

# 복잡성 분석을 통한 디지털 분석의 유효성에 관한 연구

## Study of Digital Analysis Efficiency through a Complexity Analysis

이혁준\* / Lee, Hyok-Jun

이종석\*\* / Lee, Jong-Suk

### Abstract

This study intends to prepare a system that can be used, by applying digital technique, in analyzing complexity of architectural forms that have been visualized by the correlation based on the distribution chart made in accordance with profile lines. The profile lines are derived from the edge analysis of the architectural forms, simplified based on the visual theory. For the purpose, this study was conducted in the following ways:

First, problems of the existing models for the elevation analysis were examined along with formal analysis based on visual recognition to consider the profile lines derived from the forms. Secondly, in elevation analysis, profile lines were derived by digital method to measure them qualitatively. To verify the objectivity of the measured data value, a survey was conducted based on the adjective cataloging method, and the correlation of the survey result and analyzed data was analyzed to verify the validity of the derived data. Thirdly, supplementation for the problems deducted from experiments and the possibility to use it in designing were suggested.

Digital method has many advantages over the conventional analyzing system in deriving precise data value by excluding subjectivity. It also allows various analytical methods in analyzing numerous data repeatedly.

Diversified models and methods of analysis considering numerous factors arising in the process of designing remain assignments to research in future.

키워드 : 디지털 분석, 복잡성, 인터랙티브 모델

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 목적 및 의의

정보화 시대로 불리는 현대사회의 정보는 이미 다양한 미디어를 통해 표현되고 있으며 이미 모든 분야에서 활용되고 있다. 더불어 이러한 특징은 정보, 통신 분야만이 아니라 이제는 건축, 인테리어 분야에까지 파급효과를 나타내고 있으며 실내 건축 설계분야에서 캐드(CAD ; Computer Aided Design)라는 이름으로 전산화가 가속화되고 있고 설계 정보 구축분야에서 상당한 발전이 이루어지고 있다.

그러나 디자인 프로세스 과정에서 발생하는 3차원 모델링, 애니메이션, 이미지 프로세싱 및 2차원 드로잉과 같은 대부분

의 디지털 데이터는 표현 중심의 포맷일 뿐 본질적인 문제의 해결이나 분석도구에서의 활용은 미비한 실정이다.

물론 디지털 디자인 이론이나 도구를 통한 디자인 프로세스를 전개시키는 경우도 있지만 대부분의 경우, 디자이너의 주관적 전개과정이나 해석에 머무르고 있으며 체계적인 연구, 발전은 아직도 초보적인 수준에 머물러 있다.

0과 1로 표현되는 디지털 기술은 연속적인 데이터 흐름의 속성을 나타내는 아날로그 기술에 비하여 정확한 데이터 값을 추출할 수 있으며, 이러한 데이터 값을 이용할 경우 디자인 분석에 있어서 주관적인 해석을 배제하면서 객관적인 분석이 가능한 도구로 활용 가능할 것이다. 특히 표현도구에 머무르고 있는 이미지 프로세싱 기술을 이용할 경우 디지털 이미지 분석에 있어서 비교, 분석이 가능한 데이터 값을 추출할 수 있을 뿐 아니라 디자인 프로세스의 도구로 활용할 수 있다.

이에 따라 본 연구에서는 디지털 미디어를 활용한 형태 및

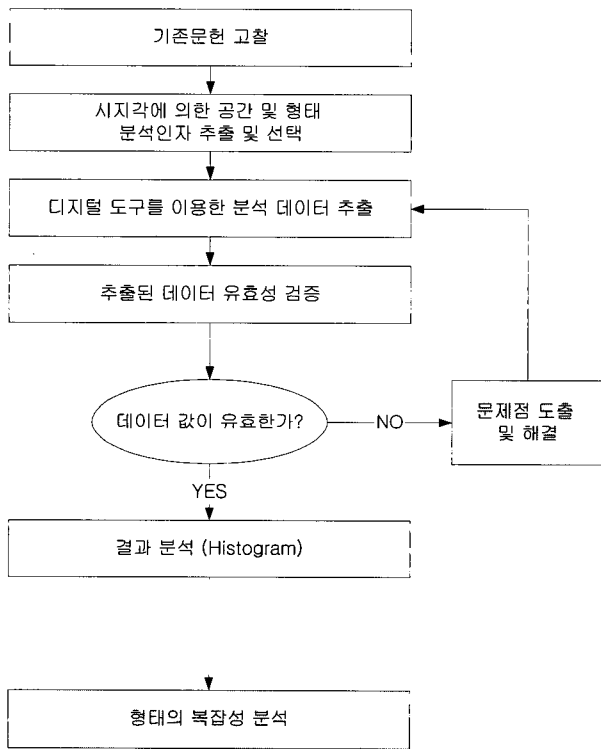
\* 정회원, 인하공업전문대학 실내건축과 외래교수

\*\* 정회원, 인하공업전문대학 실내건축과 교수

공간 분석 연구의 분야로서 형태의 시지각 이론을 기초로 하여 실내 공간 및 형태의 복잡성을 디지털 기법을 응용한 객관적 분석의 틀을 마련하는데 필요한 기초 방법을 제시하는 것이다. 즉, 형태 디자인의 인식 원리에 대한 정형화의 가능성을 파악하고 이러한 이론을 근거로 분석 틀의 마련과 이에 대한 타당성을 검증한다.

## 1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 공간내에서의 표현되는 형태 및 복잡성을 분석함에 있어서 디지털 도구의 활용 가능성과 향후 디자인 과정에서 발생하는 문제 해결 및 대안선택에서 활용 가능성을 검증하는데 있다. 이와 같은 연구 목적의 배경에서 다음과 같은 방법으로 연구를 진행한다.



<그림 1> 연구의 흐름

첫째, 시지각에 의한 형태 및 복잡성에 대한 기존의 문헌 및 이론을 살펴보고 본 연구에서 분석도구로써 활용 가능한 인자를 선정한다.

둘째, 이러한 인자요인을 분석함에 있어서 디지털 도구를 활용 객관적 분석방법을 제안, 이를 이용한 데이터 값을 추출한다.

셋째 추출된 데이터 값의 객관성을 검증하기 위하여 설문을 통해 이러한 데이터 값에 대한 유효성을 검증한다.

넷째, 실험결과 문제점을 도출하고 디지털 미디어와의 연계 및 설계 프로세스의 이용 가능성과 발전방향을 제시한다.

## 2. 실내 공간 및 형태의 복잡성

공간 및 형태를 평가함에 있어 인간의 인식속에 내재된 미적 대상에 대한 감응적 이미지는 공통된 인식 기능을 수반한 시지각의 형상언어, 예를 들어 ‘단순하다’, ‘복잡하다’와 같은 표현<sup>1)</sup>은 객관적인 평가 기준보다는 오히려 주관적 가치관에 따라 결정되어진다. 그러나 시지각 정보의 객관적인 형태 분석에 있어서는 게슈탈트 형태지각 원리에서 알 수 있듯이 우리가 시지각 정보를 받아들임에 있어서 복잡한 시각 현상과 패턴에 대해 일정 틀을 가지고 전체적인 모습과 구조를 단순화시키려는 특성에서 비롯된다.

이와 같은 시지각 정보에 의한 형태 분석에 관계하여 복잡성에 대한 분석은 다각도로 추정되어 왔는데 사노프 (1974), 크람펜 (1978)은 하나의 체계 내에 존재하는 요소들의 숫자와 그 요소들의 참신함 및 신기함, 그리고 그들의 조직, 패턴과 질서 수준을 측정함에 있어서 2차원적 선 도면에 대한 지각에 초점을 맞추었다. 스페츠(1971), 보훔(1981)은 시지각적 복잡성 분석에 있어 그것이 얼마나 흥미를 일으키는가, 즉 복잡성과 즐거움 사이의 관계를 분석하려 하였으며<sup>2)</sup> 형태의 시각적 단서 (visual cue : 형태, 크기, 창문배열, 수직, 수평적 방향성, 지붕선, 개부구, 등)를 추출하여 이를 단순화한 이미지를 이용하여 여기서 추출된 데이터를 이용하여 건물의 기능 및 선호도를 조사하는 기법도 사용되었다.<sup>3)</sup>

이러한 다양한 시도들이 이루어져 왔지만 물리적 환경이 형태 인식 및 지각에 영향을 미치는 인자의 수가 많기 때문에 아직까지 이에 대한 명확한 진술을 만들기는 어렵다.

## 3. 디지털 도구를 이용한 실내 공간의 형태 복잡성 측정

복잡성 측정에 있어서는 다양한 측정기준 인자가 발생하며 순수한 형태의 시각적 단서, 주변과의 관계, 색채, 환경, 심리적 측면, 등 상당히 많은 발생 인자가 도출된다. 그러나 본 연구의 목적이 디지털의 이용 가능성 및 타당성을 검증하는데 있는 만큼 복잡성 측정 인자에 있어 시지각 자극의 형태 요인들 중 2차원적인 선형 요인에 대한 지각에 초점을 맞추는 한편 이러한 선형 요인이 주변과의 환경에 따라 인지되는 정도의 차이가 있다는 원리를 이용하여 가중치가 적용된 데이터 값을 추출한다.

본 연구에서는 무작위로 추출된 20개의 실내 이미지 사진을

1)윤진근·김득신·김명희·강철구, 건축입면표현을 위한 시각감응언어의 특성 고찰, 대한건축학회논문집, 1996.10, p.135

2)Jong Lang, Creating Architectural Theory, 도서출판 국제, 1991, p.295

3)Henry Sanoff, Visual Research Methods in Design "Recognition of Building Types", Van Nostrand Reinhold, 1991

<표 1> 이미지 크기 및 색 보정후의 이미지



이용하였다. 물론 공간에 대한 판단은 앵글, 시점에 따라 다르며 주변 상황에 따라 다르지만 여기서는 외관상 다소 차이가 있으면서 다양한 형태의 이미지 20개를 분석대상으로 선정하였다.

이렇게 선정된 20개의 사진은 복잡성 분석을 위해 스캐닝 작업을 하여 디지털 포맷으로 제작한 후 주변환경은 잘라내고 동일한 크기<sup>4)</sup>의 이미지로 작성하였다. 또한 채도를 완전히 제거하여 흑백 이미지를 만듦으로써 색에 따른 오차 발생 요인을 제거하였다. <표 1>은 이상과 같이 제작된 20개의 흑백 이미지를 보여주고 있다.

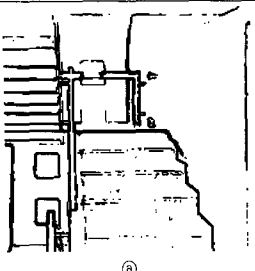
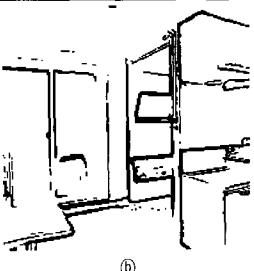
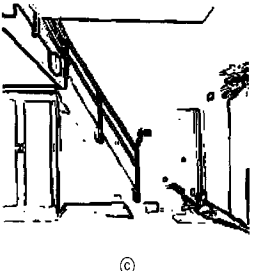
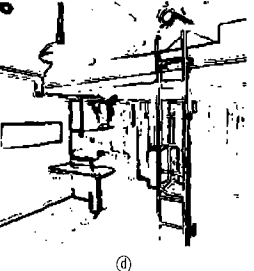
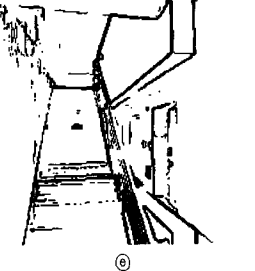
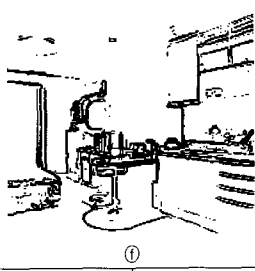
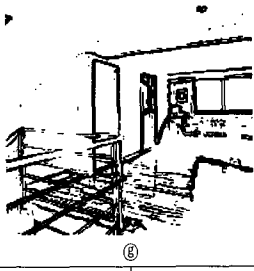

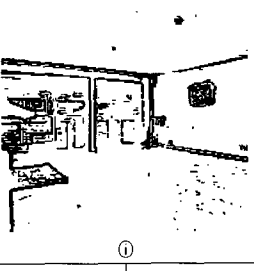
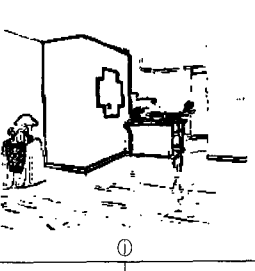

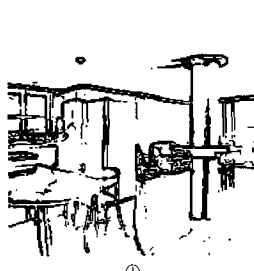
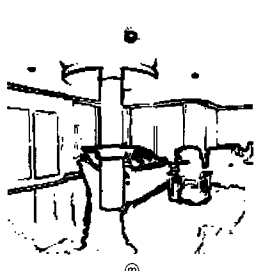
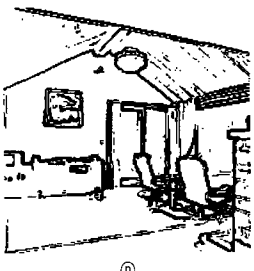

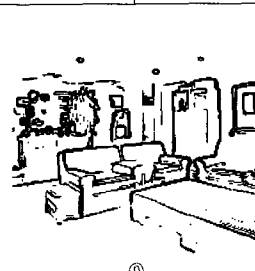
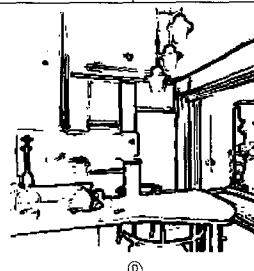
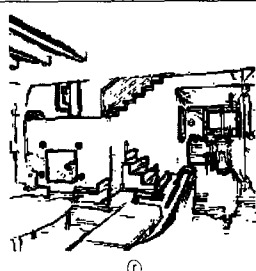


앞서 언급한 바와 같이 본 연구에서는 형태의 복잡성에 대한 데이터를 선형 인자와 이러한 선형 인자가 주변환경에 따라 인지되는 정도의 가중치가 적용된 데이터를 추출하는데 목적이 있다. 따라서 이러한 데이터 값을 추출하기 위해서 디지털 이미지 편집 도구인 Photoshop 6.0을 이용하였다.

이미 포토샵의 활용은 다양한 표현과 함께 설계 프리젠테이션에서 사용되고 있으며, 본 연구에서는 이 도구를 이용하여 픽셀로 구성된 래스터 이미지(비트맵 이미지)의 구성 및 분포를 측정하는 분석 도구로 사용하였다.

먼저 크기를 보정하고 채도를 감소시킨 흑백 이미지에 프로그램에서 제공하는 FindEdge 필터링을 적용시킨다. 이미지에 적용된 이 필터의 알고리즘은 선택된 비트맵 이미지의 픽셀 분

4)여기서 동일한 크기라 함은 이미 스캔된 이미지는 각각의 해상도를 유지하고 있기 때문에 같은 크기값의 픽셀로 잘라냄을 의미한다.

<표 2> 윤곽선 변화 작업 후 이미지와 분석값

									
Mean	225.99	Mean	205.94	Mean	213.07	Mean	200.53	Mean	219.59
Std Dev	80.88	Std Dev	100.41	Std Dev	94.43	Std Dev	104.41	Std Dev	88.09
									
Mean	203.05	Mean	234.20	Mean	207.27	Mean	213.00	Mean	216.81
Std Dev	102.60	Std Dev	69.73	Std Dev	99.33	Std Dev	94.49	Std Dev	90.88
									
Mean	225.43	Mean	226.03	Mean	214.95	Mean	205.62	Mean	208.81
Std Dev	81.53	Std Dev	80.83	Std Dev	92.68	Std Dev	100.65	Std Dev	98.11
									
Mean	219.36	Mean	222.33	Mean	220.72	Mean	208.66	Mean	199.44
Std Dev	88.31	Std Dev	85.11	Std Dev	86.89	Std Dev	98.23	Std Dev	105.15

포를 분석하여 각각의 픽셀마다의 가지고 있는 고유의 색상, 명도, 채도 값의 대비차를 이용하여 이미지 내에 존재하는 외곽선을 찾아내어 윤곽선 위주로 표현<sup>5)</sup>하고 나머지 영역은 지정된 색으로 처리한다. 이미 이미지는 흑백 이미지로 처리하였

기 때문에 처리되는 이미지 역시 채도가 없는 흑백으로 된 외곽선 이미지로만 남게된다. 이와 같은 작업은 이미지 위에 트레이싱 종이를 놓고 윤곽선만을 그려내는 방식과 비슷하지만 변환작업 자체가 디지털 기법을 응용하고 있기 때문에 작업진행에 있어서 수작업으로 진행되는 분석기법에 비교하여 빠른 결과와 작업간의 객관성을 유지할 수 있다. 또한 이 과정에서

5)Willian J. Mitchell · Malcolm McCulloughn, Digital Design Media, 기문당, 1997, pp.101-102

중요시되는 점은 픽셀 이미지마다의 색상, 채도, 명도를 분석하면서 각 픽셀마다 가지고 있는 속성의 대비가 클수록 가중치가 적용되어 윤곽선의 크기가 굵게 처리됨으로써 윤곽선에 가중치가 부여한다는 점이다. 이러한 변환작업은 인간이 느끼는 건물 형태 및 복잡성에 대한 인식단계에서 시지각 감응의 정도와 비교될 수 있는 부분이다.



<그림 2> 원본 이미지

<그림 3> 보정후 이미지

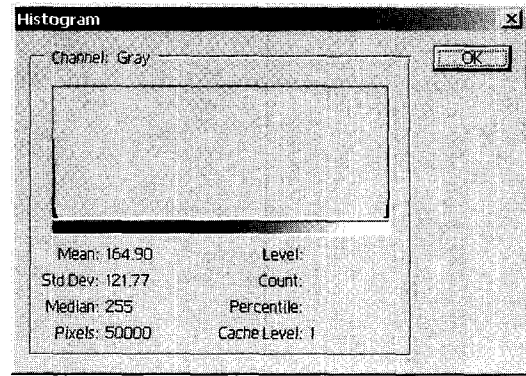


<그림 4> 윤곽선의 선형화 작업

<그림 5> 2bit image 변환 작업

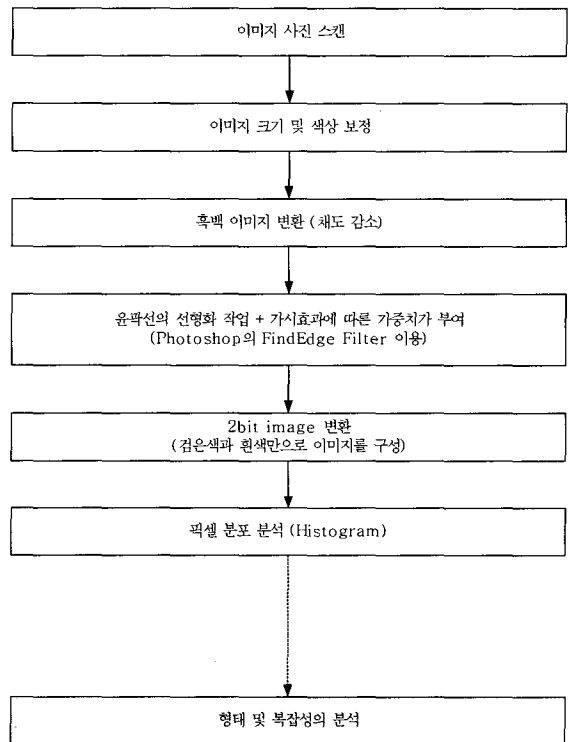
이렇게 변환작업 후의 상태로도 데이터 추출은 무리가 없지만 이미지 상호간의 비교 가능한 값을 얻기 위해 2bit 색상값 (Black & White)을 가진 이미지로 변환한다. 변환 후 이미지는 <그림 5>, <표 2>와 같이 검은색과 흰색으로 구성된 이미지만 남게 되며 이미지에 분포되어 있는 윤곽선에 대한 데이터 추출이 용이하게 된다. 결과적으로 픽셀값의 분포는 오직 흰색과 검은색으로 남게 되며 검은색 픽셀값, 또는 흰색의 픽셀을 측정함으로써 이미지를 복잡도를 분석하게 된다.

이미지의 색상, 명도 분포는 히스토그램을 보면 쉽게 파악할 수 있는데, 여기서는 변환된 이미지의 평균값(mean), 표준편차(Std Dev), 등의 상세한 정보를 파악할 수 있다. <그림 6>를 보면 검은색의 픽셀값 분포를 알 수 있는데 평균값(mean)의 값이 클수록 이미지 상에 분포되어 있는 검은색 픽셀 수가 적은 것이며 값이 적을수록 검은색 값이 많이 분포함을 알 수 있다.



<그림 6> Histogram을 통한 레이어 이미지 분석

결국 평균값의 의미는 복잡한 형태일수록 값이 작게, 단순한 형태일수록 값이 크게 분포됨을 알 수 있으며 이를 통한 복잡도를 예측하게 된다.



<그림 7> 윤곽선 이미지 분석 프로세스

#### 4. 분석 도구의 유효성에 대한 검증

앞서 수행한 바와 같은 분석 과정을 통해 공간 형태의 복잡성에 대한 객관화된 자료를 추출해 보았으며 이러한 분석 결과 후 추출된 데이터 값이 실제 유효한지 검증해 보았다. 검증 방법으로는 분석 후의 결과 값과 설문 조사된 내용을 바탕으로 통계기법인 상관 관계<sup>6)</sup>를 이용하여 분석하였다.

6)상관관계(Correlation)란 변수와 변수간의 연관성 정도, 변동의 크기와

설문조사는 2002년 1월 21일부터 24일까지 일반 대학생 및 고등학생 남녀 94명을 대상으로 설문지를 통해 주어진 건물 이미지에 대한 복잡성을 가장 복잡한 것부터 단순한 것 순으로 나열시킴으로써 인지에 따른 공간 형태에 대한 복잡함의 정도를 조사하였다. 설문은 설문지와 인터넷을 동시에 이용하는데 인터넷 이용은 설문지로 제공되는 이미지 사진의 경우 인쇄된 이미지와 분석에 사용된 이미지와의 발생하는 오차를 줄이기 위해 실제 분석되는 이미지를 인터넷을 통해 디지털 포맷으로 직접 제시하였다. 조사된 설문지는 통계 패키지인 한글 SPSS for Windows 10.0.7을 이용하여 분석된 데이터 값과 설문내용을 상관 분석하였다.

상관분석 결과 <표 3, 4, 5, 6>과 같은 결과를 얻을 수 있었는데 <표 3>에서 보이는 바와 같이 복잡도와 선호도의 상관관계는 Person 상관계수 0.157로 매우 약하며 이러한 결과는 복잡함의 정도와 선호도 및 흥미유발이 선형의 관계를 가지고 있지 않다는 기존의 이론(7)을 검증하였다.

<표 3> 복잡도 분석과 선호도와의 상관관계

		복잡도
선호도	Pearson 상관계수 유의확률 (양쪽)	.157** .000

\*\* 상관계수는 0.01 수준(양쪽에서) 유의합니다.

그러나 분석결과와 설문 조사된 데이터와의 관계에서 건축 관련 전공자만을 대상으로 분석한 결과 Person 상관계수 0.570을 보여주고 있으며, 비전공자의 경우는 0.641로 오히려 전공 관련자보다 높은 상관 관계를 나타내었다. 전체적으로 보면 <표 6>과 같이 0.616로 나타났으며 윤관선 이미지를 통해 추출된 데이터 값과 설문 조사된 데이터 값, 즉 두 변수간의 관계가 상당히 높음을 보여준다. 물론 제시된 이미지들 중 그 차이를 육안으로 구분한 것들도 있으며 분석 데이터 값이 상당히 유사한 것도 있었으나 결과적으로 상관 분석된 값을 통해 사람들이 느끼는 복잡성과 실제 분석되는 값이 상관관계를 가지고 있음을 검증할 수 있었다.

<표 4> 이미지 분석과 설문 값의 상관관계 (건축관련 전공자)

		복잡도
명도 평균	Pearson 상관계수 유의확률 (양쪽)	.570** .000

\*\* 상관계수는 0.01 수준(양쪽에서) 유의합니다.

방향을 나타내는 것으로 0과 1사이의 값을 가지며 1에 가까울수록 상관관계가 높아짐을 의미한다.

7)Jong Lang, Creating Architectural Theory, 도서출판 국제, 1991, pp.295-296

<표 5> 이미지 분석과 설문 값의 상관관계 (건축관련 비전공자)

		복잡도
명도 평균	Pearson 상관계수 유의확률 (양쪽)	.641** .000

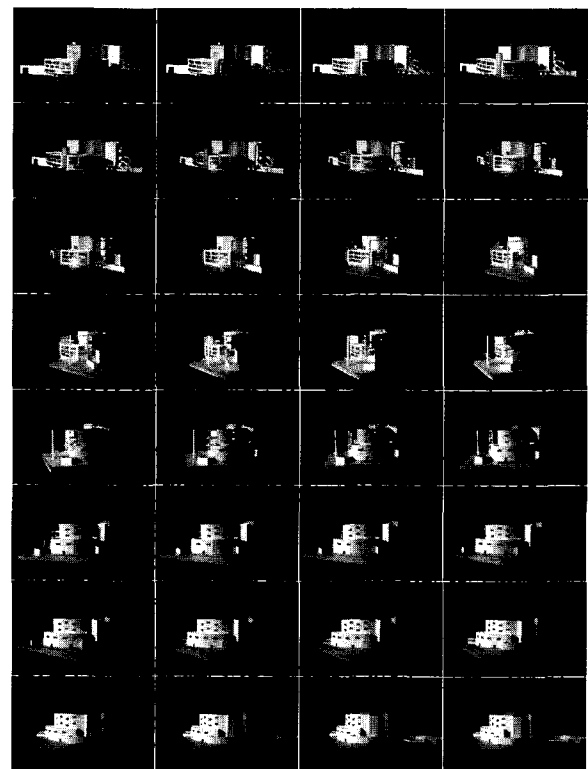
\*\* 상관계수는 0.01 수준(양쪽에서) 유의합니다.

<표 6> 이미지 분석과 설문 값의 상관관계

		복잡도
명도 평균	Pearson 상관계수 유의확률 (양쪽)	.616** .000

\*\* 상관계수는 0.01 수준(양쪽에서) 유의합니다.

## 5. 인터랙티브 모델을 이용한 복잡도 분석

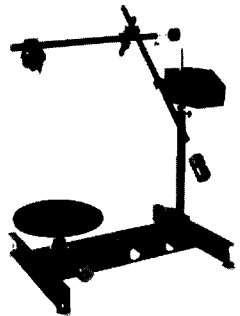


<그림 8> Object-VR 장비를 통해 촬영된 개념 모델

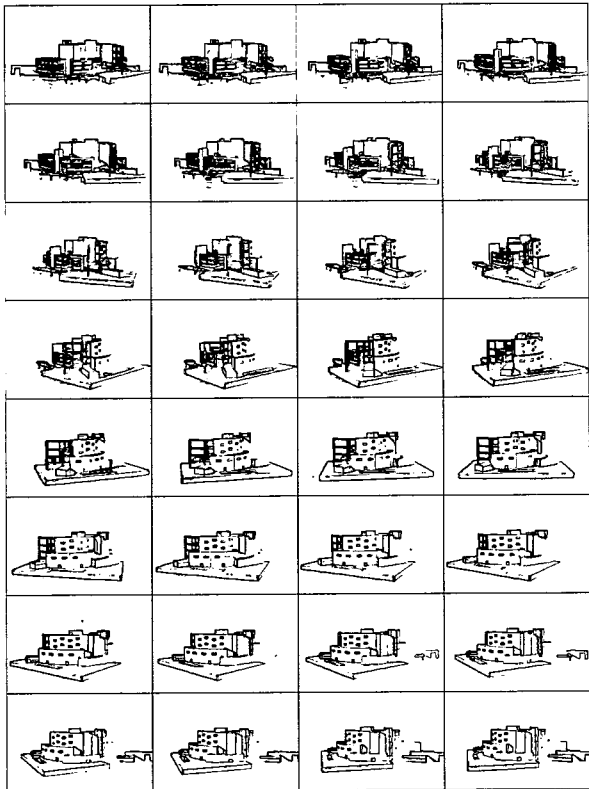
본 실험은 분석의 틀을 제안하기 보다는 디지털 도구의 활용방안과 이를 활용한 디지털 설계 프로세스 연구의 일부로 시행되었다.

이상과 같은 분석은 단일 건물에 대한 다양한 대안 실험은 가능하지만 서로 상이한 두 개 이상의 건물을 비교, 분석함에 있어서는 여러 문제점을 가지고 있다. 특히 실사 이미지를 이용한 분석에서는 촬영에 따른 오차, 예를 들면 날씨, 조명, 카메라 및 필름의 특성으로 인해 촬영된 사진마다 색상 분포 및 이미지 크기가 달라질 수 있다. 또한 주변 환경 요인, 예를 들

면 나무, 간판, 구름, 이정표, 보행자, 가로 설치물, 등의 다양한 인자들이 분석에 포함될 수 있기 때문이다. 물론 이러한 요인들을 포함한 분석이 목적이라면 상관없지만 건물 자체 분석을 위해서는 문제점으로 대두된다.



<그림 9> Kaidan M-2500



<그림 10> Object-VR 장비를 통해 촬영된 개념 모델 이미지의 윤곽선 변환 작업 후 이미지

그러나 디자인 프로세스에서의 활용은 훨씬 더 유용적으로, 특히 디자인 프로세스에서의 개념 설정 단계에서는 명확한 설정 및 대안의 판단기준 미비로 인해 다양한 대안을 만들어 놓고도 각각의 장·단점을 인식하기 어려우면 대부분이 주관적 판단기준에 의존한다. 특히 개념 설정 및 초기안에서는 대부분 개념, 단순화된 모형을 사용하거나 간단한 개구부를 표현한 모형을 이용한다. 이때 작성되는 개념 모델은 단순히 형태와 공간을 이해하기 위한 도구로 사용되는 것이 아니라 다양한 실험 및 분석의 도구로 사용이 가능하다는 것이다.

여러 대안 설정을 위해 작성되는 스케일 모델은 Object-VR 촬영장비를 통해 <그림 8>과 같이 360도 촬영한다. 촬영된 이미지는 <그림 10>과 같이 앞서 시행한 분석과정을 통해 데

이터 값을 추출하게 된다. 이렇게 분석된 데이터 값은 한 장의 이미지로 분석되는 분석과정보다 형태인지 및 복잡 성향을 분석하는데 유용한 도구로 이용될 수 있다.

더불어 최근 많이 사용되는 디지털 3D 모델의 데이터를 이용할 경우 실사 모형 보다 더욱 정확한 측정, 비교가 가능하다.

<표 7> 디지털 3D 모델링을 이용한 복잡도 분석

a) 3D 모델링의 변환 전 이미지	b) 변환 후 이미지
	 Mean : 243.78
	 Mean : 234.44
	 Mean : 231.55
	 Mean : 225.97

(복잡도가 높음에 따라 명도의 평균값이 작아짐을 알 수 있다.)

결과적으로 일정한 복잡성을 가진 형태를 인지함에 있어 인간의 자극은 변화하며, 일정 수준의 복잡성에 대해 가장 높은 선호도를 나타낸다는 가설(엔팅, 1975)을 바탕으로, 제시된 분석 방법을 이용하여 추출된 복잡도를 바탕으로 선호 형태를 예측하게 된다.

8) 본 실험에서는 Kaidan사의 M-2500을 이용하여 촬영하였다. 이 장비는 사용자가 지정한 각도와 증감 변수에 따라 연속적인 움직임을 통해 촬영하고자 하는 객체를 촬영한다.

복잡성

<그림 11> 복잡성 흥미 유발성 및 즐거움과의 관계<sup>9)</sup>

&lt;접수 : 2002. 2. 22&gt;

## 6. 결론

최근 들어 디지털 디자인을 중심으로 실내 디자인 분야에서 도 디지털을 이용한 다양한 실험들이 수행되고 있다. 특히 설계 분야에서는 기존에 상상도 하지 못하던 다양한 디자인이 실험되고 있다. 그러나 아직도 설계부분에 있어서 디지털 이용은 단순한 가시화 및 도면 작성 작업에 치우쳐 있다.

본 연구에서는 디자인 프로세스에서 디지털 기법의 활용 방안의 일환으로 형태인지 및 복잡성에 관한 분석에 있어서 디지털 분석 기법의 이용 가능성을 실험해 보았다.

결과적으로 공간 형태의 복잡성 분석에 있어서 디지털 분석을 이용한 값과 실제 인지결과가 상당부분 상관관계를 가지고 있음이 입증되었으며 디지털 분석 기법을 이용할 경우 객관적 데이터 값의 추출이 가능하다. 또한, 설계 초기 단계에서 인터랙티브 모델 및 다양한 미디어를 활용할 경우 이러한 분석 모델의 데이터 추출을 보다 객관화 할 수 있다.

디지털 활용은 기존의 분석 도구에 비하여 주관적 개입을 배제하면서 정확한 데이터 값을 추출하는데 있어 많은 장점을 취하고 있다. 또한 반복적이며 수많은 데이터를 분석함에 있어서 다양한 분석 기법을 만들어 낼 수 있다.

더불어 향후 디자인 단계에서 발생하는 수많은 인자를 고려한 분석 모델의 연구와 다양한 분석 기법이 연구되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 김남길, 실내공간에서 자연요소의 지각이 심리적 건강에 미치는 영향, 한국실내디자인학회 논문집, 2001.6.
2. 김대익, 건축환경의 인지에 관한 실험적 연구, 대한건축학회논문집, 1993.10
3. 유신영, 대화형 컴퓨터 그래픽 시뮬레이션을 이용한 건축 연구, 대한건축학회논문집, 1996.11
4. 윤천근·김득선·김명희·강철구, 건축입면표현을 위한 시각감응언어의 특성 고찰, 대한건축학회논문집, 1996.10
5. 이기훈·박병철·고성룡, 도심지 이면도로 건축물 입면구성의 시각반응, 1998.10
6. 이한석·전영일·이경희, 건축설계 인지과정 분석(II), 대한건축학회논문집, 1992. 9
7. 이현수의 4, 실내디자인을 위한 CMYK 모델 색채 팔레트 제안 가능성을 위한 기초 연구, 한국실내디자인학회 논문집, 2001. 6.
8. Henry Sanoff, Visual Research Methods in Design, Van Nostrand Reinhold, 1991
9. Jong Lang, Creating Architectural Theory, 도서출판 국제, 1991
10. M. Saleh Uddin, Digital Architecture, McGrawHill, 2000
11. Willian J. Mitchell·Malcolm McCulloughn, Digital Design Media, 기문당, 1997

9)<그림10>의 출처 ; Jong Lang, Creating Architectural Theory, 도서출판 국제, 1991, p.296