

비선형 공간구성의 특징에 기초한  
디지털 건축디자인의 기술적 유형 연구

A Study on the digital architectural design technical type  
by non-linear space design

김 석 태

인제대학교 디자인학부

1. 서론

- 1-1 연구의 배경
- 1-2 연구의 목적 및 방법

2. 디지털 건축의 정의와 연구사례

- 2-1 디지털 건축 디자인의 발생
- 2-2 디지털 건축 디자인의 범주와 정의
- 2-3 디지털 건축에 나타나는 비선형적 구조

3. 비선형 공간구성 프로세스 분석

- 3-1 프랭크 게리 (Frank O. Gehry)
- 3-2 피터 아이젠만 (Peter Eisenman)
- 3-3 마르코스 노박 (Marcos Novak)
- 3-4 그렉 린 (Greg Lynn)
- 3-5 에실토프트 (Studio Asymptote)

4. 디지털 건축디자인의 유형별 분류

- 4-1 자연곡선의 도입
- 4-2 탈관념적 의외성 형태 도출
- 4-3 대체외력의 자기복제

5. 결론

참고문헌

(要約)

현대 디지털 테크놀러지가 만들어내는 시각적, 체감적, 사회적 상황은 급진적 모더니즘 건축가들의 작품 활동의 배경이 되고 있으며, 그들의 공간 조형 행위는 기존의 공간에서 받아오던 물성과 중력의 속박으로부터 해방되는 또 하나의 가능성을 제시해 주고 있다.

디지털 테크놀러지를 이용한 건축 디자인 프로세스는 다양하게 시도되고 있으며, 탈장소성, 비선형적 공간, 공간의 유동성, 비유클리드적 기하체계 등, 몇 가지 특성으로 정리되고 있다.

대부분의 디지털 건축에 관한 연구는 개념적인 측면에 치중되어 디자인 비평과 평가에 상당한 오류를 범할 수 있는 소지를 제공하고 있다. 디지털건축디자인은 컴퓨터라고 하는 고도의 테크놀로지를 기반으로 하고 있으므로 당연히 기술적 모델 스테디 측면에서 프로세스의 유형을 분류하여 볼 필요가 있다.

본 연구에서는 디지털 건축에서 공통적으로 뚜렷이 나타나는 비선형적 형태의 발생과정을 분석하여, 디지털 건축디자인을 유형별로 분류, 규명하여 디자인의 가치판단과 비평의 이론적 배경을 구축하는데 목적이 있다.

(Abstract)

The visual, sensible and social situation that the modern digital technologies create became the background for the works of architects in extreme modernism and their space modeling suggested another possibility that was emancipated from the restriction of a property of matter and gravity in the existing space.

The architecture design process using the digital technology has been attempted in diverse ways and summarized with several characteristics such as displacement, nonlinear space, flexibility of space and non-Euclidean geometry system.

However, the conceptual and very technical design process that is called as digital architecture has been indiscriminately used with mixed meanings and the common features and differences between works and theories are not studied.

This study aims to classify and identify the digital architecture by type as analyzing the non-linear composition process that is common in the digital architecture.

(Keyword)

Digital architecture, Deconstruction, Design process, Media

# 1. 서 론

## 1-1. 연구의 배경

초고속 정보 전파력과 고도의 정보 축적력에 힘입어 인류는 가상공간 속에 새로운 사회조직을 만들어 내고 있으며, 비트의 흐름으로 이루어진 사이버 사회조직은 이를 접하는 인류에게 실제의 이면에 존재하는 또 하나의 실존공간으로 인정되고 있다.

게다가 이러한 개념적 공간은 급속도로 발달하고 있는 멀티미디어 제작기술 및 고도의 그래픽 기술에 기반한 영상미디어 기법, 가상현실 표현기법 등에 의하여 가시적, 체감적 공간으로 형상화되어가고 있다. 이러한 디지털 테크놀러지가 만들어내는 환경이 사이버 건축가들의 작품 활동의 배경이 되고 있으며, 그들의 공간 조형 행위는 기존의 건축디자인의 물리적 제약을 벗어나는 작품공간으로서 가능성을 제시해 주고 있다.

## 1-2 연구의 목적 및 방법

지금도 디지털 테크놀러지를 이용한 새로운 공간 디자인의 실험적 프로세스는 다양하게 시도되고 있으며, 선행된 연구에서는 이러한 혁명적 건축 프로세스의 특성을 탈장소성, 비선형적 공간, 공간의 유동성, 비유클리드적 기하체계 등, 몇 가지 특성으로 정리하고 있다.

그러나 디지털 건축이라고 불리는 개념적이면서도 몹시 기술적인 디자인은 의미적으로 혼재되어 무질서하게 논의되고 있으며, 대부분 개념적 접근에 편중된 유형분석에 치중되고 있다. 그러나, 디지털 건축 디자인이 기술의 산물인 디지털 공간 내에서 이루어지는 조형행위인 만큼 시각을 달리하여 기술적 차원에서의 연구가 접근되어야 할 것으로 보인다.

본 연구에서는 개념적으로 행하여 오던 디지털 건축 디자인론의 논리적 문제점을 지적하고 이에 대한 좀더 명확한 해법을 찾기 위하여, 디지털 건축이 갖는 특성 중에서 비선형적 형태 표출이라는 대표적 성향을 분석하도록 하였으며, 디지털 건축 디자인의 형태 구성을 기술적 프로세스 측면에서 유형별로 분류하고, 유형별 디지털 건축 디자인 행위의 범주와 방법론을 규명하도록 하였다.

## 2. 디지털 건축의 정의 및 연구사례

### 2-1 디지털 건축 디자인의 발생

1970년대부터 1980년대 초기에 있었던 포스트모더니즘(Post-Modernism)의 영향을 의한 혼란기를 거친 현대건축의 모더니즘적 사고는 두 가지의 커다란 경향으로 정리되었다. 하나는 모더니스트들이 써왔던 공간어휘를 새로운 방법으로 보완하여 사용하는 것으로 헬무트 얀(Helmut Jahn), 로버트 벤츨리(Robert Venturi) 등이 주도하던 경향이며, 다른 하나는 프랭크 게리(Frank Owen Gehry), 피터 아이젠만(Peter Eisenman), 모포시스 그룹(Morphosis)이 주도하는 관행적 건축형태의 파괴와 새로운 패러다임의 추구였다.

그 중 고전주의 건축양식으로부터 급진적으로 벗어나려고 한 후자의 시도는 그 보편적 답을 찾아내기 위하여 현대 건축의 양식을 무수히 다양화 시키고 있다.

그러나 물성과 중력의 특성에 크게 지배되는 종래의 건축 디자인은 예술적 가능성을 크게 위축 받아 왔고, 이러한 물리적 한계를 거부하는 급진적 건축가들은 페이퍼 아키텍처라는 개념적

공간 디자인으로 작품 활동을 전개하여 왔다.

이러한 상황에서 근대 산업사회는 20세기 후반에 컴퓨터의 등장과 함께 이를 매개로 한 인터넷이라는 방대한 네트워크에 의하여 지식정보 사회라는 새로운 국면을 맞이하였으며, 물리적 한계를 극복하고자 하는 공간조형 욕구들은 디지털미디어 등, 고도의 컴퓨터 그래픽스 기술의 발전과 결합한 사이버 공간을 고전주의 양식의 과감한 탈피를 구현할 수 있는 장으로 주목하게 된다.

실제세계에 존재하지 않지만 심리적으로 실재하는 비물질적 비트의 공간 내에서 일부 건축가들은 실험적 건축형태를 발견하려는 활발한 움직임을 보이고 있다.)

### 2-2 디지털 건축디자인의 범주와 정의

디지털 건축의 범주와 정의를 면밀히 연구한 사례는 거의 없지만 몇 가지 선행연구에서는 일반적으로 컴퓨터를 이용한 건축행위로 보고 있으며, 일반적으로 건축이 오프라인에 존재하는가 아니면 온라인에 존재하는가를 기준으로 분류하고 있다. 표 1)은 컴퓨터 기술의 사용목적에 통한 디지털건축가를 분류한 선행 연구의 사례이다.

구분	현실에서의 구축		사이버 스페이스에서의 구축
	제작도구로서	창작모티브로서	
대표적인 건축가	Frank O. Gehry Peter Cook MORPHOSIS 등	Greg Lynn Kolatan & McDonald Studio OCEAN 등	Marcos Novak, Stephan Perrela, Kas Oosterhuis, Lard Spuybroek 등

표 1. 컴퓨터기술의 사용목적에 통한 디지털 건축가 분류

그러나 컴퓨터를 이용한 캐드시스템과 건축 초기 안을 시뮬레이션 할 수 있는 고도의 그래픽 기술이 보편화되어 단지 컴퓨터를 이용하였다는 이유만으로 디지털 건축의 범위를 정의 내릴 수는 없다. 표현의 도구로서 디지털미디어의 개입은 디자인 과정에서 이제 너무나도 당연한 현실이 되어있으므로 대부분의 디지털 건축의 시도가 모더니즘에서 출발하였다면 디지털 건축은 건축가가 형태결정에 있어서의 사고 단계에 컴퓨터가 가지고 있는 사회적, 문화적, 기술적 의미들을 개입시켰는 가로 평가하여야 한다.

그러한 관점에서 보면 디지털 건축의 최종 결론이 온라인에 존재하는가 아니면 오프라인에 존재하는가는 의미가 없다고 할 수 있다.

더욱이 건축디자인에서 논의되는 중요한 화두는 형태결정을 위한 모델 스터디 과정이므로 개념적 특성을 논하기 보다는 형태를 끌어내기 위한 요인과 그 인자들의 사용이 어떠한 과정으로 사고되고 발견되었는가를 논하는 것이 중요하며 이를 위하여 디지털 공간조형에 공통적으로 나타나는 비선형적 특성이 도출되는 프로세스 과정을 적도로 디지털 건축의 유형을 재분류하는 작업이 필연적이다.

디지털건축의 개념적 화두가 디지털 문화에 있다면 본 연구에

1) 대만에서는 매년 디지털 공간 디자인 국제 공모전인 FEIDAD(Far Eastern International Digital Architectural Design Award) 가 개최되고 있으며, 일부 건축가들도 사이버 공간내에서 실험적 디자인을 시도하고 있다.

2) 류무열, 심우갑 : 디지털건축의 시간기반 프로세스에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 21권 2호, 541-545, (2001).

서는 이에 덧붙여 디지털 도구에 의한 탈관념적 디자인 사고가 공존한다고 전제한다.

### 2-3 디지털 건축에 나타나는 비선형적 구조

건축은 시대적 지식과 보조를 맞추어 발전해 왔고, 근대 이후에는 기술의 발전에 의한 합리성과 변환에 맞물려 전개되어 왔다. 18세기 중반까지 지속되어 온 세계를 지각하는 방법과 건축을 이해하고, 표현하고, 지각하는 방법 사이의 역사적 일치성은 사이버스페이스가 등장하면서 붕괴되기 시작했다.<sup>3)</sup>

이러한 상황에서 일부 사이버 건축을 지향하는 실험적 디지털 건축 디자이너들은 사이버 공간을 관념화된 시간공간으로 인식하였다. 그들은 실세계에서 구현될 수 없는 페이퍼 아키텍처의 연장선상으로서 시간 기반 프로세스를 융합시킨 액질건축을 제안하기도 하였으며 이를 체계화하여 실세계와 사이버의 중간 영역인 하이브리드 공간 디자인으로의 진화를 모색하기도 하였다. 이러한 사이버 건축디자인은 비유클리드 기하학에 대한 개념전환에 따른 것으로 극적인 비유클리드적 공간 구성을 보여주고 있다.

또한 사이버스페이스의 비물질적 특성을 활용해서 전통적 기하학으로 해석될 수 없는 새로운 형태를 추출해내기도 하며, 이는 현재 사이버스페이스가 갖는 공통점으로 인식되고 있다.

그러나 이와 상대적으로 사이버 공간과 전혀 무관한 자연물에서 형태를 얻으려 하는 경향도 있다. 그것은 생명학적 디자인 연구 방법론으로 건축디자인의 다면적 가치를 형상화시키고 액질 건축까지 포함시키는 건축개념이다.<sup>4)</sup> 이는 디지털 건축디자인을 생명학적 연구의 한 범주로 포함시키고자 하는 성향으로 판단되며, 전자의 연구와 마찬가지로 생명학에서 나타난 비유클리드 기하학적 곡선에 대한 주목을 의미하는 것이다. 이러한 연구에서는 자연곡선의 분석이 디지털 디자인의 한 축으로 설명되고 있는데, 이는 케이오스나 프랙탈 등 고도의 컴퓨터 연산능력과 그래픽기술에 의해 창출되어지는 형태를 도입하려는 의지를 담고 있다. 이를 인식론적 관점에서 본다면 비선형 건축은 부분적 형태들의 총합인 플라톤식 조화가 아닌 복잡한 전체 구조에 주목하는 것이다. 특히 자연의 유기체적 본성에 대한 인식과 형태생성 및 변형에 대한 인식을 강조하며 형태생성과 변형에 대한 새로운 방법을 추구하고 있다.

일반적으로 비선형 건축에서 시간은 형태발생을 결정하는 결정적인 이슈가 된다. 고전적 형태구성이 시간에 대하여 고정되어 있다고 한다면 디지털 건축디자인은 시간에 의한 4차원, 5차원의 창조적 공간의 역동적 형태발생을 통하여 건축을 해석하는 것으로 관행적인 물성지향적 형태건축 방법론에서 탈피하고자 하는 것으로 분석할 수 있다. 이러한 측면에서 본다면 비선형 건축은 형식주의자들의 경향보다 더욱더 감각적이고 기능적이며, 지각 안에서 건축이 어떻게 미적으로 코드화되는가와 밀접하며, 양식적 포스트모더니즘, 해체주의자들의 건축과 구분된다. 더욱이 형태생성의 영적본질 그리고 혁신 변이, 창조를 강조한다.<sup>5)</sup>

3) 김지훈, 최왕돈 : 사이버건축의 형상배경과 형태표현상 특성에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(계획계), 20권, 2호, 565-569, (2000).

4) 김주연, 이현수: 자연 이미지 그래프에 의한 사이버 공간에서의 형태생성과 변형에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(계획계), 21권, 1호, 353-357 (2001).

무중력의 공간에 만들어지는 비물질의 특성을 반영하는 사이버 건축은 기둥이나 벽체와 같은 건축적인 요소를 필요로 하지 않으며 바닥면이 평평할 필요성도 느끼지 않는다. 이처럼 사이버 공간의 건축형태는 시간적으로 끊임없이 변화하는 액질의 건축으로서 비선형의 복잡한 곡면을 갖는 형태로 발전되고 있다. 비선형 패러다임에 관한 전반적인 논점과 주장들의 공통점은 대체적으로 전통적인 건축이 갖는 관행적 디자인에 대한 반발과 이를 통한 새로운 형태를 찾기 위한 노력으로 집약되어진다. 그러나 비선형적 특성을 논하는 대부분의 연구는 고전적 그리드 시스템에서 이탈하려는 반발로만 평가될 뿐 비선형적 형태를 끌어내기 위한 근본적 개념과 이를 뒷받침하는 디지털 테크놀러지와 어떠한 상관관계도 맺어주고 있지 못하다. 그리고 이러한 정의와 기술이 전체적인 디지털 건축의 범주를 명확하게 구분지어 주지 못하고 있어 디지털 건축 디자인의 기술적 프로세스를 통한 유형의 본질적 분류가 필요하고, 각각의 작품을 평가함에 있어서도 유형별로 관점을 달리해야 할 필요가 있다.

### 3 비선형 공간구성 프로세스 분석

#### 3-1 프랭크 게리 (Frank O. Gehry)

해체주의 경향의 대표 건축가인 프랭크 게리의 건축은 상식을 벗어난 형태와 재료를 통해 강한 시지각적 자극을 주는 특징이 있는데, 복잡적이고 다원적인 건축적 개념을 물리적 형태로 구현하려는 새로운 건축개념의 해석경향이라 할 수 있다.

‘건축은 본질적으로 3차원의 오브제이기 때문에 조각되어야 한다’는 스스로의 건축정의를 바탕으로 기존의 건축형태를 생성시키는 철골과 콘크리트 골조의 전형적 형태가 아닌 불결모양의 금속판과 다층화된 메쉬의 연속적인 곡면 등을 사용하여 건축물을 형상화하고 있다.



그림 1. Frank O. Gehry -Nationale Nederlanden (1992-1995) Guggenheim Museum, bilbao, Spain (1991-1997)

그는 관찰자로 하여금 시각적 긴장을 갖도록 하는 형태적 유인력을 표방하였으며, 평면구성에 있어서도 기존의 상식적인 단위공간의 결합방법에서 탈피하려 했다. 최근에 이르러서는 추상적이고 비 상징적 세그먼트의 결합, 기하학적 파편으로 구성된 오브제를 통해 모호함(ambiguity)을 나타내고 이러한 형태표출은 그의 대표적 작품인 ‘Bilbao 구겐하임 미술관’에서도 나타나 있듯이, CATIA라는 컴퓨터 프로그램에 의한 건축형태 발

5) 김주미 : [특집] 비선형 패러다임과 디지털건축, 건축(대한건축학회지), 45권, 9호, 10-16, (2001).

6) 이현수, 송정화 : 사이버공간을 위한 판스워드 주택의 3차원 표현에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(계획계), .21권, 1호, 357-361, (2001).

견 및 시공을 위한 재해석에 의해 작업이 이루어졌다. CATIA는 주로 기계금형설계를 위한 캐드시스템으로서, 관행적으로 사용되어오던 범용 건축캐드시스템에 의한 디자인 작업을 부정하고 건축을 하나의 매쉬로 간주하여 이를 성형하고 구조적으로 해석하려는 그의 철학과 부합되는 기능을 가지고 있다. 이는 새로운 형태의 발견을 위하여 원시적인 프리미티브를 모티브로 하여, 건축가의 의지가 담겨있는 특정한 로직에 의해 판단, 변형시키고, 이를 실세계에 건축하기 위하여 컴퓨터에 의해 재해석하는 방법을 사용한 것으로 분석될 수 있다.

### 3-2 피터 아이젠만 (Peter Eisenman)

피터아이젠만은 컴퓨터를 이용한 새로운 방법론을 활용하여 설계과정에서 종래와 전혀 다른 새로운 접근방식을 갖고 작업하였는데, 비선형적 공간구조와 접기(fold), 펴기(unfold) 등의 형태어휘를 의외에 반영하는 등 주로 수사학적 방법을 구사했다. 그로 인하여 관습적인 모델 스터디에서 검토될 수 없었던 세세한 단면과 복합적인 공간구성이 컴퓨터 3D모델링을 통해 자유롭게 트랜스폼 되어 새로운 형태가 창조될 수 있었으며, 이에 대한 정확한 예측과 해석을 통해 형태를 완성시켜 나갔다. 그는 자유로운 형태를 다양하게 구사하기 위하여 초기 디자인 과정에 컴퓨터 분야에서 개발된 캐드시스템을 적극적으로 활용하였다. 아이젠만은 수학적으로 그의 디자인개념을 표현하고 표현된 3차원적 결과를 캐드시스템을 통해 실세계에 시공가능케 하고 있다.

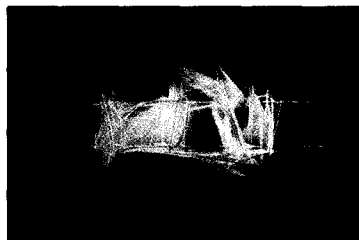


그림2. Peter Eisenman, Competition for a Virtual House. 1997.



그림 3 Peter Eisenman, Staten Island Institute of Arts and Sciences. 1997

또한 기계 패러다임으로부터 전자 패러다임으로의 이행이 가져온 공간조건의 변화가 반영되어 있는데, 그것은 건축공간에 있어서의 영원한 조건, 즉 장소와 시간적 구속으로부터의 탈피가 그것이다. 전통적으로 장소와 시간의 좌표가 그리드로 표현되었다면, 그는 이로부터 벗어나 상대적인 매트릭스 좌표 개념을 사용했다. 따라서 시공간적 속박과 무관한 기하학적 논리에 의해 전혀 다른 창조적 형태가 도출되었으며, 그것들은 특정한 시간과 장소의 그리드 위에 있지 않고 변화 가능한 상대적 공간 좌표에 존재하는 것들이다.

이와 같이 컴퓨터 시스템에 의해 완성되는 디지털 건축은 공간의 창조, 대형 구조물의 새로운 해석, 설비 시스템의 합리적 설계 등과 맞물려 기존의 사고영역을 넘는 건축 디자인 프로세스의 새로운 가능성을 열어가고 있다.

### 3-3 마르코스 노박 (Marcos Novak)

대표적 사이버 건축가인 마르코스 노박은 자신의 작품 Implicit

Space를 통해 유클리드적 기하학 개념의 전환에 대하여 언급하였다. 그는 물질적 매커니즘으로 이해될 수 없는 다양한 공간 구성 알고리즘이 존재한다고 주장하였으며, Data-Driven form과 같은 작품을 통해서 그러한 비유클리드적 공간구성을 보여주고 있다.



그림4 Marcos Novak, Data-Driven Form

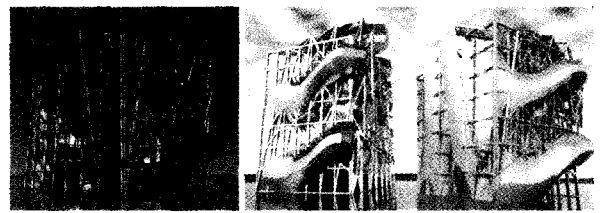


그림 5 Paracube, Marcos Novak, 1998

또한 최초로 트랜스미팅 프로젝트를 통해 액질건축이라는 하이퍼스페이스 개념을 구체화한 노박은 액상화는 외부영향과 내부영향력에 의해 형태가 조절되는 metastability와 부합된 개념으로 건축이 인간의 행동변화에 대응하는 방식의 하나로 설명하고 있다.

형태변이는 일종의 유기적 공간으로서 인간의 행위에 따라 그 행위의 데이터를 받아들여 형태변이의 자료로 삼고 공간에 함유된 시간 프로세스에 의해 형상이 변화되는 것을 의미한다.

그는 유클리드 기하학에 의한 공간형태 결정을 비판하고, 그 사고로부터의 전환을 위해 비트에 의한 비물질적이고 관념화된 공간의 속성을 최대한 발견해 보려고 노력하였으며, 빛, 재료, 구법 등의 건축요인보다 전자기적인 표상으로서의 형태 구성에 치중하였다. 사이버 공간상의 형태는 고정적이지 않고 끊임없이 변화, 대응하고 있음을 발견하고 추상화된 비트의 군집을 시각화하려고 하였다.

### 3-4 그렉 린 (Greg Lynn)

스위스 ETH공대의 교수인 Greg Lynn의 연구 활동은 빌딩의 구성요소와 구조적인 모델을 제작하기 위한 CNC(Computer Numerically Controlled)라고 명명된 컴퓨터 소프트웨어를 사용하여 디자인과 도면제작 과정을 수행하고 있으며, 특히 건축형태 구성에 있어 유형학적 해석법을 사용하고 있다.

그는 뉴튼의 중력모델을 이론일 뿐 진리는 아니라는 관점으로 대체될 수 있는 건축 구성요소 사이에 새로운 관계를 생성시키기 위해 노력했으며, 그 결과로 생성된 건축은 “유기체로 보이는 기술적인 산물”이라고 설명하였다.

유형으로서의 Form은 고정적(fixed)이고, 정적(static)이나, 상대적으로 모핑하는 시간과 형태 변형 같은 트랜스포메이션들이 패

7) Greg Lynn은 이를 대체중력(Alternative Gravity Model)이라고 명명했다. (<http://www.umemagazine.com/greg.html>)

8) 컴퓨터 그래픽의 일종으로 3차원의 영상을 자유자재로 변형시키는

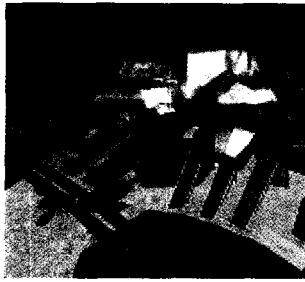


그림6. Greg Lynn, 위로부터  
1. Cardiff Bay Opera House Competition  
2. Port Authority Gateway Competition  
3. Yokohama Port Terminal Competition

러다임 전환을 가져올 것이라고 주장 하였으며, 그의 대표적 작품 Animate Form 에도 이러한 시간기반의 프로세스가 잘 나타나 있다.

### 3-5 애심토티 (Studio Asymptote)

애심토티는 디지털 기술만을 사용하고 있지만, 그들의 도구를 통하여 형식적인 전략이상의 더 큰 목표를 창출해 내려하고 있다.

그들은 인터뷰를 통하여 "컴퓨터는 우리가 새로운 형식을 볼 수 있도록 도와주는 손쉬운 도구이다. 하지만 컴퓨터가 정말 흥미로운 이유는 그것이 건축과 디자인에 있어서 공간적인 경험의 가능성을 열어놓는다는 것이다. 또한 이전에

우리가 인식하지 못했던 것들로 시간을 기준으로 하는 유동적이 것들이다"라고 하는데, 이는 컴퓨터가 도출해내는 의외적 형태를 기반으로 디자인을 전개하는 것으로, 건축가는 이러한 의사결정의 전 과정을 컴퓨터와 함께 지속적으로 사고해 나감을 의미한다.



그림7. Asymptote Studio, Univers Theater, Aarhus, Denmark, 1996



그림8. Asymptote Studio, Mercedes-Benz Museum of Automobile, Stuttgart, Germany 2001

또한 일반적으로 디지털 건축가들이 비물질성에 대한 강한 주장을 하는데 반하여 그들은 전통적 물질성에 대한 정의를 가상세계 기반에서 재정의 하려 하였으며, 이러한 물질성의 표현은 픽셀개념에 관한 건축디자인 의사 결정에 기초를 두고 있다. 벡터 가이드에 의해 나타나는 의외적 픽셀의 미학의 발견은 디지털미디어의 속성을 잘 파악하고 형태결정과정에 적극적으로 컴퓨터를 활용함을 극명하게 표출하고 있는 것이다.

이상 몇몇 대표적 디지털 건축가들의 디지털 공간 형태의 이해와 컴퓨터 디자인 도구의 입장을 살펴보면 기 연구되었던 연구

기법으로 어떤 형태가 다른 특정형태로 점진적으로 변화해 나가는 기법을 말할.

9) [Architect] 애심토티의 해니 래쉬드와의 인터뷰, 건축문화, 254권 87-94, (2002)

와 상충된 부분들이 다수 발견된다. 이 부분은 결론부에 논의 하도록 하며 다음 장에서는 본장에서 고찰되었던 선행연구와 디지털 건축가들의 수법을 기반으로 하여 기술 기반적 비선형 디자인 프로세스의 특성을 재분류하도록 한다.

## 4. 디지털 건축 디자인의 유형별 분류

전장에서 고찰된 형태구성 프로세스를 기술적으로 유형별로 분류하면 자연곡선의 도입, 탈관념적 의외성 형태도출, 대체외력의 자기복제 등의 3가지 방법으로 설명될 수 있으며, 다음과 같이 기술적 방법론은 작가별로 다르게 적용됨을 알 수 있다.

### 4-1 자연곡선의 도입

과학은 자연계의 복잡한 현상을 하나씩 정리하고 그 규칙을 규명해 나가고 있으나 과학에서 규명되지 않은 대다수의 복잡하고 혼돈된 상황을 예외적인 것으로 여기고, 연구의 중심에서 배제하여 왔다. 그러나 1970년대 들어 제기되기 시작한 이 혼돈속에 존재하는 규칙적인 케이오스 이론은 수학, 과학계를 비롯한 모든 학계의 주목을 받기 시작하였다.

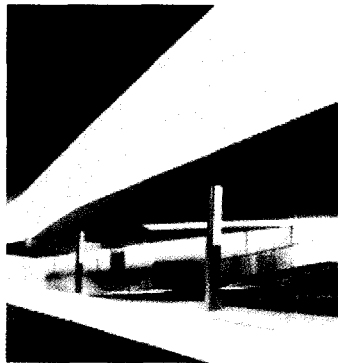


그림9. Preston Scott Cohen, House on a Terminal Line, Montague, New Jersey, 1998



그림10. Ashton Raggatt McDougall, Storey Hall, Melbourne, 1995

케이오스는 어떤 계(系)가 결정론적 범칙(法)에 따라 변화하고 있음에도 불구하고, 매우 복잡하고 불규칙하면서 동시에 불안정한 행동을 보여서 먼 미래의 상태를 전혀 예측할 수 없는 현상이다.

통념적으로 고전 과학이 믿고 있는 뉴턴역학에 의하면 이 세계의 무수한 현상은 단순화된 결정론적 범칙에 따라 움직이고 있고, 초기값만 구해지면 모든 것이 예측 가능하다고 믿었기 때문에 불안정한 비선형계에 대하여 밝혀진 바가 거의 없었다.

케이오스 역학의 등장으로 '결정론에 의한 완전한 예측' 이라는 개념<sup>11)</sup>

10) 어떤 계가 움직이는 방법의 규칙이 완전히 정해져 있어서, 그것이 움직이는 과정에서 주사위나 동전 던지기와 같은 확률적 불확실성이 들어설 여지가 전혀 없고, 어떤 시점의 상태(초기치)가 정해지면 원리적으로는 그 이후의 모든 상태가 결정되는 것을 말한다.

결정론에 따르지만 정해진 단순한 행동이 아니라 극히 복잡하고 불규칙하면서 불안정한 행동을 보여주고, 초기값을 정했다고 생각해도 그 이후 상태가 변동을 계속하며 먼 장래의 상태가 어떻게 될지 전혀 예측할 수 없는 현상을 의미하는 것이다.

11) 인간은 점차 모든 자연 현상은 예측할 수 있는 질서가 있다는 생각을 가지게 되면서, 이러한 과학의 논리는 뉴턴의 역학 법칙의 발견으로 더욱 체계화되었다. 그 후 우주의 마스터 방정식을 알면 초기 조건에 의해 우주의 무한한 미래를 예측할 수 있다는 결정론적 학설이, 라플라스 등에 의해 주장되어 과학의 중심이론으로 자리잡게 되었다.

의 불완전성을 분명하게 하고, 통계역학이나 양자역학의 이론 체계에 큰 수정을 가해준 것과 더불어 다양한 자연적 현상의 이면에 내재된 가능성들을 발견할 수 있게 되었다.

초기 케이오스 이론은 너무나 복잡한 반복적 변형에 의하여 형태를 찾아내야 하므로, 실체를 시각적으로 확인하기 어려운 개념적 논리에 머물고 있었으나, 컴퓨터의 발달로 이러한 복잡한 계산을 가지적으로 확인할 수 있게 되었으며, 프랙탈<sup>12)</sup> 등 수학적으로 정리된 케이오스 형태는 비유클리드 공간영역의 존재를 확인 시켜줌과 동시에, 그 속에 또 다른 미학이 존재한다는 사실을 확인 할 수 있게 하였다.

케이오스는 어트랙터(Attractor)라는 특정한 요인에 의하여 그 불확정적 형태가 결정지어지게 된다. 어트랙터의 일종이라 할 수 있는 프랙탈은 부분이 전체의 형태를 복제하려는 자기 유사적 형태 구성을 이루어 내기 위한 특정 어트랙터를 가지고 있다.



그림 11 E.Ushida & K.Findlay, Truss Wall House, Tokyo

어트랙터의 복잡하고 난해한 재귀 반복적 알고리즘은 컴퓨터와 그 플랫폼 내에서 구현되는 그래픽 기술에 의해 쉽게 시각 되어질 수 있다. 그런 측면에서 자연물이 이루어 내는 곡선그래프를 분석하여 어트랙터를 발견하려는 연구도 진행되고 있는데,<sup>13)</sup> 이러한 자연물의 관찰과 분석을 통한 어트랙터를 발견과 이를 사이버 공간 속에서 재현하려는 일련의 형태 발견 프로세스가 비선형적 형태로 표출되고 있는 것이다.

케이오스는 유클리드 기하학<sup>14)</sup>에 의한 공간관으로 설명할 수 없으며, 컴퓨터 매체를 이용했을 경우에만 발견될 수 있는 미학이다.

이러한 프랙탈의 곡선을 활용한 대표적 건축가 우시다(E.Ushida)는 그의 건축 Truss Wall을 통해 동경의 프랙탈 도시질서를 강조하기 위하여 케이오스적 나선형의 반복곡선으로 전체 형상을 구성하였다. 또한 연속성을 강조하기 위해 벽면의

그러나 이러한 결정론은 확률론에 바탕을 둔 양자론 등의 가치관에 거센 도전을 받아 왔고, 이에 대해 결정론자들은 확률론적 세계관을 비판해 왔다. 그러나 케이오스는 이렇듯 전혀 달라 보이는 결정론적 세계관과 확률론적 세계관을 연결시켜, 상호양립을 가능하게 하는 것으로도 학문적 영향이 크다.

12) 케이오스의 어트랙터를 파악하는 하나의 개념이 IBM연구원이며서 하버드의 객원교수로 있던 만델브르트에 의해 제안되었으며, 영어단어 fracture, fraction에서 어원을 따서 프랙탈이라고 명명하였다.

13) 예를 들어 구름, 사막의 모래산, 번개등의 케이오스적 자연물에서 자연곡선을 취해 특정한 변화 규칙을 분석하여, 규칙화하고 이를 공간 디자인의 모티브로 삼는 방법이다.

14) 유클리드는 그리스 시대 알렉산드리아 도서관 교수로서 생애에 대하여는 별로 알려진바 없으나, 그의 저서에서 3차원 공간상의 모든 원리를 5개의 공리와 5개의 공준에 바탕하여 수학적으로 정리하였으며 이 원론은 현대 수학 교과서의 근본이기도 하다. 원론은 총13권으로 구성되어 있으며, 여기에는 삼각형, 사각형, 대수학, 원, 다각형의 작도, Eudoxus비례론과 응용, 수론, 진법, 입체기하, 공간에서의 직선과 평행, 피라미드 및 플라톤의 다면체에 대하여 정리되어 있다.

색상을 통합하였으며, 이는 인체가 갖는 유연성과 활력을 표상한 것으로 유기적인 형상을 이루게 하였다.

이러한 자연적 곡선의 규칙성 발견과 컴퓨터의 고도의 연산능력과 전자기적 표현기법을 이용한 형태 발견을 지향한 대표적인 건축가로는 William Latham, Ashton Raggatt McDougall, Preston Scott Cohen등을 여기에 포함시킬 수 있다.

#### 4-2 탈관념적 의외성 형태 도출

드로잉은 실제적인 건물의 표현으로서 뿐만 아니라 그로부터 어떠한 형태를 찾기 위한 아이디어, 규칙, 전략으로서 중요한 역할을 한다.<sup>15)</sup>

현대 3차원 기하 모델러의 발달은 다양한 모형실험을 손쉽게 빠르게 구현해 볼 수 있게 하고 있다. 이러한 과정에서 디지털 미디어는 그 형태의 연구, 개발과정에서 시각적으로 인간에게 다양한 의외적 돌출형태를 제시할 수 있게 하여 건축가의 관심에 의해 발견된 새로운 그래픽 근거를 제공한다.

이러한 드로잉의 역할은 의외적 이론(emergence in design)의 개념으로 정리될 수 있는데 주어진 디자인 작업 내에서 새로운 의미를 생성할 수 있도록 도와주는 탐색 모델 스테디의 모호성은 디자이너가 최초의 의도했던 것 보다 많은 것을 해석하게 해 줄 수 있는 것이다.

이는 디자인 개념이 완성될 때까지 다양하고 모호한 형태제시가 건축가의 시각적인 관점에서 다양하게 해석되어져 새로운 형태의 발견을 가능하게 한다.

이러한 돌출 프로세스를 통해 발견되어진 도형을 의외성 도형 그리고 시각패턴을 도형의 의외성 시각패턴(emergent shape semantics)으로 정의하며, 이러한 의외성 도형과 시각패턴의 발견은 건축 디자인에서 개념적인 형태를 개발하고 창조적인 디자인의 생성에 중요한 역할을 하게 된다.<sup>16)</sup>

의외적 3차원 오브젝트는 Box, Sphere, Cone, Pyramid, Dount 등의 3차원 원시 프리미티브를 기점으로 하여 여기에 Copy, Move, Rotate같은 트랜스폼과 FFD(Free Form Deformation), 불린 등의 고급 모디파일러, 스캐터, 파티클 등의 랜더마이저 등을 이용하여 형태를 발전시켜나가는 방법으로 건축가의 의도와 직관적 결정에 의해 형태를 완성시켜 나가게 된다.

프랭크 게리, 피터 아이젠만은 이러한 디지털 모델의 가능성에 주목한 대표적 건축가로서 자신의 해체주의적 철학의 발현을 위해 컴퓨터를 이용하여 마치 조각을 성형해 나가듯 디자인을 구현하였다. 또한 애심도트, 모포시스등도 이와 유사한 디자인 방법론을 시도하였다.

#### 4-3 대체외력의 자기복제

실세계에 있는 건축물은 중력에 의하여 수직, 수평 방향으로 형태가 제한된다. 또한 초고층 빌딩 같은 경우 중력이외의 풍하중이나 지진하중 같은 비연직 하중에 대하여도 고려를 해야 한다. 이러한 외력에 대한 대응은 건축의 외형에 지대한 영향을 미치게 된다.

일부 디지털 건축가들은 중력이 아닌 특정한 외력이 오브제의

15) 전한중: CAAD System에서 건축디자인을 위한 의외성 시각패턴의 사용에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 14권, 11호, 165-175, (1998)

16) 전한중: CAAD System에서 건축디자인을 위한 의외성 시각패턴의 사용에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 14권, 11호, 165-175, (1998)

형태를 구성하는 하나의 가이드라인을 형성하고 있다고 가정하고 디지털 공간내의 공간조형에서도 실세계에 존재하는 물리적인 외력을 대체할 만한 요인을 찾으려 하였다. 그들의 작품 속에서는 실세계에서는 눈에 보이지 않는 동선의 흔적이나, 밀도, 기능, 행위 등의 내적요인, 사회, 문화적 관념 등의 외적요인들이 시각화되고 있다.

이런 개념에서 얻어진 형태는 이따금 케이오스 곡선과 유사하게 성장해 나가는 것을 볼 수 있는데, 케이오스는 특정외력이 전혀 존재하지 않는 초기발생요인에 의한 결정론적 상황을 따르기 때문에 디자인 프로세스를 통하여 기대되는 것은 근본적으로 다른 것이다. 이렇듯 대체외력의 발견과 디지털 미디어를 이용한 형상화를 추구한 건축가로 그렉린과 마르코스 노박 등이 여기에 포함된다.

## 5. 결론

전장에서 3가지로 정리된 디지털 건축 디자인 프로세스 유형은 시각적으로는 시간기반의 유동성과 불확실성을 갖는 공통의 특질을 갖고 있으나, 디자인 프로세스와 형태를 접하는 기술적 측면에 있어서 상당히 상이한 수법을 취하고 있음을 알 수 있다. 이를 통하여 선행 연구들과 다른 두가지 결론을 얻게 된다. 먼저 관행적으로 디지털 건축 디자인을 정의함에 있어서 분류의 최상위 기준을 실세계에서 건축행위인가 사이버 공간 내에서의 건축 행위인가로 분류하고 있으나, 이는 디지털 건축을 비평함에 있어서 오류를 범할 수 있는 소지를 갖게 할 수 있다. 근본적 프로세스가 다름에도 불구하고 타 건축과 강하게 차별되는 시각적 형태 특성만 가지고 하나의 잣대로 비평하는 것은 상당히 무리가 따를 수 있다.

다른 하나는 디지털 건축의 공통적 정의로서 비 유클리드 기하학적 공간계획이라는 이론은 설득력이 없어 보이는 점이다. 일부 모호한, 불확정적 공간을 설명함에 있어서 유클리드적 역학 관계를 탈피하려는 방법론이 비선형적 공간구성의 이유가 되기도 하지만 미디어를 이용하여 고도의 계산된 형태를 찾아내기 위한 외형적 형태 돌출, 대체외력의 자기복제와 같은 후자의 2가지 유형은 오히려 유클리드 기하체계를 더욱 고도화 시키고 있다고 볼 수 있다.

아이젠만과 게리는 디지털 설계도구에 의하여 탄생되는 경이적이고 의외적인 형태를 발견하고자 하였고, 그것을 실세계에서 건축하기 위하여 다시 디지털 설계 도구를 공학적으로 활용한 대표적인 예라 할 수 있다. 그러므로 비유클리드 기하체계는 디지털 건축디자인의 정의를 완전히 포괄할 수 없다.

결론적으로 디지털건축 디자인의 유형을 표2와 같이 3가지로 분류할 수 있으며, 디지털 건축에서 표출되는 비선형적 형태는 시각적으로 유사성이 많아 보이나 형태 결정에 이르는 모델 스테디 프로세스는 서로 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

구분	자연곡선의 도입	의외성 형태도입	대체외력의 형상화
대표적인 건축가	William Latham Ashton Raggatt McDougall Prestone Scott Cohen 등	Frank O. Gehry Peter Eisenman Studio Astmptote OCEAN Mac Donald Studio 등	Greg Lynn Marcos Novak Stephen Perrella Kohn Pedersen Fox 등

표2. 컴퓨터기술의 사용목적에 통한 디지털 건축가 분류

이러한 기술적 산물인 디지털미디어에 의해 발생된 디자인은

각각의 유형에 따라 평가기준을 달리해야하며, 본 연구는 이러한 기술적 관점에서의 유형분류에 대한 선도적 연구로서 의의를 가지고 있다. 또한 각 유형별로 세부적이고 발전적인 연구의 진행이 기대되며 기술적으로 기준으로 달리한 디지털 건축에 대한 재조명이 연구 과제로 남게 된다.

## 참고문헌

- 김주미 : [특집] 비선형 페러다임과 디지털건축, 대한건축학회지 건축, 45권, 9호, 10-16, (2001).
- [Architect] 에심토티의 해니 래쉬드와의 인터뷰, 건축문화, 254권, 87-94, (2002)
- 류무열, 심우갑: 디지털건축의 시간기반 프로세스에 관한 연구, 대한건축학회 학술대회발표논문집 21권 2호, (2001).
- 전한중: CAAD 시스템에서 건축디자인을 위한 의외성 시각패턴의 사용에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 계획계 14권 11호, 165-175, (1991).
- 전한중: CAAD System에서 건축도형의 시각패턴발견을 위한 컴퓨터시스템의 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 13권 6호, 3-12, (1997).
- 김지훈, 최왕돈: 사이버 건축의 형성배경과 형태표현상 특성에 관한 연구, 대한건축학회 학술대회발표논문집, 20권 2호, 565-569, (2000).
- 김주연, 이현수: 자연이미지 Graph에 의한 사이버 공간에서의 형태생성과 변형에 관한 연구, 대한건축학회 학술대회발표논문집 계획계, 21권 1호, 535-537, (2001)
- 김성남, 김억: 건축의 비물질적 표현특성에 관한 연구, 대한건축학회 학술대회발표논문집 계획계 21권 1호, 381-385, (2001)
- Asymptote 공식 홈페이지 (www.asymptote.net)
- 콜럼비아 건축학과, (www.arch.columbia.edu/gsap/754/)
- Greg Lynn, Animate Form, Princeton Architectural Press, (1998)
- Greg Lynn, Architecture for an Embryologic Housing, Birkhauser Architectural, (2002)
- Architectural Laboratories, NAI Publishers, (2002)
- Greg Lynn, Fold, Bodies & Blobs : Collected Essays, La Lettre Volee, (1998)
- Mohammed Saleh Uddin, Digital Architecture, McGraw-Hill Professional, (1999)
- Peter Weisher, Designing Virtual Environments, McGraw-Hill Professional, (1998)
- Daniela Bertol, David Foell, Designing Digital Space : An Architect's Guide to Virtual Reality, McGraw-Hill Professional, (1998)
- Daniela Bertol, Visualizing With CAD, Springer Verlag, (1994)
- Peter Zellner, Hybrid Space : New Forms in Digital Architecture, Rizzoli, (1999)