creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

디자인학박사 학위논문

디자이너의 인지적 사고 관점에서 design ideation 과정의 디자인 지식 상호작용 모델 제안

2022 년 8 월

서울대학교 대학원

디자인학부 디자인전공

리메이르

디자이너의 인지적 사고 관점에서 design ideation 과정의 디자인 지식 상호작용 모델 제안

지도 교수 정 의 철

이 논문을 디자인학박사 학위논문으로 제출함
2022 년 8 월

서울대학교 대학원
디자인학부 디자인전공
리메이르

리메이르의 박사 학위논문을 인준함
2022 년 8 월

위 원 장 _____ 장 성 연 _____ (인)

부위원장 _____ 연 명 흠 _____ (인)

위 원 _____ 정 의 철 _____ (인)

위 원 _____ 정 원 준 _____ (인)

위 원 _____ 김 보 섭 _____ (인)

초 록

디자인 활동은 종합적인 인지 활동을 하는 분야이다. 문제로 주어진 디자인 대상과 사용 맥락과의 관계를 탐색하여, 가지고 있는 지식을 활용하여 미지한 것을 이해하고 새로운 지식을 습득하는 과정은 문제를 해결하는 디자인 사고 과정에서 중요한 단계이다.

디자이너가 문제를 해결을 위한 ideation 할 때 의식적이든 무의식적이든 항상 과거 경험을 통해 축적한 지식을 활용한다. 디자이너는 주어진 디자인 문제해결 과정에서 새로운 디자인 지식을 구성하게 된다. 그리고, 디자인 결과물은 디자이너가 구성한 지식의 결정체이다.

전문가는 많은 경험을 통해 축적된 Object Knowledge와 Process Knowledge을 문제 해결에 잘 활용한다. 즉, 문제에 대한 지식을 가지고 있으며 해결 절차에 따라 문제를 분류하는 경향이 있다. 디자인 프로젝트 대상인 제품의 문제를 해결하는 과정에서, 디자이너는 제품 속성에 대한 Object Knowledge와 그 대상을 구축하는 Process Knowledge의 상호작용을 통해, 문제 해결 디자인 지식을 구성하면서 최종 디자인 결과를 제안하게 된다.

본 연구는 인지적 관점에서 디자인 Ideation 과정에서 디자인 지식 습득 및 활용에 관한 이론 고찰을 통해, 디자인 사고 과정 중에 지식 구축 및 활용 과정을 설명하기 위해 디자인 과정에서 지식 상호작용 모델을 제안하는 것을 목적으로 한다. 디자이너가 프로젝트 대상인 제품 문제를 해결하는 Cognitive Process에서 생성되는, 디자인 Object Knowledge와 그 대상을 구축하는 Process Knowledge의 상호작용의 특성을 고찰하고 결과물의 디자인 목표에 따라서 Object Knowledge와 Process Knowledge를 구축하고 학습하는 과정을 설명하는 모델을 제안하였다.

연구 방법으로는 Cognitive Process, Design Knowledge, Design Ideation Process로 구성된 선행연구 고찰 체계를 바탕으로 디자인 문제 해결을 위한 Ideation 과정에서 지식 활용 및 습득 과정을 인지적 관점으로 구성하고 지식 상호작용 가설 모델로 제안하였다. 가설 모델을 검증하기 위해 디자이너 작업 과정의 관찰 실험 및 심층 인터뷰를 진행하였다. 관찰 실험을 통해 얻은 디자이너의 작업 과정 데이터를 디자인 결과물과 디자인 과정 분석을 통해 디자인 ideation 과정의 각 단계에서 Object Knowledge와

Process Knowledge의 역할과 상호작용의 특성 분석하고 가설 모델의 일부를 확인하였다.

이 연구를 통하여 디자인 결과에 반영된 디자이너의 ideation 과정을 이해하여 그 과정에서 사용하였던 다양한 지식을 체계화하여, 한단계 더 진화한 디자인 도구를 개발을 위한 기반을 제공하고 디자인 작업에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 디자인 Ideation, 인지 과정, 디자인 지식, 지식 상호작용
학 번 : 2018-32124

목 차

제 1 장 서 론 1

제 1 절 연구의 배경 및 목적 1
제 2 절 연구 방법 및 범위 11

제 2 장 디자인 Cognitive Process의 이론적 고찰 13

제 1 절 Cognitive Process 13
2.1.1. Human Information Processor 13
2.1.2. 대상 지각(Perceiving Objects) 14
2.1.3. 기억 (MEMORY) 15
2.1.4. 소결 18
제 2 절 인지적 관점에서의 디자인 문제 해결 ideation과정 18
2.2.1. Goal - Action - Evaluation 모델 19
2.2.2. Problem Space - Solution Space 모델 20
2.2.3. Convergent - divergent 모델 22
2.2.4. Generate - Explore 모델 23
2.2.5. Object -Action 모델 24
2.2.6. Memory 관련 디자인 모델 25
2.2.7. 소결 27

제 3 장 디자인 지식의 이론적 고찰 29

제 1 절 지식의 분류 29
3.1.1. 명시적 지식(Explicit Knowledge)과 암묵적(Tacit Knowledge) 지식 29
3.1.2. 선언적 지식, 절차적 지식, 조건적 지식 31
3.1.3. 디자인 대상 지식(Object Knowledge)과 디자인 프로세스 지식(Process Knowledge) 31
3.1.4. 소결 32
제 2 절 Design Knowledge Representation 33
제 3 절 지식의 인지적 학습 이론(Cognitive Learning Theory) 35
3.3.1. 연결주의 이론(Connectionism) 36
3.3.2. 지식 범주화(categorization) 38
3.3.3. 암묵지와 명시지의 상호작용 39
제 4 절 knowledge interaction in design process 41
3.4.1. 지식 전환 모델 41
3.4.2. 디자인 지식 Level 모델 41

제 4 장 디자인 지식 상호작용 모델 구성 44

제 1 절 지식 상호작용 모델 frame 정의 44
제 2 절 인지적 관점으로 본 디자인 프로세스 45

4.2.1. 디자인 프로세스 45
4.2.2. 인간 정보 처리 모듈 48
4.2.3. 디자인 과정에서의 Cognitive Process 52
제 3 절 디자인 문제 해결 과정과 지식 상호작용 53
4.3.1. 디자인 지식-Object Knowledge와 Process Knowledge 53
4.3.2. 디자인 과정에서의 디자인 지식 활용 과정 54
4.3.3. 디자인 지식의 진화 57
제 4 절 최종 모델 제안 58

제 5 장 실험 설계 62

제 1 절 실험 대상과 방법 62
5.1.1. 디자인 과정 데이터 수집 62
5.1.2. 데이터 분석 방법 64

제 6 장 모델 검증을 위한 실험 65

제 1 절 디자인 결과물 65
제 2 절 실험 결과 분석 66
6.2.1. 디자인 결과물 분석 66
6.2.2. 디자인 과정 분석 67
6.2.3. 디자인 Object Knowledge(Ko)과 Process Knowledge(Kp) 상호작용 가설 모델 검증 71
제 3 절 분석결과 및 해석 73
6.3.1. 디자인의 문제해결과정 - Object Knowledge과 Process Knowledge의 상호작용 73
6.3.2. 인지과정 - 디자인의 문제해결과정 73
6.3.3. 인지과정 - 지식의 진화 학습 과정 74

제 7 장 결론 및 논의 76

참고 문헌 78

부록 84

Abstract 87

표 목차

[표 1] 문제 해결에 대한 Newell-Simon 접근 방식의 핵심 용어 20
[표 2] 명시적 지식과 암묵적 지식의 비교 30
[표 3] Design Knowledge의 분류 방법 32
[표 4] 본 연구의 Process Knowledge의 분류 54

그림 목차

[그림 1] 디자이너의 자료 관리 3

[그림 2] 좌: Adobe Sensei 우: Grasshopper 5

[그림 3] 포스터 디자인의 Object, Process Knowledge의 상호작용 경로 7

[그림 4] Grasshopper를 이용한 마우스 디자인의 Object, Process Knowledge의 상호작용 경로 8

[그림 5] 디자인 목적에 따라 마우스 디자인의 Object, Process Knowledge의 상호작용 경로 9

[그림 6] 연구 범위 11

[그림 7] 연구 과정 12

[그림 8] Human Information Processor (Card, Moran and Newell , 1983) 14

[그림 9] Modal Model of Memory (Atkinson & Shiffrin, 1968)16

[그림 10] Working Memory와 Long-term Memory의 연결 관계 모델(Baddeley, 2000) 17

[그림 11] The Seven Stages of action cycle (Norman,1986).. 20

[그림 12] Co-evolution of problem-solution (Dorst, & Cross, 2001). 21

[그림 13] Double Diamond Process (Design Council, 2005)... 23

[그림 14] Geneplore Model 23

[그림 15] Cognitive Model of Creative Conceptual Design..... 24

[그림 16] 디자인 사고 과정에서 Object Level와 Action Level의 상호작용 (Takeda, et al., 1990) 25

[그림 17] The relations among the design actions (Suwa, Purcell, & Gero, 1998). 26

[그림 18] A Model for Cognitive Activities in a Cognitive Task (Huysentruyt et al., 2012) 26

[그림 19] Designer-Memory-Stimuli (DMS) links..... 27

[그림 20] Knowledge representations in product design (Chandrasegaran et al., 2013) 35

[그림 21] 그림 20 K-lines 기억 이론 (Minsky, 1988) 37
[그림 22] 현재 작업과 과거 솔루션을 매칭시키는 과정 Oxman (1990)..... 39
[그림 23] Nonaka and Takeuchi SECI Model (1995)..... 40
[그림 24] 디자인 과정의 지식 전환 과정 (Sim & Duffy, 2003) 41
[그림 25] 디자인 지식 Level 모델..... 42
[그림 26] Integrated knowledge connection model (Popovic, 2002) 43
[그림 27] 기본 모델 Frame 44
[그림 28] 디자인 프로세스 단계와 디자인 공간의 관계..... 46
[그림 29] 문제 공간 - 디자인 목표 공간 - 솔루션 공간 Frame 47
[그림 30] 경로 (1): 새 공간 간의 상호작용으로 공간 발전..... 47
[그림 31] 각 공간 내부에서의 공간 발전..... 48
[그림 32] 인간 정보 처리 모듈 49
[그림 33] 디자인-인지 프로세스 Frame 49
[그림 34] 디자인 인지과정 모듈..... 50
[그림 35] 디자인 목표, 디자인 행동 및 Object Knowledge의 상호관계 모델..... 51
[그림 36] 디자인 문제 해결 과정과 인지 단계의 매핑 관계..... 52
[그림 37] 디자인 - 인지 프로세스 구체화 53
[그림 38] Object Knowledge 53
[그림 39] 디자인 지식 Level 관계..... 55
[그림 40] 디자인 과정에서 Level 간의 지식 상호작용..... 55
[그림 41] 디자인 - 인직 과정에서의 디자인 지식의 상호작용 과정 56
[그림 42] 디자인 인지과정에서의 process knowledge 사용.... 57
[그림 43] Linkography로 디자인 지식 전환 과정 표현 58
[그림 44] 디자인의 인지적 사고 관점에서 디자인 Object Knowledge(Ko)과 Process Knowledge(Kp) 상호작용 가설 모델 60

[그림 45] 실험자 A의 디자인 결과물 65
[그림 46] 실험자 B의 디자인 결과물 66
[그림 47] 실험 참여자 A의 디자인 결과물 분석 67
[그림 48] 실험 참여자 B의 디자인 결과물 분석 67
[그림 49] 실험 참여자 A의 디자인 과정 68
[그림 50] 실험 참여자 B의 디자인 과정 69
[그림 51] 실험 참여자 A디자인 문제 해결 과정과 인지 단계의 관계 분석 70
[그림 52] 실험 참여자 B디자인 문제 해결 과정과 인지 단계의 관계 분석 70
[그림 53] 실험 참여자 A디자인 과정의 지식 상호작용 72
[그림 54] 실험 검증 결과 75

제 1 장 서 론

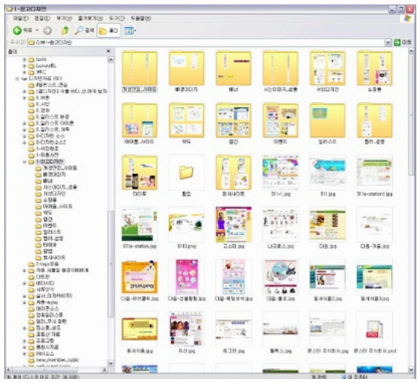
제 1 절 연구의 배경 및 목적

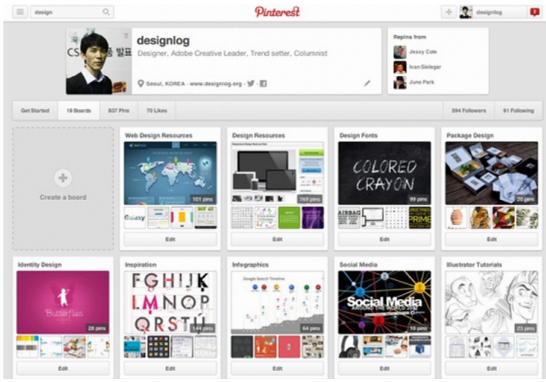
디자이너의 문제 해결을 위한 ideation은 종합적인 Cognitive Process (인지 활동)를 하는 디자인 단계이다(Kruger, & Cross, 2001, Knoll, & Horton, 2011). 디자이너가 디자인 문제 해결책을 찾고 아이디어를 내는 과정은 환경, 문화, 개인의 능력 등 많은 다른 요인에도 달려 있지만 (Sternberg, 1988) Cognitive Process(인지 활동)가 핵심이자 원동력이다 (Ward, et al.,1995, Jin, & Benami, 2010). Thomas Ward(1995)는 아이디어는 랜덤으로 생성되는 것이 아니라 근본적인 문제 제약에 의해 종종 오래된 정보와 새로운 정보가 혼합되어 구조화된 것이라고 주장한다. 즉, ideation은 주어진 문제 조건에 적합한 정보와 지식을 습득 및 회상하고 재구성하는 과정으로 설명할 수 있다. 이러한 Ideation 과정에서 정보와 지식을 습득 및 회상은 Cognitive Process의 일부로 간주되며 Cognitive Learning Theory (인지적 학습 이론) 등 인지적 관점에서의 관련 연구가 있다(Minsky, 1988, Nonaka & Takeuchi, 1995). 지식의 재구성에 대해서는 유추적 사고(analogical thinking)는 인지적 연구의 중심적 관점이며, Hofstadter(2001)는 유추를 인지의 핵심으로 간주한다. 즉, 디자이너가 다른 문제/사물 간의 연결을 탐색하여 습득한 지식을 통해 미지한 것을 이해하여 지식으로 재구성하는 과정은 문제를 해결하는 디자인 Ideation에서 중요한 단계이다. Cognitive Process 이해하면 사고에 영향을 미치는 내부 및 외부 요인을 통제할 수 있으며 지식을 더 효과적으로 습득하는 데 도움이 된다(Jarre, 2020). 따라서 디자인 Ideation을 이해하려면, Cognitive Process 관점에서 문제해결과 지식 구축 과정을 심도 있게 고찰할 필요가 있다.

디자인 과정을 Cognitive Information Processing Theory(인지적 정보 처리 이론) 관점으로 생각한다면, 외부로부터의 정보가 입력(Input)되고 그 정보를 처리(Processing)하여 출력(Output)하는 과정이라고 생각할 수 있다 (Park, & Lee, 1997). 풍부한 정보와 지식에 대한 처리 및 활용은 디자인 ideation의 중요 과정이다. 현재 디자인

ideation에 대해서 디자인 스케치가 디자인 과정에 대한 영향(Goldschmidt, 1991, McKoy, et.al., 2001, Schenk, 2005), 디자인 표현 방법이 디자인 정보 전달의 효율성에 대한 영향(McLain-Kark, et.al., 1998) 등 디자인 표현(Design Representation)의 기법과 중요성에 대한 연구가 있으며, 디자인 Cognitive Process에 대한 연구는 인간의 Creative 과정을 밝히기 위해 인지 메커니즘에 대한 연구가 있다(Finke, Ward, & Smith, 1992, Vargas Hernandez, Shah, & Smith, 2007). 하지만 디자인 ideation 과정에서 지식을 축적, 활용하는 과정을 설명하기 위한 디자인 Cognitive information processing theory 관점의 지식 활용에 대한 연구도 필요하다.

아이디어는 아무것도 없는 진공상태에서 발생하지 않으며, 새로운 해결책 찾는 과정은 항상 저장된 지식과 정보에 의존한다 (Ward, 1995). 디자이너는 주어진 프로젝트의 디자인 목표 달성을 위해 의식적이든 무의식적이든 항상 과거 경험에서 수집한 자료와 얻은 지식을 활용한다. 하지만 과거 경험의 자료와 지식을 기억하는 것은 한계가 있기 때문에, 많은 디자이너들은 자신의 디자인 작업 결과와 참고할 만한 다양한 디자인 사례는 도구를 활용하여 체계적으로 관리하는 경우가 많다. 디자이너마다 자신만의 관리 방법이 있다. 디자인 결과물은 디자이너가 구성한 지식의 결정체이기 때문에, 디자이너는 ideation을 위해 디자인 결과를 참고할 수 있는 다양한 도구를 활용한다. 디자인 사례를 체계화하여 관리하는 방법으로 [그림 1-좌]와 같이 잘 된 사이트나 이미지들을 수집하여 폴더별로 정리해 놓거나 [그림 1-우]와 같이 핀터레스트(Pinterest)와 같은 도구를 사용하여 디자인 분야별로 시각적 영감을 얻기에 도움이 되는 디자인 리소스를 체계적으로 구성하여 관리하는 방법을 일반적으로 활용하고 있다. 이런 방법은 프로젝트 유형 혹은 디자인 문제의 성격에 따라 참고할 수 있는 디자인 자료를 검색하는 데 도움을 줄 수 있다.





[그림 1] 디자이너의 자료 관리
좌: 폴더로 자료관리 (웹디자인 이야기 https://blog.daum.net/kasiia/14699926)
우: 핀터레스트로 자료관리 (디자인로그 https://www.designlog.org/2512442)

이러한 결과 중심의 자료 관리에 한 걸음 더 나아가 디자이너의 작업 과정에서 선택 및 결정 과정을 이해하여 pattern language로 지식 구조를 체계화해서 활용하는 방법이 있다. 이미지나 표현 형식이 아닌 방식이나 구조를 체계화한 것으로 Pattern language는 문제 상황, 상황에서 발생하는 문제에 대한 해결책을 패턴으로 정의한 것이다. 건축 분야에서 시작된 패턴은 유사한 상황에서 발생한 문제의 이전 해결 지식을 담고 있으므로 디자이너는 동일한 과정을 반복하지 않고 문제를 해결할 수 있다. Pattern language는 소프트웨어 분야에도 적용하여 소프트웨어 개발을 크게 개선하였다(Gamma, et al., 1995). 또한 HCI분야에도 적용되어 UX/UI디자이너의 지식을 축적하고 문제에 대한 해결책을 제시하는 가이드라인으로 활용되고 있다(Tidwell, 2010).

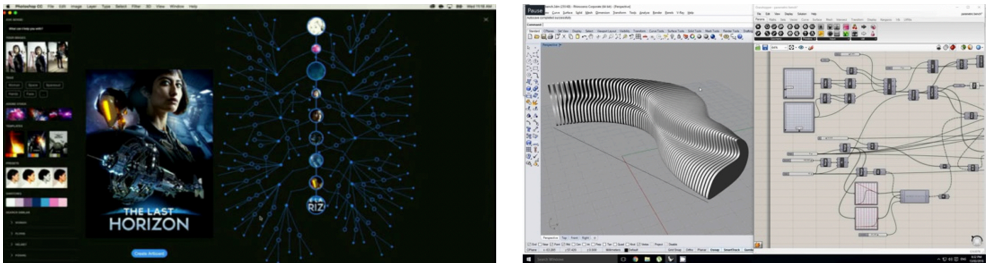
하지만, 이러한 방법은 디자이너가 이전 작업에서 고민한 디자인 대상에 대한 문제해결 과정을 회상(Reflection)하여 참고할 수 있지만, 해당되는 지식을 가지고 보다 직접적으로 활용하기에는 한계가 있다. 디자인된 결과를 다시 직접적으로 활용할 수 있는 도구로는 디자이너가 활용하는 2D(ex. Adobe CC), 3D(ex. Rhinoceros) 디자인 프로그램은 Layer, 그리고 Action 혹은 History와 같은 기능을 제공하여 디자이너가 고안한 문제해결 과정을 재구성하여 활용할 수 있는 방법을 제공하고 있다. 예를 들면, 사진 보정 작업할 때 Photoshop Action 기능을 이용하면 다른 사진 보정 시 그 작업 과정이 반복 시행돼서 같은 효과가 나올 수 있다. Photoshop의 history snapshot 기능을 사용해서 중요한 작업 과정 기록하면 그 당시에 사용했던 Brush 상태 등을

확인할 수 있으며 상황을 회상해서 참고하는 데는 도움이 된다. 또한 Layer는 디자인 대상(Object)의 요소와 구조를 관리할 방법으로, 숙련된 디자이너의 경우 Layer를 활용하여 주어진 디자인 대상에 대한 디자인 아이디어를 Layer에 나누어 작업하여 계속 고민하면서 적절한 결과를 디자인하기 위한 고민의 흔적을 남겨 놓는다. 예를 들면, Rhinoceros로 3D 작업할 때 작업 과정에서 서피스 만들기 위해 사용했던 곡선을 레이어로 보관한다. 만약 디자이너가 유사한 디자인 대상을 다시 디자인하게 되는 경우, 이전 작업의 저장된 Layer에 있는 디자인 요소와 구조를 참고하여 이전에 했던 고민을 회상하고 새로운 디자인을 하는데 많은 도움이 될 것이다. 이처럼 Action 혹은 History 데이터는 주어진 디자인 문제를 해결한 과정의 지식을 담고 있다. 이러한 지식은 상품으로 판매가 되기도 하는데, Fixthephoto와 같은 사이트에서는 특정한 효과나 원하는 결과를 얻기 위한 Action을 판매하고 한다. 이러한 기능과 판매하는 패키지는 디자인 문제 해결을 위한 ideation에 영감을 줄 수 있지만, 디자인 결과물 중심으로 구성되어 있어 문제 해결 과정에서의 사고 과정과 지식 형성 맥락에 대한 기록과 이해가 없어서 지식을 변형하여 다른 방식으로 재활용하는 데에는 한계가 있다.

디자이너는 디자인 프로젝트를 수행하는 동안 해당 프로젝트에서 해결해야 하는 문제점과 추구하는 목표(goal)를 달성하기 위하여 다양한 정보의 활용과 필요한 관련 지식의 체계적으로 구성하여 수행한다. 그리고, 디자인 결과물은 디자이너가 구성한 지식의 결정체이다(Popovic, 2002, Müller, & Thoring, 2010). Conway & Ion(2013)와 Sivanathan et al.(2015)의 연구는 디자이너가 구성한 디자인 지식을 디자인 과정에서 수반된 다중모드 정보와 CAD data의 추적 분석을 통해 다시 조사, 분석이 가능하고 주장하고 있다. 다시 말하자면, 디자이너의 디자인 과정 추적 데이터를 활용하면, 디자인 작업 과정에서 디자이너의 선택 및 결정 과정과 결정에 영향을 미치는 의도, 근거 및 제약 조건을 분석하는 것이 가능하다는 것이다(Shah & Mäntylä, 1995).

1960년 Douglas T. Ross에 의해 최초로 CAD(Computer-Aided Design)가 제안된 이후 CAD는 간단한 2D 디자인에서 동적인 구조와 세부적인 Meta-Data가 있는 복잡한 다층 3D 구조로 발전하였다. Jonson (2005)은 CAD는 디자이너의 창의적 가능성을 제한하는 도구가 아니라, 새로운 패턴과 관계 또는 미학을 제시하는 도구이어야 함을 주장하였다. 초기의 CAD 도구는 디자이너의 Drawing 데이터를 기계로 전송하고 작업 효율성을 높이는 역할을 하였다. 그 후에 CAD 도면, 3D

모델 등 데이터를 재사용할 수 있기 때문에 디지털 라이브러리를 개발하여 더 많은 디자인 데이터를 통합함에 따라 CAD의 잠재적 이점이 증가하였다(Baba, & Nobeoka, 1998). 예를 들어, Chaudhuri et al. (2011)는 3D Model Library를 구축해서, 디자인 과정에서 필요한 요소 (Part)를 검색할 수 있는 Assembly-Based 3D Modeling System을 개발하였다. 이렇듯 CAD 도구는 디자이너의 문제해결 지식을 기록하고 분석할 수 있는 방법으로 발전하고 있다. CAD에 기록된 데이터를 이용해서 디자인 작업 결과물을 지식의 체계로 구성하고 디자이너의 특정 문제에 대한 적절한 도움을 주는 지식기반 디자인 도구로 발전시키는 시도가 많이 있다. 최근 Adobe는 사용자의 콘텐츠, 문서, 데이터, 활동 로그 및 직접적인 피드백을 수집해서 인공지능 서비스 개발 및 서비스 개선에 활용하는 연구를 수행하고 있다(Adobe, 2020). Adobe Sensei는 [그림 2-좌]와 같이 스케치 인식을 통해 디자이너의 의도를 추측하여 이미지 DB에서 관련된 이미지를 찾고 디자이너가 요소를 선택하고 변수를 조작해서 스케치를 디자인할 수 있는 새로운 이미지 작업 보조 시스템을 제시하였다. 유사한 방식으로 [그림 2- 우]와 같이 3D 모델링 도구 Grasshopper도 원하는 형태 목적에 따라서 곡선, 서피스 등 요소를 선택하고 변수를 조작해서 형태를 구성한다. 이처럼, CAD 도구를 통해 디자인 작업과정에서 사용한 요소와 변수를 패턴, 함수 같은 혹은 블록의 형태로 정의해서 재사용이 가능한 지식의 체계로 기록하고 구성하게 된다.

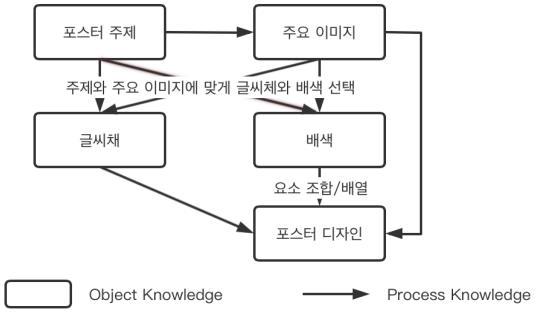


[그림 2] 좌: Adobe Sensei 우: Grasshopper

이런 도구들은 'Layer, action, history 기능'에서 한 걸음 더 나아가 디자인 문제 해결을 위한 다양한 대안을 제시하여 효율성을 높여주는 점에서 매우 유용하다. 하지만, 개개인의 디자이너가 문제 해결 과정에서 창의적으로 구성한 지식을 축적하고 다음 디자인 작업에 활용하기 위해서는 좀 더 연구가 필요하다. 즉 디자인 지식을 축적하고 표현(Representation)하여 다른 디자인 문제에 활용을 할 수 있는 한

차원 높은 지식기반 도구로 발전시키기 위한 연구가 필요한 것이다. 이러한 디자인 도구 개발하기 위해서는 디자인 지식 표현, 관리 및 활용에 대한 기반 연구가 중요하다(Bernard & Xu, 2009, Visser & Trousse, 2006). Adobe Sensei, Grasshopper 같은 Generative Design 도구는 디자인 요소를 조작하는 것을 중심으로 구성되어 있다. 정해진 틀 안에서 parameter를 조정하여 디자인 요소를 조작하는 방식은 customization service에서 많이 활용된다. 하지만 디자인의 문제 해결은 디자인 요소의 활용 뿐만 아니라 적절한 문제의 해결 프로세스를 선택하는 것도 중요하다.

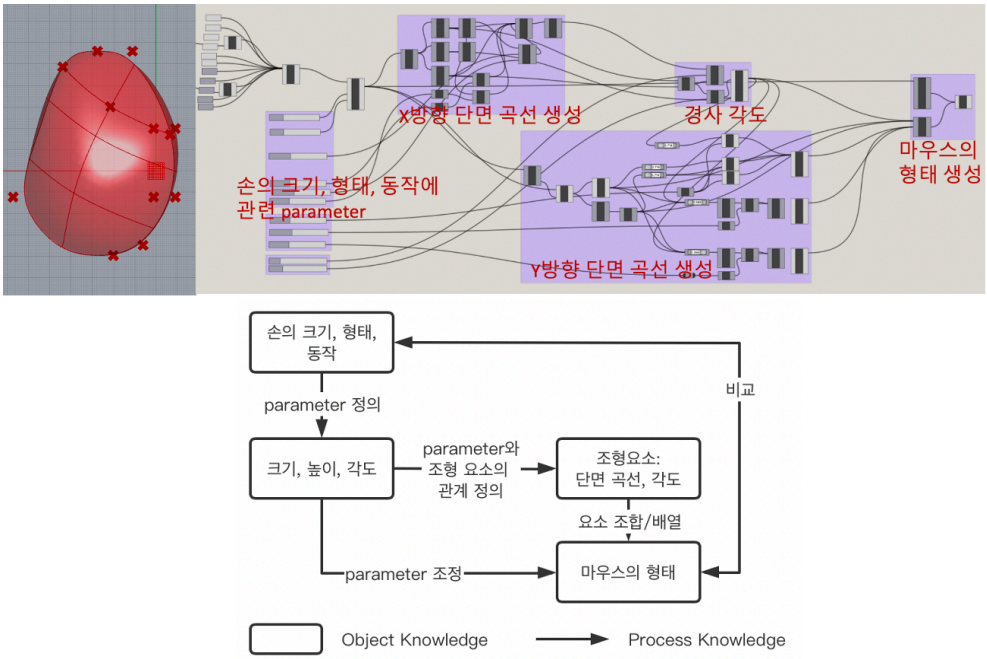
전문가 문제 해결 능력은 뛰어난 지적 능력이 아니라 적절한 Domain Knowledge와 Process Knowledge를 갖는 것에 달려 있다(Anderson 1987; Elio & Scharf 1990). 능숙한 문제 해결사는 문제에 대한 광범위한 지식을 가지고 있으며 해결 절차에 따라 문제를 분류하는 경향이 있다 (Mayer 1987). 디자인 전문가는 활용할 수 있는 Object (요소, 재료, 물체 등)에 대한 지식과 결과를 만들어가는 Process (과정, 절차)에 대한 지식의 상호작용을 통해 최종 디자인 결과를 제안하게 된다(McDermott, 1981, Christiaans, Venselaar, 2005). 요리를 예를 들어보자. 경험이 많은 요리사는 최종 결과물인 요리를 만들기 위해 재료에 대한 Object Knowledge와 맛을 낼 수 있는 Process Knowledge를 활용하게 된다. 요리 방법을 기록한 레시피는 Object Knowledge (재료)와 Process Knowledge(조리 순서, 조리방법)이 혼합되어 작성되어 있다. 포스터 디자인을 예로 들어보면, 디자인 과정은 [그림 3]과 같이 파란색은 차가운 느낌을 준다 같은 색상, 글씨체, 이미지 등에 대한 Object Knowledge와 우울한 주제를 표현하려고 해서 차갑고 어두운 색상을 사용해야 한다. 같은 주제 표현 방법, 포스터 구성 방법 등 Process Knowledge의 상호작용을 통해 포스터 주제에 맞게 포스터의 구성 요소를 선택하고 요소의 속성 (ex. 크기, 위치, 색상)을 결정하고 최종 디자인 결과를 제안한다.



[그림 3] 포스터 디자인의 Object, Process Knowledge의 상호작용 경로

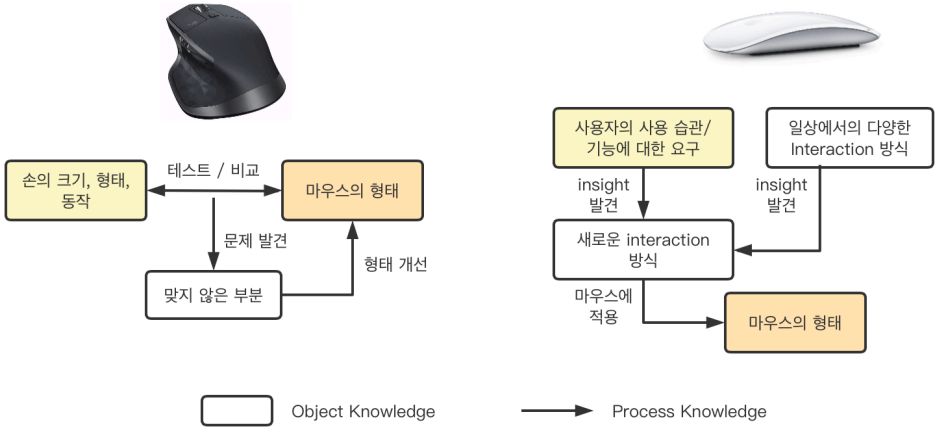
앞에 언급한 Adobe Sensei의 체계에서 이런 포스터 디자인의 기본 프로세스 기반으로 디자인 요소와 변수 등 Object Knowledge의 조작이 중심으로 구성된다.

또한, Grasshopper를 이용한 마우스 디자인을 예를 들면 [그림 4]와 같이 손과 마우스의 관계를 분석해서 관련 parameter를 정의하고 행태 관련 각 요소와 요소 간의 관계를 정하고 마우스와 손의 관계를 비교하면서 parameter를 조정한다. Parameter의 값을 바꾸면서 Object Knowledge를 조작하는 방식으로 디자인 결과물을 생성한다. 이 과정에서 parameter 정의와 요소 간의 관계 구성하는 과정은 Process Knowledge를 사용했지만 도면에서 어떤 상황에서 어떤 Process knowledge를 사용했는지를 표현 못하고 사용 결과, 즉 최종 정의된 parameter와 구성된 요소 관계만 표현된다.



[그림 4] Grasshopper를 이용한 마우스 디자인의 Object, Process Knowledge의 상호작용 경로

더 생각해보면 디자인 목적에 따라 Object Knowledge와 Process Knowledge의 상호작용이 달라질 수 있다. 예를 들면, 마우스 디자인을 하는 경우에 [그림 5-좌]와 같이 손으로 잡았을 때 편하게 사용할 수 있는 마우스를 디자인하기 위해 손에 관련 지식과 마우스의 형태에 관련 지식 등 Object Knowledge를 가지고, 사용자 테스트 방법, 사용성 개선하기 위해 형태 개선하는 방법 등 Process Knowledge를 활용해서 Ideation하여 최종 디자인을 제안한다. [그림 5-우] Apple Magic Mouse 같은 experience-based Interaction 중심으로 하는 마우스를 디자인할 때 사용자의 사용 습관(Object Knowledge)을 관찰하고 분석 방법(Process Knowledge)을 활용해서 새로운 인터랙션 방식(Object Knowledge)을 제안한다. 같은 재료를 사용해도 요리 순서에 따라 맛이 달아지듯이, 목표에 맞는 결과를 보여주려면 Process Knowledge를 같이 고려해야 한다.



[그림 5] 디자인 목적에 따라 마우스 디자인의 Object, Process Knowledge의 상호작용 경로
(좌) Logitech MX Master 2S 대표로 하는 손 편하게 사용할 수 있는 마우스 디자인
(우) Apple Magic Mouse 대표로 하는 경험적 인터랙션 중심의 마우스 디자인

이 과정에서 사용하는 Object Knowledge 중에 사용자에 대한 지식과 마우스 형태에 대한 지식은 공통되지만, 디자인 목적에 따라 다른 방향으로 해석된다. 예를 들면 사용자의 마우스 사용 상황(Object Knowledge)을 관찰할 때 편안함을 목적으로 두면 손과 마우스 형태의 적합도에 관심을 두고 관련 Object Knowledge를 추출한다. 반면 인터랙션 중심으로 한 디자인을 할 때는 사용자의 조작 방식에 더 집중한다. 즉, Input한 Object Knowledge가 같지만 처리 방식(사용하는 Process Knowledge)이 다르기 때문에 Output 지식이 다르게 된다.

조명 기구 디자인의 경우에도, 사용자의 요구에 따라 자동으로 변화하는 스마트한 조명을 디자인 목표로 한다면 사용자가 조명을 사용하는 process를 이해해야 하고 조명의 밝기와 색상이 환경 분위기에 대한 영향 등의 Object Knowledge가 필요하다, 인테리어 장식품으로 사용되고 조형을 강조하는 조명 기구로 목표로 하면 조형 영감을 찾는 것부터 시작하고 인테리어 스타일, 조형 등 Object 지식이 더 중요하다. 또한 공부 등 특정 상황에 사용하는 조명을 디자인하자면 특정 상황의 특성, 인체공학 등 Object 지식을 필요하고, 사용 상황을 체험하여 문제를 이해하는 것부터 디자인을 시작한다. 이처럼 디자인 목적에 따라 필요한 Object 지식이 따르고 이에 따라 디자인 프로세스도 따르다.

앞에 언급한 Adobe Sensei나 Grasshopper 같은 computer-aided

drafting과 modeling 체계는 parameter의 양식과 관계를 정의하고 '적절한 parameter'를 포함하는 기본 템플릿이 채워진 후 모델에 삽입되는 기본 Entity를 결합하여 형태를 생성한다(Monedero, 2000). 이 과정은 먼저 기본적 틀을 디자인하고 Object Knowledge를 채우고 수정하는 과정으로 볼 수 있고 디자인 의도에 따라 사용한 Object Knowledge의 변화 과정을 기록할 수 있지만, Process Knowledge의 사용 과정을 기록할 수 있는 부분이 부족하다. 만약, 디자인 Object와 Process의 상호작용 관계가 지식으로 기록되고 표현되어, 유사한 디자인 문제를 가진 다음 프로젝트에 활용할 수 있다면, 디자이너는 이전에 지식에서 디자인을 시작하기 때문에, 한 단계 높은 창의적 디자인 ideation에 도움을 받을 수 있을 것이다. Christiaans & Venselaar (2005)는 디자인 교육과정에서 학생들이 프로젝트에서 얻은 프로세스 지식이 많을수록 창의성인 디자인 결과물이 나온다는 프로세스 지식과 창의성의 상관관계가 발견되었다. 또한 이미 많은 연구(Hori, 1997, Oxman, 1990, Schon, 1988, Gregor, & Jones, 2007)들을 통해 디자인 문제에 대한 이해와 디자인 대상에 대한 지식이 창의적인 디자인에 대한 중요한 영향을 끼친다는 것이 증명되었다. Walls et al. (1992, 2004)의 연구는 디자인 지식 데이터베이스 구축할 때 디자인 Product(Object) 지식과 Process Knowledge는 독립적으로 볼 수 없다고 한다. 따라서, 프로젝트 목적에 부합하는 디자인 결과를 만들기 위해 Object Knowledge와 Process Knowledge의 상호작용 관점에서 연구를 진행할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 인지적 관점에서 디자인 ideation 과정과 디자인 지식 습득 및 활용에 관한 이론 고찰을 통해, 디자인 ideation 과정 중에 지식 구축 및 활용 과정을 설명하기 위해 지식 상호작용 모델을 제안하는 것을 목적으로 한다. 디자이너가 프로젝트 대상인 제품 문제를 해결하는 cognitive process에서 생성되는, 디자인 Object Knowledge와 그 대상을 구축하는 Process Knowledge 상호작용의 특성을 고찰하고 결과물의 디자인 목표에 따라서 Object Knowledge와 Process Knowledge를 구축하고 학습하는 과정에 대한 것을 설명할 것이다. 모델을 통해 Object Knowledge뿐만 아니라 각 유형의 Process Knowledge가 디자인 프로세스에서 어떤 역할을 하는지 보여줄 것이다.

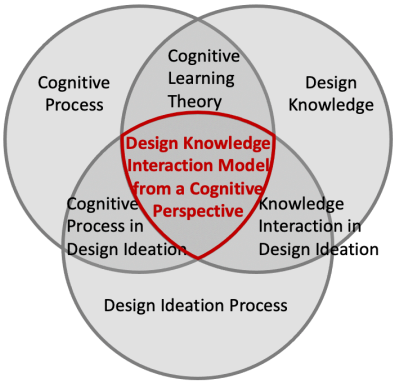
제 2 절 연구 방법 및 범위

연구 목적 달성을 위한 연구 문제를 다음과 같이 두 가지로 수립하였다.

연구문제 1: 디자인 Cognitive Process의 각 단계에서 지식을 어떤 역할을 하고 어떻게 구축하고 활용한 것인가?

연구문제 2: 디자인 지식을 어떻게 분류하고, 각 종류의 지식을 어떻게 상호작용을 통해 구성되고 표현할 수 있는가?

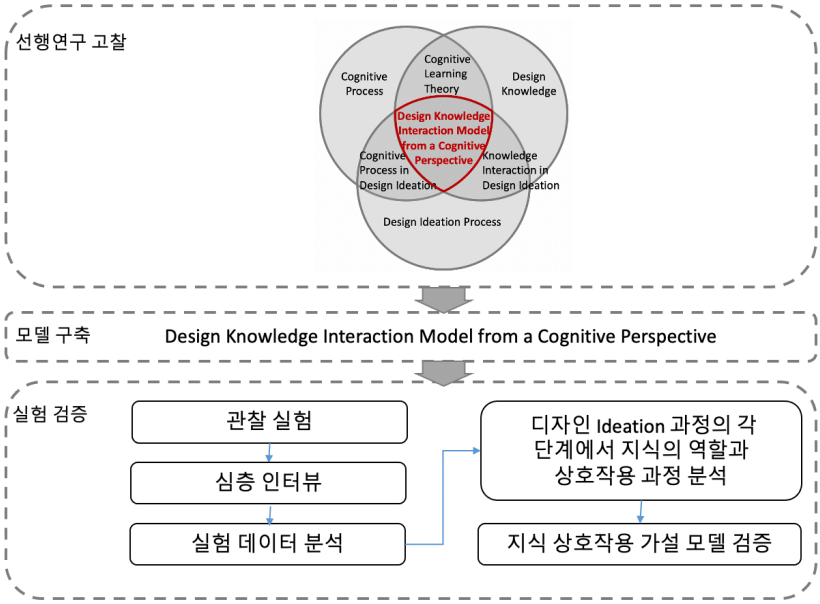
인지적 관점에서 디자인 Ideation 과정에 지식 상호작용 모델(Design Knowledge Interaction Model from a Cognitive Perspective)을 제안을 위해 본 연구는 [그림 6]과 같이 Cognitive Process, Design Knowledge, Design Ideation Process 연구의 세 가지 축을 설정하였다. 이 세 가지 축은 서로 겹치는 영역이 존재한다. 인지적 관점으로 Design Ideation 과정을 이해하기 위해 Cognitive Process in Design Ideation에 관한 이론을 고찰, 지식 습득 및 활용 과정을 이해하기 위해 Cognitive Learning Theory (인지 학습 이론)를 고찰, ideation 과정에서 디자인 지식의 상호작용을 통해 지식 진화하는 과정에 대한 선행 연구 고찰 체계를 구성하였다.



[그림 6] 연구 범위

연구 과정은 [그림 7]에서 보는 바와 같이 Cognitive Process, Design Knowledge, Design Ideation Process로 구성된 선행연구 고찰 체계를 바탕으로 디자인 문제 해결을 위한 Ideation 과정에서 지식 활용 및 습득 과정을 인지적 관점으로 구성하고 지식 상호작용 가설 모델로 제안하였다. 가설 모델을 검증하기 위해 디자이너 작업 과정의 관찰 실험 및 심층 인터뷰를 진행하였다. 관찰 실험을 통해 얻은 디자이너의

작업 과정 데이터를 디자인 결과물과 디자인 과정 분석을 통해 디자인 ideation 과정의 각 단계에서 Object Knowledge와 Process Knowledge의 역할과 상호작용의 특성 분석하고 가설 모델의 일부를 관찰 내용을 근거로 설명하였다.



[그림 7] 연구 과정

제 2 장 디자인 Cognitive Process의 이론적 고찰

제 1 절 Cognitive Process

‘인지’의 사전적 뜻은 ‘어떤 사실을 인정하여 앎’으로 심리 자극을 받아들이고, 저장하고, 인출하는 일련의 정신 과정. 지각, 기억, 상상, 개념, 판단, 추리를 포함하여 무엇을 안다는 것을 나타내는 용어이다(국립국어원 표준국어대사전, 2022).

현재 인지 관련 연구에서 ‘인지’는 어떤 행위자(인간, 동물, 또는 컴퓨터)에 의한 지식의 활용(intelligent use of knowledge)이라는 의미에 가깝다. 우리의 지적, 인지적 능력이 우리 머리 안에만 내장되어 있는 것이 아니라 환경과의 상호작용 과정에 확장되어 있는 것이기에 인지는 두뇌-환경을 연결하는 ‘지식 활용의 과정과 내용’이라고 할 수 있다.

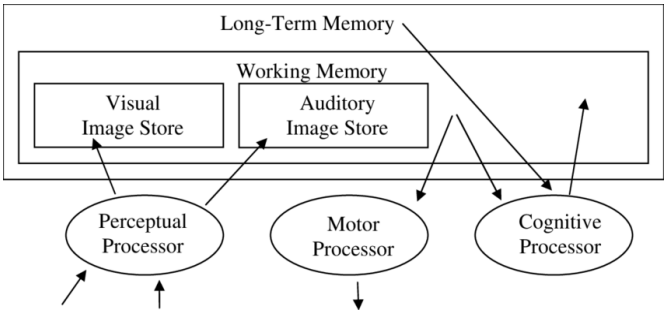
이러한 관점에서 ‘뇌(내부)’와 ‘환경(외부)’의 상호작용 과정을 이해하기 위해 Human Information Processor 이론 고찰하고, 상호작용 과정에서 ‘외부’ 환경을 감지하고 정보 입력 역할을 하는 대상 지각(Perceiving Objects)과 정보와 지식을 ‘뇌(내부)’에 저장하는 Memory의 작동 원리를 고찰한다.

2.1.1. Human Information Processor

인간의 정신, 인식, 행동이라는 것은 자동화된 무의식과 통제적이고 복잡한 인지 처리의 복합 작용인 의식이라는 두 가지 영역으로 이루어져 있다(Goldstein, 2014). 의식적인 인지 처리들 중 일부는 낮은 수준의 처리이고, 반면 다른 인지적 처리들은 높은 수준의 처리로 분류된다. 인지 체계를 세 단계로 나눌 수 있다. 첫 단계는 감각기인 시각, 청각, 촉각을 통해서 대상의 정보를 받아들이는 수준의 인지 체계이다. 두 번째 단계는 인지 체계는 정보를 이해하고, 저장하고, 인출하는 것과 관련이 있으며, 세 번째 단계는 이렇게 처리된 정보를 통해서 추리와 추론을 통해서 문제를 해결하고, 의사결정을 하는 높은 수준의 인지 체계를 거쳐서 통합적인 인지를 한다고 볼 수 있다(Anderson, 1983).

Card, Moran and Newell (1983)는 Human Information Processor

모델을 [그림 8]과 같이 제안하였다. 이 모델은 perceptual (지각), cognitive (인지) 및 motor (운동) 시스템의 세 가지 상호 작용 시스템을 포함한다. 정보 처리 과정은 시각, 청각, 촉각 등 Perceptual Processor를 통해 Input되어 들어온 정보를 Cognitive Processor에서 체계적으로 처리하여 Motor Processor를 통해 처리 결과를 Output 한다. 이 과정에서 중요한 정보를 Memory에 보관하고 필요한 경우마다 정보를 재생시켜 원하는 곳에 활용한다.



[그림 8] Human Information Processor (Card, Moran and Newell, 1983)

2.1.2. 대상 지각(Perceiving Objects)

지각의 목적은 환경 중의 '외'에 있는 것('내' 머릿속에 있는 지식과 생각과 상대되는 것)을 아는 것이기 때문에 지각은 환경 정보를 기반으로 구축된다.

환경 에너지가 수용체를 자극하고 오감에서 뇌로 이어지는 일련의 사건을 상향식 처리(bottom-up processing)라고 한다. 그러나 대상을 지각하여 인식하기 위해서는 수용체의 활성화를 통한 지각과 함께 환경 지식, 지각 상황에 대한 기대, 특정 자극에 대한 주의 등 정보도 필요하다. 이러한 추가적인 정보는 하향식 처리(top-down processing)의 기초가 되고, 지각 시스템(perceptual system)의 "상(top)"에 있는 뇌에서 발생하는 처리이다(Goldstein, 2014).

Helmholtz(1866)의 무의식적 추론 이론(THEORY OF UNCONSCIOUS INFERENCE)에는 지각이 지식에 의존한다는 주장을 제시하였다. Helmholtz 는 지각 과정에서 문제는 어떤 대상이 특정 자극 패턴을 일으켰는지 결정하는 것이며, 이 문제는 지각 시스템이 대상이 무엇인지 추론하기 위해 관찰자의 환경 지식을 적용하는 과정에 의해 해결된다고 하였다.

Thomas Bayes(1701-1761)가 제안한 베이지안 추론(Bayesian inference)은 결과의 확률에 대한 우리의 추정이 두 가지 요인에 의해 결정된다고 하였다. (1) 사전 확률, 또는 단순히 사전값 (2) 이용 가능한 증거가 결과와 일치하는 정도가 두 가지 요인이다. 베이지안 추론은 HELMHOLTZ의 무의식적 추론 이론 (우리가 받은 자극을 생성했을 가능성이 가장 높은 것이 무엇인지 인지한다는)을 확률 측면에서 다시 기술한 것이다.

지각에 대한 환경 규칙성(regularities in the environment) 이론은 지각이 환경의 규칙성, 즉 자주 발생하는 환경의 특성에 대한 지식에 의해 영향을 받는다는 아이디어에 기반한 것이다. 지각과정에서 물리적 규칙성과 의미론적 규칙성을 모두 고려한다(Goldstein, 2014).

Helmholtz 추론 이론, 환경 규칙성 및 Bayes의 접근법은 모두 우리가 과거의 지각 경험을 통해 수집한 환경에 대한 데이터를 사용하여 외부에 무엇이 있는지 결정한다는 주장이다. 따라서 하향식 대상 지각의 중요한 부분이다.

대조적으로, Gestalt 심리학자들은 지각에 대한 환경에서 자극이 일반적으로 발생하는 방식에 기반한 여러 지각 조직 법칙을 제안했고 조직의 원리가 내장되어 있다는 생각을 강조하였다. 그들은 지각이 경험의 영향을 받는다는 것을 인정했지만 내장된 원칙이 경험을 무시할 수 있으며, 따라서 상향식 처리가 중심 역할을 할당할 수 있다고 주장하였다.

2.1.3. 기억 (MEMORY)

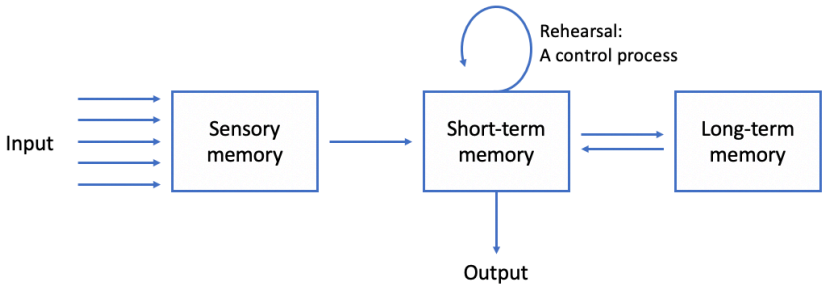
기억은 원래 정보가 더 이상 존재하지 않는 자극, 이미지, 사건, 아이디어 및 기술에 대한 정보를 유지, 검색 및 사용과 관련된 프로세스이다. 기억은 과거의 경험이 현재 또는 미래의 사고방식이나 행동에 영향을 미칠 때마다 활성화된다 (Joordens, 2011).

Richard Atkinson과 Richard Shiffrin (1968)은 [그림 9]와 같은 Memory Modal Model을 제안하였다. 이 모델은 세 가지 유형의 기억으로 구성하였다.

1. Sensory memory (감각 기억)은 몇 초에서 수십 분의 초 동안 들어오는 모든 정보를 유지하는 초기 단계이다.

2. Short-term memory (단기 기억)은 5~7개 항목을 15~20초 정도 유지한다.

3. Long-term memory (장기 기억)은 많은 양의 정보를 수년, 수십 년으로 유지할 수 있다.



[그림 9] Modal Model of Memory (Atkinson & Shiffrin, 1968)

(1) 단기 기억

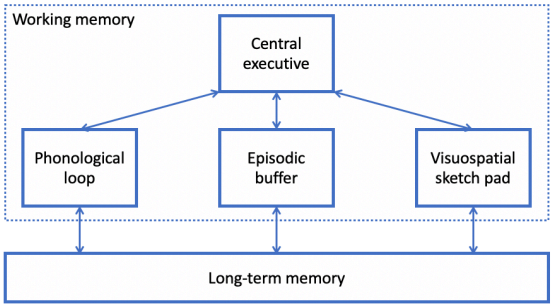
Baddeley와 Hitch(1974)는 Short-term memory와 Memory Modal Model이 시간이 지남에 따라 펼쳐지는 동적 과정을 고려하지 않기 때문에 Short-term memory가 아닌 Working Memory(작업 기억)라는 이름을 단기 기억 과정에 사용할 것을 제안하였다. Working Memory는 "이해, 학습 및 추론과 같은 복잡한 작업을 위한 정보의 임시 저장 및 조작을 위한 제한된 용량 시스템"으로 정의된다.

Baddeley(1996)는 Working Memory는 청각 또는 언어 정보를 보유하는 phonological loop (음운 루프); 시각 및 공간 정보를 보유하는 visuospatial sketch pad (시공간 스케치 패드); 음운 루프와 시공간 스케치 패드의 작용을 조정하는 central executive (중앙 집행부) 세 가지 구성 요소로 구성된다고 하였다. Phonological loop는 음운 저장과 조음 리허설 프로세스의 두 가지 요소로 구성되며 언어와 청각 정보를 보관한다. Visuospatial sketch pad는 시각 및 공간 정보를 보관한다. Phonological loop 와 Visuospatial sketch pad는 central executive에 연결된다. Baddeley 모델의 특성은 (1) 언어를 이해하고 수학 문제를 푸는 것과 같은 인지와 관련된 역동적인 과정 (2) 사람들이 두 가지 작업을 동시에 수행할 수 있다는 사실을 반영한 것이다.

(2) 장기기억

Working Memory의 용량은 Chunking을 통해 증가할 수 있으며 Working Memory와 Long-term Memory 사이에 정보 교환이 증가에 중요한 역할을 한다. Baddeley(2000)는 이러한 능력을 다루기 위해 [그림 10]과 같이 Working Memory의 추가 구성 요소 episodic buffer

(임시 완충기)를 제안하였다. Episodic buffer는 추가 용량을 제공하여 정보를 저장할 수 있고 Long-term Memory에 연결되어서 Working Memory와 Long-term Memory 간의 정보 교환이 가능하게 된다. 또한 이 모델은 Visuospatial sketch pad와 Phonological loop 가 Long-term Memory와 연결되어 있음을 보여준다.



[그림 10] Working Memory와 Long-term Memory의 연결 관계 모델(Baddeley, 2000)

Long-term Memory는 우리의 삶에서 과거의 경험과 배운 지식에 관한 정보의 '아카이브'이다. Long-term Memory는 Working Memory와 연계하여 현재의 진행형 경험을 만드는 데 도움이 된다.

Long-term Memory는 과거의 경험에 대한 episodic memory, 물리적 행동을 수행하는 방법에 대한 procedural memory, 주소나 이름과 같은 사실에 대한 semantic memory로 분류할 수 있다(Tulving, 1972).

Tulving (1985)에 따르면 episodic memory 경험은 mental time travel, 즉 과거에 발생한 사건과 다시 연결하기 위해 그 당시의 상황을 회상하는 경험을 포함하는 것이다. 반면에, semantic memory는 개인적인 경험과 상관없이 사실에 대한 지식을 포함한다. 이 지식은 사실, 어휘, 숫자 및 개념과 같은 것일 수 있다. 실생활에서 episodic memory와 semantic memory는 종종 얽혀 있다. 지식(semantic memory)은 episodic memory가 되는 경험의 본질에 영향을 미칠 수 있다. 시간이 지남에 따라 기억은 episodic 특성을 잃게 되는데, 이것을 과거 기억의 의미화(semanticization)라고 한다(Petrican et.al., 2010)

과거를 기억하는 능력과 미래를 상상하는 능력 사이에는 연관성이 있다는 것은 이미 신경심리학과 뇌 영상 실험에서 입증되었다(Tulving, 1985, Addis et al., 2007). Addis et al.(2007) 는 Episodic memory 시스템의 주요 역할은 과거를 기억하는 것이 아니라 사람들이 미래를

예측하는 데 도움이 되고 가능한 미래를 시뮬레이션할 수 있게 한다고 주장하였다.

장기기억은 또한 명시적 기억과 암묵적 기억으로 나눌 수 있다. episodic memory와 semantic memory 같은 명시적 기억은 우리가 인식하는 명시적 기억이고 암묵적 기억은 경험을 통한 학습이 무의식적으로 발생한다. procedural memory, 조건 반사는 암묵적 기억을 포함한다.

2.1.4. 소결

디자이너의 디자인 과정을 정보 처리 관점으로 본다면, 디자이너가 Memory에 있는 내부적으로 지닌 지식과 경험 정보를 외부의 환경과 디자인 대상 정보와 결합하는 정보처리 절차로 설명할 수 있다. 현재 인지과정에 관한 모델의 perceptual system 부분에 대해서 대부분은 오감을 통해 Stimili를 받는다는 상향식 과정으로 설명되어 있지만 하향식의 perception 처리 이론에 따라면 디자이너가 외부 환경을 감지하는 과정에도 디자인 목표를 가지고 있고 Memory에 저장되어 있는 episodic memory(경험)와 semantic memory(지식)의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 디자이너가 좋은 작업을 파일 혹은 핀터레스트로 모아서 정리하는 방식과 참고만 하는 부분을 찾는 과정은 목표와 가지고 있는 지식의 영향을 받는다. 즉, 외부 환경에 있는 정보, Artifact 등 Reference를 통해 느끼는 Stimuli는 디자이너의 개인 경험과 지식 구성과 관련이 있다. 따라서, 모델 제안 시 Memory의 영향을 받은 하향식 perception 과정을 포함시켜야 한다.

제 2 절 인지적 관점에서의 디자인 문제 해결 ideation 과정

Boden(2003)은 creativity를 combinatorial creativity (조합적 창의성), exploratory creativity (탐색적 창의성), transformational creativity (변형적 창의성)로 분류하였다. Combinatorial creativity는 알려진 아이디어에서 새롭고 특이한 조합이나 연상을 만들어내는 한 형태이다. Exploratory creativity는 특정한 개념적 공간 내에서 변이를 탐색하는 과정이다. Transformational creativity는 개념적 공간의

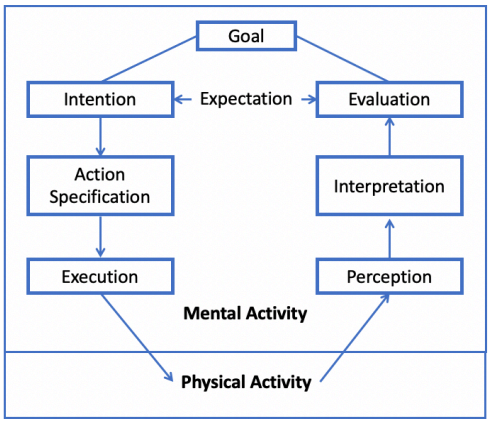
전체적 변화/재구조화하는 것이다.

Cross (1990)에 따르면 디자이너 능력의 핵심 특징은 정의되지 않은 문제를 해결하는 능력, 솔루션 중심 전략을 채택하는 능력, 귀납적, 생산적, 배치적 사고를 사용하는 능력, 비언어적 그래픽/공간 모델링 매체를 사용 등이다.

문제 해결은 창의력을 사용하여 문제에 대한 새로운 아이디어와 솔루션을 개발하는 과정이다(Olteţeanu, 2020). 창의력과 창의적인 문제 해결의 차이점은 각각의 결과가 무엇인지, 그리고 그 결과가 어떻게 평가되는지에 기인한다. 그러므로 문제해결의 맥락을 벗어나 창의력에 대해 말할 때 일반적으로 음악, 시, 회화 등 독창적인 예술작품의 제작과정을 생각하는 경향이 있다. 그리고 그러한 작품은 심미성, 유사한 장르의 다른 작품과의 비교, 작가의 다른 작품과의 비교 또는 프로세스의 창의성의 관점에서 평가할 수 있다. 한편, 창의적인 문제해결은 문제의 제약을 충족시켜야 한다. 새로운 솔루션이 문제를 충족시킬 것으로 예상되는지 여부가 중요하다. 혁신, 과학적 발견 및 과학적 추론을 다룰 때 창의성 분야는 문제 해결 및 추론 분야에 더 가깝다(Langley, 2000; Klahr & Dunbar, 1988; Nersessian, 2008).

2.2.1. Goal - Action - Evaluation 모델

Norman(1986)은 문제 해결을 위한 작업 수행과 관련하여, [그림 11]와 같이 사용자 활동 일곱 가지 단계 모델을 제안하였다. 우선 중심적 단계는 (1)목표(Goal)를 설정하는 것이다. 그 다음은 작업을 수행(Action)하기 위해 (2)의도 형성 (3)작업 순서 지정 (4)작업을 실행의 세 단계가 있다. 행동의 효과를 평가(Evaluation)하기 위해 (5)시스템 상태 인식, (6)상태 해석, (7)원래 목표 및 의도와 관련하여 해석된 상태 평가의 세 단계가 있으며 각각 어떤 의미에서 행동을 수행하는 세 단계를 보완한다.



[그림 11] The Seven Stages of action cycle (Norman,1986)

2.2.2. Problem Space - Solution Space 모델

Alan Newell과 Herbert Simon(1972)은 문제 해결에 대한 정보 처리 접근법의 초기 제창자였다. 그들은 문제 해결을 문제의 진술(초기 상태)과 문제에 대한 해결책(목표 상태) 사이의 경로를 찾기 위해 문제 공간을 탐색하는 것으로 보았다. 이 탐색 과정에서 보통 하위 목표를 설정하여 수행된다. Newell-Simon의 문제 해결 접근법의 핵심 용어는 [표 1]과 같다.

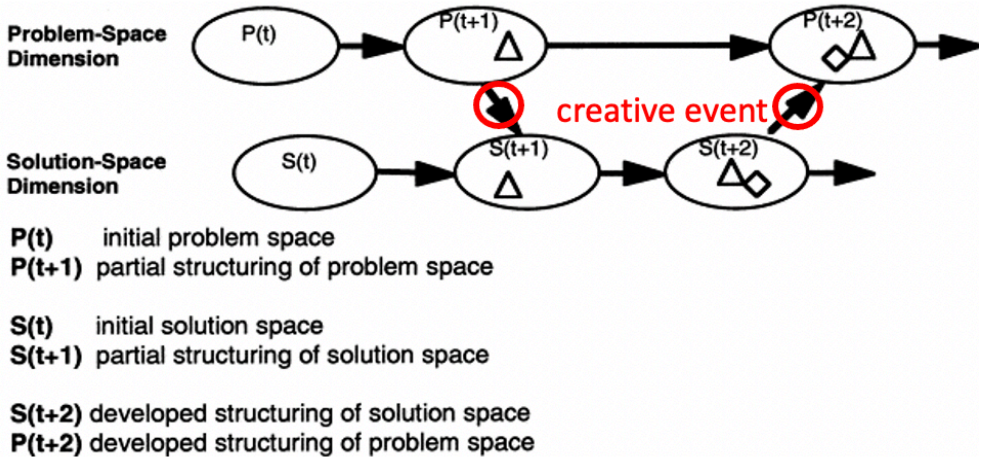
[표 1] 문제 해결에 대한 Newell-Simon 접근 방식의 핵심 용어

Initial state	문제 시작 시의 조건
Goal state	문제에 대한 솔루션
Intermediate state	문제 해결을 위한 각 단계가 완료된 후의 상태
Operators	문제를 한 상태에서 다른 상태로 만드는 행동
Problem space	문제를 해결할 때 발생할 수 있는 모든 상태
Means–end analysis	초기 상태와 목표 상태의 차이를 줄이는 것을 목표로 하는 문제 해결 방법
Subgoals	목표에 더 가까운 중간 상태를 만들기 위한 작은 목표

Larkin & Simon (1987)에 따르면 문제 해결은 외부 작업 환경에 따라 인지 내부의 구조화된 지식과 그것을 조작하여 새로운 추론을 생성한다. 이 개념은 "문제 공간 가설(problem space hypothesis)"(Laird et al., 1987)의 일부이다. 이 가설은 문제해결은 자신의 문제공간 내를 탐색함으로써 이루어진다고 하는 것으로, 모든

목표지향적 활동의 기본적인 조직이다. 문제 공간은 표현(representation), 정보 처리 프로세스(information processes) 및 이용 가능한 모든 지식으로 구성된다. 문제 해결자(디자이너)는 시작부터 목표까지 올바른 경로를 여러 가지 중에서 선택해야 하므로, 문제 공간의 크기는 문제의 난이도에 대한 중요한 결정 요인이다(Newell & Simon, 1972). 이 크기는 전문 지식 수준이 증가함에 따라 넓어진다.

Dorst, & Cross(2001)는 [그림 12]와 같이 창의적인 디자인은 먼저 문제를 정의한 다음 만족스러운 솔루션을 찾는 것이 아니라 문제 공간과 솔루션 공간이라는 두 가지 개념적 디자인 '공간' 사이의 분석, 합성 및 평가 프로세스를 지속적으로 반복하면서 문제 이해와 솔루션에 대한 아이디어를 함께 개발하고 개선하는 과정으로 설명하였다. 디자인에서의 creative event는 문제에서 솔루션으로의 'creative leap'이 아니라 핵심 concept을 인식하여 문제 공간과 솔루션 공간 사이에 'bridge'를 구축하는 것이다. 즉, 문제에 대한 솔루션을 생성하고, 솔루션을 평가해서 문제를 발견하는 과정에서 문제 대한 지식을 수집해서 해결을 위한 지식으로 재구성하는 bridge 구축하는 능력은 창의적인 디자인에서 높은 수준의 성능을 발휘하는 데 매우 중요하다.



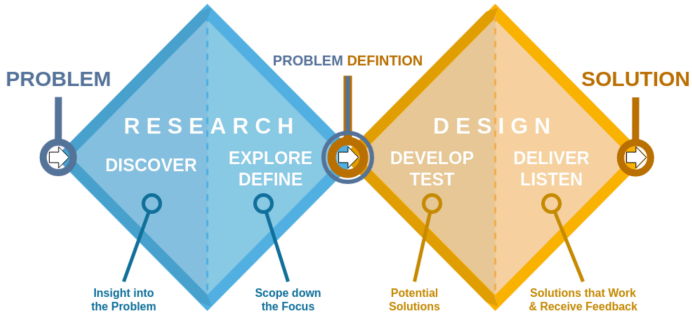
[그림 12] Co-evolution of problem-solution (Dorst, & Cross, 2001).

2.2.3. Convergent - divergent 모델

Campbell(1960)은 창조적 행위와 자연적 진화와 비교해서 블라인드 변이(blind variation)와 선택적 유지(selective retention)라는 두 가지 별개의 과정을 통해 표현될 수 있다는 것이다. Campbell에 따르면 변이를 생성하여 문제 공간을 넓히는 조작과 변이 생성 과정에서 선택하여 문제 공간을 줄이는 조작이 모두 필요하다.

Guilford(1967)는 지성 구조(the Structure of Intellect)의 발산 생성 (divergent production)이라는 개념을 제창하며, 많은 다양한 Solution을 넓게 탐색하고, 그러한 탐색은 거의 자연 발생적으로, 자유롭게 이루어진다고 설명하였다. 수렴적 사고(Convergent thinking)는 그 반대편에 있는 보완적인 인지 능력으로, 그의 이론에서는 일련의 논리적 단계를 밟아 해결책을 생각하는 과정을 의미하는 것이었다. 수렴적으로 생성된 솔루션은 많은 제한 사항을 고려하고 엄격하게 구성된다. Convergent production과 divergent production은 인지 생산 능력의 상보적인(complementary) 부분으로 간주된다. 수렴적 생산과 발산적 생산에 관한 Guilford의 모델은 문제 해결과 creativity이 동일하다고 주장한다.

영국 Design Council(2005) 개발한 더블 다이아몬드 프로세스(Double Diamond Design Process)[그림 13]은 발산-수렴(Convergent - divergent) 모델에서 채택된 디자인 프로세스 모델이고 문제를 더 광범위하거나 깊이 탐구한 다음(발산적 사고) 집중적인 행동을 취하는(수렴적 사고) 프로세스이다. 생각의 확산과 수렴을 반복하는 과정을 두 개의 다이아몬드로 그리며 첫 번째 다이아몬드는 문제 공간(Problem Space)을 포함하고 두 번째 다이아몬드는 솔루션 공간(Solution Space)을 포함한다. 발견(Discover), 정의(Define) 단계로 문제를 정의하고 디자인 목표를 수립하고 발전(develop), 전달(Deliver) 단계를 통해 솔루션을 제안한다.

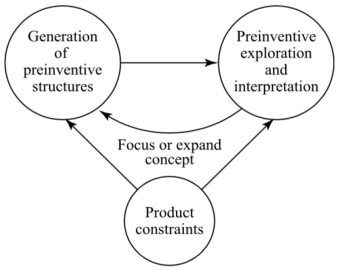


[그림 13] Double Diamond Process (Design Council, 2005)

2.2.4. Generate – Explore 모델

Finke et al. (1992)는 [그림 14]와 같이 “Geneplore”라는 creativity 모델을 제안하였다. Geneplore는 단어는 “Generate”와 “Explore”라는 단어의 결합이다. 아래 그림과 같이 생성 과정을 탐색 과정을 반복하여 만족스러운 또는 최적의 솔루션이 발견될 때까지 솔루션이 수정되거나 새로운 솔루션이 개발한다. 생성(Generate) 단계에서는 원하는 제품에 따라 발명 전 구조(preinventive structures), 즉 이미지, 냄새 등과 같은 아이디어의 씨앗을 생성한다. 탐색(Explore) 단계에서 아이디어를 생성하기 위해 발명 전 구조는 모으고 분해하는 mental synthesis 과정을 수행하고, 그 과정에서 비교하고, 연관성을 찾고 기억이 생성한다.

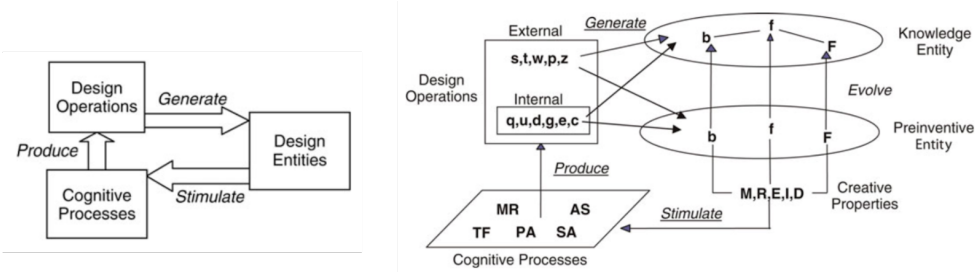
생성 과정은 기억 검색(memory retrieval), 연합(association), 합성(mental synthesis), 변형(mental transformation), 유추적 전이(analogical transfer 및 범주적 환원(categorical reduction)으로 분류했고 탐색 과정은 속성 찾기(attribute finding), 개념적 해석(conceptual interpretation), 기능적 추론(functional inference), 맥락적 이동(contextual shifting), 가설 테스트 (hypothesis testing), 한계 탐색(searching for limitations)으로 분류하였다.



[그림 14] Geneplore Model

생성 프로세스와 탐색 프로세스 모두 문제 공간과 솔루션 공간을 넓히는 것을 목표로 한다. 그러나 공간을 넓히는 작업 외에도 공간을 줄이는 작업도 필요하다. Stempfle & Badke-Schaub(2002)는 이미 확장된 문제 공간과 솔루션 공간을 좁히기 위해 비교(comparison) 및 선택(selection) 두 가지 기본 Cognitive Process를 추가로 제안하였다. 아이디어, 대상 등은 기준에 비추어 비교하고 아이디어를 선택한다. 비교와 선택을 통해 생성과 탐색을 통해 확장된 문제 공간은 다시 좁혀진다.

Benami와 Jin (2002)은 Geneplore model을 바탕으로 프로세스, 디자인 운영 및 디자인 개체 간의 관계를 설명하는 창조적인 컨셉 디자인의 인지 모델을 제안하였다[그림 15]. 디자인 개체는 디자인 artifact의 기본 구성 요소이다. 인지 프로세스 생성 단계는 메모리 검색(MR), 조합(A), 변형(TF), 탐색 단계의 문제 분석 (PA), 해결책 분석(SA)으로 이루어진다. 인지 프로세스 통해 디자인 개체를 작업으로 가져오고, 디자인 작업은 내부적 사고와 외부적 표현(스케치, CAD 통해 시각화 표현 등)이 있다. 디자인 작업을 통해 만들어진 새로운 디자인 개체가 다시 디자인 인지를 자극한다. 이 Frame의 중요한 특징은 디자인 개체(Design Entity)가 생성의 대상이자 생성을 위한 매개인 점이다.

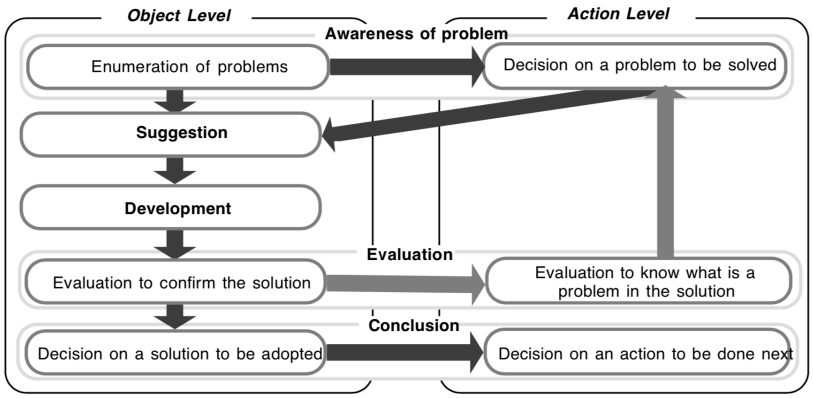


[그림 15] Cognitive Model of Creative Conceptual Design

2.2.5. Object - Action 모델

Takeda, et al., (1990)는 [그림 16]과 같이 디자인 과정을 (1) 문제 인식, (2) 솔루션 제안, (3) 컨셉 발전, (4) 평가와 (5) 결론 등 5개의 하위 프로세스로 구성하였다. 디자이너의 인지 활동을 고려할 때 디자인 프로세스를 두 가지 Level을 구분할 수 있다. 하나는 디자이너가 디자인 개체 자체에 대해 생각하는 Object Level이다. 예를 들어 디자인 개체에

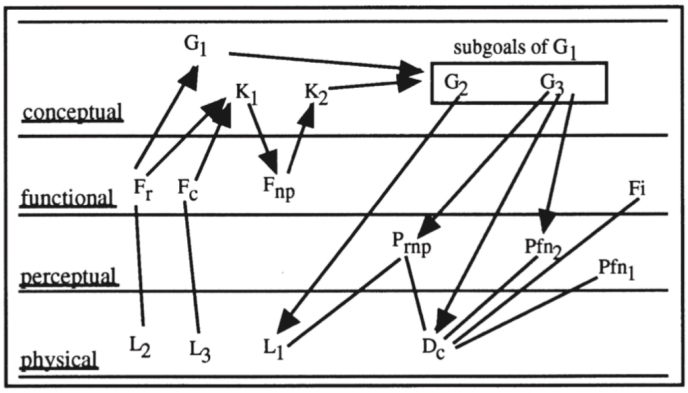
어떤 속성이 있으며 특정 조건에서 어떻게 작동하는지에 대한 사고이다. 다른 하나는 디자이너가 자신의 디자인을 어떻게 진행해야 하는지, 즉 다음에 무엇을 해야 하는지를 생각하는 Action Level이다. 디자이너는 이 두 가지 유형의 사고를 사용하여 상호 작용하여 자신의 디자인을 수행한다.



[그림 16] 디자인 사고 과정에서 Object Level과 Action Level의 상호작용 (Takeda, et al., 1990)

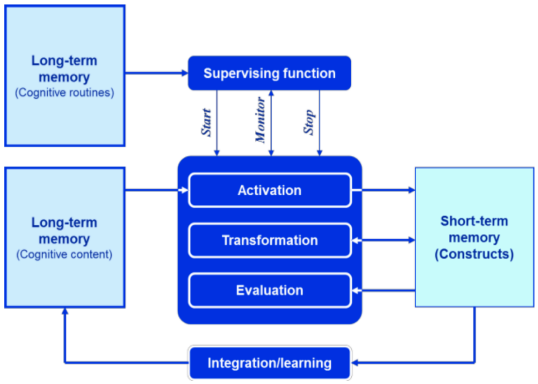
2.2.6. Memory 관련 디자인 모델

Suwa et al. (1998)는 인간의 Cognitive Process로 들어오는 정보는 먼저 감각적으로 처리된 다음 지각적으로 그리고 의미적으로 처리된다고 하였다. 디자이너의 행동은 물리적(Physical) Artifact를 지각(Perceptual)하고, Semantic Memory(기능적(Functional)과 개념적(Conceptual) 포함)에 저장하고 해석하고 물리적으로 표현한다는 과정으로, 행동의 Physical, Perceptual, Functional, Conceptual, 네 가지인지 수준 분류하고 [그림 17]과 같이 디자인 과정의 행동들을 코딩하였다. 이를 통해 디자인 과정에 디자이너가 자신의 디자인 Artifact (스케치 등)와 인지적으로 상호작용하는 방식을 분석하였다.



[그림 17] The relations among the design actions (Suwa, Purcell, & Gero, 1998).

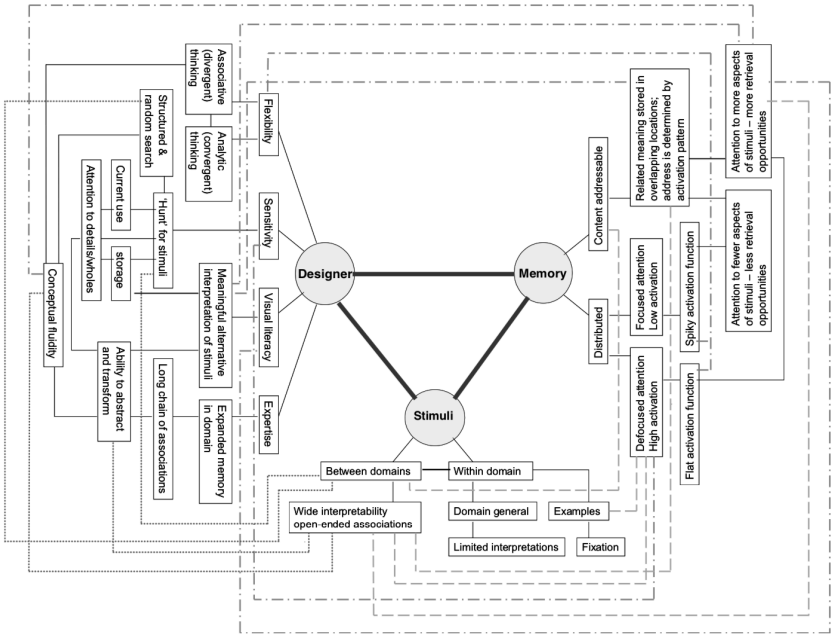
Huysentruyt et al. (2012)는 [그림 17]과 같이 인지 작업 과정의 인지 활동 모델을 통해 메모리 Input-Output (Long-term Memory에서 Short-term Memory로) 프로세스를 설명하였다. 장기 메모리에 있는 디자인 task 관련 지식을 활성화하고 단기 메모리에 투영한다. Task에 따라 단기 메모리의 구성을 수정, 조립 혹은 구조를 변경하고 내용을 평가한다. 다자인 task 수행하는 과정에서 문제 해결 관련 단기 메모리 내용이 장기 메모리에 통합되면서 새로운 지식이 저장된다.



[그림 18] A Model for Cognitive Activities in a Cognitive Task (Huysentruyt et al., 2012)

Goldschmidt(2011)는 [그림 19]와 같이 Designer-Memory-Stimuli의 관계를 설명하는 DMS Model을 제안하였다. Designer 능력은 Flexibility(문제와 솔루션을 발산-수렴하는 능력), Sensitivity(Stimuli를 감지하는 능력), Visual literacy(시각화 표현하는 능력), Expertise(가지고 있는 전문 지식의 양)로 분류하였다. Stimuli는 현재

작업 내용과 직접 관련 있는 Within domain과 직접적으로 관련하지 않는 Between domains 자극으로 분류하고, Memory는 저장 위치를 분산되어 있는 distributed Memory와 관련 의미가 있는 항목은 겹치거나 가까운 위치에 저장되는 content addressable Memory로 분류하였다. 디자이너는 자신의 능력을 활용해서 영감의 원천인 자극을 찾고, Stimuli 종류에 따라 다른 Memory 활성화 패턴을 불러온다. 이런 과정을 반복해서 디자이너의 Memory에 있는 내용이 풍부해지고 관련 내용을 더 쉽게 검색되며 디자이너의 능력이 향상된다.



[그림 19] Designer-Memory-Stimuli (DMS) links

2.2.7. 소결

고찰한 모델들을 분석해보면 (1)디자인 공간의 발전에 대한 모델, (2)디자인 대상과 행동의 상호작용에 대한 모델, (3)Stimuli를 감지하고 Memory를 활성화에 대한 모델 등 세 가지 유형으로 분류할 수 있다.

디자인 공간의 발전에 대한 모델 (Goal – Action – Evaluation 모델, Problem Space – Solution Space 모델, Convergent – divergent 모델) 고찰을 통해 디자인 문제 해결 과정에서 목표, 문제 공간, 솔루션 공간이 함께 발전하는 관계라는 것을 알 수 있다. 일반적으로 문제 해결 및 문제 해결의 특정 영역으로 디자인하려면 목표 공간과 솔루션 공간

사이에 최적의 적합이 설정되는 방식으로 목표 공간과 솔루션 공간이 중첩되어야 한다. 예술과 같은 영역과 달리 디자인에서 목표 공간은 솔루션 공간보다 훨씬 덜 유연하다. 요구 사항과 제약 조건은 대부분 고정되어 있으며 어느 정도만 협상할 수 있다. 디자인 대상과 행동의 상호작용에 대한 모델 (Generate - Explore 모델, Object-Action 모델)은 디자인 Object(Entity)와 디자인 Process의 관계를 설명하고 있다. 디자인 공간의 발전 과정에서 디자인 과정의 Object에 대한 사고와 Process에 대한 사고가 중요하다. Memory 관련 디자인 모델은 상황을 인식하고 Stimuli를 감지해서 관련 Memory를 활성화하는 과정을 설명하고 있다.

연구 목표에 따라 제안하는 모델은

(1) 디자인 목표, 문제 공간, 솔루션 공간의 공동 발전하는 관계를 고려해야 하고 발전 과정에서 공간의 발산-수렴 반복하는 과정을 통해 아이디어를 생성하는 과정을 표현해야 한다.

(2) 디자인 과정에서 Object에 대한 사고와 Process에 대한 사고의 관계를 고려해야 한다.

(3) 디자인 지식을 활용하는 과정을 설명하기 위해 Stimuli를 감지하고 Memory를 활성화하는 과정을 고려해야 한다.

제 3 장 디자인 지식의 이론적 고찰

Alexander et al(1991)는 지식을 '... 개인의 정보, 기술, 경험, 신념 및 기억의 개인 재고'라고 정의하였다.

지식은 정보와 달리 수행자의 의지와 목적을 포함한다. 정보는 정보 시스템에 저장될 수 있지만 지식은 인간에게 구현되어 있다. 지식 창조는 매우 인간적인 행위이다 (Friedman, 2000). 정보는 인간이 처리하기 전의 'input' 측에 있고 지식은 처리 후의 'output' 측에 있다고 할 수가 있다.

인지 심리학에 대한 많은 연구에는 지식이 문제 해결을 이해하는 데 중요한 관련이 있음을 증명하였다(Larkin & Simon, 1987, Goldstein, 2014, Kovotsky & Simon, 1990). 디자인 분야의 많은 연구(Oxman, 1990, Schon, 1984)에도 문제에 대한 이해와 디자인 대상에 대한 지식이 창의적인 디자인에 대한 중요한 영향을 끼친다는 것을 설명하고 있다.

제 1 절 지식의 분류

지식은 어떤 관점으로 보느냐에 따라 여러 가지 분류 방법이 있다. 본 연구에서는 디자인 지식을 디자인 Object Knowledge와 Process Knowledge로 분류한다. 본 논문에 정의한 Object Knowledge와 Process Knowledge의 특성을 이해하고 범의를 더 명확히 하기 위해 우선 다양한 지식 분류 방법을 고찰하여 각 분류 방법들 간의 관계를 분석하고 디자인 Object Knowledge와 Process Knowledge의 세부적 내용을 살펴보았다.

3.1.1. 명시적 지식(Explicit Knowledge)과 암묵적(Tacit Knowledge) 지식

Polanyi(1966)는 지식을 두 가지 차원인 명시적 지식(Explicit Knowledge)과 암묵적 지식(Tacit Knowledge)으로 구분하였다. 암묵적 지식은 학습과 체험을 통하여 개인에게 습득되지만 겉으로는 드러내지 않는 상태의 지식이고, 명시적 지식은 외부로 표출되어서 여러 사람이 공유할 수 있는 지식이라고 한다. 명시적 지식과 암묵적 지식의 차이는

[표 2]와 같다. 명시적 지식은 표현, 전달, 기록 및 배포될 수 있는 지식(단어, 숫자, 수학 및 과학 공식 등)이고 암묵적 지식은 설명하기 쉽지 않은 지식, 또는 지식 보유자가 자신이 소유하고 있는지조차 모를 수 있고 심지어 자신이 획득했는지 알지 못하거나 의식적으로 회상하거나 회상할 수 없는 지식이다. 이러한 지식의 존재는 언어적 자극, 청각적 단어 자극 및 시각적 자극을 사용하는 프라이밍(Priming) 실험에서 증명되었다(Schacter, Chiu, & Ochsner, 1993).

[표 2] 명시적 지식과 암묵적 지식의 비교

구분	명시적 지식	암묵적 지식
획득	언어나 글로써 습득한 지식	경험을 통해 습득한 지식
전달	언어나 글을 통한 전달	상징 · 은유를 통한 전달
활용예	제품 기능, 구조	디자인 노하우, 디자이너 감각

디자인 지식에도 명시적 지식과 암묵적 지식이 포함된다. 명시적 지식은 제품 문서, 제품 기능 및 구조 설명, 기술 및 관리 시스템, 컴퓨터 알고리즘, 전문 지식 시스템 등에 포함되는 반면에 암묵적 지식은 경험, 직관, 표현되지 않은 모델 또는 암시적인 경험 규칙과 관련된 지식이다(Chandrasegaran et al., 2013).

Eraut(2000)에 의하면 암묵적 지식은 아래와 같이 세 가지 종류로 분류할 수 있다.

1. 사람과 상황에 대한 암묵적인 이해: 디자인 과정에서 디자인 목표를 분석하거나, 디자인 사례 분석을 통해 지식을 습득하는 과정에는 이러한 지식을 사용한다.

2. 정례적인 행동: 여러 번 반복 연습을 통해 생각할 필요가 없이 할 수 있는 행동이다. 예를 들면, 디자인 스케치할 때 생각 없이 자연스럽게 선을 그린다.

3. 직관적인 의사 결정을 뒷받침하는 암묵적인 규칙: 예를 들면, 디자인 요소를 선택하는 이유, 어떤 디자인 행동을 취하는 근거이다.

3.1.2. 선언적 지식, 절차적 지식, 조건적 지식

Anderson (1982)는 지식을 선언적 지식(declarative knowledge), 절차적 지식(procedural knowledge)과 조건적 지식(Conditional knowledge)으로 분류하였다.

선언적 지식은 'Knowing what'으로 설명할 수 있다. 즉, 언어적으로 표상될 수 있는 사실, 개념 등을 지칭한다.

절차적 지식은 'Knowing how', 즉 목표 달성에 필요한 행동을 수행하는 방법에 대한 지식이다.

조건적 지식은 'Knowing when, where, why', 즉 어떤 상황에서 적절한 선언적 및 절차적 지식을 사용하는지에 대한 지식이다.

선언적 지식은 명시적이며 조건적 지식과 절차적 지식은 주로 암묵적인 지식이다. 절차적 지식은 Eraut(2000)의 세 가지 암묵적 지식 중의 정례적인 행동에 해당하면 조건적 지식은 직관적인 의사 결정을 뒷받침하는 암묵적인 규칙에 해당한다.

3.1.3. 디자인 대상 지식(Object Knowledge)과 디자인 프로세스 지식(Process Knowledge)

디자인 지식은 디자인 대상에 관한 지식(Object Knowledge)과 디자인 프로세스에 관한 지식(Process Knowledge)으로 분류할 수 있다(Chandrasegaran et al., 2013).

Anderson (1987)은 지식을 영역 지식(Domain knowledge)과 일반적 프로세스 지식(General process knowledge)으로 분류했고, 영역 지식은 해당 영역에 대한 선언적 지식이고 프로세스 지식은 해당 영역에서 성공적인 결과를 생성하기 위한 일반적인 문제 해결 방법이라고 설명하였다. 디자인 영역에서는 디자인 요구 사항, 구조 간의 다양한 관계, 형상, 기능, 동작, 대상과 관련된 다양한 제약 조건 등을 디자인 대상에 대한 지식은 해당 대상을 디자인할 때만 사용하는 영역 지식으로 설명할 수 있고, 디자인 방법, 디자인 요소를 선택하는 원인과 근거 등 디자인 지식은 일반적 디자인 문제 처리할 때 사용하는 일반적 프로세스 지식으로 설명할 수 있다.

Gero(1990)는 디자인 대상의 기본 요소는 기능(Function), 행동(Behavior), 구조(Structure)로 정의하였다. Umeda et al.(1996)는 디자인 대상 관련 지식은 기능 (Function), 기능 관련 행동 (Behavior),

행동에 따라 변화한 상태 (State)로 분류하였다. Tjalve(1979)는 디자인을 제품의 구조(Structure), 형태(Form), 재료(Material), 치수(Dimension) 및 표면(Surface)을 결정하는 과정으로 설명하였다. 제품의 구조, 형태, 재료, 치수, 표면과 상태는 외형(Appearance)에 속하는 것이다.

3.1.4. 소결

본 연구에서 디자인 대상에 관한 지식(Object Knowledge)을 기능에 대한 지식, 행동에 대한 지식, 외형에 대한 지식으로 분류한다.

디자인 프로세스 관한 지식(Process Knowledge, Kp)은 스케치 기법 등 행동 과정 관련 지식이 아닌 인지과정에 관련 지식이 말한다. Eraut(2000)의 분류 방법을 참고해서 (Kp1) 상황과 사물에 대한 이해, (Kp2) 의사 결정을 뒷받침하는 규칙, 디자인 행동 취하는 원인과 (Kp3) 디자인 요소 선택, 변형의 방법과 근거로 분류하였다.

Grecu & Brown (1998)은 디자인 과정에서 디자인 요소 선택, 변형의 방법과 근거에 관한 지식을 (1) 유추적 연관성, (2) 디자인 매개 변수와 관련된 제약, 제약에 대한 휴리스틱, (3) 디자인 결정의 결과, 결정의 근거, 디자인 매개 변수 간의 종속성 (4) 디자인 방법, (5) 디자인 규칙, 전제 조건 및 사후 조건, (6) 실패 및 충돌, 실패 발견을 위한 휴리스틱, (7) 선호(preferences), (8) 성공적인 디자인 사례, 성공적인 디자인 프로세스로 분류하였다.

각 지식 분류 방법과 본 연구에서 정의한 디자인 Object Knowledge와 Process Knowledge의 범위는 [표 3]과 같다.

[표 3] Design Knowledge의 분류 방법

<table>
<tr><th>연구자</th><th colspan="4">지식의 종류</th></tr>
<tr><td>Polanyi (1966)</td><td>Explicit Knowledge (명시적 지식)</td><td colspan="3">Tacit Knowledge (암묵적 지식)</td></tr>
<tr><td>Eraut (2000)</td><td>n/a</td><td>사람과 상황에 대한 암묵적인 이해.</td><td>직관적인 의사 결정을 뒷받침하는 암묵적인 규칙.</td><td>직관적인 행동</td></tr>
<tr><td>Anderson (1982)</td><td>선언적 지식: Knowing What</td><td colspan="2">조건적 지식: Knowing When/Where/Why</td><td>절차적 지식: Knowing How</td></tr>
<tr><td>Anderson (1987)</td><td colspan="2">영역 지식</td><td colspan="2">일반적 프로세스 지식</td></tr>
</table>

본 연구	디자인 Object Knowledge	디자인 Process Knowledge	
Van Aken (2005)	object knowledge(디자인 대상과 재료의 속성)	realization knowledge(디자인을 실현하기위한 물리적 프로세스)	process knowledge (디자인을 생성하기위한 디자인 프로세스의 특성)
Cross (1999)	Design Knowledge in product(형태, 재질, 표면 등)	in people(디자이너의 능력, 디자인 학습하는 방법 등), in process(디자인 방법)	
Gero (1990)	Function (기능), Behavior (행동), Structure (구조)		
Umeda, et al. (1996)	Function (기능), Behavior (기능 관련 행동), State (행동에 따라 변화한 상태)		
Tjalve (1979)	Structure (구조), Form (형태), Material (재료), Dimension (치수), Surface (표면)		
Grecu & Brown (1998)		디자인 지식 유추, 디자인 제약, 디자인 결정 근거, 디자인 요소 종속성, 디자인 방법, 디자인 규칙, 디자인 선호, 디자인 성공 사례	
Popovic (2002)	domain-specific knowledge (DSK) experiential knowledge (EK)	goal-limited strategies (GLS)	general strategies (GS) knowledge interaction.
Eilouti (2009)		Precedent-Based Design, Precedent- Based Analysis, Precedent-Based Evaluation	

제 2 절 Design Knowledge Representation

지식 표현은 지식을 이해하는 중요한 수단으로서 1960년 McCarthy가 최초로 인공 지능 분야에서 연구를 시작했지만, 그 영향은 디자인 프로세스를 포함한 많은 분야로 확장되었다.

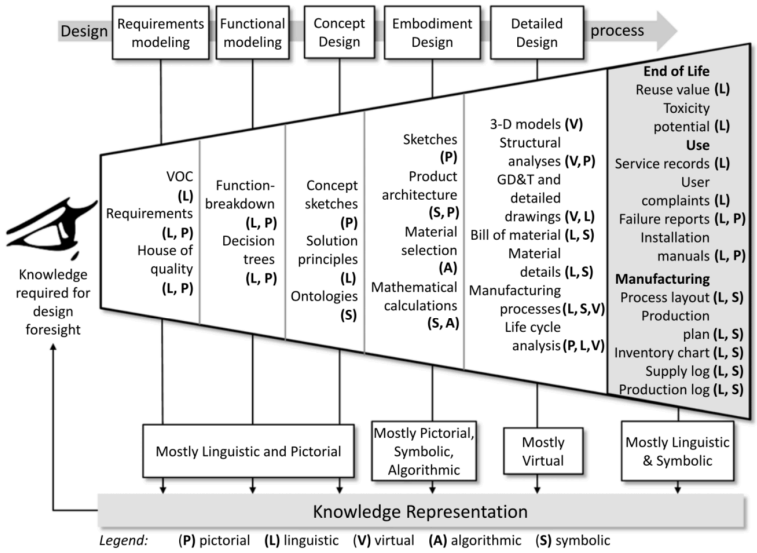
Hewitt et al. (1973)이 인공지능 Agent Model의 최초 원형인 Actor Model을 제안했고 그 이후에 Marvin Minsky의 책 'The Society of Mind' (1988) 에서 "agent"라는 용어가 사용되며 인공지능 분야에서 많이 사용된 개념이 된다. Minsky는 생물체는 수많은 세포로 구성하는 것처럼 Mind는 작은 프로세스를 수행하는 수많은 Agent로 구성한다고 표현하였다. 한 Task를 수행하기 위해 우선 목표가 있고 기본 프로세스(Agent)가 있다. 기본 Agent 또한 기본 프로세스를 수행하기 위한 작은 Agent로 구성한다. 이처럼 디자이너가 디자인 작업할 때

디자인 목표를 작은 문제들로 세분화하고 각 문제를 해결하기 위해 디자이너가 의도와 지식을 가지고 디자인의 각 step을 수행한다.

Agent 개념을 바탕으로 Gruber(1993)는 지식 공유 및 재사용을 가능하게 하기 위해 지식표현 모델인 온톨로지 모델을 제안하였다. 온톨로지는 agent 또는 agent의 조합(agency)의 개념 및 관계에 대한 설명이다. 온톨로지는 특정 분야를 기술하는 데이터 모델로서 특정한 분야(domain)에 속하는 개념과 개념 사이의 관계를 기술하는 정형(formal) 어휘의 집합으로 이루어지고 추론에 사용된다. (Noy, & McGuinness, 2001).

이러한 디자인 분야에 속하는 개념과 개념 간의 관계 서술을 통해 디자인 지식을 표현하고 지식 데이터베이스를 구축해보는 시도가 많다. Gero(1990)는 기능(Function), 행동(Behavior), 구조(Structure)의 관계를 설명하는 FBS Framework를 제안하였다. Umeda et. al. (1996)가 제안한 기능, 기능 관련 행동, 행동에 따라 변환한 상태, 관련 object의 관계를 설명하는 Function-Behavior-State 모델을 통해 예상된 상태가 되지 않으면 (예: 불 안 켜진다), 디자인 과정에서 누락된 요소를 추론한다. Brière-Côté et al. (2010) 는 특정 요구에 맞기 위해 변형된 제품 요소와 고유 구성 요소를 체계적으로 기록할 수 있는 Adaptive generic product structure (AGPS) 시스템을 제안하였다. 기록된 데이터를 온톨로지 Database로 구축하여 사용자의 선택을 통해 관련 요소를 추출해서 재활용한다. Jin et al. (2008) 제안한 디자인 재사용 시스템에는 제품의 세부 정보를 설명하는 제품 도메인 모듈과 제품의 의미를 설명하는 엔지니어링 시맨틱 모듈이 맵핑해서 시스템을 통해 제품 정보의 캡처, 표현, 저장 및 검색 가능하다.

Owen과 Horváth(2002)는 지식 표현의 형식을 그림(Pictorial), 상징(Symbolic), 언어(Linguistic), 가상(Virtual) 및 알고리즘(Algorithmic)의 다섯 가지 범주로 분류한다. Chandrasegaran et al.(2013)는 [그림 20]과 같이 디자인 프로세스 흐름을 기반으로 저자의 경험에 따라 각 단계에서 사용되거나 생산되는 다양한 형태의 지식을 나열하였다. 디자인의 초기 단계에서 지식 표현은 언어와 그림을 많이 사용되며, 디자인 진행하면서 상징, 가상 및 알고리즘 등 다양한 표현을 더 많이 사용되고 더 많은 데이터를 축적된다. Jung et al. (2005)는 디자이너의 Viewpoint에 따라 디자인 과정의 멀티미디어 데이터를 정리해서 관리하는 DIF 지식관리 시스템(DIF-KMS)을 제안하였다.



[그림 20] Knowledge representations in product design (Chandrasegaran et al., 2013)

이렇게 디자인 과정에서 축적된 데이터는 물리적인 Artifact에 존재하며, 인지과정의 Perception Processor를 통해 감지하고, Memory에 있는 지식으로 재해석해서 지식으로 전환하고, 적절한 표현을 사용하여 디자인의 문제해결 단계에 다시 input할 수 있다.

기존 연구는 제품 혹은 엔지니언 디자인 분야에서 디자인 작업 과정의 제품 사이즈, 기능, 구조, 기술, 알고리즘 등을 지식을 기록하고 후속 작업에서 재활용할 수 있도록 Database를 구축하는 연구가 많지만 주로 Object Knowledge의 표현과 Database 구축에 대한 연구이고 Process Knowledge의 지식 표현에 대한 연구가 부족하다. 지식의 습득과 지식 Database 구축하는 과정을 이해하기 위해 지식의 인지적 학습 이론을 고찰할 필요가 있다.

제 3 절 지식의 인지적 학습 이론(Cognitive Learning Theory)

인지학습이론(Cognitive learning theory)은 학습자가 기억 속에서 학습 사태 중 일어나는 여러 가지 사상에 관한 정보를 보존하고 조직하는 인지구조를 형성함으로써 학습이 일어난다고 보고 있다. 학습이론은 인간을 외부자극에 대한 수동적인 반응체로 간주하지 않고, 학습이 일어나는 현상을 설명하는 방식이다.

인지학습이론의 중심 주제는 개념 형성, 사고 과정, 지식의 획득 등이며, 인간의 지각, 인식, 의미, 이해, 그리고 이와 유사한 의식적 경험이 학습을 결정하는 중심 개념이라고 간주한다.

3.3.1. 연결주의 이론(Connectionism)

기억에서 관련된 정보가 연결된다는 개념은 1980년대 이후 연결주의 이론을 거쳐서 신경망 모형 이론으로 발전하였다.

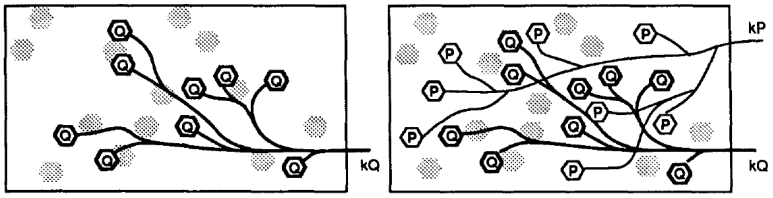
연결주의적 접근은 개념이 input unit, hidden unit 및 output unit로 구성된 네트워크에 표시되고 개념에 대한 정보가 unit의 분산 활성화에 의해 네트워크에 표시된다고 제안한다. 신경망 모형은 인간의 뇌에 복잡하게 연결된 천억 개 이상의 신경망 단위체인 신경망과 시냅스 구조는 서로 연결되고 상호작용하면서 정보를 처리한다는 연결주의 모형에 근거하고 있다. 서로 다른 기억을 담당하는 단위 요소들이 두뇌 시냅스의 여러 부분에 분산되어 저장되어 있고 자극에 의해서 연결되면서 정보가 회상되거나 새로운 생각을 연상할 수 있다(Rumelhart et al., 1986). 인간이 정보를 처리하는 과정은 신경망의 노드에 개별적으로 기억된 정보가 다른 노드에 기억된 정보를 촉발하여 연결되는 확산적 정보 처리와, 개별적인 노드들이 서로 연결되어 조합되는 수렴적 정보 처리가 끈임없이 반복된다(Barabási, 2003). 이 접근 방식을 병렬 분산 처리(parallel distributed processing, PDP) 접근 방식이라고도 한다.

연결주의 네트워크는 활성화가 한 unit에서 다른 unit로 전달되는 방식을 결정하는 가중치 조정을 포함하는 점진적 학습 프로세스를 통해 특정 개념에 대한 올바른 분산 패턴을 학습한다. 연결주의 네트워크는 학습의 일반화를 설명할 수 있다. 유사한 개념에는 유사한 패턴이 있기 때문에 한 개념의 속성을 인식하도록 시스템을 훈련하면 다른 관련 개념에 대한 정보도 제공된다(McClelland, et al., 1995). 연결주의 네트워크에는 인간 개념 형성의 많은 측면을 재현할 수 있는 많은 기능이 있다. 인간의 뇌에 기억된 정보가 시냅스에서 병렬적으로 연결되는 원리를 적용하여 최근 인공지능 알고리즘이 개발되고 있다.

Minsky는 연결주의의 노드와 유사한 개념으로 "Agent"라는 개념을 제시하였고, Mind는 작은 프로세스를 수행하는 수많은 Agent로 구성된다고 설명하였다. 한 Task를 수행하기 위해 우선 목표가 있고 기본 Agent가 있으며, 이는 Agent들을 포함하고 있다고 설명한 것이다.

Marvin Minsky는 그는 Agent가 지식을 저장 및 사용하는 과정을 설명하기 위해 [그림 21]과 같이 K(Knowledge)-lines 기억 이론을 제안하였다. 문제를 해결하거나 기억할 만한 경험(P)을 할 때 가진 지식을 연결시킨 K-line(kP)이 생기고, 새로운 문제(Q)를 만날 때 마음에서 어떤 부분이 전에 경험했던 문제(P)를 닮았다고 추정하고 관련 K-line(kP)을 활성화시키고 문제 해결하면서 새로운 K-line(kQ)이 생성된다.

새로운 사건 발생할 때마다 기존 K-line 그래프에 새로운 K-line을 통합하여 확장을 수행한다. 더 많은 K-line을 통합함으로써 기존 지식을 기반한 다양한 대안 "생각 방법"의 능력을 확장한다. 이런 의미에서 디자인 작업을 할 때 새로운 K-line들 생기고 기존 K-line들과 연결해서 지식을 지속적으로 확장하고 창의적 사고의 가능성이 높아질 것이다.



[그림 21] 그림 20 K-lines 기억 이론 (Minsky, 1988)

예를 들면, 마우스 디자인 과정에서 손으로 잡은 형태(a), 마우스의 기능(b), 외관 스타일(c) 등에 관련 K-line이 형성할 수 있고 이후 마우스 디자인과 유사한 점(a)이 있는 다른 작업(예를 들어 손잡는 형태(a)를 고려해야 한 리모콘 디자인)을 할 때 K-line(a)를 활성화하고 문제에 따라 K-line(a)에 있는 지식을 변형, 추가, 새 지식 생성 등 통해 새 K-line(a)를 생성한다.

Toptsis와 Dubitski(2009)는 Minsky의 K-lines 이론을 바탕으로 인과 관계와 관련된 사건들을 통해 지식을 포착하는 인공지능의 학습 모델 Artificial K-lines를 제안하였다. 새로운 사건 발생할 때마다 기존 K- line 그래프에 새로운 K-line을 통합하여 확장을 수행한다. 더 많은 K-line을 통합함으로써 인공지능이 기존 지식을 기반한 다양한 대안 "생각 방법"의 능력을 확장한다. 이런 의미에서 디자인 작업을 할 때마다 새로운 K-line들 생기고 이러한 K-line들로 구성된 데이터베이스는 지식을 지속적으로 확장하고 창의적 사고의 가능성을 높이는 도구가 될 것이다.

3.3.2. 지식 범주화(categorization)

카테고리(Category)는 "지식에 향한 포인터"이다(Yamauchi & Markman, 2000). 어떤 것이 카테고리에 속한다는 것을 알게 되면 그것에 대해 많은 일반 사항을 알게 되며 이 특정 대상에 대해 특별한 것을 지정하는 데 에너지를 집중할 수 있다.

범주화에 대한 접근법은 정의 접근법(definitional approach), 원형 접근법(prototypical approach), 예시 접근법(exemplar approach)이 있다.

대부분의 카테고리에는 정의를 따르지 않는 구성원이 포함되어 있기 때문에 범주화에 대한 정의 접근법은 작동하지 않는다.

범주화에 대한 원형 접근법은 특정 객체가 특정 카테고리에 속하는지 여부를 프로토타입이라고 하는 해당 카테고리의 범례와 유사 여부로 판단하는 것이다. 프로토타입은 사람이 과거에 발생한 카테고리의 구성원을 평균화함으로써 형성된다. 프로토타입성이 높은 객체의 특성은 (a) 카테고리에 있는 개체들과 매우 유사하다. (b) 개체에 관한 설명은 신속하게 검증될 수 있다, (c) 최초로 명명되다, 혹은 (d) priming의 영향을 더 많이 받는다.

원형 접근법과 마찬가지로 범주화에 대한 예시 접근법은 객체가 다른 객체와 유사 여부를 판단하는 것을 포함한다. 그러나 원형 접근법에 대한 표준은 카테고리의 단일 "평균" 구성원인 반면, 예시 접근법에 대한 표준에는 각각을 예시라고 하는 많은 예시가 포함된다. 예시는 과거에 만난 카테고리의 실제 구성원이다. 따라서, 만약 과거에 참새, 로빈, 블루제이를 만난 적이 있다면 이들 각각은 "새" 범주에 대한 예시가 될 것이다.

연구자들은 사람들은 범주화에 원형 접근법과 예시 접근법 두 가지 접근 방식을 모두 사용한다고 한다. 사람들이 카테고리에 대해 처음 배울 때 프로토타입이 더 중요할 수 있고, 나중에 예시 정보가 더 중요해질 수 있다(Malt, 1989, Minda & Smith, 2001)

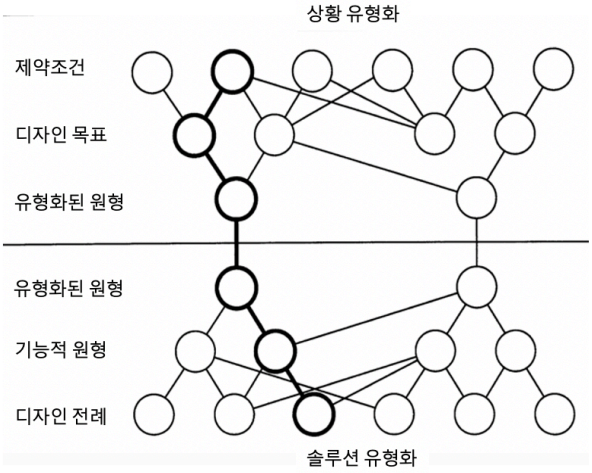
전문가를 대상으로 한 실험에 따르면 분류의 기본 수준은 개인의 전문 지식 수준에 따라 달라질 수 있다.

이러한 관점에서 Oxman(1990)은 디자인의 동적 지식 모델(a dynamic knowledge-based model of design and creativity)을 제안했고 디자인 지식 인지, 학습, 사용하는 과정 유형화(typification)와 일반화(generalization)로 설명하였다.

일반화는 메모리의 Prior 지식과 일치시키기 위해 새로 발생한 상황을 추상화하여 분류하고 Prior 지식에 access하는 프로세스이다. 디자인 선례(precedent) 유형화는 과거 디자인 작업을 access 가능하게 유형화하고 메모리에 분류 저장하는 프로세스이며, 디자인 목표 유형화는 새로운 디자인 작업의 목표를 유형화해서 과거 작업과 매칭시키는 프로세스이다.

과거 경험에서 얻은 디자인 지식을 검색하는 과정은 [그림 22]과 같이 디자인 목표, 상황과 제약조건을 일반화하고 유형화해서 메모리에 있는 유형화된 솔루션과 매칭시키는 과정으로 설명할 수 있다. 매칭 방법은 부분 매칭 및 재구성 추론, cross-contextual 매칭 및 explanation 매칭이 있다.

디자이너의 경험은 관련 솔루션을 식별하는 단서를 제공한다. 현재 디자인 상황과 이전 디자인 경험 사이의 유사점을 인식하는 능력은 디자이너의 중요한 능력이다.

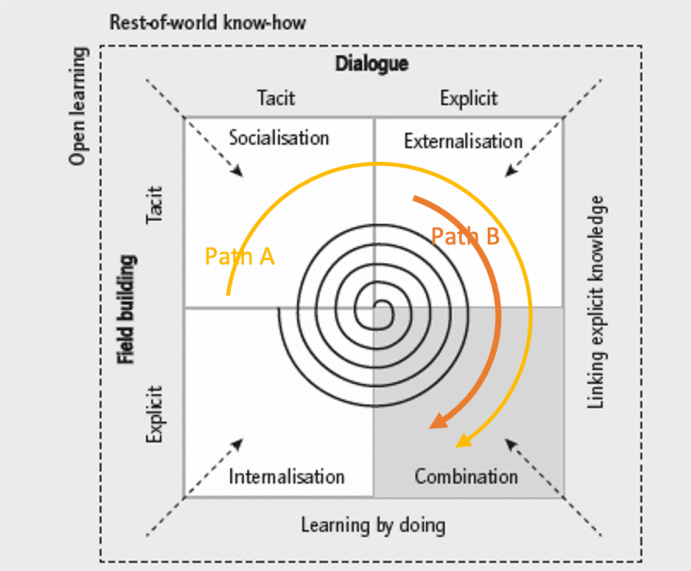


[그림 22] 현재 작업과 과거 솔루션을 매칭시키는 과정 Oxman (1990).

3.3.3. 암묵지와 명시지의 상호작용

Nonaka와 Takeuchi (1995)은 지식 창조를 위해 공유된 가상 혹은 실질적 공간으로 'ba(공간)'라는 개념을 제시하고 창조의 과정을 제시하였다[그림 23]. Nonaka and Takeuchi(1995)에 따르면, 새로운 지식의 생성은 명시적 지식과 암묵적 지식 사이의 상호 작용의 나선형 과정이다. 지식 나선 모델은 SECI(socialization, externalization,

combination, internalization) 모델이라고도 하며 사회화, 외부화, 결합 및 내부화를 나타낸다. 첫째, 사회화는 암묵적 지식에서 암묵지로 지식을 창출하는 과정이다. Nonaka와 Takeuchi(1995)는 사회화를 "경험을 공유함으로써 공유된 정신 모델 및 기술적 기술과 같은 암묵적 지식을 생성하는 과정"으로 설명하였다. 암묵적 지식은 "관찰, 모방, 실천 및 공식 및 비공식 커뮤니티에서의 참여"를 통해 사회적 상호 작용에서 공유될 수 있다. 둘째, 외부화는 "암묵적 지식을 명시적 개념과 은유로 명확히 표현하는 과정"을 의미한다. Yeh et al. (2011)은 외부화를 "지식 창출의 열쇠"로 설명하였다. 조직 전체에서 공유할 수 있는 것은 암묵적 지식을 명시적 지식으로 표현할 수 있을 때에만 가능하다(Nonaka, 2007). 셋째, 조합은 리뷰 보고서 및 추세 분석과 같은 다양한 매체의 도움을 받아 개념을 지식 시스템으로 통합하고 체계화하는 과정을 의미하므로 명시적 지식에서 명시적 지식으로 전이된다(Siu, 2006; Yeh et al., 2011). 이를 통해 명시적 지식을 쉽게 전달할 수 있다(Siu, 2006). 마지막으로 내재화는 '행위에 의한 학습' 개념을 촉진하는 '명시적 지식을 암묵적 지식으로 구현하는 과정'을 의미한다. 명시적 지식을 내면화할 수 있다면 암묵적 지식으로 전환할 수 있다. 따라서 지식 나선 모델은 네 가지 프로세스가 서로 지속적으로 상호 작용하기 때문에 명시적 지식과 암묵적 지식이 실제로 완전히 별개의 실체가 아님을 알 수 있다.

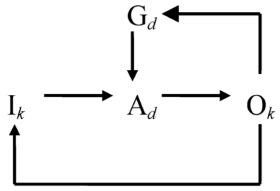


[그림 23] Nonaka and Takeuchi SECI Model (1995)

제 4 절 knowledge interaction in design process

3.4.1. 지식 전환 모델

Sim & Duffy(2003)는 디자인 과정에서의 지식 전환 모델[그림 24]을 제안하였다. 디자인 목표(Gd)와 관련 지존 지식(Input 지식(Ik))부터 시작하고 디자이너가 목표 달성하기 위해 디자인 행동(Ad)을 취한다. 이 과정에서 지식 전환(Design Transfer)이 발생하고 새로운 지식(Output 지식(Ok))이 생성된다. Sim & Duffy (2004)는 기존 디자인 지식에서 새로운 지식으로 전환하는 (1) 추상화 / 구체화, (2)관련 / 관련 해제, (3) 파생 / 랜덤화, (4)설명 / 발견, (5)그룹 / 그룹 해제, (6) 일반화 / 전문화, (7) 유사성 비교 / 차이 비교 등 일곱 가지 방법을 설명하였다. 전환된 지식은 메모리에 저장되고 다른 디자인 행동할 때 Input 지식이 될 수 있다.



[그림 24] 디자인 과정의 지식 전환 과정 (Sim & Duffy, 2003)

3.4.2. 디자인 지식 Level 모델

Thoring & Mueller는 디자인 지식을 네 단계 level로 분류했고 [그림 25]과 같이 level 간의 지식 전환 모델을 제안하였다.

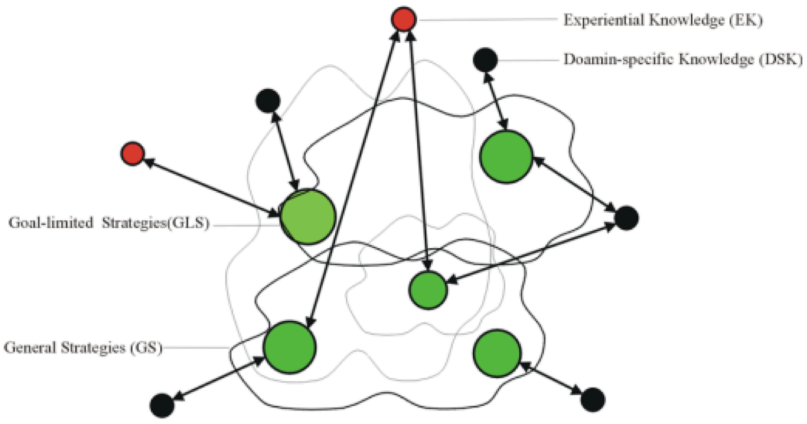
Levels of Design Knowledge	Type	Representation
D **Model Level** (Models and Theories)	**Design Theories**	Testable Design Theories (e.g. Golden Ratio)
Transition C↔D Theory Formation / New Concepts		
C **Symbolic Level** (Explicit Knowledge)	**Design Rational**	Design Terminology, Design Rules (e.g. technical Drawings, Manuals)
Transition B↔C Externalise / Internalise		
B **Neuronal Level** (Tacit Knowledge)	**Design Intuition**	Design Intuition, Skills (e.g. Master-Apprentice, Trial-and-Error)
Transition A↔B Filtering / Adjust Filters		
A **Physical Level** (3D Form & Instantiations)	**Design Artifacts**	Form, „Gestalt“, Embodied Knowledge (e.g. Bionics)

[그림 25] 디자인 지식 Level 모델

Level A는 물리적 형태이다. 제조 기술, 사용, 기능 등에 대한 지식은 물리적 형태로 "frozen"된다. Level B는 일반적으로 경험과 연습을 통해서 얻은 직관적이나 암묵적인 지식이다. Level A에서 Level B의 지식 진화는 환경과 사물에 대한 디자이너의 인식을 통해 지식을 필터링한다. 즉, (Kp1) 상황과 사물에 대한 이해에 대한 지식을 사용한다. Level C는 텍스트, 그림, 심볼 등으로 코드화된 디자인 지식이다. Level B에서 Level C의 지식 진화는 암묵적 지식을 체계화하고 문자로 기록, 스케치 등 디자인 skill을 통해 지식 표현하고 외부화한다. 즉, (Kp2) 디자인 행동 취하는 원인과 방법에 대한 지식과 (Kp3)디자인 요소 선택 및 변형의 근거에 대한 지식을 사용한다. Level D는 테스트 가능한 이론과 모델로 표현된 디자인 지식이다. Level C에서 Level D는 지식 Frame, 모델 또는 이론으로 Level C의 지식을 총괄한다.

Popovic(2004)는 general knowledge와 strategy 사이의 연결을 설명하고 domain-specific design knowledge와 상호 작용하는 방법을 설명하기 위해 Integrated knowledge connection model을 제안하였다[그림 26]. 디자인 프로세스의 초기 단계에서 생성된 디자이너의 스케치에 대한 연구를 기반으로 지식을 식별한다. General 및 Goal-limited Strategy의 적용은 제품 디자인 및 정보 디자인 영역 내에서 분석되고 비교된다. General design strategic knowledge는 모델과 관련 Domain-specific knowledge의 상호 작용을 추론하는 기초로 사용된다. Goal-limited strategy는 디자인 프로젝트 목표 지향 절차이며, Goal-limited strategy의 확장은 목표 제한 전략의 성취와 domain(제품 또는 정보 디자인)에 의존하는 domain-specific knowledge 및 experiential

knowledge와의 상호 작용에 달려 있다. Integrated knowledge connection model은 디자인 프로젝트의 복잡성에 따라 달라진다.

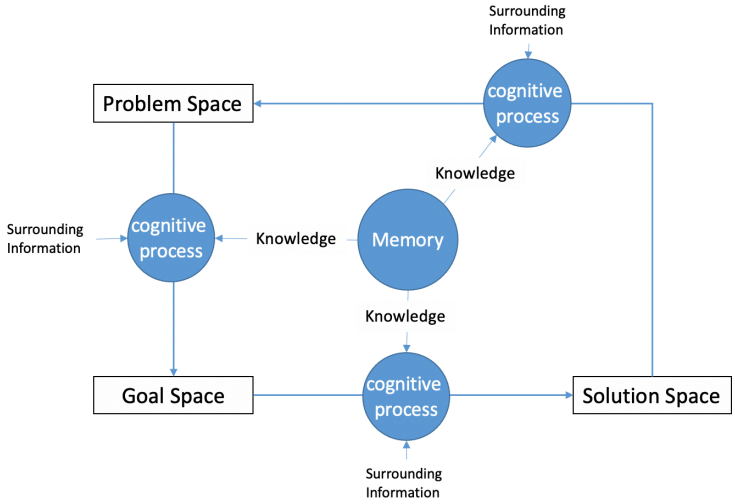


[그림 26] Integrated knowledge connection model (Popovic, 2002)

제 4 장 디자인 지식 상호작용 모델 구성

제 1 절 지식 상호작용 모델 frame 정의

2장의 인지적 관점에서의 디자인 문제 해결 Ideation 과정에 대한 이론적 고찰을 통해, triggering되는 디자이너의 cognitive process에서 생성되는 design knowledge와의 관계를 설명하기 위하여 모델의 기본 frame [그림 27]과 같이 구성하였다.



[그림 27] 기본 모델 Frame

Newell과 Simon(1972)은 문제 해결 과정을 목표의 진술과 문제에 대한 해결책 사이의 경로를 찾기 위해 문제 공간을 탐색하는 과정이라고 하였다. 자신의 문제공간 내부를 탐색하여 목표지향적 활동을 진행하고 솔루션을 찾는다. 즉, 디자인 문제해결 과정은 목표 공간 – 문제 공간 – 솔루션 공간을 중첩시키기 위해 세 공간 사이에 최적의 적합을 구하려는 과정으로 설명할 수 있다. 세 공간 간의 연결고리를 찾는 과정에서 Memory에 저장되어 있는 Knowledge와 외부 정보(Surrounding Information)를 공통 작용해서 감지(Perception), 정보 처리 프로세스(Information Processes), 표현(Representation), 및 이용 가능한 모든 지식으로 구성된 Cognitive Process가 형성된다. 4장은 [그림 27]의 기본 frame을 바탕으로 이러한 design process – cognitive process – design knowledge의 기본 관계를 더 구체화한다.

제 2 절 인지적 관점으로 본 디자인 프로세스

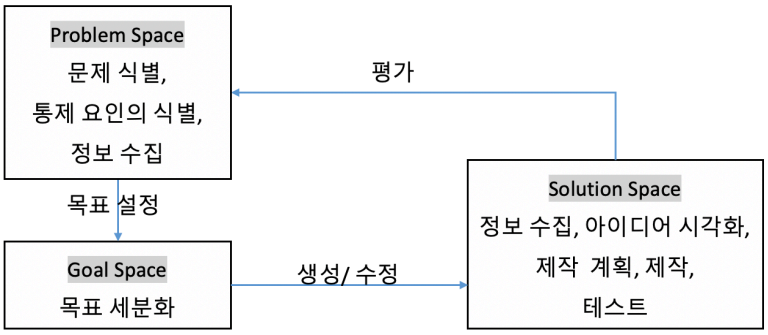
4.2.1. 디자인 프로세스

Design Council(2005) 개발한 더블 다이아몬드 프로세스(Double Diamond Design Process)에서는 생각의 확산과 수렴을 반복하는 과정으로 문제 공간과 솔루션 공간을 구성하였다.

Dorst, & Cross(2001)는 창의적인 디자인은 먼저 문제를 정의한 다음 만족스러운 솔루션을 찾는 것이 아니라 문제 공간과 솔루션 공간 사이의 분석(analysis), 합성(synthesis) 및 평가(evaluation) 프로세스를 지속적으로 반복하면서 문제 이해와 솔루션에 대한 아이디어를 함께 개발하고 개선하는 과정으로 설명하였다.

Johnsey(1995)는 1971년부터 1995년까지의 17개의 디자인 또는 문제 해결 프로세스에 대해 모델을 분석 비교하여 디자인 과정을 문제 식별(Identifying), 통제 요인의 식별(Clarifying), 문제의 순서와 구조화하여 디자인 목표 설정(Specifying), 문제와 관련된 특정 정보 수집(Researching), 솔루션 생성(Generating), 가능한 대안에서 선택(Selecting), 아이디어 시각화(Modelling), 제작 계획(Planning), 제작(Making), 테스트(testing), 수정(Modifying), 평가(Evaluating) 등 12개 단계로 나누었다.

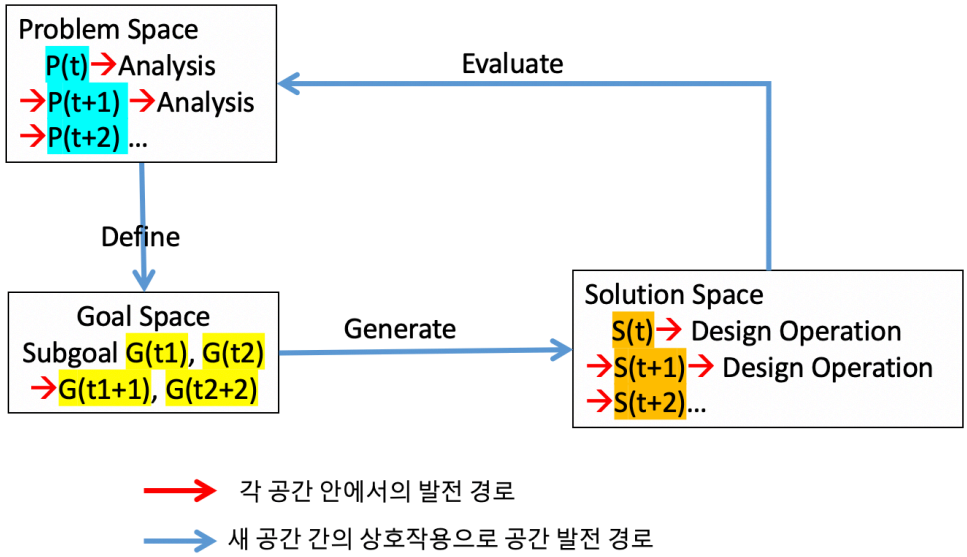
이 12개 단계 [그림 28] 중에 문제 식별, 요인의 식별 단계는 문제를 분석(Analyze)하는 과정이고 문제 공간에서 발생한다. 디자인 목표 설정은 문제 공간과 목표 공간의 연결이고, 목표 공간에서 솔루션공간으로 발전하는 과정에서 솔루션 생성 / 수정 과정을 발생한다. 아이디어 선택, 시각화, 제작 계획, 제작, 테스트는 솔루션 공간의 발전과정에서 발생하고 평가는 현재 솔루션의 문제점을 발견하므로 솔루션 공간에서 문제 공간을 연결하게 된다. 자료수집 단계는 솔루션 공간과 문제 공간에서 모두 발생할 수 있다. Johnsey(1995)의 연구를 방탕으로 Alan과 Herbert (1972), Minsky(1988)의 이론에 따라 목표 공간에 하위 목표를 설정하는 '목표 세분화'를 추가하였다.



[그림 28] 디자인 프로세스 단계와 디자인 공간의 관계

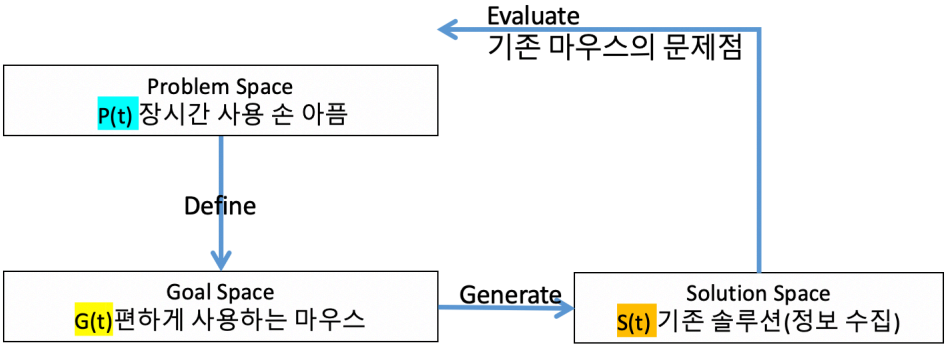
Kelly(1987)는 이러한 디자인 과정을 니즈와 기회 정의(Identifying needs and opportunities), 디자인 생성(Generating a design), 기획 및 제작(Planning and making), 평가(Evaluating)의 4 단계로 정리하였다. 디자인 공간 이론과 결합해서 보면 니즈와 기회 정의는 문제 공간 → 목표 공간의 과정에서, 디자인 생성은 목표 공간 → 솔루션 공간의 과정에서, 평가는 솔루션 공간 → 문제 공간의 과정에서 발생한다. 기획 및 제작은 디자인 행동을 통해 솔루션 공간을 발전하는 과정이다.

이러한 관점에서 본 연구는 [그림 29]와 같이 문제 공간 분석을 통해 디자인 목표를 정의, 목표에 따라 솔루션 공간 생성, 솔루션 공간을 평가해서 새로운 문제 발견하는 디자인 프로세스 Frame을 구성하였다. 문제 공간 발전은 (1) 문제 공간 안에서 탐색, 발견, 분석을 통해 문제 공간 발전, (2) 솔루션을 평가하는 과정에서 새로운 문제 발견을 통해 문제 공간을 확장한다는 두 가지 경로가 있다. 목표 공간의 발전은 (1) 목표 분석을 통해 작은 하위 목표로 분해, (2)문제 공간에 대한 새로운 해석이 있어서 새로운 목표를 정의한다는 경로가 있고 솔루션 공간의 발전도 (1) 솔루션 공간 내부에서 아이디어 선택, 스케치, 프로토타이핑 등 디자인 행동을 동해 솔루션을 반전, (2) 솔루션 평가를 통해 문제 발견-목표 정의-솔루션 수정 혹은 새로운 솔루션을 생성한다는 경로가 있다. 즉, 각 공간의 발전은 (1)새 공간 간의 상호작용으로 공간 발전과 (2) 각 공간 안에서의 발전 경로가 있다.



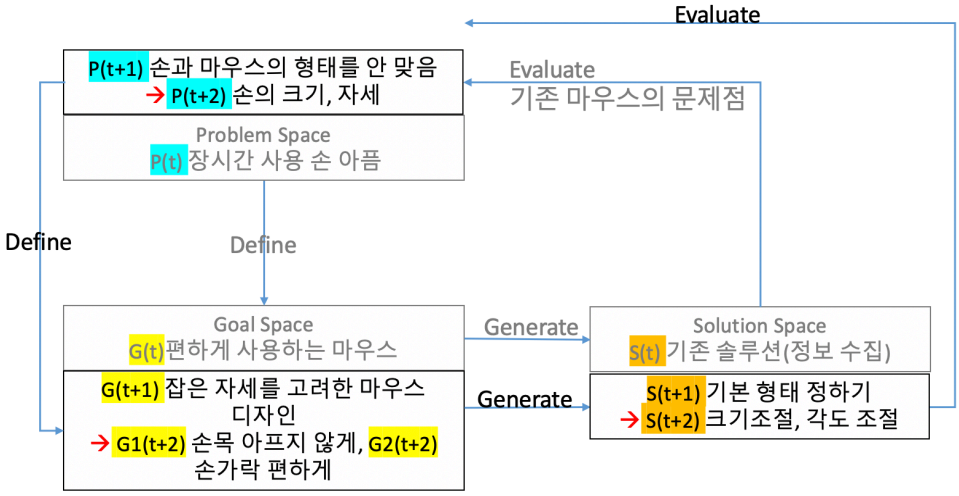
[그림 29] 문제 공간 - 디자인 목표 공간 - 솔루션 공간 Frame

마우스 디자인으로 예를 들어, 새 공간 간의 상호작용으로 공간 발전하는 과정은 [그림 30]과 같이 장시간 사용해서 손이 아프다는 문제점을 발견하고 편하게 사용하는 마우스 디자인 목표를 정하고, 목표에 따라 정보 수집해서 기존 솔루션을 조사하고. 기존 마우스를 평가해서 새로운 문제점 발견한다.



[그림 30] 경로 (1): 새 공간 간의 상호작용으로 공간 발전

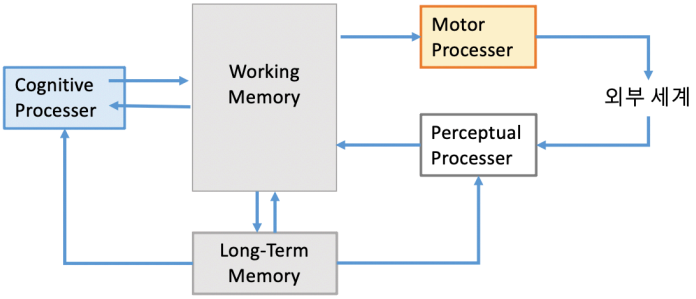
각 공간 안에서의 발전과정은 [그림 31] 문제 공간에는 손과 마우스의 형태를 안 맞는다는 문제점을 분석을 통해 손의 크기, 자세 등 문제요인을 발견한다. 목표공간에는 잡은 자세를 고려한 마우스 디자인이라는 목표를 세분화해서 손목 아프지 않게, 손가락 편하게 등 하위 목표를 정한다. 솔루션 공간에는 기본 형태 정하고 크기 조절, 각도 조절 등 디자인 행동을 통해 솔루션이 발전한다.



[그림 31] 각 공간 내부에서의 공간 발전

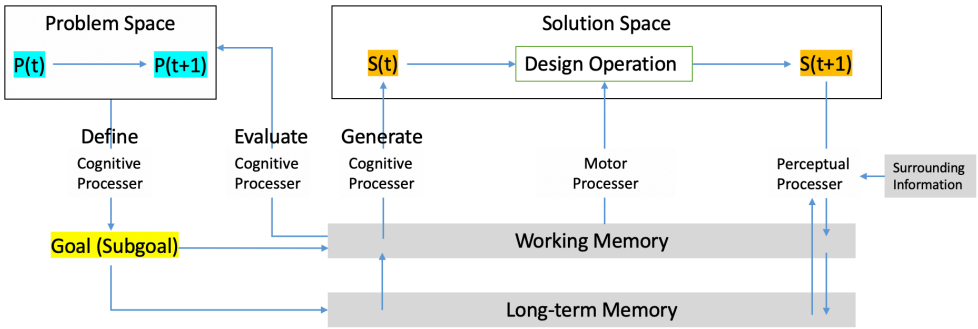
4.2.2. 인간 정보 처리 모듈

앞서 언급한 듯이 인간 정보 처리는 지각 (perceptual), 인지(cognitive) 및 운동(motor) 시스템과 Memory의 상호 작용하는 결과이다. Card, Moran과 Newell의 모델을 바탕으로 [그림 32]과 같이 인지 학습 과정을 정리한다. 하향식의 perception 처리 이론에 따라 디자이너가 외부 세계를 감지하는 과정은 Memory에 저장되어 있는 내부적인 지식과 외부적인 Stimuli의 공통 작용하는 결과이고 외부 세계의 개체를 시각, 청각, 촉각 등을 통해 지각하고, Working Memory에 저장되며, Long-term Memory에 저장되어 있는 지식을 활용해서 들어온 정보를 Cognitive Processor에서 체계적으로 처리하여 Motor Processor를 통해 처리 결과를 Output 한다. 이 과정에서 정보를 Working Memory에 보관하고 필요한 경우마다 정보를 재생시켜 원하는 곳에 활용한다. 정보 처리하는 과정과 Working Memory에 보관한 중요한 정보를 Long-term Memory에 저장하고 학습된다.



[그림 32] 인간 정보 처리 모듈

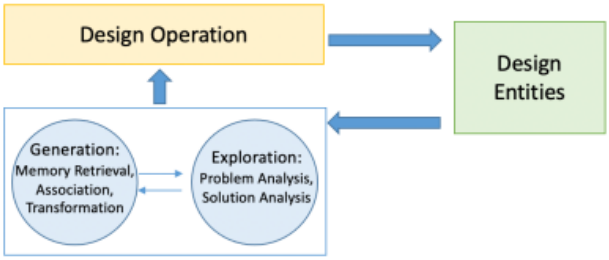
[그림 29]의 Frame에 인지과정 모듈 추가해서 [그림 33]의 인지-디자인 프로세스 Frame을 구성하였다. Cognitive Processor에서 문제 공간을 분석하고 디자인 목표를 정의하고 목표에 따라 Memory에 저장되어 있는 관련 지식을 활성화하고 Working memory에 보관한다. 조합, 변형 등 Cognitive Process를 통해 솔루션을 생성한다. Motor Processor에서 스케치 등 디자인 행동을 통해 솔루션을 발전한다. Perceptual Processor를 통해 생성된 디자인을 지각하고 다시 Cognitive Processor를 통해 평가해서 문제를 발견하여 문제 공간을 업데이트한다. 그 외에 디자인 폴더에 저장된 사례, 디자인 레퍼런스 등 외부 정보가 Perceptual Processor를 통해 후속 디자인 과정에서 활용할 수 있도록 Working Memory에 저장된다.



[그림 33] 디자인-인지 프로세스 Frame

Cognitive Processor에 대해서 Finke et al. (1992)는 디자인 Cognitive Process는 생성(Generate) 과정과 탐색(Explore) 과정을 반복하여 문제 해결을 위한 아이디어를 생성한다고 하였다. 생성 과정은 메모리 검색(Memory Retrieval), 연상(Association), 변형(Transformation)을 포함하고, 탐색 과정은 문제 분석(Problem

Analysis)과 솔루션 분석(Solution Analysis)을 포함한다. Benami와 Jin(2002)은 디자인 인지 프로세스 통해 디자인 개체(Entity)를 작업으로 가져오고, 디자인 작업(Design Operation)을 통해 만들어진 새로운 디자인 개체가 다시 디자인인지를 자극한다. 이 두 개의 모델을 결합하여 디자인 과정에서의 인지를 [그림 34]와 같이 구성하였다.



[그림 34] 디자인 인지과정 모듈

Motor Processor에 대해서 Goldschmidt(1991)는 디자인 작업(Design Operation)을 "디자인되고 있는 Entity와 관련된 일관된 제안을 제시하는 추론 행위"로 정의하였다. Suwa et al. (2000)은 디자인 행동(Design action)을 물리적 행동(Physical action, 종이에 물리적으로 묘사된 것과 같은 직접적인 행동), 지각적 행동 (Perceptual action, 시공간적 특징에 대한 주의를 기울이는 행동). 개념적 행동(Conceptual action, 목표 설정)으로 분류하였다. 즉, Suwa et al.의 Design action 개념에는 Goldschmidt의 Design Operation(디자인 작업, 물리적 행동) 개념을 포함한다. 이러한 정의를 참조해서 본 연구에는 Design action은 디자이너의 인지과정의 지각적 행동, 인지적 행동과 물리적 행동 포함하는 개념이고, Design Operation은 디자이너의 머릿속에 있는 것을 표현하는 행동으로 구별하였다.

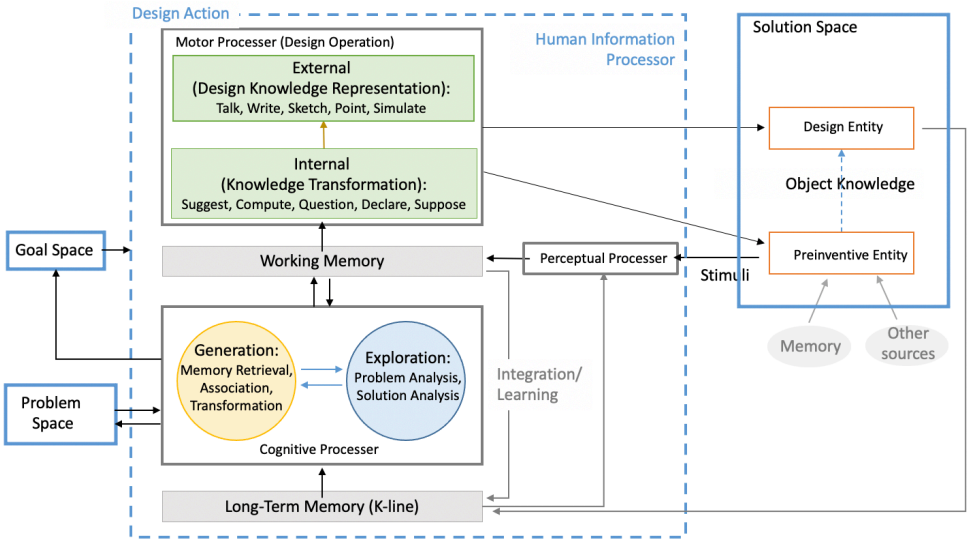
Jin & Benami(2010)는 Goldschmidt의 정의를 바탕으로 Operation과 Entity를 분리하여 operation을 내부와 외부로 분류하였다. 내부 Operation은 디자인의 전략 및 단계를 다루는 반면 외부 Operation은 물리적 기호 및 묘사를 처리한다. 내부 Operation 디자인 프로세스의 think-aloud 프로토콜 데이터에서 추론할 수 있는 제안(Suggest), 계산(Compute), 질문(question), 선언(declare), 가정(suppose) 및 설명(explain)이다. 외부 Operation는 말하기(talk), 글쓰기(write), 스케치(sketch), 포인트(point), 시뮬레이션(simulate)이다.

디자인 Cognitive Process에서 내부 Operation은 Working

Memory에 있는 지식들이 명시적 지식으로 전환(Knowledge Transfer)되는 과정이고 외부 Operation은 지식을 공유할 수 있게 외부로 표현(Knowledge Representation)하는 과정이다.

본 연구에서는 Cognitive Processor와 Motor Processor에 대한 설명 바탕으로 [그림 34]의 디자인-인지 프로세스 Frame 중에 인지 부분을 더 구체화하고 [그림 35]의 디자인 과정에 디자인 목표, 디자인 행동 및 Object Knowledge의 상호관계 모델을 제안한다.

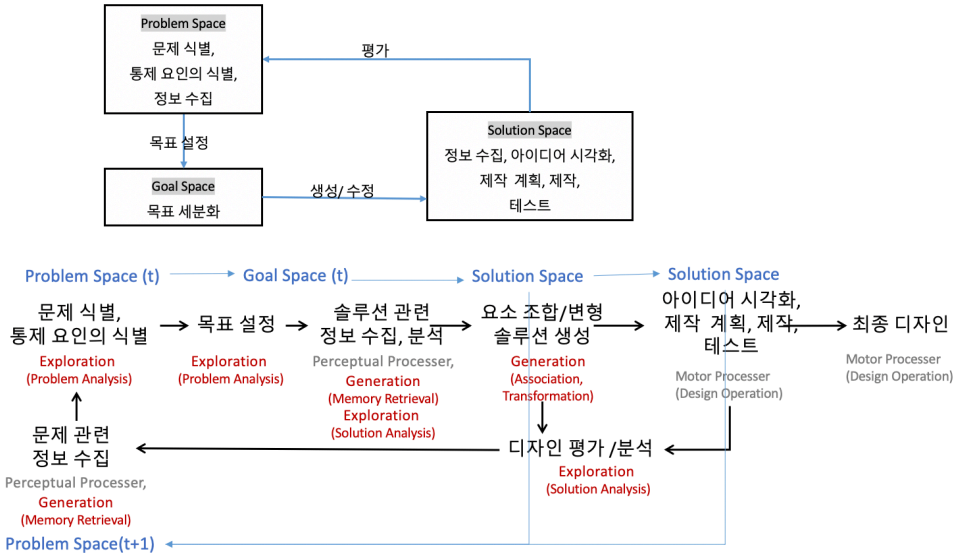
디자인 목표에 따라 Long-Term Memory에 저장된 관련 지식을 활성화하고 지각 Processer의 탐색과 생성을 통해 문제를 해석하고 관련 지식을 선택, 조합, 변형한다. 변형된 지식을 Working Memory에 저장해서 디자인 행동을 통해 아이디어 혹은 시각적 Design Entity로 전환한다. Memory에 저장된 지식 혹은 관련 자료 통해 얻은 Object Knowledge를 지각하여 input 지식이 되고, 인지 단계에서 Input 지식을 해석 및 재구성하고 Motor Processer를 통해 재구성된 지식을 Output 한다. Output된 Object Knowledge(Design Entity)는 지각을 자극하고 Input 지식이 된다. Process Knowledge는 디자인 인지-행동 단계에 사용되며, Working Memory에 저장된다. 디자인 진행하면서 Working Memory에 저장되는 중요한 Object Knowledge와 Process Knowledge가 Long-Term Memory에 들어가서 다음에 비슷한 상황 때 회상할 수 있도록 관련 'K-line'에 통합된다.



[그림 35] 디자인 목표, 디자인 행동 및 Object Knowledge의 상호관계 모델

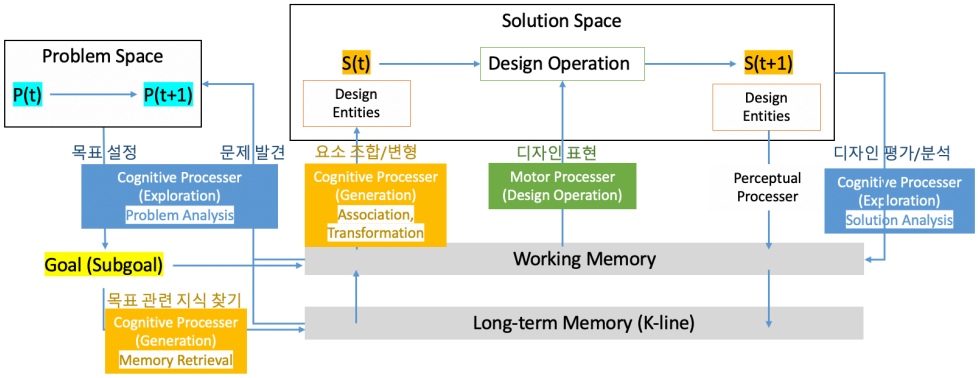
4.2.3. 디자인 과정에서의 Cognitive Process

본 연구에서는 디자인 프로세스 단계와 디자인 인지과정을 바탕으로 문제 공간과 솔루션 공간의 발전 과정과 Cognitive Processer에 발생한 탐색(Exploration)과 생성(Generation)과정을 [그림 36]과 같이 매핑하였다. 문제에 대한 자료를 수집하고 자신의 경험과 갖고 있는 지식을 회상에서 문제를 인식한다. 문제 요인 분석 등 문제 분석(Problem Analysis) 과정을 통해 문제 공간을 탐색하고 디자인 목표를 설정한다. 디자인 목표에 따라 Memory에 저장된 관련 지식(Memory Retrieval))을 불러오면서 솔루션에 대한 정보를 수집하고 솔루션 공간이 형성된다. 관련 자료를 분석하는 과정은 솔루션 공간을 탐색(Solution Analysis)이라고 설명할 수 있다. 솔루션 공간에 있는 지식들을 조합, 전환(Association, Transformation)하여 새로운 지식을 생성하고 솔루션 공간을 업데이트한다. 디자인 내부 Operation을 통해 아이디어 형성, 혹은 외부 Operation 통해 아이디어를 시각화 표현하고 솔루션 평가 / 분석(Solution Analysis)을 통해 새 문제를 발견하여 문제 공간을 업데이트한다. 이처럼 문제 공간 탐색, 솔루션 생성, 솔루션 공간 탐색 (솔루션 평가/분석), 문제 공간 발전의 과정을 반복하면서 아이디어를 생성하고 개선한다.



[그림 36] 디자인 문제 해결 과정과 인지 단계의 매핑 관계

이러한 매핑 관계를 [그림 33]의 Frame에 반영해서 결과를 [그림 37]과 같이 디자인 과정의 각 단계에서의 Cognitive Process를 구체화 하였다.



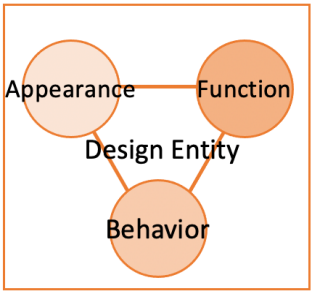
[그림 37] 디자인 – 인지 프로세스 구체화

제 3 절 디자인 문제 해결 과정과 지식 상호작용

4.3.1. 디자인 지식-Object Knowledge와 Process Knowledge

본 연구는 디자인 지식을 Object Knowledge와 Process Knowledge로 분류하였다.

Object Knowledge는 Gero (1990), Umeda et al., (1996), Tjalve (1979) 등의 연구를 참고해서 [그림 38]과 같이 외형(Appearance)에 대한 지식(예: 마우스의 형태, 재질, 구조 등), 기능(Function)에 대한 지식(예: 마우스의 기능), 행동(Behavior)에 대한 지식(예: 사용자의 사용 습관)으로 분류했고 3종류의 Object Knowledge를 공통으로 Design Entity를 구성한다.



[그림 38] Object Knowledge

Process Knowledge는 디자인 결과를 생성하기 위한 일반적인 문제해결 방법이다. Anderson (1982)는 절차적 지식 (procedural knowledge) 은 목표 달성에 필요한 행동을 수행하는 방법에 대한 지식이고 조건적 지식(Conditional knowledge)은 어떤 상황에서 적절한 선언적 및 절차적 지식을 사용하는지에 대한 지식이라고 설명한다. 조건적 지식과 절차적 지식은 주로 암묵적인 지식이며, 절차적 지식은 Eraut(2000)의 세 가지 암묵적 지식 중의 정례적인 행동에 해당하며, 조건적 지식은 직관적인 의사 결정을 뒷받침하는 암묵적인 규칙에 해당한다. 따라서 본 연구에는 Eraut(2000)의 분류 방법을 참조해서 Process Knowledge를 [표 4]와 같이 (Kp1) 상황과 사물에 대한 이해(예: 경험을 바탕으로 기존 제품 분석), (Kp2) 의사 결정을 뒷받침하는 규칙, 디자인 행동 취하는 원인 (예: 손 사이즈와 비교해서 마우스의 사이즈 조절)과 (Kp3) 디자인 요소 선택, 변형의 방법과 근거(예: 가진 지식을 회상에서 관련 지식 추출)로 분류하였다.

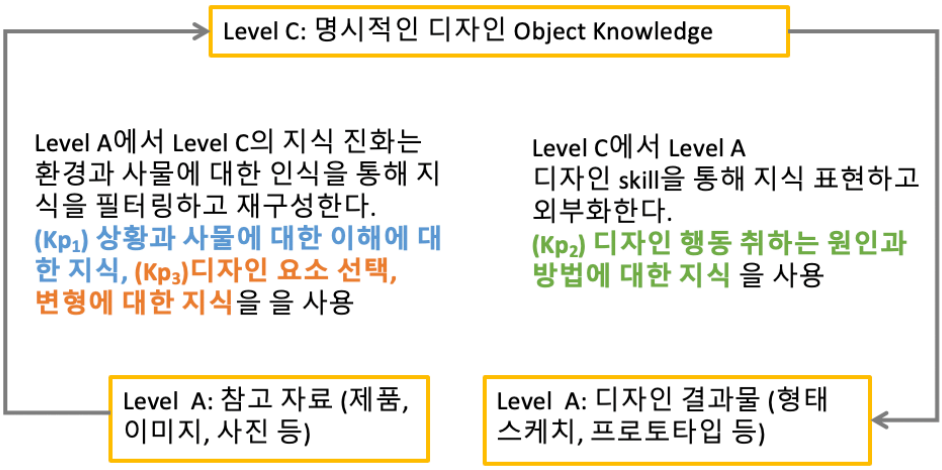
[표 4] 본 연구의 Process Knowledge의 분류

본 연구	**Process Knowledge**		
		의사 결정을 뒷받침하는 규칙-	
	(Kp_1) 상황과 사물에 대한 이해	적절한 절차적 지식 선택 (Kp_2) 디자인 행동 취하는 원인	적절한 선언적 지식 (디자인 요소) 선택 (Kp_3) 디자인 요소 선택, 변형의 방법과 근거

4.3.2. 디자인 과정에서의 디자인 지식 활용 과정

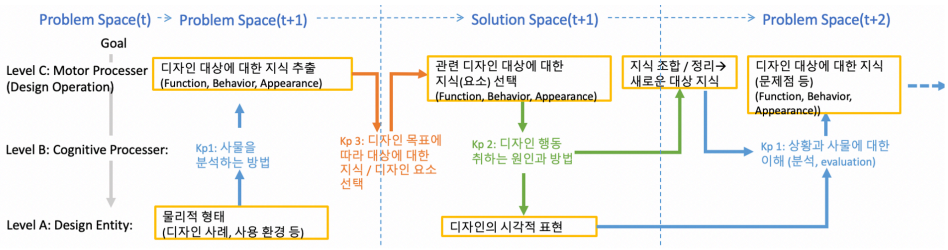
3가지 종류의 디자인 Process Knowledge는 디자인 문제해결 과정과 인지과정의 각 단계에서 각자 어떤 역할을 하는지 분석하기 위해 Thoring & Mueller의 디자인 지식 level 모델을 참고해서 [그림 39]와 같이 디자인 지식의 Level 관계를 정리하였다. Level A는 디자인 Object 지식의 외부 표현, 즉 디자인 사례, 사용환경, 디자인 스케치, 결과물 등을 포함한 Design Entity, Level B는 디자인 Cognitive Processer에서 사용한 Process Knowledge, Level C는 Motor Processer에 발생한 디자인 내부적인 행동(Suggest, Compute, Question, Declare, Suppose 등)을 통해 얻은 디자인 Object Knowledge이다. Level A에서 Level C의 지식 진화는 환경과 사물에 대한 인식을 통해 지식을 필터링하고 재구성한다. (Kp1) 상황과 사물에 대한 이해에 대한 지식, (Kp3)디자인 요소 선택, 변형에 대한 지식을 을

사용한다. Level C에서 Level A 디자인 행동을 통해 지식 표현하고 외부화한다. (Kp2) 디자인 행동 취하는 원인과 방법에 대한 지식을 사용한다.



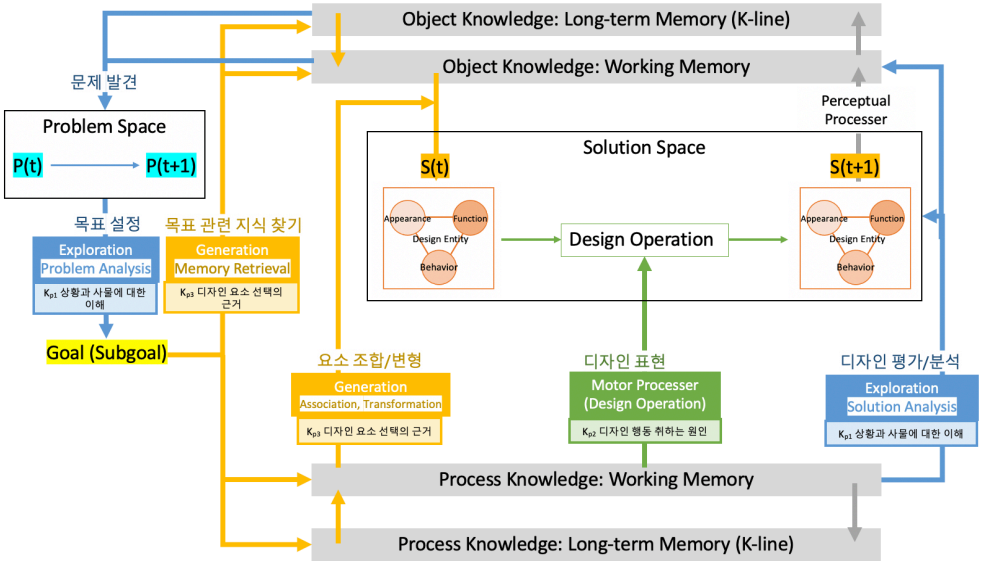
[그림 39] 디자인 지식 Level 관계

디자인 Ideation 과정과 결합해서 [그림 40]과 같이 Kp1 상황과 사물에 대한 이해 지식을 활용해서 Level A의 디자인 사례를 분석하고 물리적 형태에서 내장되어 있는 디자인 Object Knowledge를 추출한다. Kp3 디자인 요소 선택 및 변형의 근거에 대한 지식을 이용해서 디자인 목표에 따라 관련 디자인 Object Knowledge를 선택한다. 선택한 지식을 Kp2 디자인 행동 취하는 원인과 방법을 이용해 시각적으로 표현(Level A) 혹은 지식 조합과 재정리해서 새로운 Object Knowledge(Level C)를 얻는다. 얻은 시각적 표현 결과물 혹은 새로운 지식을 평가(Kp1)하고 새로운 insight(Level C)를 얻는다. 이러한 과정을 반복해서 최종 디자인을 완성하게 된다.



[그림 40] 디자인 과정에서 Level 간의 지식 상호작용

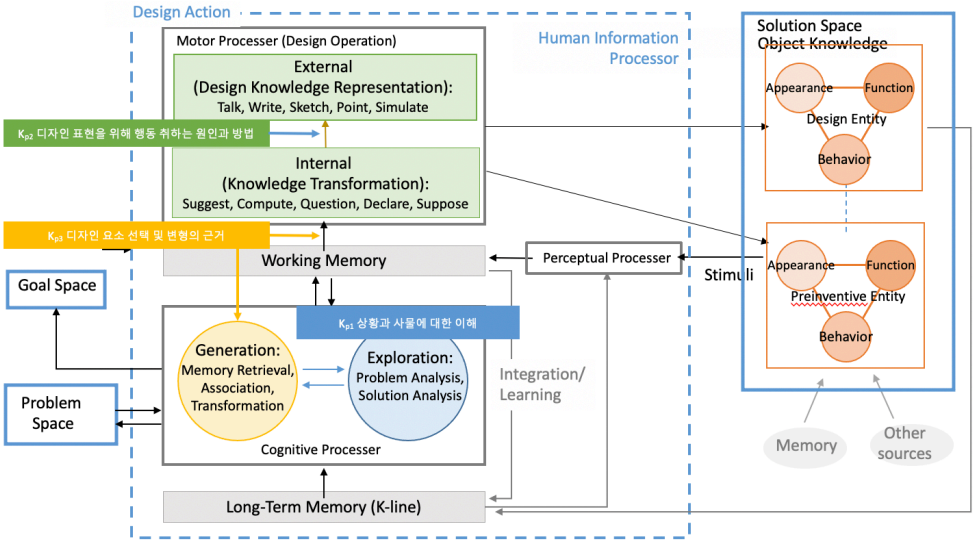
[그림 40]의 지식 상호작용 과정과 [그림 36]의 디자인-인지 프로세스와 비교해보면 Cognitive Processor의 탐색 과정에서 Kp1 상황과 사물에 대한 이해 지식을 활용하고, 생성 과정에서 Kp3 디자인 요소 선택 및 변형의 근거를 활용하고. 디자인 행동을 취하고 아이디어 생성하고, Level C의 Object Knowledge에 저장해서 다시 탐색-생성 Cognitive Process를 통해 발전하거나 시각화 표현을 통해 Level A의 Design Entity에 저장해서 형태, 기능 등을 감지하고 Cognitive Processor에 자극을 준다는 과정을 알 수 있다. Memory에 저장되어 있는 지식을 Object Knowledge와 Process Knowledge로 분류하여, 디자인 – 인지 과정에서의 디자인 지식의 상호작용 과정은 [그림 41]과 같이 구성하였다.



[그림 41] 디자인 – 인지 과정에서의 디자인 지식의 상호작용 과정

디자인 process knowledge의 활용 과정을 [그림 42]와 같이 [그림 35]의 디자인 인지 모델에 표현하면, 좀 더 직관적으로 설명할 수 있다. 즉, Kp1 (상황과 사물에 대한 이해 지식)은 Cognitive Processor에서 발생한 Exploration (문제와 솔루션 분석) 과정에서 활용하고 그의 결과는 디자인 목표 정의 (문제 공간 → 목표 공간) 혹은 문제점 발견(솔루션 공간 → 문제 공간)이다. Kp3 (디자인 요소 선택 및 변형의 근거에 대한 지식)은 Generation 과정에서 사용하고 사용의 결과는 (1)Long-term Memory 혹은 Working Memory에서 관련 디자인 Object Knowledge 선택하여 추출, (2) 선택된 Object Knowledge를 조합 변형하여 Motor Processor의 Internal Design Operation으로 처리하고 선제적 구조

(Preinventive Entity)를 생성한다. Kp2 (디자인 행동을 취하는 원인과 방법)는 디자인을 표현하기 위해 Motor Processor의 External Design Operation을 취하는 원인과 방법에 대한 지식이고 사용의 결과는 디자인 외부화 표현을 통해 Design Entity를 생성하는 것이다.



[그림 42] 디자인 인지과정에서의 process knowledge 사용

4.3.3. 디자인 지식의 진화

Sim& Duffy(2003)의 디자인 지식 진화 모델에 따르면 디자인 목표(G_d)와 관련 지존 지식(Input 지식(I_k))부터 시작하고 디자이너가 목표 달성하기 위해 디자인 행동(A_d)을 취하고, 이 과정에서 지식 전환(Design Transfer)이 발생하고 새로운 지식(Output 지식(O_k))이 생성된다.

이를 바탕으로 디자인 행동을 통해 새로운 Object Knowledge를 생성하여 디자인 목표를 향해 나아가는 과정을 디자인 과정 데이터로 시각화하는 Linkography 방법(Goldschmidt, 1990)으로 표현해본다. linkography의 design move 간 연결 노드에 디자이너의 의도에 따른 디자인 Object Knowledge가 반영되어 있다.

[그림 43]과 같이 디자인 목표(G_1)가 있고 디자인 행동 (A_{d1})을 통해 Output 지식(O_{k1})이 생성하고 이 지식은 다른 행동 (A_{d2})에 활용할 수 있는 Input 지식(I_{k1})이기도 한다. 이런 지식은 Linkography에서 행동(A_{d1}) 과 행동(A_{d2})을 연결하는 노드(O_{k12}/I_{k21})로 표현할 수 있다.

마우스 디자인으로 예를 들면, Ik0: 기존 마우스의 형태→A_1: 마우스를 사용해보고 문제 발견 → O_{k12}/I_{k21}: 손과 접촉 면적이 작아서 손을 잘

지지하지 못함 → A2: 지지하지 못하는 부분 분석

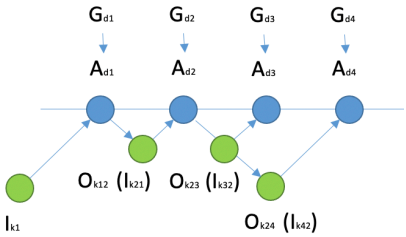
→ O_{k23}/I_{k32}: 지지하지 못하는 부분: 엄지 손가락 → A_{d3}: 엄지 손가락 받침 구조 추가

→ O_{k24}/I_{k42}: 지지하지 못하는 부분: 손목 → 손목 각도에 맞게 마우스 형태 조절

또한 친환경 칫솔 디자인으로 예를 들면, I_{k0}: 친환경 디자인 방법: 친환경 재료 사용 → A_1: 친환경 재료 사용 → O_{k12}/I_{k21}: 친환경 재료의 종류 → A_2: 대나무를 사용

→ O_{k23}/I_{k32}: 대나무의 장단점과 가공방법 → A_{d3}: 핫프레스 가공 방법 사용

→ O_{k24}/I_{k42}: 대나무의 형태 특징 → A_{d4}: 대나무 잎 형태 사용의 과정으로 표현할 수 있다.



[그림 43] Linkography로 디자인 지식 전환 과정 표현

이러한 Linkography의 Move와 노드의 관계 분석을 통해 디자인 목표(의도)의 발전과 Object Knowledge 지식의 진화 과정, Process Knowledge의 사용 과정을 구체적으로 보여줄 수 있다.

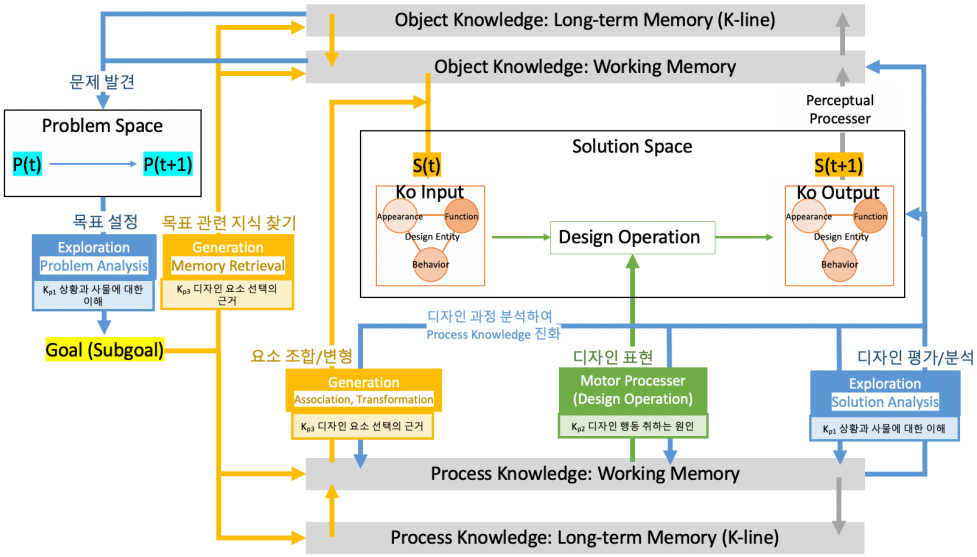
이런 관점에서 디자인 Object Knowledge는 디자인 행동을 통해 진화되고, Process Knowledge 지식은 디자인 결과물과 과정에 대한 평가를 통해 성찰되어 진화한다.

제 4 절 최종 모델 제안

앞에 제안한 디자인 지식의 상호작용 과정을 바탕으로 [그림 44]와 같이 주어진 디자인 문제 해결 과정을 디자인 Object Knowledge(Ko)와 Process Knowledge(Kp)의 상호작용과 진화 과정으로 설명할 수 있는 모델을 제안하였다. 모델에서 Cognitive Process의 탐색 관련 부분을 파란색으로 표시, 생성 관련 부분을 노란색으로 표시, Motor Processor 관련 부분을 초록색으로 표시하였다.

디자이너는 문제를 탐색하고 해석을 통해 디자인 목표(Goal)를 설정하고, 노란색 화살표 방향에서 보는 바와 같이 Long-term Memory에 저장된 해당 디자인 Object Knowledge(Ko)와 Process Knowledge(Kp)를 활성화한다. Kp3 디자인 요소 선택 및 변형의 근거(노란색으로 표시)에 의해서 디자인 요소를 선택하고(Ko input), Kp2 디자인 행동 취하는 원인(초록색으로 표시)에 의해 디자인 행위를 하고(Design Action), 디자인 솔루션 공간 업데이트(Ko output)한다. Kp1 상황과 사물에 대한 이해 관련 지식(파란색으로 표시)으로 새로운 디자인 솔루션을 평가하고 새로운 문제를 발견하고 문제 공간을 업데이트한다. 문제에 따라 새로운 목표를 세우고 다시 관련 지식을 찾는 순환의 과정으로 설명할 수 있다. 그리고 디자인 솔루션과 디자인 과정에 대한 평가의 결과에 따라 사용한 Process Knowledge(Kp) 적절성을 성찰하고 Memory에 저장하여, 이후 유사한 디자인 문제를 해결할 때 참고하게 된다.

이 과정을 지식의 진화와 인지적 학습의 관점으로 설명하자면 Memory에 저장된 지식 혹은 관련 자료 통해 얻은 Object Knowledge를 지각하고 input 지식이 되고, 인지 단계에서 Input 지식 해석 및 재구성하고, Motor Processor를 통해 재구성된 지식을 Output한다. Output된 Object Knowledge(Design Entity)는 지각을 자극하여 Input 지식이 된다. Process Knowledge는 디자인 인지-행동 단계에 사용되며, Working Memory에 저장된다. 디자인을 진행하면서 Working Memory에 저장되는 중요한 Object Knowledge와 Process Knowledge가 Long-Term Memory에 들어가서 다음에 비슷한 상황 때 회상할 수 있도록 관련 K-line에 통합된다.



[그림 44] 디자인의 인지적 사고 관점에서 디자인 Object Knowledge(Ko)와 Process Knowledge(Kp) 상호작용 가설 모델

마우스 디자인으로 예를 들면, 사용자의 사용 습관에 맞는 마우스 디자인 목표에 따라 마우스 사용 방법, 마우스 구조 등 Object 지식과 사용자 니즈 조사 방법 등 Process 지식을 활성화한다. 사용자가 기존 마우스 제품(Object Knowledge (Input))을 사용하는 과정을 관찰(action) 하고 분석(Kp1)을 통해 사용자의 사용 습관에 관련 지식(Object Knowledge (Output))을 얻는다. 새로 얻은 지식은 다음 단계의 input지식이 되고 사용자 습관에 맞게 인터랙션 방식을 디자인하고 기능과 형태 결합하는 방법 등 Process Knowledge를 활용해서 디자인 제안한다. 그리고, 디자인 결과물을 테스트, 평가, 수정하는 과정을 거쳐 디자인 완성한다. 이 과정에서 디자인 결과물만 평가하는 게 아니라, 사용한 Object Knowledge와 Process Knowledge가 적절한지도 다시 생각하게 되고 K-line으로 구성된 지식 Database가 업데이트된다.

친환경 칫솔 디자인의 경우에는 재료에 대한 지식, 칫솔 사용에 대한 지식 등 Object Knowledge와 친환경 디자인 Process Knowledge를 활성화한다. 친환경 디자인할 때 고려해야 하는 사항들(Kp3)을 분석을 통해 대나무 재질을 선택한다. 대나무 재질에서 대나무 잎이 연상(Kp2)돼서 대나무 잎 형태의 칫솔 손잡이를 디자인한다(Design Action). 칫솔 사용할 때의 손동작을 참고해서 손잡이의 사용성을 평가(Kp1)하고 디자인을 수정한다. 디자인 반복적으로 평가하고 수정하는 과정에서 칫솔 사용과 재질에 대한 새로운 인식 등 Object Knowledge와 친환경 디자인

할 때 고려해야 하는 새로운 문제 등 Process Knowledge를 새로 발견할 수 있고 Knowledge Database에 저장해서 이후 유사한 디자인 문제를 해결할 때 참고하게 된다.

제 5 장 모델 검증을 위한 실험 설계

제 1 절 실험 대상과 방법

제안한 디자인 Object Knowledge(Ko)와 Process Knowledge(Kp) 상호작용 모델이 object, process knowledge가 상호작용하면서 구성하는 과정을 설명할 수 있는지, 또한 문제를 해결 ideation 과정을 통해 지식이 어떻게 확장되었는지를 검증하기 위해 디자이너 2명 대상으로 실험을 진행하였다.

디자이너 2명에게 동일한 디자인 과업을 부여하였다. 디자인 과업은 디자이너(참여자 자신)의 작업 습관 고려해서 편하게 사용할 수 있고, 장시간 사용해도 손목이 아프지 않은 마우스 디자인이다.

5.1.1. 디자인 과정 데이터 수집

디자이너의 암묵적 지식의 외부화 표현은 첫째 디자인의 시각적 표현 기법(예: 스케치, 프로토타입 제작 등)을 통해 지식을 표현한다. 둘째는 암묵적 경험을 언어로 표현하고 대화하는 과정에서 성찰한다. (Schön, 1984).

디자이너의 시각적 표현 데이터 수집 방법은 비디오로 디자이너의 작업과정 기록 (Purzer, 2011), design document 분석 (Costa, & Sobek, 2004), CAD 툴에서 자동으로 기록된 Process logging data 수집 (Adams et al., 2017) 등 있다.

암묵적 경험을 언어로 표현하는 방법은 집중 인터뷰(focused interview), 구조화 인터뷰(structured interview), 내성법(introspection), 자기보고(self-report), 검토(review) 등이 있다(Breuker & Wielinga, 1984). Focused interview는 인터뷰어가 미리 대화 주제를 준비하고 통상의 대화에 의해 행해진다. structured interview에서 인터뷰어는 인터뷰 받는 사람에게 지속적으로 질문함으로써 특정 개념과 모델과 관련된 모든 지식을 끌어내려고 하는 방식이다. Introspection 피실험자가 내성을 통해 문제 또는 문제 그룹을 어떻게 해결할지 또는 해결하였는지 상상 혹은 회상한다. Self-report는 '프로토콜 분석'으로 알려진 것처럼 전문가가 문제를 해결하면서 think aloud 방법을 사용하여 사고 과정의 모든 것을 말로 표현하게 하는 방법이다. 사용자 대화는 사용자와 전문가

간의 상호 작용을 이용한다. 마지막으로, Review는 프로토콜의 격차를 수정하기 위해 이미 도출된 데이터를 주의 깊게 검사하는 것이다.

본 실험의 목표인 디자인 과정에서 사용된 지식의 탐색과 디자이너가 디자인 문제에 대한 솔루션을 찾는 과정 분석을 위해서는 Self-report 방법이 가장 적합하다. Lewis(1982)는 사람들이 컴퓨터 사용법을 배울 때의 인지 문제를 연구하기 위해 "think aloud"라는 방법을 개발하였고, Cross(2001)는 이 방법을 사용해서 디자인 프로세스 또는 디자인 인식에 대한 구두 프로토콜 분석을 수행하기 위해 데이터를 수집하였다.

이러한 Self-report 데이터로 사용하는 일반적인 전제는 Cognitive Process가 정보 처리와 유사하다는 것이다. Newell Simon(1972)에 따르면, 정보는 여러 저장부에 저장된다. 최근에 얻은 정보는 Working Memory에 저장되며 추가 처리에 직접 접근할 수 있다. Long-term Memory에 있는 지식은 표현할 수 있을 때까지 먼저 Working Memory로 이행해야 한다. Working Memory는 제한된 용량만 가지고 있기 때문에 주목받고 있는 정보만이 직접 접근할 수 있다. 따라서 절차적 지식(procedural knowledge, "어떻게"), 상황 및 조건 지식(situational / conditional knowledge) ("언제") 및 문제 해결 전략과 같은 앞서 언급한 대부분의 지식을 간접적으로 추출할 필요가 있다. 또한 디자인 수행하는 동시에 언어화하는 것은 디자인 작업을 방해할 수 있다(Finger & Dixon,1989)는 문제에 대해서는 Larkin & Simon (1987)은 디자인하는 과정에서 피험자들에게 think aloud 하면서, 쓰고, 스케치하고, 몸짓으로 표현하는 등의 비언어적 표현방법을 동시 사용하게 하면 피할 수 있다고 한다.

본 연구의 실험 중 참여자들은 1시간 내외로 자유롭게 디자인을 완성할 수 있다. 인터넷으로 관련 자료 검색 가능하고, 참여자의 습관에 따라 태블릿 혹은 A4 종이에서 스케치한다.

참여자 디자인 과정 중에 사용한 암묵적 지식을 언어로 해석하기를 유도하기 위해 연구자는 참여 관찰 방법(Thoring & Mueller, 2011))을 통해 실험하는 과정에서 실험 참여자에게 계속 (1) 무엇을 하고 있는가? (2) 왜 그렇게 특정 방식으로 하고 있는가? 라는 질문을 던지고 피험자의 절차적 지식과 상황 및 조건 지식을 말로 설명하기를 유도한다. 연구자 참여로 인한 생긴 가능한 편견을 하기 위해 보조 연구자 한 명은 기록된 데이터를 통해 결과를 확인하여 검증한다.

실험 과정에서 영상으로 참여자의 언어 표현과 행동을 기록하고, 컴

퓨터 사용 시 화면 캡처를 통해 온라인에서 찾은 참고자료 등 데이터를 기록하고, 포스트잇 메모, 스케치 등 design document를 수집하였다.

5.1.2. 데이터 분석 방법

디자인과정에서 사용하고 생성된 Object Knowledge를 분석하기 위해 우선 디자인 스케치를 분석한다. 그리고 디자인 과정 분석을 통해 각 단계에서 지식의 역할을 분석하고 디자인 Cognitive Process에서 각 종류의 지식의 상호작용 특성을 설명한다.

(1) 디자인 결과물 분석

Oxman(2002)은 시각적 형태를 통해 높은 수준의 디자인 영역 지식을 인지할 수 있다는 사실을 증명하였다. 디자인 영역에서 글자, 이미지 및 모양을 조합하거나 독립적으로 사용하여 컨셉을 전달하고 디자이너의 의도를 나타낸다. 스케치와 같은 시각적 결과물은 디자이너가 디자인 개념을 해석하고 재구성하는 데 사용하는 가장 일반적인 미디어이다. 시각적 언어는 "영역 지식의 클래스와 구조를 나타내는" 미디어일 수 있다(Popovic, 2004). 즉 디자이너가 사용하는 이미지 및 기타 시각적 개체는 디자이너의 의도와 목표, 그리고 사용한 지식을 전달할 수 있다.

디자인 결과물 분석은 디자인 아이디에선 단계에서 문제 해결 과정에서 생성된 메모, 시각적 참고자료, 디자인 스케치 등 활용해서 디자인 Object Knowledge와 디자인 목표의 연결 관계를 설명하는 것이다. Popovic(2002)는 스케치를 통해 전략적 지식과 도메인 지식과 상호작용을 분석하는 방법을 개발하였다. 이 분석방법을 바탕으로 본 연구에서 스케치에서 표현된 디자인 목표와 그 목표를 달성하기 위해 사용한 디자인 Object Knowledge를 표시하고 그들의 연결 관계를 분석한다.

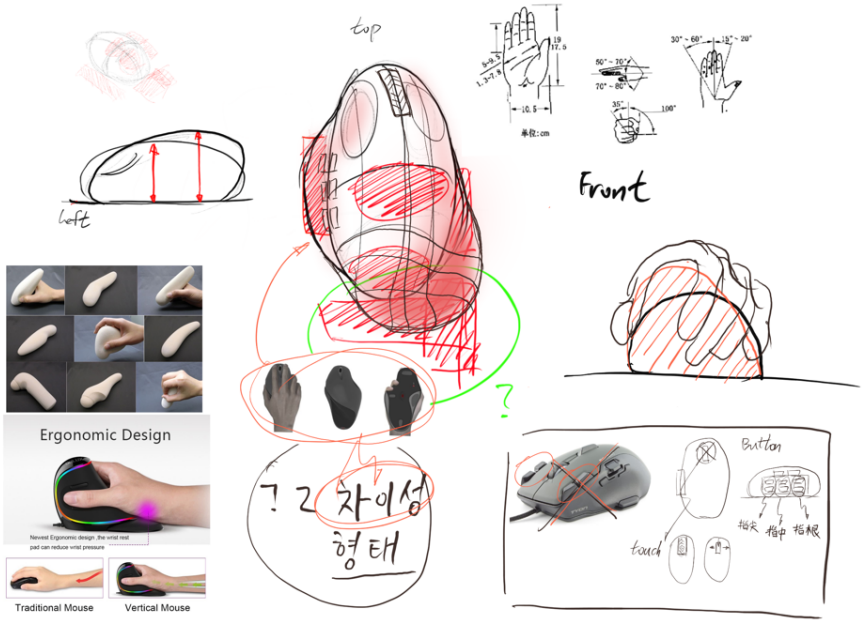
(2) 디자인 과정 분석

디자인 과정을 분석하기 위해 우선 디자인 과정을 시각화 Frame으로 구성한다. 제 4 장 제 2 절에 제안한 디자인 문제 해결 과정과 인지 단계의 관계 모델을 사용해서 디자인 과정 분석한다. 분석한 결과를 통해 제안한 디자인 Object Knowledge(Ko)와 Process Knowledge(Kp) 상호작용 가설 모델 [그림 44]를 검증하고 디자인 Cognitive Process에서 각 종류의 지식의 상호작용 특성을 설명한다.

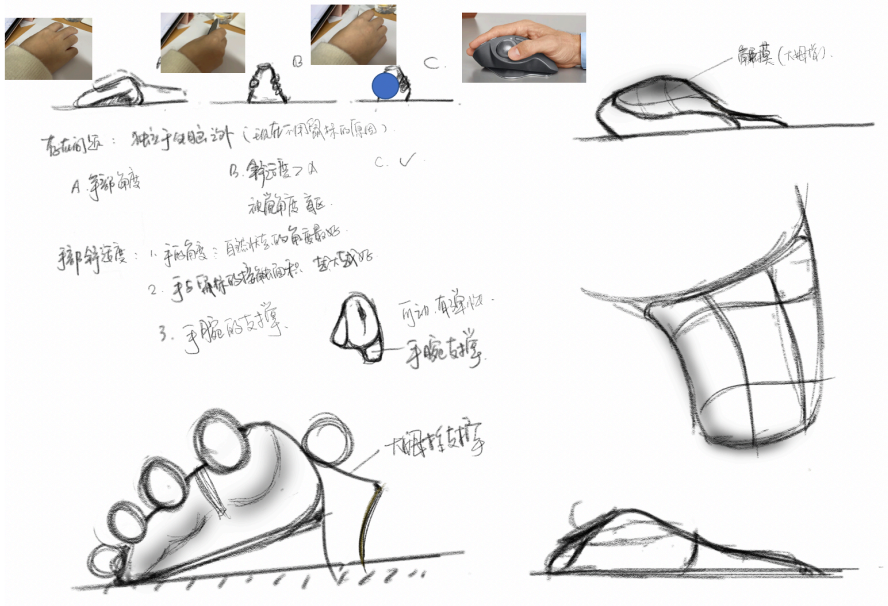
제 6 장 실험 및 결과

제 1 절 디자인 결과물

실험은 2021년 10월에 서울대학교 디자인연구동 연구실에서 디자이너 2명 대상으로 진행하였고 실험 참여자들은 1시간 내외로 디자인 과업을 수행하였다. 실험 참여자에게 터치펜으로 ipad에서 스케치하고, 스케치하면서 자신의 생각을 말로 표현할 것을 요구하였다. 디자인하는 과정에 인터넷에서 관련 자료 검색 가능하였다. 실험에는 평소에 자주 사용하여 익숙한 마우스 디자인을 주제로 부여하였다. 스케치 결과는 [그림 45], [그림 46]과 같다.



[그림 45] 실험자 A의 디자인 결과물



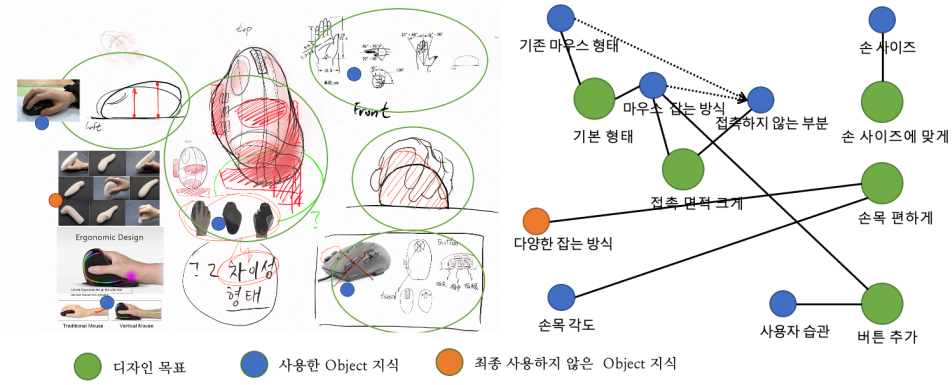
[그림 46] 실험자 B의 디자인 결과물

제 2 절 실험 결과 분석

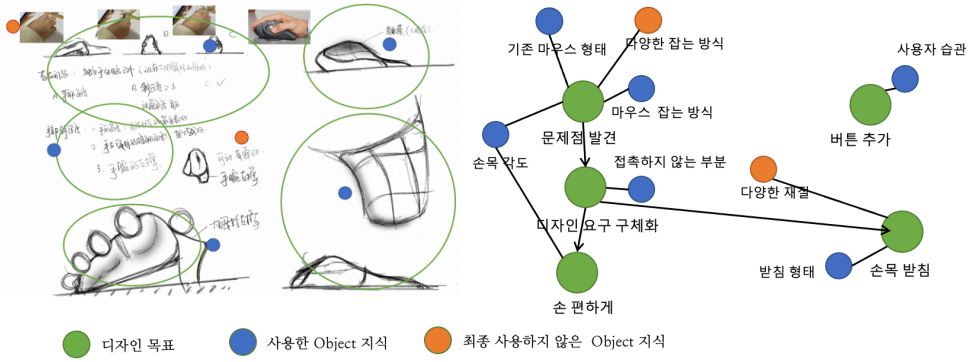
6.2.1. 디자인 결과물 분석

두 명 실험 참여자의 디자인 스케치를 분석 결과는 [그림 47],[그림 48]과 같다. 두 참여자 모두 손과 마우스의 관계에서 출발해서 더 잡기 편한 마우스 형태를 탐색하였다. 스케치를 보면 두 참여자가 발견한 문제점과 해결책은 상당이 비슷하다. 두 명 참여자 모두 기존 마우스는 손과 마우스의 접촉 면적이 작고 손목을 받쳐주는 부분이 없어서 장시간 사용하면 손이 아프다는 문제점을 발견하였다. 손과 마우스의 접촉 면적을 증가해야 한다는 insight를 얻었고, 압력을 해소하는 아이디어를 냈고, 손목의 자연스러운 상태를 유지하기 위해 마우스 한쪽으로 기울어지는 형태를 선택하였다. 하지만 스케치를 통해 두 명의 작업 과정 차이를 발견할 수 있었다. 실험 참여자 A는 우선 평소 사용하는 마우스를 참고해서 기본 형태를 정하고 문제를 발견하면서 기본 형태에 요소를 추가, 변형하였다. 실험 참여자 B는 문제에 대한 기존 해결책(제품)을 찾아보고 각 종류의 제품의 장단점을 분석하고 디자인 방향을 정하였다. 실험 참여자 A는 스케치하면서 생각하는 스타일이고 참여자 B는 생각하고 스케

치하는 스타일의 차이가 있었다.



[그림 47] 실험 참여자 A의 디자인 결과물 분석



[그림 48] 실험 참여자 B의 디자인 결과물 분석

6.2.2. 디자인 과정 분석

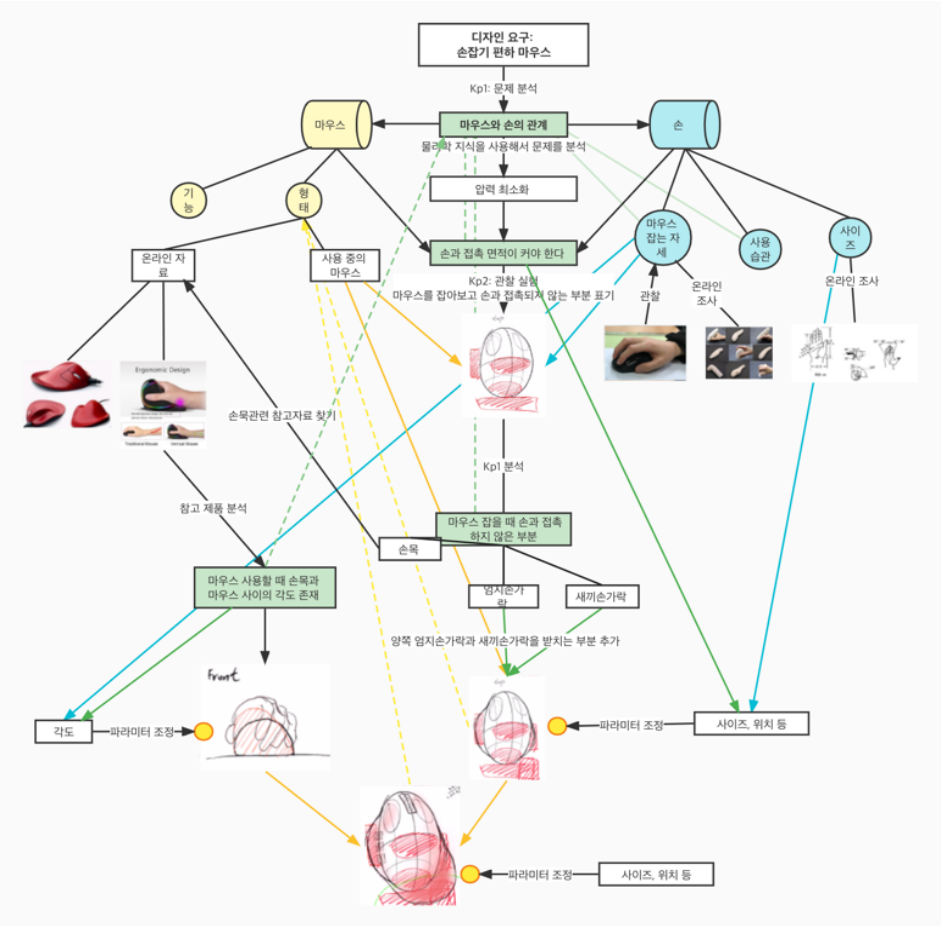
(1) 디자인 과정 시각화

디자인 과정에서 사용한 지식 간의 상호관계와 아이디어의 발전과정을 설명하기 위해 실험 영상과 스케치를 대조, 분석하여 [그림 49],[그림 50]과 같이 디자인 과정을 정리하였다.

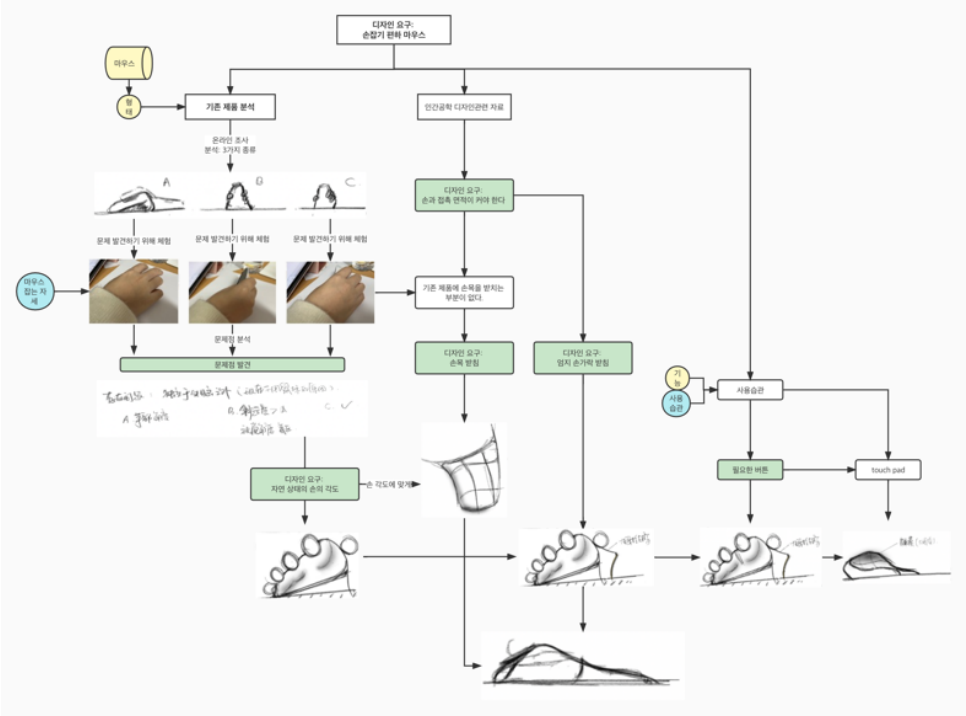
실험 참여자 A는 일반적인 마우스 잡는 방식으로 기본 형태를 정하고 나서 손 사이즈, 다양한 잡는 방식, 손과 마우스의 접촉면 등 손과 관련된 Object 지식을 얻으면서 문제를 다시 해석하고 솔루션을 발전하였다. 기본 형태를 파라메트릭 디자인하듯이 크기, 각도 등 요소를 조작

하였다.

실험 참여자 B는 초기 기존 해결책(제품)을 분석하는 단계에서 많은 문제점과 발전 가능성을 발견하였고 그 후에 문제에 대한 솔루션 Ideation에 집중하였다.



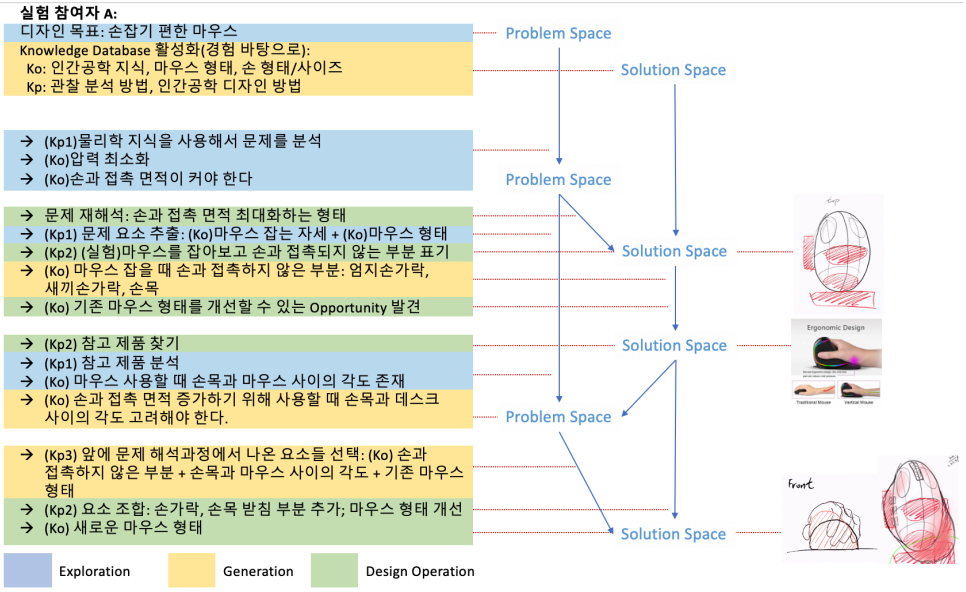
[그림 49] 실험 참여자 A의 디자인 과정



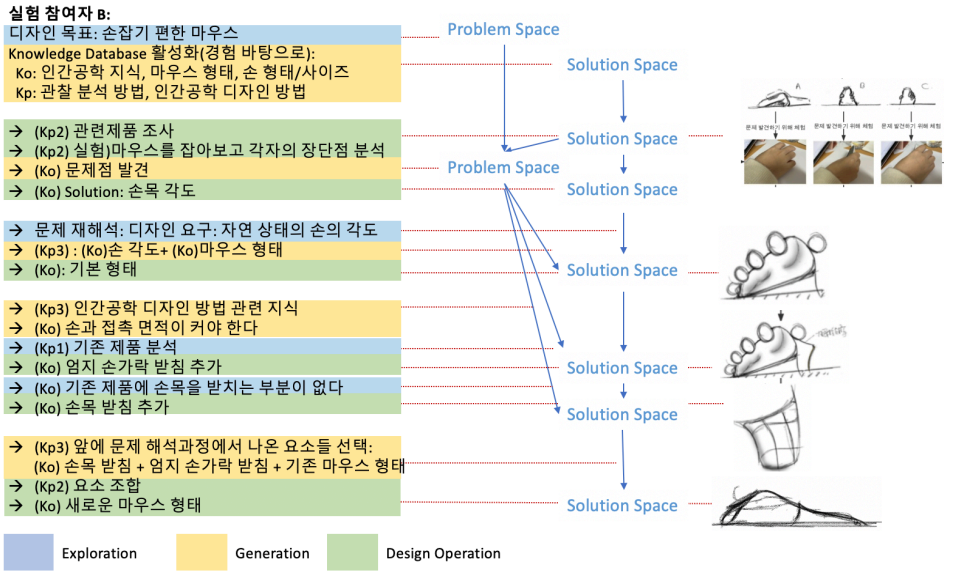
[그림 50] 실험 참여자 B의 디자인 과정

(2) 문제 해결 과정과 인지 단계의 관계 모델 분석

두 명 실험 참여자의 문제 해결 과정과 인지 단계의 관계 모델 분석 결과는 [그림 51], [그림 52]와 같다. 디자인 과정에서 인지 단계 Exploration은 파란색으로 표시, Generation은 노란색으로 표시, Design Operation은 초록색으로 표시하였다.



[그림 51] 실험 참여자 A 디자인 문제 해결 과정과 인지 단계의 관계 분석



[그림 52] 실험 참여자 B 디자인 문제 해결 과정과 인지 단계의 관계 분석

실험 참여자 A의 디자인 과정을 예시로 설명하자면 우선 디자인 요구에 대해 분석(Kp1)하고, 편하게 사용하려면 마우스의 형태를 손에 잘 맞아야 한다(Ko)는 insight를 얻었다. 기존 마우스 제품의 형태와 손의 관계를 찾기 위해 실제 체험해보고 관찰을 하였다(Kp2). 관찰 결과 분석

(Kp1)을 통해 마우스 잡을 때 손의 자세에 대한 지식을 얻었고, 제품의 형태와 손의 관계를 고려하고 잡는 자세를 참고해서 손에 맞은 기본 곡선 형태를 그렸다. 또한 관찰 결과를 통해 편하게 사용하려면 손과 접촉면적이 최대화해야 한다는 Insight를 발견하고 손과 접촉하지 않는 부분을 표시(Kp2)해서 마우스 잡을 때 엄지손가락, 새끼손가락, 손목은 마우스와 접촉하지 않다는 것을 알게 되었다. 따라서 접촉하지 않는 부분에 손가락을 잘 받칠 수 있는 형태를 추가하였다.

이 과정에서 문제 공간 탐색(Exploration), 지식 조합 변형(Generation) , Design Operation을 통해 지식 재해석하고 insight/solution으로 전환, 솔루션을 평가하고 새로운 문제 발견하는 과정이 관찰되었다.

이 디자인 과정에서 Kp1 상황과 사물에 대한 이해 지식과 Kp3 디자인 요소 선택 및 변형의 근거는 각자 Exploration 단계와 Generation 단계에 활용되어 있고 Exploration과 Generation의 상호관계는 새로운 디자인 Insight를 발견하고 디자인 발전을 촉진하는 데 중요한 역할을 한다. 얻은 Insight를 유추적 연관성, 제약에 대한 휴리스틱, 디자인 매개 변수 간의 관계, 디자인 규칙 등 Kp2 지식을 활용해서 새로운 기능, 행동, 외형 등 디자인 Object Knowledge(Ko)로 발전하고 시각화 표현한다. Kp3 지식을 이용해서 디자인 Object Knowledge와 앞에 나온 시각화된 디자인 결과물을 선택하고 결합해서 디자인 아이디어를 발전한다.

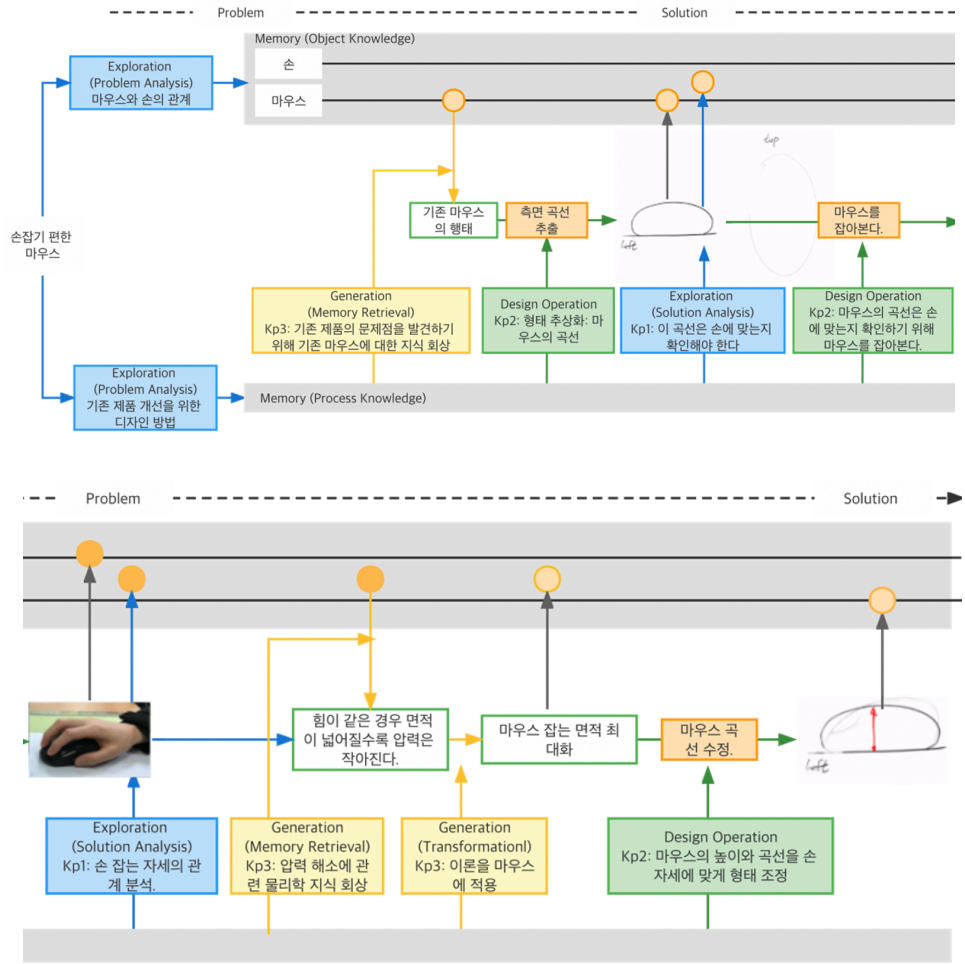
이러한 분석을 통해 문제 해석에서, Insight 발견, 새로운 디자인 Object Knowledge와 디자인 요소 생성, 지식과 요소 재정리, 아이디어로 발전 등 design thinking의 각 단계에서 각종의 디자인 Process Knowledge와 Object Knowledge의 상호작용을 발생하고 지식 상호작용을 통해 디자인 발전을 촉진한다는 것을 알 수 있다.

6.2.3. 디자인 Object Knowledge(Ko)와 Process Knowledge(Kp) 상호작용 가설 모델 검증

디자인 지식 상호작용 가설 모델을 검증하기 위해 실험 참여자의 디자인 과정을 가설 모델에 대입해서 [그림 53]과 같은 방식으로 분석하였다.

참여자 A의 디자인 과정을 예시로 설명하자면 우선 디자인 문제를 분석해서 Long-term Memory에 저장되어 있는 관련 지식을 활성화한다. 기존 마우스의 형태 관련 지식을 추출(Kp3)하고 형태를 추상화(Kp2)해

서 마우스의 기본 형태를 정하였다. 마우스의 기본형태를 Working Memory에 저장하고 물리학 지식(힘이 같은 경우 면적이 넓어질수록 압력은 낮아진다)을 사용해서 형태의 문제점을 분석하고(Kp3) 손과 마우스의 접촉면적을 최대화해야 한다는 Insight를 얻었다. 이처럼 Generation, Design Operation, Exploration의 과정을 반복해서 디자인을 완성하는 것이다.



[그림 53] 실험 참여자 A 디자인 과정의 지식 상호작용

제 3 절 분석결과 및 해석

6.3.1. 디자인의 문제해결과정 – Object Knowledge과 Process Knowledge의 상호작용

실험 분석을 통해 디자인 과정에서의 두 참여자는 모두 디자인 요구에서 출발하고 디자인 요구를 구체화하기 위해 과거 디자인 경험에서 얻은 process knowledge를 활용해서 기존 제품의 문제점을 찾으려고 하였다. 이 과정에서 디자인 행동을 취하기 위해 우선 Kp2 '디자인 문제를 발견하기 위해 직접 사용해봐야 한다', '기존 제품을 보면서 자기의 사용 경험을 회상한다.'는 지식을 사용하였고, 디자인 행동을 통해 기존 제품으로 구성한 기존 솔루션 공간을 탐색하였다. 피험자 B는 Kp1 지식을 이용해서 제품들 간의 비교 분석을 통해 각 제품의 장단점을 발견하였고, Kp3 지식으로 각 제품의 장점을 디자인 요소로 추출하고 조합하는 솔루션(Preinventive Entity)을 제안하였다. 피험자 A도 비슷하게 기존 제품을 사용해보고 문제점을 분석(Kp1)하고 압력에 관련 물리학 지식을 추출하였다. 이렇게 디자인의 문제 해결 과정에서의 디자인 process knowledge 사용 부분을 검증하였다.

이 과정에서 사용한 Object Knowledge는 기존 마우스의 형태(Appearance, Ko(a)), 종류(Ko(a)), 마우스와 손의 관계(Ko(a)), 마우스에 대한 사용 경험(Behavior, Ko(b)) 등 있다. 또한 주의해야 한 부분은 문제를 분석하는 과정에서 피험자 A는 타 분야의 자연 규칙에 관한 지식을 사용하였다. 이러한 지식은 디자인 대상 자체와 직접적인 관련이 없지만 문제 인식할 때 중요한 역할을 하였다. 제안한 모델에서 타 분야의 기초 지식은 어떻게 디자인 과정을 영향 주는지에 대한 연구를 진행하지 안 하였지만 실험 분석을 통해 타 분야 지식은 디자인 문제 분석에 다른 시각을 제공하여 창의적인 문제 해결에 영향을 준다는 것을 발견하였다. 후속 연구에는 타 분야의 지식 활용 관련 부분을 고려한 연구도 수행할 것이다.

6.3.2. 인지과정 – 디자인의 문제해결 과정

디자인의 목표 공간에 대해서 두 명 피험자는 '손 잡기 편한 디자인' 과업 수행을 위해 손의 형태와 잘 맞는 마우스의 형태, 마우스 잡을 때 손가락의 위치와 잘 맞는 마우스 버튼으로 디자인 하위 목표를 설정

하였다. 두 개의 하위 목표를 동시 설정한 다음 하나하나씩 해결하는 게 아니라, 두 참여자 모두 자연스럽게 손의 형태와 마우스의 형태부터 시작하고 이 문제를 해결한 다음에 기능에 대한 고려를 시작하고 두 번째 목표를 설정하였다. 솔루션 분석을 통해 문제 발견하고 디자인 목표 재정의하는 과정에 대해서는 두 참여자가 기존 솔루션인 마우스를 사용해 보고 문제 발견해서 '마우스의 크기와 손 크기의 관계 고려', '손목과 데스크 간의 각도 고려' 등 하위 목표를 설정한 것이다.

문제 공간의 내부 발전 과정에 대해서는 우선 손과 마우스의 관계라는 문제를 식별하고 '손'과 '마우스' 두 가지 문제 요인을 인식하였다. 솔루션 통해 문제 공간 발전에 대해서는 '오래 사용하면 손목이 아프다', '여자에게 마우스는 좀 커서 양측에 있는 버튼을 사용하기 불편하다' 등 솔루션 분석을 통해 문제를 발견하였다.

솔루션 공간의 발전과정은 디자인 목표인 '손목 피로를 완화하는 마우스 디자인'에서 '손목 받침 추가'하는 솔루션 발전 과정이 있고, 마우스의 top-view, side-view에서 perspective view를 생성하는 솔루션 공간 안에서의 솔루션 발전 과정도 있다.

Dorst, & Cross(2001)에 의하면 창의적인 디자인은 먼저 문제를 정의한 다음 만족스러운 솔루션을 찾는 것이 아니라, 문제 공간과 솔루션 공간이 지속적으로 반복하면서 문제 이해와 솔루션에 대한 아이디어를 함께 개발하고 개선하는 과정이라고 하였다. 실험 결과를 보면 참여자 A는 계속 새 문제를 발견하고 솔루션을 개선하였지만 참여자 B는 거의 초기에 문제 공간을 분석하고 하위 목표를 정의하였고 그 다음에 솔루션 공간을 구성하였다. 두 명의 작업 방식 차이 있지만 비슷한 디자인 결과를 나와서 어느 작업 방식이 더 좋은지를 판단하기는 어렵다.

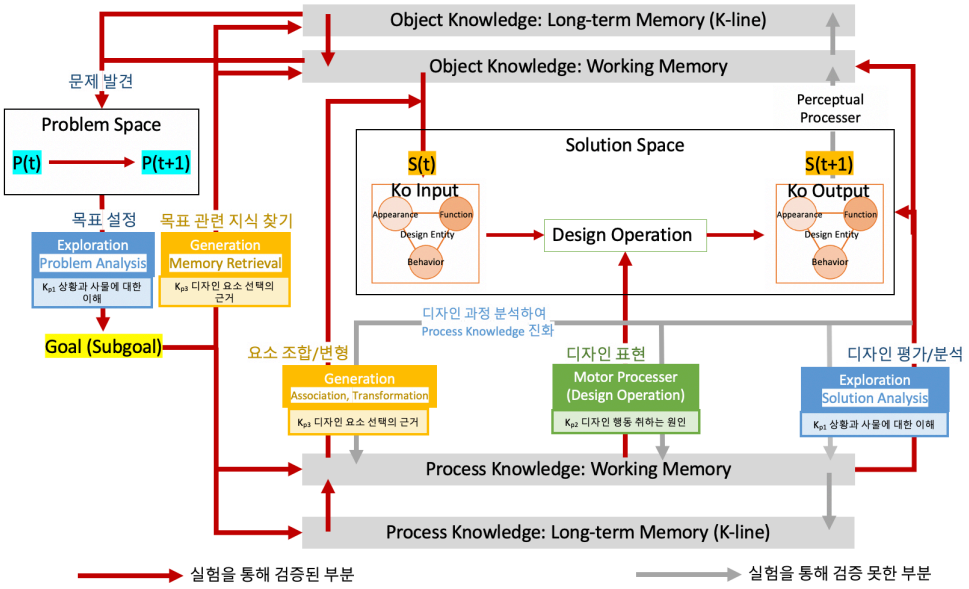
6.3.3. 인지과정 – 지식의 진화 학습 과정

디자인 목표에 따라 손과 마우스에 대한 Object knowledge와 인간 중심 디자인 관련 Process knowledge가 활성화(Generation, Memory Retrieval)되면서 Working Memory에 보관된다. Object knowledge의 진화 과정은 최초에 Memory에 있는 마우스 사용에 관련 경험, 기준 마우스의 형태에 관련 지식은 디자인 진행하면서 목적을 갖고 외부 정보에서 stimuli를 감지하고 Exploration을 통해 Object Knowledge로 전환하고 Generation (Association, Transformation) 통해 기존 Object Knowledge와 통합되고 새로운 지식을 생성한다. 예를 들어 손목의 불

편을 완화하는 디자인 목표를 갖고 레퍼런스 제품에서 손목 받침 부분에 주의를 기울이고 stimuli를 받고 손목 받침 형태의 관련 지식을 마우스 형태에 통합한다.

이렇게 실험을 통해 디자인 과정에서 문제를 인식하고 적절한 Object Knowledge의 활용 인지는 가설 모델에서 제시한 Generation - Object Knowledge Input - Design Operation-Design entity(Object Knowledge Output)-Exploration의 순환 과정([그림 54] 빨간색 화살표로 표시)이 검증되었다. 디자인 과정에서 디자인 지식에 의한 Exploration과 Generation의 복잡한 상호관계는 새로운 디자인 Insight를 발견하고 디자인 발전을 촉진하는 데 중요한 역할을 한다는 것을 증명한 것이다. 후속 연구에서 디자인 지식과 Exploration, Generation의 상호관계에 집중해서 모델을 더 정교화할 예정이다.

또한 상호작용 모델의 디자인 Object Knowledge의 진화 발전 과정과 인지과정에서 Process Knowledge의 역할과 활용 부분 이 어느 정도 검증되었지만 디자인 Process Knowledge의 진화 과정([그림 54] 회색 화살표로 표시)은 Object Knowledge 발전 과정보다 더 장기적이고 암묵적인 과정이어서 실험 과정에서 Process Knowledge의 진화가 발견되지 않았다.



[그림 54] 실험 검증 결과

제 7 장 결론 및 논의

본 연구는 문제를 해결하는 과정에서 인지적 관점으로 디자인 지식 구축 및 활용 과정을 설명하고, 디자인 목표에 따라 Object Knowledge와 Process Knowledge의 상호작용 과정과 특성을 설명하는 것을 목적으로 하였다. 연구 목적을 달성하기 위해서 인지과학의 이론, 디자인 문제 해결하는 과정, 디자인 지식 등 선행연구를 고찰하고, 인지적 관점에서 디자인 Ideation 과정에 지식 상호작용 모델(Design Knowledge Interaction Model from a Cognitive Perspective)을 제안하였다. 모델을 검증하기 위해 프로토콜 분석 방법으로 실험을 설계하고, 두 명의 참여자를 대상으로 실험을 진행하였다. Object Knowledge 사용에 대한 스케치 분석 방법과 Process와 Object Knowledge의 상호관계 분석하는 프로토콜 분석 방법을 활용해서 결과를 분석하였다.

분석을 통해 디자인 과정에서 Exploration과 Generation의 복잡한 상호관계는 새로운 디자인 Insight을 발견하고 디자인 발전을 촉진하는데 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있었다. Exploration과 Generation 과정을 촉진하기 위해 디자인 Cognitive Process에서 각 종류의 디자인 Process Knowledge의 역할을 분석하였다. 또한 디자인 과정에서 Object Knowledge의 발전과정과 Stimuli가 되어서 인지를 촉진하는 과정을 분석하였다.

분석결과는 지식 상호작용 모델에서 제안한 디자인 문제해결하기 위해 발생한 디자인 Cognitive Process와 그 과정에서의 Object Knowledge와 각 종류의 디자인 Process Knowledge가 Cognitive Process를 촉진하는 역할, Object Knowledge와 Process Knowledge의 상호작용 과정, 그리고 디자인 과정에서 Object Knowledge의 진화 과정을 설명할 수 있게 되었다. 하지만, 디자인 Process Knowledge의 진화 과정에 대해서는 추가 연구가 필요하다.

본 연구를 통해 디자인 과정에서 Object, Process Knowledge의 상호작용이 인지적으로 디자이너 머리 속에서 일어난다는 것을 밝혔으며, 현재의 디자인 도구는 Object Knowledge의 관리(예: generative design)와 제안(예: Adobe Sensei)을 중심으로 구성되어 있어, 디자이너의 Cognitive Process를 촉진하는 대 중요한 역할을 하는 Process Knowledge의 구성을 지원하는 데는 한계가 있음을 명확하게 알게되었다.

이 연구를 통하여 디자인 결과에 반영된 디자이너의 ideation 과정을 이해하여 그 과정에서 활용되는 다양한 지식을 체계화하여, 한단계 더 진화한 디자인 도구를 개발을 위한 기반을 제공하여 디자인 작업 과정 개선에 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 본 연구의 장기적 목표는 인간 디자이너의 사고 방식에 대한 이해를 통해 인공 지능 디자인 도구 개발의 기반을 제공하는 것이다. 인공 지능 도구가 Design Object Knowledge와 Process Knowledge의 상호작용 및 지식 구축과 활용 과정을 이해할 수 있다면, 디자이너가 더 정확하고 구체적인 디자인 ideation을 할 수 있도록 도와주는 insight를 제공할 것으로 생각한다.

후속 연구로는 장기적인 관찰 실험을 통해 디자인 Process Knowledge의 진화와 재활용 과정을 고찰하고 Process Knowledge를 인공지능 이해할 수 있는 지식 체계로 구성하는 방법을 모색하는 것이다. 또한, 디자이너를 대상으로, 현재의 Grasshopper, Adobe Sensei는 Object Knowledge 중심으로 한 parameter 기반 도구가 process knowledge를 support 하지 못하는 지점이 어디인지를 밝히고, 이것을 바탕으로 본 연구에서 제안한 인지적 과정에서의 디자인 지식 상호작용 모델을 바탕으로 새로운 디자인 도구의 방향성도 논의할 것이다.

참고 문헌

Adams, R. S., Goldstein, M., Purzer, Ş., Chao, J., Xie, C., & Nourian, S. (2017). Traversing the Barriers to Using Big Data in Understating How High School Students Design. In *Design Computing and Cognition'16* (pp. 613-631). Springer, Cham.

Alexander, P.A., Schallert, D.L. & Hare, V.C. (1991). Coming to terms: How researchersin learning and literacy talk about knowledge. Review of Educational Research, 61, 315-343.

Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review, 89*(4), 369–406. https://doi.org/10.1037/0033-295X.89.4.369

Audrey Jarre (2020).What is Cognitive Learning Theory and How to Apply it? https://360learning.com/guide/learning-theories/cognitive-learning-theory/

Anderson, J. R. (1987). Skill acquisition: Compilation of weak-method problem situations. *Psychological review, 94*(2), 192.

Baba, Y., & Nobeoka, K. (1998). Towards knowledge-based product development: the 3-D CAD model of knowledge creation. *Research policy, 26*(6), 643-659.

Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. Quarterly Journal of Experi- mental Psychology, 49A, 5–28.

Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? Trends in Cognitive Sciences, 4, 417–423.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Work- ing memory. In G. A. Bower (Ed.), The psychology of learning and motivation (pp. 47–89). New York: Academic Press.

Barabási, A. L. (2003). Linked: The new science of networks.

Bernard, A., & Xu, Y. (2009). An integrated knowledge reference system for product development. *CIRP annals, 58*(1), 119-122.

Boden, M. (2003). The creative mind: Myths and mechanisms. Routledge.

Campbell, D. T. (1960). Blind variation and selective retentions in creative thought as in other knowledge processes. Psychological review, 67(6), 380.

Card, S. K., Newell, A., & Moran, T. P. (1983). Chapter 2. The Human Information-Processor, In The Psychology of Human-Computer Interaction.

Chaudhuri, S., Kalogerakis, E., Guibas, L., & Koltun, V. (2011). Probabilistic reasoning for assembly-based 3D modeling. In *ACM SIGGRAPH 2011 papers* (pp. 1-10).

Chandrasegaran, S. K., Ramani, K., Sriram, R. D., Horváth, I., Bernard,

A., Harik, R. F., & Gao, W. (2013). The evolution, challenges, and future of knowledge *representation* in product design systems. *Computer-aided design, 45*(2), 204-228.

Christiaans, H., & Venselaar, K. (2005). Creativity in design engineering and the role of knowledge: Modelling the expert. *International Journal of Technology and Design Education, 15*(3), 217-236.

Costa, R., & Sobek, D. K. (2004, January). How process affects performance: an analysis of student design productivity. In *ASME 2004 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (pp. 137-143). American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.

Cross, N. (1990). The nature and nurture of design ability. Design Studies, 11, 127-140

Cross, N. (2001). Design cognition: Results from protocol and other empirical studies of design activity. In *Design knowing and learning: Cognition in design education* (pp. 79-103). Elsevier Science.

Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: co-evolution of problem–solution. Design studies, 22(5), 425-437.

Duncker, K. (1945). On problem solving. Psychological Monographs, 58(5, Whole No. 270).

Elio, R. & Scharf, P. B.: 1990, 'Modelling Novice-to-expert Shifts in Problem Solving Strategy and Knowledge Organization', *Cognitive Science 14*, 579–639.

El-Khouly, T., & Penn, A. (2013). Directed linkography and syntactic analysis. In Ninth International Space Syntax Symposium. Seoul.

Eraut, M. (2000). Non-formal learning and tacit knowledge in professional work. *British journal of educational psychology, 70*(1), 113-136.

Finger, S., & Dixon, J. R. (1989). A review of research in mechanical engineering design. Part II: Representations, analysis, and design for the life cycle. Research in engineering design, 1(2), 121-137.

Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). Creative cognition: Theory, research, and applications. MIT Press.

Friedman, K. (2000). Creating design knowledge: from research into practice. *IDATER 2000,* 1, 28.

Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Johnson, R. E., & Vlissides, J. (1995). Design patterns: elements of reusable object-oriented software. Pearson Deutschland GmbH.

Gero, J. S. (1990). Design prototypes: a knowledge representation schema for design. *AI magazine, 11*(4), 26-26.

Goldschmidt, G. (1990). Linkography: assessing design productivity. In *Cyberbetics and System '90,* (Trappl, R., Ed.), pp. 291-298. World Scientific, Singapore.

Goldschmidt, G. (1995). The designer as a team of one. *Design studies, 16*(2), 189-209.

Goldschmidt, G. (2011). Not from scratch: The DMS model of design creativity. In Design Creativity 2010 (pp. 63-70). Springer, London.

Goldstein, E. B. (2014). Cognitive psychology: Connecting mind, research and everyday experience. Cengage Learning

Grecu, D. L., & Brown, D. C. (1998). Dimensions of machine learning in design. *AI EDAM, 12*(2), 117-121.

Guilford, J. P. (1956). The structure of intellect. Psychological bulletin, 53(4),

Hatcher, G., Ion, W., Maclachlan, R., Marlow, M., Simpson, B., Wilson, N., & Wodehouse, A. (2018). Using linkography to compare creative methods for group ideation. *Design Studies, 58*, 127-152.

Hofstadter, D. (2001). Analogy as the core of cognition. In *The Analogical Mind: Perspectives from Cognitive Science* (Gentner, D., Holyoak, K.J., & Kokinov, B.N., Eds.), pp. 499–538. Cambridge, MA: MIT Press.

Hori, K. (1997). Concept space connected to knowledge processing for supporting creative design. *Knowledge-Based Systems, 10*(1), 29-35.

Huysentruyt, J., Lespinet-Najib, V., & Chen, D. 2012. "A Model of Cognitive Activities in Design", 9th International Conference on Modeling, Optimization & SI Mulation, Jun 2012, Bordeaux, France.

Jin, Y., & Benami, O. (2010). Creative patterns and stimulation in conceptual design. *Ai Edam, 24*(2), 191-209.

Jonson, B. (2005). Design ideation: the conceptual sketch in the digital age. *Design studies, 26*(6), 613-624.

Johnsey, R. (1995). The design process—Does it exist?. International Journal of Technology and Design Education, 5(3), 199-217.

Joordens, S. (2011). Memory and the human lifespan. Chantilly, VA: The Teaching Company.

Kelly,A.V.et al.:1987,Design and Technological Activity -A Framework for Assessment,APU/HMSO,London.

Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. Cognitive science, 12(1), 1–48.

Kovotsky, K. & Simon, H.A. (1990). What makes some problems really hard: Explorations in the problem space of difficulty.

Cognitive Psychology, 22, 143-183.
Laird, J.E., Newell, A. & Rosenbloom, P.S. (1987). SOAR: An architecture for general intelligence. Artificial Intelligence, 33, 1-64.
Langley, P. (2000). The computational support of scientific discovery. International Journal of Human-Computer Studies, 53(3), 393 - 410.
Larkin, J.H. & Simon, H.A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. Cognitive Science, 11, 65-99.
Lovett, M. C. (2002). Problem solving. In D. L. Medin (Ed.), Stevens' handbook of experimental psychology (3rd ed., pp. 317– 362). New York: Wiley.
Lewis, C. (1982). *Using the" thinking-aloud" method in cognitive interface design.* Yorktown Heights, NY: IBM TJ Watson Research Center.
Malt, B. C. (1989). An on-line investigation of prototype and exemplar strategies in classification. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 4, 539–555.
Mayer, R. E.: 1987, *Educational Psychology: A Cognitive Approach,* Little, Brown, Boston.
McCarthy, J. (1960). *Programs with common sense* (pp. 300-307). RLE and MIT computation center.
McClelland, J. L., McNaughton, B. L., & O'Reilly, R. C. (1995). Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: Insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. Psychological Review, 102, 419–457.
Minda, J. P., & Smith, J. D. (2001). Prototypes in category learning: The effect of category size, category structure, and stimulus complexity. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 27, 775–799.
Minsky, M. (1980). K-Lines: A theory of Memory. *Cognitive science, 4*(2), 117-133.
Minsky, M. (1988). *Society of mind*. Simon and Schuster.
Monedero, J. (2000). Parametric design: a review and some experiences. Automation in construction, 9(4), 369-377.
Nonaka, I., Takeuchi, H., (1995). "The Knowledge Crating Company-How Japanese Companies Create the Dynamics of innovation", Oxford University Press, Oxford.
Nersessian, N. (2008). Creating scientific concepts. Cambridge, MA: MIT Press.
Newell, A., & Simon, H. A. (1972). Human problem solving. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Nonaka, I. (2007, July-August). The Knowledge-Creating Company. Harvard Business

Nonaka, I., Takeuchi, H., (1995). "The Knowledge Crating Company-How Japanese Companies Create the Dynamics of innovation", Oxford University Press, Oxford.

Norman, D. A. (1986). Cognitive engineering. User centered system design, 31, 61.

Norman, D. A. (2013). The design of everyday things: Revised and expanded edition. Basic books.

Oxman, R. (1990). Prior knowledge in design: a dynamic knowledge-based model of design and creativity. *Design studies, 11*(1), 17-28.

Park, Y.M., & Lee, D..Y. (1997). A study on the Cognitive Scientific explanation for Design Ideation. Archives of Design Research, 1-12.

Petrican, R., Gopie, N., Leach, L., Chow, T. W., Richards, B., & Moscovitch, M. (2010). Recollection and familiarity for public events in neurologically intact older adults and two brain-damaged patients. Neuropsychologia, 48, 945–960..

Polanyi, M. (2009). *The tacit dimension*. University of Chicago press.

Popovic, V. (2004). Expertise development in product design—strategic and domain-specific knowledge connections. Design Studies, 25(5), 527-545.

Purzer, Ş. (2011). The relationship between team discourse, self-efficacy, and individual achievement: A sequential mixed-methods study. *Journal of Engineering Education, 100*(4), 655-679.

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & McClelland, J. L. (1986). A general framework for parallel distributed processing. Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition, 1(45-76), 26.

Schacter, D. L., Chiu, C.-Y. P., & Ochsner, K. N. (1993). Implicit memory: A selective review. Annual Review of Neuroscience, 16(1), 159–182

Schon, D. A. (1984). *The reflective practitioner: How professionals think in action* (Vol. 5126). Basic books.

Schön, D. A. (1988). Designing: Rules, types and worlds. *Design studies, 9*(3), 181-190.

Siu, L.H. (2006). Tacit Knowledge, Nonaka and Takeuchi SECI Model and Informal Knowledge Processes. International Journal of Organization Theory and Behaviour, 9(4), 490-502.

Shah, J. J., & Mäntylä, M. (1995). Parametric and feature-based CAD/CAM: concepts, *techniques, and applications*. John Wiley &

Sons.
Sim, S. K., & Duffy, A. H. (2003). Towards an ontology of generic engineering design activities. *Research in Engineering Design, 14*(4), 200-223.
Stempfle, J., & Badke-Schaub, P. (2002). Thinking in design teams-an analysis of team communication. Design studies, 23(5), 473-496.
Suwa, M., Purcell, T., & Gero, J. (1998). Macroscopic analysis of design processes based on a scheme for coding designers' cognitive actions. Design studies, 19(4), 455-483.
Müller, R. M., & Thoring, K. (2010, August). A Typology of Design Knowledge: A Theoretical Framework. In *AMCIS* (p. 300).
Takeda, H., Veerkamp, P., & Yoshikawa, H. (1990). Modeling design process. AI magazine, 11(4), 37-37.
Tidwell, J. (2010). Designing interfaces: Patterns for effective interaction design. " O'Reilly Media, Inc.".
Tjalve, E. (1979), *A short course in industrial design.* 1st ed. Newnes. London.
Tulving, E. (1985). How many memory systems are there? American Psychologist, 40, 385–398.
Umeda, Y., Ishii, M., Yoshioka, M., Shimomura, Y., & Tomiyama, T. (1996). Supporting conceptual design based on the function-behavior-state modeler. *Ai Edam, 10*(4), 275-288.
Visser, W., & Trousse, B. (2006). Reuse of designs: desperately seeking an interdisciplinary cognitive approach. *arXiv preprint cs/0612002.*
Von Helmholtz, H. (1866). Treatise on Physiological Optics. Southall.
Yeh, Y., Huang, L., & Yeh, Y. (2011). Knowledge Management in Blended Learning:
Yamauchi, T., & Markman, A. B. (2000). Inference using categories. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 26, 776–795.

부록

1. 실험 참여자 모집 안내문

실험 참여자 모집

1. **연구 주제**
   디자이너의 인지적 사고 관점에서 design ideation 과정의 디자인 지식 상호작용 모델 제안

2. **모집 대상**
   인원: 2명
   요구: 5년이상 공업디자인 체계적 교육을 받은 디자인 전공자

3. **실험 내용**
   특정 주제의 디자인 ideation

4. **실험 장소:**
   서울대학교 디자인연구동 318호

5. **실험 시간:**
   약 1시간 30분
   - 실험 준비 10분, 실험 1시간, 실험 후 인터뷰 20분

2. 실험 소개서

실험 소개

1. **연구 주제**
   디자이너의 인지적 사고 관점에서 design ideation 과정의 디자인 지식 상호작용 모델 제안

2. **터치펜으로 ipad에서 스케치를 익숙하기 (10분)**

3. **Think aloud 방법 설명**
   디자인 과제를 수행하는 동안 모든 생각을 말로 표현하셔야 합니다.
   Think aloud를 유도하기 위해 실험 과정에서 연구자가 계속 (1) 무엇을 하고 있는가? (2) 왜 그렇게 특정 방식으로 하고 있는가? 라는 질문을 던질 겁니다.

4. **디자인 과제**
   디자이너(실험 참여자 자신)의 작업 습관 고려해서 편하게 사용할 수 있고, 장시간 사용해도 손목이 아프지 않은 마우스 디자인을 해주세요

   1시간 내외로 자유롭게 디자인 ideation을 하고 스케치로 컨셉을 표현해주세요.
   인터넷으로 관련 자료 검색 가능합니다.

3. 인터뷰 질문

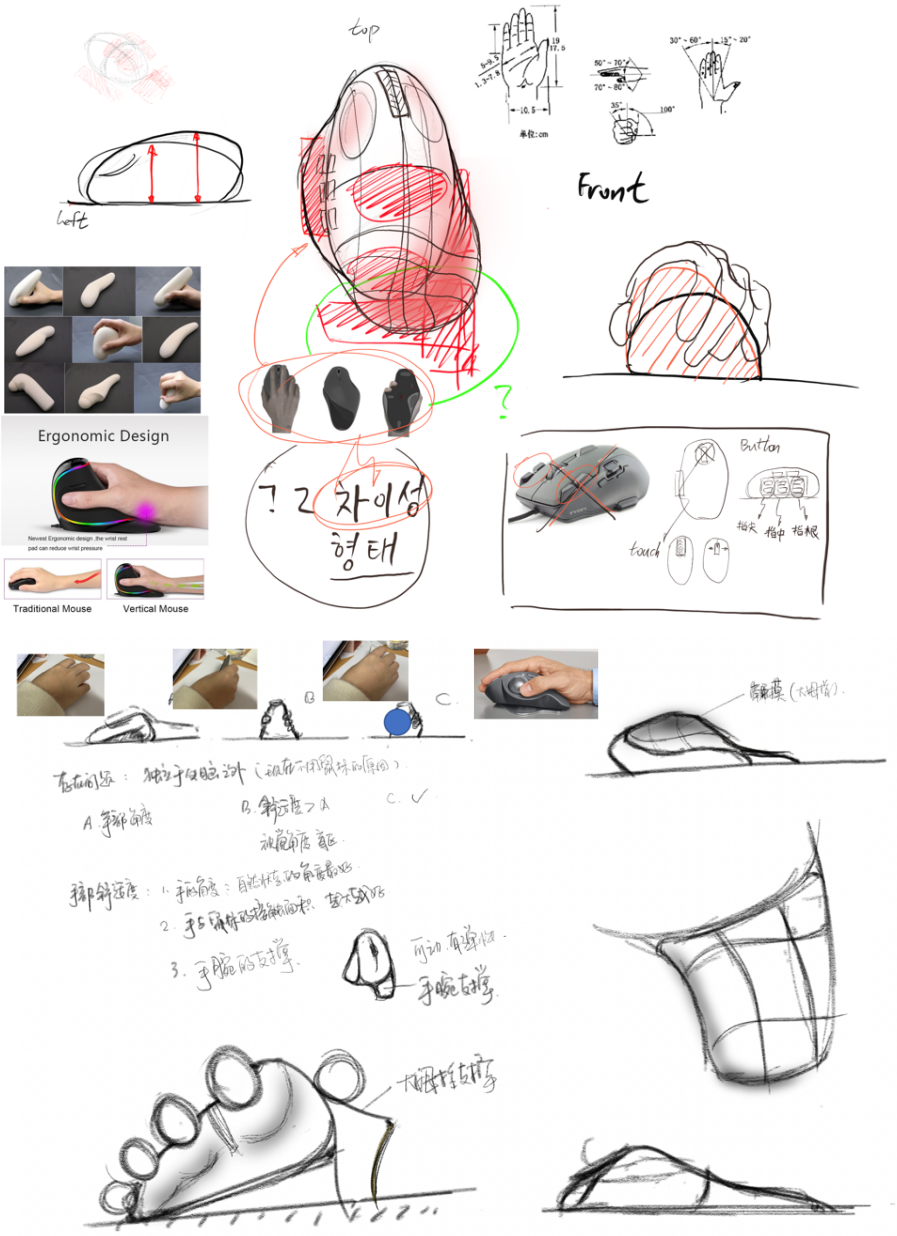
실험 후 인터뷰

1. 디자인하는 과정에서 어떤 지식을 활용하셨습니까?

2. 디자인하면서 연상된 과거 작업이 있습니까? 그 작업을 오늘 한 디자인과 어떤 관련이 있고 어떤 도움이 되었습니까?

3. 오늘 실험을 통해 얻은 새로운 지식 혹은 새로운 생각이 있습니까? 있다면 이후 다른 작업할 때 어떻게 활용할 수 있을지를 예상해보십시오.

4. 실험 결과물


top
left
Front
Ergonomic Design
Traditional Mouse
Vertical Mouse
? 2 차이성
형태
Button
touch
指尖
指中
指根
B
C.

Abstract

Proposal of an Interaction Model of Design Knowledge in Ideation Stage from the Cognitive Perspective

LE Meile
Department of Design
The Graduate School of Fine Arts
Seoul National University

Design is a field of comprehensive cognitive activity. The process of exploring the relationship between the design object and the context of use given as a problem, understanding the unknown and acquiring new knowledge by using existing knowledge are important steps in the design thinking process of solving the problem.

When designers ideate to solve problems, consciously or unconsciously, they always use the knowledge they have accumulated through past experiences. Designers construct new design knowledge in the process of solving a given design problem. In addition, the design outcome is the crystallization of the knowledge constructed by the designer.

Experts use object knowledge and process knowledge accumulated through many experiences to solve problems. In other words, they have knowledge of problems and tend to classify them according to the resolution procedure. In the process of solving the problem of the product, which is the target of the design project, the designer proposes the final design result while composing the problem-solving design knowledge through the interaction of the object

knowledge about product properties and the process knowledge that builds the object.

The purpose of this study is to propose a knowledge interaction model in the design ideation process to explain the process of building and utilizing knowledge through a theoretical review of design knowledge acquisition and utilization in the design ideation process from a cognitive perspective. We examine the characteristics of the interaction between the design object knowledge and the process knowledge that builds the object, which is created in the cognitive process that solves the product problem that is the target of the project, and propose a model to describe the process of building and learning the object knowledge and process knowledge according to the design objectives of the results.

Based on the previous research review consisting of Cognitive Process, Design Knowledge, and Design Ideation Process, the knowledge utilization and acquisition process were constructed from a cognitive perspective and proposed as a hypothesis model for knowledge interaction. Observation experiments and in-depth interviews of the designer work process were conducted to verify the hypothesis model. Through design results and design process analysis, the designer's work process data obtained through observation experiments were analyzed for the role and interaction of Object Knowledge and Process Knowledge at each stage of the design ideation process, and part of the hypothesis model was confirmed.

Through this study, it is expected that the design ideation process reflected in the design results will be understood and various knowledge used in the process will be systematized to provide a foundation for developing a more advanced design tool and use it for

design work.

Keywords : Design Ideation, Cognitive Process, Design Knowledge, Knowledge Interaction
Student Number : 2018-32124