

플렉서블디자인패턴을 기반으로 한 2D문양 응용 검토

단절의 조율을 통한 생동적 패턴 형성 방법론을 중심으로

A Study on the Application of 2D Patterns Based on Flexible Design Patterns

Focusing on the Methodology for Forming Dynamic Patterns through the Coordination of Discontinuity

주 저 자 : 하봉수 (Ha, Bong Soo)

동양대학교 창의자율전공학부 교수

seee@daum.net

<https://doi.org/10.46248/kids.2026.2.1125>

접수일 2026. 05. 24. / 심사완료일 2026. 05. 27. / 게재확정일 2026. 06. 08. / 게재일 2026. 06. 30.

“이 논문은 2025년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었음”

Abstract

This study aims to explore the applicability of 2D patterns based on the Flexible Design Pattern (FDP) and to propose a methodology for forming visual liveliness through the ‘control of discontinuity.’ The study redefines FDP-based 2D patterns not as a combination of individual forms, but as a ‘state of relationship’ among elements, establishing discontinuity as a formative mechanism that induces variation within order. The research method involved setting up a basic unit composed of six cells generated by dividing a square according to Fibonacci proportions. Pattern generation rules were established based on cell movement, rotation, and color arrangement. Furthermore, a digital generative system was constructed where the degree of discontinuity was treated as a continuous variable, allowing the connectivity and fragmentation of patterns to be gradually controlled. Visual analysis of the generated patterns according to variations in discontinuity control revealed that discontinuity acts as a key variable that induces variation within order while generating visual tension and liveliness, rather than simply dismantling order. In particular, the transitional state at an intermediate level of discontinuity, where connectivity and fragmentation achieved a balance, produced the richest formative variations. In conclusion, this study proposes a generative methodology for creating pattern liveliness through the control of discontinuity, confirming that 2D pattern design can be expanded from a static, repetitive structure into a dynamic, relationship-based generative system. These findings are expected to serve as formative principles and application methods usable across various design fields in the future.

Keyword

Flexible Design Pattern(플렉서블디자인패턴), Discontinuity Control(단절의 조율), Dynamic Pattern System(동적 패턴 시스템)

요약

본고는 플렉서블디자인패턴(FDP)을 기반으로 한 2D문양에의 응용 가능성을 탐색하고, ‘단절의 조율’을 통해 패턴의 생동감을 형성하는 방법론을 제시하는 데 목적이 있다. 이를 위해 본고는 FDP기반 2D문양을 개별 형태의 조합이 아닌 요소 간 ‘관계의 상태’로 재정의하고, 단절을 질서 속에서 변화를 유도하는 조형적 기제로 설정했다. 연구는 정사각형을 피보나치 비율로 분할한 6개의 셀로 구성된 기본 유닛을 설정하고, 셀의 이동, 회전, 색 배치 등을 기반으로 하는 패턴 생성 규칙을 설정하였다. 또한 단절의 정도를 연속 변수로 설정하여 이를 조율함으로써 패턴의 연결성과 분절성을 단계적으로 변화시키는 디지털 생성 방식을 구축하였다. 그리고 생성 패턴은 각 유형에 대해 단절 조율에 따른 변형 양상을 시각적으로 분석하였다. 분석 결과, 단절은 패턴의 질서를 해체하는 요소가 아니라, 질서 내에서 변화를 유도하고 시각적 긴장과 생동감을 형성하는 주요 변수로 작용함을 확인하였다. 특히 중간 수준의 전이 상태에서 연결과 분절이 균형을 이루며 가장 풍부한 조형적 변화를 생성하는 것을 확인했다. 이는 향후 다양한 디자인 분야에서 적용 가능한 조형 원리 및 응용 방법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경 및 목적
- 1-2. 연구 방법 및 범위

2. 이론적 배경

- 2-1. FDP의 개념 및 진화
- 2-2. FDP의 구조적 특성

3. 단절의 조율과 생동적 패턴

- 3-1. '관계의 상태와 '단절의 조율', 그리고 '생동감'
- 3-2. 조율 파라미터(d) 정의 및 파이썬 기반 제어
- 3-3. 파이썬 기반 시뮬레이션 환경 구축

4. 시뮬레이션 및 분석

4-1. 시뮬레이션 결과 및 분석

4-2. 조형 특성 및 응용 가능성

5. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구 배경 및 목적

문양은 디자인 및 조형예술 전반에서 반복과 배열을 통해 질서를 형성하는 조형적 수단으로 활용되어 왔다. 특히 2D문양 디자인에 있어 패턴은 대칭, 반복, 리듬 등의 원리를 기반으로 안정적이고 예측 가능한 시각 구조를 형성하는 데 기여해 왔다.¹⁾ 그러나 이러한 전통적 문양 구성 방식은 시각적 안정감을 제공하는 동시에 문양의 정태성(靜態性)과 변화의 부족이라는 한계를 내포한다.²⁾ 이러한 고정된 형태의 문양은 급변하는 현대 사회의 유동성과 다양성을 반영하는 데 어려움이 있으며, 사용자에게 새로운 시각적 경험을 제공하는 데 제약이 따른다. 따라서 고정된 형태의 나열에서 벗어나, 개별 요소 간의 관계와 상호작용의 변화 과정에 주목한 새로운 패턴 생성 방법론의 검토가 필요하다.

본고는 이러한 관점에서 플렉서블디자인패턴(Flexible Design Pattern, 이하 FDP)³⁾이 유의미한

이론적 준거가 될 수 있다고 판단했다. FDP는 르 고르뷔지에의 모듈러(Modular) 비례 체계와 피보나치수열을 기반으로 한 수학적 질서 위에 사용자의 직관과 감성이 개입할 수 있는 유연한 조작 가능성을 결합한 3D입체 패턴이다. 본고는 이러한 FDP의 조형적 특성을 2D평면 문양 디자인에 적용하여, 정적인 패턴의 한계를 극복하고 동적인 시각적 경험을 제공하는 방법론을 모색하고자 한다. 특히 FDP의 핵심 원리인 '단절의 조율'⁴⁾을 통해 패턴 내부 요소 간의 관계 상태를 변화시키고, 이를 통해 형성되는 시각적 생동감을 탐색하는 데 주된 목적이 있다.

이를 달성하기 위한 구체적인 연구 목적은 다음과 같다. 첫째, FDP 기반의 2D문양 생성 원리를 이론적으로 정립하고, '단절의 조율'이 패턴의 생동감에 미치는 영향을 분석한다. 둘째, 파이썬(Python) 알고리즘을 활용하여 단절의 조율을 제어할 수 있는 디지털 생성 시스템을 구축하고 시뮬레이션 결과를 분석한다. 셋째, 제안된 동적 패턴 생성 방법론이 텍스타일 등 실제 디자인 실무에 적용될 수 있는 가능성과 효용성을 고찰한다.

1-2. 연구 방법 및 범위

연구는 FDP 관련 선행 연구인 세 가지 주요 논문⁵⁾을 비롯해 참고 논문의 문헌 고찰을 중심으로

1) 三井秀樹, 『美の構成学』, 中公新書, 1996, p.99-107

2) 하봉수, 「기초디자인 교육에 있어 수학적 제재를 이용한 형태연구-이진수를 이용한 동적 대칭표현을 중심으로」, 기초조형학연구, Vol.15 No.3, 2014, pp.459-460

3) 플렉서블디자인패턴에 대한 주요 연구는 다음과 같다.
하봉수, 「모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물 개발 연구: 3D프린팅을 통해서」, 기초조형학연구, Vol.18 No.5, 2017, pp.655-669
하봉수, 「모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물의 교육적 활용방안 연구」, 기초조형학연구, Vol.19 No.2, 2018, pp.545-558
하봉수, 「파라메트릭 기법을 활용한 플렉서블디자인패턴의 형상화 검토」, 디자인리서치, Vol.10 No.3, 2025, pp.866-875

4) 여기서 단절은 셀의 디자인과 배치에 의해 시각적 흐름을 교란하거나 재구성하는 기제라 할 수 있다. 이러한 단절은 패턴 내에서 긴장과 대비를 형성하며, 시각적 인지 과정에서 새로운 관계를 유도하는 역할을 한다. 즉 단절은 패턴 내부 요소 간 관계 상태의 변화를 유도하는 요소이며, 그 강도와 분포를 조정하는 과정은 패턴 전체의 관계 구조를 변화시키는 중요한 요인이 된다. 본고에서는 이러한 조정 과정을 '단절의 조율'이라고 정의한다. 상세한 개념설명은 2장, 3장에서 추가로 언급한다.

FDP의 개념, 진화 과정, 구조적 특징 등에 대해 이해한다. 이를 바탕으로 FDP의 이론적 기반과 기술적 구현 원리를 명확히 하고, '단절의 조율'을 통해 패턴 내부 관계 상태가 어떻게 변화하는지를 중심으로 2D문양의 생성 방법론을 파이썬 알고리즘 기반으로 검토한다. 연구 범위는 다음과 같다.

- 유닛 분할방식과 셀 디자인 및 셀-유닛의 배치 방법의 진화 과정을 살펴보면서 FDP 개념 및 구조적 특징을 명확히 한다.

- '단절의 조율'이라는 핵심 원리가 패턴 내부 관계 상태의 변화와 시각적 긴장 형성에 어떠한 영향을 미치는지 이론적으로 탐색하고, 조율 파라미터(d)의 정의 및 제어 방안을 검토한다.

- 파이썬 기반 2D문양 생성 시뮬레이션 환경 구축과 파라미터(d)에 따른 평면 패턴의 변화 분석과 응용 사례를 제안한다.

- 2D문양 생성 방법에 대한 학술적 기여와 실무적 가치를 고찰한다.

2. 이론적 배경

2-1. FDP의 개념 및 진화

플렉서블 아이덴티티 디자인(Flexible Identity Design)은 원형의 일관성을 유지하면서도 매체나 상황에 따라 아이덴티티에 변화를 주어 활동성과 생명력을 표현하는 디자인 방식이다.⁵⁾ 이는 고정된 형태의 반복을 넘어, 요소 간의 유기적인 관계와 상호작용을 통해 동적인 시각 경험을 제공하는 것으로 FDP에서도 유사한 성질이 발견된다.

FDP의 초기 연구(하봉수 2017, 2018)를 보면, 모듈러 및 피보나치수열을 기반의 수학적 질서 위에 사용자의 직관과 감성이 개입할 수 있는 조작 가능성을 결합함으로써 원형의 일관성은 유지하면서 시각적 변화를 유도하고 있다. 특히, <F모형>은 시각적 연속성을 보완하기 위해 오스트발트의 형태 시스템을 참고하여 변과 변을 잇는 '연결 포인트'와 '선적 모티브'를 도입해 <F모델>로 발전하는데, 이러한 구조적 진화는 질서 내부에서 관계의 변화가 공존하는 구조라는 플렉서블 아

이덴티티 디자인의 핵심 개념을 내포하고 있다. 결국, FDP의 진화 과정은 고정된 형태의 반복보다 요소 간 관계 구조를 유연하게 변화시키는 방향으로 발전해 왔다고 볼 수 있다.

후기 연구(하봉수 2025)에서는 그래스호퍼를 이용해 셀의 표면 형상을 비롯해 셀의 회전과 이동을 수치로 제어하는 반자동화된 알고리즘을 구축하고 있다. 이는 사용자의 감각이 반영된 시각적 결과를 탐색하는 데는 유용하지만, 그래스호퍼의 비주얼 스크립팅 환경은 복잡한 로직 구현 및 대규모 데이터 처리, 그리고 외부 라이브러리와 연동에 있어 기술적 한계를 드러낸다. 궁극적으로 2D문양의 자동화된 생성 및 정교한 조율을 위해서는 더 유연하고 확장 가능한 프로그래밍 환경이 요구되며, 파이썬은 강력한 데이터 처리 능력과 다양한 그래픽 라이브러리(Matplotlib, Pillow)를 갖추고 있어,⁷⁾ 셀 간 관계 변화와 단절의 조율 과정을 확률적으로 제어하고 시각화하는 데 보다 유리한 구조를 제공할 것으로 기대된다.

결국, FDP의 핵심은 패턴을 구성하는 요소 간의 '관계의 상태'를 조율하는 것에 있으며, 이는 서양의 수학적, 알고리즘적 접근 방식과 궤를 같이 한다. 그러나 본 연구에서는 이러한 '단절의 조율' 개념을 동양 미학의 '파조(破調)'와 연결하여 그 의미를 확장하고자 한다. 파조는 '조화로운 질서 속에서 의도적인 불균형을 통해 새로운 미적 가치를 창출하는 것'을 의미하며,⁸⁾ 이는 FDP가 추구하는 '단절을 통한 생동감'과 상통하는 부분이 있다. 즉, FDP의 단절은 단순히 무질서가 아니라, 수학적 알고리즘 기반의 규칙적 정서와 '단절의 조율'이라는 기법을 통해 패턴 내 관계의 잠재적 역할을 활용하여 동양적 미학의 파조 개념과 유사한 방식으로 시각적 생동감을 유도할 수 있음을 시사한다. 이러한 관점은 FDP의 이론적 깊이를 더하고, 동서양 미학의 융합을 통해 디자인 방법론의 새로운 지평을 열 수 있는 가능성을 제공한다.

2-2. FDP의 구조적 특성

FDP의 구조적 체계는 '셀(Cell) - 유닛(Unit) -

7) 강재구·황용호·홍현기, 「절차적 패턴의 자동 생성을 위한 인터랙티브 디자인 시스템」, 정보과학회논문지:시스템 및 이론, Vol.31 No.10, 2004, pp.603-604

8) 이승중, 「고유섭의 미술철학에 대한 생명론적 접근」, 인문학연구, Vol.1 No.10, 2009, p.246

5) 앞의 논문, 하봉수(2017, 2018, 2025)

6) 김겨수, 『아이덴티티 디자인 or 로고 디자인
웬만큼 이해하기』, 드마북스, 2014, pp.138-139

구성패턴(Composition Pattern)’으로 명확히 정립된다. 셀은 정방형을 분할하여 표면 형상과 높이를 부여한 최소 단위이며, 유닛은 이러한 셀들의 조합으로 완성되는 집합체(단위 문양)이다. 최종적으로 구성패턴은 유닛을 사방으로 전개하여 완성한 결과물(전개 패턴)이다. 여기서는 이러한 구조를 단순한 형태의 조합이 아니라 요소 간 관계가 확장되는 생성 구조로 이해한다.

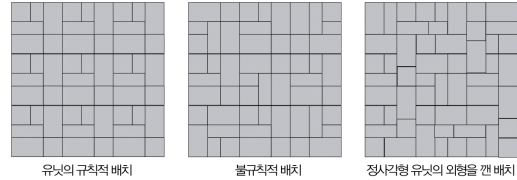
여기서 정사각형의 분할비는 가로 2:3:3 세로 3:5로 피보나치 그리드 기반의 분할이다. 이러한 분할은 문양의 조형적 안정성과 미적 질서를 확보하면서도 ‘단절의 조율’을 위한 유연한 구조를 제공하여 다양한 관계 변화와 시각적 긴장 형성을 가능하게 한다. [그림 1]과 같이 분할된 6개의 셀은 정사각형과 직사각형으로 이루어지는데 이들 형태는 동형(同形)과 이형(異形)으로 구분되고, 동형은 통일감을 이형은 변화의 기제로 작동한다. 무엇보다 모든 셀은 독립적인 조각 단위로 기능하며, 셀의 디자인(표면 형상과 배색)과 셀의 위치 변화(이동 및 회전)로 다양한 시각적 변화를 만들어 내는 구조다. 이런 구조는 고정된 형태를 반복하는 기존 문양과 달리, 셀의 배치에 따라 다양한 관계 상태를 형성할 수 있다는 점에서 큰 차이가 있다.

[그림 2]와 같이 유닛의 배치는 유닛을 활용해 사방으로 전개하게 되는데 시각적 변화를 위한 몇가지 방법이 있다. 먼저, 유닛 하나를 이용해 평행 이동시키는 규칙적 배치와 유닛을 랜덤하게 회전시켜 배치시키는 불규칙적 배치가 있다. 불규칙 배치의 경우, 복수의 변형유닛을 사용하여 랜덤하게 배치할 수도 있다. 그리고 시각적 변화를 더 강조하기 위해서 정사각형 유닛의 외곽에 접한 셀들을 이동 또는 회전시켜 정사각형의 외형을 깨는 방법도 있다. 물론 이때에도 셀 및 유닛은 한가지 형상, 한가지 컬러만을 사용하기도 하지만 복수의 요소를 혼용할 수도 있다.

이 구조는 동일한 기본 요소를 사용하면서도 셀 간 연결 관계와 배열 상태의 변화에 따라 다양한 시각적 결과를 생성한다는 특징을 가진다. 특히 셀의 이동, 회전, 컬러 등의 요소는 동일한 구조 내에서도 상이한 시각적 결과를 생성할 수 있도록 하며, 이는 패턴을 정적인 결과물이 아니라 관계 상태가 지속적으로 변화하는 생성 구조로 이해하게 한다.



[그림 1] 셀의 분할 및 배치



[그림 2] 유닛의 배치와 관계의 상태

3. 단절의 조율과 생동적 패턴

3-1. ‘관계의 상태와 ‘단절의 조율’, 그리고 ‘생동감’

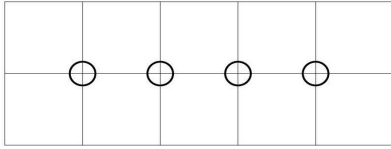
앞에서 살펴본 바와 같이, FDP 기반 2D문양의 핵심은 고정된 형태의 반복이 아닌 요소 간의 ‘유동적 관계’에 있다. 여기서는 이러한 관계를 제어하여 패턴의 생동감을 유도하는 핵심 기제로 ‘단절의 조율’ 개념을 구체화하고자 한다. 이를 위해 패턴을 구성하는 요소 간의 상호작용을 ‘관계의 상태(state)’로 정의하고, 단절이 이 상태 변화에 미치는 영향을 분석한다.

[그림 3]과 [그림 4]의 a, b를 상호 비교해 보면, FDP는 특정한 형태 그 자체가 아니라, 요소들이 어떤 방식으로 연결(실선 원)되고 분리(점선 원)⁹⁾되는가에 따라 달라지는 것으로 이해할 수 있고, 이를 본 고에서는 ‘관계의 상태’라 정의한다. 즉, 패턴은 [그림 3]과 같이 특정한 형태(form)의 연속이 아니라 요소 간 연결 관계가 지속적으로 변화하는 상태로 이해할 수 필요가 있다.

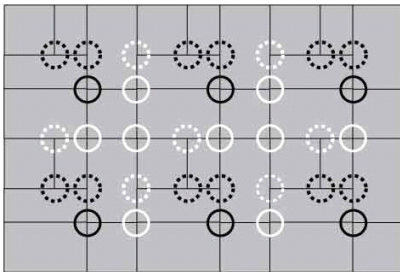
여기서는 관계의 상태를 ‘안정’, ‘전이’, ‘분절’의 세 단계 상태로 구분하였다. 안정 상태는 연결성과 반복성이 강하게 유지되는 상태로, 패턴은 높은 질서와 연속성을 나타낸다. 반면 분절 상태는 요소 간 연결성이 약화되고 개별 요소의 독립성이 강조되는 상태로, 패턴의

9) [그림 3], [그림 4]에서 ‘점선의 원’은 ‘단절’을 의미하는 기호이며, ‘실선의 원’은 ‘연결’을 의미한다. 특히 점선 중에서 검은색 점선은 셀과 셀의 연결 단계(유닛구성 단계)에 생성되는 단절 포인트이며, 흰색 점선은 유닛과 유닛의 배치 과정(유닛 전개 단계)에서 생성되는 단절 포인트를 가리킨다.

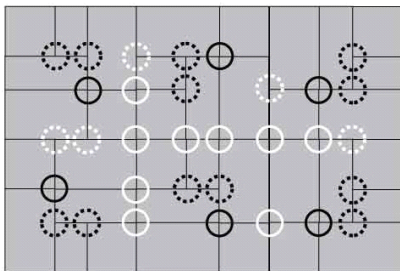
불규칙성과 긴장감이 증가한다. 전이 상태는 이 두 상태 사이에서 연결과 단절이 공존하는 상태이며, 질서와 변화가 균형을 이루면서 시각적 긴장과 흐름이 가장 활발하게 생성되는 관계 상태로 이해할 수 있다.



[그림 3] 기준 문양 그리드(○은 연결 포인트)



(a. PDF의 규칙 전개)



(b. PDF의 불규칙 전개)

[그림 4] 연결 포인트(실선 원) 및 단절 포인트(점선 원)와 '관계의 상태' 개념도

‘단절의 조율’은 이러한 ‘관계의 상태’를 의도적으로 조율하여 패턴의 생동성을 부여하는 핵심적인 조형적 기제이다. ‘단절’은 단순한 분리나 해체가 아니라 질서 내에서 관계 변화를 유도하는 조형적 개입이다. 기존의 문양이 반복과 대칭을 통해 시각적 안정감을 추구했다면, FDP는 이러한 안정감에 의도적인 단절을 개입시켜 시각적 긴장감과 리듬감을 부여한 것이다. 이는 관찰자의 시선을 유도하고, 패턴이 고정된 형태가 아니라 관계의 상태임을 인지하게 함으로써 더욱 풍부한 시각적 경험을 제공한다. 이처럼 ‘단절’은 패턴의 정태성을 깨고 동태성을 부여하는

핵심적인 조형 요소로 기능하고, ‘조율’은 이러한 단절의 강도와 분포를 조정한다. 특히 ‘단절의 조율’은 단절 자체를 제어하는 것이 아니라, 단절을 통해 관계 상태의 변화를 조정하는 과정이라 할 수 있다. 이는 단절을 단순히 증가시키거나 감소시키는 양적 조절이 아니라, 질서와 변화 간의 균형을 형성하는 질적 조정으로 볼 수 있다.

결국 ‘생동감’은 단순한 시각적 복잡성이나 불규칙성을 의미하는 것이 아니라, 연결성과 변화성이 균형을 이루는 관계적 상태를 의미한다. 즉, 패턴 내 요소들이 일정한 질서를 유지하면서도 부분적인 변화를 지속적으로 형성할 때, 시각적 흐름과 긴장감이 동시에 발생할 때, 이러한 상태를 본고에서는 ‘생동감’으로 정의한다. 즉, 생동감은 [표 1]과 같이 연결성, 변화성, 리듬감, 긴장감, 복잡성 등의 조형 요소들이 상호작용하는 과정에서 형성되며, 이는 연결성과 변화성이 균형을 이루는 관계 상태에서 나타나는 조형적 특성이라 할 수 있다.

[표 1] 생동감을 구성하는 요소

요소	의미	패턴에 미치는 영향
연결성	시각적 흐름 유지 정도	안정감·연속성 형성
변화성	반복 구조의 변형 정도	흥미·변화 유도
리듬감	유사성과 차이의 반복	동적 흐름 형성
긴장감	예측 가능성과 불확실성의 공존	생동감 강화
복합성	관계의 다층적 형성	공간감·밀도 증가

3-2. 조율 파라미터(d) 정의 및 파이썬 기반 제어

패턴의 변화는 단순한 형태 변형이 아니라, 요소 간 관계 상태의 전이 과정으로 이해했다. 따라서 패턴은 연결성(Continuity)과 분절성(Discontinuity)의 정도에 따라 서로 다른 상태를 형성하며, 조율 파라미터 d(discontinuity)는 이러한 상태 변화를 조정하는 것이다. 이에 d는 패턴의 연결성과 분절성을 결정하는 확률적 가중치로 정의된다. 즉 d는 [0] [1] 범위의 연속형 변수이며, 각 조형 요소(회전, 이동, 색상)의 변이 발생 확률 P를 결정하는 독립 변수로 작용한다. [표 2]와 같이 패턴 생성 알고리즘 내에서 d 값은 선형/비선형 확률 함수를 통해 개별 셀과 유닛의 상태 변화를 제어한다.

[표 2] 조율 파라미터(d)에 따른 생성 규칙 제어

조형 요소	확률 모델	조형적 영향
회전	$P_{\{rot\}} = d$	d가 증가할수록 셀의 불규칙한 회전 빈도 증가
이동	$P_{\{trans\}} = 0.8 \times d$	유닛 간의 정렬 상태가 해체되며 공간적 긴장감 형성
색상 변이	$P_{\{color\}} = 0.5 \times d$	인접 요소간 색상대비가 강화되어 시각적 분절성 강조
연결 유지	$P_{\{conn\}} = 1 - d$	d가 1에 가까워질수록 요소 간의 시각적 연결고리 약화

실제 패턴은 6개 셀의 합이 정사각형을 이루고 탐이 생기지 않는 테셀레이션을 전제로 한다. 따라서 d 값은 셀 간의 물리적 간격이나 중첩이 아닌, 인접한 셀 간의 시각적 연결 관계, 셀의 회전 각도, 그리고 셀의 표면 디자인을 확률적으로 계산하고 적용함으로써 패턴의 시각적 생동감을 미세하게 조율한다. 그런 측면에서 d는 단순히 단절의 양을 증가시키는 값이 아니라, 관계 상태 변화의 밀도와 빈도를 조절하는 조형적 변수로 이해할 수 있다.

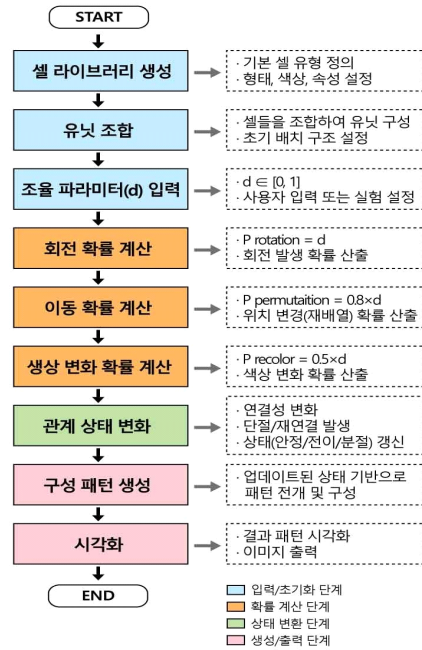
3-3. 파이썬 기반 시뮬레이션 환경 구축

FDP 기반 패턴 생성 및 시뮬레이션은 파이썬(Python) 프로그래밍 언어를 활용하여 구축되었다.¹⁰⁾ 시뮬레이션 환경은 Pillow와 Matplotlib 라이브러리를 기반으로 하며, FDP의 핵심 원리인 '단절의 조율'을 디지털 환경에서 구현하는 데 중점을 두었다. 이 시스템은 단순히 패턴을 시각화하는 것을 넘어, 조율 파라미터 d를 기반으로 셀 간 관계 상태를 동적으로 변화시키는 생성 규칙을 구현한다. 구체적인 패턴 생성 알고리즘은 [그림 5]와 같은 단계로 진행된다.

■셀(Cell) 분할과 라이브러리 구축

피보나치수열을 적용하여 100mm 정사각형을 가로 2:3:3, 세로 3:5 비율로 분할하여 셀을 생성한다. 셀 디자인은 대각선을 기준으로 두 개의 삼각형으로 분할하고, 컬러는 6컬러 2톤으로 배색한 것과 단색 톤으로 배색한 2종류로 구성한다. 이때 대각선의 방향은 시각적 흐름을 형성하는 중요한 요소로 작용한다. 이러한 셀 구조는 동일한 기본 형태를 유지하면서도 셀 간 관계의 변화에 따라 상이한 시각적 결과를 생성할 수 있도록 한다.

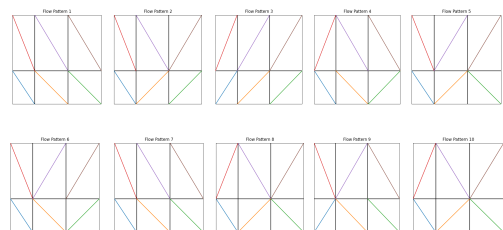
10) 알고리즘 구현 과정에서는 생성형 AI 기반 코딩 보조 도구(ChatGPT, DeepSeek, Manus AI 등)를 참고하여 코드 구조를 보완하였다.



[그림 5] 패턴 생성 알고리즘 구조

■유닛(Unit) 조합 모듈

셀 라이브러리에서 선택된 셀들을 조합하여 유닛을 생성하는 모듈을 개발한다. 이 모듈은 셀 간의 초기 연결 관계를 설정할 수 있는 기능을 포함한다. 구체적으로 유닛은 셀의 회전과 이동, 셀의 배색 등 세 가지 기본 요소로 조합된다. 회전은 각 셀을 0°, 90°, 180°, 270°의 각도로 변형하는 방식으로 적용되며, 이는 삼각형의 방향성을 변화시켜 시각적 흐름에 영향을 미친다. 이동은 셀의 위치를 재배치함으로써 기존의 배열 질서를 변형하는 요소로 작용한다. 그리고 셀의 배색은 셀 간의 연결성과 단절을 인지하는 중요한 시각적 요소로, 색의 변화는 즉각적인 분절 효과를 유도한다. 특히 각 조형 조작은 d 값을 기반으로 확률적으로 적용되며, d 값이 증가할수록 회전, 이동, 색상 변화의 발생 빈도가 증가하도록 설계되었다.[그림 6]



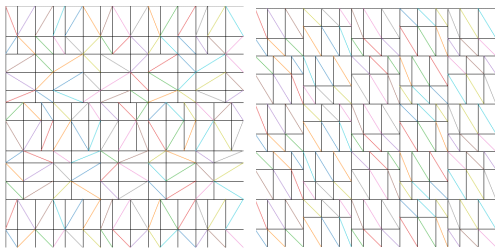
[그림 6] 유닛 조합 생성 이미지

■조율 파라미터(d) 제어 인터페이스

사용자가 조율 파라미터 d 값을 직관적으로 조절할 수 있는 인터페이스를 구축한다. d 는 0에서 1 사이의 값을 가지며, 값이 증가할수록 패턴 내 단절의 강도가 증가하도록 정의된다. $d=0$ 은 완전한 연결 상태를 의미하며, 이 경우 패턴은 높은 질서와 연속성을 유지하지만 생동감은 낮다. 반면 $d=1$ 은 관계의 분절성이 극대화된 상태를 의미하며, 패턴은 연결 구조가 약화되고 개별 요소의 독립성이 강조되어 생동감 보다는 혼란에 가까운 시각적 효과를 보인다. 중간 값 영역에서는 연결과 단절이 혼재하는 ‘전이 상태’가 형성되며, 시각적 복잡도와 리듬감이 극대화되어 최적의 생동감이 발현된다.

■구성패턴 생성 알고리즘 조작

조합된 유닛은 이후 테셀레이션 방식으로 확장되어 구성패턴으로 완성되며, 이 과정에서 유닛 간 경계는 단순한 반복이 아니라 새로운 관계를 형성하며, 전체적인 시각 구조에 영향을 미친다. 특히 단절 조율에 의해 유닛은 인접 유닛과의 관계 속에서 연결과 분절의 복합적 구조를 형성하게 되며, 이는 전체 패턴에서 새로운 관계 상태와 시각적 긴장감을 형성하게 된다. 이러한 유닛의 조작 역시 d 에 의해 제어되며, 일정 확률에 따라 적용된다. 예를 들어 d 값이 높을수록 회전과 이동의 발생 확률이 증가하고, 색의 재배치 또한 더 빈번하게 나타난다. 이를 통해 동일한 구조에서도 다양한 패턴이 생성된다.[그림 7]



[그림 7] 구성패턴 생성 이미지

4. 시뮬레이션 및 분석

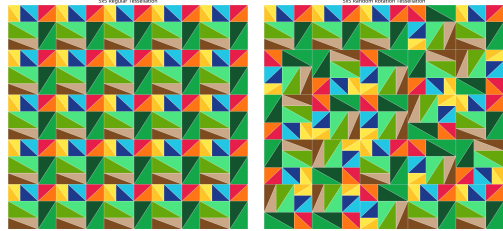
4-1. 시뮬레이션 결과 및 분석

패턴의 시뮬레이션은 파이썬 라이브러리(Pillow, Matplotlib)를 활용하여 실시간으로 렌더링하고 시각화했다.[그림 8] 이를 통해 파라미터 조작에 따른

패턴의 시각적 변화를 즉각적으로 확인하고, 시각적 특성을 비교 분석했다.



(a. 기본유닛(좌)과 변형유닛들)



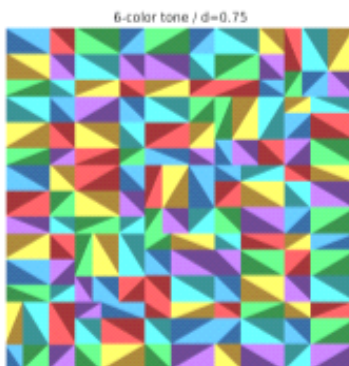
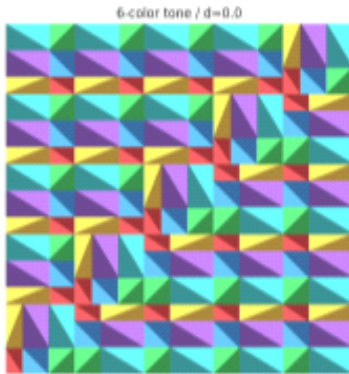
(b. 규칙적 패턴과 불규칙적 패턴)

[그림 8] 단절 조율에 의한 시뮬레이션

먼저 조율 파라미터 d 값의 변화에 따른 패턴의 시각적 특성 변화를 요약하면 [표 3]과 같다. 여기서 d 값은 0부터 1까지의 범위에서 0.1 단위로 변화하며, 각 d 값에 해당하는 대표적인 패턴을 생성한 결과를 제시했다.[그림 9]

[표 3] 단절 조율 파라미터(d)에 따른 패턴 변화

d 값	시각적 효과
0	패턴 내 모든 요소가 연결되어 질서와 안정감이 극대화됨. 시각적 흐름이 부드럽게 이어지며 예측 가능한 반복성이 강하게 나타남. 단조로울 수 있으나 견고하고 통일된 인상을 줌.
0.1~0.3	부분적 단절이 시작되지만, 전체적 연결성은 유지. 미묘한 시각적 긴장감이 발생하며 패턴에 은은한 리듬감 부여. 질서 속의 작은 변화가 관찰자의 흥미를 유발함.
0.4~0.6	질서와 변화가 균형을 이루는 구간으로, 가장 풍부한 시각적 생동감이 발생됨. 예측 불가능하면서도 질서 있는 동적 이미지가 창출되며 패턴이 살아있는 듯한 인상을 줌. '파조'의 미학이 가장 잘 구현되는 지점.
0.7~0.9	단절 정도가 강해지면서 패턴의 연결성이 약화되고 개별 요소들의 독립성이 강조됨. 긴장감이 고조되며 다소 혼란스러울 수 있으나 강렬하고 역동적인 인상을 줌.
1	모든 요소가 독립적으로 분리되어 무질서가 극대화됨. 패턴으로서의 일관된 흐름이 사라지고 개별 요소들의 무작위적인 배치가 두드러짐. 극단적인 변화를 표현할 때 활용될 수 있음.



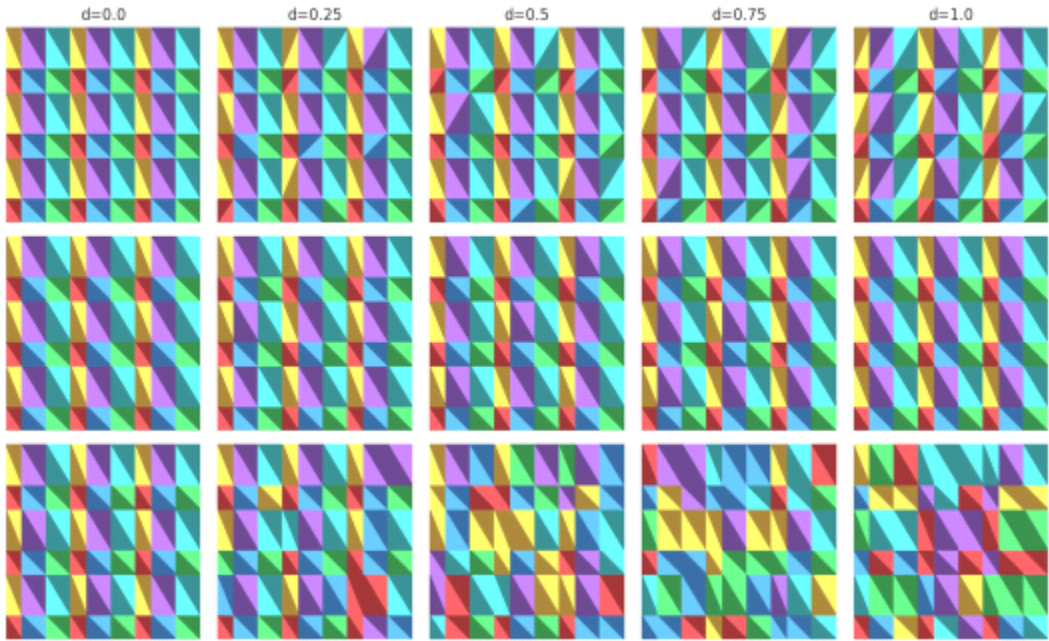
[그림 9] 단절 조율(0~1)에 따른 시각적 변화

단절 조율 값에 따른 패턴 변화를 종합적으로 분석하면, 특정 구간에서 패턴의 생동감이 가장 두드러지게 나타나는 것으로 확인되었다. 특히 유닛을 5×5 배열로 테셀레이션하여 구성패턴으로 전개하면, 단일 유닛 수준에서 명확하지 않은 변화가 전체 패턴 구조로 확장되면서 뚜렷하게 나타나는 것을 확인할 수 있다.([그림 9] 참고) 이처럼 단절 조율이 적용된 유닛은 인접 유닛과의 관계 속에서 새로운 연결과 분절을 형성하며, 전체 패턴에서 복합적인 시각적 구조를 생성한다.

[그림 10]과 같이 3가지 유형(흐름형, 대칭형, 대비형)의 파라미터 d 값의 결과를 5×3 도식화 매트릭스로 비교하면, 중간 수준의 단절 값(전이 상태)에서는 유닛 간 관계가 다양하게 형성되며, 공간적 깊이감과 시각적 리듬이 상대적으로 강화되는 양상을 확인할 수 있다. 이러한 결과물을 통해 패턴이 단순한 반복 구조가 아니라, 관계의 확장을 통해 생성되는 동적 구조라는 점, 그리고 단절의 조율이 패턴의 생동성을 결정하는 핵심 요인으로 작용한다는 점, 무엇보다 $d=0.4\sim0.6$ 구간에서 연결성과 변화성이 상대적으로 균형을 이루며, 시각적 생동감이 강화되는 경향이 관찰된다는 점 등은 본고에서 제안한 관계 상태 변화와 생동감 형성 경향을 탐색적으로 확인하는 중요한 근거가 되었다.

4-2. 조형 특성 및 응용 가능성

본고에서 생성된 패턴(이하, ‘생동적 패턴’이라 칭함)은 단순한 형태의 변형이 아니라, 요소 간 관계의 변화에 의해 형성된 것이다. 이러한 패턴의 생동감은 복잡성의 증가에서 발생하는 것이 아니라, 질서와 변화 간의 균형에서 형성된다는 점에서 특징적이다. 특히 단절의 조율을 통해 형성된 패턴은 연결과 분절이 동시에 존재하는 상태를 보이며, 이로 인해 시각

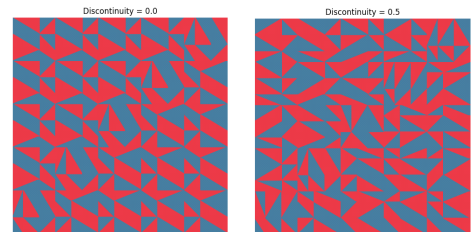


[그림 10] 단절 조율 도식화 매트릭스

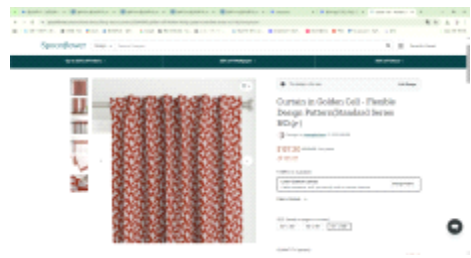
적 긴장과 흐름이 공존하는 구조가 나타난다. 이러한 구조는 패턴을 고정된 형태가 아닌 지속적으로 변화 가능한 상태로 인식하게 하며, 조형적 확장 가능성을 내포한다.

결국 생동적 패턴의 조형 원리는 단절이 질서를 해체하는 요소가 아니라, 질서 속에서 변화를 유도하는 조율 가능한 변수라는 점이다. 즉, 패턴의 생동감은 연결의 유지에서 발생하는 것이 아니라, 단절이 적절히 조율되는 과정에서 형성된다. 특히 단절의 조율은 단순한 양적 조절이 아니라, 변화의 위치와 밀도를 조정하는 질적 조정으로 이해될 수 있다. 이러한 관점에서 단절은 패턴 생성의 핵심 작동 원리로 기능하며, 패턴을 정적인 구조에서 동적인 관계 구조로 전환시키는 역할을 한다.

이러한 패턴의 생성법은 실제 다양한 실무 디자인 분야에 응용될 수 있지만, 대표적으로 텍스타일 디자인 분야에서 다양한 패턴 변형 가능성을 제공한다. 의류, 가구, 인테리어 소품 등 다양한 제품에 적용될 수 있으며, 특히 사용자 맞춤형 텍스타일 패턴 제작에 강점을 가진다. 알고리즘 디자인을 통해 생성된 생동적 패턴은 디지털 프린팅 기술과 결합하여 소량 다품종 생산에 용이하며, 소비자의 개성을 반영한 독창적인 제품을 창출할 수도 있다.[그림 11]



(a. 단절 조율에 의한 단색 패턴 시뮬레이션 결과)



(b. Spoonflower 패턴 마켓플레이스 등록)

[그림 11] 패턴 응용 사례

또한 건축물의 아트월 디자인에 적용되어 공간에 독특한 시각적 경험을 제공할 수 있다. 조율 파라미터 d 값을 조절하여 공간의 기능과 분위기에 맞는 생동감 있는 평면 패턴을 연출할 수 있다. 예를 들어, 로비나 전시 공간에는 d 값이 높은 역동적인 패턴을, 휴식 공간에는 d 값이 낮은 안정적인 패턴을 적용할 수 있다.

그 외 그래픽 디자인(포스터, 브랜딩), 제품 디자인(포장재, 표면 패턴), 미디어 파사드, 인터랙티브 아트 등 다양한 분야로의 확장이 가능하다. 생동적 패턴은 고정된 형태가 아닌 관계의 상태를 표현하므로, 동적인 시각 효과가 요구되는 디지털 미디어 환경에서 활용 가능성이 있을 것으로 기대된다.

5. 결론

본고는 플렉서블디자인패턴(FDP)을 기반으로 한 2D 문양의 응용 가능성을 탐색하고, 단절의 조율을 통해 패턴의 생동감을 형성하는 방법론을 검토하는데 목적이 있었다. 이를 위해 패턴을 고정된 형태가 아닌 요소 간 관계에 의해 형성되는 상태로 재정의하고, 단절을 질서 속에서 변화를 유도하는 조형적 기제로 설정하였다.

연구에서는 3D입체 패턴인 FDP의 구조적 특징과 파이썬 기반 디지털 구현 방안을 검토하고, 이어 평면 패턴을 대상으로 ‘단절의 조율’을 통해 생동적 패턴 형성 방법을 탐색하였다. 여기서 단절의 조율은 6개의 셀을 중심으로 회전, 이동, 색 배치 등의 조각 규칙을 구성하고, 단절의 정도를 연속 변수로 설정하여 패턴 생성 과정에 적용했고, 이에 따른 패턴 변화 양상을 시각적으로 분석하였다.

분석 결과, 단절은 패턴의 질서를 단순히 해체하는 요소가 아니라, 질서 내부에서 관계 변화를 유도하고 시각적 긴장과 생동감을 형성하는 조형적 기제로 작용하는 경향을 보였다. 특히 단절이 0.4~0.6 수준에서 연결과 분절이 균형을 이루며, 가장 풍부한 조형적 효과가 나타나는 경향을 보였다. 따라서 패턴의 생동감은 단순한 형태 변화가 아니라 요소 간 관계 상태의 조율 과정에서 형성될 수 있음을 탐색적으로 확인하였다.

이상의 결과는 ‘단절의 조율’이 패턴에서 생동감을 창출하는 핵심 조형 기제로 기능함을 시사한다. 이는 기존 패턴의 정태성을 극복하고, 모듈화된 단위 요소의 확장성, 디자인 효율성 증대, 맞춤형 시스템 구축, 그리고 사용자 참여형 디자인 경험 제공 등 다양한 학술적 및 실무적 가치를 지닌다.

첫째, 패턴을 형태 중심에서 관계 중심의 상태 개념으로 확장하고, 평면 문양 디자인으로의 적용 가능성을 이론적으로 정립한 다음, 파이썬 기반 디지털 구현 방안을 마련함으로써 패턴 디자인의 이론적 프레임의 재정립과 함께 FDP의 활용 범위를 확장했다.

둘째, 단절을 조율 가능한 조형 변수로 재해석하고, 이를 기반으로 평면 패턴의 생동감 형성 메커니즘을 구체화하고, 동양 미학의 ‘파조’ 개념과 연결함으로써 디자인 방법론의 인문학적 깊이를 더했다.

셋째, 생성 규칙과 조율 파라미터를 통해 패턴 디자인을 재현 가능한 시스템으로 구조화함으로써 디자이너의 직관과 디지털 기술이 상호작용하는 새로운 생성적 디자인 방법론을 제시하였다.

넷째, 생동적 패턴은 텍스타일, 건축 아트월, 그래픽 디자인 등 다양한 분야에서 기존의 정형화된 패턴이 제공하지 못하는 독창적이고 생동감 있는 시각적 경험을 제공할 수 있다. 이는 디자인의 효율성을 높이고, 사용자 맞춤형 디자인 및 참여형 디자인 시스템 구축을 통해 새로운 비즈니스 모델 창출에 기여할 수 있다.

반면, 생동적 패턴의 ‘생동감’에 대한 객관적인 평가 및 타당성 검증은 매우 중요한 부분이다. 그러나 본고에서는 단절 조율의 시각적 효과에 대한 정량적 평가보다는 질적 분석에 중점을 두고 있어, 사용자 인지 측면에서의 검증이 추가적으로 요구된다. 이점에 관해서는 후속 연구에서 체계적인 인식평가 등 검증 과정을 거쳐 본고의 객관성을 높여가고자 한다.

참고문헌

1. 김거수, 『아이덴티티 디자인 or 로고 디자인
웬만큼 이해하기』, 드마북스, 2014
2. 강재구·황용호·홍현기, 「절차적 패턴의 자동
생성을 위한 인터랙티브 디자인 시스템」,
정보과학회논문지:시스템 및 이론, Vol.31
No.10, 2004
3. 이승중, 「고유섭의 미술철학에 대한 생명론적
접근」, 인천학연구, Vol.1 No.10, 2009
4. 하봉수, 「모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물
개발 연구: 3D프린팅을 통해서」, 기초조형학연구,
Vol.18 No.5, 2017
5. 하봉수, 「모듈러를 응용한 플렉서블 입체조형물의
교육적 활용방안 연구」, 기초조형학연구, Vol.19
No.2, 2018
6. 하봉수, 「파라메트릭 기법을 활용한
플렉서블디자인패턴의 형상화 검토」,
디자인리서치, Vol.10 No.3, 2025