한국수학사학회지 제19권 제2호(2006년 5월), 59-76

카오스의 관점에서 본 르네상스의 수학과 미술*

고신대학교 정보미디어학부 **계영희**
yhkye@kosin.ac.kr
이화여자대학교 미술사학과 **오진경**
jinko@ewha.ac.kr

본 논문은 탈근대화의 영향으로 등장한 카오스 이론의 시각으로, 수학과 미술의 관련성을 연구하였다. 중세 말에서 르네상스로 접어드는 13-14세기, 르네상스의 개화기인 15, 16세기 그리고 16세기말에서 바로크 시대로 접어드는 세 시기에 시대정신이 역동적 체계에서 어떻게 구축되는지를 조망하였다. 시간의 흐름과 더불어 역동적으로 변모해가는 문화와 역사는 복잡계의 전형이기 때문이다.

주제어 : 복잡계, 카오스 이론, 프랙탈 이론, 르네상스 미술, 르네상스 수학

0. 들어가는 말

수학과 미술의 역사를 고찰해 보면 각 시대는 독특한 가치관과 방법론에 의한 패러다임이 형성되어 있고, 이것을 우리는 시대정신이라고 표현한다. 본 연구는 탈근대화의 영향으로 발생한 카오스 이론의 시각으로 이러한 시대정신이 어떠한 역동적 체계에서 구축되는지를 조망하고자, 중세 말에서 르네상스로 접어드는 13-14세기와 르네상스의 개화기인 15, 16세기 그리고 16세기말에서 바로크 시대로 접어드는 세 시기에 주목하고자한다. 거시적으로 중세와 르네상스시기, 그리고 17-18세기를 바라볼 때, 르네상스시기를 중세와 17-18세기의 상전이 현상의 시기라고 본다면, 중세 말에서 르네상스로 넘어갈 때, 또 르네상스의 전성기에서 바로크시기로 넘어갈 때도 역시 상전이 현상이 발견된다. 이러한 고찰은 문화와 역사가 복잡계의 전형이므로 전체가 부분 속에 들어있는 프랙탈 이론의 자기상사성(similarity)과 매우 흡사하다.

1. 카오스(Chaos)란 무엇인가?

* 이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2003-042-C00003)

17세기에 근대과학의 혁명이 일어나면서 유럽사회는 계몽주의를 모토로 내세우면서 인간의 지적 자만심과 자긍심이 매우 팽배하여 졌다. 1632년 갈릴레이(Galileo Galilei, 1564-1642)는 저서 <천문대화>에서 당시의 물리학 법칙과 지동설에 대한 비판을 목적으로 상대적인 운동을 지적하였는데 그 주장에는 상대속도에 대한 중요한 원리가 숨어 있었다. 그 후 1889년 수학자 포앙카레(Poincare, 1854-1912)는 '우리가 절대적으로 정지해 있다고 간주할 수 있는 곳은 어디에도 없다'라고 수학적으로 증명하였다. 20세기가 되자 아인슈타인은 절대적으로 멈추어 있는 우주라는 개념을 배격하면서, 광속이 자연에서 가장 빠른 속도라고 발표하였고, 그 후 수학의 텐서(tensor) 계산의 도움으로 1915년 아인슈타인은 <일반상대성이론>을 발표하였다. 큰 질량의 중력을 갖는 천체가 존재하면 공간이 휘어진다는 중력이론이기도 했다. 이는 두 천체 사이에 작용하는 중력이 두 천체 사이의 거리에 의존한다는 뉴턴(Sir Issac Newton 1642-1727)의 고전물리학인 기존 개념을 완전히 뒤엎어 버리고 말았다. 수학자 라플라스(Laplace 1749-1827)가 "모든 운동체의 운동은 미분방정식으로 표현할 수 있다." 라고 장담하였던 뉴턴의 결정론적 사고가 무너진 것이다. 그 후 1803년 달톤(Dalton)의 '분자설', 1883년 칸토르(Cantor)의 '집합론', 같은 시기 쇠라(Seurat)의 '점묘화법' 등은 19세기의 시대정신이 "모든 대상은 작은 요소로 분석해 가다보면 결국에는 기본요소로 귀착된다"는 요소환원주의였음을 시사한다. 그러나 '상대성이론' 뿐만 아니라 하이젠베르그(Heisenberg)의 '불확정성 원리', 괴델(Geodel)의 '불완전성 정리 등은 모두 이러한 요소환원주의에 한계성을 지적한 사건이었다([7], [18]).

이러한 현대과학의 한계에 부딪쳐서 발생한 새로운 분야가 복잡계(complex system)이며, 복잡계 연구는 1970년 중반부터 카오스 이론으로 시작되었다. 혼돈(chaos)은 원래 질서(cosmos)의 맞서는 말로 혼돈, 무질서, 무한이라는 뜻을 품고 있는데, 물질의 상태를 과거에는 질서, 무질서로 구분했으나 복잡계 연구에서는 질서, 카오스, 무질서로 구별하기 시작했다. 말하자면 처음에는 정연한 질서의 상태였지만 어느 순간 걷잡을 수 없는 상황을 지칭하는 것을 카오스라고 부르는 것이다. 자연이나 사회, 인체의 생리현상 등 우리 주변 환경은 모두 나름대로 계(system)를 이루고 있는데 이 시스템 안에서 돌연히 불규칙성이 나타날 때 이 불규칙성을 카오스라 하며 카오스 속에서 일정한 패턴을 찾는 것이 카오스 연구의 목적이다. 카오스 이론에서는 물질이 A 상태에서 B 상태로 넘어가는 중간의 어정쩡한 상태, 즉 A도 아니고 B도 아닌 모호한 상태인 불연속적인 변화의 과정을 상전이(相轉移)현상이라고 말한다. 예를 들어, 상전이 현상은 얼음에 열을 가하여 물을 만들 때, 중간에 물과 얼음의 중간단계를 가리키는 것이다. 상전이가 이루어지려면 반드시 요동이 일어나야 하는데, 요동(fluctuation, purturbation)은 외부로부터의 정보나 압력 등으로 상전이에서 분자들이 흔들리는 상태를 말한다. 즉 요동이란 평균적이고 안정적인 상태에서 벗어나고 있는 상태를 지칭하는 것이다. 그러므로 요동이 일어나지 않으면 상전이는 결코 발생할 수가 없게 된다([6], [7]).

2. 르네상스 시대의 서막

1) 역사적 배경

10세기부터 14세기에 이르는 동안 유럽은 농지를 개척하여 경작지를 크게 확장하였고, 농업기술의 발전으로 인구가 폭발적으로 증가했으며, 8차례에 걸친 십자군 원정으로 도시가 발생하면서, 사람들의 직업이 농업에서 상업으로 바뀌면서 생활양식과 의식도 변해갔다. 상업 활동은 농촌생활에 비하여 영리에 눈을 뜨게 하고 경쟁심을 유발한다. 도시생활은 자연히 독특한 삶의 방식을 표현하려는 다양한 업종을 발생시키고, 도로가 발달하면서 빠른 교통수단으로 상공업이 더욱 가속화된다. 도시발달로 인하여 화폐경제가 활발해지자 12, 13세기에는 기독교 공동체마다 자기들의 교회의 위용을 과시하기 위하여 경쟁하면서 대성당을 건축하였다. 14, 15세기 이탈리아의 많은 도시에서 상업이 무척 활발하였는데 특히 피렌체는 풍부한 경제력으로 도시가 생동력을 가지고 있었으며 지적 생산력이 다른 지역에 비해 탁월하여 지적활동이 수준 높은 문예예술을 이룩하였으며 도시의 경제력은 학자와 예술가를 보호하고 장려하여 르네상스의 원동력이 되어갔다.

게르만족들이 무자비하게 문화를 황폐화시킨 A.D. 6세기부터 10세기까지는 문화의 암흑시대라고 부를 정도였으므로, 기독교 신앙으로 충족되지 않은 공허한 인간들은 온전한 인간성의 회복을 갈망하게 되었다. 도시의 자유 시민들은 온전한 사람이 되기 위하여 지식을 추구하게 되었고, 13세기 말, 당시의 선각자들인 단테, 페트라르카, 보카치오 등이 저술을 통하여 민족적인 언어회복을 일으키면서 문화적인 정서를 배양하는 토대를 구축하였다. 이 선각자들의 창작은 고급언어의 문화 창달과 함께 자아를 깨닫는 인간, 창조적인 인간성을 제시하게 되어 결과적으로 르네상스의 인간을 제시하였다. 교육은 전문지식보다도 전반적인 인간의 인격형성을 중요시했으며 덕과 智가 조화로운 교양인을 추구했다. 마침내 인문주의는 새로운 세상, 새로운 사람이 존재할 수 있는 정신적인 기틀이 되어 르네상스 문화를 탄생시켰고 또한 그 특징을 형성하게 되었다.

이러한 분위기 속에서 르네상스를 촉진시킨 여러 가지 사회적인 요동이 있다. <동방견문록>의 저자인 베네치아의 마르코 폴로(Marco Polo 1254-1324)는 1275년부터 17년간 중국에 체류하면서 동양과 서양을 연결하는 교역의 길, 실크 로드(silk road)를 개척하여 비단을 비롯하여 금, 은 귀금속과, 후추, 계피 같은 향신료, 향료, 약품 등이 중국과 인도로부터 유럽으로 수입되었다. 또한 지리상의 발견으로 항로가 개척됨에 따라 항해에 반드시 필요한 나침반, 해도(海圖)와 위도 계산법, 역풍에서 항해할 수 있는 쾌속 범선, 해전(海戰)에 필요한 최신 무기 등이 함께 발전하여 갔다. 르네상스의 촉진제인 이른바 동방무역이 이탈리아를 중심으로 활성화되어 가면서, 아라비아 상인은 상거래에서 매우 불편한 로마 숫자 대신에 인도에서 창안된 편리한 인도 숫자를 쓰기 시작하였다. 이는 실로 수학의 역사에서 매우 획기적인 사건이었다. 지금 우

리가 사용하는 숫자는 인도 숫자를 아라비아 상인이 사용하면서 유럽에 전하였으므로 인도-아라비아 숫자라고 부르는 것이 옳다. 그러나 현재 편의상 아라비아 숫자라고 부르고 있다. 상인들의 아라비아 숫자 사용은 마침내 르네상스의 상업산술을 촉진하였고, 상업산술은 근대 수학의 밑거름이 되어갔다. 이처럼 도시발생으로 인한 다양한 직업의 발생, 이탈리아 인문학자들의 등장, 마르코 폴로로 인한 실크로드는 중세가 막을 내리기 전, 13세기 말에 이미 르네상스를 알리는 사회·문화적 요동들이었으며 르네상스의 서막이라고 말할 수 있다.

2) 미술에 요동을 일으킨 선각자

1280년경 앗씨시 마을 산 프란체스코 수도원 성당에 <그리스도의 생애>, <성 프란체스코의 생애> 등을 벽화로 그린 치마부에(Cimabue, 1240-1302)의 인물상들을 보면, 평면적이고 상징적이며 추상적인 중세 회화와는 달리, 자연스러운 옷 주름과 사실적인 몸동작, 그리고 보다 감각적인 채색을 보여준다. 치마부에의 제자인 지오토(Giotto di Bondone, 1266-1337)는 이러한 스승의 화풍을 계승하며 자연과 인물의 묘사에 있어서 스승보다 더욱 생동감 있고 합리적인 방식으로 그림을 그렸다. 중세의 화가가 익명의 한 장인으로서 성서에 담긴 하나님의 뜻을 전하고자 보다 관념적이고 상징적인 표현방식을 택했다면, 지오토는 주체적으로 사고하는 한 인간인 예술가의 눈과 상상력으로 성서의 내용을 재해석하고 있다. 지오토의 그림에서는 어느정도 깊이가 느껴지는 3차원적 공간을 볼 수 있으며, 따라서 그림을 보는 사람은 마치 연극이 상연되고 있는 무대를 보는 듯한 생생한 인상을 받는다. 둣치오(Duccio di Buoninsegna, 1278-1318) 역시 앞의 두 화가와 함께 르네상스의 본격적인 도래에 앞서서 선구적으로 시대 변화를 인식하였던 화가이다. 지오토가 고전적이고 조형성이 강한 피렌체 미술의 특색을 보여주고 있다면 둣치오는 보다 비잔틴 풍의 색체와 고딕풍의 우아함을 지닌 시에나 특유의 화풍을 보여주었다. 치마부에에서 시작되어 지오토, 둣치오, 그리고 시모네, 로렌젯티 형제 등으로 이어지는 이와 같은 움직임은 중세미술의 전통적 시각과 화법에서 벗어나 일대 혁신을 일으키게 되었던 르네상스 미술의 전조현상이자 힘찬 요동으로 해석될 수 있다.

3) 수학에 요동을 일으킨 선각자

르네상스 시대를 결정하는 데는 여러 견해가 있으나 수학사가 김용운 교수는 서튼(G. Sarton)의 견해대로 저서 <수학사대전>에서 르네상스를 1450년부터 1600년까지로 규정하고 있다. 이유는 1453년부터 오스만 투르크족에 의한 콘스탄티노플의 함락으로 비잔틴 제국의 멸망이 정치적인 변환을 가져왔을 뿐만 아니라 실제로 르네상스 수학은 15세기 중엽부터 활동이 두드러졌기 때문이다.

르네상스 문화혁명을 향한 요동들은 수학자들의 내적인 욕구에 의해서 13세기 초부

터 나타나기 시작했다. 1202년 피보나치(Fibonacci, 1180-1250)는 이집트, 시리아, 그리스, 시실리 등과의 상거래 활동을 하면서 수학 지식을 모아 새로운 산법을 설명하면서 자신의 독창적인 내용을 가미한 <계산판의 책>을 출판하였다. 즉, 제곱근을 구하는 방법, 2차방정식의 해법, 피보나치 수열에서 연속하는 두 항의 극한이 황금비임을 증명하고 있다. 그는 <계산판의 책> 이외에도 <실용기하학>, <수론>, <제곱근의 책> 등을 저술한 수학자로서 중세 말 르네상스를 알리는 최초의 요동을 일으킨 수학자였다. 13세기의 빼놓을 수 없는 수학자로 요르다누스(Jordanus de Nemore)가 있는데, 그의 저서는 16세기까지 파리대학의 수학교과서로 사용되었다. 그는 현대식으로 표현하였을 때 $F = Wsin\theta$ (F:힘, θ:경사각, W:짐의 무게) 로 나타내는, 물리학에서 <사면(斜面)의 법칙>이란 공식을 만든 것으로 유명하다. 또한 수를 나타내는데 숫자 대신 문자를 사용한 점도 매우 진보적인 것으로 평가받는다([5]).

브래드와딘(T. Bradwardine, 1290년경-1349년)은 그의 저서 <사변적 기하학>과 <연속체론>에서, 연속량은 무수한 불가분량(不可分量)을 포함하지만, 그러한 수학적 원자로부터 구성되어 있는 것이 아니고, 그것과 같은 종류의 무한한 연속체로 이루어진다고 설명하고 있다. 연속체에 대한 그의 개념은 19세기말 데데킨트와 칸토르에 의하여 부각되어 수학의 패러다임을 바꾸어 놓은 중요한 개념인 것을 볼 때 500년을 앞선 수학적 요동인 셈이다. 그 외에 니콜 오렘(Nieole Oresme, 1323년경-1382년)은 브래드와딘의 비례론을 일반화하여 데카르트(Descartes, 1596-1650)의 해석기하학적인 발상을 가지고서 <비례의 비례에 관해서>를 저술하였다. 그는 잴 수 있는 모든 것은 연속량으로 파악하고서 가속되는 운동체를 나타내기 위해 속도와 시간을 기준삼아 그래프를 그렸다.

고대 그리스의 신들은 인간처럼 미워하고 질투하는 유한한 속성을 지닌 신이었다. 전지전능한 신이 아닌 신들을 숭배하였기 때문에 그들의 시간과 공간 개념은 유한의 세계였으며 무한을 터부시했다. 그러나 고대 말기부터는 유대교의 전지전능한 하나님을 이해하면서 무한한 신의 속성에 대한 개념은 중세 후기 스콜라 철학자의 영향으로 무한의 개념이 정립되어 갔다. 그 결과 잠재적·가능한 무한과 실재적(實在的) 무한 등 두 가지로 분류하여 논의의 대상으로 삼게 되었다. 14세기에 오렘의 무한급수에 대한 연구는 그 당시에 무한에 대하여 적극적으로 관심을 가지고 사유했음을 시사하며 근대수학을 향한 요동으로 이해된다. 그러나 발달했던 수학이 유럽을 휩쓴 페스트와 백년전쟁 등으로 쇠퇴하고 만다. 미술 분야에서는 페스트와 전쟁에도 불구하고 찬란한 르네상스 예술의 개화를 준비하고 있었건만 수학에서는 또 한 차례 공백기를 맞는다. 이는 수학이 인간 정신의 가장 완벽한 추상개념의 학문이므로 시대의 정신풍토가 왕성한 지적 탐구심으로 뒷받침되어야 하고, 외부로부터 강박관념이나 스트레스가 없으며, 정서적인 안정과 자유로운 탐구활동이 보장되어야만 수학이 발전할 수 있었음을 시사하는 것이다. 이처럼 중세 말은 이미 중세에서 벗어난 선각자들의 활동이 활발하였고, 도래할 르네상스를 준비한 시기이므로 중세와 르네상스의 상전이시대라고 말할

수 있다([5]).

3. 르네상스 시대의 요동

1) 15세기 르네상스

1445년 독일의 구텐베르크(Gutenberg, 1394-1468)가 고려의 금속활자보다 200년 뒤 늦게 인쇄기를 발명했지만, 우리의 금속활자가 불교의 경전을 인쇄하는 일 외에는 다른 분야에 공헌을 못한 것과 대조적으로, 구텐베르크의 인쇄기는 찬란한 르네상스 문화혁명과 근대를 열어놓는 큰 요동을 일으킨 사건이다. 1517년 루터가 종교개혁을 일으켰을 때 그의 연설문, 설교문 등이 인쇄기로 찍혀 유럽으로 퍼져나가 다른 나라의 종교개혁을 가속화시켰으며, 라틴어로 번역된 유클리드 기하학의 <원론>을 인쇄하여 수학적 마인드를 살아나게 하였다. 이와 더불어 1492년 콜럼버스(Columbus, 1451-1506)의 신대륙 발견과 포르투갈의 바스코 다 가마(Vasso da Gama, 1460-1524)의 희망봉 발견 등은 15세기 유럽인이 가지고 있던 공간 개념을 뒤흔들어 놓았다. 기하학이란 '인간이 가지고 있는 공간관'이기 때문에 유클리드 기하학을 다시 새롭게 연구하기 시작하여 단일한 공간 안에 정확한 비례로 표현되는 원근법(투시화법)을 창조하기도 했으며, 한편으로는 촉각적인 기하학, 유클리드 기하학에서 시각적인 기하학, 사영(射影)기하학의 탄생을 감지하게 하였다. 콜럼버스의 신대륙 발견은, 유클리드 기하학에서 "임의의 직선은 양끝이 무한히 연장 된다"는 진리에 대한 믿음을 흔들어 놓은 것이다. 따라서 "임의의 직선은 양끝을 무한히 연장하면 만난다"는 공리를 수용할 수 있는 새로운 기하학은 필연적이었다. 이른바 사영기하학의 출현을 알리는 요동인 것이다. 한편, 경제활동과 지적 작업에 적극적이었던 피렌체는 인문학자들이 비잔틴으로 가서 그리스어를 배우고 그리스어 원서를 갖고 오면서 고대 부활이라는 분위기가 서서히 고조되어 코지모 데 메데치는 플라톤 철학 연구소를 건립하였고, 이 연구소는 신플라톤주의 사상의 본거지로 자리매김을 하면서 르네상스의 힘찬 요동이 되어갔다. 인간의 상태를 비관주의적으로 보았던 중세와는 달리, 르네상스 시대가 되자 인간은 존경과 영광을 받을만한 기적과 같은 존재라는 인간의 존엄성과 신을 위해 산다는 믿음을 절대시하면서 예술과 지적인 문화를 촉진하였다.

(1) 미술에 요동을 일으킨 선각자

개인의 창의성과 자유보다는 하나님의 계율을 따르는 신앙인으로서의 의무가 중요했던 중세와는 달리, 인본주의가 팽배하였던 르네상스의 예술가들은 인간의 눈과 상상력 그리고 합리적인 사고로 세계를 이해하고자 하였다. 미술가들은 대상이 되는 사물을 면밀하게 관찰하여 정확하게 재현하려는 노력에서 원근법과 해부학을 발전시켰다. 정신에 비해 육체를 물질적이고 저급한 것으로 여겼던 중세의 금욕주의적 윤리관

속에서 불가능하였던 누드 인물상도 르네상스기의 인본주의적 사고에서는 가능한 일이었다. 즉 르네상스 미술가들은 고대 그리스 미술이 추구하였던 이상적인 비례의 인체표현에 과학적인 지식에 입각한 사실적인 묘사를 더하여, 신화속의 신이나 영웅의 모습을 누드의 형태로 그릴 수 있게 된 것이다. 또한 화가들은 보다 입체적이고 사실적인 공간감을 표현하기 위한 원근법을 위해 유클리드 기하를 연구하였다.

원근법이란 가까운 물체는 크게, 멀리 있는 물체는 작게 그리는 방법으로 르네상스 이전에도 부분적으로는 단축법(短縮法, foreshortening)이라는 방식으로 이미 시도된 바 있었다. 그러나 단축법은 규칙적인 수학적 비례에 의한 체계적인 묘사는 아니었고, 완벽한 수학적 비례에 의한 재현은 투시화법(透視畵法)이라고 부르는 선 원근법이 발명된 후였다. 선 원근법의 최초의 발명자는 교회 건물을 스케치하던 중 소실점(消失點, vanishing points)을 발견한 피렌체의 조각가 브루넬리스키(Filippo Brunelleschi, 1377-1446)였다. 이러한 원근법을 적용한 최초의 그림으로는 마사치오(Masaccio, 1401-1428)의 <聖 삼위일체>를 들 수 있다. 이 그림이 산타 마리아 노벨라 성당의 제단화로 그려지어 처음 공개되었을 때 그것이 너무 실제처럼 느껴져 사람들은 벽에 큰 구멍이 뚫린 것은 아닌지 당황했었다고 한다. 하나님과 십자가의 예수, 그 앞의 마리아와 요한, 그 아래 그림을 기증한 부부의 위치는 4중으로 공간적 깊이를 느끼게 하는데, 원근법으로 그려진 그림 속 채플의 천장을 미술사학자들이 가상으로 계산해본 결과 가로가 2.13m, 깊이가 2.75m나 되는 공간이 예측되었다고 한다.[1)]

창조에는 초월자에 의한 창조와 인간에 의한 재현적인 창조가 있다. 자연미는 초월적인 성질을 가지며 예술적인 미는 지적이고 경험적이다. 원근법의 또 한 사람의 대가인 알베르티는 <회화론>에서 예술이 인간으로 하여금 신과 같은 능력을 보여줄 수 있게 하는 가장 적절한 방법이라고 하면서, 예술을 자율적인 인간의 산물로 보았다([17]). 아직은 중세적인 사고가 지배적인 시기에 출판된 그의 <회화론>의 내용은 너무 혁신적이어서 당대에는 그것을 이해하는 사람이 거의 없었으나, 후에 레오나르도 다 빈치가 그의 이론을 새롭게 해석하면서 비로소 제 빛을 발휘하게 된다. 웃첼로와 피에로 델라 프란체스카 역시 알베르티의 이론을 표현의 원리로 삼아 그림을 그린 화가들이다. 결국 당대에는 너무도 혁신적이어서 요동을 일으켰던 알베르티의 이론은 이후에 빠르게 자기조직화를 이루면서 전성기 르네상스 미술의 패러다임으로 자리 잡을 수 있게 된 것이다. 한 마디로 르네상스 문화는 요동을 일으켰던 요소들을 변화와 혁신을 가져오는 추진력으로 수용하여 새로운 질서로 정착시켜가는 과정 속에서 본격적으로 개화될 수 있었던 것이라고 할 수 있다.

(2) 수학에 요동을 일으킨 선각자

15세기의 대표적 수학자 레기오몬타누스(Regiomontanous, 1436-1476)는 <알마게스트>를 번역하여 천문학에 공헌을 하였고, 천문학 연구는 자연스럽게 삼각법의 연구로

1) 최승규, <서양미술 100장면> p. 143에서 인용

이어져서 <삼각법의 모든 것>을 저술하여 수학 발전에 기여했다. 그가 사망한 후 출판된 <삼각법의 모든 것, 1533년>은 후에 지동설을 주장하는 코페르니쿠스의 저서 <天球의 회전에 관하여, 1543년>에 큰 영향을 준 것으로 알려져 있다. 후에 레기오몬타누스와 코페르니쿠스의 업적 위에 자신의 견해를 첨가하여 논문 <삼각법의 궁전>을 발표한 레티쿠스(Rheticus, 1514-1576)는 오늘날 사용하는 삼각함수표의 기초를 만들었으며, 사인·코사인의 가법정리, 2배각, 3배각의 삼각함수에 관한 공식이 실려 있다. 이 들의 업적은 르네상스의 업적인 동시에 17세기 과학혁명의 시대를 향한 준비였다.

1497년 프란체스코의 수도사 파치올리(Luca Pacioli, 1445-1517)는 베네치아에서 <신성비례법>을 출판하였는데, 그는 수학자로서 자기의 입장을 소개하고, 과학와 예술의 근본인 수학의 힘이 얼마나 위대한 가를 설명하고 있으며, 수학자 유클리드의 이야기를 하면서 자신의 비례법은 철학적인 사유의 귀결임을 설명하고 있다. 또한 5개의 정다면체 작도법과 만드는 법을 소개하고 있다. 그는 피타고라스처럼 수를 신비로운 의미를 지닌 것으로 파악하였고 비례법 또한 신이 내린 것으로 수리적으로 분할할 수 없고 언어로 정리 불가능하며 그것은 그 자체로서 존재하고 신처럼 유일한 것이라고 주장했다. 파치올리는 1482년에 유클리드 기하학의 <원론>을 라틴어로 번역했으며, 1494년에는 베네치아에서 <산술·기하·비 및 비례대전>을 출간하면서 그 서문에 원근법을 작품에 응용한 이탈리아 화가들을 소개하기도 했다. 수학자로써 예술에 관한 견해를 피력한 파치올리는 진정 르네상스 정신인 이론과 실용의 결합을 실천한 인물이었다. 비례대전 이외에 당시 절실한 문제였던 상업용 장부와 부기에 관한 연구로 '복식부기의 아버지'라고도 불리우며 <신성한 비례에 관하여, 1509년>를 남기기도 했다. 그는 진정 성직자이면서 동시에 수학자였으며 르네상스의 예술정신을 가지고 있는 지성인이었다.

2) 16세기 르네상스

1486년 도미니크 수도사 사보나롤라(Girolamo Savonarola, 1452-1498)는 피렌체 시민의 사치와 향락, 음란을 질타하고, 로마 교회에 대한 부패와 메데치 정권을 비난하면서 군주 로렌조와 교황 이노첸티우스 8세의 죽음을 예언하는 강론을 했다. 게다가 피렌체에 역병과 전쟁, 홍수와 기근이 있을 것을 예언하면서 말세를 경고했다. 피렌체 시민들은 동요하기 시작했고, 그의 예언대로 로렌조는 사망했으며, 프랑스가 침략을 하였고, 피렌체에는 흑사병과 매독이 번창하였고 기근까지 겹쳐갔다. 사회적으로 혼란에 빠진 피렌체 정부는 원인을 사보나롤라에게 전가시키며 마침내 화형을 시켜 버린다. 혼란의 희생양이 된 것이다. 사보나롤라는 미술가들이 우상을 만들어서 성전에서 우상숭배가 가능토록 하였고 사치심과 허영심이 도입되어 신에 대한 숭배를 문란하게 하였다고 당시 르네상스의 미술을 배척하고 공격하였던 것이다. 광란의 폭풍우가 지나가고 100년 이상 인문주의 사상을 확립하고 이탈리아 학예를 꽃피운 피렌체는 서서

히 화려한 문화의 막을 내리게 되고 16세기 르네상스의 황금시대는 로마로 그 거점을 옮기게 된다.

(1) 16세기 르네상스 미술의 거장

신 중심의 세계관에서 벗어나 인간 중심의 사고를 하게된 르네상스는 개인의 발견과 발명, 창조력을 독려하게 되면서 우수한 학자들과 탁월한 예술가들이 많이 배출된 시기이다. 선묘(線描)의 화가로 불리는 보티첼리(Sandro Botticelli, 1445-1510)는 고대의 플라톤 사상과 기독교 정신을 화합시키려는 신플라톤 사상에 입각하여 <봄>, <비너스의 탄생>같은 그림들을 제작하였다. 중세 이후 처음으로 이교적인 주제를 다룬 이 그림들은 중세식의 종교화는 아니지만 그렇다고 완전한 세속화라고 볼 수도 없다. 그리스의 고전인 오비디우스의 詩를 시각화하여 봄의 의미를 우의적으로 표현한 <봄>을 보면, 중앙에 서있는 사랑의 여신인 비너스는 분명 이교적인 존재이지만 마치 기독교 도상에서의 성모상과 같은 자세와 구도 속에서 우아한 모습으로 그려져 있다. 비너스를 중심으로 왼쪽에는 삼미신(三美神)이 있고 오른쪽에는 봄의 여신 플로라가 봄바람의 재촉을 받으면서 화려한 꽃무늬의 드레스로 갈아입은 모습으로 변하며 앞으로 걸어 나오고 있다. 오른쪽에 있는 플로라는 삼미신과 함께 거의 벗은 것처럼 보이는 얇은 옷을 걸치고 있는데, 몸의 윤곽이 거의 드러나게 표현된 이러한 방식은 중세의 종교화에서는 결코 볼 수 없었던 점이다. 또한 이 그림 속에는 오렌지나무를 비롯하여 그려진 식물과 꽃의 종류가 거의 700여종에 가깝다고 한다. 인간적인 상상력과 세심한 관찰 그리고 반복적인 선의 구성에 의한 순수한 조형적 질서를 보여주는 보티첼리의 그림들은 르네상스의 인본주의적 탐구정신을 잘 드러낸 사례라고 할 수 있다.

<최후의 만찬> 주제는 지오토나 기를란다요(Domenico Ghirlandajo, 1448-1494) 등 레오나르도 다 빈치(Leonardo, da Vinci, 1452-1519)이전에도 많은 화가들이 즐겨 그렸던 주제이다. 그러나 딱딱하고 비개성적이며 정형화된 표현을 보이는 앞의 두 화가들의 그림에 비해 산타 마리아 델라 그라치에 교회 수도원 식당 벽에 그려진 다 빈치의 <최후의 만찬>은 내구성이 약한 프레스코 벽화의 특성상 많은 부분이 훼손되었음에도 불구하고 그의 풍부한 상상력과 과학적인 지식에 입각한 새로운 조형성을 잘 보여준다. 다 빈치는 이 그림에서 가장 중요한 존재인 예수 그리스도를 전체 원근법의 소실점이 있는 정 가운데에 위치시켜 그림을 보는 이가 제일 먼저 주목하도록 하였고, 그 좌우로는 12명의 제자를 4그룹으로 나누어 배치하여 전체적인 균형이 맞도록 구도를 짰다. 이러한 중앙 집중형의 구성은 자칫 너무 단조로운 느낌을 줄 수도 있으나, 다 빈치의 위대성은 이러한 구성을 인물의 생생한 표정과 변화 있는 자세를 통해 보다 역동적이고 살아있는 공간으로 만들고 있다는 데에 있다. 매우 치밀한 원근법적인 계산에 의해 그는 그림 속에 그려진 천장 모서리 선을 실제 교회 수도원 식당 벽면의 천장 모서리 선에 완전히 일치하게끔 그리고 있는데, 그 결과 식당에서 식사를

하는 수사들은 마치 자신이 예수와 그 제자들과 함께 만찬을 나누는 느낌을 가질 수 있게 되었다.

씨저(케이사르)의 용병 대장이었던 비트루비우스가 쓴 <건축 10서>의 제 3권에는 인체의 비례에 대한 설명이 있다. 모든 점에서 호기심과 열정을 보이면서, 예술은 모든 지식의 총합체로서 가장 높은 위치에 있다고 믿으며 끊임없는 탐구정신을 보였던 다 빈치는 비트루비우스의 책에 몰두하여 고대 그리스의 3대 난문제(open problem)중 하나인 '원과 같은 넓이를 갖는 정사각형의 작도법'을 제작하였다.[2] 아르키메데스는 원에 내접·외접하는 정96각형을 2개 그려서 π의 값을 $3.14084 < \pi < 3.142858$로 소수점 3자리까지 오차를 줄였었는데, 이 그림의 구성대로라면 다 빈치는 정사각형과 원의 넓이의 비를 1:1.000373으로 소수점 4자리까지 오차를 줄인 멋진 작도법을 창안했다고 볼 수 있다. 이와 같은 인체비례론에 대한 탐구와 사고방식은 누구나가 자기 자신의 비례기준을 가지고 있다는 것으로서 르네상스 시기의 주관적 자아의식의 결과라고 말할 수 있다.

미켈란젤로(Michelangelo Buonarroti, 1475-1564)는 예술은 과학이 아니라 인간의 창조활동이라고 믿으면서 고대 그리스 조각의 이상적 미와 해부학적 지식에 의한 묘사, 그리고 풍부한 표정과 감정까지를 담아 사실감 있는 다수의 조각을 제작하였다. 그의 <다비드> 상은 구약 성서에서 골리앗을 죽인 소년 다윗을 5.5m의 조각상으로 재현한 것이다. 날카로운 눈매, 찌푸린 양 미간, 충혈 된 눈이 보여주는 긴장감과, 돌을 쥐고 있는 손의 뼈와 힘줄에서 느껴지는 신념과 에너지는, 단순히 해부학적 지식에 입각한 정확한 묘사에 의한 것만이 아니라 고대 그리스 조각에서는 볼 수 없었던 다윗의 정신적, 심리적 움직임을 미켈란젤로만의 풍부하고 독창적인 상상력으로 표현하고 있기 때문이다. 한 마디로 그것은 예술이 인간의 창조적 산물이라고 믿었던 그의 인본주의적 신념에서 나온 새로운 해석인 것이다.

라파엘(Sanzio Raffaello, 1483-1520)이 그린 로마 바티칸 궁전의 프레스코 벽화 <아테네 학당>은 '고대 그리스·로마 문화의 재발견'이라는 르네상스의 명제를 극명하게 드러내고 있는 작품이다. 라파엘은 플라톤이 B.C. 4세기경 아카데미아 숲에 세웠다는 <아카데미아>를 상상하면서 마치 2000년 전의 학당이 시간의 벽을 넘어 16세기에 존재하는 듯, 현장감 넘치는 분위기로 표현하였다. 그림 중앙에는 원근법에 의한 깊이 감 있는 배경을 뒤로 하여 두 사람이 걸어 나오고 있는데, 이데아 사상을 설파했던 플라톤과 윤리학 책을 든 아리스토텔레스의 모습이다. 그들 앞에는 반라(半裸)의 모습으로 계단에 걸터앉아있는 철학자 디오게네스가, 오른편 맨 앞쪽에는 컴퍼스로 바닥에 도형을 그리고 있는 수학자 유클리드가, 왼편 앞쪽에는 책에다 무언가를 열심히 쓰고 있는 피타고라스가 있으며, 그 밖에도 그리스의 많은 철학자, 지리학자, 인문

2) 노성두, <유혹하는 모나리자> p.117-118 에서 인용, 원과 같은 넓이를 갖는 정사각형의 작도는 정사각형의 밑변 모서리에서 배꼽을 지나는 사선을 2개 긋고 사선과 원과의 교점을 잡는다. 두 교점을 수평으로 지나는 직선을 윗변으로 하는 새로 만들어진 큰 정사각형은 원의 넓이와 같다. 이때 정사각형과 원의 넓이의 비는 1 : 1.000373이 된다.

학자들이 무리를 지어 있다. 교황 율리우스 2세가 바티칸 궁내에 교황청의 법정이 될 <서명의 방>의 계획안을 작성하여 라파엘에게 벽화를 의뢰하였을 때, 기본적으로 그에게 요구된 것이 고대 그리스 학문의 세계와 기독교 정신의 일치였다고 한다.[3] 이처럼 교황청의 계획안과 예술가들의 작품 모두에 이교적인 내용이 개입될 수 있었다는 것은, 당시 이탈리아에는 신적인 것과 인간적인 것이 조화를 이루는 인문주의적 신플라톤 사상이 지배적이었음을 반증하는 것이다.

(2) 르네상스의 수학을 대표하는 수학자

도시와 상업의 발달로 인해 화폐경제와 금융업이 활기를 띠었던 르네상스 시대에는 단리와 복리 등의 이자계산법이 현실적인 문제였다. 가령, "원금 a원, 연이율 r일 때 3년 후의 원리합계를 복리로 계산하면 얼마인가?", "원리합계가 c원이고, 연이율이 r일 때 3년 전의 원금 x원은 얼마일까?"는 어렵지 않게 구할 수가 있는 문제이다. 그러나 "원금 a원이 있는데 3년 후의 원리합계 c원을 얻었을 때 연리 x를 구하라"와 같은 문제는 곧 복잡해지고 만다. $a(1+x)^3=c$ 이므로 3차방정식의 문제인 것이다. 이와 같은 현실적인 문제에 부딪치게 된 16세기에, 수학자들에게 삼, 사차방정식의 해법을 구하는 것이 과제로 주어졌다. 특히 파치올리가 그의 <대전> 속에서 $x^3+mx=n$ 꼴의 3차방정식을 부정적으로 다루었으므로 이에 도전을 받아 새로운 연구가 시도되었다. 원래, 3차방정식 해법의 최초 발견은 볼로냐 대학의 교수 페로(Ferro, 1465-1526년경)이며 그 다음은 타르탈리아(Niccolo Tartaglia, 1500-1557년경)였으나, 카르다노(Gerolamo Cardano, 1501-1576)가 타르탈리아로부터 전해들은 내용에 자기의 연구 결과를 첨가하여 <위대한 술법(기법)>을 출판 한 것이다. 이 저서는 (i) $x^3+ax^2+bx+d=0$ 꼴의 삼차방정식을 $x=y-\frac{a}{3}$ 로 놓고 변수를 변환하여 $y^2+Ay+B=0$ 의 꼴로 유도한 것과 (ii) '삼차방정식은 3개의 근을 갖는다' 등이 탁월한 점이다. <위대한 술법>에서는 $x^3+10x=6x^2+4$ 의 근이 2, $2+\sqrt{2}$, $2-\sqrt{2}$ 임을 말하면서 일반 공식에 적용하였을 때 '허수'를 포함하게 된다는 사실에 주목하였다. 따라서 허수 계산을 실은 최초의 논문이 되었다. 즉, 3차방정식의 근이 모두 실수이었지만 카르다노가 증명한 일반 해법으로는 복소수의 세제곱근을 포함하게 되었다. 결국 '허수'의 존재를 인정할 수밖에 없는 상황이 된 것이었다. 허수의 발견은 현실의 실제적인 문제와는 관계없는 결과물이었지만 이후 대수학 여러 연구 분야에 엄청난 자극을 준 요동이었다.

4. 르네상스 말기의 상전이

4) 임영방, <이탈리아 르네상스의 인문주의와 미술>, p. 507에서 인용

1) 매너리즘의 출현

1492년 콜럼버스의 신대륙 발견이 있은 후, 1500년대는 세계를 보는 인간의 관점뿐 아니라 삶의 모든 영역에서 동요와 갈등이 일어났다. 바자리(Giorgio Vasari, 1511-1574)는 미술비평적인 글속에서 예술이 자연을 묘사하되, 우아함과 완벽함을 덧붙여, 있는 그대로의 자연미를 능가하는 새로운 아름다움을 표현할 수 있어야 한다고 주장했다. 16세기 르네상스시기에 이미 더할 수 없을 만큼의 완벽함과 조화를 이룩했던 거장들의 뒤를 잇는 젊은 미술가들은, 이제는 어떤 방식으로 선배 미술가들을 능가하는 창조적인 작품을 제작할 수 있을까를 고민하면서, 바자리의 가르침에 힘을 얻어 완벽한 조화대신에 풍부한 감성과 자유로운 상상력에 의한 부조화를 선택하기 시작하였다. 바자리가 말한 섬세하고 세련되고 우미한 예술성을 추구하기 위해 그들은 거장 미술가들이 추구했었던 완벽한 인체표현과 질서 있는 공간표현을 포기하고 왜곡되고 비례에 맞지 않는 형상과 공간 구성을 독창적이고 개성적인 방식으로 시도했던 것이다. 미술사에서는 16세기 전성기 르네상스 중반부터 바로크양식(1600-1750)이 나타나기 전까지 등장했던 이러한 미술동향을 매너리즘(mannerism)이라고 부른다. 이 동향의 대표적인 화가는 파르미지아니노(Parmigianino)인데 정상적인 인체의 해부학적 비례를 무시한 듯이 보이는 성모상뿐만 아니라, 그 오른쪽 배경의 하단에 등장하는 너무도 작은 인물상은 일반적인 비례법칙으로는 도저히 있을 수 없는 모습이다. 파르미지아니노는 작가가 자유로운 상상력으로 왜곡시킨 형상도 합리적인 질서에 따라 재현된 형상만큼이나 아름답고 창조적일 수 있음을 주장하고 있는 것이다.

매너리즘을 대표하는 또 한 사람의 거장 틴토렛토(Tintoretto, 1518-94)가 제작한 <최후의 만찬>을 이전에 제작된 레오나르도 다 빈치의 <최후의 만찬>과 비교해보면, 매너리즘 미술의 화풍이 전성기 르네상스의 그것과 얼마나 달라졌는지를 알 수 있다.

여기에서 우선 눈에 띄는 것은 화면을 가로지르는 식탁의 급격한 사선이다. 다 빈치 그림에서 좌우 대칭형으로 앉은 인물들 앞에 수평으로 놓여 질서와 안정감을 느끼게 하던 식탁과는 달리, 틴토렛토는 식탁의 위치를 오른쪽 위에서 왼쪽 아래로 떨어지는 사선방향으로 배치함으로서, 화면 전체에 긴박감과 극적인 효과를 배가시켰다. 중앙에 앉은 예수의 얼굴 주변에는 범상치 않은 후광이 둘러져있는데, 그 빛은 식탁 위 천장에 매달린 등잔불과 함께 신비로운 분위기를 자아낸다. 또한 제자들과 하인들, 가축과 음식 그릇이 어수선하게 놓여있는 어두운 실내 오른 편 상부에, 마치 구름 같기도 하고 유령 같기도 한 형태로 예수를 향해 날고 있는 천사들의 형상은 더욱 환상적이면서도 음산한 분위기까지 창출하고 있다. 결국 '최후의 만찬'이라는 성서의 내용을 해석하면서 틴토렛토는 선대 화가들과는 달리, 종교적 사건의 내용 그 자체에 초점을 맞추기 보다는, 그러한 사건이 일어났을 때의 상황을 자신의 상상력으로 자유롭게 해석해낸 후, 그 장면을 보다 극적이고 감각적인 조형방식으로 구현하는 데에 관심을 두고 있는 것이다. 전성기 르네상스 미술의 완벽함에서 벗어나 왜곡된 형태와 불균형한 구도 그리고 다양한 색채 등을 구사하며 새로운 개념의 미를 추구하려했던

이러한 매너리스트들의 노력은, 먼 훗날 미래의 현대미술이 보여주게 될 실험정신에 버금가는 혁신적이고 선각자적인 힘찬 요동이었다고 평가될 수 있을 것이다.

2) 근대 수학을 준비한 수학자

근대 과학을 상징하는 17세기의 5대 발견은 페르마와 데카르트의 해석기하학(解析幾何學), 뉴턴과 라이프니츠의 미적분학(微積分學). 파스칼과 베르누이의 확률론(確率論), 갈릴레이와 뉴턴의 역학(力學), 뉴턴의 만유인력의 법칙이다. 이러한 엄청난 과학적 발견이 가능하도록 기반을 닦은 수학 발전의 시기, 근대 수학의 여명기는 카오스의 관점에서 보면 르네상스와 근대의 상전이 상태이다. 이 시기 대표적인 수학자는 로그를 발명한 네이피어(Napier, 1550-1617)와 상용로그를 발견한 헨리 브리그즈(Henry Briggs, 1561-1639)이다.

복리계산의 과정에서 직면한 고차방정식의 해법은 계산할 때 제곱, 세제곱을 구해야 했으므로 매우 불편하였다. 이러한 불편을 해결해주는 새로운 도구가 곧 로그(logarithm)이다. "원금 a원이 3년 후에 원리합계가 c원이 되었을 때 연리를 구하라"는 문제에서 $a(1+x)^3 = c$ 의 양변에 로그를 취하면 $log a + 3log(1+x) = log c$ 즉, $log(1+x) = \frac{log c - log a}{3}$ 가 되어 제곱, 세제곱 또는 제곱근, 세제곱근의 문제가 가감승제의 4칙 연산으로 바꾸어 셈할 수 있게 된다. 원래는 로그가 천문학에서 출발하였으나 이처럼 현실생활을 편리하게 해주었다. 17세기 초에 이미 스테빈에 의하여 복리계산표가 만들어졌으나 보르기(Burgi 1552-1632)가 독자적인 로그표를 작성하였고, 후에 네이피어는 곱셈, 나눗셈을 비롯하여 삼각법의 계산을 편리하게 하기 위한 수단으로 로그를 발명하였다. 그의 저서 <놀라운 로그 체계의 기술>에 감동을 받은 브리그즈는 네이피어를 방문하여 함께 논의한 결과 $log 1 = 0$, $log 10 = 1$ 로 한다는 결론에 도달하였고 브리그즈는 10으로 밑으로 하는 상용로그를 연구하였다.

르네상스 시기에는 근대 과학의 혁명이 일어날 수 있도록 여러 면에서 인프라를 구축하고 있었던 것이다. 방정식에 관한 연구도 그러하지만 아직 수학을 표현하는데 있어서 기호를 제대로 사용하지 못하고 있었다. 16세기가 되자 위드만(Johann Widman, 1460년경- ?)이 저서 <상업산술>에서 +, - 의 기호를 사용하였고, 루돌프(Rudolph, 1500-1545년경)는 $\sqrt{\ }$ 기호와 10진 소수를 사용한 책 <미지수, 1525년>를 출판하였으며, 슈티펠(Stifel, 1487-1567경)은 음수, 거듭제곱, 거듭제곱근을 다룬 <산술백과>를, 레코드(Recorde, 1510-1558)는 등호(=)를 사용한 <지혜의 숫돌, 1557년>을 저술하였다. 란(Rahn)은 ÷ 기호를, 영국의 해리오트(Hariot, 1560-1621)는 부등호 < , >를, 오트레드(Oughtred, 1574-1660)가 곱셈기호(×)를 <수학의 열쇠>에서 소개하였다([5]). 수학 상의 기호가 이처럼 많이 만들어진 것은 인쇄술의 발달로 인한 피드백이기도 하다. 이러한 일련의 연구물들은 모두 근대를 준비하는 요동들이었다([5], [23]).

3) 원근법과 사영기하학

원근법의 수학적 원리는 무엇인가? 우리가 유리창을 통해 밖에 있는 풍경을 바라보는 것처럼 예술가는 유리 스크린을 통해 풍경을 쳐다보듯이 캔버스를 유리 스크린처럼 여기면서 그림을 그려야 한다는 것이다. 캔버스를 유리 스크린처럼 여기라는 것은 투명체가 아닌 방해물이 있을 때 우리의 시선이 도중에 막혀서 눈의 망막까지 되돌아와도 바라보고자 했던 대상은 볼 수가 없다. 중세 이전의 그림에서는 이 <視線의 법칙>이 지켜지지 않아서 실제로 눈에 보이지 않는 부분까지도 화면에 그리곤 했다. 르네상스 화가들은 눈에 보이는 대로 사물을 입체감 있고 사실적으로 표현하기 위해 시선의 법칙을 철저하게 지키려고 노력했다. 수학적 원리를 회화에 적용시켰을 때 투시화법이란 르네상스 미술의 패러다임을 성립시켰으며, 나아가서는 수학에 射影幾何(projective geometry)의 새로운 장을 열게 하는 원천이 된 것이다. 투시화법의 수학적 이론은 실제로는 평행한 직선들이지만 캔버스에서는 만나도록 그려져야 하는 것이다. 알베르티는 "그림이란 투영도의 단면이다"라고 선언했을 정도였다. 시선들의 집합을 '투영(projection)'이라 하고, 이 선들이 유리 스크린의 한 점을 꿰뚫을 때 생기는 점들의 집합을 '단면(section)'이라 부른다([32]).

지금 캔버스가 수직으로 놓여있다고 하자. 눈에서부터 캔버스까지의 수평선과 수직선의 연장은 캔버스의 주소실점(principal vanishing point)이라고 불리는 한 점에서 만난다. 소실점이 지나는 직선을 수평선(horizon line)이라 부르는데 실제 수평선과 대응되기 때문이다. 실제로는 평행인 직선들이 캔버스에서는 45도 각도를 이루며 한 점에서 만나는데 이 점을 대각 소실점(diagonal vanishing point)이라 부른다. 따라서 그림을 전시할 때 효과를 내려면 감상자의 눈높이에 소실점이 있도록 하고 소실점에서 대각 소실점까지의 거리와 똑 같은 거리에서 그림을 감상하면 더욱 효과적이 된다.

정리하면, 사영(투영, projection)이란 '어떤 한 점으로부터 발사되어 대상물에 집중하는 빛의 다발'이고 사영을 하나의 평면으로 잘랐을 때 '평면 위의 교점들의 집합'이 절단(section)인 것이다. 이 때 대상을 보는 눈의 위치에 따라 절단이 수없이 많이 생길 수 있으며 하나의 사영에 대한 절단 또한 무수히 많게 된다. 따라서 우리는 하나의 사영에 두 가지 절단을 하였을 때, 또 하나의 도형을 두 시점에서 사영하였을 때 생기는 도형들 사이의 공통적인 수학적 성질을 연구하는 것이 사영기하학인 것이다([1]).

5. 나오는 말

본 논문에서는 현대과학의 한계에 부딪쳐서 발생한 카오스 이론의 시각으로 수학과

미술의 역사를 르네상스시기에 주목하여 조망해 보았다. 그 결과 중세 말에서 르네상스로 접어드는 13-14세기에 십자군 원정, 도시의 발달 등에 기인한 사회적 요동 위에 치마부에, 지오토, 둣치오 등의 화가들이 미술 분야에 피보나치, 요르다누스, 브래드와딘 등의 수학자 들이 수학 분야에 요동을 일으키면서 르네상스 시대의 서막을 장식하였음을 알 수 있었다. 르네상스시기의 전성기에는 콜럼버스와 바스코 다 가마의 탐험이 새로운 기하학의 시대를 알리는 요동이었으며 이로 이한 원근법(투시화법)의 연구와 구텐베르크의 금속활자 발명은 유클리드의 <원론>을 다시 연구하도록 만든 요동이었다. 또한 르네상스말기가 되자 틴토렛토 같은 화가들이 원근법을 파괴하면서 다가오는 현대미술의 세계를 선보이는 매너리즘의 화풍과 수학에서는 네이피어의 로그 발견과 많은 수학자들에 의한 기호의 정비가 근대 수학의 준비를 위한 요동임을 알 수 있었다. 이러한 고찰은 문화와 역사가 복잡계의 전형이기 때문이다.

참고 문헌

1. 계영희, 16세기 회화와 사영기하와의 관계, 이화여대 교육대학원 석사학위 논문, 1979.
2. ———, 수학과 미술의 추상성, 한국수학사학회지, 제 12 권, 제 2 호(1999), 119-133.
3. ———, 수도원 수학과 중세 미술, 한국수학사학회지, 제 16 권, 제 3 호(2003), 77-88.
4. ———, 사영기하학과 르네상스 미술, 한국수학사학회지, 제 16 권, 제 4호(2003), 59-68.
5. 김용운·김용국, 수학사대전, 우성문화사, 1986.
6. —————, 프랙탈과 카오스의 세계, 우성문화사, 1998.
7. 김용운, 카오스의 날개짓, 김영사, 1999.
8. 레오나드 쉴레인/ 김진엽 역, 미술과 물리의 만남, 도서출판 국제, 1995.
9. 리처드 만키에비츠/ 이상원 역, 문명과 수학, 경문사, 2002.
10. 마거릿 버트하임/ 최애리 역, 피타고라스의 바지, 사이언스 북스, 1997.
11. 버트란트 럿셀/ 최민홍 역, 서양철학사 상, 하, 집문당, 1982.
12. 빌플린/이기숙 역, 뒤러의 예술, 한명출판, 2002.
13. 슈나이더/ 이충호 역, 자연, 예술, 과학의 수학적 원형, 경문사, 2002.
14. 신준형, 파노프스키 뒤러, 시공사, 2004.
15. 이은기, 르네상스 미술과 후원자, 시공사, 2002.
16. 임영방, 이탈리아 르네상스의 인문주의과 미술, 문학과 지성사, 2003.
17. 알베르티/노성두 역, 알베르티의 회화론, 사계절, 2003.
18. 제임스 클리크/박배식· 성하운 공역, 카오스, 동문사, 1993.
19. 존 카스터/손영락 역, 복잡성 과학이란 무엇인가, 까치글방, 1997.
20. 노성두, 유혹하는 모나리자, 한길 아트, 2001.

21. 최승규, 서양미술사 100장면, 가람기획, 1996.
22. E. 카시러/박지형 역, 르네상스 철학에서의 개체와 우주, 민음사, 1996.
23. 칼 B 보이어·유타 C 메르츠바흐/ 양영오·조윤동 역, 수학의 역사·상,하, 경문사, 2000.
24. 캐롤 스트릭랜드/ 김호경 역, 클릭 서양미술사, 예경, 2002.
25. H. W. 잰슨/ 김윤수 역, 미술의 역사, 삼성출판사, 1978.
26. Craig Storti, *The Arts of Crossing Cultures*, Yarmouth, ME: Intercultural Press, 1990.
27. H. Weyl, *Symmetry*, Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, 1952.
28. A. N. Whitehead, *Concept of Nature*, Cambridge University Press, 1919.
29. Jean Pierre Maury, I. Mark Paris translated, *Newton*: the Father of Modern Astronomy, Abrams Discoveries, A Times Mirror Company, 1992.
30. Mario Livio, *The Golden Ratio*, Broadway Books, New York, 2002.
31. Matila Ghyka, *The Geometry of Art and Life*, Dover Pub., New York, 1977.
32. Moris Kline, *Mathematical Thought from Ancient to modern Times*, Oxford University Press, New York, 1972.
33. Steven Shapin, *The Scientific Revolution*, University of Chicago Press, Chicago, 1996.
34. W. M. Ivins, Jr., *Art and Geometry* : A Study in Space Intuitions, Dover Pub., New York, 1964.
35. 柳 亮, *黃金分割*, 美術出版社, 東京, 1980.
36. 撗地 淸, *數學文化의 遍歷*, 林北出版株式會社, 東京, 1995.

Mathematics and Arts of Renaissance on the Chaotic Perspective

College of Information Media, Kosin University **Young Hee Kye**
Department of Arts History, Ewha womens University **Jin Kyoug Oh**

This research focuses on the relationship between mathematics and visual art from a perspective of chaos theory which emerged under the influence of post-modernism. Culture and history, which transform dynamically with the passing of time, are models of complexity. Especially, when the three periods of Medieval, Renaissance, and 17-18 Centuries are observed, the Renaissance period is phase transition phenomenon era between Medieval and 17-18 Centuries. The transition stage between the late Medieval times and the Renaissance; and the stage between the Renaissance and the Modern times are also phase transitions. These phenomena closely resemble similarity in Fractal theory, which includes the whole in a partial structure.

Phase transition must be preceded by fluctuation. In addition to the pioneers' prominent act of creation in the fields of mathematics and visual art serving as drive behind change, other socio-cultural factors also served as motivations, influencing the transformation of the society through interdependency. In particular, this research focuses on the fact that scientific minds of artists in the Renaissance stimulated the birth of Perspective Geometry.

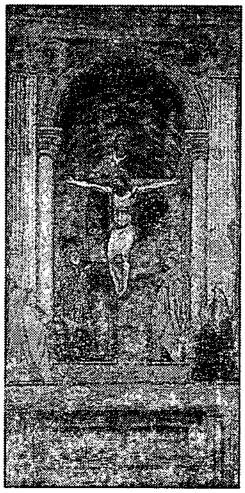
Key word: complexity, chaos theory, fractal theory, Renaissance arts, Renaissance mathematics

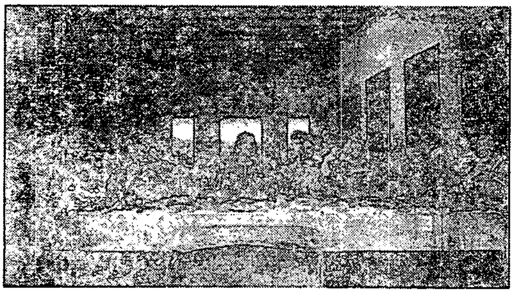
2000 Mathematics Subject Classification: 01A35, 01A40, 01A45

논문 접수: 2006년 4월 7일, 심사 완료: 2006년 5월

지옷토 <애도>

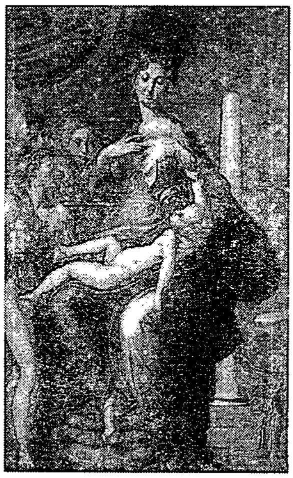
라파엘 <아테네 학당>





레오나르도 다 빈치 <최후의 만찬>

마사치오 <성삼위일체>



틴토렛토 <최후의 만찬>

파르미지아노
<긴 목의 마돈나>