레이티브 디자인을 통해 생성된 결과물을 선행연구에서 찾아볼 수 있었던 조형의 변형, 생성, 변화의 기법을 참고하여 창의적인 제품디자인 조형개발에 활용하고자 한다.

3. 제너레이티브 디자인을 활용한 제품개발 사례

제너레이티브 디자인은 제품 개발자가 설계 목적과 제약 조건의 종류·레벨을 정의해주면 위상, 최적 설계안을 클라우드 컴퓨팅을 이용하여 병렬적으로 생성해주는 기술로 인공지능 기반의 설계자동화 기술로의 발전 가능성이 높아지고 있다(Kang, 2019). 최근에는 하중 조건뿐 아니라 전산유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics) 기반의 제너레이티브 디자인이 자동차와 같은 운송 분야에도 적용이 되면서 주어진 조건에 최적의 실루엣, 조형을 생성해내며 다양한 분야에 활용될 수 가능성을 보여주고 있다(Gunpinar, Coskun, Ozsipahi & Gunpinar, 2019). 본 연구에서는 제조 산업에 점차 확대되고 있는 인공지능 기반의 제너레이티브 디자인을 제품디자인 개발에 활용하였을 때, 그 활용 가능성과 효과성에 대한 객관적인 검증은 목표로 한다.

이에 앞서 실제로 제너레이티브 디자인이 제품디자인에 어떤 방식으로 활용되었는지 그 사례와 활용방식을 조사해 보았다.

산업디자이너 필립스타크(Philippe Starck)과 이탈리아 가구 브랜드 카르텔(Kartell) 사는 2019년 밀란 디자인 위크를 통해 인공지능과 협업하여 제작한 AI Chair를 선보였다. AI Chair는 제너레이티브 디자인 결과물을 카르텔 사의 아이덴티티와 양산, 상품성을 고려하여 수정과정을 거치면서 최소한의 재료를 사용한 튼튼하고 안정적인 의자를 만들었다(Jordahn, 2019). 최초로 생성된 제너레이티브 디자인의 결과물은 구조나 면의 흐름이 불규칙한 상태였으나 불필요한 부분은 제거(Remove)하고 평면화(Flatten) 등 디자이너에 의한 부차적인 가공 작업을 통해 최종 디자인이 제시되었다.

일본 휠(WHILL) 사의 Model C는 기존 제품보다 좀 더 가벼운 바디 디자인 구현을 위해 제너레이티브 디자인을 활용하였으며, 기존 프레임 대비 30% 이상 무게가 줄어든 프레임의 최적화 형상을 구현하였다. Model C는 제너레이티브 디자인의 여러 결과물 중 하나의 시안을 선택하여 불필요한 요소는 제거(Remove)하고, 구조가 상대적으로 약해 보이는 부분은 확장(Expansion)시키는 과정만 거친 제품으로, 제너레이티브 디자인의 조형 결과에 대해 디자이너의 관여를 최소화하여 제품화한 사례이다(Yasuo, 2019).



Figure 2 AI Chair (Kartell)



Figure 3 Model C (WHILL)

독일의 대형 산업기계 및 플랜트 제조업체인 클라우디어스 페터스(Claudius Peters) 사는 기계에 적용되는 부품을 제너레이티브 디자인을 적용하여 결과물을 생성하였다. 하중을 많이 받는 영역으로 제너레이티브 디자인이 생성된 영역의 객체는 불필요한 부분에 대해 분할(Split), 제거(Remove)하고 면을 정리하는 편집과정을 거쳐 제품의 리브를 구축하였으며, 이를 통해 기존 부품 대비 30~40% 정도 경량화 목표를 구현하였다(Autodesk, 2021).

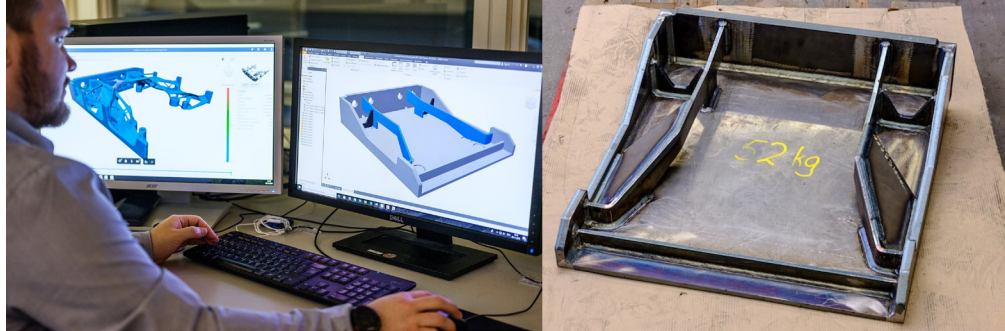


Figure 4 Machine Parts (Claudius Peters)

일본의 자동차 부품 제조업체인 덴소(Denso Corporation)도 자동차의 ECU 부품을 제너레이티브 디자인을 이용하여 설계를 진행하였다. 불필요한 부분을 제거하는 작업 등을 거쳐 제작된 최종 디자인은 초기의 조형과 구조를 최대한 유지하였다. 그 결과 여러 요소를 하나의 다이캐스팅 몰딩으로 생산할 수 있는 형태로 편집하여 최종 무게를 12% 감소할 수 있었다(Yasuo, 2020).



Figure 5 ECU Parts (Denso Corporation)

4. 제너레이티브 디자인을 활용한 제품디자인 개발

4. 1. 실증연구 개요

제너레이티브 디자인을 활용한 제품디자인 개발 프로젝트는 제너레이티브 디자인 도구로서의 활용방안과 창의적 조형 발상을 위한 방법적 가치를 도출하는 측면을 중심으로 수행하였다.

실증연구를 위한 프로젝트는 워크숍을 통해 이루어졌으며, 워크숍 참가자들은 제너레이티브 디자인 결과물 구조와 조형에 그대로 반영하거나 결과물의 구조는 반영하되 조형적 측면에서 수정, 개선, 확장 등의 편집과정을 거쳐 디자인 개발을 진행하였다.

워크숍은 제품(산업)디자인 전공 학생과 주니어급 디자이너를 대상으로 진행되었으며, 단기 프로젝트를 진행한 후 수행과정과 결과물 분석, 사후 인터뷰 방식으로 진행하였다.

Table 2는 워크숍에서 실시한 프로젝트의 개요이며, 수행 프로세스는 [Figure 6]와 같다.

Table 2 Project Overview and Research Method

구분	실험설계	
실험대상	성명	소속 및 경력
	노○하	H대학교 3학년
	조○기	H대학교 3학년
	박○원	D디자인 전문업체 2년차
	박○환	Z디자인 전문업체 1년차
	김○호	H대학교 4학년
실험기간	2021년 7월 1일 ~ 8월 31일	
실험목적	- 제품디자인 개발을 위한 제너레이티브 디자인의 활용 실증연구	
실험방법	- 제너레이티브 디자인 워크숍을 통해 기본 정보 제공 및 학습 - 설계목표 및 제한·요구사항 설정 - 일정 기간 주어진 주제에 대해 디자인 개발 진행	
결과 및 평가 방법	- 제너레이티브 디자인의 활용 및 결과물 도출 과정 분석 - 인터뷰를 통한 활용 효과 및 가능성, 요구사항 등 분석	

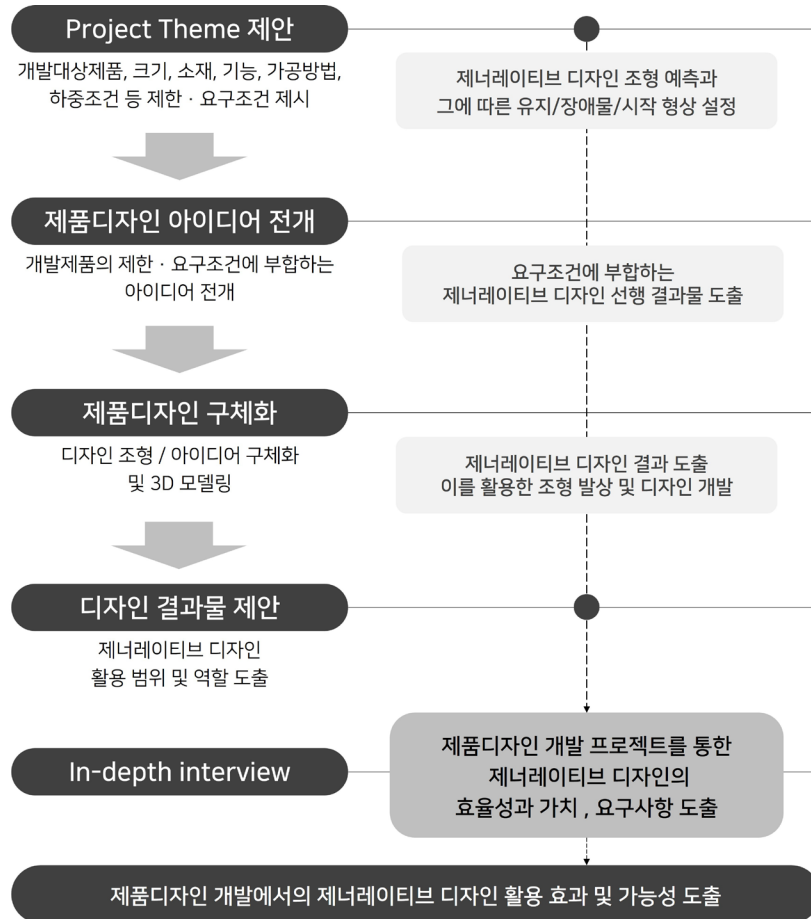


Figure 6 Product Design Development Project Research Process Using Generative Design

워크숍 참가자는 프로젝트의 주제로 제시된 제품에 주어진 설계 요구사항을 적용하여 결과물을 도출한다. 워크숍 참가자는 구상 중인 콘셉트 방향에 맞춰 설계목표 외에 임의의 변수를 추가로 입력하여 디자인 조형, 구조를 선행적으로 탐색할 수 있으며, 생성된 결과물은 의도한 콘셉트에 부합하도록 디자인 개발에 참고자료로 활용할 수 있다.

최종 제안된 디자인의 과정과 결과 분석, 심층 인터뷰를 통해 제품디자인 개발 시 제너레이티브 디자인의 효율성과 향후 제품디자인 개발에서의 활용 가능성 및 가치, 그리고 효과적인 디자인 수행을 위한 추가적인 요구사항을 도출하였다.

본 연구의 목적은 현재 엔지니어 분야에서 특정 부품의 공학적인 설계목표에 부합하는 결과물을 얻어내기 위해 사용되고 있는 제너레이티브 디자인에 대해 제품디자인 도구로서의 효율성을 검증하고, 나아가 제품디자인 프로세스에 적극적으로 활용할 수 있는 방안을 제안하는 것에 목적을 둔다.

워크숍의 수행 시간을 고려하여 프로젝트 주제는 구조적으로 공학적인 필수 요소가 요구되는 의자와 비교적 디자이너의 주관적인 요소가 적극적으로 반영되는 골프 퍼터 헤드의 비교적 단순한 두 가지를 대상으로 선정하였다. 프로젝트의 프로세스는 제너레이티브 디자인의 제품 디자인 프로세스 활용 선행연구에서 제안된 제너레이티브 디자인 기반의 제품디자인 프로세스(Na, Kim, 2021)를 프로젝트 상황에 맞게 편집하여 사용하였다[Figure 7].

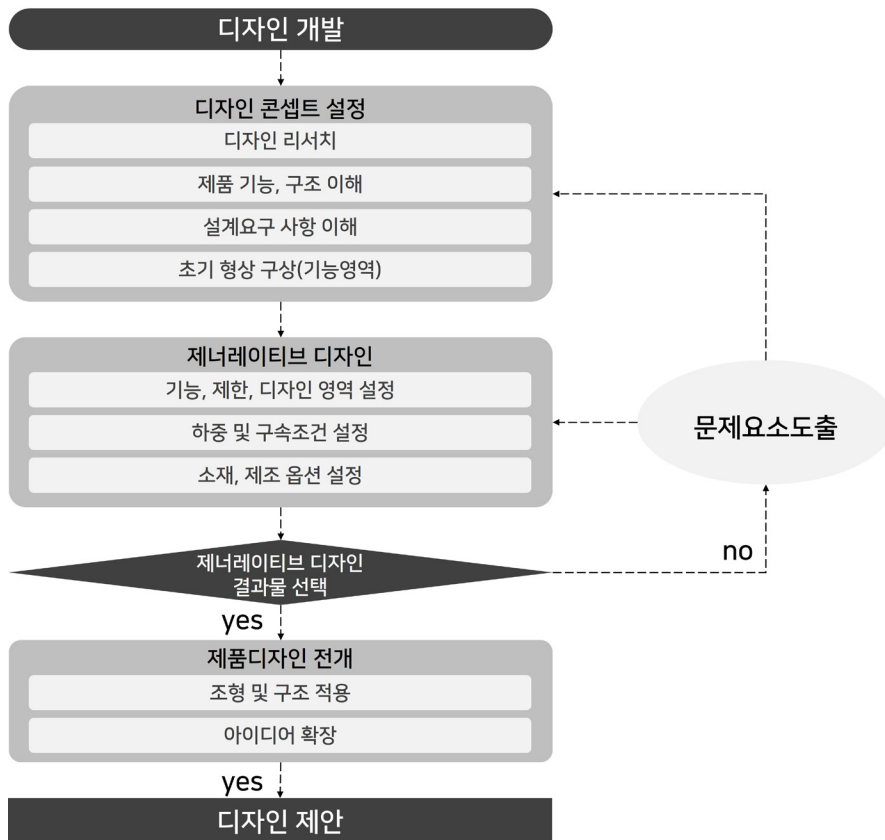


Figure 7 The Practical Use of Generative Design in the Product Design Process

4. 2. 제너레이티브 디자인을 활용한 의자 디자인 프로젝트

본 연구에서는 제너레이티브 디자인 도구로 퓨전360을 사용하였다. 최종 디자인을 위한 결과물의 활용 및 편집 과정에서 간단한 편집은 모두 퓨전360을 사용하였으며, 워크숍 참가자에 따라 결과물을 기반으로 디자인을 새로한 경우에는 참가자들이 익숙한 도구인 라이노 및 NX 프로그램을 사용하였다.

첫 번째 워크숍은 의자를 주제로 진행하였다.

의자는 등받이와 좌판, 다리 등의 기능요소와 사람의 무게를 견뎌야 하는 하중 등의 비교적 단순하면서도 제너레이티브 디자인을 가장 잘 표현할 수 있는 설계요소로 구성되어 있다.

제너레이티브 디자인을 활용한 의자 디자인의 설계 요구사항은 Table 3과 같다.

Table Design Requirements for Chair Design Using Generative Design

하중 조건 (좌판)	1500N (약 150kg)
하중 조건 (등받이)	500N (약 50kg)
좌판 높이	500~550mm
등받이 높이	850mm
소재	PP, PE, ABS 등 기본적으로 플라스틱 소재 사용
제조 방법	제한 없이 다양한 조형 및 구조를 도출하기 위해 자유롭게 적용
비고	- 좌판과 등받이 디자인은 자유 - 제너레이티브 디자인 진행을 위해 추가 객체 생성 허용 - 제너레이티브 디자인 결과물을 활용하되 디자인 전개는 자유

제너레이티브 디자인은 기본적으로 요구되는 공학적 설계조건에 부합하는 최적의 형상과 구조, 경량화를 위해 사용되어왔으나 본 연구에서는 그 활용범위를 넓혀 다양한 구조 및 조형을 생성하는 것에 목적을 두고 있으므로 기본적인 설계조건은 유지할 수 있도록 하고, 소재나 가공 방법 등에 있어서는 워크숍 참가자가 제한을 두지 않고 자유롭게 사용할 수 있도록 하였다.

워크숍 참가자 5인이 수행한 내용은 제품의 유지형상¹⁾, 시작형상²⁾, 장애물형상³⁾ 설정과 하중 및 구속조건 설정, 제너레이티브 디자인 결과, 선택된 결과물, 결과물의 활용 및 편집, 최종 디자인의 제안 순으로 정리하였다.

제출한 디자인 결과물, 참가자의 사후 인터뷰, 그리고 제너레이티브 디자인 모델링 파일의 작업내역과 적용된 학습을 기반으로 워크숍 참가자가 제품디자인을 수행하는 과정에서 제너레이티브 디자인을 어떻게 활용하였는지를 Table 4~8과 같이 분석해보았다.

1) 제품의 기능 역할을 하는 영역으로 반드시 필요하거나 지켜져야 하는 영역

2) 정해진 조형(영역)에서부터 제너레이티브 디자인이 생성되는 영역으로 제너레이티브 디자인이 생성되기 위해서는 시작형상이 필수요소 아니며, 디자인은 시작형상 없이도 제너레이티브 디자인을 생성할 수 있다.

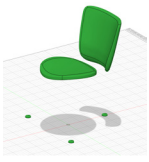
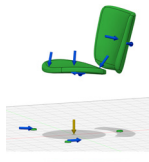
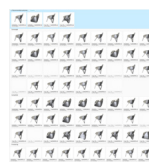



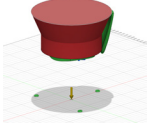
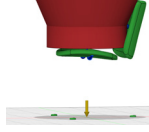




3) 제너레이티브 디자인이 생성되지 못하도록 막아주는 역할을 하며 제너레이티브 디자인이 생성되지 않아야 할 영역이나 특정 영역을 피해 제너레이티브 디자인을 생성하고자 할 때 활용할 수 있다.

4. 2. 1. 워크숍 참가자 A

A 참가자는 좌판과 등받이를 유지형상으로 디자인하고 기존의 의자에 대한 고정관념에서 벗어나 3개의 다리와 함께 유지형상과 구속조건으로 설정하였으며, 제시된 하중 조건 외에 새로운 결과물을 얻어내기 위해 좌판과 다리, 등받이에 다양한 방향의 하중 조건을 부여하였다.

제너레이티브 디자인 결과 다리가 3개임에도 불구하고 설계조건에 맞는 힘, 미는 힘을 견딜 수 있는 독특한 결과물이 나왔다. A 참가자는 라이노 프로그램을 사용하여 최종 디자인을 새로 구축하였는데, 제너레이티브 디자인 결과 중 A 참가자가 선택한 결과물의 구조와 조형을 참고하기 위해 결과물 객체를 배경에 두고 겹친 상태(Overlap)에서 새롭게 모델링하여 최종 디자인을 제안하였다.

Table 4 The process of Developing Generative Design Chairs (A Designer)

유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					
					

4. 2. 2. 워크숍 참가자 B

B 참가자는 비교적 단순한 실린더 타입의 좌판, 등받이와 4개의 다리 받침을 유지형상으로 하고 별도의 추가 객체나 하중 조건 없이 제시된 설계조건만을 적용해 제너레이티브 디자인을 생성하였다. 앉는 힘과 등으로 미는 힘에도 파손이나 변형되지 않는 조형과 구조가 도출되었으나 시각적으로는 매우 투박한 구조로 생성되었다. 이는 초기 디자인 요소인 등받이와 좌판의 유지형상 생성 시 다리 받침이 안쪽으로 모여 있는 형상으로 제안되어, 앉았을 때 하중을 견디고 무게 중심을 유지하기 위해 좌판 아래쪽으로 구조물이 두껍게 생성이 되는 것으로 분석할 수 있었다.

Table 5 The process of Developing Generative Design Chairs (B Designer)

유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					
					

4. 2. 3. 워크숍 참가자 C

C 참가자는 제너레이티브 디자인의 유기적인 형상과 구조를 도출하기 위해 등받이와 팔걸이, 다리가 스플라인(Spline) 곡선으로 이어지는 객체를 유지형상으로 추가하였다. 단순히 객체와 객체를 연결시키는 구조를 생성하는 것이 아닌 확장성 있는 구조를 위해 기본 설계 조건 외에 좌판의 앞쪽, 다리 아래 부분에 하중 조건을 추가하여 결과물을 생성하였으며, 도출된 결과물 중 선택된 시안을 기반으로 면을 다듬고 절반으로 분할(Split) 후 대칭복사(Mirror) 기능으로 대칭 구조를 적용하여 최종 디자인을 제안하였다.

Table 6 The process of Developing Generative Design Chairs (C Designer)

유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					

4. 2. 4. 워크숍 참가자 D

D 참가자는 초기 콘셉트 구상을 통해 등받이와 팔걸이로 연결되는 객체와 좌판 및 후면 부의 다리받침을 유지형상으로 구현하였다. 생성되는 결과물 다양성을 위해 유지형상을 여러 조각으로 분할시켜 다양한 방향에서 하중이 적용될 수 있도록 하였다.

D참가자는 제너레이티브 디자인 결과물의 조형 및 구조를 참고하여 초기에 설정한 유지형상 기반으로 새롭게 3D 모델링을 하여 최종 디자인을 제안하였다.

Table 7 The process of Developing Generative Design Chairs (D Designer)

유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					

4. 2. 5. 워크숍 참가자 E

E 참가자는 좌판과 등받이 다리 받침을 연결하는 시작형상을 적용하였으며, 필수로 요구되었던 하중 조건 외에 좌판의 앞, 뒤, 등받이 위쪽에 하중 조건을 추가하여 결과물을 도출하였다. 제너레이티브 디자인 학습 결과, 등받이 위쪽에서부터 좌판까지 이어지는 구조와 등받이에서 뒤쪽 다리가 연결되는 구조의 시안이 선택되었으며, 불필요한 부분을 제거(Remove)하는 간단한 편집과정을 거쳐 최종 디자인을 제안하였다.

Table 8 The process of Developing Generative Design Chairs (E Designer)





유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					
					

4. 2. 6. 의자 디자인 결과 종합

첫 번째 의자 디자인 프로젝트에 제너레이티브 디자인을 활용한 결과, 참가자들은 각각 자신만의 디자인을 초기 콘셉트로 객체를 생성하고 이를 유지형상으로 사용하였다. 다양한 결과물을 도출하기 위해 제너레이티브 디자인 과정에서 유지형상에 주어진 설계조건 외의 다른 방향에서 하중 조건을 적용하거나 추가 객체를 생성하였으며, 일부는 유지형상을 분할한 후 특정 부분에 하중 조건을 추가하였다. 도출된 결과물은 그대로 디자인으로 제안하거나 불필요한 요소를 제거, 편집하여 최종 디자인을 제안하기도 하였으며, 결과물을 단지 조형 발상의 레퍼런스로 활용하여 새로운 디자인으로 제안하기도 하였다.

제너레이티브 디자인을 활용한 의자 디자인의 종합적인 결과는 아래 Table 9와 같다.

Table 9 Chair Design Results Using Generative Design

참여 디자이너	최종 디자인	제너레이티브 디자인 활용 이슈
A		<ul style="list-style-type: none"> - 3개의 다리 받침 콘셉트 - 설계조건 외 하중 조건 부여 - 생성된 결과물은 배경에 두어 겹친 상태에서 조형과 구조를 참고하여 새롭게 모델링 진행
B		<ul style="list-style-type: none"> - 주어진 설계조건만 적용 - 생성된 결과물은 편집과정 없이 최종 디자인으로 제안
C		<ul style="list-style-type: none"> - 초기 콘셉트로 객체 추가 - 설계조건 외 다양한 방향에 하중 부여 - 생성 객체의 면의 평면화(Flatten) - 좌우 대칭복사(Mirror)로 최종 디자인 제안
D		<ul style="list-style-type: none"> - 팔걸이 객체 및 앞뒤로 긴 2개의 다리 받침을 초기 콘셉트 유지형상으로 추가 - 다중하중 적용을 위해 유지형상의 분할(Split) - 결과물은 조형 참고자료로 활용 - 생성된 구조는 구부리기(Bend), 평면화(Flatten), 돌출(Extrude), 제거(Remove) 등의 조형 동사를 적용하여 새롭게 모델링 후 디자인 제안
E		<ul style="list-style-type: none"> - 시작형상을 적용 - 설계조건 외 좌판 및 등받이의 특정 위치에 하중 적용 - 불필요한 요소 제거(Remove) 및 생성 객체의 면의 간단한 편집 후 최종 디자인 제안

4. 3. 제너레이티브 디자인을 활용한 퍼터 헤드 디자인

두 번째 진행한 프로젝트는 의자와 같이 하중의 영향을 많이 받지 않는 주제로 퍼터 헤드를 선택하여 제너레이티브 디자인을 활용한 제품디자인을 진행하였다. 퍼터 헤드의 크기만 기본적인 치수로 설계조건을 설정하고 워크숍 참가자는 하중 및 구속조건 등 제너레이티브 디자인의 설계목표와 변수를 자유롭게 적용하도록 하였다. 생성된 결과물은 워크숍 참가자가 자유롭게 활용하되 최종결과물은 상품성을 고려한 디자인으로 편집하여 제안하게 하였다.

Table 10 Design Requirements for Putter Head Design Using Generative Design

퍼터 헤드스펙	- 135 x 35 x 110 (mm)
퍼터 헤드 페이스	- 135 x 35 x 15 (mm)
조형 활용	- 생성 결과물은 상품성을 고려하여 편집 활용

4. 3. 1. 워크숍 참가자 A

A 참가자는 전면의 퍼터 페이스에 하중 조건을 적용하고, 후면 사각형의 객체에는 구속조건을 적용하였으며, 페이스와 구속조건 속성을 가진 객체를 연결하는 추가 객체를 적용하였다. 그리고 제너레이티브 디자인 학습을 추가하여 배면에도 파이프 타입의 다양한 객체를 적용하고 다양한 방향에서 하중을 받도록 하여 결과를 얻어 냈다.

A 참가자는 앞서 진행한 의자 디자인 프로젝트와 마찬가지로 생성된 결과물 중 디자인에 활용하고자 하는 시안 두 개를 선택하고, 선택한 결과물을 라이노 프로그램 상에 불러온 후 이를 기반으로 제품의 실루엣 및 내부 조형 요소로 활용하여 최종 디자인을 제안하였다.

Table 11 The process of Developing Generative Design Putter Head(A Designer)

유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					

4. 3. 2. 워크숍 참가자 B

B 참가자는 퍼터 페이스와 후면에 두 개의 기둥 객체를 생성하여 유지형상으로 설정하였으며, 페이스에 기본 하중 적용 및 분할한 페이스에 다양한 방향의 하중 조건을 추가하여 결과물을 생성하였다. 그 결과, 페이스 영역을 분할하여 여러 방향에 하중 조건을 적용하였음에도 추가 객체를 적용한 타 참여 디자이너들의 결과물과는 달리 비교적 간단한 구조의 결과물이 생성되었다. B 참가자는 생성된 결과물의 구조를 기반으로 뼈대구조를 확장(Expansion)시키는 방식으로 부피를 키우는 등 위상 변환 방식으로 새롭게 모델링하여 최종 디자인을 제안하였다.

Table 12 The process of Developing Generative Design Putter Head(B Designer)

유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					

4. 3. 3. 워크숍 참가자 C

C 참가자는 초기 자료 조사를 통해 여러 종류의 퍼터를 참고하였으며, 기존의 퍼터가 가지고 있는 디자인 구성요소 및 특징을 제너레이티브 디자인의 유지형상으로 추가하였으며 다양한 장애물형상 및 하중 조건을 적용하여 결과물을 생성하였다. 생성된 결과물 중 조형과 구조가 유의미한 다수의 시안을 선택한 후, 선택한 시안의 조형 요소를 조합하여 최종 디자인으로 제안하였다.

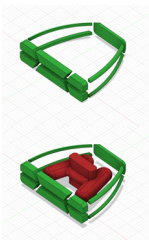
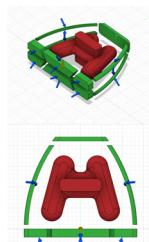
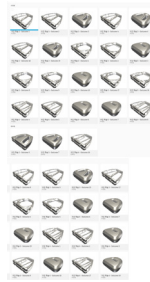
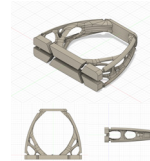

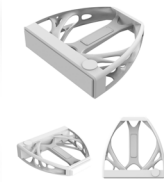
Table 13 The process of Developing Generative Design Putter Head(C Designer)

유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					

4. 3. 4. 워크숍 참가자 D

D 참가자는 제너레이티브 디자인 객체가 여러 방향에서 생성되면서 이어질 수 있도록 페이스를 여러 조각으로 분할하고 일부 영역을 삭제하여 유지형상을 설정하였다. 분할된 유지형상은 각각 다른 방향으로 하중을 적용하였으며, 기본적인 디자인 실루엣 형성을 위해 바깥쪽으로 추가 객체를 생성하였다. 전면부에서 후면부로 이어지는 영역에는 단순한 구조를 회피하기 위해 장애물형상을 설정하여 결과물을 생성하였다. 생성된 결과물 중 선택된 시안을 기반으로 생성된 구조는 그대로 활용하면서 내부에 조형 요소를 추가하여 최종 디자인을 제안하였다.

Table 14 The process of Developing Generative Design Putter Head(D Designer)

유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					

4. 3. 5. 워크숍 참가자 E

E 참가자는 초기에 디자인 콘셉트를 고려하여 페이스와 후면부 객체를 생성한 후, 페이스 면에 기본 하중 적용과 분할된 페이스 면에 다양한 하중 조건 적용을 통해 여러 번의 학습을 진행하였다. E 참가자는 생성된 결과물 중에서 최종 디자인에 적용하고자 하는 시안을 다수 선택하고 불필요한 요소 제거(Remove), 포개기(Overlap), 이어붙이기(Bridge) 등의 편집과정을 통해 퍼터 실루엣 및 상단부에 그물망 구조를 채용하였다. 최종 디자인은 NX 프로그램 상에서 편집된 결과물을 기반으로 E 참가자의 감각과 감성을 반영하여 새로운 디자인으로 제시되었다.

Table 15 The process of Developing Generative Design Putter Head(E Designer)

유지형상, 장애물형상, 시작형상 설정	하중 및 구속조건 설정	제너레이티브 디자인 결과	결과물 선택	조형/구조 활용 및 편집	최종 제안 디자인
					

4. 3. 6 퍼터 헤드 디자인 결과 종합

두 번째 퍼터 디자인 프로젝트에 제너레이티브 디자인을 활용한 결과, 기존 퍼터의 구성요소 및 디자인요소의 리서치 결과를 제너레이티브 디자인의 유지형상으로 활용하거나 페이스의 하중 조건을 다양하게 적용하여 결과물을 도출하였다. 또한, 생성된 결과물을 간단한 편집만으로 그대로 활용하였던 의자 디자인 프로젝트와는 달리 상품성 있는 형태의 퍼터 디자인을 제안하라는 과제 목표에 따라 생성된 결과물의 구조와 조형을 기반으로 처음부터 새롭게 형태를 제작하거나 참가자들의 익숙한 도구를 사용하여 제거(Remove), 이어붙이기(Bridge), 채우기(Fill), 포개기(Overlap) 등 3D 조형의 편집·생성 언어와 각자의 감각과 감성을 활용하여 새로운 디자인으로 제안하였다.

제너레이티브 디자인을 활용한 퍼터 디자인의 결과 종합은 아래 Table 16과 같다.

Table 16 Putter Head Design Results Using Generative Design

참여 디자이너	최종 디자인	제너레이티브 디자인 활용 이슈
A		- 기본 유지형상 외에 추가 객체 활용 - 다수 결과물을 오버랩하여 전체 조형 및 디테일 요소 도출
B		- 후면부에 두 개의 객체를 구속조건으로 적용 - 생성된 결과물의 구조에 살을 덧붙여 최종 조형 생성
C		- 초기 리서치를 통해 퍼터의 구성요소 및 디자인요소를 유지형상으로 추가 적용 - 다수의 결과물 중 특정 부분을 새롭게 편집하고 이를 조합하여 디자인 제안
D		- 여러 지점에서 제너레이티브 디자인이 생성될 수 있도록 유지형상을 여러 조각으로 쪼개고 일부 영역을 삭제 - 생성된 구조와 유사한 이미지로 디테일 요소를 추가
E		- 초기 콘셉트를 기반으로 을 디자인하여 진행 - 생성된 다수의 결과물을 조합하여 제품의 디테일에 적용하여 디자인 제안

4. 4. 프로젝트 참가자 인터뷰

프로젝트 종료 후 제품디자인 개발을 위한 제너레이티브 디자인 활용 효과와 향후 제품디자인의 보편적인 도구로서의 가능성, 그리고 활용도 향상을 위한 사용자 요구사항 등에 대해 알아보기 위해 인터뷰를 진행하였다.

제너레이티브 디자인의 활용 효과는 공학지식이 전무하더라도 설계조건만 부여하면 쉽게 결과물을 생성해내어 디자인에 활용할 수 있다는 점과 짧은 시간 안에 다양한 조형의 탐색이 가능하고, 탐색된 조형은 기존 디자인기법에서 도출해 낸 조형과 차별화된다는 점을 도출할 수 있었다.

디자인하고자 하는 제품과 제너레이티브 디자인의 원리를 명확히 이해한다면 초기 디자인 콘셉트나 제너레이티브 디자인의 세부 기능 활용 방식 및 조건 구축에 따라 다양한 조형을 도출할 수 있으며, 생성된 결과물은 그대로 사용할 수도 있지만, 디자이너의 역량에 따라 조형을 위한 아이디어 발상 도구로의 활용 가능성도 도출할 수 있었다.

그러나 제너레이티브 디자인과 소프트웨어의 원리를 이해하지 못한 경우, 단순한 조건 적용으로 간단한 결과물이 생성되어 조형에 활용하기 어려운 경우도 있었으며, 유의미한 조형을 얻어내기까지 여러 번의 시행착오가 발생하여 제너레이티브 디자인 활용에 어려움을 느끼는 경우도 있었다. 이러한 이유로 다양한 조형을 생성하기 위한 초기 기본 도형의 제시나 하중 조건 부여를 위한 엔지니어링 가이드라인이 필요하다는 요구사항이 도출되었으며, 표준 형상 구축을 위한 사례 및 제작 가이드라인의 제시는 다양한 조형의 생성과 응용에 도움이 될 수 있을 것이라 응답하였다.

인터뷰는 각 프로젝트 종료 후 개별 인터뷰를 통해 진행하였으며, 인터뷰 결과는 Table 17과 같이 정리하였다.

Table 17 Project Participant Interview Result

활용 효과	<ul style="list-style-type: none"> - 공학지식이 전무하더라도 제한조건만 부여하면 쉽게 디자인 진행 가능 - 짧은 시간 안에 다양한 조형 탐색 - 기존의 디자인기법에서 도출해 낸 조형과는 차별화 - 이미지 플랫폼을 기반으로 비숙련 디자인 개발이 아닌 객관적인 설계조건에 부합하는 새로운 조형 창조 - 양산을 고려한다면 어려운 부분이 있지만 초기 시안으로는 큰 도움이 됨
가능성	<ul style="list-style-type: none"> - 디자인하고자 하는 대상의 구조 및 유지형상에 대해 명확히 이해하고 콘셉트에 따라 실루엣 및 추가 객체의 유지형상을 확대적용 함에 따라 다양한 조형 결과물을 얻어 낼 수 있음 - 제너레이티브 디자인 결과물은 디자인 개발에 바로 적용 하여 시안으로 활용할 수도 있으며, 디자이너의 역량에 따라 추가공 결과는 다양해질 수 있음 - 설계조건을 약간의 변경으로도 해도 다른 디자인 결과물이 생성되기 때문에 설계조건을 달리하여 여러 학습을 동시에 진행하여 결과물 생성 - 3D 툴에 익숙하다면 제너레이티브 디자인 결과물을 바로 편집하여 빠르게 새로운 디자인을 제안할 수 있음 - 양산 및 상품성을 고려하여 디자인하기 위해 생성된 결과물은 조형 발상의 참고자료로만 활용해서 새롭게 모델링하여 디자인 제안 - 제너레이티브 디자인으로 완벽한 조형을 생성하기 어렵다면 참고자료로 활용 - 3D 툴을 활용하는 만큼 생성된 결과물을 즉시 불러와 트레이싱하여 새롭게 스케치하거나 객체와 객체를 연결, 빈 공간 채우기, 두께, 겹치기, 불필요 영역 삭제 등 3D 조형의 생성 및 편집과 관련한 기능을 이용해 디자인 조형 전개에 활용- 단순한 하중 조건으로는 디자인 조형에 적용하기 어려운 간단한 조형 생성 - 유의미한 조형을 얻어내기 위해 여러 번의 시행착오 발생 - 과도한 하중 조건 적용은 생성 실패하기 때문 - 하중 조건이 적용되지 않은 작은 제품은 기본값에 대한 기준이 필요 - 기본 조형을 이용한 가이드라인이 있다면 응용하여 다양한 조형을 생성하는데 도움
문제점 및 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> - 단순한 하중 조건으로는 디자인 조형에 적용하기 어려운 간단한 조형 생성 - 유의미한 조형을 얻어내기 위해 여러 번의 시행착오 발생 - 과도한 하중 조건 적용은 생성 실패하기 때문 - 하중 조건이 적용되지 않은 작은 제품은 기본값에 대한 기준이 필요 - 기본 조형을 이용한 가이드라인이 있다면 응용하여 다양한 조형을 생성하는데 도움

5. 제너레이티브 디자인의 제품디자인 활용 효과

제품디자인 개발을 위한 제너레이티브 디자인의 활용은 기존의 방식대로 필수 유지형상에 요구하는 설계 요구사항을 적용하는 것에 그치지 않고 디자이너가 개발하고자 하는 디자인 대상의 콘셉트를 기반으로 추가 객체를 생성하거나 필수 설계요구 조건 외에 여러 조건을 부여함으로써 좀 더 다양한 결과물을 도출할 수 있다는 점에서 활용 효과를 기대할 수 있었다. 이렇게 생성된 결과물은 디자인 조형 아이디어를 얻어내기 위한 참고자료로 활용되어 간단하게 편집 후 그대로 사용할 수 있으며, 디자이너들이 익숙한 디자인 모델링 프로그램상에서 결과물의 조형 및 구조를 기반으로 제품의 실루엣, 캐릭터 라인, 세부 요소 등을 구축하여 새롭고 창의적인 조형 발상에 도움을 줄 수 있다는 가능성 또한 볼 수 있었다.

워크숍 프로젝트의 수행과정과 결과물 분석, 인터뷰를 통해 도출된 활용효과와 제품디자인 개발 도구로서의 가능성을 반영하여 [Figure 8]의 제너레이티브 디자인의 제품디자인 프레임워크로 구성해보았다.

디자이너는 디자인 개발을 하고자 하는 대상을 이해하고 제품의 필수 유지형상과 결과생성의 다양성을 위해 적용할 추가 구성요소에 대해 탐색한다. 필수 유지형상에 적용되는 하중 조건 외에도 다른 면에도 힘의 양과 방향을 추가할 수 있으며, 유지형상은 결과물 생성 이후에 디자인 개발을 진행하면서 편집이 가능하므로 추가생성, 분할, 제거를 통해 하중 조건을 다양하게 적용할 수 있다. 또한, 기본 설계변수 외에 소재나 가공법 등의 변수를 추가함으로써 개발 목표에 충실한 유효 결과물을 도출할 수 있다.

제너레이티브 디자인은 설계목표에 부합하는 가장 효율적인 결과물을 도출하기 때문에 주어지는 하중 조건이나 변수 선정에 따라 결과가 매우 단조롭게 나올 수 있다. 따라서 다양한 결과물을 생성하기 위해서 디자이너는 초기에 디자인 콘셉트를 설정할 때 제너레이티브 디자인의 유지형상에 해당하는 추가 객체나 요구하는 하중 조건 외에 여러 방향에서 하중 조건을 추가해야 한다. 만약 원하는 결과물이 생성되지 않았을 경우에는 위에서 적용한 유지형상 및 설계조건을 변경하거나 변수를 다양하게 하여 추가 학습을 실시한다.

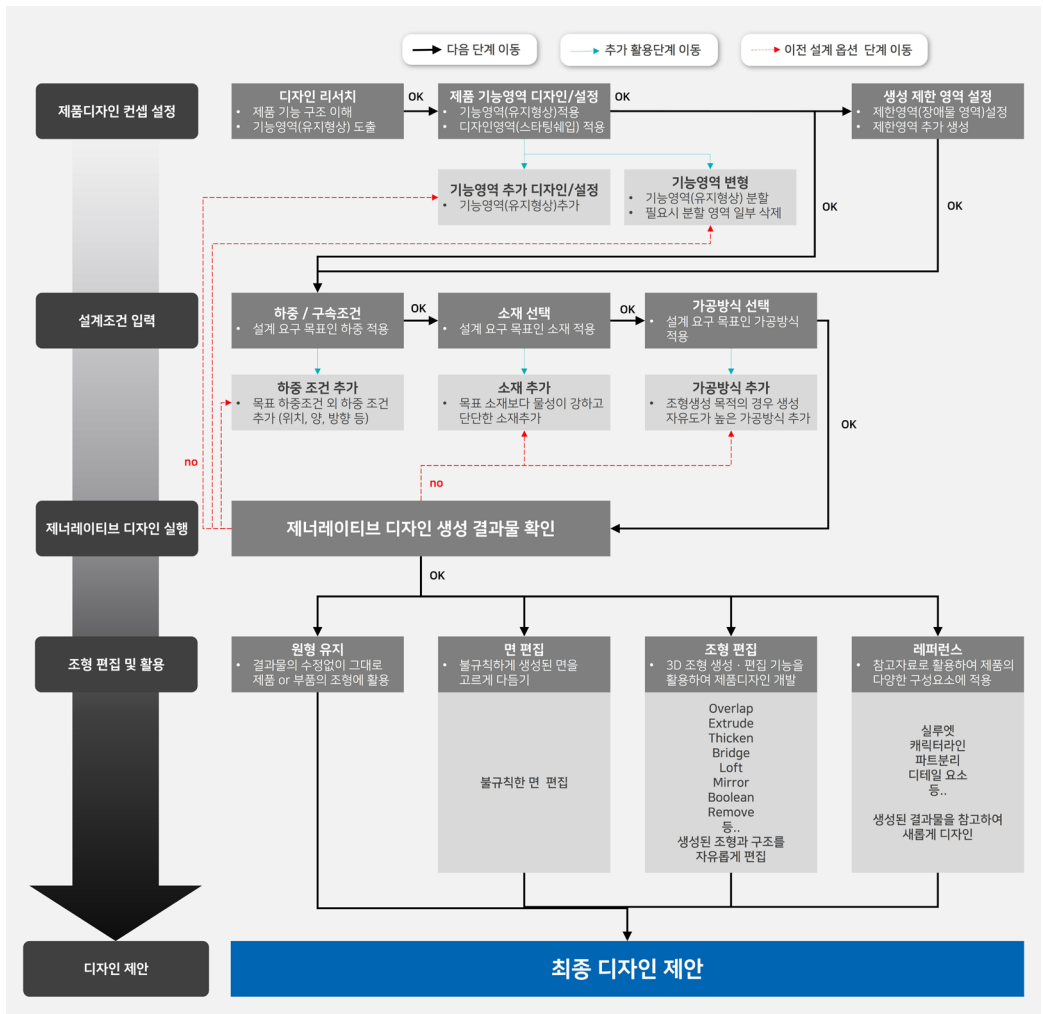


Figure 8 Generative Design Framework for Product Design Development

제너레이티브 디자인은 초기 객체 생성부터 제너레이티브 디자인 실행, 결과물의 데이터 관리까지 3D 소프트웨어 안에서 해결할 수 있기 때문에 생성된 결과물을 바로 편집하여 디자인으로 활용할 수 있다는 장점을 가진다. 디자이너는 생성된 결과물 중 디자인 적용에 유의미하다고 생각되는 시안을 선택하고 편집과정을 거쳐 디자인을 제안할 수 있는데, 불규칙하게 생성된 면을 다듬어서 그대로 디자인에 활용하거나 새로운 디자인에 트레이싱하여 스케치 작업을 통해 디자인을 개발할 수도 있다. 또한, 생성된 구조를 기반으로 여러 시안을 겹치거나(Overlap) 객체를 돌출(Extrude), 두께(Thicken), 연결(Bridge), 확장(Expansion), 대칭복사(Mirror), 결합/교차/빼내기(Boolean), 제거(Remove) 등의 3D 조형 생성, 편집 기능을 활용하여 제너레이티브 디자인의 조형을 편집하거나 새로운 조형으로 생성할 수 있다. 이때 디자이너는 제너레이티브 디자인으로 생성된 결과물을 자신들이 익숙한 디자인 도구에 투영하여 디자인 작업을 수행할 수도 있다. 따라서 제너레이티브 디자인의 중간 및 최종 산출물은 조형 개발의 아이디어 발상 도구로도 활용할 수 있으며, 제품의 실루엣, 캐릭터 라인, 디테일요소 등으로 제품디자인에 효과적으로 활용할 수 있다.

최종 디자인 개발 과정에서는 기존 디자인 형상 개발과 동일하게 디자이너의 역량과 감성, 감각에 의해 다양한 시안을 제안할 수 있다. 그럼에도 불구하고 공학적 요구사항이 반영된 대상은 설계조건에 부합하는 결과물을 기반으로 디자인되었다는 점에서 객관적인 유의미성을 가진다.

6. 결론

연구에서 활용한 제너레이티브 디자인은 개념 자체가 공학적이고 기존에 디자이너들이 쉽게 접하지 못했던 도구라는 점에서 사용자는 제한적이다. 본 연구에서 제안된 제품 개발을 위한 제너레이티브 디자인 프레임워크 구축 과정에서 워크숍에 참여한 제한된 소수 인원은 객관적인 타당성을 가지기에 한계가 있다. 또한, 다양한 소프트웨어 기업에서 제너레이티브 디자인 기능이 적용된 소프트웨어를 출시하고 있지만 연구에서 사용된 제너레이티브 디자인은 특정 소프트웨어만을 활용했다는 점에서 제시된 프레임워크를 동일하게 적용하기 어렵다는 한계가 있다. 따라서 이러한 부분은 향후 추가적인 워크숍을 통해 보완할 예정이다.

그럼에도 불구하고 제너레이티브 디자인 프레임워크 구축함으로써 제품디자인에서 형상 및 구조 개발을 위한 새로운 방법을 제시하고 이를 객관적으로 평가하고 개선 및 보완하기 위한 기준을 제시하고자 함이다.

인공지능을 기반으로 한 설계 솔루션으로 활용되고 있는 제너레이티브 디자인이 제공하는 결과물의 다양성, 예측할 수 없는 창의적이고 독특한 조형, 입체 상태에서 변수에 의한 빠른 수정 및 반영이라는 특성은 모든 유사 도구에서 동일하게 활용할 수 있는 개념이다. 본 연구는 이러한 관점에서 제너레이티브 디자인을 제품디자인 개발에 활용하였을 경우 그 활용 가능성과 효과에 대해 알아보기 위한 실험적 연구로 진행하였다. 실험 결과, 제너레이티브 디자인을 통해 생성된 결과물은 양산을 고려한다면 생산 방식에 따라 더 많은 과정을 거쳐 디자인 수정이 이루어져야 하겠으나, 디자인 조형 생성을 위한 발상 과정에서 설계 요구조건에 부합하는 객관적인 데이터 생성과 다양한 조형 아이디어를 도출하기 위한 방법으로서 그 활용 가능성을 확인할 수 있었다.

연구에서 제안된 제품디자인 개발을 위한 제너레이티브 디자인의 활용방안은 최종 결과물의 모든 요소가 인공지능을 통해 도출되는 것이 아니라 디자이너들이 제품을 구성하는 여러 요소 중 필요한 요소에 컴퓨터를 활용하여 설계 목적에 부합하는 결과물을 도출하는 것이었다. 그리고 설계 요구사항과 디자이너의 의도에 의해 알고리즘으로 생성되는 다양한 조형의 결과물을 디자인 발상을 위한 탐색 도구로 활용할 수 있다는 점에서 제너레이티브 디자인의 제품디자인 프로세스 활용은 인공지능디자인과의 협업 프로세스로 큰 의미를 가질 수 있을 것으로 사료되었다.

이러한 제너레이티브 디자인은 제품디자인 프로세스를 완전히 변화시키는 데에는 한계가 있지만 아이디어 발상과 공학적 문제 해결의 유효한 결과 도출에는 유용한 도구로서 활용성과 가능성이 있을 것으로 보이며, 다양한 사례와 함께 3D 소프트웨어의 단순한 기능요소가 아닌 인공지능과의 협업, 공학적 데이터 기반의 문제 해결과 조형 생성 도구로서 활용될 수 있는 기반 구축, 그리고 디자이너들의 인식 제고가 동반된다면 제너레이티브 디자인은 새로운 디자인방법론으로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서 제안한 활용방안을 기반으로 효율적인 제품디자인 및 조형 개발이 이루어지기 위해서는 제너레이티브 디자인의 유지형상/장애물형상의 구성과 구속 조건/하중 조건 적용에 따라 다양하게 생성되는 조형 및 구조의 변수 설정을 위한 가이드라인과 다양한 활용사례가 제시되어야 할 것이다.

향후, 이러한 가이드라인을 통해 제너레이티브 디자인이 제품디자인과 조형개발 단계에서 조형 아이디어 발상 및 디자인 대안 제시를 지원하는 체계적인 도구로서 활용되기를 기대한다.

References

1. Autodesk. Retrieved October 12, 2021, from <https://www.autodesk.co.kr/customer-stories/claudius-peters>
2. Gunpinar, E., Coskun, C. U., Ozsipahi, M., & Gunpinar, S. (2019). A Generative Design and Drag Coefficient Prediction System for Sedan Car Side Silhouettes based on Computational Fluid Dynamics. *Computer-Aided Design*, 111, 65-79.
3. Na, H., & Kim W. (2021). 제너레이티브 디자인의 제품 디자인 프로세스 활용 연구 [A Study on The Practical Use of Generative Design in the Product Design Process]. *Archives of Design Research*, 34(1), 85-98.

4. Jordahn, S. (2019, Apr 11). Philippe Starck, Kartell and Autodesk unveil "world's first production chair designed with artificial intelligence". *Dezeen*, Retrieved from www.dezeen.com/2019/04/11/ai-chair-philippe-starck-kartell-autodesk-artificial-intelligence-video
5. Kang, N. (2019). 제너레이티브 디자인과 인공지능 기반 설계자동화. *Journal of the KSME*, 59(8), 24-28.
6. Kim, B. (2016). 창의적 조형발상을 위한 *Creative Form-generative Tool* 활용방안 연구 [A study on the Application Method of *Creative Form-generative Tool(CFT)* for Form Explorations]. (Unpublished doctoral dissertation). Hongik University, Seoul, Korea.
7. Krish, S. (2011). A Practical Generative Design Method. *Computer-Aided Design*, 43, 88-100.
8. Lim, M., Lee, S., Son, J., & Kim, B. (2013, December). 파라메트릭 기법을 이용한 신조형 연구[The study of the new shape by parametric design]. *한국디자인학회 학술발표대회 논문집[KSDS Conference Proceeding]*, 292-295.
9. Park, S. (2011). 위상 기하학을 활용한 입체조형교육에 관한 연구 [A Study on the Three-Dimensional Design Education Using Topology]. (Unpublished master's thesis). Kookmin University, Seoul, Korea.
10. Song, H. (2013). 조형 알고리즘을 기반으로 한 디자인발상지원 시스템 연구 [A study on Design Conception Support System Based on Formative Algorithm]. (Unpublished doctoral dissertation). Hanyang University, Seoul, Korea.
11. Song, S., Kim, H. (2015). 유기체론적 디자인 조형 특징 요소 연구 [A Research on Expressional Characteristic Elements of Organic Design Morphology – Focused on Heterogeneous Context]. *Journal of the Korean Society Design Culture*, 21(3), 393-405.
12. Yasuo, M. (2019, Jan 22). WHILL が最新テクノロジーで追求する次世代のパーソナル モビリティ [The Next Generation of Personal Mobility Pursued by WHILL through Advanced Technology]. *Autodesk*, Retrieved from <https://redshift.autodesk.co.jp/personal-mobility-whill>
13. Yasuo, M. (2020, Feb 05). 일본 덴소, 작지만 강력한 자동차 부품인 엔진 제어 장치를 책임지다 [Japan's DENSO Takes on the Engine Control Unit, a Small but Mighty Auto Part]. *Autodesk*, Retrieved from <https://redshift.autodesk.co.kr/engine-control>

제너레이티브 디자인의 제품디자인 활용에 관한 실증적 연구

나한범¹, 김원섭^{2*}

¹서울과학기술대학교 나노IT디자인융합대학원 IT디자인융합전공, 학생, 서울, 대한민국

²서울과학기술대학교 디자인학과, 교수, 서울, 대한민국

초록

연구배경 제너레이티브 디자인은 설계목표를 기반으로 생성된 객관적인 결과물에 디자이너의 감각과 감성을 더해 설계목표를 해결하고 동시에 알고리즘에 의한 구조와 조형 생성에 도움을 받을 수 있는 융합프로세스의 대안으로 주목받고 있다. 그러나 제너레이티브 디자인에 대한 많은 디자이너들의 관심에도 불구하고 제너레이티브 디자인에 기반 한 제품디자인 조형 발상 및 전개, 표현방법에는 정확한 지침이 없어 제너레이티브 디자인 활용에 많은 어려움을 겪고 있으며, 실제 활용 효과와 가능성은 사례나 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제너레이티브 디자인을 활용한 제품디자인 프로젝트를 통해 활용방안에 대해서 알아보기로 하였다.

연구방법 본 연구에서는 제너레이티브 디자인을 기반으로 한 제품디자인 개발 프로젝트를 통해 제너레이티브 디자인의 활용방안에 대해 알아보고자 다음과 같은 방법으로 연구를 진행하였다.

연구를 위한 방법으로는 첫째, 제품디자인 개발을 위한 조형 연구, 탐색, 발상과 관련한 선행연구를 진행하여 제품디자인과 조형 발상에 관련한 시사점을 도출하였다. 둘째, 제너레이티브 디자인을 활용한 제품 및 부품의 조형, 구조 적용사례를 살펴보고 제품디자인에 활용할 수 있는 방안에 대해 알아보려고 한다. 셋째, 제품(산업)디자인 전공 학생들과 주니어급의 디자이너를 대상으로 제너레이티브 디자인을 활용한 제품디자인 개발 프로젝트를 진행하여 각 디자인 별로 제너레이티브 디자인 활용과 과정에 대해 분석해보았다. 넷째, 참여 디자이너에 대한 인터뷰를 통해 제품디자인 프로세스에서 제너레이티브 디자인의 활용 효과 및 가능성에 대해 도출하였다.

연구결과 제너레이티브 디자인의 설계목표에 부합하는 객관적인 결과물 활용과 인간의 상상력을 뛰어넘는 창의적이고 새로운 조형으로 제품디자인에 활용할 수 있다는 가능성을 도출할 수 있었다. 하지만 디자이너가 의도하는 조형과 구조를 뽑아내기 위해서는 여러 번의 시도를 거치는 경우가 있었으며, 원리를 이해하지 못한 상태에서 진행한 디자인 개발에서는 유의미한 제품 조형을 도출하기에 어려워하는 경우가 있어 이를 위한 가이드라인의 필요성이 제시되었다.

결론 기존의 제품디자인의 형상 디자인, 스타일링은 이미지 리서치나 디자이너의 감성, 감각 기반으로 디자인 개발이 진행되어왔다. 하지만 제너레이티브 디자인을 기반으로 한 제품디자인 개발은 다양한 옵션을 통해서 기존과는 차별되는 조형과 구조를 결과로 도출하는 것과 여기에 디자이너의 감성을 더해 디자인을 진행할 수 있다는 것에 의미를 둘 수 있었다. 향후, 제품의 기본 유지형상/장애물형상의 구성과 구속 조건/하중 조건 등의 제너레이티브 디자인의 설계 변수 적용 방안에 대한 가이드라인이 제시된다면 제너레이티브 디자인을 기반으로 한 제품디자인에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

주제어 제너레이티브 디자인, 제품디자인, 산업디자인, 디자인방법론, 디자인 프로세스, 디자인 조형
