

귀납적 일반화를 이용한 형태지식의 습득과 디자인에 관한 연구*

A Study on the Learning Shape Knowledge and Design with Inductive Generalization

Author 차명열 Cha, Myung-Yeol / 정회원, 배재대학교 건축학부 교수, 공학박사

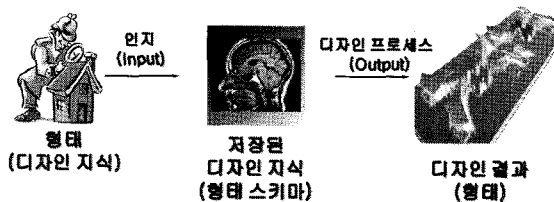
Abstract Art historians and critics have defined the style as common features appeared in a class of objects. Abstract common features from a set of objects have been used as a bench mark for date and location of original works. Commonalities in shapes are identified by relationships as well as physical properties from shape descriptions. This paper will focus on how the computer and human can recognize common shape properties from a class of shape objects to learn design knowledge. Shape representation using schema theory has been explored and possible inductive generalization from shape descriptions has been investigated. Also learned shape knowledge can be used for new design process as design concept. Several design process such as parametric design, replacement design, analogy design etc. are used for these design processes. Works of Mario Botta and Louis Kahn are analyzed for explicitly clarifying the process from conceptual ideas to final designs. In this paper, theories of computer science, artificial intelligence, cognitive science and linguistics are employed as important bases.

Keywords 귀납 프로세스, 일반화, 형태 지식 습득, 디자인 사고, 구체화, 형태의 유사성, 형태 스키마
Induction, Generalization, Shape knowledge learning, Design thinking, Shape similarity, Shape schema

1. 서론

1.1. 연구의 배경과 목적

건축 뿐 아니라 모든 형태를 창출하는 디자인 프로세스에 있어서 디자이너는 무(無)에서 출발하여 창조적인 형태를 만드는 것이 아니라, 태어난 이후 시각 또는 다른 감각을 통하여 인지되어 스키마로 두뇌에 저장된 형태지식을 이용하여, 다양한 디자인 프로세스를 거쳐서 새로운 형태를 창조하는 것이다.



<그림 1> 형태의 인지와 저장 그리고 이를 이용한 디자인의 간단한 프로세스

창조적인 디자인 프로세스 즉 디자인 사고에 대한 과거의 수많은 연구는 디자이너의 작업과정을 관찰하는 연구, 결과물을 보고 디자인 과정을 유추하는 연구 등과 같이 눈에 보이는 피상적인 현상에만 의존하는 연구가 대부분이었으며, 그 결과도 특수한 경우에만 유효하고 보편성이 부족하였다. 본 연구에서는 최근 컴퓨터의 사용 이후에 급격한 발전을 보이고 있는 창조적 사고 관련 분야의 이해와 연구내용을 기반으로, 디자인 과정에 대하여 과학적이며 논리적인 근거를 바탕으로 구체적으로 설명하는 연구의 하나이다. 디자인 사고에 대한 성공적인 연구가 이루어지기 위해서는 먼저 인공지능, 인지학, 언어학, 컴퓨터 공학 등에서 이루어지는 창조적 사고에 대한 연구 또는 이에 대한 깊은 이해가 이루어져야, 창조적 사고 중의 하나인 디자인 사고를 명확하게 밝힐 수 있는 것이다.

본 연구는 디자인 사고가 이루어지기 전 단계인 지식의 습득과 저장에 대한 기존의 연구, 그리고 저장된 디자인 지식의 상태와 유형에 따라 디자인 사고도 결정된다는 것을 기본으로, 형태 지식의 습득 과정과 습득된 디자인 지식을 이용하여 이루어지는 디자인 방법에 대한 연구이다.

* 이 논문은 2010년도 한국연구재단 일반연구자지원사업의 지원에 의하여 연구되었음. (2010S-PT0002-20-0025)

1.2. 연구 방법 및 범위

형태의 인지에 있어서 복잡한 형태는 일반적으로 디테일 보다는 전체적인 윤곽이 먼저 인지되며, 어떤 특징적인 요소가 강한 형태에서는 강한 형태 특성이 인지되고, 여러 개의 유사한 형태의 인지에 있어서는 공통적으로 인지되는 형태 속성을 인지하여 스키마로 저장된다. 본 연구에서의 관심은 입력되는 많은 형태로부터 공통적으로 인지되는 형태 지식으로, 형태 지식이 습득되고 저장되는 과정을 귀납적 일반화 이론과 지식표현 이론을 통하여 분석할 것이다. 또한 이러한 습득된 지식은 단지 지식으로써 중요한 것이 아니라, 우리 디자이너는 이를 이용하여 새로운 형태를 창조한다는 것이다.

일반화된 디자인 지식을 이용하여 새로운 형태를 창조하는 과정은 치환디자인, 아날로지 디자인, 은유디자인, 유전자 디자인, 파라메트릭 디자인 등 다양한 디자인 과정이 있으나, 본 연구에서는 귀납적 일반화의 과정을 역으로 하는 과정과 치환 디자인을 이용하는 디자인 프로세스에 대한 연구로 아직까지 블랙박스(Blackbox)로 여겨, 이해하기 어려웠던 형태 창조 및 발전에 대한 디자인 사고를 일부나마 명백히 밝히고자 한다. 디자인 사고에 대한 이해를 쉽게하기 위하여 보타(Mrio Botta) 작품의 입면과 칸(Louis Kahn) 작품의 평면을 분석하였다.

귀납적 일반화 과정은 인지학을 비롯한 인공지능, 컴퓨터 공학 분야에서 이루어지고 있는 연구를 토대로 형태지식표현에 적용하여, 형태의 인지과정을 과학적, 논리적으로 설명하였다. 귀납적 일반화 과정으로는 조건 탈락의 법칙, 상수의 변수화 법칙, 상위계층으로의 일반화 트리 법칙이 사용되었다. 인지과정을 거쳐 습득된 형태 디자인 지식은 형태 스키마로 우리의 두뇌에 저장되며, 이러한 형태 스키마는 추후 새로운 형태 디자인 과정에서 중요한 컨셉이나, 아이디어로 사용되기도 한다.

보타의 작품 분석에는 입면에서 많이 볼 수 있는 열쇠구멍의 형태이다. 이러한 형태가 습득되어지는 과정 그리고 이를 이용하여 다양한 형태의 열쇠구멍으로 발전시키는 보타의 창의적인 디자인 방법에 대하여 과학적 논리적으로 알아본다. 칸의 작품에서는 이미 우리의 기억에 언젠가부터 저장되어 있는 방사형 스키마를 기본으로 하여, 복잡하고 다양한 형태로 발전되어지는 과정을 아크와 노드를 이용한 형태 지식표현을 이용하여 알아본다.

우리의 두뇌에 스키마로 저장되어 있는 형태 지식은 다양하게 저장되며, 저장되는 유형에 의하여 디자인 사고 과정도 다양하게 이루어진다. 본 연구에서는 열쇠구멍과 방사형 형태스키마를 디자인 컨셉으로 하여 전개되는 창조적인 디자인 사고에서 치환, 변형, 첨가, 분화 등의 서브프로세스의 역할 및 작용에 대하여 설명하고, 기타 다른 디자인 사고에 대한 연구는 추후 디자인 지식의

표현을 근간으로 하여 이루어질 예정이다.

2. 형태의 유사성에 의한 인지

귀납적 일반화 프로세스를 이용한 형태지식의 습득에 있어서 형태의 유사성을 구별하는 것은 가장 기본적인 것이며, 중요한 프로세스 중의 하나이다. 형태에 있어서 귀납적 일반화 프로세스는 주어진 형태로부터 공통성을 발견하여 이를 일반화의 결과물로 추출하는 것이다. 주어진 다양한 형태에서 형태구성 아이디어로서의 형태 디자인 지식의 파악은 형태들의 구성관계 특히 동일하거나 유사한 형태 또는 형태 그룹의 구성관계를 인지하는 것으로부터 시작 된다. 디자인 지식의 하나인 형태지식(패턴)은 형태들이 미적으로 구성되는 방법이며, 개개형태들의 구성, 위치, 크기와 같은 물리적인 형태뿐 만 아니라, 이들 형태들이 구성하고 있는 구성방법 즉 형태들 간의 공간관계(Spatial relationship), 그리고 더 나아가 유사한 공간관계 사이에 나타나는 고차원적인 공간관계를 포함한다. 이와 같이 습득된 디자인 지식은 저장장치(우리의 두뇌 또는 컴퓨터의 메모리)에 저장 되었다가, 추후 디자인 목적에 맞는 결과물을 창출해 내는 과정에서, 검색되고 추출되어 중요한 디자인 컨셉으로 유용된다.

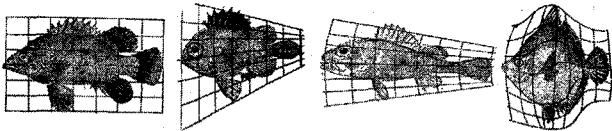
올슨(R. Olson)¹⁾에 의하면, 사물에 대한 인지는 인지되는 사물에 대한 설명이 메모리에 저장되어있는 구조적 설명과 일치할 때 일어난다고 하였다. 이러한 두 설명의 일치하는 정확한 매칭 뿐 만 아니라, 두 설명의 유사성에 의해서도 성립된다. 인간의 사물에 대한 인지능력의 이해는 지식을 중심으로 하는 인공지능 시스템의 발전에 매우 중요하다. 형태 사이의 유사성은 이들 형태의 서술적 표현으로부터 시작할 수 있다. 하나의 형태 표현으로부터 다른 형태의 표현을 비교하여 그들의 유사성이 결정된다. 만일 하나의 형태가 다른 형태와 비교되어 유사성 조건을 만족하면 그들 모두를 유사한 형태로 간주한다. 형태에 있어서 유사성은 일반적으로 형태 속성, 물리적 구조²⁾, 연속적 변형³⁾, 또는 조합구조⁴⁾에 의하여 판별된다.

형태속성에 의한 유사성의 판단은 형태의 색깔, 선의

- 1) Olson, D. R. and Bialystok, E. Spatial Cognition: The Structure and Development of Mental Representation of Spatial Relations, Lawrence Erlbaum, New Jersey, 1983
- 2) Gero, J. S and Jun, H. J. Getting computers to read the architectural semantics of drawings, in L. Kalisperis and B. Kolarevic (eds), Computing in Design: Enabling, Capturing and Sharing Ideas, ACADIA95, 1995, pp.97-112
- 3) Mitchell, W. J. The Logic of Architecture: Design, Computation and Cognition, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1990
- 4) Falkenhainer, B., Forbus, K. D. and Gentner, D. The structure-mapping engine: algorithm and examples, Artificial Intelligence, 1989/90 41: 1-63

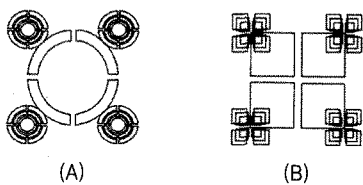
두께, 재질과 같은 시각적 속성에 의하여 인지되고 분류된다. 물리적 구조에 의한 유사성의 판별은 비교되는 다각형으로 이루어진 두 형태에 있어서 선분의 숫자 및 길이, 꼭지점의 각도가 일치하면 합동된다고 하며, 합동형태(congruent shape)로 지칭하기도 한다.

이러한 합동형태는 다양하게 변형되어 늘어나거나, 전단 변형되거나, 고무판처럼 이완될 수 있다. 이를 연속적 변형이라 한다. 생물학자 탐슨(Thompson)⁵⁾의 물고기 그림<그림 2>에서 본래 형태로부터 연속변형된 3개의 형태를 보여주고 있는데, 이는 길이의 뒤틀림에도 불구하고 일정한 구조적 속성을 유지한 형태는 시각적으로 유사한 형태가 된다는 것을 보여주는 것이다. 연속변형된 형태에 있어서 모든 형태의 내부구조는 동등하지만, 각 부재들의 길이에 대한 비례는 다르다. 형태의 일부분에 뒤틀림이 생겨도 구성적인(구조적인) 특성만 변하지 않으면 이는 유사한 형태로 볼 수 있는 것이다. 길이의 비례에 의한 형태의 구분에 있어서 연속변형 형태는 규범적인 뒤틀림이며, 불완전 하지만, 시각적으로 동등한 형태로 인지된다.



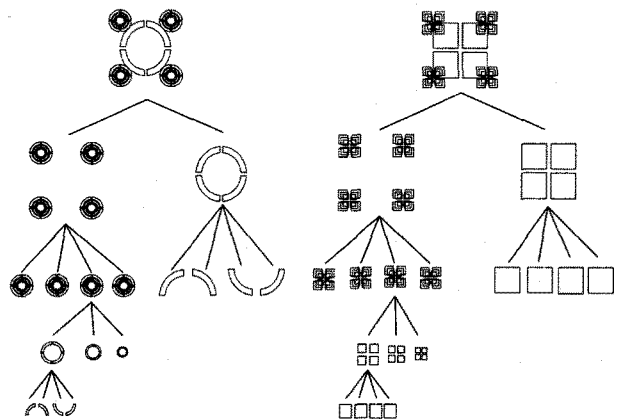
<그림 2> 구조적 속성을 유지하면서 연속변형된 형태

조합구조에 의한 형태의 인지는 피상적으로 유사하다고 보기 어려운 형태의 인지에 있어서, 비록 형태의 속성은 일치하지 않지만, 형태를 작은 단위의 부속형태와 이들의 공간관계로 분해하여 비교하면, 공간관계의 일치에 의하여 유사성이 인지된다는 것이다. 이러한 형태를 상사 형태(analog shape)라 한다. 아래의 두 형태 비교에 있어서, 모든 형태는 다른 형태 속성을 나타내는 작은 형태들의 조합으로 이루어져, 피상적인 형태 속성의 비교와 물리적 속성의 비교에 의한 인지에서는, 유사한 형태로 인지되기 어렵다. A형태에서는 ()의 형태가 다양한 크기로 배열되어 있으며, B형태에서는 (□)의 형태가 다양한 크기로 배열되어 있다. 이들 두 형태는 물리적으로 상이한 형태로 인지된다.



<그림 3> 피상적인 비교에 의하여 유사하지 않은 두 형태

그러나 두 형태의 조합 방법을 자세히 보면, 모두 동일한 조합방법을 공유하고 있다. 형태 A는 그림 4와 같이 두 개의 중간 그룹의 형태로 분해되며, 첫 번째 그룹 형태는 그 다음의 작은 그룹형태로 분해되어, 최종적으로 슬롯에 해당되는 하부에는 ()의 기본형태만 남는다. 두 번째 형태는 4개의 (□)형태가 90°로 회전하면서 배열된 형태이다. 형태 B에서도 두 개의 그룹형태로 분해되며, 이들 또한 형태 A와 같이 작은 단위의 형태 그룹과 기본형태로 분해되어 최종적으로 (□)의 형태를 기본으로 하여 이루어지는 그룹형태이다. 결과적으로 두 형태 A와 B는 비록 상이한 기본형태로 이루어 졌지만, 형태의 조합 구조 방법이 동일하므로 상사형태로 인지 될 수 있다. 두 형태에 있어서 공통된 구조 시스템에 대한 인지는 다음 장에서 설명될 귀납적 일반화의 프로세스에 있어서 중요한 역할을 할 것이다.

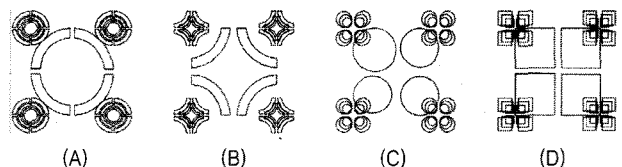


(형태 A의 구조)

(형태 B의 구조)

<그림 4> 동일한 구조의 형태 A와 B

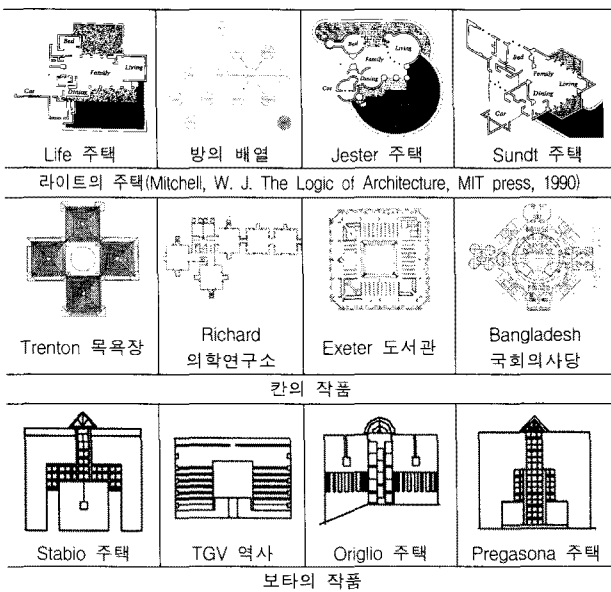
이러한 인지 시스템을 이용하여 그림 5에서는 다양한 새로운 형태를 조합해 보았다. 4개의 모든 형태가 동일한 공간관계의 구조를 공유하고 있으며, 단지 기본 형태만 다를 뿐이다. 4개의 형태가 공통적으로 공유하고 있는 공간관계를 4개의 형태에서 인지되는 형태 스키마라 하며, 이러한 형태의 스키마를 함수 $f(x)$ 로 표현할 수 있다. 여기서 x 는 일반화된 기본 형태이다. 형태 스키마 $f(x)$ 의 변수 x 에 다양한 기본 형태를 대입해 보자. x 에 기본 형태()를 대입하면 결과는 형태 A로, x 가 ()일 때는 형태 B로, x 가 (○)일 때는 형태 C로, 그리고 x 가 (□)일 때는 형태 D로 구체화 된다.



<그림 5> 동일한 스키마를 공유하며, 다양한 기본 형태에 의한 다양한 형태의 생산

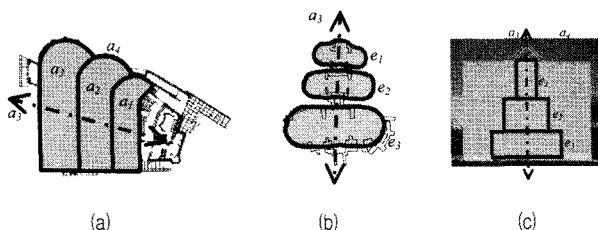
5) Thompson, D. W. On Growth and Form, University Press, Cambridge, 1952

이러한 함수로 표현되는 스키마를 이용한 디자인에는 수학적 공식에 만 이용되는 것이 아니라, 우리 인간도 다양한 인지활동으로부터, 다양한 스키마를 메모리에 저장하고 있다가 창조적인 디자인 과정에서 동일한 스키마에 변수의 내용만 바꾸어 새로운 형태를 만들어 내기도 한다. 라이트의 주택, 칸의 평면 그리고 보타 작품의 입면에서 각각 동일한 형태 스키마를 발견 할 수 있다.<그림 6> 이는 각 디자이너의 두뇌에 저장된 형태 스키마를 기본으로 다양한 기본 형태를 적용하고 일부 변형을 통하여 새로운 디자인을 구체화 했다는 것을 알 수 있다.



<그림 6> 각 형태 그림은 동일한 형태 스키마를 공유하고 있다

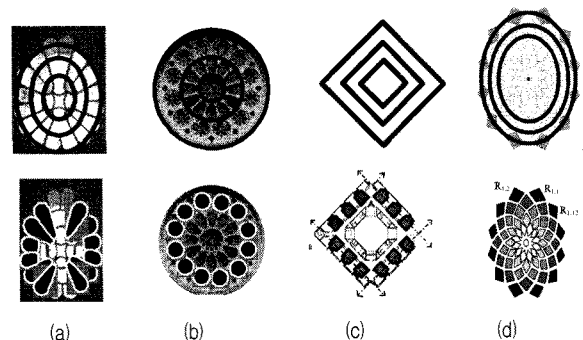
하나의 공통된 형태지식(형태 스키마)은 1인의 작품에 국한되어서 만 인지되는 것이 아니라, 다양한 작품에서도 유사한 형태가 인지될 수 있다. <그림 7>에서의 형태는 시간적, 지역적으로 공통성이 없지만 유사한 형태 스키마를 공유하고 있다. 세 개의 형태가 일렬로 배열되면서 동시에 형태의 크기가 변하는 형태 스키마이다. 비록 우리가 이들 작가들이 어떠한 경로를 통하여 이러한 형태 스키마를 습득하였는지 알 수는 없지만, 이전의 경험에서 이러한 스키마를 습득하여 메모리에 저장하였다가, 본인의 작품 아이디어로 채택하여 중요한 컨셉으로 사용하였다는 것을 추측할 수는 있다.



<그림 7> 다양한 작품에 나타나는 동일한 형태 지식

(a) Vouksenniska 교회 (알토), (b) Tarxien에 위치한 사원
(c) Pregassona에 위치한 개인주택 (보타)

디자인 지식의 습득에 있어서 자연의 형태로부터 인지되어 저장되는 형태지식은 일반적인 것이며, 많은 디자인 지식이 이에 속한다. 우리 인간은 Mother Nature에 대한 동경 뿐 만 아니라, 직간접적 또는 수동적, 능동적으로 자연에 접하고, 자연으로 부터의 지식을 항상 습득하고 있다. 이러한 습득된 형태 지식은 작품의 구상단계에서 디자인 지식 또는 컨셉으로의 역할을 담당하는 경우가 많다. <그림 8>에서 앞의 두 그림은 자연의 꽃으로부터 아이디어를 직접적으로 표현한 예이고, 뒤의 두 작품은 꽃으로부터 습득한 스키마를 기본으로 하여 하부 슬롯의 기본 형태에 대한 치환(replacement)과 아울러 추가적인 변형을 통하여 전혀 새로운 디자인 형태로 창출된 것이다. 물론, 칸의 작품은 served spaced와 servant space의 기본 개념으로부터 형태가 이루어 졌지만, 다른 세 작품과 비교하면 유사한 기본 형태를 이루고 있는 것으로 보아, 칸의 무의식 어느 곳에는 꽃에 대한 스키마가 자리하고 이의 영향을 받았으리라 충분히 추측할 수 있다.



<그림 8> 자연의 형상 스키마로부터 구체화된 유사한 형태

(a) Colonial Guell 성당의 창문디자인(가우디), (b) Chartres 성당의 로즈윈도, (c) Erdman Hall 기숙사 (칸), (d) Campidoglio 광장 (미켈란젤로)

상기 네 형태에서 유사한 형태에 의하여 공통적으로 인지되는 공간관계는 형태 스키마라 칭하며, 이는 4개의 형태로부터 귀납적 일반화의 과정을 거쳐 인지되는 결과물이라 할 수 있다. 상부 형태에서의 스키마는 세 개의 형태(원, 타원, 또는 마름모)가 중심점을 기준으로 크기의 변화를 보이고 있다. 하부의 형태에서는 중심점을 기준으로 다양한 형태들이 회전하고 있는 스키마이다.

이러한 형태들은 동일한 내면적 구조의 특성(스키마)을 유지하면서 위계트리구조의 하부에 위치한 슬롯(slot)의 원소(형태)를 다른 원소(형태)로 치환, 변형되어 새로운 형태로 발전시킨다. 다음은 이러한 형태 스키마의 귀납적 일반화를 통한 인지과정과 습득된 디자인 지식을 이용한 새로운 형태의 창조과정에 대하여 지식표현의 이론을 기반으로 설명한다.

3. 귀납적 일반화 이론과 형태 지식의 인지

논리적 사고에는 일반적으로 귀납적 프로세스와 연역적 프로세스가 있다. 귀납 프로세스는 “다수의 반복된 경험에 근거하여 일반적인 결론을 내리거나 특정한 사건이 일어날 개연성에 대해 판단”하는 사고과정이며, 연역은 “전체로 주어지는 명제의 의미에 근거하여 판단”을 내리는 사고과정이다. 특히 귀납 프로세스는 우리의 일상생활이나 과학에서 지식을 축적하는데 필수적인 역할을 한다.⁶⁾

또한 귀납에는 귀납적 일반화와 귀납적 추론으로 구분되는데, “다수의 개별적 사례로부터 일반적인 결론”을 내리는 경우를 매거에 의한 귀납 또는 귀납적 일반화라 하며, 일반화된 보편적인 지식으로부터 추론을 이끌어내는 과정을 귀납 추론이라 한다. 본 연구에서는 주어진 형태로부터 공통적인 형태 특성을 인지하여 일반적인 지식을 습득하는 과정으로 형태에 있어서 귀납적 일반화라 할 수 있겠다.

형태에 있어서 귀납적 일반화의 예로는 그림 8에서 4개의 그림에 공통적으로 나타나는 형태 구성이 있다. 하나는 크기가 일정하게 변하는 3형태의 배열로 이루어져 있고(상부 형태), 다른 하나는 작은 단위의 꽃잎 모양, 원형, 정사각형, 다이아몬드 형태들이 일정하게 원형에 가깝게 배열되어 있다(하부 형태). 이러한 형태 구성은 귀납적 일반화의 과정을 통하여 습득되며, 우리의 두뇌에 저장된다.

미칼스키(S. Michalski)⁷⁾에 의하면 일반화 프로세스는 배경지식을 바탕으로 개별적인 사실과 현상 또는 그들의 부속요소를 사용하여 완전하고 올바른 가설을 도출하는 것이다. 배경지식은 해결방법의 조건과 범위를 한정하기 위하여 공급되며, 개별적 사실과 현상은 관찰문 형태로 입력된다. 일반화 프로세스는 다음과 같다.

$F \quad K \quad H \quad (F는 H로 일반화된다)$
 $F: 사실$
 $H: 가설$
 $K: 일반화$

형태의 일반화에 있어서 한 그룹의 형태 또는 형태패턴에 대한 설명문과 불완전하게 일반화된 형태패턴 스키마는 개별적 사실로 입력되며, 일반화 프로세스를 거쳐서 특정 형태 또는 형태 구성방법 등이 귀납적 가설의 결과물로 추론되는데 이러한 형태 지식은 형태 스키마의 상태로 저장된다. 이러한 형태 스키마는 형태스타일을

한정하기도 한다.

일반화 프로세스는 귀납적 일반화 법칙을 사용하여, 설명문 또는 함수를 포괄적인 설명문 또는 함수로 변환시키는 프로세스이다. 일반화 법칙에는 다양한 방법이 발전되었으나, 본 논문에서는 조건탈락의 법칙, 상수의 변수화 법칙, 상위계층으로의 일반화 트리 법칙에 대하여 전개하고 이를 이용한 형태 지식 습득에 대하여 설명한다.

3.1. 조건 탈락의 법칙

단순화 법칙을 조건으로 하여 일반화 법칙을 도출하는 과정으로, 한 개 또는 그 이상의 중첩되면서 연결된 표현을 추출하여 개념 설명문을 일반화시키는 것으로 아래의 공식에서처럼 P가 Q에 중첩될 경우 중첩되는 부분 P만이 단순화 법칙에 의한 결과물로 추출되는 것이다. 따라서 P와 Q가 특정 개념을 지칭하거나 설명한다면, 단순화 법칙의 결과인 P도 특정 개념을 지칭하거나 설명할 수 있다는 것이다.

$P \& Q \Rightarrow P$ (단순화 법칙)

$P \& Q \Rightarrow K \mid K \Rightarrow P \Rightarrow K$ (조건탈락 법칙)

P, Q : 개념 설명문
 K : 개념의 이름
 \Rightarrow : 개념의 이름과 개념 설명문을 연결하는 기호
 \mid : 일반화
 \Rightarrow : 추론 기호

형태에 있어서 엠베드(중첩 또는 내장)되는 형태와 형태 패턴(P)은 두 개의 형태 또는 형태패턴의 중첩된 부분으로 간주된다. 만일 두 개의 형태와 패턴이 특정 스타일에 의하여 분류된 그룹의 멤버일 경우, 두 형태 사이에 조건탈락 법칙에 의하여 엠베드 되는 형태 또는 스키마(P)는 두 형태가 속한 특정 그룹의 특성을 표현하는 형태이며, 또한 두 형태에서 공통적으로 인지되는 형태 지식이다.

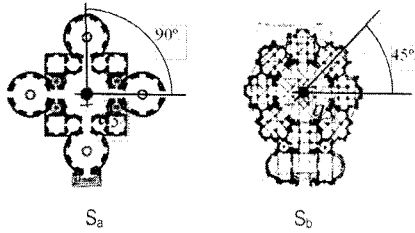
예 1) 르네상스 스타일의 특성을 내포하고 있는 두 개의 건축도면이 있다(그림 9). 첫 번째 도면 S_a 는 중심점을 기점으로 네 개의 원형 형태가 회전되어 90° 회전 스키마를 구성한다, 그리고 두 번째 도면 S_b 는 중심점을 기점으로 여덟 개의 원형 형태가 회전되어 45° 회전 스키마를 구성한다. 이들은 다음과 같이 표현된다.

S_a = 회전배열(4개의 형태, (90°, 중심점))
 (기본 형태 4개가 중심점을 기준으로 90° 회전하며 배열되어 있다.)

S_b = 회전배열(8개의 형태, (45°, 중심점))
 (기본 형태 8개가 중심점을 기준으로 45° 회전하며 배열되어 있다.)

6) 김태국, 실용논리학, 철학과 현실사, 2005

7) Dietterich, T. G. and Michalski R. S. A comparative review of selected methods for learning from examples, in R. S. Michalski, J. G. Carbonell and T. M. Mitchell (eds), Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach. Tiaga Publishing Company, Palo Alto, California, 1983, pp.41-81



<그림 9> S_a : 90° 회전 스키마(세룰리오 교회 평면)
S_b : 45° 회전 스키마(다빈치의 교회 평면)

두 개의 형태 설명문은 동일한 술부를 공유하고, 형태 S_a의 회전각도(90°)가 형태 S_b의 회전각도(45°)의 두 배이다. 또한 형태 S_a의 부속 요소의 개수(4)는 형태 S_b의 부속 요소 개수(8)의 반이다. 그러므로 첫 번째 형태 S_a는 단순화 법칙에 의하여 두 형태 스키마의 중첩 부분으로 추론된다.

$$S_a \ \& \ S_b \ \Rightarrow \ S_a = \text{회전배열(4개의 형태, (90^\circ, \text{중심점}))} \\ \text{(단순화 법칙)}$$

두 개의 형태는 르네상스 건축물이므로 두 형태 스키마로부터 일반화법칙에 의하여 추론된 90° 회전 스키마는 르네상스 스타일의 특성을 표현하는 형태이며, 또한 두 형태로부터 귀납적 일반화의 과정을 통해서 인지되는 형태 지식이다.

3.2. 상수의 변수화 법칙

형태에 대한 함수적 표현은 형태 요소와 공간관계로 이루어졌다. 한 그룹의 형태 표현에 있어서 동일한 술부를 공유하고 부속 요소들과 독립변수들 사이에 특정한 관계가 성립된다면 상수의 변수화 법칙에 의하여 이들 형태 표현은 일반화 될 수 있다. 형태 표현에 있어서 부속 노드와 독립변수의 상수는 일반화 법칙에 의하여 변수화 된다.

$$F(a) \ \& \ F(b) \ \& \ \dots \ \mid \ \forall x, F(x)$$

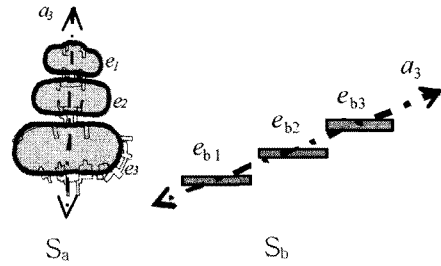
a, b, ... : 상수

F(x) : 변수 x를 기본으로 하는 함수 또는 설명문

x : 변수

예 2) 두 개의 상이한 그룹형태가 있다고 가정한다. 첫 번째 형태그룹은 부속형태의 크기가 증가 되는 것이고, 두 번째 형태그룹은 바닥높이가 증가 되는 것이다 <그림 10>. 첫 번째 형태 표현 S_a에 있어서 형태의 크기는 스케일 요소에 의하여 일정하게 증가되고, 형태들은 이동축에 일정한 간격으로 배열되어 있다<그림 10(a)>. 두 번째 형태 표현 S_b에 있어서 바닥의 높이는 스케일 요소에 의하여 증가되고, 바닥들은 이동축 위에 일정한 간격으로 배열되어 있다<그림 10(b)>. 이 두 개

의 형태 스키마는 상이한 영역에 속한다.



<그림 10> S_a : 공간 크기의 증가, S_b : 바닥 높이의 증가

S_a = 크기의 변화 및 직선배열(3 타원 형태(형태 크기 변수, 수직 축, 배열 간격))

S_b = 높이의 변화 및 직선배열(3 직사각형(높이의 변수, 사선 축, 배열 간격))

이들 두 개의 형태 스키마 S_a와 S_b는 동일한 술부, 동일한 타입의 직선 축 그리고 같은 수의 부속 개체 요소를 공유하고 있다. 그러므로 상이한 영역에 속한 두 개의 형태는 상수의 변수화 법칙에 의하여 일반화 된다. 부속 개체 요소와 독립 변수들은 아래와 같이 변수화 된다. 여기서 “3 형태”도 “다수의 형태”로 한 번 더 일반화 될 수 있다.

$$S_a \ \& \ S_b \ \mid \ (\text{크기 또는 높이}) \ \text{의 변화 및 직선배열(3 형태}(x, y, z))$$

x : 직선축

y : (높이 또는 크기)의 변수

z : 배열간격

3.3. 상위계층으로의 일반화 트리 법칙

계층적 트리구조로 되어 있는 설명문에 있어서, 일련의 노드는 상위계층의 노드로 일반화된다. 다시 말하면, 조직화된 설명문에 있어서 저층부의 노드는 상부의 가장 인접한 수퍼 노드로 일반화된다는 것이다. 비록 비교되는 형태 설명문은 상이하지만, 이들은 하나의 카테고리 안에 속해 있으므로, 이들은 카테고리를 한정하는 상위 계층의 노드로 일반화된다.

$$[L = a] \ \& \ [L = b] \ \& \ \dots \ [L = i] \ \Rightarrow \ K \ \mid \ K \\ [L = s] \ \Rightarrow \ K$$

a, b, ... : 상수

L : 조직화된 설명자

s : 상위노드

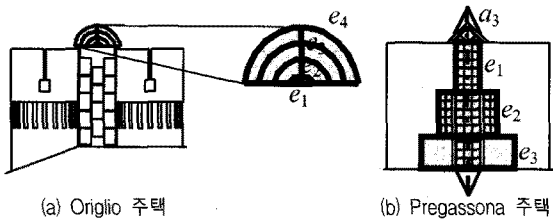
예 3) 보타의 형태 디자인 특성을 대표하는 두 개의 건축 형태가 있다<그림 11>. 첫 번째 형태 S_a에 있어서 네 반원의 크기는 형태 크기 변수에 의하여 증가되면서 차등 패턴을 구성한다<그림 11(a)>. 두 번째 형태 S_b에

있어서 사각형의 크기는 형태 크기 변수에 의하여 증가 되고 이동 축을 따라 배열되어 있다<그림 11(b)>.

S_a = 형태 크기의 변화(4 반원(크기 변수, 중심점)
 S_b = 형태 크기의 변화 및 수직 배열(3 직사각형(크기의 변수, 수직 축, 배열 간격))

비록 두 형태 상호간에 중첩되는 현상은 없지만, 그들은 형태의 등차 클래스에 속한다. 그러므로 그들은 등차 스키마 클래스 (형태 크기의 변화(형태(크기의 변수)))로 일반화 될 수 있다. 또한 부속 개체 요소와 독립 변수들은 상수의 변수화 법칙에 의하여 변수화 된다. 이러한 형태의 등차 스키마는 보타의 디자인 특성을 나타낸다.

S_a & S_b |< 형태 크기의 변화(형태(x))
 x : 크기의 변수

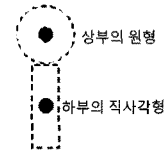
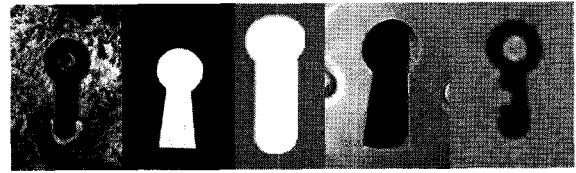


<그림 11> 보타의 주택에 나타나는 형태의 등차

4. 귀납적 일반화에 의한 형태 인지와 디자인

어떤 특정 형태는 개인, 한 시대 또는 지역적 작품에 공통적으로 나타나 있다. 이는 어느 하나 또는 한 그룹의 특정한 형태의 인지에서부터 시작한다. 한 그룹의 형태들은 비록 물리적 또는 외형적으로 동일하지는 않지만, 이들 형태에 특정 형태 스키마가 존재하여, 귀납적 일반화에 의하여 인지된다면 이는 추후 형태 디자인에 중요한 씨앗이 되는 기본 형태지식이 될 것이다. 아래의 열쇠구멍 모양을 보자, 여기서 우리는 두 개의 형태와 이들 형태 사이의 공간관계를 인지할 것이다. 두 개의 형태는 크기 및 모양이 다양 하지만 어느 일정 범위 내의 형태이다. 상부의 형태는 원형에 가까우며 모가 나거나, 길쭉하게 되어 있지 않다. 하부의 형태도 상하로 길쭉하게 되어 있는 상태이다. 이들 형태는 위 아래로 연결되어 있는 공간관계를 갖고 있다. 이들 형태로부터 인지되는 일반화된 형태지식은 “원형 또는 정사각형에 가까운 상부의 형태와 상하로 길쭉한 직사각형에 가까운 형태의 연결로 된 형태 스키마”이다.

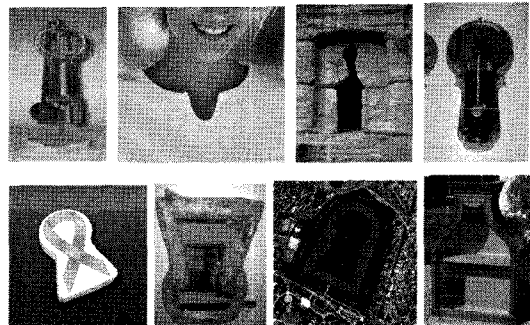
열쇠구멍의 형태는 물리적인 형태 그 자체로 인지되어 저장되고 후에 직접적으로 디자인에 적용되는 경우도 있으며, 또한 많은 경우 형태 스키마(형태 지식)로 저장되어 형태의 치환(replacement)과 형태 변형을 통하여 다



<그림 12> 다양한 열쇠구멍의 형태와 이의 형태 스키마

양하고 창조적인 디자인의 형태로 발전되기도 한다. <그림 13>의 예는 건축 또는 다양한 디자인 분야에서 열쇠구멍형태를 1차적인 방법으로 적용하여 직접적인 표현으로 완성한 디자인 형태이다. 열쇠구멍의 형태를 커다란 어려움 없이 곧바로 여기서는 인지할 수 있다.

열쇠모양의 퍼즐, 옷의 목 부분 디자인, 입구, 거울, 시계 등의 디자인에서는 열쇠의 형태를 디자인에 적용하는 과정은 단순하여, 1차적으로 인지되는 형태적 요소만 디자인에 적용하면 된다. 우리가 시적 표현에서 직접적인 표현이 은유와 같은 간접적인 표현에 비하여 그 시의 내용을 이해하는데 있어서, 긴장감과 호기심을 유발하지 못하므로 우수한 표현이라 할 수 없듯이, 이러한 직접적인 표현도 다른 디자인 영역(장르)에 적용했다는 것 외에는 달리 시각적 흥미를 유발하지 못한 경우가 많다. 반대로, 간접적, 또는 은유적으로 표현된 형태로부터의 인지는 환경, 시간, 사람 등의 요소에 따라 같은 형태라도 다르게 인지 될 수 있으며, 이러한 형태로부터 다양한 이해가 이루어져 우리의 호기심과 긴장감을 유발시키므로 수준 높은 작품으로 인지될 수 있는 가능성이 높다.

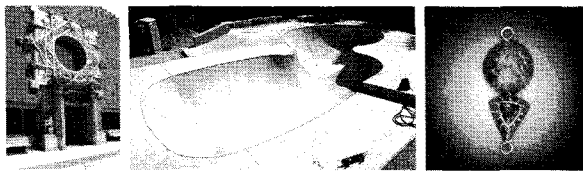


<그림 13> 직접적인 형태를 적용하여 디자인된 사례

미학자들에 의하여 일반적으로 받아들여지는 미학의 척도는 질서와 무질서의 적절한 조화가 이루어진 형태가 아름다운 형태이다.⁸⁾ 직접적으로 적용한 디자인 형태에

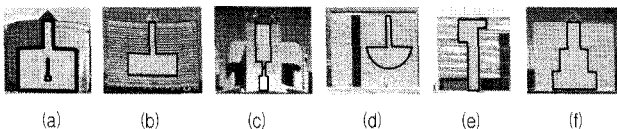
8) David, R. C. An evaluation and test of Birkhoff's aesthetic measure and formula, Journal of General Psychology, 15: 1936, pp.231-240

서는 이미 알고 있는 형태가 그대로 적용되어 무질서적 요소 보다는 질서적 요소가 많아 적절한 조화를 이루지 못하고 특정 형태의 단순 반복으로 인하여 지루한 느낌을 줄 수 있는 것이다. 그러나 원형에 가까운 형태들과 길쭉한 형태들이 일반화되어 상하로 연결된 공간관계를 갖고 있는 형태 스키마를 이용한 디자인에서는 다양한 영역(장르)에서의 적용 뿐 아니라 상이한 기본 형태의 적용과 변형을 통하여 창조적인 형태를 만들 수 있다는 것이다.<그림 14, 그림 15> 여기서 기본적인 형태인 열쇠구멍 형태에 대한 손쉬운 시각적 인지와 이해가 어느 정도 이루어지는 동시에(질서적 요소의 인지과정), 또한 열쇠구멍 형태에 대한 스키마의 적용과 훌륭한 형태적 변형을 통하여 1차원적인 형태요소는 약간의 혼적으로 남아 있고 새로운 차원의 열쇠구멍 형태의 완성을 통하여, 무질서적 요소가 적절히 융합되어 우수한 작품으로의 완성이 이루어진다.



<그림 14> 열쇠 구멍 형태의 스키마를 이용한 디자인의 예

보타는 그의 많은 작품에서 열쇠구멍 형태를 사용하였다. <그림 15>에서 보타가 디자인한 건물에서는 다양한 열쇠구멍 형태가 명백하게 인지되는 것을 알 수 있다. 그들은 단지 비례적으로 변화되거나, 구조적 특성을 상실하지 않고 다양한 방법으로 변형되었을 뿐이다.



<그림 15> 보타 디자인에 있어서 유사한 열쇠구멍 형태

열쇠구멍 형태에 대한 가능한 기술은 상기에 언급하였듯이 다음과 같다.

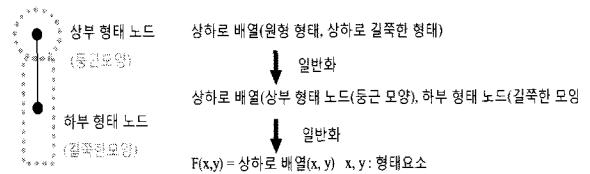
“열쇠구멍 형태는 두 개의 상하로 이웃한 직사각형으로 이루어져 있다. 두 직사각형은 하나의 커다란 정방형에 가까운 직사각형과 상대적으로 작고 기다란 직사각형으로 이루어져 있다.”

이와 같은 설명문으로부터 열쇠구멍 형태에 대한 스키마는 일반화될 수 있다.

“열쇠구멍 형태 스키마는 커다란 형태와 상대적으로 작고 기다란 형태가 상하로 위치해 있다.”

일반화 과정에서 두 형태의 공간적 관계(두 형태가 상하로 배열되어 있다)는 변하지 않고 남아 있으나, 두

형태의 속성 즉 형태의 색, 모양, 질감 등은 상수의 변수화 법칙에 의한 일반화 되어 단지 형태라는 요소(x, y)로 남는다.<그림 16> 이렇게 일반화된 형태 지식은 아크(arch)와 노드(node)로 표현되는 형태 스키마로 저장되어 추후 새로운 디자인에서는 치환, 변형, 첨가 등의 구체화 과정을 통하여 <그림 14, 15>와 같이 다양한 형태로 발전된다.



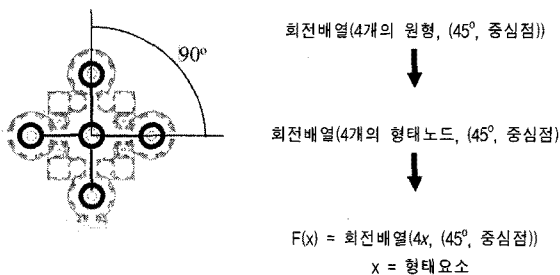
<그림 16> 열쇠구멍 형태의 일반화 과정

그림 (a)와 (b)에서는 형태 스키마의 노드 부분에 커다란 직사각형과 상대적으로 작고 길쭉한 직사각형이 입력되어 그림과 같은 형태를 만들게 되었다. 물론 180° 회전도 동시에 이루어졌다. 일반화된 열쇠구멍 형태 스키마 “f(x, y) = 상하로 배열(x, y)”에서 변수 x에는 커다란 직사각형이 입력되고, 변수 y에는 작고 길쭉한 직사각형이 입력됨으로 인하여 그림과 같은 형태가 생성된다. 그림 (b)에서는 추가적으로 x에 입력된 직사각형이 한 번 더 수평으로 길이를 변화시켜 완성한 것이다. 그림 (c)에서는 y에 작은 열쇠구멍 형태가 입력되어 완성된 형태로 두 개의 상하로 연결된 열쇠구멍 형태를 보이고 있다.


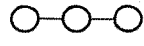

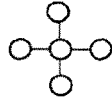



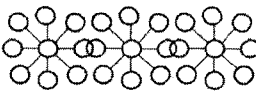
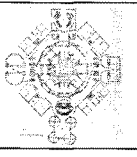

그림 (d)에서는 x에 커다란 직사각형 대신에 반원이 입력되어 완성된 디자인이다. 그림 (e)와 (f)에 있어서 커다란 직사각형은 변형되어 흥미 있는 열쇠구멍 형태를 만들어 냈다. 그림 (e)에서는 커다란 직사각형의 한쪽모서리가 오목하게 들어갔으며, 그림 (f)에서는 커다란 직사각형의 양쪽모서리가 각각 만입 되어 또 다른 열쇠구멍 형태가 되었다.

칸(Kahn)의 작품에서도 하나의 형태 스키마를 기본으로 하여 다양한 형태로 발전된 예가 다수 있다. 침묵과 빛 또는 Served space와 Servant space의 개념으로 출발한 평면은 초기 예일대학 아트갤러리에서 <그림 17>과 같이 평면의 중심에 코어(Servant space)에 해당하는 기능적인 공간이 배치되고 양쪽에는 Served space에 해당하는 전시실이 계획되었다. 이는 코어에 해당하는 노드와 양쪽에 위치한 전시실 해당하는 두 개의 노드로 이루어졌다고 표현할 수 있으며, 우측의 그림과 같이 표현된다. Served와 Servant space의 가장 단순한 형태 스키마를 적용한 초기의 작품이라 할 수 있다. 이러한 이원적인 공간 스키마는 다양한 경로에 의하여 인지되어 저장된 방사형 스키마로 발전되어 리차드 의학 연구소, 엑스터 도서관, 에드먼 홀 기숙사, 방글라데시 국회의사당으로 완성 되었다.

방사형 스키마는 <그림 8와 9>의 예에서와 같이 인공물 또는 자연에서 인지되며, 조건 탈락의 법칙과 상수의 변수와 법칙 그리고 상위계층으로의 일반화 트리 법칙에 의하여 <그림 17>과 같은 노드와 아크로 표현되는 형태 스키마로 인지된다. 조건 탈락의 법칙에 의한 일반화는 <그림 9>에서와 같이 4개의 방향으로 배치된 형태와 8개의 방향으로 배치된 평면에서, 두 평면에서 서로 공유하고 있는 4개의 방향으로 배치된 형태로 일반화되는 것이다. 상수의 변수화 법칙에 의한 일반화는 4개의 원형형태의 배열에서 원형형태가 일반화 되어 형태 노드(x)로 저장된다. 이러한 형태노드 x에는 <그림 18>에서와 같이 다양한 형태(정사각형, 직사각형, 원형 등)가 입력되어 칸 건축의 특성을 표현한다.



<그림 17> 방사형 평면의 일반화 과정

 예일대학 아트갤러리	
 리차드 의학 연구소	
 엑스터 도서관	
 에드먼 홀 기숙사	
 방글라데시 국회의사당	

<그림 18> 칸의 작품에 나타나는 형태 스키마와 형태의 진화

리차드 의학연구소에서는 코어노드를 중심으로 상하로 두 개의 노드가 추가되어 네 방향의 방사형 평면을 이루

고 있으며, 각 노드에는 실험실의 기능이 부여되었다. 엑스터 도서관에서는 보다 복잡한 방사형 평면으로 진화되어 네 모서리에도 노드가 추가되어 그림과 같은 8개의 방사형 노드로 이루어진 평면을 보이고 있다. 기존의 노드와 추가된 노드는 기능적으로 다른 공간이 부여되었다. 상기의 디자인에서는 노드의 추가에 의한 디자인의 발전이 이루어진 것을 보여준다.

이러한 방사형 평면은 복사되면서 일렬로 나열되는 공간의 배치를 이루어, 에드먼 홀 기숙사의 평면으로 발전되었다. 여기서는 단순히 동일한 평면을 반복하여 디자인을 완성한 것이다. 방글라데시의 국회의사당 평면에서 다중의 가장 복잡한 방사형 평면을 보이고 있다. 각 모서리에 있는 노드는 3개의 노드로 치환되고, 하부의 노드에는 5개의 노드가 추가되는 발전을 보이고 있다.

5. 결론

본 연구에서는 형태 스키마를 인지하는 과정을 형태의 유사성 인지를 기반으로 하는 귀납적 일반화 과정에 대하여 이론적 연구와 작품의 분석을 통하여 이해하고, 인지된 형태 지식을 이용하여 디자인을 전개해가는 과정에 대하여 알아보았다. 귀납적 일반화의 프로세스에는 다양한 프로세스가 있으나, 여기서는 형태 인지에 적합한 조건 탈락의 법칙, 상수의 변수화 법칙 그리고 상위 계층으로의 일반화 트리 법칙을 이용하여 형태인지 과정을 설명하였다. 어떤 지식은 있는 그대로 저장되기도 하지만, 대부분의 정보는 일반화된 지식 또는 개괄적인 지식인 스키마의 형태로 저장된다. 스키마로의 저장은 방대한 정보를 쉽게 저장할 수 있는 방법이며, 또한 부정확하게 입력되는 다양한 정보를 이해하는데 매우 중요하다. 디자인 사고에 있어서 형태 스키마는 귀납적 일반화 프로세스를 통하여 간략화 되어, 아크(arch)와 노드(node)로 구성되는 구조로 저장된다. 우리의 메모리 시스템에 저장된 지식(또는 스키마)은 저장된 지식의 유형과 사고의 유형에 따라 다양한 방법으로 구체화된다. 일반화되어 아크와 노드로 저장되는 스키마는 보타의 디자인에서 치환, 변형, 첨가 분화 등의 프로세스를 통하여 새로운 결과물로 구체화되는 과정에 대하여 알아보았다.

보타의 디자인에서는 일반화 프로세스에 의하여 인지된 열쇄 형태의 스키마를 기본으로 하여 다양한 형태로 발전된 것과는 다르게, 칸의 평면에서는 Servant space와 Served Space로부터 발전된 방사형 평면을 기본으로 다양한 평면으로 발전되었다. 방사형 평면의 스키마는 비록 어떠한 형태로부터 인지되어 습득되었는지는 알 수 없지만, 우리 주변의 많은 자연과 인공물에서 쉽게 인지되는 형태 스키마이다. 칸은 기억에 이미 저장되었

던 스키마에 Servant space 와 Served Space의 개념을 적용하고, 세부적으로 치환, 변형, 첨가, 분화 등의 프로세스를 통하여 그림에서와 같은 다양한 방사형 평면을 완성하였다.

보타와 칸이 형태 디자인에 이용한 형태 스키마는 귀납적 일반화 프로세스에 의하여 인지 습득되기도 하지만, 이와는 역의 방향으로 디자인 프로세스가 진행된다는 것을 알 수 있었다. 이러한 형태 스키마는 형태 디자인에 있어서 중요한 컨셉으로 작용하여, 디자인 결과물이 완성될 때까지 중요한 골격(프레임) 역할을 담당한다.

우리 인간은 오감을 통하여 수많은 정보를 습득하고 이를 두뇌에 저장하여 두었다가, 필요할 때 끄집어내어 다양한 프로세스를 통하여 표현한다. Black Box로 여겨졌던 인간의 창조적인 사고는 최근 인지학과 인공지능의 발전에 힘입어, 형태를 이용한 지식표현에 대한 연구는 많은 발전을 보여 왔으나, 이를 이용한 창조적인 사고 특히 디자인 분야에 있어서의 연구는 그 특성상 초보적인 단계에 있다. 그러나 본 연구는 디자인 지식이 인지되어 저장되는 과정을 분석하여 이를 역으로 하는 디자인 방법에 대하여 명확히 밝혔다. 추가적으로 이러한 디자인 지식을 이용한 구체화 과정으로는 파라메트릭 (Parametric) 디자인, 유전자 디자인, 유추(Analogy) 디자인, 은유 디자인 등 다양한 방법이 있으며, 이들은 우리의 디자인 사고에 있어서 창조적인 형태를 생산하는데 매우 중요한 역할을 한다. 이들 디자인 사고는 당연히 모두 일반화 과정을 거쳐 입력된 디자인 지식을 이용하여 이뤄지며, 우리의 복잡한 언어가 일반화된 규칙을 갖고 수 없는 문장을 만들듯, 창조적인 디자인도 이와 같은 한정된 디자인 사고를 이용하여 모든 디자인이 이루어지는 것이다. 이들 디자인 방법에 대하여는 이미 어느 정도 완성된 연구도 있으며, 아직도 연구 중에 있는 것도 있다. 본 연구는 현재 완성된 연구를 기반으로 이루어졌으며, 추후의 디자인 사고의 연구에 꼭 필요한 사전적이며, 기본 연구이다.

참고문헌

1. 김태국, 실용논리학, 철학과 현실사, 2005
2. Arnheim, R. Art and Visual Perception, University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 1954
3. Cha, M. Y. Shape pattern representation for design computation, Phd thesis, Univ. of Sydney, Sydney, Australia, 1998
4. Coyne, R. D. Logic Models of Design, Pitman, London, 1988
5. David, R. C. An evaluation and test of Birkhoff's aesthetic measure and formula, Journal of General Psychology, 1938, 15: 1936
6. Dietterich, T. G. and Michalski R. S. A comparative review of selected methods for learning from examples, in R. S. Michalski, J. G. Carbonell and T. M. Mitchell (eds), Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach. Tiaga Publishing Company, Palo Alto, California, 1983
7. Falkenhainer, B., Forbus, K. D. and Gentner, D. The structure-mapping engine: algorithm and examples, Artificial Intelligence, 1989/90
8. Gentner, D. The mechanism of analogical learning, in S. Vosniadou and A. Ortony(eds), Similarity and Analogical Reasoning, Cambridge University Press, Cambridge, 1989
9. Gero, J. S and Jun, H. J. Getting computers to read the architectural semantics of drawings, in L. Kalisperis and B. Kolarevic (eds), Computing in Design: Enabling, Capturing and Sharing Ideas, ACADIA95, 1995
10. Kohler, W. Gestalt Psychology, G. Bell and Sons, London, 1930
11. March, L. The logic of design, in N. Cross (ed.), Developments in Design Methodology, John Wiley & Sons, New York, 1984
12. Michalski, R. S. A theory and methodology of inductive learning, in T. M. Mitchell, J. G. Carbonell and R. S. Michalski (eds), Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach, Morgan Kaufman, Paolo Alto, California, 1983
13. Mitchell, W. J. The Logic of Architecture: Design, Computation and Cognition, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1990
14. Olson, D. R. and Bialystok, E. Spatial Cognition: The Structure and Development of Mental Representation of Spatial Relations, Lawrence Erlbaum, New Jersey, 1983
15. Palmer, S. E. Hierarchical structure in perceptual representation, Cognitive Psychology, 1977
16. Peirce, C. S. Chance, Love and Logic: Philosophical Essays, Kegan, London, 1923
17. Rumelhart, D. E. Schemata: The building blocks of cognition. in R. Spiro, B. Bruce, and W. Brewer (eds), Theoretical Issues in Reading Comprehension, Lawrence Erlbaum, New Jersey, 1980
18. Schapiro M. Style, in M. Phillipson (ed.), Aesthetics Theory, World Publishing, Cleveland, 1961
19. Stiny, G. Pictorial and Formal Aspects of Shape and Shape Grammars, Birkhauser Verlag, Switzerland, 1975
20. Steadman, P. Architectural Morphology: An Introduction to the Geometry of Building Plans, Pion, London, 1983
21. Thompson, D. W. On Growth and Form, University Press, Cambridge, 1952
22. Venturi, R. Complexity and Contradiction in Architecture, Museum of Modern Art, New York, 1966
23. Vitruvius The Ten Books on Architecture, Dover Publications, New York, 1960
24. Wertheimer, M. Productive Thinking, Harper, New York, 1945
25. Winston, P.H. Learning structural descriptions from examples, in P. H. Winston (ed.), The Psychology of Computer Vision, McGraw-Hill, New York, 1975

[논문접수 : 2010. 09. 30]

[1차 심사 : 2010. 10. 20]

[2차 심사 : 2010. 11. 15]

[게재확정 : 2010. 12. 10]