

자연법칙으로서 기하학과 공간 개념의 전개에 관한 연구*

- 화이트헤드의 자연법칙 학설을 중심으로 -

A Study on the Development of Geometry as the Natural Laws and the Concepts of Space

- Focus on the Whitehead's theories of natural laws -

Author 황태주 Hwang, Tae-Joo / 이사, 서원대학교 건축학과 부교수, 공학박사

Abstract The concepts of laws like regularity or persistence or recurrence those are discovered in nature, became the essential elements in speculative philosophy, study and scientific technology. Western civilization was spread out by these natural laws. As this background, this study is aimed to research the theories of natural laws and the development of geometry as the descriptive tools and the development aspects of the concepts of space. According to Whitehead's four theories on the natural laws, the result of this study that aimed like that as follows.

First, the theories on the immanence and imposition of the natural laws were the predominant ideas from ancient Greek to before the scientific revolution, the theory on the simple description like the positivism made the Newton-Cartesian mechanism and an absolutist world view. The theory on the conventional interpretation made the organicism and relativism world view according to non-Euclidean geometry. Second, the geometrical composition of ancient Greek architecture was an aesthetics that represented the immanence of natural laws. Third, in the basic symbol of medieval times, the numeral symbol was the frame of thought and was an important principal of architecture. Fourth, during the Renaissance, architecture was regarded as mathematics that made the order of universe to visible things and the geometry was regarded as an important architectural principal. Fifth, according to the non-Euclidean geometry, it was possible to present the natural phenomena and the universe. Sixth, topology made to lapse the division of traditional floor, wall and ceiling in contemporary architecture and made to build the continuous space. Seventh, the new nature was explained by fractal concepts not by Euclidean shapes, fractal presented that the essence of nature had not mechanical and linear characteristic but organic and non-linear characteristic.

Keywords 과학적 관념, 우주론적 관념, 자연법칙, 기하학, 건축 공간
Scientific ideas, Cosmological ideas, Natural laws, Geometry, Architectural space

1. 서론

과학은 '세계의 어떤 측면에 대한 체계화된 지식'이며, 이는 자연의 이해를 목표로 한다. 자연의 이해를 위해 학자들은 우선 관찰을 통한 현상과 사건을 기술하고, 그 원인에 대해 설명한다. 자연현상의 설명을 통해 개별적 현상이나 사건들의 경위를 이해할 수 있게 된다. 이러한 자연현상에 대한 설명과정에서 그 현상과 관련된 일반적인 법칙들이 유도되며, 이러한 법칙들은 설명을 통해 확증된 법칙으로 이용된다. 그리고 이러한 법칙들을 이용

하여 미래에 일어날 현상들을 예측하기도 한다.

과학은 시대적 합리성에 의거하여 서로 다른 이론들 간의 우열 비교가 가능하며, 과학의 발달은 기존 이론이 보다 우월한 새로운 이론으로의 대체과정으로 간주될 수 있다. 화이트헤드는 서양 과학의 발전에 있어서 몇 가지 기본적인 관념을 '사변'과 '학문'의 개념 및 '자연의 질서'와 '자연' 자체에 대한 개념의 변천으로 파악하고, 과학 발전의 역사를 자연법칙 개념의 역사로 간주하였다.¹⁾

유럽 문화에 끼친 과학적 관념의 영향과 그 영향으로 형성된 일반적인 우주론적인 관념들은 기하학적 사고로부터

* 이 논문은 2010년도 서원대학교 교내연구지원비에 의한 연구결과임.

1) Alfred North Whitehead, *Adventures of Ideas*, 관념의 모험, 오영환 옮김, 한길사, 1996, pp.180-182.

유래된다. 이는 주로 플라톤의 철학에서 근거되며, 그의 사상으로 부터 지금까지 기하학적 사고의 전통이 계승되고 있다.

자연에서 발견되는 '법칙'의 개념, 즉 규칙성이나 지속성, 반복과 같은 개념은 사변과 학문, 그리고 과학기술에 있어서 본질적 요소가 되었고 이러한 자연법칙의 개념은 사변과 학문, 그리고 과학의 본질적 요소로 작용하여 각 시대의 뚜렷한 의식 속에서 다른 문화적 요소, 즉 종교나 철학 등과 결합되면서 특수한 형태를 지니게 되었다. 서양 문명은 이러한 자연법칙을 기본으로 전개되었다.

화이트헤드는 자연의 법칙에 관한 학설을 내재하는 것, 부과된 것, 관찰된 질서의 단순한 기술, 그리고 규약적 해석 등 네 가지 학설로 분류하고 있다. 이러한 학설들은 시대에 따라 또는 학자나 학파에 따라 대립·융합되면서 유기적인 관계를 가지며 전개되었다. 우리는 자연법칙이라는 개념의 변천사를 이해함으로써 문명화된 사상의 발전을 이해할 수 있게 된다. 이때 자연법칙은 대개 기하학으로 서술되었다.

이러한 배경에서 본 연구는 자연법칙 학설을 살펴보고 자연법칙의 서술도구인 기하학의 발전과 이에 따른 공간 개념의 전개를 연구하고자 한다. 연구방법으로는 먼저 화이트헤드의 자연법칙에 관한 네 가지 학설과 서술도구로서 기하학과의 관계를 파악하고 이를 근거로 기하학과 건축 공간 개념의 전개를 시대적으로 알아보도록 한다. 이는 자연법칙에 관한 학설이 시대를 통해 발전하고 있기 때문이며, 이러한 전개는 서구사상의 합리적 도구로서 기하학이 건축의 발생적 시기로부터 현재에 이르기까지 건축적 사고를 지배해 온 논리적 사고체계에 의해 생성되고 발전되어 온 것임을 알 수 있게 해준다.

2. 화이트헤드의 자연법칙 학설과 기하학

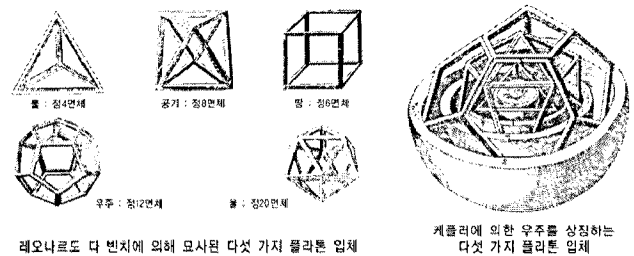
2.1. 자연법칙의 내재설과 기하학적 구성

고대 그리스 철학자들은 자연현상들의 설명을 통해 사물 일반의 본성을 규명하고자 하였다. 탈레스 등 밀레토스 학파의 철학자들은 사물의 구성 원질을 사물의 본성으로 인식하였던 반면, 피타고라스는 사물의 구조를 통해 그 본성을 파악함으로써 대조적 입장을 보였다.²⁾ 피타고라스학파는 사물의 근본물질은 우주에 내재되어 있으며, 내재된 법칙은 수에 근거한 것이라 믿었다. 또한 그들은 처음으로 우주의 근본물질을 형태적이며 양적인 것으로 파악하여 자연을 정량적이고 수학적으로 탐구하기 시작하였다.

이러한 측면을 계승한 플라톤은 자연현상을 기하학으로 설명하면서 우주의 근본물질과 구성 역시 기하학으로

되어 있음을 주장하였다. 기하학은 플라톤 철학을 대표하게 되었고 관념 세계를 다루는 형이상학으로 발전되었다. 따라서 기하학은 그리스의 모든 사고를 지배하게 되었고, 우주관과 건축, 미술 등은 모두 기하학적 프로포션과 심메트리를 바탕으로 하게 되었다.

플라톤은 「티마이오스」(Timaios; 자연철학)에서 '수용자' 개념을 등장시켜, '수용자'를 충만시키고 있는 다양한 성질 또는 힘에 정사면체, 정육면체, 정팔면체, 정이십면체를 대응시켜 각각 불, 흙, 공기, 물 등의 4원소라 하고, 이들을 통해 사물의 생성과 변화를 설명하였다. 또한 각 원소의 해체·재구성·상호변환이 가능하다고 생각하고, 각각의 원소보다 더 궁극적인 물질적 요소로서 정삼각형과 직각이등변삼각형을 이용하여 정다면체의 4원소를 구성하였다.³⁾ 구성요소간의 상호작용은 사물의 단순한 수적 관계가 아닌 기하학 작도에 의한 비례개념을 최상의 이상적 조화로 하는 건축관을 제시하였다.<그림 1>



<그림 1> 플라톤의 다섯 가지 기하학 입체

2.2. 자연법칙의 부과설과 수의 신비주의적 해석

플로티누스는 최고의 이데아가 사물들 밖에 존재한다는 플라톤의 학설에 따라 신비종교적 세계관인 유출설을 제창하였고, 만물은 신으로부터 유래한다는 유출설은 신비적 형이상학을 기초로 중세까지 유지되었다.⁴⁾ 결과적으로 신플라톤주의로부터 영향을 받은 기독교는 아우구스티누스의 은총설로 완전한 초월적 신의 개념으로 다가갔고, 여기에서 파생된 칼뱅파는 물질적 세계의 질서가 초월적 신의 의지로부터 부과된다고 주장하였다. 그리고 토마스 아퀴나스에 의해 신의 창조로부터 전체는 모든 조화로운 단계구조 내지 계층구조로 계시되었다.⁵⁾

이처럼 부과된 질서에 대한 신념은 16세기 르네상스에 이르러 인간의 이해가 미칠 수 있는 세부적인 것에 이르기까지 자연의 질서가 존재한다는 생각을 갖게 하였다.

3) 이러한 사실은 우리의 일상경험과도 일치했는데, 물이 끓으면 증기(공기)가 되고, 이것을 응축시키면 다시 물이 되는 현상이 근본물질들 사이에 변환이 일어나는 것으로 보였던 것이다.

송성수 외, 인물로 보는 서양 과학사, 녹두, 1994, p.43.

기본 삼각형을 이용한 정다면체의 구성과 변환은 Garry Stevens, The Reasoning Architect: Mathematics and Science in Design, 과학과 수학으로 본 건축론, 조대성 외 옮김, 태림문화사, 1995, pp.83-91 참조.

4) Curt Friedlein, 앞의 책, p.95.

5) 위의 책, p.143.

2) Curt Friedlein, Geschichte der Philosophie, 서양철학사, 강영계 옮김, 서광사, 1986, pp.34-39.

이러한 생각은 피타고라스 사상의 중심인 수의 질서 개념과도 결합되었다. 피타고라스학파는 ‘우주는 순수 수학과 동형’이며, 우주의 모든 사물의 본질은 정수에 의해 측정될 수 있다고 확신하였다. 이러한 수에 관한 피타고라스학파의 사고는 중세 기독교의 신비주의에 흘러들어 수의 의미와 관련된 많은 상징적 관념들을 발전시켰다.⁶⁾

데카르트는 ‘운동량 보존의 법칙’을 통해 세계 전체의 운동량도 불변하는 것이며, 이런 일정한 운동량은 최초로 신이 세계에 부여한 것이라고 하였다. 이렇게 신에 의해 부과된 운동패턴이 곧 ‘자연의 법칙’이었다.⁷⁾ 이렇게 자연법칙의 부과된 질서 개념과 수의 신비주의적 해석은 서로 결합되어 신은 최고의 미이며 동시에 모든 미의 근원⁸⁾이라는 사상과 함께 간단한 수와 도형으로 상징될 수 있다는 중세로부터 계몽주의 시대 이전까지의 건축관을 형성하였다.

2.3. 관찰된 사실의 단순기술설과 실증주의

실증주의 학설에서 이해한다는 것은 ‘기술이 단순하다’는 것을 의미한다. 관찰된 것은 가능한 단순하게 기술하도록 하며, 법칙은 관찰된 사실에 대한 진술을 의미한다. 예를 들어 과학적 일반화에서 최대의 업적이라 할 수 있는 뉴턴의 ‘만유인력의 법칙’은 ‘두 질점은 그 질량의 곱에 정비례하고 거리의 제곱에 반비례하는 힘으로 서로 끌어당긴다’는 것이다. 이 법칙의 형식, 즉 질량의 곱이나 거리의 제곱의 반비례는 순전히 관찰된 사실들에 대한 기술에 기초하고 있는 것이다. 뉴턴의 「프린키피아」 대부분은 이러한 기술이 그가 나타내려는 논점에 충분히 합치된다는 것을 증명하는 ‘수학적 탐구’에 매진하고 있다. 뉴턴은 관찰된 사실들의 관찰된 상관관계를 표현하는 공식을 제시하고 있는 것이다.

이렇게 과학의 진보는 관찰된 사실에 대한 일반적 기술을 제공하는 자연법칙의 공식을 만드는데 있었다. 코페르니쿠스, 갈릴레이, 케플러, 데카르트, 뉴턴 그리고 근대의 모든 과학자들은 자연법칙의 공식, 즉 자연법칙을 나타내는 단순한 수학적 표현을 다루고 있었다.⁹⁾ 이러한 단계에서의 모든 발견은 방법적으로 ‘실증주의 학설’과 일치한다. 과학자들은 단순한 기술, 일반적 기술을 통해 관찰된 특정한 현실적 사례를 넘어 법칙을 사변적으로 확장시키는 설명적 기술을 얻고자 하였다.

플라톤의 시대로부터 현대에 이르는 서구사상사의 한

측면은 자연법칙의 해석을 통해 철학자와 실증주의자 간의 설명적 기술을 얻고자 하는 논쟁이었고 이러한 논쟁은 모두 기하학을 통해 이루어지고 있었다.

2.4. 자연법칙의 규약설과 다양한 기하학의 공존

수학적 진리가 절대적인 것이어서 자연법칙의 개념과 어떤 관계를 갖는다고 추론하는 것은 잘못된 생각이다. 왜냐하면 유클리드의 기하학과 보요이-로바체프스키의 기하학, 리만의 기하학에서 거리의 정의가 서로 다르기 때문이다. 수학자들은 각각의 기하학 체계에서 거리와 도형에 관한 별개의 정의와 이에 따라 서로 다른 기하학 체계가 존재할 수 있다는 것을 증명하였다. 이로써 우리는 물리적 세계의 기하학적 성격을 해석함에 있어서 임의적인 선택적 요소를 개입시킬 수 있게 되었다.

지각의 사소한 부정확성을 별개로 한다면 인간은 모두 사실상 같은 체계를 채용하고 있다. 여기에는 절대적인 것은 없으며 따라서 우리가 자연법칙의 절대성에 관한 문제를 논할 때 수학적 법칙에 호소하는 것은 고려할 필요가 없게 된다. 이로써 전통적인 기하학의 신비성과 상징성은 상실되었다.

기하학을 추론해 보면 기하학이 계량과 관계없이 전개될 수 있음을 알 수 있다. 이렇게 전개되는 기하학을 비계량 사영기하학(Non-metrical Projective Geometry)이라고 한다.¹⁰⁾ 화이트헤드는 「프린키피아 마테마티카」(수학원리, 1911)에서 기하학이 측정이나 수와 관계없음을 밝히고 있다. 결국 몇 개의 자연법칙이 존재한다는 것은 몇 개의 규약이 존재한다는 것을 의미하는 것이며, 그 발전 순서는 지금까지 살펴본 바와 같이 문명화된 인류가 발달시키려고 선택한 과학에 의존하고 있다.

3. 근대이전의 건축 구성과 기하학

3.1. 고대 그리스건축의 기하학적 구성

그리스인들은 기하학에 의한 비례를 최상의 이상적 조화로 여겨 항상 아름답다는 미의 객관적 기준으로 설정하였고, 비례는 심메트리아라는 규범으로 건축의 형태구성과 각 부위간의 관계를 결정하는 원리로 사용되었다.¹¹⁾ 이것은 주로 사물이 수적 관계, 즉 비례와 조화로 이루어졌다는 피타고라스의 믿음과 이데아에 근거를 둔 플라톤의 기하학적 사고에 의한 것이었다.

플라톤은 「필레부스」(Philebus; 최상의 선에 관하여)에

6) Franz Carl Endres · Annemarie Schimmel, Das Mysterium der Zahl, 수의 신비와 마법, 오석균 옮김, 고려원미디어, 1996, p.20.

7) Curt Friedlein, 앞의 책, p.182.

8) “신은 전지전능하므로 신의 창조물에 실패작이 있을 수 없다. 모든 것이 한결같이 아름답지 않으면 안된다.”

井上充夫, 建築美論の歩み, 건축미론, 임영배 외 옮김, 도서출판국재, 1994, p.50.

9) 김영식 외, 과학사, 전파과학사, 1996, pp.63-64.

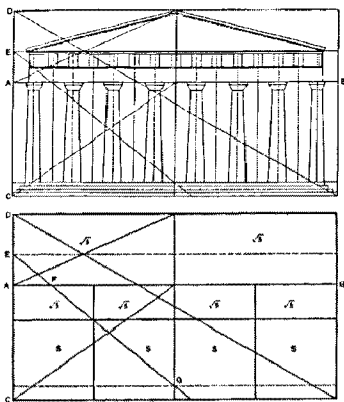
10) 사영기하학은 19세기 초엽에 시작된 분야로, 한 평면상의 도형을 다른 평면에 투영해서 얻은 도형과 그 본래의 도형과 등가로 다룬다. 삼각형은 어떠한 삼각형도 결국 등가로 보며, 원과 타원도 등가로 본다. 따라서 ‘거리’나 ‘각도’는 무시된다.

A. N. Whitehead, 앞의 책, p.231.

11) 이영수, 건축구성형식의 변화와 특성에 관한 연구, 홍익대 박사학위논문, 1992.6, p.9.

서 기하학 형태미에 대해 논의하면서, 직선이나 원으로 구성되는 도형이 상대적으로 아름다운 것이 아닌 그 자체에 의해 아름다운 것이라 하였다.¹²⁾ 이것은 자연을 그대로 묘사하는 회화 등의 모방 예술과 그렇지 않은 비모방 예술을 구분한 것이기도 하지만, 자연을 그대로 재현하지 않고 추상화된 방법으로 의미를 갖는 건축¹³⁾ 등의 비모방 예술이 직선과 원의 기하학 도형에 의해 구성됨을 의미한 것이기도 하다. 플라톤의 이러한 주장은 건축과 관련된 기하학 형태미가 단순한 수적 비례가 아닌 자와 컴퍼스를 이용한 기하학 작도에 의한 것이어야 하며, 고대 그리스 건축의 비례가 '구성적' 성격을 가지고 있음을 알 수 있게 한다.

그리스 신전은 본질적으로 수직적 요소와 수평적 요소로 이루어진 가구식 구조체로서 수직과 수평의 선이 형태의 기본요소로 사용되었다. 여기에 페디먼트의 경사선이 수직과 수평의 대비를 통해 하나의 통합된 관계를 보여주고 있다.¹⁴⁾ 그리스 건축가들은 아치와 볼트에 대해 알고 있었지만 이에 대해 보수적 입장을 취한 것¹⁵⁾도 그리스 기하학의 사변적 성격과 자와 컴퍼스로 작도되는 단순한 기하학적 비례를 선호했기 때문이다.



<그림 2> 햄비지에 의한 파르테논 신전의 기하학적 분석

파르테논신전의 해석에 관한 햄비지의 도해를 통해 황금비로 구성된 평면과 입면을 확인할 수 있다.<그림 2> 햄비지는 그리스 조형 예술에 사용된 비례는 기하학적으로 유도된 것이며,¹⁶⁾ 입면의 비례 요소는 내재적 요소로 작용하여 다시 황금비를 갖고 이를 통해 평면의 구성 역시 입면과

유기적으로 연결되어 완벽한 균제를 유지하고 있다고 하였다.¹⁷⁾ 그리스인들은 선과 면의 분할방법으로 자연에 내재된 법칙을 발견하였고, 그것을 완전비례라 하였다.¹⁸⁾

3.2. 중세건축의 상징적 기하학 성격

중세는 기본적으로 '상징'¹⁹⁾으로 가득 찬 세계였다. 그리고 자연은 상징의 가장 큰 보고였다. 신은 우주를 창조했으며 자연 질서는 수와 기하학을 도구로 신에 의해 부여되었다. 자연 질서를 구성하는 요소들은 상징적 의미와 함께 선·악 등의 덕목도 지니고 있었다.²⁰⁾ 이러한 중세의 상징적 사고는 사물과 실제의 인식이었고, 중세인들은 감각적 사물의 배후에 보다 실제적인 추상인 신이 부여한 자연의 법칙을 찾아내고자 열망하였다. 그리고 한편으로 숨겨진 실재를 감각적으로 인식할 수 있는 구체적인 형태로 드러내기 위해 노력하였다. 이렇게 추상적인 것(신이 부여한, 보이지 않는 것)과 구체적인 것(부여받은, 보이는 것)은 숫자들의 추상적·상징적 관계들에 의해 중첩되었고, 수신비주의(數神秘主義)에 의존하는 세계관을 형성하였다.

피타고라스와 그의 제자들은 현의 비례로 화음을 수(數)로 나타낼 수 있으며, 모든 사물의 존재형식 역시 수로 나타낼 수 있다고 생각했다. 음악과 기하학에 기초한 피타고라스는 보이지 않는 음의 세계를 가시적으로 표현될 수 있는 숫자에 의해 기호화했다. 그렇게 함으로써 내적으로 느낄 수 있는 음의 조화는 숫자라는 매개체를 통해 감각적 인식으로 가시화 되어 형태를 갖춘 영역으로 전달되게 되었다.²¹⁾ 이와 같이 피타고라스는 수를 기하학 형태와 관련시켜, 숫자들은 현존의 상태 또는 원형적 성질 등을 의미하는 monad(단위) 연속체를 형성하였다. monad는 창조의 기원으로 고려되었고, 다음과 같이 요약될 수 있다.<표 1>²²⁾

<표 1> Pythagorean Tetractys*

수	monad 연속체	음악적 비율	형이상학적 원리	기하학적 형태
1	•		통일성	점
2	• •	1/2 (옥타브)	양극성	선
3	• • •	2/3 (5도화음)	삼위일체	삼각형
4	• • • •	3/4 (4도화음)	구적법	정사각형

* 네 글자라는 의미로 본래는 하나님을 부르거나 찬양하는 유대인들이 사용하던 네 글자를 말함. 만물을 포괄하는 통일의 수 1+2+3+4=10이 이루어진다. 최초의 네 정수의 합 10은 피타고라스학파에게 가장 완전한 수이며, 기하학적으로 정삼각형으로 그려진다.

피타고라스학파의 숫자들은 추상적 관계를 나타내는 기호로 표현되었고, 이것들은 주로 간단한 정수 비율에 의한 유리수 비례에 근거해서 건축에 적용되었다. 유리수의 비례는 전체적인 맥락에서 모듈을 가지는 건축 구성에 유리했으며, 기본적인 기하학 형태들도 이러한 특

12) "...내가 형태의 아름다움이라 하는 것은.... 이론적으로 말해서 직선이나 원, 혹은 원형자나 직선자, 각각자에 의해 만들어진 직선이나 원으로 만들어진 평면적·입체적 도형을 의미하고 있다. 이러한 것들의 미는, 언제나 그 자체의 의해서 아름다우며,", 플라톤, 「필레부스」 51B-D, 井上充夫, 앞의 책, p.27에서 재인용.
 13) 김광현, 건축형태에서의 수와 기하학, 건축사, 1989.3, p.24.
 14) Winand Klassen, 서양건축사, 심우갑 외 옮김, 대우출판사, 1996, p.47.
 15) 이광노 외, 건축학개론, 문운당, 1994, p.161.
 16) 柳亮, Golden Section, 황금분할, 유길준 역, 기문당, 1987, p.43.
 17) 위의 책, p.62.
 18) 황금비, 즉 $(1+\sqrt{5})/2 \approx 1.618$ 을 말함. 시각예술에서 보편적으로 인정받은 이 비율은 15세기 수학자 파치올리에 의해 '신성비례'라 불렸다. 김용운 외, 세계수학문화사, 전과과학사, 1992, pp.47-48.

19) Jacques Le Goff, La Civilisation de l'Occident médiéval, 서양 중세 문명, 유희수 옮김, 문학과 지성사, 1992, p.396.
 20) 위의 책, p.164.
 21) Robert Lawlor, The invisible foundations; Companion to Contemporary Architectural Thought, Routledge, 1993, p.278.
 22) M. L. von Franz, Number and Time, Northwestern Univ. Press, 1974, Robert Lawlor의 위의 책, p.278에서 재인용.

성을 공유하였다. 정사각형, 직사각형, 원과 이에 내접한 정다각형 등의 기본적인 기하학 형태들은 음악적 원리들, 즉 정수 비율을 보여주기 위해 사용되었고, 이것은 또한 시각적인 도형을 청각적인 비례와 등가물로 나타내기 위해서였다.²³⁾

수의 상징법은 로마네스크 시대에 크게 유행했으며, 숫자놀이와 마방진은 중세를 거쳐 르네상스 시대에 크게 발전하기도 했다.²⁴⁾ 중세에 수의 상징을 법칙으로 이용한 분야는 성서의 해석과 예배의식 그리고 건축분야였는데, 특히 건축은 놀랄 만큼 정확한 수학적 지식과 기술적 지식, 그리고 수신비학적 지식이 토대가 되었다.²⁵⁾

3.3. 르네상스건축과 자연의 재현

르네상스가 유발시킨 결정적인 변화는 개인의 의식 변화였으며, 그것은 신중심의 세계관에서 인간중심의 세계관으로의 변화를 의미하였다. 만능인의 이상을 좇아 화가·조각가·건축가·금은세공사 등을 겸했던 예술가들은 더 나은 사회적 지위를 확보하기 위해 예술이 학예라고 불리기를 원하였다.

예술가들의 주요목적은 장인계층으로부터 분리되는 것이었고, 그렇게 되기 위해 예술에 있어서의 모든 지적인 요소들을 부각시켰다. 회화가 기하학과 같은 분야의 학문적 지식에 의거한다는 이론은 르네상스 시대 초기부터 논의되어 15세기 후반에 들어와서는 이미 진부한 주제가 되어버렸다.²⁶⁾ 초기 르네상스 예술에서 기하학이 담당했던 역할은 매우 중요하였고, 기하학은 투시도법(원근법)이라는 형태로 자연을 과학적으로 탐구하는데 가장 중요한 무기가 되었다.

투시도법의 창안자들은 대개 재능이 뛰어난 예술가들이었으며, 이 기간 동안 예술과 과학, 그리고 기하학이 적절하게 결합되었다. 이러한 결합 관계는 200년 후에 일어날 과학혁명의 중요한 토대가 되었다. 투시도법은 다음의 네 가지 사항을 내포하고 있다.²⁷⁾

첫째, 그림은 규칙의 지배를 받으며 이 규칙은 기하학적인 것이다. 둘째, 그러므로 실체는 기하학 법칙에 의해 묘사될 수 있다. 셋째, 이 법칙은 시각적인 공간에 구조를 부여한다. 넷째, 이러한 구조의 중심에 관찰자가 있다. 따라서 투시도법은 시각적인 공간은 연속적이며 관찰자의 눈에 따라 다르다는 새로운 개념을 제시하였다.

이러한 생각은 우주와 유기적 합일체라는 중세적 관념 대신 관찰자와 세계가 분리되어 있다는 믿음과 인본적

개인주의를 자연스럽게 고무시켰다. 투시도는 실체가 어떻게 기하학적 규칙에 따라 도식화될 수 있는가를 보여 주었고, 그것으로 실체의 다른 면도 묘사할 수 있을 지도 모른다는 가능성을 불러 일으켰다. 이러한 생각이 1600년대 초반의 과학혁명에 중요한 영향을 미쳤다.

예술가들이 기하학을 내세운 것은 그것이 학문의 한 분야였기 때문이었다. 그들은 예술이 기하학적 지식을 수반한다는 사실을 입증하여 예술을 학예로 상승시켰다. 알베르티와 기베르티는 예술가가 반드시 알아야 할 기하학에 대해 늘어놓았고, 레오나르도 다 빈치는 그들을 연결시켰다.²⁸⁾ 또한 그들은 이성의 힘을 확고하게 믿고 있었기 때문에 기하학을 예술가의 교육과 실습에 기본적인 과목으로 생각하였다. 15세기의 예술가들은 실물을 객관적으로 나타낼 수 있는 투시도법이라는 기하학적 수단을 통해 소박하고 시험적으로 자연을 모방하던 수준에서 벗어날 수 있었으며, 이러한 절대법칙을 신봉함으로써 나오는 확실함으로 자연을 재현할 수 있었다.²⁹⁾

4. 근대이후의 공간개념과 다양한 기하학의 공존

4.1. 비유클리드기하학과 n차원 공간의 표현

오랜 동안 논란이 되어 온 유클리드의 평행선공리는 19세기 초 이 문제가 해결되었다. '직선 밖의 한 점을 지나 그 직선에 두 개 이상의 평행선을 그을 수 있다'는 것을 공리로 해도 모순이 없는 기하학을 가우스(Gauss, 1777-1855), 로바체프스키(Nikolai Ivanovich Lobachevski, 1793-1856)³⁰⁾, 보요이(Jàons Bolyai, 1802-60)³¹⁾가 발견하였다. 가우스의 제자 리만(Georg Friedrich B. Riemann, 1826-66)³²⁾도 '마찬가지 가정에서 평행선을 그을 수 없다'는 것을 공리로 하는 새로운 기하학을 발견하였다.

이렇게 유클리드의 평행선공리를 부정한 새로운 기하학을 비유클리드기하학이라 하며, 새로운 기하학은 기하학에 있어서 공리란 절대적인 진리를 의미하지 않고 다만 수학을 구성하는데 기초가 되는 가정인 명제에 불과

23) Dae-Am Yi, *Musical Analogy in Gothic & Renaissance Architecture*, Sydney Univ. 박사학위논문, 1991, p.13.

24) Franz Carl Endres · Annemarie Schimmel, 앞의 책, pp.36-46.

25) 위의 책, p.31.

26) Anthony Blunt, *Artistic Theory in Italy 1450-1600*, 이탈리아 르네상스 미술론, 조항순 옮김, 미진사, 1993, p.79.

27) Garry Stevens, 앞의 책, p.224.

28) J. P. Richter, *The Literary Works of Leonardo da Vinci*, London, 1939, i, §19., Anthony Blunt, 앞의 책, p.80에서 재인용.

29) 위의 책, p.82.

30) 로바체프스키의 기하학은 '마이너스 곡률'을 갖는 공간에 해당하는 기하학이었다. 그의 사상은 「평행선의 전이론을 포함한 기하학의 새 원리」(1829)와 「평행선의 이론에 관한 기하학적 고찰」(1840)에 나타났다.

김용운 외, 앞의 책, 1992, p.251.

31) 보요이는 22세 때인 1823년에 「공간의 절대적 과학」이라는 논문에서 새로운 기하학을 소개하였다. 이 기하학은 유클리드의 평행선의 공리를 사용하지 않고 세워진 완전한 기하학의 체계였다. 앞의 책, p.249.

32) 리만의 비유클리드기하학은 '직선 밖의 한 점을 지나서 이 직선에 평행인 직선은 존재하지 않는다'는 것이며, 직선은 길이가 한정되어 있고 닫혀져 있는 것이었다.

하다는 새로운 인식을 생기게 하였다.³³⁾

보요이나 로바체프스키의 이론은 단순히 논리적 체계를 위해서만 이루어진 것이 아니라 현실 세계에 대한 깊은 통찰이 따른 것이었다. 유클리드기하학은 우리 주변의 공간의 성질을 정확히 반영하고 있는 것이 사실이었지만, 시야를 넓혀 지구 표면 전체를 공간으로 보았을 때, 또는 태양계 전체, 나아가서 은하계 전체를 공간으로 생각한다면 쓸모가 없어진다.

보요이와 로바체프스키, 그리고 리만이 개발한 비유클리드기하학은 그때까지 좁은 틀에 갇혀 있던 우리의 시각을 거시적인 우주 공간으로 확장시켰다. 이제 기하학은 2천년 이상 엮매인 현상세계의 공간이라는 눈으로 보고 손으로 만져야만 확인할 수 있는 울타리에서 해방되었다.

비유클리드기하학의 직선은 유클리드기하학에서처럼 곧은 선을 이상화시킨 것은 아니다. 유클리드는 우리가 직관적으로 알고 있다고 생각한 이 개념을 이상적으로 나타내려 하다가 '직선이란 그 위의 점에 대해 한결같이 뻗은 선이다'라는 애매한 표현을 썼기 때문에 오히려 비논리적 결과를 초래하게 되었다. 결국 직관에 근거를 두지 않는 비직관의 태도 때문에 비유클리드기하학은 논리적으로 더욱 튼튼한 체계를 가지게 된 것이다.

그러나 우리가 살고 있는 현상세계에서 일어나는 사실을 도외시해버리면 기하학으로서의 의미가 없어지고 말기 때문에 우리가 보통 그렇다고 알고 있는 점이나 직선을 여전히 마음에 두고 있으면서도 다만 그것을 새삼스럽게 규정짓지 않는다는 입장을 취하고 있는 것이 달라졌을 뿐이다. 즉, 점이나 직선 등의 기본적인 요소는 일일이 그 내용을 따지지 않는 소위 무정의 개념으로 사용하고 있는 것이다.

무정의 개념과 몇 개의 공리를 묶어서 공리계라고 부르는데, 공리계를 기초로 하여 그 위에 순전히 논리적으로 수학적 이론을 전개해 가는 방법을 공리적 방법이라 한다. 그리고 수학의 방법은 모두 공리적 방법으로 이루어져야 한다고 주장하는 것이 공리주의이다.³⁴⁾ 보요이와 로바체프스키 이후 기하학은 급속도의 논리적 무장을 더하기 시작했고, 이제는 과거와 같은 말을 사용하면서도 그 내용은 달라지고 말았다. 그것은 공간에 대한 개념 자체가 변화되어버린 것이라 할 수 있다.

33) 박세희, 수학의 세계, 서울대학교출판부, 1995, p.125.

34) 공리주의 수학은 힐버트(David Hilbert, 1862-1943)의 「기하학의 기초」(grundlagen der Geometrie, 1889)에 잘 나타나 있다. 그는 "기하학은 산술과 마찬가지로 모순 없는 구성을 위해서 간단한 원칙을 필요로 한다. 이러한 원칙은 기하학의 공리라고 불리는 것들이다." 또한 "점, 직선, 평면을 가령 맥주컵, 의자, 테이블로 생각한다고 해도 상관이 없다. 문제는 이런 것들을 소재로 하는 기하학의 체계에 모순이 일어나지 않아야 한다는데 있다"고 하였다. 김용운 외, 공간의 역사, 전파과학사, 1973, p.243.

0차원, 1차원, 2차원 등의 공간 개념은 사실상 점, 직선, 평면을 이렇게 부르고 있는데 지나지 않으며, 그 다음에 오는 3차원 공간이 우리가 살아가고 있는 물리적 공간이라 할 수 있다. 직선의 기하학적 의미는 점의 집합이며, 수로 나타낼 때는 실수의 집합이 된다. 이러한 의미에서 직선을 실수직선이라고도 한다. 평면 역시 점의 집합이며, 이것은 직선상의 점과 같이 하나의 실수만으로는 나타낼 수 없다. 즉, 평면은 두 개의 실수의 짝인 좌표로 이루어진 집합이다. 또한 우리가 살고 있는 3차원 공간은 가로, 세로, 높이를 각각 나타내는 세 개의 수가 모여서 짝을 이룬 점집합이라 할 수 있다. 결국 우리가 살고 있는 우주 공간은 뉴턴의 역학이론의 입장에서 보면 3차원 유클리드 공간이라고 부를 수 있는 것이다.

아인슈타인은 일반상대성이론에서 시간과 거리의 관계를 상대적으로 취급하는 4차원의 세계를 구성하였다. 그리하여 뉴턴 역학으로 이해될 수 없는 새로운 이론이 전개되었으나, 우리가 살고 있는 지구상에서 일어나는 현상 속에서 이 새로운 사실을 실제로 증명하기란 불가능하다. 그러나 기하학에서는 차원을 특별하게 취급하지는 않고 다만 수학적으로 다루고 있으며, 이는 4차원에 대해서도 마찬가지이다. 즉, 1차원 공간은 한 개의 좌표, 2차원 공간은 두 개의 좌표, 그리고 3차원 공간은 세 개의 좌표로 이루어진 점의 집합으로 생각할 수 있으며, 그리고 4차원 공간은 네 개의 좌표를 한 짝으로 하여 나타낸 점의 집합으로 이루어진 공간으로 생각할 수 있다.³⁵⁾ 결국 기하학적으로 n차원의 유클리드 공간은 n개의 실수의 짝을 하나의 원소로 하여 이것들로 구성된 집합을 생각하면 된다.

4.2. 위상기하학과 공간개념의 추상화

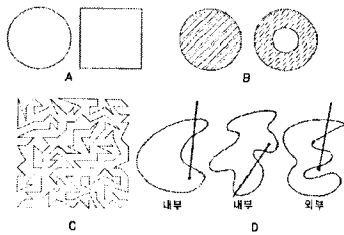
비유클리드기하학이 출현한 이후 기하학은 공간 그 자체의 구조를 연구대상으로 삼는 특징이 나타나게 되었다. 이에 따라 근대 이후의 공간은 근대 이전의 공간과 몇 가지 차이를 가지게 되었다. 첫째, 근대 이전의 공간은 형태적으로 파악이 되는 유한공간임에 비해 근대 이후의 공간은 형태를 갖지 않는 공간, 즉 무한공간이다. 둘째, 근대 이전의 공간은 도형과 구별되는 입체를 담은 곳을 의미하였으나, 근대 이후에는 도형은 공간의 부분으로 일반화 되었다. 점을 0차원 공간이라 부르며, 선은 1차원 공간, 면은 2차원 공간이라고 정의하는 등 기하학 요소들을 기존 공간의 속성으로 포함시키게 되었다. 셋째, 근대 이전에는 공간의 의미가 단순하였으나 근대 이후에는 그 개념이 다양해져서 집합이나 다양체까지도 공간이라 부르게 되었다.³⁶⁾

35) 위의 책, p.246.

36) 이명식, 건축디자인에 있어서 위상기하학의 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 제25권 제10호, 2009.10, p.170.

이러한 변화는 기하학의 추상화를 가져왔으며 위상기하학도 기하학의 추상화 속에서 이루어졌다. 쌍곡선 기하학(보요이-로바체프스키의 비유클리드기하학)과 타원기하학(리만의 비유클리드기하학)에서 밝혀진 휘어진 공간에서의 기하학은 기존의 유클리드기하학에서처럼 도형의 성질을 정의하는 것을 무의미하게 만들었다. 각 도형이 가지고 있는 개별적인 성질들은 공간이 어떻게 생겼느냐에 따라 그 성격을 달리하기 때문이다. 공간관의 변화는 기하학의 관심을 기하학적 성질에 대한 연구에서 공간이 연속적인 변형을 하여도 변하지 않는 도형의 성질을 연구하는 것으로 변하게 되었다. 이러한 변화에서 위상기하학이 탄생하게 되었다.³⁷⁾

원과 위상동형인 곡선을 단순폐곡선이란 부르며, 이에 대해 조르단(Jordan)은 '평면에 하나의 단순폐곡선은 평면을 두 개의 폐영역(내부와 외부)로 분할하여 그 공통경계가 된다'는 곡선정리를 발표하였고, 이러한 위상수학의 이론을 사용하면 쉽게 내부와 외부를 가려낼 수 있다. 두 도형 사이에 원소의 개수가 같고 어느 쪽에서 출발하건 연속인 사상이 있을 때 두 도형을 서로 동상(同相)이라고 한다. 동상인 도형은 예를 들면 고무막 위에서 서로 변형이 가능한 도형을 말하며 삼각형, 사각형, 오각형, 육각형 등과 그 밖의 모든 다각형 그리고 타원과 같은 모든 도형은 원과 동상이 된다.³⁸⁾ 이는 도형을 보는 관점이 크게 변화했음을 의미하며, 끝점이 없고 겹치지 않는 1개의 선으로 된 도형(단일 폐곡선)은 모두 원으로 간주하게 되었다.<그림 3>



<그림 3> 위상동형과 내부·외부

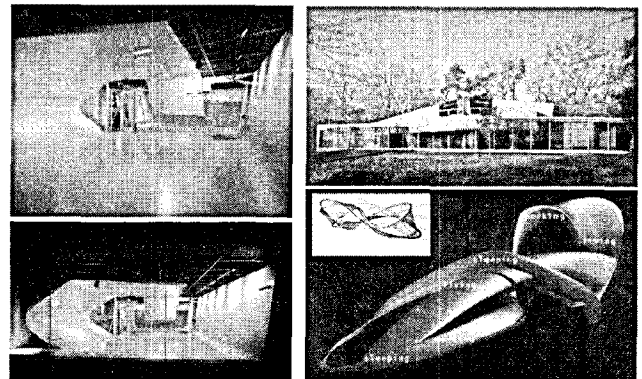
이로써 도형 및 공간은 내부 또는 외부로 분류되었으며 위상동형인 삼각형, 사각형, 원 등은 같은 성질을 갖는 도형이 되었다. 결국 기하학 형태가 가지는 의미는 이것으로 완전히 소멸되었다. 이와 같은 도형의 성질을 생각하는 위상기하학의 새로운 주제는 유클리드기하학에서와 같은 도형의 크기라든지 길이, 형태, 양과 관계있는 것이 아니라 도형을 이루고 있는 선이나 면의 이어진 상태, 선이나 면을 이루고 있는 점이 도형 전체 속에서 어떤 위치에 있는가를 연구하는 것이 되었다. 또한 위상기하학에서 다루는 공간은 자연 세계의 공간과 거리가 먼 수학적 공간이며, 도형의 이어진 상태나 공간의 단절과 연속을 주제로 하고 있다.

현대건축에 나타나는 위상기하학적 표현 특성은 기존

의 절대적 위치의 유클리드 공간이 가지고 있었던 균질적 성격에서 탈피하여 불확정적 공간을 표현한다. 근대건축에서와 같이 독립적인 유클리드기하학 요소들이 형태 생성의 원리로 사용된 반면 위상기하학에서는 이러한 기하학적 특징들은 사라지고 하나의 전체적인 형상으로 표현된다.

건축형태 생성에 있어서도 첨가, 중첩, 삭제 등의 유클리드기하학적 건축형태 생성 방법이 연속적인 형태 변형인 위상변환으로 전환되었다. 위상변환에 의한 건축형태 생성 방법은 하나의 단일 요소의 변형을 통한 변이와 두 가지 이상의 요소 변형을 통한 혼성조합 방법이 있다. 공간구성 방식에 있어서 위상기하학적 방식은 여러 차원이 존재하는 공간을 보여주고 있으며, 내부공간과 외부공간의 경계를 모호하게 한다. 또한 이러한 공간구성은 건축과 대지의 경계도 허물고 있다.³⁹⁾

닐 드나리(Neil M. Denari)가 1996년 동경의 갤러리 마(Gallery MA)에서 보여준 설치작품 Interrupted Projection은 바닥, 벽, 천장의 구분 없이 이루어진 공간으로 뫼비우스의 띠와 클라인의 병과 같은 연속적인 위상기하학으로부터 영감을 받았다.⁴⁰⁾<그림 4>



<그림 4> 닐 드나리, Interrupted Projection

<그림 5> 유엔 스튜디오, 뫼비우스 주택

유엔스튜디오(UN studio)의 벤 반 버클(Ben Van Berkel)은 공간은 기하학적 형태의 정적인 구성이 아니라 변화하고 적응하는 위상기하학적으로 형성된 것으로 이해되어야 한다고 주장한다. 위상기하학은 변화하는 표피구조의 움직임에 관한 것으로 정의되며, 끊임없이 변형되는 표피의 내·외부의 접점은 뫼비우스의 띠 혹은 클라인 병처럼 변화한다. 그의 뫼비우스 주택(Möbius House)은 내부와 외부, 일과 레저 활동, 구조체와 비구조체의 변증법적 관계를 끊임없이 통합하는 연결된 프로그램적 구조를 가지고 있다.⁴¹⁾<그림 5>

39) 이명식, 위의 책, 2009.10, p.173.

40) 고흥진, 현대건축의 위상기하학적 공간형태경향에 관한 연구, 한국문화공간건축학회논문집 통권 제13호, 2005, p.117.

41) 위의 책, p.118.

37) 위의 책, p.171.

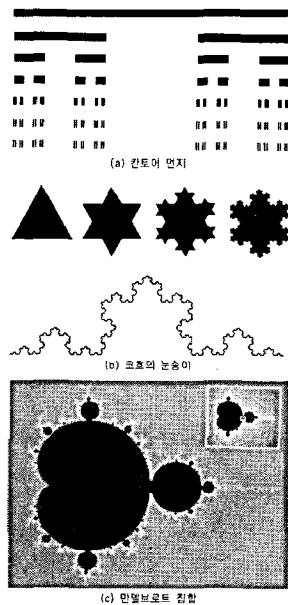
38) 박세희, 위의 책, pp.164-167.

4.3. 프랙탈기하학과 비선형공간

자연은 무수한 패턴과 구조로 형성되어 있다. 또한 자연은 통일된 전체 속에 다양한 부분들을 포함하여 많은 디자인 원천을 지니고 있다. 인간은 자연을 관찰하여 패턴 및 형태의 가능성을 발견하여 이것을 합리화시켜 유클리드기하학이라는 범주를 통해 이상적인 형태를 만들어왔다. 그러나 유클리드기하학에서 다루는 형태는 원이나 삼각형, 구, 원주 등 자연에서 발견할 수 있는 실재를 추상화한 것이었다. 이러한 형태들을 이용하여 자연의 복잡성을 이해하기에는 한계가 있었다.

최근의 자연 연구는 카오스(Chaos)나 프랙탈(Fractals)과 같이 복잡성에 이르는 과학의 새로운 이론을 기본으로 하여 고전물리학의 기계론과 환원주의적 사고방식을 비판하는데서 시작하고 있다. 복잡하고 다양한 세계를 하나의 법칙으로 묶고 단순화할 수 있다는 근대의 환원주의적 사고방식은 자연을 기계적이며 등질적 형상으로 설명하였다. 그러나 현대물리학이 발견한 복잡한 자연은 원, 삼각형, 사각형 등과 같은 유클리드 형상으로 설명하기에는 매우 부적절했으며 한계가 있었다. 자연계는 단순계가 아닌 복잡계로 이루어져 있으며 자연은 외관상 비규칙적이며 비예측적이어서 무작위적인 운동을 보이지만 비규칙성의 이면에는 잘 정의된 질서 구조가 공존한다는 사실이 밝혀졌다. 따라서 자연 패턴은 나름대로의 조직 논리를 가지고 있으며 본질적으로 패턴화 된 질서를 보여주고 있다.⁴²⁾

1975년 만델브로트에 의해 이름 지어진 프랙탈은 언제나 부분이 전체를 닮는 자기유사성(self-similarity)과 소수의 차원을 갖는 형상을 말하며, 칸토어 먼지, 코흐의 눈송이, 만델브로트 집합 등을 예로 들 수 있다.<그림 6>⁴³⁾ 프랙탈기하학은 자연계의 구조적인 비규칙성을 기술하고 분석할 수 있는 새로운 기하학으로, 동력학에서 다양하게 나타나는 카오스현상을 정량적으로 기술할 수 있는 새로운 언어를 제공한다. 프랙탈 패턴은 자연에서 흔히 볼 수 있는 비규칙적인 형상으로 나무 가지 모



<그림 6> 프랙탈 형상

양, 구름의 부정형 패턴, 번개의 비규칙적 궤적, 산과 해안선의 들쭉날쭉한 모양 등을 들 수 있다.⁴⁴⁾

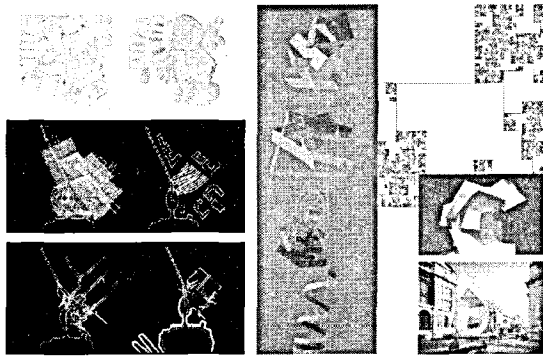
프랙탈은 카오스 운동의 기하학적 측면이다. 프랙탈의 기하학적 특성은 다음과 같다. 첫째, 전체와 부분이 유사한 구조를 갖는다. 자기유사성은 어느 부분을 잘라도 전체의 모양과 닮아 있다. 부분 속에 전체가 들어 있는 구조로 부분이 전체를 반영하는 반복구조를 의미한다. 둘째, 프랙탈 형상은 비규칙적, 비대칭적 구조이다. 유클리드 형상과 달리 전혀 규칙적이지 않다. 즉, 선형적인 자기유사가 아니다. 삼각형, 원, 구, 원통과 같이 전통적인 기하학 형태들의 크기를 확대하면 그 구조는 없어진다. 그러나 프랙탈 형상은 부분을 확대하거나 축소하더라도 단순해지지 않으며 비규칙성의 정도가 계속 나타나는 자기유사성을 나타낸다.⁴⁵⁾

그렉 린(Greg Lynn)은 카디프 베이 오페라하우스(Cardiff Bay Opera House, 1994)의 장소적 특성을 결정하는 외적 요인을 대서양-카디프만-대상 부지로 이어지는 대지주변의 해안선의 스케일 변화와 방향성으로 보았다. 그는 이 건물의 형태 전개에 있어서 해안선의 프랙탈 모습을 오페라극장 자체에까지 연장함으로써 프랙탈의 원리를 따르고 있다. 타원형을 형태 생성자로 하여 요트정박소 크기의 2/3 혹은 다른 타원을 대지 중앙에 놓고 강줄기를 이용하면서 다시 1/3 크기의 타원형으로 부속건물들을 추적해 나가는 알고리즘을 이용하여 정렬하고 연속하거나 회전하면서 거리와 주변 건물과 결합시킨다.⁴⁶⁾<그림 7>

다니엘 리베스킨트(Daniel Libeskind)의 빅토리아 알버트 박물관(Victoria and Albert Museum, 2004)은 나선형을 형태생성자로 하여 변형과 스케일링, 중첩의 과정을 통해 형태를 생성한다. 나선형 순환체계인 미로는 기존 갤러리와 새로운 박물관 프로그램 요소들을 중재하고 조직화하기 위한 구조적 전략이다. 나선형 구조는 예술과 역사, 외부와 내부를 변증법적으로 발전시켜 나가고자 한 의도이며, 세라믹 타일로 된 건물의 외벽 표면 패턴도 자기유사성을 갖는 프랙탈기하학의 형태로 되어 있다. 궁극적으로 시간성, 역사성 그리고 진화적 국면을 갖는 건물의 연속성과 혼재성을 프랙탈의 자기유사성과 반복개념을 통해 드러낸 것이라 할 수 있다.⁴⁷⁾<그림 8>

42) 김주미, 프랙탈 개념에 기초한 조형원리와 표현특성, 한국실내디자인학회논문집 제37호, 2003.04, p.13
43) James Gleick, Chaos, 카오스, 박베식 외 옮김, 동문사, 1993, pp.103-153.

44) 이병식, 건축디자인에서 프랙탈 기하학의 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 제25권 제5호, 2009.05, p.166.
45) 김주미, 앞의 책, pp.14-15.
46) 유명희, 현대건축에 있어서 생태 패러다임에 기초한 자기조직화의 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 제 20권 제2호, 2004.02, p.59.
47) 위의 책, p.59.



<그림 7> 그렉 린, 카디프 베이 오페라하우스
<그림 8> 다니엘 리베스킨트, 빅토리아 알버트 박물관

5. 결론

화이트헤드의 자연법칙에 관한 네 가지 학설을 분석틀로 하여 기하학의 전개와 이에 따른 공간 개념의 변천을 살펴보고자 한 본 연구는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 자연법칙에 관한 내재와 부과의 학설은 고대 그리스로부터 과학혁명 이전까지의 지배적 개념이었다. 단순 기술의 실증주의학설은 뉴턴-데카르트의 기계론적, 절대론적 세계관을, 규약적 해석이라는 학설은 비유클리드기하학에 의한 유기체적, 상대론적 세계관을 이루었다.

둘째, 고대 그리스건축의 기하학적 구성은 자연법칙의 내재성을 대표하는 것으로 비트루비우스이후 중세와 르네상스시대의 고전적 전통에서 추구된 상징으로 가득 찬 수사학적 방법과 다른 것이라 할 수 있다.

셋째, 중세의 기본적인 상징법 중 수의 상징은 중요한 사고의 틀이었으며 건축의 중요한 원리 중 하나였다. 수를 창조하는 것은 사물을 창조하는 것이었으며, 자연과 그것의 모방인 건축은 수를 지침으로 하였다.

넷째, 수학적 개념을 강조한 르네상스 건축은 우주에 대한 질서개념의 해석이 작용했다. 건축을 우주의 질서를 가시적인 것으로 만드는 것으로 간주하여 수학적 원리와 연관된 기하학을 중요한 건축방법으로 사용하였다.

다섯째, 비유클리드기하학을 통해 유클리드기하학의 공리들로 표현하기 어려운 자연현상이나 우주를 표현할 수 있게 되었다. 비유클리드기하학에 의해 공간을 보는 우리의 눈도 변화했으며 새로운 휘어진 공간이 탄생하게 되었다. 공간은 하나가 아니며 서로 다른 공간이 존재하게 되었다.

여섯째, 위상기하학은 건축에서 전통적인 바닥과 벽, 천장의 구분을 소멸시키고 연속적인 변형에 의한 공간을 형성하게 하였다. 공간은 무한함과 연속성을 느끼게 하며 구조와 공간이 융합되어 내·외부가 명확하게 구분되지 않는다. 공간의 결합에 있어서도 뚜렷한 경계나 분절이 있지 않고 유연한 통합을 이루고 있으며 공간은 내·

외부의 구분이 사라지고 흐르는 것으로 인식되었다.

마지막으로 새롭게 인식된 자연은 유클리드적 형상이 아닌 프랙탈 개념으로 설명이 가능하였으며, 프랙탈은 자연의 본질이 기계적, 선형적 특성이 아니라 유기적, 비선형적이라는 새로운 자연관을 제시하였다.

유클리드기하학으로부터 프랙탈기하학에 이르기까지 기하학의 변화와 발전은 단지 수학이론상의 발전이 아닌 세계를 보는 논리의 변화와 궤적을 같이하고 있다. 이는 건축에 있어서 공간에 대한 인식의 변화를 가져왔고 또한 자연의 묘사에 대한 방법적 문제를 변화시켰다. 이것은 기하학이라는 추상적 도구를 통해 가능할 수 있었다.

참고문헌

1. Alfred North Whitehead, *Adventures of Ideas*, 관념의 모험, 오영환 옮김, 한길사, 1996
2. Anthony Blunt, *Artistic Theory in Italy 1450-1600*, 이탈리아 르네상스 미술론, 조향순 옮김, 미진사, 1993
3. Curt Friedlein, *Geschichte der Philosophie*, 서양철학사, 강영계 옮김, 서광사, 1986
4. Franz Carl Endres · Annemarie Schimmel, *Das Mysterium der Zahl*, 수의 신비와 마법, 오석균 옮김, 고려원미디어, 1996
5. Garry Stevens, *The Reasoning Architect : Mathematics and Science in Design*, 과학과 수학으로 본 건축론, 조대성 외 옮김, 태림문화사, 1995
6. James Gleick, *Chaos*, 카오스, 박배식 외 옮김, 동문사, 1993
7. Pierre Lévêque, *그리스 문명의 탄생*, 최경란 옮김, 시공사
8. Robert Lawlor, *The invisible foundations; Companion to Contemporary Architectural Thought*, Routledge, 1993
9. Winand Klassen, *서양건축사*, 심우갑 외 옮김, 대우출판사, 1996
10. 井上充夫, *建築美論の歩み*, 건축미론, 임영배 외 옮김, 도서출판 국제, 1994
11. 柳 亮, *Golden Section*, 황금분할, 유길준 역, 기문당, 1987
12. 김영식 외, *과학사*, 전파과학사, 1996
13. 김용운 외, *공간의 역사*, 전파과학사, 1973
14. 김용운 외, *세계수학문화사*, 전파과학사, 1992
15. 박세희, *수학의 세계*, 서울대학교출판부, 1995
16. 송성수 외, *인물로 보는 서양 과학사*, 녹두, 1994
17. 이광노 외, *건축학개론*, 문운당, 1994
18. Dae-Am Yi, *Musical Analogy in Gothic & Renaissance Architecture*, Sydney Univ. 박사학위논문, 1991
19. 고흥권, *현대건축의 위상기하학적 공간형태경향에 관한 연구*, 한국문화공간건축학회논문집 통권 제13호, 2005
20. 김광현, *건축형태에서의 수와 기하학*, 건축사, 1989.3
21. 김주미, *프랙탈 개념에 기초한 조형원리와 표현특성*, 한국실내디자인학회논문집 제37호, 2003.04
22. 유명희, *현대건축에 있어서 생태 패러다임에 기초한 자기조직화의 적용에 관한 연구*, 대한건축학회논문집 계획계 제 20권 제2호, 2004.02
23. 이명식, *건축디자인에 있어서 위상기하학의 적용에 관한 연구*, 대한건축학회논문집 계획계 제25권 제10호, 2009.10
24. 이명식, *건축디자인에서 프랙탈 기하학의 적용에 관한 연구*, 대한건축학회논문집 계획계 제25권 제5호, 2009.05
25. 이영수, *건축구성형식의 변화와 특성에 관한 연구*, 홍익대 박사학위논문, 1992.6

[논문접수 : 2010. 02. 28]

[1차 심사 : 2010. 03. 15]

[게재확정 : 2010. 03. 05]