



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2022년 2월  
박사학위 논문

프랙탈 기하학 기반 텍스타일  
디자인 프로세스

조선대학교 대학원

디자인학과

포 염 하

# 프랙탈 기하학 기반 텍스타일 디자인 프로세스

The Textiles Design Process based on Fractal Geometry

2022년 2월 25일

조선대학교 대학원

디자인학과

포염하

# 프랙탈 기하학 기반 텍스타일 디자인 프로세스

지도교수 손 영 미

이 논문을 디자인학 박사학위 신청 논문으로 제출함

2021년 10월

조선대학교 대학원

디자인학과

포 염 하



## 포염하의 박사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 이진욱(인)

위 원 조선대학교 교수 장재욱(인)

위 원 호남대학교 교수 김철원(인)

위 원 호남대학교 교수 이양원(인)

위 원 조선대학교 교수 손영미(인)

2022년 1월

조선대학교 대학원

## <목 차>

ABSTRACT .....	XVI
제1장 서론 .....	1
제1절 연구 배경 .....	1
제2절 연구의 목적 및 의의 .....	3
제3절 연구의 방법과 내용 .....	5
1.3.1 연구의 방법 .....	5
1.3.2 연구의 내용 .....	6
제4절 선행연구 .....	9
제2장 이론적 고찰 .....	14
제1절 프랙탈 기하학과 예술 .....	14
2.1.1 프랙탈 기하학의 발생 및 예술과의 관계 .....	14
2.1.2 프랙탈 기하학이란 무엇인가 .....	20
제2절 프랙탈의 분류 .....	21
2.2.1 결정형 프랙탈 .....	22
2.2.2 무결정형 프랙탈-자연의 프랙탈 .....	32
제3절 프랙탈의 기본 특징 .....	34
2.3.1 프랙탈 차원 .....	34
2.3.2 자기 유사성 .....	36
2.3.3 척도 불변성(scale invariance) .....	38
2.3.4 비 선형성 (nonlinearity) .....	40
2.3.5 불규칙성 .....	40

제4절 프랙탈의 형성 원리 .....	42
2.4.1 스케일링(Scaling) .....	42
2.4.2 반복(Repetition) .....	44
2.4.3 왜곡(Distortion) .....	45
2.4.4 중첩(Overlapping) .....	46
제3장 프랙탈 패턴 예술과 디자인 .....	50
제1절 프랙탈 패턴 예술 개념 .....	50
제2절 프랙탈 패턴의 예술 디자인 분야에서의 표현 .....	51
3.2.1 예술 .....	51
3.2.2 디지털 예술 .....	53
3.2.3 무대미술 디자인 .....	57
3.2.4 건물과 경관 .....	59
3.2.5 패션 디자인 .....	62
제4장 프랙탈 패턴 디자인 .....	67
제1절 프랙탈 패턴 생성 알고리즘 및 주요 생성 도구 .....	67
4.1.1 IFS(Iterated Function System)시스템 알고리즘 .....	68
4.1.2 탈출시간 알고리즘 .....	80
4.1.3 L시스템 알고리즘 .....	84
4.1.4 몇 가지 프랙탈 패턴의 생성 방법 비교 .....	94
제2절 프랙탈 패턴 생성 디자인 아키텍처 .....	98
4.2.1 생성 유닛 또는 기본 요소 .....	100
4.2.2 구도 .....	100
4.2.3 색채 .....	101
제3절 프랙탈 패턴 디자인의 수학적 합리적 사고 .....	102

4.3.1 수학 함수와 도형 형태 연계 .....	102
4.3.2 생성 유닛과 구성 .....	106
4.3.3 매핑과 반복(Mapping and iterative) .....	111
<b>제5장 프랙탈 기하학 기반의 텍스타일 디자인 개발</b>	<b>115</b>
제1절 텍스타일에 프랙탈 패턴을 적용 .....	116
5.1.1 패턴 구성 .....	116
5.1.2 프랙탈 패턴의 적용 .....	117
제2절 프랙탈 패턴의 텍스타일 디자인 프로세스 .....	119
제3절 프랙탈 패턴의 디자인 및 개발 .....	125
5.3.1 장미의 패턴 디자인 1 .....	126
5.3.2 영전하화의 패턴 디자인 2 .....	130
5.3.3 영전하화의 확장의 패턴 디자인 3 .....	133
5.3.4 스테인드글라스의 패턴 디자인 4 .....	136
5.3.5 레이스 면사의 패턴 디자인 5 .....	140
5.3.6 백합의 패턴 디자인 6 .....	143
5.3.7 돔의 패턴 디자인 7 .....	147
5.3.8 구름의 패턴 디자인 8 .....	151
제4절 프랙탈 패턴과 디자인 방법에 대한 평가 .....	154
5.4.1 평가 연구의 대상 .....	154
5.4.2 평가 연구의 내용 .....	161
5.4.3 연구 결과 평가 .....	163
제5절 프랙탈 패턴에 기반한 텍스타일 디자인 및 개발 .....	167
5.5.1 모티브 1:장미 .....	170
5.5.2 모티브 2:영전하화 .....	176
5.5.3 모티브 3:영전하화의 확장 .....	186

5.5.4	모티브 4:스테인드글라스	191
5.5.5	모티브 5:레이스 면사	198
5.5.6	모티브 6:백합	203
5.5.7	모티브 7:돔	208
5.5.8	모티브 8:구름	213
제6장	결론	218
제1절	결론	218
제2절	전망	221
참고문헌		225
국문초록		231
<부록 1>	L 시스템의 기호 규정 및 해석	236
<부록 2>	전문가 심층 인터뷰	237

## < 표 목 차 >

<표 1-1>	예술 디자인에 프랙탈 기하학을 적용한 고급 연구 ·11
<표 2-1>	유클리드 기하학 대 프랙탈 기하학 대비 .....16
<표 2-2>	수학과 예술의 관계 .....18
<표 2-3>	프랙탈 형성의 원리 .....48
<표 4-1>	시어핀스키시 삼각형의 IFS 코드 .....72
<표 4-2>	가지 프랙탈 패턴 생성 방법 비교 .....94
<표 4-3>	아핀 삼각형 함수 설정 .....113
<표 4-4>	아핀 삼각형 매핑 관계 매개변수 .....114
<표 5-1>	장미 프랙탈 패턴 창작 .....127
<표 5-2>	프랙탈 장미1의 IFS코드 .....128
<표 5-3>	프랙탈 장미2의 IFS코드 .....128
<표 5-4>	영전하화 프랙탈 패턴 창작 .....132
<표 5-5>	영전하화 확장 프랙탈 패턴 창작 .....135
<표 5-6>	스테인드글라스 패턴 창작 .....138
<표 5-7>	레이스 면사 패턴 창작 .....142
<표 5-8>	백합 패턴 창작 .....145
<표 5-9>	아핀 삼각형 매핑 관계 매개 변수 .....146
<표 5-10>	돔 패턴 창작 .....149
<표 5-11>	아핀 삼각형 매핑 관계 매개변수 .....150
<표 5-12>	구름 패턴 창작 .....153
<표 5-13>	교수 인턴뷰 정보표 .....158
<표 5-14>	전문가 분포 상황표 .....160

<표 5-15> 전문가 인터뷰 문제 구조표 .....162  
 <표 5-16> 전문가 평가 총정리 .....165  
 <표 5-17> 장미 텍스타일 디자인 .....171  
 <표 5-18> 영전하화 텍스타일 디자인 .....178  
 <표 5-19> 영전하화 확장 텍스타일 디자인 .....187  
 <표 5-20> 스테인드글라스 텍스타일 디자인 .....192  
 <표 5-21> 레이스 면사 텍스타일 디자인 .....199  
 <표 5-22> 백합 텍스타일 디자인 .....204  
 <표 5-23> 돔 텍스타일 디자인 .....209  
 <표 5-24> 구름 텍스타일 디자인 .....214

## <그림 목 차>

<그림 1-1> 논문의 구성 .....	7
<그림 2-1> 비트루비안 맨 .....	18
<그림 2-2> 최후의 만찬 .....	19
<그림 2-3> 아비뇰의 소녀 .....	19
<그림 2-4> 뫼비우스의 띠 .....	19
<그림 2-5> 가나가와의 거대한 파도 .....	20
<그림 2-6> 11월의 선물 .....	20
<그림 2-7> 칸토르 집합 .....	23
<그림 2-8> 칸토르 생성 규칙 .....	23
<그림 2-9> 코흐(Koch)곡선 .....	25
<그림 2-10> 코흐 눈꽃(Koch snow) .....	25
<그림 2-11> 코흐 생성 규칙 .....	26
<그림 2-12> 시어핀스키시(Sierpinski) 삼각형 생성 규칙 .....	27
<그림 2-13> 시어핀스키시 피라미드 생성 유닛 .....	27
<그림 2-14> 시어핀스키시 피라미드 3차원 버전 .....	28
<그림 2-15> 생성 유닛 .....	28
<그림 2-16> 형성 과정 .....	28
<그림 2-17> 만델브로트(Mandelbrot) 집합 .....	29
<그림 2-18> 같지 않은 반복점에서 시작하는 줄리아(Julia) 집합	31
<그림 2-19> 자연계의 프랙탈 현상 .....	33
<그림 2-20> 일직선 단위 .....	35
<그림 2-21> 정사각형 .....	35
<그림 2-22> 입방체 .....	35



<그림 2-23> 앞의 자기 유사성 .....	37
<그림 2-24> 자기 유사성 변환 .....	37
<그림 2-25> 자기 아핀 변환 .....	38
<그림 2-26> 만델브로트 집합 단계씩 확대 .....	39
<그림 2-27> 프랙탈 산맥 알고리즘 생성 .....	41
<그림 2-28> 프랙탈 산맥 시뮬레이션 .....	42
<그림 2-29> 스케일링 설명도 .....	43
<그림 2-30> 발전 .....	43
<그림 2-31> 프랙탈 작은 꽃 .....	43
<그림 2-32> 꽃 .....	43
<그림 2-33> 완전한 반복 .....	44
<그림 2-34> 불완전 반복 .....	44
<그림 2-35> 몽환 줄리아 .....	45
<그림 2-36> 왜곡된 표현 .....	45
<그림 2-37> 백합 .....	46
<그림 2-38> 겹침 .....	46
<그림 2-39> 퍼플 일루전 (Purple illusion) .....	47
<그림 2-40> 프랙탈 기하학 이론에서의 상호 관계 .....	49
<그림 3-1> 서클 리미티드 III .....	52
<그림 3-2> 모리츠 코르넬리스 에셔 창작 모습 .....	52
<그림 3-3> 가을에 촬영한 제30호 .....	53
<그림 3-4> 폴록 창작 모습 .....	53
<그림 3-5> 갈대숲의 보름달 .....	54
<그림 3-6> 린천 창작 .....	55
<그림 3-7> [가디언즈 오브 갤럭시2]중의 Ego 행성 .....	56

<그림 3-8> 빅히어로 (Big Hero) .....	57
<그림 3-9> 전지공예 .....	58
<그림 3-10> 쓰리에즈포 2014 F/W 쓰리에즈포 2015 S/S .....	58
<그림 3-11> 고덕양식의 대성당 .....	59
<그림 3-12> 네덜란드, 은공원 부두의 청사 프랙탈 외벽 .....	60
<그림 3-13> 김미경 작품 .....	61
<그림 3-14> 쓰리에즈포 2021 S/S .....	63
<그림 3-15> 바소&브룩 2014 .....	63
<그림 3-16> 쓰리에즈포 시마스코프 PF18 .....	63
<그림 3-17> 클로브 협곡 2014 .....	63
<그림 3-18> 쓰리에즈포 2012 F/W .....	64
<그림 3-19> 줄리아 집합 다이아몬드 목걸이 .....	65
<그림 3-20> 프랙탈 로즈 백금 브로찌 .....	66
<그림 4-1> 아핀 변환 다이어그램 .....	69
<그림 4-2> 시어핀스키시 삼각형 생성 장치 .....	71
<그림 4-3> 시어핀스키시 함수조정 형태 변화 .....	73
<그림 4-4> 시어핀스키시 IFS 매개 변수 형태 변화 .....	73
<그림 4-5> IFS 생성 알고리즘 흐름도 .....	75
<그림 4-6> 프랙탈 형성원리와 수학적 방법의 대응 관계 .....	76
<그림 4-7> Apophysis 7X 주경계면 .....	77
<그림 4-8> 편집창 .....	78
<그림 4-9> 색채조절 .....	78
<그림 4-10> 스크립트 편집창 .....	79
<그림 4-11> IFS 코드 조절 .....	79
<그림 4-12> 탈출시간 알고리즘 기본 사상 .....	81

<그림 4-13> 만델브로트 집합 탈출 알고리즘 사상 설명도	81
<그림 4-14> 줄리아 집합 탈출 알고리즘 사상 설명도	82
<그림 4-15> 울트라 프랙탈 주경계면	83
<그림 4-16> 울트라 프랙탈 조색경사도 보드	83
<그림 4-17> 울트라 프랙탈 레이어속성 보드	84
<그림 4-18> L-SYSTEM 주경계면	86
<그림 4-19> 구조함수 경계면	86
<그림 4-20> Four Tree Test 함수 생성 조작	88
<그림 4-21> Koch1 함수 생성 패턴	90
<그림 4-22> angle=90° 반복=4 함수 생성 패턴	90
<그림 4-23> Kochsnow 생성 패턴	92
<그림 4-24> 생성 규칙이 다른 생성 트리 1	92
<그림 4-25> 생성 규칙이 다른 생성 트리 2	93
<그림 4-26> 위의 나무와 angle 다른 생성 트리 3	94
<그림 4-27> IFS 알고리즘 프랙탈 패턴 생성 디자인 아키텍처	99
<그림 4-28> Flower(Flower_petals, Flower_holes)함수	103
<그림 4-29> Flower 함수가 다른 매개 변수로 생성된 패턴	104
<그림 4-30> 사인함수 도시	105
<그림 4-31> 사인함수 플러그 인 유닛 그래픽 형태	105
<그림 4-32> 버섯요괴의 선경	107
<그림 4-33> 푸앵카레원반 양면기하 도형	108
<그림 4-34> 생성 유닛	108
<그림 4-35> 푸앵카레원반 각종 다른 패턴 1	109
<그림 4-36> cut_kaleidot 함수 생성 유닛	110
<그림 4-37> 푸앵카레원반 각종 다른 패턴 2	110

<그림 4-38> 매핑 관계 .....	111
<그림 4-39> 핑크빛 로맨틱 .....	112
<그림 4-40> 아핀 변환 삼각형 매핑 관계도 .....	113
<그림 5-1> 텍스타일 디자인 프로세스 .....	122
<그림 5-2> 2차원 의상 패턴 그리기 및 무늬 맞추기 .....	123
<그림 5-3> 재질의 선택 .....	124
<그림 5-4> 장미꽃 모티브 추출 .....	126
<그림 5-5> Ring 2 함수 .....	127
<그림 5-6> Julian 함수 .....	127
<그림 5-7> 장미 1 .....	127
<그림 5-8> 장미 2 .....	127
<그림 5-9> 다른 형태의 프랙탈 장미 .....	129
<그림 5-10> 영전하화 모티브 추출 .....	130
<그림 5-11> 영전하화 1 .....	132
<그림 5-12> 영전하화의 확장 1 .....	133
<그림 5-13> 영전하화의 확장 2 .....	134
<그림 5-14> 확장 창작 생성 과정 .....	134
<그림 5-15> 스테인드 글라스 모티브 추출 .....	136
<그림 5-16> 네잎 클로버 이미지 .....	137
<그림 5-17> 스테인드 글라스 1 .....	138
<그림 5-18> 스테인드 글라스 2 .....	138
<그림 5-19> 레이스 면사 모티브 추출 .....	140
<그림 5-20> 레이스 면사 1 .....	142
<그림 5-21> 레이스 면사 2 .....	142
<그림 5-22> 백합 모티브 추출 .....	143

<그림 5-23> 백합 1 .....	145
<그림 5-24> 백합 2 .....	145
<그림 5-25> 아핀 변환 삼각형 매핑 관계도 .....	146
<그림 5-26> 돔 모티브 추출 .....	147
<그림 5-27> 돔 1 .....	149
<그림 5-28> 돔 2 .....	149
<그림 5-29> 삼각형 스케일링 설명도 .....	150
<그림 5-30> 구름 모티브 추출 .....	151
<그림 5-31> 구름 1 .....	153
<그림 5-32> 구름 2 .....	153
<그림 5-33> 전문가 성별 비율 .....	156
<그림 5-34> 전문가 직위 분포 비율 .....	157
<그림 5-35> 근무 연한 비율 .....	157
<그림 5-36> 텍스타일 스타일 디자인 .....	169
<그림 5-37> 언더웨어 스트레스 측정도 .....	170
<그림 5-38> 장미 1 사방 연속 .....	171
<그림 5-39> 장미 2 사방 연속 .....	171
<그림 5-40> 장미 1 언더웨어 전시 .....	173
<그림 5-41> 장미 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....	173
<그림 5-42> 장미 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....	174
<그림 5-43> 장미 2 언더웨어 전시 .....	174
<그림 5-44> 장미 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....	175
<그림 5-45> 장미 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....	175
<그림 5-46> 카펫 패턴 .....	178
<그림 5-47> 조합 패턴 1 .....	178

<그림 5-48> 조합 패턴 2 .....178  
 <그림 5-49> 영전하화 1 언더웨어 전시 .....180  
 <그림 5-50> 영전하화 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....180  
 <그림 5-51> 영전하화 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)  
 ..... 181  
 <그림 5-52> 영전하화 2 언더웨어 전시 .....181  
 <그림 5-53> 영전하화 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....182  
 <그림 5-54> 영전하화 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)  
 ..... 182  
 <그림 5-55> 조합패턴 1 언더웨어 전시 .....183  
 <그림 5-56> 조합패턴 1 실내 텍스타일(커튼, 침구) .....184  
 <그림 5-57> 조합패턴 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)  
 ..... 184  
 <그림 5-58> 조합패턴 2 언더웨어 전시 .....185  
 <그림 5-59> 조합패턴 2 실내 텍스타일(커튼, 침구) .....185  
 <그림 5-60> 조합패턴 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)  
 ..... 186  
 <그림 5-61> 영전하화 확장 1 언더웨어 전시 .....188  
 <그림 5-62> 영전하화 확장 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)  
 ..... 188  
 <그림 5-63> 영전하화 확장 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션,  
 카펫) .....189  
 <그림 5-64> 영전하화 확장 2 언더웨어 전시 .....189  
 <그림 5-65> 영전하화 확장 2 실내 텍스타일 전시 (커튼, 침구)  
 ..... 190

<그림 5-66> 영전하화 확장 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....190  
 <그림 5-67> 스테인드글라스 사방 연속 .....192  
 <그림 5-68> 스테인드글라스 2 사방 연속 .....192  
 <그림 5-69> 스테인드글라스 1 프랙탈 패턴이 다른 표준의 언더웨어 전시 .....194  
 <그림 5-70> 스테인드글라스 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) ..... 195  
 <그림 5-71> 영전하화 확장 1 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) ..... 195  
 <그림 5-72> 스테인드글라스 2 언더웨어 전시 .....196  
 <그림 5-73> 스테인드글라스 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) ..... 196  
 <그림 5-74> 스테인드글라스 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....197  
 <그림 5-75> 레이스 면사1 사방 연속 .....199  
 <그림 5-76> 레이스 면사 2 .....199  
 <그림 5-77> 레이스 면사 1 언더웨어 전시 .....200  
 <그림 5-78> 레이스 면사 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) 200  
 <그림 5-79> 레이스 면사 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....201  
 <그림 5-80> 레이스 면사 2 언더웨어 전시 .....201  
 <그림 5-81> 레이스 면사 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)202  
 <그림 5-82> 레이스 면사 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....202

<그림 5-83> 백합 1 .....	204
<그림 5-84> 백합 2 사방 연속 .....	204
<그림 5-85> 백합 1 언더웨어 전시 .....	205
<그림 5-86> 백합 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....	205
<그림 5-87> 백합 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....	206
<그림 5-88> 백합 2 언더웨어 전시 .....	206
<그림 5-89> 백합 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....	207
<그림 5-90> 백합 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....	207
<그림 5-91> 돔 1 사방 연속 .....	209
<그림 5-92> 돔 2 사방 연속 .....	209
<그림 5-93> 돔 1 언더웨어 전시 .....	210
<그림 5-94> 돔 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....	210
<그림 5-95> 돔 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....	211
<그림 5-96> 돔 2 언더웨어 전시 .....	211
<그림 5-97> 돔 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....	212
<그림 5-98> 돔 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....	212
<그림 5-99> 구름 1 사방 연속 .....	214
<그림 5-100> 구름 2 .....	214
<그림 5-101> 구름 1 언더웨어 전시 .....	215
<그림 5-102> 구름 1 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....	215
<그림 5-103> 구름 1 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....	216
<그림 5-104> 구름 2 언더웨어 전시 .....	216
<그림 5-105> 구름 2 텍스타일 전시(커튼, 침구) .....	217
<그림 5-106> 구름 2 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫) .....	217



## ABSTRACT

### The Textiles Design Process based on Fractal Geometry

Bao Yanxia

Advisor: Prof.SHON, YOUNG MI, Ph.D.

Department of Design,

Graduate School of Chosun University

The rise of the fourth industrial revolution has led to the rapid development of modern society. In order to adapt to the changes in modern society and improve people's living standards, design innovation has to be redefined. In the past era of the second and third industrial revolution, the manual labor-centered model of society has lost its effectiveness. It is urgently needed to rely on knowledge and experience with human values as the core to promote the innovation of the integration model. After completing the digital revolution represented by the "third industrial revolution", the era of the Fourth Industrial Revolution allowed us to change the traditional methods of acquiring knowledge, remembering knowledge and solving knowledge-related problems, and further developed the ability to apply the acquired knowledge to problems in other fields and creatively solve problems. We therefore are able of advocate cross-border integration between disciplines based on "creativity and wisdom" and innovative methods centered on specific design.

As a major country focusing on textile industry under the background of this era, in order to meet the individual needs and artistic tastes of all aspects of people's lives, for example, when people buy textile products, they pay more and more attention to

their artistic quality, surface texture and color matching. If the quality of the product depends on technology, then the taste of the product and artistry depend on the artistic design of the product. For textile companies, in order to improve the competitiveness of their products in the market, they must vigorously develop products' artistic design innovation while finding a personalized, small-batch and fast design method, therefore, the innovative design and development of products have become the key to the survival and development of enterprises.

In the traditional design process, designers need to tap creative inspiration and bring forth the innovation relying on paper and pen as tools. However, it has the characteristics of long cycle, low efficiency, low detail and inability to produce in batches. At the same time, it is the linear, three-dimensional and existing designs based on natural objects that have reached a critical point, and a new design paradigm and design method are required. Fractal geometry is a new design method that uses mathematical rational thinking to illustrate the complexity of natural world. At present, research has been carried out in various fields abroad. However, the application research in the field of applied fractal geometry in my country, especially in artistic design, is still rare.

Starting from the contemporary social and economic background, this research introduces a new branch of mathematics-fractal geometry, and the fractal art that combines fractal geometry theory and artistic design derived from it, and uses mathematical thinking to analyze complexities of natural phenomenon. Through the fractal formation principles of repetition, scaling and distortion to describe the shape, we use a series of operations such as mathematical function iteration to produce infinitely detailed and colorful patterns, thus exploring a new artistic expression and design method. As a design concept that is different from traditional patterns, fractal patterns exhibit their unique mathematical characteristics such as self-similarity, fractal dimensions, nonlinearity and randomness. Due to the limitations of factors such as differences between disciplines, many difficulties will be encountered, so the design framework for the generation process of fractal pattern art creation based on mathematical thinking is refined.

This research mainly involves mathematics, textile design, computer graphics and

other disciplines. Based on textile design, computer-related software is used as design tool, in addition, mathematical generation algorithms of fractal geometry and mathematical design thinking are used to design creation to find a rational and objective law in the design process of fractal patterns full of randomness, irregularity and nonlinearity. Starting from the basic concept of fractal, through the collection, sorting and analysis of relevant literature data, the development of fractal geometry can be summarized as such: The characteristics, classification and formation principles of formation and fractal geometry are discussed, and they are in line with the artistic connotation of contemporary textile pattern design. Secondly, starting from the analysis of fractal patterns and artistic design, the analysis of the nonlinear, irregular and self-similar characteristics of fractal is conducted. The performance of various fields of art design confirms the feasibility of applying fractal to art design, and provides support for the application of fractal to textile pattern design. Starting from the characteristics of fractal pattern generation, the generation algorithm and application of various fractal patterns are studied. The focus is on the analysis of the iterative function system algorithm (IFS), the fractal graphic design architecture (composition method), the mathematical thinking of fractal pattern design and the way to better use fractal geometry for creation.

Finally, after completing the pattern design through the above-mentioned processes and methods, conduct in-depth interviews with experts in related fields. Confirm the aesthetics and innovation of fractal patterns and the effectiveness of the design process, so as to further carry out textile design and development, combined with computer graphics, COL3D simulation program, 3DS Max three-dimensional modeling and rendering software, simulates the full range of textile display effects on the computer, adjusts and modifies details in practice, which greatly improves the textiles. The speed of design enhances the communication between consumers and manufacturers and suppliers, creates unlimited possibilities in a zero-cost manner, generates maps and color samples while matching patterns and layouts, etc., and reduces unnecessary prototype production while shortening the production time of the process and reducing the cost. After the design is completed, an expert in-depth interview evaluation of the digital virtual product is conducted. The evaluation study found that the use of fractal patterns

in the textile pattern design is innovative, feasible and successful. Textile art pattern designers provide efficient and convenient new design methods, and also open up a new pattern style due to the unique fine structure of fractal patterns.

Through research and practice, the application of fractal patterns combining science and art to textile design has unlimited creative value. It breaks the design thinking and curing mode of traditional patterns, expands the vision of pattern design, aims at pattern design, provides guidance, brings new visual effects and aesthetic feelings to textile design, and to a certain extent helps to enhance the added artistic value of textiles.

The fractal geometry studied in this subject is only one aspect of nonlinear geometry, and there are more nonlinearities that can be combined with art, which may achieve more wonderful results. We will be looking forward to future theoretical research and design practice attempts, various renewed interpretation and continuous research possibilities.

Keywords: Fractal geometry, Generative algorithm, Generate design architectures,  
Mathematical thinking, Textile design process

# 제1장 서론

## 제1절 연구 배경

1970년대 이전, 사람들은 형태에 대한 개괄에 있어서 고대부터 전해 내려오는 유클리드(Euclid 기하학)<sup>1)</sup>을 따랐고, 예술과 디자인 연구는 점, 선, 면, 입체와 그것들로 구성된 형태로 이루어졌다. 40여 년 전, 미국의 수학자 만델브로트(Mandelbrot)는 프랙탈 기하학을 만들었는데, 이것은 곧 복잡한 자연 현상을 묘사하는 효과적인 도구가 되었으며, 비교적 새로운 연구 방향에 속하게 되었다. 프랙탈의 개념은 몇십 년으로써 비교적 짧은 역사를 가지고 있지만, 발전 속도는 사람들의 상상을 초월한다. 프랙탈의 관념은 이미 과학에 깊이 침투하여 사회에 뿌리내리고 각 영역에 침투하였다. 그것은 이론 연구든 응용 연구 방면에 있어서든 다방면에서 거대한 연구와 발전의 여지를 가지고 있다. 특히 최근 20년 동안 컴퓨터 과학과 프랙탈 이론의 긴밀한 결합으로 인해 수학의 프랙탈 형태가 예술의 영역에 진입하게 되었고, 프랙탈은 예술 영역에서 특유의 강점을 드러냈다. 컴퓨터 그래픽스의 발전에 따라, 수학상의 무미건조하고 난해한 데이터 공식을 변화무쌍한 프랙탈 예술 패턴으로 가시화 할 수 있으며, 그것은 기발한 구조적 특징과 특수한 생성 규칙을 가지고 있기 때문에, 이로 인해 점점 더 많은 이론 연구자와 실천 작업자의 주목을 받고 있다.

제4차 산업혁명에 따라 학문 간의 범세계적인 융합이 일어나고, 신소재 기술을 운용하며, 과거 어느 때보다도 “창의력”을 기초로 한 디자인 중심의 혁신 전략이 더욱 필요하게 되었다. 그 발흥은 필연적으로 현대 사회의 급속한 발전을 이끌 수밖에 없었고 이로써 각 분야에 새로운 기술 혁신이 나타나게 되었다. 오늘날 사회는 점점 더 기술적이고 지능적이며 디지털화되고 패션화되며 가속화되고 있다. 이 같은 사회는 다양한 종류의 개념과 방법이 서로 충돌하고 혼합되는 것이 특징이며, 이러한 개념과 방법들은 과거에 완전히 격리된 상태

1) zh.wikipedia.org/wiki/유클리드 기하학, 자료검색일: 2020.10.10.

를 거쳐 점차 서로 융합되어 가고 있다.<sup>2)</sup>

중국은 텍스타일 생산 대국으로, 텍스타일은 사람들의 일상생활에 없어서는 안 될 부분이며, 주로 의류, 액세서리, 가정용 텍스타일 등을 포함하고 있다. 좋은 텍스타일 디자인은 우리의 옷매무새와 실내 공간을 미화할 수 있으며, 사람들의 실용적 요구를 만족시킬 뿐만 아니라, 미적 향락을 가져올 수 있기 때문에 소비자의 삶의 질을 높일 수 있다. 경제가 발전함에 따라 대중화된 유사성은 다양한 소비자들의 욕구를 만족시킬 수 없게 되었다. 텍스타일 패턴 디자인 발전 과정에서 선형과 규칙으로 대표되는 전통적인 패턴 디자인은 오늘날의 적용 방식에서 충분한 만족감을 줄 수 없다. 그 디자인 과정에서는 사후 변경이 매우 어려우며, 디자이너가 상상해 낼 수 있는 형태는 완벽하게 표현할 길이 없고, 새로운 디자인 패러다임과 새로운 디자인 방법이 필요하며, 디자이너에게 있어 어떻게 하면 시대의 발전에 순응하고, 사람들의 다원화, 다층화, 다각화된 심미 관념을 전환할지, 시장의 소량주문, 고효율 등의 요구를 만족시킬지 등은 도전이면서 기회이다. 또한, 현재 텍스타일 산업의 발전은 자연 자원을 과도하게 소비하는 동시에 심각한 환경 오염 문제를 가져왔으며, 어떻게 하면 텍스타일 디자인 및 생산을 지속적으로 발전시킬 수 있을 것인지도 우리가 고려해야 할 문제이다. 패턴 디자인은 텍스타일 디자인에서 중요한 부분 중의 하나로, 사람들에게 강렬한 시각적 충격을 주는 패턴은 종종 그러한 불규칙하고 비선형적인 복잡한 패턴이다. 프랙탈 패턴 디자인은 프랙탈 이론에 관한 수학적 함수에 의해 생성되어 복잡한 패턴의 창작을 해결할 수 있는 좋은 방법을 제공한다. 프랙탈 패턴 작품은 새로운 예술적 가치를 보여주며, 전통적인 예술 심미적 감각뿐만 아니라, 새로운 심미적 성향을 담고 있다.

현재 국외의 많은 디자이너, 학자들이 프랙탈 패턴을 텍스타일 디자인 연구에 융합하여 이 방면에서 연구를 진행하였는데, 매년 국제 패션쇼에서 많은 유명 브랜드들이 프랙탈 패턴을 현대 복식 디자인에 적용하여 전시하는 것을 볼 수 있으며, 프랙탈 기하학적 패턴을 띤 새로운 패턴의 부속품도 해외에서 판매되고 있으며, 중소기업 제품뿐만 아니라 최근에는 대기업 및 유명 패션 브

2) 普利高津, 尼科里斯著, 罗久里译, 「探索复杂性」, 四川教育出版社, 2010, p.55.

랜드 제품까지 확대되었다. 그러나 중국에서는 프랙탈이 디자인에 보편적으로 사용되는 비율이 높지 않다. 프랙탈 이론과 그 패턴이 의류 디자인에서 운용되는 것과 관련된 연구논문도 적지 않지만, 대부분 고전 프랙탈의 기하학적 패턴이 파라미터를 통해 조정되거나 혹은 일부 변형된 텍스타일 디자인 혹은 의류 디자인에 사용되는 것을 소개하는 데 그치며, 생성 원리, 알고리즘 사상을 이용하여 창작하는 연구와 응용은 아직 미흡한 실정이다.

## 제2절 연구의 목적 및 의의

제4차 산업혁명이 도래한 가운데 현대 사회에서 과학과 예술의 연계는 갈수록 긴밀해 지고 있으며, 과학의 발전은 서로 다른 예술 분야로 융합되어 과학 기술과 예술 디자인의 결합을 통해 새로운 가치를 창출하고 여러 방면에서 발전 가능성을 보여주었다. 주제 선정 연구 배경에 근거하여 빠른 속도로 발전하는 중국 텍스타일 업계에서 어떻게 하면 나날이 증가하는 사람들의 심리적 욕구를 충족시키고, 개성 및 품위와 취향을 드러낼 수 있을 것인지가 지속해서 연구해 온 주제이다. 텍스타일 제품 디자인과 조형 디자인을 비교하면, 텍스타일 디자인은 중요한 부분 중의 하나이다. 본 논문에서는 텍스타일의 혁신에 착수하고 학문 간의 융합을 이용하여 서로 다른 학문 영역에서 새로운 디자인에 대한 영감을 얻고자 시도하였다.

프랙탈 기하학에 기초하여 생성된 프랙탈 패턴 예술은, 컴퓨터 시각화 기술과 그래픽의 발달에, 수학 공식이나 알고리즘을 변화시킨 디지털 패턴이 컴퓨터에 구현되어 완전히 새로운 예술적 가치를 나타내는데, 그것은 자연 과학과 예술의 융합이며, 전통적인 예술의 아름다움을 드러낼 뿐만 아니라, 새로운 미적 경향도 내포하고 있다.

요컨대, 본 논문의 목적은 프랙탈 기하학으로 이루어진 패턴 과정을 텍스타일 디자인에 융합하는 연구로, 프랙탈 기하학에 기초한 효과적인 텍스타일 디자인 프로세스를 제시하는 것이다. 중국 텍스타일 디자인의 상대적 부족한

점을 보완하려는 시도이다.

구체적인 연구목적은 다음과 같다.

첫째, 전통적인 패턴 디자인의 번거로운 패턴 수정과 불명확한 세부사항 등의 단점을 개선할 수 있다. 아울러 수학 함수 및 다양한 조합의 형태와 일부 변형을 이용하여 텍스타일의 무늬, 스타일을 매우 풍부하게 만들 수 있다.

둘째, 프랙탈 패턴 디자인 프로세스를 활용하여 생성 알고리즘은 패턴 꽃 패턴 디자인 주기 및 꽃 패턴 디자인에서 제작까지의 시간을 크게 단축할 수 있다. 또한, 텍스타일 시장에서의 소량주문, 개성화, 다품종, 신속한 반영에 대한 수요를 만족시킬 수 있다.

셋째, 프랙탈 창작 과정의 수리적 사고를 분석하여, 프랙탈 생성 알고리즘 창작의 기본 프로세스를 제시하고, 디자인의 틀을 생성하여 디자이너의 이성적 사고력을 향상하고 수리적 논리적 사고에 힘입어 전개되는 창작방식으로 프랙탈 창작의 어려움을 줄였다.

넷째, 프랙탈을 중국 디자인 영역에 도입하여, 중국 디자인의 경쟁력을 강화하고, 새로운 시장을 창출하여, 디자인의 광범위한 발전 공간과 경제 효과를 창출할 것이다.

그러나, 프랙탈 패턴의 창작은 융합이라는 영역에 속한다. 수학, 컴퓨터, 디자인 등 다양한 전문 지식을 다루고 있다. 반면에, 예술 디자이너들은 주로 감성적인 사고를 위주로 하다 보니 수학적 기초 지식에 대한 습득이 상대적으로 부족하므로 현재 프랙탈 패턴의 디자인 연구는 일정한 수학 지식을 갖춘 전문 디자이너들만이 진행하고 있다. 예술 전문 지식의 관련된 전문가들이 프랙탈을 이해하고, 실제 프랙탈을 창작 및 응용하는 것이 절실하게 필요하다. 그러므로 현실을 바탕으로 프랙탈 기하학을 텍스타일 디자인에 적용하는 연구가 시급하다.



## 제3절 연구의 방법과 내용

### 1.3.1 연구의 방법

본 논문의 연구 범위는 주로 수학, 텍스타일 디자인, 컴퓨터 그래픽스 등 많은 학문과 관련되어 있는데, 텍스타일 디자인을 기초로 하고, 컴퓨터 소프트웨어를 도구로 하여 프랙탈의 생성 원리, 알고리즘 및 수학적 사고 등을 이용하여 디자인 창작을 진행하며, 비선형, 불규칙으로 가득 찬 패턴 디자인 중에서 객관적인 생성 법칙을 찾을 뿐만 아니라, 프랙탈 패턴의 텍스타일 디자인에서의 혁신적인 응용도 함께 모색한다. 구체적인 연구 방법은 다음과 같다.

첫째, 국내외 문헌 연구, 인터넷 자료

프랙탈 기하학과 관련된 수학 분야, 프랙탈 기하학을 응용한 예술과 텍스타일 디자인 분야의 서적과 출판물, 국내외 패션 잡지, 신문, 문헌 등을 수집 등을 정리하여 선행 연구자들의 연구를 살펴보고, 이론 지식을 풍부하게 하고, 다양한 경로로 연구하여 프랙탈 기하학 관련한 지식을 수집한다. 이를 바탕으로 자신의 수학적 소양을 높이고, 국내외 사이트를 이용하여 관련 프랙탈 예술 지식을 습득하며, 인터넷에서 세계 각지의 프랙탈 학습자와 교류를 통해 다양한 학습 방법을 습득하여 프랙탈 기하학 학습을 진행한다.

둘째, 프랙탈 응용 사례 연구

프랙탈 기하학을 활용하여 서로 다른 예술 디자인 분야에서 프랙탈 기하학 표현이 어떻게 활용되었는지를 살펴본다. 즉, 이 분야는 프랙탈 디자인의 적용 방식과 디자인 가치를 검증하고 이를 텍스타일 디자인에 적용하기 위한 기본적인 자료로 활용한다.

셋째, 전문가와의 심층 인터뷰 조사

디지털 작품 및 창작 방법을 평가 대상으로 하여, 관련 분야 전문가를 선정하여 심층 인터뷰를 진행하여, 인터뷰 내용을 상세히 기록한 후, 마지막으로 전문가의 의견을 총정리하고 분석한다.

넷째, 디자인 개발 방법

프랙탈 기하학을 기초로 하여 텍스타일 디자인 프로세스로 텍스타일 디자인 개발을 진행한다.

### 1.3.2 연구의 내용

본 논문은 기존 과학 연구를 바탕으로 수학 이론, 컴퓨터, 예술 디자인 등의 여러 학문의 영역을 활용하여 학문 간 융합에 대한 통섭적인 연구를 진행하고 있다. 본 논문은 모두 6장으로 구성되어 있으며 연구의 구조는 <그림1-1>과 같다.

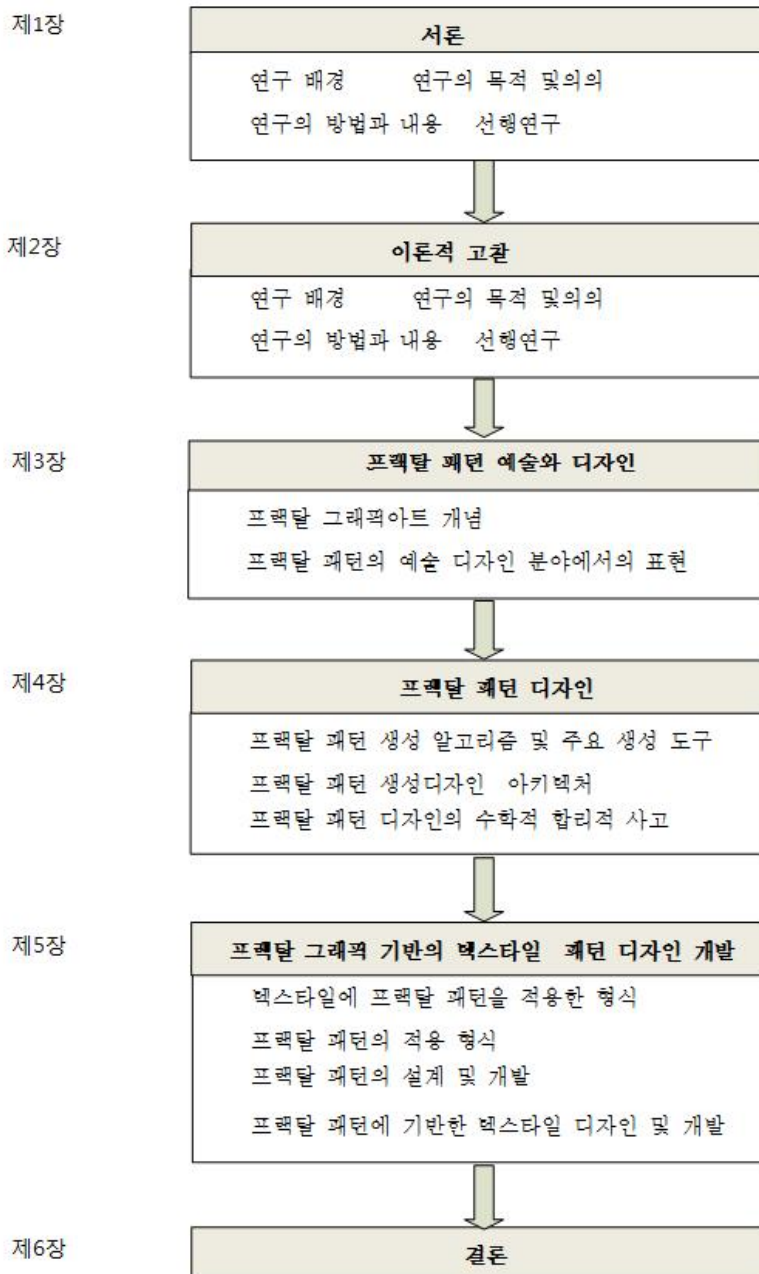


그림 1-1. 논문의 구성

주요 연구 내용은 다음과 같다:

1장은 본 연구의 목적·의미·연구 방법을 소개한다. 관련 문헌 연구를 통해 연구의 배경과 내용 및 국내·외 선행 연구 상황의 현황을 총괄한다.

2장은 프랙탈 이론의 관련 개념과 정의를 이해하고, 프랙탈 기하학의 발전 과정 및 예술과의 관계를 정리하였으며, 프랙탈의 특징, 분류, 형성 원리를 귀납적으로 제시한다.

3장 연구와 귀납적 프랙탈 패턴 예술의 개념을 살펴보고 예술, 건축 환경, 패션 디자인 등의 영역에서 프랙탈 기하학 형성의 원리, 특징을 통해 어떻게 프랙탈 패턴을 표현하고 있는지를 구체적인 사례와 결합하여 분석을 진행하고, 프랙탈 패턴의 사용법과 활용 범위를 고찰하여 본 본문에 적용한다.

4장과 5장은 본문 연구의 중점 내용.

4장은 프랙탈 패턴 디자인의 각종 생성 알고리즘, 생성 소프트웨어를 심도 있게 검토하고, 각종 생성 알고리즘의 장단점과 적용된 패턴 유형을 비교하여 IFS(Iterated function system)의 차세대 함수 시스템 알고리즘에서 생성된 프랙탈 패턴 디자인 아이디어를 중점적으로 연구하고 하나의 생성 구조를 제시한다. 또한, 프랙탈 패턴의 생성 유닛, 구도, 배색을 분석하는 것에서 시작하여 수학적 마인드로 프랙탈 디자인을 어떻게 할 것인가를 제시하며, 후속적인 디자인 개발을 위한 방법을 지도하고 참고한다.

5장은 앞의 몇 장의 총결산 및 본 장의 디자인 과정을 결합하여 텍스타일 디자인을 진행하고, 또 전문가 심층 인터뷰를 진행하여, 프랙탈 패턴의 심미성, 혁신성 및 디자인 과정의 유효성 방면에서 전문가의 인정을 받았다. 현재 코로나19의 세계적인 대유행을 감안하여, 실내복 및 실내 텍스타일 수요가 크게 증가 하였는데, 인터뷰한 전문가들은 프랙탈 패턴은 텍스타일 소재 중 특히 언더웨어, 인테리어 제품(커튼)과 침구에서 활용하기에 적합하다고 보고 있으며, 본문에서는 이 세 가지 텍스타일을 디자인 개발 대상으로 한 스타일, 패턴 및 3차원 가상 시뮬레이션 디자인을 수정하여 실시간으로 세부사항을 조정 및 수정하여 디자인 효율을 크게 높였다.

6장에서는 이 논문의 연구 결과를 종합하여 결론을 도출하고 미래에 대한

전망을 제시한다.

## 제4절 선행연구

한국 국회도서관, 한국 학술연구정보서비스(Riss), 네이버 학술정보(Naver Academic)와 조선대학교 중앙도서관, 중국 지망(China National Knowledge Infrastructure), 구글 학술 등의 검색엔진을 통해 프랙탈 기하학 디자인 연구에 관한 학술지, 학위논문, 학술논문을 수집하여 선행연구를 진행하고, 프랙탈 기하학을 예술디자인에 적용하는 방식을 학습하는 한편, 본 연구 활용의 가능성과 혁신성을 검증한다.

컴퓨터 가시화 기술과 도형학의 발전에 따라, 프랙탈 기하학 이론에 기초하여 창작된 프랙탈 패턴 예술은 독자적인 예술적 가치를 지니고 있다. 많은 디자이너와 연구자들이 이 방면의 이론적 연구와 실질적으로 진행하였으며, 이론적 성과와 실제 경험은 참고해야 할 부분이 많다. 예를 들면, 김선아<sup>3)</sup>는 프랙탈 조형원리, 수리사상을 통해 코넬리스에서 작품 내 프랙탈 특징을 분석하였으며, 기하학적 관점으로 디자인 중 조형미의 유래를 설명하고, 프랙탈 예술에 대한 과학적 방법론을 연구하였다. 차이옌옌(蔡燕燕)<sup>4)</sup>은 프랙탈 패턴의 여러 가지 고전 도형을 연구하였으며, 그 수학적 원리를 분석하여 일정한 변화 법칙을 총결산해냈으며, VB6.0 소프트웨어로 프랙탈 패턴을 생성하여 복장 디자인에 사용하였다. 허영순<sup>5)</sup>은 프랙탈 모듈의 반복과 확장을 통해 섬유 아트 셀 패턴의 변화를 일으켜 텍스타일 모델링 구조 패턴의 구성 과정을 표현하는 연구와 임추달(林秋达)<sup>6)</sup>은 건축분형규칙을 제시하여 여러 분야의 관점에서 건축학의 프랙

3) 김선아, 「M.C.에서의 심메트리 형식과 프랙탈 특성」, 이화여자대학교 석사학위논문, 1998, p.20.

4) 蔡燕燕, 「分形几何在服装纸样设计中的应用」, 上海工程技术大学 硕士学位论文, 2011, p.20.

5) 허영순, 「현대 섬유미술의 셀 패턴의 반복과 확장에 있어서 프랙탈 모듈의 역할」, 숙명여자대학교, 박사학위논문, 2011, p.15.

6) 林秋达, 「基于分形理论的建筑形态生成」, 清华大学 博士学位论文, 2014, p.43.

탈 현상을 설명하고 건축설계사에 적합한 설계방법론을 제기하였다. 또한 후천 천<sup>7)</sup>, 로펜<sup>8)</sup>은 전형적인 프랙탈 집합을, 프랙탈 수학 원리, 프랙탈 이론에 기초한 프랙탈 패턴의 조형 디자인에 대하여 각종 예술 디자인에 예로 들어 응용하였는데, 이 연구는 조형 디자인에 있어서 프랙탈 패턴의 일정한 계발 가치를 가지고 있다. 김소희<sup>9)</sup>는 한국의 전통 의류에 포함된 프랙탈 현상을 연구하고, 의류 디자인에 대해 다른 시각에서 연구하여 새로운 모델로서 충분한 가치가 있었다. 김소현<sup>10)</sup>의 연구에서는 미술에서의 우연한 기술적 표현 기법을 통해 프랙탈 패턴의 개연성, 창조성을 보완하여 프랙탈 패턴의 대중적 수용성을 높였다. 최호영<sup>11)</sup>은 프랙탈의 구성원리와 형성원리에 따라 그래픽 프로그램 Photoshop과 Illustrator 소프트웨어를 사용하여 프랙탈 패턴을 만들어 의류제품 및 텍스타일 디자인에 적용했으며, 김양수<sup>12)</sup>는 자연 형태 원리의 프랙탈 기하학 생성 원리와 텍스타일 조직의 구조원리를 결합한 연구를 진행하여 3D 프린팅 의류 소재를 사용한 디자인 방법을 구축하였다. 권슬아<sup>13)</sup>, 김미진<sup>14)</sup>, 장팽지<sup>15)</sup>은 프랙탈 기하학의 형태별 특징연구로 현대 여성의 의류 디자인, 주얼리 디자인 및 가죽 제품 스타일링 디자인 분야에 응용하여 새로운 가치와 가능성을 보여주었다. 윤혜준<sup>16)</sup>, 강정임<sup>17)</sup>은 프랙탈의 분석 이론, 음악 분석에 적용한

- 
- 7) 胡晨晨, 「基于分形理论的服装面料图案设计及应用研究」, 浙江理工大学 硕士学位论文, 2015.
  - 8) 罗芬, 「分形几何在服装纸样设计中的应用」, 云南财经大学 硕士学位论文, 2017, p.15.
  - 9) 김소희, 「한국 전통 복식 조형에 나타난 프랙탈적 현상」, 숙명여자대학교, 박사학위논문, 2015, p.20.
  - 10) 김소현, 「프랙탈 이미지를 이용한 텍스타일 디자인 연구」, 동아대학교 박사 학위논문, 2016, p.45.
  - 11) 최호영, 「프랙탈 기하학의 원리를 활용한 텍스타일 디자인」, 목원 대학교 박사학위논문, 2016, p.35.
  - 12) 김양수, 「프랙탈 기하학의 조형원리를 적용한 3D 프린팅 패션소재 연구: 패션소재 의기본 조직 응용을 중심으로」, 이화 여자대학교 박사학위논문, 2017, p.105.
  - 13) 권슬아, 「프랙탈 조형성을 활용한 패션 디자인 연구」, 권슬아 홍익대학교 석사학위논문 2020, p.41.
  - 14) 김미진, 「프랙탈 조형원리를 이용한 옵티컬패턴의 주얼리 디자인 연구」, 가야대학교 박사학위논문, 2011, p.21.
  - 15) 장팽지, 「프랙탈 기하학을 응용한 가죽 제품 디자인 연구」, 동의대학교 박사학위논문, 2021, p.7.
  - 16) 윤혜준, 「음악의구조분석을위한 프랙탈이론」, 한양대학교 박사학위논문, 2015, p.132.

조형 원리, 미용 기술 등을 활용하여 프랙탈 이론을 운용한 연구의 다양성을 보여주었다<표1-1>. 최근 몇 년 학자들의 프랙탈에 대한 연구를 추출하여 몇몇 대표적인 논문을 분석을 통해 최근 몇 년 동안 프랙탈 기하학을 예술에 응용한 연구는 많은 성과를 거두었으나, 대부분 고전 프랙탈 기하학 도형에 대하여 줄리아(Julia)집합과 만델브로트(Mandelbrot)집합과 같은 공식의 지수 조정이나 일부 형상을 통해 의류 디자인에 사용하거나 프랙탈 이론 속 일부 조형 원리를 사용하는 것들뿐이었다. Photoshop과 Illustrator 소프트웨어를 결합하여 프랙탈 패턴을 디자인하는 방법으로는 패턴 디자인을 할 때는 패턴의 종류변화가 적고, 적용 범위가 작아 참신함이 부족하였다. 한국 학자들은 이러한 연구 외에도, 프랙탈의 이론적 토대 위에 새로운 기술과 창작예술을 결합하여 연구하였으나, 생성 알고리즘과 수학적 아이디어를 통한 복잡한 프랙탈 예술 패턴을 창작하고 이를 어떻게 텍스타일 디자인에 적용할지에 대한 연구는 미흡하였다. 이를 위해 본 논문은 프랙탈 창작 과정의 수리적 사고 분석을 통해, 프랙탈 패턴 알고리즘의 창작 프로세스, 구조 생성을 제안하여 프랙탈 예술 패턴 창작의 난이도를 크게 낮췄으며, IFS 알고리즘의 프랙탈 패턴 생성을 위한 수학적 함수와 그에 따른 변환 디자인, IFS 코드 조정 등과 함께 프랙탈 패턴의 생성 특성과 디지털 프린팅 기술, 가상 시뮬레이션 기술 등을 접목했다. 여기에 개성화, 소량화 및 신속한 적용을 실현하여 디자이너들이 복잡한 프랙탈 패턴을 학습하고 제작하고자 할 때 참고 자료를 제공되며, 텍스타일 디자인에 새로운 디자인 아이디어와 방법을 제시하고자 한다.

표 1-1. 예술 디자인에 프랙탈 기하학을 적용한 고급 연구

순서	년도	국적	연구자	주요 혁신점
1	1998	한국	김선아	프랙탈 조형 원리를 통해 M.C.에서 작품의 프랙탈 특징을 분석.

17)강정임, 「프랙탈 조형원리를 응용한 헤어컷트 테크닉 개발」, 영산대학교 박사학위논문, 2016, p.12.

2	2011	중국	차이옌옌 (蔡燕燕)	프랙탈 도형 중의 몇 가지 고전적인 도형을 연구하고 그 수학 원리를 분석하여 일정한 변화 법칙을 총결 산해냈으며, VB6.0 소프트웨어를 통해 프랙탈 패턴을 생성하여 의류 디자인에 도입함.
3	2011	한국	허영순	프랙탈 모듈의 반복과 확장을 통해 섬유 아트 셀 패턴의 변화를 일으켜 텍스타일 모델링 구조 패턴의 구성 과정을 표현함.
4	2011	한국	김미진	프랙탈 형성 원리 및 형태적 특성을 주얼리 디자인 분야에 적용하여 3차원 주얼리 디자인의 다양한 모델링 및 표현 방법을 나타냄.
5	2014	중국	임추달 (林秋达)	다방면의 학문을 아우르는 각도에서 건축학의 프랙탈 현상을 설명하고 건축 디자이너에게 잘 어울리는 설계 방법론을 제기함.
6	2015	한국	김소희	한국의 전통 복식에 포함된 프랙탈 현상을 연구함.
7	2015	중국	후천천 (胡晨晨)	프랙탈 이론에 기초한 프랙탈 패턴의 조형 디자인을 연구하였으며, 이 연구는 조형디자인에 있어서 어느 정도 계발 가치를 지님.
8	2015	한국	윤혜준	프랙탈 분석 이론이라고 일컫는 새로운 방법을 제시하여 음악 작품의 구조를 이해하는 방법으로 복잡해보이는 다양한 음악 작품을 분석함.



9	2016	한국	김소현	우연적인 기술을 통해 프랙탈 이미지를 보충하여 텍스타일 디자인에 응용함.
10	2016	한국	강정임	프랙탈 모델링 원리를 적용하여 새롭고 간편하며 자연스러운 헤어 스타일링 기술을 개발하고 현재 유행하는 뷰티 분야의 트렌드를 반영하여 고객의 만족도를 높임.
11	2017	중국	로펜 (罗芬)	프랙탈의 기본 이론과 그 패턴 디자인에서의 응용함.
12	2017	한국	최호영	프랙탈의 구성원리와 형성원리에 따라 그래픽 프로그램 포토샵과 Illustrator 앱을 사용하여 프랙탈을 의류제품에 적하도록 디자인함.
13	2017	한국	김양수	자연형태원리의 프랙탈 기하학의 생성 원리와 텍스타일 조직의 구조원리를 결합하여 새로운 3D프린팅 의류 소재의 디자인 방법을 구축함.
14	2020	한국	권슬아	프랙탈에 따라 기하학적 형태 특징을 현대 여성의 복식 디자인에 적용하여 새로운 가치와 가능성을 과시함.
15	2021	한국	장팽지	프랙탈 그래픽의 특징을 가죽 제품디자인에 적용하고 가죽 제품디자인의 새로운 방식과 발전 방향을 제시함.

## 제2장 이론적 고찰

### 제1절 프랙탈 기하학과 예술

#### 2.1.1 프랙탈 기하학의 발생 및 예술과의 관계

몇천 년 동안 사람들은 유클리드 기하학에 익숙하였다, 그러나 자연계의 형체에 대한 묘사가 대략적이고 비슷하지만 정확하게 표현하지 못했다. 예를 들면 복잡한 산의 형태를 비슷하게 삼각형으로 표시하며, 복잡한 수관을 비슷하게 원뿔로 표시하고, 복잡한 사람의 머리를 비슷하게 구형 등으로 표시하는 등 사물을 점, 선, 면 등의 기하학적 원소로 귀납하며, 나아가 삼각형, 직사각형, 사다리꼴, 원형, 다각형, 입방체, 원 추체 등의 규칙적인 기하학적 도형과 그들의 겹침과 조합을 통해 복잡한 자연계의 형체만을 묘사하고 있을 뿐이었다.

유클리드 기하학 기반으로 한 예술창작의 예로는 이집트의 삼각형 피라미드의 사면 삼각형 높이와 바닥 반쪽 길이의 비율, 고대 그리스가 건축한 아테네 신전과 노트르담 대성당의 외관 등 예술 및 건축 형태 등이 나타내는 황금분할 비율을 등 모두 규칙적이고 매끄러운 선의 느낌을 통해 사람들에게 아름다움을 선사하였다. 그러나 유클리드기하학은 간단한 기하학적 형태에서부터 시작하여 일부 조형 원리를 통하여 복잡한 자연계의 형체를 정확하게 묘사하지는 못했다.

예를 들면 1970년대 이후까지 과학의 발전에 따라 자연계의 불규칙하고 무질서한 형체로 구름은 구체가 아니고 산맥은 삼각형이 아니며, 수관은 원추형이 아니었으며, 해안선은 꺾은 선이 아니거나, 구부러진 하천, 불규칙한 해안선, 무작위로 갈라져 자라는 나무, 크고 작은 불규칙한 산맥, 몸 안의 수많은 주름진 작은 혈관, 혼돈의 은하, 복잡한 대뇌피질, 아주 맑고 투명한 눈꽃 등 그리고 일상생활에서 흔히 볼 수 있는 균열, 주름, 부식 등은 미끈하지 않고 오히려

약간 거칠며, 비슷였다. 이렇듯 전통적인 유클리드기하학으로 정확하게 묘사할 수 없으며, 우리는 새로운 기하학적 언어가 필요하다.

이와 동시에, 만델브로트가 창립한 프랙탈 기하학은 시대의 요구에 따라 생겨났는데, 유클리드 기하학과 프랙탈 기하학은 <표2-1>과 같은 많은 차이가 있다.

유클리드 기하학이 전통예술에 대응하는 것과 같이, 프랙탈 기하학은 프랙탈예술에 대응하기 때문에, 프랙탈예술은 전통예술에 대한 혁신이었다. 전통예술 창작은 일종의 인류의 대뇌 사유 과정인데, 상상해 낸 것을 종이, 붓, 선을 통해 평평하게 표현하기 때문에 예술작품은 스타일, 질량, 양적으로 인간의 상상력에 제약을 받았다. 그러나 프랙탈 예술 창작은 컴퓨터를 통해 생성된다.

여러 반복 패턴 생성되어 수학적 함수를 통해 도형 구조를 생성하는 이러한 가시화 기술은 패턴 디자인 방법을 크게 변화시켰으며, 어느 정도 인류의 생각을 초월하였다. 작품은 무작위성, 비선형, 불규칙성을 가지고 있으며, 강렬한 예술 표현력과 과학적인 감각을 가지고 있다. 프랙탈 기하학은 대자연의 형태를 묘사하고 거칠고 복잡한 형태를 묘사할 수 있는 기하학으로 프랙탈 기하학은 제기된 날부터 예술과 결부되어 왔다.

표 2-1. 유클리드 기하학 대 프랙탈 기하학 대비

속성	유클리드 기하학	프랙탈 기하학
연대	2000년대	근 40여 년
대상	규칙, 매끈	불규칙하고 투박하다
창작 방식	규칙, 기본 요소	알고리즘, 생성셀
차원	정수	프랙탈 차원
제작 특징	구성	생성
공구	핸드페인팅, 컴퓨터	컴퓨터 알고리즘 프로그램, 생성 소프트웨어
예술	전통 예술	프랙탈 예술

저명한 물리학자이자 노벨상 수상자인 이정도(李政道) 선생은 “과학과 예술은 나눌 수 없는 것이다. 둘 다 진리의 보편성을 추구하고 있다. 보편성은 반드시 자연에 뿌리를 두고 있으며, 자연에 대한 탐구는 인류의 창조성의 가장 숭고한 표현이다. 사실 동전의 양면과 같이 과학과 예술은 인류 활동의 최고 부분에서 기인하며, 모두 깊은 보편성, 영원함, 풍부함을 추구하고 있다”<sup>18)</sup>고 말했다.

인류사회의 발전 속에서 과학은 시종일관 묵묵히 예술을 수반하여 예술창작에 풍부한 영감과 견고한 창조 버팀목을 제공하여 예술의 번영을 도모하고 있다. 예를 들면 수학과 예술의 관계는 <표 2-2>에서 보듯이 각 시대마다 주류 회화예술의 이면에 모두 다른 정도의 수학적 구조를 포함하고 있다.

18) 李政道, 「科学与艺术, 上海科学技术出版社, 2000, pp.8-9.

예술가들은 의식적이거나 무의식적으로 수학 사상을 사용하여 창작을 하였다. 피타고라스 학파는 만물이 일정한 수의 비례에 따라서 조화로운 질서를 형성한다고 여기기 때문에, 그들은 “미는 수와 조화에 있다”<sup>19)</sup>는 관점을 제시하였다. 레오나르도 다빈치의 <비트루비아인><sup>20)</sup>은 레오나르도 다빈치 마음속의 인체 각 부분의 완벽한 황금 분할 비율을 묘사하였다.

레오나르도 다빈치의 <최후의 만찬><sup>21)</sup>은 공간 처리에 있어서, 투시의 법칙과 원리를 이용하여 시각 공간을 효과적으로 확장했을 뿐만 아니라, 예수도 시각의 중심인물이 되게 하였다. 화면을 보면 성당 식당 벽의 수평선과 그림 속 인물, 책상 사이에 수평 방위를 이루고 있는 모습은 마치 자신이 그들의 저녁 식사에 참석하고 있다는 착각을 불러일으키며, 화면 속 창 너머로 예루살렘의 아름다운 황혼이 보이는 것 같다.

파블로 피카소의 <아비뇰의 소녀><sup>22)</sup>는 입체주의 성향을 가진 최초의 작품으로, 이 그림부터 입체주의 회화가 발전해 다른 영역에까지 영향을 미쳤다.

“입체주의”는 글자 그대로 입체적인 3차원 이미지를 형상화한 것이라고 이해하지만, 사실 입체주의 화가들은 3차원 사물의 각 면을 분리하여 다시 2차원 평면 화면을 이룬다.

즉 평면적인 화면 위에 3차원 혹은 4차원 공간을 가진 기하학적 틀입체 형태를 그려낸 것으로 리만 기하학의 원리와 일치한다. 모리츠 코르넬리스 에셔의 예술 회화에서는 각종 수학적 구조가 가득 차 있으며, 특히 그의 다수의 목각화 작품 속에 응용되었다.

그의 <외비우스 띠><sup>23)</sup>가 창조한 입체 단측면 곡면 도형은 수학 기하학, 건축학, 회화, 철학의 융합을 대표하며 시각적으로 착시라는 부분을 두드러지게 나타냈다. 또한 가쓰시카 호쿠사이의 그림 <가나가와의 거대한 파도><sup>24)</sup>은 화면 위에 겹겹이 뒤엉킨 물보라를 정확하게 재현한 것으로, 큰 물결이나 그 안에

19) <https://zh.wikipedia.org/wiki/毕达哥拉斯主义>, 자료검색일 :2020.12.20.

20) <https://zh.wikipedia.org/wiki/维特鲁威人>, 자료검색일 :2020.12.21.

21) <https://zh.wikipedia.org/wiki/最后的晚餐>, 자료검색일 :2020.12.21.

22) <https://zh.wikipedia.org/wiki/亚威农的少女>, 자료검색일 :2020.12.22.

23) <https://image.baidu.com/search/莫比乌斯带>, 자료검색일 :2020.12.30.

24) <https://zh.wikipedia.org/wiki/神奈川冲浪里>, 자료검색일 :2020.12.30.

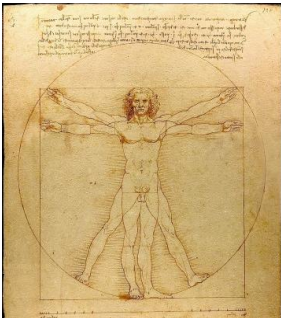
포함된 작은 물결이나 그들의 도형에는 매우 명확한 자기 유사성을 나타낸다.

이것은 자연계에 있어서의 기하학적인 예술 표현으로, 분형 기하학적 특징을 가지고 있다. 현대 예술가 콘드라티(Kondratij)는 프랙탈 기하학적 원리에 기초한 기하학 소프트웨어를 통해 만든 기하학적인 패턴 예술작품 <11월의 선율><sup>25)</sup>은 기하학 패턴 예술작품의 독특하고 기이한 아름다움을 보여준다.

이 예술가들은 그들의 사상과 작품을 디자인하는 데 있어서 모두 의식적이거나 무의식적으로 대수학적 사유의 운용을 중시한다는 것을 알 수 있다.

수학상의 기하학적 관념과 예술 발전의 관계는 매우 명확한데, 이전에는 평면 기하가 있었고, 후에 투영 기하와 같은 것들이 생겨났는데, 모두 유클리드의 것이고, 후에 비유클리드 기하와 이어 “프랙탈(fractal) 기하학”이 탄생하였다. 서양 예술사에서 가장 중요한 두 개의 발전 르네상스와 20세기 추상 예술의 탄생되었으며, 이 또한 상응하는 당시 일어난 투시화법(투영 기하), 비유클리드와 연결되었다. 역사가 말해주듯 프랙탈 기하학의 출현은 당대 예술 발전의 주요 촉매제 역할을 하였다.

표 2-2. 수학과 예술의 관계

수학적 요소	발생 시간	작 품
황금분할 율	피타고라스의 학파는 기원전 580년 - 약 기원전 500년	 <p>그림2-1.&lt;비트루비안 맨&gt;(영어:vitruvian man) 레오나르도 다빈치(Leonardo da Vinci), 15세기.</p>

25)www.deviantart.com/kondratij/art/Melody-of-November-644811366, 자료검색일: 2020. 12.30 .

<p>투영 기하학</p>	<p>프랑스 수학자 펜젤레, 19세기</p>	 <p>그림 2-2.&lt;최후의 만찬&gt;,(영어: The Last Supper) 레오나르도 다빈치(Leonardo da Vinci), 15세기.</p>
<p>리만 기하학</p>	<p>독일 수학자 G.F.B. 리만, 19세기</p>	 <p>그림 2-3.&lt;아비뇰의 소녀&gt; , (프랑스어:Les Demoiselles d'Avignon) 파블로 피카소(Pablo Picasso) 20세기 입체파 시대.</p>
<p>위상 기하학</p>	<p>프랑스 수학자 푸앵카레, 20세기</p>	 <p>그림 2-4.&lt;외비우스의 띠&gt;,(영어:Möbius Strip) 모리츠 코르넬리스 에셔 (Maurits Cornelis Escher),20세기.</p>

<p>프랙탈 기하학</p>	<p>미국 국적의 수학자 만델브로트, 20세기</p>	<div data-bbox="664 291 1133 587">  </div> <p>그림 2-5.&lt;가나가와의 거대한 파도&gt; (일본어: かながわおきなみうら) 가쓰시카 호쿠사이(Katsushika Hokusai), 20세기.</p> <div data-bbox="664 736 1133 1093">  </div> <p>그림 2-6.&lt;11월의 선율&gt;,(영어:Melody november) 콘드라티(Kondratij), 20세기 .</p>
--------------------	---	--

## 2.1.2 프랙탈 기하학이란 무엇인가

프랙탈 기하학은 20세기에 새롭게 생겨난 수학 이론으로, 불규칙하고 복잡한 구조의 형태를 묘사하였으며, 미국계 수학자 만델브로트가 1975년 발표한 고전 논문 「How long is the coast of Britain」에서의 모양이 매우 불규칙하고 매끄럽지 못하며 복잡하다. 또한 모양과 구조 중에 해안선 사이의 차이를 구별하기 어렵다.



본문에서 해안선 부분적인 형태와 전체 형태는 유사한 특성을 가지고 있으며, “fractal”이라는 단어를 만들어냈는데, 이것은 라틴어의 형용사 “fractus”에서 따온 것으로, “불규칙하고 깨진 것, 분리한 것”이라는 뜻이다, 이는 그의 프랙탈 사상을 표현하는 것으로, 프랙탈 사상 태동의 중요한 지표라고 할 수 있다.

1977년 만델브로트는 「The Fractal Geometry of Nature」<sup>26)</sup>를 출판했는데, 그는 프랙탈의 정의는 후대에 걸쳐 정의되고, 현실 또는 초현실적인 그래픽 곡선을 만들어 대자연의 복잡한 사물의 형태를 묘사할 수 있으며, 동시에 프랙탈의 성질과 응용에 관한 과학을 프랙탈 이론이라고 하였다. 이 책의 발표는 프랙탈이 이미 하나의 독립적인 학과인 프랙탈 기하학으로서 정식으로 탄생했음을 명시하고 있으며, 현재 상황으로 말하자면, 프랙탈 기하학 연구는 학과 위치상 비선형 과학에 속한다고 할 수 있다. 비선형 과학은 선형 과학과 상대적인 것으로, 비선형 현상이 보편적으로 존재하지만, 오히려 연구하기가 매우 어렵다.<sup>27)</sup> 그것은 사람들의 일관된 선형적 사고방식을 변화시켰고, 매우 높은 응용성을 가지고 있으며, 자연과학, 사회과학, 공학기술, 문학예술 등의 학문 분야에 복잡함 시스템에 대응하는 과학적인 방법과 사고방식을 제공하였는데, 이때부터 사람들은 자연 사물을 관찰하고 인식하는 새로운 시각과 새로운 연구 방법을 많이 갖게 되었다. 미국의 물리학의 거장 존 휠러는 “프랙탈에 익숙하지 않으면, 과학상의 문화인이라고 불릴 수 없다.”라고 말했다.

## 제2절 프랙탈의 분류

생성 알고리즘에 따라 생성되는지에 따라 프랙탈을 분류할 수 있다. 프랙탈을 결정 프랙탈과 비결정 프랙탈 두 종류로 나눌 수 있는데 결정 프랙탈은 규칙형 프랙탈이라고도 하며, 수학 알고리즘에 따라 반복 변환된 인공 프랙탈

26) Mandelbrot, 「The Fractal Geometry of Nature」, America W.H. Freeman and Company, 1982, p.221.

27) 刘里鹏, 「基于HWW分析法的傅里叶变换解析」, 华中科技大学出版社, 2009. pp.38-43.

패턴으로 그 부분과 전체 형상은 완전히 같은 특징을 가지고 있다. 비결정 프랙탈은 자연계에 묘사된 프랙탈이며, 그 부분과 전체 형상은 통계적으로 유사한 특징<sup>28)</sup>을 가지고 있다.

## 2.2.1 결정형 프랙탈

### 1) 칸토르 집합 (Cantor set)

칸토르 먼지는 1872년 독일 수학자 집합론의 창시자인 조지 칸토르(G. Cantor, 1845~1918)가 <그림 2-7>과 같은 3등분 칸토르 집합을 구성한 것이다. 기하학의 표현은 아래와 같다.

생성 규칙: 보폭을  $n$ 으로 설정하고,  $n=0$  일 때, 길이는  $L_0 = (ax, ay) - (bx, by)$ 의 직선구간으로 하고,  $n=1$  일 때 가운데  $1/3$ 을 제거한 다음, 양쪽의  $0 \sim 1/3$ 과  $2/3 \sim 1$  부분을  $(ax, ay) - (cx, cy)$ 와  $(dx, dy) - (bx, dy)$ 같이 그대로 기억한다.

$n=2$ 일 때 나머지  $0 \sim 1/3$ 과  $2/3 \sim 1$ 부를 다시 중간의  $1/3$ 에서 제거하는 규칙에 따라 조작한 후 이 과정을 무한정 반복하여  $n=\dots$ 를 그리면 수많은 먼지처럼 흩어지는 지점이 생기기 때문에 칸토르 집합을 칸토르 먼지라고도 한다.

이 중, 생성 규칙은 <그림 2-8>과 같이 컴퓨터 반복 알고리즘으로 이루어진다. 반복 알고리즘 횟수가 많을수록 길이는 0에 가까워진다. 칸토르 집합은 모든 단계에서 명확한 자기 유사성을 나타낸다.

---

28) 朱华, 姬翠翠, 「分形理论及其应用」, 北京科学出版社, 2011, pp. 15-16.

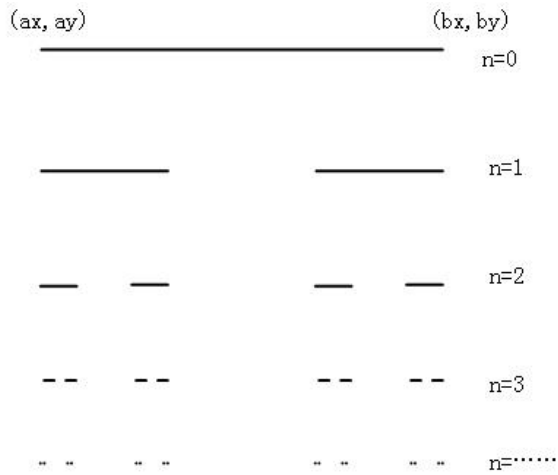


그림 2-7. 칸토르 집합



$$c_x = a_x + \frac{b_x - a_x}{3}, c_y = a_y, d_x = a_x + \frac{2(b_x - a_x)}{3}, d_y = a_y$$

그림 2-8. 칸토르 생성 규칙

## 2) 코흐 곡선(Koch Curv)

1904년 스웨덴의 수학자 헬지 본 코치(Helge von Koch, 1870~1924)가 발견한 곡선은 다음과 같이 <그림 2-9>을 나타낸다.

생성 규칙:  $n$  이 보폭,  $n=0$ 일 때 길이  $L_0 = (ax, ay) - (bx, by)$ 의 직선,  $n=1$ 일 때 이를 3등분하고, 두 끝의 선단을 유지하고, 중간 단락을  $60^\circ$ 의  $L_0/3$ 로 바꾸

는 등 긴 직선 중  $(ax, ay)$ ,  $(bx, by)$ ,  $(cx, cy)$ ,  $(dx, dy)$ ,  $(ex, ey)$ 는 각각 관전점의 좌표이다.  $\alpha$  (alpha) 곡선의 용기 각도로 기억하면,

$$cx = ax + (bx - ax) / 3;$$

$$cy = ay + (by - ay) / 3;$$

$$ex = bx - (bx - ax) / 3;$$

$$ey = by - (by - ay) / 3;$$

$$\alpha = \text{atan}((ey - cy) / (ex - cy));$$

$n=2$  일 때 길이  $L/3$ 의 4개 직선 단락 즉,  $(ax, ay) - (cx, cy)$ ,  $(cx, cy) - (dx, dy)$ ,  $(ex, ey) - (ex, ey)$ ,  $(ex, ey) - (bx, by)$  위 공식에 따라 다시 3등분하고, 그리고 이 가운데 단락을  $60^\circ$ 의  $L/9$  등 두 개의 긴 직선 단락으로 바꾸면 비슷한 구조의 접선을 얻을 수 있다. 만약 등변 삼각형 위에 상기 규칙에 따라 모든 변의 중간에 작은 삼각형을 하나씩 돌출시켜 계속 진행된다면, 곡선 모양이 마치 한 송이 눈송이 같다. 이를 <그림 2-10>과 같다고 한다.

우리는 코흐 곡선 생성 유닛은 하나의 선이며 코흐 눈꽃 생성 유닛은 하나의 삼각형이라는 것을 쉽게 발견할 수 있다. 비록 생성 유닛이 다르기 때문에 생성 규칙이 <그림 2-11>와 같다 하더라도 양자 생성의 결과는 매우 다르다. 또한 생성 유닛의 파동이 클수록 대응하는 도형 곡선은 더욱 복잡하다.

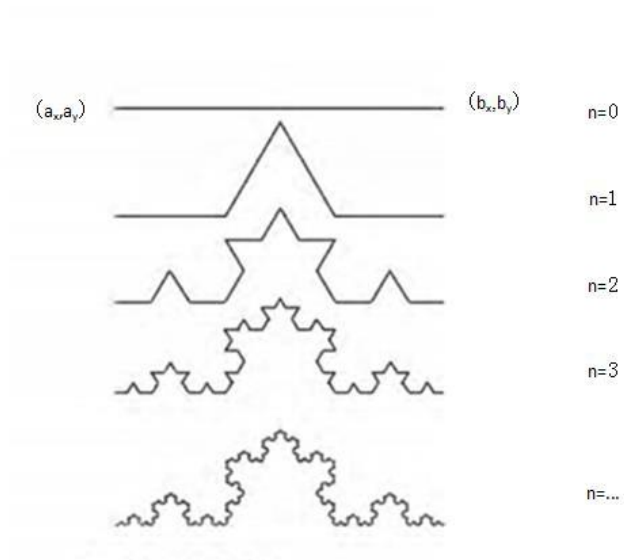


그림2-9. 코흐 곡선

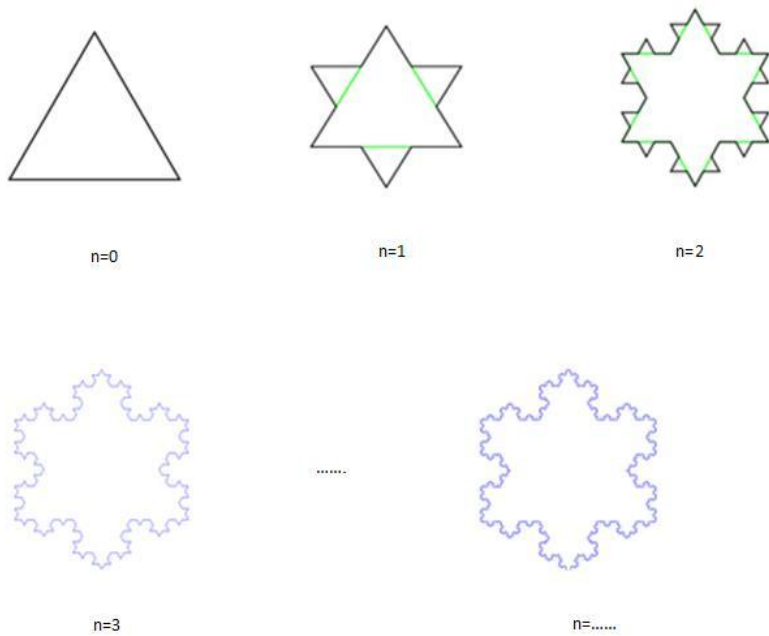


그림2-10. 코흐 눈꽃

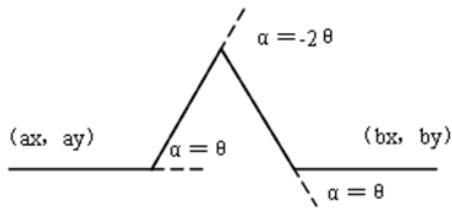


그림 2-11. 코흐 생성 규칙

### 3) 시어핀스키시 (Sierpinski) 삼각형

<그림 2-12>는 시어핀스키시 삼각형의 반복 생성 과정으로, 폴란드 수학자 세르빈스키가 1915년에 제안한 것으로, 이것은 자기유사집의 예이다.

생성 규칙: 예를 들어 <그림 2-12> n 이 보폭이며, n=0 일 때, 검은색 삼각형을 그린다. 세 점의 꼭짓점 좌표는 (x1,y1), (x2,y2), (x3,y3)이다.

n=1일 때, 흑삼각형은 세 변에서 중심점을 취하여 네 개의 크기가 같은 삼각형으로 나뉘는데, 세 개는 바깥에서 흑삼각형이고, 가운데는 백삼각형으로 기록되어 있다.

$$x1=(x1+x2)/2; \quad y1=(y1+y2)/2;$$

$$x2=(x2+x3)/2; \quad y2=(y2+y3)/2;$$

$$x3=(x1+x3)/2; \quad y3=(y1+y3)/2;$$

n=2일 때, 세 개의 흑삼각형을 각각 n=1의 순서로 반복하여 n=...를 진행하면 복잡하고 정확한 도형을 쉽게 만들 수 있다.

<그림2-13> 입체삼각형을 생성 유닛으로 인식하여 생성 규칙이 같으면 <그림2-14> 시어핀스키시 삼각형 3차원 버전으로 생성한다. <그림2-15>을 생성 유닛으로 인식하면 생성 규칙이 같으면 <그림2-16>과 같다.

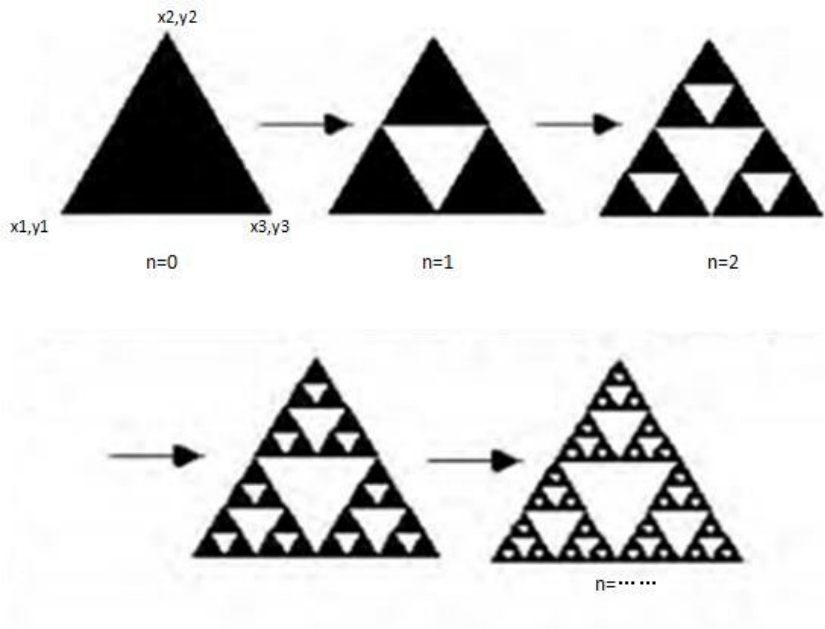


그림2-12. 시어핀스키시 삼각형 생성 규칙

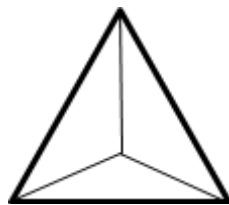


그림2-13. 시어핀스키시 피라미드 생성 유닛

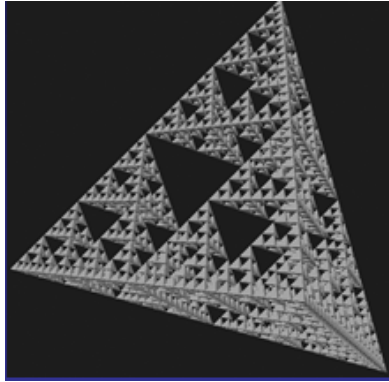


그림 2-14. 시어핀스키시 피라미드 3차원 버전



그림 2-15. 생성 유닛

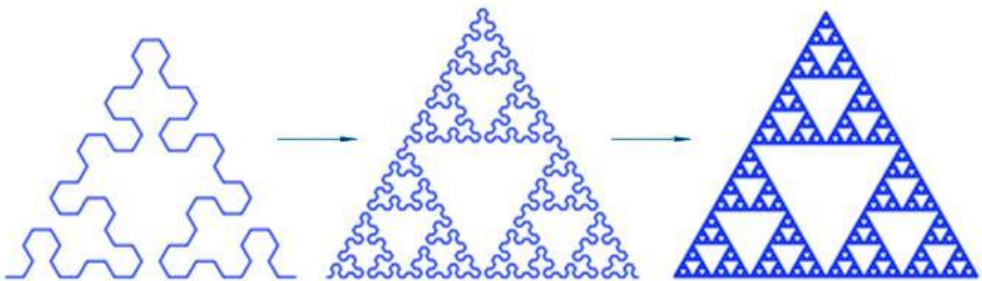


그림 2-16. 형성 과정



#### 4) 만델브로트(Mandelbrot) 집합

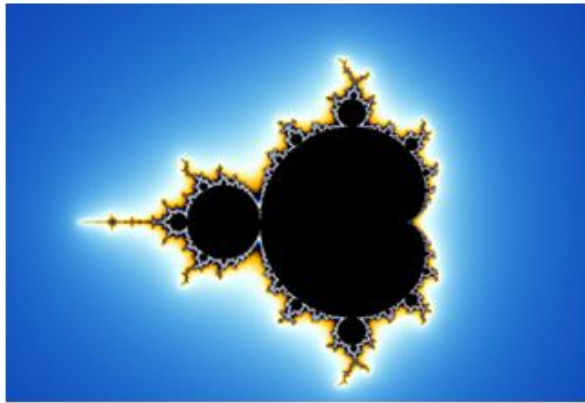


그림 2-17. 만델브로트 집합

〈그림2-17〉은 1980년대 초 벤와 만델브로트의 복평수에서  $F(z) = z^2 + c$ 를 발견했을 때 유명한 만델브로트 집합으로, 줄여서 M집합으로 알려져 있다. 이것은 프랙탈 영역과 수학 영역에서 매우 유명한 집합이다.

이것은 컴퓨터가 간단한 수학 공식 ( $F(z) = z^2 + c$ )의 기초 위에 반복 생성하는 것을 이용한다. 이 그림을 관찰하면 무한히 크며, 그림 속 도형과 완전히 같은 도형이 존재하며, 그것들은 공식에 따라 반복된다. 다만 컴퓨터의 능력이 도달할 수 있는 한, 이 도형은 계속 반복될 때, 도형은 완전한 자기 유사성을 나타낸다. 여기서  $Z$ 는 하나의 복소수이다.  $C$ 는 상수이며, 같지 않은 복수에 대응하는 만델브로트 집합은 발산과 수렴하는 정도가 다르지 않다. 이 정도에 기초하여, 대응하는  $Z_0$  (제 1번째 원소)은 복평면 상에서의 점은 같지 않은 색깔을 표현한다.

생성 규칙:  $F(z) = z^2 + c$  함수에 대한 픽셀의 반복을 통해 도형의 생성을 실현한다. 비록 공식과 반복 연산 모두 간단하지만, 생성된 도형은 다양한 형태와 더불어 미세한 구조를 가지고 있어 “신의 지문” 이라고 불린다. 전통 기하학에서는 이렇게 간단한 규칙은 찾기 어려우며 이렇게 복잡한 패턴을 생성할 수 있다. 자연계에서 간단한 행동이 복잡한 결과를 초래할 수 있다.

## 5) 줄리아 (Julia) 집합

줄리아 집합은 프랑스 수학자 가스통 쥘리아(Gaston Julia)와 Perierre Faton 이 복변함수의 반복의 기초이론을 발전시켜 만든 것이다. 줄리아 집합은 전형적인 프랙탈로 구조가 복잡하고 내용이 풍부하다.

특히 이 줄리아 집합의 형태는 변화무쌍하고 매우 아름다워 이미 광범위한 중시와 연구를 불러일으켰다.

줄리아 집합은 만델브로트 집합과 관련되어 있는데, 모두 같은 등식 만델브로트 집합을 사용하였는데, 모든 줄리아 집합이 합쳐진 병합이다. 만델브로트 집합상의 한 점에서도 그에 상응하는 줄리아 집합을 찾을 수 있다.

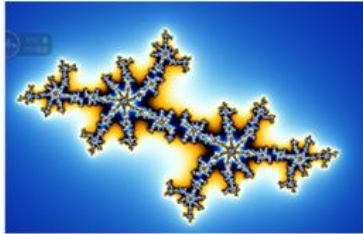
생성 규칙:  $F(z) = z^2 + c$  함수에 대하여 C가 고정값일 때 복평면 위에 임의의 점을 찍으면 그 값이 복수 Z.

함수  $F(z) = z^2 + c$ 에 이를 대입하여 반복적으로 계산한다. Z값은 무한과 0 이 되지 않는 점의 집합이다.

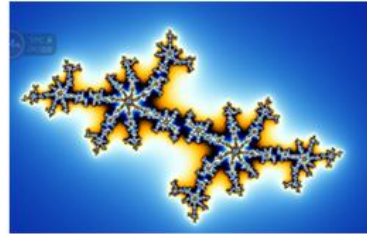
M집합은 전체 영역의 C값이며, 줄리아는 C값을 고정한 다음 반복면에 있는 점(x,y)을 관찰한다.

J집합을 계산할 때, 초기 단계는 총취(0,0)가 아니라 실제 위치에 따라 실제 (x, y) 좌표값을 취한다.

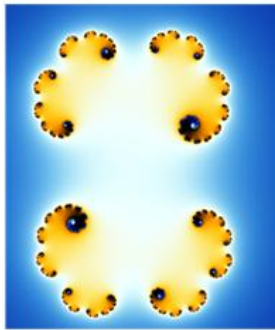
만델브로트 집합에서 어떤 점이 반복 알고리즘을 나타낼 때, 그에 대응하는, 줄리아 집합을 예로 들면 <그림2-18>.



Julia seed(Re)=-0.69,seed (Im)=0.46일 때



Julia seed(Re)=-0.58,seed (Im)=0.52일 때



Julia  
seed(Re)=0.395,seed  
(Im)=0.02



Julia seed(Re)=0.36,seed  
(Im)=0.585

그림 2-18. 같지 않은 반복점에서 시작하는 줄리아 집합

## 2.2.2 무결정형 프랙탈--자연의 프랙탈

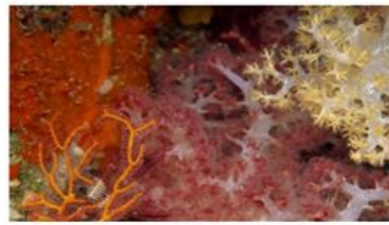
결정형 프랙탈은 거의 수학자의 이론과학에만 존재하지만, 자연계는 예측할 수 없는 요소가 너무 많기 때문에 자연계에는 거의 결정형이 아닌 프랙탈만 존재할 뿐이고 무작위성으로 가득 차 있으며, 세계는 혼란스럽고 무질서하여 예측할 수 없다.

예를 들어 <그림 2-19> 하늘에서 대하천을 관찰하면, 그것은 각각 유사성을 가진 작은 지류들이 모여 형성되어 불규칙한 프랙탈의 특징을 나타낸다. 바다 밑의 산호충 형태도 나무 모양의 여러 가지 작은 분파가 서로 닮은 구조를 나타내고 있다. 현미경으로 미시적인 세계 속의 결정체의 프랙탈 구조 형태를 관찰하는데, 결정체도 뚜렷한 자기 유사성을 가지고 있지만, 오히려 같지 않아 비선형의 특징을 가지고 있다. 식물 속 잎맥의 형태, 바위에 자라는 이끼, 갈라진 가지, 크고 작은 구름, 인체의 수많은 모세혈관, 메마른 땅의 균열 등 곳곳에서 프랙탈의 특징을 나타낸다.

프랙탈 이론은 자연계의 이러한 복잡한 현상을 잘 해석하고 창작할 수 있으며 연구자들에게 효과적인 도움을 제공할 수 있을 것이다.



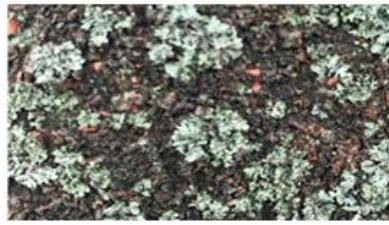
(a) 하천 조감도



(b) 산호벌레



(c) 잎맥



(d) 이끼



(f) 땅의 갈라짐



(e) 염화칼륨 결정체의 프랙탈 구조



(g) 나뭇가지



(h) 구름

그림 2-19. 자연계의 프랙탈 현상

## 제3절 프랙탈의 기본 특징

### 2.3.1 프랙탈 차원(Fractional dimension)

차원은 기하학적 대상의 중요한 특징량인데, 그것은 유클리드 기하학적 점의 위치를 묘사하는 데 필요한 독립된 좌표의 수이다. 프랙탈을 정량적으로 부각시키기 위해서 프랙탈 차원의 개념을 도입하였다. 프랙탈의 차원은 일반적으로 분수로써, 그것으로 프랙탈체의 기본적인 특징을 파악할 수 있다. 프랙탈 차원은 유클리드 기하학에서 나오는 정수 차원과 서로 상응한다. 전통 유클리드 기하학은 점을 0차원, 선은 1차원, 면은 2차원, 체는 3차원으로 보고 우리의 모든 전통 사상은 3차원 공간 안에 계획되어 있다. 그리고 프랙탈 이론은 그 수중에 소수를 포함할 수 있다고 한다. 프랙탈 차원을  $D$ 라고 기록하면 일반적으로 “프랙탈 차원” 이라고 부른다.

프랙탈 차원에 대한 계산 공식은 다음과 같다.

$$D = \frac{\ln N}{\ln S} \quad 29)$$

그 중  $D$ 는 전체와 비슷한 국소형 체의 개수이고,  $S$ 는 비슷한 비율로 전체와 국소의 비율과 같다. 프랙탈 계산 결과는 두 파라미터 대 수치의 비율이기 때문에 분차원 계산 결과는 반드시 정수일 필요는 없다.

예를 들어 직선 <그림 2-20>: 일직선 단위를 이등분하면  $N=2$ ,  $S=2$ , 즉  $2 = 2^1$ 이므로, 그래서 프랙탈 차원의  $D=1$ 로 나눈다.

---

29) 刘华杰, 「分形艺术」, 湖南科技出版社, 2000, p.56.



그림 2-20. 일직선 단위

정사각형을 <그림 2-21>로 사등분하면  $N=4$ ,  $S=2$ , 즉  $4 = 2^2$  이다. 따라서, 프랙탈 차원의  $D=2$  이다.

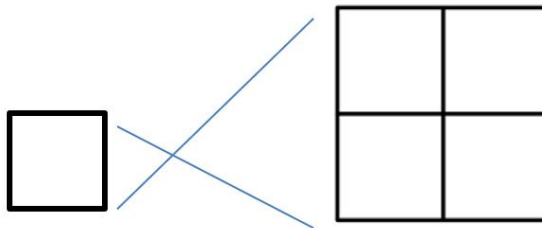


그림 2-21. 정사각형

입체에 대하여: 입방체를 팔등분을 <그림 2-22>,  $N=8$ ,  $S=2$ , 즉  $8 = 2^3$ 으로 등분한다. 따라서, 프랙탈 차원의  $D=3$ 으로 나눈다.

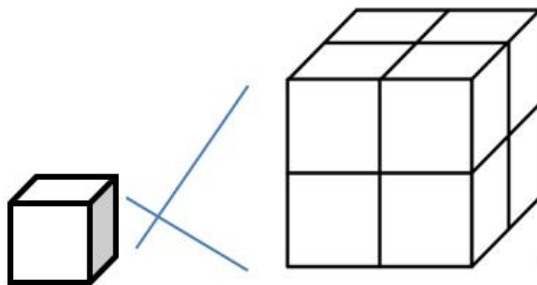


그림 2-22. 입방체

그러면 앞서 언급한 코흐 곡선은 일직선을 취하여 그 두 끝의 두 단락을 3등분하고 두 단을 남긴 채로, 가운데 단락을 등변 삼각형의 두 변으로 잡아당긴다. 따라서  $N=4$ ,  $S=3$ ,  $D=\ln 4/\ln 3=1.26186$ 으로 나뉜다. 코흐눈꽃의 프랙탈 차원은  $D=\ln 3/\ln 2=1.585$  이다.

칸토르 집합은 일직선 단락을 취하여 그것을 3등분하고, 양 끝의 두 단락을 남겨두고, 가운데 단락을 제거하기 때문에  $N=2$ ,  $S=3$ ,  $D=\ln 2/\ln 3=0.6309$ . 시어핀스키시 삼각형  $D=\ln 4/\ln 3=1.585$  이다.

프랙탈 차원 개념은 우리가 세계 속의 복잡한 형태를 인식하는 데 새로운 척도를 제공한다, 몇몇 0차원의 점이 1차원의 선을 형성할 수 있을 때, 이 변화 과정은 우리가 0차원에서 1차원으로의 차원이 가까워지는 과정, 즉 0~1차원의 칸토집합과 같은 것이라고 볼 수 있다. 같은 방법으로, 약간의 1차원이 2차원의 면을 형성하고 있을 때, 이 프로세스는 코흐곡선, 코흐눈꽃, 시어핀스키시 삼각형과 같은 차원으로 볼 수 있으며, 이러한 규칙으로 면체까지의 과정의 변화를 2~3차원의 간격으로 볼 수 있다. 그렇다면 시어핀스키시 피라미드는 2~3차원으로 긍정적이라고 할 수 있다. 따라서, 시어핀스키시 삼각형의  $D$ 는 복잡한 물체가 공간을 차지하는 유효성을 반영하는데, 그것은 복잡한 형태의 불규칙성의 양도이다.

울프상(Wolf Prize)<sup>30)</sup>이 프랙탈 이론의 창시자인 만델브로트에게 수여했을 때 “프랙탈 기하학은 세상을 바라보는 우리의 시각을 변화시켰다”는 말이 보여주듯, 프랙탈은 바로 분수 에너지의 특성을 가지고 있기 때문에 전통적인 유클리드 기하학 형태로는 만들 수 없고 단지 컴퓨터 알고리즘을 채택해서만 생성할 수 있다.

### 2.3.2 자기 유사성

자기 유사성은 물체의 국부가 그 전체와 비슷한 성질을 가지고 있다는 것을 가리킨다. 자연계 곳곳에서 볼 수 있는 자기 유사성 있는 물체들, 한 좌의

30) Wolf Prize: [wolffund.org.il/the-wolf-prize](http://wolffund.org.il/the-wolf-prize), 자료검색일: 2021.02.10.



산봉우리와 하나로 이어진 전체 산맥, 하천에 있는 하나의 지류와 전체 하천, 나무의 한 줄기가 자라는 나무와 전체 나무 등은 모두 자기 유사성을 가지고 있다. <그림 2-23>에 나타난 것은 양치식물의 잎 위에 있는 한 잎과 전체 잎의 유사성을 나타내며 이것은 어떤 자연적인 사물의 유사성이나 그 자체의 유사성을 나타낸다는 것을 의미한다.

물체가 그것의 일부분을 확대하였을 때, (또는) 전체 혹은 기타 일부분과 유사함을 발견할 수 있다. 예를 들어 <그림 2-24>에서 나타난 것과 같이 평면 A 위의 도형선이 투영되어 A 평면과 평행하게 평면 A'로 변환되어 얻을 수 있는 것은 균일하게 확대되거나 축소된 도형이다. 표시된  $x_1$ 과  $x_2$  방향의 변환 스케일은 같은데 이런 변환을 유사변환이라고 부르고, 도형의 일부분이 유사 변환을 거친 후 전체와 비슷한 기하학적 대상을 자기 유사성 프랙탈이라고 한다. 자기 유사성은 프랙탈 이론의 핵심이며, 프랙탈 이론의 가장 기본적인 특징이다.

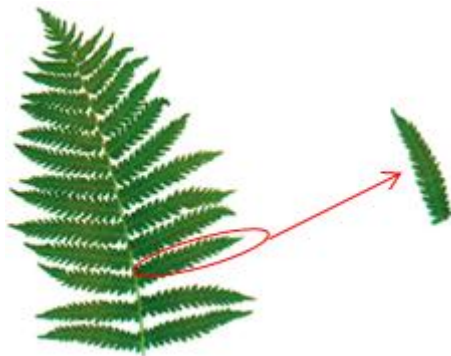


그림 2-23. 잎의 자기 유사성

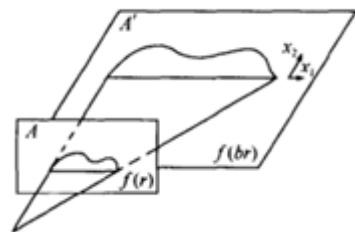


그림 2-24. 자기 유사성 변환 31)

자기 유사성의 일종 확장에 대해서도 특수한 자기 유사성이라고 할 수 있는데, 자기 아핀(self-affine) 프랙탈로, 그것은 물체는 일부적으로 전체로 척도 변화 비율이 각 방향에서 변화 비율이 다르다.

31) 陈颢, 陈凌, 「分形几何学(第二版)」, 地震出版社, 2005, p. 101.

<그림 2-25>은 자기 아핀 변환의 안내도를 주었는데 <그림 2-24>과 다른 것은 평면 A가 더 이상 평면 A와 평행하지 않기 때문에, A' 평면에서 얻은 도형은  $x_1$ 과  $x_2$  방향에서 배수를 확대하거나 축소하는 것은 같지 않다. 이러한 서로 다른 방향에서 서로 다른 비율의 변환을 하는 것을 아핀 변환이라고 한다. 국소적으로 모든 방향에서 등비 변환을 해도 자기 유사성이 있지만, 불등비 변환은 자발성을 갖고 있다.

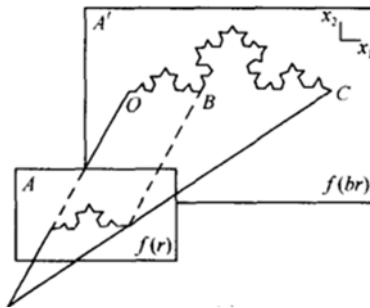


그림 2-25. 자기 아핀 변환 32)

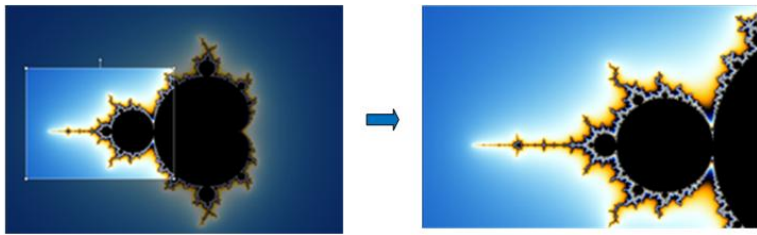
### 2.3.3 척도 불변성(scale invariance)

프랙탈의 각도로 하나의 산맥을 볼 때, 멀리서 보면 그것은 하나의 곡선으로 1차원적이다. 더 가까이 가면 산은 3차원 산맥이다. 더 가까이 가면 걸보기에는 2차원 산 혹은 2차원 평면으로 보면 산맥의 모양과 크기가 보는 사람의 위치와 거리에 따라 다르다는 것을 알 수 있지만, 기본 모양은 변하지 않는다.

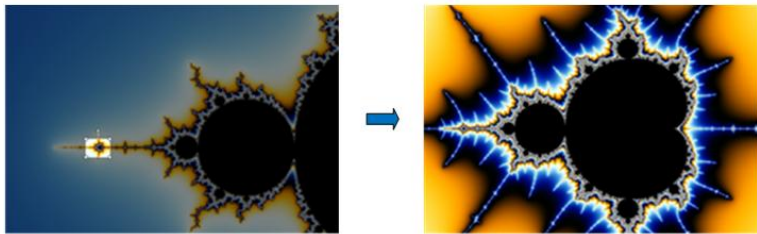
이 사례는 척도 불변성을 말해주는데, 사물의 일부 구역을 선택하여 그것을 확대하거나 축소하는 것을 말하고, 획득한 사물은 또 원래 사물의 특징을 나타낼 수 있다. 그것의 형태, 구조, 불규칙 등은 모두 큰 변화를 일으키지 않기 때문에, 척도 불변성을 일명 신축 대칭성이라고도 한다.

32) 陈颢,陈凌,0p.cit.,p.101.

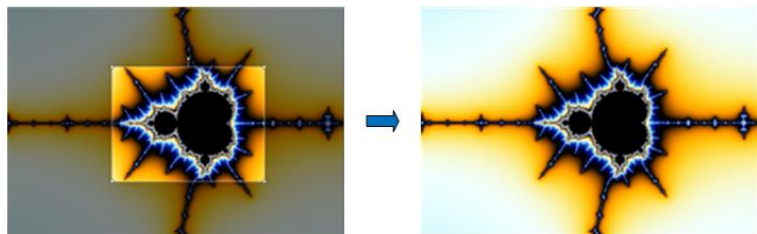
예를 들어 코흐 곡선, 시어핀스키시 삼각형의 경우, 확대하거나 축소해도 기본 기하학적 특성이 그대로 유지되고 명확한 척도 불변성을 가지고 있다. 만델브로트 집합을 단계씩 별로 확대하여 <그림 2-26>에서처럼 보였다. 한 단계씩 확대해도, 한 단계씩 그림이 그려져도 만델브로트의 기본 기하학적 특징이 있으며, 부분적으로 확대되어도 전체와 거의 비슷하게 보여서, 실제 패턴의 형태는 동일해 보인다. 소프트웨어 안의 프랙탈 패턴은 픽셀과 상관없이 마음대로 패턴의 크기를 조절할 수 있으며, 출력의 정확도와 모호한 상황이 나타날 염려가 없다.



만델브로트 집합 단계씩 확대1



만델브로트 집합 단계씩 확대2



만델브로트 집합 단계씩 확대3

그림 2-26. 만델브로트 집합 단계씩 확대

### 2.3.4 비 선형성 (nonlinearity)

만약 선형관계가 어떤 규칙에 근거한 인과관계라면, 비선형 관계는 결과와 원인에 비례하지 않는 일종의 관계라고 볼 수 있다. 비선형성이란 주로 초기 조건의 민감성 때문에, 결과는 원인과 정비례하지 않고 완전히 새로운 상태로 발전하는 성질로, 즉, 한 사물의 상태변화 법칙은 단순한 비례관계를 나타낼 수 없는 사물은 비선형성을 나타낸다. 과거 뉴턴 인과 결정론의 영향으로, 사람들은 우주에 질서가 있고 예측이 가능하다고 여겼지만, 현실의 복잡성과 다양성 때문에 자연현상은 선형 변화에 입각하여 정확하게 예측할 수 없었다.

비선형은 사물의 다양성과 복잡성을 부여하고, 이전의 느낌과는 완전히 다른 예측 불가능한 형태를 창조해 내는데, 이전의 형태와는 완전히 다르다. 현재 자연 현상과 우리가 생활하는 사회는 대부분 비선형적이라고 말할 수 있다. 비선형은 선형에 따라 무작위, 비예측, 불규칙, 비례하지 않는 성질을 가지고 있다. 따라서 비선형은 고정된 규범에서 더욱 자유로운 표현과 예상치 못한 변화를 제공하며, 작은 변화에도 예상치 못한 큰 변화를 가져올 수 있다.

### 2.3.5 불규칙성

대자연의 사물 예를 들면 해안선과 산맥은 대부분 모두 불규칙한 형상을 가지고 있는데, 원거리에서 보면 그것들의 형상은 매우 불규칙하고, 거칠고, 예측할 수 없지만, 가까운 곳에서 보면 그것들은 또 모두 유사성을 가지고 있다. 불규칙적으로 새로운 창의력을 가지고 있으며, 반복적으로 형태에 적용함으로써 공간 동적 변화에 중요한 요소가 될 수 있다.

자연계의 많은 사물들이 마치 불규칙한 형태를 가지고 있는 것 같지만, 연구의 배후에는 모두 일정한 규칙이 있다. 프랙탈 알고리즘을 이용하여 시물레이션을 하면, 중복된 반복 과정에 무작위적인 요소를 첨가하기 때문에, 생성된

패턴은 신선향과 예측 불가능성을 가지게 된다. 예를 들면 <그림 2-27> 무작위 곡선에 개연성을 증가시킨다. 2단계부터 선이 올라갈지 내려갈지를 결정하기 위해 매 단계마다 무작위로 결정했고, 그 결과 <그림 2-28>처럼 불규칙하고 복잡해 보이지만 자연스럽게 연결된 무작위 산맥이 컴퓨터에서 실제와 유사한 형태를 띠게 되었다.

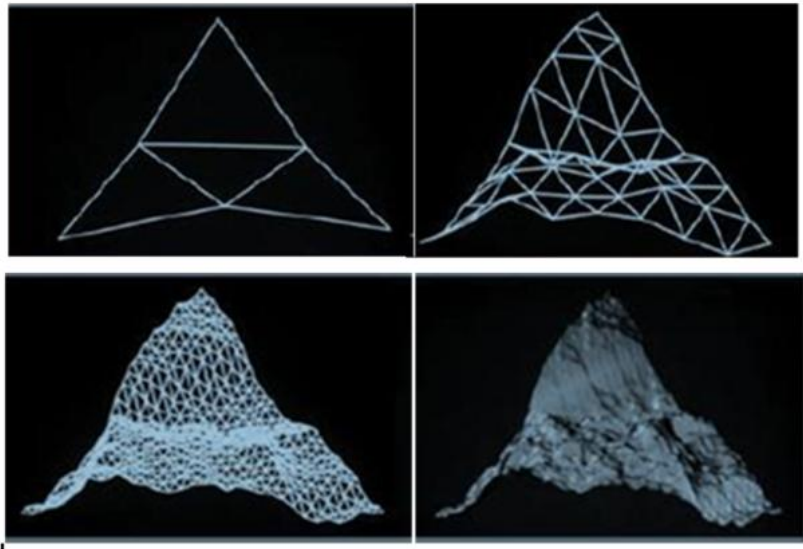


그림 2-27. 프랙탈 산맥 알고리즘 생성<sup>33)</sup>

33) 프랙탈 산맥 알고리즘 생성, 이미지출처: [www.cnblogs.com/szlongman/archive/2009/07/25/1530993.html](http://www.cnblogs.com/szlongman/archive/2009/07/25/1530993.html), 자료검색일 : 2021.02.10.



그림 2-28. 프랙탈 산맥 시뮬레이션<sup>34)</sup>

## 제4절 프랙탈의 형성 원리

프랙탈 패턴은 생성 과정 중에 각종 모양과 구조를 나타내는데, 주로 아래와 같은 형성 원리를 통해 형성된다.

### 2.4.1 스케일링(Scaling)

크기 조절은 <그림 2-29>와 같이 x축 방향에서  $f_x$ 배, y축에서  $f_y$ 배 비율로 축소하여 새로운 모양을 얻는다. 즉, 크기 변화가 있거나 위치가 달라지지만 기본 모양은 변하지 않는다.

---

34) 프랙탈 산맥 시뮬레이션, 이미지출처:[www.cnblogs.com/szlongman/archive/2009/07/25/1530993.html](http://www.cnblogs.com/szlongman/archive/2009/07/25/1530993.html), 자료검색일 : 2021.02.15.

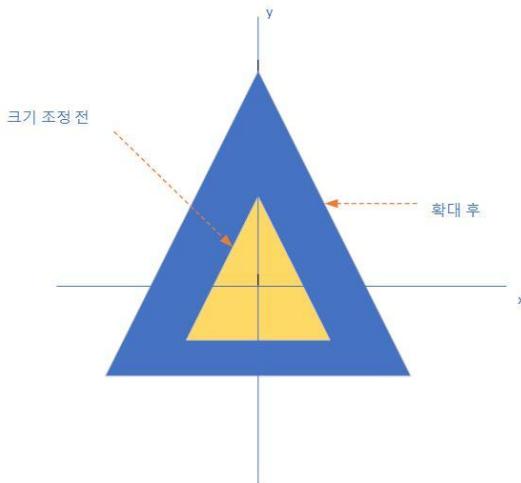


그림 2-29. 스케일링 설명도



그림 2-30. 발전

예를 들어 <그림 2-30> 네덜란드 판화가 모리츠 코르넬리스 에셔가 그린 판화 <발전>의 경우 도마뱀붙이의 여러 가지 축소 형태와 흑백 색상의 교체를 통해 전체적인 모양은 변하지 않고, 큰 것에서부터 작은 것까지의 리듬감을 표현하여 착시감을 형성한다.

프랙탈 패턴 작품과 같이 <그림 2-31>는 생성 과정에서 패턴의 전체와 부분 혹은 부분과 부분 사이를 크기에 따라 변화시켜 꽃잎의 층위를 표현하고 있다. 자연계의 꽃 구성 형태를 잘 표현하고 있다. 예를 들면 <그림 2-32>.



그림 2-31. 프랙탈 작은 꽃  
(Apophysis 창작)



그림 2-32. 꽃

## 2.4.2 반복(Repetition)

반복은 같은 모양으로 반복하여 동일한 요소나 대상 등을 두 개 이상 배열하여 완전한 반복과 불완전 반복으로 구분하는 것을 말하며, 구성요소가 일정한 간격을 두고 한 번 반복되는 것을 <그림 2-33>이라고 하며, 통일성이 강하고 단순하지만 진정성과 안정감을 느끼게 한다. 불완전한 반복은 <그림 2-34>와 같이 불규칙한 반복으로 반복되는 과정에서 불규칙한 변화를 준다. 또한 구조의 크기에 따라 간단한 규칙과 무한 반복으로 아름다운 패턴을 만들어내며, 반복 속에서 생성 셀의 크기를 늘리거나 줄여 무작위적인 현상이 나타내면서 생성된 이미지는 자체 유사성을 발생시켜 운동과 공간감을 가지고 흥미를 유도한다.<sup>35)</sup>

양사성(梁思成)<sup>36)</sup>은 예술과 디자인에 중복과 변화라는 창작법칙이 있다면서 “중복만 있고 변화가 없으면 작품이 단조롭고 무미건조하며, 변화만 있고 중복이 없으면 산만하고 산만하기 쉽다” 고 말했다. <그림 2-35>의 각진 제목은 “몽환 줄리아” 로 불완전하게 반복되는 변화를 잘 보여주고 있다. 또한 SF(science fiction)적이고 아름다운 느낌을 주며, 불완전하게 반복되는 특징을 가지고 있다.

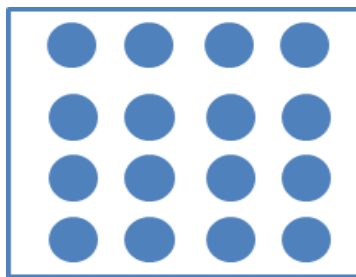


그림 2-33. 완전한 반복



그림 2-34. 불완전 반복

35) 계루진, 「반복의 원리를 응용한 Brooch Design 연구」, 서울 산업 대학원, 2001.

36) 梁思成:zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A2%81%E6%80%9D%E6%88%90, 자료검색일: 2021.03.01.



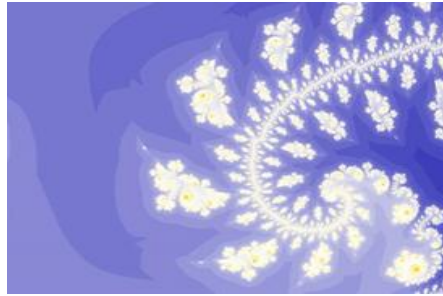


그림 2-35. 몽환 줄리아  
(Ultra Fractal 창작)

### 2.4.3 왜곡(Distortion)

일부 원소를 일정한 변형을 가하여 다른 원소와 형태가 완전히 다르고, 예상치 못한 결과에 이르게 되며, 무작위적인 느낌을 가지게 된다. 형상을 왜곡하는 가장 흔한 방법 중 하나는 폭과 길이의 비율을 <그림 2-36>와 같이 바꾸는 것이다.

예를 들어, 큰 백합 꽃송이의 꽃잎은 다양한 정도로 왜곡된다. 디스토션은 요소(크기, 비율)를 부분적으로 변형하여 기존 모양과 다른 모양을 만드는 표현 방법이다. 이러한 형태는 <그림 2-37>과 같은 운동감을 나타내 보인다.

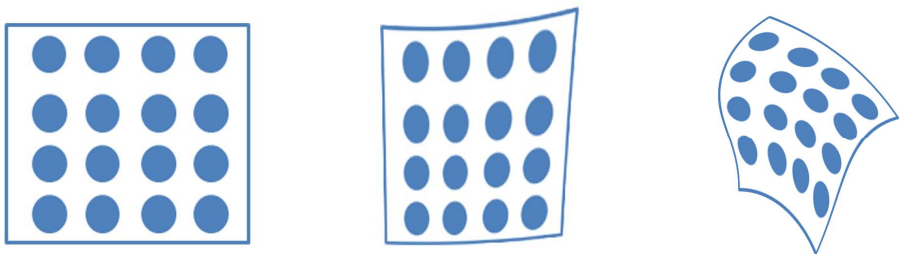


그림 2-36. 왜곡된 표현



그림 2-37. 백합(Apophysis 소프트웨어 창작)

#### 2.4.4 중첩(Overlapping)

중첩은 하나의 모양과 다른 형상의 겹침으로, 평면에 3차원을 표현하는 공간은 실제로 여러 가지 수단을 이용하여 시각적인 착시-깊이감을 만들어내며, 겹치는 크기, 상하 배치 등을 이용하여 <그림 2-38>와 같이 공간의 깊이를 표현하는데, 연결되는 공간은 묘한 연속성을 가지고 있다.

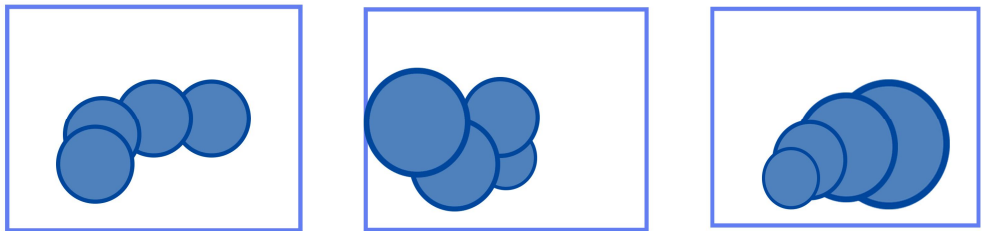


그림 2-38. 겹침

<그림 2-39>작가가 창작한 퍼플 일루전 (Purple illusion) 이라는 프랙탈 작품은 원소의 중첩을 통해 프랙탈의 셀을 크기, 모양, 평이동 등의 변환을 진행

하며, 반복 알고리즘의 순서에 따라 무작위로 겹쳐서 공간을 가진 동적 추세를 나타낸다. 그리고 전후의 투명도는 현현상, 선의 깊이는 알고 굵기는 다른 3차원 공간의 느낌을 만들어낸다.

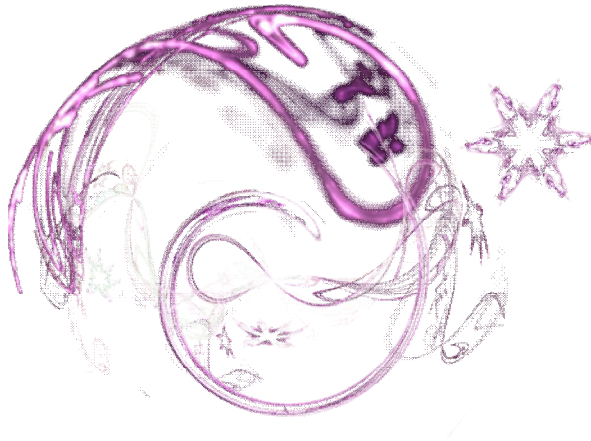


그림 2-39. 퍼플 일루전 (Purple illusion)  
 (Apophysis 창작)

프랙탈의 형성 원리 사이에는 일반적으로 패턴 제작에서 공통적으로 작용하여 프랙탈의 패턴 작품 속에 표현된다. 위의 프랙탈 형성 원리에 대하여 총정리하면 아래 <표 2-3>와 같다.

표 2-3. 프랙탈 형성의 원리

프랙탈 형성의 원리	내 용	표 현
스케일링(Scaling)	기본형은 그대로 두고, 크기 비율을 바꾸기	역동성을 띠다 공간 감각
반복(Repetition)	완전 반복 불완전 반복	안정성과 통일성을 갖춘다 리듬감, 공간감
왜곡(Distortion)	기본형 변경	역동적이고 불안정하다
중첩(Overlapping)	앞뒤 정렬 위아래로 정렬	투명함, 공간감, 깊이감

요약하면, 프랙탈 기하학 이론 중의 상호 관계는 <그림 2-40>에서 보듯이 결정형 프랙탈이든 비결정형 프랙탈이든 모두 프랙탈의 형성 원리를 통해서 프랙탈의 일부 특징을 나타낼 수 있다. 결정형 프랙탈은 일정한 규칙에 따라 생성되기 때문에 프랙탈 차원, 자기 유사성, 무표도, 비선형 특징을 가지고 있다. 만약 그것의 특징을 표현하고 싶다면 우리는 프랙탈 패턴을 생성할 때 축소, 반복, 중첩 등의 원리를 실행할 수 있고, 만약 비결정형 분형의 불규칙성을 표현하고 싶다면 불규칙한 반복, 왜곡, 중첩을 이용하여 실현할 수 있다.

프랙탈 패턴은 생성 프로세스 중에 스케일링·반복·왜곡·중첩의 형성 원리를 이용하여 조작하는데, 시각 각도에서 보면 분형 패턴이 되는 조형 원리로도 볼 수 있고, 프랙탈 기하학에서 수학적 형태의 디자인 가치를 구현하기도 하였다.<sup>37)</sup>

37) 김소현, 「프랙탈 이미지를 활용한 텍스타일 디자인연구」, 동아대학교 석사학위논문, 2016.

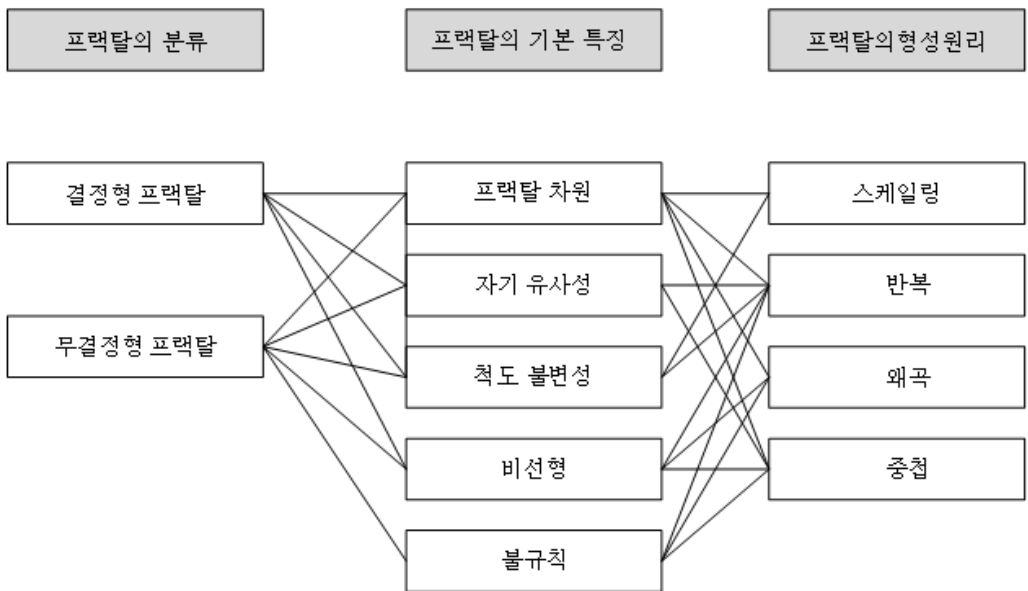


그림 2-40. 프랙탈 기하학 이론에서의 상호 관계

## 제3장 프랙탈 패턴 예술과 디자인

### 제1절 프랙탈 패턴 예술 개념

프랙탈 패턴 예술은 프랙탈 기하학에 기초하여 창안된 새로운 미디어 예술이다. 주로 컴퓨터 기술이 예술 영역에서의 응용(수공 제작도 포함할 수 있다)으로 컴퓨터의 반복 연산을 통해 컴퓨터 그래픽학과 컴퓨터 가시화 기술을 결합하고, 수학 중의 복잡한 각종 함수를 결합하여 동시에 수학적 내포와 심미적인 부분을 갖춘 그래픽을 생성하여 관중에게 어떤 방식으로든 보여주는 예술 형식을 프랙탈 패턴 예술이라고 한다.

프랙탈 패턴 예술은 컴퓨터 그래픽 예술의 일종이다. 컴퓨터 그래픽 예술은 일반적으로 두 종류로 나뉘는데, 하나는 정전 용량 펜(Capacitive pen), 스캐너(scanner) 등의 도구를 이용하여 컴퓨터 스크린 위에서 창작을 하는 것이다. 이러한 형식 본질은 전통적인 회화 과정의 재모방으로 비록 컴퓨터도 과정 중에 백그라운드의 복잡한 수학 연산을 진행하지만, 요즘 패턴을 제작하거나 기타 디자인 중에 이러한 형식을 가장 보편적으로 운용한다. 그러나 프랙탈 패턴 예술은 수학 알고리즘을 운용하는 것으로, 창작자의 사고에 근거하여 구도, 조형, 색채의 디자인을 진행할 뿐만 아니라, 손으로 그린 것처럼 공간 감각, 깊이감, 색상의 냉난(차가움, 따스함) 등을 나타낼 수 있으며, 알고리즘을 통해 패턴의 내부 구조 및 실시간 색 조정 방안을 나타낼 수 있다. 또한 무작위로 조작을 가미할 수 있으며 많은 예상치 못한 패턴의 효과를 생성할 수 있고, 새롭고 기묘한 다양한 시각적 충격력을 가지고 있다. 이러한 수학 공식을 통한 예술 창작은 예술가가 미술의 심미적인 부분뿐만 아니라 그에 상응하는 약간의 수학 지식과 컴퓨터 지식을 갖추어야만 창작자의 사상 표현에 더욱 몰두하고 창의성을 높일 수 있다. 프랙탈 패턴 예술은 자연과학과 예술의 융합 산물로서, 프랙탈 수학이 갖는 독특한 심미학적 가치를 구현한다. 미술 평론가 이유남은 “21세기는 작품 자체가 아니라 작품 알고리즘의 예습이 있어야 새로운 예술 형식

을 이룰 수 있다<sup>38)</sup>고 말했다.

## 제2절 프랙탈 패턴의 예술 디자인 분야에서의 표현

프랙탈 패턴 예술은 많은 분야에서 예술, 건축환경, 패션디자인 등 프랙탈 기하학의 형성 원리, 특징을 통해 각종 형식으로 표현되며, 자연과학과 예술 사이의 융합 디자인의 한 예라고 볼 수 있다. 이 장에서는 구체적인 사례와 결합하여 분석 설명을 진행할 것이며, 프랙탈 패턴이 예술 분야에 사용되는 적응성과 방법 형식을 고찰할 것이다.

### 3.2.1 예술

네덜란드 판화가와 그래픽 아티스트 모리츠 코르넬리스 에셔의 판화는 수학적 영감에서 유래한 판화 등 작품으로 유명하다. 그의 대부분의 작품들은 변형과 순환의 특징을 나타내고 있으며, 이러한 특징들이 동시에 프랙탈 미학과 매우 부합하는데, 이 중 작품 <그림 3-1> 서클 리미티드(Circle Limit)는 프랙탈 사상이 비교적 이른 예술 응용의 하나라고 할 수 있다. 여기에서 표현한 모든 물고기는 머리와 꼬리가 맞닿아 있고, 순환 경로를 따라 끊임없이 헤엄치고 있으며, 구도와 패턴 크기에 규칙적인 변환을 가하여 프랙탈 자기 유사성을 구현하였다. 불규칙에서 같은 요소의 무한한 반복을 볼 수 있으며, <그림 3-2> 모리츠 코르넬리스 에셔가 작품을 창작할 때의 광경으로, 그는 복잡한 수학적 개념과 판화를 결합하고, 수학 그래픽 도구를 이용하여 예술적 혁신을 진행하였다. 신비감이 가득하며, 기이한 시각적 효과를 보여주고, 수학적 안목으로 모리츠 코르넬리스 에셔의 작업을 관찰하면, 그의 작업은 전통적인 평면 패턴보다 월등히 뛰어나며, 그는 반복적 단원 대상을 운동과 생명을 함께 제공하며, 그 속에서 프랙탈의 자기 유사성, 반복 중복, 전체와 국부의 대칭, 쌍곡기하, 위상 기하학 등의 수학 원리 공식을 볼 수 있다. 또한 모양, 구조, 색채의 표현을 통해

38) 이윤남, 「special feature digital art」, 월간미술 8월호, 1999, p.61.

예술성과 과학성을 동시에 가지고 있다.



그림 3-1. 서클 리미티드 III <sup>39)</sup>

그림 3-2. 모리츠 코르넬리스  
에서 창작 모습<sup>40)</sup>

현대적 추상적 표현의 중요한 선구자 잭슨 폴록(Jackson Polk, 1912-1956)은 영향력 있는 미국 화가로, 독특한 드립 페인팅으로 저명하다. 그의 그림은 어떤 매력을 간직하고 있으며, 수학자와 물리학자의 연구를 통해 폴록 회화의 심미적인 부분에 대해 이성적인 분석을 끼워 넣었다. 그의 그림이 사람을 유쾌하게 하는 신비감을 가지게 된 것은 자연계의 많은 사물과 마찬가지로 프랙탈 법칙에 부합하기 때문이다. 그의 그림은 언뜻 보기에는 현란하지만, 사실 내재적인 규칙이 존재하고, 부분적으로 보면 그 구조는 모두 전체와 유사하다. 소탈한 곡선을 통해 전체 화면에는 장력과 생명력이 가득 차 있는데, 예를 들면 대표작 1950년에 창작된 <그림 3-2> 가을 가락 제30호, 그는 캔버스 천을 바닥에 평평하게 깔고 화필로 안료를 한 겹 한 겹 한 겹씩 캔버스 위에 뿌리는 과정에서 안료의 흐름, 중력 그리고 캔버스에 의한 안료의 흡수 등 일련의 통제할 수 있고 통제할 수 없는 요소들을 결합하여 그가 원하는 작품이 나올 때까지 작품은 위아래의 구분이 없고, 규모 불변성이 있으며, 서로 다른 차원으로 감상할

39) Circle Limit III, 이미지출처:[www.afractal.com/abstract.htm](http://www.afractal.com/abstract.htm), 자료검색일:2021.03.25.

40) 코넬리스에서창작모습, 이미지출처:[www.artda.cn/view.php?tid=1170&cid=29](http://www.artda.cn/view.php?tid=1170&cid=29), 자료검색일:2021.03.25.



수 있다. 불규칙적으로 동일한 요소의 무한중복을 볼 수 있고, 불규칙, 비선형, 자기 유사성 등 프랙탈의 특징을 보여주며, 프랙탈을 추상표현주의 작품에 대해 분석 구조 해체에 도입하여 작품 가운데 그 아름다움의 실질과 수용자의 심미적 공감대를 형성한다.<그림 3-4>는 그가 만든 장면이다.



그림 3-3. 가을에 촬영한 제30호<sup>41)</sup>



그림 3-4. 폴록 창작 모습

과학자들이 자연계의 프랙탈을 토론하기 전인 20여 년 전에는 모리츠 코르넬리스 에셔, 폴록 등은 다른 표현 수단으로 무의식적으로 프랙탈을 표현하였으며 이로 인해 사람들은 혼란스러워 했다.

### 3.2.2 디지털 예술

서울대학교의 교수이자 예술가인 박보석은 쿨하고 현란한 컴퓨터 그래픽 예술을 살아 숨 쉬게 하는 표현하는 예술가로, 그의 대부분의 작품은 프랙탈 그래픽과 실물의 결합을 통해 프랙탈을 표현하였다. 그는 동물 혹은 자연환경을 그릴 때 하나의 사람의 마음을 움직이게 하는 이야기를 표현하는 것이지, 딱딱하고 기계적인 것이 아니라고 하였다. 그러면서 이미지<그림 3-5> 갈대숲의 보름달과 같이, 그 중 갈대는 프랙탈 소프트웨어로 만들어져 프랙탈의 특징이 있으며, 프랙탈 패턴을 통해 세밀하고 섬세하게 갈대 이삭의 부드러운 섬세

41)가을에 촬영한제30호, 이미지출처: [image.baidu.com/search/秋韵30](http://image.baidu.com/search/秋韵30), 자료검색일: 2021. 4.5.

향을 보여주고 자기 유사성을 통해 갈대숲을 조성하여 공간적 통일감과 시각적 안정성을 부여하고, 형성 원리의 피어남, 중첩 등을 통해 공간적 역동성을 부여한 리듬감은 자연의 아름다움을 프랙탈 이미지를 통해 사람들에게 부드럽고 생명력 있는 느낌을 전달하였다.



그림 3-5. 갈대숲의 보름달<sup>42)</sup>

린천(林晨)은 중국의 프랙탈 예술 신예 디자이너로서, 일찍이 “남들은 붓으로 그림을 그리고 나는 수학으로 그림을 그린다. 다른 사람들은 표상을 그리고 나는 내면을 그린다”<sup>43)</sup>고 말한 적이 있다. 그의 작품 <그림 3-6>은 많은 전통 미학의 표준을 구현하고 있지만, 더 많은 것은 이러한 표준을 뛰어넘는 새로운 표현이다. 작품 속의 균형은 동적인 균형이고, 대칭은 국부적인 전체 대칭이며, 그 구조는 풍부해 보이지만, 난잡하지 않으며, 무질서함 속에 질서 있는 구현과 통일에 풍부한 구현, 강렬한 시각적 충격력은 독특한 심미적인 느낌을 준다. 그의 작품에는 무궁무진한 끼워 넣는 구조가 담겨있으며 이러한 구조는 화면 최대의 풍부함을 부여한다. 감상자는 안에 있는 모든 내용을 쉽게 알 수 없다. 프랑스 인상파의 거장 르누아르의 말처럼 “한눈에 들어오면 예술이 될 수 없다”고 말했다.

42) 갈대숲의 보름달. 이미지 출처: <http://www.filmdesign.co.kr>, 자료검색일: 2021.04.05.

43) 출처: <http://www.fxysw.com/thread-3129-1-1.html>, 자료검색일: 2021.04.10.



그림 3-6. 린천 창작<sup>44)</sup>

최근 몇 년 동안 컴퓨터 가상현실 기술의 응용에 따라 디지털 영화는 이전에 없던 발전을 이루게 되었고, 영화 속 특수효과로 만들어진 웅장하고 기괴한 화면은 사람들을 경탄하게 했지만, 대부분의 사람들이 모르는 것은, 만약 프랙탈이 없었다면, 우리는 이러한 기묘한 광경을 볼 수 없었다는 것이다. 2014년 개봉한 미국 마블 스튜디오 월트디즈니 스튜디오의 SF 액션 영화 '가디언즈 오브 갤럭시2'의 에고 행성에는 <그림 3-7> 홀의 바닥 패턴도 프랙탈의 일종인 2차원 패턴으로 표현되어 있으며, 별 전체의 무늬와 구조는 3차원 패턴으로 구현되어 있다.

---

44) 린천창작, 이미지출처: <http://www.fxysw.com/thread-2709-1-27.html>, 자료검색일: 2021 04. 15.

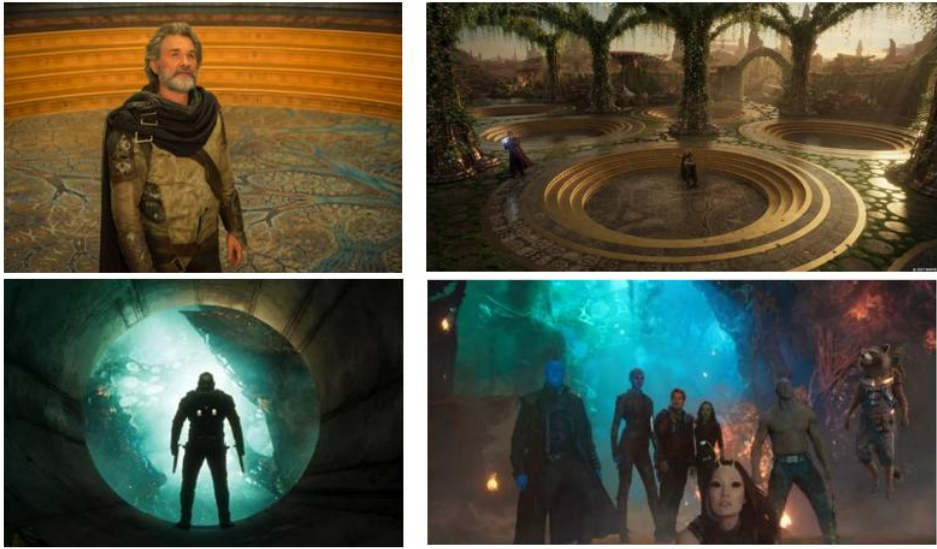


그림 3-7. <가디언즈 오브 갤럭시2> 중의 Ego 행성<sup>45)</sup>

디즈니와 마블이 협력해 2014년 개봉한 애니메이션 '초능력 해병대'는 프랙탈 소프트웨어를 이용하여 제작한 3D 만델브로트가 애니메이션 장면에서 응용한 <그림 3-8>의 판타지 세계, 이차원의 세계를 프랙탈로 표현하였다. 프랙탈 특징을 3차원 공간으로 확장하여 혼돈의 우주를 표현하였다.

45) 가디언즈오브갤럭시2중의Ego 행성, 이미지출처: [www.youtube.com/watch?v=tICyYlBp30w](http://www.youtube.com/watch?v=tICyYlBp30w), 자료검색일: 2021.04.15.



그림 3-8. 빅히어로 (Big Hero) 46)

### 3.2.3 무대미술 디자인

2013년 중국 춘완(설맞이 특별 공연) 최고의 아이디어 프로그램인 “전지공예”는 <그림 3-9>의 단편과 같이 대량의 무대미술 디자인은 프랙탈을 사용하였다. 프랙탈로 하여금 만화경처럼 생동감 있고, 기묘하고 다채로우며, 부분과 전체 사이의 조화는 관객들에게 강렬하고 전례 없는 시각적 충격을 주었으며 춤이 프랙탈을 만났을 때 더욱더 강렬한 시각적 효과를 보였다.

46) 빅히어로, 이미지 출처: [www.youtube.com/watch?v=oe0uW6eC6Pg](http://www.youtube.com/watch?v=oe0uW6eC6Pg), 자료검색일: 2021.04.25.





그림 3-9. 전지공예

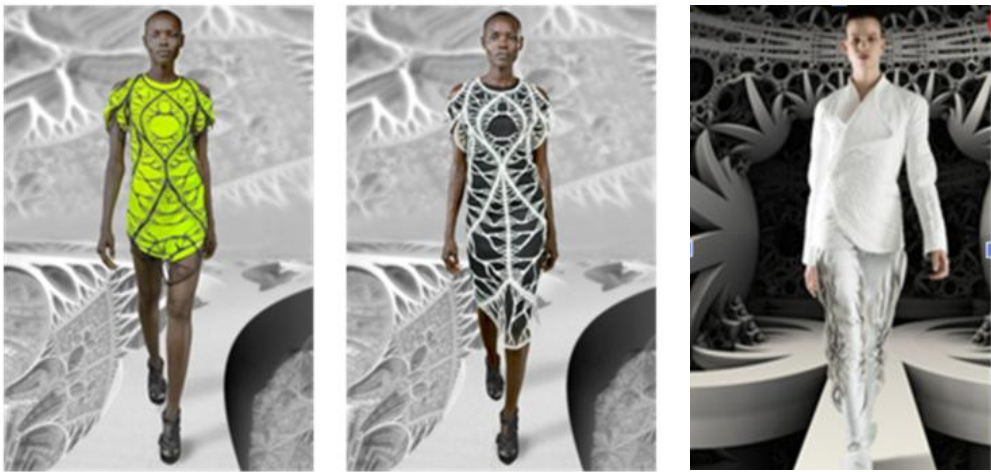


그림 3-10. 쓰리에즈포 2014 F/W 쓰리에즈포 2015 S/S

<그림3-10>은 쓰리에즈포(Threasfour)2014 가을/겨울, 2015 봄·여름 패션 고급 기성복 패션을 발표한 무대이다. 3차원 입체 프랙탈 패턴을 사용한 무대 매치가 관중에게 색다른 아름다움을 선사하며, 등장 모델의 프랙탈 패턴 의상과 조화를 이루어 미래의 공상과학적 느낌을 표현하였다.

### 3.2.4 건물과 경관

#### 1) 건물

많은 곳에서 매우 우수한 고전 건축물들을 볼 수 있는데, 그 조형 구조는 매우 복잡하고 눈이 어지럽지만 자세히 보면 프랙탈의 특성을 발견할 수 있다. 프랙탈은 고딕 양식 대성당 같은 <그림 3-11>, 고딕 아치, 정면도의 인상으로 입구와 창문, 리브 볼트 등에 나타나는 다양한 잣대와 디테일로서 자기 유사성의 구조를 보여주고 있다. 이로 인해 어느 각도에서 건축물을 바라봐도 모든 건축물은 매우 흡사하며 이와 같은 비슷한 건축물에서 반복되는 잣대의 단계 변화가 구현되고 바로 이러한 프랙탈의 표준 양식에서 이와 같은 위엄과 신비로운 느낌을 자아내기에 충분했다. 건축의 장식 디테일이 화려하고 정교하며, 구조 디자인 또한 프랙탈 활용을 잘 드러내고 있는데, 그 중 자기 유사성이 주는 자연미는 그 안에 있는 사람들을 자연에 가깝게 하고 당시 종교가 가지고 있던 인문정신 특징과 부합한다.



그림 3-11. 고딕양식의 대성당

과학 기술의 발전에 따라, 많은 건축들은 복잡성 과학과 프랙탈 기하학을 이용하여 건축의 새로운 형태를 창조하려고 시도하였고, 공간 속의 프랙탈 기

하학 특징을 나타냈다. 예를 들면 <그림3-12> 네덜란드의 은공원 부두의 청사는 이 청사가 위치한 자리가 좁은 땅으로 청사와 네덜란드 운하 가옥이 나란히 배치되어 있는데, 이러한 치밀하고 엄격한 배치 속에서 건축물의 지위를 알 수 있는 유일한 요소는 정면도이다. 그 정면도를 덮고 있는 분점 형태의 콘크리트 부재는 하나의 거대 분점 구조를 상징한다. 또한 거대 분점은 프랙탈 알고리즘으로 자기 유사성 유형 패턴을 만드는 데서 유래하여 가지와 비슷한 요소들로 하여금 디자인 형태가 매우 아름다우며 마치 한 폭의 그림과 건축물 전체가 완벽한 조화를 이루도록 하였다. 또한 건축물 외벽 벽면을 하나의 장식 구조로 만들어 관람객들이 다양한 각도에서 바라볼 수 있도록 하여 외부의 시선을 가릴 수 있을 뿐만 아니라 내부 기능에도 뛰어난 시각적 효과를 달성하였다.

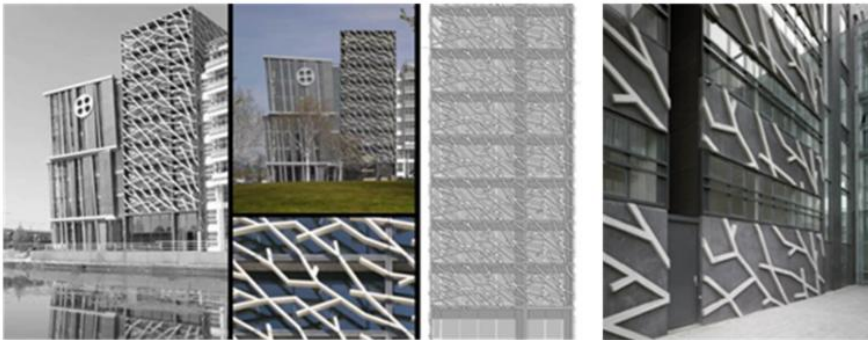


그림 3-12. 네덜란드, 은공원부두의 청사 프랙탈 외벽<sup>47)</sup>

## 2) 경관

탁월한 프랙탈 권위자 김미경(Mikyong Kim)<sup>48)</sup>, 그의 디자인에는 프랙탈 기하학을 응용한 예가 많은데, 프랙탈 기하학을 새로운 디자인 형식으로 하여

47) 네덜란드, 은공원부두의청사, 프랙탈외벽, 이미지출처: [blog.sina.com.cn/s/blog\\_5d3bfd340102dve6.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_5d3bfd340102dve6.html), 자료검색일: 2021.04.28.

48) 김미경, [https://en.wikipedia.org/wiki/Mikyong\\_Kim](https://en.wikipedia.org/wiki/Mikyong_Kim), 자료검색일: 2021.04.28.



형식 미학을 구현하고, 프랙탈 예술 중의 아름답고 풍부한 패턴을 각종 레이아웃에 응용할 수 있다. 프랙탈 예술 중의 아름답고 풍부한 패턴은 각종 배치에 응용할 수 있다. 예를 들면 <그림3-13> 자유 지역, 녹지의 분포 및 크기의 구조 디자인에 관해 충분히 프랙탈의 특징을 보여주고, 자기 유사성, 비선형, 무작위성이 자연의 불규칙을 표현함과 동시에 창조적인 기능을 돕는다.<sup>49)</sup>



그림 3-13. 김미경 작품<sup>50)</sup>

프랙탈 패턴은 경관 디자인의 특이한 창의성 부분으로, 미관 성을 갖추고 있을 뿐만 아니라 동시에 기능성을 가지고 있어 설계자에게 자연에 대한 복잡한 이해를 표현할 수 있다.<sup>51)</sup> 프랙탈 기하학은 디자인에 더 나은 수학 묘사를 위해 출현한 것으로, 자연 형식과 시스템을 설명하는데 강력한 도구를 제공한다.

49) Recep Efe, 「Environmental Sustainability and Landscape Management」, St. Kliment Ohridski University Press, 2012, p.204.

50) Recep Efe, Qp.cit, p.204.

51) Perry, S, 「The unfinished landscape fractal geometry and the aesthetics of ecological design, Queensland University of Technology PhD Thesis, 2012.

### 3.2.5 패션디자인

#### 1) 의상

프랙탈 패턴이 의상디자인에 융합하는 연구는 현재 국제적으로 많은 디자이너, 연구자들이 이 방면의 연구와 실천을 진행하였다. 매년 국제 패션쇼에서 많은 유명 브랜드들이 전시장에서 프랙탈 패턴이 의상디자인에 사용하는 사례를 볼 수 있으며, 프랙탈 패턴에 대한 색채의 아이디어를 주제 요소로 삼아 사람들에게 미래의 신비로운 패션 감각을 느끼게 하였다.

미국 뉴욕에서 1998년 설립된 쓰리에즈포 브랜드는 새로운 요소들을 발굴하고 적용하는 독특한 디자인이다. 패션을 주요 매개체로 하며, 앞선 기술과 전통 수공예의 융합을 통해 기하학에서 미학을 흡수하고 창조적 탐색에 힘쓰고 있으며 간단한 규칙과 반복을 통해, 서로 다른 표현으로 디자인 속에서 아름다운 패턴을 만들어낸다. <그림3-14>는 쓰리에즈포 2021년 봄여름에 발표된 테크놀로지와 신비로움의 시리즈로, 프랙탈 패턴이 축소, 중복의 조화 속에서 생성된다. 바소&브룩 (Basso&Brooke)브랜드는 2004년 영국 런던에서 설립되었으며, 다량의 기하학적 패턴과 선명한 색상으로 드라마틱한 효과와 재미를 충분히 동시에 느낄 수 있는 <그림 3-15>2014 가을/겨울 시리즈 기성복과 같이 대담하고 신예적인 프랙탈 프린트에 과장, 재구성, 화려한 색상을 배합하여 컬러, 패턴 형상에 충돌하는 강렬한 비주얼로 과장, 히피, 미래 테크놀로지를 표현한다. <그림3-16> 쓰리에즈포 시마스코프(Threearfour Cymascope) PF18' 시리즈는 중첩과 반복적인 형성원리에 의해 조직적으로 프랙탈 패턴을 의상 각 방향에 배치한다. 클로브 협곡(Clove Canyon)브랜드는 2012년 미국에서 설립되었는데, 예를 들면 <그림3-17>2014 가을 겨울 고급 기성복은 충돌하는 듯한 시각적 충격에 프랙탈 패턴과 전통적인 스트라이프를 조화시켜 조화에 가까운 시각적 효과를 나타내었다.



그림 3-14. 쓰리에즈포 2021 S/S<sup>52)</sup>



그림 3-15. 바소&브룩 2014<sup>53)</sup>



그림 3-16. 쓰리에즈포 시마스코프 PF18<sup>54)</sup>



그림 3-17. 클로브 협곡 2014<sup>55)</sup>

52) [www.sohu.com/na/425636292\\_120895725](http://www.sohu.com/na/425636292_120895725), 자료검색일:2021.04.15.

53) [www.vogue.co.uk/shows/autumn-winter-2014-menswear/basso-brooke-studio](http://www.vogue.co.uk/shows/autumn-winter-2014-menswear/basso-brooke-studio), 자료검색일:2021.04.15.

54) [www.sohu.com/a/353513559\\_100085095](http://www.sohu.com/a/353513559_100085095), 자료검색일:2021.04.20.

55) [shows.vogue.com.cn/Clover-Canyon/2014-aw-RTW/home/#6](http://shows.vogue.com.cn/Clover-Canyon/2014-aw-RTW/home/#6), 자료검색일:2021.04.23.



그림 3-18. 쓰리에즈포 2012 F/W<sup>56)</sup>

쓰리에즈포 2012 가을/겨울 기성복 발표 <그림3-18>은 피혁을 레이저로 조각하여 나선형과 회전형 프랙탈 형상으로 자르고 원피스 표면에 레이어드하여 의상 패턴의 3차원 입체감을 더해 공간감을 표현하였다.

## 2) 액세서리

프랙탈 예술을 액세서리에 적용한 가장 대표적인 사례 중 하나가 바로 줄리아 집합 목걸이로 <그림3-19>와 같다. 부쉐론(Boucheron)이 유명 주얼리 디자이너 마크 뉴슨(Marc Newson)과 협업하여 선보인 프랙탈 기하학적인 주얼리이다. 마크 뉴슨은 자연을 숭배하고, 패션을 숭배하면서도 동시에 과학기술을 숭배하는 사람이다. 이 목걸이는 2000개의 다이아몬드와 사파이어로, 프랙탈 기하학의 아버지 가스통 쥘리아의 가장 대표적인 수리적 발견으로 “줄리아 집합의 프랙탈 구조”에서 영감을 받아, 2개월 넘게 소요되어 제작되었다.

대체로 깨진 듯한 기하학적 형태이지만 자세히 보면 불규칙한 프랙탈 수리 배열로, 꽃 모양의 깊이가 점점 가까워지는 다른 색상의 사파이어가 줄리아 전

56) [shows.vogue.com.cn/2012-aw-RTW/Threeasfour/#photo=338236](http://shows.vogue.com.cn/2012-aw-RTW/Threeasfour/#photo=338236), 자료검색일: 2020.05.01

체 형태의 공간적 차원을 표현하여 각각의 크기가 다른 고전 줄리아 집합을 정교하고 세밀하게 배열한 프랙탈 구조로 소용돌이 모양으로 분포하여 서로 엮여 시각적으로 입체감 있는 형태를 연출하였다. 이런 프랙탈 패턴 형식으로 디자인한 주얼리는 전혀 없는 더없이 아름다운 효과를 표현하였다.



그림 3-19. 줄리아 집합 다이아몬드 목걸이<sup>57)</sup>

영국 보석상 데이빗 모리슨(David Morris)<sup>58)</sup>가 2020년 출시한 프리미엄 주얼리 시리즈 전기 기하(Electric Geometric)은 자연계의 기하학적 요소를 주제로 한 주얼리 악세사리를 디자인하였으며, 자연계의 프랙탈 구조의 요소를 주얼리 디자인에 녹여 사용하였으며, 불규칙한 반복 요소, 반복 확장, 중첩, 자기 유사성은 대자연이 가지고 있는 프랙탈 아름다움을 그대로 표현하였다. 그 중 프랙탈 로즈(Fractal Rose)의 백금 브로치 <그림3-20>, 메인 스톤을 베개 모양으로 절단한 5.01 ct 다이아몬드로 세팅하였고 물방울 커팅 파우더와 큐빅으로 포인트를 주어 대자연의 꽃송이를 모방한 레이어드한 형상으로 꽃잎 하나하나가 불규칙한 형태로 표현하였다. 자기 유사성 중복 구조로 마치 자잘한 기하학적 형

57) [style.sina.com.cn/fas/jewelry/2012-06-09/091997570.shtml](http://style.sina.com.cn/fas/jewelry/2012-06-09/091997570.shtml), 자료검색일: 2020.05.01.  
 58) [en.wikipedia.org/wiki/David\\_Morris\\_\(jeweller\)](http://en.wikipedia.org/wiki/David_Morris_(jeweller)), 자료검색일: 2020.05.01.

상을 이루고 있지만 실제로는 규칙적인 수리배열이다.



그림 3-20. 프랙탈 로즈 백금 브로찌<sup>59)</sup>

상기 사례를 통해 밝힌 바에 따르면, 프랙탈 패턴의 활용은 특히 예술 디자인 분야에서 완전히 새로운 수학적 방법론의 디자인 방법으로 풍부한 창조성, 적용성, 참신성을 보여주며, 독특한 예술적 매력을 지니고 있다. 또한 응용 가치가 매우 강하며, 거대한 발전 잠재력을 가지고 있으며, 현재 국제적으로 프랙탈을 응용하여 설계를 진행하는 사례가 매우 광범위하지만, 현재까지 국내에는 아직 이러한 방법이 연구와 디자인에 구현되고 있지 않으며 특히 텍스타일 무늬에 대한 디자인과 개발에 활용되고 있다. 본 연구는 일정한 사고와 이론 지원을 제공하기 위해, 디자이너가 텍스타일 무늬의 복잡한 패턴의 창작을 해결하기 위해 좋은 방법을 제공하여 텍스타일 무늬 디자인의 시야를 넓힐 수 있도록 도울 것이다.

---

59) 백금브로찌, 이미지출처: [lux.cngold.org/c/2020-02-10/c6847083.html](http://lux.cngold.org/c/2020-02-10/c6847083.html), 자료검색일 : 2021.05.01.



## 제4장 프랙탈 패턴 디자인

프랙탈 패턴 디자인은 비선형 프랙탈 수학 이론을 이용한 생성과정으로 일반적으로 수작업으로 그린다거나 일반적인 컴퓨터 소프트웨어 제도가 아니다. 수작업 제도와 컴퓨터 제도는 주로 설계자의 미술기초, 제도기교, 심미, 구상 및 컴퓨터 제도 도구에 대한 조작 기술 등에 의해 결정되며, 프랙탈 패턴 디자인은 프랙탈의 수리적 사고를 지도상 프랙탈 패턴의 다른 생성 알고리즘을 선택하여 컴퓨터 소프트웨어를 도구로 한다. 프랙탈 이론 중 프랙탈의 특징과 프랙탈 형성 원리를 파악하여 진행하는 예술창작으로 만일 아름다운 프랙탈 작품을 창작하려면 일정한 수학적 지식이 있어야 하고, 프랙탈 알고리즘 이론, 관련 공식, 함수의 기능 및 특징을 이해해야 한다. 동시에 도형의 색채와 조형, 구조에 관한 미학을 연구해야 하는 일종의 융합예술 디자인이다.

하라 켄야(Hara Kenya)는 「디자인의 디자인」에서 “우리는 컴퓨터를 거칠게만 사용하지 말고 어떻게 하면 디지털로 구축된 새로운 소재로 이성적인 세계를 개척할 수 있을지 심혈을 기울여 심사숙고해야 한다.”<sup>60)</sup>고 말했다.

프랙탈 패턴 생성 방법은 아주 많으며 생성된 패턴은 여러 가지 다른 특징이 있다. 이 절에서는 몇 가지 흔한 프랙탈 패턴 생성 방법인 반복 함수 시스템 알고리즘(IFS), 탈출 시간 알고리즘, L 시스템의 프랙탈 패턴 생성 방법 및 주요 생성 도구와 조작 변환을 체계적으로 연구하였다. 또한 이러한 방법들의 장단점 및 적용 상황을 분석하여 변수와 알고리즘의 논리성과 조정 가능성을 통해 패턴 형성의 내재된 규칙을 탐색할 것이다.

### 제1절 프랙탈 패턴 생성 알고리즘 및 주요 생성 도구

프랙탈은 규모 불변성, 분수치수, 자기 유사성, 불규칙성 등의 특성을 가지고 있어서, 프랙탈 패턴을 전통적인 정수 기하 차원으로 묘사할 수 없게 결정

60) 原研哉, 「设计中的设计」, 山东人民出版社, 2010, p. 108.

한다. 다만 구조분석을 통해 복잡 불규칙한 형태에 대해 수리적 사고에 따라 묘사한다.

### 4.1.1 IFS(Iterated Function System)시스템 알고리즘

프랙탈의 자기 유사성 특징은 어느 한 부분도 전체의 기본적 특징을 표현할 수 있고, 그것을 확대하거나 축소할 수 있다는 것을 보여주며, 그것의 형태, 복잡 정도, 불규칙 등 여러 특징은 변화가 생길 수 없을 것이다. 이러한 자기 유사성 프랙탈을 반복이라고 일컬어지는데, 반복을 통해 무한히 정교한 자기 유사성 구조를 생성할 수 있는 “탑”과 같은 건축물 형태에서 일종의 공간적 반복 관계를 표현한다.

수학에서 반복은 여러 번 반복되는 것을 의미하는데, 프랙탈 패턴과 수학의 반복 알고리즘은 서로 일치하며 반복은 중복 구조, 유니트에 관련되어 좋은 프랙탈 패턴을 표현한다.

IFS의 반복 함수 시스템(Iterated Function System 약칭 IFS)은 미국 조지아 공과대학의 미첼 반스리(Micheal Barnsley) 교수가 제기하길, 그 알고리즘 사상은 생성된 이미지를 많은 아핀 변화(affine transformation)를 거쳐 전체와 비슷한 부분적으로 붙여 만든 것으로 본다. 반복 알고리즘은 일련의 연산 단계를 반복적으로 실행하여 앞의 결과에 따라 차례로 뒤의 결과를 구하는 과정이다. 프랙탈 패턴은 간단한 공식, 규칙에 따라, 반복 생성되는 무한정 미세하고 복잡한 구조로, 그 프랙탈 패턴이 생기는 과정은 간단한 구도로 시작하여 일련의 반복 되풀이로 완성되며 기본적으로 하나의 값을 프랙탈을 만드는 함수에 넣어 계산한다. 일단 완성되면 컴퓨터는 그 결과를 다시 원시 방정식으로 되돌려 놓고 그런 후에 다시 함수를 계산하게 되고 이 연속적으로 넣은 결과와 다시 실행하는 함수를 반복 방정식이라고 하는데, 이것은 프랙탈 패턴의 자기 유사성을 발생시킨다. 비록 프랙탈 패턴은 천변만화, 천차만별, 그리고 변화 결과를 정확하게 예측할 수 없게 된다. 하지만 그 형성된 패턴의 풍격은 어느 특정 범위 내에서 어느 정도 비교적 안정을 유지함으로써 패턴의 무궁한 변화의 예측



불가능성과 패턴 풍격의 상대적 안정성을 변증법적으로 통일한다.

수학적 함수로 반복 표시: 함수  $f(x), f(1)(x) = f(x), f(2)(x) = f(f(1)(x)), \dots, f(n)(x) = f(f(n-1)(x))$ , 이 중  $n \geq 2, n \in N^*, f(n)(x)$  를 함수  $f(x)$  n 차 반복 이 라고 일컫는다. 만약 함수  $f(x)$ 를 하나의 프랙탈이라고 생각하면, 프랙탈의 반복 을 실현할 수 있다. 하나의 프랙탈이 일정한 규칙에 의해 다른 프랙탈을 생성할 때, 반복의 방식으로 무한한 복제를 할 수 있고, 이 층수를 무한히 깊이 파고들어 더욱 복잡한 프랙탈을 생성할 수도 있다. 반복과정에서도 상응하는 아핀 변환을 하여 불규칙성을 실현한다.

아핀 변환(Affine Transformation)이란 공간 직각 좌표계의 변환을 말하는데, 이것은 선형 변환으로 <그림4-1>과 같이 비교적 많이 사용되는 동작으로 평행이동(Translation), 스케일링(Scale), 회전(Rotation)과 절단(Shear), 투시(Perspective), 수평 뒤집기(horizontal flip), 수직으로 뒤집기(Flip vertically) 등이 있다.

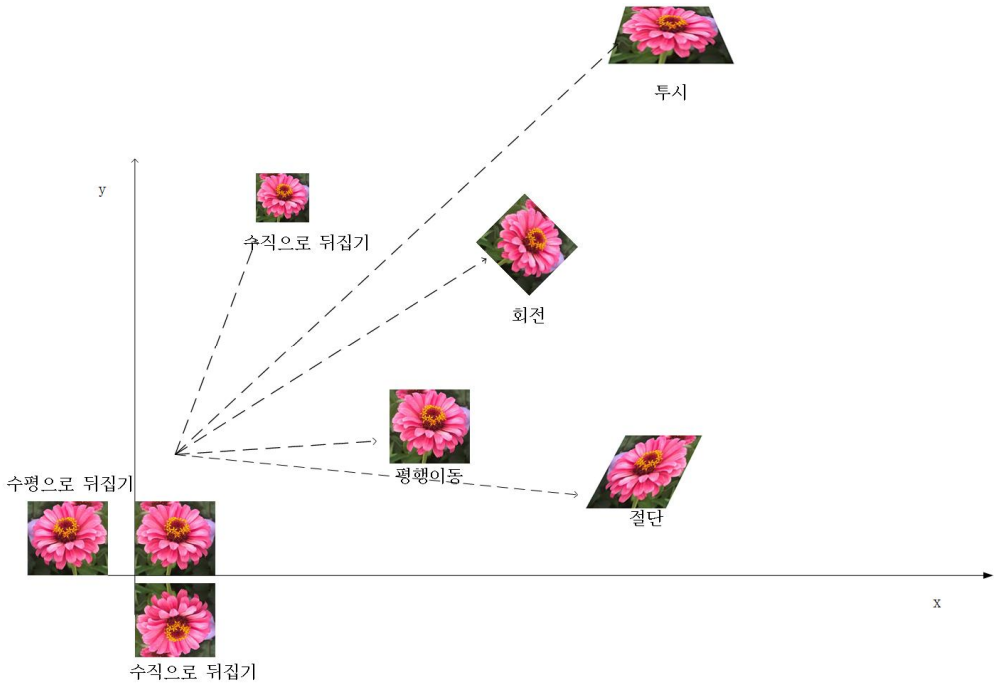


그림 4-1. 아핀 변환 다이어그램

아핀 변환에 대해 수학 공식으로 나타내면,

$$w: \begin{cases} x' = ax + by + e \\ y' = cx + dy + f \end{cases} \quad \text{변환은 만족이 요구된다} \quad w \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \pm \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix}$$

그 중이  $w$ 는 아핀 변환,  $a, b, c, d, e, f$ 는 아핀 변환 계수,  $x, y$ 는 변환 전 도형 좌표값,  $x', y'$ 는 변환 후 국소 도형 좌표값으로,  $a, b, c, d$ 는 크기 조정, 회전, 사절,  $e, f$ 는 평행 이동 조작을 나타낸다. 이들은 아핀 변환을 완전히 확인할 수 있다. 생성 유닛을 정의하고 약간의 아핀 변환을 선택하여 국부로 형태를 변환할 수 있다. 반복 되풀이 과정을 거쳐 만족스러운 패턴을 얻을 수 있고 아핀 변환마다 하나의 확률  $P$ 를 조절할 수 있다. 만일  $N$ 개의 아핀 변환이 있다면, 그러면  $\sum_{i=1}^{i=N} p_i = 1$ , 수식 삽입 이렇게 하면 확률을 가진 IFS코드를 얻을 수 있다. 확률이 큰 아핀 변환의 주파수는 높고, 변환의 횟수는 많고, 점은 비교적 밀집되어 있어 확률이 작은 것은 변환의 주파수는 낮고, 변환의 횟수는 적으며, 점들은 비교적 분산되어 있어 주관적으로 조정하여 패턴의 변화를 관찰할 수 있다. 따라서, 프랙탈 패턴 구조는 IFS코드에 있는 아핀 변환족  $\{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ 에 의해 제어되며, 즉, 그 중  $6 \cdot N$ 개의 매개 변수가 도형의 구조와 모양을 결정하는데<sup>61)</sup> IFS 코드에 있는 확률 집합  $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ 은 도형의 부분별 확률을 확인한다. 그리고 아핀 변환을 무작위 반복 중 제어하여 이미지의 각 부분으로 떨어질 확률을 조정하면 일반적인  $P_i$  추출값은 이미지의 면적에 비례한다. 이것은 패턴을 그리는 중요한 정보이기도 하다. 6개의 아핀 변환 계수( $a, b, c, d, e, f$ )와 하나의 확률  $P$ 는 IFS 코드를 구성한다. IFS 코드만으로 다양한 형태의 도형을 묘사할 수 있으며 이는 복잡한 이미지를 적은 데이터로도 묘사할 수 있다는 것을 의미한다. 예를 들어 <그림4-2> 시어핀스키시 삼각형의 생성 유닛, 세 개의 아핀 변환을 통해 삼각형이 생성되며, 그에 맞는 IFS 코드 계산 과정은 다음과 같다.

$$\text{아핀 변환에 따르면 } w = \begin{cases} x' = ax + by + e \\ y' = cx + dy + f \end{cases}, \text{ 즉 3개의 아핀 변환 방정식이다.}$$

61) DongL, ZhangY. 「Wavelet analysis method to eharacterize multi fraetal engineering surfaee」, Surfaee Teehnology, 2004, 66(3): pp.59-60.

$$w1 = \begin{cases} x' = 0.5x + 0y + 0 \\ y' = 0x + 0.5y + 0 \end{cases} \quad
 w2 = \begin{cases} x' = 0.5x + 0y + 0.5 \\ y' = 0x + 0.5y + 0 \end{cases} \quad
 w3 = \begin{cases} x' = 0.5x + 0y + 0.25 \\ y' = 0x + 0.5y + 0.5 \end{cases}$$

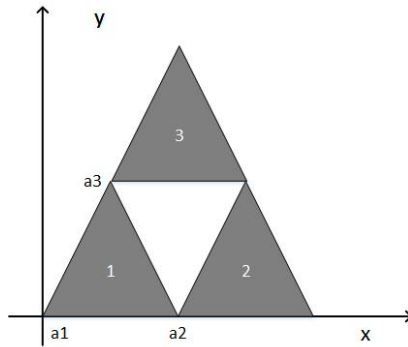


그림 4-2. 시어핀스키시 삼각형 생성 장치

인간의 의지와 욕구가 무엇이든, 자연의 형태는 자아 형성을 통해 이성으로 만들어지지만 다른 모든 것들과 분리되어 고립된 것은 아니다. 자연의 현상과 물질은 항상 다른 사물과 상호작용하고 있다. 또한, 자연의 사물은 고정된 형태를 유지하지 않고 끊임없이 변화하고 움직인다. 이것은 생물학뿐만 아니라 자연의 일반적인 원리이기도 하다. 또한, 자연은 모든 예술의 원천이며, 따라서 자연적인 형태를 바탕으로 만들어진 예술은 또 다른 자연이라고 할 수 있다.

표 4-1. 시어핀스키시 삼각형의 IFS 코드

w	a	b	c	d	e	f	p
1	0.5	0	0	0.5	0	0	0.333
2	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0.333
3	0.5	0	0	0.5	0.25	0.5	0.333

〈표 4-1〉 시어핀스키시 삼각형의 IFS코드를 얻었는데, 그 중 세 개의 삼각형 면적이 같기에  $w_1, w_2, w_3$ 는 확률에서 나와 모두 동일하게 통일되어 있고

$\sum_{i=1}^{i=n} p_i = 1$ 이라고 보장한다. 반복을 통해 기본 시어핀스키시 삼각형을 생성할 수 있는데, IFS 이론에서 아핀 변환 함수를 바꾸거나 IFS 코드에 있는 임의의 어느 하나의 매개 변수도 생성된 이미지의 외형을 바꿀 수 있으며, 〈그림4-3〉 과〈그림4-4〉에 같이 다른 형태의 시어핀스키시 삼각형을 생성할 수 있다. 각각 다른 값을 매기고, 이 값에 따라 생성된 IFS 이미지를 비교 분석하여 생성된 이미지와의 관계를 알아낼 수 있으며, 변환 삼각의 수, 모양, 좌표 값을 제어함으로써 패턴 양식을 변화시킬 수 있다.

a, b가 바뀔 때, 도형은 x 방향에서 가로로 끌어올리거나 단축되고, c, d가 바뀔 때, y 방향에서 세로로 끌어올리거나 단축되고, e가 바뀔 때, x축에서 도형이 위로 이동하고, f가 바뀌면 y축에서 도형이 위로 이동한다. 이러한 성질을 통해 그림을 그릴 때 빈 공간이 생기면, e,f를 약간 조정할 수 있다. 이와 같은 방법으로 그려낸 프랙탈 패턴은 수정이 필요한 작업량이 비교적 적다.

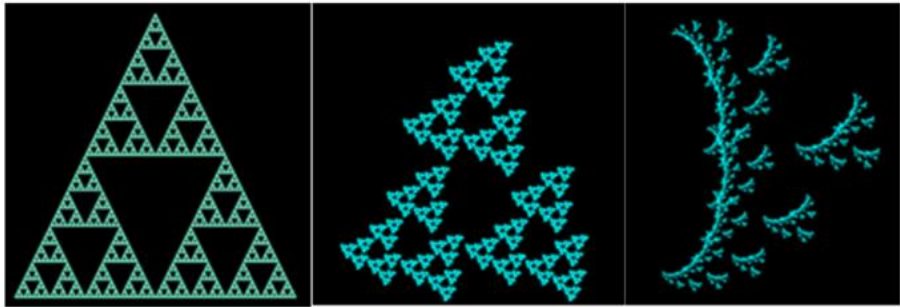
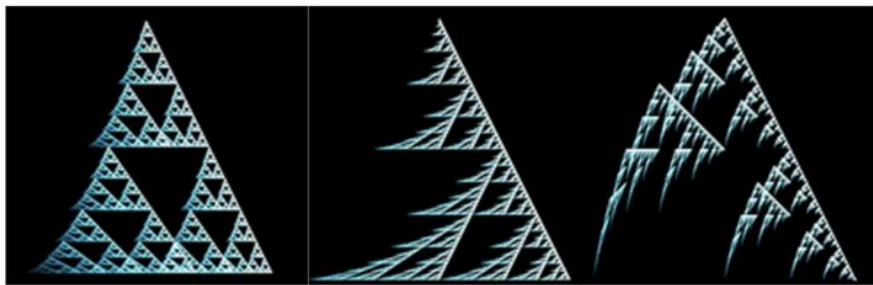


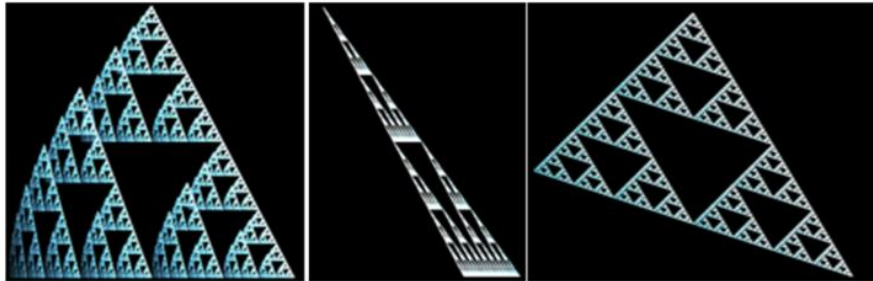
그림 4-3. 시어핀스키시 함수조정 형태변화



a=0.7

b=0.7

c=0.5



d=0.7

e=0.6

f=0.1

그림 4-4. 시어핀스키시 IFS 매개 변수 형태변화

이미지를 생성하는 과정의 아핀 변환은 IFS 코드를 조정하는 것 외에 프랙탈 패턴을 생성하는 과정에서도 생기는데 다음과 같은 조건을 설정할 수 있다. 패턴의 생성은 간단한 구도로 시작하므로, 즉 우리가 생성 유닛을 만들려고 하는 것이다. 그다음 일련의 아핀 변환을 여러 차례 반복적으로 조작을 거쳐 얻은 패턴을 프랙탈 패턴이라고 하며, 그 반복과정은 다음과 같다.

$E_0$ 을 시작하기 위하여 도형을 생성 유닛이라고도 하며, 총  $w_1, w_2, \dots, w_n$ 개의 아핀 변환이  $E_0$ 에 동시에 작용하여  $w_1(E_0), w_2(E_0), \dots, w_n(E_0)$ 을 조각규칙이라고 하며, 이러한 일련의 변화를 거쳐 도형이  $E_1$ 을 반복이라고 하는 프랙탈 패턴으로 변경되어 수학적으로 다음과 같이 나타낸다.

$E_1 = w(E_0) = w_1(E_0) \cup w_2(E_0) \cup w_3(E_0) \cup \dots \cup w_n(E_0)$  첫 번째 반복, 다음 반복에서는  $E_1$ 이 이미지로 입력되고, 다시  $w_1(E_1), w_2(E_1), \dots, w_n(E_1)$  일련의 변환으로 얻은  $E_2$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$E_2 = w(E_1) = w_1(E_1) \cup w_2(E_1) \cup w_3(E_1) \cup \dots \cup w_n(E_1) \text{ 두 번째 반복}$$

.....

이와 같은 반복으로 얻어지며 매번 반복의 관계는 다음과 같이 표시된다.

$$E_{k+1} = w(E_k) = w_1(E_k) \cup w_2(E_k) \cup w_3(E_k) \cup \dots \cup w_n(E_k), k = 0, 1, 2, \dots$$

조건이 충족될 때까지  $E_{k+1} = K(E^\infty) = A$  반복되어 A에 수렴<sup>62)</sup>되고, A는 하나의 수로, <그림4-5>와 같이 흡인자(attractor)로 칭한다. 매번 반복 되풀이하는 과정에서, 동시에 또 약간의 함수 아핀 변환을 진행하여, 도형은 자신의 유사성 외에 아핀 변환성, 불규칙성, 무작위성 등의 표현 형식을 갖추게 되었다. 반복 함수 시스템 IFS 알고리즘은 생성될 이미지를 수많은 아핀 변환과 전체와 유사한 작은 이미지를 붙여 된 것으로 보고, 확실성과 무작위성을 결합시킨다. 확실성은 반복 규칙이 확정적으로 그것들은 아핀 변환( $w_1, w_2, \dots, w_n$ )으로 이루어져 있다. 무작위적인 반복 과정은 확정적이지 않아 매 반복마다 어떤 규칙을 사용하느냐, 즉  $w_n$  중 구체적으로 어떤 것이 정해진 것이 아니라 무작위적으로 끊임없이 반복하여 마지막으로 프랙탈 패턴을 형성하며 흐름도는 <그림 4-5>와 같다.

62)수렴(Attractor): zh.wikipedia.org/wiki/%E5%90%B8%E5%BC%95%E5%AD%90, 자료검색일: 2021.05.01.

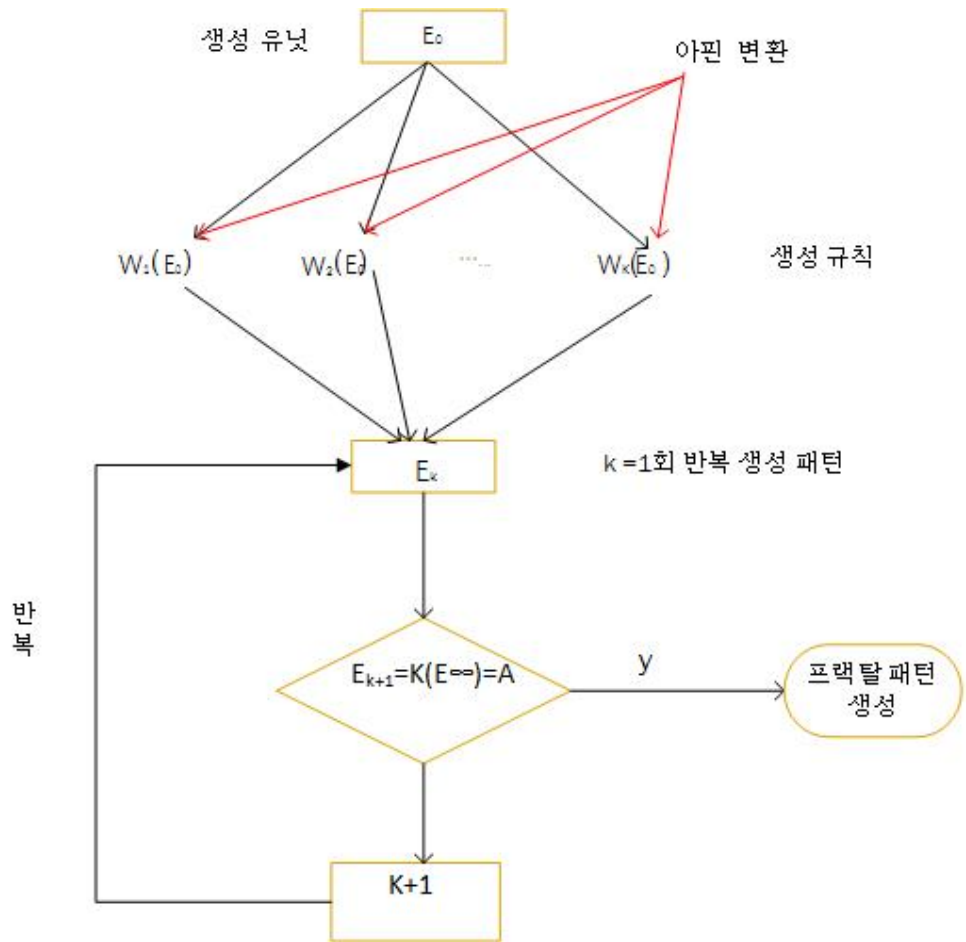


그림 4-5. IFS 생성알고리즘 흐름도

이상의 분석을 통해 수학적 아핀 변환이나 IFS 코드와 반복을 통해 프랙탈 패턴을 생성한다. 예를 들면 <그림4-6>과 같은 수학적 방법으로 프랙탈의 형성 원리를 실현한다.

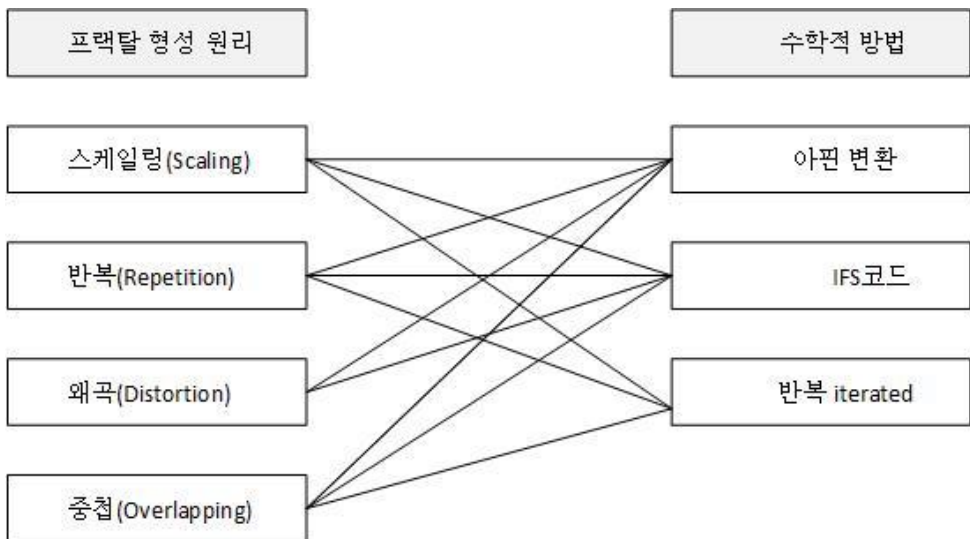


그림 4-6. 프랙탈 형성 원리와 수학적 방법의 대응관계



현재 반복 함수 생성 알고리즘 이론에 의해 개발된 프랙탈 생성 소프트웨어로는 Apophysis가 있다. Incendia, Jwildfire, Mandlbulb 3d 등의 소프트웨어로, 이 소프트웨어들은 자체적인 수학 함수 플러그인 외에도 자신의 필요에 따라 함수 플러그인 보조 디자인을 개선하여 다양한 형태를 다채롭고 화려하게 창조할 수 있다. 이러한 다양한 프랙탈 기하학적 패턴 형태들은 강렬한 시각적 충격을 가지고 있으며, 본 논문에서는 사용 빈도가 높은 Apophysis 버전 7X를 선택하여 연구를 진행한다. <그림4-7>은 크랭크인 경계면으로, Apophysis 프로그램에서 방사 삼각형을 조작하여 직접 편집 변환하는 편집기 <그림4-8>을 실행할 수 있다. 플러그인 함수를 선택하여 아핀 변환을 할 수 있고, 색깔과 위치를 조정할 수 있는 창 <그림4-9>을 실행할 수 있으며, Scripter Studio 스크립트 라이브러리를 사용할 수 있다. 또한 스크립트로 생성된 패턴<그림4-10> 등을 만들 수 있고, IFS 방법을 이용하여 많은 결정체 프랙탈과 비결정체 프랙탈을 시뮬레이션할 수 있다. Apophysis에서는 구체적 아핀 변환에 대해 그림을 생성하는 과정에서 IFS코드를 이용하여 <그림4-11>을 직접 변형할 수도 있고 <그림4-8> 편집창을 통해 직접 프랙탈형성 원리에 따라 아핀 변환 삼각형을 직접 조작하면 변형 효과를 볼 수 있다.

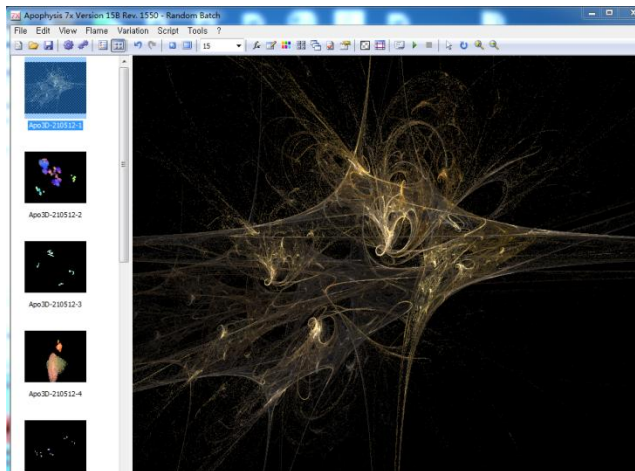


그림 4-7. Apophysis 7X 주경계면

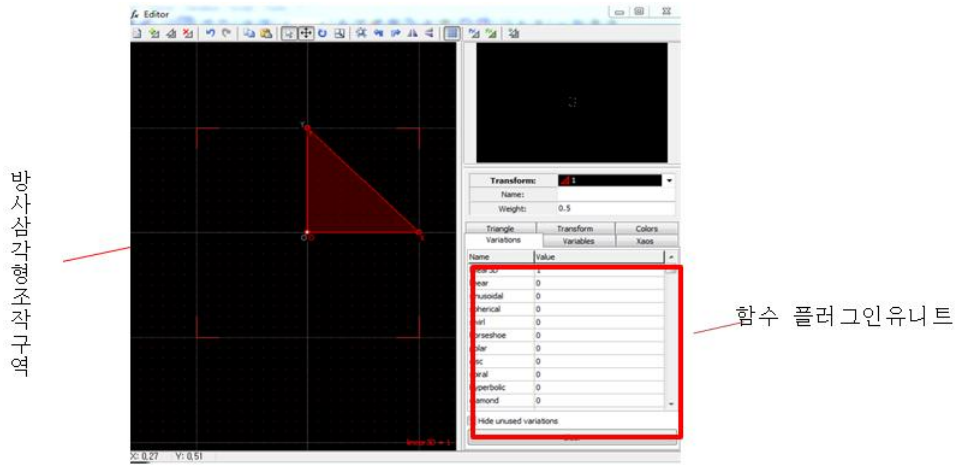


그림 4-8. 편집창

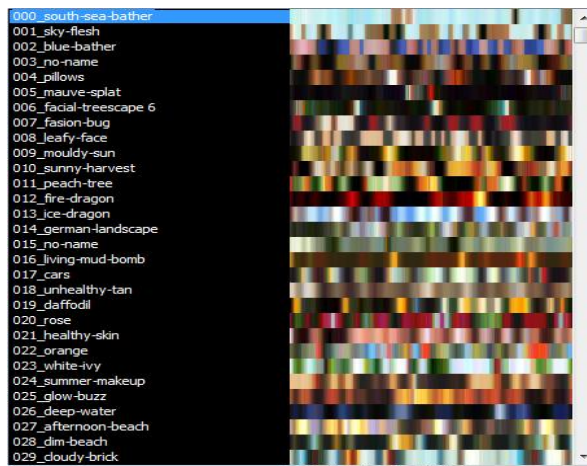


그림 4-9. 색채조절



그림 4-10. 스크립트 편집창

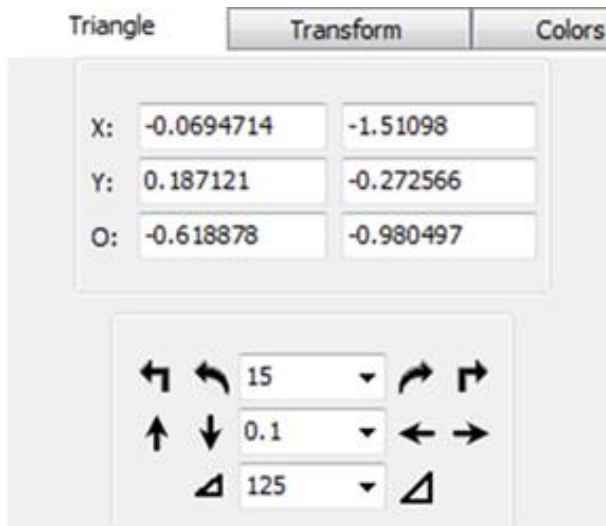


그림 4-11. IFS코드 조절

## 4.1.2 탈출시간 알고리즘

탈출 시간 알고리즘도 반복 사상 기반이지만 IFS 반복 알고리즘과 다른 점은 IFS 반복 알고리즘은 유닛 모양에 따른 반복 기반이며, 탈출 시간 알고리즘은 화소 점의 반복 기반이다. 복소평면 구역을 경계가 있는 구역과 경계가 없는 구역으로 나누는데, 그중 어떤 점은 아무리 반복해도 일정한 범위를 벗어나지 못하는데, 이를 수렴 구역이라고 부르고, 다른 점들은 여러 번 심지어는 무진장 여러 번 반복을 거쳐야만 비로소 끝없이 먼 곳으로 탈출하는 것을 탈출 구역이라고 한다. 그 원점까지의 거리가 특정 값(즉, 탈출 여부)보다 큰지를 판단한다. 반복 횟수가 다른 탈출 전에 다른 색상을 사용하여 착색하면 색채가 화려한 패턴을 얻을 수 있다. 만약 충분히 큰 정수  $N$ 이 있다면, 만약 미탈출 구역  $M$ 의 초기점  $a$ 가  $N$ 차 반복보다 작게 미탈출 구역  $M$ 의 경계까지 도달하고, 심지어 경계선까지 넘었다고 생각하면, 점  $a$ 가 빠져나갔다고 여긴다. 만약  $N$ 차 반복을 거친 후에도  $a$ 의 궤적이  $M$ 의 경계에 도달하지 않는다면, 우리는  $a$ 는  $A$  위의 점이라고 여긴다. 이러한 방법으로  $A$ 의 경계 패턴을 그리는 것이 바로 <그림4-12>과 같은 탈출시간 알고리즘의 기본 개념이다. 탈출시간 알고리즘을 이용하여 생성된 고전적인 도형에는 만델브로트 집합 <그림4-13>과 줄리아 집합 <그림4-14>가 있다. 이 중 만델브로트 집합 도형의 경계는 무한히 복잡하고 세밀한 구조로 되어 있어 만약 컴퓨터의 정밀도가 제한되지 않는다면 경계를 무한대로 확대할 수 있다.

탈출구M'

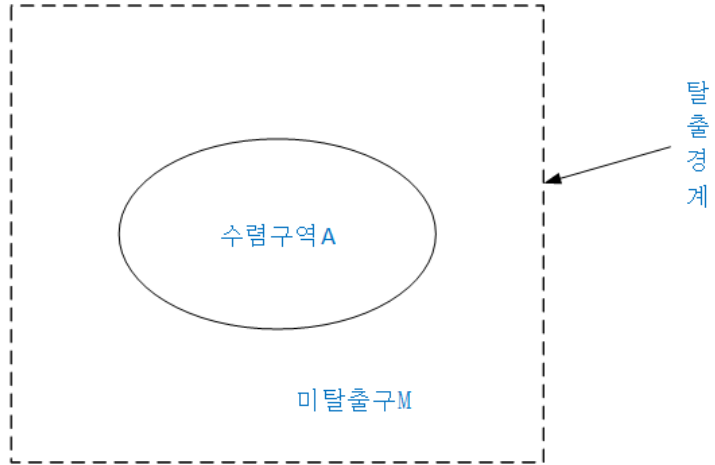


그림 4-12.탈출시간 알고리즘 기본 사상

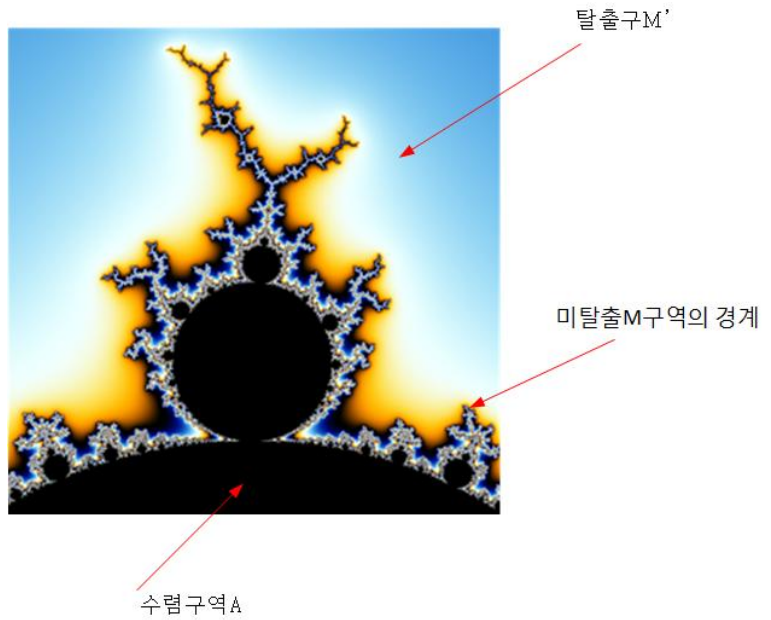


그림 4-13. 만델브로트 집합 탈출 알고리즘 사상 설명도

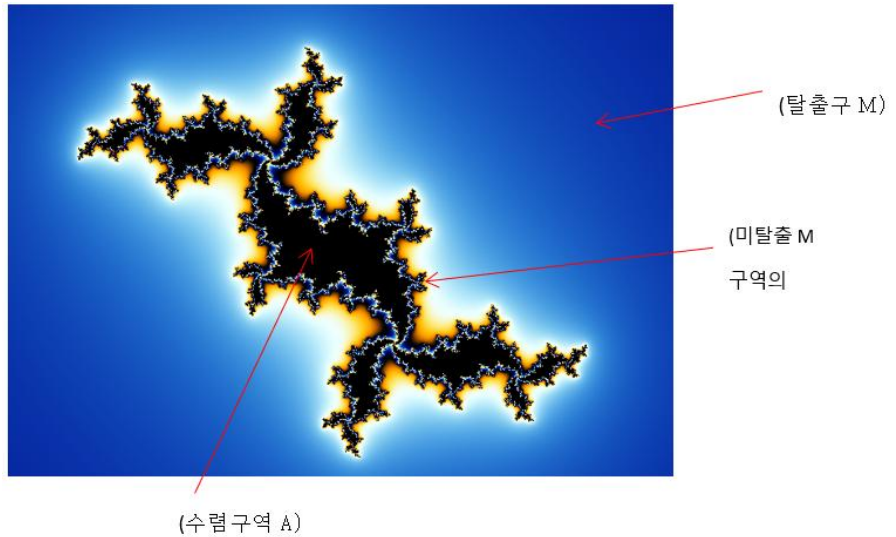


그림 4-14. 줄리아 집합 탈출 알고리즘 사상 설명도

소프트웨어는 현재 탈출시간 알고리즘에 의해 개발된 프랙탈 생성 소프트웨어로, 수천 가지의 프랙탈 유형 함수와 착색 알고리즘 중에서 선택할 수 있다. 또한 필요한 만큼 확대하여 여전히 매우 선명한 미세함을 유지하고, 점진적으로 색을 더하고 여러 개의 도층을 적용하여 하나의 이미지에서 다른 프랙탈을 조합할 수 있다. 그리고 다른 반복 매개 변수, 탈출 범위 매개 변수를 변경하여 기발하고 화려한 패턴을 생성할 수 있다. 울트라 프랙탈을 이용하여 그림을 만들 경우, 먼저 울트라 프랙탈의 표준 프랙탈 함수 유형이 가진 형태를 사용하고 또 다른 플러그인을 사용할 수 있으며, 서로 다른 플러그인을 조합함으로써 형태 가능성이 무궁무진해진 후, 프랙탈 착색 함수를 선택하여 패턴에 착색하고 투명도 효과를 더해 여러 개의 이미지를 중첩할 수 있다. Ultra Fractal <그림 4-15>에는 많은 함수 공식을 가지고 있으며, 제어 페이지가 포토샵과 같이 레이어 복합이 가능하고, 각각의 레이어를 개별적으로 편집할 수 있으며, 여러 층의 프랙탈을 서로 겹쳐서 복잡한 착색과 무늬 효과를 형성할 수 있다.

층의 색상은 경사도로 조정되며, <그림 4-16>와 같다. 경사도는 하나 이상의 제어 포인트를 포함하며, 제어 포인트는 RGB나 HSL 색상 공간으로 편집된다.

모든 이미지는 Ultra Fractal에 의해 리얼 컬러 효과가 나타나므로 거의 무한 색상의 범위를 가진 작품을 만들 수 있다.

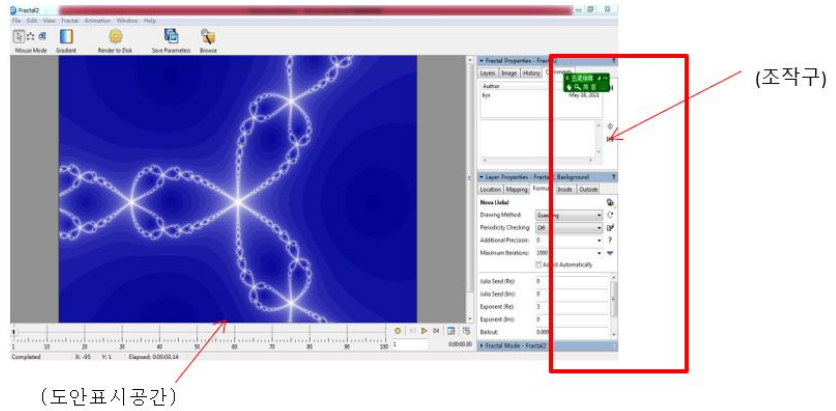


그림 4-15. 울트라 프랙탈 주경계면

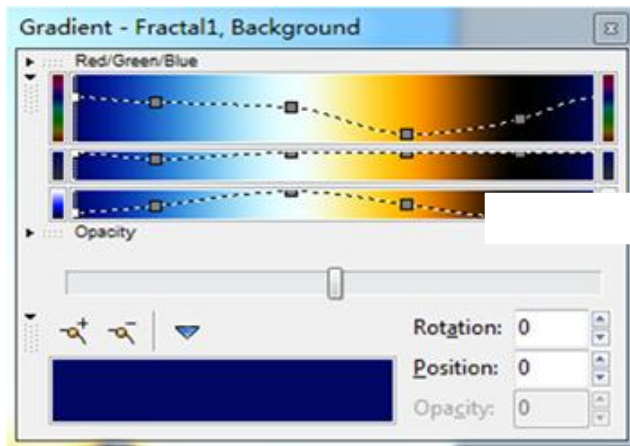


그림 4-16. 울트라 프랙탈 조색경사도보드

<그림4-17> 내장된 이미지 가져오기 기능을 사용하여 PNG, JPEG, BMP 이미지를 프랙탈에 가져올 수 있다. 이미지 매개 변수를 포함하는 착색 알고리즘을 선택하면 컴퓨터에서 사용할 이미지를 선택할 수 있으며 Ultra Fractal의 각 프랙탈 유형, 착색 항목, 변환은 모두 함수 공식이다.

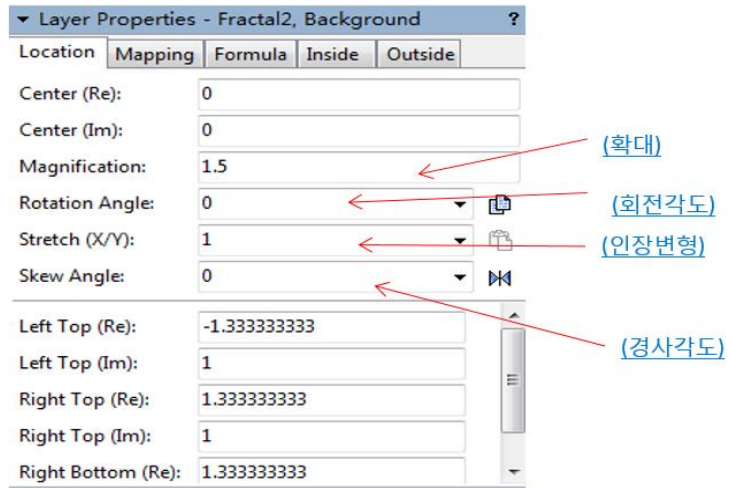


그림 4-17. 울트라 프랙탈 레이어속성 보드

### 4.1.3 L 시스템 알고리즘

린드 시스템(일반적으로 L 시스템이라고 부름)은 1968년 미국의 생물학자 린드메이어(A. Lindenmayer)가 생물 형태를 특히 식물 가지 구조를 잘 보여 주기 위해 디자인한 알고리즘 시스템으로, 후에 스미스가 1984년, 플루징카이비치가 1986년에 각각 컴퓨터 그래픽학에 응용하여 생물학계와 컴퓨터가 인사들에게 큰 관심을 불러일으켰다.<sup>63)</sup> 오늘날 그것은 예술 디자인에 사용되어 그것의 가치를 구현하고 있으며 그것은 독특한 반복 시스템으로 초기 문자열과 규칙이 바뀌도록 하는 문자열 재작성 시스템이다. 이 시스템은 문자열을 변환 규

63) 齐东旭, 「分形及其计算机生成」, 科学出版社, 1994, p.102.



칙으로 계속 바꾸는 두 부분으로 구성되어 있다.<sup>64)</sup> 초기 유닛(axiom), 변환 규칙, 반복 횟수, 각도(angle) 등의 매개 변수 프로그램을 통해 프랙탈 패턴을 만들 수 있고, 선이 강하고 윤곽이 뚜렷하며, 미세 기하학, 나무, 눈꽃 등 자연 이미지도 많이 만들 수 있다.

L시스템의 기호 규정이다. 기호 F는 현재 위치에서 한 걸음 더 나아가고 선을 그으며, 기호 G는 현재 위치에서 한 걸음 더 나아가되 선은 그리지 않으며, 기호 “+”는 현재 방향에서 왼쪽으로 돌려 주어진 각도, 기호 “-”는 현재 방향에서 오른쪽으로 돌려 주어진 각도, “[ ” 현재 상태의 스택을 표시한다.“ ] ” 패턴 상태를 스택 상태로 초기화시키고 스택의 내용을 제거한다. “+”는 현재 방향에서 왼쪽으로 회전하는 각도, “-”는 현재 방향에서 오른쪽으로 회전하는 각도를 표시하며, 위의 규정대로 마지막으로 생성된 문자열을 그리면, 프랙탈 패턴을 만들 수 있다. 또한 python의 turtle 구성 요소를 사용하여 L 시스템 <그림을 그릴 수 있으며 VB와 같은 언어로 프로그래밍할 수 있다. 자세한 과정은 <부록 1> 참조.

예를 들면 아래는 Four Tree Test( )함수의 생성 매개 변수이다.

```
Four Tree Test           ;정방형내 생성수
{
    Angle 4               ;각도 360/4=90°
    Axiom F-F-F-F        ;생성유닛 정의
    F=FF-FF- -F -F      ;생성규칙 정의
}
```

다음 VB 언어로 작성된 L-SYSTEM 프로그램 <그림4-18>. 구조함수 <그림 4-19> 을 통해 각도, 보폭, 깊이, 유닛 생성, 생성 규칙 등 일련의 매개 변수를 설정하여 패턴을 생성한다.

64) 孙博文, 「分形算法与程序设计」, 科学出版社, 2004, p.68.

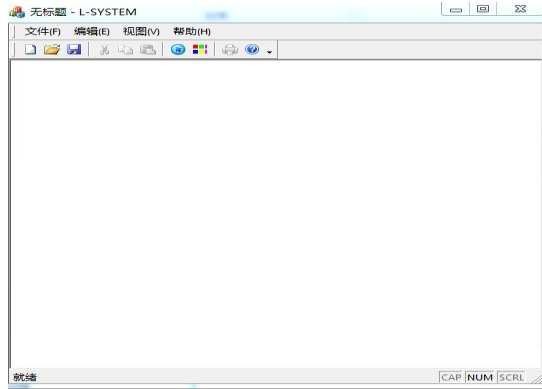


그림 4-18. L-SYSTEM주경계면

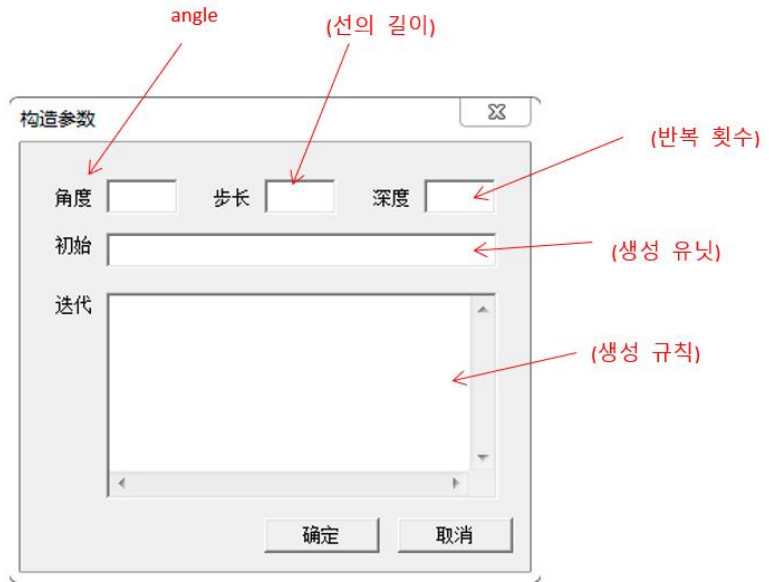
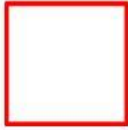


그림 4-19. 구조함수 경계면

<그림4-20>에서와 같이 Four Tree Test( ) 함수는 다음과 같이 생성된다.  
 (a) 생성 유닛은 정사각형이며, (b) 생성 규칙은 앞으로 두 걸음 더 나아가고,  
 한 걸음 더 우회전, 회전, 한 걸음 걷다, 우회전, 한 걸음 더 간다.  $angle=90^\circ$   
 반복=2차, 생성 그림4-20(e),  $angle=90^\circ$  반복=3차, 생성 그림(d),  $angle=90^\circ$  반복  
 =4차, 생성 그림(e)은 반복 횟수가 늘어날수록 무늬 구조가 정교해지고 각도  
 $angle=30^\circ$  반복=4차로 바꾸면, 기존 구조와 다른 무늬가 된다.



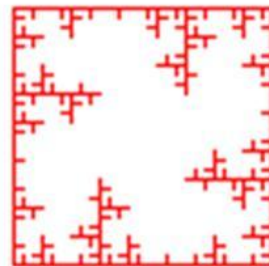
(a) Four Tree Test 생성 유닛



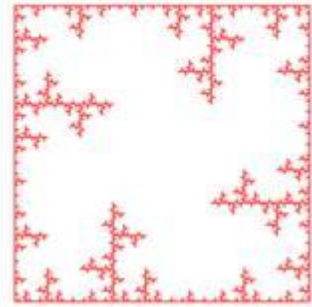
(b) Four Tree Test 생성규칙



(c) Four Tree Test angle=90반복=2 생성 도안



(d) Four Tree Test angle=90반복=3 생성 도안



(e) Four Tree Test angle=90 반복=4 생성도안



(f) Four Tree Test angle=30 반복=4 생성도안

그림 4-20. Four Tree Test 함수 생성조작

이하는 Koch1( )함수 매개 변수 설정이다.

```

Koch1
{
  Angle 60 ;각도360/6 = 60°
  Axiom F ;생성단위 정의
  F=F+F- -F+F ;생성규칙 정의
}
  
```

<그림 4-21> Koch1 ( )함수의 생성 패턴 중 생성 유닛은 <그림 4-21-a>, 생성 규칙 형태는 <그림 4-21-b>이며, Koch1 angle=60° 반복=3세대 생성 패턴<그림 4-21-c>, Koch1 angle=60° 반복=4 생성 패턴<그림 4-21-d>이다. 만약 생성 유닛을 F-F-F-F-F로, 규칙은 F =F+F-F+F,angle =90° 반복=4로 바꾸면 <그림 4-22>패턴이 생성된다.



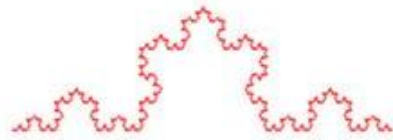
(a) Koch 1생성 유닛



(b) Koch 1생성 규칙



(c) Koch 1 angle=60반복=3 생성도안



(d) Koch 1 angle=60 반복=4 생성도안

그림 4-21. koch1 함수 생성패턴

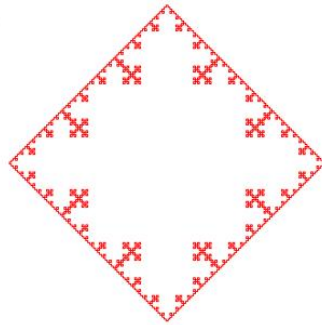
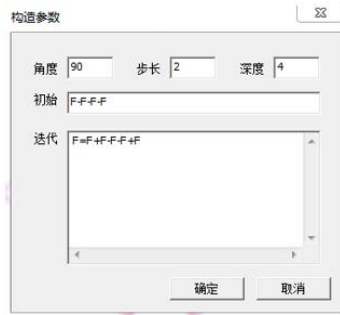


그림 4-22. angle=90° 반복=4 함수 생성패턴

Koch11의 생성 유닛을 Axiom  $F - - F -- F - -F$  로 바꾸면 <그림4-23>와 같고,  $angle = 60^\circ$  기타 변하지 않으면 Kochsnow함수가 된다.

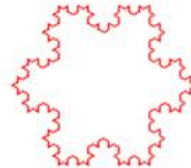
```

Kochsnow{
    Angle 6                                ; 360/6 = 60°
    Axiom F- -F- -F- -F                    ; 생성단위 정의
    F=F+F- -F+F                             ; 생성규칙 정의
}
  
```

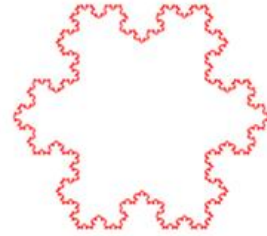
<그림 4-23-a>는 Kochsnow Axiom  $F- -F- -F- -F$  의 함수 형태이고, <그림 4-23-b>는 Kochsnow 매개 변수  $angle=60^\circ$  반복=3 생성된 패턴 형태, <그림4-23-c> Kochsnow  $angle=60^\circ$  반복=4 생성된 패턴 형태이다.



(a) Kochsnow 생성 유닛



(b) Kochsnow  $angle=60^\circ$  반복=3 생성도안



(c) Kochsnow angle=60반복=4  
생성도안

그림 4-23. Kochsnow 생성 패턴

```

Tree1
{
Angle 14.4 ; 360/25 = 14.4°
Axiom x ; 생성 단위 정의
X=C0F-[C2[X]+C3X] ; 생성 규칙 정의
F=FF }
    
```



그림 4-24. 생성 규칙이 다른 생성 트리 1



Tree2 {  
     Angle 14.4 ; 360/6 = 14.4°  
     Axiom x ; 생성 단위 정의  
     X=C0F-[C2[X]+C3X]+C1F{C3+FX}-X ; 생성 규칙 정의  
     F=FF }

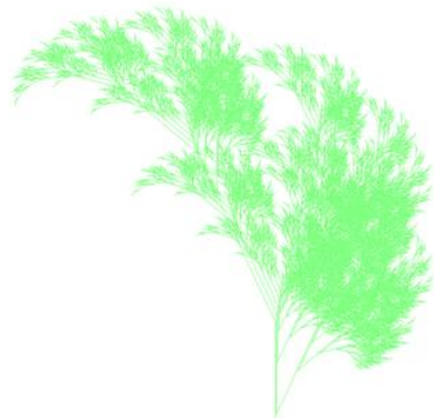


그림 4-25. 생성 규칙이 다른 생성 트리 2

Tree3 {  
     Angle 12 ; 360/30 = -12°  
     Axiom x ; 생성 단위 정의  
     X=C0F-[C2[X]+C3X]+C1F{C3+FX}-X ; 생성 규칙 정의  
     F=FF }

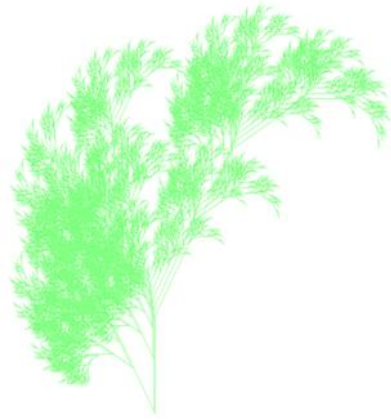


그림 4-26. 위의 나무와 angle 다른 생성 트리 3

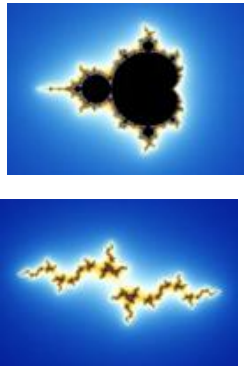
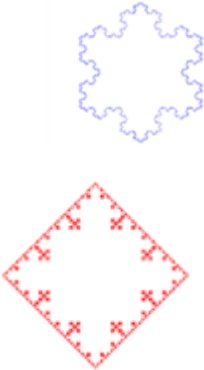

<그림 4-24> <그림 4-25> <그림 4-26>이 세 개의 생성 트리는 동일한 생성 유닛을 통해 생성 규칙, 반복 횟수 등의 미세 변화만으로 다양한 형태의 정교하고 아름다운 프랙탈 트리 패턴을 빠르게 생성할 수 있다.


#### 4.1.4 몇 가지 프랙탈 패턴의 생성 방법 비교

위의 프랙탈 패턴의 생성 방법에 따라 비교, 분류하여 <표 4-2>와 같이 정리하였다.

표 4-2. 가지 프랙탈 패턴 생성 방법 비교

생성 알고리즘	탈출시간 알고리즘	L시스템 알고리즘	IFS시스템 알고리즘
기본 사상	복소평면 구역은 경계가 있는 구역과 경계가 없는 구역으로 나뉜다. 그중	반복 문자열 재작성 시스템은 초기 문자 열과 변환	프랙탈 패턴의 부분과 전체의 자기 유

	<p>어떤 점은 아무리 반복해도 일정한 범위를 벗어나지 못하는데, 이를 수렴 구역이라고 부르고, 다른 점들은 여러 번 심지어 무진장 여러 번 반복을 거쳐야만 비로소 끝없이 먼 곳으로 탈출하는 것을 탈출 구역이라고 한다. 경계를 벗어나는데 필요한 반복 횟수의 차이를 다른 색상으로 복소평면 위의 점을 묘사하면, 매우 미세하고 복잡한 프랙탈 패턴을 얻을 수 있다.</p>	<p>규칙 두 부분으로 구성되어 있다. 변환 규사 용 하면 원래의 문자열을 바꿀 수 있다. 유닛 생성, 규칙 생성, 반복 횟수, 각 도량 등의 매개 변수 설정을 통해 변화무쌍한 프랙탈 패턴을 그릴 수 있다.</p>	<p>사성에 기초하여 아핀 변환을 이용하여 패턴을 확대 축소, 평행이동, 회전시킬 수 있다. 프랙탈원이 확정된 후, 프랙탈원 형태를 부분으로 변환하고, 이 과정이 무한히 반복되도록 하는 동시에, 아핀 변환 사이의 매핑 관계를 조정하면, 만족할 만한 패턴을 얻을 수 있다.</p>
<p>생성된 프랙탈 이미지 예시</p>			

			
특 징	다른 반복 매개 변수를 변경할 수 있고 탈출 범위 매개 변수로 특이하고 화려한 아름다운 패턴을 생성한다.	각종 생물체의 형태를 모방하여 사용한다. 선이 강하고 윤곽이 뚜렷하며, 미세 기하학, 나무, 눈꽃 등 자연 이미지도 많이 만들 수 있다.	크기 조절, 회전, 평행이동 등 아핀 변환의 조작을 통해 맵핑, 함수의 조합, 끊임없이 반복 생성한 모방된 자연은 매우 비슷하고 선명하며 아름답다.
주요 소프트웨어	Ultra Fractal등	python의 turtle 구성 요소를 사용하여 L시스템 그림을 그릴 수 있으며 VB와 같은 언어로 프로그래밍할 수 있다.	Apophysis Inoendia Jwildfire Mandbulb 3d

탈출 시간 알고리즘에 기반한 프랙탈 패턴 생성 방법은 화소의 반복 생성되는 패턴의 구조가 다양하고 색상이 화려하며, 다양한 공식 함수, 다양한 착색 알고리즘을 적용하여 레이어의 중첩을 실현할 수 있다. 세련된 줄리아 집합과

만델브로트 집합의 프랙탈 패턴에 대한 확장 가공 디자인이 가능하며, 패턴은 대부분 화려한 색상과 복잡한 구성, 기묘하고 화려한 패턴으로 한계가 있어 텍스타일 디자인의 범용성과 가소성이 보통이다.

L시스템의 프랙탈 패턴 생성방법에 기초하여 선을 그어 번갈아 가며 패턴을 형성하였다. 또한 각종 꽃, 풀, 나무, 나무 등 자연물의 성장과정을 비교적 잘 시뮬레이션 할 수 있으며 줄기의 가닥 구조를 잘 표현하고 있지만, 이 시스템으로 작업할 때에는 비교적 추상적인 프로그래밍 지식이 필요하고, 문자열의 조작원칙과 알고리즘에 대한 깊은 인식이 필요하다. 디자인 변경과 수정의 활용성에 있어 상호작용성이 강하지 않으며, 패턴을 생성하는 형태는 선을 위주로 하여 후기 가공디자인이 필요한 경우가 많아 비교적 한계가 있고, 텍스타일에 사용되는 패턴은 일반적이고 가소성이 떨어진다.

IFS에 기초한 프랙탈 패턴 생성 방법은 유닛 또는 기본 원소들이 반복된 프랙탈 패턴 생성 방법에 의하여 자연 속의 꽃, 나무와 같은 식물, 구름, 눈꽃, 산 등 자연 경물을 생성할 수 있을 뿐만 아니라 나비, 물고기 등의 동물을 생성할 수 있으며 많은 추상적인 기하학적 패턴을 생성할 수 있고, 매우 강한 과학적인 감각과 시각 자극성을 가지고 있다. IFS 알고리즘은 다른 두 알고리즘에 비해 조작 가능성과 상호성이 가장 뛰어나며, 일정한 조작과 실시간 상호작용에 자신이 원하는 다양한 형태의 패턴을 구축할 수 있으며, 규칙적인 절차 아래에 불규칙한 형태를 생성하여 텍스타일 및 후기를 거쳐 간단한 가공으로 텍스타일 디자인에 적용할 수 있어 범용성과 가소성이 뛰어나다.

이상의 비교를 통해 우리는 프랙탈 패턴 창작 전 먼저 각종 알고리즘의 배후에 있는 수학 사상을 이해하고 파악해야만 표현 주제에 따라 서로 다른 창작을 진행할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

## 제2절 프랙탈 패턴 생성 디자인 아키텍처

위의 각종 알고리즘은 모두 반복된 수학 사상을 벗어날 수 없다. 상응하는 소프트웨어 조작에서는 반복된 사상을 응용하여 창작을 진행해야 한다. IFS 패턴은 프랙탈의 특징이 있을 뿐만 아니라 자연 물체(식물 나무, 나뭇잎 등)의 기본 형태를 갖추고 있기 때문에 그 조형이 소비자들에게 쉽게 받아들여질 수 있기 위하여 본문 연구에서 사용 빈도가 높은 IFS 알고리즘인 Apophysis 버전 7X를 이용하여 연구를 진행한다.

프랙탈은 일반적인 기하학적 변환에서 척도 불변성, 프랙탈 차원 즉 도형의 부분 확대 혹은 축소 시 자기 유사성을 만족하고, 불규칙성 등의 특성을 가지고 있으며, 프랙탈 패턴은 전통적인 정수 차원으로 유클리드 기하학을 이용하여 묘사할 수 없게 결정되어 단지 프랙탈 구조분석을 통해서 복잡하고 불규칙한 형태에 대해 하나의 수학적 모형 <그림4-27>과 같이 정량적인 묘사를 할 수 있게 되었다.

본 논문은 IFS 알고리즘의 원리로 패턴 생성 디자인을 진행하는데, 생성 유닛을 함수로 어떻게 디자인하고 전체적인 패턴의 배치를 어떻게 계획하는지 그리고 패턴에 색을 입히는 문제 등 세 가지 측면에서 고려하였다. 적절한 함수를 선택하고, 아핀 변환을 통해 변수나 IFS 코드를 조정하고, 일련의 반복을 통해 프랙탈 패턴을 생성한다.

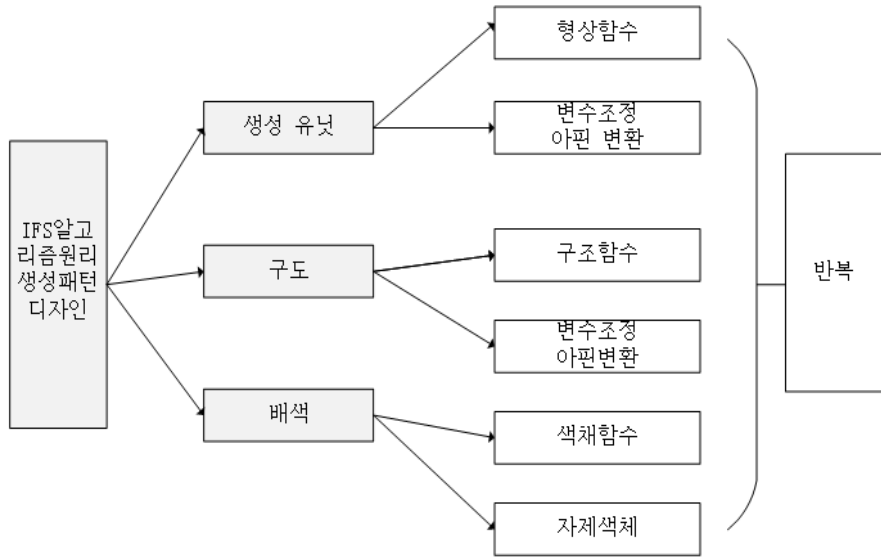


그림 4-27. IFS 알고리즘 프랙탈 패턴 생성 디자인 아키텍처

## 4.2.1 생성 유닛 또는 기본 요소

자연계와 사회 사물은 형태가 아무리 복잡하더라도, 배후에는 간단한 형성 규칙을 가지고 있으며, 대부분 자기 유사성 특성을 가지고 있기 때문에 그 “생성 유닛”을 추출할 수 있다. 유닛 생성 또는 기본 요소는 패턴 중 분해될 수 있는 최소 단위를 대표하며, 반복된 기본 요소에 사용된다. 프랙탈 패턴 디자인 형태의 유닛 화는 바로 컴퓨터 도구의 데이터 적 본질이 현대 인류의 심미적인 부분을 구현된 것이다. 컴퓨터가 유닛 구조를 생성할 때, 그것은 복잡하고 기하적인 형태를 형성하는 중요한 요소이며, 변형과 정의를 통해 그것은 새로운 형태로 나타날 수 있고, 수리적인 아름다움을 지닌 형태의 변화를 나타내며, 형태와 기하학적 관계를 구현한다. 또 한 생성 유닛은 모든 형태나 요소로 교체할 수 있으며, 여러 가지 다른 요소들을 생성 유닛 안에 통합시키거나 생성 유닛 함수를 이용하여 여러 가지 형태를 구성할 수 있다. 개별 유닛은 결코 의미가 없으며, 생성 유닛이 반복되고 일정한 변수에 따라 변화할 때에만, 이 독립적인 유닛들은 하나의 총체로 융합될 수 있다. 반복과 컴퓨터 기술의 결합으로 디자인 형태와 차원에 수월하게 변화를 줄 수 있게 되었으며, 이러한 생성 유닛에 대한 미세 수정으로 인해 소속된 전체적인 패턴 형태에 대한 조정이 이루어지게 되었고 이 또한 프랙탈 패턴이 생성된 디자인 형태에 있어서 비선형적 구현이다.

## 4.2.2 구도

프랙탈 패턴의 구도는 주로 수학 공식에 기초하기 때문에 수학 함수 공식은 프랙탈 예술 패턴의 아름다움에 다소 결정적인 영향을 미치며, 적절한 공식은 디자인 자의 눈높이에 맞는 패턴을 생성할 수 있다. 프랙탈 패턴의 디자인 형태는 엄밀한 생성 구조를 가지고 있으며 구조는 패턴을 구성하는 골격이나 배치, 프랙탈 패턴의 구도는 기술적인 수단의 보장 하에 이루어질 수 있다.



구조적 형태를 보여줄 수 있는 함수를 선택하고, 매개 변수를 조정하여 패턴 구조를 변화시켜 때로는 완전히 다른 시각효과가 나올 수 있다. 그리고 프랙탈 패턴 디자인 제작 과정 중, 동일한 구조에 다른 유닛 패턴을 부여할 수 있으며, 다른 유닛 패턴은 다른 구조에 사용될 수 있기 때문에 풍부하고 다채로우며 변화가 복잡한 패턴을 생성할 수 있다.

### 4.2.3 색채

패턴의 착색법은 패턴의 예술적 가치에 큰 영향을 미친다. 같은 구도에 좋은 착색법은 패턴의 예술적 효과를 충분히 보여줄 수 있고, 나쁜 착색법은 패턴의 예술적 빛을 덮어 감춘다. 프랙탈 패턴의 컬러는 RGB 색상으로 표시되며, RGB는 3차원 색상(x, y, z)이며, 3가지 변경 모두 255사이에서 변화할 수 있는 1677216가지 색상을 나타내는데 보통 1600만 색 또는 천만 색 RGB로 약칭되기도 한다. 패턴 자체는 생성 시 자체의 색상을 가지고 있으며 디자이너 역시 색상의 경도 조절이나 색조를 선택하여 색상을 조정하며 이러한 조정은 직관적이고 편리하여 디자이너에게 매우 실용적인 디자인 경로이다. 속담에서 말하는 것처럼, 좋은 프랙탈 배색은 최고의 색상 지원을 필요로 한다. 만약 적당한 기존의 색상을 찾을 수 없다면, 소프트웨어를 통해 색조를 자체 제작하는 것도 좋은 선택이다.

프랙탈 패턴의 색상, 색조, 밝기, 순도 등 모든 면에서 그러데이션이 가능하며, 프랙탈 패턴의 색채의 이행은 자연스럽게 풍부하며 개성있는 특징을 보이며, 65)프랙탈 패턴의 색상을 패턴에 적용하여 알고리즘을 적용하고 있기 때문에 색상 매개 변수만 잘 보존하면 전체적인 이미지의 색상을 환원시킬 수 있어 디자인에 빠른 색 조정 방법을 제공하고 더 큰 융통성과 자유로움을 가질 것이다.

65) 邓昭, 邱枫, 「分形艺术在纺织图案设计中的应用」, 染整技术, 39 (11), 2017, pp.69-70.

### 제3절 프랙탈 패턴 디자인의 수학적 합리적 사고

위의 연구 분석의 기초 위에, 프랙탈 형성원리, 프랙탈 패턴 생성 알고리즘의 이론적 연구와 프랙탈 생성 디자인 아키텍처의 묘사를 통해, 학습과 학습에서 Apophysis를 이용한 대량의 패턴 생성 창작 실천 중 지도적인 프랙탈 패턴 생성 디자인 중 몇 가지 기본적인 수리적 사고를 귀납해낸다.

#### 4.3.1 수학 함수 (Math Functions) 와 도형 형태 연계

한국의 수학교육가 박경미가 저술한 「수학 사고 나무」는 수학의 관점에서 생활 중, 예술 중의 수학과 기하학을 분석하였다. 수학은 상상력과 무관한 논리 교과목이 아니며, 특히 수학 중의 기하학이 미의 형태 구축에 직접 영향을 미치게 된다고 하였는데, 그녀는 수학이 형식의 원인으로 미에 대한 감상에 관계된다는 것을 발견하였다.<sup>66)</sup> 프랙탈 패턴은 사람들에게 시각적으로 이성적인 규칙이 충만한 과학 기술의 아름다움을 가져다주며 이것은 생성 중에 다양한 함수를 운용하다. 도형 표현 기능에서는 구조 배치류 함수, 고유 형상류 함수, 변형류 함수, 모호류 함수, 절취류 함수, 축 방향 변형, 변위, 전환형 함수 등이 있으며, 어떤 함수들은 위의 여러 가지 기능을 포함하고 있다. 함수는 수천 종이 있으며 함수 각각의 수학적 성질을 알지 못하면 그들의 기능을 알고 활용할 방법이 없고, 함수의 명칭으로도 알기 어려우며, 그 형태에서 시작하여 수학적 함수와 그에 대응하는 도형 형태를 연결할 수밖에 없다. 도형 형태도 그에 대응하는 함수 매개 변수의 선택과 관련되어 있으며, 매우 무작위성이 크기 때문에 반드시 매개 변수의 선택과 생긴 도형 모양의 대응 관계를 찾아야 한다.

수학의 무미건조함은 오랫동안 우리를 괴롭혔는데, 수학의 아름다움을 우리는 체득할 수 없다. 수학을 공부할 때 일반적으로 자신도 모르게 머릿속에서 도형 형태를 추상해내지만 컴퓨터의 발전에 따라 프랙탈 이론, 수학과 컴퓨터

66) 朴京美, 「数学思维树」, 中信出版社, 2006, p.12.

그래픽학의 융합, 과학은 컴퓨터를 이용해 가시화된 방법으로 각종 프랙탈 수학 모형 및 추상 개념을 나타낸다. 수형 전환을 통해 도형의 방식으로 독특한 아름다움을 보여줌으로써 예술 영역의 도형 혁신에 응용한다.

Apophysis에서 제공하는 함수 플러그인의 명칭에 따라 대략적인 형태를 알아내며, 예를 들어 Flower함수는 꽃의 형태 <그림4-28>이고, 두 변수 매개 변수를 설정하여 구체적인 형태를 결정한다. Flower\_petals는 꽃의 꽃잎 수를 결정하고 Flower\_holes는 꽃잎의 크기를 결정한다. 이때, Flower\_petals는 홀수일 때 꽃잎 수=홀수, 짝수일 때 꽃잎 수=짝수\*2, <그림4-29>과 같이 Flower함수의 다른 매개 변수로 생성되는 패턴의 형태를 지닌 성질을 가지고 있다.

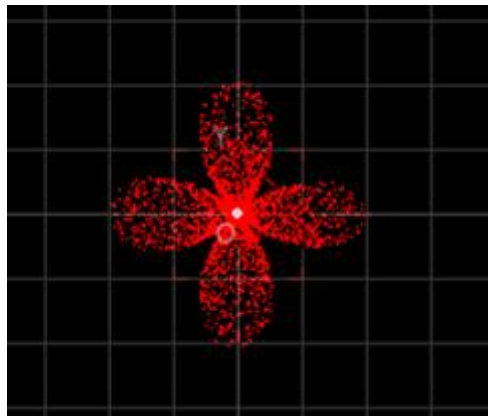


그림 4-28. Flower(Flower\_petals, Flower\_holes) 함수



petals=3, holes=1



petals=4, holes=1



petals=5, holes=1



petals=6, holes=1



petals=3, holes=2



petals=4, holes=2



petals=5, holes=2



petals=6, holes=2

그림 4-29. Flower함수가 다른 매개 변수로 생성된 패턴

그러나 어떤 함수의 명칭은 그 형태와 직접 관련이 없는 것도 있다. 예를 들어, 사인함수의 대응 함수 형태는 사인곡선  $y=\sin x$ 의 이미지 형상이 적절한 가로와 세로방향의 신축 변환 및 가로 평이 변환을 거쳐서 얻은 <그림4-30>과 같다. Apophysis에서, 사인함수 Sinusoidal (Variation 1)  $V1(x, y)=(\sin x, \sin y)$ 로, 이에 대응하는 형태는 <그림4-31>가 생성하는 그래픽 형태는 우리가 알고 있는 사인 형태가 아니며, 함수도 우리가 알고 있는 사인함수가 아닌 사인함수 특성을 가진 구조일 뿐이다.

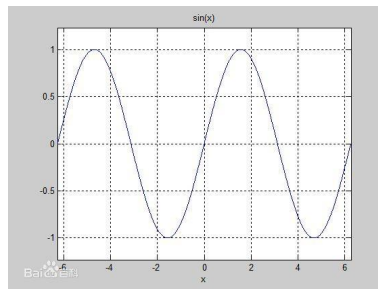


그림 4-30. 사인함수 도식<sup>67)</sup>

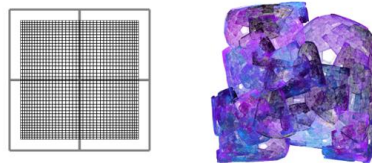


그림 4-31. 사인함수 플러그 인 유닛 그래픽 형태<sup>68)</sup>

67) [baike.baidu.com/item/正弦?fromtitle](http://baike.baidu.com/item/正弦?fromtitle), 자료검색일:2021.5.15.

68) Scott Draves Spotwork, Erik ReckaseBerthoud, 「The Fractal Flame Algorithm」, 2003, p.17.

Apophysis에서는 자신이 가진 함수 외에도 많은 형태의 함수를 담을 수 있는데, 우리는 이 함수의 함수들의 함의, 작용 및 그 내재적인 사용 알고리즘, 자신의 특징 외에도 이러한 함수 플러그인 유니트들에 의해 구조된 도형의 특징을 이해해야 한다. 또한 수학 함수와 그 도형의 형태를 연계하는 사고를 이용하여 창작 과정을 지도해야 하며, 그렇지 않으면 패턴 생성 디자인을 진행할 수 없다.

### 4.3.2 생성 유닛(Generating unit)와 구성

일반적 패턴 디자인에서는 요소와 배치를 고려해야 하는데, 프랙탈 패턴 디자인에서는 생성 유닛과 구조를 고려해야 한다. 양자는 비슷한 점이 있지만, 프랙탈 패턴 디자인은 구체적인 디자인에 수리적 사고를 가미하여 이전의 디자인과 비교해 볼 때 서로 다른 생각과 방법이 존재한다.

프랙탈 패턴 작품을 분석하려면 우선 디자인된 작품 생성 유닛이 무엇인지, 어떤 구조인지 알아야 하며(일반 디자인에서는 구도나 배치라고도 한다), 이에 대응하는 생성 유닛 및 구조는 어떤 수학적 함수로 표현하여 구조 매개 변수 설정과 아핀 변환, 반복 등의 조작을 해야 한다. <그림4-32> 린천이 만든 프랙탈 작품인 “버섯 요괴의 선경” 과 같다. 버섯은 생성 유닛원, 구조는 선형 구조에 속하고 생성 유닛을 구조에 배치하여 반복하고 변환하여 이 환상적인 선경을 실현하는데, 각 버섯은 자기 유사성을 가지고 있다. 여기서 생성 유닛 또한 일련의 형상 함수와 변형 함수 등을 선택하여 상호작용을 하는 반복 생성이다.



그림 4-32. 버섯 요괴의 선경 69)

예를 들어 Hypertile함수의 경우, 영어적 의미에서 직접적으로는 평평하다는 뜻이지만, 실제로는 푸앵카레 원반 양면 기하학 모형의 수학적 성질 (Poincare disk model)<sup>70)</sup>을 이용하여 만든 구조함수 플러그인 유니트이다. <그림 4-33>는 푸앵카레 원반 양면의 기하학적 도형  $p=4$ ,  $q=6$ 시,  $p=5$ ,  $q=7$ 시 도형 상태이며, 이 중 다각형의 크기는  $p$ 와  $q$ 가 값을 취하여 결정한다.  $p$ 는 다각형의 꼭짓점 개수를,  $q$ 는 꼭짓점과 연결된 다각형의 수를 나타내고,  $(p-2) * (q-2) > 4$  조건을 만족시켜서, 구조를 생성할 수 있고, 그렇지 않으면 하나의 검은색을 나타낸다. Hypertile함수의 형태는 주로  $p$ 와  $q$  수치의 변화된 조합으로 다양한 구조를 만들지만, 모두 쌍곡 원반 형태를 골격으로 하며 다각형은 중간에서 사방으로 반복하여 원반 가장자리까지 실현한다.

69) 버섯 요괴의 선경 : [www.fxysw.com/thread-8978-1-2.html](http://www.fxysw.com/thread-8978-1-2.html), 자료검색일: 2021.05.20.

70) [zh.wikipedia.org/wiki/庞加莱圆盘双面几何](http://zh.wikipedia.org/wiki/庞加莱圆盘双面几何), 자료검색일: 2021.05.20.

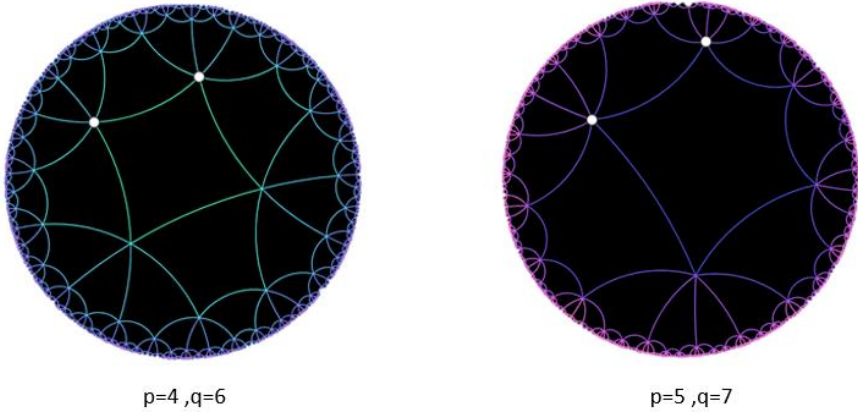


그림 4-33. 푸앵카레 원반 양면 기하도형<sup>71)</sup>

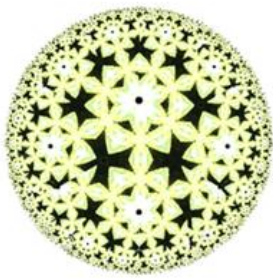
생성 유닛에 관해 우리는 자체 제작 <그림4-34>를 이용하여 <그림4-35>과 같은 각양각색 형태를 얻을 수 있다.



그림 4-34. 생성 유닛

71) [www.malinc.se/noneuclidean/en/poincaretiling.php](http://www.malinc.se/noneuclidean/en/poincaretiling.php), 자료검색일: 2021.05.21.

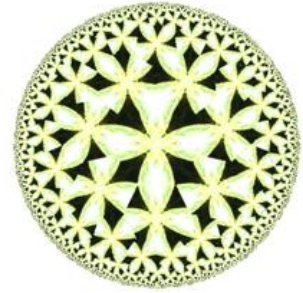




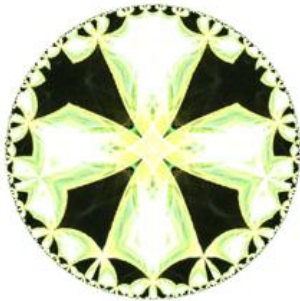
$p=3, q=7$



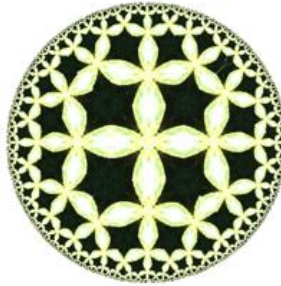
$p=4, q=\infty$



$p=7, q=3$



$p=7, q=7$



$p=4, q=5$



$p=3, q=\infty$

그림 4-35. 푸앵카레 원반 각종 다른 패턴 1

형상 함수로 유닛을 생성한 예는 <그림4-36> 과 같고, 형상 함수  $cut\_kaleido$  매개 변수를  $var1=0.672$   $seed=989$ 로 만든 다음 푸앵카레 원반의 다른 다각형 구조에 반복을 진행하여 <그림4-37>과 같은 일련의 패턴을 얻거나, 흥미로운  $p, q$ 값, 그림 속  $p=4, q=5$ 의 패턴과 형상이 잘 어울린다. 이 그림의 생성 유닛은 사각형으로 원반  $p$ 값=4, 반복되는 모양을 선택해야 완벽한 푸앵카레 원반 구조를 반영할 수 있지만, 다른 값도 무작위로 하여 다른 미적 경험을 보여줄 수 있다.

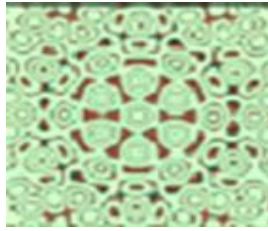
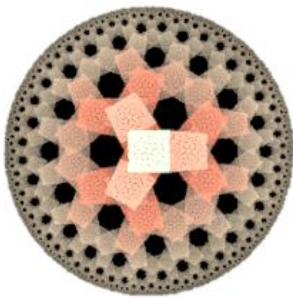
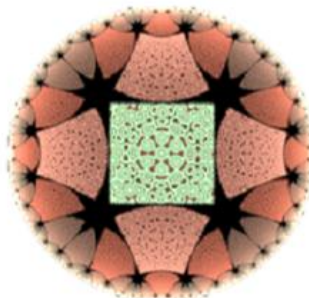


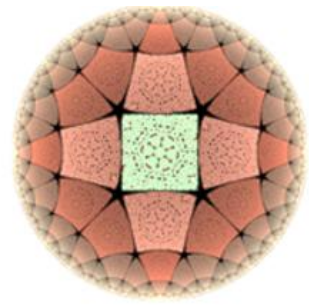
그림 4-36. cut\_kaleidot함수 생성유닛



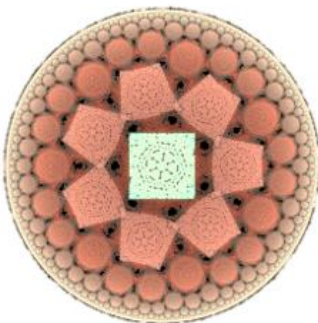
$p=3, q=7$



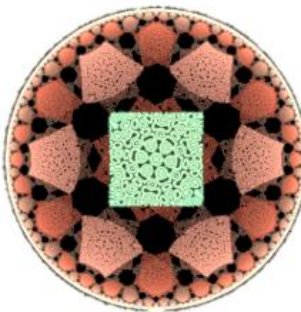
$p=4, q=7$



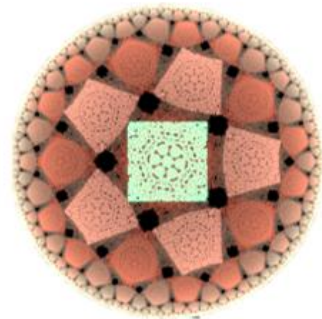
$p=4, q=5$



$p=7, q=3$



$p=6, q=4$



$p=5, q=4$

그림 4-37. 푸앵카레 원반 각종 다른 패턴 2

프랙탈 패턴 디자인 과정에서 동일한 구조에 다른 생성 유닛 형식을 부여할 수 있으며, 각 유닛 패턴은 다른 구조에 사용될 수 있으며, 프랙탈 패턴 자기 유사성을 이용하여 반복과 공식변환을 통해 변화하는 다양한 패턴을 생성할 수 있다. 이는 프랙탈 패턴 디자인의 확장성과 다양성 면에서 전통적인 패턴 디자인 방법과는 비교할 수 없다.

### 4.3.3 매핑과 반복(Mapping and iterative)

함수 성질 학습과 그에 대응하는 도형 형태에 대한 이해를 통해 적합한 생성 유닛과 구조를 선택하면, 그다음은 프랙탈 패턴 디자인이 일반 패턴 디자인과 구별되는 가장 중요한 점이다. 생성 유닛, 구조와 그 조합의 반복 및 매핑 관계에 대한 설정은 <그림4-38>와 같은데 수학에서, 매핑은 두 요소집합 사이의 요소가 서로 “대응” 하는 관계를 가리킨다. 그러나 프랙탈 패턴 디자인의 매핑은 함수나 함수의 조합으로 이루어진 Apophysis에서의 아핀 변환 삼각형 간의 상호 대응 관계를 가리킨다. 따라서 생성 유닛과 구조를 반복하여 바꿀 수 있고, 형태가 다양하고 무질서한 것처럼 보이 이지만 질서 있는 패턴을 만들 수 있다.

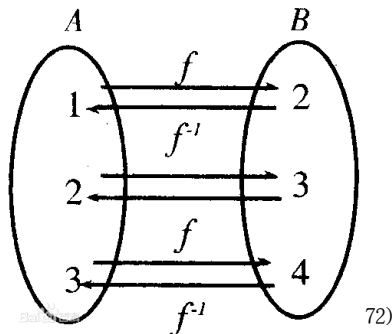


그림 4-38. 매핑 관계

72)매핑관계, 이미지출처 : zhuanyan.zhihu.com/p/293191334, 자료검색일: 2021.06.21.

여기 한 줄 위로 붙여야 합니다. 예를 들면 <그림4-39>프랙탈 작품인 핑크빛 로맨틱은 입체적인 형태의 반투명 하트로 그 안에 무수한 반복, 중첩, 큰 방향에서 작은 모양과 투명도로 변화하는 자기 유사성 오각별을 채우고 있으며, 이들은 불규칙한 분포를 통해 프랙탈 패턴의 특징을 나타낸다. 본 작품에서는 상술한 디자인의 3대 사상을 종합 활용하는데, 구체적인 매개 변수 설정은 <표4-3>을 참조하여 Hypertile3D2, spherical 함수구조를 적용하여 starblur가 셀을 생성하고, <그림4-40>의 관계도를 통해 각 삼각함수가 변환되는 매핑 관계를 설정하여 효과<표4-4>를 실현한다. Hypertile3D2, spherical에 매핑될 경우 Hypertile3D2 함수가 발산하는 3D 입체효과가 있으며, 최종 효과는 Xheart를 통해 통합되어 달히고 모아지는 하트 구조로 변형된다. 매핑 관계에 대한 전반적인 설정은 각각의 함수가 전체 패턴을 생성하는 데 어떤 역할을 하는지에 대한 명확한 기초를 둔다. transf 2가 transf 1, 3의 구조에 각각 매핑되어 반복을 통해 패턴을 생성하고 이 중 아핀 변환 삼각형 반복의 가중치를 설정할 때, 반복 횟수를 조절할 수 있고 가중치도 갈수록 커지며 이 아핀 변화도 그림에서 선명해지며, 마지막에는 Final 아핀 변환 삼각형을 사용하여 최종 전시 효과를 볼 수 있다. IFS 코드 자세한 내용은 <부록 1>이다.



그림 4-39. 핑크빛 로맨틱  
(Apophysis창작)

표 4-3. 아핀 삼각형 함수 설정

아핀 변환 삼각형 (transformations)	함수설정	작용	가중치
아핀 변환 삼각형1 transf1	Hypertile3D2	푸앵카레3D구조	2
아핀 변환 삼각형2 transf2	Starblur	별 형태 생성 유닛	0.5
아핀 변환 삼각형3 transf3	Spherical	구면 변환	0.5
아핀 변환 삼각형 Final	Xheart	상술한 총체적 형태의 종합 하트	무

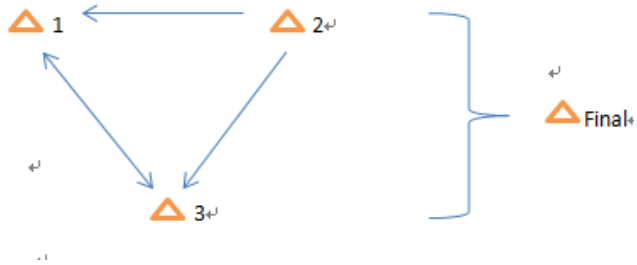


그림 4-40. 아핀 변환 삼각형 매핑관계도

표 4-4. 아핀 삼각형 매핑 관계 매개변수

아핀 변환 삼각형 transformations	Form	To
아핀 변환 삼각형1 Transf 1	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=1	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=1
아핀 변환 삼각형2 Transf 2	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=0	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=1
아핀 변환 삼각형3 Transf 3	Transf 1=1 Transf 2=0 Transf 3=0	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=0
아핀 변환 삼각형 Final	무	무

디자인 중, 기발한 미를 창조하기 위한 복잡한 프랙탈 패턴 매핑 반복 사고를 응용할 수 있으며, 마찬가지로 수학적 함수와 그래픽 형태를 결합하여 유닛을 생성하고 구조적 사고와 함께 패턴의 종합적인 디자인을 진행해야 한다.

아래 연구의 생성 패턴은 특별한 설명이 없으면 맵핑으로 일반 반복을 진행한 것으로 나타낸다.

## 제5장 프랙탈 기하학 기반의 텍스타일 디자인 개발

텍스타일은 일상생활에서 없어서는 안 될 부분으로 사람들의 의·식·주·행의 모든 면에 걸쳐 면·마·실크·모 등의 방직 섬유를 가공하여 직조한 제품으로, 그중 텍스타일 디자인은 주로 의류와 관련한 악세사리·가정용 텍스타일의 패턴 디자인을 포함한다.

텍스타일을 패턴이라 부르는데 이것은 사물의 형식, 색채, 구조를 분석한 후 공예처리 등의 방안을 통칭하는 것을 말한다. 텍스타일 디자인은 서로 다른 원재료의 텍스타일을 디자인 대상으로 하고, 의류 복식, 가내 방직 등의 사용 목적과 결합하여 그에 상응하는 패턴 디자인을 하는 것으로, 구도 중의 기본 요소에 대해 일련의 변화를 가하여 그 배열 조합을 텍스타일의 형식이 법칙에 부합하도록 하는 것이다.

텍스타일 디자인 중, 선형과 규칙으로 대표되는 전통적인 디자인의 설계는 이미 다원화 측면에서의 요구사항을 충분히 만족시킬 수 없을 뿐만 아니라, 디자인 과정 중 구상 및 제작 기간 주기가 길기 때문에, 일단 디자이너의 견본이 확정되면 다시 한번 창작 수정을 진행하기 어렵고, 빠른 시장 대응 능력이 부족하여 새로운 디자인 패러다임과 새로운 디자인 방법이 절실히 필요하다. 자연에서 발견되는 프랙탈 기하학 이론을 디자인에 융합하여 디자이너의 주관이나 감성에 의존하는 텍스타일 디자인을 프랙탈 기하학을 기반으로 수리적 디자인을 변경하여 다양한 텍스타일에 적용할 수 있는 패턴 디자인을 빠르고 다양하게 생성할 수 있다. 또한 디지털 시뮬레이션 기술을 통해 빠른 속도로 패턴이 텍스타일에 적용된 상태를 구현하여 보다 실시간으로 디자인 및 수정으로 디자인 효율을 향상시켰다.

## 제1절 텍스타일에 프랙탈 패턴을 적용

### 5.1.1 패턴 구성

텍스타일은 일반적으로 연속적 구성 방법을 채택하는데, 이러한 구성 방법은 구조 배열에서 패턴의 형태뿐만 아니라 각 패턴 사이의 전후, 좌우 서로의 전체적인 관계와 색채상의 비율 조화 관계를 더욱 고려해야 한다. 예를 들면 형태의 크기, 사각과 원형, 길이, 곡선 직선, 허실, 색채의 명암, 냉난(차거움과 따스함) 등을 고려해야 하며, 이상의 조건을 고려하는 기반에 디자인할 때에는 반드시 텍스타일의 생산 공정과 각종 다른 공정의 효과를 파악해야 한다. 이러한 창의적 표현 특성은 심미적인 미의 요구에 부합할 뿐만 아니라, 텍스타일 디자인 사용 목적에 부합해야 함과 생산의 기본 조건을 만족시키는 것이다.

패턴의 구성 방법은 패턴의 조직이라고도 하는데, 패턴의 형상을 디자인에 따라 완성된 한 폭의 디자인 방법으로 조직하는 것이다. 따라서 패턴의 구성은 체계적이고 예술미의 표현, 목적성, 정체성 및 방법적 기교를 갖추고 패턴의 조형 법칙을 따르고 감성과 이성이 결합된 최적의 방식으로 창조해야 한다. 일반적으로 네 가지 방법으로 단독 패턴, 연속 패턴, 적합 패턴, 조합 패턴이 있으며, 방직 패턴에 적용된 다수는 연속 패턴이다.

단독 패턴은 독립적으로 존재하거나 크기, 모양이 일정한 규칙이나 구체적인 요구 없이 제한되고 다른 패턴과 연계되지 않는 장식 패턴을 말한다. 단독 패턴의 응용은 비교적 융통성이 높고 면적이 비교적 큰 것은 전체 장식에 적합하고 면적이 비교적 작은 것은 부분적인 장식으로 적합하다. 단독으로 사용할 수도 있고, 패턴, 연속 패턴을 구성하는 토대가 되기도 하며, 자유로운 구조, 완전한 조형, 외형에 구애받지 않고 폭넓게 활용될 수 있다.

적합 패턴은 하나 혹은 몇 개의 패턴을 하나의 주어진 형상 안에 조합하는 것으로, 일종의 다요소 패턴으로 구성하여 일정한 외형을 나타내는 패턴의 조형을 말하며, 가장 흔히 볼 수 있는 것은 사각형, 원형, 직사각형 등의 외형이 있다. 적합 패턴 구도는 변화가 완벽하여 패턴을 조직할 때 외형의 윤곽에 제



약을 받는다.

연속 패턴은 하나의 기본 패턴으로 상하, 좌우 또는 사면이 순환하는 배열 구도로 연속적으로 패턴의 구성 방법을 이루며, 무한정 연장과 확대가 가능하고 그 구성의 특징은 골격 단위의 중복성과 단위 패턴의 연속성이라고 할 수 있다. 규칙적인 리듬감과 강한 장식성을 갖추고 있어 건축 장식, 염직 프린트, 카펫, 의상 장식 등에 자주 응용한다. 또한 연속 패턴은 양방 연속과 사방 연속 두 가지로 나눌 수 있는데, 먼저 양방 연속은 패턴이 상하 또는 좌우로 이어져 띠 모양이나 막대 모양 패턴을 형성하고 사방 연속은 패턴이 사방으로 뻗어 큰 폭의 패턴을 형성한다. 사방 연속은 규칙적인 조리를 갖추고 있고, 운율 리듬감이 강하여 넓은 면적을 배열하여 사용하기에 적합하며, 조합 패턴은 몇 가지 패턴이 서로 겹쳐 새로운 패턴을 형성할 수 있다. 하지만 패턴 사이의 순서, 서로 교차하는 관계에 주의해야 한다. 배열 방법에 주의하여 고르게 분포하고 공간의 처리가 밀접하여 합리적이다.

생성된 프랙탈 패턴을 텍스타일에 적용할 때, 그에 상응하는 전통 패턴의 기본 구성 방법으로 전환해야 하며, 단지 프랙탈의 특성만을 추구할 수 없고, 텍스타일 전체 스타일과의 조화를 소홀히 할 수 없으며, 다른 양식을 구별하여 그 방법의 디자인과 운용을 진행해야 한다.

### 5.1.2 프랙탈 패턴의 적용

프랙탈 패턴은 적용 방법에 따라 직접 적용과 2차 가공 적용 두 가지로 나뉜다.

직접 적용은 프랙탈로 생성된 패턴을 모두 단독 패턴으로 하는 것, 즉, 전체 패턴은 처음 최초에 생성된 프랙탈 패턴 하나뿐이며, 프랙탈은 무스케일링 특징이 있기 때문에 임의로 확대, 축소함으로써 전체 또는 부분적으로 선명한 패턴을 얻을 수 있기 때문에, 전체로 직접 적용할지 아니면 텍스타일의 다른 위치에 적용하는지에 따라 다른 심미감을 표현할 수 있다. 전체적으로 큰 면적 적용 프랙탈 패턴이 모던하고 미래적이며, 디테일에 부분 활용되어 텍스

타일의 정교하고 우아함을 구현하였다.

2차 가공 운용은 프랙탈 생성 패턴의 기초 위에 2차 디자인을 진행하는 것으로, 모든 생성된 프랙탈 패턴이 텍스타일 원단 디자인에 적합한 것은 아니므로 반드시 먼저 선별, 절취하고, 다시 일련의 수정을 진행해야 한다. 예를 들어 디테일 제거, 비율 조정, 색상 조정 등 디자인 후 양방향 또는 사방 연속 패턴을 만드는 데 적합한 프랙탈 패턴을 만들면 산점, 연결, 겹침 등의 구도로 형성되며, 패턴의 미관, 맞춤 후 용도까지 고려하여 패턴을 가로와 세로로 재단하여 끊임없이 조정하고 시도할 수 있다. Xfader 매끄러운 스플라이싱 소프트웨어(seamless splicing software)를 통해 패턴에 2차 변환 디자인으로 규칙 배열을 형성하고 무질서한 패턴에 리듬을 부여하고, 전통적인 텍스타일과 유사하게 한다. 그리고 다른 패턴과 결합하여 조합 패턴을 형성하거나, 기존의 프랙탈 생성 패턴에 대해 구조 해체, 재구성 등 수단을 통해 변형 등 재가공을 진행한다.

텍스타일에 사용할 때는 패턴 사이의 빈틈없는 접합과 각 패턴의 컬러 매치가 조화롭게 이루어져야 더욱 풍부하게 텍스타일에 적용할 수 있는 패턴의 유형이 만들어진다. Apophysis 분형 프로그램 패턴 생성 과정에서, 프랙탈 패턴은 무한히 세밀한 특징이 있기 때문에 패턴을 축소함으로써 원본과 다른 여러 가지 이미지 효과가 나타날 수 있다. Apophysis 분형 프로그램에서 축소는 벡터 변화와 포토샵 프로그램과는 다르다. 포토샵 프로그램에서는 확대된 이미지를 사용하는 기능을 사용하면 사용할수록 선명도가 떨어지고, 그래픽이 파괴되는 현상이 나타날 수 있다. 그러나 Apophysis 분형 프로그램의 확대된 기능은 이미지가 파괴되는 현상이 없으며, Apophysis 프랙탈 프로그램의 축소 기능을 통해 다양한 형태의 변화를 무한정 만들어낼 수 있고, 효율적으로 복잡한 패턴을 들어 낼 수 있어 디자인을 창작하는 과정에서 효율적이다.

## 제2절 프랙탈 패턴의 텍스타일 디자인 프로세스

첫째, <그림5-1>과 같이 제원에 따라 다른 주제를 추출하고 그에 상응하는 생성 알고리즘을 이용하여 패턴을 창작하는 것을 선택한다. 군브리히는 “단조로운 도형은 사람들의 주의를 끌기 어려우며, 너무 복잡한 도형은 우리의 지각 시스템에 과부하가 걸려 그것을 보는 것을 멈추게 할 수 있다”<sup>73)</sup>라고 말하였다. 텍스타일로서, 창작 중에 프랙탈 반복의 순서, 아핀 변환의 복잡도, 인접 순서 사이의 자기 유사성이 너무 많아서는 안 되며, 패턴 또한 너무 정교할 필요가 없고, 색상 수량 사용은 구체적인 주제, 스타일에 근거하여 선택해야 하며, 너무 많으면 적절하지 않다.

둘째, 창작 프랙탈 패턴의 기본적 사고와 실현은 각종 수학적 함수를 기반으로 IFS 반복 알고리즘으로 이루어진다. 제4장의 프랙탈 패턴 디자인 아키텍처 <그림4-27>을 주축으로 하고, 프랙탈 패턴 디자인 수리적 사고를 적용하여 디자인한다. 그러자면 해당 소프트웨어의 각종 함수와 그것들의 조합된 특성과 도형의 형태 구조, 생성 유닛과 구조 배치 및 아핀 변환, 반복 사상의 원리를 이해해야 한다. 먼저 함수로 패턴 반복 유닛원을 생성하고, 다음 전체 구조함수, 반복 함수를 만들고, 반복과정에서 아핀 변환 삼각형을 조작하여 반복, 겹침, 크기 조정 등의 형성원리 변환을 완성하고, IFS 코드 변경을 통해 최종 패턴을 생성한다. 다른 프랙탈 생성 알고리즘 사상과 소프트웨어의 차이가 크다는 점을 고려하여 본문에서는 IFS 알고리즘에 기반한 Apophysis 7X 소프트웨어로 디자인 창작을 진행한다. 이 소프트웨어는 자체 함수 플러그인을 많이 가지고 있으며, 많은 예술가, 수학자 등이 다양한 형태의 함수 플러그인을 만들었는데, 이러한 함수 수학 특징과 그 그래픽 형태 및 상호 결합의 특징을 알고 함수 플러그인을 합리적으로 선택하여 디자이너의 아이디어를 통해 디자인하는데, 이런 부분이 프랙탈 패턴 디자인을 하는데 고충이라고 할 수 있다.

셋째, 창작된 패턴은 텍스타일디자인 규칙에 따라 직접 적용할지, 아니면 2

73) 贡布单希著, 「艺术发展史」, 天津人民出版社, 2006, p.374.

차 가공할지 선택한다.

넷째, 최종 패턴에 근거하여 어울리는 텍스타일 스타일 디자인(2차원 의상 패턴 그리기 및 무늬 맞추기 예 <그림 5-2>, 원단 소재 선택 <그림 5-3> 포함) 및 3차원 시뮬레이션 전시를 진행한다.

앞의 1, 2단계는 프렉탈 패턴의 디자인과 개발에 속하고, 뒤의 3, 4단계는 텍스타일에 사용하는 디자인과 개발에 속하며 전체적으로 텍스타일의 프렉탈 패턴 디자인 및 전시 흐름을 보여준다.

전통적인 디자인은 일반적으로 2차원 평면에서 제작되어 전체적인 디자인과 구조를 직접 보기가 어려우며, 반드시 견본에 따라 원단을 재단하여 실제 시제품으로 제작해야 한다.

의상은 실제 사람이나 런웨이에서 피팅 전시를 진행해야 하고, 실내 텍스타일은 실내 공간에 놓고 전시 평가를 진행해야 한다. 그리고 전체 패턴 디자인과 제판 부분이 완전히 분리되어 디자이너와 패턴 메이커와의 의사소통이 불편하고, 개발 과정이 느려지며, 각각의 스타일은 샘플을 제작해서 원단 및 기타 자원을 낭비하게 된다. 거기다가 만약 색조를 바꾸거나 원단의 배합 비율을 바꾸려면 디자이너가 다시 그려야 하므로 소비되는 시간은 말할 것도 없고, 소비되는 체력 또한 만만치 않아, 효율적이지 못한다. 그러면서 실행한 효과 이미지와 실물 사이의 차이는 여전히 매우 커서, 디자인의 실제 응용 효과를 정확하게 반영하지 못한다. 따라서 컴퓨터 과학의 발전에 따라, 가상현실 기술, 시뮬레이션 기술, 그래픽 학 기술이 텍스타일 디자인에 적용되는 과정에서, 전체 디지털화 디자인을 실현하여 원단의 시뮬레이션, 가위질, 재봉의 시뮬레이션을 실현해야 한다.

전통적인 시제품 제작에 비해 디지털 가상 제품은 디자인 주기를 크게 단축할 수 있으며, 가상 소프트웨어 환경에서 3차원 종이 샘플을 빠르게 봉합하여 가상의 3차원 형태 및 각종 재질의 원단 특성을 더욱 빠르게 나타낼 수 있다. 본 논문에서는 CLO3D 및 3ds Max 소프트웨어가 컴퓨터 3차원 환경에서의 가상 텍스타일 시뮬레이션 실제 텍스타일의 원단 색상, 표현효과, 구김도, 투명도 등을 잘 구현할 수 있다. 그리고 본 논문에서 언급했던 CLO3D 및 3ds Max

2020 소프트웨어를 사용하여 텍스타일 3차원 가상 시뮬레이션 디자인 및 효과 전시와 비교하여 실시간으로 2D와 3D 동시 시뮬레이션이 가능하여 즉각적인 의상 패턴, 색상 및 무늬와 세부사항 등 수정 효과를 볼 수 있다. 그리고 개발 과정에서 실시간 검사를 할 수 있으며, 실시간 디자인 수정 및 그에 따른 수정 의견 및 방안을 제시할 수도 있다. 그러면서 시뮬레이션을 통해 제품의 성능에 대한 정성과 정량의 진술을 일찍 파악할 수 있고, 이로 인해 시험 구조와 샘플의 생산비가 비싸고 시간이 소요되는 부분을 피할 수 있게 될 것이다.

디지털 디자인은 텍스타일 의 패턴을 빠르고 정확하게 표현할 수 있을 뿐만 아니라, 또한 표현해야 할 텍스타일 완제품의 평면 효과부터 3차원 시뮬레이션 효과까지 쉽게 구현할 수 있게 되어, 디자이너에게 더 많은 상상 공간과 발전 공간을 제공하므로 디자인에 대한 표현력을 더욱 분명하게 표현할 수 있다.

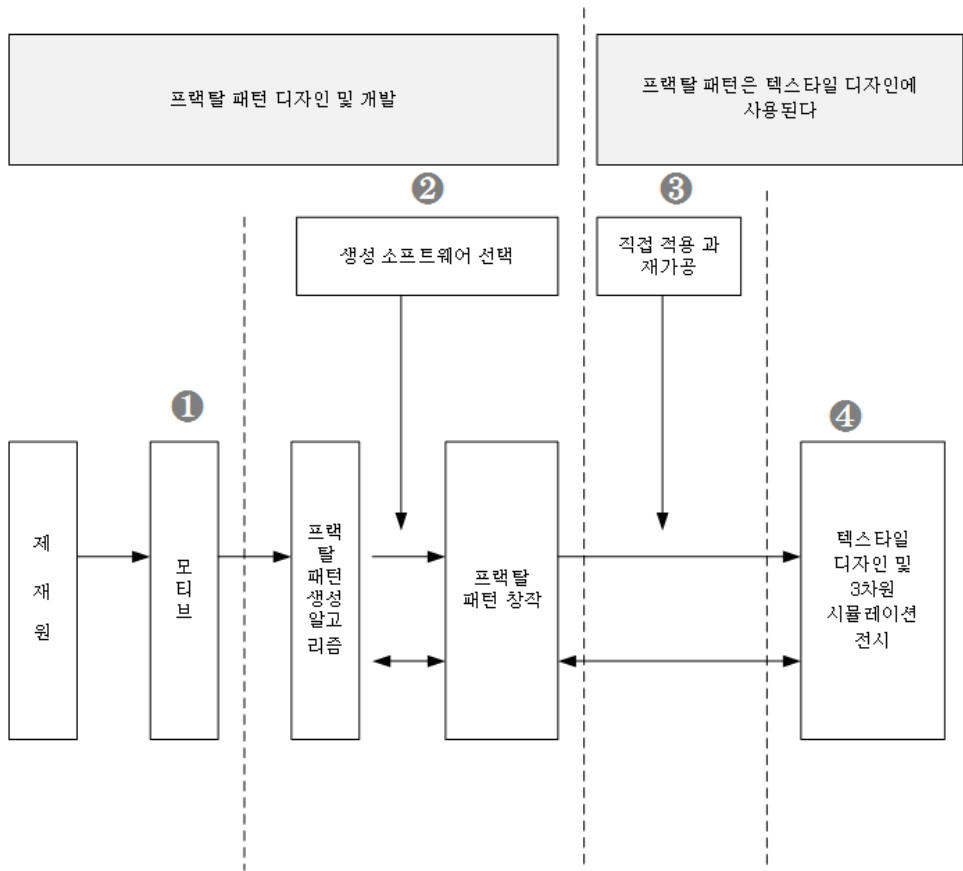


그림 5-1. 텍스타일 디자인 프로세스

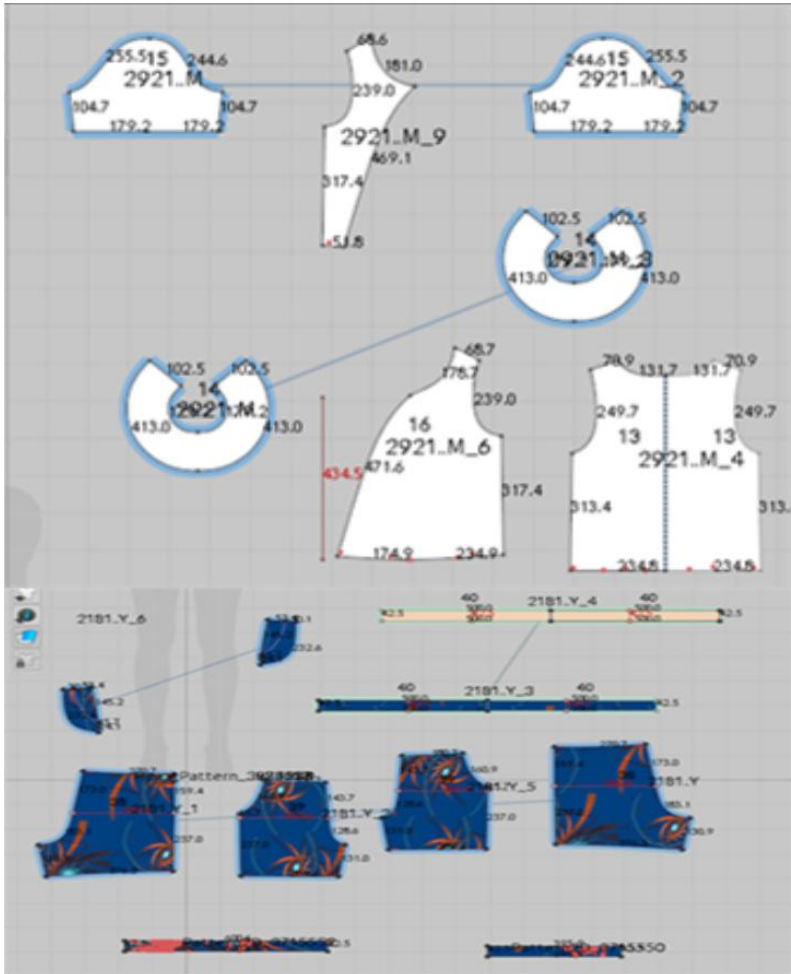
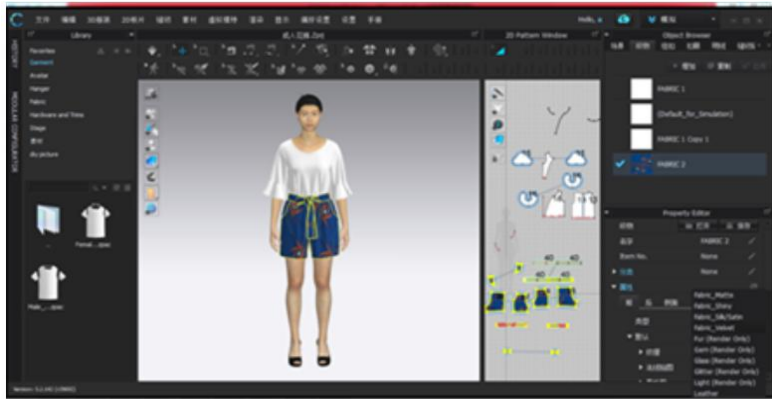
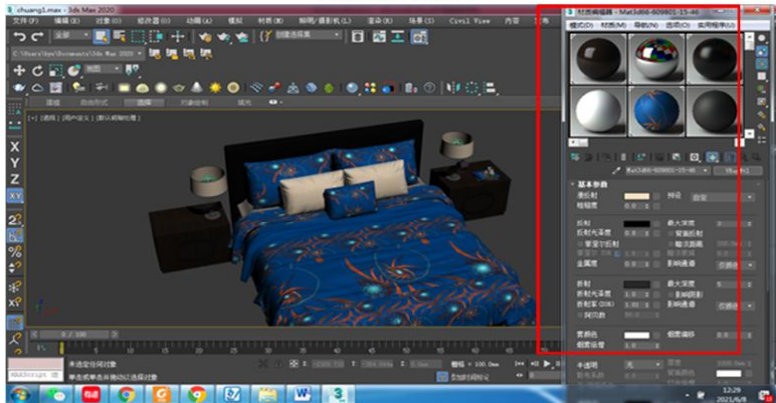


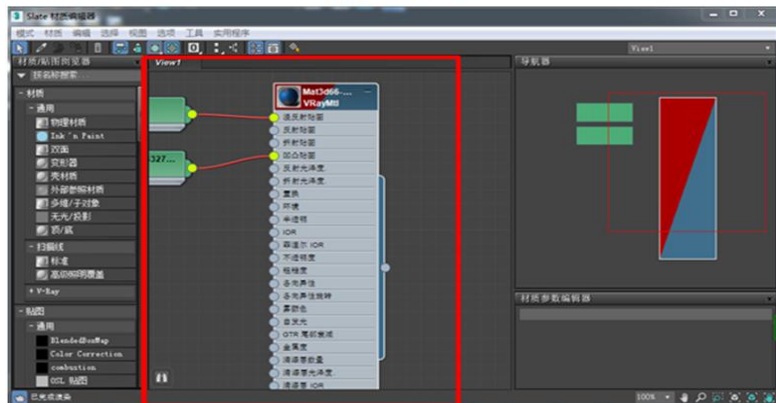
그림 5-2. 2차원 의상 패턴 그리기 및 무늬 맞추기



3Dmax2020 재질선택



3Dmax2020재질선택



3Dmax2020재질선택경계면

그림 5-3. 재질의 선택



### 제3절 프랙탈 패턴의 디자인 및 개발

위의 디자인 프로세스에 따라 프랙탈의 형성 원리와 특징을 이론 기초로 다른 작품의 주제, IFS(반복 함수) 시스템 생성 알고리즘을 사용하고, 프랙탈 패턴에 따른 디자인 아키텍처, 프랙탈 패턴 디자인 수리적 사고를 사용하여, Apophysis 프랙탈 소프트웨어를 선택하여 제작한다.

본 디자인은 이미지에서 모티브를 추출하여 패턴을 구성하는 주제를 설정한 후 특징을 분석하고 최소 생성 유닛 이미지를 추출한 후, 프랙탈의 형성 원리와 특징에 따라 프랙탈 기하학에서의 수학 함수와 아핀 변환 등을 통해 초기 반복 유닛 이미지를 생성하고, 반복을 통해 최종적인 이미지 디자인을 완성한다. 또한 Apophysis 프로그램 및 수학적 사고를 이용하여 다양한 프랙탈 패턴을 빠르게 제작한다.

본문 연구는 교회에서 가지고 있는 프랙탈의 이미지를 모티브로 하여 패턴을 개발하였으며, 자라는 장미꽃과 영전하화, 그리고 건축장식용 스테인드글라스가 대표적이다. 이러한 사물이 가진 유사성, 불규칙 등의 특징은 프랙탈과 유사한 특징을 가지고 있어 프랙탈 알고리즘을 통해 표현할 수 있다. 따라서 이러한 교회에서 흔히 볼 수 있는 요소들을 추출하여 장미, 영전하화, 스테인드글라스를 디자인 모티브로 할 것이며, 본 논문에서는 모티브의 형태를 모든 이미지의 기초 선과 면으로 간소화해 프랙탈 알고리즘을 통해 시뮬레이션으로 구현하고자 한다.

### 5.3.1 장미의 패턴 디자인 1

모티브: 장미



그림 5-4. 장미꽃 모티브 추출

장미는 장미과에 속하는 식물로서 낙엽관목, 가지에 가시가 많은 나무, 홀수 우상복엽, 작은 잎 5-9조각, 타원형, 꽃잎이 거꾸로 난형, 홀잎 또는 겹잎, 꽃이 자홍색, 흰색, 편구형이 있다. 장미꽃은 세계 어느 지역에서나 아름다움을 대표하는 데 사용되고 있다.

1단계에서는 장미꽃의 이미지를 선택하여 기하학 형태 모티브를 정한다. <그림 5-4> 꽃잎의 가장자리가 점점 축소, 중첩, 중복되어 프랙탈의 구조를 표현하면 원 가운데 원의 모양으로 겹겹이 겹쳐져 전체적 구조의 윤곽은 원형으로 볼 수 있다.

2단계는 IFS 시스템 생성 알고리즘 <그림 4-28>을 사용하여 생성된 패턴의 생성 유닛 함수와 구조함수의 선택 및 생성을 확정한다.

창작 아이디어는 <표 5-1>과 같이 먼저, 아핀 변환 삼각형을 만들고, 그 안에 여러 함수 및 함수 간 상호 조합, 맵핑, 프랙탈 유닛 생성, 이미지 구조 등을 추가한다. 그다음, 생성된 프랙탈 유닛을 이미지 구조에 넣고, 생성 알고리즘에 따라 반복하는데, 이 과정에서 아핀 변환 삼각형 간 상호 맵핑 관계와 프랙탈 형성원리에 따라 생긴 무한정 미세한, 자기 유사성, 내포 구조의 기하학적 장미 패턴을 최종적으로 설정할 수 있다.

표 5-1. 장미 프랙탈 패턴 창작

모티브1	형성원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴
 장미	반복 스케일링 중첩	아핀변환 삼각형1:   그림 5-5. Ring2함수	아핀변환 삼각형2:   그림 5-6. Julian함수		 그림 5-7. 장미1
		Ring2_val =링절개층수	Julian_power =분엽 개수 Julian_dist =인장 정도		 그림 5-8. 장미2

이 프랙탈 패턴의 기본 프랙탈 원은 원형으로 <그림 5-5>링2함수로 생성되며, <그림 5-6>줄리안 함수를 통해 패턴의 전체 구조를 생성하고, 마지막으로 형성 원리 및 매개 변수를 미세 조정하여 선의 색상, 위치, 굵기, 회전 각도 등을 변화시켜 무질서한 듯 보이지만 어떤 규칙에 따르는 형태를 나타낸다. 그리

고 이미지의 곡선들이 서로 연결되어 정교하고 역동적인 형태의 이미지를 생성해낸다. 그러면서 반복 과정을 거쳐 최종 이미지의 무작위 다양성을 실현하여 점진적인 리듬을 볼 수 있고 시각적인 리듬감을 반복적으로 느낄 수 있다. 두 개의 프랙탈 장미 작품의 IFS 코드 <표 5-2> <표 5-3>, IFS 코드에서  $W$ 는 아핀 변환 삼각형을,  $a, b, c, d, e, f$ 는 아핀 변환 계수로,  $p$ 는 확률로 나타내며, 두 표에서 알 수 있듯이, 아핀 변환 삼각형 1, 2는 구체적인 매개 변수 차이에 따라 세부적인 차이를 가져온다. 조작 시 아핀 변환 변수를 변경하거나 IFS 코드에서 임의의 매개 변수를 변경해도 다양한 이미지를 생성하는 외형을 변경할 수 있으며, <그림 5-9>와 같은 다른 형태의 프랙탈 장미를 생성할 수 있다. 이 중에서 같은 구성의 다른 생성 패턴을 선택한 것도 점진적인 리듬을 표현한다. <그림 5-7>과 <그림 5-8>은 생성 패턴 결과를 나타낸다.

표 5-2. 프랙탈 장미1의 IFS 코드

w	a	b	c	d	e	f	p
1	-0.7684	0.4291	-0.4291	-0.7684	0.3662	0.2746	50
2	1	0	0	1	0.0166	-0.0083	10

표 5-3. 프랙탈 장미2의 IFS 코드

w	a	b	c	d	e	f	p
1	0.9537	-0.3223	0.6376	0.2854	0.4918	-0.1764	50
2	0.9883	-0.0116	0.0226	1.0225	-0.0116	0.0225	5

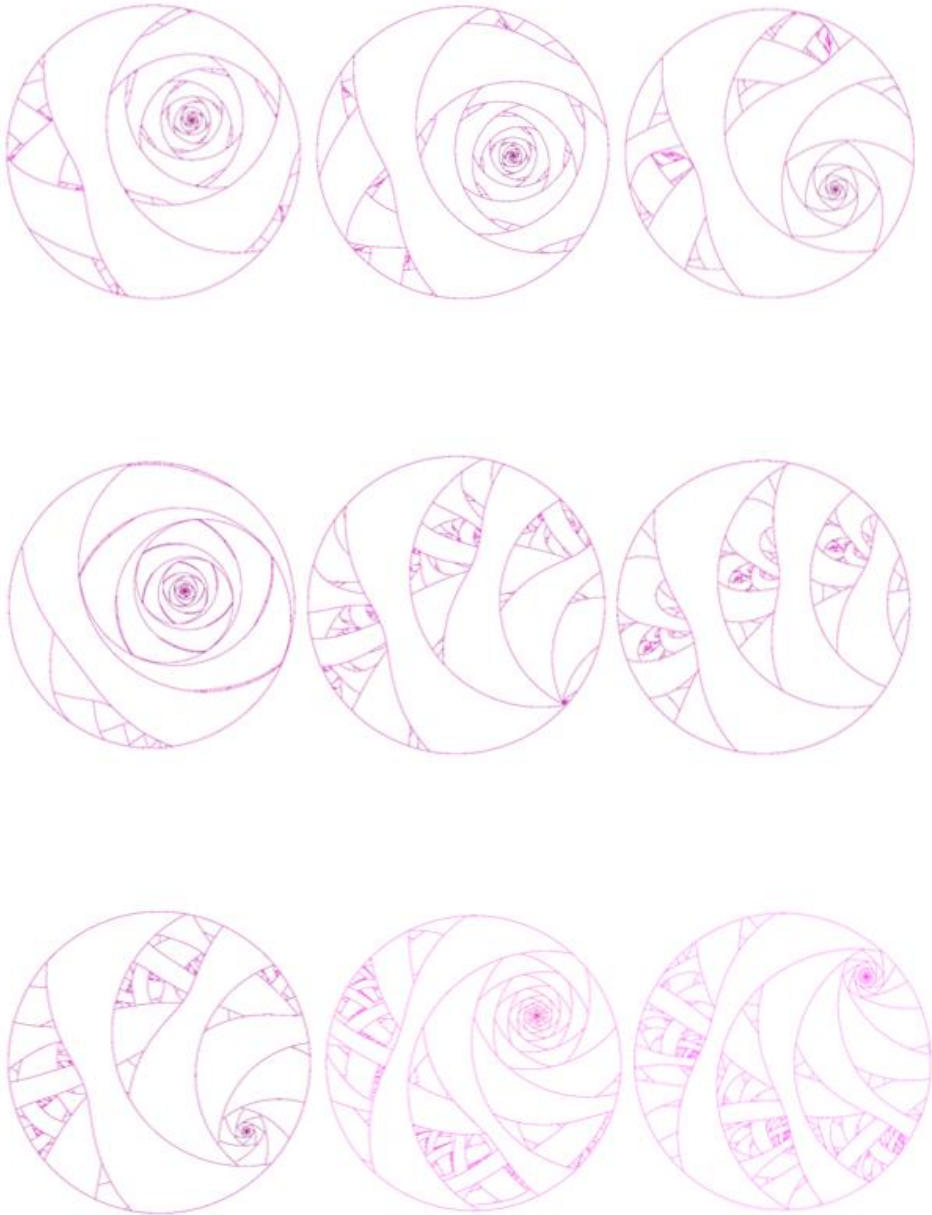


그림 5-9. 다른 형태의 프랙탈 장미

### 5.3.2 영전하화의 패턴 디자인 2

모티브:영전하화(令箭荷花)

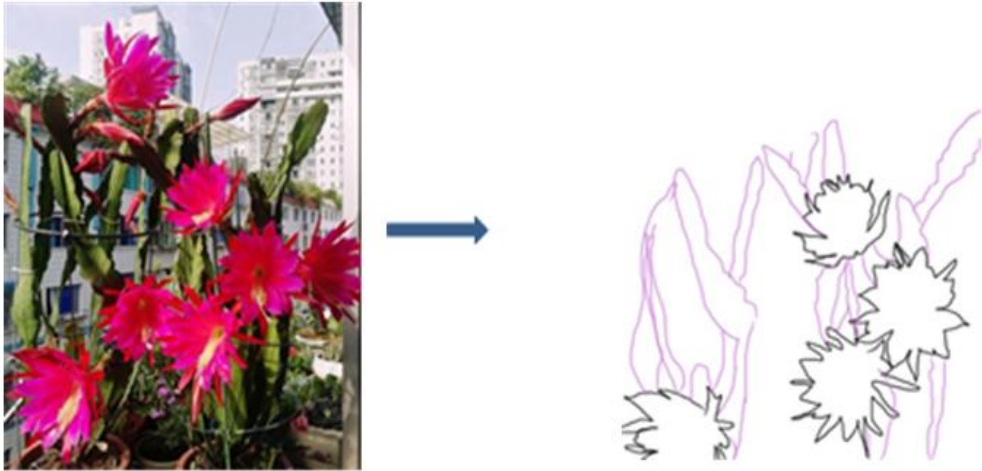


그림 5-10. 영전하화 모티브 추출

영전하화<sup>74)</sup>는 선인장목 선인장과, 다년생 초본 관상식물이다. 건조 온열 지대가 원산지이며 가을에 견디기 위해 영전하화의 잎은 퇴화되어 납작한 피침형 잎사귀로 되어 있으며, 잎줄기는 영전과 같고 꽃줄기는 구부러져 있다.

그것은 아름답고 경쾌한 자태와 눈부시게 아름다운 색채, 그리고 매혹적인 향기로 매우 사랑받고 있다.

1단계에서는 영전하화의 이미지를 선택한다. 줄기가 편평하고 모양은 화살 같고 꽃은 수련 같으며, 색은 화려하고 많은 가지가 있고, 군생 관목상으로 꽃은 대형이며, 줄기 마디 양쪽의 가시 자리에서 피어나고 꽃잎은 가늘며 나팔 모양이다. 꽃이 겹꽃잎이거나, 추상적인 특징을 통해 모티브 <그림 5-10> 와 같은 기하학 형태로 형성한다. 전체적인 구조는 일정한 윤곽이 없으며, 프랙탈의 불규칙한 구조로 나타낸다.


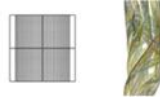

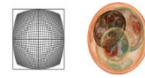

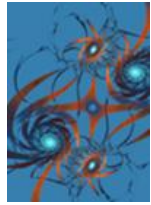
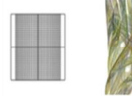
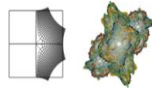


2단계는 IFS 시스템 생성 알고리즘을 사용하여 기본 생성 패턴의 생성 유

74) 영전하화:<https://m.blog.daum.net/wh8692/4222>, 자료검색일: 2021.08.20.

닛 함수와 구조 함수의 선택 및 생성을 확인한다.

창작 아이디어는 <표 5-4>와 같다. 모두 두 개의 아핀 변환 삼각형 변환을 설정하였으며, 아핀 변환 삼각형 1은 주체 구조로 세 개의 함수를 사용한다. Spherical 구면 함수는 주체 구조 함수로 나머지 Eyefish 함수와 Cylinder3D는 수정적 함수이다. 변수를 설정하여 형태의 뒤틀림 변형을 하고, 규칙적인 주춧돌 밴드를 불규칙한 가로, 세로, 깊이가 다른 공간, 층위감을 가진 납작한 영진 모양으로 변형한다. 아핀 변환 삼각형 2는 Cylinder 3D 함수와 Pre-blur 3D 두 함수를 사용하여 아핀변환 삼각형 1구조에 채워 넣을 생성 유닛을 만든다. 바로 하나의 뿌리인 기둥 모양의 밴드로, 아핀 변환 삼각형 1과 2가 서로 반복하여 영향을 미친다. 밴드는 삼각형 1의 주체 구조로 분포하여 모티브와 유사한 편평한 줄기 프랙탈 유닛을 생성한다. 최종적으로 변형한 삼각형 3은 Finaltransform(약칭 FT)으로, 현재 내용 전체를 자신의 모양으로 변형한 것으로, 전체 커버에 효과를 준다. 여기에는 앞에 완성된 요소들을 Julian 함수로 접는 형태 효과도 있으며 생성 유닛을 Julian 함수 반복에 넣고 Julian\_power=2를 통해 네 송이 나팔 모양 꽃송이가 나타낸다. Julian\_dist =1 구체적인 꽃줄기에 음영을 입히고 일련의 프랙탈 형성 원리를 통해 이동, 회전, 변형, 겹침 등의 아핀 변환 삼각형 변환 조작을 통해 <그림 5-11>과 같은 영전하화 프랙탈 패턴을 추상화한다.

표 5-4. 영전하화 프랙탈 패턴 창작

모티브2	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
 영전하화	반복 스케일링 왜곡	아핀변환 사각형2:  Cylinder3함수 Cylinder3D =0.13	아핀변환 사각형1:  Spherica함수 Spherical=3 		
		입자흐림 효과 Pre-blur3함수 Pre-blur3D=4 Weight=0.5	Eyefish함수 Eyefish =0.25  Cylinder3함수 Cylinder=0.2 Weight=20  아핀변환 사각형3:  Julian함수 Julian-power =2 Julian-dist =1		 그림 5-11. 영전하화1

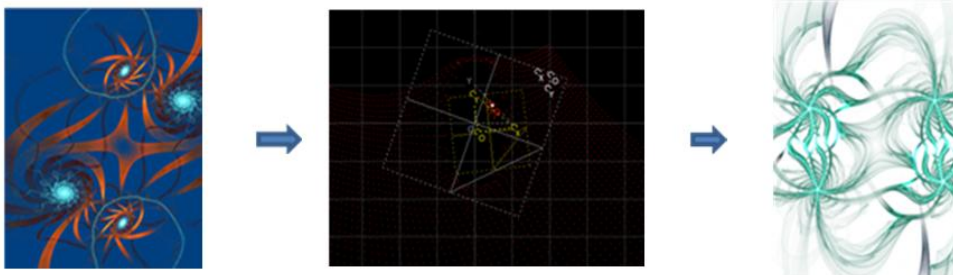


### 5.3.3 영전하화 확장의 패턴 디자인 3

5.3.2 디자인-영전하화의 프랙탈 작품 <그림 5-11>을 기반으로 한다. <그림 5-12>프랙탈 패턴은 <그림 5-11>프랙탈 패턴과 동일한 함수, 매개 변수, 각 아핀 변환 삼각형의 가중치를 가지지만, 아핀 변환 삼각형의 수동 조정은 프랙탈 형성 원리에 따라 축소, 반복, 왜곡, 중첩 등 일부만 변형한다.

<그림 5-13> 프랙탈 패턴과 <그림 5-11>프랙탈 패턴도 같은 함수로, 매개 변수, 아핀 변환 삼각형의 가중치를 가지고 있으며, 최종 아핀 변환 삼각형에만 sinusoidal 정현 함수를 추가하여 주체를 직사각형 형태로 바꾸어 반복하고, 프랙탈 패턴의 비선형적 특성을 잘 나타내 예측 불가능, 무작위성을 갖게 한다.

<그림 5-14> 프랙탈 패턴의 확장 창작에서 하나의 기본 패턴 중에서 여러 가지 형태가 각기 다른 프랙탈 패턴을 빠르게 추출해 낼 수 있다는 것을 볼 수 있으며, 비록 아주 작은 변동에도 큰 변화를 일으키기 때문에 때때로 일정한 통제 불능성을 가지고 있지만, 동시에 창작 과정에서 끊임없이 생각을 불러일으킬 수 있고, 결과에서는 자신의 생각을 표현할 수 있는 이미지를 추출할 수 있다. 예쁜 프랙탈 패턴은 끊임없이 성능 시험을 통해 만들어지는 것이 프랙탈 패턴의 비선형성 표현이다. 창작 아이디어는 <표 5-5>와 같다.



프랙탈 원리 변형 경계면

그림 5-12. 영전하화의 확장1



그림 5-13. 영전하화의 확장2

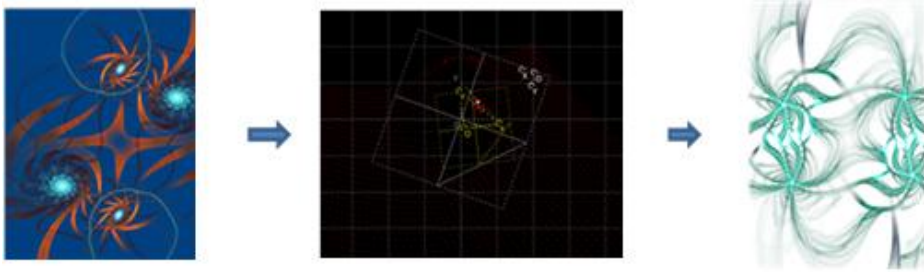


그림 5-14. 확장 창작 생성 과정

표 5-5. 영전하화 확장 프랙탈 패턴 창작

모티브3	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
 영전하화 확장	반복 스케일링 왜곡	모티브B 같음	모티브B같음		
		모티브B 같음	모티브B 구조함수 기초에 추가  Sinusoidal 함수		

### 5.3.4 스테인드글라스의 패턴 디자인 4

모티브: 스테인드글라스

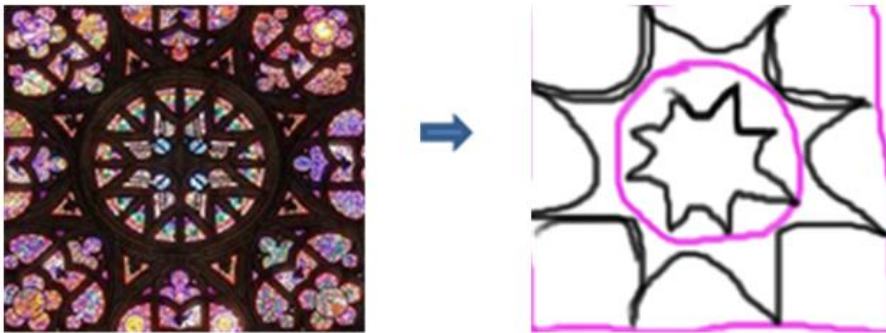


그림 5-15. 스테인드 글라스 모티브 추출

스테인드글라스는 건축 장식품으로 교회에서 흔히 볼 수 있는 건물 벽면에 설치하는 것으로 그 작용 원리는 햇빛이 유리를 비추면 찬란하게 빛나는 효과를 만들 수 있다. 또한 중앙에서 바깥으로 방출되는 분할된, 깨진 형태로 여러 꽃잎의 장미꽃처럼 보인다.

1단계는 고딕식 스테인드글라스 이미지를 선택하여 가운데를 기본점으로 하여 사방으로 확산한다. 안과 밖 부분적으로 유사한 패턴이 많으며 추상적 특징을 통해 기하학 형태를 확정한다. <그림 5-15> 참고.

2단계는 IFS 시스템 생성 알고리즘을 사용하여 기본 생성 패턴의 생성 유닛 함수와 구조 함수의 선택 및 생성을 확정한다.

창작 아이디어는 다음과 같으며, 모두 네 개의 아핀 변환 삼각형 변환을 설정했다. <표 5-6> 참고.

아핀 변환 삼각형 1은 세 개의 함수를 사용하였고, Bubble, Julian, Pre\_blur 는매개 변수를 조정하여 하나의 원형 물결무늬를, 아핀 변환 삼각형 2는 Ngon 함수를 사용하여, Ngon\_sides=4 직사각형 구조를 생성하였다. 아핀 변환 삼각형

1과 2리 함수의 상호작용과 매핑 설정을 통해 그 무늬를 직사각형 구조에 비추어 물결 구조적 사각 틀의 프랙탈 유닛을 생성하였다. 아핀 변환 삼각형 3은 Splits로 분열된 구조를 만드는데, Splits\_x=1, Splits\_y=1 매개 변수를 음수로 만들어 분열된 외부 요소를 x, y축에서 안쪽으로 수축한다. 아핀 변환 삼각형 4는 Linear 함수로 선형 크기 조절 반복을 하였으며, Linear3d=0.51 도형 효과를 원래의 2분의1 비율로 축소하여 반복 복사하고, 형성원리를 거쳐 직사각형 틀에 깨지는 듯한 <그림 5-17>스테인드글라스와 같은 반복 프랙탈 패턴을 구현한다. 교회 스테인드글라스에 <그림 5-16>과 같은 네잎 클로버가 항상 존재하며, Ring 2 함수로 네 잎 클로버 형태를 모방하여 구조에 반복을 생성하여<그림 5-18>와 같은 컬러 스테인드글라스 2를 만들어낸다.



그림 5-16. 네 잎 클로버 이미지

표 5-6.스테인드글라스 패턴 창작

모티브4	형성원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
 스테인드 글라스	반복 스케일링 중첩	아핀변환 사각형1:   Julian함수 julian=1;julian _power=60	아핀변환  사각형3: Splits함수 Splits=1.5 Splits_x=-1 Splits_y=-1		 그림 5-17. 스테인드 글라스1
		아핀변환 사각형2:   Ngon함수 Ngon=1.5	아핀변환  사각형4: Linear3D함수 Linear3D=0.5		
	반복 스케일링 중첩	위와 같은 기초에 증가 아핀변환 사각형5:   Rings 함수	위와 같음		 그림 5-18. 스테인드 글라스2

전통적인 패턴 디자인보다 수학적 함수를 이용한 프랙탈 패턴의 혁신과 디자인은 유닛이 단순한 직선이나 원형일지라도, 프랙탈 디자인에서 무한한 가능성을 가진 패턴이 생성되며, 유닛 함수와 패턴 구조 함수의 변환을 통해 되풀이하여 새로운 도형을 형성하고 독특한 규칙을 가지고 있다. 함수에서, 하나의 수치를 변동시키면, 전체 함수 형태에 여러 가지 형태의 변동이 생길 수 있으며, 이러한 변동은 여러 방면에 있어 심지어 전체 공간으로 확대될 수도 있다. 프랙탈 패턴 생성 과정에서, 부분과 전체의 자기 유사성을 나타내고, 프랙탈 형성 원리에 대응한 수학적 아핀 변환 조작이나 IFS 코드 조정으로도 패턴의 무작위성과 비선형성 변환을 나타낼 수 있다.

### 5.3.5 레이스 면사의 패턴 디자인 5

모티브:레이스 면사

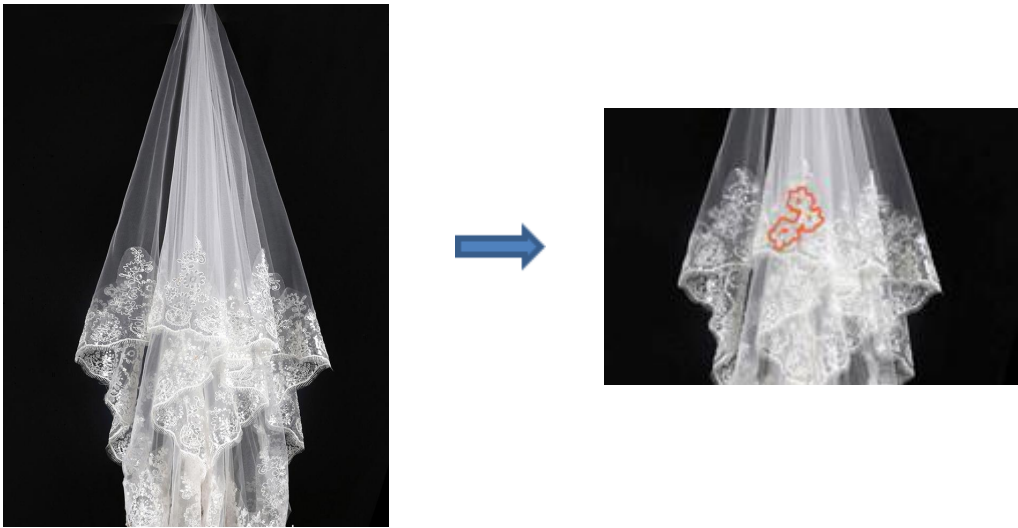


그림 5-19.레이스 면사 모티브 추출

레이스 면사 : 현대 서양식 결혼식은 자주 성당에서 거행되고 있으며, 레이스 면사는 결혼식의 필수 장식품으로 사용되고 있다. 신부의 아버지가 딸을 신랑에게 맡긴 후, 신랑이 직접 면사를 벗긴다. 카톨릭에서 신부가 면사를 쓴다는 것은 순결을 뜻한다. 레이스 면사는 복잡하고 세련된 편칭 무늬가 특징인 직물로, 거즈나 실로 만들어져 그물망을 이루어져 있으며, 실타래로 서로 엉켜서 꽃망울을 낸 원단이다. 또한 불규칙적인 패턴의 실제적인 듯하면서도 비슷한 셀과 구조로 이루어져 있어 프랙탈적인 특징이 있다.

제1단계 레이스 그래픽 면사를 선택하여 기본적으로 작은 덩어리를 프랙탈













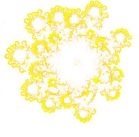







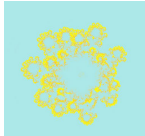
로 셀을 형성하여 앞뒤로 퍼지게 한다. 부분적으로 전체와 비슷한 덩어리가 많아 추상적인 특징을 통해 기하학적 형태를 정한다. <그림 5-19> 참고.

제2단계는 IFS(반복함수) 시스템 생성 알고리즘을 사용하여 기본 생성 패턴의 생성 셀 함수와 구조 함수의 선택 및 생성을 확인한다.

창작 아이디어는 다음과 같다 : <표 5-7>과 같이 모두 3개의 아핀변환 삼각형 변환을 설정하였다. 아핀변환 삼각형 1은 두 개의 함수 조합, spherical 구면 함수, horseshoe 말발굽 함수를 사용한다. 인자를 조정하여 상호작용으로 하나의 덩어리가 생성된다.

아핀변환 삼각형 2는 spherical 구면함수, spiral 나선함수, diamond 함수 상호 작용과 매핑 설정을 사용하여 덩어리를 적절하게 변형시켜 불규칙한 프렉탈 유닛을 형성한다. 아핀변환 삼각형 3은 julian, julian 3d 함수를 이용하여 세대 별 꽃 구조를 생성하며, 3D 마크가 달린 함수를 이용하여 깊이감 있는 구조를 구현할 수 있다. Linear 함수로 선형 크기 조절을 하여 Linear3D = 0.1 도형 효과를 원래의 10분의 1 비율로 축소하여 순차적으로 복사하고, 형성 원리를 거쳐 julian 꽃 모양에 <그림 5-20>과 같이 면사 레이스 패턴을 형성한다. 레이스 패턴의 적용 범위를 넓히기 위해 노란색을 선택해 표현한 것으로 사랑과 풍요의 상징이다. <그림 5-21>은 배경색을 청록색으로 변경한 레이스 면사 패턴이다.

표 5-7.레이스 면사 패턴 창작

모티브5	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
	반복 스케일링 중첩	아핀변환 사각형1:   spherical함수 spherical=1   horseshoe함수 horseshoe=0.02 weight=0.5	  linear3d =0.1  		 그림 5-20. 레이스 면사1
		아핀변환 사각형2:   spherical함수 spherical=0.022   spiral함수 spiral=0.025   diamond=0.04	Julian함수 Julian=0.67 Julian_power=7 Julian_dist=1 Julian3d_power=7		 그림 5-21. 레이스 면사2

### 5.3.6 백합의 패턴 디자인 6

모티브:백합

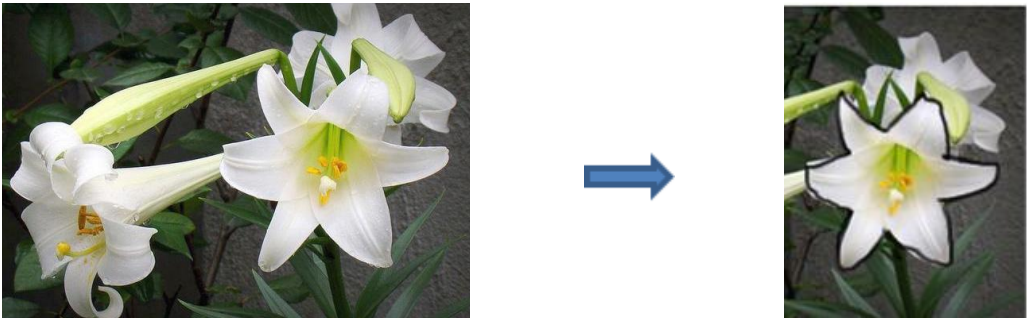


그림 5-22.백합 모티브 추출

백합: 다년생 초본식물, 자주 관상식물로 꽃잎이 6장이고, 성당 곳곳 백합 꽃으로 장식한다. 흰색, 노란색, 핑크색, 금색, 자홍색 등 순결을 상징한다. 없어서는 안 될 성스러운 꽃으로 고상한 느낌을 지녔다.

제1단계 백합꽃의 이미지를 선택하여 각각의 백합꽃은 6개의 꽃잎으로 이루어져 있으며, 각각의 꽃잎 모양이 비슷함을 관찰한다. 크기가 다른 백합꽃들이 각기 다른 위치에서 하나의 큰 꽃 바다를 이룬다. <그림 5-22> 참고.

백합꽃 한 송이를 기본 유닛으로 하여, 전후좌우로 퍼지고 반복되며, 겹치는 등, 백합꽃의 6개의 꽃잎을 특징으로 하여 기하학적 형태를 정하고, 3D 효과의 함수를 사용하여 꽃망울의 개방적 중합 정도를 표현한다.

제2단계는 IFS(반복함수) 시스템 생성 알고리즘을 사용하여, 기본 생성 패턴의 생성 셀 함수와 구조 함수의 선택 및 생성을 확인한다.

창작 아이디어는 다음과 같다 : <표 5-8>과 같이 세 개의 아핀변환 삼각형 변환을 설정하였으며, 아핀변환 삼각형 1은 네 개의 함수 조합, `per_blur`, `ztranslate`, `zcone`, `separation`을 사용하여 꽃이 피는 정도를 제어한다.

separation 이 변환의 효과는 분열적이고, 발산적이다. 따라서 Separation\_x, Separation\_y를 통해 좌표 x, y 축에 발산되는 폭을 조절한다. ztranslate, zcone, 함수 변환 효과로 꽃의 봉오리가 모이는 정도, 수직으로 변화, 입체감 있는 변화를 조절한다. per\_blur 모호한 입자를 더하여, 이 함수들은 아핀변환 삼각형 2의 julia(3D) 함수에 작용하여, julia(3D) power가 음수를 취할 때, 기존 이미지의 안팎을 뒤집는다. 따라서 아핀변환 삼각형 효과가 마이너스 julia (3D) power의 julia 3D에 투영될 때, 발산효과는 닫혀 모이는 형태로 변했다. julia (3D) power=-3, 여기에 julia그림의 분열효과를 더하면 꽃잎 6개를 가진 아름다운 백합꽃이 된다.

다시 백합꽃이라는 프랙탈 유닛을 아핀변환 삼각형 3에 넣고, Linear 함수로 선형 크기 조정하여, Linear3D = 1 도형 효과를 원래대로 복사하여 형성원리 적인 작업을 거쳐 <그림 5-23>과 같이 백합 문양을 형성한다. 컬러는 color-speed=0~1 사이를 사용하는데, 점점 길어지고, 흰색 백합꽃에서 보라색으로 점진적으로 변화된다. <그림 5-24>는 <그림 5-23>과 같은 패턴이지만 색상만 다른 패턴이다.

transf1 형태가 transf2 화형에 매핑된 후, transf2에서 transf3로 매핑되는 구조에서 반복적으로 패턴을 생성하며, 그 중 아핀변환 삼각형 가중치를 설정하여도 반복 횟수를 조절할 수 있다. 가중치를 줄수록 이러한 아핀변환 변화는 그림에서 더욱 뚜렷하게 나타난다. 3D 도안을 만들 때. 피치(pitch) 제원도 조절해야 하는데, 그러면 우리의 시각이 기존 부시에서 측면 위쪽으로 바뀌게 된다. 구체적인 인자는 <표 5-9><그림 5-25>에 나타난다.

표 5-8. 백합 패턴 창작


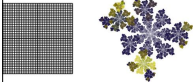


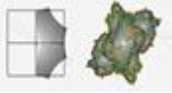


모티브6	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
	반복 스케일 링 중첩	아핀변환 사각형1: (퍼지 효과) Pre_blur함수  (수직 변화) ztranslate함수 zcone함수 (분산 효과) separation=2 separation _x=0 separation _y=0.8	 line3d함수 line3d=1		  그림 5-23. 백합1
		  Julian함수 Julian3d=1 Julian_power ==-3			  그림 5-24. 백합2

표 5-9. 아핀 삼각형 매핑 관계 매개 변수

아핀 변환 삼각형 transformations	Form	To
아핀 변환 삼각형1 Transf 1	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=1	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=0
아핀 변환 삼각형2 Transf 2	Transf 1=1 Transf 2=0 Transf 3=1	Transf 1=1 Transf 2=0 Transf 3=1
아핀 변환 삼각형3 Transf 3	Transf 1=0 Transf 2=1 Transf 3=1	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=1

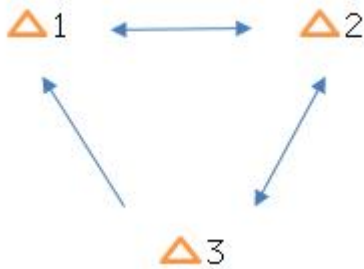


그림 5-25. 아핀 변환 삼각형 매핑 관계도

### 5.3.7 돔의 패턴 디자인 7

모티브: 돔

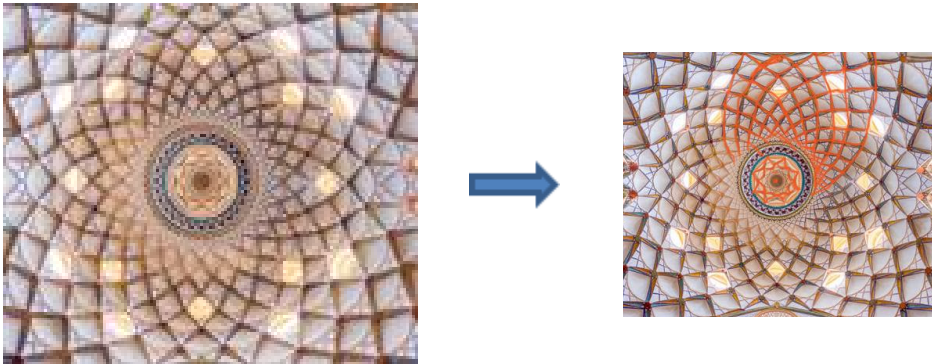


그림 5-26. 돔 모티브 추출

돔(Dome) : 종종 볼 수 있는 건축구조로, 속이 비어있는 공의 상단부와 같은 구조이며, 돔의 가로 절단면은 반드시 온전한 원구형이 아니라 타원형일 수도 있다. 교회 건축에서 흔히 볼 수 있으며, 내부에서 위로 보면 돔의 벽화를 볼 수 있는데, 외곽은 보통 원형으로 되어 있어 '우주 전체'를 상징한다. 내부는 모두 기하학적 디테일로 페인팅을 가하여 무한한 상상을 불러일으키는 아름다움을 창조하였으며, 사람들에게 무한한 공간감을 선사하여 신성시되는 효과를 가지고 있다. 높은 곳에서 아래를 내려다보는 화면이 만들어내는 입체적인 시각 충격력은 관상 화면을 평시하여 비교할 수 있는 것이 전혀 아니다. 일종의 특수한 심미적인 효과를 형성했다.

제1단계 돔 이미지를 선택하여 구조와 윤곽을 관찰한다. 수많은 둥근 선들이 중첩되고, 교차되며, 반복되어 바깥 윤곽이 둥근 형태를 띠게 된다. 하나의 원형 라인을 프랙탈 유닛으로 하여 전후좌우로 퍼지고 반복하며, 확대, 중첩시킨다. 그리고 원형 구조에 넣어 반복해 형성한다. 추상적 특징을 통해 기하학 형태를 확정한다. <그림 5-26> 에 보였다.

제2단계는 IFS(반복 함수) 시스템 생성 알고리즘을 사용하여 기본 생성 패턴의 생성 셀 함수와 구조 함수의 선택 및 생성을 확인한다.

창작 아이디어는 다음과 같다: <표 5-10>과 같은 세 개의 아핀변환 삼각형 변환을 설정하고, 아핀변환 삼각형 1은 함수 julia 함수를 사용하여 하나의 원형을 만든다. 아핀변환 삼각형 2를 설정하고, Linear3d 함수를 사용하여 선형 크기 조정으로 겹겹이 겹쳐서 나오는 원의 형태를 만들고 마지막으로 최종 아핀변환 삼각형을 만든다. Linear3d와 Julia 두 함수가 상호작용을 하여, 앞의 두 개의 아핀변환 삼각형이 번갈아 나타나는 형태를 전체적으로 변형하고, 형성원리를 거쳐서 <그림5-27>과 같이 돔 모양을 만들게 된다. 메인 그림의 외곽에는 아핀변환 삼각형 2의 자기 자신을 비추는 듯한 미세한 선의 발산 형태가 있다. 이것은 자기 자신을 비추는 것과 같은 <표 5-11>과 같은 이미지를 제거함으로써, <그림 5-29>에 있는 흰색 최종 아핀변환 삼각형의 축소를 통해 제거하는 효과를 얻을 수 있으며, <그림 5-28>와 같은 도형을 얻을 수 있다.



표5-10. 돔 패턴 창작

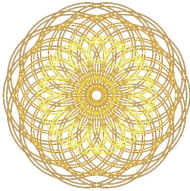
모티브 7	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
	반복 스케일링 중첩	아핀변환 사각형1:  Julian함수 Julian=0.5 Julian_power=4 Julian_dist=1	최종 삼각형:  Julian함수 Julian=1 Julian_power=15 Julian_dist=1		 그림 5-27. 돔1
		아핀변환 사각형2:  line3d함수 line3d=2.8	 line3d함수 line3d=1		 그림 5-28. 돔2

표 5-11. 아핀 삼각형 매핑 관계 매개변수

아핀 변환 삼각형 transformations	Form	To
아핀 변환 삼각형1 Transf 1	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=1	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=1
아핀 변환 삼각형2 Transf 2	Transf 1=1 Transf 2=0 Transf 3=1	Transf 1=1 Transf 2=0 Transf 3=1
아핀 변환 삼각형3 Transf 3	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=1	Transf 1=1 Transf 2=1 Transf 3=1

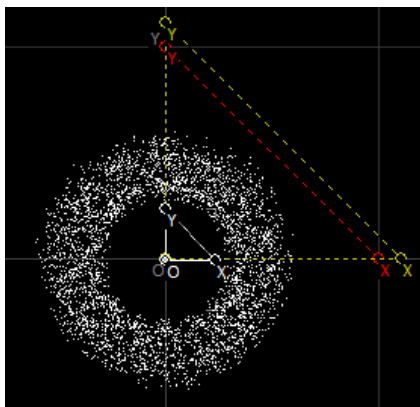


그림 5-29. 삼각형 스케일링 설명도

### 5.3.8 구름의 패턴 디자인 8

모티브:구름



그림 5-30.구름 모티브 추출

구름 : 교회의 벽화에는 대부분 간단한 해, 달, 별을 그린 그림과 성경에 얽힌 이야기로, 대부분 구름으로 그림을 수놓아 신성함을 구현한다. 구름은 공중에 떠 있고, 불규칙한 덩어리 형태를 띠고 있다. 비늘이나 구상 같은 작은 구름으로 이루어진 구름이나 구름층은 늘 열을 지거나 무리를 지어, 마치 산들바람이 수면을 스쳐 지나가면서 생기는 작은 물결처럼 보인다. 구름은 물방울로 이루어져 있기 때문에 빛이 통과할 때, 아름다운 반투명 색채도 보인다. 혼돈의 광경을 보여준다.

제1단계 벽화 속 불규칙한 구름의 이미지를 선택하여 전체적으로 매우 무작위적이고 불규칙하다. 그러나 일부분을 추출하여 자세히 보면 전체와 매우 유사한 형태를 가지고 있음을 발견할 수 있으며, 프랙탈로 구성이 가능하다. 추상적인 특징을 통해 기하학적 형태를 정하며, 테마 추출은 <그림 5-30>과 같다. 전체 구조가 혼돈 같지만, 자기 유사성도 가지고 있다.

제2단계는 IFS(반복 함수) 시스템 생성 알고리즘을 사용하여 기본 생성 패턴의 생성 셀 함수와 구조 함수의 선택 및 생성을 확인한다.

창작 아이디어는 아래 <표 5-12>과 같다 : 모두 2개의 아핀변환 삼각형 변

환을 설정했다. 아핀변환 삼각형 1은 두 개의 함수, pre\_zscale 3D, juliascope 함수를 사용한다. pre\_zscale 3D 함수는 3D 수직방향의 인장을 가진다.

Julia 함수의 예: Julia, julian, julian 3d, julian 3dz, julian 3dz, juliascope, julia2 등 사용방법은 비슷하지만 형태는 작은 차이가 있으며, 이 중 3D가 들어간 것은 입체적인 구조를 만들 수 있고 나머지는 평면이다. Juliancope\_power는 도형 분엽의 개수를 제어하고, juliancope\_dist는 방사상의 인장 정도를 제어하고, 아핀변환 삼각형 1에 있는 두 함수가 상호작용하여 프랙탈 유닛을 생성한다.

아핀변환 삼각형 2는 helicoid 함수, polar2 함수로 구성되어 있다. helicoid 함수는 나선 곡면 함수로 나선의 입체적인 버전으로 볼 수 있으며, helicoid\_frequency 파라미터를 통해 나선의 빈도를 조절하여, 구름의 형태를 레이어드한 느낌을 준다. 여기에 polar2 극좌표 함수로 구조적 차원의 변형을 가하면, polar파라미터는 최대 조절 반경을 설정해 구름의 다양한 무작위감을 창출해, 하늘 구름의 혼돈된 모습의 특징을 보여준다. <그림 5-31> 참고

구름은 여러 가지 형태가 있기 때문에 형태를 바꿀 수 있다. 예를 들어 helicoid 나선 곡면 함수를 제거하고, 아핀변환 삼각형 3을 추가하면, Linear3d 함수는 파라미터 조절을 통해 세대비율을 제어할 수 있어 삼각형의 위상 이동, 축소, 회전도 등을 조절하여 불규칙적인 형태로 만들 수 있다. <그림 5-32>에 같다.



## 제4절 프랙탈 패턴과 디자인 방법에 대한 평가

제5장의 제3절 “프랙탈 기하학 기반 텍스타일 디자인 개발” 프랙탈 패턴 디자인을 통해 교회에서 찾을 수 있는 프랙탈 이미지를 모티브로 하였다. 이러한 사물들은 모두 자기 유사성, 불규칙 등의 특징을 가지고 있으며, 본문 연구의 프랙탈은 유사한 구조적 특징을 가지고 있어 프랙탈 알고리즘으로 표현할 수 있다. 여덟 가지 모티브에 따라 16가지의 다른 프랙탈 패턴을 생성하며, 최종 디자인에서 프랙탈 패턴의 효과와 텍스타일 적용 가능성을 검증하기 위해 IFS 프랙탈 생성 알고리즘에 의해 제안된 결합 유닛, 구조, 색상을 디자인하여 새로운 디자인 방법을 실제 창작에 투입할 수 있는지, 효율적인 디자인 방법인지 확인한다. 본 논문은 본 연구의 디자인과 관련된 20명의 전문가에 대한 심층 인터뷰를 통해 총결산 및 평가 결과를 분석한다.

연구 목적은 프랙탈 기하학에 기초한 프랙탈 패턴이 혁신성과 심미성을 가져오는지 평가하고, 디자인 방법의 유효성, 적용성을 평가하는 한편, 이러한 방법에 기초한 텍스타일에서의 디자인과 개발에 대한 의견과 제안을 수렴, 집합, 분석하고 후속 관련 제품의 디자인을 위해 가이드를 제공한다. 그러기 위해서는 프랙탈 패턴 및 디자인 방법에 대한 전문가의 인터뷰는 텍스타일 디자인 개발에 필요하다. 만약 긍정적인 평가 결과를 얻을 수 있다면, 프랙탈 기하학이라는 수학적 디자인 방법을 이용하여 텍스타일 디자인을 진행하는 것이 의미 있는 융합 응용이 될 것이다.

### 5.4.1 평가 연구의 대상

연구 내용을 평가하여 프랙탈 패턴 작품과 제시된 디자인 방법의 타당성을 조사했으며, 평가조사대상은 전문가 그룹이다. 평가 대상과 평가 방식에 따라 관련 문제는 전문가 집단을 통해 심층 인터뷰 방법으로 평가하도록 설정했다.

본 논문은 다양한 학문 지식을 언급하고 있으며, 본 논문의 방법은 중국의 텍스타일 디자인에 적용되어야 하기 때문에 조사 대상은 “프랙탈 패턴을 이해하고 연구하는 관련 전공을 가진 중국 전문가 학자들을 대상으로 한 인터뷰로, 모티브는 “프랙탈 패턴의 방직 원단 개발에 대한 응용 및 디자인의 문제”이다. 동시에 인터뷰에 대한 설문지를 제출하였으며, 본 논문에서 제시한 프랙탈 패턴의 디자인 방법 및 절차에 대하여 상세한 개괄과 설명을 함으로써 인터뷰 중에 전문가와 더욱 본 논문 방법에 설명 및 소통이 편리하게 진행하게 하였다.

심층 인터뷰 방법(In-depth interview)은 직접적이며 일대일로 방문하여 실시하는 방법이다. 방문 과정에서, 조사 대상에 대한 심층적인 방문을 통해 어떤 문제에 대한 태도, 감정, 의견을 제시하고 다음과 같은 사항을 고려하여 실시해야 한다. 배경과 인구 통계학에 관한 질문, 복잡한 신기술, 새로운 방법의 화제에 대한 상세한 이해, 전문가 개인의 지식 배경에 근거하여 그들의 인터뷰에 대한 개인적 느낌, 정서, 의견과 신념 등을 파악하고 심층 인터뷰 기법은 사회학 중 설명학에서 기인하며 현재 사회학 분야에서 중요한 위치에 있으며, 확정된 연구 문제 및 인터뷰 목적에 근거하여 인터뷰 대상자는 프랙탈 패턴을 연구하는 배경을 가진 대학교수 중에서 선발한다. 그리고 프랙탈 예술과 프랙탈 기하학에 대해 이해하거나 풍부한 창작 경험을 가지고 있으며, 관련 과학 연구에 종사해야 하고, 프랙탈 디자인 알고리즘, 사상 및 응용 연구에 대한 이해도가 높고, 본 논문의 목적과 정확한 평가를 할 수 있어야 한다. 코로나로 인터뷰는 ZOOM 인터넷 회의 소프트웨어에 시간을 정해 온라인 대면 대화를 진행하며, 인터뷰는 조용한 환경을 선택하고, 인터뷰 모티브를 둘러싸고 응답자의 동의를 구한 상황에서 인터뷰 과정 전반을 녹음하고, 인터뷰 과정에서 연구자들은 응답자의 답변을 추궁하거나 대화 등을 진행한다. 인터뷰가 끝난 후, 연구자가 당일 인터뷰 녹취록에 근거하여 복사해서 정보의 원시성을 보장한다.

전문가 소그룹은 강남대학교, 절강공과대학교, 동화대학교 3개 대학에서 온 3개 전공인으로 디자인 및 예술학과, 컴퓨터학과, 수학과 연구분야별 전문가 수와 구체적 정보는 <표 5-13>, <표 5-14>을 참조한다. 대담 연구의 대상 그룹 구

성원은 남성 교사 11명과 여성 교사 9명 등 총 20명으로 구성되며 남녀 성비는 55:45%로 <그림 5-33>와 같다. 평균연령 44세, 직위 인원 비율은 <그림 5-34>과같이, 부교수 50%,교수 25%,강사 25%이다.근무 연한 <그림 5-35>과같이, 5년 미만 전문가는 총인원의 15%,5~10년 미만 전문가는 10%, 10~15년 전문가는 10%, 15~20년 전문가는 25%, 15년 이상 근무 연한 전문가가 65%를 차지한다. 조사 기간은 2021년 4월 1일부터 30일까지 한 달간이며, 1인당 평균 30분에서 50분 정도 면접 인터뷰를 진행했다. 인터뷰 녹취록을 문자 원고로 복사하여 정리 연구, 분석한다.



그림 5-33. 전문가 성별 비율



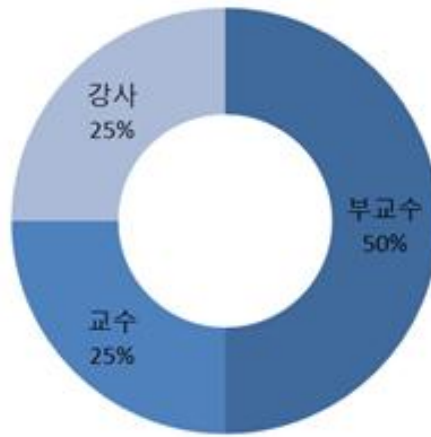


그림 5-34. 전문가 직위 분포 비율

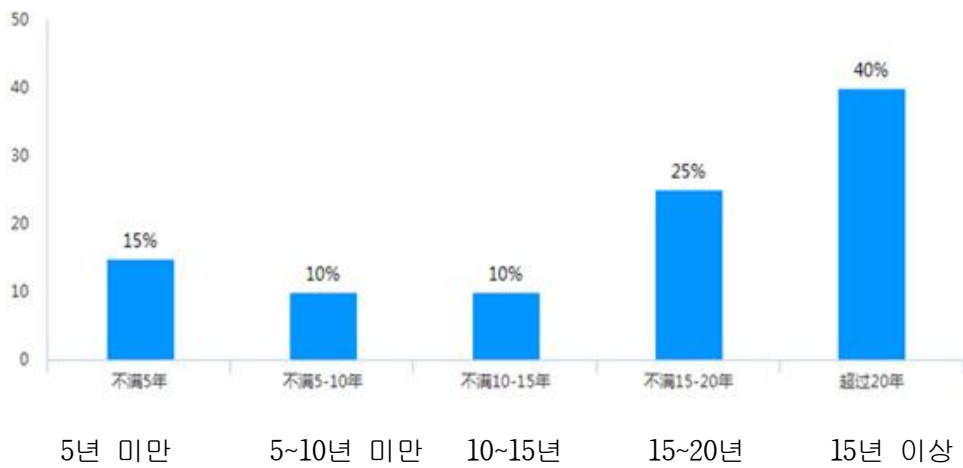


그림 5-35. 근무 연한 비율

표 5-13. 교수 인터뷰 정보표

연 번	성 별	연 령	직위	근무 연한	전공	연구영역	방문기간
1	남	56	부교수	20년 이상	디자인과 예술	의상 디자인	2021.04. 01
2	남	47	부교수	20년 이상	디자인과 예술	시각 커뮤니케이션 디자인	2021.04. 02
3	남	29	부교수	5년 미만	디자인과 예술	시각 커뮤니케이션 디자인	2021.04. 03
4	남	48	교수	20년 이상	디자인과 예술	의상디자인	2021.04. 03
5	여	24	강사	5년 미만	디자인과 예술	의상디자인	2021.04. 05
6	여	45	교수	20년 이상	디자인과 예술	텍스타일 디자인	2021.04. 06
7	여	40	부교수	10-15년 미만	디자인과 예술	텍스타일 디자인	2021.04. 07
8	여	33	강사	5년 미만	디자인과 예술	텍스타일 디자인	2021.04. 08

9	남	56	교수	20년 이상	컴퓨터	그래픽 및 이미지 처리	2021.04.09
10	남	46	교수	15-20년 미만	컴퓨터	디지털 미디어	2021.04.12
11	남	52	부교수	20년 이상	컴퓨터	그래픽 및 이미지 처리	2021.04.15
12	남	50	부교수	20년 이상	컴퓨터	디지털 미디어	2021.04.18
13	여	42	부교수	15-20년 미만	컴퓨터	그래픽 및 이미지 처리	2021.04.22
14	여	44	부교수	10-15년 미만	컴퓨터	디지털 미디어	2021.04.23
15	여	41	강사	15-20년 미만	컴퓨터	그래픽 및 이미지 처리	2021.04.24
16	남	31	강사	5-10년 미만	수학	비선형 수학	2021.04.25
17	남	40	강사	5-10년 미만	수학	토폴로지	2021.04.28
18	남	45	부교수	15-20년 미만	수학	비선형 수학	2021.04.28
19	여	51	교수	20년 이상	수학	비선형 수학	2021.04.29
20	여	45	부교수	15-20년 미만	수학	토폴로지	2021.04.30

표 5-14. 전문가 분포 상황표

학교	전공	연구 영역	남	여
동화 대학	디자인과 예술전공	의상 디자인	2	1
		시각 커뮤니케이션 디자인	2	0
		텍스타일 디자인	0	3
	소계		4	4
강남 대학	컴퓨터 전공	디지털 미디어	2	1
		그래픽 및 이미지 처리	2	2
	소계		4	3
절강 공과 대학	수학 전공	비선형 수학	2	1
		토폴로지	1	1
	소계		3	2
합계			11	9
조사 주기			2021년 4월 1일부터 30 일까지	
조사 방식			전문가 인터뷰	

## 5.4.2 평가 연구의 내용

전문가 심층 인터뷰는 두 부분으로 나눌 수 있는데, 각 부분의 내용은 다음과 같다. 첫 번째 부분은 본 인터뷰의 목적과 관련 프랙탈 패턴의 창작 과정을 간략하게 소개하고, 또한 응답자의 개인정보 보호 확인서를 제공한다. 응답자의 기본 정보를 기입하는데 응답자의 성별, 연령, 근무 연한, 직업과 연구 분야를 포함한다. 2부 본문에서는 케네스 팔코네 저 “프랙탈 기하학: 수학기초 및 응용” 연구를 바탕으로 저우후이 “텍스타일 디자인 및 응용 교재”를 결합 분석하여 이를 근거로 인터뷰의 문제를 설정한다. 주요하게는 프랙탈 패턴 및 제시된 디자인 프로세스 방법과 해당 제품 디자인 적용 등에 대한 평가와 의견, 미래 발전에 대한 건의 등이 있다. 아울러, 인터뷰의 유효성을 확보하기 위해 개별 전문가를 불러 테스트를 진행한다. 피드백에 따라 인터뷰 중 일부 부적합한 부분을 수정하여 최종 인터뷰 제목인 <표 5-15>와 같이 완성하였다.

표 5-15. 전문가 인터뷰 문제 구조표

내용	문제 번호	목 표	문 제
제 1 부분	1~5	전문가 개인 기 본 정보	성별, 연령, 직위, 근무 연한, 전공, 연구 분야.
제 2 부분	1	각종 관련 프랙 탈 패턴 디자인 의 평가	디자인의 구조, 형태 및 스타일 분석에 서 프랙탈 패턴 디자인이 전체적으로 혁신적이고 미학적인지 여부.
	2		프랙탈 기하학에 기초한 수학적 디자 인, 생성 유닛, 구조, 색상 및 해당 기 능, 패턴 생성 및 효과적인 평가를 위 한 빠르고 다양한 수학적 디자인 방법 을 수행하기 위한 원리 형성 및 알고 리즘 생성.
	3		생성된 프랙탈 패턴의 적용은 어느 디 자인 분야에 더 적합하고, 관련 제품 디자인에는 해당 분야가 평가 적합.
	4		섬유 패턴 디자인 및 개발을 위한 수 학에서 프랙탈 기하학의 사용에 대한 의견 및 제안 섬유 시장의 미래 응용 가능성 평가.

### 5.4.3 연구 결과 평가

전문가 20명의 인터뷰 평가 결과에 따르면, 정리된 정보의 분석 중 선택적 평가에 관한 문제는 해당 진술에 대한 전문가의 공감 정도, 개인적 태도를 평가하고 전문가의 주관적 견해에 따른 선택 비율로 평가 결과를 낸다. 결과를 통해 매우 동의하는 전문가 수의 비율이 50% 이상을 차지한다고 선택되면, 긍정적인 결과로 볼 수 있다. 자신의 생각을 발표하려는 문제에 대해서는 종합하여 주요 제안을 추출해낸다.

<표 5-16>의 조사 결과를 보면, 본 논문 알고리즘을 사용하여 생성된 프랙탈 이미지에 대해 전체적으로 혁신적이고 심미적인 평가를 받은 결과, “매우 동의한다” 라는 전문가가 전체의 25%, “동의한다” 라는 전문가가 65%를 차지했다. 즉, 90%의 전문가가 프랙탈 패턴이 전체적인 혁신성과 심미성에 대해 긍정적인 의견을 가지고 있다. 본 논문에서 제시한 프랙탈 패턴 디자인 방법의 유효성에 대해 “매우 동의한다” 라는 전문가가 전체의 70%, “동의한다” 라는 전문가가 25%, 중립적인 전문가가 5%를 차지해 유효성에서 전문가 95%의 긍정을 얻어 냈다.

생성된 프랙탈 패턴 적용이 어떤 디자인 분야에 비교적 적합하는지 심층 면접에서 정리했다. 15명의 전문가가 텍스타일 소재를 전체 선택 영역의 63%를 언급했고, 4명의 전문가가 디지털 매체가 전체 선택 영역의 16%를 차지한다고 답했으며, 4명의 전문가가 시각디자인이 전체 선택 영역의 16%를 차지한다고 응답했다. 전문가 1명이 전체 선택 영역의 5%를 기타 분야로 선택하고, 15명의 텍스타일 소재를 선택한 전문가 중 방직 재료를 사용하기 좋은 분야로 심층 질문한 결과 17%의 전문가는 침구류, 쿠션, 카펫 11%의 전문가는 소파, 16%의 전문가는 인테리어 제품(커튼), 16% 전문가는 언더웨어, 6%의 전문가는 기타 적용분야를 제시했다.

이번 조사는 프랙탈 이미지 및 생성 알고리즘 기술 활용을 위한 근거를 제공한다. 프랙탈 이미지는 특히 스타일 소재에 적용되며 특히 언더웨어, 인테리어 제품(커튼)과 침구류에서 전문가들로부터 인정을 받았다. 프랙탈 패턴은 혁

신성과 심미성을 갖추고 있으며 본문에서 제시된 디자인 프로세스 방법의 기술 지지를 통해 패턴 이미지를 텍스타일 디자인에 활용할 수 있는 잠재력이 크게 한다.

프랙탈 기하학을 운용하여 텍스타일의 디자인과 개발을 진행하는 전문가 의견과 건의 및 미래의 텍스타일 시장에서의 응용 잠재력에 대한 질문에 대한 답변으로, 주로 다음과 같은 몇 가지로 정리하였다.

첫 번째, 생성된 프랙탈 패턴과 제품 생산을 적절히 결합하고 디지털 방직 기술과 결합한다.

두 번째, 다양하고 개성화된 패턴 특징이 사람들의 미적 요구에 부합하며, 쉽고 빠른 생성 방법은 현대의 생산 방식에 부합하여 대량 생산이 가능하다.

세 번째, 프랙탈 패턴은 또한 시장 방면에 널리 보급해야 하며, 도고(라이브러리)를 출시하여 텍스타일 제조업체들이 선택할 수 있도록 제공한다.

네 번째, 전통적인 패턴과 프랙탈 패턴을 결합한 디자인을 시도한다.

다섯 번째, 현재 본 논문에서 제시한 것은 모두 2차원 프랙탈 패턴의 생성 디자인이다. 3차원 프랙탈 패턴의 생성에 대해서도 이러한 방법을 참고할 수 있을지 아울러 3차원 프랙탈 패턴이 텍스타일 디자인에 응용될 때에도 실천적인 조작을 진행할 것을 희망한다.

여섯 번째, 현재 프랙탈 기하학의 원리와 고전을 응용한 프랙탈 패턴의 다양성 변화 방법 연구가 비교적 많은데, 본 논문은 알고리즘의 관점에서 한 가지 디자인 방법을 제시하는 것이 좋은 연구 의의를 지녔지만, 난이성을 고려하여 심도 있는 연구와 창작 연습을 강화하고, 텍스타일의 디자인에 응용하는 방법을 총괄해야 비로소 멋진 패턴을 디자인 개발할 수 있으며, 미래에는 예술 분야에 대한 응용이 많아질 것이다.

따라서 해당 분야 전문가들의 평가 결과, 문헌 연구 등의 연구를 통해 프랙탈 패턴 및 디자인 프로세스 방법 및 패턴 디자인이 성공적이라는 결론을 내렸다. 발전된 제안은 후기에 생성된 프랙탈 패턴 중 전방 패턴과 융합된 디자인을 선택하고, 텍스타일 디자인에서는 디지털 프린터와의 결합을 고려하여 프랙탈 패턴의 무한히 섬세한 구조가 디지털 프린팅을 통해 잘 표현될 수 있는지



살펴보도록 한다.

표 5-16. 전문가 평가 총정리

문제	내용	선택	통계	비율
1	전체적으로 혁신성과 심미성을 지닌다	매우 동의함	5	25%
		동의함	13	65%
		중립	2	10%
		동의하지않음	0	0%
2	본문에서 제시한 디자인 방법은 효과적이다	매우 동의함	14	70%
		동의함	5	25%
		중립	1	5%
		동의하지않음	0	0%
3	적합한 예술 디자인 분야	텍스타일 소재	15	63%
		디지털 미디어	4	16%
		시각디자인	4	16%
		기타	1	5%
	위에서 언급한 방직 재료를 사용 적합한 분야	침구	15	17%
		소파	10	11%
		커튼	14	16%
		쿠션	15	17%

		카펫	15	17%
		언더웨어	14	16%
		기타	7	6%
4	미래 텍스타일 디자인에 대한 제안	<p>1. 프랙탈 패턴과 제품 생산을 적절히 결합하여 디지털 방직 기술의 효율적 결합을 가능케 한다. 다양화, 개성화, 통합화된 패턴 특성은 사람들의 미적 요구에 부합하며, 간단하고 빠른 획득 방법은 현대 생산 모델에 부합한다.</p> <p>2. 프랙탈 패턴은 또한 시장 방면에 널리 보급해야 하며, 도고(라이브러리)를 출시하여 텍스타일 제조업체들이 선택할 수 있도록 제공한다.</p> <p>3. 전통적인 패턴과 프랙탈 패턴을 결합하는 디자인은 아주 유익한 시도일 것이다. 비록 컴퓨터를 이용하여 수학 디자인을 진행하지만, 여전히 예술 디자인 방면의 융합이 필요하고, 학문 간에는 서로 융합할 수 있다.</p> <p>4. 현재 프랙탈 기하학의 원리와 고전을 응용한 프랙탈 패턴의 다양성 변화 방법 연구가 비교적 많은데, 본 논문은 알고리즘의 관점에서 한가지 디자인 방법을 제시하는 것이 좋은 연구의의를 지니지만, 난이성을 고려하여 심도 있는 연구와 창작 연습을 강화하고, 텍스타일의 디자인에 응용하는 방법을 총괄해야 비로소 멋진 패턴을 디자인 개발할 수 있으며, 미래에는 예술 분야에 대한 응용이 많아질 것이다.</p>		

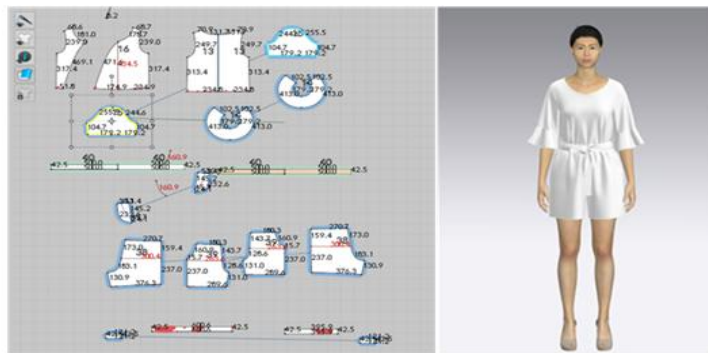
## 제5절 프랙탈 패턴에 기반한 텍스타일 디자인 및 개발

현재 코로나19 신종 코로나바이러스 감염증이 세계적으로 대유행하고, 많은 국가에서 재택근무(Work From Home) 정책을 시행함에 따라 언더웨어 및 실내 텍스타일에 대한 수요가 크게 증가하였고, 동시에 이전 절의 전문가들이 프랙탈 패턴을 텍스타일 디자인에 적용하였는데, 평가에 제안이 가장 많은 유형이 언더웨어, 인테리어제품(커튼), 침구, 소파, 쿠션, 카펫으로, 본문 연구에서 언더웨어, 인테리어제품(커튼), 침구, 소파, 쿠션, 카펫을 디자인 연구 대상으로 하여 새로운 수학적 디자인 방법과 프랙탈 형태로 디자인된 텍스타일을 디자인하여 대중의 요구를 만족시키고자 한다.

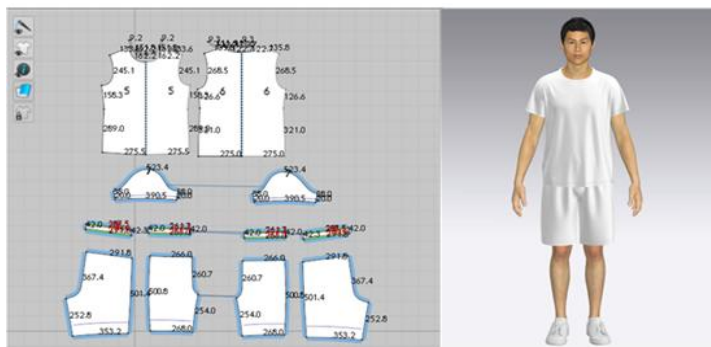
제5장 세 번째 절에서 디자인된 프랙탈 패턴에 여덟 가지 주제 따라 16가지의 다른 프랙탈 패턴을 생성하고, 전문가 평가로 하나의 프랙탈 패턴과 전통적인 패턴을 조합하여 디자인하고, 이 패턴을 직접 또는 재가공하여 텍스타일 디자인에 적용하였다. 총 16개의 프랙탈 패턴이 개발되었으며, 또한 프랙탈 패턴의 섬세한 디테일을 표현하기 위해 몇 가지 스타일이 간단한 홈 텍스타일을 디자인하여 연구를 진행하였으며, CLO3D 소프트웨어와 3ds Max를 통한 텍스타일 디지털화 디자인 및 가상 3차원 전시를 구현한다. 디자인에서 고밀도, 섬세한 면 소재를 동일하게 사용하였으며, 면 텍스타일은 흡습성과 통기성, 편안한 사용감, 부드러운 촉감, 부드러운 광택이 특징으로 텍스타일 원단에 널리 사용되며, 가상 시뮬레이션에서 텍스타일을 동일하게 제작하여 비교가 가능하다.

간단한 스타일의 남녀 언더웨어, 인테리어 제품(커튼), 침구, 소파, 쿠션과 카펫 모두 <그림5-36>와 같이 디자인하였다. 그 중, a. 여성 언더웨어 2D 패턴 메이킹과 3D 재봉, b. 남성 언더웨어 2D 패턴 메이킹과 3D 재봉, CLO3D 소프트웨어를 이용한 디자인을 진행한다. 왼쪽은 상세한 2차원 의상 패턴, 오른쪽은 3차원 봉합창, c. 침구의 3D 모델, d. 인테리어제품(커튼), e. 소파, 쿠션, 카펫의 3D 모델은 3DS MAX 소프트웨어로 디자인하였다. 그중 언더웨어 스타일의 편안함을 확보하기 위해 디자인 후 스트레스 테스트 <그림5-37>을 실시하고, 그림에서 알 수 있듯이 남녀 언더웨어 모두 푸른색으로 나타나 디자인된 스타일

이 구속받지 않았음을 나타내며, 즉 디자인된 언더웨어가 편안함을 지니고 있음을 설명한다. 대조를 위해 뒷면의 디자인 패턴은 이 네 가지 텍스타일 스타일에 모두 적용하여 가상 전시를 할 예정이며, 그 어떤 디테일을 확대하여도 더욱 기묘한 모습을 변환할 수 있다. 패턴이 변형, 구조 해체, 재구성, 중복, 중첩, 확대, 축소, 회전 등의 일련의 작업을 거쳐 3D 모델에서 실시간으로 조정되며, 후기에 직접 완성품을 제작하여 실시간 미리보기 효과를 제공한다. 패턴의 서로 다른 색상이 텍스타일에 매칭되도록 디자인하는 과정은 매우 중요한 단계로, 서로 다른 색상의 작용에 의해 사람들에게 다른 시각과 심리적 작용을 할 수 있다.



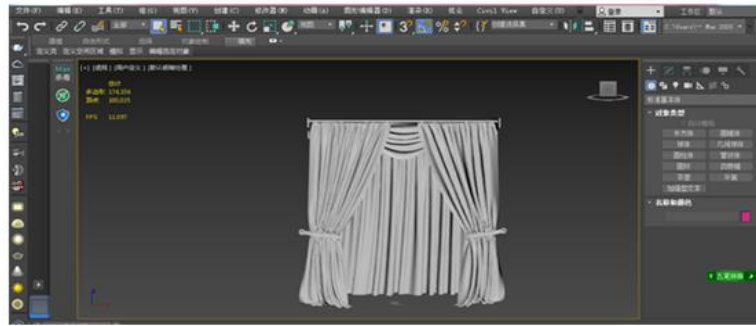
a. 여성 언더웨어 2D 패턴 메이킹과 3D재봉



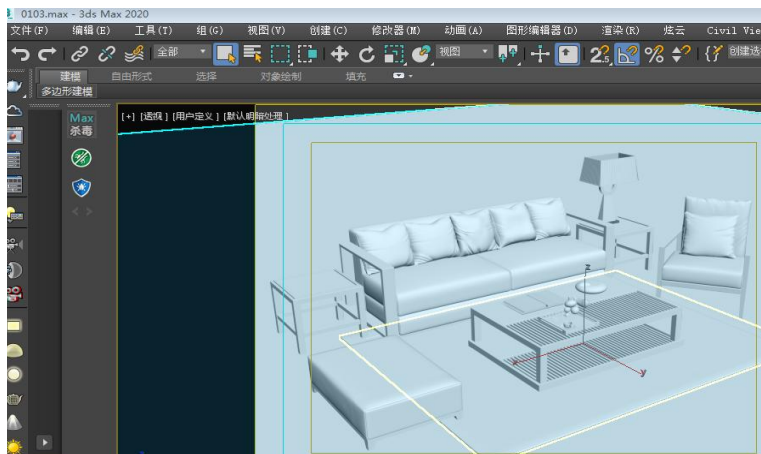
b. 남성 언더웨어 2D패턴 메이킹과 3D재봉



c.침구 3D 모델



d.커튼 3D 모델



e.소파, 쿠션 ,카펫 3D 모델

그림 5-36. 텍스타일 스타일 디자인



그림 5-37. 언더웨어 스트레스 측정도








### 5.5.1 모티브 1: 장미

모티브 1 장미는 <표 5-17>의 장미 1에 따라 창작된 프랙탈 패턴으로 무작위적인 기하학적 선을 부분적인 보라색 면을 채워 공간감을 구성하고 포토샵 소프트웨어와 xfader 소프트웨어를 수평 수직으로 겹쳐 이중으로 가공하여 사방 연속으로 사용할 수 있는 패턴인 <그림 5-38>를 생성하고, 화이트(0, 0, 0)와 라이트 퍼플(207, 117, 221)을 매치하였다. 신선하고 자연스러운 연보라색은 환상적인 듯 신비로운 색상으로 가장 아름다운 장미 부분을 연보라색으로 표현하고 화이트 컬러로 돋보이게 하였으며, 크고 작은 원형의 뒤틀림을 조합하여 이루어진 구조이다.

장미2는 장미1과 같이 동일한 모티브, 같은 프랙탈 유닛, 같은 공식 함수를 가지고 있으며, 조작 과정에서만 미세하게 매개 변수를 조정 변형하면 이전의 디자인과는 다른 패턴이 파생된다. 변형은 아핀 변환 삼각형을 통해 형성원리에 따라 조작되며, IFS 코드 조정도 가능하다. <표 5-2>와 <표 5-3> 비교함으로써 두 가지 형태가 다른 형태라는 것을 알 수 있다. 패턴 라인의 일부 공간을 딥 퍼플(107, 10, 105)로 채우고 패턴라인을 블루(91, 184, 2011)로 그려 선, 면을 통해 프랙탈의 특징을 보여주며, 한없이 섬세하고 겹겹이 쌓이고, 둥근 패턴의 요소들로 구조 해체, 재구성하는 <그림 5-39>를 통해 시각적 다양성을 보여준

다. 패턴 라인은 블루로 반응하고 포인트를 주어 날렵함을 더해 전체적으로 아름답고 감동적이며 청량한 느낌을 표현하였고, 패턴은 투명한 공간과 불투명한 공간 사이에서 시각적인 착각을 통해 새로운 공간을 만들어 내어 단계감을 형성하게 되었다.

표 5-17. 장미 텍스타일 디자인

모티브1	생성된 프랙탈 패턴	재가공
 장미	 장미 1	#cf75dd   그림 5-38. 장미 1 사방 연속
	 장미 2	#6b0a69   그림 5-39. 장미2 사방 연속

복잡하고 추상적인 기하학적 선은 대부분 허실하고 상생의 곡선으로 굽기가 그라데이션 되어 점진적인 운동감을 나타낸다. 연보라색 장미는 흰색과 어우러져 발랄하고 아름다우며 우아하고 고급스러운 단아한 느낌을 준다. 자색은 따뜻한 붉은색과 차분한 파란색이 겹쳐진 중성적인 색상이며, <그림 5-38>와 같은 붉은색은 따뜻한 색조로 <그림 5-39>과 같은 파란색은 차거운 색조이다.

라인이 심플한 모던 패턴에 연한 자색을 주요 특징으로 하는 따뜻한 색조로 밝은 색상과 달콤하고 자연스러운 스타일을 지닌다. 이 패턴은 직접 확대, 축소하고 <그림 5-40>에 적용하여 CLO3D 소프트웨어에서 직접 2차원 필름에 이동하여 선택 부분을 가슴, 어깨 등에 장식하여 장미 패턴을 강조하고, 비대칭적인 분포로 라인을 반복하여 발랄함과 젊음을 나타낸다. <그림 5-41>, <그림 5-42> 커튼, 침구, 소파, 쿠션과 카펫 패턴은 장미 1 사방 연속 패턴의 상하 간격으로 배열되어 균형 잡힌 형식미를 표현한다. 장미 패턴을 실내에 배치하여 환상적이고 로맨틱한 무드를 표현하였다.

질은 자색을 주요 특징으로 하는 차가운 색조 배합 효과 <그림 5-43>, 기하학적인 장미의 밝은 선과 함께 포인트, 언더웨어의 패턴 선택은 몇 개의 기하학적인 장미 사용, 전체적인 패턴의 확대, 부분적인 디테일을 선택하여 서로 다른 곳에 배치하여 포인트를 주어 청량한 느낌을 주었다. <그림 5-44>, <그림 5-45> 커튼, 침구, 소파, 쿠션과 카펫 패턴은 재가공한 사방 연속 패턴 <그림 5-39>를 응용하였다. 패턴과 질은 보라색은 동시에 짧은 베개와 쿠션을 이용하여 침대 시트가 보여주는 관련 패턴으로 조화를 이루면 정신적으로 긴장을 풀고 기분을 가라앉힐 수 있다.





그림 5-40. 장미 1 언더웨어 전시



그림 5-41. 장미 1 실내 텍스타일 전시(커튼,침구)



그림 5-42. 장미 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션 ,카펫)



그림 5-43. 장미 2 언더웨어 전시



그림 5-44. 장미 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-45. 장미 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)

## 5.5.2 모티브 2: 영전하화

영전하화를 이용한 프랙탈 패턴은 전체적으로 무작위적인 분산 구조로 되어 있어 일정한 형태가 없기 때문에 텍스타일에 바로 적용할 수 있으며 다양성 표현을 위해 서로 다른 배경색으로 나타내고, 두 가지 서로 다른 배경색을 가진 <표 5-18> 영전하화 1과 영전하화 2 프랙탈 패턴을 선택한다. 두 작품은 짙은 파란색과 회색을 배경색으로 하고, 회색 꽃가지로 포인트를 주어 추상적인 파란 초록 그라데이션 프랙탈 꽃송이와 붉은색의 불규칙한 변형 꽃줄기는 언더웨어는 물론 실내 텍스타일에서도 모티브를 부각시키는 역할을 한다.

또한 패턴 방법을 조합하여 디자인할 수도 있는데, 동일한 패턴이나 다른 패턴을 일정한 변화를 거쳐 조합하여 새로운 패턴의 효과를 내고 새로운 외관을 만들어낸다. 먼저 <그림 5-46> 성당의 카펫 패턴을 선택하였는데, 이것은 추상적인 식물 진행 구도로, 예스럽고 우아한 패턴, 정교한 공예와 노란 배경의 프랙탈 패턴, 둘 다 비슷한 꽃가지를 포함하여 패턴을 조합하는 융합의 공통성을 제공한다. 카펫 패턴에는 색채가 너무 풍부한 디테일이 포함되어 있기 때문에, 이 세부 사항들을 처리하여 화면 색채가 너무 난잡하지 않도록 해야 하며, 포토샵을 통해 패턴을 중첩시켜 패턴 사이의 전후 관계를 흐리게 하고, 메인 패턴에서도 바탕 패턴의 도형을 볼 수 있으며, 패턴이 서로 엉키고 색깔이 얼룩덜룩하여 <그림 5-47>와 <그림 5-48>과 같은 이색적인 아름다움을 형성하였다.

<그림5-47> 조립패턴 1의 세부패턴 색채는 같은 프랙탈 패턴 속 갈색 줄기 앞이 어울리는 색조를 그대로 간직하고 있으며, 전체적으로 짙은 색조로 “성숙함”, “우아함” 을 연상시키기 쉽다. <그림 5-48> 조합패턴 2의 세부패턴 색채는 단순명료한 흰색 패턴 디테일을 간직하고 있어 더 나은 같은 프랙탈 패턴은 하얀 줄기 앞이 잘 어울리고, 흰색 요소가 비교적 많고 전체적 색조가 선명하여 “즐거움”, “청”, “흥분” 의 느낌을 만든다. 여러 가지 색깔 간의 관계를 잘 조화시키고, 패턴 색채의 균형을 맞추며, 착색의 주종과 레이어링의 관계를 명확히 하고, 돋보이게 하는 색을 이용하여 메인 컬러에 보조적인 역할을 하며,

포인트 컬러를 이용하여 화면의 포인트를 준다. 요소 간, 메인 패턴과 서브 패턴 사이의 관계를 정리하여 대비와 조화를 이루고, 상하좌우 사방을 연속적으로 접합할 수 있는지 주의한다.

표 5-18. 영전하화 텍스타일 디자인

모티브 2	생성된 프랙탈 패턴	재가공
	 <p>영전하화 1</p>	   <p>그림 5-46.카펫 패턴</p>
	 <p>영전하화 2</p>	<p>↓                      ↓</p>  <p>그림 5-47. 조합 패턴 1</p>  <p>그림 5-48. 조합 패턴 2</p>

<그림 5-49> 영전하화 1 언더웨어는 흰색은 매치하기 좋은 색이며, 전체적인 그림을 단독 패턴으로 활용하여 자연스러우면서도 상쾌한 흰색 매치가 가능하며 고요하고 편안한 분위기를 자아낸다. 여성 언더웨어의 벨트와 바지 포켓, 그리고 남성 언더웨어의 상의 부분은 흰색 매치를 이용한 <그림 5-50><그림 5-51>영전하화 1 실내 텍스타일로 전시하였다. 패턴은 사방 연속 형식을 채택하고 있으며, 짙은 남색 자체는 차거운 색 계통으로 심리학적으로 조용한 색상 상에 속하기 때문에 실내 텍스타일에서는 파란색을 사용하면 정서를 평온하게 만들 수 있지만, 만약 장기간 오로지 짙은 파란색을 보면 또 약간 우울할 수 있기 때문에, 영전하화 1로 패턴으로 하면 더욱 잘 균형을 이룰 수 있게 하였다. <그림 5-52> 영전하화 2 언더웨어 전시는 전체적인 그림을 단독 패턴으로 활용하여 연한 갈색을 선택하여 매치하면 클래식하고 믿음직하며, 정교하고, 귀중한 활력이 있을 수 있다. <그림 5-53>,<그림 5-54>인테리어제품(커튼)은 사방 연속 패턴 방법을 취하여 프랙탈의 기이하고 아름다운 패턴을 통해 실내환경을 더욱 빛나게 한다. 침구용품, 소파, 쿠션, 카펫은 단독 패턴 방법으로 큰 면적 회색 바탕에 영전하화 주황색 꽃줄기를 더한다. 주황색을 추출하여 침대 커버의 일부에 사용함으로써 회색 색조의 진정성을 밝은 색상의 포인트에 의해 부드럽고 평화롭게 만든다.





그림 5-49. 영전하화 1 언더웨어 전시



그림 5-50. 영전하화 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)





그림 5-51. 영전하화 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)



그림 5-52. 영전하화 2 언더웨어 전시



그림 5-53. 영전하화 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-54. 영전하화 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)

조합패턴 1, 2 텍스타일 전시<그림 5-55><그림 5-56><그림 5-57><그림 5-58><그림 5-59><그림 5-60>와 같이 전통적인 패턴과 프랙탈 패턴의 조합을 통해 다양한 프랙탈 패턴의 종류를 풍부하게 하였으며, 합리적 배치를 통해 패턴의 난잡하고 무질서함이 없이 현대와 고풍스러움이 조화를 이루고 있다. <그림 5-55><그림 5-56><그림 5-57> 어두운 노란색 색조는 고급스럽고, 세련되면서도, 자연스럽고, 부드러운 느낌을 가지고 있다. <그림 5-58><그림 5-59><그림 5-60> 연한 노란색은 기분이 유쾌하고 즐거움을 표현하며, 바탕색이 보여주는 피부 효과는 비교적 활발하고 생동감 있다. 또한 전체 텍스타일이 따뜻하고 편안해 보이며, 전통 패턴과 프랙탈 패턴이 어우러져 조화롭고 통일된 아름다움을 지니고 있다.



그림 5-55. 조합패턴 1 언더웨어 전시



그림 5-56. 조합패턴 1 실내 텍스타일(커튼, 침구)



그림 5-57. 조합패턴 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)





그림 5-58. 조합패턴 2 언더웨어 전시



그림 5-59. 조합패턴 2 실내 텍스타일(커튼, 침구)



그림 5-60. 조합패턴 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)

### 5.5.3 모티브 3: 영전하화 확장

<표 5-19> 확장된 영전하화 확장 1과 영전하화 확장 2 프랙탈 패턴을 텍스타일 디자인에 <그림5-61>,<그림5-62>,<그림5-63>,<그림5-64>,<그림5-65>,<그림5-66>과 같이 직접 적용하여 원본 그림의 색상을 계승하였으나 색상 비중 선택에 있어 녹색과 흰색이 많은 부분을 선택하여 반복하고 흰색 바탕에 녹색의 불규칙한 패턴이 만들어져 언더웨어는 물론 실내 텍스타일에서도 부드럽고 신선하게 자연으로 회귀하는 느낌을 준다. 그리고 반복적이고 점진적인 구조를 통해 지루하지 않고 리듬감 있는 아름다움을 느낄 수 있다. 동일 색 계열을 조합한 단품은 편안한 느낌을 주며 친화도가 증가한다. 녹색 계열은 긴장을 완화하고 피로감을 감소시켜 편안한 수면을 취할 수 있으며, 그 안에 서로 다른 그라데이션의 녹색 포인트를 더하면 밝은 녹색은 봄과 청춘의 색깔과 진한 녹색의 차분함과 세련됨이 마치 연결되는 느낌을 준다.

표 5-19. 영전하화 확장 텍스타일 디자인

모티브3	생성의 프랙탈 패턴
 <p data-bbox="450 1083 632 1116">영전하화 확장</p>	 <p data-bbox="847 904 1060 937">영전하화 확장 1</p>
	 <p data-bbox="847 1275 1060 1307">영전하화 확장 2</p>



그림 5-61. 영전하화 확장 1 언더웨어 전시



그림 5-62. 영전하화 확장 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)





그림 5-63. 영전하화 확장 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)



그림 5-64. 영전하화 확장 2 언더웨어 전시



그림 5-65. 영전하화 확장 2 실내 텍스타일 전시 (커튼, 침구)



그림 5-66. 영전하화 확장 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)

## 5.5.4 모티브 4: 스테인드글라스

<표 5-20> 스테인드글라스 텍스타일 디자인표에서 볼 수 있듯이, 스테인드글라스 1 패턴은 직사각형 구조이기 때문에 패턴에 적합하다고 볼 수 있으며, 색상과 색상 사이를 점진적으로 변화시켜 겹겹의 효과를 나타내어, 복잡한 결을 나타내고 깊은 착시효과를 내면서도 강한 신비감을 준다. 또한 같은 모양의 반복으로 하여 화면의 운율감을 부여하고 구조가 다양한 크기로 유사한 모습을 보여주며 무한히 반복하여 프랙탈 원리의 특징을 표현하였다. 적합한 패턴에는 일정한 구조가 있기 때문에 텍스타일 디자인에 직접 적용에 효과가 서툴 수 있고, 서로 다른 패턴에 따라 포토샵과 이음매 없는 소프트웨어 Xfader를 이용하여 이를 <그림 5-67>와 같이 수평, 수직, 미러 수평, 미러 수직 조작이 필요하며 텍스타일 디자인 수요를 만족시킬 수 있다. 교회 안의 깨진 스테인드글라스에는 네잎클로버 형태가 있는데, 이 요소를 프랙탈 패턴에 넣을 수 있으며, 프랙탈 패턴 위에 프랙탈 유닛의 구성을 변경하고, 생성된 프랙탈 유닛의 함수에 잎을 생성할 수 있는 RIN2 함수를 가미하여 매개 변수 설정을 통해 네 잎 클로버 패턴을 생성하고, 이를 구조에 연속적으로 넣음으로써 최종 생성된 패턴 형태인 스테인드글라스 2와 스테인드글라스1이 큰 차별성을 가지게 한다. 생성된 패턴의 유연성과 역동성을 더하여 조형이 간결하고 우아하며, 색채가 시원스럽고 강렬하게 하였으며 기초 패턴으로 하여 상하, 좌우 또는 사면을 순환시키는 배열 구도로 <그림 5-68>과 같이 사방 연속 배열하여 텍스타일에 적용하였다.

표 5-20. 스테인드글라스 텍스타일 디자인

모티브 C	생성된 프랙탈 패턴	재가공
 <p>스테인드글라스</p>	 <p>스테인드글라스 1</p>	 <p>그림 5-67. 스테인드글라스 1 사방 연속</p>
	 <p>스테인드글라스 2</p>	 <p>그림 5-68. 스테인드글라스 2 사방 연속</p>

텍스타일 디자인 전시는 <그림 5-69>의 스테인드글라스의 1 프랙탈 패턴과 같이 다양한 표준의 언더웨어 전시로, 프랙탈 패턴이 미세하고 무스케일성 특징이 있기 때문에 확대나 축소 모두 섬세한 구조를 표현할 수 있으며, 프랙탈 패턴에 따라 다른 표준을 언더웨어에 적용하여 다른 효과를 표현할 수 있고 다양한 패턴을 빠르게 생성할 수 있는 간편한 방법을 제공한다. 그라데이션 깨짐 형태로 생기 가득한 정서를 표현한다. “깨짐” 패턴은 자기 유사성을 반복적으로 이용한 형태로서 반복, 회전, 축소를 통해 환상적이고 무한한 공간을 만들어 낸다. 파편을 겹쳐 공간의 깊은 느낌을 부여하고, 연결된 공간 사이에 미묘한 연속성을 부여한다. 그라데이션 블록의 접촉을 이용하여 신비로운 착시 효과를 만들어 텍스타일의 미래 느낌, 초현실적인 특징을 구현하여 소비자들에게 더욱 큰 선택의 폭을 제공한다. <그림 5-70><그림 5-71> 분홍색 메인 색조에 작은 면적의 밝은 분홍색, 노란색, 빨강색의 프랙탈 패턴으로 포인트를 주었고, 분홍색은 사람들의 정서를 편안하고 부드럽게 해주며, 밝은 분홍색, 노란색, 빨강색은 에너지 넘치는 느낌으로 실내 텍스타일에 사용하면 전체적으로 부드럽고 낭만적인 느낌을 준다.

<그림 5-72>는 분홍 자주색의 배경과 깨진 네 잎 클로버의 프랙탈을 이용하여 색상의 단조로움을 깨뜨려 패션과 재미를 선사하였고, <그림 5-73> <그림 5-74>실내 전체 텍스타일에 레이어링의 변화를 주어 공간의 분위기를 온화하게 연출해주며, 환경의 편안함을 높여준다.



그림 5-69. 스테인드글라스 1 프랙탈 패턴이 다른 표준의 언더웨어 전시





그림 5-70. 스테인드글라스 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-71. 영전하화 확장 1 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)



그림 5-72. 스테인드글라스 2 언더웨어 전시



그림 5-73. 스테인드글라스 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)





그림 5-74. 스테인드글라스 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)

### 5.5.5 모티브 5: 레이스 면사

면사 레이스의 프렉탈 도안은 하나하나 분산된 블록 형태로 나타내기 때문에 xfader와 같은 소프트웨어를 통해 수평, 수직, 경상을 50% 겹쳐서 정방체의 연속 레이아웃과 배경색을 직접적으로 바꿔 직물에 적용한다. 이는 <표5-21>과 같다.

<그림 5-75>는 순수한 황색의 정방체의 연속 레이아웃을 이용한다. 황색은 웜톤계에 속하기 때문에, 밝고 눈에 띄어 경쾌하고 활기찬 느낌을 주며, 기쁨과 희망이 넘치고, 집안에 활용하면 더욱 즐겁고 경쾌한 분위기를 자아낸다.

<그림 5-77>,<그림 5-78>은 의상과 커튼, 침구용으로 사용되며, 방에 활력을 더한다. <그림 5-79>은 소파, 쿠션, 카펫에 사용될 때 회색과 섞여서 포화도를 낮추고, 따뜻함 속에 자연스러운 냉정함을 지니고 있다.

<그림 5-76>은 청록색은 Cyan을 색을 배경으로, 청색은 등량의 녹색광과 청색광을 혼합한 색으로 중국 문화에서 생명의 의미이자 봄의 상징으로 정의된다. 또한 황색 레이스 프렉탈과 매치하여 더 밝은 느낌을 줄 뿐만 아니라 기분을 좋게 한다.

<그림 5-80><그림 5-81>은 직접 패턴을 적용하여 디테일을 더 확대하였고 프렉탈의 매력을 표현하였으며, 프렉탈로 구성된 노란색 레이스 패턴을 확대하면 노란색에서 브라운색으로 이어지는 그라데이션을 관찰할 수 있다는 점이 프렉탈 패턴의 특징으로 자아내면서 프렉탈 패턴의 볼륨감을 살린다.

<그림 5-82>레이스 패턴 2쌍의 그레이 소파로 차분하면서도 발랄한 분위기를 자아내고 거실 전체의 포인트를 준다. 그레이 톤에 청색 바탕에 노란색 패턴이 어우러져 공간에 모던한 느낌을 줄뿐만 아니라, 노란색 레이스에 중심인 그레이 브라운 컬러를 포함시켜 소파의 그레이색과의 조화를 이뤘다.

표 5-21. 레이스 면사 텍스타일 디자인



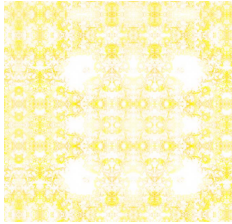
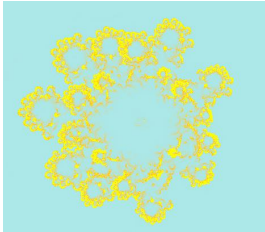
모티브 5	생성된 프랙탈 패턴	재가공
 <p>레이스 면사</p>	 <p>노란색 레이스 면사</p>	 <p>그림 5-75. 레이스 면사1 사방 연속</p> <hr/>  <p>그림 5-76. 레이스 면사 2</p>



그림 5-77. 레이스 면사 1 언더웨어 전시



그림 5-78. 레이스 면사 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-79. 레이스 면사 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)



그림 5-80. 레이스 면사 2 언더웨어 전시



그림 5-81. 레이스 면사 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-82. 레이스 면사 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)



## 5.5.6 모티브 6:백합

모티브6 백합꽃은 <표5-22>에 따라 백합의 창작은 프렉탈 모양으로 6개의 꽃잎 모양을 시뮬레이션하여 크고 작은 곳에 각기 분포하며 다양한 형태의 백합바다를 이루고 있다. 꽃이 피는 방향에 따라 전방으로 나아가거나 깊숙히 말려들어 백합꽃 문양의 입체감을 높이고 화면의 볼륨을 더 풍부하게 만들어준다.

전통적인 평면 이미지에서 벗어나 사람들에게 새로운 시각적 신선함을 선사하였다. 이러한 특징은 강렬한 시각적 충격과 새로움을 추구하는 사람들의 심미적 정서에 부합한다.

<그림 5-83> 백합1, 불규칙하게 분포된 패턴은 식물에 그대로 적용되어 3D 백합 꽃잎과 꽃잎이 층층이 겹쳐 그라데이션적인 공간감을 선사한다.

푸른색을 배경으로 긴장을 완화하고 피로감을 줄여주며 편안하고 안전한 분위기를 선사하고, 반투명하게 그라데이션된 연보라색은 꽃잎을 매칭시켜 환상적이고 낭만가득한 매력을 드러낸다. <그림 5-85>,<그림 5-86>,<그림 5-87>에 가득한 꽃의 활용으로 다양한 프렉탈 패턴의 무작위성을 잘 표현하고 있다.

<그림 5-84> 백합2, 백합1 같은 형태로 컬러는 블루 그라데이션을 선택하였고, 백합꽃 부분은 블루에서 퍼플에서 화이트로 그라데이션을 표현하도록 하였다. 파란색과 흰색을 표현하는 색조, 배경은 녹색 그대로 유지하였으며 서로 다른 형태의 겹겹이 쌓인 백합꽃을 통해 프렉탈의 닮은 특징을 보여준다. 또한 xfader 앱을 통해 수평, 수직, 경상을 겹쳐 정방형 연속 레이아웃을 패턴을 만들었다.

<그림 5-88> 의상은 화이트 상의에 정방형 패턴의 반바지를 매치해 가볍고 편안한 느낌을 준다.

<그림 5-89><그림 5-90>은 정방형 연속 문양을 실내 식물에 적용하여 복합하고 다양한 3D 꽃과 무질서한 구도를 보이는 듯 하지만 화면을 좀 더 자연스럽게 만들어준다.

표 5-22. 백합 텍스타일 디자인





모티브 5	생성된 프랙탈 패턴	재가공
		 <p>그림 5-83. 백합 1</p>
	<p>백합</p>	 <p>그림 5-84. 백합 2 사방 연속</p>





그림 5-85. 백합 1 언더웨어 전시



그림 5-86. 백합 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-87. 백합 1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)



그림 5-88. 백합 2 언더웨어 전시



그림 5-89. 백합 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-90. 백합 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)

### 5.5.7 모티브 7:돔

모티브 7의 돔은 <표 5-23>에 따라, 창작된 프렉탈 문양으로 돔의 원형적 특징을 갖고 구성되었다. 중복된 동근 선으로 일정한 규칙에 따라 번갈아 가며 구성되었고, 원형 외곽에 퍼진 라인까지 발산시킨다. 선의 허실을 통하여 우주의 무한함을 표현하였고, <그림 5-91>는 돔 1을 포토샵 소프트웨어와 xfader 소프트웨어를 통하여 수평, 수직으로 겹쳐 이중으로 가공한 후 정방형 연속에 사용할 수 있는 문양을 생성하고 색상은 황색과 갈색으로 그라데이션 하였다. 갈색은 노란색과 빨간색이 섞여 갈색에서 조금 붉은 기미가 남아 있지만, 이미 갈색에서는 붉은색이 주는 느낌보다는 실내직물에 있어 다크 브라운 컬러를 메인 컬러로 사용함으로써, 안전하고 편안한 느낌을 줄 뿐만 아니라 조금 노란색과 다량의 기하학적인 원형라인이 주가 되어 전체적으로 활력을 준다. <그림 5-93>,<그림 5-94>,<그림 5-95>가 그 예시이다.

돔2는 돔1과 마찬가지로 동일한 주제이며, 같은 프렉탈 유닛일 뿐만 아니라 같은 공식 함수를 가지고 있고, 조작 과정에서만 삼각형 간 매핑 부수의 변조와 아핀변환 삼각형을 축소함으로써 돔1 패턴 외곽에서 발산되는 모양을 제거하였다. 중심부의 노란색 퍼짐 부분을 강화함으로써 중심에서 바깥으로 뻗어나오는 것처럼 보이도록 하여 따뜻한 느낌을 준다. xfader 소프트웨어를 이용하여 수평, 수직을 겹쳐서 이중으로 가공하여 정방형 연속 문양을 생성하였다. <그림 5-92> 참고

<그림 5-96><그림 5-97>와<그림 5-98> 같은 방직품에 응용할 수 있고, 섬세한 선 기하학적 발산 형태를 다른 패턴과 차별화되는 독특함을 준다. 실내를 발랄하고 더 재미있게 만들어 줄 뿐 아니라 돔의 기하학적 패턴의 아름다움을 보여준다.

표 5-23. 돔 텍스타일 디자인





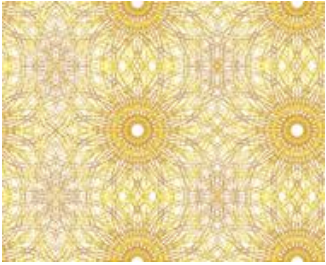
모티브 7	생성된 프랙탈 패턴	재가공
 <p data-bbox="340 1207 367 1236">돔</p>	 <p data-bbox="642 853 696 882">돔 1</p>	 <p data-bbox="921 795 1122 879">그림 5-91. 돔 1 사방 연속</p>
	 <p data-bbox="642 1491 696 1520">돔 2</p>	 <p data-bbox="921 1421 1122 1505">그림 5-92. 돔 2 사방 연속</p>





그림 5-93. 돔 1 언더웨어 전시



그림 5-94. 돔 1 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-95. 돛1 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)



그림 5-96. 돛2 언더웨어 전시



그림 5-97. 돛 2 실내 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-98. 돛 2 실내 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)



## 5.5.8 모티브 8:구름

모티브 8 구름은 <표 5-24>에 따라서 구름1,구름2와 같이 프렉탈 패턴으로, 화면 속 노란 브라운 컬러가 겹겹이 겹친 구름이 유동적이고 리듬을 갖고 있는 것 같은 느낌을 준다. 색덩어리가 총만하고 푸석푸석하며 유연하고 자유로워 빛과 어둠, 투명함과 농후함 이러한 대조적인 특징 사이에서 가볍게 그리거나 덧바른다.

반투명 화이트 컬러 블록으로 포인트를 주어 레이어링의 깊이를 살렸고, 우주와 자연의 리듬을 하나로 묶어 기, 형, 질 세 가지 요소를 혼돈에 형태에 완전히 다르게 하였다.

도안 컬러는 옐로우 로고 위주의 노랑과 빨강이 섞인 톤으로 갈색에는 노랑과 남색의 그라데이션 흔적이 남아 있다. 두 점 모두 프렉탈의 유사성과 무작위성을 서로 다른 형태로 표현하였고, 중성적인 컬러감을 주었다.

<그림 5-99>는 xfader 소프트웨어를 이용하여 수평 수직 경상을 겹쳐 재가공하여 만든 정방형 연속 문양을 진행하며 색상은 황색에서 브라운으로 점진적으로 변화한다. 약간의 네이비 컬러를 통해 포인트를 주었고, 재가공을 통하여 불규칙한 구조를 질서있고 리듬감있게 만들었다. <그림 5-101>,<그림 5-102>,<그림 5-103>과 같은 리듬의 패턴이 다크 그레이나 브라운 컬러로 포인트 되어 있어 직물을 좀 더 고급스럽게 만들었다.

<그림 5-100>그림2 도안은 재가공 없이 직물 설계에 직접 적용시켰고, 디테일을 확대하여 직물 부위별로 배치하여 구름의 불규칙적인 부분을 충분히 살렸다. 서로 다른 색덩어리가 복합하게 얽힌 데 힘입어 혼합인 색덩어리의 조합이 일종의 넘실거리는 역동성을 띤다. 전체 구도는 더 이상 단조로움에서 벗어나 공간층이 많다. 도안 속의 크고 작은 덩어리, 무질서한 분포, 겹침, 주차와 같은 이러한 특징이<그림 5-104>,<그림 5-105>,<그림 5-106>에서 묘한 시너지를 냈다.

표 5-24. 구름 텍스타일 디자인



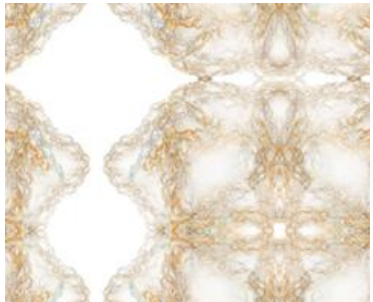
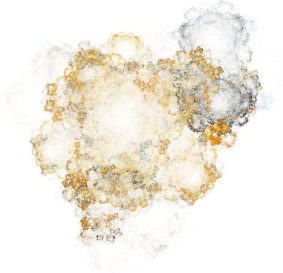
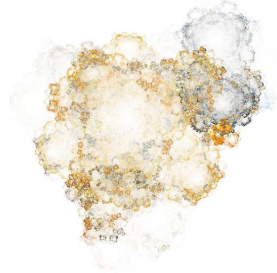
모티브 7	생성된 프랙탈 패턴	재가공
	 <p data-bbox="610 917 706 956">구름 1</p>	 <p data-bbox="912 966 1131 1052">그림 5-99. 구름1 사방 연속</p>
	 <p data-bbox="610 1526 706 1564">구름 2</p>	 <p data-bbox="939 1477 1104 1564">그림 5-100. 구름2</p>



그림 5-101. 구름 1 언더웨어 전시



그림 5-102. 구름 1 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-103. 구름 1 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)



그림 5-104. 구름 2 언더웨어 전시



그림 5-105. 구름 2 텍스타일 전시(커튼, 침구)



그림 5-106. 구름 2 텍스타일 전시(소파, 쿠션, 카펫)

## 제6장 결론

### 제1절 결론

수천 년 동안 사람들이 디자인의 패턴에 대한 연구는 유클리드 기하학을 적용하였으며, 자연계의 기하학적 도형을 규칙적인 점, 선, 면, 입체 등의 요소로 비슷하게 표현하였다. 조합을 진행함에 따라 더욱 복잡한 기하학적 형태를 만들어 냈고, 30여 년 전까지만 해도, 프랙탈 기하학의 출현은 수학적 기하학의 새로운 분야로서, 수학 방법으로 복잡하고 불규칙한 혼돈의 세계를 표현하며, 자연 형체에 대해 더욱 정확한 묘사를 진행하였다. 이런 묘사는 자기 유사성 원리의 기초 위에 이루어진 것이나, 프랙탈의 묘사가 자연 형체와 100% 부합하는 것은 아니다. 최근 10년 동안 융합 시대가 도래했을 때, 컴퓨터 그래픽학과 프랙탈 기하학 이론의 긴밀한 결합으로 프랙탈의 이러한 수학적 표현 방식은 컴퓨터를 통해 가시화되어 예술 영역으로 진입하게 되면서 예술가들의 각종 예술 조형 형태에 대한 일종의 표현 방법이 되었다.

프랙탈 기하학이 생겨난 이래로 지금까지 학자, 전문가들은 주로 수학자, 물리학자, 화학자, 컴퓨터 과학자 등 각 분야에서 열심히 연구하고 그 가치를 깊이 발굴하여 다양한 분야에 응용하고 있다. 이외에도 경제학자와 사회학자, 철학자도 연구하고 있으며, 완전히 새로운 수학 연구 분야일 뿐만 아니라 세계관과 방법론을 구현해 내고 있다.

그러나 지금까지 응용이 아직 미숙하여 매우 깊이 있는 연구 가치를 지니고 있으며 특히, 프랙탈 패턴 예술 창작에 있어서 수학 알고리즘 사상과 생성 소프트웨어에 대하여 전통적인 패턴 디자인 과정과 큰 차이가 있다 보니 연구에 어려움이 있다.

전통적인 패턴 디자인은 붓, 마우스, 스캐너 등의 도구를 통해 소재 라이브러리 안의 패턴을 직접 응용하여 창작하며, 자연에 대한 묘사나 구체적인 형상을 통해 예술가 내면의 감정을 표현하는 것을 위주로 하여 추상적이고 자의적



인 형상을 통해 표현하는 것도 모두 하나의 묘사적인 방법으로 현재 텍스타일 디자인에서 보편적으로 채택되고 있는 방법이다.

프랙탈 패턴 창작은 디자이너가 알고리즘 방식을 통해 화면을 생성하고 계산에 의해 나온 것으로 사전에 이미 초안이 있고 구조를 만들어내는 것이 아니다. 기본 요소, 구도, 색채는 모두 직접 그리는 것이 아니라 수학적 함수 공식을 통해 그들의 형태를 결합하고, 간단한 생성 규칙을 적용하며, 유닛과 구조를 생성한다. 매핑, 반복을 통하여 컴퓨터 생성에 힘입어 일정한 무작위성과 비선형성을 갖추고 있으며, 함수나 IFS 코드 변수를 변화시키거나 조작을 통해 확연히 다른 효과 형태를 얻을 수 있다. 사람을 대량의 수공예로부터 해방시킬 수 있으며, 유연성, 추상성 패턴의 창작이 매우 쉽게 변화시킬 뿐만 아니라, 전시된 효과도 새롭게 한다. 그러면서 패턴이 기발하며, 과학적인 미를 갖추고 있고 창작의 다양성과 빠르게 할 수 있다는 특징이 있다.

수학 함수를 통해 창작을 진행하는 것이기 때문에 디자이너는 그 중의 원리를 파악하고, 수학 지식에 대해 지식을 알아야 한다. 예를 들면, 아핀 변환 등의 지식이며, 예술 디자인의 소양을 갖추고, 디자인 미학과 결합해야만 좋은 창작을 진행할 수 있다. 그것은 간단한 개념이 아니기 때문에, 본 논문에는 하나의 디자인 방법과 과정으로서 제시하였고, 연구학습, 프랙탈 이론 기초, 특징, 형성원리, 프랙탈 패턴의 세 가지 생성 알고리즘 및 차별화 파악을 통해, IFS 생성 알고리즘을 본 논문의 연구기반으로 삼았다. 또한 프랙탈 패턴의 생성 디자인 아키텍처, 프랙탈 디자인 창작과정 수리적 사고 프로세스 및 방법, 이러한 측면에서 프랙탈 패턴 디자인을 분석하여 비선형성, 자기 유사성, 척도 불변성 등의 특징을 지닌 프랙탈 패턴 생성 방법을 텍스타일 창작에 녹여 디자이너가 자신의 디자인 이념을 더 잘 해석할 수 있게 하였다. 이로 인해 패턴 형태 디자인의 발전을 위해 새로운 방법과 창작 아이디어를 제공하고 이론 연구, 전문가의 심층 인터뷰 및 실험을 통해 프랙탈 패턴이 혁신성, 심미성을 가지고 있다는 것을 알 수 있었으며, 아울러 본 논문에서 제시하는 일련의 디자인 방법들은 실현 가능성과 적용성을 증명하였다.

본 논문은 아래와 같이 몇 가지 결론으로 정리하였다.

첫째, 프랙탈 기하학의 개념, 분류 및 기본 특징과 형성원리 등의 이론적 고찰, 줄리아 집합, 망델브로 집합, 시어핀 스키 삼각형, 콘토 집합에 대한 연구를 진행하였으며, 프랙탈 기하학 이론의 상호 관계를 도출하였다. 프랙탈 패턴 예술의 정의와 예술디자인 분야에서의 사용 사례에 대한 연구를 통해 특히 예술디자인 분야에서 프랙탈의 활용을 입증하였는데, 예를 들면 무대디자인, 건축물 및 경관디자인, 패션디자인 등 분야에서 다양한 창조성, 심미성을 구현하였으며, 독특한 예술적 매력과 응용 가치가 있음을 확인하였다.

둘째, 사회경제의 끊임없는 발전에 따라 분야 간의 경계가 허물어지고, 서로 다른 상호 교차, 융합이 이미 하나의 트렌드가 되어 더욱 깊이와 넓이로 심화시켜야 한다. 창조적 디자인 작업의 중심은 아직 사람 자신이지만, 과학기술이 창조적 디자인 작업에 큰 영향력이 있다는 것을 인정하지 않을 수 없다. 본 논문은 경계를 뛰어넘는 학습과 연구를 통해 혁신하고, 창조력과 예술적 감각을 갖춘 프랙탈 패턴 작품을 텍스타일 디자인에 적용하는 과정의 방법을 제시하였다. 디자이너들에게 프랙탈 패턴 디자인을 배우게 하는 새로운 아이디어와 방법을 제공하였으며, 디자이너의 학습과 보다 빠르고 다양하고 혁신적인 프랙탈 패턴을 만들 수 있도록 도와줄 수 있다. 미래의 디자인은 여러 학과를 포괄하고 있으며, 진일보한 후속 연구에 대해 다양한 요소들을 융합한 예술 발전 모델을 실현하는 것과 같은 현실적 의의를 두고 있다.

셋째, 본 연구는 프랙탈 패턴 생성 알고리즘에서 IFS의 차세대 시스템 생성 알고리즘의 원리 및 과정을 다루었다. Apophysis 7X 프로그램을 이용하여 IFS 코드의 다른 매개 변수를 변경함으로써 다양한 형태의 프랙탈 이미지 생성을 제어하고, IFS 코딩과 생성 이미지와의 관계를 도출하였다. 그렇지 않으면, 프랙탈 기하학을 이용하여 디자인된 패턴은 불규칙적으로 표현되어 예상된 패턴을 얻을 수 없다. 또한 수학 아핀 변환에 힘입은 프랙탈 이미지 형성원리를 통해 Apophysis 7X 프로그램의 조작을 이용하여 이미지 변경을 통해 다양한 형태를 얻을 수 있었다.

넷째, 본 논문은 모티브를 모든 형상의 기초가 되는 선과 면으로 단순화하려고 하였다. 프랙탈 생성 알고리즘을 통해 프랙탈의 유닛과 구조를 반복적으



로 형상화하여 자기 유사성과 무작위성을 생성한 프랙탈 패턴을 형성하고, 텍스타일의 구성 및 운용 방법을 결합하여 사방 연속패턴, 조합 패턴 등으로 디자인하였다. 텍스타일에 적용된 다양한 패턴을 디자인하였으며, 디자인된 완제품의 패턴은 독특하고 색상도 화려하다. 이 밖에 다양한 패턴 창작의 영감과 방법을 통해 더욱 많은 무작위성, 다양성의 혁신을 높이고, 디자인 프로세스를 제공하여 이를 텍스타일 디자인에 적용한다. 실제 디자인에서는 컴퓨터 3D 가상 소프트웨어를 통해 기성복 무늬를 구현하는 전방위적인 가상 전시로 원가절감과 디자인 효율성을 획기적으로 높일 수 있다.

다섯째, 프랙탈 패턴의 디지털 저장과 디지털 프린터의 결합으로 프랙탈 패턴이 완성된 텍스타일 디지털 소재는 프랙탈 패턴과 색상의 섬세함 등의 특징을 쉽고 섬세하게 표현할 수 있다. 프로그램으로 생성된 IFS 프랙탈 패턴의 결합을 통해 전통 패턴의 디자인 과정이 복잡하고 주기가 길며 디자인 요소들이 경직된 한계성을 타파하여 신속하고 다양한 요구를 만족시킬 수 있다. 실질적으로 친환경적이며 현대화된 텍스타일 디자인을 실현하였으며, 소재 제조기업이 지속적으로 발전할 수 있도록 기초를 다졌다.

마지막으로, 프랙탈 기하학은 일종의 디자인 도구로 다양한 창작 방법과 무한성을 갖추고 있으며, 프랙탈 기하학의 도형에 기초하여 텍스타일 디자인 분야에 응용할 수 있을 뿐만 아니라, 각기 다른 디자인 분야에서 모두 무한한 발전 잠재력을 가지고 있다.

## 제2절 전망

본 논문은 프랙탈 기하학에 기초한 텍스타일 디자인 과정에서 적극적으로 연구를 진행하였다. 주로 프랙탈 기하학 이론 및 패턴의 생성 알고리즘에 근거하여 연구를 진행하였으나 이론과 생성 알고리즘은 여전히 끊임없이 발전하고 있기 때문에, 앞으로 더 깊이 있는 연구가 필요하다.

첫째, 프랙탈 패턴 생성에 대한 각종 알고리즘의 법칙에 대한 파악이 아직

충분하지 않고, 프랙탈 패턴의 종류는 매우 많다. 시간제한 관계로 인해 반복 함수시스템 알고리즘(IFS) 생성에 기초한 프랙탈 패턴만 연구하였으며, 전체적으로 서로 다른 유형, 다른 알고리즘에서의 프랙탈 패턴을 창작하지 못했고, 다른 스타일과 텍스타일의 응용에 대해 일일이 연구하지 못하였다. 실형 디자인과 데이터가 충분하지 않아, 앞으로도 많은 힘을 들여 응용 법칙을 분석해야 한다. 다양한 함수, 여러 가지 채색 방안, 생성 알고리즘으로 조합할 뿐만 아니라 개개인의 디자인까지 더해져서, 프랙탈 패턴 생성 과정에 대해 끊임없이 혁신한다. 미래에 프랙탈 패턴과 전통적인 프린트 패턴의 소재를 추출하여 시뮬레이션 프랙탈 디지털 프린트 그래픽 소재 라이브러리를 구축하면 혁신적이고 효율이 높을 것이다.

둘째, 본 논문은 프랙탈 패턴이 어떻게 생성되었는지 및 텍스타일에 적용되었는지에 대한 연구를 진행하였으나, 구체적인 응용 방법은 여전히 더 깊은 탐구가 필요하다. 예를 들면, 프랙탈 패턴을 3D 프린팅 기술과 결합하고, 패턴의 디지털 데이터를 사용하여 3차원 위에 구축한 적층제조 (Additive Manufacturing) 방법, 텍스타일 섬유 산업에 적용하고, 주로 프랙탈 패턴의 방직 조직 연구, 편직 등의 방직 기술에 대해 3D 모델링과 인색을 진행한다. 텍스타일 패턴의 조형 표현 방식을 확장하고, 레이저 커팅 기술을 결합하여 서로 다른 방직 원단 유형, 바이오 신소재 등에 대해 패턴 및 텍스타일 소재의 혁신을 진행한다. 그러면서 텍스타일 디자인 및 다양한 방향의 디자인에 새로운 사고의 틀을 제공하며, 미래의 디자인은 반드시 더욱 개방적이고 전면적인 관점에서 기술적인 수단을 운용해야 한다.

셋째, 과학기술과 컴퓨터 기술의 빠른 발전에 따라 현재 3차원 공간 형태의 프랙탈 패턴에 대해 창작하는 알고리즘이 등장하고 있으며, 이에 대한 창작과 응용에서는 텍스타일 패턴의 공간 및 차원에 있어서 혁신적인 디자인을 확장할 수 있다. 또한 3차원 프랙탈 패턴의 획득과 분석 및 빠른 생성 알고리즘에 대한 연구는 향후 또 하나의 연구의 중점이 될 것이며, 디자인에 더 많은 새로운 소재를 제공할 수 있을 것이다.

넷째, 지금까지 프랙탈 패턴은 직물 및 패션 디자인뿐만 아니라 실내 디자

인, 건축 디자인, 시각 디자인, 멀티미디어 디자인 연구 등외에도 다양한 분야에서 활용되고 있으며 프랙탈 패턴 디자인은 여러 학과를 융합할 수 있다. 이 때문에 이 디자인은 여러 가지 장점을 발휘하여 더욱 전문적이고 복잡하고 다양한 예술적 이미지를 창작할 수 있어 기존의 프랙탈 아트를 더욱 풍부한 예술 영역으로 확장할 수 있다. 그리고 프랙탈의 응용 범위는 무한하며 실현 과정을 깊게 연구하면 설계자를 위해 더 많은 연구 방법과 연구 알고리즘을 추출할 수 있을 것으로 기대된다.

다섯째, 프랙탈 이론을 바탕으로 전통 민족 패턴에 대한 텍스타일 디자인 프로세스를 응용한다. 예를 들면, 수작업 훔치기 염색 패턴, 아이스웍스 패턴과 발염 패턴을 시뮬레이션 연구를 진행하고, 전통과 현대의 미적 정취를 융합하여 문화적 특색의 디자인을 진행한다.

중국에서 프랙탈 예술에 종사하는 연구자 및 사용자의 수가 많지 않고, 예술 분야에서는 프랙탈 기하학이 아직 충분한 중시를 받지 못하였다. 주로 과학 교육과 예술 교육은 동떨어져 있어, 과학 분야에는 예술에 별로 관심 없고, 예술 분야에는 일반적으로 과학을 잘 모르며, 더욱 프랙탈 이론을 잘 모르기 때문에, 사회인 및 대학생에게 프랙탈 지식을 퍼뜨리는 학습을 전개해야 한다. 예를 들면 사회에 알리고 사회적 효과를 형성할 필요가 있으며, 일반인도 프랙탈 예술의 아름다움을 체험할 수 있도록 수요를 창출하고 시장을 함께 양성시키기 위해 노력해야 한다.

앞으로 본 연구자가 이 분야에 지속적인 연구는 텍스타일 디자인 및 디자인 영역의 발전에 기여할 것으로 기대한다. 프랙탈 기하학은 비선형 기하학 중 하나의 분야일 뿐이며, 더 많은 비선형 복잡한 과학은 예술 영역과 결합할 수 있다. 예를 들면 혼돈과 혼돈이 프랙탈과 결합, 과시-레귤러 패턴(quasi-regular pattern)<sup>75)</sup>. 디자인 영역을 넓히고 새로운 디자인 이념을 형성하기 위해 노력해야 한다. 미래의 이론 연구와 디자인 제작 시도, 다양한 디자인 재해석과 끊임없는 연구의 심도 있는 가능성을 기대하며, 비선형 프랙탈 예술의 디자인 활용과 제작이 더욱 발전할 수 있도록 노력해야 하며, 더욱 많은 사람에게 수

75) 汪秉宏, 「弱混沌与准规则斑图」, 上海科技教育出版社, 1996, p.65.

학과 예술의 매력을 펼칠 수 있게 될 것이다. 또한 현대의 텍스타일 디자인에도 새로운 활력을 주고, 텍스타일의 풍부한 종류로 과학, 기술, 예술의 완벽한 조화를 이루며 함께 발전할 것이다.

## 참고문헌

### 단행본

- 김영사.마이크 애스큐, 「기하학 캠프:피타고라스 정리에서 프랙탈까지, 도형에 관한모든 것」, 컬처북, 2012.
- 오희선, 「텍스타일 디자인론」, 서울: 교학연구사, 1996.
- 이유남, 「special feature digital art」, 월간미술 8월호, 1999.
- Feldman,David, 「Chaos and Fractals」,Oxford University Press, 2012.
- Mandelbrot, 「How long is the coast of Britain? Statistical selfsimilarity and fractional dimension」,America : Science Publishing, 1967.
- Mandelbrot, 「The Fractal Geometryof Nature」,America W.H. Freeman and Company, 1982.
- Recep Efe, 「Environmental Sustainability and Landscape Management」, St. Kliment Ohridski University Press, 2012.
- Scott Draves Spotwork,Erik ReckaseBerthoud, 「The Fractal Flame Algorithm」,2003.
- 陈颢,陈凌, 「分形几何学(第二版)」, 地震出版社, 2005.
- 杜士英, 「视觉传达设计原理」, 上海人民美术出版社, 2018.
- 贡布里希 著,范景中 译, 「艺术发展史」, 天津人民出版社, 2006.
- 刘华杰, 「分形艺术」, 湖南科技出版社, 2000.
- 刘里鹏, 「基于HWW分析法的傅里叶变换解析」,华中科技大学出版社, 2009.
- 李政道, 「科学与艺术」,上海科学技术出版社, 2000.
- 朴京美, 「数学思维树」,中信出版社, 2006.
- 普利高津,尼科里斯著,罗久里译, 「探索复杂性」, 四川教育出版社, 2010.
- 齐东旭, 「分形及其计算机生成」, 科学出版社, 1994.
- 孙博文, 「分形算法与程序设计—Visual Basic实现」, 科学出版社, 2004.
- 石乔, 「美国抽象表现主义绘画」, 外国文学, 2004.
- 汪秉宏, 「弱混沌与准规则斑图」,上海科技教育出版社, 1996.

- 易宇丹,张艺,「图案设计」,清华大学出版社,2017.
- 原研哉,「设计中的设计」,山东人民出版社,2010.
- 朱华,姬翠翠,「分形理论及其应用」,科学出版社,2011.
- 郑娜达拉利娅,「色彩心理学」,石家庄河北美术出版社,2015.

## 학위논문

- 강정임,「프랙탈조형원리를 응용한 헤어커트 테크닉 개발」,영산대학교 박사학위논문, 2016.
- 계루진,「반복의 원리를 응용한 Brooch Design 연구」,서울산업대산업대학원 석사학위논문, 2002.
- 권슬아,「프랙탈조형성을활용한패션디자인연구」, 홍익대학교 석사학위논문, 2020.
- 김고은,「바구니 형태의 프랙탈 기하학 조형 원리를 적용한 패브릭 디자인」,이화 여자대학교 석사학위논문, 2003.
- 김미진,「프랙탈 조형원리를 이용한 옵티컬패턴 주얼리 디자인 연구」,가야대학교 박사학위논문, 2011.
- 김선아,「M.C.에셔의 심메트리형식과프랙탈특성」,이화여자대학교 석사학위논문, 1998.
- 김소현,「프랙탈 이미지를 활용한 텍스타일 디자인연구」,동아대학교 박사학위논문, 2016.
- 김소현,「프랙탈이미지를이용한텍스타일디자인연구」,동아대학교 박사학위논문, 2016.
- 김양수,「프랙탈 기하학의 조형원리를 적용한 3D 프린팅 패션소재 연구: 선소재의 기본조직응용을 중심으로」,이화여자대학교 박사학위논문, 2017.
- 김지용,「프랙탈 기하학을 응용한 헤어 커트 연구」,서경대학교 박사학위논문, 2013.
- 손지희,「DTP 방식에 적합한 인테리어 텍스타일 디자인 연구」,건국대학교 석

사학위논문, 2015.

심복섭, 「한국전통복식 조형에 나타난 프랙탈적현상」, 충북대학교 박사학위논문, 2010.

이란, 「현대 제품디자인에서의 새로운 패턴의 출현과 디자인 적용방법 연구」, 원광대학교, 박사학위논문, 2019.

이민정, 「남성정장 MTM 시스템 구현을 위한 3D 아바타 사이징과 가상 피팅 기술 연구」, 숙명 여자대학교 박사학위논문, 2012.

이윤주, 「디지털 의상 소프트웨어의 활용을 위한 패션소재의 기본물성 /드 레이프 및 동적 변위특성의 상관성에 대한 연구」, 이화여자대학교 석사 학위논문, 2011.

이정연, 「반복적 선을 모티브로 한 현대 장신구 조형 연구」, 홍익대학교 박사학위논문, 2014.

정보리, 「프랙탈 기하학 패턴을 응용한 텍스타일디자인 개발에 관한 연구」, 한양대학교 석사학위논문, 2013.

진민선, 「비선형적 공간그래픽 특성 연구」, 국민대학교 석사학위논문, 2016.

최호영, 「프랙탈기하학의원리를활용한텍스타일디자인」, 목원대학교 석사학위논문, 2016.

허영순, 「현대 섬유미술의 셀 패턴의 반복과 확장에 있어서 프랙탈 모듈의 역할」, 숙명 여자대학교 박사학위논문, 2011, p.15.

Perry S, 「Fractal Geometry and the Aesthetics of Ecological Design」, PhD Thesis, Queensland University of Technology, 2012.

蔡燕燕, 「分形几何在服装纸样设计中的应用」, 上海工程技术大学 硕士学位论文, 2011.

邓伊芹, 「分形图案在纺织织物中的组织设计与应用研究」, 江南大学 硕士学位论文, 2018.

胡晨晨, 「基于分形理论的服装面料图案设计及应用研究」, 浙江理工大学 硕士学位论文, 2015.

罗芬, 「基于分形理论的图案造型设计研究与应用」, 云南财经大学 硕士学位论文,

2017.

夏伶俐, 「基于分形几何学理论的数字图形在时装设计中的应用研究」, 浙江理工大学硕士学位论文, 2011.

赵晓岚, 「IFS理论在数码纺织上的应用」, 苏州大学 硕士学位论文, 2010.

## 학회논문

엄경희, 「프랙탈(Fractal)기하학을응용한텍스타일디자인제품사례연구」, 제18 (2)호, 한국디자인 문화 학회지, 2012.

DongL,ZhangY, 「 Wavelet analysis method to eharacterize multi fraetal engineering surfaee」,66(3),Surfaee Teehnology, 2004.

Garousi, Mehrdad, and Masoud Kowsari. 「Fractal Art and Postmodern Society」, Journal Of Visual Art Practice,10(3),Art & Architecture Complete, 2012.

Hanmandlu,Madasu,Choudhury,Dilip,Dash,Sujata, 「Detection of defects in fabric susing topothesy fractal dimension features」, 15(7),Signal image and video processing, 2015.

M Iwasa,J Yamada,T Mori, 「Visual Evaluation and Textural Features of Knitted Fabric Patterns by Image Analysis. Journal of Home Economics of Japan」, 10 ( 4 9), Japanese Homemaking Society, 2010.

Wang xiaoming, 「Algorithmi Modeling Technology of Computer Aided Fractal Art Pattern Design」,10(5),Journal of South China NormalUniversity, 2003.

邓昭,邱枫, 「分形艺术在纺织图案设计中的应用」, 第11期, 染整技术, 2017.

吕艳丽,陶毓博,李鹏, 「分形在儿童家具设计中的应用」, 第02期, 设计艺术研究, 2017.



## 웹사이트

[baike.baidu.com/item/正弦?fromtitle](http://baike.baidu.com/item/正弦?fromtitle), 자료검색일: 2021.05.15.  
[blog.sina.com.cn/s/blog\\_5d3bfd340102dve6.html](http://blog.sina.com.cn/s/blog_5d3bfd340102dve6.html), 자료검색일: 2021.04.28.  
[en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org), 자료검색일: 2021.05.10.  
[en.wikipedia.org/wiki/David\\_Morris\\_\(jeweller\)](http://en.wikipedia.org/wiki/David_Morris_(jeweller)), 자료검색일: 2020.05.01.  
[en.wikipedia.org/wiki/Mikyoung\\_Kim](http://en.wikipedia.org/wiki/Mikyoung_Kim), 자료검색일: 2021.04.28.  
[image.baidu.com/search/莫比乌斯带](http://image.baidu.com/search/莫比乌斯带), 자료검색일: 2020.12.30.  
[image.baidu.com/search/秋韵30号](http://image.baidu.com/search/秋韵30号), 자료검색일: 2021.03.01.  
[image.baidu.com/search/秋韵30号](http://image.baidu.com/search/秋韵30号), 자료검색일: 2021.04.05.  
[lux.cngold.org/c/2020-02-10/c6847083.html](http://lux.cngold.org/c/2020-02-10/c6847083.html), 자료검색일: 2021.05.01.  
[shows.vogue.com.cn/2012-aw-RTW/Threearfour/#photo=338236](http://shows.vogue.com.cn/2012-aw-RTW/Threearfour/#photo=338236), 자료검색일: 2020.05.01.  
[shows.vogue.com.cn/Clover-Canyon/2014-aw-RTW/home/#6](http://shows.vogue.com.cn/Clover-Canyon/2014-aw-RTW/home/#6), 자료검색일: 2021.04.23.  
[style.sina.com.cn/fas/jewelry/2012-06-09/091997570.shtml](http://style.sina.com.cn/fas/jewelry/2012-06-09/091997570.shtml), 자료검색일: 2020.05.01.  
[wolffund.org.il/the-wolf-prize](http://wolffund.org.il/the-wolf-prize), 자료검색일: 2021.02.10.  
[www.cnblogs.com/szlongman/archive/2009/07//1530993.html](http://www.cnblogs.com/szlongman/archive/2009/07//1530993.html), 자료검색일: 2021.02.10.  
[www.afractal.com/abstract.htm](http://www.afractal.com/abstract.htm), 자료검색일: 2021.03.10.  
[www.afractal.com/abstract.htm](http://www.afractal.com/abstract.htm), 자료검색일: 2021.03.25.  
[www.artda.cn/view.php?tid=1170&cid=29](http://www.artda.cn/view.php?tid=1170&cid=29), 자료검색일: 2021.03.15.  
[www.artda.cn/view.php?tid=1170&cid=29](http://www.artda.cn/view.php?tid=1170&cid=29), 자료검색일: 2021.03.25.  
[www.clo3d.com/explore/whyclo](http://www.clo3d.com/explore/whyclo), 자료검색일: 2021.07.28.  
[www.cnblogs.com/szlongman/archive/2009/07/25/1530993.html](http://www.cnblogs.com/szlongman/archive/2009/07/25/1530993.html), 자료검색일: 2021.05.10.  
[www.deviantart.com/kondratij/art/Melody-of-November-644811366](http://www.deviantart.com/kondratij/art/Melody-of-November-644811366), 자료검색일: 2020.12.30.  
[www.filmdesign.co.kr](http://www.filmdesign.co.kr), 자료검색일: 2021.03.01.  
[www.filmdesign.co.kr](http://www.filmdesign.co.kr), 자료검색일: 2021.04.05.

[www.fxysw.com/thread-2709-1-27.html](http://www.fxysw.com/thread-2709-1-27.html), 자료검색일: 2021.03.20.  
[www.fxysw.com/thread-2709-1-27.html](http://www.fxysw.com/thread-2709-1-27.html), 자료검색일: 2021.04.15.  
[www.fxysw.com/thread-3129-1-1.html](http://www.fxysw.com/thread-3129-1-1.html), 자료검색일: 2021.03.10.  
[www.fxysw.com/thread-3129-1-1.html](http://www.fxysw.com/thread-3129-1-1.html), 자료검색일: 2021.04.10.  
[www.fxysw.com/thread-8978-1-2.html](http://www.fxysw.com/thread-8978-1-2.html), 자료검색일: 2021.05.20.  
[www.malinc.se/noneuclidean/en/poincaretiling.php](http://www.malinc.se/noneuclidean/en/poincaretiling.php), 자료검색일: 2021.05.21.  
[www.sohu.com/a/353513559\\_100085095](http://www.sohu.com/a/353513559_100085095), 자료검색일: 2021.04.20.  
[www.sohu.com/na/425636292\\_120895725](http://www.sohu.com/na/425636292_120895725), 자료검색일: 2021.04.15.  
[www.vogue.co.uk/shows/autumn-winter-2014-menswear/basso-brooke-studio](http://www.vogue.co.uk/shows/autumn-winter-2014-menswear/basso-brooke-studio), 자료검색  
 일: 2021.04.15.  
[www.youtube.com/watch?v=oe0uW6eC6Pg](http://www.youtube.com/watch?v=oe0uW6eC6Pg), 자료검색일: 2021.04.25.  
[www.youtube.com/watch?v=tICyYIBp30w](http://www.youtube.com/watch?v=tICyYIBp30w), 자료검색일: 2021.04.15.  
[zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%AD%E6%9F%BF%E5%9B%BE](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%85%AD%E6%9F%BF%E5%9B%BE), 자료검색일:2021.02.  
 05.  
[zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A2%81%E6%80%9D%E6%88%90](http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%A2%81%E6%80%9D%E6%88%90), 자료검색일: 2021.03.  
 01.  
[zh.wikipedia.org/wiki/](http://zh.wikipedia.org/wiki/), 자료검색일: 2021.02.05.  
[zh.wikipedia.org/wiki/](http://zh.wikipedia.org/wiki/), 자료검색일: 2021.03.20.  
[zh.wikipedia.org/wiki/毕达哥拉斯主义](http://zh.wikipedia.org/wiki/毕达哥拉斯主义), 자료검색일: 2020.12.20.  
[zh.wikipedia.org/wiki/迭代](http://zh.wikipedia.org/wiki/迭代), 자료검색일: 2021.02.05.  
[zh.wikipedia.org/wiki/神奈川冲浪里](http://zh.wikipedia.org/wiki/神奈川冲浪里), 자료검색일: 2020.12.30.  
[zh.wikipedia.org/wiki/维特鲁威人](http://zh.wikipedia.org/wiki/维特鲁威人), 자료검색일: 2020.12.21.  
[zh.wikipedia.org/wiki/亚威农的少女](http://zh.wikipedia.org/wiki/亚威农的少女), 자료검색일: 2020.12.22.  
[zh.wikipedia.org/wiki/最后的晚餐](http://zh.wikipedia.org/wiki/最后的晚餐), 자료검색일: 2020.12.21.  
[zh.wikipedia.org/wiki/유클리드 기하학](http://zh.wikipedia.org/wiki/유클리드 기하학), 자료검색일: 2020.10.10.  
[zhuanlan.zhihu.com/p/293191334](http://zhuanlan.zhihu.com/p/293191334), 자료검색일: 2021.06.21.

## 국문초록

### 프랙탈 기하학 기반 텍스타일 디자인 프로세스

포염하

지도교수: 손영미

조선대학교 대학원 디자인학과

제4차 산업혁명의 시작은 현대 사회의 급속한 발전을 이끌어냈으며, 현대 사회의 변화에 적응하고 사람들의 생활 수준을 향상시키기 위해 반드시 디자인 혁신에 대해 새롭게 정의를 진행해야 한다. 제2, 제3차 산업혁명 시대에 산업사회 육체노동 중심은 이미 유효성을 잃었으며, 인류 가치를 핵심으로 하는 지식과 경험을 근거로 융합의 혁신을 추진하는 것이 절실하다. “제3차 산업혁명”으로 대표되는 디지털 혁명에 이어 제4차 산업혁명 시대는 우리에게 전통적인 지식 획득, 기억, 지식에 관련 문제를 해결하는 방법을 변화시켰다. 획득한 지식을 다른 분야에 적용하는 능력 및 문제해결 능력을 발전시키며, 학술 간의 경계를 넘나드는 융합을 선도하고, “창의력과 지혜”를 바탕으로 구체적인 디자인을 중심으로 혁신적인 방법을 선도하였다.

중국은 텍스타일 산업 대국으로서, 이러한 시대 배경 아래 사람들의 생활 각 분야의 개성 있는 요구와 예술적 기호를 만족시키기 위해 텍스타일 제품의 무늬, 색채의 배합 등 장식을 구매할 때 점점 중시하게 한다. 제품의 품질이 기술에 달려 있다면 제품의 품격, 즉 예술성은 디자인에 달려 있다고 여길 수 있다. 텍스타일 기업에 대해서 제품의 시장 경쟁력을 높이기 위해서 반드시 대대적으로 제품의 디자인 혁신을 전개해야 하며, 동시에 개성화, 소량, 빠른 디자

인 방법을 찾아내야 한다. 따라서 제품의 혁신적인 디자인과 개발은 기업의 생존과 발전의 관건이 되고 있다.

전통적인 디자인 프로세스에 디자이너는 창작 영감을 통해 종이, 붓을 도구로 하여 영감만을 의지하며 창작해야 한다. 그렇다보니 주기가 길고, 효율이 낮으며, 세부적인 세밀도가 높지 않아 대량으로 제작할 수 없는 특징이 존재하였다. 동시에 선형, 입체 및 자연에 기초한 물체로 대표되는 기존 디자인은 이미 임계점에 도달하여 새로운 디자인 패러다임과 방법이 필요하다. 프랙탈 기하학은 현재 수학 이용하여 자연계의 복잡한 사고를 설명하는 새로운 디자인 방법으로, 현재 외국에서는 이미 여러 분야에서 연구가 진행 중이나, 중국에서 프랙탈 기하학을 디자인에 적용한 연구는 흔치 않다.

본 연구는 현대의 경제적 배경에서 출발하여 수학 안에 새로 나타난 프랙탈 기하학을 도입하고, 파생된 프랙탈 기하학 이론과 예술 디자인이 결합된 프랙탈 예술, 수학적 사고로 복잡한 자연현상을 해석하고, 반복, 축소, 뒤틀림 등의 형성 원리로 형태를 묘사한다. 수학적 함수의 반복으로, 무한정 세밀하고 다채로운 패턴을 만들어 낼 수 있으며, 새로운 예술 표현과 디자인 방법을 탐색한다. 프랙탈 패턴은 전통적인 패턴과 차별화된 디자인 개념으로 특유의 자기 유사성, 척도 불변성, 비선형성, 무작위성 등의 수학적 특징을 보여주며, 학술간의 차이의 제한으로 인해 디자이너들이 실제 창작에 어려움을 겪을 수 있다. 그러므로 수학의 이성적 사고에 의한 프랙탈 패턴 예술의 생성 프로세스는 디자인 아키텍처를 개발하게 되었다.

본 연구는 주로 수학, 텍스타일 디자인학, 컴퓨터 그래픽학 등의 다양한 학과와 관련되어 있다. 텍스타일 디자인을 기초로 컴퓨터 관련 소프트웨어를 디자인 도구로 삼고, 프랙탈 기하학적인 수학 생성 알고리즘 및 수학 이성적 디자인 사고를 이용하여 창작을 진행한다. 무작위성, 불규칙, 비선형으로 가득한 프랙탈 패턴 디자인에서 이성적이고 객관적인 규칙을 찾을 수 있도록 프랙탈의 기본 개념에서 관련 문헌 자료의 수집, 정리, 분석을 통하여, 프랙탈 기하학의 발전, 특징 및 분류, 형성 원리를 귀납하고, 현대 텍스타일 디자인에 부합하는 예술적 함의를 탐구하고자 한다. 프랙탈 패턴과 예술 디자인을 분석하는 데에

서 프랙탈의 비선형, 불규칙, 자기 유사성 등의 특징이 예술 디자인 각 영역의 표현을 분석하여 프랙탈이 예술 디자인에 적용될 가능성을 증명하고, 프랙탈이 텍스타일 디자인에 적용될 수 있도록 뒷받침한다. 프랙탈 패턴 생성의 특징부터 다양한 프랙탈 패턴의 생성 알고리즘과 적용 사례를 연구하며, 반복 함수 시스템 알고리즘(IFS)을 중점적으로 분석하여, 프랙탈 패턴 디자인 아키텍처(구도방법)를 제시하며, 프랙탈 패턴 디자인의 수학 이리적 사고를 정리한다. 프랙탈 기하학을 잘 활용하기 위하여 좋은 방법을 제공하고자 제시한 방법으로 총괄하는 절차와 방법을 통해 텍스타일 디자인 개발을 진행한다. 마지막으로, 귀납한 절차와 방법을 통해 그래픽 디자인을 완성한 후 관련 분야의 전문가 심층 인터뷰를 진행하여 프랙탈 패턴의 심미성, 혁신성, 디자인 프로세스의 유효성을 확인하고 텍스타일 디자인 개발을 진행한다. 컴퓨터 그래픽학, COL3D 시뮬레이션 프로그램, 3DS Max 3차원 모델링, 렌더링 소프트웨어를 결합하여 컴퓨터로 전시 효과를 시뮬레이션하고, 실시간으로 수정을 진행한다. 그러므로 텍스타일 디자인의 속도를 대폭 향상시키고, 소비자 and 생산자, 공급업체 간의 교류를 증진시키면서 원가 제로 방식으로 무한한 가능성을 창조한다. 또한 스티커, 제색 샘플, 무늬 맞추기 등을 생성하는 동시에 불필요한 시제품을 줄이고, 제작 시간도 단축하며, 원가를 절감한다. 그런 다음 디자인 완성 후, 디지털 가상제품에 대한 전문가의 심층 인터뷰 실시하고 평가결과에 따라, 프랙탈 패턴을 텍스타일 디자인에 적용하는 것은 혁신적이며, 가능성 높고 성공적일 것이다. 그러면서 텍스타일 예술 패턴 디자이너에게 효율적이고 편리한 새로운 디자인 방법을 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 프랙탈 패턴 특유의 섬세한 구성으로 새로운 패턴 스타일 개척한다.

본 연구를 통해 과학과 예술이 어우러진 프랙탈 패턴을 텍스타일 디자인 적용에 있어 무한한 창조적 가치를 지니고 있다. 전통적인 패턴의 디자인 사고와 고착화 패턴을 타파하고, 패턴 디자인의 시야를 넓히고, 향후 패턴 디자인에 가이드를 제공하는 데 목적이 있으며, 새로운 시각적 효과와 미적 감각을 제공함으로써 어느 정도 텍스타일의 예술적 부가가치를 높일 수 있도록 일조하고자 한다.

본 연구의 프랙탈 기하학은 비선형 기하학 중의 한 부분일 뿐이며, 더 많은 비선형이 예술과 결합할 수 있어 더욱 아름다운 효과를 달성할 수 있을 것이다. 미래의 이론 연구와 디자인, 각양각색의 재해석과 끊임없는 연구를 통해 가능성을 기대한다.

키워드: 프랙탈 기하학, 생성 알고리즘, 생성 디자인 아키텍처, 수학적 합리적 사고, 텍스타일 디자인 프로세스

## 부록

<부록 1> L 시스템의 기호 규정 및 해석

<부록 2> 전문가 심층 인터뷰

## <부록 1> L 시스템의 기호 규정 및 해석

부호	설 명
F	현재의 위치에서 한 걸음 앞으로 나아가면서 동시에 선 긋기
G	현재 위치에서 한 걸음 앞으로 가되, 선을 긋지 않기
+	현재 위치에서 왼쪽으로 주어진 각도 회전
-	현재 위치에서 오른쪽으로 주어진 각도 회전
	제자리 180도 회전
[	push 거북이 그림 현재 상태를 우리로 밀어 넣기
]	Pop 그래픽 상태를 스택 상태로 초기화하고, 스택의 내용을 삭제
nn	증가 각도 nn도
/nn	감소 각도 nn도
C nn	선택 색깔 nn
< nn	여기에 색상 추가 nn
> nn	여기에 색상 감소 nn
!	방향전환(제어+, -, /)
@nnn	선의 길이를 nnn으로 곱하면, nnn도 간단한 함수일 수 있음
기타	또한 합법적인 것으로, 주로 복잡한 해석을 얻는 데 쓰임



## <부록 2> 전문가 심층 인터뷰



CHOSUN UNIVERSITY

---

안녕하세요!

본 조사는 “프랙탈 기하학에 기초한 텍스타일 패턴의 디자인 연구 개발”에 대한 평가 조사입니다. 귀하가 제공한 정보는 학술 연구로만 사용되며, 각 설문지에 대해 익명으로 처리하여 개인 정보와 소견을 엄격하게 비밀로 하겠습니다. 본 설문 답변은 옳고 그름의 구분이 없으나, 귀하의 진실한 답변은 저희 연구에 매우 중요하며, 귀중한 시간을 내어 참여와 지지를 해주셔서 진심으로 감사드립니다. 감사합니다!

I. 기본 정보에 관한 문제.

당신의 성별[선택형]

- 남
- 여

당신의 연령 [단답형]

---

당신의 근무 연한[선택형]

- 5년 미만
- 5-10년 미만
- 10-15년 미만
- 15-20년 미만
- 20년 이상

현재 전공은 무엇입니까? [단답형]

---

연구 분야는 무엇입니까? [단답형]









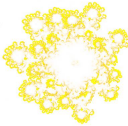







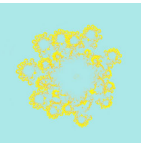
---






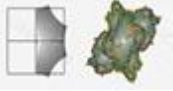


II.아래는 프랙탈 패턴으로 텍스타일 개발에 활용된 디자인 (모티브1-8)


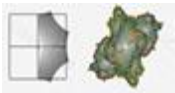
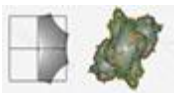

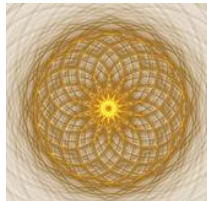



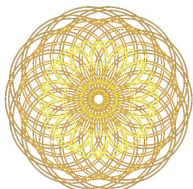
모티브1	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
 장미	반복 스케일링 중첩	 Ring2함수	 Julian함수		
					

모티브2	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
 영전하화	반복 스케일링 왜곡	 Cylinder3함수  입자흐림 효과 Pre-blur3함수	 Spherica 함수		
			 Eyefish함수   Cylinder3 함수   Julian 함수		

모티브3	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
 영진하화 확장	반복 스케일링 왜곡	모티브B 같음	모티브B같음		
		모티브B 같음	모티브B 구조함수 기초에 추가  Sinusoidal함수		
모티브4	형성원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
 스테인드 글라스	반복 스케일링 중첩	 Julian함수	 Splits함수  Linear3D함수		
		 Bubble함수 (퍼지 효과) Pre_blur함수 Ngon함수 			

모티브5	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색 상	생성된 패턴디자인
	반복 스케일링 중첩	  spherical함수 spherical=1    horseshoe함수 horseshoe =0.02 weight=0.5	 linear3d =0.1   Julian함수 Julian=0.67 Julian_power =7 Julian_dist=1 Julian3d_power =7		  레이스 면사1
		  spherical함수 spherical=0.022    spiral함수 spiral=0.025    diamond=0.04		  레이스 면사2	

모티브6	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
	반복 스케일링 중첩 왜곡	(퍼지 효과) Pre_blur함수  (수직 변화) ztranslate함수 zcone함수 (분산 효과) separation=2 separation_x=0 separation_y=0.8	  line3d함수 line3d=1		 백합1
		 Julian함수 Julian3d=1 Julian_power=-3			 백합2

모티브 7	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
	반복 스케일링 중첩	 <p>                     Julian함수                      Julian=0.5                      Julian_power=4                      Julian_dist=1                 </p>	최종 삼각형: 		 <p>동1</p>
		 <p>                     line3d함수                      line3d=2                 </p>	<p>                     Julian함수                      Julian=1                      Julian_power=15                      Julian_dist=1                 </p>  <p>                     line3d함수                      line3d=1                 </p>		 <p>동2</p>

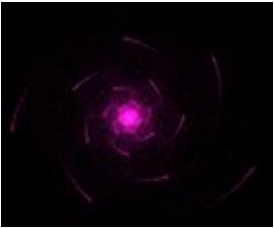


모티브8	형성 원리	프랙탈 유닛	구조	색상	생성된 패턴디자인
	반복 스케일링 중첩	pre_zscale =0.3  Julianscope 함수 Julianscope =0.7 Julianscope _power=4 Julianscope _dist=1	polar2함수 polar2=0.18  heliciod함수 heliciod =0.978 helicoid_ frequency=1 삼각형3:  line3d함수 line3d=1	 	구름1  구름2 

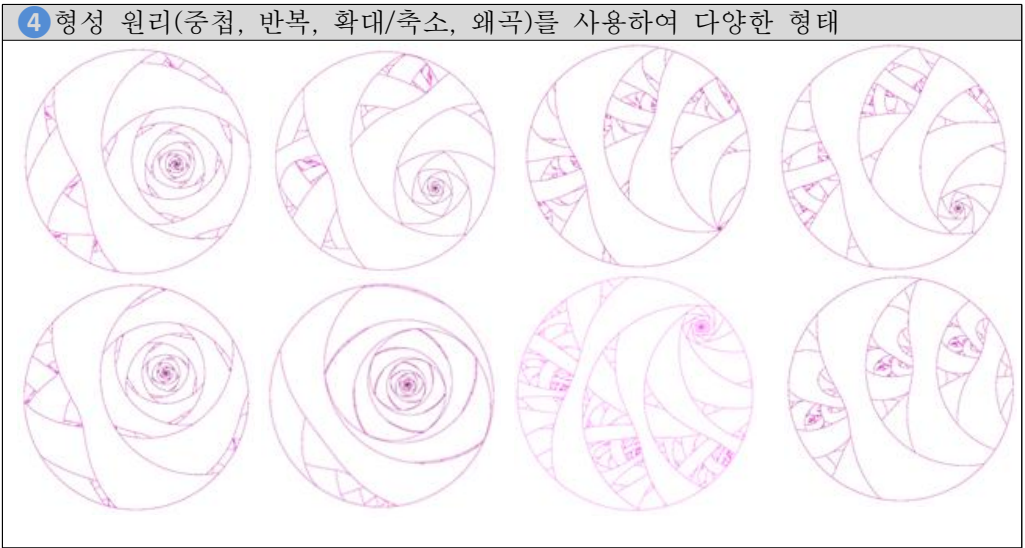


현재 코로나19 신종 코로나바이러스 감염증이 세계적 대유행으로, 많은 국가에서 Work From Home(재택근무) 정책을 시행하면서 시장에서 언더웨어 및 실내 텍스타일에 대한 수요가 크게 증가하고 있다. 본문에서는 언더웨어 및 실내 텍스타일을 디자인 연구 대상으로 새로운 디자인 방법과 새로운 형태를 이용하여 텍스타일 패턴을 디자인하여 대중의 요구를 만족시키고자 한다. 이상의 프랙탈 패턴 디자인은 여덟 가지 모티브에 따라 16가지의 다른 프랙탈 패턴을 생성하고, 프랙탈 패턴의 형성 원리(반복, 겹침, 크기 조절, 뒤틀림) 및 IFS(iterated Function System) 알고리즘을 통해 수학 함수를 선택하며, 유닛, 구조, 색상을 각각 결합하여 디자인을 진행한다. 이해 및 설명이 쉽도록 상세한 디자인 방법 절차를 제시하였다.

예:

패턴 디자인 1: 장미

<p><b>1</b> 구조함수 형태</p> 	<p>매개 변수</p> <table border="1"> <tr> <td>Transform:</td> <td>1</td> <td>Affine transform1</td> </tr> <tr> <td>Name:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weight:</td> <td>50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Triangle Variations:</td> <td>Transform Variables</td> <td>Colors Chaos</td> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>Value</td> <td></td> </tr> <tr> <td>rings2</td> <td>1</td> <td>반복횟수</td> </tr> </table>	Transform:	1	Affine transform1	Name:			Weight:	50		Triangle Variations:	Transform Variables	Colors Chaos	Name	Value		rings2	1	반복횟수
Transform:	1	Affine transform1																	
Name:																			
Weight:	50																		
Triangle Variations:	Transform Variables	Colors Chaos																	
Name	Value																		
rings2	1	반복횟수																	
<p><b>2</b> 생성유닛 함수 형태</p> 	<p>매개 변수</p> <table border="1"> <tr> <td>Transform:</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Name:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weight:</td> <td>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Triangle Variations:</td> <td>Transform Variables</td> <td>Colors Chaos</td> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>Value</td> <td></td> </tr> <tr> <td>julan</td> <td>1</td> <td></td> </tr> </table>	Transform:	1		Name:			Weight:	10		Triangle Variations:	Transform Variables	Colors Chaos	Name	Value		julan	1	
Transform:	1																		
Name:																			
Weight:	10																		
Triangle Variations:	Transform Variables	Colors Chaos																	
Name	Value																		
julan	1																		
<p><b>3</b> 색 재</p>																			

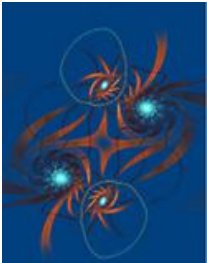


패턴 디자인 2:영전하화

<p><b>1</b> 구조 함수 형태</p> 	<p>매개 변수</p> <p><b>Transform:</b> 1</p> <p>Name:</p> <p>Weight: 20</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Triangle Variations</th> <th>Transform Variables</th> <th>Colors Xaos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Name</td> <td colspan="2">Value</td> </tr> <tr> <td>spherical</td> <td colspan="2">3</td> </tr> <tr> <td>eyefish</td> <td colspan="2">0.24</td> </tr> <tr> <td>cylinder</td> <td colspan="2">30 0.132</td> </tr> </tbody> </table>	Triangle Variations	Transform Variables	Colors Xaos	Name	Value		spherical	3		eyefish	0.24		cylinder	30 0.132	
Triangle Variations	Transform Variables	Colors Xaos														
Name	Value															
spherical	3															
eyefish	0.24															
cylinder	30 0.132															
<p><b>2</b> 생성유닛 함수 형태</p> 	<p>매개 변수</p> <p><b>Transform:</b> 2</p> <p>Name:</p> <p>Weight: 0.5</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Triangle Variations</th> <th>Transform Variables</th> <th>Colors Xaos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Name</td> <td colspan="2">Value</td> </tr> <tr> <td>cylinder</td> <td colspan="2">30 0.135</td> </tr> <tr> <td>pre_blur</td> <td colspan="2">30 4</td> </tr> </tbody> </table>	Triangle Variations	Transform Variables	Colors Xaos	Name	Value		cylinder	30 0.135		pre_blur	30 4				
Triangle Variations	Transform Variables	Colors Xaos														
Name	Value															
cylinder	30 0.135															
pre_blur	30 4															


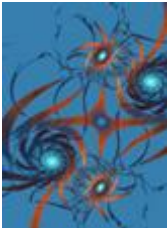
**3 색재** 



**4 최종 반복 변환** 매개 변수



Final		Triangle	Transform	Colors
		Variations	Variables	Chaos
Transform	Colors	Name	Value	
Variables	Chaos	julian_power	2	
Value		julian_dst	1	

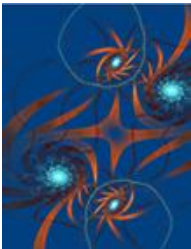
**5** 형성 원리를 사용하여 다른 배경색을 사용하여 다른 느낌 패턴을 보여줍니다





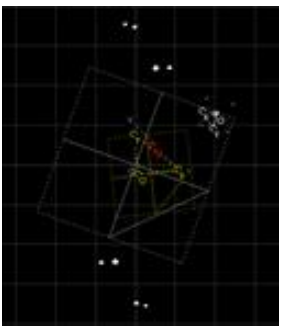



모티브3:영전하화 확장

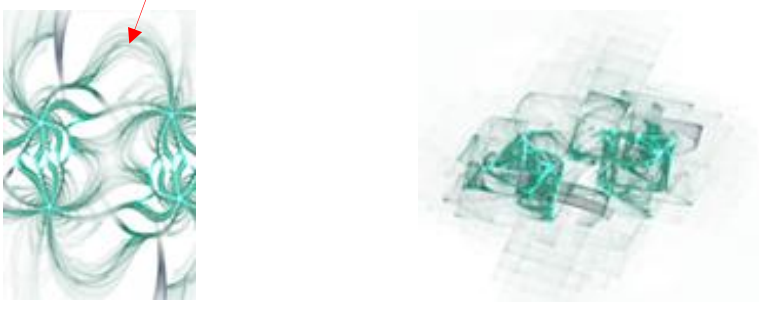
**1** 모티브B의 영전하화



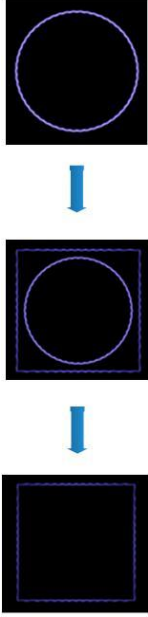
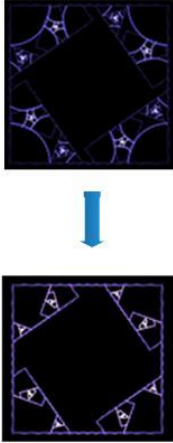


<b>2</b> 원본 이미지에서 아핀 삼각형의 위치변경	매개 변수																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Variations</th> <th>Variables</th> <th>Chaos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Triangle</td> <td>Transform</td> <td>Colors</td> </tr> <tr> <td>X: 1.68602</td> <td>1.34879</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Y: 1.9569</td> <td>0.913966</td> <td></td> </tr> <tr> <td>O: 2.03887</td> <td>1.26682</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>↶ ↷</td> <td>15</td> <td>↶ ↷</td> </tr> <tr> <td>↕ ↔</td> <td>0.1</td> <td>↕ ↔</td> </tr> <tr> <td>↙ ↘</td> <td>125</td> <td>↙ ↘</td> </tr> </table>	Variations	Variables	Chaos	Triangle	Transform	Colors	X: 1.68602	1.34879		Y: 1.9569	0.913966		O: 2.03887	1.26682		↶ ↷	15	↶ ↷	↕ ↔	0.1	↕ ↔	↙ ↘	125	↙ ↘
Variations	Variables	Chaos																							
Triangle	Transform	Colors																							
X: 1.68602	1.34879																								
Y: 1.9569	0.913966																								
O: 2.03887	1.26682																								
↶ ↷	15	↶ ↷																							
↕ ↔	0.1	↕ ↔																							
↙ ↘	125	↙ ↘																							

<b>3</b> 에서모티브b 영전하화 그림에 주 가한 함수 형태	매개 변수																					
 <p>Sinusoidal函数</p>	<table border="1"> <tr> <td>Transform:</td> <td>Final</td> </tr> <tr> <td>Name:</td> <td>n/a</td> </tr> <tr> <td>Weight:</td> <td>n/a</td> </tr> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Triangle</th> <th>Transform</th> <th>Colors</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Variations</td> <td>Variables</td> <td>Chaos</td> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>Value</td> <td></td> </tr> <tr> <td>sinusoidal</td> <td>0.537</td> <td></td> </tr> <tr> <td>julan</td> <td>0.464</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Transform:	Final	Name:	n/a	Weight:	n/a	Triangle	Transform	Colors	Variations	Variables	Chaos	Name	Value		sinusoidal	0.537		julan	0.464	
Transform:	Final																					
Name:	n/a																					
Weight:	n/a																					
Triangle	Transform	Colors																				
Variations	Variables	Chaos																				
Name	Value																					
sinusoidal	0.537																					
julan	0.464																					

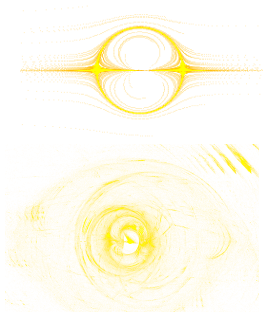
<b>4</b> 결국 원본 이미지와 완전히 다른 형태를 얻습니다.


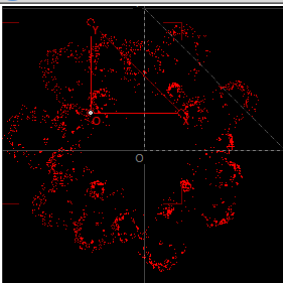
패턴 디자인4 :스테인드글라스

<p><b>1</b> 생성유닛 함수1 형태</p> 	<p>매개 변수</p> <p><b>Transform: 1</b></p> <p>Name: [ ] Weight: 0.5</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Name</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bubble</td> <td>0.006</td> <td>julan_power</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>pre_bur</td> <td>1</td> <td>julan_dist</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Transform: 2</b></p> <p>Name: [ ] Weight: 0.5</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Name</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ngon</td> <td>1.514</td> <td>ngon_sides</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>ngon_power</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>ngon_circle</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>ngon_corners</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Transform: 3</b></p> <p>Name: [ ] Weight: 0.5</p> <p>Transform color: 0.000</p> <p>Color speed: 0 Opacity: 0 Direct color: 1</p>	Name	Value	Name	Value	bubble	0.006	julan_power	55	pre_bur	1	julan_dist	1	Name	Value	Name	Value	ngon	1.514	ngon_sides	4			ngon_power	2			ngon_circle	1			ngon_corners	1
Name	Value	Name	Value																														
bubble	0.006	julan_power	55																														
pre_bur	1	julan_dist	1																														
Name	Value	Name	Value																														
ngon	1.514	ngon_sides	4																														
		ngon_power	2																														
		ngon_circle	1																														
		ngon_corners	1																														
<p><b>2</b> 구조함수 형태</p> 	<p>매개 변수</p> <p><b>Transform: 3</b></p> <p>Name: [ ] Weight: 1.8</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Value</th> <th>Name</th> <th>Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>splits_x</td> <td>-1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>splits_y</td> <td>-1</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>linear3D: 1 splits: 1.5</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Path</th> <th>Weight modifier</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>to 1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>to 2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>to 3</td> <td>4.8</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Path</th> <th>Weight modifier</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>from 1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>from 2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>from 3</td> <td>4.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>X: 0.204788, Y: -0.143394, O: 0</p> <p>Navigation: 35, 0.1, 200</p>	Name	Value	Name	Value	splits_x	-1			splits_y	-1			Path	Weight modifier	to 1	1	to 2	0	to 3	4.8	Path	Weight modifier	from 1	0	from 2	1	from 3	4.8				
Name	Value	Name	Value																														
splits_x	-1																																
splits_y	-1																																
Path	Weight modifier																																
to 1	1																																
to 2	0																																
to 3	4.8																																
Path	Weight modifier																																
from 1	0																																
from 2	1																																
from 3	4.8																																



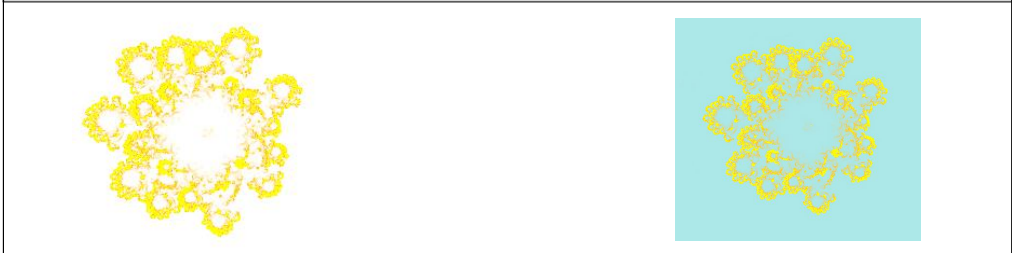
패턴 디자인5 :레이스 면사

1 생성유닛 함수1 형태	매개 변수																																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2"><b>Transform:</b> <span style="background-color: black; color: white;">▲ 2</span></td></tr> <tr><td>Name:</td><td></td></tr> <tr><td>Weight:</td><td>0.5</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Triangle</td><td>Transform</td><td>Colors</td></tr> <tr><td>Variations</td><td>Variables</td><td>Xaos</td></tr> </table> </td></tr> <tr><td>Name</td><td>Value</td></tr> <tr><td>spherical</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>spiral</td><td>0.025</td></tr> <tr><td>diamond</td><td>0.04</td></tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2"><b>Transform:</b> <span style="background-color: black; color: white;">▲ 1</span></td></tr> <tr><td>Name:</td><td></td></tr> <tr><td>Weight:</td><td>0.5</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Triangle</td><td>Transform</td><td>Colors</td></tr> <tr><td>Variations</td><td>Variables</td><td>Xaos</td></tr> </table> </td></tr> <tr><td>Name</td><td>Value</td></tr> <tr><td>spherical</td><td>1</td></tr> <tr><td>horseshoe</td><td>0.02</td></tr> </table>	<b>Transform:</b> <span style="background-color: black; color: white;">▲ 2</span>		Name:		Weight:	0.5	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Triangle</td><td>Transform</td><td>Colors</td></tr> <tr><td>Variations</td><td>Variables</td><td>Xaos</td></tr> </table>		Triangle	Transform	Colors	Variations	Variables	Xaos	Name	Value	spherical	0.022	spiral	0.025	diamond	0.04	<b>Transform:</b> <span style="background-color: black; color: white;">▲ 1</span>		Name:		Weight:	0.5	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Triangle</td><td>Transform</td><td>Colors</td></tr> <tr><td>Variations</td><td>Variables</td><td>Xaos</td></tr> </table>		Triangle	Transform	Colors	Variations	Variables	Xaos	Name	Value	spherical	1	horseshoe	0.02
<b>Transform:</b> <span style="background-color: black; color: white;">▲ 2</span>																																											
Name:																																											
Weight:	0.5																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Triangle</td><td>Transform</td><td>Colors</td></tr> <tr><td>Variations</td><td>Variables</td><td>Xaos</td></tr> </table>		Triangle	Transform	Colors	Variations	Variables	Xaos																																				
Triangle	Transform	Colors																																									
Variations	Variables	Xaos																																									
Name	Value																																										
spherical	0.022																																										
spiral	0.025																																										
diamond	0.04																																										
<b>Transform:</b> <span style="background-color: black; color: white;">▲ 1</span>																																											
Name:																																											
Weight:	0.5																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Triangle</td><td>Transform</td><td>Colors</td></tr> <tr><td>Variations</td><td>Variables</td><td>Xaos</td></tr> </table>		Triangle	Transform	Colors	Variations	Variables	Xaos																																				
Triangle	Transform	Colors																																									
Variations	Variables	Xaos																																									
Name	Value																																										
spherical	1																																										
horseshoe	0.02																																										

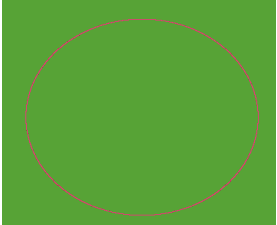
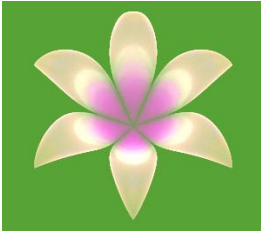
2 구조함수 형태	매개 변수																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2"><b>Transform:</b> <span style="background-color: black; color: white;">▲ 3</span></td></tr> <tr><td>Name:</td><td></td></tr> <tr><td>Weight:</td><td>0.1</td></tr> <tr><td colspan="2" style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Triangle</td><td>Transform</td><td>Colors</td></tr> <tr><td>Variations</td><td>Variables</td><td>Xaos</td></tr> </table> </td></tr> <tr><td>Name</td><td>Value</td></tr> <tr><td>linear3D</td><td><sup>3D</sup> 0.1</td></tr> <tr><td>julian</td><td>0.67</td></tr> <tr><td>julia3D</td><td><sup>3D</sup> 0.239</td></tr> </table>	<b>Transform:</b> <span style="background-color: black; color: white;">▲ 3</span>		Name:		Weight:	0.1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Triangle</td><td>Transform</td><td>Colors</td></tr> <tr><td>Variations</td><td>Variables</td><td>Xaos</td></tr> </table>		Triangle	Transform	Colors	Variations	Variables	Xaos	Name	Value	linear3D	<sup>3D</sup> 0.1	julian	0.67	julia3D	<sup>3D</sup> 0.239
<b>Transform:</b> <span style="background-color: black; color: white;">▲ 3</span>																							
Name:																							
Weight:	0.1																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Triangle</td><td>Transform</td><td>Colors</td></tr> <tr><td>Variations</td><td>Variables</td><td>Xaos</td></tr> </table>		Triangle	Transform	Colors	Variations	Variables	Xaos																
Triangle	Transform	Colors																					
Variations	Variables	Xaos																					
Name	Value																						
linear3D	<sup>3D</sup> 0.1																						
julian	0.67																						
julia3D	<sup>3D</sup> 0.239																						

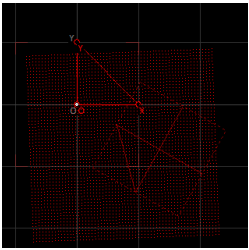
3 색재	
------	---

4 형성 원리를 사용하여 다른 배경색을 사용하여 다른 느낌 패턴을 보여줍니다



패턴 디자인6 :백합

<p><b>1 생성유닛 함수1 형태</b></p>  	<p style="text-align: right;"><b>매개 변수</b></p> <table border="1"> <tr><td colspan="2"><b>Transform: 1</b></td></tr> <tr><td>Name:</td><td></td></tr> <tr><td>Weight:</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>Triangle Variations</td><td>Transform Variables</td><td>Colors</td><td>Xaos</td></tr> <tr><td>Name</td><td>Value</td><td>Triangle Variations</td><td>Transform Variables</td><td>Colors</td><td>Xaos</td></tr> <tr><td>pre_blur</td><td>30 2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>ztranslate</td><td>30 1.007</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>zcone</td><td>30 4.665</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>separation</td><td>30 2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Name</td><td>Value</td><td colspan="4"></td></tr> <tr><td>julia3D</td><td>30 1</td><td colspan="4"></td></tr> </table> <table border="1"> <tr><td colspan="2"><b>Transform: 2</b></td></tr> <tr><td>Name:</td><td></td></tr> <tr><td>Weight:</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>Triangle Variations</td><td>Transform Variables</td><td>Colors</td><td>Xaos</td></tr> <tr><td>Name</td><td>Value</td><td colspan="3"></td></tr> <tr><td>julia3D_power</td><td>-3</td><td colspan="3"></td></tr> </table>	<b>Transform: 1</b>		Name:		Weight:	0.5	Triangle Variations	Transform Variables	Colors	Xaos	Name	Value	Triangle Variations	Transform Variables	Colors	Xaos	pre_blur	30 2					ztranslate	30 1.007					zcone	30 4.665					separation	30 2					Name	Value					julia3D	30 1					<b>Transform: 2</b>		Name:		Weight:	0.5	Triangle Variations	Transform Variables	Colors	Xaos	Name	Value				julia3D_power	-3			
<b>Transform: 1</b>																																																																									
Name:																																																																									
Weight:	0.5																																																																								
Triangle Variations	Transform Variables	Colors	Xaos																																																																						
Name	Value	Triangle Variations	Transform Variables	Colors	Xaos																																																																				
pre_blur	30 2																																																																								
ztranslate	30 1.007																																																																								
zcone	30 4.665																																																																								
separation	30 2																																																																								
Name	Value																																																																								
julia3D	30 1																																																																								
<b>Transform: 2</b>																																																																									
Name:																																																																									
Weight:	0.5																																																																								
Triangle Variations	Transform Variables	Colors	Xaos																																																																						
Name	Value																																																																								
julia3D_power	-3																																																																								

<p><b>2 구조함수 형태</b></p> 	<p style="text-align: right;"><b>매개 변수</b></p> <table border="1"> <tr><td colspan="2"><b>Transform: 3</b></td></tr> <tr><td>Name:</td><td></td></tr> <tr><td>Weight:</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>Triangle Variations</td><td>Transform Variables</td><td>Colors</td><td>Xaos</td></tr> <tr><td>Name</td><td>Value</td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td>linear3D</td><td>30 1</td><td colspan="2"></td></tr> </table>	<b>Transform: 3</b>		Name:		Weight:	0.5	Triangle Variations	Transform Variables	Colors	Xaos	Name	Value			linear3D	30 1		
<b>Transform: 3</b>																			
Name:																			
Weight:	0.5																		
Triangle Variations	Transform Variables	Colors	Xaos																
Name	Value																		
linear3D	30 1																		

**3 색재**




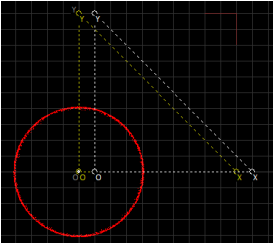
**4 형성 원리를 사용하여 다른 배경색을 사용하여 다른 느낌 패턴을 보여줍니다**







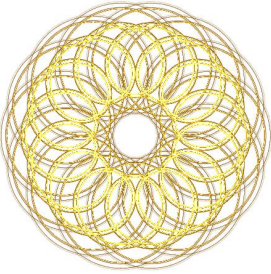
패턴 디자인7 :동

1 생성유닛 함수1 형태	매개 변수																																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr style="background-color: #333; color: white;"> <th colspan="2">Transform: 1</th> <th colspan="2">Transform: 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Name:</td><td></td><td>Name:</td><td></td></tr> <tr><td>Weight:</td><td>0.5</td><td>Weight:</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>Triangle Variations</td> <td>Transform Variables</td> <td>Colors Xaos</td> <td>Triangle Variations</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Name</td> <td colspan="2">Value</td> </tr> <tr> <td colspan="2">julan</td> <td colspan="2">0.5</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">julan_power 4</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">julan_dist 1</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #333; color: white;"> <th colspan="2">Transform: 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Name:</td><td></td></tr> <tr><td>Weight:</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>Triangle Variations</td> <td>Transform Variables</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Name</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Value</td> </tr> <tr> <td>linear3D</td> <td>2.8</td> </tr> </tbody> </table>	Transform: 1		Transform: 1		Name:		Name:		Weight:	0.5	Weight:	0.5	Triangle Variations	Transform Variables	Colors Xaos	Triangle Variations	Name		Value		julan		0.5				julan_power 4				julan_dist 1		Transform: 2		Name:		Weight:	0.5	Triangle Variations	Transform Variables	Name		Value		linear3D	2.8
Transform: 1		Transform: 1																																													
Name:		Name:																																													
Weight:	0.5	Weight:	0.5																																												
Triangle Variations	Transform Variables	Colors Xaos	Triangle Variations																																												
Name		Value																																													
julan		0.5																																													
		julan_power 4																																													
		julan_dist 1																																													
Transform: 2																																															
Name:																																															
Weight:	0.5																																														
Triangle Variations	Transform Variables																																														
Name																																															
Value																																															
linear3D	2.8																																														


2 구조함수 형태	매개 변수																																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr style="background-color: #333; color: white;"> <th colspan="2">Transform: Final</th> <th colspan="2">Transform: Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Name:</td><td>n/a</td><td>Name:</td><td>n/a</td></tr> <tr><td>Weight:</td><td>n/a</td><td>Weight:</td><td>n/a</td></tr> <tr> <td>Triangle Variations</td> <td>Transform Variables</td> <td>Colors Xaos</td> <td>Triangle Variations</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Name</td> <td colspan="2">Value</td> </tr> <tr> <td colspan="2">linear3D</td> <td colspan="2">1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">julan</td> <td colspan="2">0.5</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">julan_power 15</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">julan_dist 1</td> </tr> </tbody> </table>	Transform: Final		Transform: Final		Name:	n/a	Name:	n/a	Weight:	n/a	Weight:	n/a	Triangle Variations	Transform Variables	Colors Xaos	Triangle Variations	Name		Value		linear3D		1		julan		0.5				julan_power 15				julan_dist 1	
Transform: Final		Transform: Final																																			
Name:	n/a	Name:	n/a																																		
Weight:	n/a	Weight:	n/a																																		
Triangle Variations	Transform Variables	Colors Xaos	Triangle Variations																																		
Name		Value																																			
linear3D		1																																			
julan		0.5																																			
		julan_power 15																																			
		julan_dist 1																																			


3 색재	
	


4 최종 형태1


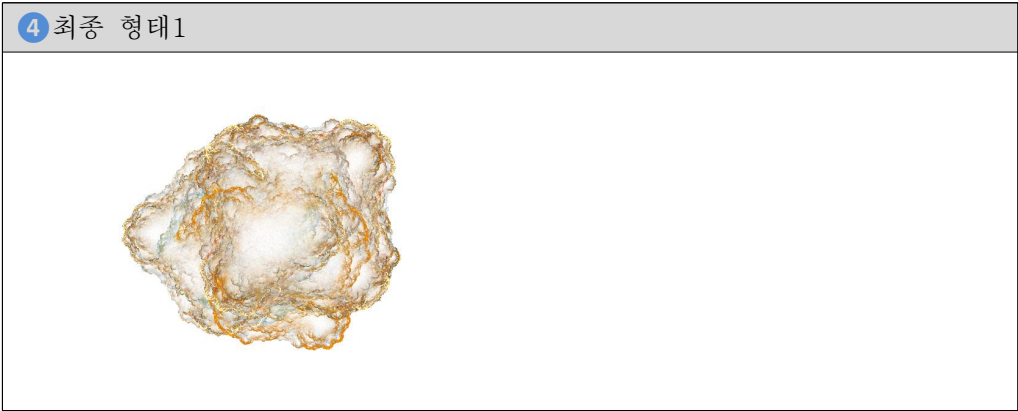
5 최종 형태2	매개 변수																																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>Transform:</b> 2</td> </tr> <tr> <td>Name:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weight:</td> <td>0.13</td> </tr> <tr> <td>Triangle</td> <td>Transform</td> </tr> <tr> <td>Variations</td> <td>Colors</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Variables</td> </tr> <tr> <td>Path</td> <td>Weight modifier</td> </tr> <tr> <td>to 1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>to 2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Transform:</b> Final</td> </tr> <tr> <td>Name:</td> <td>n/a</td> </tr> <tr> <td>Weight:</td> <td>n/a</td> </tr> <tr> <td>Triangle</td> <td>Transform</td> </tr> <tr> <td>Variations</td> <td>Colors</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Variables</td> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>Value</td> </tr> <tr> <td>linear3D</td> <td>3D 1</td> </tr> <tr> <td>julian</td> <td>0.68</td> </tr> </table>	<b>Transform:</b> 2		Name:		Weight:	0.13	Triangle	Transform	Variations	Colors	Variables		Path	Weight modifier	to 1	1	to 2	0	<b>Transform:</b> Final		Name:	n/a	Weight:	n/a	Triangle	Transform	Variations	Colors	Variables		Name	Value	linear3D	3D 1	julian	0.68
<b>Transform:</b> 2																																					
Name:																																					
Weight:	0.13																																				
Triangle	Transform																																				
Variations	Colors																																				
Variables																																					
Path	Weight modifier																																				
to 1	1																																				
to 2	0																																				
<b>Transform:</b> Final																																					
Name:	n/a																																				
Weight:	n/a																																				
Triangle	Transform																																				
Variations	Colors																																				
Variables																																					
Name	Value																																				
linear3D	3D 1																																				
julian	0.68																																				

패턴 디자인8 :구름

1 생성유닛 함수1 형태	매개 변수																		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>Transform:</b> 1</td> </tr> <tr> <td>Name:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weight:</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>Triangle</td> <td>Transform</td> </tr> <tr> <td>Variations</td> <td>Colors</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Variables</td> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>Value</td> </tr> <tr> <td>pre_zscale</td> <td>3D 0.294815</td> </tr> <tr> <td>juliascope</td> <td>0.705185</td> </tr> </table>	<b>Transform:</b> 1		Name:		Weight:	0.5	Triangle	Transform	Variations	Colors	Variables		Name	Value	pre_zscale	3D 0.294815	juliascope	0.705185
<b>Transform:</b> 1																			
Name:																			
Weight:	0.5																		
Triangle	Transform																		
Variations	Colors																		
Variables																			
Name	Value																		
pre_zscale	3D 0.294815																		
juliascope	0.705185																		

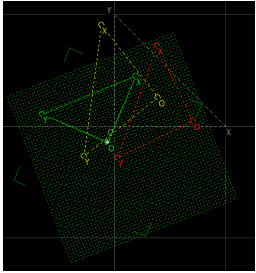
2 구조함수 형태	매개 변수																																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"><b>Transform:</b> 2</td> <td colspan="2"><b>Transform:</b> 2</td> </tr> <tr> <td>Name:</td> <td></td> <td>Name:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weight:</td> <td>0.5</td> <td>Weight:</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>Triangle</td> <td>Transform</td> <td>Triangle</td> <td>Transform</td> </tr> <tr> <td>Variations</td> <td>Colors</td> <td>Variations</td> <td>Colors</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Variables</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Variables</td> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>Value</td> <td>Name</td> <td>Value</td> </tr> <tr> <td>helicoid</td> <td>3D 0.978028</td> <td>helicoid_frequency</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>polar2</td> <td>3D 0.180972</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	<b>Transform:</b> 2		<b>Transform:</b> 2		Name:		Name:		Weight:	0.5	Weight:	0.5	Triangle	Transform	Triangle	Transform	Variations	Colors	Variations	Colors	Variables		Variables		Name	Value	Name	Value	helicoid	3D 0.978028	helicoid_frequency	1	polar2	3D 0.180972		
<b>Transform:</b> 2		<b>Transform:</b> 2																																			
Name:		Name:																																			
Weight:	0.5	Weight:	0.5																																		
Triangle	Transform	Triangle	Transform																																		
Variations	Colors	Variations	Colors																																		
Variables		Variables																																			
Name	Value	Name	Value																																		
helicoid	3D 0.978028	helicoid_frequency	1																																		
polar2	3D 0.180972																																				


3 색재 




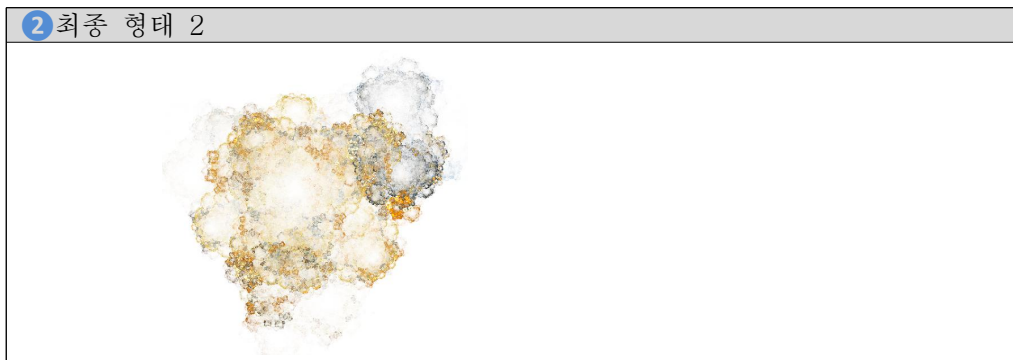
1 에서모티브 8 구름 그림  
에추 가한함수 형태

매개 변수



Transform: 		
Name:		
Weight:	0.5	
Triangle	Transform	Colors
Variations	Variables	Xaos
Name	Value	
near3D	3D	1

Transform: 		
Name:		
Weight:	0.5	
Variations	Variables	Xaos
Triangle	Transform	Colors
X	0.251136	0.591189
Y	-0.591189	0.251136
Z	-0.059163	-0.143682
Reset transform		



1. 여덟 가지 모티브에 기반하여 생성된 16개의 프랙탈 패턴 작품들은 위와 같은 디자인의 구조와 형태, 풍격을 고려할 때 당신은 이러한 프랙탈 디자인이 전체적으로 혁신적이고 아름답다고 생각하십니까?

2. 당신은 프랙탈 기하학을 기반으로 한 수학 디자인에 유닛, 구조, 색채 및 그에 상응하는 함수, 형성 원리와 생성 알고리즘을 통해 빠르고 다양한 생성 패턴을 진행하는 수학적 디자인 방법에 대해 어떻게 생각하십니까? 이것은 효과적인 디자인 방법이라고 생각하십니까?

3. 프랙탈 기하학 원리와 상응 함수, 반복을 이용하여 패턴 디자인을 진행하는데, 생성된 프랙탈 패턴은 어떤 디자인 분야에 적용하는 것이 적합하다고 생각하십니까? 예를 들어 작성해 주세요.

4. 당신은 프랙탈 기하학을 적용하여 텍스타일 패턴의 디자인과 개발을 진행하는 것에 대해 어떤 의견이나 건의사항이 있습니까? 당신은 이 기술이 당신이 선택한 시장 영역에서 어느 부분에 응용될 수 있다고 생각하십니까?