

**현대 건축 디자인에서의 생물학적 형태의 적용에 관한 연구

A Study on the Application of Biomorphism on Contemporary Architectural Design

김원갑* / Kim, Won-Gaff

Abstract

The new aspect of contemporary architectural design is the computer simulation of morphogenesis and evolution of the organic body. Morphogenesis and evolution is the kind of emergence that is the process of complex pattern formation from simpler rules in complex system. The development comprises the sequence of pattern formation, differentiation, morphogenesis, growth. This study analyzes the application methodology of various biomorphism in contemporary architecture. The methods of generative application by computation in architecture are self-organization, differentiation, growth algorithm via MoSS. And the methods of evolution by computation are genetic algorithm, multi-parameter in environments, phylogenetic cross-over, competing as natural selection, mutation+external constraints, generative algorithm+genetic algorithm via Genr8.

키워드 : 생물학적 형태, 창발, 형태발생, 진화적 실내 공간

Keywords : Biomorphism, Emergence, Morphogenesis, Evolutionary Interior

1. 서론

1.1. 연구의 배경과 목적

21세기의 과학과 학문은 과거의 물리학 중심으로부터 점차 생물학 중심으로 되고 있다. 마찬가지로 20세기의 건축 디자인이 주로 물리학과 기계로부터 새로운 모티브를 선택했다면, 최근에 새롭게 나타나는 일련의 건축 디자인은 생물학, 특히 생물학적 형태를 컴퓨터를 이용해 새롭게 창발(emergence)¹⁾ 시키는 경향쪽으로 나아가고 있다. 물론 생물학적 형태의 건축적 적용은 이미 고전 건축의 인체 비례에서부터 신고전주의 건축의 말하는 건축, 아르 누보의 식물 형상 건축, 20세기 초 표현주의의 다양한 유기체 형상 건축, 1950년대의 신표현주의적 유기체 형상 건축 등 연속적으로 건축 역사에 등장했지만, 1990년대 이후의 건축에서 새롭게 나타나는 양상은 단순한 유기체 형상의 모방이 아니라 형태의 창조 과정에서부터 생물체의 발생과 진화의 과정을 컴퓨터로 시뮬레이션하여 적용하는 등 발전된 기술을 이용해 새로운 형태를 창발시키는 것으로 나타난다. 이것은 부분적으로 생물학이 건축 역사와 밀접하게 연관이

되는 은유를 제공하며, 모든 과학들 중에서 특별히 새로운 실제적 감각을 제공할 능력을 가지는 동시에, 자연 환경에 대한 건축적 연루가 보다 더 환경적으로 도움이 된다는 생각에 기인하기도 한다. 물론 이것은 단순히 녹색 건축같은 생태 건축을 의미한다기 보다는 디자인 과정 자체를 자연계의 형태 발생과 진화의 과정을 따라 발전된 컴퓨터 소프트웨어에 위임하는 새로운 방식을 의미한다. 본 연구는 다양한 생물학적 형태를 적용한 현대의 건축 디자인 사례들 가운데 단순한 형태 모방뿐 아니라 형태의 발생과 진화 과정 자체를 디자인 과정에 도입한 사례들을 중심으로 그 적용 방식에 따라 분류하고 분석함으로써, 21세기의 새로운 패러다임에 부응하는 새로운 디자인 방식의 적용 가능성을 제언하는 것을 목적으로 한다.

1.2. 연구의 방법과 범위

본 연구는 1980년대 이후 현재까지의 건축 디자인에서 다양한 생물학적 형태를 적용한 사례들을 분석하며, 그것들의 적용 방식을 사례별로 분석한다. 물론 생물학적 형태는 주로 식물의

1)창발은 복잡계에서 나타나는 현상으로, 이전에는 보이지 않던 것이 갑작스레 나타나는 것을 의미하며, 하위 수준에서 예측될 수 없는 새로운 속성이 상위 수준에서 나타나는 것을 의미한다. 생명체의 형태 발생같은 것은 이것의 대표적 예라 할 수 있다. Ernst Mayr, *This is Biology*, 최재천 외 역, 이것이 생물학이다, 몸과 마음, 2002, p.48 참조.

* 정희원, 경일대학교 건축학부 교수

** 본 논문은 2005년도 경일대학교 연구년제 지원에 의한 것임

형상이나 인체 비례, 인체 은유 등이 많이 적용될 수 있으나, 이러한 예들은 이미 많은 연구 사례들에서 다루어졌으므로 본 연구의 범위에서 배제하였으며, 부분적으로 유기체의 형상은 은유하는 경우 역시 제외하였다. 2장은 건축 디자인과 생물학적 형태의 관계, 형태 발생의 이론적 배경과 형태의 발생 과정, 형태의 진화 등에 관한 이론적 고찰을 다루었다. 3장은 생물학적 형태를 단순히 외양과 기능에서만 적용한 사례들을 분석했다. 4장은 시간에 따라 변화하고 진화하는 생물체의 패턴을 디자인 과정에 적용한 사례로서, 형태의 발생 방식을 적용한 경우와 진화 방식을 적용한 경우, 그리고 그 두가지 모두의 방식을 적용한 경우 등으로 나누어 분석했다.

2. 건축디자인과 생물학적 형태의 이론적 고찰

2.1. 형태 발생의 이론적 배경

(1) 철학적 배경

형태는 건축 디자인의 가장 중요한 요소 중의 하나로서, 실제로 이 세계는 형태들로 가득 차있다고 할 수 있다. 고전 건축의 미적 도대는 비례체계라고 할 수 있는데, 이 역시 플라톤이 초월적이고 원형적인 형상인 이데아의 불완전한 반영이 형태라고 주장한 내용을 신인 동형설적으로 해석하여 신의 완전한 재현으로서의 비례를 보여준 것이다. 이것은 피타고라스의 수 신비주의적 영향을 받은 것으로, 형태를 수학적 모델로 보지만 그것을 불변의 항으로 만들어버림으로써 영원한 형상이 변화하는 세계와 어떻게 관계를 맺을지를 설명하지 못한다. 아리스토텔레스는 질료형상론(hylomorphism)을 통해 수동적이고 수용적인 물질에 대해 이 세계에 내재(immanence)한 형상이 각인되어 각 사물들이 특정한 형태를 지니게 된다고 주장했으나, 이 역시 형태를 영원하고 고정된 것으로 보는 고전적 패러다임이다. 이러한 전통은 근대의 환원주의와 양적 모델화의 방식에 적용되어 데카르트적 그리드 체계에서 다루는 형태 역시 그것을 단순히 정적 모델로 다루지 않더라도 운동이나 변화의 선형적 모델²⁾로 다루게 한다.

형태를 시간 속에서 변화하는 질적 변화로 생각한 것은 앙리 베르그송의 철학과 앙리 푸앵카레에 의해 도입된 위상 기하학(topology)에 의해서였다고 할 수 있다. 베르그송은 「창조적 진화」(1907)에서 진화를 지속적으로 분화하고 발전하며 새로운 형태를 발생시키는 생의 도약으로 봄으로써 형태를 지속적인 분화에 의한 질적 변화로 보았으며, 푸앵카레는 변화와 새로운

2)선형적 모델은 한 순간의 계의 상태를 이전이나 이후와 동일한 조건으로 표현하며, 뉴턴의 미분학 역시 유클리드 공간에 적용되었을 때 선형적 운동으로 나타나는 연속적 수치들의 집합을 만들어내는 메카니즘이다. 이것은 실제의 계가 겪는 변화나 변형들의 질적 변화는 설명할 수가 없다. Sanford Kwinter, Landscape of Change, Assemblage 19, The MIT Press, 1992, p.53.

이야말로 모든 형태의 자질이라는 생각하에 진화 속으로 실제의 불연속을 도입하는 변형적 사건들을 기하학적으로 도해하는 위상기하학을 탄생시켰기 때문이다.³⁾

(2) 형태의 수학적 모델

형태를 기하학의 수학적 모델로 다룬 것은 19세기 초의 생물학자 조프루아 생틸레르(Geoffroy Saint-Hilaire)의 유비 개념에서부터라고 할 수 있다. 그는 다양한 생명체들의 기본 도안(plan)이 많은 유사성을 띠며, 모든 생명체를 어떤 원형의 변형으로 볼 수 있다고 주장하며, 생명체에 대해 사영 기하학(projective geometry)을 적용해 생물학적 역위(inversion)를 설명했기 때문이다.⁴⁾ 그가 사영 기하학의 상동(homology)⁵⁾ 개념을 이용해 원형 동물이나 원래의 동물 구조의 비례를 변형시켜 어떤 종들도 발생시킬 수 있다고 주장한 것은 이를 설명해준다. 여기서 상동은 생물체 각 부위 형태의 패턴을 연결하는 메타패턴(metapattern)⁶⁾의 개념으로 생각할 수 있는데, 크기와 양을 넘어서는 생물체 형태의 패턴을 좌표상의 기하학으로 표현하고 그것을 좌표적 변형을 통해 형태 변형을 시도한 것은 다르시 톰슨(D'Arcy Thompson)의 예에서 또한 볼 수 있다. 상동에 대한 그의 관찰은 생물학의 수학을 제시했는데, 여기서 형태는 3-D 좌표 공간에서의 사상점(mapping points), 차원, 각도, 곡률반경 등으로도 설명될 수 있게 된다.⁷⁾ 그의 「성장과 형태에 관하여」On Growth and Form(1917)는 환경적 힘들에 대응되는 자연 형태의 변형⁸⁾을 설명한 것으로, 형태의 차이가 패턴의 변형에 의해 이루어짐을 보여준다. 이것은 형태가 고정된 것이 아니라 외부의 다양한 힘들의 매개변수를 내부화함으로써 연속적으로 변형될 수 있음을 의미하는 것으로, 형태의 위



<그림 1> 다르시 톰슨, 좌표변형

를 내부화함으로써 연속적으로 변형될 수 있음을 의미하는 것으로, 형태의 위

3)Ibid., p.58.

4)생틸레르는 사영 기하학의 역위를 이용해 척추 동물과 곤충을 유비 개념으로 설명했다. 생틸레르가 나폴레옹의 캠페인 기간 동안 당시 사영 기하학을 연구하던 가스파르 몽슈(Gaspard Monge)를 통해 사영기하학에 관심을 가지게 되었다는 사실은 이를 입증한다. Bernard Cache, Gottfried Semper: Stereotomy, Biology and Geometry, AD, Wiley-Academy 01, 2002, p.32.

5)사영 기하학에서 상동은 생틸레르가 탐구하던 불변항의 종류라고 할 수 있다. 생물학에서 상동은 한 종 내에서 다양하지만 변하지 않는 근본 관계로서, 개체 내에서 위에서 아래로 나타나는 리드미컬한 반복같은 연속적 상동(serial homology)이나 계와 새우의 유사한 부속 기관에서 나타나는 계통발생적 상동 등으로 나타난다. Gregory Bateson, Mind and Nature, 박지동 역, 정신과 자연, 까치, 1990, p.20.

6)크기나 양이 아니라 형태, 모양, 관계를 통해 생물체의 특질을 연결하는 패턴. Ibid., p.21.

7)Michael Weinstock, Morphogenesis and the Mathematics of Emergence, AD, 5/6, 2004, pp.12-13.

8)다르시 톰슨에게 물고기 치수의 변동은 그 종들에 영향을 주는 조도와 물 깊이의 지침으로 되며, 물고기 눈의 확대는 그에 대응되는 그리드의 변형으로 나타난다. Greg Lynn, Multiplicitous and Inorganic Bodies, Assemblage 19, p.35.

상 기하학적 변형을 예견한 것이라 할 수 있다. 실제로 현대의 굴곡진 생물형태 건축들의 양상은 다양한 외적 힘들의 매개변수 변화에 의한 이러한 형태 변형 방식의 발전된 예라고 할 수 있다.

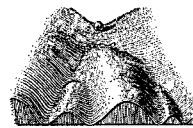
형태를 양적으로 대수화할 수는 없지만 이를 수학적 모델로 가능하게 한 것은 위상 기하학으로, 이것의 대표적 예는 르네 톰(René Thom)의 급변론(Catastrophe theory)이 말하는 형태 발생 이론에서 볼 수 있다. 급변론에서 형태는 어떤 계에 불연속의 점들이 분포되어 있는 구조⁹⁾로서, 톰은 「구조적 안정성과 형태발생」Stabilité structurelle et morphogénèse(1972)에서 모든 형태를 끌개(attractor)로 표현한 수학적 모델을 제시하며, 형태 발생을 최초의 형태를 나타내는 끌개가 소멸하며 최종적인 끌개로 재현된 형태들로 교체하는 과정이라 주장한다. 실제로 급변론이 가장 자주 적용되는 분야는 생물학의 발생학으로서, 생물체의 형태 발생은 계속적으로 주름이 잡혀가며 그것이 증폭되어가는 과정이라 할 수 있을 것이다.

2.2. 형태의 발생

(1) 형태의 창발

생물체의 형태 발생은 개체 발생의 과정에서 수정란이 수정 직후 분열을 시작해 극성을 띠고 패턴을 형성하는 공간 조직화, 유전자와 세포 환경과의 다양한 복잡 상호작용에 의한 세포 분화(differentiation)¹⁰⁾, 외배엽, 중배엽, 내배엽 등의 형태 변화 과정을 수반하는 형태 발생, 마지막으로 세포 증식, 세포 확장, 증대의 메커니즘들이 작용하는 성장의 네 단계를 거친다.¹¹⁾ 여기서 발생은 전성적¹²⁾인 유전자형(genotype)이 복잡성이 증가하는 후성적(epigenetic) 과정의 표현형(phenotype)을 제어하는 방식으로 나타난다.¹³⁾ 형태 발생의 초기 단계인 패턴 형성 과정 역시 앨런 튜링(Alan Turing)이 식물들의 형태 발생 모델에서 밝혔듯이, 형태 발생을 제어하는 화학물질인 모르포겐 농도의 변화에 따라 비선형적으로 변화한다.¹⁴⁾ 특히 다양성이 증가하는 세포 분화의 단계는 유전자에 의해서 뿐 아니라 세포가 처해 있는 각기 다른 발생 단계와 주위 세포들에 의해서도 제어가 된다. 여기서 모르포겐 농도 등의 형태 발생을 좌

우하는 벡터는 들뢰즈(Gilles Deleuze)가 주장하는 강밀도(intensité)의 차이로도 설명될 수 있을 것이다. 그것은 질적 차이들로, 배 발생의 과정이야말로 내재성의 고른판(plan de consistance)¹⁵⁾ 위에서 사물과 에너지의 흐름을 추진하는 강밀도들- 화학적 집중, 밀도, 표면장력 등- 의 차이에 의해 이루어지는 것이기 때문이다.¹⁶⁾ 이것은 건축물의 형태 발생을 컴퓨터로 유도할 때 구조의 강밀도적 요소, 즉 하중의 요소를 분배하지 않으면 가상 건물이 건물로 진화하지 않을 것이라는 것을 의미하기도 한다. 그러므로 형태발생은 주로 후성적인 것으로, 콘라드 워딩턴(Conrad Waddington)의 '후성적 풍경'¹⁷⁾이 나타



<그림 2> 후성적 풍경

내는 형태 발생의 가능한 비선형적 경로들이나 형태 발생장(morphogenetic fields)¹⁸⁾ 내의 다양한 발생 경로(chreode)¹⁹⁾ 들은 발생의 후성적 과정을 잘 보여주는 예들이다. 형태 발생은 그러므로 세포들이 발생

의 과정 동안 다양한 정보에 의해 분할됨에 따라 초기의 대칭 상태를 상실해 비대칭적으로 되어가는 과정이라고도 할 수 있다.²⁰⁾

형태 발생 과정은 결과적으로 발생을 위한 배아가 존재한 후 주변의 다양한 에너지적, 화학적 정보들과 결부되어 일종의 내재성의 장인 형태 발생장 내에서 몇가지의 가능한 발생 경로를 통해 비선형적 방식으로 나타난다고 볼 수 있다. 그러므로 형태 발생은 수정란 속에 없는 새로운 구조가 창발하는 것이라고 할 수 있다. 창발은 자연계가 진화하고 자신을 유지하는 방식 뿐 아니라 환경의 모든 복잡 현상을 말하는 것으로, 건물도 단일의 고정된 실체가 아니라 생활 주기를 가지며 환경의 부분

15)고른판, 혹은 일관성의 평면은 만물의 존재 기반이 되는 내재성의 판 자체로서 사물이 내재성의 가능성 속에서 한정을 통해, 실제화되는 평면을 의미한다. Gilles Deleuze, Mille Plateaux, 김재인 역, 천개의 고원, 새물결, 2001, p.13.

16)Manuel DeLanda, Deleuze and the use of the Genetic Algorithm in Architecture, AD, 1, 2002, p.10.

17)후성적 풍경은 발생의 표현형과 형태 발생장 사이의 관계를 설명하기 위한 위상 공간 내의 굴곡진 지형학적 표면으로, 다중적 계곡들은 최종적으로 형태가 발생하는 계곡 바닥까지 시간의 경과에 따라 비선형적으로 진화해가는 다수의 가능한 경로들을 표현한다.

18)루퍼트 쉘드레이크(Rupert Sheldrake)는 수정란을 발현시키기 위해서 유전자 외에도 보이지 않는 정보-에너지의 장으로서 형태 발생장이 필요하다고 주장한다. 이것은 들뢰즈의 내재성의 고른판과도 같은 개념일 수 있다. 쉘드레이크는 나아가 유기체가 형태 발생장을 통해 반복적으로 형태 공명(morphic resonance)을 일으켜 공간과 시간에 구애없이 정보를 전달해 같은 종 내에 유사한 형태를 지속시킨다고 주장한다. 화학적 형태 형성이 집적적이듯, 생물학적 형태 발생도 집적적이므로, 형태 발생장 역시 종들의 진화나 환경 변화에 따라 바뀌어감으로써 획득형질 자체의 유전도 가능하게 될 수 있다.

19)워딩턴이 형태 발생장 내의 운하화 된 결정 경로를 말하기 위해 '필연적'이나 '결정된'을 의미하는 그리스어 khre와 '길', '경로'를 의미하는 hodos로부터 새롭게 만든 신조어이다. Sanford Kwinter, Landscape of Change, p.63.

20)윌리엄 베이트슨(William Bateson)은 정보의 상실은 신체의 대칭 같은 기형을 만든다는 베이트슨 법칙(Bateson's rule)을 주장했다. Gregory Bateson, op. cit., p.198.

9)이정우, 접힘과 펼쳐짐, 거름, 2000, p.185.

10)자연의 모든 대상은 분화를 통해 변형을 수반하며, 지속적으로 자신과 다른 것으로 생성된다. Sanford Kwinter, Architecture of Time, The MIT Press, 2001, p.8.

11)Peter Bentley, Digital Biology, 김한영 역, 디지털 생물학, 김영사, 2003, pp.265-272.

12)예를 들어 몸의 비대칭이나 좌우 정보 등은 수정 이전에 이미 알 속에 준비되어 있으며, 발생 단계에서 가능한 새로운 정보의 침투는 막아야 한다. Gregory Bateson, op. cit., p.195, p.198.

13)Ernst Mayr, op. cit., pp.253-254.

14)튜링은 초기의 형태 발생 모델에서 화학물질인 모르포겐의 농도 변화가 대칭이나 동질성의 파괴, 혹은 동질적 혼합 등의 패턴의 창발을 유도한다고 밝힌다. Alan Turing, The Chemical Basis of Morphogenesis, Philosophical Transactions, 1952, Michael Weinstock, op.cit., p.14 재인용.

으로 존재하고, 진화적 연속체로서의 복합적 에너지와 물질계로 인식하도록 만든다.²¹⁾ 그러므로 이러한 건축의 창발을 위해서는 생물체의 형태 발생에서와 같이 복잡계의 다양한 비선형적 과정을 다루는 수학적 모델을 연산할 컴퓨터 환경이 필수적이라고 할 수 있다. 이것이 최근의 생물학적 형태를 도입하는 건축들이 복잡계의 창발적 발생 과정을 도입한 다양한 알고리즘들을 이용하는 근본적 배경이라고 할 수 있다.

(2) 자기조직화

형태 발생은 복잡계 내의 창발 과정으로서, 그것은 또한 환경 속에서 자신의 행태에 영향을 미치며, 자기 조직 자체를 일종의 에너지 교환체계로 간주해 열역학적 개방계에서 자신의 계와 환경 사이의 에너지를 교환하는 자발적 발현과정, 즉 자기 조직화²²⁾의 과정이라고도 할 수 있다. 발생 시 나타나는 세포의 다양한 패턴 형성 역시 이러한 자기 조직화의 결과이다.

예를 들어 솔방울의 잎차례에서 나타나는 피보나치 수열²³⁾ 같이, 개체 발생 시 저절로 생겨나는 자발적 질서가 이것으로, 형태 발생의 대부분의 질서는 이러한 자기 조직화에 의해 일어나고, 그 후에 자연 선택에 의해 다듬어지는 것이다.²⁴⁾ 이러한 자기 조직화는 혼돈과 질서의 경계, 즉 혼돈의 가장자리에서 생겨나는데, 혼돈이 지나치게 되면 자기 질서 대신 무작위성만 나타나게 되므로 혼돈과 질서의 경계 영역의 설정이 중요하게 된다. 그러므로 건축 디자인에서도 생물학적 형태 발생을 유도하기 위한 전제 조건으로 기하학을 설정하는 것은 이러한 자기 조직화를 위한 일종의 경계 제한 도구의 설정이라 할 수 있다.

2.3. 형태의 진화

형태 발생이 주로 한 개체의 발생을 다룬다면 진화는 개체군의 관점에서 여러 세대에 걸쳐 돌연변이와 자연선택을 거쳐 새롭게 변화해가는 과정을 의미한다. 그러므로 진화는 계통 발생 과정을 포함한다. 결과적으로 일반적 의미의 진화는 시간 속에서 주어진 종들이 새로운 형질을 획득하게 되는 계통 진화를 의미하나 다수의 종들로 증가하기 위해서는 부모 개체군을 넘어서는 다양한 새로운 개체군의 형성과 그 개체들이 더 고등한 집단으로 진화해가는 공간 속의 변화, 즉 종분화까지를 포함해야 할 것이다.²⁵⁾ 여기서 진화의 가장 본질적 요건인 유전자 변화가 일어나기 위해서는 돌연변이나 개체군 내의 유전자

21)Emergence and Design Group, Emergence in Architecture, AD., 5/6, 2004, p.7.

22)자기조직화는 바위 속의 무늬나 수정의 성장에서 나타나는 규칙적 구조, 화학물질의 진동패턴, 눈송이의 결정 구조 같이 복잡계 속에서 계 내의 에너지의 흐름으로 생기는 자발적 조직화를 의미한다. Peter Bentley, op. cit., pp.146-147.

23)1,1,2,3,5,8,13,21 같이 이전 두 항들의 합으로 이루어지는 수열.

24)Stuart Kauffman, At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity, 국형태 역, 혼돈의 가장자리, 사이언스 북스, 2002, p.173.

25)Ernst Mayr, op. cit., pp.285-286.

재구성이 필요한데 이는 대체적으로 무작위적(stochastic)으로 이루어지는 과정이며²⁶⁾, 유전자 풀에 저장된 변형된 유전자들에 대한 이후의 선택은 상동과 같은 유사성을 생기게 하는 생물체 내부의 보수적 선택과 환경과 표현형과의 상호 작용에 의해 형성되는 생물체 외부의 자연 선택 과정을 따르게 된다.

진화의 결과가 항상 더 나은 방향으로 나아간다고 말하기는 어렵지만 결과적으로 그것은 최적의 해를 얻기 위한 일종의 메커니즘이라 할 수 있다. 건축 디자인 역시 주변 환경과의 다양한 매개변수적 상호 작용을 통한 진화 과정을 거쳐 최적의 해를 얻는 방식을 취할 수 있다. 각 개체의 개체군을 염색체 형태로 표현(encoding)하여 선택과 교배, 돌연변이의 연산자를 이용해 확률과 환경에 대한 적합도 등을 적용해 최적의 해를 얻게 되는 다양한 진화 알고리즘이 그 대표적 방식이다.

3. 정태적 생물학 형태의 적용

3.1. 상징적 생물형태의 적용

건축에서 가장 일반적인 생물학적 형태의 적용은 생물체의 상징적 형상을 건축의 외양에 그대로 적용하는 방식이다. 이것은 시간의 경과에 따라 지속적으로 변화하고 진화하는 생물체의 개념 대신 생물체의 형태가 정지된 시간 속에서 그대로 고정되어 있다고 보는 정태적 관점이다. 이는 건축 역사에서 이미 오래 전부터 반복해서 나타났던 방식이지만, 현대의 많은 건축가들 역시 이러한 방식을 다시 재현한다. 이것은 주로 건물이 도시의 등대나 관문으로 작용할 때 많이 나타나며, 건물이나 장소에 하나의 인격을 부여하게 된다.²⁷⁾ 동물적 상징주의는 용의 관점대로 우리의 삶 속에 공유되는 본능을 포용하려는 시도로 볼 수도 있을 것이다. 다음은 다양한 동물의 강(class)을 적용한 대표적 사례들이다.

(1) 포유류 형상: 마이클 소르킨(Michael Sorkin)의 동물 주



<그림 3> 마이클 소르킨, 개 주택



<그림 4> 산티아고 칼라트라바, 리용공항



<그림 5> 리용공항 실내

26)제임스 러브록(James Lovelock)은 진화를 일으키는 돌연변이 역시 단순한 우연이 아니라 정보-에너지장에 의해 서로 피드백을 통해 공진화(co-evolution)를 하는 것이라고 주장하며, 스투어트 카우프만 역시 세포자동자(cellular automata)실험을 통해 진화가 세포의 정보장에 의한 창발성의 결과라고 주장한다. 그러므로 유전자의 변화는 베이트슨이 주장하듯, 개체 단계에서 환경과 경험에 의해 체세포적 변화가 있는 후 주변 생물계나 다른 종과의 공진화를 거쳐 일어난다고도 볼 수 있을 것이다. Gregory Bateson, op. cit., p.193.

27)Hugh Aldersy-Williams, Zoomorphic, Harper Design International, 2003, p.22.

택시리즈(1989-91) 중 개와 양 주택은 입면에서 개와 양의 형상을 상징하며, 산티아고 칼라트라바(Santiago Calatrava)의 리용 공항(1994)은 개미핥기의 형상을 보여주는 동시에 실내에서는 흉곽 내부의 형상을 보여준다.

(2) 조류 형상: 칼라트라바의 밀워키 미술관(2001)은 에로 사리넨의 TWA공항과 같이 새의 펼친 날개 형상을 상징화하며, 그레고리 버지스(Gregory Burgess)의 브람북 생활문화센터(1990) 역시 지붕이 새의 펼친 날개를 상징화한다.

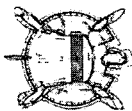


<그림 6> 산티아고 칼라트라바, 밀워키 미술관

(3) 파충류 형상: 마이클 소르킨의 거북 이동식 극장(1995)은



<그림 7> 그레고리 버지스, 브람북 생활문화센터



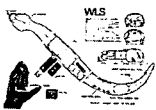
<그림 8> 마이클 소르킨, 거북 극장



<그림 9> 그레고리 버지스, 울루 문화센터

평면에서 거북의 형상을 상징화하며, 그레고리 버지스의 울루 카타추아 문화센터(1995)는 뱀의 형상을 보여준다. 앤트 팜(Ant-Farm)의 이동식 극장 계획(1995) 역시 거대한 뱀의 형상을 3차원적으로 묘사한다.

(4) 양서류 형상: 마이클 소르킨의 동물주택 시리즈 중 개구리 주택(1991)은 입면에서 개구리의 형상을 보여준다.



<그림 10> 앤트팜, 이동극장



<그림 11> 마이클 소르킨, 개구리 주택



<그림 12> 프랭크 게리, 스미스 주택



<그림 13> 프랭크 게리, 바르셀로나 주택



<그림 14> 프랭크 게리, 루이스 주택



<그림 15> 마이클 소르킨, 자마이카 주택

(5) 어류 형상: 프랭크 게리의 작업은 일관되게 조각적 방식으로 건물에 물고기의 형상을 보여준다. 그의 스미스 주택(1981)부터 고베 회식당(1987), 바르셀로나 올림픽주거(1992), 루이스 주택(1995)들은 입면에서 일련의 물고기 형상을 나타낸다. 마이클 소르킨의 자마이카 해변주택(1991) 역시 평면과 입면에서 가오리의 형상을 보여준다.



<그림 16> 유진 취, 레이즈 주택



<그림 17> 유진 취, 와추센터



<그림 18> 버즈 러섬, 해변 재개발

(6) 곤충류 형상: 유진 취(Eugene Tsui)의 레이즈 주택(1993)은 입면에서 잠자리의 형상을, 와추센터 국제학교(2001)는 개미의 형상을 보여준다.

(7) 갑각류 형상: 버즈 포츠머스 러섬(Birds P. Russum)의 해변 재개발계획(1991)은 전체 입면에서 새우의 형상을 보여준다.

32. 생물적 기능의 적용

건물이 특정한 기능을 강조할 필요가 있을 때 많은 건축가들은 자연계의 생물체로부터 기능의 방식을 빌어온다. 생물체의 모든 부분은 환경에 적응하기 위한 기능을 충족시키는 방향으로 오랜 기간동안 진화해왔으므로 대부분의 경우에 그것은 인공의 기능을 능가하기 때문이다. 다르시 톰슨의 「성장과 형태에 관하여」는 생물체의 형태가 물리적, 수학적 기초를 가지며, 그것에 작용하는 모든 힘들의 다이어그램임을 밝힌다. 이것은 생물체가 모든 물리법칙에 대해 가장 경제적인 행태를 보이며, 그것의 결과가 형태로 나타난다는 기능주의적 관점으로 이끈다. 건축은 그러므로 생물체에서 상동 기관이 유사한 기능을 수행하는 방식으로 생물체의 기능을 건물의 부분에 적용한다.

(1) 정적 기능: 먼저 생각할 수 있는 것은 생물체의 구조에서 기능적 형태를 유추하지만 건축물의 부재는 움직이지 않고 고정되는 경우이다. 윌킨슨 아이어(Wilkinson Eyre)의 멀티플렉스 극장계획(1998)은 중앙의 아트리움 주위로 20개의 소극장들을 순서대로 배치하기 위해 해바라기 씨의 배치나 산양 뿔의 성장 곡선, 달팽이나 소라 껍질의 나선 등에서 나타나는 피보나치 수열을 나선형 배치에 이용해 환경 속에서 쉽게 방향을 찾을 수 있도록 유도한다. 렌조 피아노의 휴스턴 메달 컬렉션 미술관(1987)은 경량화를 위해 지붕 트러스 형태를 거대한 조류의 손뼈 형상에서 빌어오며, 포지아의 파드레 피오 순례교회



<그림 19> 윌킨슨 아이어, 멀티플렉스 극장



<그림 20> 렌조 피아노, 메달 컬렉션 미술관



<그림 21> 렌조 피아노, 파드레 피오 교회 실내

실내 공간(1991)은 중앙에서 방사형으로 펼쳐지는 아치형 구조

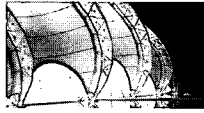


<그림 22> 노먼 포스터 Re 사무소

를 거미의 다리 형상으로부터 유추한다. 노먼 포스터는 스위스Re 런던 사무소(2004)의 풍압과 하중을 조절하기 위해 말미잘 같은 해면동물의 규산질 외피 형상으로부터 유선형의 외양과 대각선 외피 골조를 디자인하며, 글래스고의 스코티쉬 전시 컨벤션센터(1997)는 아르마달로의 겹쳐진 등껍질의 형상으로부터 구조적 디자인을 한다. 필립 사명(Philippe Samyn) 역시 M&G 연구소(1991)에서 공간의 높이와 볼륨을 증가시키



<그림 23> 노먼 포스터, 스코티쉬 전시콘벤션센터

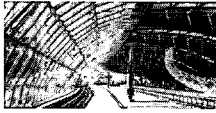


<그림 24> 필립 사axe, M&G 연구소

기 위해 외부 아치들의 다리를 나방 애벌레의 휘어진 다리 형상으로 유추해 유연성을

확보한다.

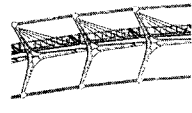
(2) 동적 기능: 동적 기능은 생물체의 피부나 뼈대들이 움직이듯, 건물의 부재를 환경에 맞게 동적으로 가변화시키는 것을



<그림 25> 니콜라스 그림쇼, 워털루 터미널실내



<그림 26> 니콜라스 그림쇼, 에덴 프로젝트 실내



<그림 27> 막스 바필드, 미래의 교각

의미한다. 니콜라스 그림쇼(Nicholas Grimshaw)의 워털루 국제 터미널(1993) 실내는 굴곡진 유리 공간 내의 온도와 풍하중, 적설하중 등의 조절을 위해 서로 약간씩 열리는 다양한 크기의 유리 패널들을 3차원적으로 개폐시키도록 천산갑이나 도마뱀비늘의 움직이는 메커니즘을 도입한다. 또한 에덴 프로젝트(2001)의 실내 공간 역시 거대한 돔의 경량화와 내부 공간 식물들의 성장에 가변적으로 대응하기 위해 규산질의 그물눈 형상으로 자유롭게 확산 수축을 하는 방산층의 외피를 모델로 해 폴리머 필름으로 된 육각형 모듈의 풍선식 구조의 가변적 유연함을 도입한다. 마찬가지로 막스 바필드(Marks Barfield)의 미래의 교각(1988)계획은 200미터 길이의 거대한 캔틸레버식 보행로를 설정하기 위해 공룡의 척추뼈 형상으로부터 압축력을 전달하는 23개의 3차원 Y자형 유닛들- 뼈대-과 장력을 전달하는 스틸 케이블- 힘줄- 을 조합해 이동 하중과 풍압, 온도 팽창 등에 유연하게 대처하도록 한다.

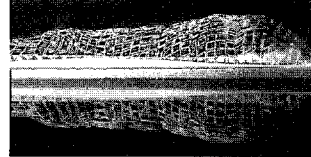
4. 진화적 생물학 형태의 적용

4.1. 발생 방식의 적용

(1) 자기 조직화

생물체의 형태는 시간의 경과에 따라 끊임없이 진화적으로 변형되는 과정을 겪으므로 많은 건축가들은 생물체의 형태 발생 과정을 응용해 디자인 과정에 도입한다. 그 가운데 하나는 복잡계의 자연 속에서 창발하는 유기체의 자기 조직화 방식이다. 튜링이 관찰했던 생물체의 다양한 패턴 형성은 이러한 자기 조직화의 예이며 최근의 건축가들은 튜링이 2차원적으로 그려왔던 기하학적 형상들을 유체 역학에서 사용되는 곡률 좌표망의 수학과 컴퓨터 모델링을 통해 3차원의 굴곡진 표면으로 확장시킨다. 세포들이 굴곡진 판을 접고 비트는 것이 형태 발생의 기초이기 때문이다. 여기서 기하학적 제약은 생물 형태 발

생의 자기 조직화에서 핵심이라 할 수 있다.²⁸⁾ 기하학은 자기 조직화의 국부적 조작 법칙으로 작용하는 경계 제한 도구로 될 수 있기 때문이다. 이것은 개체군들의 집합적 행태를 통한 분포 역학 체계를 통해 더욱 발전될 수 있다. 예를 들어 브뤼셀 자유대학의 인공두뇌학 교수 헤일리겐(Francis Heylighen)은 복잡계의 다양한 집합들로 연합되는 요소들의 상호 작용을 분포 역학의 분포 변수에 기초해 컴퓨터 시뮬레이션을 함으로써 자기 조직화의 모델을 만들어낸다.²⁹⁾ 건축에서의 최초의 자기 조

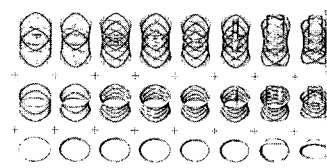


<그림 28> 프라이 오토, AA워크숍 자기조직화 실험

직화 모델에 대한 연구는 1960년대부터 그 분야를 개척한 프 라이 오토라고 할 수 있다. 그는 형태의 자기 발생의 자연적 과정과 그 형태들의 구조적 행태에 관심을 가졌는데, 그의 작업에서 형태 발견은 외부 힘들의 영향 속에서 물질계가 자기 조직화를 하는 과정에 기초하는 디자인 도구이다.³⁰⁾ 예를 들어 그의 AA워크숍 실험(2003)은 외부력을 받는 물질계의 자기 조직화의 물리적 과정에 대한 실험으로, 외부의 힘이 평형을 이룰때 구조 형태를 결정하는 방식으로 재료들의 자기 조직화 법칙을 이용해 경량의 안정적 상태를 이루는 형태들을 보여준다.

(2) 분화

형태 발생의 과정에서 분화는 위치에 따라 각기 다른 단백질 화합물의 영향 속에서 서로 다른 유전자의 발현에 의해 다른 종류의 세포들을 만들어내는 과정으로, 이것은 다양한 표현형의 증가를 수반한다. 건축 디자인에서 분화의 과정은 주로 형태를 진화시키기 위한 과정에서 다양한 표현형을 얻기 위한 수단으로 사용된다. AA의 창발 디자인 그룹(Emergence and



<그림 29> 창발디자인그룹 나선형 빌딩 나선분화

Design Group)은 원통형과 나선의 결합에 의한 표피 구조³¹⁾의 나선형 고층 구조물(2003)에 대한 디자인 실험에서 유전자형의 발전과 표현형의 발전 모두에서 분화의 방법을 적용한다. 최초의 배아로 초기 입력된 단순한 원통형 강관은 나선을 따라 회전하는 발생적 복제에 의해 두개의 다발들로 분화되며, 다음 세대에서는 네개의 다발들로 분화되는 유전자형의 발전을 가져오는데, 이것은 기하학을 느슨하게 적용함

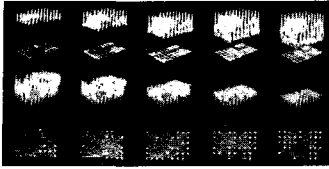
28)Michael Weinstock, op. cit., p.15.

29)Francis Heylighen, Self-Organization, Emergence and the Architecture of Complexity, Proceedings of 1st. European Conference on System Science, 1989, Ibid., p.16 재인용.

30)Ibid., p.20.

31)자연의 많은 형태는 예를 들어 바구니의 조직과 같이 표피로만 이루어져 고도의 여유도를 가지고 연결부의 마찰력에 의존해 전체적으로 붕괴되지 않고 몇개의 국부적 파괴만을 수용할 수 있는 표피 구조로 이루어진다.

으로써 나선형의 굴곡진 평면들이 더욱 많이 분화할 수 있게 된다. 다양한 나선형들의 분화가 유전자형의 발전이었다면, 외부 표피의 실제적 패널들의 기하학적 분화는 표현형의 발전이라고 볼 수 있다. 여기서 건물 외부의 외피 패널들은 내부와 외부, 중심부 사이의 미세한 공기 압력, 빛, 열 등의 매개변수의 변화에 의해 느슨하게 제한된 기하학 속에서 다양하게 기하

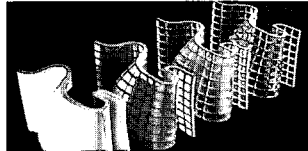


<그림 30> 아킴 멩게스, 농경이후 구조적 분화

학적으로 분화하는 과정을 따른다.³²⁾ 이 그룹의 아킴 멩게스(Achim Menges)는 나아가 환경으로서의 생태학과 환경 내의 물질적 요소들을 연결하는 도구로서의 위상 기하학, 구조들의 통합을 통해 복잡 환경에 접근하는 건축에서 역시 분화의 수법을 사용한다. 이것은 물질적 용량과 구조적 형태로부터 적응을 통해 복잡 환경을 발생시키는 것으로, 농경이후(postagriculture, 2003)는 매개변수적으로 서로 다른 요소들을 더 큰 분화된 계들 속으로 증식시키는 과정이라 할 수 있다. 초기의 공기 구조식 요소가 방위, 배치, 밀도와 이음매의 차별적 보강, 공기 농도와 내부 압력, 표피 재료의 유형과 처리 등의 다양한 매개변수들의 변화에 따라 다양한 기하학을 보여주는 복잡한 구조적 분화를 보여주 기 때문이다.³³⁾ 그의 코펜



<그림 31> 아킴 멩게스, 신 로얄극장 분화되어 가는 실내 공간

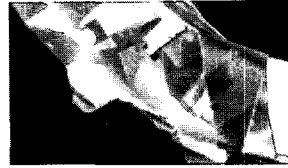


<그림 32> 신 로얄극장 실내벽체들의 분화

하겐 신로얄극장 계획 역시 실내의 국부적 표면조절 점들과 표면 곡률, 교차점, 위상 기하학 등의 국부적 조작을 통한 진화적 과정에서 벽체들의 분화된 표면들과 공간적 조직을 만들어내는 분화의 수법을 사용한다고 할 수 있다.³⁴⁾

(3) 성장 알고리즘

성장은 배의 발생 이후 거치는 단계로 형태 발생의 마지막 단계라 할 수 있다. 건축 디자인에서는 건축의 표면들을 성장 시킴으로써 새로운 구조들을 만들어내는 데에 이 성장의 메커니즘이 이용되는데, 이것의 수행 도구는 일련의 문법에 따라 특성들을 순환적으로 교체하는 것에 기초를 둔 린덴마이어 시스템(L-시스템)³⁵⁾에서 발전된 형태발생적 표면구조(MoSS)와



<그림 33> 벤 파이프, 3차원 트러스의 실내공간 MoSS 실험

폰 노이만의 세포 자동차(cellular automata)³⁶⁾에서 발전된 불 네트워크(Boolean networks)³⁷⁾ 등이 있다. MoSS의 3차원 L-시스템이 연산되는 환경은 표면의 최종적 기하학을 결정하는데, 이것의 인터페이스는 문법을 설정하고, 세대를 제한하고, 환경을 형상화하는 제어 요소를 포함함으로써 피드백을 가진 복잡 성장 환경을 창조하게 된다. 예를 들어 MIT의 벤 파이프(Ben Piper)의 3차원 트러스 구조 모델은 MoSS 프로그램으로부터 성장되어 발생된 표면들의 꼭지점들이 적응적인 3차원적 세포 구조를 형성하도록 하여 자유로운 형태의 벌집형 트러스를 가진 실내 공간을 창출한다.

4.2. 진화 방식의 적용

(1) 유전 알고리즘

생물체의 진화과정을 건축 디자인에 적용하는 가장 대표적 방식은 다양한 진화 알고리즘들³⁸⁾ 중의 하나인 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)³⁹⁾을 적용하는 것이다. 유전 알고리즘은 최적해를 얻기까지 컴퓨터가 자동적으로 모든 과정을 실행하지만, 여기서 디자인에 창조성을 부여하는 것은 적당한 방식으로 장식적, 구조적 요소를 연결하기 위해 적당한 위치에서 돌연변이의 지점을 부여하는 것과 다양한 건축 디자인이 가능하도록 상응되는 위상 기하학의 다이어그램을 사용하는 것이라 할 수

소들을 고쳐쓰고 대체함으로써 복잡성이 증가하게 되는 체계이다. 프르제미슬라브 프루진키비츠(Przemyslaw Prusinkiewicz) 교수는 건축에서 발생의 모델을 공간지향적 모델과 구조지향적 모델의 두가지로 분류해 개발했다. Peter Bentley, op. cit., pp.189-194; Peter Testa, Devyn Weiser, Emergent Structural Morphology, AD., 1, 2002, p.14 참조.

36) 존 폰 노이만이 1940년대에 고안한 자기 복제 프로그램으로, 이후 존 콘웨이가 1970년대에 생명게임이라는 무한한 복잡성을 만들어내는 프로그램으로 발전시켰다. 세포자동차는 일련의 규칙에 따라 패턴을 생산하고 이 규칙을 활성화하기 위해, 생물체의 세포가 단백질질을 생산하듯이, 세포들의 위치와 상태를 이용해 활성화시킨다는 점에서 생물체의 형태발생과 유사한 메커니즘을 가진다. Peter Bentley, op. cit., p.279.

37) 영국의 수학자 조지 불(George Boole)의 이름을 따서 만든 것으로 스티어트 카우프만이 신경망, 면역계, 유전자 발현 등의 네트워크로 발전시켰다. 카우프만은 다양한 연결강도를 지닌 불 네트워크에서 작용하는 수학적 시뮬레이션이 생물체의 형태 발생과 성장에서와 같이 조직과 기관들의 분화와 자기 조직화를 만들어낼 수 있다고 주장한다. Micheal Weinstock, op. cit., p.16.

38) 유전 알고리즘(GA), 진화전략(ES), 진화 프로그래밍(EP), 유전 프로그래밍(GP) 등이 있다.

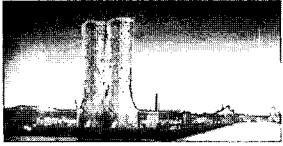
39) 존 홀랜드(John Holland)가 1975년에 개발한 최적화 알고리즘으로, 생물학적 유전자인 염색체에 해당하는 문자열로 재생산, 교배, 돌연변이를 거쳐 다음 세대에 새로운 자식을 인공적으로 만들어내며, 이런 연산을 반복해 최적해를 구한다. 유전 알고리즘은 유전자형과 표현형을 갖는 개체들의 개체군을 초기화하고 유지하며, 부모를 제공하기 위해 두 가지 개체의 무작위적 선택에 의해 교배시킨 후, 염색체 교차와 돌연변이를 이용해 다양한 자손들이 개체군을 채울 때까지 세대를 반복시켜 모든 부모들이 버려지고 적합한 기준을 만족시키는 개체군을 양산시키는 프로그램이다.

32) Emergence and Design Group, Fit Fabric: Versatility through Redundancy and Differentiation, AD., 5/6, 2004, p.45.

33) Achim Menges, Morpho-Ecologies: Approaching Complex Environments, Ibid., p.86.

34) Ibid.

35) 생물학자 에스트리드 린덴마이어(Astrid Lindenmayer)가 만든 성장 과정의 시스템으로, 동일한 규칙을 반복적으로 적용하는 과정에서 구성요

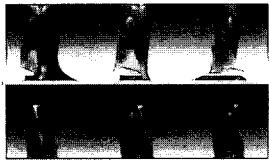


<그림 34> 창발디자인그룹, 고층 표피구조

있다. 창발 디자인 그룹이 두개
등의 원통형 고층 표피구조
(2003)를 만들어내기 위해 사용
한 도구는 유전 알고리즘이다.
최초에 단일의 나선형 원통관을
개체적 염색체로 초기 설정하여

다발들로의 분화와 새로운 형태 발생 과정을 거쳐 다양한 형태
의 개체군을 만들어낸 후, 최종적으로 허리가 약간 좁아지는
단일의 형태를 얻어내기 때문이다. 여기서 많은 분화를 시키기
위해 사용한 약간 느슨한 자연의 기하학적 선택 연산자에 해당
한다. 기본적으로 이 건물의 진화에서 유익한 정보의 선별 기
준은 나선형의 자연 현상에서 나타나는 형태이기 때문이다. 이
후 외피의 패널을 위한 표현형을 발전시키기 위해 사용한 커스
타드 사과의 모자이크식 막조직과 나선형 잎차례의 기하학 역
시 선택 연산자에 해당하며, 표피에 작용하는 다양한 외부와
내부의 매개변수들은 유전 알고리즘에서 사용되는 환경에 대한
적합도에 해당한다 할 수 있을 것이다.

(2) 환경과의 다중 매개변수



<그림 35> 미하일 헨젤, 세계 무역센터

Ocean North의 미하일 헨젤
(Michael Hensel)이 세계 무역센터
(2001)의 형태를 얻기 위해 사용한
방식은 환경과의 다중적 매개변수
를 상호 작용시켜 예기치 못한 새
롭고 이질적인 형태를 발생시키는
진화 알고리즘의 경우이다. 그것은 물질적 형태와 많은 형태적
힘들이 작용하는 환경 사이의 복합적인 역학적 관계를 다중 매
개변수로 설정하고, 공간적, 재료적, 거주적 특성같은 평가 기
준을 적용하여 거주자와 거주지의 영향에 대한 분석과 피드백
에 의해 우연한 영향들에 종속되는 가변적 환경을 만들어내는
과정이다.⁴⁰⁾ 이 방식은 형태 발견의 과정 중에 우연성과 다양
성을 최대한 허용하는 진화적 방식이라 할 수 있다.

(3) 계통발생식 교배



<그림 36> FOA 계통수

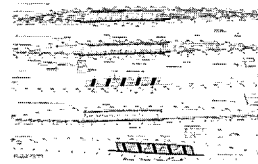
FOA는 진화의 역사와 공통 조
상을 가진 유기체들 사이의 관계를
보여주는 생물학의 분류수법인 계
통수(phylogenetic tree)를 자신들의
서로 다른 과거 건축 작업들과 타
자의 작업들에 적용해 일련의 양상
들을 반복하고 개량시키는 진화적
전략을 이용한다. 이것은 유형학을
개방된 유기적 구조로서의 일종의
유전자 풀로 설정하여 계통수 내의



<그림 37> FOA, 세계무역센터

이전의 계획들 사이의 교배에 의해 새로운 계획을 번식시키는
계통발생식 교배의 수법이라 할 수 있다. 예를 들어 그들의 세
계 무역센터 계획은 노이페르트(Neufert) 자료와 페트로나스
타워, 시어즈 타워들의 유형-유전자들로부터 교배되어 새롭게
창발되는 계통발생식 교배의 수법⁴¹⁾ 이다.

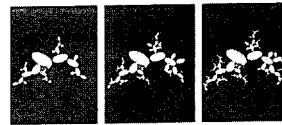
(4) 경쟁-자연선택



<그림 38> FOA, 바르셀로나 공원

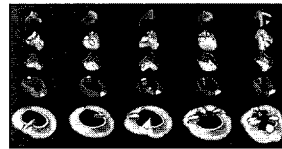
FOA의 바르셀로나 남동 해변
공원 디자인은 진화의 기본적 메
커니즘인 경쟁과 자연선택의 방
식을 도입한다. 이것은 나무 심기
와 관개, 배수 사이의 적합한 관
계를 얻기 위해 컴퓨터상에서 서
로 경쟁하는 법칙 체계를 설정하기 때문이다.⁴²⁾

(5) 돌연변이+외적 제한



<그림 39> 그렉 린, 카디프 오페라
진화 다이어그램

그렉 린(Greg Lynn)은 진화의
중요한 메커니즘인 돌연변이를
이용하지만 그것을 무작위적으로
발산시키는 대신 외적으로 적절
하게 제한하는 방식을 이용한다.
그의 카디프 오페라 계획(1994)은
내부로부터 무작위적으로 발생되
는 분화와 돌연변이를 외부의 순
응적 제약과 결합해 진화시킨 계
획이다. 여기서 기존의 타원형
연못 형상과 대칭이라는 제약조
건은 분화적 성장의 지침으로 되어



<그림 40> 그렉 린, 배아주택

베이트슨 법칙⁴³⁾ 을 따르는
갑각류의 대칭적 다리 돌연변이의 연속과 함께 부지에 대한 외
적 제한과 결합되며, 결과는 예기치 못한 새로운 진화적 형태
를 창발하게 된다. 그의 배아 주택(1999) 역시 무한한 돌연변이
의 모델들을 포괄적 외피의 기하학적 제한과 결합하여 생활주
기, 부지, 기후, 건설방법, 재료, 공간 효과, 기능, 미적 효과 등
에 대한 적응을 통해 진화시킨 방식이다. 이것은 처음에 6개의
원형적 모델이 개발된 후 각각의 돌연변이들에 의해 어느 것도
동일하지 않은 패널들을 가지게 되는 다양한 변양태들로 되지
만, 2,048개의 패널, 9개의 철골, 72개의 알루미늄 버팀목, 외관
일체식 고정구조 셸이라는 외적 제한⁴⁴⁾ 에 의해 일정한 큰 틀
을 유지하게 되는 방식이라 할 수 있다.

4.3. 발생 알고리즘+진화 알고리즘

건축에서 진화적 형태의 궁극적 적용은 발생 알고리즘과 진

41)FOA, Types, Style and Phylogenesis, Ibid., p.38.

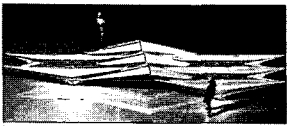
42)Ibid., p.39.

43)발생시 정보의 상실은 기형적 대칭을 일으킨다는 윌리엄 베이트슨의 법칙.

44)Greg Lynn, Embryonic Houses, AD., 6, 2000, p.32.

40)Michael Hensel, Finding Exotic Form, AD., 5/6, 2004, pp.27-29.

화 알고리즘을 결합한 형태인 '발생적 형태 모델링과 제작'(Genr8)⁴⁵⁾의 사용으로부터 나온다. Genr8은 진화적 연산과 발생적 연산, 물리 환경 모델링 모두를 통합한 것으로, 개체군에 의한 문법적 진화(진화적 알고리즘)와 확장된 Map L-시스템(발생 알고리즘)을 조합한 것이라 할 수 있다. 이 모델은 많은 세대 내에서 다양한 표피들의 개체군을 만들어내는 진화적 모듈에 의해 가능하게 되는데, 이것의 성장 과정은 초기의 유전자형인 HEMLS에 의해 제공되어 발생 알고리즘으로서의 Map L-시스템이 3D 공간에서 표현형으로서의 표피의 성장을 허용하도록 확장시키는 것이다. 여기서 표피는 일련의 가장자리, 정점, 영역들로 구성되는데, 모든 가장자리들은 성장 과정 중에 수정될 수 있으므로 표피의 모든 부분들은 계속해서 변화하게 된다. 예를 들어 아킴 멩게스의 AA 스킴에 세워지는 공



<그림 41> 아킴 멩게스, 공기구조식 딸기 바 실내 디자인

기 구조식 딸기 바 실내 디자인은 구조적 용량과 기하학적 특성을 유지한 채 생식, 돌연변이, 경쟁, 선택의 진화적 방식을 채택한 것으로, 초기 개체로서 공

기 구조적 요소가 잘려진 패턴의 기하학으로 설정되고, 성장의 스케일 인자, 분기 길이, 분기 각도 같은 매개변수들에 의해 전체적 파동과 표면의 세분화가 발생하도록 된 것이다. 이것의 선택 연산자는 기하학이며, 평가 기준은 창발하는 종들 사이의 특별한 기하학에 어울리는 상대적 적합도라 할 수 있다.

5. 결론

생물학적 형태는 복잡계 속에서 환경과 상호 작용을 하는 가운데 형태 발생과 진화의 과정에 의해 창발한다고 할 수 있다. 건축 역시 환경의 한 부분이라는 점에서 이러한 생물체의 형태 발생과 진화의 방식을 적용할 수 있을 것이다. 현대의 다양한 생물학적 형태를 적용한 건축들에 대한 사례 분석을 통해 다음의 결론을 얻었다.

- 1) 형태는 다양한 힘들과의 관계 속에서 발생하며, 이는 위상 기하학에 의해 형태 변형과 도해가 가능하다.
- 2) 형태 발생은 패턴 형성, 분화, 형태 발생, 성장의 네 단계로 일어나며, 이는 유전자에 의한 전성적 제어와 주위 환경과

45) Genr8은 Map L-시스템을 사용하는 창발 시뮬레이션을 위한 소프트웨어로, 처음에 세포들 사이의 이웃관계를 설정하고, 다음에 결과적 도형에 대한 기하학적 매개변수들을 지정함으로써 연산하는 기하학적 해석을 가지는 L-시스템 종류이다. 문법에 기초한 법칙들은 모델의 위상 기하학을 명시하는데, 그것은 순서에 따라 자신의 기하학을 결정한다. 이것은 문법적 진화와 함께 추상적인 물리적 환경으로 확장되는 3D L-시스템을 조합한다. 또한 확률적이고 진화적이며 환경에 기초한 구조와 표면 기하학을 가능케 해주며, 특히 진화적 적응 동안 이용자가 작업을 자유롭게 중단하고 다시 개입하는 것을 허용해준다. Peter Testa, Devyn Weiser, op. cit., p.15 참조.

의 상호 작용에 의한 후성적 과정으로 이루어진다. 이것은 복잡계의 창발 현상으로 정보-에너지 장 내의 에너지 교환에 의한 자기 조직화의 양상으로 나타난다. 형태의 진화는 돌연변이와 자연선택을 통하는데, 이 역시 유전자 변형과 환경과의 상호 작용에 의해 이루어진다.

3) 정태적 생물학 형태는 건물에 하나의 인격을 부여하기 위해 생물체의 형상을 외양에서 그대로 재현한 상징적 형태의 적용 방식과 환경에 적응하기 위한 생물체의 기능을 정적, 동적 방식으로 모방한 방식으로 나타난다.

4) 시간에 따라 진화하는 생물체의 형태는 발생적 방식과 진화적 방식의 두 가지 방식으로 적용될 수 있다. 발생적 방식은 외부 힘들에 대해 물질이 구조, 형태적으로 자기 조직화하는 방식, 형태로서의 유전형과 표현형을 분화시키는 방식, 성장 알고리즘인 MoSS의 사용에 의한 형태의 성장 방식 등으로 나타난다. 진화의 방식은 유전 알고리즘의 이용, 환경과의 다중 매개변수 적용, 계통발생식 교배, 경쟁-자연선택, 돌연변이+외적 제한 등의 방식으로 나타난다. 또한 발생 알고리즘과 진화 알고리즘을 결합한 Genr8의 이용에 의한 방식도 나타난다.

5) 생물학의 영역을 건축의 외부와 내부 디자인에 응용하는 사례는 물론 아직까지 주로 AA의 창발 디자인 그룹이나 그렉린, 네덜란드의 소수 그룹들의 실험적 디자인에서만 나타나고 있다. 또한 디자인 과정에 생물학적 발생과 진화의 과정을 도입할지라도 일단 완공된 건물에 진화과정을 다시 적용하는 것은 무리라고 할 수 있다. 사용자와 주변 환경과의 의사소통 및 상호작용에 의한 건물의 형태는 한정적으로만 가변화될 수 있기 때문이다. 그러므로 이러한 2차적 진화의 방식에 관한 실험이 향후의 과제라 할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 이정우, 집합과 펼쳐짐, 거름, 2000.
2. Aldersy-Williams, H., Zoomorphic, Harper Design International, 2003.
3. Bateson, G., Mind and Nature, 박지동 역, 정신과 자연, 까치, 1990.
4. Bentley, P., Digital Biology, 김한영 역, 디지털 생물학, 김영사, 2003.
5. Deleuze, G., Mille Plateaux, 김재인 역, 천개의 고원, 세물결, 2001.
6. Feuerstein, G., Biomorphich Architecture, Menges, 2002.
7. Kauffman, S., At Home in the Universe, 국형역, 혼돈의 가장자리, 사이언스 북스, 2002.
8. Kwinter, S., Architecture of Time, The MIT Press, 2001.
9. Mayr, E., This is Biology, 최재천 역, 이것이 생물학이다, 몸과 마음, 2002.
10. AD., Contemporary Processes, Wiley-Academy, 6, 2000.
11. AD., Contemporary Technics in Architecture, Wiley-Academy, 1, 2002.
12. AD., Emergence: Morphogenetic Design Strategies, Wiley-Academy, 5/6, 2004.
13. Assemblage 19, The MIT Press, 1992.

<접수 : 2005. 12. 27>