

박사학위논문

# 그림자와 거울반사를 활용한 시각표현 연구

A Study of Visual Expression using Shadow and Mirror Reflection

2017년

한성대학교 대학원

미디어디자인학과

시각·영상커뮤니케이션전공

전 신 종

박사학위논문  
지도교수 조 열

## 그림자와 거울반사를 활용한 시각표현 연구

A Study of Visual Expression using Shadow and Mirror Reflection

2016년 12월 일

한성대학교 대학원  
미디어디자인학과  
시각·영상커뮤니케이션전공  
전 신 중

박사학위논문  
지도교수 조 열

## 그림자와 거울반사를 활용한 시각표현 연구

A Study of Visual Expression using Shadow and Mirror Reflection

위 논문을 디자인학 박사학위 논문으로 제출함

2016년 12월 일

한성대학교 대학원

미디어디자인학과

시각·영상커뮤니케이션전공

전 신 종

전신종의 디자인학 박사학위논문을 인준함

2016년 12월 일

심사위원장 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

심사위원 \_\_\_\_\_ 인

# 국 문 초 록

## 그림자와 거울반사를 활용한 시각표현 연구

한성대학교 대학원

미디어디자인학과

시각·영상커뮤니케이션전공

전 신 종

빛은 우리의 일상생활에 있어서 불가결(不可缺)한 존재이다. 빛은 모든 사물의 형태를 인지하게 하는 물리적 정보와 종교적, 도덕적으로 여러 감정들을 조절하는 심리적 정보들을 통제하고 제어한다. 고대 그리스 시대는 시각적 현상에 의한 수학적 비례가 미의 판단 기준이었다면 중세시대에는 종교적 영향으로 빛의 절대성과 정신적인 성스러움에서 아름다움을 찾으려고 노력하였다. 근대에서의 빛은 자연적이면서도 인공적인 시지각적 소재에 대해 예술가들의 새로운 과학적 탐구의 대상이 되었다. 더욱더 고조된 20세기 이후 빛에 대한 관심은 다양한 표현 방식을 만들어 내었고 이에 따라 디자인 분야에 있어서 빛의 활용도는 커져 나갔다.

본 연구자가 ‘빛’이라는 요소에 관심을 가지게 된 이유가 바로 여기에 있다. 빛에 의해 만들어지는 형태를 시각정보 전달을 위한 하나의 수단으로써 효과적으로 활용할 수 있다는 것이다. 빛에 의해 구현되는 형태는 다양한 방식에 의해 재현되고 재료의 물성과 함께 빛의 반사, 굴절, 명암, 색채 등 다양한 방식으로 활용된다.

따라서 본 연구는 빛의 특성을 활용한 입체조형표현 방법 유형에 대해 분석하고 이를 시각적 표현으로 돌출하고자 하였으며, 21세기 디자인 패러다임의 변화를 반영하여 새로운 입체조형 표현의 방법론들을 연구, 개발하는 것에 연구 목적을 두었다. 연구의 진행을 위해 우선 빛의 물리적 속성을 조사하고 빛의 표현이 중요시 되던 시기들의 대표 작품 사례들과 거울과 그림자의 시각적 표현이 디자인으로서의

활용 가능성에 대해 파악하였다. 이러한 이론을 바탕으로 빛의 다양한 물리적 특성 중 빛의 반사에 의해 구현되는 다양한 실험을 중심으로 진행하였다. 실증적 분석 대상이 되는 실험 내용은 첫째, 그림자 시각표현과 컴퓨터 알고리즘을 통한 작품 제작 방법, 둘째, 거울 반사를 통한 다양한 이미지 형상 규합과 컴퓨터 알고리즘 생성 방법, 셋째, 그림자와 거울 반사의 복합표현기법에 의한 이미지 생성 방법에 관해 실험과 작품 제작으로 나누어 진행하였다. 본 연구에서 복합표현기법이란 피사체에 의해 만들어진 그림자 속에서 거울의 반사를 통해 밝은 영역의 형상을 규합하여 하나의 이미지로 표현하는 기법으로 새로운 시각표현 방법을 제시하는 것이다.

이상과 같은 제작과 실험을 통하여 아래와 같은 원리를 규명할 수 있었다.

첫째, 그림자의 다양한 시각적 표현 방법개발에 의하여 가변 형상 제작의 가능성에 관하여 객관화 할 수 있었으며, 제작 방법에 있어서도 새로운 많은 지견을 얻을 수 있었다. 또한 제작 방법 및 원리를 컴퓨터 알고리즘을 통한 제작 과정을 통해 가능성을 검증하였다. 둘째, 거울의 반사는 형태에 따라서 도트형 거울반사, 각기동형 거울반사, 원주형 거울반사로 분류하여 거울 반사의 형상을 규합하는 과정 속에서 각종 시각적 원리를 실제 작품 제작과 실험을 통하여 세부적으로 규명하였다.

셋째, 복합표현기법의 제작방법에 있어서 피사체의 높이가 같을 때와 피사체의 간격이 같을 때 제작 방법의 차이가 있다는 사실을 실험을 통하여 검증하였다.

이상과 같이 본 연구는 그림자와 거울반사를 통한 복합표현기법의 형태표현이라는 새로운 방법을 제시함으로써 향후 기초조형 연구를 뒷받침할 수 있는 효율적인 자료로서 역할을 할 뿐만 아니라 창의적 시각표현의 사례로서 새로운 방향을 모색하고 그 가능성을 제시할 수 있을 것이라고 생각한다. 또한 과학과 예술의 결합에 의한 디지털 제작 방식의 시도라는 점에서 더욱더 다양화 된 시각조형 및 디자인 분야로의 확대와 새로운 가치 창출을 기대해 본다.

**【주요어】** 빛, 그림자, 거울반사, 가변형상, 복합표현기법, 시점, 피사체, 반사소스, 알고리즘

# 목 차

I. 서 론 .....	1
1.1 연구배경 및 목적 .....	1
1.2 연구방법 및 범위 .....	3
II. 이론적 배경 .....	5
2.1 빛 .....	5
2.1.1 빛의 속성 .....	5
2.1.2 빛의 표현 양상 .....	9
2.2 그림자 .....	13
2.2.1 그림자의 속성 .....	13
2.2.2 그림자의 시각표현 .....	14
2.3 거울 .....	19
2.3.1 거울의 속성 .....	19
2.3.2 거울의 시각표현 .....	22
III. 그림자에 의한 시각표현 기법 연구 .....	31
3.1 그림자 단일형상 제작 .....	31
3.2 그림자 가변형상 제작 .....	39
3.3 알고리즘을 통한 그림자 가변형상 제작 .....	42

IV. 거울반사에 의한 시각표현 기법 연구 .....	59
4.1 도트형 거울반사 .....	59
4.1.1 단일형상 제작 원리 및 알고리즘 .....	59
4.1.2 가변형상 제작 원리 및 알고리즘 .....	65
4.2 각기동형 거울반사 .....	68
4.2.1 단일형상 제작원리 .....	68
4.2.2 가변형상 제작원리 및 알고리즘 .....	71
4.3 원주형 거울반사 .....	81
4.3.1 단일형상 제작 및 구조 .....	81
4.3.2 반사면과 비 반사면의 이미지 구현 .....	84
V. 그림자와 거울반사의 복합표현기법 연구 .....	97
5.1 복합표현기법 제작 원리 및 구조 .....	97
5.2 단일형상 제작 및 알고리즘 .....	101
5.3 가변형상 제작 및 알고리즘 .....	111
VI. 결 론 .....	121
참고문헌 .....	124
ABSTRACT .....	127

## 그림 목 차

〈그림 1〉 카케라 옅스쿠라 원리 <a href="http://in-the-box.tistory.com/54">http://in-the-box.tistory.com/54</a> .....	7
〈그림 2〉 정반사 .....	7
〈그림 3〉 난반사 .....	7
〈그림 4〉 재귀반사 .....	7
〈그림 5〉 빛의 물리적 속성 .....	8
〈그림 6〉 알타미라 동굴벽화 .....	9
<a href="http://www.travelbook.de/europa/Die-Hoehlen-von-Altamira-267657.html">http://www.travelbook.de/europa/Die-Hoehlen-von-Altamira-267657.html</a>	
〈그림 7〉 오병이어. 이탈리아 라벤나 산타폴리나레 누오보 성당. 520년경 .....	10
<a href="http://historia.tistory.com">http://historia.tistory.com</a>	
〈그림 8〉 성 베드로 성당. 327-349년경, <a href="http://docinfo.tistory.com">http://docinfo.tistory.com</a> .....	10
〈그림 9〉 James Turrell, 〈The Light inside 1999〉, <a href="http://nyculturebeat.com">http://nyculturebeat.com</a> ..	12
〈그림 10〉 Dan Flavin, 〈무제(1977)〉, <a href="http://m.blog.naver.com/kescomiri">http://m.blog.naver.com/kescomiri</a> .....	12
〈그림 11〉 Bruce Nauman, 〈Window or wall sign〉 1984 .....	12
<a href="http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=blueyolk&amp;logNo=130036536716">http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=blueyolk&amp;logNo=130036536716</a>	
〈그림 12〉 Larry Kagan, 〈Taking Aim〉 2002 .....	15
<a href="http://larrykagansculpture.com/gallery/">http://larrykagansculpture.com/gallery/</a>	
〈그림 13〉 Larry Kagan, 〈Nesting〉2001 .....	15
<a href="http://larrykagansculpture.com/gallery/">http://larrykagansculpture.com/gallery/</a>	
〈그림 14〉 Kumi Yamashita, 〈0 TO 9〉 2011 .....	16
<a href="http://www.kumiyamashita.com">http://www.kumiyamashita.com</a>	
〈그림 15〉 Kumi Yamashita, 〈AKARI〉 2009 .....	16
<a href="http://www.kumiyamashita.com">http://www.kumiyamashita.com</a>	
〈그림 16〉 전신중, 〈Shadow Trick〉 2008 .....	17
〈그림 17〉 Niloy & Mark, 〈ACM SIGGRAPH Asis〉 2009 .....	18
<a href="https://graphics.stanford.edu/~niloy/research/shadowArt/shadowArt_sigA_09.html">https://graphics.stanford.edu/~niloy/research/shadowArt/shadowArt_sigA_09.html</a>	
〈그림 18〉 거울반사 원리 .....	20
〈그림 19〉 블록거울 반사원리 .....	21

〈그림 20〉 오목거울 반사원리 .....	21
〈그림 21〉 평면거울의 복수사용 .....	23
〈그림 22〉 조열, 〈Star is Love: Jesus〉 2010, <a href="http://luycho.com">http://luycho.com</a> .....	24
〈그림 23〉 Daniel Rozin, 〈Wood-Mirror〉 2008 .....	25
<a href="http://digitalart.tistory.com/3">http://digitalart.tistory.com/3</a>	
〈그림 24〉 福田繁雄, 〈カラクリビデオ〉 1985 .....	26
〈그림 25〉 福田繁雄, 〈カラクリビデオ〉 1985 .....	26
〈그림 26〉 東京 澁谷パルコ通り, 福田繁雄 〈トリックアート・ト〉 .....	28
〈그림 27〉 東京 澁谷パルコ通り, 福田繁雄 〈トリックアート・ト〉 .....	28
〈그림 28〉 조열, 〈마를린 먼로〉 1982 .....	29
〈그림 29〉 福田繁雄のトリックアート・トリップ .....	30
〈그림 30〉 그림자 형상 원리 .....	31
〈그림 31〉 태양과 피사체 각도 변화에 따른 그림자 면적 .....	32
〈그림 32〉 방위와 시간의 변화에 따른 그림자 면적 .....	32
〈그림 33〉 태양광에 의한 그림자 길이 변화 .....	33
〈그림 34〉 점광원에 의한 그림자 길이 변화 .....	33
〈그림 35〉 평행광원의 높이와 간격 비례 .....	34
〈그림 36〉 피사체와 그림자 비율 관계 .....	34
〈그림 37〉 피사체의 높이와 간격의 비례관계 .....	35
〈그림 38〉 피사체의 높이와 간격의 비례관계 .....	35
〈그림 39〉 모자이크 형식의 이미지 .....	36
〈그림 40〉 모자이크 형태의 피사체 .....	36
〈그림 41〉 사실적 형태의 이미지 .....	36
〈그림 42〉 사실적 형태의 피사체 .....	36
〈그림 43〉 전신종, 〈플랑켄슈타인〉 2008 .....	37
〈그림 44〉 그림자 원본 이미지 .....	38
〈그림 45〉 원본 이미지 -45° 회전 .....	38
〈그림 46〉 상. 하 50% 축소 .....	38
〈그림 47〉 완성된 피사체 부착 .....	38

〈그림 48〉 그림자 가변형상 변환구조 .....	39
〈그림 49〉 가변형상 구조 .....	39
〈그림 50〉 가변형상 변환구조 .....	40
〈그림 51〉 가변형상을 위한 원리 A .....	40
〈그림 52〉 가변형상을 위한 원리 B .....	40
〈그림 53〉 조열, 〈의왕시 중앙교회〉 2001 - 가변형상 A - .....	41
〈그림 54〉 조열, 〈의왕시 중앙교회〉 2001 - 가변형상 B - .....	41
〈그림 55〉 평행광원의 물체에 의해 형성되는 그림자 위치계산 .....	43
〈그림 56〉 점광원의 물체에 의해 형성되는 그림자 위치 계산 .....	44
〈그림 57〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2004 - 그림자 가변형상 A - .....	48
〈그림 58〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2004 - 그림자 가변형상 B - .....	48
〈그림 59〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2006 - 그림자 가변형상 A - .....	49
〈그림 60〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2006 - 그림자 가변형상 B - .....	49
〈그림 61〉 전신중, 〈Shadow President〉 2008 - 그림자 단일형상 - .....	50
〈그림 62〉 전신중, 〈Shadow President〉 2008 - 그림자 단일형상 - .....	50
〈그림 63〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2008 - 그림자 가변형상 A - .....	51
〈그림 64〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2008 - 그림자 가변형상 B - .....	51
〈그림 65〉 전신중, 〈Shadow Mona Lisa〉 2008 - 그림자 가변형상 A - .....	52
〈그림 66〉 전신중, 〈Shadow Mona Lisa〉 2008 - 그림자 가변형상 B - .....	52
〈그림 67〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2016 - 그림자 단일형상 - .....	53
〈그림 68〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2016 - 그림자 단일형상 - .....	53
〈그림 69〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2016 - 그림자 단일형상 - .....	54
〈그림 70〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2016 - 그림자 단일형상 - .....	54
〈그림 71〉 전신중, 〈Shadow Hexahedron〉 2010 - 그림자 단일형상 - .....	55
〈그림 72〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2012 - 그림자 단일형상 - .....	55
〈그림 73〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2013 - 그림자 단일형상 - .....	56
〈그림 74〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2012 - 그림자 단일형상 - .....	56
〈그림 75〉 전신중, 〈Shadow Hexahedron〉 2006 - 그림자 가변형상 - .....	57
〈그림 76〉 전신중, 〈Shadow Hexahedron〉 2006 - 그림자 가변형상 - .....	57

〈그림 77〉 전신종, 〈Shadow drawing〉 2014 - 그림자 단일형상 - .....	58
〈그림 78〉 단일, 가변형상 거울반사 구조 .....	59
〈그림 79〉 정방형 배열 .....	60
〈그림 80〉 지그재그 배열 .....	60
〈그림 81〉 남대문 이미지 .....	62
〈그림 82〉 남대문 이미지의 RGB 빈도수 .....	62
〈그림 83〉 선택된 색으로 표현된 남대문 .....	63
〈그림 84〉 추출된 색으로 표현된 남대문 .....	64
〈그림 85〉 추출된 색상 값 .....	64
〈그림 86〉 가변형상을 위한 ‘희노애락(喜怒哀樂)’ 이미지 .....	66
〈그림 87〉 가변형상 제작에 필요한 반사소스 배열표 .....	67
〈그림 88〉 변형된 반사소스 배열표 .....	67
〈그림 89〉 단일형상 채집 원리 .....	68
〈그림 90〉 반사 소스의 분할 배치도 .....	69
〈그림 91〉 원주형 반사원리 .....	69
〈그림 92〉 장 프랑수아 니세롱, 〈 루이13세의 초상〉 1635 .....	69
〈그림 93〉 각주형 반사원리 .....	70
〈그림 94〉 각주형 실험 작품 .....	70
〈그림 95〉 곱 반사 소스 .....	70
〈그림 96〉 코끼리 반사 소스 .....	70
〈그림 97〉 A시점 반사광 착지점 .....	71
〈그림 98〉 B시점 반사광 착지점 .....	71
〈그림 99〉 가변 형상 채집 원리 .....	71
〈그림 100〉 가변 형상 반사소스 A .....	72
〈그림 101〉 가변 형상 반사소스 B .....	72
〈그림 102〉 가변형상 실험 작품 예시 A .....	73
〈그림 103〉 가변형상 실험 작품 예시 B .....	73
〈그림 104〉 각기둥의 회전에 의한 가변 원리 .....	73
〈그림 105〉 각기둥의 회전에 의한 가변 원리 .....	73

〈그림 106〉 8각에서 각기둥 회전 .....	74
〈그림 107〉 12각에서 각기둥 회전 .....	74
〈그림 108〉 16각에서 각기둥 회전 .....	74
〈그림 109〉 24각에서 각기둥 회전 .....	75
〈그림 110〉 시점 변화에 의한 가변 원리 A .....	75
〈그림 111〉 시점 변화에 의한 가변 원리 B .....	75
〈그림 112〉 8각에서 시점을 $(-40, -50, 50)$ 에서 $(40, -50, 50)$ 으로 옮겼을 때 .....	76
〈그림 113〉 12각에서 시점을 $(-30, -5, 50)$ 에서 $(30, -50, 50)$ 으로 옮겼을 때 .....	76
〈그림 114〉 16각에서 시점을 $(-25, -50, 50)$ 에서 $(25, -50, 50)$ 으로 옮겼을 때 .....	76
〈그림 115〉 24각에서 시점을 $(-20, -50, 0)$ 에서 $(20, -50, 50)$ 으로 변할 때 .....	77
〈그림 116〉 24각에서 각기둥 회전 .....	77
〈그림 117〉 24각에서 시점을 $(-20, -50, 50)$ 에서 $(20, -50, 50)$ 으로 변할 때 .....	77
〈그림 118〉 나비 입력 이미지 .....	79
〈그림 119〉 카라 꽃 입력 이미지 .....	79
〈그림 120〉 고릴라 입력 이미지 .....	79
〈그림 121〉 여우 입력 이미지 .....	79
〈그림 122〉 정보 입력 이미지 .....	79
〈그림 123〉 24각 컵 돌리기에 대한 결과 .....	80
〈그림 124〉 24각 시점 변화에 대한 결과 .....	80
〈그림 125〉 24각 컵 돌리기에 의한 가변 형상 나비 .....	80
〈그림 126〉 24각 컵 돌리기에 의한 가변 형상 카라 꽃 .....	80
〈그림 127〉 24각 시점 돌리기에 의한 가변 형상 고릴라 .....	81
〈그림 128〉 24각 시점 돌리기에 의한 가변 형상 여우 .....	81
〈그림 129〉 반사 원리와 반사각 .....	81
〈그림 130〉 반사소스의 형태 .....	82
〈그림 131〉 반사소스의 구조 .....	82
〈그림 132〉 반사체 각도와 요철의 높이 .....	83
〈그림 133〉 반사면과 비 반사면 .....	84
〈그림 134〉 시점과 반사면 .....	85

〈그림 135〉 반사면 이미지 위치 도면 .....	85
〈그림 136〉 분할된 이미지 .....	85
〈그림 137〉 반사체에 보여 지는 이미지 .....	85
〈그림 138〉 시점과 비 반사면 .....	86
〈그림 139〉 비 반사면 이미지 위치 도면 .....	86
〈그림 140〉 분할된 이미지 .....	86
〈그림 141〉 반사소스에 보여 지는 이미지 .....	86
〈그림 142〉 반사면과 비 반사면 .....	87
〈그림 143〉 반사면과 비 반사면 이미지 위치 .....	87
〈그림 144〉 분할된 이미지 .....	88
〈그림 145〉 반사면과 비 반사면 이미지 .....	88
〈그림 146〉 전신중, 〈Composition〉 2013 .....	88
〈그림 147〉 전신중, 〈Composition〉 2013 .....	88
〈그림 148〉 전신중, 〈WAVE〉 2013 .....	89
〈그림 149〉 전신중, 〈WAVE〉 2012 .....	89
〈그림 150〉 전신중, 〈WAVE〉 2013 .....	90
〈그림 151〉 전신중, 〈WAVE〉 2014 .....	90
〈그림 152〉 전신중, 〈Reflection Space〉 2016 .....	91
〈그림 153〉 전신중, 〈Reflection Space〉 2016 .....	91
〈그림 154〉 전신중, 〈Hexahedron〉 2014 .....	92
〈그림 155〉 전신중, 〈Hexahedron〉 2014 .....	92
〈그림 156〉 조 열, 〈Star is Love: Marilyn Monroe〉 2010, <a href="http://luycho.com">http://luycho.com</a> 93	93
〈그림 157〉 조 열, 〈남대문 포스트잇〉 2014, <a href="http://luycho.com">http://luycho.com</a> .....	93
〈그림 158〉 가변형상 실험작품 A .....	94
〈그림 159〉 가변형상 실험작품 B .....	94
〈그림 160〉 조 열, 〈Animal series〉 2015 - 단일형상 컵 시리즈 - .....	95
〈그림 161〉 조 열, 〈Animal series〉 2015 - 단일형상 컵 시리즈 - .....	95
〈그림 162〉 조 열, 〈Anamorphose Mirror Cup〉 2016 - 요철형 접시 - .....	96
〈그림 163〉 조 열, 〈Anamorphose Mirror Cup〉 2016 - 요철형 접시 - .....	96

〈그림 164〉 복합표현 원리 1 .....	98
〈그림 165〉 복합표현 원리 2 .....	98
〈그림 166〉 복합표현 구조 A .....	98
〈그림 167〉 복합표현 구조 B .....	98
〈그림 168〉 실험 예시 .....	99
〈그림 169〉 복합표현 구조 C .....	99
〈그림 170〉 시선과 피사체의 거리, 간격 및 높이 관계 .....	100
〈그림 171〉 조명과 피사체 간격의 관계 A .....	101
〈그림 172〉 조명과 피사체 간격의 관계 B .....	101
〈그림 173〉 피사체의 높이가 같고 간격이 다를 때의 알고리즘 .....	102
〈그림 174〉 복합표현기법에 의한 제작 방법 A .....	103
〈그림 175〉 복합표현기법에 의한 제작 방법 B .....	103
〈그림 176〉 복합표현기법 - 단일형상 - .....	104
〈그림 177〉 복합표현기법 - 단일형상 - .....	104
〈그림 178〉 복합표현기법 - 단일형상 - .....	105
〈그림 179〉 복합표현기법 - 단일형상 - .....	105
〈그림 180〉 조명과 피사체 간격, 높이의 관계 C .....	106
〈그림 181〉 피사체의 간격이 같고 높이가 다를 때의 알고리즘 .....	107
〈그림 182〉 복합표현기법에 의한 제작 방법 A .....	107
〈그림 183〉 복합표현기법에 의한 제작 방법 B .....	108
〈그림 184〉 복합표현기법 - 단일형상 - .....	108
〈그림 185〉 복합표현기법 - 단일형상 - .....	109
〈그림 186〉 복합표현기법 - 단일형상 - .....	109
〈그림 187〉 복합표현기법 - 단일형상 - .....	110
〈그림 188〉 복합표현 가변형상 구조 A .....	111
〈그림 189〉 복합표현 가변형상 구조 B .....	111
〈그림 190〉 복합표현 가변형상 구조 C .....	112
〈그림 191〉 복합표현 가변형상 구조 D .....	112
〈그림 192〉 구조판 회전에 의한 복합표현 가변형상 구조 A+B+C+D .....	112

〈그림 193〉 조명 위치 변화 의한 복합표현 가변형상 구조 A+B+C+D	113
〈그림 194〉 복합표현 가변형상 실험 A	114
〈그림 195〉 복합표현 가변형상 실험 B	114
〈그림 196〉 복합표현 가변형상 실험 C	114
〈그림 197〉 복합표현 가변형상 실험 D	114
〈그림 198〉 복합표현 가변형상 실험 A+B+C+D	114
〈그림 199〉 가변형상을 위한 조명과 피사체 간격, 높이의 관계	115
〈그림 200〉 피사체의 간격이 같고 높이가 같을 때의 알고리즘	116
〈그림 201〉 복합표현기법에 의한 가변형상 제작 방법 A	116
〈그림 202〉 복합표현기법에 의한 가변형상 제작 방법 B	117
〈그림 203〉 복합표현기법 - 가변형상 A -	117
〈그림 204〉 복합표현기법 - 가변형상 A -	117
〈그림 205〉 복합표현기법 - 가변형상 B -	118
〈그림 206〉 복합표현기법 - 가변형상 B -	118
〈그림 207〉 복합표현기법 - 가변형상 C -	119
〈그림 208〉 복합표현기법 - 가변형상 C -	119
〈그림 209〉 복합표현기법 - 가변형상 D -	120
〈그림 210〉 복합표현기법 - 가변형상 D -	120

# I. 서 론

## 1.1 연구배경 및 목적

빛은 사물의 형태 및 색채를 인지하는데 있어서 매우 중요한 요소이다. 빛은 사물의 형태, 크기, 공간의 위치를 파악하게 하며, 물체의 입체감과 깊이, 시간성을 음영(그림자)을 통하여 쉽게 인식할 수 있도록 해 준다. 빛을 인지하고 지각하는 인간의 심리는 고대에서부터 시작하여 삶과 죽음에 있어서 많은 연관성이 있다고 생각해 왔다. 그런 빛을 생명의 기원으로 삼아 태양을 숭배해 왔으며, 모든 사물의 본질적 이유를 빛의 물리적, 정신적인 개념에서 찾았다. 예술가들은 이러한 빛의 정신적, 물리적인 개념을 예술의 영역으로 끌어 들이기 시작하였으며, 빛의 탐구는 기계시대에서 전자시대로 이행됨으로서 레이저아트, 라이트아트, 포토그램, 홀로그래피, 네온아트, 비디오아트, 등의 예술영역의 확장과 함께 실험적 예술 활동을 시작해 나갔다. 또한 현대의 과학 기술과 더불어 무한한 영역의 확대를 가져왔다.

현대의 조형예술은 시각예술이라는 측면에서 생각해 보면 모두 빛과 떼어 놓을 수 없을 만큼 빛의 사용이 많은 부분을 차지하고 있다고 할 수 가 있다. 20세기 초, 미래파<sup>1)</sup> 선언에서 명시된 바와 같이 움직임과 광선(light)을 사용함으로써 광학적인 요소가 현대미술의 전통을 계승하고 새로운 시도로 비추어졌으며, 이 시도는 인공광과 자연광을 표현 소재로 활용함으로써 과학과 예술의 결합이라는 새로운 조형적 표현 가능성을 제시하였다. 특히, 21세기에 들어서 테크놀로지의 발달과 함께 좀 더 신선하고 자극적인 조형적 욕구 충족은 예술가들의 손에 의해서 재조명 되어 오고 있다.

우리는 빛을 통해 형태를 인식하게 되는데 본 연구자가 ‘빛’이라는 요소에 관심을 가지게 된 이유가 바로 여기에 있다. 빛에 의한 형태인지를 시각정보 전달의 한 매체로 효과적으로 전달하고자 하는 것이다. 빛에 의해 구현되는 형태는 다양한 방식에 의해 재현된다. 재료의 물성과 빛의 반사, 굴절, 명암, 색채 등 다양한 방식으로

---

1) 20세기 전반에 있었던 3개 예술운동, 즉 미래주의, 다다이즘, 구축주의가 오늘의 ‘전자시대’ 예술에 명백한 영향을 끼쳤다. 미래주의는 역동성과 속도예의 찬양 이외에도 우주의 모든 형태들과 요소들 사이에서 추상적 등가(等價)를 찾고자 노력했으며 예술과 과학의 융합을 독려했다.

활용된다. 이러한 현상에 대한 관심에서 본 연구는 재료의 물성(거울, 종이)과 빛의 특성을 활용한 조형표현 방법 유형에 대해 분석하고 이를 조형적으로 도출하는데 그 목적이 있다.

본 논문의 연구 목적을 위해서 연구 내용은 아래와 같다.

첫째, 이론적 배경으로 빛의 물리적 속성과 철학적 의미를 알아본다, 조형 예술로서 표현된 거울과 그림자의 표현 양상과 사례를 살펴봄으로서 빛과 그림자, 빛과 거울이 조형예술 분야에서의 창의적 가치와 활용 가능성을 고찰해 본다.

둘째, 빛의 성질에 의해 생성되는 ‘빛과 그림자’, ‘빛과 거울의 반사’ ‘그림자와 거울반사의 복합 표현’ 이라는 물리적 특수성을 활용하여 다양한 실험을 통해 새로운 조형표현 방법의 조형성을 도출한다.

본 연구는 빛의 시각적 조형성과 표현매체로서 역할과 기능을 제시함으로써 예술 · 디자인적 측면에서 그림자와 거울을 활용한 조형의 시각적 유희성과 창의적 가치를 확대시키고자 한다. 그러므로 본 연구에서는 빛의 조형매체로서의 특성을 중심으로 그 표현 가능성을 실제 작품 제작을 통하여 검증하고자 한다.

## 1.2 연구방법 및 범위

빛이 활용된 조형표현은 20세기 초 이후부터 지금까지 패션, 건축, 디자인, 순수미술 등 다양한 분야에서 실험적이고 상업적인 목적으로 활용되어 지고 있다. 최근 조형예술 분야에 있어서 빛을 표현의 소재로서 극대화하고 활용하는 경향 속에서 자연적이면서 인공적인 ‘빛’을 과학적 원리와 관찰자의 감성적 견해를 결합하여 이를 조형작품으로 표현하는 것에 대한 관심으로 부터 본 연구가 시작되었다.

본 연구는 문헌 연구를 통해 빛의 표현이 중요시 되던 시기들의 작품 사례들과 거울과 그림자의 조형적 표현이 조형예술로서의 활용 가능성에 대해 고찰하고자 한다. 또한, 실증적인 실험 연구를 통해 빛의 다양한 물리적 특성 중 빛의 반사에 의해 구현되는 다양한 실험을 중심으로 진행한다. 실증적 분석 대상이 되는 실험 내용은 그림자 조형 표현과 컴퓨터 알고리즘을 통한 작품 제작 방법, 거울 반사를 통한 다양한 이미지 형상 규합과 컴퓨터 알고리즘 생성 방법, 그림자와 거울 반사의 복합 표현에 의한 이미지 생성 방법에 관한 실험과 작품 제작으로 나누어 진행한다.

첫째, 그림자 조형표현 실험에 있어서 피사체(被寫體)<sup>2)</sup>, 광원 등 그림자를 만드는 요건을 중심으로 작품 제작 과정과 실제 작품을 만드는 과정으로 아래와 같이 전개한다.

1. 광원에 의한 그림자 생성과 그림자형상 제작방법의 원리를 알아보고 광원의 변화와 가변형상과의 관계를 분석한다.
2. 그림자 형상을 위한 실험에 있어 피사체의 형태와 각도, 간격, 높이 변화와 움직임에 따른 그림자 가변형상을 제작한다.
3. 실험광원은 자연광(태양광)과 인공광(점광원)<sup>3)</sup>에 의해서 만들어지는 그림자형상 제작으로 제한한다.

---

2) 빛을 비추는 대상이 되는 물체. ‘쫄임체(피사체(被射體)를 다듬은 말)’로 다듬음.  
(굿모닝 국어사전) <http://krdic.naver.com/detail.nhn?docid=41128500>

3) 빛을 발하는 근원을 점으로 생각한 것을 점광원이라 한다. 가상적인 것이나 실제로는 아크등(燈)·초고압 수은등과 같이 발광 면적이 비교적 작은 광원, 즉 광학상 근사적으로 점이라고 간주할 수 있는 광원을 가리킨다. 점광원 [point source of light, 點光源] (두산백과)  
[http://www.doopedia.co.kr/search/encyber/new\\_totalSearch.jsp](http://www.doopedia.co.kr/search/encyber/new_totalSearch.jsp)

4. 알고리즘에 의한 그림자 가변형상 표현방법은 작품제작을 통하여 검증한다.

둘째, 거울 반사에 의한 조형표현 실험은 거울 반사를 통해 형상을 규합하는 과정 속에서 다양한 조형적 원리를 세부적으로 분석한다. 거울의 반사 특성을 이용한 가변 형상 제작 과정과 실제 작품을 만드는 과정은 다음과 같다.

1. 도트형 거울 반사에 의한 형상 규합 과정에 있어서 단일형상과 가변형상 제작 방법, 알고리즘을 통한 실험을 제작한다.
2. 각기동형 거울 반사에 의한 단일형상과 가변형상 제작방법, 알고리즘을 통한 실험을 제작한다.
3. 원주형 거울 반사에 의한 아나모르포즈 형식의 형상 규합과 제작 방법을 실험 작품을 통해 검증한다.

셋째, 그림자와 거울 반사의 복합 표현에 의한 이미지 생성 방법에 관한 실험과 작품 제작은 다음과 같다.

1. 광원의 위치에 따른 그림자 길이, 각도, 간격, 높이 변화에 분석한다.
2. 어두운 그림자 안에서 거울 반사를 통해 형상을 구현하는 반사체의 제작 방법과 실험 작품 제작으로 그 가능성을 검증한다.
3. 실험광원은 인공광(점광원)에 의한 실험 작품으로 제한한다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 빛

#### 2.1.1 빛의 속성

인류는 오래 전부터 빛을 사용해 왔으며 기원전 만들어진 금속 거울들이 이를 증명해 준다. 기원전 212년 아르키메데스는 빛을 전쟁의 무기로서 거대한 초점 거울을 만들어 로마군의 배를 불태워 버렸다고 한다.<sup>4)</sup> 빛의 본질에 대한 연구는 자연과학에 근거한 고대 그리스의 피타고라스(Pythagoras), 플라톤(Plato), 유클리드(Euclid) 등의 학자들에 의해 빛의 본질에 대한 이론들을 발표하였다. 10세기 초 아랍의 물리학자인 이븐 알 하잔(Al Haytham)은 촛불을 이용하여 카메라 옵스쿠라의 작용을 연구하여 빛이 직진한다는 사실을 알아냈다. 아리스토텔레스 이후 13세기 베이컨(Roger Bacon, 1214~1294)은 일식을 관찰하기 위해 카메라 옵스쿠라를 활용했으며, 이를 과학적 원리로 명확하게 밝혀낸 최초의 인물은 레오나르도 다빈치(Leonardo da Vinci, 1452~1519)이다.<sup>5)</sup> 2세기 프톨레마이오스(Ptolemy)가 주장한 이론을 바탕으로 광선은 공기에서 물로 들어갈 때처럼 한 매질에서 또 다른 매질로 들어갈 때 휘다는 굴절현상을 알아냈다.<sup>6)</sup> 근세에 접어들어서 뉴턴(Isaac Newton, 1642~1727)은 빛의 직진성을 바탕으로 빛의 입자설<sup>7)</sup>을 주장하였으며, 호이겐스(Christiaan Huygens, 1629~1695)는 빛의 파동설<sup>8)</sup>을 주장하였다. 이후 토

4) 벤 보버. (2004). 『빛이야기』. 서울: 웅진닷컴, p.156.

5) 진중권. (2005). 『놀이와 예술 그리고 상상력』. 서울: 휴머니스트, p.71-72.

6) 정현. (2008). 「빛이 활용된 패션디자인의 조형성」, 홍익대학교 박사학위논문, P.7.

7) 빛이 미립자로 이루어져 있다는 설이다. 뉴턴이 처음 제시한 이론으로 T.영이 빛의 파동적 성질인 간섭현상을 발견하기 전까지 정설로 받아들여졌다. 20세기 초 아인슈타인의 광양자설에 의해 다시 부활하였고, 현재는 양자역학에서 빛의 파동성과 입자성이 모두 성립하는 것으로 보고 있다. 입자설 [particulate theory, 粒子說] (두산백과)

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1137118&cid=40942&categoryId=32247>

8) 빛을 파동이라고 생각하는 가설을 말하며 과거에는 빛을 미립자로 보는 입자설과 대립하였으나 19세기에 들어와서 T.영과 A.J.프레넬에 의해 파동설이 확립되었다. 그 후 전자기학이 형성되어 빛은 전자기파라고 여겨졌으나 A.아인슈타인이 광양자설을 제시함으로써 현재는 파동과 동시에 입자의 측면을 가지고 있다는 사실이 명백해져 빛을 파동이라는 개념만으로는 설명할 수 없다. 파동설 [wave theory, 波動說] (두산백과)

마스 영(Thomas Young)에 의해 파동 이론이 대두되었으며, 프레넬(Augustin Fresnel)에 의해 파동 이론에 의해 학설로 인정받았다. 맥스웰(James Maxwell)은 전자기 이론을 기초로 하여 빛은 전자기파의 일종으로 결론지었다. 그러나 플랑크(Max Karl Ernst Ludwig Plank)의 양자역학 개념과 아인슈타인(Albert Einstein)이 주장한 ‘빛은 작은 에너지 덩어리’라는 빛의 입자설이 본격적으로 시작되었다. 양자론을 발표한 보어(David Bohr) 이후, 빛의 파동성과 입자성에 대해 지금까지 어느 누구도 부정할 수 없었다. 입자성과 파동성의 이중성은 현대과학이 발달함에 따라 또 어떻게 그 진리성이 바뀔지는 아무도 모른다.<sup>9)</sup>

물리학에서 보는 빛은 일종의 에너지로서 가시광선을 말하며, 자외선과 적외선을 통해 눈으로 볼 수 있는 가시광선은 약 380mm ~ 700mm 의 파장에 해당한다. 인간이 사물을 분별하고 색을 인지하는 것은 빛이 눈을 통해 뇌와 연결하여 주는 속성, 즉 반사, 직진, 굴절, 간섭 등의 물리적 성질을 가지고 있기 때문이다.<sup>10)</sup>

#### 1) 직진

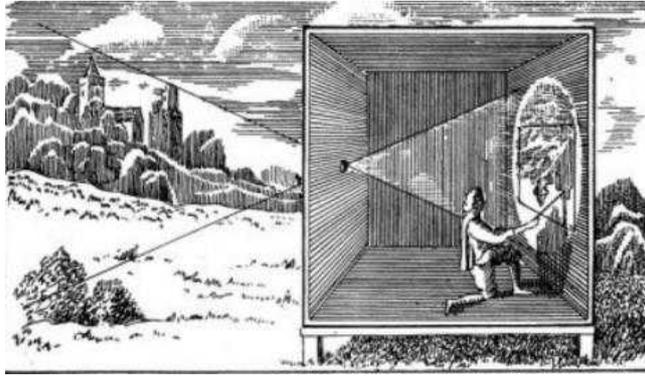
빛의 파장은 짧고 직진성이 강하기 때문에, 균일한 매질 속에서 빛은 똑바로 직진한다. 이렇게 빛이 직진하는 현상을 빛의 직진이라고 한다. 빛의 직진 현상을 이용한 암실 효과로서 최초의 기록은 기원전 4세기 아리스토텔레스 시대에서 알 수 있었다. 일식을 관찰하던 중 땅에 반쯤 가려진 해는 광원(光源)의 역할을 하고 나뭇잎 사이의 작은 틈이 구멍의 역할을 함으로써 바닥에 수많은 반달 모양의 해가 나타난 것을 목격 할 수 있었다. 이는 10세기 초 알 한잔의 촛불을 이용한 카메라 옵스쿠라의 작용을 연구하는데 초석이 되었다. 이후 13세기 학자들은 일식을 관찰하기 위해 카마라 옵스쿠라를 활용하였다.

---

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1154235&cid=40942&categoryId=32231>

9) 윤재선. (2002-10). 『기초광학』. 서울: 두양사, p.9.

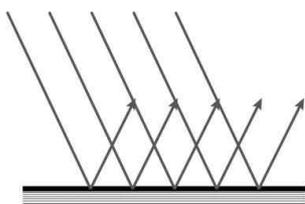
10) 전신중, 조열, 최병수. (2014). "빛과 그림자를 이용한 가변 형상 제작에 관한 연구 1." 『기초조형학연구』, 15(3): 362.



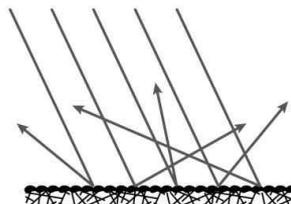
〈그림 1〉 카케라 옵스쿠라 원리

## 2) 반사

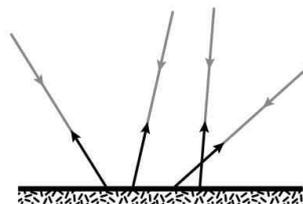
빛이 한 매질에서 또 다른 매질로 이동할 때 즉, 두 매질의 경계면을 지날 때 일어나는 현상을 말한다. 빛의 직진에 의해 물체의 경계면에서 파동의 방향을 바꾸어 본래의 매질 안으로 돌아오는 현상을 말한다. 빛의 굴절이 작은 매질에서 큰 매질로 진행하다가 물체 면에서 일어나는 반사를 외부반사라고 하며, 반대로 굴절이 큰 매질에서 작은 매질로 들어가다가 일어나는 반사를 내부반사라고 한다. 빛이 반듯한 평면에서 일어나는 반사를 정반사라고 하며 또는 거울반사라고 한다. 반면, 울퉁불퉁한 표면에서의 불규칙 하게 반사되는 현상을 난반사라고 한다. 난반사라고 할지라도 빛의 파장이 짧은 파동에서 난 반사하는 면의 경우라도 파장이 긴 전파에서는 거울반사를 하는 경우도 있다. 조건 없이 원래의 방향으로 전부 반사하는 것을 재귀반사라고 한다.



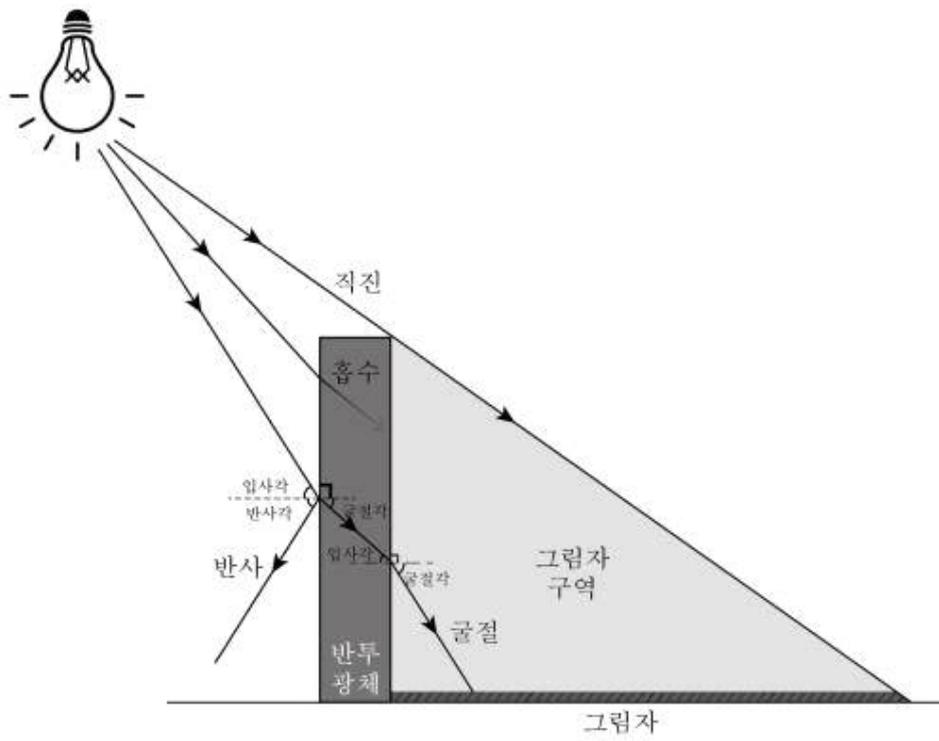
〈그림 2〉 정반사



〈그림 3〉 난반사



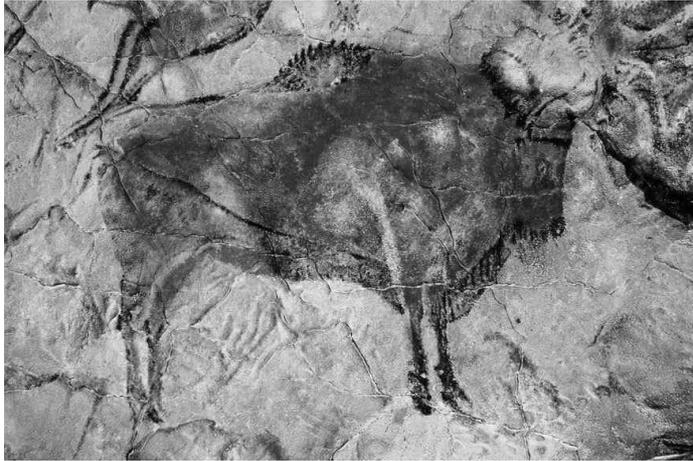
〈그림 4〉 재귀반사



<그림 5> 빛의 물리적 속성

## 2.1.2 빛의 표현 양상

빛의 표현이 작품에 차음 나타나기 시작한 것은 구석기 시대 이전에서 찾아 볼 수 있다. 알타미라 동굴벽화<sup>11)</sup>에서 표현된 힘찬 윤곽선과 음영으로 표현된 초보적인 화법의 양감 표현에서 찾아볼 수 있다. 이는 빛을 의식적으로 표현하기 보다는 무의식적인 정신에서 나오는 환영적인 빛의 효과를 자연스럽게 처리했다고 볼 수 있다.



〈그림 6〉 알타미라 동굴벽화

중세시대의 빛의 미학은 종교적 측면에서 빛을 바라보았으며, 색채와 광채의 아름다움에서 빛의 의미를 찾았다. 중세의 건축양식에서도 빛의 상징적 의미를 찾아 볼 수 있다. 고딕양식에서 보이는 스테인드글라스를 이용하여 외부의 빛을 받아들여서 내부 공간을 신성한 빛으로 연출하여 성스러운 색채 미학을 표현하였다.

---

11) 1985년에 세계유산에 등재되었던 알타미라(Altamira) 동굴에 스페인 북부의 17개의 구석기시대 동굴 벽화가 추가되어 유산의 범위가 확장되었다. 이 유산은 이제 '알타미라 동굴과 스페인 북부의 구석기시대 동굴 예술'라는 이름으로 등재되었다. 이 유산은 기원전 35,000년부터 기원전 11,000년까지 우랄 산맥으로부터 이베리아 반도에 이르는 유럽 전역에서 발달한 구석기시대 동굴 예술의 최고 절정을 보여 준다. 벽화들은 깊은 동굴 안에 있어서 외부 기후의 영향을 받지 않고 잘 보존되었으며, 인간의 창조적인 천재성이 만들어낸 걸작이자 인류 최초의 예술 작품이다.  
- 네이버 지식백과 <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1582361&cid=47318&categoryId=47318>



〈그림 7〉 오병이어. 이탈리아 라벤나  
산타폴리나레 누오보 성당.  
- 520년경



〈그림 8〉 성 베드로 성당. 327-349년경

중세이후에 표현 양상에서는 빛과 어둠 속에서 개인의 존재를 투영하기 시작하였다. 표현에 있어서 빛을 중요성을 깨달고 진지한 탐구가 시작되었으며, 르네상스의 원근법은 빛과 공간의 관계, 명암을 통한 입체의 볼륨감을 효과적으로 표현하는데 이용하였다. 램브란트는 종교적 의미로 사용했던 빛을 정신적인 것으로 관념화하여 중세의 장식적인 요소에서 탈피하고 빛과 어둠의 대조를 통해 인간 중심의 내면을 빛으로 표현하였다.<sup>12)</sup>

20세기의 빛은 빛 자체로서 표현의 요소로 작품에 등장하였다. 그러나 20세기 이후 테크놀로지의 발달과 새로운 전자매체의 사용은 빛을 단순히 표현방법의 수단이 아닌 작품의 실재적인 소재가 되기 시작하였다. 다원화된 조형표현은 예술의 질을 변화시키는 중요한 요건으로 작용하게 되었으며 조형표현의 한 매체로서 그 의미를 발전시켰다. 20세기 초 미술은 공업화에 따른 재료의 다양성과 기술 진보를 통한 1차적 빛의 효과를 1950년대 중반에 들어와서는 실재 광원을 빛의 소재로 사용하면서 빛을 점차 독립적인 표현의 소재로 그 위치를 자리매김하게 되었다. 1920년대 처음 시도된 빛과 움직임의 결합은 1950년대를 기점으로 움직임을 빛의 표현 효과를 표현의 수단으로 하는

12) 김진수, 홍경희. (2010) "빛을 활용한 조형표현에 관한 고찰." 『한국공예논총』 13(3): 14-15.

라이트 키네틱아트를 탄생시켰으며, 20세기 중반 이후부터 형광등과 네온관의 공간 구성을 활용한 네온아트가 등장하였다.<sup>13)</sup>

확장된 매체로서의 빛의 조형표현은 빛의 투명성에 의한 물리적 속성과 재료를 결부시켰을 때 광학적 효과를 극대화 할 수 있다. 이는 빛의 투과, 확산을 통한 효과와 빛이 반사하는 재료의 재질과 움직임에 따른 조형 효과, 안료에 의한 발광효과를 통해 새로운 시각적 이미지를 창출해 낼 수 있다는 것을 의미한다. “빛의 예술가” 제임스 터렐(James Turrell)<sup>14)</sup>은 1960년대를 대표하는 대지미술과 미니멀리즘 작가 중에 한 사람이다. 그는 빛과 공간의 다양한 연출을 통해 관찰자로 하여금 새로운 공간을 지각할 수 있도록 작품화하였다. 댄 플래빈(Dan Flavin)<sup>15)</sup>의 형광등은 빛을 소재로 하여 단순한 수직적 조합을 통해서 시간과 운동, 공간을 통해 관람자와 소통을 유도하였다. 브루스 나우만(Bruce nauman)<sup>16)</sup>은 네온의 단순한 형태와 강한 색상의 대비를 통해 관람자의 심미적인 반응을 유도한다. 라이트 아트가 발달하는 과정에서 매우 획기적인 것 중의 하나는 밀도가 높은 강력한 단색 광선 빔을 만들어 내는 장치인 ‘레이저’를 사용하는 것이다. 빛이 흩어지지 않고

13) 정현. (2008). 「빛이 활용된 패션디자인의 조형성」, 홍익대학교 박사학위논문, P.30-31

14) 1943년 미국 로스앤젤레스에서 태어나, 포모나칼리지(Pomona college)에서 심리학을 전공하였다. 화학, 물리학, 천문학, 지리학, 미술사학 등 다양한 분야를 탐구하였으며, 졸업 후에는 캘리포니아대학과 클레어몬트 대학원에서 미술사를 전공하였다. 1969년 [파사데나 미술관]에서의 첫 개인전을 시작으로 지난 40년간 뉴욕의 [구겐하임 미술관], [휘트니 미술관], [샌프란시스코 현대 미술관], 이탈리아의 [판자 디 비우모 컬렉션] 등 세계의 유명한 미술관에서 총 160회 이상의 개인전을 열었으며, 전세계 곳곳의 미술관에 그의 작품이 소장되어 있다.

<http://aliceon.tistory.com/914>

15) 미국의 미니멀아트 미술가. 미국 뉴욕 주 자메이카에서 태어나 컬럼비아대학교에서 공부하였다. 추상표현주의적인 회화와 콜라주 등의 작품을 거쳐 1963년경부터 네온 관(管)이나 형광등에 의한 라이트아트 작품을 발표하기 시작하였다. 1966년에는 모리스, 주드, 앙드레와 함께 미니멀아트 전시회에 참여하였다. 1950년대 이후 뉴욕미술을 지배해 온 모더니즘의 엘리트적 배타성에 대한 대안으로 기성품을 이용한 미니멀 조각을 제시하였다. 주로 형광등과 그 빛을 이용하여 작품에 내재된 아우라(aura)와 오리지널리티의 문제를 제기하며, 백색 또는 색깔 있는 다양한 크기의 형광 튜브들을 벽이나 바닥에 단순한 구성으로 배치하여 빛의 원천으로 삼는다.

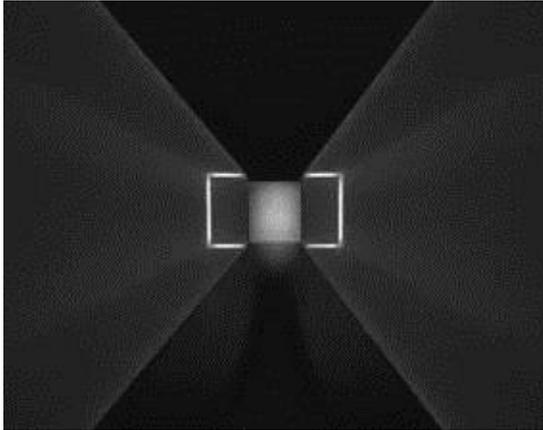
[http://www.poemspace.net/minimalism/003-minimalism\(warren\)](http://www.poemspace.net/minimalism/003-minimalism(warren))

-SmallWorlds\_footnote\_figure-Dan%20Flavin.htm

16) 1966년 데이비스 소재 캘리포니아 대학에서 문학 석사를 취득하기 이전에 수학과 물리학을 공부 하였다. 브루스 나우만은 작품을 제작함에 있어서 눈에 익숙한 아름다움을 거부하며 예술작품의 결과물 뒤에 숨은 작가의 개념적 사고의 과정에 무게를 두었다. 브루스 나우만의 작업은 미술의 의미와 미술가의 역할에 대한 전통적 관념을 부정하며 보이는 결과물의 ‘기대된’ 아름다움의 형식에 대해 도전장을 던지는 작품들을 발표함으로써 동시대 작가들에게 지대한 영향을 끼쳤다.

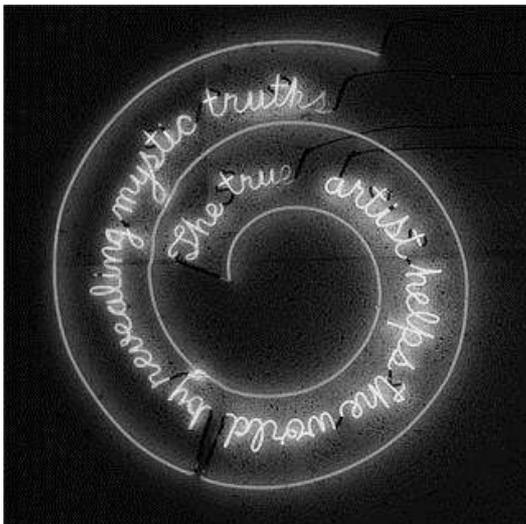
<http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=blueyolk&logNo=130036536716>

똑바로 나아가는 레이저 빔의 특성에 예술가들은 많은 흥미를 갖게 되었다.<sup>17)</sup> 새로운 매체의 사용은 20세기 이후 빛의 표현 방법 확장과 빛의 예술을 생성시키는 중요한 요인으로 작용되었으며 관객을 예술작품에 적극적으로 참여시키거나 유도함으로써 인간의 미적 감흥을 불러일으키는 역할을 하였다.



〈그림 9〉 James Turrell, 〈The Light inside 1999〉 1999

〈그림 10〉 Dan Flavin, 〈무제(1977)〉 1977



〈그림 11〉 Bruce Nauman, 〈Window or wall sign〉 1984

17) 프랑크 포베르. (1999). 『전자시대의 예술』. 서울: 도서출판 예경, p.29.

## 2.2 그림자

빛은 생명을 드러냄과 동시에 인간의 역사가 시작되는 순간으로서의 의미를 뜻한다. 빛에 대한 탐구는 과학의 발달과 함께 광범위한 영역의 확장을 가져왔다. 이처럼 빛을 활용한 조형예술분야에서 그림자를 이용한 ‘그림자조형’ 또한 예술영역의 한 부분으로 자리매김하고 있다. 빛의 투영에 의해 생성되는 그림자는 물체를 인식하는데 중요한 요소이며, 상상하지 못한 형태들을 통해 보는 이로 하여금 새로운 감흥을 일으켜 준다. 그림자는 빛의 방향과 각도 조절에 따라 입체물의 형태와 배경이 하나로 합쳐 보이거나 따로 분리되어 보이기도 한다. 일반적인 그림자의 사전적 의미는 광원이 물체에 투영되면 광선이 도달하지 않는 반대쪽에 생성되는 어두운 부분을 음(陰)과 영(影)이라고 칭한다. 또한 빛에 의해 생성되는 그림자는 물체의 부피와 공간의 깊이를 인식할 수 있게 해준다. 형태를 중시했던 로마시대에는 빛과 그림자에 의한 묘사는 중요한 역할을 담당하지 않았다. 하지만, 16세기 르네상스 시대에 들어와서는 사실적이고 과학적인 빛과 그림자에 의한 명암의 처리가 중요한 부분으로 자리매김하게 되었다. 이후 바로크 시대에 접어들면서 빛과 그림자의 상호작용을 통해 형태를 강조하는 기법이 절정에 이르게 되었다.<sup>18)</sup> 18세기 독일에서는 가위로 종이를 오려 만드는 실루엣 예술이 유행하였다. 괴테와 안데르센도 그림자놀이를 즐겨 했다고 한다. 이렇듯 문학적 영감 역시 조형적 상상력이 뒷받침한 결과라고 생각한다. 일반적으로 입체에서 생기는 그림자는 음(陰)의 성격은 없으며, 영(影)의 성격을 강하게 품고 있다. 또한, 그 입체를 자른 단면의 형상과 같으므로 빛의 각도, 관찰자의 시점에 따라 다르게 나타난다. 이러한 사실에 입각하여 훗날 투시도법을 탄생시켰다.<sup>19)</sup>

### 2.2.1 그림자의 속성

빛은 인간이 가지고 있는 조형적 사고에 매우 중요한 전제 조건이다. 빛은 어떤 물체를 반사하거나 굴절을 통해서 그 존재를 확인할 있는데 이는 우리가

18) 박유선. (2012). 「디멘션 압축을 통한 추상적 그래픽 표현 연구」, 이화여자대학교 박사학위논문, p.36-37.

19) 최동신, 최호천, 윤희수 외. (2006). 『입체+공간+커뮤니케이션』. 서울: 안그래픽스, p.131.

‘빛을 본다’라고 말한다. 이처럼 빛은 시지각 인지를 통해 심리적 감흥을 일으키는 조형적 특성을 가지고 있다. 빛은 물체가 가지고 있는 형태에 의해 각진 것인지, 평평한 것인지, 구형인 것인지에 대해 인지하게 해준다. 또한, 빛의 밝기, 조도, 세기 등에 의해 물체가 차가운 것인지, 딱딱한 것인지, 차가운 것인지, 부드러운 것인지를 심리적인 변화를 느끼게 해준다. 즉, 빛의 양, 거리, 속도 등의 빛의 변화와 환경에 따라 인지하는 조형적 느낌을 다르게 느낄 수가 있다. 그림자 조형은 물체의 속성을 이용한 우연의 효과와 놀이로 부터 시작되었다고 볼 수 있다. 예를 들면 촛불에 비추어진 흔들리는 나뭇가지는 귀신으로 착가해 보이게 하는 심리적 효과를 일으킬 수도 있다. 그림자놀이는 거의 모든 문명에서 나타났으며, 중국에서는 기원전 121년에 그림자놀이에 관한 최초의 기록이 나타났다고 한다. 또한 이슬람 문명에서도 그림자놀이 극이 있었으며 터키에서는 지금도 단식제 기간에 ‘카라피즈’라는 그림자놀이를 한다. 서구의 그림자놀이는 1770년 프랑스 파리에서 처음으로 나타났으며, 19세기에도 널리 행하여 졌다.<sup>20)</sup> 본 연구는 이러한 우연의 효과로 시작된 그림자 조형을 인위적으로 그림자를 표현하고 싶은데서 시작되었다.

그림자 조형은 표현 형식에 따라 2D(반입체)와 3D(입체)형태로 나누어 볼 수 있다. 빛을 투사하여 생기는 2차적인 형태 표현의 방법으로 다양한 작품을 찾아 볼 수 있다. 또한, 그림자 조형표현에 있어서 제작방식에 따라 아날로그 방식과 디지털 기술을 이용한 표현방법으로 나누어 볼 수 있다.

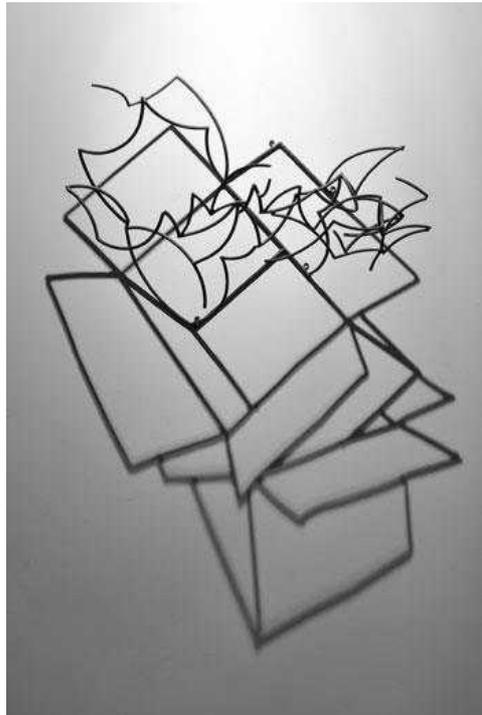
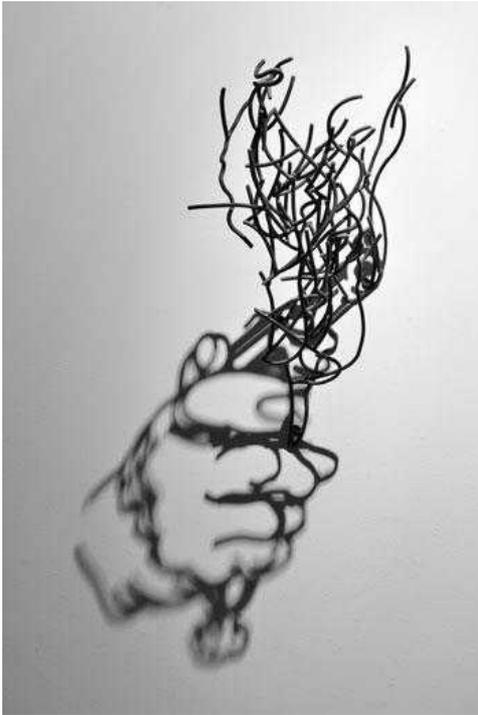
### 2.2.2 그림자의 시각표현

빛이 보는 방향에 물체를 세워 의도한 대로 그림자 형상이 나올 수 있도록 수작업으로 직접 하나하나 조각하거나 오브제를 배열하는 방법이다. 그림자 조형의 표현 형식에 따라 빛이 투사되는 대상이 2D(반입체)와 3D(입체)로 나누어 볼 수 있다.

빛이 투영되는 피사체가 그림자를 만드는 동일선상에 부착되어 그림자 형상을 만드는 표현 방법이다. 표현 소재로는 나무, 종이, 철사, 유리 등의 선재, 면재, 판재를 원하는 그림자 형태를 만들기 위해 깎아 내거나 붙여가는

20) 진중권. (2005). 『놀이와 예술 그리고 상상력』. 서울: 휴머니스트, p.99-100.

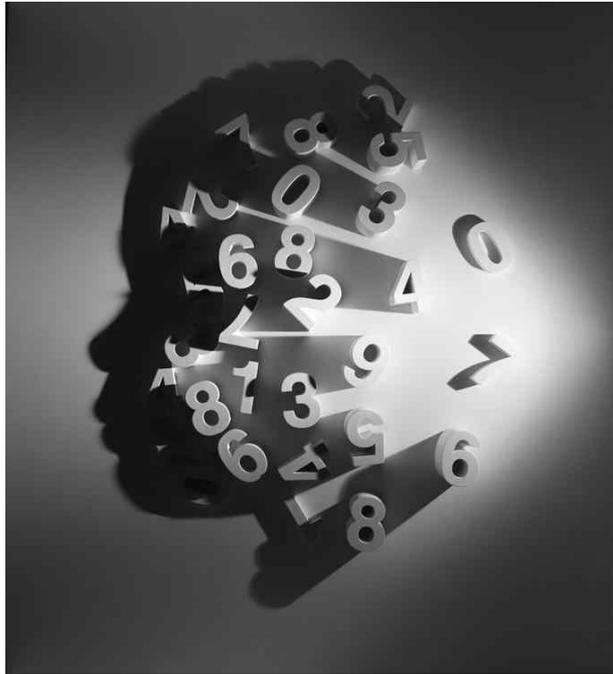
방식이다. <그림 12>와 <그림 13>은 래리 케이 간(Larry Kagan)의 그림자 조형 작품이다. 래리 케이 간은 철과 빛을 캐스트하여 그림자를 창의적인 매체로 표현하는 조각가이다. 작가의 조각은 금속의 추상적인 형태에서 많은 것을 상상하게 한다. 빛이 투영 되었을 때 구현되는 그림자 형상은 유희적이면서도 시사적인 내용을 담고 있다. 그림자는 일상에서 많이 접할 수 있는 사물에서 동물까지 다양한 형태로 관객에게 많은 감흥을 불러 일으켜 준다.



<그림 12> Larry Kagan, <Taking Aim> 2002

<그림 13> Larry Kagan, <Nesting> 2001

<그림 14>와 <그림 15>는 쿠미 야마시타(Kumi Yamashita)의 작품으로 종이, 천, 나무 등을 사용하여 그림자를 구현한다. 그는 위의 그림자조형에서 보는 바와 같이 입체적인 면재를 사용하여 그림자를 표현한다. 뉴욕에서 활동 중인 쿠미 야마시타는 다양한 형태의 그림자 아트 중에서도 입체적 형태를 벽면에 직접 붙여 빛을 차단하여 생기는 그림자로 이미지를 형상화한다. 영문의 나무 조각을 자유롭게 배치하여 인물을 그림자로 형상화한다.



〈그림 14〉 Kumi Yamashita, 〈0 TO 9〉 2011



〈그림 15〉 Kumi Yamashita, 〈AKARI〉 2009

3D에 의한 형태표현은 2D 형태에 의한 표현과는 설치 방법에 차이가 있으며, 광원의 위치 설정이 가변적이어서 설치 장소의 제약이 없고, 공간성을 지니고 있다. 그림자를 만드는 차폐물과 그림자가 투영되는 면이 떨어져 있고 각각의 형태 편 조각들의 조합은 구조물의 성격을 띠고 있다. 차폐물이 가지고 있는 형태만으로도 조형적이고 유니크한 이야기를 연출해 낸다.

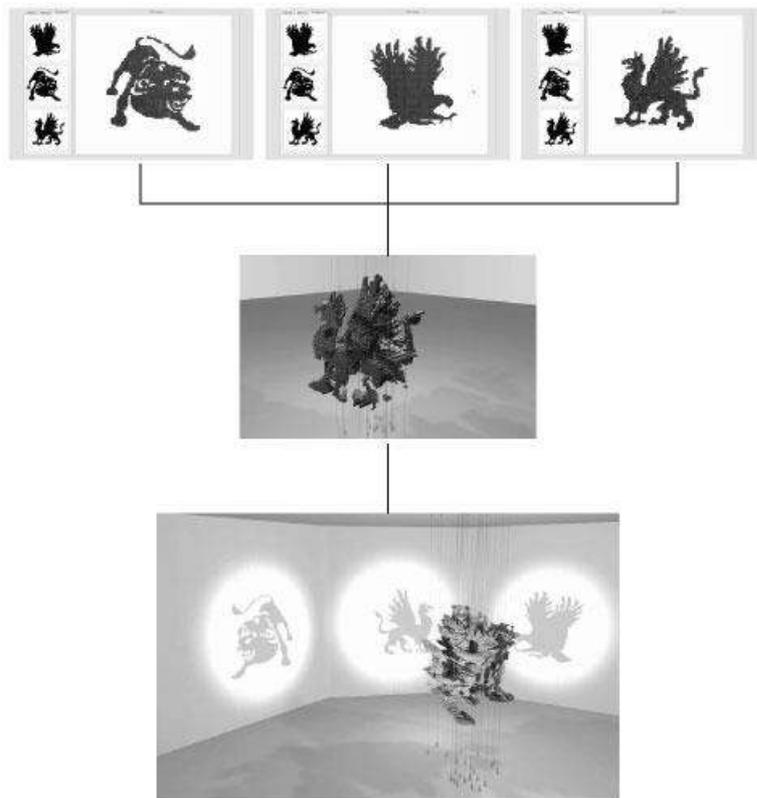
아래의 <그림 16>은 전신종의 작품으로 설치 장소의 가변성과 공간성이 잘 부여된 작품이다. 수많은 나무 조각들의 결합으로 이루어진 그림자조형은 2개의 조명을 이용하여 하나의 차폐물의 형태를 통해서 2가지의 그림자를 보여 준다.



<그림 16> 전신종, <Shadow Trick> 2008 - 직접촬영 -

아날로그 제작 방식에 의한 그림자 형상 제작은 수작업을 통하여 표현 대상을 하나하나 다듬고 깎아 가는 방식으로 수많은 시간과 시행착오를 겪어야만 작품을 완성할 수가 있다. 하지만 많은 소요 시간과 작업의 오류를 해결하기 위해 컴퓨터를 알고리즘을 통한 제작 방법의 시도가 많이 진행되고 있다.

아래의 <그림 17>은 Niloy 와 Mark가 2009년에 발표한 논문 연구 결과에 의해 만들어진 작품이다. 입력 이미지인 사자, 용, 독수리 3개의 그림을 프로그램에 입력하여 한 개의 입체적 형태로 조각되어진다. 이에 빛을 비추어 3개의 그림자로 표현한 작품이다. 빛이 투사되는 방향에 따라 각각 틀린 세 가지의 그림자 이미지를 얻을 수가 있다. 디지털 방식의 도입은 3D 형태의 작업으로서 가변설치의 이점을 통해 공간성을 가진다. 다양한 방향에서 볼 수 있어 시점의 제약이 없다는 것이 흥미롭다.



<그림 17> Niloy & Mark, < ACM SIGGRAPH Asia > 2009

## 2.3 거울

빛은 조작이 가능하며 렌즈, 거울, 프리즘을 통해 빛을 모을 수가 있다. 또한 휘어지게 만들고 반사시키며 각각의 색깔로 분리할 수가 있다. 그중 거울은 역사가 기록되기 이전부터 존재하였다고 한다. 고대 이집트와 수메르의 여성들은 잘 닦은 금속 거울 앞에서 화장을 했다. 또한, 물에 비친 자신의 모습에 반한 전설 속 나르시스의 물거울과 백설공주 동화 속에 등장하는 마녀의 거울, 그리스 로마 신화에 나오는 페르세우스 거울방패, B.C. 212년에 아르키메데스의 거울방패 등, 문학적, 역사적, 과학적으로 거울의 쓰임새는 다양하였다. 더 이전의 전설에서는 자신의 모습을 물웅덩이에 비춰보고 싶다는 인간의 욕망이 만들어낸 도구이다.<sup>21)</sup> 그러나 오늘날의 거울은 비추어 본다는 기본적인 기능을 넘어서 다양한 역할로서 발전을 거듭해 왔다.

앞의 내용은 거울 본연의 기능을 바탕으로 만들어진 문학적인 사례들과 거울 반사 원리를 실전에 활용했다는 실용성에 기초한 과학적인 사례라고 할 수가 있다. 후자의 경우는 거울의 다양한 분야에서의 실용 가능성을 보여주는 사례로서 현대에서도 조각, 건축, 회화, 디자인, 설치미술 등의 예술분야에서부터 군사, 교통, 의료 및 멀티미디어 분야에 이르기까지 광범위한 분야에서 거울의 원리가 활용되고 있다.

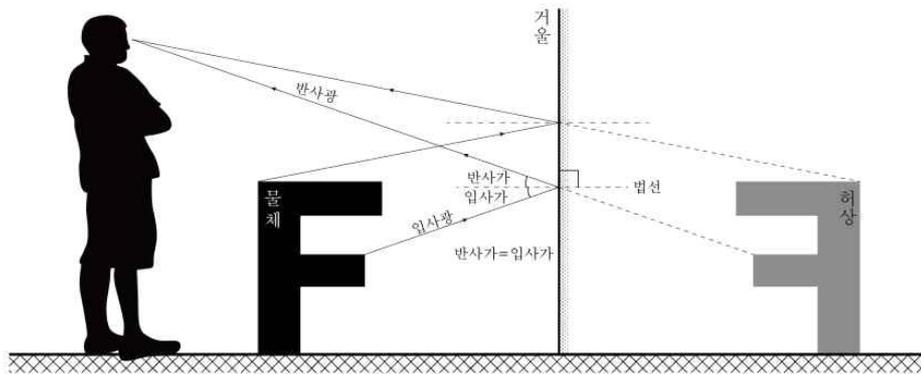
### 2.3.1 거울의 속성

우리가 사물을 인지하는 것은 물체에서 빛이 반사 되어지는 것을 보고 인식한다. 거울은 물체나 사물들을 비추어 보는 도구로서 반사된 빛이 한 점에 상이 모이도록 하여 사물을 인지하게 하여 준다. 거울은 고유의 이미지와 색채를 가지고 있지 않으며, 주위의 환경에 따라 다양한 형태와 색상으로 변화한다. 따라서 투사면의 각도 변화에 따라 숨겨진 형태를 재현함으로써 유희적인 효과를 만들 수가 있다. 이는 허상과 실상의 공존을 거울을 통해 나타냄으로서 여러 가지 호기심을 불러일으킴과 동시에 다양한 조형형표현의 도구로서 확대시켜 주었다.

---

21) 벤 보버. (2004). 『빛이야기』. 서울: 웅진닷컴, p.252.

잘 닦인 금속은 빛을 잘 반사한다. 예전의 거울은 구리나 돌을 매끄럽게 갈아서 만들었거나 유리거울 뒷면에 얇은 은도금 층을 도포하여 만들었다. 오늘날에는 은 대신 알루미늄 도금이 쓰인다. 빛을 반사하는 것은 바로 이 은도금 층인 것이다.<sup>22)</sup> 최초의 현대식 거울은 1835년 유스투스 폰 리비히가 물체의 표면에 은을 코팅함으로써 처음 사용되어졌다.<sup>23)</sup> 거울의 반사형태, 제조방법, 거울반사 시각효과 사례를 아래와 같이 분류할 수 있다.



〈그림 18〉 거울반사 원리

## 1) 거울의 형태

### ① 평면거울

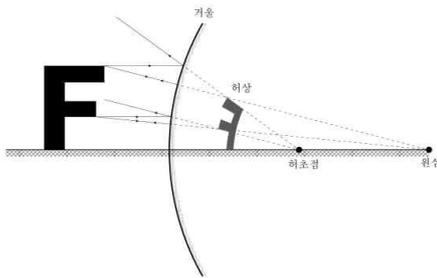
평평한 판유리에 알루미늄이나 은을 도포하여 제작하며 빛은 앞면과 뒷면 유리 부분의 금속 표면에서 두 번 반사를 한다. 평면의 반사이므로 색수차가 없다. 또한, 물체의 상과 크기가 같기 때문에 위치에 상관없이 배율 1의 완전한 상이 생긴다.

22) 벤 보버. (2004). 『빛이야기』. 서울: 웅진닷컴, p.253.

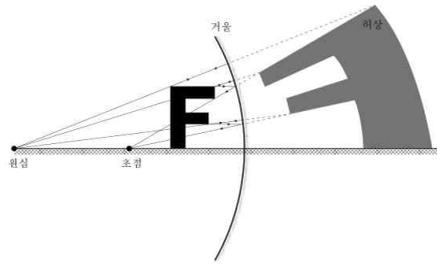
23) 안승준. (2008). 『빛의 과학』. 서울: 홍릉과학, p.252.

## ② 구면거울

구면의 일부를 반사면으로 이용하는 거울을 말한다. 구의 바깥쪽을 반사면으로 하는 경우를 볼록거울이라 하며, 구의 안쪽 부분을 반사면으로 하는 경우를 오목거울이라 부른다. 넓은 시야를 확보할 수 있는 볼록거울의 장점과 빛을 모을 수 있다는 오목거울의 장점이 있다. 넓은 시야를 확보할 수 있는 자동차 백미러나, 빛을 모으는 집광기 등이 있다.<sup>24)</sup>



<그림 19> 볼록거울 반사원리



<그림 20> 오목거울 반사원리

## 2) 거울의 제조 방법

### ① 은거울

유리에 은으로 된 얇은 박을 입힌 반사경이다. 은으로 된 얇은 막을 구리 도금으로 마무리 칠을 하여 보호한 것으로, 현재 일반적으로 많이 쓰이며 거울의 대량 생산에 이용되고 있다.

### ② 수지 증착거울

완전한 진공상태에서 금속을 녹인 다음 증발을 시켜서 금속 증기가 수지 제품의 벽면에 달라붙게 함으로써 얇은 피막을 입히는 수지 도금이다. 도금 금속으로는 알루미늄을 사용한다.

### ② 색 선별 거울

평면 유리를 여러 층의 비금속 물질로 피막하여 그 간섭을 이용한 반사경

24) 두산백과사전.

<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1066058&cid=40942&categoryId=32236>

이다. 흡수에 의한 빛의 손실이 작으며 컬러TV와 카메라는 이러한 원리를 조합하여 입사광의 3원색 분해를 하고 있다.

### ③ 마경(魔境)

거울을 강한 빛에서 비추어 보면 얼굴 이외에 다른 특수한 무늬의 상(像)이 희미하게 보이는 동경(銅鏡)이다. 약간의 정동으로 거울을 주조하여 그것을 잘 갈고 닦아내어 매끈하게 만든 다음 그 위를 남으로 덮는 방식이다.

## 2.3.2 거울의 시각표현

거울의 반사를 통한 조형 표현은 조형예술분야에서 다양한 방법으로 연구가 진행되어 왔으며 앞으로도 무한한 표현의 가능성을 제공하고 있다. 거울을 통한 반사는 상(像)을 만들어 내는 특징을 가지고 있어서 거울면의 형태(평면, 곡면, 구 등)나 놓여지는 상황에 따라 현형(現形), 합성(合成), 증식(增殖), 확장(擴張), 왜곡(歪曲) 등의 시각효과를 만들어 낸다. 이러한 시각 효과들은 예술과의 상상력과 함께 새로운 표현 형식이 창출되고 저마다 독특한 존재감이 형성된다.<sup>25)</sup> 거울의 반사형태와 표현 방법에 따라 평면거울의 복수사용, 도트형(각형, 원형), 각추형, 각주형 등으로 나누어 볼 수 있다.

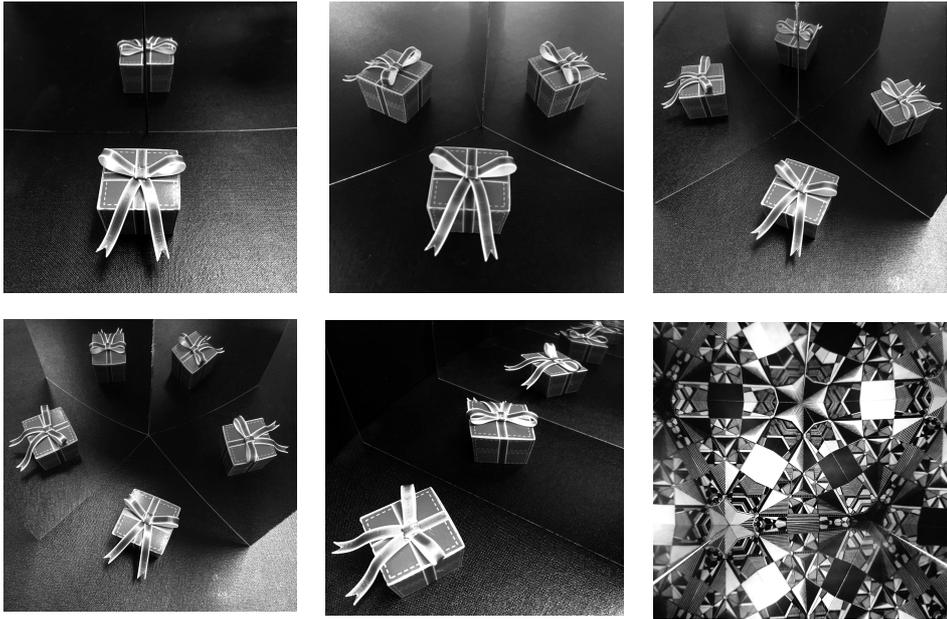
### 1) 평면거울의 복수사용

평면거울의 복수 사용은 2개 이상의 평면거울을 사용하여 무한 반사에 의한 다양한 형태와 입체적인 형태를 구성하여 유희적인 조형표현의 다양화를 연출할 수가 있다.<sup>26)</sup> <그림 21>은 2개의 평면거울이 평면상에서 꺾이는 각도 변화에 따라 반사되는 이미지가 증식작용을 하여 많은 수의 이미지가 생성되게 된다. 2개의 평면거울이 180° 에서 90° 각 사이에 물체가 있을 경우에는 거울에 반사되는 이미지는 두 개로 보이며, 2개의 평면거울이 정확히 90° 를 이루는 각 사이에 물체가 있을 경우는 3개의 이미지가 반사되어 보이게 된다. 또한, 2개의 평면거울이 일정한 거리를 두고 서로 평행하게 마주보게 되면 그 사이의 물체가 무한 반사를 일으키게 된다. <그림 5>는 크기가 같은 3개의 평면거울의 다중 반사를 통해 다양한 무늬가 변화하며 여러 가지 상(像)과 아

25) 심복섭. (2005) "반사에 의한 색채와 공간효과." 『기초조형학연구』, 8(1): 297.

26) 조열, 아사쿠라나오미. (1992). 『예술·디자인의 빛의 구성』. 서울: 조형사, p.35.

름다운 모양을 얻을 수 있는 만화경의 표현 사례이다.



〈그림 21〉 평면거울의 복수사용  
- 직접촬영 -

## 2) 도트형 거울반사

도트형 거울반사는 반사체인 거울의 형태가 픽셀의 모양으로 각형 형태와 원형의 형태로 구분할 수가 있다. 원형과 사각의 픽셀형태의 거울반사를 통해 이미지를 재구성하는 표현 방법이다. 〈그림 22〉는 선행연구에서 얻은 결과를 통해서 실험 제작한 도트형 거울반사 작품의 예시이다.

이는 10,164개의 거울로 이루어져 있으며 천정, 바닥, 벽 등 주변의 기존 색상을 흡수하여 하얀 백지와 같은 거울 위에 예수의 이미지를 나타나게 한다. 하늘을 향하고 있는 예수의 이미지는 보는 방향에 따라 면류관이 붉게 물들며 십자가에서 고난을 받는 예수의 이미지로 바뀐다. 또한 작품에 다가갈수록 천정의 조명이 함께 반사되며 이미지에 빛을 발산하는 예수의 모습을 볼 수 있다.



〈그림 22〉 조엘, 〈Star is Love: Jesus〉 2010

〈그림 23〉은 다니엘 로진의 우든 미러 작품으로 정방향 나무 조각들을 바둑판처럼 배치하고 작품 속에 카메라를 숨겨 대상을 촬영한다. 촬영된 이미지는 컴퓨터 시스템 제어에 의해 나무 조각들의 반사각을 제어하여 거울 반사 효과에 의한 이미지를 형상화 한다. 표현 소재가 나무이기 때문에 실재 거울 반사는 아니지만 나무 조각의 위치와 각도 변화에 따라 형상을 조합하고 제어하는 가변형상 구조 시스템이다.

다니엘 로진은 인터랙티브를 이용한 디지털 테크놀로지를 이용한 작품들이 대부분이다. 하지만 최근에 들어 실재 거울 재질을 사용하여 거울 반사 작품

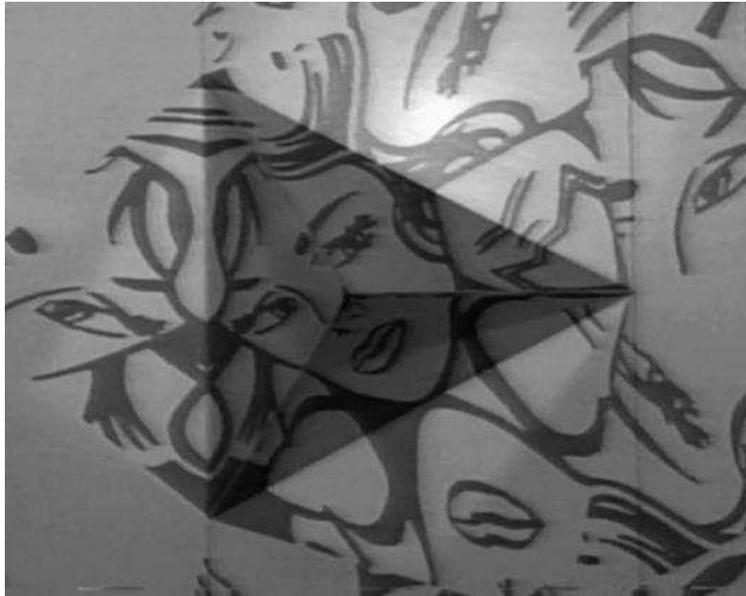
을 제작하고 있다. 또한 한 장의 사진을 분리해 깨진 거울의 각도를 조절하여 그림 조각들의 각도를 조절하여 원래의 이미지로 완성시켜 해체와 재결합을 반복시키는 유희적인 작품을 제작하고 있다.



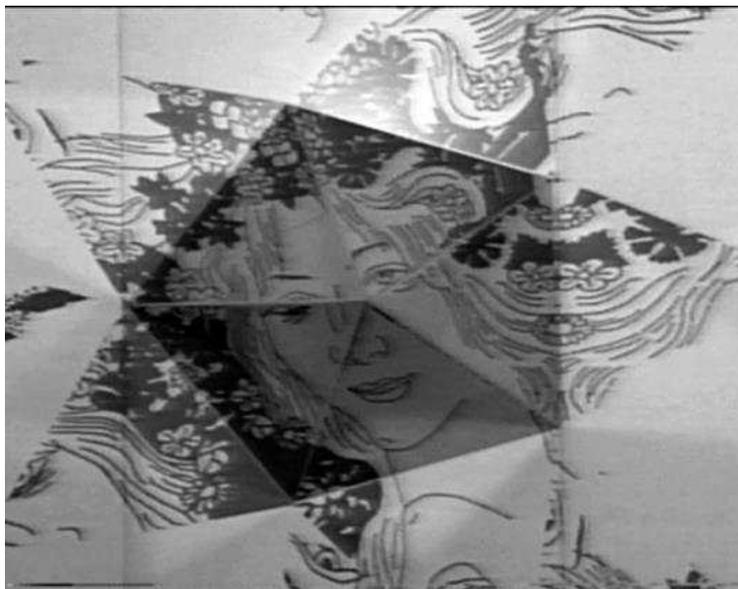
〈그림 23〉 Daniel Rozin, 〈Wood-Mirror〉 2008

### 3) 각주형, 각추형 거울반사

각주, 각추형은 반사왜상의 하나로서 일그러져 왜곡되어 있는 그림을 특수한 광학기계나 거울에 비추어 왜곡된 그림의 형태를 정상적인 형태의 그림으로 볼 수 있도록 하는 방법이다. 각주형, 각추형 거울의 반사의 형태는 다양한 형태를 지니고 있다. 그 종류에는 3각주(추)형, 4각주(추)형, 5각주(추)형, 6각주(추)형 등 다각주(추)형 거울의 형태가 있다.



〈그림 24〉 福田繁雄, 〈カラクリビデオ〉 1985  
후쿠다시게오 〈불가능한 이야기〉 - 비디오 캡처 -



〈그림 25〉 福田繁雄, 〈カラクリビデオ〉 1985  
후쿠다시게오 〈불가능한 이야기〉 - 비디오 캡처 -

#### 4) 아나모르포즈

르네상스 이후 원근법의 등장은 시각의 확장과 조형표현의 다양화를 통해 예술가들은 표현의 형식의 파괴를 가져왔다. 원근법은 기본적인 생각을 바탕으로 눈의 거리와 시야, 그리고 시각의 관계로 그림 모양이 결정된다. 원근법이 합리적이고 정확한 형태를 만들어내는 동시에 알 수 없는 형태 왜곡으로 나타난다. 예술가들은 이러한 오류를 해결하기 위한 방법으로 광학(光學)연구를 통해 아나모르포즈(Anamorphose)<sup>27)</sup>를 만들어 냈다.<sup>28)</sup>

아나모르포즈(Anamorphose)는 왜곡된 형상을 바로 잡는데 있어 유희적 도구로서 거울을 많이 사용해 왔다. 거울은 사용자와 화면의 투사면 각도에 따라서 감춰진 새로운 이미지를 표현하는데 효과적이다. 왜상의 원리인 아나모르포즈는 15세기 르네상스 거장인 레오나르도 다빈치 수고〈코텍스 아틀란티쿠스〉의 거치른 선으로 그린 일그러진 형상의 그림에서 찾아 볼 수 있다. 이 일그러진 형태의 그림은 보는 시점에 따라 어린 소년의 모습이 나타난다. 르네상스 시대의 고전적인 비례의 규칙을 깨고 왜상이 시작된 것은 16세기 전반, 마니에리스모(manierismo)에 이르러 서서히 나타나기 시작했다.<sup>29)</sup>

18세기 유희적 도구로 이용된 아나모르포즈의 다중성은 현대 조형예술 분야에서 그 중요성과 활용 가능성을 인정받았다. 이는 영화, 사진, 광고, 미디어아트 등을 통하여 다차원적인 형태로 형상화되어 오늘날 일상에서도 쉽게 접할 수가 있다.

아나모르포즈의 왜상 원리를 이론화한 프랑수아 니세롱은 〈신기한 원근법〉에서 왜상으로서의 제작 방법을 3가지로 분류하였다. 특정 각도에서 형태를 알아볼 수 있는 방법으로 광학적 투시법의 ‘단축왜상’(사각왜상)과 특수한 형태의 광학기계나 거울을 사용하는 ‘반사왜상’과 흩어져 있는 이미지의 조각들을 하나로 합쳐 완성하는 ‘굴절왜상’ 등이 있다.<sup>30)</sup>

27) 왜곡된 원근화법으로서 아나모르포즈는 영어로 아나모르포시스(Anamorphosis), 프랑스어는 아나모르포즈(Anamorphose)라 하며 한자로는 왜상화법(歪像畫法)이라 불린다. 어원적 의미로는 영어와 프랑스어의 공통 요소로 ‘Ana’는 ‘거슬러 올라가’이고 ‘Morph’는 ‘형태’를 뜻하는 단어로 해석된다. 따라서 ‘본래의 형태를 되찾기 위해서 현재의 형태를 파괴하고 재구성 한다’는 말로 볼 수 있다.

28) 전신중, 조열, 최병수. (2016). "아나모르포즈 형식의 거울 반사 원리 연구." 『기초조형학연구』, 16(4): 511.

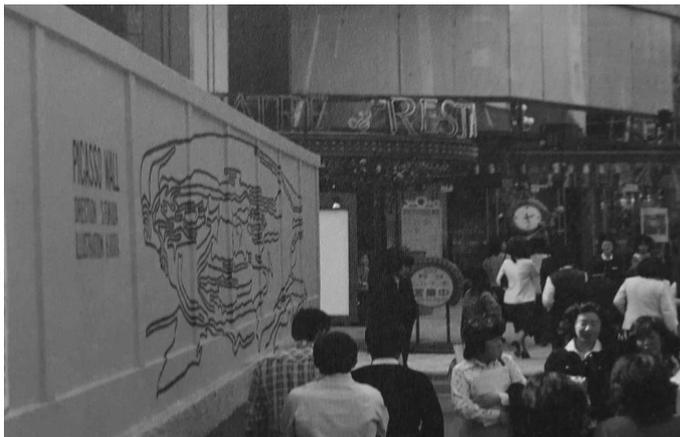
29) 진중권. (2005). 『놀이와 예술 그리고 상상력』. 서울: 휴머니스트, p.126.

① 단축왜상(사각왜상)

단축왜상은 선 원근법 일종의 한 방법이다. 르네상스 시대에 원근법에 많은 관심을 가졌던 화가들로부터 다양한 연구가 시작되었다고 볼 수 있다. 어느 특정 각도에서 보았을 때 마치 정면에서 바라 본 그림처럼 보이는 원근 기법의 하나이다. 이러한 단축왜상은 생활의 주변에서도 흔히 찾아 볼 수 있다. 간단한 예로 도로 위의 방향 지시 이정표는 운전자의 시점에서 바라보면 정상적인 형태의 모습을 인지할 수 있다. 하지만 수직적 시각으로 내려다보면 길게 늘려 놓은 왜곡된 형태를 볼 수가 있다. 이 외에도 그래피티아트, 벽화, 광고물, 대형 슈퍼그래픽에서도 많이 찾아 볼 수 있다.



〈그림 26〉 東京 澁谷パルコ通り - 동경 슈퍼그래픽 풍경 -



〈그림 26〉 東京 澁谷パルコ通り - 동경 슈퍼그래픽 풍경 -

30) 진중권. (2005). 『놀이와 예술 그리고 상상력』. 서울: 휴머니스트, p.134~136.

## ② 굴절왜상

굴절왜상은 반사왜상과는 다르게 흩어져 있는 여러 그림들의 조각들을 특정 굴절렌즈나 거울을 사용하여 그림을 하나로 합쳐서 완성하는 기법이다. 왜상 기법 중 복잡한 형식의 표현기법이라 할 수 있다. <그림 28>은 굴절 왜곡의 한 형태로 투명 소재의 원기둥 뒤편에 마블린 먼로 의 조각난 이미지를 붙여 놓는다. 원기둥에 물을 서서히 채워 넣으면 완전체의 마블린 먼로의 형상이 나타나는 작품이다.<sup>31)</sup>

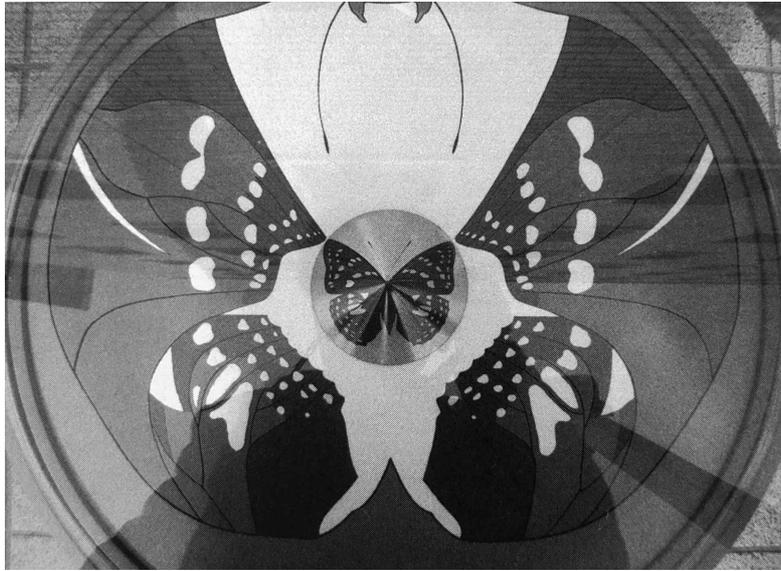


<그림 28> 조열, <마블린 먼로> 1982 - 직접촬영 -

## ③ 반사왜상

왜상의 원리는 원근법의 수학적 체계를 기초하여 발전을 거듭해 왔다. 반사 왜상은 거울 왜상이 중국에서 처음 만들어진 이후 이탈리아로 수입된 16세기 이후부터 왜상원리에 의한 그림이 그려지기 시작했다. 반사왜상은 왜곡되고 일그러진 그림이 특수한 광학기계나 거울에 의해 왜곡된 형태를 바로잡아 정상적인 그림으로 보이게 하는 기법이다. 반사왜상을 위한 반사체의 형태는 다양한 형태로 나누어 볼 수가 있다.

31) 전신중, 조열, 최병수. (2016). "아나모르포즈 형식의 거울 반사 원리 연구." 『기초조형학연구』, 16(4): 513.

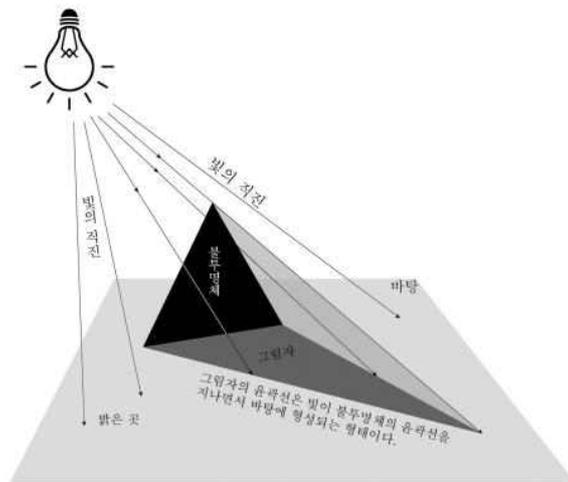


〈그림 29〉 福田繁雄のトリックアート・トリップ.  
- 후쿠다시게오 트릭아트여행 -

### III. 그림자에 의한 시각표현 기법 연구

#### 3.1 그림자 단일형상 제작

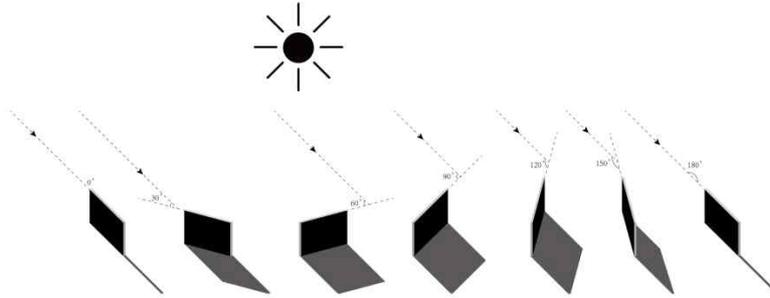
빛은 조형표현에 있어서 아주 중요한 매개체로서 다루어져 왔다. 그 성질이나 원리를 이용하여 다양하게 표현의 요소가 될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그중 빛에 의해 만들어지는 그림자는 색상을 지니고 있지 않으면서도 자연스러운 음영에서 느낄 수 있는 감동이 있다. 3장은 자연광과 인공광에 의해 만들어지는 그림자 형상 제작 방법을 그 내용으로 한다. 또한 2D 형식의 디지털 알고리즘을 통한 제작 방법을 알아보려고 한다.



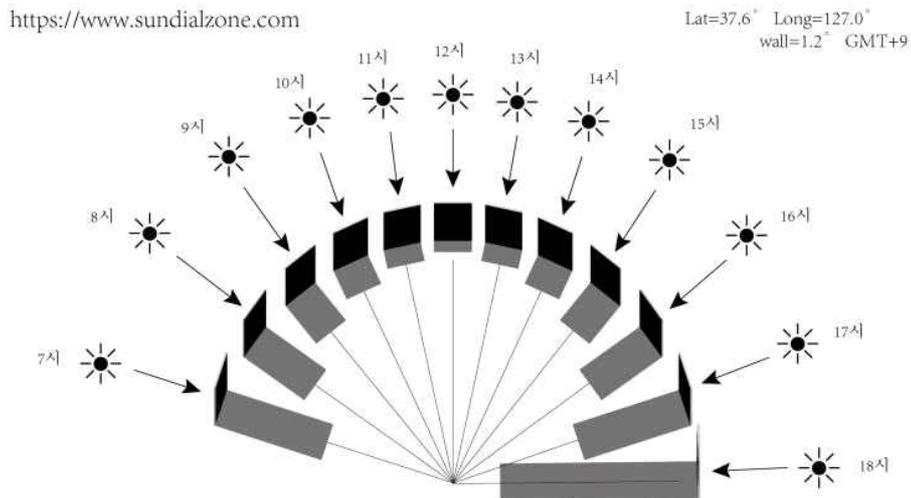
〈그림 30〉 그림자 형상 원리

자연광으로부터 만들어지는 그림자의 광원은 태양광으로 정의한다. 빛을 차단하여 그림자를 생성하는 차폐물을 피사체(被寫體)라고 정의한다. 피사체는 얇은 종이나 철재의 형태를 가진 소재로 한다. 아래의 〈그림 31〉은 태양과

피사체의 각도 변화에 따른 그림자의 면적 변화에 관한 그림이다. 그림에서 보듯이 태양과 피사체의 각이  $90^\circ$  를 유지할 때 가장 많은 양의 그림자 면적을 보인다. 이는 옥외 그림자 조형물을 설치할 때 중요한 자료로 활용된다.



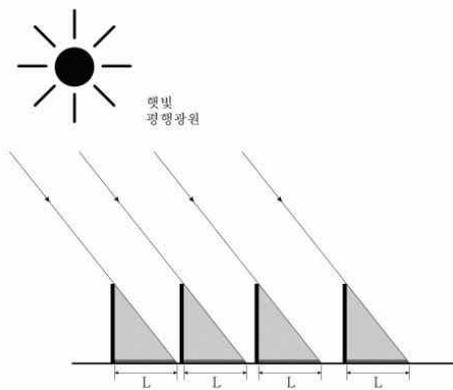
〈그림 31〉 태양과 피사체 각도 변화에 따른 그림자 면적



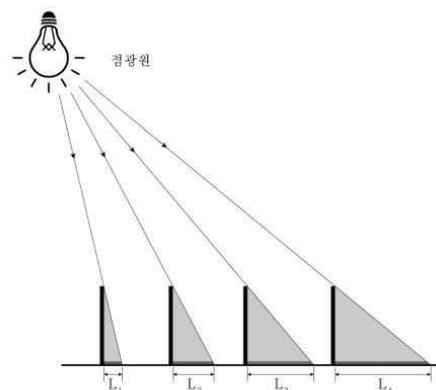
〈그림 32〉 방위와 시간의 변화에 따른 그림자 면적

〈그림 32〉는 태양과 피사체가  $90^\circ$  를 이루는 방위와 시간대별 그림자의 길이 변화와 그림자 면적 양을 확인할 수 있는 그림이다. 태양이 일출에서 일몰까지의 시간대별 그림자의 면적과 길이는 달라진다. 위의 그림은 그림자 변화에 따른 데이터를 통해서 그림자 이미지를 만드는데 있어 필요한 시간대를 설정 할 수가 있다. 그 시간대의 그림자의 면적과 길이에 따라서 피사체의 높이, 각도, 간격을 설정 할 수가 있다.

아래의 〈그림 33〉과 〈그림 34〉는 같은 형태와 길이, 간격에서 광원의 종류에 따라 그림자 길이의 변화에 관한 그림이다. 점광원은 피사체와 광원의 거리가 멀수록 그림자의 길이는 길어진다. 반면, 평행광원인 태양광은 광원과 피사체의 거리와는 상관없이 일정한 그림자의 길이와 면적을 갖는다. 단, 시간성에 의한 그림자의 길이와 면적에는 가변적인 변화가 생긴다. 그림자 생성을 위한 피사체의 부착 각도는 인공광과 태양광의 차이점을 확인할 수 있다. 그림자 길이 변화에 따른 피사체의 부착 각도는 태양광과 점광원의 차이점이 있다. 태양광은 광원과 피사체와의 거리가 상당히 멀리 있는 관계로 간격에 상관없이 일정하고 균등한 간격을 이루면서 같은 그림자 면적을 갖는다. 반면, 점광원은 광원과의 거리에 따라 그림자 길이가 다름으로 피사체의 부착 각도는 부채꼴 형태를 이루고 있다.



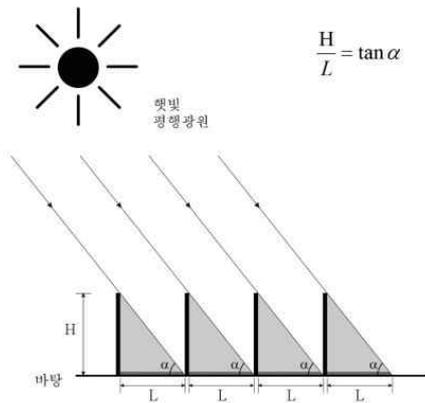
〈그림 33〉 태양광에 의한 그림자 길이 변화



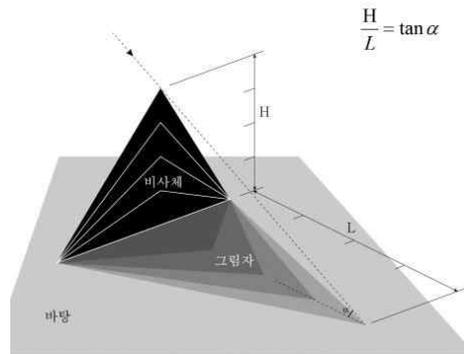
〈그림 34〉 점광원에 의한 그림자 길이 변화

그림자 형상을 제작하기 위해서는 피사체의 높이, 간격, 형태, 각도 등 여러 가지 요소가 필요하다. 그중에서 간격과 높이 설정에 대해 알아보려고 한다.

그림자형상 제작에 있어서 간격과 높이는 피사체의 부착 개수를 결정하는데 중요한 역할을 한다. 최소한의 수량으로 제작하는 것이 유효성을 더 높일 수 있는 방법이다. 태양광의 경우 피사체의 간격과 높이는 그림자의 길이와 서로 정비례한다. 따라서 간격을 설정한 후에 높이를 결정할 수가 있다. 반대의 의미로는 피사체의 높이를 설정한 후에 그림자 값을 원하는 시간대로 측정하여 피사체의 간격을 결정할 수 있다.



<그림 35> 평행광원의 높이와 간격 비례

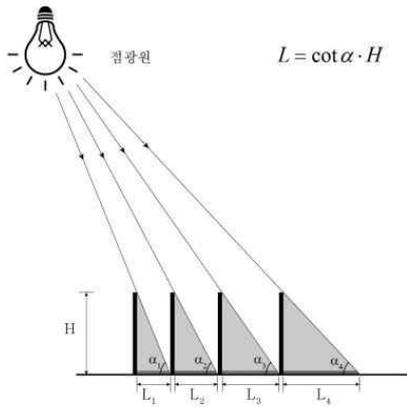


<그림 36> 피사체와 그림자 비율 관계

$$\frac{H}{L} = \tan \alpha$$

$\angle \alpha$ 는 광원과 바탕을 이루고 있는 각도이다. 광원의 방향이 정해질 때 H와 L는 정비례한다. <그림 36>은 H가 2Cm일 경우, 그림자 길이가 4Cm가 되는 시간대를 찾는다면, 나머지 피사체의 높이에 상관없이 일정한 높이의 피사체 값을 얻을 수 있다.

점광원일 경우는 피사체의 일정한 간격을 유지하기 위해서는 피사체의 높이와 비례한다.

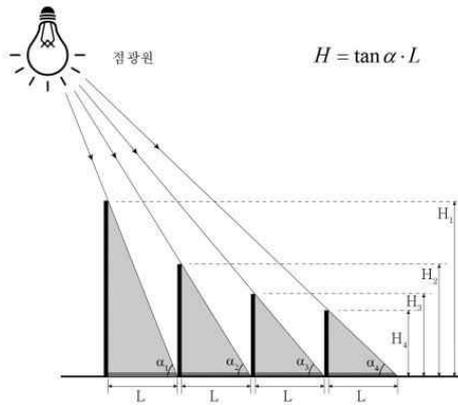


$$L = \cot \alpha \cdot H$$

- 피사체의 높이가 같을 경우 -  
H가 정해졌을 때  $\angle \alpha$ 의 변화에 따라서 L의 길이도 변한다.

$\angle \alpha$ 가 작아질수록 L은 길어진다.  
피사체에서 광원까지의 거리가 멀어질수록  $\alpha$ 값은 작아지며, L값은 길어진다.

<그림 37> 피사체의 높이와 간격의 비례관계



$$H = \tan \alpha \cdot L$$

- 피사체의 높이가 다를 경우 -  
L이 정해졌을 때  $\angle \alpha$ 의 변화에 따라서 H의 높이도 변한다.

$\angle \alpha$ 가 작아질수록 H는 낮아진다.  
피사체에서 광원까지의 거리가 멀어질수록  $\alpha$ 값은 작아지며, H는 낮아진다.

<그림 38> 피사체의 높이와 간격의 비례관계

피사체의 소재는 태양광을 이용하여 옥외 설치할 경우 금속 소재로서 철판, 아연판, 아연도금판(갈바), 합석판, 알루미늄판 등을 사용한다. 강도와 내구성이 좋으며 습기와 햇빛에 강하여 변질될 위험이 적다. 점광원을 이용한 실내 설치의 경우는 종이, 포맥스, 아크릴 등 가공이 쉬운 재료들을 사용한다. 피사체의 형태는 그림자 형상을 표현하는데 있어서 윤곽선에 해당한다. <그림 39>와 같이 그림자의 외곽 형태가 모자이크 형식의 단순한 형태로 표현하고자 할 때는 <그림 40>과 같은 피사체의 형태를 사용한다. <그림 41>과 같이 그림자의 외곽 이미지가 섬세하고 정교한 형태로 표현하고자 할 때는 <그림 42>와 같은 피사체의 형태가 효과적이다.



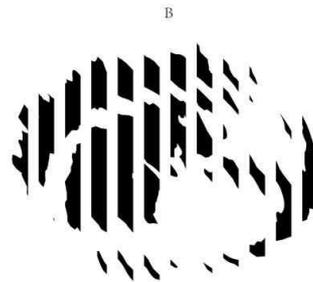
<그림 39> 모자이크 형식의 이미지



<그림 40> 모자이크 형태의 피사체

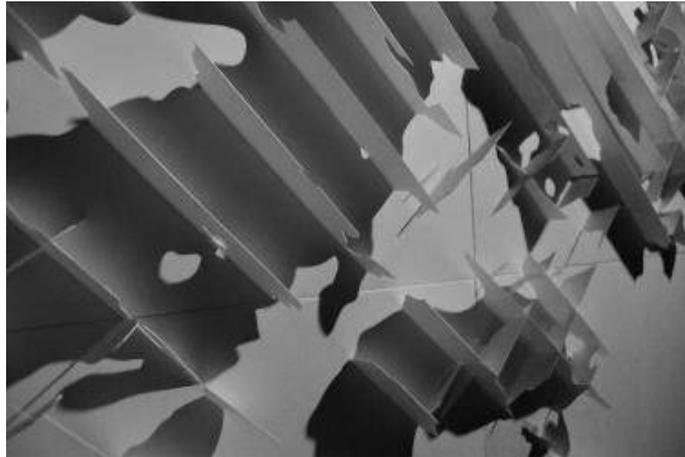


<그림 41> 사실적 형태의 이미지



<그림 42> 사실적 형태의 피사체

점광원을 이용하여 제작할 시에는 앞에서 알아본 바와 같이 피사체의 높이와 간격, 부착 각도의 차이점을 잘 적용해야만 한다. 점광원을 이용한 그림자 형상 제작은 <그림 43>과 같이 장방향 판재를 사용하여 사실적 형태로 조각해 낸다. 각각의 피사체에서 얻은 그림자 조합으로 섬세한 그림자 형상을 얻을 수 있다.



<그림 43> 전신중, <플랑켄슈타인> 2008  
- 직접촬영 -

위에서 알아본 바와 같이 그림자 형상을 제작하는데 있어서 구성 요소인 피사체의 부착 각도, 간격, 재질, 형태, 높이 등은 형상 제작에 있어서 매우 중요한 요건이다. 그림자 형상 제작에 있어서 태양광을 이용한 피사체 형태 제작 방법에 대해서 알아보려고 한다. 예를 들어 아침 9시에서 10시 사이에 가장 정확한 형태의 그림자 형상을 볼 수 있다고 가정해 보자. <그림 44>는 그림자 형상으로 만들려고 하는 그림 원본 이미지이다. 원본 이미지에서 그림자 간격을 4Cm로 정하였을 경우 피사체의 높이는 2Cm로 정하여 균등 분할한다. 원본 이미지를 <그림 45>처럼  $-45^{\circ}$ 로 회전을 시키고 회전시킨 이미지는 피사체 높이와 그림자 간격의 비례로 50% 축소시킨다. 이는 피사체의 높이에 비례하여 그림자의 넓이를 충족시키지 위함이다. 이때 전체적인 정비를 축소가 아닌 상, 하로 축소시킨다.

<그림 46>에서 만들어진 피사체 조각들을 그림에 맞추어 커팅한 후, <그림

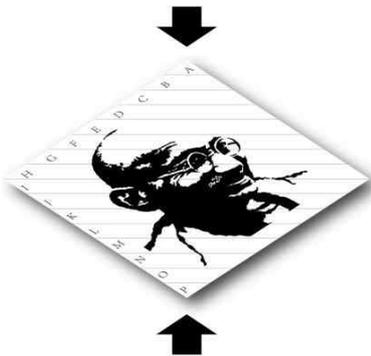
47)처럼 해당 위치에 부착하여 원본 이미지의 그림처럼 그림자 퍼즐을 맞추어 그림자 형상을 완성한다.



〈그림 44〉 그림자 원본 이미지



〈그림 45〉 원본 이미지 -45° 회전



〈그림 46〉 상. 하 50% 축소

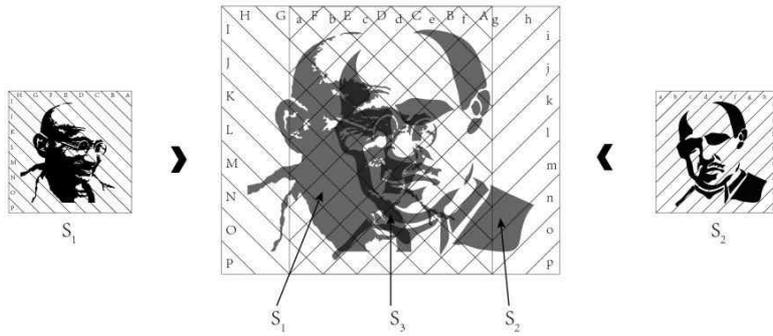


〈그림 47〉 완성된 피사체 부착

### 3.2 그림자 가변형상 제작

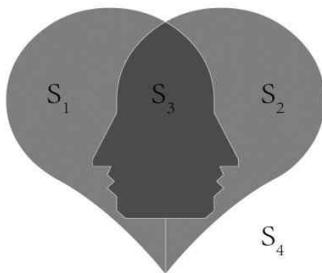
가변형상이란 A라는 형상에서 B라는 형상으로 변환되는 것을 말한다. 이는 그림자 생성에 있어서 두 개의 그림자 이미지를 동일한 평면위에 구현하는 것을 의미한다. 이때 두 개의 그림자 이미지를 동일 선상에 배치하기 위해서는 피사체의 각도, 간격, 높이의 배열에 있어서 구조적인 연구가 필요하다.

〈그림 48〉은 가변형상의 변환구조를 간단히 설명하기 위한 구조이다.



〈그림 48〉 그림자 가변형상 변환구조

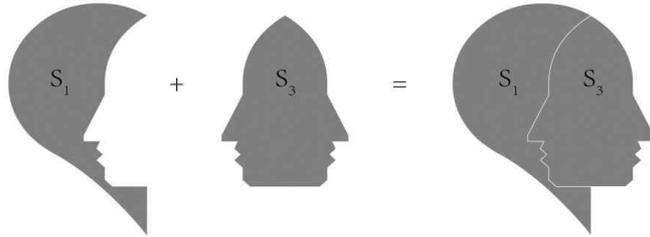
아래의 〈그림 49〉는 가변형상의 변화 구조를 보다 알기 쉽게 설명한 원리 도면이다. 표현하고 싶은 그림 S1과 그림 S2, 두 개의 이미지를 각각 필요한 위치에 배치하면 두 개의 이미지가 겹치는 부분이 나타나게 된다. 이 그림 S1



〈그림 49〉 가변형상 구조

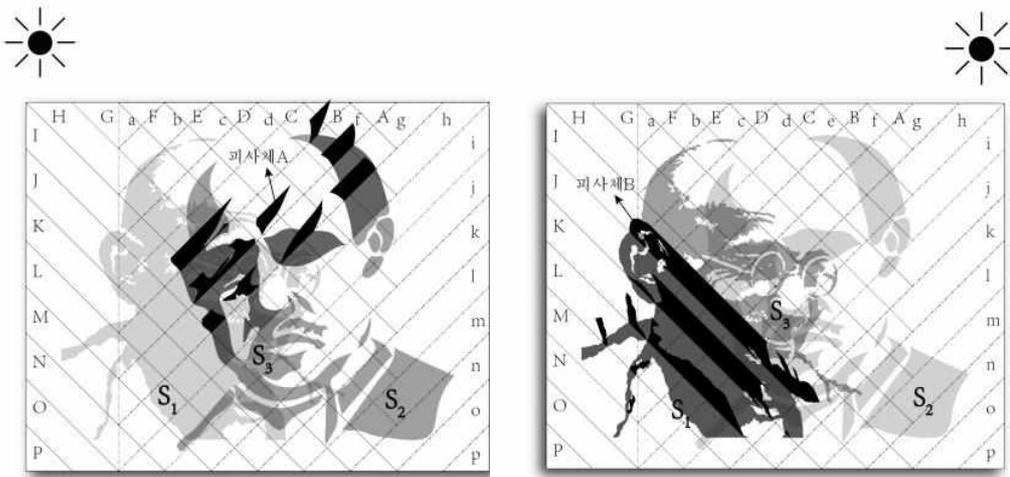
과 그림 S2가 겹쳐지는 부분을 S3로 구분해 두면 S3가 위치상에 중립적인 성격을 갖게 된다. 〈그림 50〉에서 보는 바와 같이 그림 S3가 그림 S1의 형상과 합쳐지게 되면 그림 S3은 그림 S1에 종속되므로 그림 S1으로 보이게 된다. 이 경우 그림 S2는 배경 S4에 동일한 색으로 포함되어 시각적으로 보이지 않게 되는 것이 주요

포인트가 된다.



〈그림 50〉 가변형상 변환구조

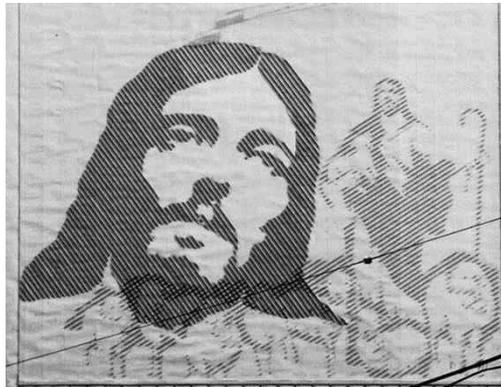
위의 원리로부터 태양의 일출, 일몰 시간대를 적용하여 그림자 가변형상을 제작할 수가 있다. 앞에서 알아본 시간대별 그림자의 길이 변화 데이터를 통해서 가상의 그림자 가변형상 제작을 시뮬레이션 해 보고자 한다. 〈그림 51〉과 〈그림 52〉는 두 가지 그림을 표현하는 그림자 가변형상 제작에 관한 원리



〈그림 51〉 가변형상을 위한 원리 A

〈그림 52〉 가변형상을 위한 원리 B

이다. S<sub>2</sub>의 그림자 형상을 만들고자 할 때는 피사체 A의 부착 각도에 따라서 S<sub>1</sub> 그림자 형상 피사체 B의 부착 각도가 결정된다. 이는 S<sub>2</sub>의 그림자 형상을 만드는데 있어서 S<sub>1</sub> 그림자 형상 피사체 B의 부착 각도 변화가 S<sub>2</sub>의 그림자 형상을 만드는데 그림자의 간섭이 생기기 때문이다. 따라서 피사체A와 피사체B가 만나는 각도는 90° 를 이루어야 하며 부착 각도 역시 90° 가 되어야 서로의 그림자에 영향을 끼치지 않는다. S<sub>1</sub>의 그림자 형상을 만들 때는 S<sub>2</sub>의 그림자 형상을 만드는 반대의 방법으로 제작하면 된다. 점광원을 이용하여 가변형상을 제작할 시에는 피사체의 간격과 부착 각도에 있어서는 태양광과는 많은 차이점을 발견할 수 있다. 아래 작품은 앞의 연구를 통해서 제작된 태양광을 이용한 그림자 가변형상 작품으로서 경기도 의왕시에 설치된 조열의 작품이다. 아침 9시에서 10시 사이에는 예수의 얼굴이 보이고, 오후 4시에서 5시 사이에는 양떼를 모는 예수의 형상이 보이는 그림자 가변형상 작품이다.



〈그림 53〉 조열, 〈의왕시 중앙교회〉 2001. (가변형상 A)



〈그림 54〉 조열, 〈의왕시 중앙교회〉 2001. (가변형상 B)

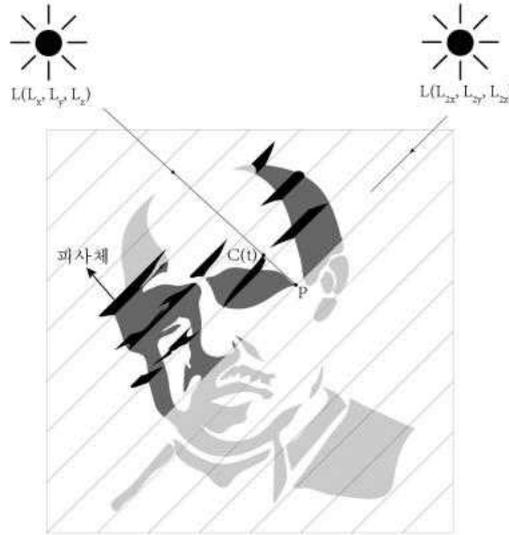
### 3.3 알고리즘을 통한 그림자 가변형상 제작

앞의 연구는 그림자를 생성하는 피사체의 형태를 제작하는 방법과 원리를 분석하고 제시하였다. 또한, 태양광과 인공광으로 나누어 제작상의 필요한 원리와 방법을 실험과 작품제작을 통하여 규명하였다. 앞장의 선행연구가 피사체의 형태 제작 방법에 있어 수작업으로 진행된 연구와 실험이었다면, 본 장에서는 피사체 형태제작의 방법적 측면을 컴퓨터 알고리즘을 통해 제작과정의 시행착오를 줄임과 동시에 제작의 효율성을 높이는 방법을 제시하고자 한다. 또한, 그림자 가변형상의 표현 가능성을 작품 제작을 통해 검증하고자 한다.

특정 방향의 2차원적 물체에 광원으로부터 빛이 비추지면 바닥에는 그림자가 형성된다. 그림자의 형태는 물체를 포함하는 평면의 위치와 방향, 광원의 위치, 광원의 종류(평행광원, 점광원)에 따라 변한다. 그림자와 광원, 그리고 물체 사이에는 서로 연관되어 있다. 본 장에서는 이들 사이의 관계를 규명하고자 한다. 본 연구에서 사용할 기호를 먼저 정의한다. 물체를 포함한 평면의 방정식을  $Ax + By + Cz + D = 0$  라고 하면 평면의 방향을 표시하는 법선벡터는  $N = (A, B, C)$  이다. 이 경우 평면의 방향이 각  $x, y, z$  축과 함께 방향각을  $\alpha, \beta, \gamma$  라면 방향각과 법선벡터의 관계는 다음과 같다.

$$A = |M|\cos\alpha, B = |M|\cos\beta, C = |M|\cos\gamma$$

여기에서  $|M| = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$  이다. 또한, 평면과 원점과의 거리는  $d = -D/|M|$  이다. 그리고 광원의 위치를  $L = (L_x, L_y, L_z)$  라 하고, 바닥에 만들어진 그림자의 한 점의 좌표를  $P = (P_x, P_y, P_z)$  라고 하자. 광원은 태양광처럼 평행으로 빛이 진행하는 평행광원과 한 점에서 방사형으로 퍼지는 점광원으로 구분할 수 있다. 광원의 종류에 따라서 물체의 그림자 모습이 달라진다. 광원의 위치가 원거리에 있어 빛이 특정 방향으로 진행한다고 가정할 경우 물체와 그림자의 관계를 계산하여 보자. 평행광원의 빛의 진행하는 방향을  $D = (D_x, D_y, D_z)$  라 하자. 그림자 가운데 가상의 한 점의 위치를  $P = (P_x, P_y, P_z)$  라고 하면 이 그림자를 구성하는 특정 평면에서의 물체의 좌표를 다음과 같은 알고리즘에 통해서 구할 수가 있다.



〈그림 55〉 평행광원의 물체에 의한 그림자 위치계산

1) 알고리즘 1. 그림자를 구성하는 물체의 위치 계산

① 그림자는 좌표로부터 평행광원이 빛의 방향으로 향하는 선분을 구한다.

선분의 방정식은  $C(t) = P + tD$ ,  $t \in R$  이며 물체를 포함한 특정 방향의 방정식을  $Ax + By + Cz + D = 0$  라고 하면, 여기서 수식은  $C(t)$ 는 아래와 같다.

$$C(t) = \begin{pmatrix} P_x + tD_x \\ P_y + tD_y \\ P_z + tD_z \end{pmatrix}$$

② 평면 위의 가상의 점  $Q = (Q_x, Q_y, Q_z)$ 를 선택하면 아래와 같은 관계식이 성립한다.  $(C(t) - Q) \cdot N = 0$  이 식에서 선분의 방정식을 대입하면 다음 관계식을 구한다.  $(P + tD - Q) \cdot N = 0$

③ 이를 t에 관해 계산하면 교점에서 t 값은 아래와 같다.

$$t = \frac{(Q - P) \cdot N}{D \cdot N}$$

④ 위의 t 값을 식  $C(t)$ 에 대입하면 그림자 P의 위치에 해당하는 특정 방향의 평면  $Ax + By + Cz + D = 0$  위에서 다음과 같은 물체의 좌표를 구할 수가 있다.

위와는 반대로 평행광원의 방향과 사물의 좌표를 알 수 있으면 평면에 형성되는

그림자의 형태를 구할 수가 있다. 특정 방향의 평면에 위치하는 물체의 좌표를  $C=(C_x, C_y, C_z)$ 라고 하자. 평행광원이 비추었을 때 물체 좌표에 의해서 평면에 형성되는 그림자의 위치를  $P=(P_x, P_y, P_z)$ 라 할 때 그림자 위치 좌표는 다음 알고리즘에 통해서 구할 수 있다.

2) 알고리즘 2. 물체에 의하여 형성되는 그림자 위치 계산

① 물체가 좌표를 지나면서 평행광원의 위치 방향으로 바닥면을 향하는 선분의 방정식을 다음과 같은 식을 통해서 구한다.  $P(t) = C + tD, t \in R$

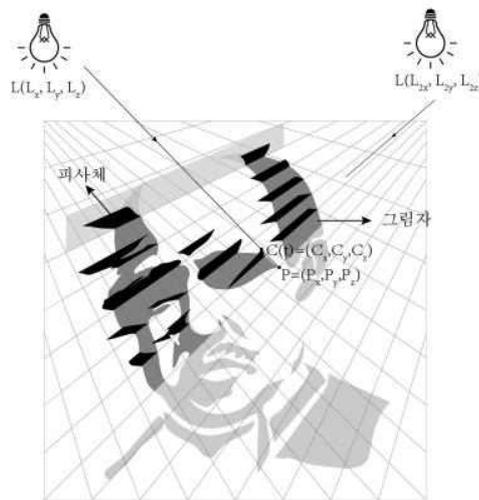
② 위 선분과 그림자가 구성되는 바닥 평면과의 교점을 구한다. 바닥 평면은  $y=0$  와  $xz$ -평면이므로 식은 다음과 같이  $C_y + tD_y = 0$  을 만족한다.

③ 위에서 구한  $t$ 를 선분  $P(t) = C + tD, t \in R$  에 대입하여 그림자 좌표를 구한다.

광원의 위치가 물체와 근접하여 빛이 방사형으로 물체에 비추질 때의 물체와 그림자 간의 관계는 평행광원일 때 보다 복잡하다. 광원의 위치와 물체의 좌표가 그림자의 위치 좌표에 따라서 빛이 향하는 방향이 달라지기 때문이다.

점광원의 위치를  $L=(L_x, L_y, L_z)$ 이라 하자.

그림자 중 임의의 한 점의 좌표를  $P=(P_x, P_y, P_z)$ 라고 한다면 이 그림자를 구성하는 특정 평면에서의 물체의 위치 좌표를 아래의 알고리즘에 의해 구할 수 있다.



<그림 56> 점광원의 물체에 의한 그림자 위치 계산

3) 알고리즘 3. 그림자를 구성하는 물체의 위치 계산

① 광원으로부터 그림자 위치 좌표로 가는 선분의 방정식을 구한다. 선분의 방정식은 다음과 같다.  $C(t) = L + t(P - L), 0 \leq t \leq 1$

② 평면위에서 임의의 점  $Q = (Q_x, Q_y, Q_z)$ 를 선택한다. 그러면 평면과 선분의 교점에서는 아래와 같은 식을 만족한다.

$$(C(t) - Q) \cdot N = 0 \quad (L + t(P - L) - Q) \cdot N = 0$$

③ 위 식을  $t$ 에 관해 계산하면 교점에서의  $t$ 값은 아래와 같다.

$$t = \frac{(Q - L) \cdot N}{(P - L) \cdot N}$$

④ 이  $t$ 값을 위의 식  $C(t)$ 에 대입하면 평면의 그림자  $P$ 의 좌표에 해당하는 가상의 평면  $Ax + By + Cz + D = 0$  위에서의 물체의 좌표를 구할 수 있다.

물체가 존재하는 가상의 평면이  $yz$ 평면이라고 가정하면 평면의 방정식은  $x=0$ 이다. 따라서 법선벡터는  $N = \langle 1, 0, 0 \rangle$ 이고 평면 좌표 위의 임의의 점  $Q$ 는  $\langle 0, 1, 1 \rangle$ 라고 하면  $L$ 과  $P$ 는 주어진다. 위에서  $t$ 를 구하는 식에 대입하면 다음과 같다.

$$t = \frac{(Q - L) \cdot N}{(P - L) \cdot N} = \frac{((0, 1, 1) - (L_x, L_y, L_z)) \cdot N}{((P_x, P_y, P_z) - (L_x, L_y, L_z)) \cdot N} = \frac{-L_x}{P_x - L_x}$$

이를 이용하여 교점을 계산하면 아래와 같다.

$$C = \begin{pmatrix} L_x + \frac{-L_x}{P_x - L_x}(P_x - L_x) \\ L_y + \frac{-L_x}{P_x - L_x}(P_y - L_y) \\ L_z + \frac{-L_x}{P_x - L_x}(P_z - L_z) \end{pmatrix}$$

위와는 반대로 점광원의 위치와 물체의 좌표를 알 때 바닥에 형성되는 그림자의 형태를 구할 수가 있다. 특정 방향에 존재하는 물체의 위치 좌표를  $C = (C_x, C_y, C_z)$ 라고 하자. 점광원이  $L = (L_x, L_y, L_z)$ 에 주어졌을 때 물체 좌표에 의해서 평면에 형성되는 그림자의 좌표  $P = (P_x, P_y, P_z)$ 를 다음 알고리즘을 통해서 구할 수 있다.

위의 알고리즘에 의해 얻어진 결과를 통해 그림자 형상제작 과정에 있어서 단일형상 제작과정과 가변형상 제작에 필요한 작업과정을 알아보기로 한다.

#### 1) 이미지 입력

그림자 형상에 필요한 이미지의 입력 데이터를 간단한 형태의 그림으로 변환하여 작업을 한다. 가변형상에 필요한 두 가지 그림을 BMP, jpg파일로 저장한다.

#### 2) 조명의 위치 값 입력

기존에 작업 방식에서는 조명을 설치한 후에 작업을 하였다. 따라서 설치의 가변성이 떨어졌으나 알고리즘을 통한 작업은 원하는 위치에 조명을 설정하여 그림자형상을 제작할 수 있다. 조명의 x, y, z 축으로 조명의 위치 값을 설정하여 입력한다.

#### 3) 이미지 분할 설정

피사체의 갯수와 간격, 높이와 밀접한 관련이 있다. 이미지의 분할이 많을 경우, 피사체의 높이는 낮아지고 수량은 많아지며 간격은 좁아지게 된다. 반면, 분할이 적을 경우는 높이는 높아지고 피사체의 수량은 적어지고 간격은 넓어지게 된다. 이처럼 이미지의 분할 설정으로 피사체의 높이 및 수량, 간격을 자유롭게 설정할 수가 있다.

#### 4) 완성 이미지 결과 저장

위의 과정을 통해 피사체의 조각 형태를 얻을 수가 있다. 완성된 그림을 일러스트레이터에서 작업하기 위해서는 자바스크립트 jsx 파일로 저장해야 한다. 이는 벡터 이미지로 일러스트레이터에서 불러들여 사이즈를 원하는 크기로 조절하기 위해서이다.

#### 5) 일러스트레이션

일러스트레이터 Scripts로 불러들인 파일은 원하는 사이즈로 확대, 축소하여 작업한다. 이미지는 Print Out을 하여 다양한 피사체 소재에 부착하여 커팅을 한 후 정해진 위치에 부착한다.

위와 같은 수작업 방법과 알고리즘을 과정을 통해서 다음과 같은 결과물을 얻을 수가 있었다. 전신중 작가의 그림자 조형 작품은 그림자를 만들기 위한 표현 소재가 얇은 선재 이용하여 대상을 표현하거나 종이나 포맥스 등 얇은 판재를 이용하여 표현하고자하는 대상을 그림자로 표현한다. 빛을 차단하는 판재는

원하는 그림을 만들어내기 위해 다양한 형태로 조각되어 그림자를 만들어 낸다. 선재와 같이 표현 소재가 가지고 있는 추상적인 형태만으로도 조형적인 형태를 지니고 있어 새로운 감흥을 준다. 기하학적인 형태에서 인물에 이르기까지 다양한 형태는 빛을 캐스트하여 그려낸다. 베토벤, 링컨 마블린 먼로 등 대중의 우상들을 빛과 그림자의 상호작용을 통하여 그림자의 조형적 표현을 ‘유희’라는 관점으로 바라보고 대중과 소통하고자 한다. 또한 그림자 조형을 통해서 새로운 예술분야에 관한 일반 대중들의 관심을 유고하고자 하였다. <그림 57>, <그림 58>, <그림 59>, <그림 60>, <그림 61>, <그림 62>, <그림 63>, <그림 64>, <그림 65>, <그림 66>, <그림 67>, <그림 68>, <그림 69>, <그림 70>, <그림 71>, <그림 72>, <그림 73>, <그림 74>, <그림 75>, <그림 76>, <그림 77>



〈그림 57〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2004  
- 그림자 가변형상 A -



〈그림 58〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2004  
- 그림자 가변형상 B -



〈그림 59〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2006  
- 그림자 가변형상 A -



〈그림 60〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2006  
- 그림자 가변형상 B -



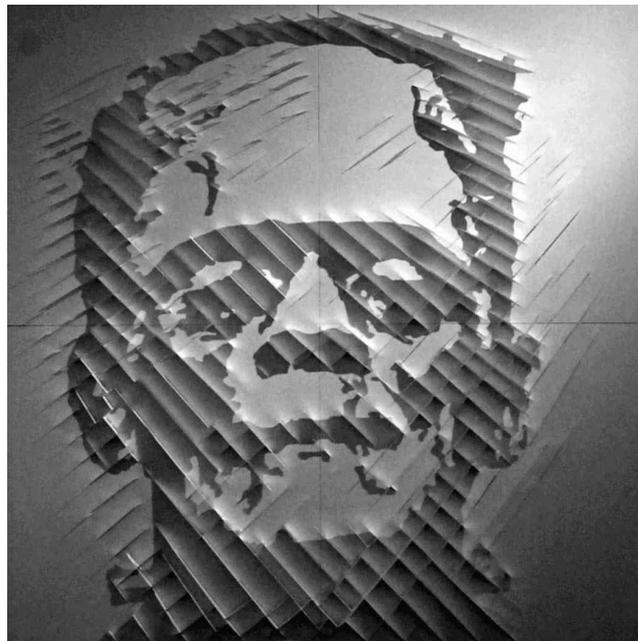
〈그림 61〉 전신중, 〈Shadow President〉 2008  
- 그림자 단일형상 -



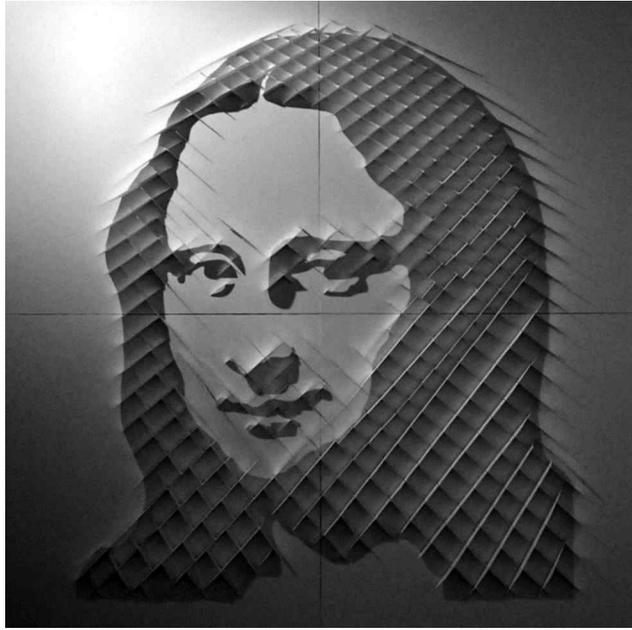
〈그림 62〉 전신중, 〈Shadow President〉 2008  
- 그림자 단일형상 -



〈그림 63〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2008  
- 그림자 가변형상 A -



〈그림 64〉 전신중, 〈Shadow Superstar〉 2008  
- 그림자 가변형상 B -



〈그림 65〉 전신중, 〈Shadow Mona Lisa〉 2008  
- 그림자 가변형상 A -



〈그림 66〉 전신중, 〈Shadow Mona Lisa〉 2008  
- 그림자 가변형상 B -



〈그림 67〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2016  
- 그림자 단일형상 -



〈그림 68〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2016  
- 그림자 단일형상 -



〈그림 69〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2016  
- 그림자 단일형상 -



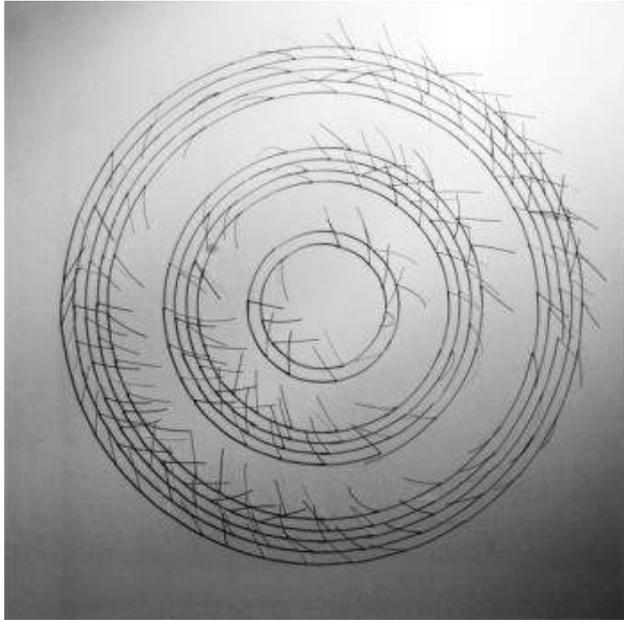
〈그림 70〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2016  
- 그림자 단일형상 -



〈그림 71〉 전신중, 〈Shadow Hexahedron〉 2010  
- 그림자 단일형상 -



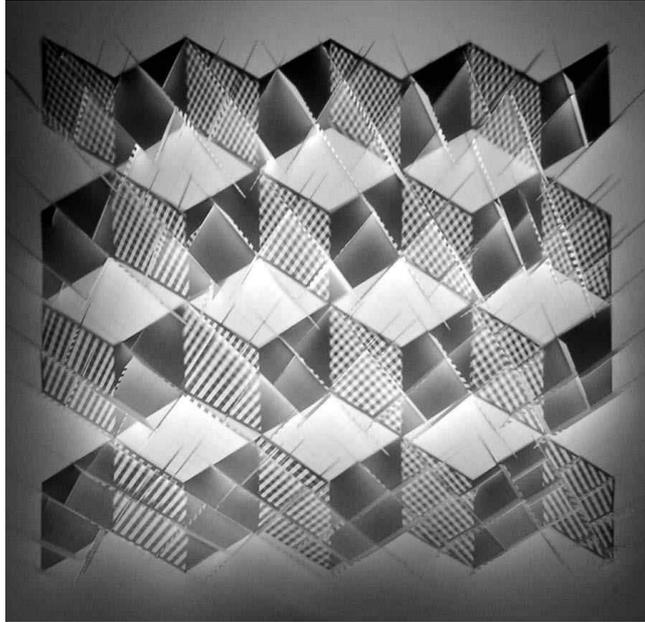
〈그림 72〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2012  
- 그림자 단일형상 -



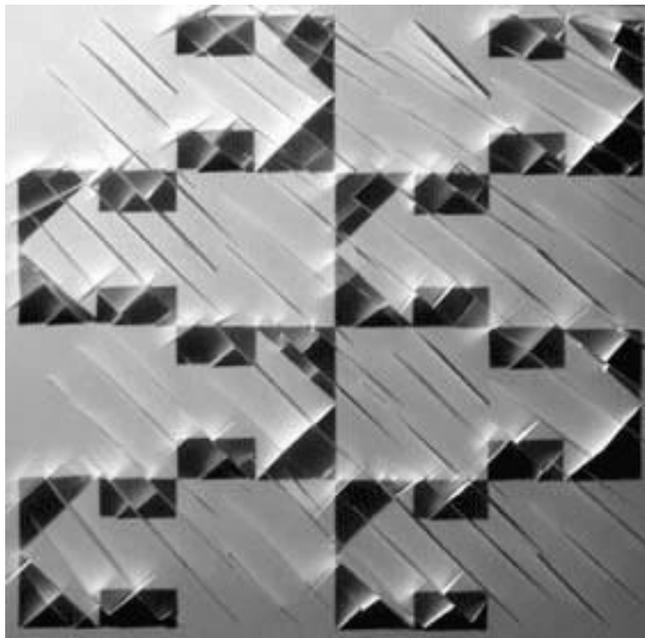
〈그림 73〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2013  
- 그림자 단일형상 -



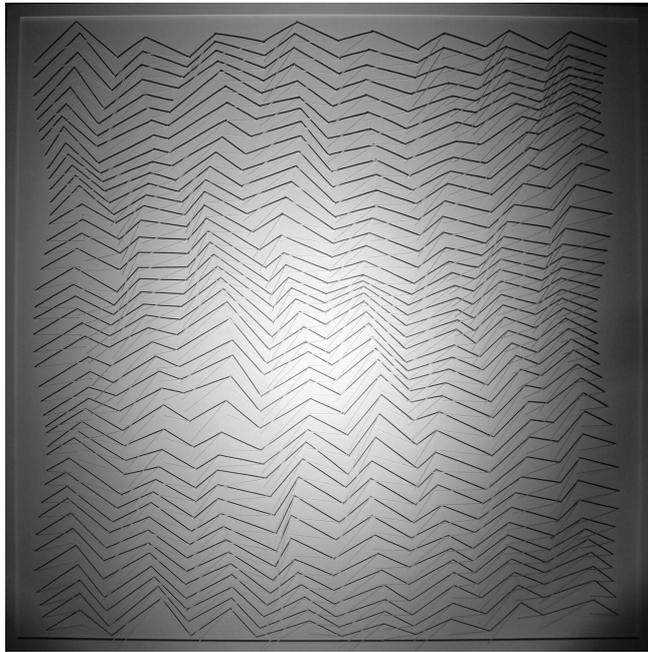
〈그림 74〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2012  
- 그림자 단일형상 -



〈그림 75〉 전신중, 〈Shadow Hexahedron〉 2006  
- 그림자 가변형상 -



〈그림 76〉 전신중, 〈Shadow Hexahedron〉 2006  
- 그림자 가변형상 -



〈그림 77〉 전신중, 〈Shadow drawing〉 2014  
- 그림자 단일형상 -

## IV. 거울반사에 의한 시각표현 기법 연구

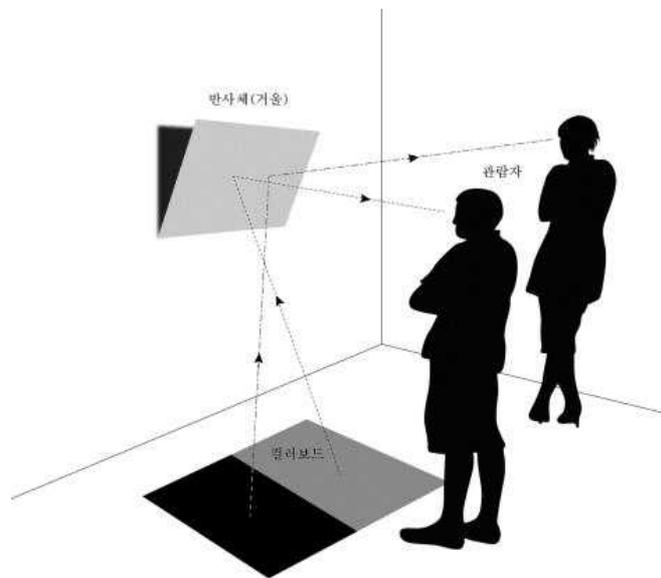
### 4.1 도트형 거울반사

#### 4.1.1 단일형상 제작 원리 및 알고리즘

본 장은 거울 작품 제작을 위해 사용된 반사 기법을 분석을 통해 쌓여진 경험적 데이터를 체계적으로 정리하여 거울의 예술적 활용 가능성을 검증 하고자 하는 것이다.

거울 반사 형상을 규합하는 과정 속에 수반되는 다양한 조형적 원리를 작품 제작 과정을 세 부적으로 분석, 연구하여 거울이라는 소재의 반사 특성을 활용한 다양한 단일형상 제작 가능성을 제시하고자 하는 것이다.

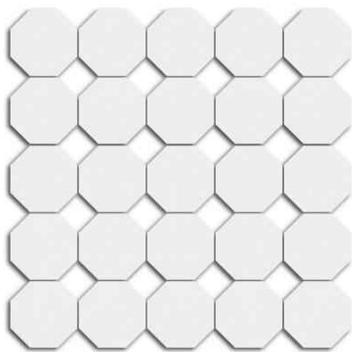
거울 시스템은 <그림 78>과 같이 보는 이의 눈의 위치(시선)에 따라 반사소스가 거울을 통해 특정 이미지가 재규합되어 보여 지는 원리이다.



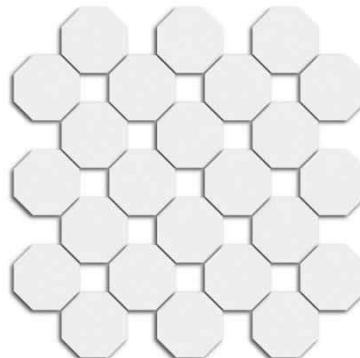
<그림 78> 단일, 가변형상 거울반사 구조

거울은 우리가 보여주기를 원하는 이미지의 해상도와 동일한 개수의 작은 조각 거울들로 구성되어 있으며 각 각의 작은 조각 거울들의 방향은 제작된 반사소스의 특정 부분에(픽셀) 향하도록 방향이 설정되어 있다. 조각 거울들의 방향 설정은 거울의 입사각과 반사각이 같다는 거울의 특성을 이용한 것이다. 제안된 거울시스템에서는 보여주고자 하는 이미지의 픽셀에 해당하는 색으로 각 각의 조각 거울의 색상을 결정하여 특정 그림을 모자이크 형태로 보여준다. 보여주고자 하는 이미지가 가로  $m$ , 세로  $n$ 개의 픽셀로 구성되었다면 거울시스템 역시 가로  $m$ 개, 세로  $n$ 개의 조각 거울들로 구성한다. 이 조각 거울들은 그림 4와 같이  $x$ 축과  $z$ 축을 따라 가로 세로로 배치된다. 반사소스의 수와 위치는 사용자의 선택에 따라 결정되며, 눈과 반사소스의 위치는 그림 4에서 보듯이  $y$ 축의 음의 좌표에 위치한다.<sup>32)</sup>

본 연구에서 다루고 있는 작품의 반사체는 일반적으로 거울을 의미하지만 거울의 재질은 재료에 따라 크게 유리 거울, 아크릴 거울, 스테인레스 거울, 플라스틱 등의 사출물에 니켈도료를 입히는 증착 거울 등이 대표적인 반사체라고 할 수 있다. 또한 유리 거울이나 아크릴 거울 등은 뒷면이 수은이나 이말감을 바르지만 플라스틱 사출 증착 거울은 표면에 니켈 도료를 도포 한다. 따라서 작품 제작 거울 반사 유닛에서는 어느 면에 거울 재질을 입히는가에 따라 반사각이 달라짐으로 거울 재료를 선택 할 때 고려해야 한다. 형상 제작에 필요한 반사 유닛의 형태는 4각형이 일반적이지만 그림의 밀도를 높이거나 거울 각도 제어를 위해 자유로운 방향 전환이 필요 할 때 원형을 사용하기도 한다. 따라서 작품 컨셉에 따라 3각, 6각, 8각형 등 다양한 형태의 거울 유닛을 선택할 필요가 있다.



〈그림 79〉 정방형 배열



〈그림 80〉 지그재그형 배열

32) 조 열, 전신중, 김선화, 최병수, 엄종석. (2014). "거울 반사각 제어에 의한 가변형상 제작 연구 2." 『기초조형학연구』, 15(2): 538.

반사 유닛의 배열은 크게 정방향과 수평 방향이 지그재그 형 두 가지이다. 정방 형 배치는 수평과 수직이 직선 배열이므로 주로 정사각형이나 정삼각형의 반사 유닛을 사용 할 때 주로 쓰는 배열이며 지그재그 형 배열은 정원이나 정육각형의 반사 유닛을 사용 할 때 주로 사용하는 배열이다.

가변 형상을 제작하기 위해서는 반사 유닛을 중심으로 하는 패넬과 거울에 비춰지는 파렛트 형식의 반사소스가 필요하다. 반사 소스는 가변 형상 제작에 색상을 제공 할 뿐 만 아니라 그 구성에 따라 형태 자체를 변화시키는 중요한 구성 요소이다.

보는 시점을 일정한 위치로 고정시키고 피 반사체 즉, 반사 소스의 위치를 색상 별로 특정한 위치에 배치하면 보는 시점에 따라 색상을 바꿀 수도 있고 형태를 변화시킬 수 있다. 즉, 반사 소스는 그림을 그릴 때와 마찬가지로 파렛트 같은 역할을 하기 때문에 반사 소스를 어떻게 배열하는가에 따라 관람객에게 보여주는 이미지 형태와 색상, 보이는 순서가 정해지는 중요한 요소이다. 반사 소스의 구성은 가변 형상을 제작하는데 있어서 가장 중요한 요소 중 하나이다. 반사 소스의 구성을 어떻게 하는가에 따라 작품의 색상과 형태의 변화를 줄 수 있으며, 또한 애니메이션 효과도 만들어 낼 수 있다.

거울 시스템으로 형상을 만들기 위해서는 제한된 반사소스의 수로 표현해야하기 때문에 원본 그림의 색상<sup>33)</sup>을 제작자가 필요로 하는 최소의 색 수로 줄여야 한다. 즉, 본 연구의 프로세스는 수만의 색 수를 갖은 남대문의 이미지를 제작자가 원하는 색 수로 변경하여 표현하는 알고리즘에 의한 프로세스라 할 수 있다. 이를 위해 본 연구에서는 두 개의 알고리즘을 제시하고자한다.

〈그림 81〉은 색 수가 단순화된 남대문의 jpg 그림파일이다. 원본의 그림은 가로픽셀 100, 세로 픽셀 83이고 포함된 색의 수는 3213개이다. 빈도를 중심으로 상위 10개를 표시했을 때 〈그림 82〉와 같다.

3213 개의 색상을 특정 반사소스에 모두 배치할 수 없기 때문에 색상의 단순화는 색상의 개수를 줄이기 위한 방법이 되고, 이를 위해 색상을 축소하기 위한 방법이 필요하다.<sup>34)</sup>

33) 원본 그림의 색상이란, 예를 들어 남대문이미지이라면 남대문의 실사사진이 갖고 있는 수만의 색상을 의미한다.

34) 조 열, 전신중, 김선화, 최병수, 엄종석. (2014). "거울 반사각 제어에 의한 가변형상 제작 연구 2." 『기초조형학연구』, 15(2): 539.



〈그림 81〉 남대문 이미지

순서	R	G	B	빈도
1	152	219	248	1887
2	233	234	220	637
3	153	219	249	119
4	234	236	222	50
5	86	98	139	36
6	33	67	56	34
7	155	220	251	33
8	234	235	221	31
9	157	221	254	28
10	150	218	246	33

〈그림 82〉 남대문 이미지의 RGB 빈도수

영상의  $i$ 번째 행과  $j$ 번째 열에 있는 픽셀의 색상을  $I_{ij}$ 라고 하자. 여기서 색상  $I_{ij}$ 는 RGB로 구성된 벡터이다. 색상의 개수를  $C$ 개로 축소하여 축소된 색상들의 집합을  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_C\}$ 라고 하자. 그러면 색상  $I_{ij}$ 를 집합  $A$ 의 색상에 할당하는 식은 다음과 같다.  $S(I_{ij}, A) = \operatorname{argmin}\{d(I_{ij}, a_k) \mid k = 1, \dots, C\}$ ,  
 $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$  식1

여기서  $I_{ij}, a_k$ 는 RGB 색을 나타내는  $3 \times 1$  벡터이고,  $m$ 은 가로 픽셀의 수,  $n$ 은 세로 픽셀의 수,  $C$ 는 선택된 색의 개수 또는 군집 수이며,  $d(r, s)$ 는 유클리디안 거리(Euclidean Distance)를 나타낸다.

### 1) 알고리즘 1. 색상의 축소

꼭 필요한 색을 지정 하도록 하기 위해 사용자가 색상을 선택하도록 하는 알고리즘이다.

- ① 영상을 구성하는 전체  $mn$ 개의 픽셀로부터 색상의 발생 빈도에 따라 정렬한다.
- ② 사용자는 발생 빈도의 수를 참고하여 사용할 색을 선택하며 이 때 선택된 색상의 개수를  $K$ 라 하자.
- ③ 식 1을 이용하여  $mn$ 개의 픽셀의 색을 선택된 색중에서 제일 가까운 색으로 정한다.

색상 축소 알고리즘을 이용하여 1, 3, 5, 6, 7번 색을 선택했다면 그림 6과 같은 결과를 얻게 된다. 알고리즘 1은 사용자의 색상 선택에 따라 거울에 나타나는 영상의 색상이 많이 의존하게 되므로 사용자의 색상에 대한 감각을 필요로 한다.

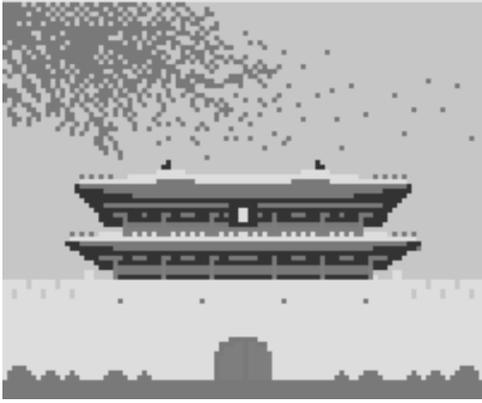


〈그림 83〉 선택된 색으로 표현된 남대문

이에 반해 사용자는 사용할 색상의 개수  $K$ 만을 정하고  $K$ -평균 군집 분석 ( $K$ -means clustering) 알고리즘을 적용하여 색상을 추출할 수 있다.

## 2) 알고리즘 2. 색상의 추출

- ① 전체  $mn$ 개의 픽셀 중에서  $K$ 개의 픽셀을 임의로 선정하여 군집의 중심으로 한다.
- ② 픽셀이 더 이상 군집(cluster)의 이동이 없을 때까지 3, 4를 반복 한다 .
- ③ 식 1을 이용하여 각 픽셀의 군집(cluster)을 정한다. 여기서  $A$ 는 임의로 선정한  $K$ 개의 픽셀이 갖는  $K$ 개의 색상으로 구성된 집합이다.
- ④ 3에서 결정된 군집(cluster)으로부터 군집의 중심을 계산한다.  
더 이상 군집을 이동하는 픽셀이 없을 경우 각 군집의 평균값이 축소된 색상이 되면 각 각의 픽셀은 소속 군집의 평균값으로 대체된다.



〈그림 84〉 추출된 색으로 표현된 남대문

순서	R	G	B
1	223	91	54
2	223	223	208
3	148	216	242
4	63	147	143
5	29	64	46

〈그림 85〉 추출된 색상 값

〈그림 85〉는 색 추출을 위한 알고리즘으로 선택된 색이고, 〈그림 84〉는 그 결과이다. 이 두 알고리즘은 색상을 줄이는 효율적인 방법이다. 기존의 제작자가 수작업으로 했던 방법에 비한다면 획기적인 과정이 될 수 있다.

첫 번째 알고리즘인 색상 축소 알고리즘은 원본 그림에 있는 색상을 그대로 사용하는 장점이 있지만, 선택과정에서 적은 빈도를 갖는 색상이 무시될 수 있다. 두 번째 알고리즘인 색상 추출 알고리즘은 K-평균 군집 분석 알고리즘의 특성상 색상간의 최대 분리가 이루어지기 때문에 보다 선명한 그림을 만들어 주지만 가공된 색상을 만들어 주기 때문에 색 번짐 효과가 나타는 경우도 있다.<sup>35)</sup>

색상의 수가 결정되면 결정된 숫자만큼의 색상을 갖는 반사소스를 제작한다. 눈과 제작한 반사소스의 위치가 주어졌을 때 특정 영상을 거울시스템에 나타내기 위하여 조각 거울의 각도를 계산하는 알고리즘이 필요하다. 거울시스템에서 전체 거울은 mn개의 조각 거울들로 구성되었으며, 전체 거울의 i번째 행과 j번째 열에 있는 조각 거울의 극좌표 상에서 xy평면에서의 각도를  $\theta_{ij}$ , yz평면에서의 각도를  $\phi_{ij}$ 라고 하자.<sup>36)</sup>

### 1) 알고리즘 3. 거울의 각도 계산

- ① (i,j)위치의 조각 거울에서 눈으로의 단위벡터를  $U_{ij}$ , (i,j)위치의 조각 거울에서 그 조각 거울에 나타내고자 하는 색상이 있는 반사소스의 위치로의 단위벡터를

35) 조 열, 전신중, 김선화, 최병수, 엄종석. (2014). "거울 반사각 제어에 의한 가변형상 제작 연구 2." 『기초조형학연구』, 15(2): 540.

36) 상계서, p.540.

$V_{ij}$ 라 하면, 두 벡터의 합벡터인  $N_{ij} = U_{ij} + V_{ij}$ 가 (i,j)위치의 조각 거울의 방향을 나타내는 법선벡터가 된다.<sup>37)</sup>

- ② 법선벡터  $N_{ij}$ 의  $x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}$  성분으로부터 극좌표 시스템 상에서  $N_{ij}$ 의  $\theta_{ij}$ 와  $\phi_{ij}$ 를 구한다.

$$\theta_{ij} = \tan^{-1} \frac{y_{ij}}{x_{ij}}, \quad \phi_{ij} = \tan^{-1} \frac{z_{ij}}{\sqrt{(x_{ij}^2 + y_{ij}^2)}}$$

- ③ 법선 벡터의  $N_{ij}$ 의 각도  $\theta_{ij}$ 와  $\phi_{ij}$ 를 거울시스템 좌표축에서 (i,j)위치의 조각 거울의 각도  $\Theta_{ij}$ 와  $\Phi_{ij}$ 로 변환한다.

$$\Theta_{ij} = \theta_{ij} + \frac{\pi}{2}, \quad \Phi_{ij} = \phi_{ij} + \frac{\pi}{2}$$

#### 4.1.2 가변형상 제작 원리 및 알고리즘

거울은 재료의 특성상 직접적인 색채를 갖고 있지는 않지만 주변의 색채를 반사시켜 색상이나 이미지를 표현하는 특징이 있다. 따라서 거울의 반사각을 필요한 색상이나 이미지를 향하도록 방향을 조절하여 형상 제작에 필요한 색상을 거울에 담고 이 거울들을 색상별로 그룹핑 함으로써 원하는 형상을 표현 할 수 있다.<그림 86> 그러나 거울에 반사된 색상이나 이미지는 피 반사체의 조건이 바뀌면 함께 바뀐다. 그래서 거울에 비춰진 이미지는 빛의 그림자처럼 허상(虛像)이라고 할 수 있다. 이 허상을 이용하면 가변 형상 즉, 변화하는 이미지를 얻을 수 있다는 가설을 세우고 여러 가지 실험을 하였다.

눈의 위치의 변동 변화에 따라 반사소스의 위치를 바꾸기 위해서, 눈의 위치와 거울의 각도가 정해졌을 때 반사소스의 좌표를 계산하는 알고리즘이 필요하다.

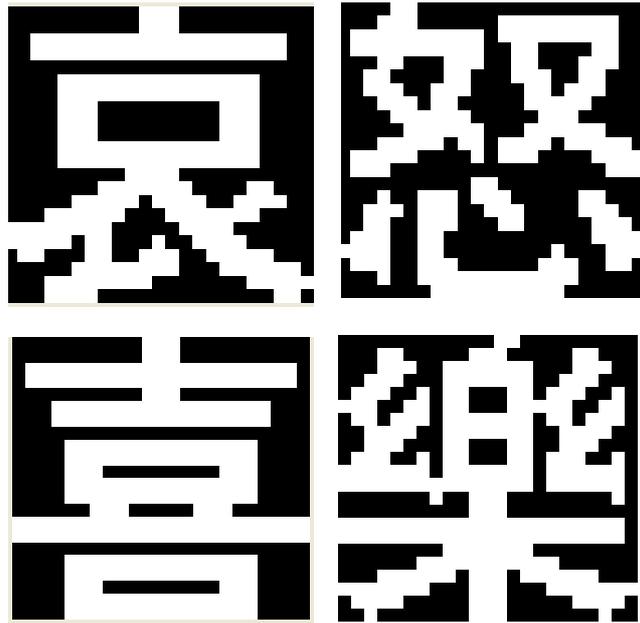
##### 1) 알고리즘 1. 반사소스의 위치 계산 알고리즘

- ① 거울과 눈의 단위벡터  $U_1$ 를 계산한다.
- ② 거울의 법선벡터  $U_3$ 를 중심으로  $U_1$ 의 대칭벡터  $U_2$ 를 계산한다.
- ③ 대칭벡터  $U_2$ 와 xy평면이 만나는 교점을 계산한다.

---

37) 상계서, p.540.

〈그림 86〉과 같은 흑백으로 되어있는 글자 ‘희노애락(喜怒哀樂)’을 눈의 위치가 바뀔에 따라서 가변형상으로 제작하는 방법과 과정을 고려해 보자.



〈그림 86〉 가변형상을 위한 ‘희노애락(喜怒哀樂)’ 이미지

4개의 글자는 각각 두 개의 색으로 되어있으므로  $2^4 = 16$ 가지의 반사소스가 필요하고, 앞 절에서처럼 2진수 체계를 이용하여 4개의 그림을 수식으로 표현한다면  $x = 2^3a + 2^2b + 2c + d$  식3)이고, 여기서  $a, b, c, d$ 는 0과 1의 값을 갖는다. 16개의 반사소스를 일렬로 배열한다면 그림 22와 같은 배열을 고려할 수 있다. 눈의 위치가 변함에 따라 알고리즘 3을 이용하여 해당 반사소스의 위치를 변경하면 된다.<sup>38)</sup>

38) 상계서, p.542.

	A	B	C	D
	樂	哀	怒	喜
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

〈그림 87〉 가변형상 제작에 필요한 반사소스 배열표

	A	B	C	D
	樂	哀	怒	喜
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
9	1	0	0	1
8	1	0	0	0
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
13	1	1	0	1
12	1	1	0	0
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

〈그림 88〉 변형된 반사소스 배열표

〈그림 88〉과 같은 방법으로 반사소스 배열 순서를 바꾸어도 같은 결과를 얻을 수 있고 이를 이용하여 반사소스에 대한 다양한 도형적인 형태를 만들 수도 있다. 만일 반사소스의 위치를 먼저 결정했다면 이에 대응되는 눈의 위치를 계산하는 알고리즘이 필요하다.<sup>39)</sup>

## 2) 알고리즘 2. 눈의 위치 계산 알고리즘

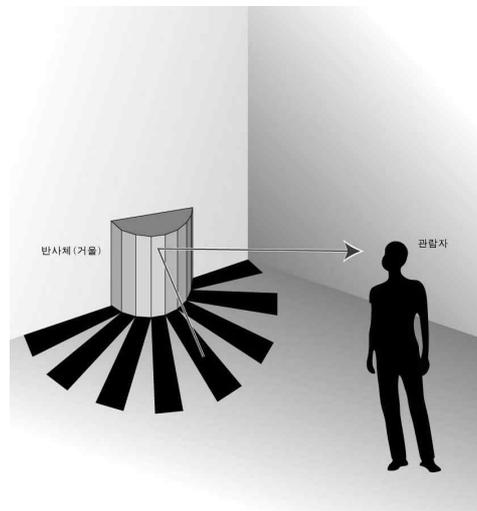
- ① 거울과 반사소스의 단위벡터  $U_2$ 를 계산한다.
- ② 거울의 법선벡터  $U_3$ 를 중심으로  $U_2$ 의 대칭벡터  $U_1$ 를 계산한다.
- ③ 주어진  $z$ 에 대하여, 대칭벡터  $U_1$ 으로부터  $x$ 와  $y$ 을 계산한다.

39) 상계서, p.543.

## 4.2 각기동형 거울반사

### 4.2.1 단일형상 제작 원리

거울은 특성상 고유의 색채와 이미지를 가지고 있지 않다. 하지만 주변의 환경에 의해 다양한 형상으로의 변화를 시도한다. 또한, 사용자와 화면의 투사면 각도에 따라 숨겨진 새로운 이미지를 표현함으로써 유익적인 효과를 만들어 낼 수 있다. 아래의 그림은 거울의 특성을 활용한 거울반사 단일형상 채집 원리 구조이다. 다각형 구조의 거울을 정해진 위치에 설치한다. 거울의 반사각과 반사범위 안에 반사소스를 설치하여 흩어진 반사소스 이미지를 다각형 거울 안에 재 집합시킴으로써 새로운 이미지를 만들어 내는 아나모르프즈 구조이다.<sup>40)</sup>



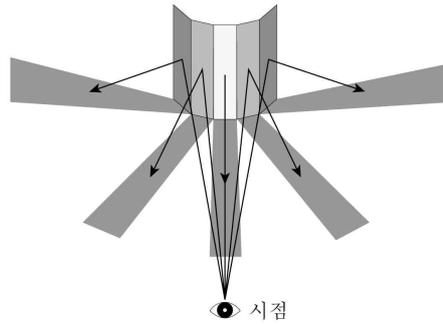
〈그림 89〉 단일형상 채집 원리

단일형상 반사소스의 이미지를 하나로 모아 주는 반사체는 각주 형 거울이며 거울의 재질은 크게 유리 거울과 아크릴 거울, 스테인레스 거울 등이 있다. 본 연구에서 형상 제작에 사용하는 거울은 아크릴 거울을 사용하며, 반사 유닛은 직사각형의 길쭉한 아크릴 거울을 24각 컵 모양의 각주에 부착하여 사용한다.<sup>41)</sup> 〈그림 89〉은 반사체로 사용되는 컵이다.

40) 전신중, 조 열, 최병수. (2015). "아나모르프즈 형식의 거울 반사 원리 연구." 『기초조형학연구』, 16(4): 513-514.

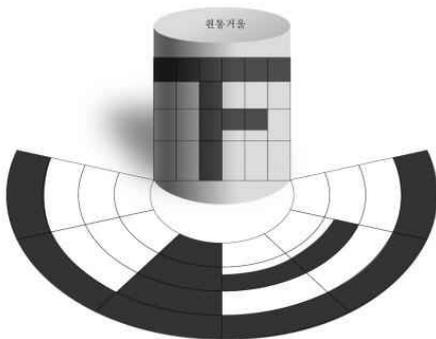
41) 상계서, p.514.

시점은 입사각을 결정하는 중요한 요소이다. 이 시점에 따라서 거울의 반사각뿐만 아니라, 반사소스의 펼쳐지는 길이와 각도 위치에도 영향을 받을 수 있다. <그림 90>은 형상 채집에 필요한 반사소스의 분할 배치 도면이다.



<그림 90> 반사 소스의 분할 배치도

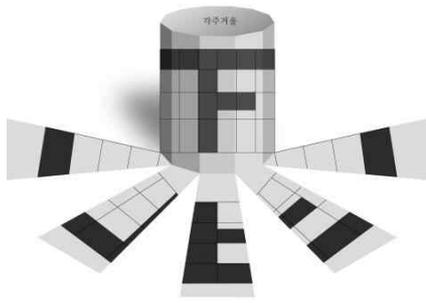
반사소스에 의한 단일형상을 만들기 위해서는 거울의 반사각도와 거울에 비춰지는 반사소스가 필요하다. 반사소스는 단일형상 제작에 필요한 이미지 및 색상을 제공하며, 화면 구성에 따라 이미지 자체를 변화시키는 중요한 요소이다.



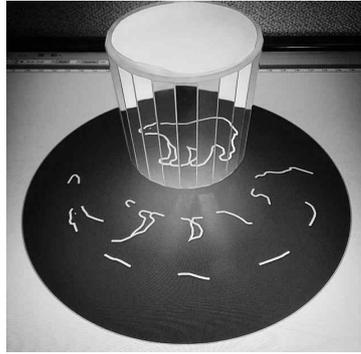
<그림 91> 원주형 반사원리



<그림 92> 장 프랑수아 니세롱,  
< 루이13세의 초상> 1635



〈그림 93〉 각주형 반사원리



〈그림 94〉 각주형 실험 작품

〈그림 91〉과 〈그림 93〉은 반사왜상이라는 원리는 같지만 원주와 각주의 형태에 따라 반사소스에서 얻어지는 결과물은 다르게 나타난다. 원주의 반사소스 A는 A'로 인지되지만 각주의 반사소스 A는 B로 인지된다. 〈그림 9〉는 니세롱의 그림으로 〈그림 91〉과 같은 반사왜상으로 표현된 아나모르프즈 작품이다. 〈그림 94〉는 단일 형상의 반사소스 설계를 〈그림 93〉 통해 만들어진 실험 작품 예시이다. 아래의 그림은 반사소스 설계에 의해 만들어진 반사 소스의 예이다. 〈그림 95~96〉과 같이 반사광 착지점(着地点)의 윤곽선과 윤곽선 사이에 반사각에 의한 공간이 생긴다. 이 공간을 활용하여 각주에 비춰지는 형상을 짐작 할 수 없도록 다른 형태로 채워 넣어 유희성을 고조시킨 곰, 팬더, 코끼리, 가젤의 반사소스이다.<sup>42)</sup>



〈그림 95〉 곰 반사 소스



〈그림 96〉 코끼리 반사 소스

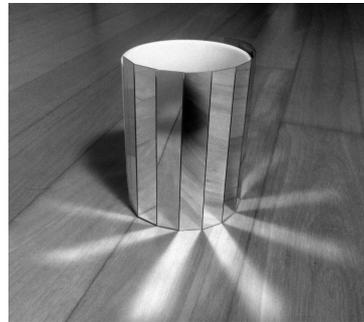
42) 상계서, p.515.

#### 4.2.2 가변형상 제작 원리 및 알고리즘

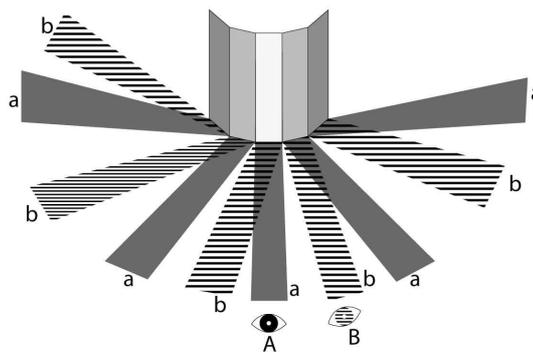
가변 형상 채집 원리는 단일형상 채집 원리에서 착안하여 각주(角柱)형식의 가변형상 제작 방법을 고안하였다. <그림 97>과 <그림 98>은 A시점과 B시점의 반사광착지점(着地点) 변화의 실제 모습이다. <그림 99>는 반사광 착지점(着地点)을 도면화한 그림이다. 윤곽선a와 윤곽선 a사이에는 b라는 공간이 생긴다. 따라서 A라는 시점과 b라는 공간에 각기 다른 그림을 그려 넣으면 서로 다른 이미지의 반사왜상 형상을 얻을 수 있다. 실험을 통하여 윤곽선과 윤곽선 사이의 폭은 시점(視點)과 거리에 밀접한 관계가 있다. 시점이 멀수록 반사광의 길이가 길어짐과 동시에 윤곽선 사이의 폭도 넓어짐을 알 수 있었다. 따라서 윤곽선a와 a의 폭은 시점의 거리에 비례하므로 2개가 아닌 2개, 3개, 4개, 등 여러 개의 가변 형상을 만들 수가 있다.<sup>43)</sup>



<그림 97> A시점 반사광 착지점



<그림 98> B시점 반사광 착지점

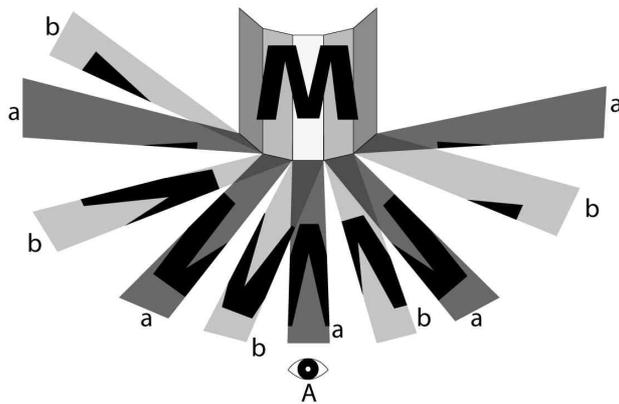


<그림 99> 가변 형상 채집 원리

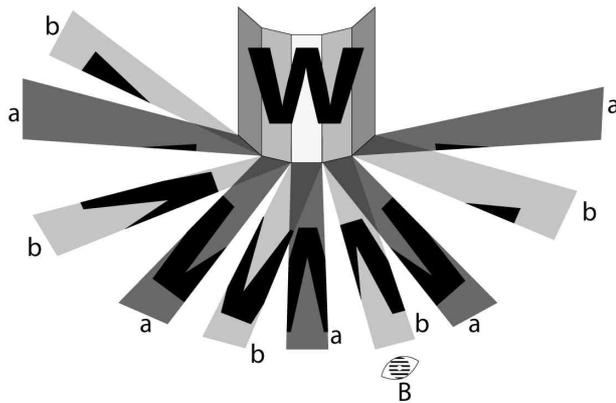
43) 전신중, 조 열, 최병수. (2016). "디지털 알고리즘을 이용한 각기둥 거울 반사 원리 연구." 『기초조형학연구』, 17(1): 541.

가변 형상을 위한 반사소스 설계는 단일 형상 반사소스 설계와 같은 원리이다. 거울의 반사각과 거울에 비춰지는 반사소스가 중요하며, 반사소스는 가변형상 제작에 필요한 이미지와 및 색상을 제공한다. 그러나 단일형상과는 달리 가변형상은 시점의 변화로 인해 두 개의 이미지가 순차적으로 바뀌는 구조이다. 이는 화면 구성에 따라서 형상 자체를 차례로 변화시키는 중요한 요소이다.

아래의 <그림 100>과 <그림 101>은 시점이 A일 경우 영문 'M'과 시점이 B일 경우 'W'로 바뀌는 가변형상을 원리 도면이다.

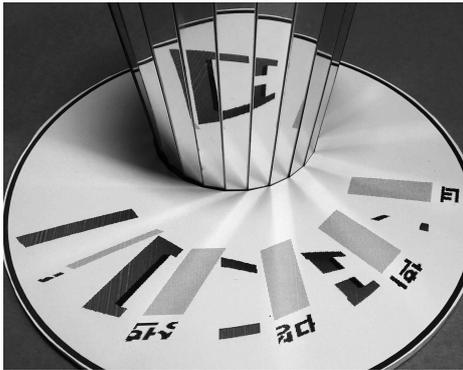


<그림 100> 가변 형상 반사소스 A



<그림 101> 가변 형상 반사소스 B

아래의 <그림 102>와 <그림 103>은 각주(角柱) 형태의 거울에 필요한 이미지의 반사판 형상을 규합하여 이미지를 완성하는 방법이다. 위의 원리를 통해 반사소스 제어에 의한 가변형상을 실험과 작품 제작을 통하여 검증하였다. 각주 형의 반사각 모양은 컵의 형태로 적용하여 제작하였다. 아래의 그림은 실험을 통해 제작된 시점의 변화에 따른 반사소스와 가변형상 작품의 예이다.

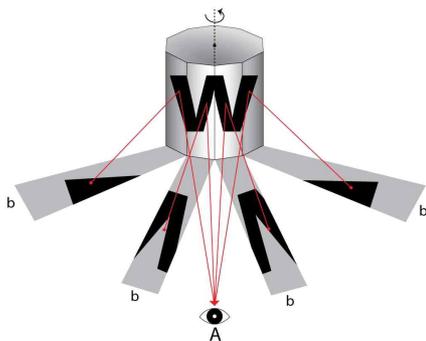


<그림 102> 가변형상 실험 작품 예시 A

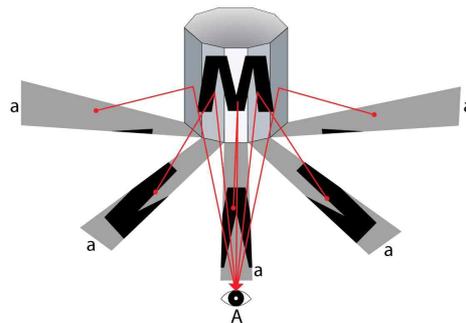


<그림 103> 가변형상 실험 작품 예시 B

위의 그림은 고정된 시점에서 각기둥 회전에 따른 가변 형상 원리에 대한 도면이다. 고정된 시점에서 각기둥을 회전시킬 경우와 고정된 각기둥에서 시점의 이동에 따른 반사각이 다른 점을 발견할 수 있었다. 각기둥을 회전시킬 경우는 일정한 간격의 각을 가지고 있는 반면 시점의 이동은 불규칙한 각을 이루고 있다.<sup>44)</sup>



<그림 104> 각기둥의 회전에 의한 가변 원리



<그림 105> 각기둥의 회전에 의한 가변 원리

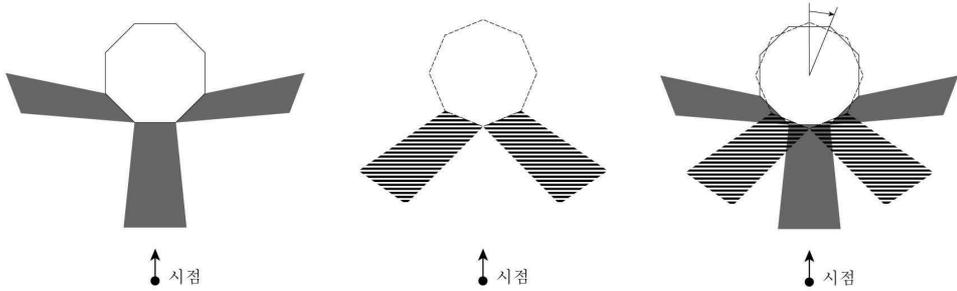
44) 전신중, 조 열, 최병수. (2016). "디지털 알고리즘을 이용한 각기둥 거울 반사 원리 연구." 『기초조형학연구』, 17(1): 541.

아래의 그림은  $n$ 각에 따른 각기둥의 반사각이다.

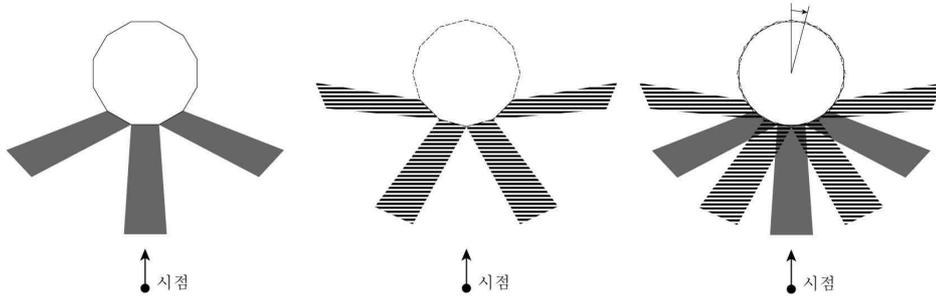
시점을  $(0, -50, 50)$ 에 두고 각기둥을 회전했을 때 나타나는 그림을 가지고 각기둥에서 가변형상의 가능성을 타진할 수 있다. 여기서 회전각은 각기둥이  $n$ 각기둥일 때,

$\theta = \frac{360}{2n}$ 이다. <그림 106>~<그림 109>는 8각, 12각, 16각 24각, 각기둥을 회전

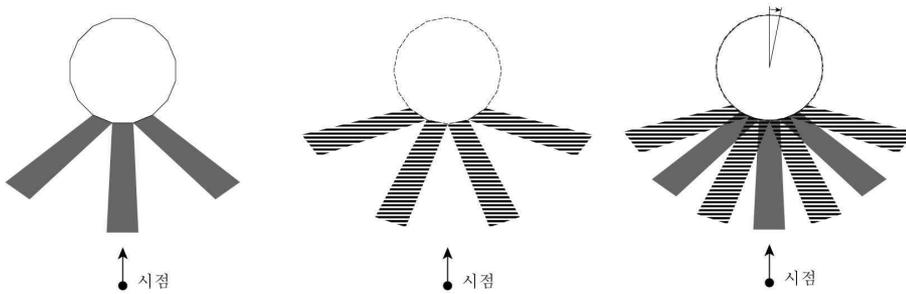
시켰을 때 나타나는 그림이다. 빨간색 영역과 파란색 영역에 두 개의 그림을 배치하면 한 개의 시점에서 각기둥을 회전시킴에 의해 가변형상을 얻을 수 있다.<sup>45)</sup>



<그림 106> 8각에서 각기둥 회전

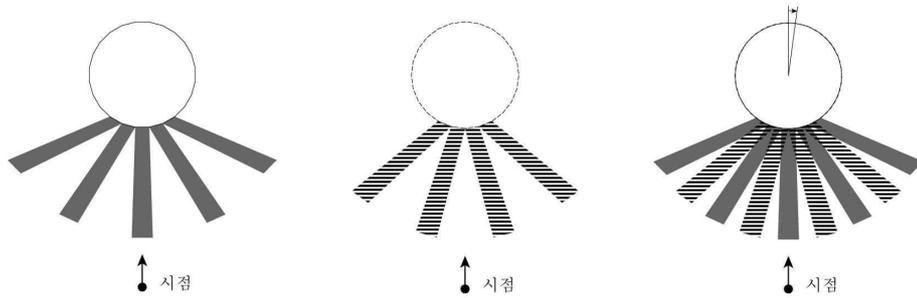


<그림 107> 12각에서 각기둥 회전



<그림 108> 16각에서 각기둥 회전

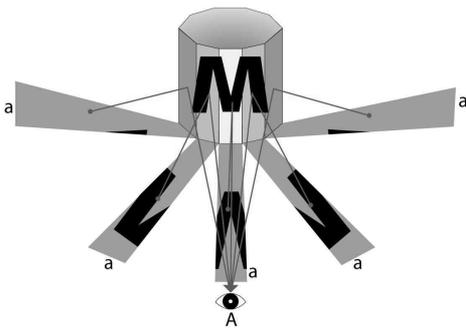
45) 상계서, p.541-542.



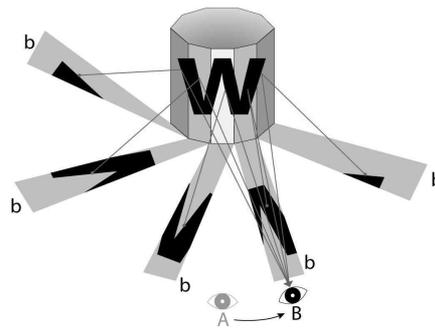
〈그림 109〉 24각에서 각기둥 회전

각기둥 회전을 통한 가변 형상은 커피 잔, 머그 잔, 꽃 병 등과 같이 손으로 움직일 수 있는 작은 형태의 생활 용품에 적합하다. 반면 대형 조형물을 활용한 가변 형상 작품에는 각기둥 회전을 통한 가변 형상은 제작상의 어려움이 있다.

위의 그림은 고정된 각기둥에서 시점 변화에 따른 가변 형상 원리에 대한 도면이다. 각기둥을 그대로 두고 시점을 변화시키는 과정은 각기둥을 회전시키는 방법보다 좀 더 많은 시행착오를 하게 된다. 각기둥의 종류에 따라 변화하는 시점의 위치가 달라지기 때문이다.<sup>46)</sup>



〈그림 110〉 시점 변화에 의한 가변 원리 A

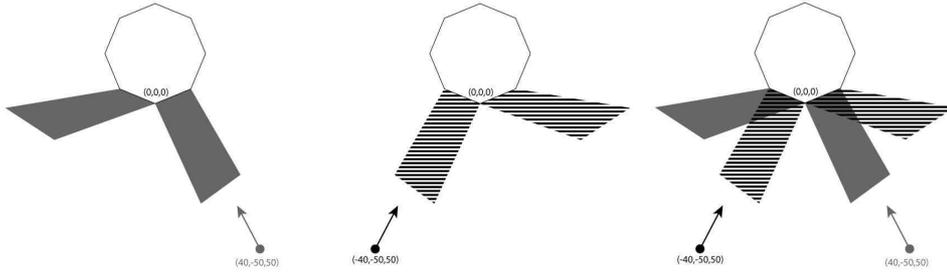


〈그림 111〉 시점 변화에 의한 가변 원리 B

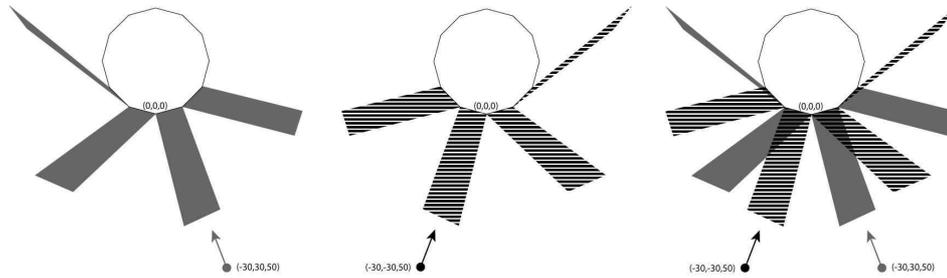
각기둥의 종류에 따라서 변화하는 시점의 위치가 달라지기 때문이다. 〈그림 112〉~〈그림 115〉는 8각, 12각, 16각 각기둥에 대해 시점을 변화시켰을 때 나타나

46) 상계서, p.542.

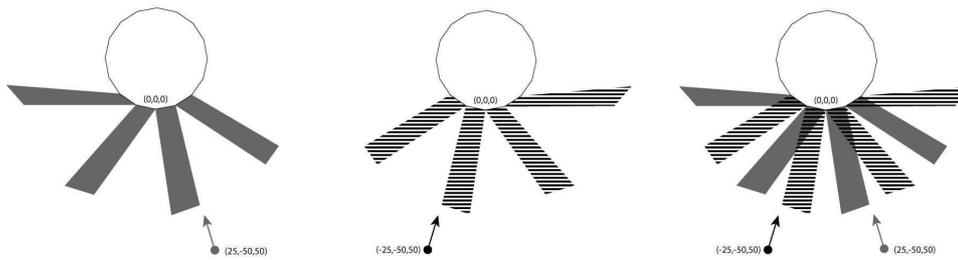
는 그림이다. 두 그림이 최대한 분리될 수 있는 시점을 찾는 것은 또 다른 문제가 될 수 있다. 아래의 그림은 n각에 따른 각기둥의 반사각이다.<sup>47)</sup>



〈그림 112〉 8각에서 시점을  $(-40, -50, 50)$ 에서  $(40, -50, 50)$ 으로 옮겼을 때

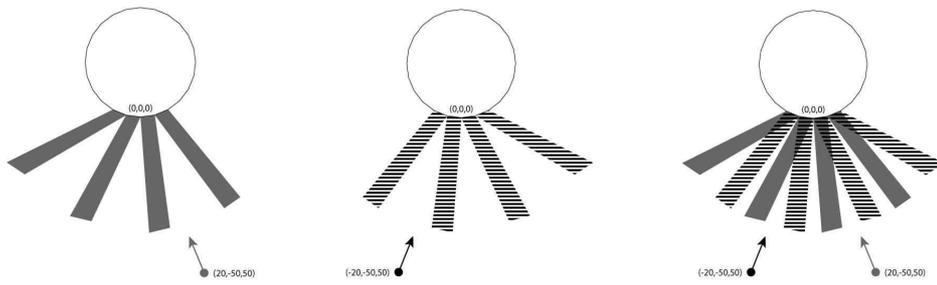


〈그림 113〉 12각에서 시점을  $(-30, -5, 50)$ 에서  $(30, -5, 50)$ 으로 옮겼을 때



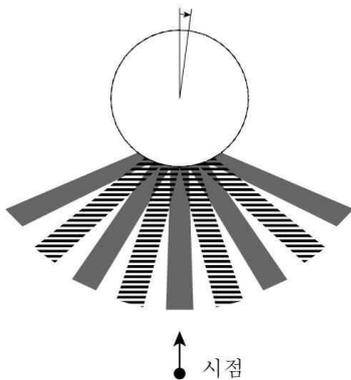
〈그림 114〉 16각에서 시점을  $(-25, -50, 50)$ 에서  $(25, -50, 50)$ 으로 옮겼을 때

47) 상계서, p.542.

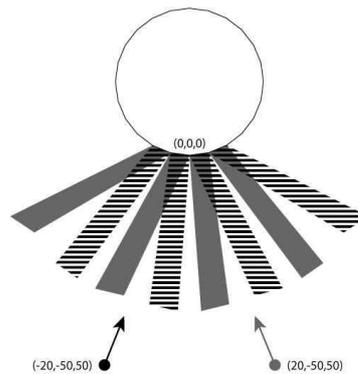


〈그림 115〉 24각에서 시점을 (-20,-50,0)에서 (20, -50, 50)으로 변할 때

각기둥 반사 원리를 이해하기 위해서는 아래 그림과 같이 각기둥, 화면, 시점, 반사 소스를 고려해야 한다. 시점은 고정될 수도 있고 이동될 수도 있다. 24각 각기둥을 고려했을 때 시점이 고정되었을 때 나타나는 형태는 〈그림 116〉과 같고, 시점이 이동했을 때는 〈그림 117〉과 같은 형태가 나타나는 것을 앞장에서 살펴보았다.



〈그림 116〉 24각에서 각기둥 회전



〈그림 117〉 24각에서 시점을(-20,-50, 50)에서 (20, -50, 50)으로 변할 때

화면을 계산하기 위해서는 가상적으로 설치가 되어야 하고, 또한, 시점과 각기둥 사이와 뒤에 둘 수도 있다. 화면을 시점에 가깝게 둘 경우, 각기둥에 맺히는 상은 크게, 각기둥 뒤에 둘 경우, 상은 작게 계산될 것이다. 가능하다면 각기둥에 가깝게 두는 것이 좋다. 계산을 위한 알고리즘의 첫 과정은 시점에서 화면에 있는 형상이 각기둥에 맺혀지는 좌표를 구해야 한다.

눈의 좌표  $E=(x_e, y_e, z_e)$ 라 하자. 화면 좌표를  $S=(x_s, y_s, z_s)$ 라 하면 두 점을 지나는 직선은  $L(t)=Mt+N=(S-E)t-E, t \in R$  로 표현할 수 있다.

이 직선과 각기둥의 한 면이 만나는 점을 구한다. 각기둥의 특정 면은  $x$ 축에 대하여  $\theta$ ,  $z$ 축에 대하여  $\phi$ 만큼 기울어져 있는 평면이라 할 때

평면  $P: Ax + By + Cz + D = 0$  이고,  $\sin\theta = \frac{-A}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}$  이다.

여기서,  $A^2 + B^2 + C^2 = 1$  이라고 하면, 회전된 각기둥 평면은

$P: -\sin\theta x + \cos\theta \cos\phi y + \cos\theta \sin\phi z + D = 0$  가 된다.

직선  $L(t)$ 와 평면  $P$ 가 만나는 점  $K$ 는  $t = -\frac{AN_x + BN_y + CN_z + D}{AM_x + BM_y + CM_z}$  일 때이며,

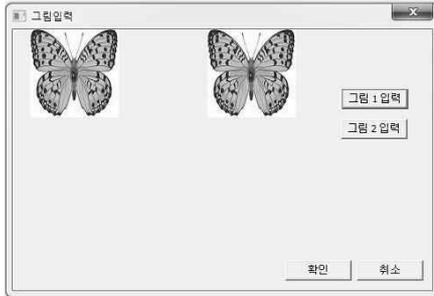
$K = (M_x t + N_x, M_y t + N_y, M_z t + N_z)$ 이다. 두 번째 단계는 눈의 좌표  $E$ 와 각기둥의 평면  $P$ , 평면  $P$ 위의 점  $K$ 에 대하여  $\overrightarrow{EK}$ 가 평면  $P$ 와 이루는 각도로부터 반사벡터를 구하여 이 반사벡터가  $z$ 가 0인 평면과 만나는  $x$ 와  $y$ 좌표를 계산하는 것이다. 각기둥은 윗면과 밑면의 반지름에 따라 모양이 달라진다. 윗면이 밑면보다 크다면 각기둥의 한 면은 윗변이 큰 사다리꼴로 나타나게 되며, 윗면이 밑면과 같다면 직사각형이다. 일반적인 상황에서 각기둥은 윗면이 밑면보다 크게 둔다면, 각기둥에 대한 한 면은 그림과 같은 모형으로 고려할 수 있다.

세 번째 단계는 화면의 한 픽셀로부터 네 개의 점을 고려하여 네 개의 점의 반사점을 찾는 것이다. 마지막으로 반사영역에 네 개의 점으로 이루어진 사각형이 계산된다면, 그 사각형의 영역을 픽셀이 가지고 있던 색상으로 그리면 된다.<sup>48)</sup>

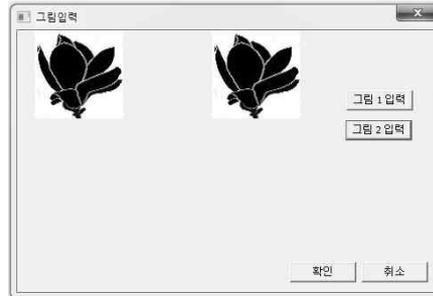
알고리즘을 통한 컴퓨터 실행 과정은 다음과 같다.

### 1) 그림 입력

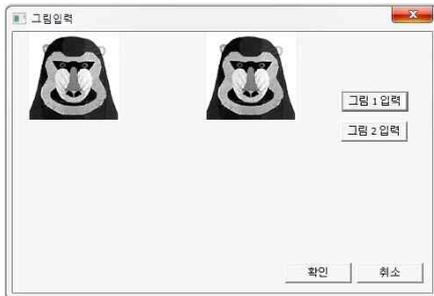
그림 입력은 jpg나 bmp파일의 그림파일을 시스템에 입력하는 단계이다. 각기둥 가변형상을 위해 카라 꽃과 나비 두개의 그림이 입력된다. 시점 변화에 의한 가변형상을 위해 여우와 고릴라 두 개의 그림이 입력된다.



<그림 118> 나비 입력 이미지



<그림 119> 카라 꽃 입력 이미지



<그림 120> 고릴라 입력 이미지



<그림 121> 여우 입력 이미지

### 2) 정보 입력

정보입력에서 각기둥 컵의 정보를 입력한다. 다각형의 수는 구현하고자 하는 다각형의 수를 입력하고, 컵의 반지름을 위, 아래 각각 입력한다. 컵의 높이와 그림의 확대비율을 입력한다. 시점의 변화에 따라서 가변형상 구현을 위해 눈의 위치를 입력한다.



<그림 122> 정보 입력 이미지

48) 전신중, 조 열, 최병수. (2016). "디지털 알고리즘을 이용한 각기둥 거울 반사 원리 연구." 『기초조형학연구』, 17(1): 543.

### 3) 분할 이미지 보기

컵 돌리기와 시점 변화에 의해 만들어진 이미지 결과는 아래의 <그림 123>과 <그림 124>과 같다.



<그림 123> 24각 컵 돌리기에 대한 결과



<그림 124> 24각 시점 변화에 대한 결과

### 4) 분할 이미지 출력

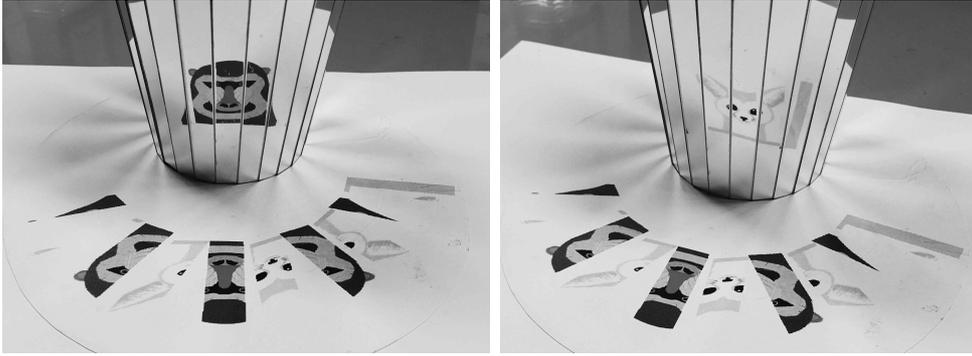
일러스트레이터에서 분할된 이미지는 자바스크립트 jsx 파일을 사용한다. 따라서 파일 형식은 jsx파일로 출력해야한다. 이는 일러스트레이터에서는 벡터이미지를 얻기 위해 필요한 과정이다.

### 5) 작품 제작

3D 프린터를 이용하여 모형 컵을 제작한다. 출력한 이미지에 모형 컵을 놓으면 <그림 125>와 <그림 126>과 같이 각기둥 돌리기에 의한 가변형상 결과물을 만들 수 있다. 또한, <그림 127>과 <그림 128>은 시점 변화에 의한 가변형상 결과물이다.



<그림 125> 24각 컵 돌리기에 의한 가변 형상 나비 <그림 126> 24각 컵 돌리기에 의한 가변 형상 카라 꽃

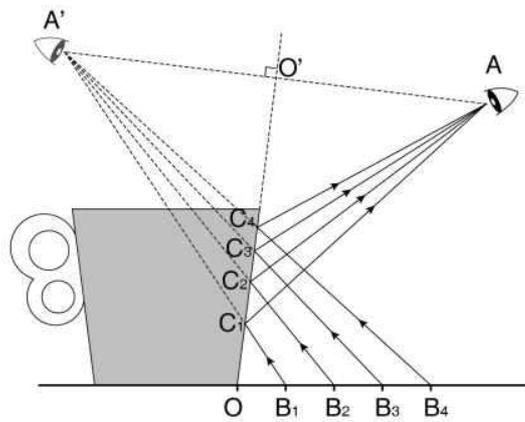


〈그림 127〉 24각 시점 돌리기에 의한 가변 형상 고릴라 〈그림 128〉 24각 시점 돌리기에 의한 가변 형상 여우

### 4.3 원주형 거울반사

#### 4.3.1 단일형상 제작 및 구조

본 연구는 원기둥 구조의 거울을 정해진 고정된 위치에 두고 반사소스의 형태와 반사각에 가려져 보이지 않는 이미지를 규합하여 얻어지는 아나모르프즈 형식의 거울 반사원리이다. 반사소스의 형태와 구조, 반사체의 반사각, 기울기, 시점에 의한 각도 조절, 이미지의 분할 방법에 대하여 원리를 분석하고자 한다.



〈그림 129〉 반사 원리와 반사각

〈그림 129〉는 반사소스인 접시와 컵의 반사 원리에 관한 그림이다. O에서 B1, B2, B3, B4 의 간격은 일정하며, 반사소스는 컵과 가까워질수록 작은 점점 더 커짐으로 인해서 시선의 각에도 변화가 생긴다.

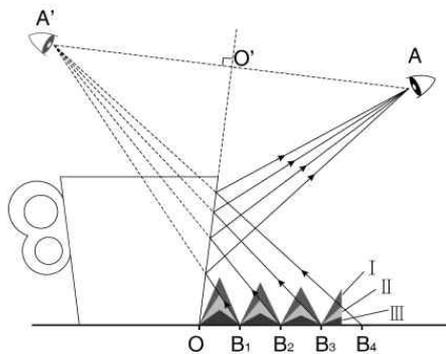
$$\text{즉, } \angle A' B_1 O > \angle A' B_2 O > \angle A' B_3 O > \angle A' B_4 O$$

또한, 반사 소스에 의해서 반사되는 반사체의 반사면 이미지 크기에도 변화가 생긴다. 즉, 고정된 시점에서 인지되는 이미지의 크기에도 변화가 생긴다고 할 수 있다. 즉,  $O B_1 = B_1 B_2 = B_2 B_3 = B_3 B_4$  의 경우

$$O C_1 > C_1 C_2 > C_2 C_3 > C_3 C_4$$

이는 뒤의 실험 작품 제작 시에 요철 형 접시의 이미지를 분할하는 방법에 있어서 중요한 원리가 된다.

〈그림 130〉과 〈그림 131〉에 의해서 설정된 반사원리를 통해 반사소스인 접시의 높이와 시선의 관계에 관한 그림이다. 접지 각의 높이가 I인 경우에는 앞의 접지 각 높이에 너무 높아서 반사되는 면이 100% 중 70% 정도만 반사되는 단점이 있고, 접지 각 높이가 III인 경우에는 앞의 반사면이 너무 낮아서 이미지가 중첩되어 보여 지는 단점이 있다. 따라서 그림에서 보듯 접지 각의 높이가 II인 경우가 가장 이상적인 높이라고 할 수 있다. II의 접지 각 높이에 의한 접지 단면이 가장 이상적이고 반사면 이미지가 정확히 보이는 높이라고 할 수 있다.<sup>49)</sup>



〈그림 130〉 반사소스의 형태

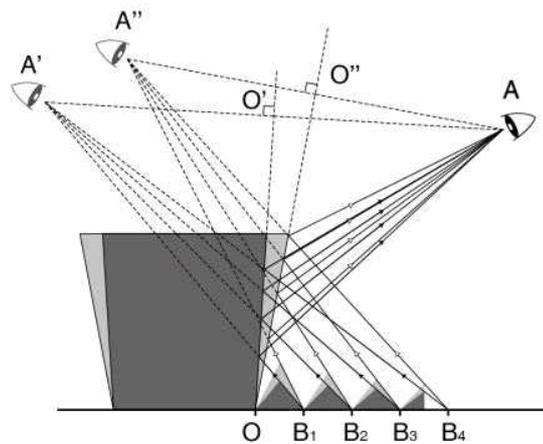


〈그림 131〉 반사소스의 구조

49) 전신중, 조 열, 최병수. (2016). "아나모르프즈 형식의 이미지 재현원리에 관한 연구." 『기초조형학연구』, 17(4): 406.

위와 같은 원리를 통해서 <그림 131>과 같은 반사소스인 요철(凹凸)형 접시의 형태를 얻을 수가 있었다. 위의 원리를 통해서 얻은 반사소스 접시의 형태는 반사체인 컵에서 멀어질수록 높이가 낮아지는 형태이다. 하지만 실험 작품 제작에 있어서는 요철(凹凸)형 접시의 형태는 요철의 높이가 일정한 형태로 제작한다. 이는 서두에서 밝힌 바와 같이 제작상의 편이성 및 재료의 특수성 때문에 종이로 실험 제작한다. <그림 131>과 같은 형태는 금형이나 목업 제작은 가능하나 종이로 실험 제작 시에는 <그림 131>과 같은 형태로 제작하기에는 다소 어려움이 있다. 지기 구조를 통한 하나의 전개도로 제작이 불가능하다. 따라서 실험 작품 제작 시에는 요철의 높이가 일정한 형태로 실험 제작하여 그 가능성을 타진해 보고자 한다.

<그림 132>는 시점이 고정되어 있을 때 컵의 각도 변화에 따른 요철(凹凸)형 접시의 높이 변화에 관한 그림이다. 시점(A)이 움직이지 않고 B1, B2, B3, B4 의 간격도 고정된 상태에서 컵의 단면 각이 넓어지면 즉(OO'에서OO"로 이동할 때) 시선과 바닥의 교각(交角)도 넓어진다. ( $\angle A' B_1 O$ ) 따라서 교각으로 이루어지는 접시의 요철 각도 넓어지며 요철의 높이 역시 높아지게 된다. 따라서 시점 A와 OB1, B2, B3, B4 가 고정되어 있을 때 컵 단면의 각이 넓어질수록 요철(凹凸)형 접시의 높이는 높아진다.<sup>50)</sup>

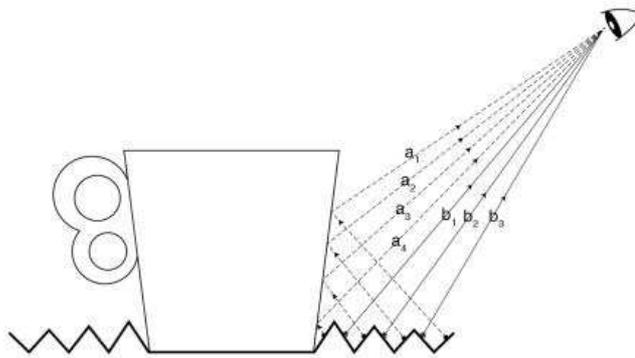


<그림 132> 반사체 각도와 요철의 높이

50) 전신종, 조 열, 최병수. (2016). "아나모르프즈 형식의 이미지 재현원리에 관한 연구." 『기초조형학연구』, 17(4): 406.

〈그림 133〉은 반사소스의 반사면에 의해 반사되는 이미지와 반사되지 않는 이미지를 지각하는 원리 그림이다. 이는 반사되는 이미지와 반사되지 않는 이미지의 2개의 그림을 동시에 인지할 수 있는 반사 원리 방법이라고 할 수 있다.

a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>, a<sub>4</sub> 는 시점 A에서 보았을 때 반사체인 컵에 반사되어 보이는 이미지 인식 경로이다. b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub> 는 시점 A에서 보았을 때 직접 인식할 수 있는 이미지 경로이다. 이 원리를 통해서 2가지의 그림을 동시에 인지하여 스토리텔링 연출이 가능하다는 가설 하에 실험 작품을 제작하기로 하였다.<sup>51)</sup>



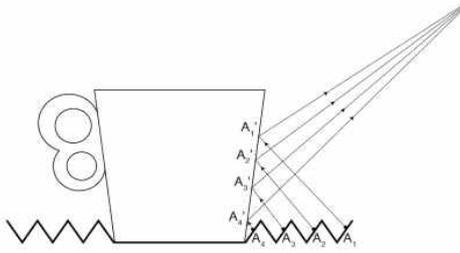
〈그림 133〉 반사면과 비 반사면

#### 4.3.2 반사면과 비 반사면의 이미지 구현

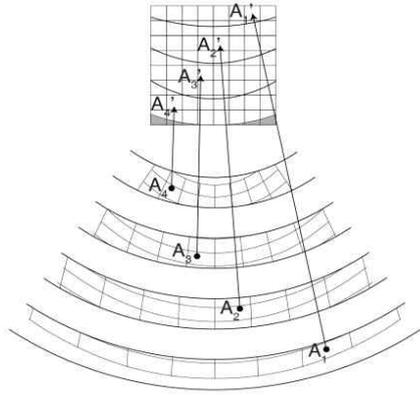
아래 그림은 반사소스인 요철(凹凸)형 접시의 이미지가 반사체인 컵에 반사되어 이미지를 구성하는 도면과 실험 작품이다. 〈그림 136〉에서 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub>는 접시 도면의 분할된 돌고래 이미지가 반사체인 컵에 반사되어 A<sub>1</sub>' , A<sub>2</sub>' , A<sub>3</sub>' , A<sub>4</sub>' 로 재구성 되어 완성된 돌고래의 이미지를 보여준다. 〈그림 135〉는 이미지의 반사 위치를 도면으로 표시한 그림이다. 이와 같이 정해진 시점에서 보았을 때 반사면을 통해 보여 지는 실험 작품 예시이다.<sup>52)</sup>

51) 전신중, 조 열, 최병수. (2016). "아나모르프즈 형식의 이미지 재현원리에 관한 연구." 『기초조형학연구』, 17(4): 406.

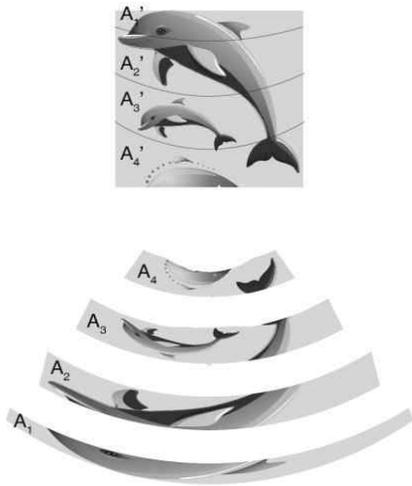
52) 상계서, p.407.



〈그림 134〉 시점과 반사면



〈그림 135〉 반사면 이미지 위치 도면



〈그림 136〉 분할된 이미지

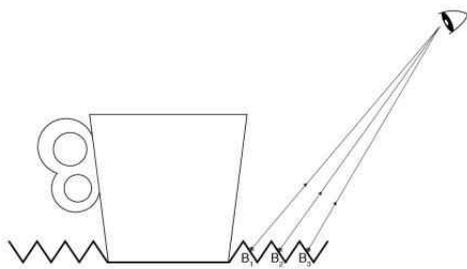


〈그림 137〉 반사체에 보여 지는 이미지

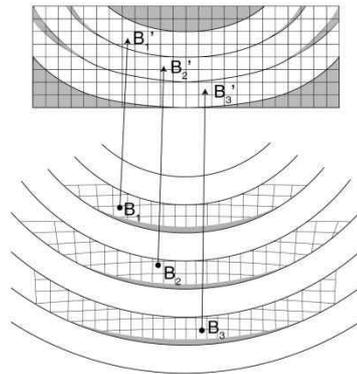
〈그림 138〉은 요철(凹凸)형 접시의 반사면 이미지가 반사체(컵)에 반사되어 보여 지는 그림이다. 정해진 시점에서 보았을 때 요철(凹凸)형 접시에는 돌고래의 이미지가 보이지 않는다.<sup>53)</sup>

53) 전신중, 조 열, 최병수. (2016). "아나모르프즈 형식의 이미지 재현원리에 관한 연구." 『기초조형학연구』, 17(4): 408.

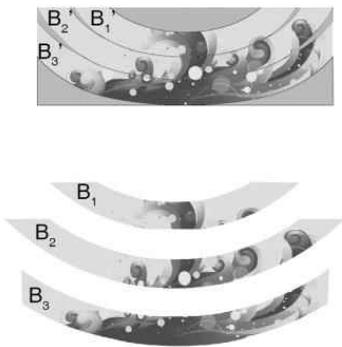
위의 그림은 반사소스인 요철(凹凸)형 접시의 이미지가 반사체인 컵에 반사되지 않고 정해진 시점에서 직접 이미지를 인지하는 구성 도면과 실험 작품이다. <그림 140>에서 B1, B2, B3, 접시 도면의 분할된 파도의 이미지가 직접 시각으로 인지하여 B1', B2', B3' 로 재구성 되어 완성된 파도의 이미지를 보여준다. <그림 139>는 이미지의 반사 위치를 도면으로 표시한 그림이다. 이와 같이 정해진 시점에서 보았을 때 비 반사면을 통해 보여 지는 실험 작품 예시이다. <그림 141>은 요철(凹凸)형 접시의 비 반사면에 파도의 이미지가 보이는 그림이다. 정해진 시점에서 보았을 때 반사체(컵)에는 반사되는 이미지가 보이지 않는다.<sup>54)</sup>



<그림 138> 시점과 비 반사면



<그림 139> 비 반사면 이미지 위치 도면



<그림 140> 분할된 이미지



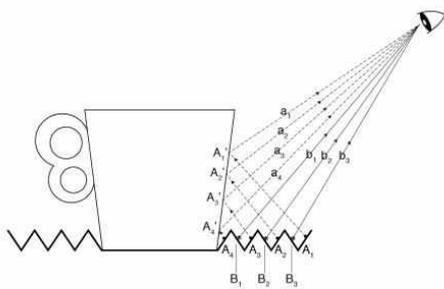
<그림 141> 반사소스에 보여 지는 이미지

54) 전신중, 조 열, 최병수. (2016). "아나모르포즈 형식의 이미지 재현원리에 관한 연구." 『기초조형학연구』, 17(4): 408.

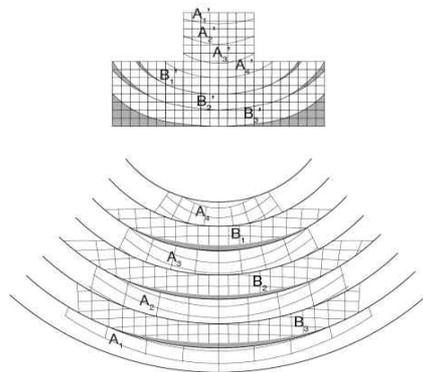
위의 그림은 반사면과 비 반사면의 연관성 있는 이미지를 통해서 관람자로 하여금 유희성을 한층 더 고조시킨 작품이라고 할 수 있다.

〈그림 144〉는 시선에서 보이지 않는 이미지 위치 도면과 시선에서 보이는 이미지 위치 도면을 결합하여 한 그림으로 보이게 하는 도면이다. 〈그림 143〉은 눈으로 보이는 비 반사면과 보이지 않는 이미지의 위치 설정 그림이다. 다음과 같은 원리를 통해서 〈그림 145〉와 같은 결과물을 얻을 수가 있었다.<sup>55)</sup>

반사면의 숨은 그림은 돌고래가 점프하는 모습과 눈으로 보이는 비 반사면의 파도 이미지를 통해서 두 개의 이미지가 동시에 볼 수 있다. 이는 시각적으로 직접 보이는 영역과 반사를 통해서 볼 수 있는 영역을 동시에 볼 수 있게 함으로써 다양한 스토리텔링 연출이 가능하다는데 의미가 있다. 지금까지 반사소스의 새로운 형태 개발을 통해서 거울 반사 원리를 통한 다양한 이미지 재현이 가능하다는 결과를 얻을 수 있었다.<sup>56)</sup> 아래의 그림은 위의 실험 제작으로 얻은 다양한 결과물이다.



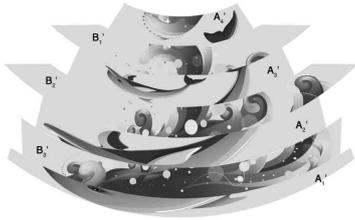
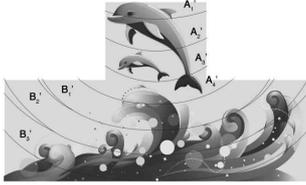
〈그림 142〉 반사면과 비 반사면



〈그림 143〉 반사면과 비 반사면 이미지 위치

55) 전신중, 조 열, 최병수. (2016). "아나모르프즈 형식의 이미지 재현원리에 관한 연구." 『기초조형학연구』, 17(4): 409.

56) 상계서, p.408.



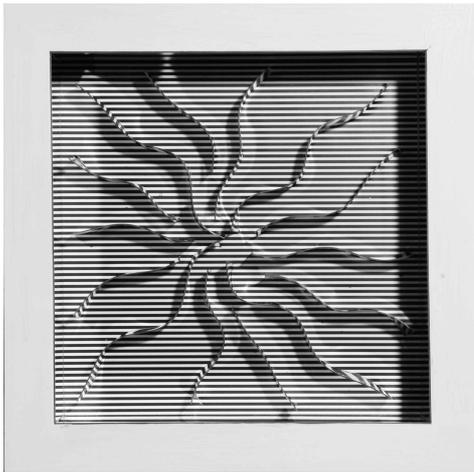
〈그림 144〉 분할된 이미지



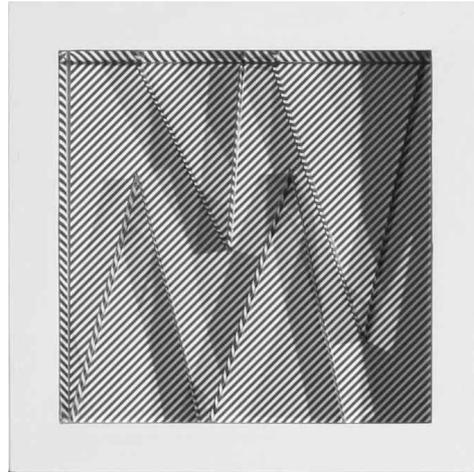
〈그림 145〉 반사면과 비 반사면 이미지

본 논문의 연구를 통해 거울반사에 의한 다양한 시각표현과 반사소스 제어에 의한 단일형상, 가변형상 실험 작품을 제작하였다. 각주형의 반사각 형태는 컵의 모양으로 적용하여 제작하였으며, 아래의 그림은 거울반사에 의한 실험제작을 통해 반사소스 그림을 접시에 인쇄하고 각주, 원주형 컵에 형상이 보이도록 한 작품들이다.

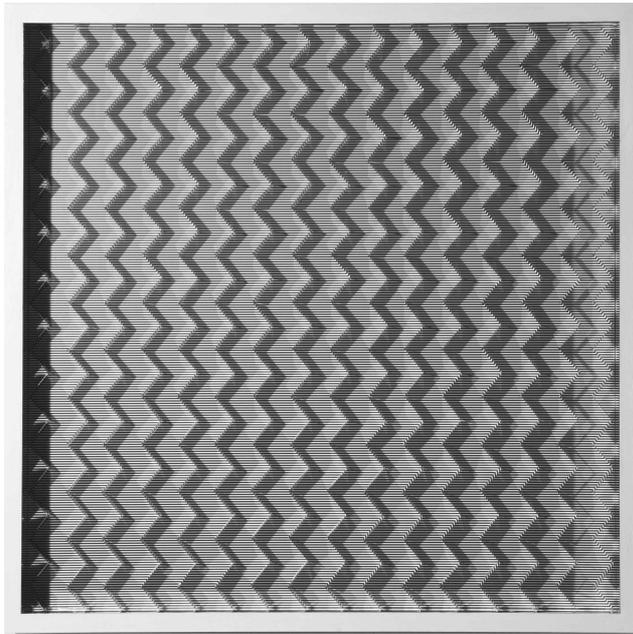
〈그림 146〉, 〈그림 147〉, 〈그림 148〉, 〈그림 149〉, 〈그림 150〉, 〈그림 151〉, 〈그림 152〉, 〈그림 153〉, 〈그림 154〉, 〈그림 155〉, 〈그림 156〉, 〈그림 157〉, 〈그림 158〉, 〈그림 159〉, 〈그림 160〉, 〈그림 161〉, 〈그림 162〉, 〈그림 163〉



〈그림 146〉 전신중, 〈Composition〉 2013



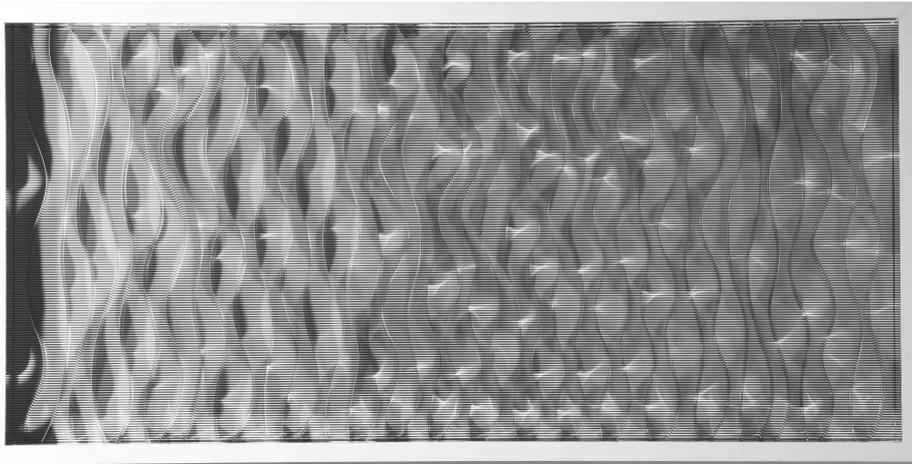
〈그림 147〉 전신중, 〈Composition〉 2013



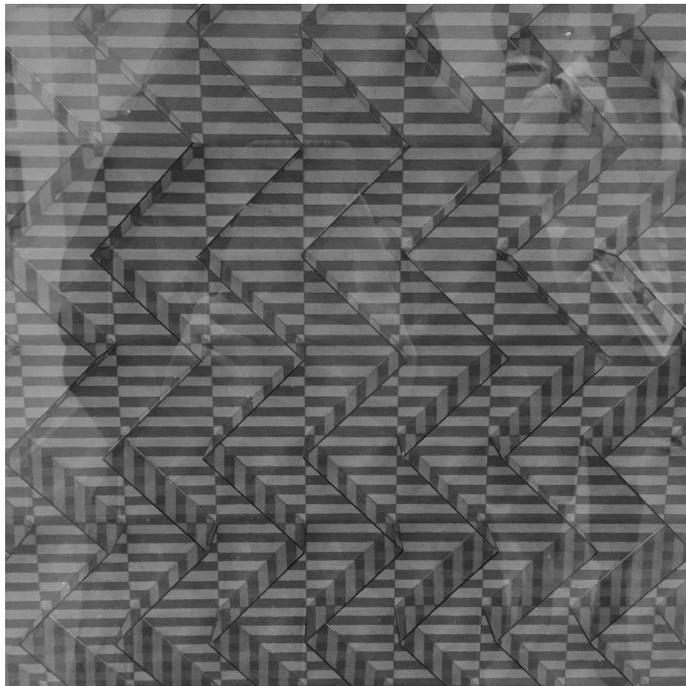
〈그림 148〉 전신중, 〈WAVE〉 2013



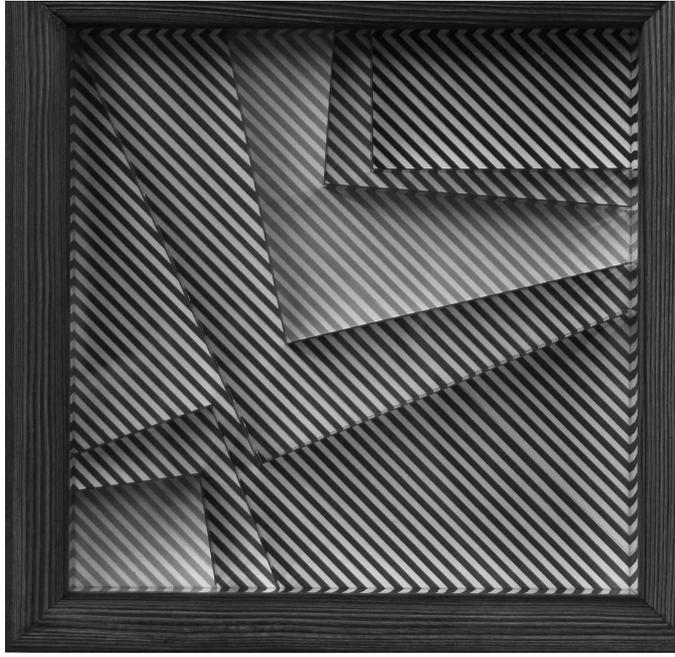
〈그림 149〉 전신중, 〈WAVE〉 2012



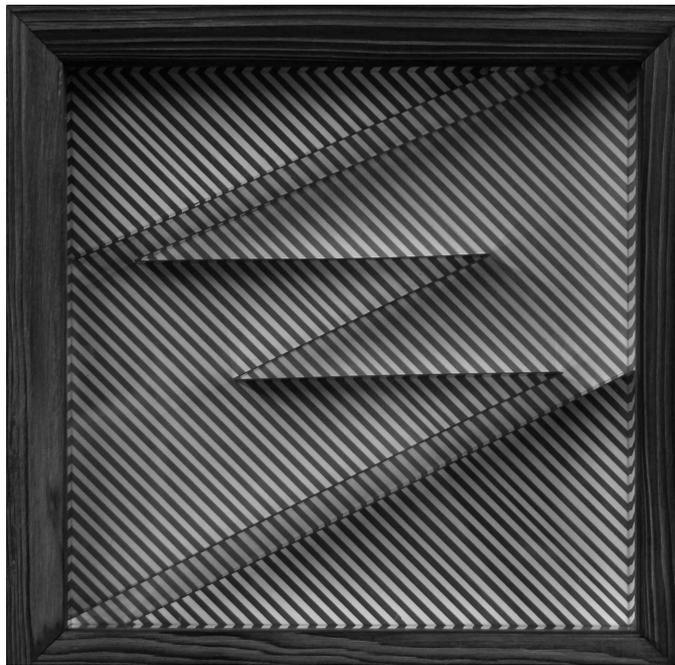
〈그림 150〉 전신중, 〈WAVE〉 2013



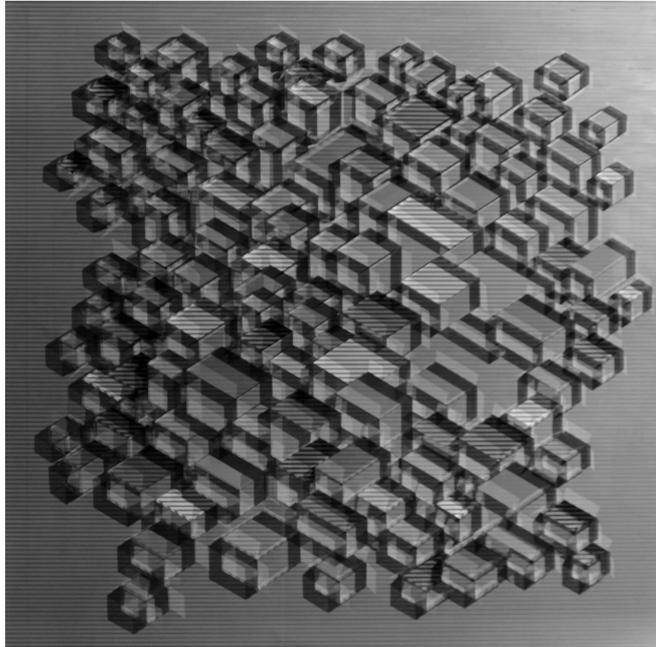
〈그림 151〉 전신중, 〈WAVE〉 2014



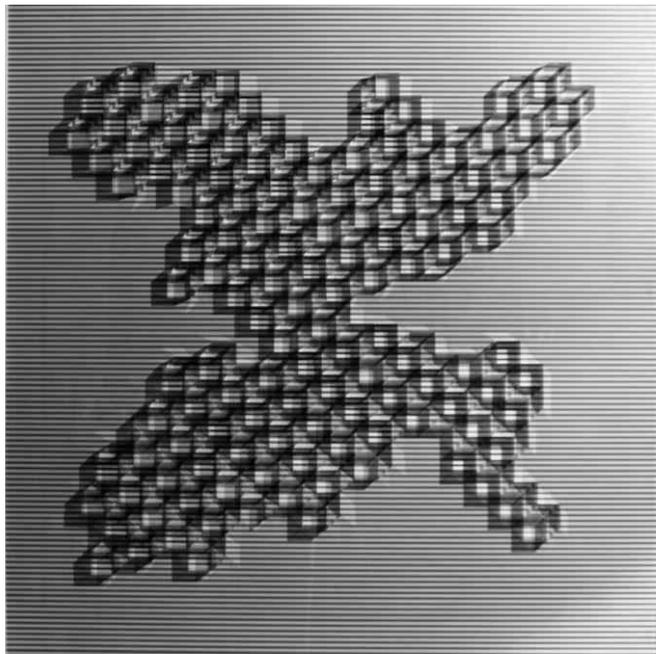
〈그림 152〉 전신중, 〈Reflection Space〉 2016



〈그림 153〉 전신중, 〈Reflection Space〉 2016



〈그림 154〉 전신중, 〈Hexahedron〉 2014

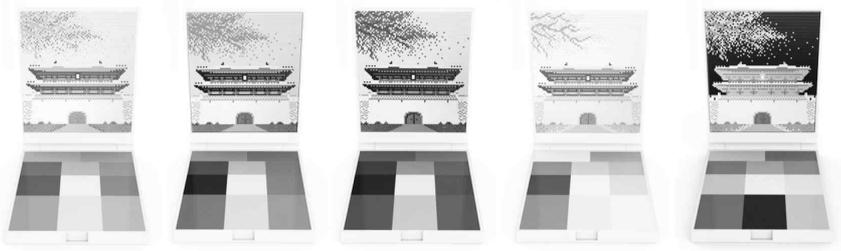


〈그림 155〉 전신중, 〈Hexahedron〉 2014



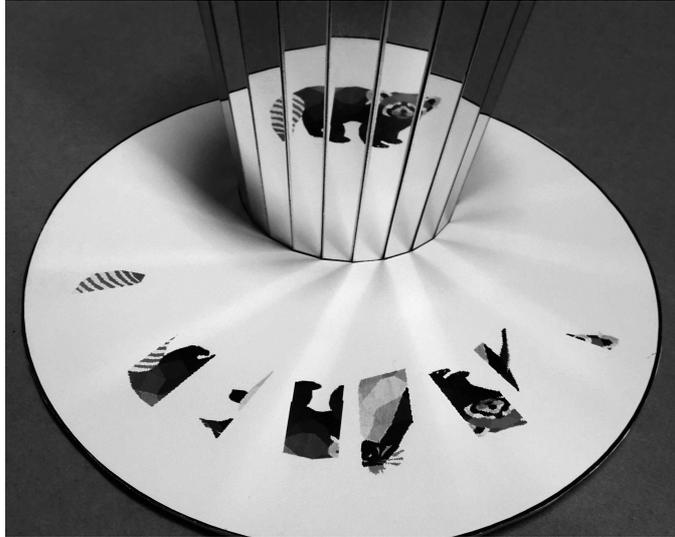
〈그림 156〉 조열, 〈Star is Love: Marilyn Monroe〉 2010

<http://luycho.com>

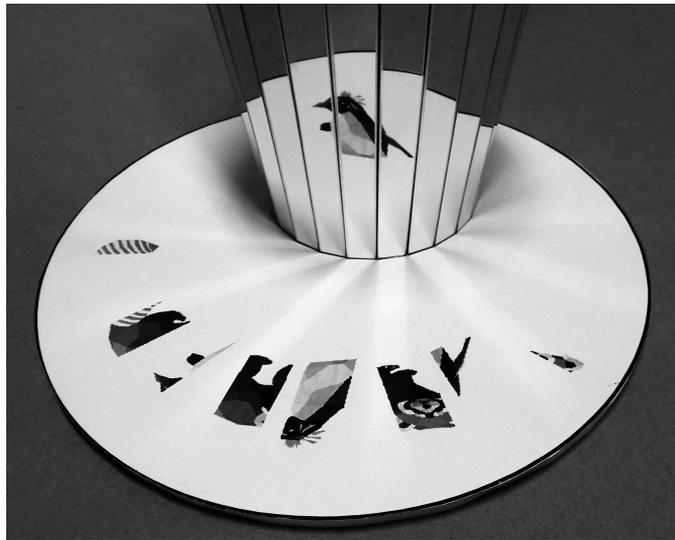


〈그림 157〉 조열, 〈남대문 포스트잇〉 2014

<http://luycho.com>



〈그림 158〉 가변형상 실험작품 A



〈그림 159〉 가변형상 실험작품 B



〈그림 160〉 조 열, 〈Animal series〉 2015  
- 단일형상 컵 시리즈 -



〈그림 161〉 조 열, 〈Animal series〉 2015  
- 단일형상 컵 시리즈 -



〈그림 162〉 조 열, 〈Anamorphose Mirror Cup〉 2016  
- 요철형 접시 -



〈그림 163〉 조 열, 〈Anamorphose Mirror Cup〉 2016  
- 요철형 접시 -

## V. 그림자와 거울반사의 복합표현 기법 연구

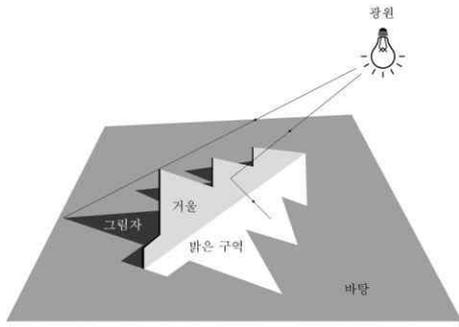
### 5.1 복합표현기법 제작 원리 및 구조

지금까지 앞장에서 진행되었던 연구는 그림자조형 표현과 거울의 반사를 이용한 다양한 시각표현 기법에 관하여 실험과 작품 제작 통해서 그 가능성을 검증하였다. 본 장에서는 앞의 실험에서 얻은 결과를 바탕으로 그림자와 거울반사의 결합을 통한 새로운 표현기법에 관하여 기술하고 그 가능성을 실험과 작품 제작으로 검증하고자 한다. 본 연구는 빛의 물리적 속성인 반사를 통해 생성되는 어두운 영역의 그림자와 밝은 영역의 거울반사 성격을 가진 상(像)을 의미한다. 그림자와 거울반사의 관계에 있어서 밝은 영역은 피사체의 거울반사에 의해 그림자를 밝게 처리하여 형상을 볼 수 있는 구조이다. 어두운 영역 그림자는 거울반사가 없는 배경으로 처리하여 형상을 구현하는 구조라고 할 수 있다. 반대로 표현하고자 하는 그림에 따라서 배경을 거울반사를 통한 밝은 구역, 어두운 영역을 그림자로 형상을 표현할 수도 있다. 여기서 그림자와 거울반사의 결합을 통한 시각표현을 “복합표현기법”<sup>57)</sup>이라 칭한다.

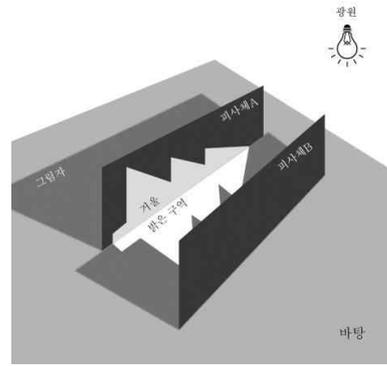
복합표현은 그림자와 거울반사 형태의 결합을 통한 형상 규합이다. 아래의 <그림 164>는 복합표현의 원리 그림이다. 빛이 오는 일정한 방향에 표현하고자 하는 피사체를 평면상에 부착하고 빛이 부딪히는 경계면에 거울을 부착한다. 빛의 반대 방향에 생성되는 그림자 형상과 거울의 반사에 의해 생성되는 형상은 1:1 비율의 면적을 가진다. <그림 165>는 그림자 속에서 거울반사를 통해 밝은 형상을 만드는 복합표현 원리 그림이다. 피사체A와 피사체B를 부착하는 간격은 피사체의 높이에 비례하여 가변적으로 변할 수가 있다. 피사체의 간격과 높이와의 관계는 아래에서 살펴보기로 한다.

---

57) 이 논문에서의 ‘복합표현’이라는 단어는 피사체에 의해 만들어진 그림자 속에서 거울의 반사를 통해 밝은 영역의 형상을 규합하여 하나의 이미지로 표현하는 기법을 말한다.

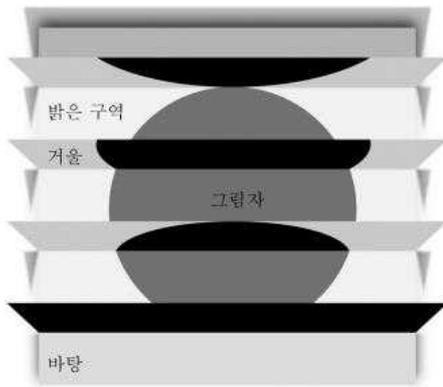


<그림 164> 복합표현 원리 1



<그림 165> 복합표현 원리 2

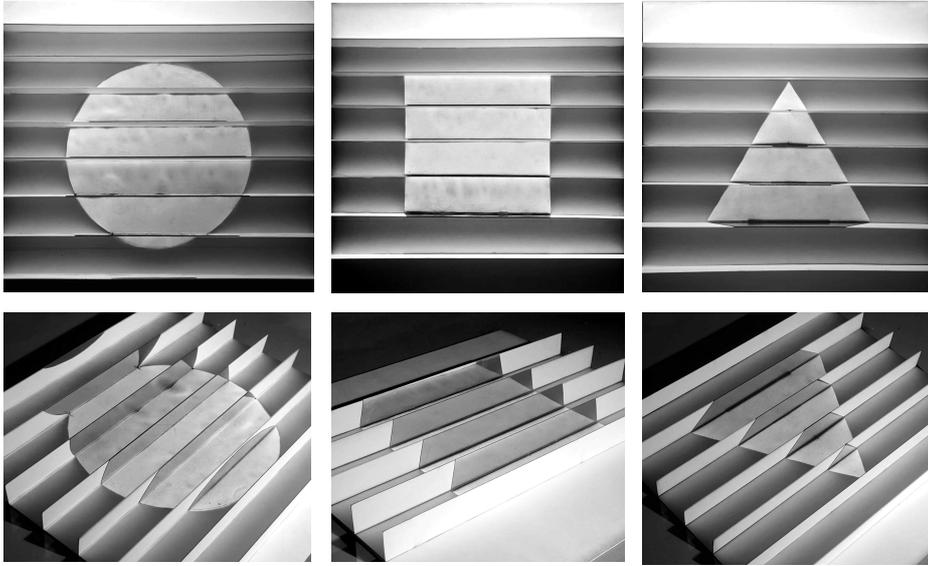
아래의 <그림166>과 <그림 167>은 복합표현의 구조 그림이다. 그림자 속에서 거울 반사를 통해 밝은 영역의 그림 형상을 A와 B로 구분하여 반전으로 표현할 수 있는 구조에 대한 설명이다. <그림 168>은 복합표현의 원리와 구조를 통해서 실험 제작한 그림이다.



<그림 166> 복합표현 구조 A



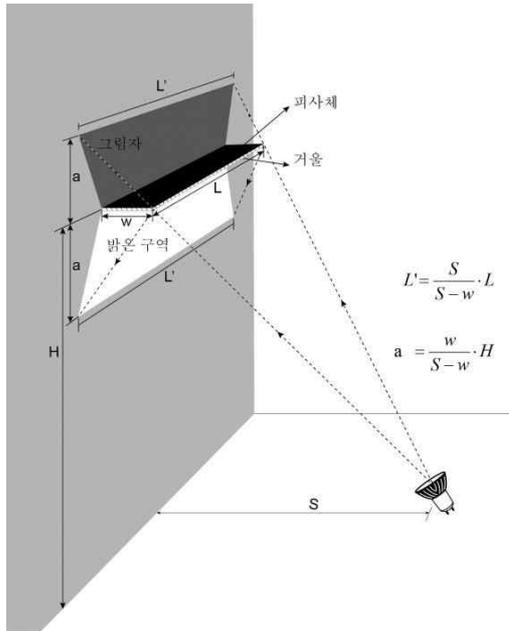
<그림 167> 복합표현 구조 B



〈그림 168〉 실험 예시

복합표현기법에 있어서 피사체의 형태 및 설치 방법은 작품을 제작하는데 있어서 매우 중요한 부분에 해당한다. 〈그림 169〉는 피사체와 조명의 설치 위치에 따른

그림자와 거울반사 상(像)의 관계 구조도 이다.



$$L' = \frac{S}{S - W} \cdot L$$

W : 피사체 높이

S : 피사체와 점광원의 거리

L : 피사체 폭

L' : 그림자 폭

H : 바닥과 피사체의 거리

a : 그림자의 길이

W와 L이 고정되어 있을 경우, S의 거리가 피사체로부터 멀어지면 L'는 의

〈그림 169〉 복합표현 구조 C

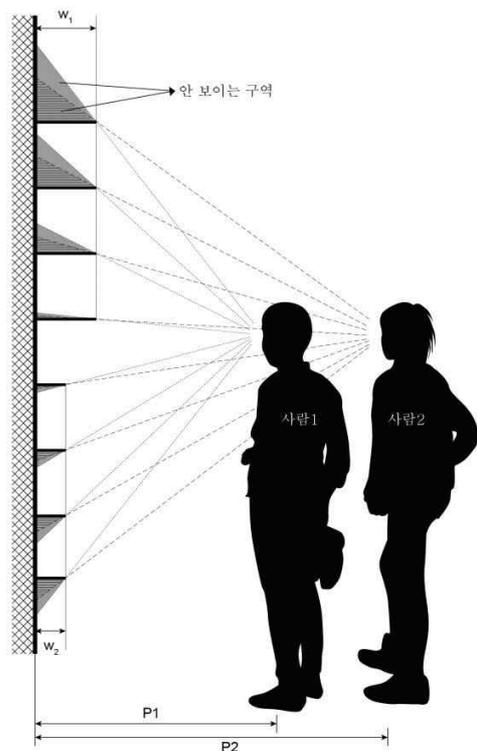
면적은 작아지고, W와 S가 고정되어 있을 경우, L이 커지면 L'도 커진다.

S와 L이 고정되어 있을 경우, W가 커지면 L'도 커지며, W와 H가 고정되어 있을 경우, S가 피사체로부터 멀어지면 a는 작아진다. W와 S가 고정되어 있을 경우, H가 높아지면 a도 커진다.

S와 H가 고정되어 있을 경우, W가 커지면 a도 커진다.

위의 설명으로 알 수 있는 것은 피사체와 점광원의 거리, 피사체와 바닥의 높이, 피사체크기와 점광원의 거리에 따라 그림자와 거울반사 상(像)의 변화가 생긴다는 것을 알 수 있다. 따라서 W와 S가 고정되어 있을 경우, L과 L'/a와 H는 정비례하며, a와 L은 무관하다는 사실을 알 수 있다. 위의 사실을 통해서 a가 길어지면 피사체의 개수가 그만큼 줄어들기 때문에 W의 크기를 잘 조절해야 전체적으로 조형적인 형상을 얻을 수가 있다. <그림 170>은 사람의 시선과 피사체 거리의 관계도이다. 작품의 중심을 기준으로 하여 사람의 시선이 피사체로부터 가까워지면 위로

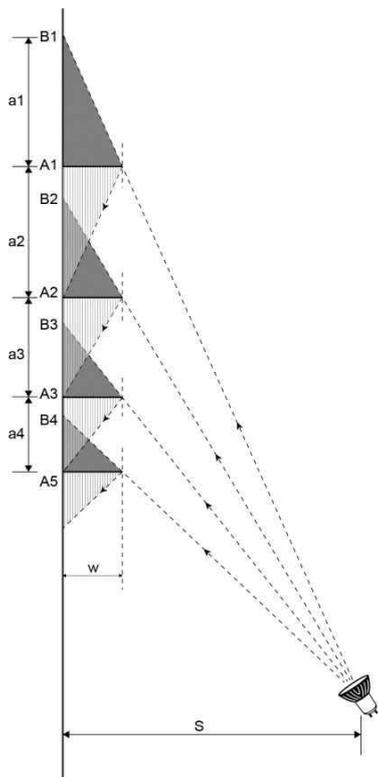
올라갈수록 피사체간의 간섭이 생겨 거울반사 상(像)이 안 보이는 구역이 넓어진다. 따라서 간섭현상을 해결할 수 있는 방법은 첫째, 시선의 거리를 정해두고, 작품의 중심으로 부터 위로 올라갈수록 피사체의 높이를 낮게 만든다. 둘째, 피사체와 시선의 거리 조절로 간섭현상을 해결한다.



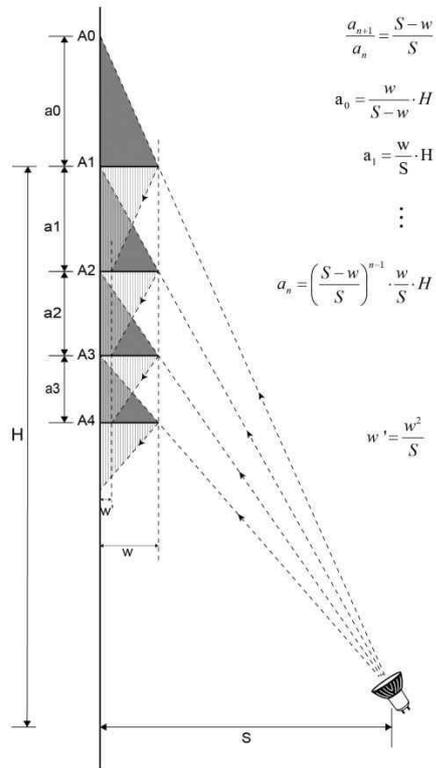
<그림 170> 시선과 피사체의 거리, 간격 및 높이 관계

## 5.2 단일형상 제작 및 알고리즘

아래의 <그림 171>과 <그림 172>는 피사체의 높이가 같을 때, 피사체의 간격이 달라지는 경우의 제작 방법이다. <그림 171>은 피사체 설치 간격에 있어서 거울반사상(像)이 끝나는 위치에 다른 피사체를 세우는 방법이다. A2, A3, A5는 거울반사



<그림 171> 조명과 피사체 간격의 관계 A



<그림 172> 조명과 피사체 간격의 관계 B

$$\begin{aligned} \frac{a_{n+1}}{a_n} &= \frac{S-w}{S} \\ a_0 &= \frac{w}{S-w} \cdot H \\ a_1 &= \frac{w}{S} \cdot H \\ &\vdots \\ a_n &= \left(\frac{S-w}{S}\right)^{n-1} \cdot \frac{w}{S} \cdot H \\ w' &= \frac{w^2}{S} \end{aligned}$$

상(像)이 끝나는 위치이다. B1~A1, B2~A2, B3~A3, B4~A5는 그림자가 생기는 구간이다. 따라서 A1~B2, A2~B3, A3~B4의 그림자가 생기지 않는 공간이 생긴다. 이는 거울반사 상(像)의 규합을 통한 형상을 만드는데 있어서 빈 공간이 생김으로 인해서 <그림 171>의 방법은 적당하지 않다. 이에 반해 <그림 172>는 형상 표현 방법에 적합한 방법이다.

〈그림 172〉를 통해서 다음과 같은 공식을 구할 수가 있다.

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{S-w}{S} \quad a_0 = \frac{W}{S-w} \cdot H \quad a_n = \left(\frac{S-w}{S}\right)^{n-1} \cdot \frac{W}{S} \cdot H$$

n의 수치가 커지면 an(피사체 간격)은 좁아진다.

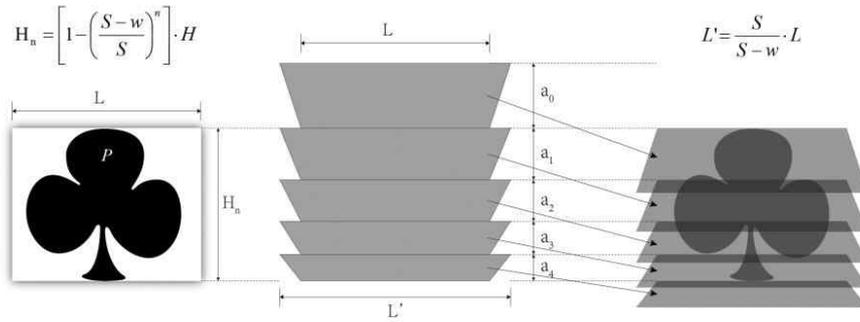
W'는 그림자를 만드는 피사체에 포함되는 거울반사 상(像)이기 때문에 그림자를 만드는 영역에는 간섭이 생기지 않는다.

위와 같은 내용에 따라서 작품 제작 방법은 다음과 같다.

첫 번째 피사체 높이	H	1520		
광원과 벽의 길이	S	850		
광원 높이	h0	250		
피사체의 높이	w	30		
피사체의 길이	L	400		
n	그림자 사이 거리 an	그림자 길이 L'	피사체의 위치 An	
1	44.82352941	414.6341463	0	
2	43.24152249		44.82352941	
3	41.71535111		88.0650519	
4	40.2430446		129.780403	
5	38.82270185		170.0234476	
6	37.45248884		208.8461495	
7	36.1306363		246.2986383	
8	34.85543737		282.4292746	
9	33.62524546		317.284712	
10	32.43847209		350.9099574	
11	31.29358484		383.3484295	

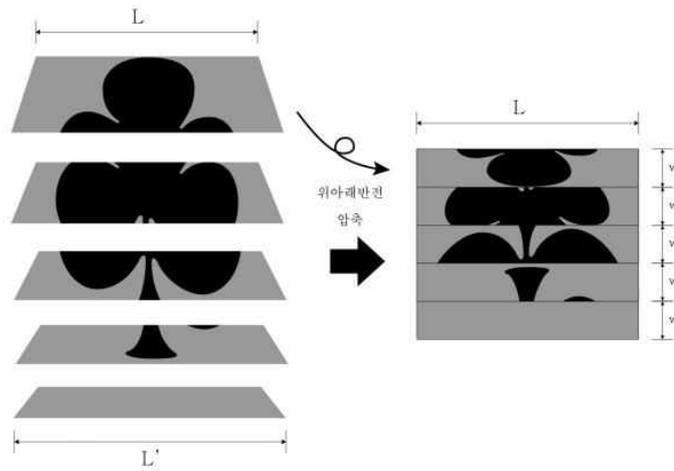
〈그림 173〉 피사체의 높이가 같고 간격이 다를 때의 알고리즘

〈그림 173〉은 위의 수학 공식에 의해 만들어진 알고리즘이다. 정해진 위치에 작품을 고정되어 있을 경우, 바닥과 첫 번째 피사체의 높이를 측정하여 입력한다. 점광원과 벽면의 수직, 수평적 거리를 측정하여 입력한다. 바닥에서 점광원과의 거리를 입력한다. 피사체의 높이 수치를 입력한다. 피사체의 수평적 길이를 입력한다. 위의 수치들을 입력하면 피사체의 개수와 간격의 수치가 자동으로 생성된다. 따라서 위의 수치에 맞추어 정해진 위치에 〈그림 175〉의 피사체 조각들을 세워서 부착하면 된다.



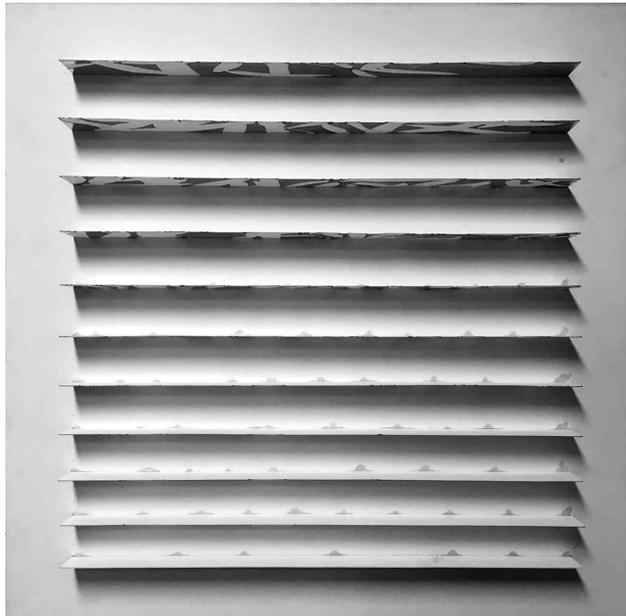
〈그림 174〉 복합표현기법에 의한 제작 방법 A

〈그림 174〉에서 P는 표현하고자 하는 그림 원본이다. 원본 그림에서 L은 피사체의 폭에 해당하며 Hn은 그림 크기이다. an은 피사체의 간격이면서 거울반사 상(像)에 해당된다. 〈그림 175〉는 위에서 얻은 결과를 상·하로 압축하여 각각의 피사체에 붙일 거울 조각을 얻을 수 있다.



〈그림 175〉 복합표현기법에 의한 제작 방법 B

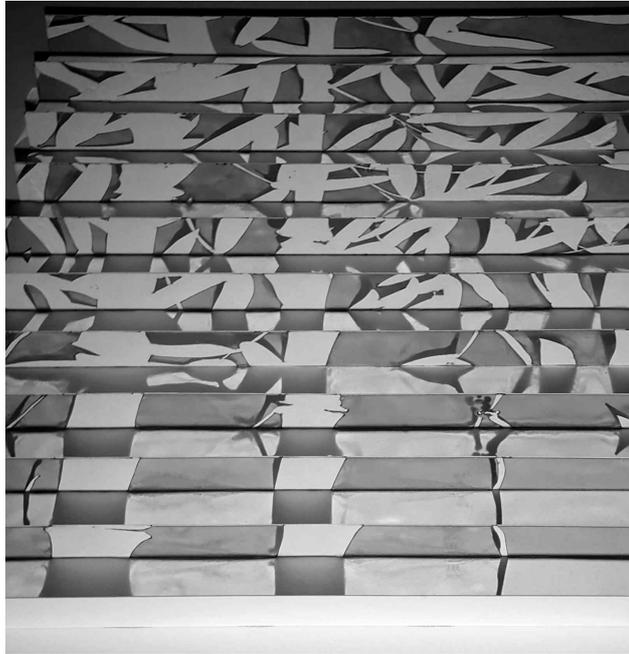
위와 같은 작품 제작 과정을 통해서 다음과 같은 결과물을 얻을 수가 있었다.



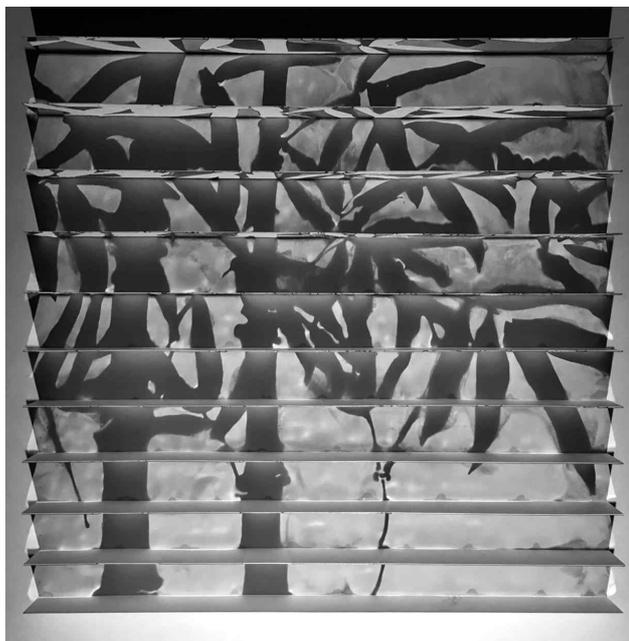
〈그림 176〉 복합표현기법 - 단일형상 A -



〈그림 177〉 복합표현기법 - 단일형상 A -



〈그림 178〉 복합표현기법 - 단일형상 A -

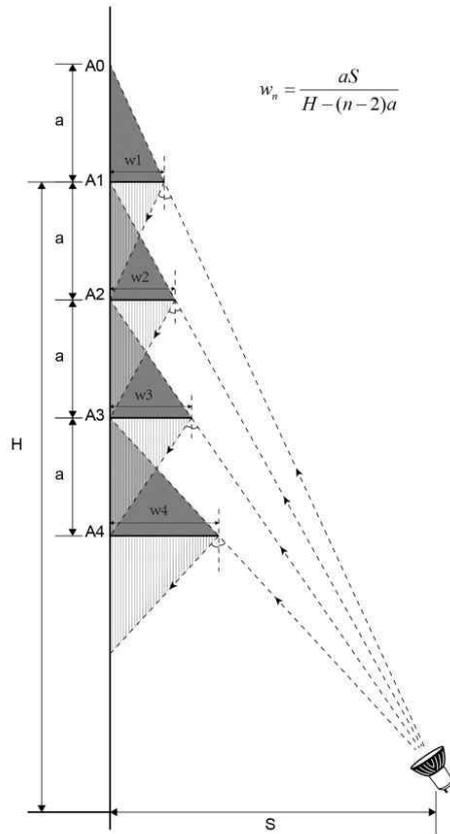


〈그림 179〉 복합표현기법 - 단일형상 A -

아래의 <그림 180>은 피사체의 간격이 같을 때, 피사체의 높이가 달라지는 경우의 제작 방법이다. 이는 그림자와 거울반사 상(像)의 면적이 같으므로 피사체가 일률적인 형태로 배치된다. 아래의 그림을 통해서 다음과 같은 공식을 구할 수가 있다.

$$w_n = \frac{aS}{H - (n-2)a}$$

n의 수치가 높아지면 피사체의 높이도 같이 높아진다.

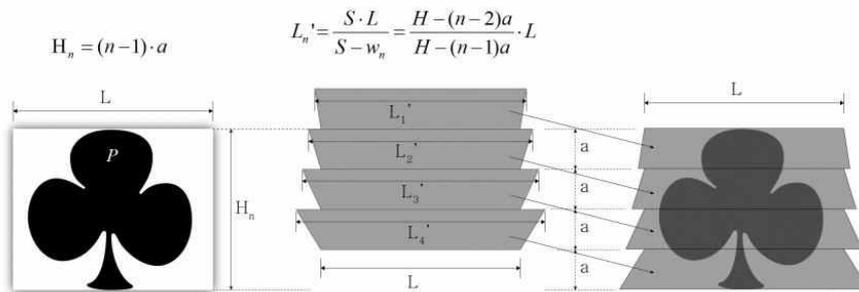


<그림 180> 조명과 피사체 간격, 높이의 관계 C

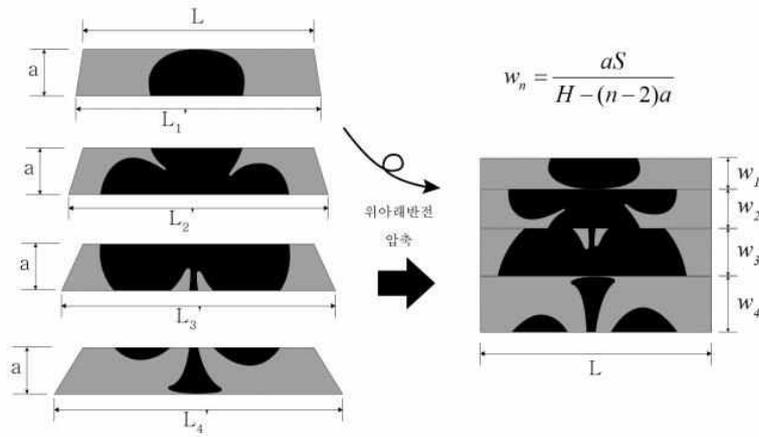
첫 번째 피사체 높이	H	1530	
광원과 벽의 길이	S	850	
광원 높이	h0	250	
피사체 사이의 간격	a	40	
피사체의 길이	L	400	
<b>n</b>	<b>피사체의 길이 w</b>	<b>그림자 길이 L'</b>	<b>피사체의 위치 An</b>
1	25.75757576	412.5	0
2	26.5625	412.9032258	40
3	27.41935484	413.3333333	80
4	28.33333333	413.7931034	120
5	29.31034483	414.2857143	160
6	30.35714286	414.8148148	200
7	31.48148148	415.3846154	240
8	32.69230769	416	280
9	34	416.6666667	320
10	35.41666667	417.3913043	360
11	36.95652174	418.1818182	400

〈그림 181〉 피사체의 간격이 같고 높이가 다를 때의 알고리즘

〈그림 182〉에서 P는 표현하고자 하는 그림 원본이다. 원본 그림에서 L은 피사체의 폭에 해당하며  $H_n$ 은 그림 크기이다. a는 피사체의 간격이면서 거울반사 상(像)에 해당된다. 〈그림 183〉은 위에서 얻은 결과를 상·하로 압축하여 각각의 피사체에 붙일 거울 조각을 얻을 수 있다.

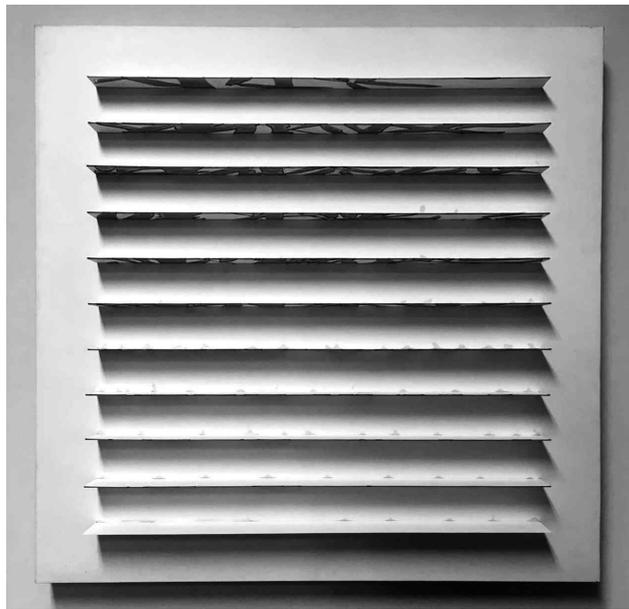


〈그림 182〉 복합표현기법에 의한 제작 방법 A

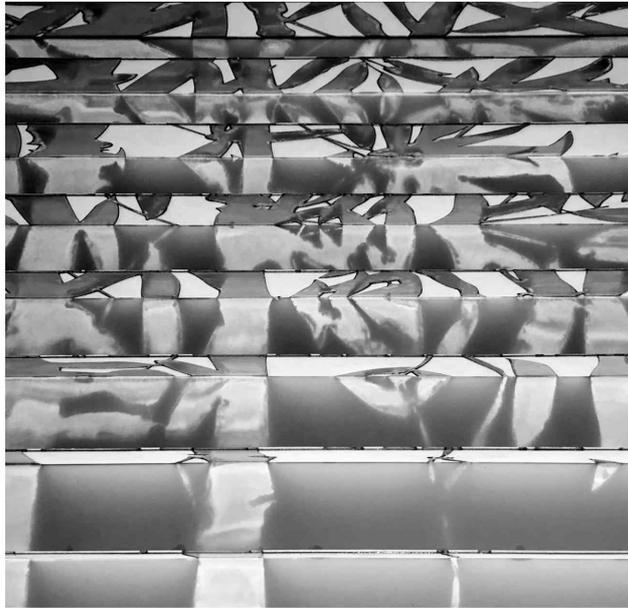


〈그림 183〉 복합표현기법에 의한 제작 방법 B

위와 같은 작품 제작 과정을 통해서 다음과 같은 결과물을 얻을 수가 있었다.



〈그림 184〉 복합표현기법 - 단일형상 -



〈그림 185〉 복합표현기법 - 단일형상 -



〈그림 186〉 복합표현기법 - 단일형상 -

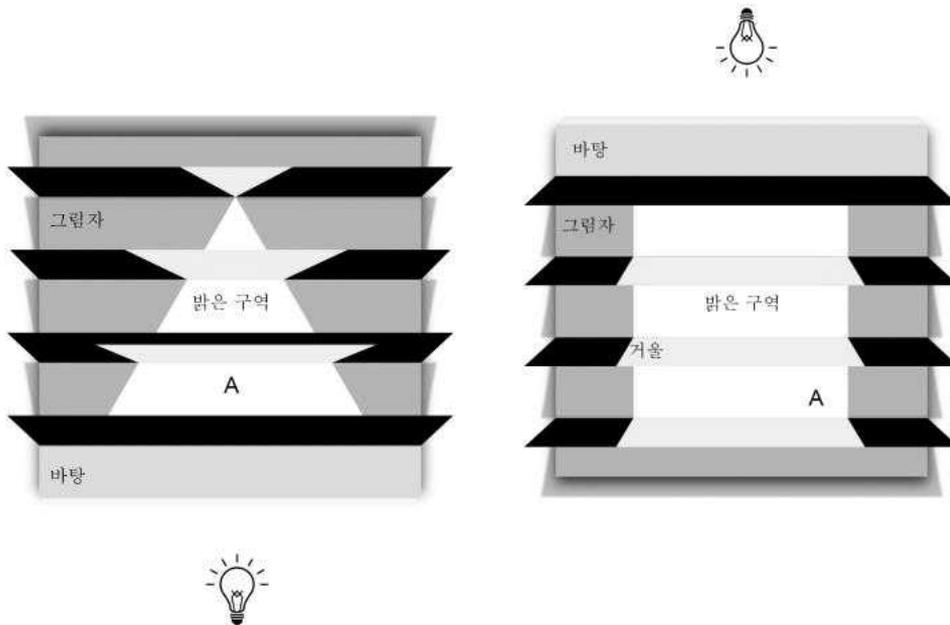


〈그림 187〉 복합표현기법 - 단일형상 -

### 5.3 가변형상 제작 및 알고리즘

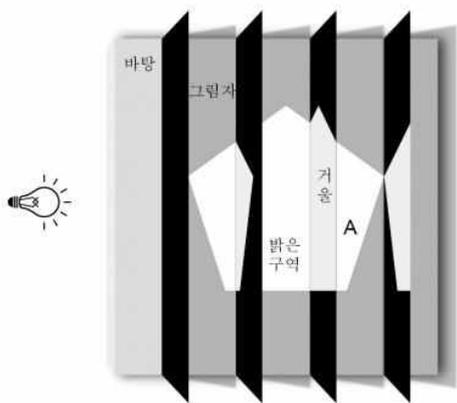
본 장에서는 단일 형상 제작 실험에서 얻은 결과를 바탕으로 그림자와 거울반사의 결합을 통한 가변형상 제작 및 알고리즘의 새로운 표현기법에 관하여 기술하고 그 가능성을 실험과 작품 제작으로 검증하고자 한다. 가변형상에 의한 그림자와 거울반사의 관계는 단일형상과 같이 피사체의 거울반사에 의해 그림자를 밝게 처리하여 형상을 볼 수 있는 구조이다. 하지만 가변형상에 의한 복합표현기법은 2개, 3개, 4개 등 여러 개의 형상을 구현할 수 있는 방법이다. 고정된 한 개의 조명과 복합표현 구조 판의 회전에 의해 서서히 형상이 바뀌는 스토리텔링을 연출할 수가 있다. 이 원리를 통해서 각종 POP물, 옥외광고, 사인, 등 시각디자인의 영역을 확대 시킬 수가 있다.

아래의 <그림 188>, <그림 189>, <그림 190>, <그림 191>은 <그림 192>, <193>을 만들기 위한 가변형상 복합표현의 구조 그림이다. 그림자 속에서 거울반사를 통해 밝은 영역의 그림 형상을 A, B, C, D로 구분하여 표현할 수 있는 구조에 대한 설명이다. <그림 192>는 위치가 정해진 조명에 의해 구조판을 회전시켜 4개의 형상을 얻을 수 있는 구조의 복합표현 가변형상 원리이다.

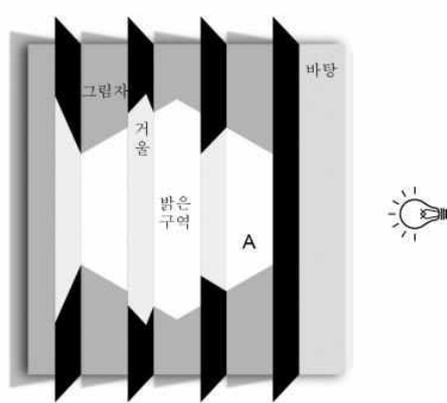


<그림 188> 복합표현 가변형상 구조 A

<그림 189> 복합표현 가변형상 구조 B

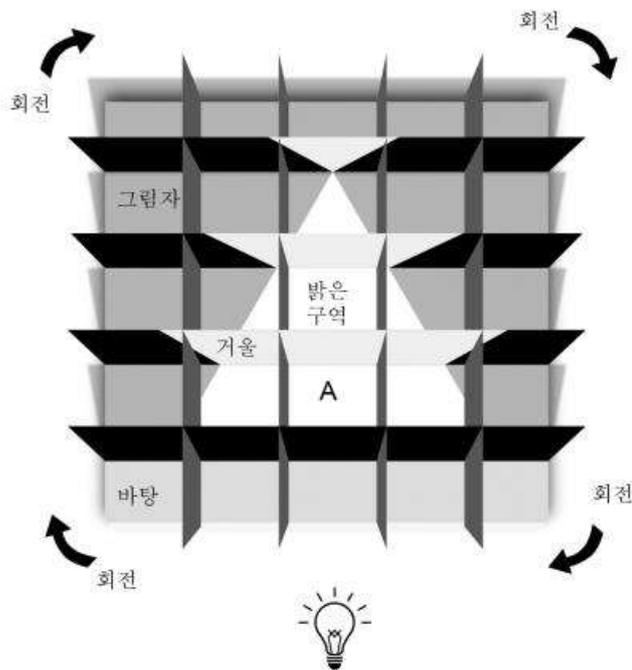


<그림 190> 복합표현 가변형상 구조 C

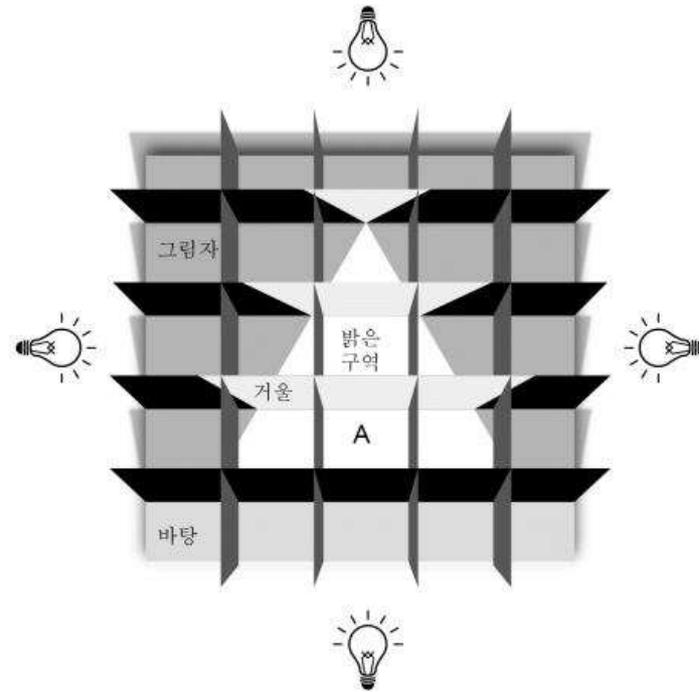


<그림 191> 복합표현 가변형상 구조 D

<그림 193>은 4개의 조명을 사용하여 각기 틀린 형상을 얻을 수 있는 구조의 복합표현 가변형상 원리이다.

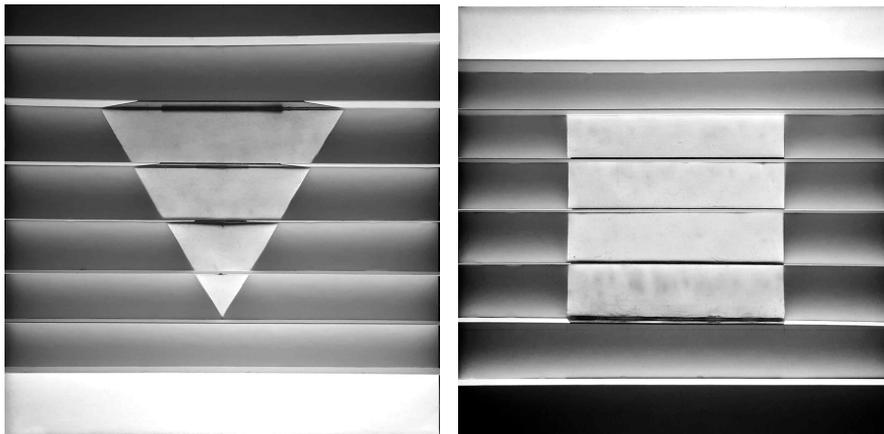


<그림 192> 구조판 회전에 의한 복합표현 가변형상 구조 A+B+C+D

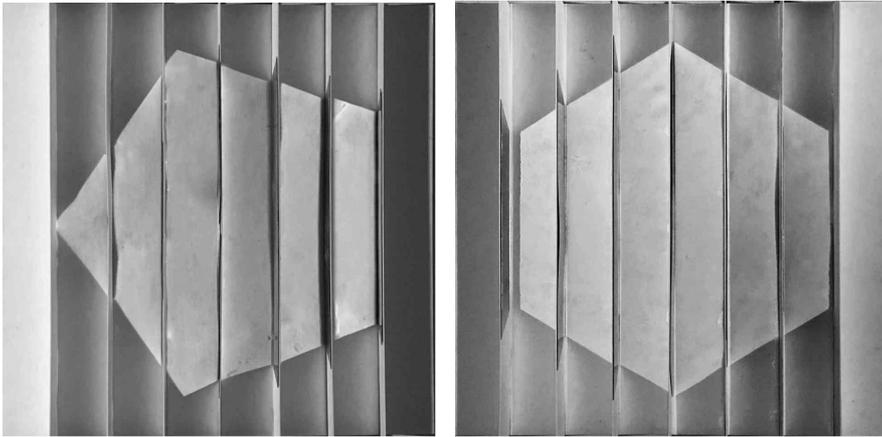


〈그림 193〉 조명 위치 변화 의한 복합표현  
가변형상 구조 A+B+C+D

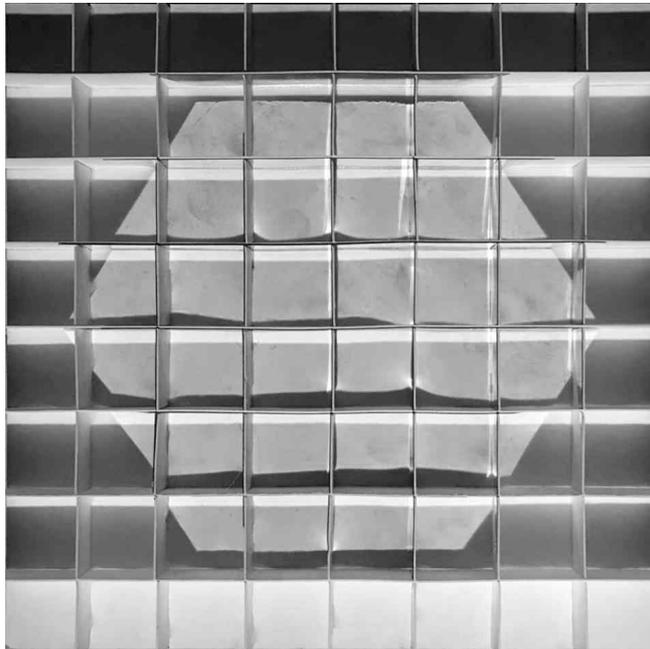
〈그림 194〉, 〈그림 195〉, 〈그림 196〉, 〈그림 197〉은 복합표현의 원리와 구조를 통해서 실험 제작한 그림이다.



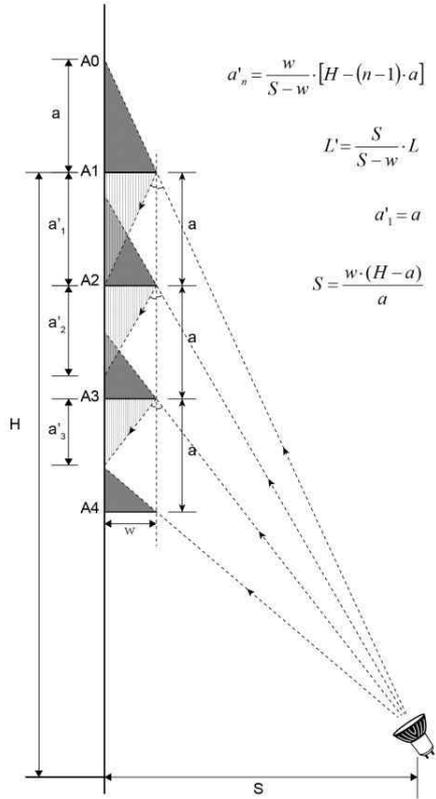
〈그림 194〉 복합표현 가변형상 실험 A    〈그림 195〉 복합표현 가변형상 실험 B



〈그림 196〉 복합표현 가변형상 실험 C    〈그림 197〉 복합표현 가변형상 실험 D



〈그림 198〉 복합표현 가변형상 실험 A+B+C+D



〈그림 199〉는 피사체의 간격과 높이가  
 같을 경우의 제작 방법이다. 이는 그림  
 자와 거울반사 상(像)의 면적이 같으  
 므로 피사체가 일률적인 형태로 배치  
 된다. 〈그림 199〉을 통해서 다음과 같  
 은 공식을 구할 수가 있다.  
 n의 수치가 높아지면 피사체의 높이  
 도 같이 높아진다.

$$a'_n = \frac{w}{S-w} \cdot [H - (n-1) \cdot a]$$

$$S = \frac{w \cdot (H-a)}{a} \quad a'_1 = a$$

$$L' = \frac{S}{S-w} \cdot L$$

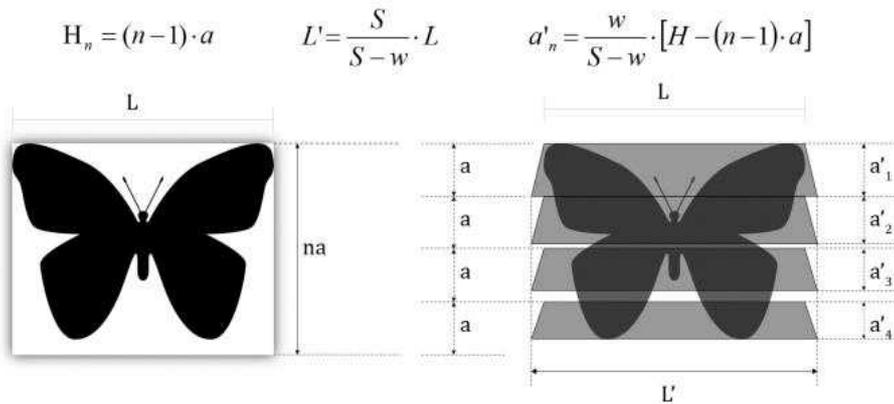
〈그림 199〉 가변형상을 위한 조명과 피사체  
 간격, 높이의 관계

〈그림 200〉은 위의 수학 공식에 의해 만들어진 알고리즘이다. 정해진 위치에 작품을 고정되어 있을 경우, 바닥과 첫 번째 피사체의 높이를 측정하여 입력한다. 점광원과 벽면의 수직, 수평적 거리를 측정하여 입력한다. 바닥에서 점광원과의 거리를 입력한다. 피사체의 높이 수치를 입력한다. 피사체의 수평적 길이를 입력한다. 위의 수치들을 입력하면 피사체의 개수와 간격의 수치가 자동으로 생성된다. 따라서 위의 수치에 맞추어 정해진 위치에 피사체 조각들을 세워서 부착하면 된다.

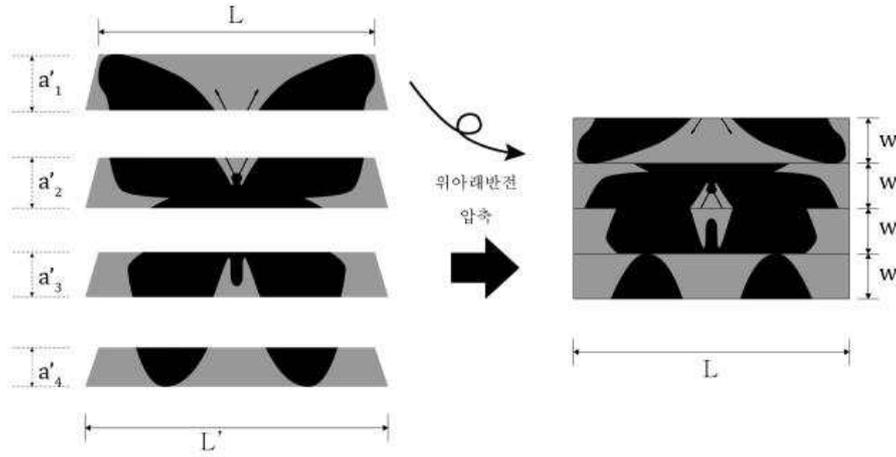
	A	B	C	D	E	F
1	첫 번째 피사체 높이	H		1600		
2	광원 높이	h0		250		
3	피사체 사이의 간격	a		25		
4	피사체의 높이	w		15		
5	피사체의 길이	L		200		
6	광원과 벽의 거리	S		825		
7						
8						
9	n	그림자 사이 거리 an'	그림자 길이 L'		피사체의 위치 An	
10	1	25		203.7037037		0
11	2	24.53703704				25
12	3	24.07407407				50
13	4	23.61111111				75
14	5	23.14814815				100
15	6	22.68518519				125
16	7	22.22222222				150
17	8	21.75925926				175
18	9	21.2962963				200
19	10	20.83333333				225

〈그림 200〉 피사체의 간격이 같고 높이가 같을 때의 알고리즘

〈그림 201〉은 원본 그림에서 L은 피사체의 폭에 해당하며 na는 그림 크기이다. a는 피사체의 간격이면서 거울반사 상(像)에 해당된다. 〈그림 202〉는 위에서 얻은 결과를 상·하로 압축하여 각각의 피사체에 붙일 거울 조각을 얻을 수 있다.



〈그림 201〉 복합표현기법에 의한 가변형상 제작 방법 A

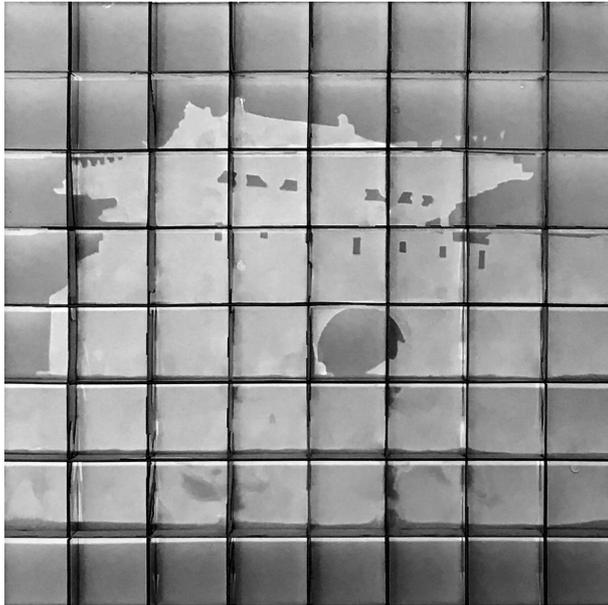


〈그림 202〉 복합표현기법에 의한 가변형상 제작 방법 B

위와 같은 작품 제작 과정을 통해서 다음과 같은 결과물을 얻을 수가 있었다. 아래 〈그림 203〉~〈그림 210〉은 성북구를 주제로 하여 4가지 이야기로 구성하였다. 성북구를 대표할 만한 건축물과 풍요롭고 윤택한 자치구를 표현한 복합표현기법 가변형상 작품이다.



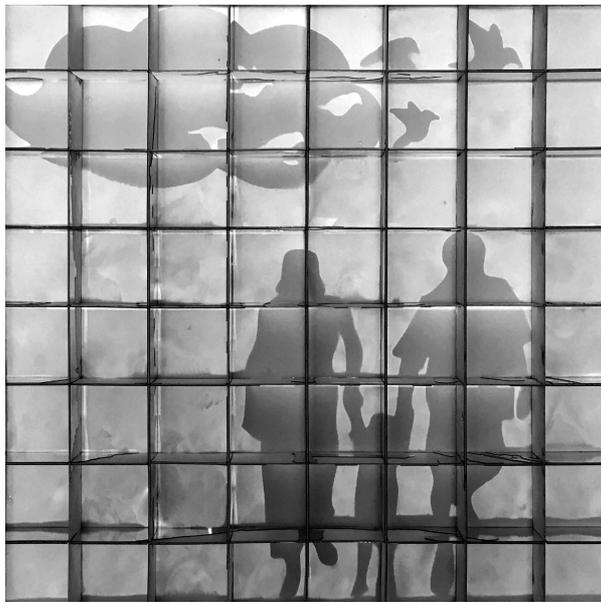
〈그림 203〉 복합표현기법 - 가변형상 A - 〈그림 204〉 복합표현기법 - 가변형상 A -



<그림 205> 복합표현기법 - 가변형상 B -



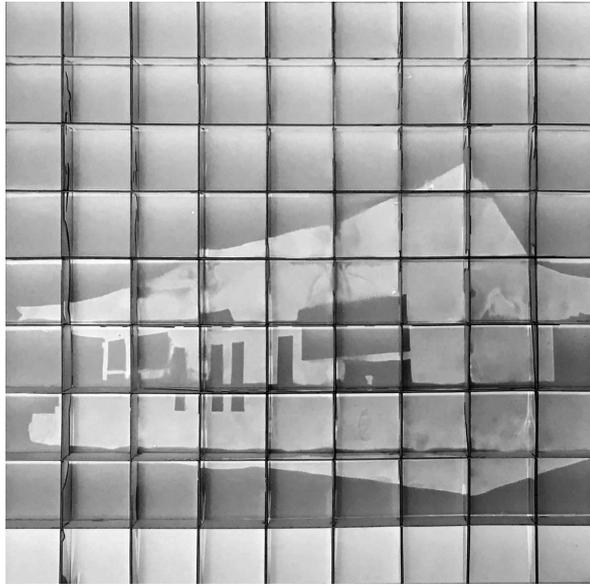
<그림 206> 복합표현기법 - 가변형상 B -



<그림 207> 복합표현기법 - 가변형상 C -



<그림 208> 복합표현기법 - 가변형상 C -



〈그림 209〉 복합표현기법 - 가변형상 D -



〈그림 210〉 복합표현기법 - 가변형상 D -

## VI. 결 론

본 연구는 빛의 물리적 속성과 조형예술로서의 거울과 그림자의 고찰을 통해 빛에 의해 구현되는 다양한 방식의 시각표현 유형을 분석하고 “복합표현기법”이라는 새로운 표현방법의 가능성에 대하여 검증하였다. 또한, 본 연구는 실증적 분석 대상이 되는 실험과 작품제작 방법을 중심으로 입체조형의 표현방법 유형에 대해 조형적으로 돌출하였다. 세 가지의 시각표현에 대한 분석과 실험을 시행하였으며, 실험 내용은 다음과 같다.

첫째, 그림자 시각 표현과 컴퓨터 알고리즘을 통한 작품 제작 방법, 둘째, 거울 반사를 통한 다양한 이미지 형상 규합과 컴퓨터 알고리즘 생성 방법, 셋째, 그림자와 거울 반사의 복합표현기법에 의한 이미지 생성 방법에 관한 실험과 작품 제작으로 나누어 진행하였다.

### 1. 그림자조형 표현기법 연구

빛에 의해 생성되는 그림자 형상 원리를 실험과 작품 제작을 통하여 규명하였으며 그림자의 물리적 현상이 대중에게 어떻게 예술작품으로 인식시켰는지를 알 수 있었다. 그림자 형상제작에 있어서 인공광과 태양광을 이용한 그림자형상 제작과 가변형상 제작 원리 및 방법을 제시하고, 기법들을 세부적으로 분류하였다. 이러한 연구를 통해서 그림자의 다양한 시각표현 방법과 그림자 가변형상의 가능성을 검증하였으며, 제작 방법론에 관해서도 많은 지견을 얻을 수 있었다. 또한 제작 원리 및 방법을 컴퓨터 알고리즘을 통한 제작 과정을 논의하였다. 첫째, 평행광원과 점광원의 그림자를 만드는 기하학적 계산구조 원리에 의해서 그림자 가변형상 제작 알고리즘을 제시하였다. 둘째, 알고리즘을 통한 그림자 가변형상 제작과정에 있어서 조명의 좌표 설정과 피사체의 간격, 높이, 수량 설정을 따라서 실제 작품 제작의 가능성을 검증하였다. 셋째, 수작업으로 제작 시, 시행착오로 인한 작업시간의 절감 가져올 수 있었으며, 또한, 조명의 좌표 설정을 통하여 설치 작업의 가변성을 얻을 수 있었다. 이처럼 자연현상과 인위적인 인공조명이 주는 자연스러우면서도 시간성에 의한 신비로운 그림자형상을 경험할 수 있었다.

## 2. 거울반사 표현기법 연구

거울의 반사는 형태에 따라서 도트형 거울반사, 각기둥형 거울반사, 원주형 거울 반사로 분류하여 거울 반사와 형상을 규합하는 과정 속에 수반되는 각종 시각적 원리를 실제 제작과 실험을 통하여 세부적으로 규명하였다.

첫째, 도트형 거울반사 연구는 단일형상의 제작과정을 설명하면서, 거울의 반사각 계산 알고리즘과 색의 축소 알고리즘을 제시하였다. 가변형상의 제작과정과 원리를 기술하였고, 시점의 변화에 따른 가변형상의 제작과정을 논의하였다. 또한 반사소스의 위치, 눈의 위치를 계산하는 알고리즘을 제시하였다.

둘째, 각기둥형 거울반사 연구는 각주(角柱)형 아나모르프즈 장방형(長方形) 반사 유닛의 반사광 착지점(着地点) 윤곽선을 계산하여 반사소스를 그려 넣는 방식이다. 디지털 알고리즘을 이용한 가변 형상 제작에 있어 각기둥 거울의 회전 그리고 시점의 변화, 두 가지 측면이 있음을 기술하였고, 각각의 알고리즘을 제시함으로써 수작업에서 정확하게 밝히지 못했던 각기둥 거울을 이용한 가변 형상 제작의 수학적 구조를 알 수 있었다. 이를 통하여 두 개의 가변 형상을 예로 기술하였지만 수학적 반사 원리를 이용한 알고리즘의 활용을 통해 네 개 이상으로 확장될 가능성을 열게 되었다.

셋째, 원주형 거울반사 연구는 반사소스의 형태와 각도 조절, 이미지의 분할 방법이 중심 원리로서 실험 및 연구 작품 제작을 통해서 새로운 형식의 거울 반사 원리의 제작 가능성을 제시하였다. 시각적으로 직접 보이는 영역과 반사를 통해서 볼 수 있는 영역을 동시에 볼 수 있는 원리를 이용하여 다양한 스토리텔링 연출이 가능하다는데 의미가 있다.

## 3. 그림자와 거울반사의 복합표현기법 연구

복합표현은 그림자와 거울반사 형태의 결합을 통한 형상 규합이다. 복합표현기법의 원리와 구조를 통해서 빛의 반대 방향에 생성되는 그림자 형상과 거울의 반사에 의해 생성되는 피사체의 형상은 1:1 비율의 면적을 가진다는 것을 알 수 있었다.

다음과 같은 공식을 통해

$$L' = \frac{S}{S-w} \cdot L \quad w_n = \frac{aS}{H-(n-2)a}$$

피사체와 점광원의 거리, 피사체와 바닥의 높이, 피사체크기와 점광원의 거리에 따라 그림자와 거울반사 상(像)의 변화가 생긴다는 것을 알 수 있다. 따라서  $W$ 와  $S$ 가 고정되어 있을 경우,  $L$ 과  $L'/a$ 와  $H$ 는 정비례하며,  $a$ 와  $L$ 은 무관하다는 사실을 알 수 있었다. 또한, 복합표현기법의 제작방법에 있어서 피사체의 높이가 같을 때와 피사체의 간격이 같을 때 제작 방법의 차이가 있다는 사실을 실험을 통하여 검증하였다. 또한, 가변형상에 의한 복합표현기법은 2개, 3개, 4개 등 여러 개의 형상 구현을 통해 서서히 그림이 바뀌는 스토리텔링 연출이 가능하다는 것을 실험을 통해 알 수 있었다.

본 연구는 빛, 그림자, 거울, 반사, 등의 다양한 주제로의 실험과 작품 제작방법 위주로만 설명하고 있다는 한계를 드러내고 있다. 하지만 본 연구는 그림자와 거울반사를 통한 복합표현기법의 형태표현이라는 새로운 방법을 제시함으로써 추후 기초조형 연구를 뒷받침할 수 있는 유용한 자료로서 역할을 할 뿐만 아니라 창의적 사고 및 새로운 시각표현의 사례로서 새로운 가능성을 제시할 것이라 믿는다.

이상과 같은 결과를 통해 그림자조형, 거울반사 시각표현, 복합표현기법을 이용한 입체조형을 활용한 다양한 분야(디스플레이, 환경그래픽, 빌보드 광고, POP, 옥외광고, 사인, 건축 등)와의 융합을 통해서 새로운 시각표현과 디자인 영역의 확대를 기대해 본다. 또한 예술과 과학의 결합을 통한 디지털 제작 방식의 새로운 시도라는 점에서 더욱 다양화된 조형예술 · 디자인 분야로의 확대와 새로운 가치 창출을 기대해 본다.

# 참 고 문 헌

## 1. 국내문헌

- 김진수 외. (2010). 빛을 활용한 조형표현에 관한 고찰. 『한국공예논총』.
- 김재원. (2009). 빛을 이용한 미디어 테크놀로지 아트의 조형언어에 관한 연구. 『한국디자인포럼』, Vol.24, No.-.
- 게어하르트 플룸페. (2007). 『현대의 미적 커뮤니케이션』. 경성대학교출판부.
- 나현주. (2008). 「거울유회를 통한 Digital Mirror제작 연구」. 국민대학교 석사학위논문.
- 벤 보버. (2004). 『빛이야기』. 서울: 웅진닷컴.
- 박유선. (2012). 「디멘션(Dimension)압축을 통한 추상적 그래픽 표현 연구」. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 심복섭. (2005). 반사에 의한 색채와 공간효과. 『기초조형학연구』, Vol.8, No.1.
- 송홍진. (2013). 「거울을 통해 본 보드레르의 작품세계」. 서울대학교 문학석사학위논문.
- 서승희. (2006). 「빛을 통해 형성된 그림자의 이미지 표현 연구」. 숙명여자대학교. 석사학위논문.
- 신문영. (2009). 공간에서 빛의 오브젝트화와 장이론의 적용 가능성에 관한 연구. 『한국공간디자인학회 논문집』, 제4권 2호, 통권 9호.
- 이정선. (2003). 「빛과 거울의 이미지를 통한 가변적 시지각 공간 표현」. 이화여자대학교. 석사학위논문.
- 윤재선. (2002). 『기초광학』. 서울: 두양사.
- 이지연. (2012). 「빛과 그림자를 활용한 무대디자인 표현특성에 관한 연구」. 홍익대학교 석사학위논문.

- 이주은. (2013). 「빛을 투명한 이미지의 시각적 조형성을 이용한 메시지 전달 방법에 관한 연구」. 서울대학교 석사학위논문.
- 오은경. (2008). 『뉴 미디어 시대의 예술』. 서울: 연세대학교 출판부.
- 임철규. (2004). 『눈의 역사 눈의 미학』. 서울: 한길사.
- 아사쿠라나오미. (1992). 『예술·디자인의 빛의 구성』. 서울: 조형사.
- 안승준 외. (2008). 『빛의 과학』. 서울: 홍릉과학출판사.
- 조열 외. (2014). 거울 반사 각 제어에 의한 가변형상 제작 연구 1. 『기초조형학연구』, Vol.15, No.1.
- 조열 외. (2014). 거울 반사 각 제어에 의한 가변형상 제작 연구 2. 『기초조형학연구』, Vol.15, No.2.
- 전신중 외. (2016). 아나모르포즈 형식의 이미지 재현원리에 관한 연구. 『기초조형학연구』, Vol.17, No.4.
- 전신중 외. (2016). 디지털 알고리즘을 이용한 각기동 거울반사 원리 연구. 『기초조형학연구』, Vol.17, No.1.
- 전신중 외. (2014). 빛과 그림자를 이용한 가변형상 제작에 관한 연구 2. 『기초조형학연구』, Vol.15, No.4.
- 전신중 외. (2014). 빛과 그림자를 이용한 가변형상 제작에 관한 연구 1. 『기초조형학연구』, Vol.15, No.3.
- 정 현. (2008). 「빛이 활용된 패션디자인의 조형성」. 홍익대학교 박사학위논문.
- 진중권. (2005). 『놀이와 예술 그리고 상상력』. 서울: 휴머니스트.
- 진중권. (1994). 『미학오디세이 I』. 서울: 새길.
- 주은우. (2003). 『시각의 현대성』. 서울: 도서출판 한나래.
- 장 보드리야르. (1992). 『시뮬라시옹』. 서울: 민음사.
- 최동신 외. (2006). 『입체+공간+커뮤니케이션』. 서울: 안그래픽스
- 크리스티안 폴. (2007). 『디지털아트』. 서울: 시공사.
- 프랭크 포빠르. (1999). 『전자시대의 예술』. 서울: 예경

## 2. 국외문헌

- 福田繁雄. (2000). 『福田繁雄のリックアート・トリップ』. 毎日新聞社
- 小林重順. (1978). 『造形構成の心理』. ダヴィッド社
- D. J. ワイントロブ. (1982). 『知覚』. 福材出版
- 下條信輔. (1996). 『視覚の冒険』. 産業圖書
- Popper, Frank. (1975). Die Kinetische Kunst. Licht und Bewegung, Umweltkunst und Aktion. Köln: M.DuMont Schauberg
- Andreas Haus. (1980). 『Moholy-Nagy : photographs and photograms』, (London : Thames and Hudson)
- H. Haken. (1981-1985) 『Light』, (Amsterdam ; New York : North-Holland Pub. Co. ; New York : Sole distributors for the U.S.A. and Canada, Elsevier North-Holland)
- J. Paul Getty Museum. (1995) 『Laszlo Moholy-Nagy : photographs from the J. Paul Getty Museum』, (Malibu, Calif : The J. Paul Getty Museum).
- Paola Antonelli. (2008) 『Design and the elastic mind』, (New York : Museum of Modern Art : Distributed in the U.S. and Canada by D.A.P./Distributed Art Publishers, 2008).
- Peter Weibel, Gregor Jansen. (2006) 『Light art from artificial light : light as a medium in 20th and 21st century art』, (Ostfildern : Hatje Cantz)

# ABSTRACT

## A Study of Visual Expression using Shadow and Mirror Reflection

Jeon, Shin-Jong  
Major in Visual & Digital  
Media Communication  
Dept. of Media Design  
The Graduate School  
Hansung University

Light is indispensable in our everyday life. Light controls the physical information that allows us to perceive the forms of all things and the psychological information that religiously and morally regulates emotions. If mathematical proportions of visual phenomena were the criteria of beauty in ancient Greece, in the Middle Ages, religious influences led to efforts in defining beauty in terms of the absolute presence of light and spirituality. In modern times, artists saw light as a subject of new scientific inquiry on natural and artificial visual objects. Since the twentieth century, the interest in light heightened to create a variety of expressive methods, which has led to greater use of light in the field of design.

It is for this reason that the present work focuses on the element of 'light', that is, because of the potential use of forms created by light as effective

means for delivering visual information. The shapes formed by light are reproduced and utilized through various methods such as light reflection, refraction, contrast, and color, coupled with the physical properties of the material used.

The purpose of this study is to analyze the types of three-dimensional expression using the characteristics of light and to propose them as visual expressions so as to study and develop new methodologies for three-dimensional expression that reflect the changes in the 21st century design paradigm. To this end, we first examined the physical properties of light, and investigated representative works of artistic periods which emphasized light expression as well as the possibility of utilizing the visual expression of mirrors and shadows in field of design.

From this theoretical background, we focused on experimentations that make use of 'reflection' among various physical characteristics of light. Empirical analysis was conducted on the following: 1) a method of producing works based on shadow visualization and computer algorithms, 2) a method of combining various images and creating computer algorithms based on mirror reflections, and 3) a method of composing images through a composite expression technique using both shadows and mirror reflections, which included both experimentation and work production. The composite expression technique used in this study is a new visualization technique that uses mirror reflection to create bright areas in the shadow of the subject and combines the forms in the bright areas into a single image.

Through the experimentations and work production illustrated above, we were able to identify the following principles. First, by developing various shadow visualization methods, we were able to examine objectively the possibilities of variable shape production and obtain new knowledges about the production method. In addition, we were able to verify the production method and principle by using computer algorithm in the production process. Second, we classified mirror reflection into dot-type, prismatic-type, and column-type

according to their forms, and uncovered in detail various visual principles in the course of experimentation and actual work production. Third, we experimentally verified that when applying the composite expression technique, the production method differs for cases when the height of the subject is the same as well as when the distance of the subject is the same.

In sum, this study suggests a new way of expressing forms through a composite expression technique using shadows and mirror reflections, thereby not only presenting an useful reference for future basic design studies but also providing an example of creative visual expression that can be of assistance in providing new directions and possibilities for future explorations. In addition, by experimenting with digital production methods that combine science and art, this study expands and diversifies the field of visual modeling and design to create new values.

KEYWORD : light, shadow, reflection mirror, variable shape, composite expression technique, viewpoint, subject, source of reflection, algorithms