미술작품을 통한 미술교육: 수학 원리를 중심으로

Art Education through Artwork: Focusing on the Mathematical Principle

정경철

한남대학교 미술교육과

Kyung-Chul Jeong(jkc1199@hnu.kr)

요약

미술작품이나 건축물에 수학 원리가 내재해 있다. 중등학교 학생들이 미술작품에서 이러한 원리를 찾는 일은 중요하다. 하지만, 미술작품이나 건축물에 내재한 수학 원리를 찾는 것 자체만의 학생 활동은 미술교육 본연의 목적을 달성하기 어렵다는 것이다. 그러므로 미술 교육의 목적을 달성하기 위해서는, 미적 체험과 작품 감상을 통하여 학생들 스스로 미술작품에서 수학 원리를 찾고, 이 원리를 응용한 새로운 작품을 구성하고, 감상하고, 표현하는 활동이 필요하다는 것이다. 이러한 관점에서, 본 논문에서는 수학 원리가 내재한 몇 몇 미술작품이나 건축물을 조사하였다. 그리고 학생 스스로 미술작품에서 수학 원리를 찾고, 이 원리를 이용하여 새로운 작품 구성 활동 능력을 기대할 수 있는 프로그램 모델을 구성하였다. 또한, 수학 원리가 내재한 Escher의 작품을 예로 들어 프로그램에서의 교사활동과 학생활동을 가상적으로 구성하였다.

■ 중심어 : | 미술작품 | 수학 원리 | 미술교육 프로그램 |

Abstract

Mathematical principle is present in artwork or architectural building. It is important for middle school students to find these mathematical principles in artwork. But it is difficult to achieve original purpose of art education through student activity that only looks for mathematical principle present in artwork and architectural building. Thus, it is necessary for students to have activities to find mathematical principle in artwork for themselves through artistic experience and appreciation of artwork and to create, appreciate and express new artwork to which they apply the mathematical principle. In this article, I researched a couple of artwork or architectural buildings from this point of view in which mathematical principle is present. I also developed hypothetical teacher activities and student activities for program by providing artwork of Escher in which mathematical principle is present as an example.

■ keyword : | Artwork | Mathematical Principle | Art Education Program |

I. 서 론

그리기와 만들기 같은 미술활동은 조형미를 추구하는 감성적인 창의력과 심미적인 공간감을 요구하는 평면활동이면서도, 도형의 반복적인 배열과 분리, 확대 및 축소와 같은 미술활동은 과학적 원리를 추구하는 논리적인 창의력과 기하학적인 공간감을 요구하는 공간위주의 활동이라고 할 수 있다[2]. 공간능력은 미술뿐만 아니라 지도, 길 찾기, 기하, 수 측정 및 수학 능력, 동작,

* 이 논문은 2010년도 한남대학교 교비학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었습니다.

접수번호 : #100125-004

접수일자 : 2010년 01월 25일

심사완료일 : 2010년 03월 24일

교신저자 : 정경철, e-mail : jkc1199@hnu.kr

언어, 과학 등의 여러 분야와 밀접하게 관련되어 있다[13]. 따라서 미술도형 활동은 미술의 조형미와 도형의 과학적 원리를 동시에 추구하는 종합 학습활동이자 창의력과 공간능력을 요구하는 다중 기능적 정신활동[2]이라 할 수 있다.

아울러 미술활동이 여러 분야와 관련되어 있지만, 특히, 수학과의 연관성을 찾아 볼 수 있다. 이를 뒷받침해 주고 있는 수학적 원리는 여러 시대 걸쳐 작품 속에 나타나 있다. 이집트의 피라미드, 아테네의 파르테논 신전, 1514년 알프레히트 뒤러의 판화 <멜랑콜리아>, 피렌체의 건축가 브루넬레스키(Filippo Brunelleschi, 1377~1446)의 투시화법, 프랙탈과 관련된 작품, 지오데식 돔으로 만들어진 건축물 등 다양하다. 고대에서 부터 현대에 이르기까지 예술가들이 수학적 원리를 이용하였다는 것은, 중등교육에서 미술이 수학과 동떨어진 별개의 과목으로 인식되어 가고 있는 현실에서 제고해 보아야 할 가치가 있을 것이다. 따라서 다양한 미술작품들이 지니고 있는 예술성뿐만 아니라 수학적 원리를 이용한 미술작품들은 미술교육에서 좋은 학습 자료로 활용성이 높다고 할 수 있다.

본 논문에서는 미술작품, 건축물에서의 수학 원리를 고찰하였다. 그리고 학생들 스스로 미술작품, 건축물에 내재한 수학 원리를 찾아내는 과정을 통하여 미적 체험이나 작품을 감상하고 표현할 수 있는 능력을 기르고, 수학 원리를 이용한 미술작품의 산출을 기대할 수 있는 예시적인 프로그램을 구성하여 보았다.

II. 미술 작품에서 수학 원리

1. 예술과 수학 원리의 관심

르네상스 이전에도 원근법이 있었으나 수학적인 비례에 맞지 않는 비율로 그려졌다. 르네상스 화가들은 눈에 보이는 대로 사물을 사실적으로 표현하기 위해 수학적 원리를 회화에 적용시켰고, 투시화법이라는 르네상스 미술의 화풍을 만들었다[4]. 르네상스 예술이 중세의 예술과 다른 중요한 점은 삼차원 공간의 물체를 평면에 나타내는 데 투시화법을 사용한 점이다. 피렌체의 건축가 브루넬레스키(Filippo Brunelleschi, 1377~1446)는 투시화법에 대단히 주목했다고 전해지지만, 투시화법에 대한 정식 기술은 알베르티(Leon Battista Alberti, 1404-1472)의 1435년 논문 <회화에 대하여>(Della picture)에서 나타났다. 알베르티는 먼저 원근법의 원리에 관한 일반적인 해설에서 시작하여 수평인 '기평면(基平面)' 위의 정사각형의 집합을 수직인 '입화면(立畵面)'에 그리는 자신이 고안한 방법을 설명하고 있다

기평면에서 길이 h 만큼 위에 있고, 입화면에서 길이 k 만큼 앞에 있는 '정점(定點)' S을 본다. 이때 기평면과 입화면이 만나는 직선을 '기선(基線)', S에서 입화면에 내린 수선의 발 V을 '시심(視心또는 主消點)', V을 지나서 기선에 평행한 직선을 '소선(消線 또는 수평선)', 이 소선 위에 있고 V로부터 k 만큼 떨어져 있는 점 P와 Q을 '거리점(距離點)'이라한다. 기선 RT을 따라 같은 간격으로 구분 짓는 점A, B, C, D, E, F, G을 잡고, 그 점들과 V를 각각 직선으로 연결한다. 단, 이때 D는 S와 V을 지나는 수직평면과 기선 RT의 교점으로 잡는다[그림 1]. 그러면 S을 중심으로 하여 그 직선군을 기평면에 투영하면 그것들은 같은 간격의 평행 선분의 집합이 될 것이다. 또 P(또는 Q)를 B, C, D, E, F, G와 연결하여, AV와 점 H, I, J, K, L, M에서 만나는 직선군을 만들고 이 점들로부터 AV위에 기선 RT에 평행하게 각 직선을 그으면, 입화면 위의 사다리꼴의 집합은 기(본)평면 위의 정사각형의 집합에 대응할 것이다.

투시화법을 한 걸음 더 발전시킨 사람은 이탈리아의 프레스코 화가프란체스카(Piero della Francesca, 1410 무렵~1492)로 그 성과는 그의 <화면의 원근법>(De prospective pinged, 1478년 무렵)에 실려 있다. 곧 알베르티가 기평면 위의 수평 도형을 입화면 위로 옮기는 일에 열심이었던 반면, 프란체스카는 삼차원의 물체를 정점에서 보았을 때의 형태를 화면 위에 그리는 더 복잡한 문제를 다루었다. 예술과 수학의 이러한 강한 결합은 레오나르도 다빈치(Leonardo da Vinci)의 저작에서도 볼 수 있다[5]. 다 빈치의 '최후의 만찬'은 원근법

을 잘 보여 주고 있는 작품이다.

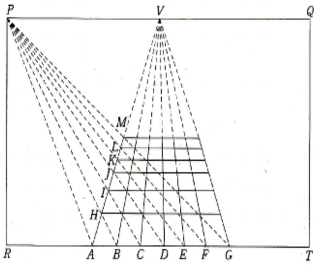


그림 1

수학적 관심과 예술적 관심의 예는 다빈치와 동시대 사람인 베르너와 같은 뉘른베르크에서 태어난 알브레히트 뒤러(Albrecht Dűrer, 1471~1528)에게서도 보인다[5]. 그는 1525년에 <측정법>, 1528년 <인체비례론>을 통해 원근법 이론을 설명하고 있다. 뒤러는 화가와 모델 사이에 한 장의 투시화면을 세워 모델로부터 화면을 통해 오는 시선을 따라 화면에서 절단되는 단면을 그리면 정확한 화상이 얻어질 수 있다는 생각을 하고 이를 작품 속에 담아냈다[4][12]. 1514년에 유명한 판화 『멜랑콜리아』[그림 1-1])에서는 마방진(magic square)이 또렷하게 새겨져있다. 뒤러의 수학에 관한 관심은 산술적이라기보다는 훨씬 기하학적 이었다. 그것은 그의 저작 『원과 직선에 의한 평면과 입체도형의 구적법에 관한 연구』(Investigation of the Measurement with Circle and Straight Lines of Plane and Solid Figures)에 나타나 있다[5].

그림 1-1

예술가들이 수학에 큰 공헌을 하지 못하였을지라도, 미술 작품에서의 수학 원리는 예술가들의 수학에 대한 관심을 나타내고 있는 것이다. 예를 들면, 레오나르도 다 빈치[5]는 자주 수학자로 생각되었지만 산술, 대수나 기하학에서 중요한 공헌을 하지 못했다. 그러나 그의 공책에는 활꼴의 구적법, 정다각형의 작도, 무게 중심이나 이중곡률 곡선에 대한 고찰 같은 것들이 보이는데, 그를 가장 유명하게 한 것은 수학을 과학이나 투시화법에 응용한 것이었다. 다 빈치는 여러 방면에 뛰어난 르네상스인의 전형으로 그려지는데 수학 이외의 분야에서 그런 평가는 충분한 근거가 있다. 다 빈치는 대담하고 독창적인 사고를 하는 천재였고 예술가인 동시에 행동력과 사고력을 갖춘 사람이었다.

2. 미술 작품(그림, 조형물, 건축물 등)에서의 수학 원리와 그 활용

문명이 도래된 이후 현재까지 여러 시대에 걸쳐 예술가들의 다양한 작품 활동이 이루어져왔다. 이 작품들 중 몇 몇 작품이나 건축물에서 수학적 원리를 알아보았다.

2.1 신석기 시대의 기하학적 패턴

초기의 그림 문자로 남긴 기록은 끊임없이 양식화되어 더욱 간단한 기호를 한 줄로 이어가게 되었다. 진흙이 풍부한 메소포타미아에서는 부드러운 점토판 위에 뾰족한 도구로 쐐기꼴의 표시를 찍고, 그것을 가마나 태양열로 태워 굳게 하였다[5]. 신석기 시대의 사람들은 도기를 굽고 색깔을 칠하는 것, 골풀을 땋는 것, 바구니와 직물을 짜는 것, 후에는 금속으로 작업을 하는 것 등을 통해 평면과 공간의 관계에 대하여 탐구하였다[8].

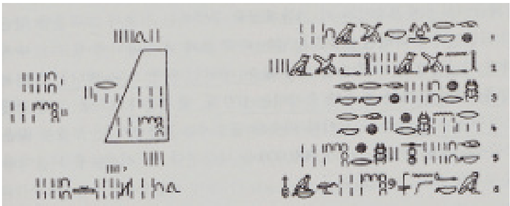


그림 2. 모스크바 파피루스의 일부로 사각뿔대의 부피를 구하는 문제를 보여주는 부분과 거기에 표시되어 있는 신성문자

그리고 알렉산드리아에서 가까운 고대의 항구로 로제타에서 발견된 커다란 문자판은 여러 가지 그림들이 나타나 있는데, 이는 이집트의 신성문자로 쓰인 명수법으로[그림 2], 수직 막대 하나는 1을 나타내고, 거꾸로 된 반원인 쪽문 또는 발뒤꿈치 뼈는 10을, 대문자 C와 비슷한 올가미는 100을, 연꽃은 1,000을, 구부러진 손가락은 10,000을 올챙이와 비슷한 물고기는 100,000을, 무릎을 꿇은 사람(아마영원(무한)의 신)은 1,000,000을 나타낸다[5].

신석기 시대의 장식은 합동, 대칭, 닮의 관계를 드러내는 데 일조하였다. 삼각수나 성스러운 수를 표현하는데 선사시대의 패턴에서 보듯이 수 사이의 관계가 내제되어 있었다는 것이다. 도기류나 작물류, 바구니 공예에서 볼 수 있는 흥미로운 기하학적 무늬의 예[그림 3-6]를 볼 수 있다. 보스니아에서 발견된 신석기 시대의 도기와 메소포타미아 우르(Ur) 시대의 예술품[그림 3], 기원전 4000-3500년경 왕조 이전 시대의 이집트 도기에 나타난 무늬 [그림 4], 기원전 1000-500년경 중유럽 할슈타트 시대의 유고슬라비아 근처의 막대기로 만든 집에 거주하던 사람들이 사용하던 패턴[그림 5] 삼각형으로 채워진 정사각형, 원으로 채워진 삼각형으로 헝가리 쇼프론 근처의 무덤에서 발견된 유골 단지에 있는 무늬[그림 6]이다. 아름다운 패턴의 예는 크레타 문명과 초기 그리스 문명의 디플론 항아리, 후에는 비잔틴과 아라비아의 모자이크, 페르시아와 중국의 색실로 짠 주단에서 볼 수 있다[8].

이러한 예들 [그림 2-6]에서 기하적인 패턴이나 비례, 대칭을 엿볼 수 있으며, 더 나아가 무늬들을 확장하였을 때 산술적인 알고리즘이나 미적인 패턴 등을 고려할 수 있다. 그러므로 [그림 3-6]과 같은 여러 가지 예들에서 문명과 미술, 미술과 기하(도형)를 고려할 수 있는 교육 자료로서의 활용가치가 있다는 것이다.

그림 3

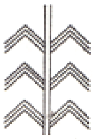


그림 4

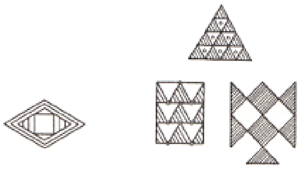
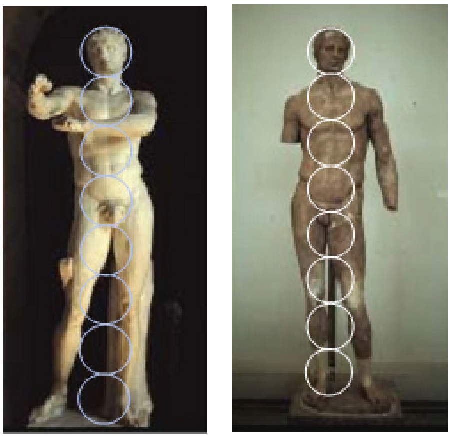


그림 5 그림 6

2.2 황금분할

황금 분할은 건축물이나 조형물(미술 작품)에서 찾아볼 수 있다.

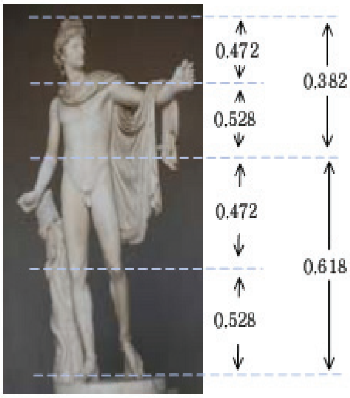


리시포스〈아폭시오메노스〉로마시대 복제품 리시포스〈아기아스〉로마시대 복제품

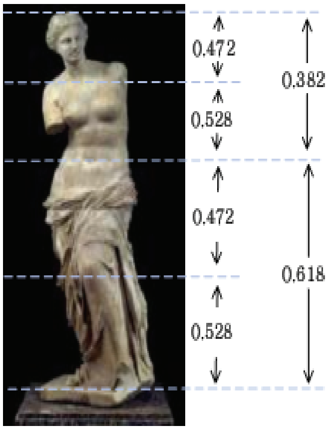
그림 7

고대 이집트 예술 규범의 인물상은 정방형 그물망으로 구성된다. 특히, 후기 규범은 신장은 22단위, 발 길이는 3 또는 $3\frac{1}{2}$ 단위로 분할되고, 머리의 윗부분은 다양하게 한다. 윗머리를 제외한 머리는 3단위이므로 신장은 머리의 6~7배이다. 인물의 형태는 머리와 발은 측면, 어깨와 다리는 정면으로 그려져 있다. 8등신 인체비례는 배꼽을 중심으로 상체와 하체의 길이 비가 황금비를 이루며, 상체에서는 어깨선이, 하체에서는 무릎에서 다시 황금비를 이루고 있다[그림 7]. 그리고 고대로부터 현대에 이르기까지 인체비례의 보편적 규범은 $0.382 : 0.618$ 과 $0.472 : 0.528$ [그림 8]을 이루고 있

다[4][7].



〈벨베데레의 아폴론〉 로마시대의 복제품



〈밀로의 비너스〉 (BC 130-120)

그림 8

황금비를 이루고 있는 것으로 이집트의 피라미드와 파르테논 신전에 찾아 볼 수 있다. 이집트에 있는 기제의 피라미드의 옆면의 삼각형[그림 9]은 황금비를 이루고 있다는 것이다($\overline{AH}:\overline{BC}=5:8$, $\overline{AF}:\overline{BF}=8:5$ 그리고 파르테논 신전[그림 9-1]에서 기둥 위의 부분과 기둥의 높이의 비는 1:1.618·로 황금비를 이룬다.

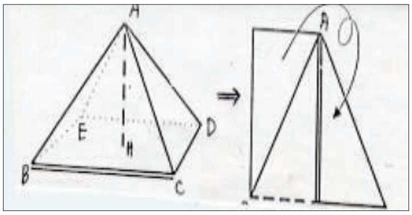


그림 9. 피라미드

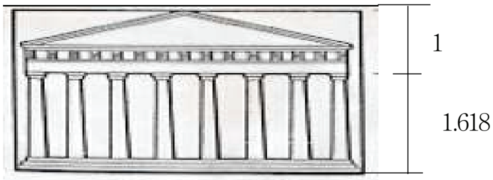


그림 9-1. 파르테논 신전

황금비를 이루는 작품은, 고대 이집트의 튜닉, 아즈텍의 장신구, 레오나르도 다빈치의 모나리자, 웨일즈의 러브스픈, Monfrian′s의 직사각형, 피카소의 Post 등 다양하다[9].

위에서는 황금비를 이루고 있는 미술작품이나 건축물의 예를 들었다. 황금비에 대한 정의와 수학적인 예를 살펴보면 다음과 같다.

[그림 9]에서 직사각형 ABCD에서 정사각형 ABEF를 잘라낼 때, 처음의 사각형 ABCD와 사각형 FECD가 닮음 꼴이면 사각형 ABCD의 두 변의 비 $\overline{AD}:\overline{AB}$을 황금비라 한다. 식으로 써서 황금비를 구하면,

$\overline{AB}=b$, $\overline{AD}=a$라 할 때,

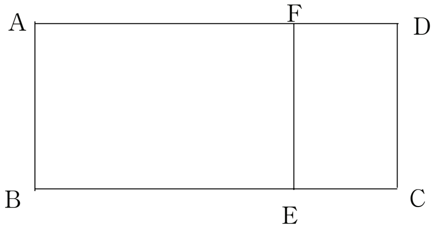
$a:b = b:(a-b)$ 이고

$a^2 - ab = b^2$, $a^2 - ab - b^2 = 0$

$$\therefore \left(\frac{a}{b}\right)^2 - \frac{a}{b} - 1 = 0$$

여기서, $\frac{a}{b} > 0$ 이어야 하므로 $\frac{a}{b}$ 의 값을 구하면, $\frac{a}{b} = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \fallingdotseq 1.618034\cdots$ 이다.

따라서 황금비는$(1+\sqrt{5}):2$ 이다. 이것을 보통 1.618:1로 사용한다. 흔히 사용하는 5 : 3 과 8 : 5는 개략적인 비를 말하고, 5 : 3 보다는 8 : 5 가 황금비에 더 가까움을 알 수 있다.



2.3 정다면체와 미술 작품, 건축물

정다각형은 각 면이 모두 합동인 입체도형이고, 각 꼭지점에 모이는 면의 개수가 모두 같은 볼록한 다면체를 정다면체라 한다. 정다면체에는 정사면체, 정육면체, 정팔면체, 정십이면체, 정이십면체의 다섯 가지가 있다. 정팔면체를 아래 [그림 10]처럼 가운데 정사각형이 같은 평면을 이루도록 배열한 후 평면 위의 두 꼭지점을 연결하면 정팔면체 사이의 공간이 정사면체를 이루고, 아래쪽도 마찬가지로 정사면체를 이룬다. 이러한 구조물들은 인천국제공항, 지하철역, 고속도로 휴게소 등에서 볼 수 있다.

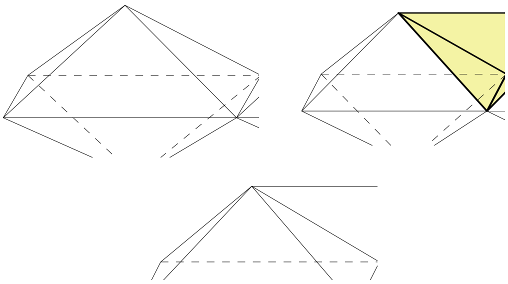


그림 10

일반적으로 정이십면체의 각 모서리를 n등분하여 각 면을 n개의 정삼각형으로 나눈 뒤, 이 도형을 '부풀려서' 모든 꼭지점이 입체의 중심에서 같은 거리에 오도록 만든 다면체를 'n단계 지오데식 구면'이라고 한다.

대전 국립 중앙 과학관의 천체관

엑스포 과학 공원의 조형물

그림 11

n 이 짝수 일 때는 칼로 반을 자르듯이 똑 같은 두 개의 입체로 나눌 수 있으며, 각각을 'n단계 지오데식 돔'이라고 한다. 지오데식 돔으로 만든 건축물은 대전 국립 중앙 과학관의 천체관, 엑스포 과학 공원의 조형물, 엑스포 과학 공원의 자연 생명관[그림 11] 등에서 볼 수 있다

Escher의 작품에서도 정다면체를 찾아 볼 수 있다. 그는 목판화인([그림 12], 4 개의 입방체) 풀라톤의 입방체를 가운데 4개를 대칭성을 유지하게 하면서 중복 교차시키고 있다. 각각이 구분될 수 있도록 내부를 투명하게 만들었다. '질서와 무질서(Order and Disorder)'에서 각뿔을 붙인 정12면체의 현란한 모습([그림 13], 질서와 무질서)을 볼 수 있다[10].

그림 12

그림 13

그 외 Escher의 작품 중 Circle Limit Ⅲ([그림 14], 1959 작품)에서는 비유클리드 기하와 관련하여 4개의 곡선으로 된 사각형과 3개의 곡선으로 이루어진 삼각형으로 고려할 때 곡선으로 이루어진 사각형과 삼각형의 수는 알고리즘을 구성한다는 것이다. 그가 수학에서 topology 개념에 까지 연구를 하였다는 것[14]을 볼 때, 수학에 대한 관심이 매우 깊었다는 것을 알 수 있다.

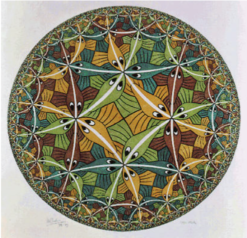


그림 14

2.4 프랙탈과 미술 작품

프랙탈은 만델브로트(Mandelbort)가 '프랙탈한 대상 모양, 우연, 차원'이라는 책을 출판하면서 세상에 알려지게 되었다. 그것의 기본적 개념은 '물체를 아무리 크게 하거나 세분한다 하더라도 본래 물체가 가지고 있던 모습이 계속 유지된다는 이론'이다. 만델브로트가 수학자였기 때문에 프랙탈 이론은 기본적으로 수학에서 출발하였다. 그러나 현 시점에서 프랙탈 이론 및 그 속성은 우리의 일상생활 속에 늘 존재하고 있으며, 수학, 물리, 화학, 생물, 지리, 사회과학, 미술, 건축, 철학 등 전 학문에 걸쳐 넓은 응용범위를 가지고 있다[3]. 이러한 프랙탈에 대하여, 류시천과 윤찬종은 프랙탈 속성을 수학, 물리, 미술, 철학의 4가지 분야에서 프랙탈 개념을 설명하고 있는데. 미술적 견지의 프랙탈을 '미학적 특성을 갖는 상상력의 세계와 수학적 성질이 객관적으로 정의되는 프랙탈의 세계는 겉으로는 조화되지 않은 것 같지만 근본적인 특징은 견고하게 연결되어 통합된 이원성의 관계에 있다'고 설명하고 있다.

20세기에서 프랙탈의 응용은 다양한 작품을 가능하게 하였다. 프랙탈은 Escher의 작품에서 찾아볼 수 있는데, 류시천・윤찬종[3]은 Escher의 작품에서 파악되는 프랙탈 속성을 평면과 입체 사이의 경계, 하나의 물체와 또 다른 물체사이의 경계를 통해 표출시키는 정수 차원이 아닌 '소수차원(fractal dimension)'속성, '자기 유사성(self-similarity)'속성, '재귀순환성(recursiveness)', '무한성(infinity)'으로 설명하고 있다. Man -del Frui는 만델브로트 형상을 응용한 작품으로 불규칙하고 기이한 형상, 화려한 색상 등으로 흥미를 유도하였다. 그리고 Janet Parke의 작품은 기존의 프랙탈 이미지와 회화적인 요소를 가미하여, 프랙탈 이미지의 원류인 만델브로트나 줄리아 이미지에 충실하면서도 사물이나 자연현상을 잘 재현하고 있다. 만델브로트와 함께 작업을 했던 Ken Musgrav는 프로그래머였으나 훗날 컴퓨터 아티스트로 두각을 나타낸 인물이다. 그는 모든 작품을 컴퓨터 프로그램을 창작하였는데, 이러한 작품들을 켄은 'Algorithmic Art'라고 불렀다[11].

3. 작품 감상을 통한 수학 원리의 고찰과 미술 교육의 가상적인 예

3.1 프로그램

미술교과와 다른 교과와의 통합적 실천은 다양하게 고려할 수 있을 것이다. 여기에서는 학생들 스스로 미술작품이나 건축물에 내재한 수학 원리를 발견하는 예시 프로그램을 구성하여 보았다. 이러한 예시 프로그램을 통하여 미적 체험과 작품의 감상과 표현, 수학 원리를 이용한 미술 작품을 산출할 수 있는 능력을 기를 수 있을 것으로 기대된다.

여러 가지를 고려할 수 있겠지만, 여기서는 하나의 예시 프로그램을 설정하여 보았다. 제시된 프로그램에 따른 개괄적인 설명은 다음과 같다.

미술 작품(건축물 포함)에서 수학 원리가 내재한 작품을 선정하고 이러한 작품 속에 내재한 수학 원리와 미술 교과의 통합적 교육 내용 구성의 타당성을 조사한다. 타당성 조사에서는 미술 교육과정에서 요구되는 미적체험, 표현, 감상과 관련한 타당성을 검토하고, 미술 교육과 수학 교육과정 간의 학년별 수준을 준수하고, 본연의 미술 교육의 목적을 벗어나지 않는 범위에서 미술 작품 속에서의 수학 원리를 찾고, 이를 미술 교과와 수학 교과를 연결시킬 수 있는 내용으로 구성한다. 구

성된 내용을 토대로 학생들이 포토폴리오를 작성하면서 미술과 수학의 관련성 및 타 교과와의 관련성을 이해하고, 학생 스스로 미적 체험 활동을 할 수 있는 주제를 선정하여 감상하고 비교 분석할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 계획을 세운다. 계획을 구성하는데 있어서 미술 교육에서의 교육적 효과를 고려한다. 교육적 효과에서는 학생들의 정의적·인지적 영역에서의 효과를 가져 올 수 있도록 한다. 그리고 학생들의 포토폴리오를 평가 할 수 있는 객관적 평가 기준을 설정하고, 교육적 효과를 고려할 때 미술 교육의 본연의 역할을 침해하지 않는 범위 내에서의 역할을 재고한다.

이와 같이 구성된 프로그램을 교사는 실행하고, 학생들은 프로그램에 따라 작품을 감상하고 작품 속에서의 수학 원리를 스스로 찾아 일차적인 포트폴리오를 구성한다. 교사는 일차적으로 구성된 포토폴리오를 평가하고, 평가한 내용을 중심으로 학생 활동 지도를 통하여 다음 포토폴리오 제작에 도움을 줄 수 있도록 한다. 학생은 교사의 일차 포토폴리오의 평가에 대한 내용을 파악하고 차후 포토폴리오의 제작에서는 향상된 활동이 이루어지도록 노력한다.

교사는 [그림 15]과 같은 과정의 피드백을 실시하여 학생들 스스로 미적 체험 활동을 통한 주제를 선정하고, 선정한 작품 속에서의 수학 원리를 발견할 수 있는 능력을 기를 수 있도록 하고, 수학 원리를 이용한 미술 작품을 산출할 수 있도록 한다. 초기 프로그램 실행에서, 학생 개별적으로 작품 속에서 수학 원리를 찾아내고 수학 원리를 이용한 작품 구성을 구성한다는 것은 어려움이 따를 수 있다. 그러므로 프로그램의 실행에서 교사는 팀을 구성하여 팀별 포토폴리오의 구성을 하도록 하고, 이러한 과정들에 익숙해지고, 활동할 수 있는 능력이 어느 정도에 도달하였을 때에는 개별적인 과정을 통한 실행으로 이행하는 것이 좋을 것으로 보인다.

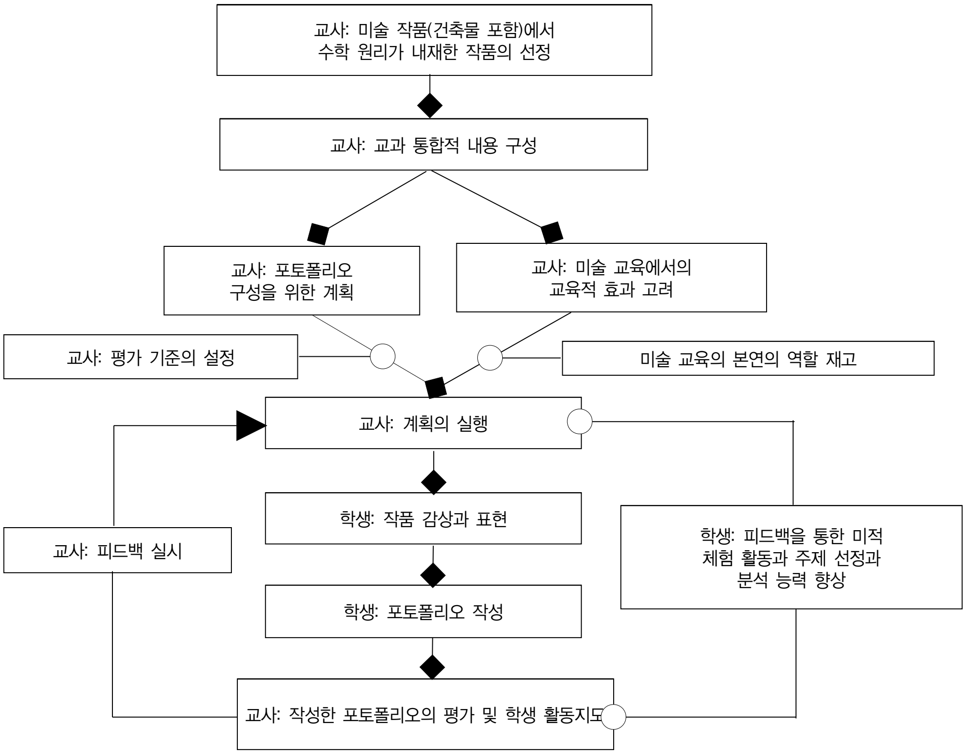


그림 15

3.2 프로그램의 예시

Escher의 작품([그림 16], 4 개의 입방체)을 프로그램 [그림 15]과 관련하여 간략하게 가)에서 마) 단계별로 예를 들어 제시하였다.

그림 16

가. 교사의 주제 설정과 과제 제시

Escher의 작품[그림 16]을 소개하고 학생들에게 Escher에 대한 정보를 수집하고(수집방법: 인터넷이나 책자 등을 활용), 이 작품에 대한 감상을 통하여 느낀 점과 수학 원리를 찾아보도록 팀별 과제를 제시한다.

나. 학생들의 활동

1) 각 팀별로 Escher에 대한 정보를 수집한다.
2) 수집된 자료를 중심으로 팀 구성내의 구성원들의 의견을 통합하는 과정을 거치고 정리한다.
3) 작품에 대한 분석을 하고 분석을 한 내용을 작성한다.
4) 작성된 내용을 중심으로 작품에서의 수학 원리를 도출(정다면체)한다.
5) 정다면체에 대한 내용을 조사하고 정다면체를 직접 제작하여 본다.
6) 정다면체를 제작하면서 Escher의 작품을 다시 분석하여 보고, 작품에 대한 해석을 하고, 각 팀별로 결론을 도출하여 작성하도록 한다.
7) 이러한 과정에서 학생들은 올바른 분석을 할 수도 있고 그른 분석도 할 수 있음을 교사는 고려해야 한다.
8) 1)에서 6)의 과정을 통하여 산출한 내용을 포토폴리오로 구성하여 교사에게 제출한다.

다. 교사 활동

1) 교사는 각 팀 별로 제출된 포토폴리오를 분석 평가하여 학생들의 활동을 파악한다.
2) 팀별 활동을 파악한 이후에, 교사는 각 팀별로 조사한 내용을 발표하도록 한다. 이때 학생들은 팀별로 서로의 의견을 주고받는 활동을 통하여 자신이 속한 팀의 조사 내용과 다른 팀의 조사 내용의 차이점을 찾아낸다.
3) 교사는 각 팀별 포토폴리오로 파악된 것과 학생들의 발표 내용을 종합하여 학생들이 정다면체를 이용하여 작품을 구성할 수 있도록 지도한다.

라. 학생활동

1) 각 팀별로 주고받은 의견과 교사가 설명한 내용을 비교 분석한다.
2) 학생들은 발표를 통하여 얻은 정보와 교사의 설명으로 얻은 정보를 활용하여 정다면체를 이용한 조형물을 만들거나 그림으로 표현 한다. 이 때, 각 팀별로 독창적이고 창의적인 작품을 산출할 수 있도록 노력한다.
3) 팀별 활동을 통하여 산출된 작품에 대한 제목과 작품 설명을 포토폴리오로 구성하여 교사에게 제출한다.

마. 교사활동

1) 교사는 제출된 포토폴리오를 평가하고 분석하여 다음 수업 전개 계획을 세운다.
2) 수업 전개 계획에 따라 각 팀 별로 제출된 작품을 발표하도록 한다.
3) 학생들에게 서로 다른 팀들의 작품을 감상하게 하고, 비평을 통하여 학생들 자신이 속한 팀이 구성한 작품과 다른 팀이 구성한 작품을 비교 분석할 수 있도록 한다.
4) 교사는 2)에서 3)의 과정을 통하여 얻은 내용을 작성 하도록 하고, 작품을 수정・보완하여 제출하도록 한다.

이러한 프로그램에서는 피드백 과정이 중요하다. 그러므로 피드백 과정을 통한 미적 체험 활동과 주제 선정과 분석 능력을 향상시킬 수 있도록 한다.

Ⅲ. 논의 및 제안

제7차 개정 중등 미술 교육과정에서는, 다른 교과 또는 행사와 관련하여 주제를 표현하고, 교과 간 통합적인 접근을 통하여 미적 체험이나, 표현을 확장하고, 감상할 수 있도록 하고 있다[1]. 통합이란 개념은 학자들에 따라 다양한 견해를 보이는 것 중의 하나이다. 통일성 또는 전체성이란 아이디어를 인식함으로써 비롯된 통합의 개념은, 19세기 초 독일 J.B Graer가 神, 자연 및 사회의 융합이라는 입장에서 통합교육을 주장하면서 주목을 끌게 되었다. 통합교육에서 통합(Integration)이라는 용어는 과거 경험과 현재 경험을 통합시켜 재구성하며 이를 다시 미래의 경험으로까지 통합시켜 가는 일, 아동과 교사의 경험을 연결시켜 통합시키는 일, 교육 내용간의 연계 및 통합, 학교와 지역사회 생활간의 통합, 아동 개개인의 갖고 있는 지식이나 개념을 통합 재구성하는 일, 아동발달의 영역간의 통합, 영역별 활동간의 통합 전인교육을 의미한다[6][10].

본 논문에서는, 수학 원리가 내재한 미술작품이나 건축물을 조사하였다. 그리고 미술 작품(건축물 포함)의 사회적, 문화적 의미를 해석하고 그리고 다양한 가치를 판단하고 감상하고, 작품 속에 내재한 수학 원리를 찾아 미술 교육에서 활용 가능성과 관련된 통합적인 접근에 대하여 고찰하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 예술가들이 수학에 큰 공헌은 하지 못하였지만, 그들의 수학에 대한 관심과 미술작품 속에 수학 원리는 깊은 관련성이 있다는 것이다.

둘째, 신석기 시대의 신성문자로 쓰인 명수법에서의 그림이나, 장식, 도기류, 작물류, 바구니 공예 등에서 수, 합동, 대칭 닮음 관계, 기하학적 패턴, 알고리즘 등을 엿볼 수 있다는 것이다. 그리고 고대 이집트 예술 규범의 인물상이나 피라미드, 파르테논 신전, 고대 이집트의 튜닉, 아즈텍의 장신구, 다빈치의 모나리자. 피카소의 Post 등 다양한 작품에서 황금비를 이루고 있다.

셋째, 생활 속에 건축물이나 미술작품에 정다면체를 찾아 볼 수 있다. Escher의 작품에서는 비유클리드의 기하와 관련하여 곡선으로 된 사각형과 삼각형의 수의 규칙성을 구할 수 있으며, 정 12면체의 현란한 모습을 볼 수 있다.

이와 같이 미술작품이나 건축물에는 다양한 수학 원리가 있음을 알 수 있다. 이러한 원리를 찾고, 그 방법을 사용하거나 응용하는 일은 교육적 가치가 있다는 것이다.

넷째, 작품 속에 내재한 수학 원리를 찾는 것 자체가 주된 목적이 아니라, 미술 교육 본연의 목적인 미적 체험과 작품 감상 및 표현을 주목적으로 하고 부가적인 면에서 미술작품 속에 내재한 수학 원리를 찾고, 이러한 수학 원리나 방법을 응용하여 학생 스스로 작품을 구성하고, 감상하고, 표현하는 능력을 기를 수 있는 기회 제공이라는 측면에서의 통합을 시도하였다.

본 논문에서는, 미술작품에서 수학 원리를 고찰하고, 이러한 원리나 방법을 활용한 통한 미술 교육 프로그램을 설정하였다. 이 프로그램은 학생 스스로 미술작품 속의 수학 원리를 찾아 포토폴리오를 구성하고, 피드백을 통한 새로운 작품이나 창의적인 작품을 구성할 수 있는 능력을 기르는 교수・학습 방법으로, 미술 교육의 내적인 면과 외적인 면을 고려한 하나의 통합 미술 교육 모델이라 할 수 있다.

차후 연구에서는, 프로그램 운영에 관한 실제 연구 및 콘텐츠를 개발하여 통합 미술교육의 기반을 구축해야할 것이다. 그리고 사회적 변화와 교육 변화를 고려한 통합 미술 교육에 대한 연구가 활발히 이루어져 입시위주의 교육에서 외면 받고 있는 미술 교육의 위상을 마련하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 교육인적자원부 고시 제 79호 [별책 13], *"미술과 교육과정",* 2007.

[2] 김인숙, 신인숙, "구성주의에 기초한 미술도형 활동이 유아의 창의성 및 공간능력에 미치는 영향", 미래유아교육학지, 15권, 1호, pp.137-161, 2008.

[3] 류시천, 윤찬종, "에셔(M.C. Escher) 작품의 프랙탈 속성에 관한 연구", 통권 제45호, 제 1호, 2001.

[4] 송혜영, *"미술과 수학을 연계한 감상학습자료 개*

발: 고등학교 1학년을 중심으로", 영남대학교 교육 대학원 석사학위논문, 2009.
[5] 양영오, 조동호, *"수학의 역사 상·하."* 경문사, 2000.
[6] 유광찬, *"통합교육과정,"* 교육과학사, 1998.
[7] 임범재, *"인체비례론: 고대로부터 르네상스까지"*, 홍익대학교 출판부, 1980.
[8] 장경윤, 강문봉, 박경미, *"간추린 수학사: 인간, 문명, 수학과의 만남"*, 경문사, 2002.
[9] 장효진, *"피보나치 수와 황금비를 활용한 교수-학습지도 자료 개발 연구: 중등수학"*, 전남대학교 교육대학원 석사논문, 2002.
[10] 정은주, *"주제 통합에 의한 미술-수학 교과 학습 모형 연구: 애셔 작품을 중심으로"*, 서울대학교 교육대학원 석사학위 논문, 2004.
[11] 추준호, *"카오스 이론과 예술작품의 프랙탈 이미지 연구"*, 신라대학교 대학원 석사학위 논문, 2002.
[12] 채희진, *"기하영역에서의 수학 외적 연결성에 관한 연구"*, 이화여자대학교 교육대학원 수학교육 석사학위논문, 1998.
[13] A. G. Andrew, "Developing spatial sense-a moving experience." Teaching Children Mathematics, 2, pp.209-293, 1996.
[14] http://en.wikipedia.org/wiki/M._C._Escher

저 자 소 개

정 경 철(Kyung-Chul Jeong) 정회원

- 1996년 2월 : 한남대학교 대학원 미술학석사 졸업
- 2007년 8월 : 단국대학교 대학원 미술학박사(Ph.D) 취득
- 1995년 ~ 2009년 : 개인전 13회 (서울, 대전, 중국)와 국내외 초대 및 기획전 참여
- 2009년 3월 ~ 현재 : 한남대학교 사범대학 미술교육과 교수

<관심분야> : 미술작품 분석 및 평가, 미술교육 미술사, 동양미학 및 화론