

파라메트릭 기법을 활용한 플렉서블디자인패턴의 형상화 검토

Review on the Form Generation of Flexible Design Pattern using Parametric Design

주 저 자 : 하봉수 (Ha, Bong Soo)

동양대학교 교수
see@daum.net

<https://doi.org/10.46248/kids.2025.3.866>

접수일 2025. 08. 19. / 심사완료일 2025. 08. 23. / 게재확정일 2025. 08. 25. / 게재일 2025. 09. 30.
“이 논문은 2024년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었음”

Abstract

The Flexible Design Pattern (FDP) possesses both morphological flexibility and visual diversity. However, traditional manual approaches to design development impose temporal and physical constraints on expressing such visual diversity, particularly in the repeated demonstration and combination testing stages, where inefficiencies are pronounced. Therefore, this study aimed to digitally implement the formation of FDP using parametric design techniques. By employing Grasshopper, we examined methods to quantitatively and non-linearly control the positional variations and interactive structures of the compositional units (cells). The node design, centered on components such as Fibonacci sequence-based unit division, Rotate (with specified center), Mirror (with specified axis), Move (with specified vector), and Jitter (random), demonstrated through simulation that visual diversity and the flexibility of pattern combinations were significantly enhanced. Consequently, the FDP algorithm was proven to be a tool capable of radically expanding efficiency and expressive potential in the processes of design education, development, demonstration, and marketing.

Keyword

Flexible Design Pattern(플렉서블디자인패턴), Parametric Design(파라메트릭 디자인), Visual Diversity(시각적 다양성)

요약

플렉서블디자인패턴(FDP)은 조형적 유연성과 시각적 다양성을 지니고 있다. 그러나 기존의 수작업 방식에 의한 디자인 개발은 시각적 다양성을 표현하는 데 시간적·물리적 제약이 따르며, 특히 반복 시연과 조합 실험에서 비효율적이다. 이에 본 연구는 파라메트릭 디자인 기법을 활용하여 FDP의 형상화를 디지털 방식으로 구현하고자 했다. 그래스호퍼(Grasshopper)를 사용해 조형 단위(셀)의 위치 변화와 상호작용 구조를 정량적·비선형적으로 제어할 수 있는 방식을 검토했다. 피보나치 수열 기반의 유닛 분할, Rotate(중심점 지정), Mirror(축 지정), Move(벡터 지정), Jitter(랜덤) 등의 컴포넌트를 주축으로 하는 노드 설계를 통해 시각적 다양성과 패턴 조합의 유연성이 향상된다는 점을 시뮬레이션으로 확인했다. 이로써 FDP 알고리즘은 디자인 교육, 개발, 시연 및 마케팅 과정에서 효율성과 표현 가능성을 획기적으로 확장할 수 있는 도구임을 입증했다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구배경 및 목적
- 1-2. 연구방법 및 범위

2. 파라메트릭 디자인과 유닛 조형

- 2-1. 파라메트릭 디자인 개념
- 2-2. 유닛 반복 조형의 특성
- 2-3. 시각적 다양성과 반복성

3. 플렉서블디자인패턴의 구조적 특성

- 3-1. 플렉서블디자인패턴
- 3-2. 플렉서블디자인패턴의 구조
- 3-3. 형상의 자동 생성 방향

4. 알고리즘 기반 자동 형상화 검토

- 4-1. 파라미터 설정
- 4-2. 노드 설계
- 4-3. 시뮬레이션과 효과

1. 서론

1-1. 연구배경 및 목적

연구자는 그동안 유닛 조형에 대해 연구해 오면서 ‘플렉서블디자인패턴(Flexible Design Pattern, 이하 FDP)’에 대해 발표한 바 있다. 이 패턴(FDP)은 모듈러(Modulor)라는 명확히 입증된 미의 원리를 토대로 만들었기 때문에, 이러한 프로포션(proportion)을 내재한 FDP는 시각적 아름다움은 물론, 형태를 조금씩 달리하면서도 뚜렷한 아이덴티티를 유지하는 특성이 있다.

통일감과 변화를 겸비한 조형물이라는 의미에서 ‘플렉서블 입체조형물’이라는 용어로 최초 발표되었고¹⁾, 이후 패턴으로서의 주기적 반복성을 강화하기 위해 피보나치 수열 기반의 개선안 ‘플렉서블 입체모델’을 발표했다²⁾. 그 후 질서를 기반으로 하면서도 시각적 다양성과 변화를 도출하기 위해 다양한 셀 형상 디자인을 검토해 오면서, 최종적으로 FDP³⁾라는 용어로 정착되었다.

오늘날 디자인 분야에서는 고정된 형태에서 벗어나 유동적이고 상호작용 가능한 구조가 주목받고 있다. 자하 하디드(Zaha Hadid)와 패트릭 슈마허(Patrik Schumacher) 등의 건축가에 의해 구현된 파라메트릭 디자인 프로세스는 비정형적이면서도 반복성을 지닌 조

형 이미지를 창출하는 유용한 수단으로 알려져 있다.

FDP 역시 단위 요소의 상호관계를 기반으로 시각적으로 다양한 이미지를 생성하는 조형 방식이라는 점에서 파라메트릭 기법과 유사하다. 그러나 조형 실험 및 시연에 물리적 시간이 과도하게 소요되고, 시각적 변화를 빠르게 제시하거나 재구성하기 어려운 비효율성이 존재한다. 이러한 한계는 교육적 활용, 디자인 개발 초기 실험, 마케팅 시연 등에서 실시간 조작과 반복 실험에 제약이 된다.

이러한 측면에서 본 연구는 파라메트릭 디자인 기법을 활용하여 셀 기반 유닛 구조의 형상화 알고리즘을 구축하고, FDP의 시각적 다양성을 자동화하여 사용자 맞춤형 설계 도구로 확장할 가능성을 검토하고자 한다.

본 연구의 주요 과제는 다음과 같다.

- FDP의 조형 방식 자동화 검토
- 단위 요소간 상호작용을 통한 시각적 다양성 확보
- 조작 편의성과 반복 실험 효율이 높은 도구 지향

1-2. 연구방법 및 범위

본 연구는 파라메트릭 디자인 기법으로 널리 알려진 그래스호퍼(Grasshopper)를 채택하여, FDP의 시각적 다양성을 효율적으로 구현할 수 있는 알고리즘 구축을 목표로 했다. 연구 절차는 크게 이론적 고찰, 알고리즘 구축, 유용성 검토의 순으로 진행되었다.

먼저, 파라메트릭 디자인 개념과 FDP의 구조적 특징을 검토하여 알고리즘화 가능성을 살폈다. 이어 기존 수작업 조형 실험에서 이루어졌던 형상화 과정을 토대로 ‘분할’, ‘셀 형상 디자인’, ‘단위 요소(셀·유닛) 구성’의 3단계를 순차적으로 알고리즘화했다. 이후 디지털 환경에서 패턴 시뮬레이션을 실행하여 시각적 다양성 확보 여부와 기존 조형 방식에서 발생했던 시간·물리적 한계 개선 여부를 비교·분석했다.

연구 범위는 평면의 비례 분할, 셀 형상 디자인, 단위 요소의 구성 시스템 구축에 중점을 두었다. 우선, 기본 구조 설계로 단일 정사각형 평면(100mm×100mm)을 기준으로 가로 2:3:3, 세로 3:5 비율로 분할하였다. 이때 만들어지는 6개의 셀(최소 단위)을 정사각형으로

- 1) 하봉수, 모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물 개발 연구, 기초조형학연구, Vol.18 No.5, 2017, pp.655-669
- 2) 하봉수, 모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물의 교육적 활용방안 연구, 기초조형학연구, Vol.19 No.2, 2018, pp.545-558
- 3) 플렉서블디자인패턴 관련 주요 논문은 다음과 같다.
하봉수, “플렉서블 입체모델”의 채색 효과 연구, 디자인리서치, Vol.5 No.1, 2020, pp.227-237
하봉수, 플렉서블디자인효과 조율을 위한 3D유닛패턴 디자인방법 체계화, 디자인리서치, Vol.8 No.2, 2023, pp.414-425
하봉수, 플렉서블디자인패턴을 활용한 시제품 모형의 촉감효과 검토, 디자인리서치, Vol.9 No.1, 2024, pp.363-372
하봉수, 플렉서블디자인패턴을 활용한 아트키트 제품화 가능성 검토, 디자인리서치, Vol.9 No.4, 2024, pp.911-921

재조합하면 유닛(기본 단위)이 된다.

셀 형상 디자인은 대각선, 대칭성, 연결 포인터 등 패턴의 연결성과 리듬감을 확보할 수 있는 조형 규칙을 적용했다. 이어 단위 요소의 이동·회전 등 구성 (composition) 조작을 통해 시각적 연결·단절 효과를 포함한 다양한 표정 변화를 만들 수 있도록 했다.

결국 각 셀의 입체 형상과 면적 비례를 시작으로, 규칙적·불규칙적 조작을 포함한 이동·회전 조작에 의해 다양한 인상의 FDP를 생성하는 노드 설계와 결과물의 시뮬레이션을 통해 알고리즘의 디자인 효율성, 조형적 다양성, 실질적 활용 가능성 고찰을 범위로 했다.

2. 파라메트릭 디자인과 유닛 조형

2-1. 파라메트릭 디자인 개념

파라메트릭 디자인(parametric design)은 설계 과정에서 디지털 도구와 알고리즘을 활용해 ‘설계 변수(parameter)’를 정의하고, 변수의 변화에 따라 형상과 구조가 자동으로 생성 또는 수정되는 컴퓨터이셔널 디자인 방식이다⁴⁾. 기존의 디지털 디자인 도구들이 수작업을 재현하는 역할을 위주로 해 왔던 것과 다르게 파라메트릭 디자인은 매개변수들로 상호 관계를 가지고 알고리즘을 만들어 디자인을 구체화⁵⁾하는 것이다. 이처럼 자동화를 통해 다양한 대안을 생성할 수 있는 파라메트릭 디자인은 반복과 변형이 조형의 핵심인 유닛 조형이나 모듈 디자인에 적합할 수 있다.

파라메트릭 디자인의 실제 구현은 주로 그래스호퍼와 같은 알고리즘 기반 도구를 통해 이루어진다. 이것은 시각적으로 변수와 연산을 조합할 수 있도록 해주어 복잡한 유닛 조형이나 구조 시스템 생성에 유용하다. 최근 국내에서도 그래스호퍼를 기반으로 한 조형·건축 설계 사례가 증가하고 있으며⁶⁾, 반복 구조나 유

닛 기반 조형에서의 응용 가능성이 높아 디자인 교육에서의 활용 폭도 넓어지는 추세다.

결국, 파라메트릭 디자인은 설계의 창의성과 자동화를 동시에 확보할 수 있는 방법론으로, 특히 유닛 기반 조형이나 모듈 구조의 시각적 다양성 탐색에 탁월하기 때문에 유닛 반복을 기반으로 하는 FDP의 자동화에 매우 적합한 기술이라 할 수 있다.

2-2. 유닛 반복 조형의 특성

유닛 반복 조형은 일정한 형태의 단위(cell 또는 unit) 요소를 반복·배열·조합하여 전체 조형 구조를 구성하는 창작 방식으로, ‘유닛 조형’이라고도 불린다. 유닛은 독립된 조형 요소이자 동시에 전체 구조의 일부로 기능하며, 반복과 규칙성 속에서 시각적 질서와 구조적 통일성을 형성한다.

이 개념은 예술·건축·디자인 전반에 걸쳐 다양한 형태로 확장되었으며, 조형의 기본 단위가 전체 조형성을 결정짓는 형식적·개념적 기반으로 작용해왔다. 유닛 조형은 고대 모자이크나 이슬람 기하 문양에서 시작하여, 20세기 이후 개념미술(conceptual art), 모듈러 디자인(modular design), 수리 조형 등 다양한 현대 조형 언어로 발전해 왔다. 특히 솔 르윗(Sol LeWitt)은 “아 이디어 자체가 예술이다”라는 개념미술 선언과 함께, 정육면체 유닛의 반복적 배열을 통해 전체 구조를 형성한 Modular Structures 시리즈를 발표했다(그림 1)⁷⁾. 이는 유닛 조형의 전형적인 예로, 반복과 규칙성을 통한 시각 질서와 개념적 명확성을 보여준다.



[그림 1] Sol LeWitt | Modular Floor Structure (1966)

건축 이론가 알렉산더(Christopher Alexander) 역시 『패턴 언어(A Pattern Language)』에서 반복 가능

임진규, 박정대, 파라메트릭 디자인을 활용한 비정형 형태생성 기법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, Vol.29 No.8, 2013, pp.43-50

7) [https://www.paulacoopergallery.com\(25.07.25.\)](https://www.paulacoopergallery.com(25.07.25.))

4) Branko Kolarevic, ed. 『Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing』, Spon Press, 2004, p.210

5) 안승식, 산업디자인 활용을 위한 파라메트릭 디자인 케이스스터디 연구, 디지털디자인학회, Vol.14 No.3, 2014, p.339

6) 그래스호퍼를 이용한 조형·건축 설계 사례 중 참고 논문은 다음과 같다.
서혁준, 자동차 그릴 패턴 디자인을 위한 파라메트릭 알고리즘 기초 연구, 기초조형학연구, Vol.17 No.6, 2016, pp.283-292

한 구조 단위를 기반으로 한 설계 체계를 제시하며, 유닛 개념의 확장 가능성과 공간 내 구조적 조화 가능성을 이론화하였다⁸⁾.

이러한 유닛 조형의 조형적 특성은 크게 ‘반복성’, ‘상호 의존성’, ‘확장성’, ‘조작 가능성’으로 정리할 수 있다. 이 중에서도 유닛 조형의 가장 기본적인 특성은 반복(repetition)이다. 동일하거나 유사한 단위를 일정한 규칙에 따라 반복하면 복잡한 속에서 통일감이 생성되면서 시각적 쾌감을 불러일으킨다⁹⁾. 이러한 반복 배열에는 A A A와 같은 형상의 단순 반복(repetition)을 비롯해, AB AB AB 형식의 교대 반복(alternation), A B C B A 형식의 점진적 반복(progration), A B C D E 형식의 점층 반복(gradation) 등과 같이 일정한 규칙 기반의 다양한 반복이 있다.

또한, 유닛 조형은 전체와 부분의 상호 의존적 관계를 전제로 한다. 개별 유닛은 독립된 구조를 지니면서도, 전체 조형 속에서 의미와 기능이 달라질 수 있다. 형태심리학자 베르타이어(Michael Wertheimer)에 의하면 “지각 대상은 실제 자극에 일대일로 반응하지 않고 전체, 즉 그것을 구성하는 요소의 총합이 아닌 전체를 조직화한다¹⁰⁾.” 결국, 유닛 반복 조형은 형상들의 개별적인 합에 머무르는 것이 아니라, 반복을 통해 성립된 형상 전체의 구조로서 인식되며, 개별 형상들이 갖지 못하는 의미를 뛰어넘는다¹¹⁾고 할 수 있다. 이처럼 유닛 조형은 전체 구조에서의 부분의 중요성도 무시할 수 없지만, 부분과 전체의 유기적 통합이 무엇보다 중요하다.

다른 구조적 특성으로는 모듈화와 확장성이 있다. 단위가 일정한 구조 논리에 따라 설계될 경우, 수평적·수직적으로 무한 반복 및 재배열이 가능해지며, 이로 인해 다양한 형태 변형과 구조 확장이 가능하다. 특히 유닛 조형은 단순 반복을 넘어, 회전(rotation), 대칭(symmetry), 이동(translation), 스케일(scale) 등의 조작을 통해 더욱 복잡한 구조를 생성할 수 있다. 이러한 조작은 파라메트릭 디자인을 통해 자동화할 수 있고, 이에 따라 유닛 조형은 복잡한 구조의 유연한 구현과

실험적 탐색이 가능해진다.

2-3. 시각적 다양성과 반복성

유닛 조형은 조형 단위의 반복성과 동시에 비정형적 변형을 통해 만들어지는 ‘질서 속의 유기적 다양성’이라는 독특한 시각적 특성을 가진다. 단위 요소의 반복적 배열은 시각적 리듬과 규칙성을 유도하며, 인간의 인지 시스템에 의해 빠르게 인식되고 안정된 시각 경험을 제공한다. 그러나 동일한 유닛이라도 불규칙적 배치나 배열 방향의 변화는 전체 조형의 통일성을 유지하면서도 지루하지 않은 시각 경험을 제공한다. 특히 FDP처럼 평면이 아닌 입체 유닛으로 확장되면, 조형은 깊이감과 공간감을 생성하며 관람자에게 다층적인 시각 경험을 가능하게 한다.

이처럼 유닛 조형은 일정한 크기나 모양을 유지하거나, 위치·크기·방향 등의 변형을 통해 시각적 다양성을 생성하는 것이 특징이다. 이 방식은 규칙성과 변형 가능성의 긴장 속에서 시각적 리듬과 구조적 조화를 형성하지만, 그 자체로 일정한 구속과 반복성을 지니기 때문에 개별적 특성과 다양성을 부여하려면, 유닛 간 관계 설정(크기, 위치, 방향), 규칙성과 불규칙성의 조화, 변형 가능 범위 설정, 패턴 내 조형 흐름의 시각적 연속성 등을 확보할 필요가 있다.

결국, 유닛 조형은 이러한 요소들을 조정 가능한 조형 단위로 구조화하는 것을 전제로 하며, 유닛 간 관계 설정과 변형 가능성이 조형의 핵심 요소로 작용한다는 것을 알 수 있다.

3. 플렉서블디자인패턴과 구조적 특성

3-1. 플렉서블디자인패턴

FDP는 르 꼬르뷔지에(Le Corbusier)¹²⁾의 ‘분할놀이’에서 힌트를 얻어, 피보나치 수열로 분할 구조를 개량한 입체적 유닛 조형이다. 셀의 형상 디자인과 유닛 등 단위 요소의 반복 배치를 통해 질서와 변화를 겸비한 입체적 패턴이 생성된다. 여기서 프로포션(proportion)과 모듈, 대칭성, 대각선 등이 질서와 통일감을, 단위 요소의 랜덤한 구성이 변화를 생성한다(그림 2).

FDP의 핵심 미학적 가치는 ‘시각적 다양성’이다. 다

8) Alexander, C., 『A Pattern Language』, New York: Oxford University Press, 1977, pp.ix-xvii

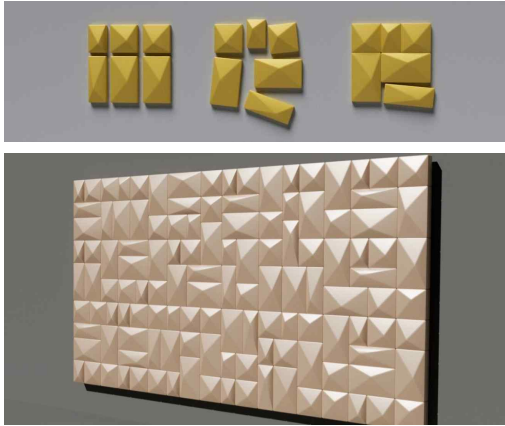
9) 三井秀樹, 『形の美とは何か』, NHKブックス, 2000, pp.100-101

10) 마이클 베르타이어, 『심리학사』, 오세철·양창삼역, 연세대학교출판부, 1982, p.210

11) 양성원, 현대섬유미술에 있어 반복표현에 관한 연구, 한국공예논총, 제14권 제4호, 2012, p.57

12) ル・コルビュジェ, 『モデュロールⅠ』, 吉阪隆正訳, 鹿島出版会, 1993, pp.65-71

양성은 단순히 유닛의 개수나 색상 변화만을 의미하는 것이 아니라, 구조적 조형 원리 자체의 변형 가능성과 그로부터 발생하는 조형적 긴장감을 포함한다. 이는 예술적 관점에서는 새로운 시지각의 실험으로, 디자인적 관점에서는 맞춤형 패턴 생성기법으로 기능할 수 있다.



[그림 2] 기본 유닛과 전개 패턴

3-2. 플렉서블디자인패턴의 구조

FDP는 일정한 조형 규칙 안에서 유닛 간의 관계와 구조를 유기적으로 변화시킬 수 있는 디자인 패턴이다. 이는 기존의 고정된 패턴 구성에서 벗어나, 다양한 시각적 흐름과 변형을 조정할 수 있는 조형 시스템이라 할 수 있다. FDP의 구조적 특성은 아래 세 가지로 요약할 수 있다(표 1).

[표 1] FDP의 조형 구조

구분	조형 규칙	내용
형상 디자인	분할	피보나치 수열
	대각선	비례를 활용한 평면 분할
	대칭성	대칭에 의한 연결성, 연속성
구성	표면 요철	대칭에 의한 통일감 유도
	규칙적 배치	요철 형상을 통한 Z방향 대칭
	불규칙 배치	질서와 통일감 생성
		변화와 다양성 생성

첫째, FDP의 기본구조는 미의 원리인 프로포션(proportion)을 기저로 하고 있다. 일반적으로 타일링은 유닛이라는 단위 요소의 패턴화(patterning)를 통해 완성되기 때문에 연속성, 연결성, 리듬감이 뛰어나다. 반면, FDP는 유닛을 셀이라는 최소단위로 비례 분할하고, 여기서 생성되는 상사형(相似形), 비상사형(非相似

形) 셀을 유닛으로 재조합함으로써, 유닛 자체에서 통일과 변화의 이미지를 동시에 생성할 수 있도록 한 것이다.(그림 2 참고)

둘째, 셀의 입체적 형상은 대칭성, 대각선, 연결 포인트 등을 적용해 통일과 변화라는 미학적 가치를 달성하도록 디자인되었다. 셀 형상뿐 아니라 셀과 셀 사이의 대칭성, 셀과 셀 사이를 연결 포인트 등으로 조절함으로써 연속성과 리듬감을 조율할 수 있는 구조다.

셋째, 셀과 유닛 등 단위 요소의 구성(composition)에 있어 규칙과 불규칙적 조작을 통해 질서와 변화의 인상을 조율할 수 있는 구조다. 무엇보다 단위 요소의 구성은 사용자의 감각이 적극적으로 개입되면서 다양한 시각적 결과를 생성할 수 있는 체계이다. 이는 정해진 조형 원리를 기반으로 디자인된 단위 요소이지만, 사용자의 목적에 따라 다양한 변형이 가능하며, 유연하게 확장되는 것이 특징이다.

결국, FDP 구조는 셀, 유닛 등 단위 요소가 전체 패턴 내에서 기능이나 역할이 유동적으로 변화하는 이른바 ‘단위 요소의 재구성’이 가능하고, 동일한 단위 요소라도 배치와 배열에 따라 전혀 다른 시각적 인상을 생성하는 ‘구조적 응용성’이 뛰어나다. 이처럼 단위 요소의 조작을 통해 일정한 리듬, 점진적 변화, 또는 극적인 대비를 구현해 조형의 움직임이나 변화를 유도할 수 있는 특성은 고정된 조형 형태를 전제로 한 전통적 설계 방식과는 본질적으로 다르며, 변화와 조절을 구조 내부에 포함하고 있다는 점에서 파라메트릭 기법과 유사하다.

다만, 시각적 다양성은 임의 조합만으로는 충분히 확보되기 어렵고, 파라메트릭 디자인을 통해 변형 가능성을 수식과 변수의 구조로 설계함으로써, 시각적 다양성을 체계적으로 구현할 필요가 있다.

3-3. 형상의 자동 생성 방향

기존 수작업 기반 디자인의 한계를 개선하고, FDP의 구조적 특성과 시각적 다양성을 효과적으로 실현하기 위해서는 다양한 반복 실험이 필수적이다. 이에 파라메트릭 기법을 활용한 형상의 자동 생성 방향을 다음과 같이 수립했다.

- 셀의 형상 디자인을 비롯해 셀의 위치(Translation), 크기(Division), 회전(Rotation) 등 셀 조합과 관련된 변수를 파라메트릭 방식으로 설정하여 수치 기반 제어를 가능하게 한다.

• 단위 요소 간 연결 방식(Symmetry, Diagonal, Link pointer), 조합 조건(Symmetry, Asymmetry), 배치 규칙(Regular, Irregular) 등을 명확한 알고리즘으로 구성하여 구조적 오류 없이 다양한 패턴을 생성할 수 있도록 한다.

• 동일 구조에서 셀 및 유닛의 구성과 관련된 파라미터 값을 조정하여 다중의 시각적 결과를 자동으로 도출할 수 있도록 한다.

• 디자이너 또는 이용자가 직관적으로 파라미터를 조절하여 패턴을 생성·변형할 수 있는 도구적 사용성을 높인다.

4. 알고리즘 기반 자동 형상화 검토

4-1. 파라미터 설정

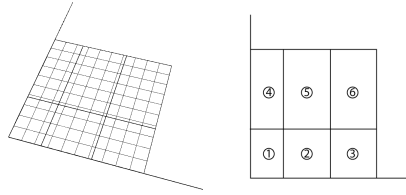
본 연구는 그래스호퍼를 활용하여 파라메트릭 알고리즘 기반 FDP 조형 시스템 구축을 지향했다. 이를 위해 피보나치 수열을 적용한 기본 평면의 분할이 필요하고, 생성된 6개의 최소 단위(셀)는 입체적 디자인이 이루어져야 한다. 여기서 완성된 셀은 독립된 시각적 단위이자, 유닛의 일부로 가능하며, 최종적으로 셀 및 유닛의 구성 조작을 통해 복합적인 조형 결과를 생성하게 된다. 이러한 과정에서 필요한 주요 파라미터는 아래와 같다(표 2).

[표 2] 기본 구조 및 파라미터

기본 구조	평면 분할	피보나치 수열
파라미터	MD 슬라이드	꼭지점 조절(위치, 높이)
	Rotation	각도 밸류 리스트
	Translation	셀 좌표 밸류 리스트
	Jitter	셀 랜덤 배치

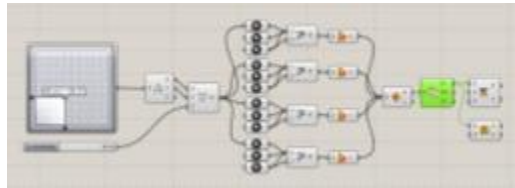
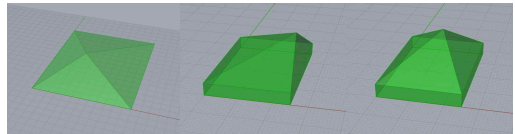
• 기본 평면 분할 : 100mm 정사각형을 기준으로, 가로 2:3:3, 세로 3:5 비율로 분할하여 상사형과 비상사형으로 구성된 총 6개의 셀을 만든다¹³⁾. 셀은 정사각형(②, ③, ④+⑤)과 직사각형(①, ④, ⑤, ⑥)으로 구분되고, 이들 간의 비례는 정비례와 피보나치 수열에 근접한다(그림 3).

13) 분할 된 각 셀의 실제 크기는 1번 셀부터 25mm×37.5mm, 37.5mm×37.5mm, 37.5mm×37.5mm, 25mm×62.5mm, 37.5mm×62.5mm, 37.5mm×62.5mm이다.



[그림 3] 유닛 6분할과 셀 번호

• MD 슬라이드(셀 형상 디자인) : 셀을 피라미드 형상으로 입체화하고 대각선의 꼭지점을 랜덤하게 조작한다. 꼭지점은 높이와 위치를 조절하여 깊이감·입체감 등 시각적 변화를 유도할 수 있다(그림 4).



[그림 4] 셀 꼭지점 조작 파라미터(MD 슬라이더)

• Rotation, Translation(셀 및 유닛의 구성) : 대각선 및 대칭 조작은 셀의 형상은 물론 배치에 따라 시각적 연결 분리 효과를 유도한다. 특히 셀 및 유닛의 배치를 대칭성에 기반한 규칙적 또는 불규칙적 구성에 따라 다양한 패턴의 시각적 흐름을 조절할 수 있다. 이러한 시각적 효과를 제어하기 위해 셀의 회전(Rotation) 및 이동(Translation) 파라미터를 설정했다(그림 5).



[그림 5] 셀의 이동 및 회전 조작 파라미터

4-2. 노드 설계

FDP 조형 시스템 구축을 위한 파라메트릭 알고리즘

은 크게 평면 분할 노드 설계, 셀의 입체화 노드 설계, 단위 요소의 구성 노드 설계가 중심이 된다.

먼저, 평면 분할 노드 설계는 Rectangle 및 Construct Domain² 컴포넌트를 통해 100mm×100mm 정사각형 생성한 다음, Divide Domain² 컴포넌트를 이용하여 각 셀의 기준점을 기준으로 비례분할(2:3, 3:3, 3:5 등)했다. 이 과정은 앞의 그림 3에서 제시된 6분할 구조를 따랐다.

다음은 각 셀의 입체화 노드 설계로 셀의 네 꼭짓점과 중앙점(2방향 높이 값)을 Surface Deconstruct로 도출한 다음, 이를 Loft로 연결해 입체화했다. 또한 MD 슬라이더를 통해 셀 중앙점의 높이 및 위치를 직감적으로 조작하여 형상을 제어할 수 있도록 했다(앞의 그림 4 참고).

이상 셀의 형상 디자인을 완성한 다음, 셀 회전이동 노드를 설계했다. 즉 Rotate(중심점 지정), Mirror(축 지정), Move(벡터 지정) 등 컴포넌트를 활용하여 셀 배치를 구현했다. 각 셀마다 조작 토글, 슬라이더 입력, 시드 값을 부여해 개별 조작이 가능하도록 설계했다. 최종적으로 유닛 그룹화 및 전개 과정으로 Brep Join 및 Custom Group 등 컴포넌트를 이용해 6개 셀을 하나의 그룹으로 묶어 최종 유닛을 완성한 다음, Series, Grid, Array 등의 컴포넌트를 연결해 유닛을

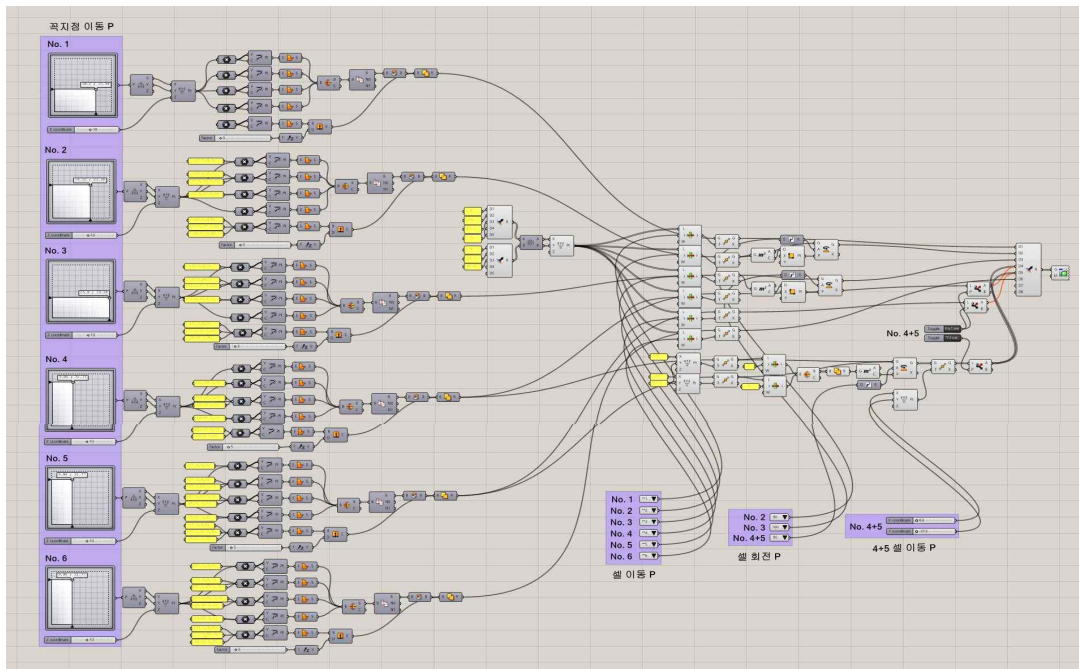
사방으로 전개시키는 노드를 설계했다(그림 6).

이상 노드 설계상에 있어 부딪친 문제는 셀 4번과 5번을 조합한 정사각형 셀의 조작에서 회전된 셀이 중심좌표가 달라지면서 유닛 외곽 기준과 불일치 하는 현상이 발생하였고, 최종적으로 이들 두 개의 셀을 Brep Join, Solid Union 등을 통해 강제로 연결시키고, Bounding Box, Deconstruct Brep 등을 통해 좌표를 해체시킨 다음, Average 컴포넌트를 통해 중점값을 도출하는 방식을 통해 외곽선에서 어긋나는 문제를 개선했다. 이러한 문제를 해결하는 과정에서 구조상 회전 후 이동이 안정적이며 오류가 적은 것이 확인되었고, 셀 및 유닛의 구성에 있어 조작 순서(회전 후 이동)를 정할 수 있었다.

4-3. 시뮬레이션과 효과

FDP의 본질은 하나의 규칙에서 출발해 무한한 변형 가능성을 확보하는 것이 중요하다. 이에 완성된 알고리즘을 사용해 시각적 다양성과 구조적 유연성이 확보될 수 있는지 여러 가지 시뮬레이션을 시도했다.

먼저, 반복 구조 속에서 특정 단위 요소의 선택적 조작만으로도 부분과 전체 간의 관계성이 유동적으로 변화되면서 패턴의 일체감과 분절감이 연출되었고, 이러한 결과는 조형적 가치를 확장할 수 있는 수단임을

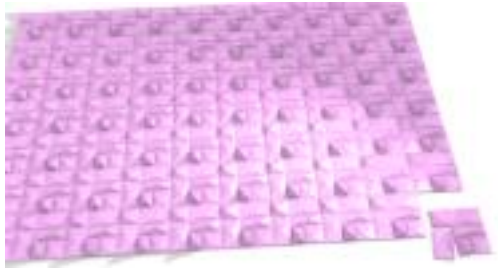


[그림 6] 전체 노드 구성도

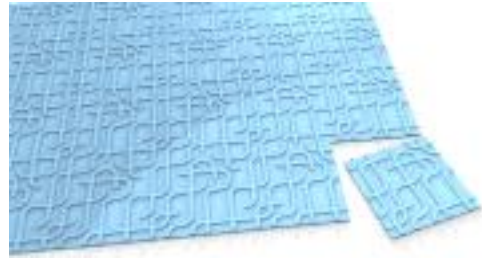
입증했다. 구체적으로 셀 중앙 꼭지점의 조작만으로도 입체감, 깊이감 등 다양한 시각적 환영 효과를 연출한다. 이는 회전이나 이동에 의한 물리적 배치를 대체하는 간단한 변수이자 셀 형상 변화를 통해 시각적 다양성을 유도하는 요인이기도 하다(그림 7).

또한, 셀 및 유닛의 구성과정에는 회전 및 이동 파라미터의 조작이 필요하고, 이러한 파라미터의 조작에 따라 시각적 다양성을 확인하는 것이 중요하다. 이러한 시각적 효과는 주로 패턴의 연속성에서 나타나는 질서와 형상의 분절에서 나타나는 변화의 이미지로 시뮬레이션을 통해 직접 확인할 수 있다(그림 8).

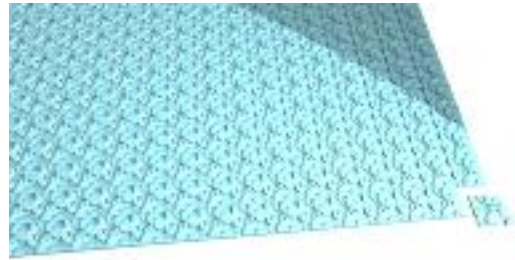
기본적으로 패턴은 연속성, 연결감을 통해 중첩 형태의 부가적 문양이 생성되는 것이 특징이다. 이 중첩 형태는 패턴의 속성을 잘 나타내는 것으로 통일감과 리듬감을 생성하는 요인이기도 하다. 알고리즘 기반의 셀 및 유닛 구성을 통해 이러한 패턴의 속성이 효과적으로 구현되고 있다(그림 9).



[그림 7] 셀의 중앙 꼭지점 조작에 따른 인상 변화



[그림 8] 셀의 배치에 따른 연속성과 분절 효과



[그림 9] 유닛 구성과 중첩 형태

이상 FDP의 시뮬레이션을 통해 동적이고 유기적인 조형 변형이 가능하다는 것을 확인했고, 그 효과는 시각적 다양성 확보와 조형 실험 효율성 향상, 그리고 사용자 맞춤형 설계 가능성으로 요약될 수 있다.

첫째, 앞의 시뮬레이션 처럼 동일한 단위 요소이지만 이들의 회전·이동·랜덤 배치에 의해 전혀 다른 시각적 결과를 생성한다. 특히 MD 슬라이더를 통한 셀 높이·형상 조절은 입체감과 빛에 따른 명암 변화를 극적으로 유도한다. 기존 방식의 경우 개별 유닛 간의 위치, 방향, 크기 등을 수동으로 조정하기 때문에 전체 패턴의 일관성 확보가 어렵고, 조형적 오류도 발생하기 쉽다. 그렇지만 단순한 반복이 아닌, 셀의 회전과 이동을 통해 시각적 연결과 병합 또는 단절 효과 등을 노드 설계로 구현함으로써, 수작업으로는 시도하기 어려운 보다 정교하고 다양한 표현이 가능해졌다.

둘째, 반복 실험 및 조형 변형이 실시간으로 이루어

질 수 있다는 것이 장점이다. 기존 방식은 실험 및 반복 조형에 과도한 시간이 소요될 뿐만 아니라 결과물을 예측하거나 자동으로 탐색하기 어려워 대부분의 결과는 직관이나 시행착오에 의존했지만 알고리즘 방식은 사용자가 각 셀의 치수, 형태, 배치 방식 등을 슬라이더와 같은 인터페이스를 통해 직관적으로 조작할 수 있고, 그에 따른 조형 결과를 즉시 확인할 수 있다. 이는 실험 과정의 효율성을 극대화함은 물론, 조형 결과에 대한 탐색 가능성을 획기적으로 확장시킨다.

셋째, 교육 및 프레젠테이션 환경에서도 유용하다. 하나의 조형 원칙에 따라 다양한 시나리오를 실시간으로 보여주는 시연은, 학습자의 이해도를 높이고, 디자인 의사결정의 투명성을 확보하는 데 효과적이다. 또한 반복 시연이 물리적 자원을 소모하지 않기 때문에 비용과 시간의 부담이 감소하는 장점도 있다.

5. 결론

본 연구는 파라메트릭 디자인 기법을 활용하여 FDP의 형상화와 시각적 다양성 구현 가능성을 검토한 것이다. 연구 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 피보나치 수열 기반의 비례 분할과 셀 입체화 규칙을 파라메트릭 노드 구조로 구현함으로써, 질서와 변화 가능성을 동시에 확보할 수 있었다.

둘째, 회전·이동·랜덤 배치 등의 파라미터 조작을 통해 규칙적·불규칙적 패턴 전환이 즉각 가능해지면서 시각적 다양성과 더불어 높은 실험 효율을 보여주었다.

셋째, 파라미터 저장·불러오기 기능과 연계하면, 사용자가 직접 조형 변형을 설계하는 맞춤형 도구로 발전시킬 수 있다. 이를 통해 FDP는 제품 디자인, 인테리어 아트월, 전시 콘텐츠 등 다양한 분야로의 확장 가능성을 지닌다.

결론적으로, 본 연구에서 제시한 파라메트릭 알고리즘은 FDP의 구조적 특성과 시각적 다양성을 효과적으로 구현할 수 있는 방법론이라 할 수 있다. 이러한 결과는 단순한 디지털 도구의 채용을 넘어, FDP가 지닌 조형 원리를 보다 깊이 탐구하고, 그것을 실험적으로 확장해 가기 위한 효율적 수단이 될 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 알고리즘 내에서 패턴 간의 상호작용 논리를 보다 정교하게 설정하여, 더욱 효과적인 조형 구성이 가능하게 하는 것이다. 예를 들면, 셀 분할

선(edge) 이동으로 물리적인 셀 배치를 대신할 수 있는 이른바 ‘셀의 간접 이동 방식’이 있을 수 있다. 다만, 입체 형상으로 발전시키기 위해서는 다양한 셀 형상 디자인과 연계해 검토할 필요가 있다. 또한 셀 내부 조형 요소로 작은 원을 배치하고, 원 크기나 간격, 분포 등을 조절하면, 원의 크기 변화와 밀도에 따라 셀의 경계가 시각적으로 사라지거나 강조되는 효과가 발생하면서 셀 간 시각적 병합 또는 분리 효과를 얻을 수 있다. 이 또한 물리적 셀의 이동 및 배치를 대신할 수 있는 흥미로운 방법으로 탐구의 대상이다.

참고문헌

1. 마이클 베르타이어, 『심리학사』, 오세철·양창삼역, 연세대학교출판부, 1982
2. Alexander, C., 『A Pattern Language』, New York: Oxford University Press, 1977
3. Branko Kolarevic, ed. 『Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing』, Spon Press, 2004
4. 三井秀樹, 形の美とは何か、ブックス, 2000
5. 루·콜비유제, 『모듈로·롤 I』, 吉阪隆正訳, 鹿島出版会, 1993
6. 서혁준, 자동차 그릴 패턴 디자인을 위한 파라메트릭 알고리즘 기초 연구, 기초조형학연구, Vol.17 No.6, 2016
7. 안승식, 산업디자인 활용을 위한 파라메트릭 디자인 케이스스터디 연구, 디지털디자인학회, Vol.14 No.3, 2014
8. 엄진규, 박정대, 파라메트릭 디자인을 활용한 비정형 형태생성 기법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, Vol.29 No.8, 2013
9. 양성원, 현대섬유미술에 있어 반복표현에 관한 연구, 한국공예논총, 제14권 제4호, 2012
10. 하봉수, 모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물 개발 연구, 기초조형학연구, Vol.18 No.5, 2017
11. 하봉수, 모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물의 교육적 활용방안 연구, 기초조형학연구, Vol.19 No.2, 2018
12. www.paulacoopergallery.com