

2장 기억

기억 개괄

- 섬광기억(Flashbulb memory): 큰 사건의 경우 선명하게 기억하는데, 생각보다 많은 오류가 있다는 것을 발견할 수 있다. 직접 경험한 사람들도 기억의 왜곡을 겪는 현상이 관찰된다.
 - **[예시]**로는 삼풍백화점의 붕괴, 성수대교 붕괴, 9.11 사건, 6.25 참전용사의 기억 등이 있다.
 - 우리는 흐릿한 기억이라고 해서 사실성에 의문을 제기하지는 않으나, 많은 왜곡이 있을 수도 있다.
- 기억하는 것은 옛날 것들을 다시 회상(recall)하는 행위와 재인(recognition)하는 행위로 나뉘어진다. 회상은 과거를 현재로 불러들이는 것이다.
 - **[예시]**로는 중학교 3학년때 담임선생님의 기억이 있다.
 - 이처럼 회상은 기억의 장막 어딘가에 저장되어 있는 것을 불러내는 행위이다.
- 재인은 기억에 의존하여 현재의 상황을 인식하는 것이다.
 - **[예시]** Gedanken Experiment(Thought experiment)으로 기억이 모두 다 지워진다면 자신의 집을 인식하지도 못할 것이다.
 - 재인의 원리를 통해 어딘가에 저장되어 있는 기억에 근거해 현재를 살아가게 된다.

기억의 저장소

- 굉장히 많은 양의 정보가 기억에 저장되고 있다.
 - **[예시]** Saint Augustine의 관찰에 의하면, 회고록을 쓰면서 엄청나게 많은 양이 기억난다.
 - 이러한 저장소는 매우 클 것이라고 생각하게 되었는데, 저장소의 기능과 구조에 대해서 많은 학설이 有.

3단계 기억이론

- 3단계 기억이론은 감각기억, 단기기억, 그리고 장기기억으로 나뉘어집니다.
 - 감각기억은 아주 잠깐동안 감각기관에 있게 된다.
 - 이후에 단기기억이라고 하는데, 여기서는 파지기간이 몇 분밖에 되지 않는다. 또한 파지용량도 소위 'magic number'인 5~9개 사이일 뿐이다. 전이적 기억이라고도 표현된다.
 - 장기기억은 파지기간이 때로는 일생 동안 유지되며, 용량은 무한대로 추측된다.
- 이러한 기억들의 성질에 대해서 1950~1960년대를 거치면서 많은 실험이 행해졌다.

감각기억

- 감각기억과 관련해서는 감각 저장소에 세상에 대한 정보가 머무는 방식이 초점이 된다.
 - 막상 감각저장소에 저장되어 있는 것에 대해서 보고를 하려고 하면 기억이 나지 않는다.
- Sterling(1960)의 연구는 다음과 같이 행해졌다.
 - 50ms동안 알파벳을 제시하는데, 일반적으로 보고하라고 하면 4개 전후로 보고된다(Whole Report 방식)
 - 진짜 4개만 감각기관에 들어오는 것인지, 아니면 보고하려는 사이에 없어지는지가 문제된다.
 - 이 문제를 해결하기 위해서, 12개 중에서 일부분만 보고하도록 하였다(Partial Report 방식). 청각 단서를 제시하여서, high, mid, low중 하나만 보고하도록 하였다. 여기서 단서와 상관없이 4개 다 보고를 한다면 나머지 12개가 다 감각 기억에 저장되었을 것이라는 것을 의미한다.
 - 단서 지연: 알파벳이 제시된 뒤에 일정 시간동안 단서를 지연한 결과, 부분보고를 할 수 있는 비중이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 즉, 감각기억은 처음에는 보이는 대로 다 받아들이지만, 짧은 시간 안에 소멸된다는 사실을 알 수 있다.
- Darwin et al(1972)의 연구는 반대로, 청각적인 기억을 제시해 주고 시각적으로 단서를 제시하였다.
 - 청각의 경우에는 단서 지연이 일어나도 회상하는 수가 그렇게 많이 떨어지지 않는다. 이는 청각이 감각기억의 상태에서 오래 머물러 있을 수 있다는 것을 의미한다.
- Neisser(1967)에 의하면, 영사기억은 250ms불잡고 있고, 잔향기억은 800~2,000ms 후 단기기억으로 넘어간다.

단기기억과 장기기억의 존재

- 20개의 단어를 주고, 회상하게 하는 실험에서 순서에 따라서 기억하는 비율을 실험해 보았다.
 - 20개의 단어 중 초반에 있는 것은 장기 기억에서 인출된 것이다. 반면에 후반에 있는 것은 단기 기억에서 인출되었다고 할 수 있다.
 - 중간에 있는 단어들의 경우 몇몇 예외를 제외하고 잘 기억이 안 났을 것이다. 이는 소멸(decay)되거나 대치(displace)되었다고 할 수 있다.
 - 이러한 효과를 계열위치효과(serial position effect)라고 하고, 앞에 있는 것을 기억하는 것을 초두효과(primacy effect), 뒤에 있는 것을 기억하는 것을 최신효과(recency effect)라고 한다.
- 단기기억장치는 하역대(unloading platform)인가에 대해서 의문이 생길 수 있다. 이를 실험하기 위해서 30초간의 지연시간 동안 다른 일을 시킨 다음에 단어를 회상하는 과제를 시킬 수 있다.
 - 이 경우 최신효과는 상당히 사라지나, 초두효과는 어느 정도 유지된다.
 - 하나의 설명은, 단기 기억에서 장기 기억으로 가기 위해서는 암송을 하여야 하는데, 다른 과제를 주었기 때문에 암송을 할 수 없었어 기억이 '대치'되었다고 할 수 있다.
- 비슷한 실험으로는 암송하기 힘든 조건을 만들기 위해서 2초에 1단어 대신 1초에 1단어를 불러주었다.
 - 이 경우 초두효과는 줄어드나, 최신효과는 유지된다.
 - 이는 암송(rehearsal)이 감소하였기 때문이라고 할 수 있다. 이러한 암송은 머리 속으로도 할 수 있고, 메모하면서 할 수도 있다. 암송의 경우 머리 속으로 할 수도 있고, 메모하면서 할 수도 있다.

기억의 3단계이론과, 소멸, 대치, 망각

- Atkinson & Shiffrin(1968)의 기억의 3단계이론에 의하면
 - 외부세계에서 자극이 들어오는 것이, 감각기억으로 들어온다. 여기서 선택적으로 주의를 한 것만 단기 기억에 들어가게 된다. 단기기억에서는 파지기간은 몇 초에 불과하고, 파지용량은 5~9개이다. 여기서 암송을 통해서 장기 기억으로 들어가게 된다.
- 단기기억에서 소멸, 대치, 망각이 있었는데, 장기기억에서 무엇인가 사라질 수 있는가?
 - 장기기억에서 단기기억으로 정보를 가져오는 것을 인출이라고 한다. 그러나 인출이 되지 않는 경우도 있을 수 있다. 이는 컴퓨터의 모형을 생각해 보면 설명할 수 있다.
 - 컴퓨터에서 장기기억은 하드디스크이고, 단기기억은 RAM이 된다. 컴퓨터를 사용하다가 전원을 끄게 되면 RAM에 있는 것들이 날라가게 된다. 인간의 단기기억이 RAM과 비슷하게 작동하게 된다. 입력한 정보들은 RAM에 있다가 저장을 통해서 하드디스크로 들어가게 되는 것이다. 감각기억은 sensor에 대응된다.
- 기억의 단계이론을 지지하는 신경생리적 증거로 우선 순행성 기억상실증이 있다.
 - Korsakoff syndrome은 시상 영역을 건드리게 되는데, 알코올 중독으로 인해서 일어난다. 이는 순행성 또는 역행성 기억장애로 연결된다. 손상이 일어나기 전의 기억이 나지 않을 때에는 역행성 기억상실이고, 손상의 후의 기억이 나지 않는다면 순행성 기억상실이 발생하게 된다. 특히 순행성 기억상실의 경우에는 얼마 전 지난 일들을 기억하지 못한다. 이는 단기기억에서 장기기억으로 전이가 일어나지 못한다는 것을 뜻한다.
 - 치매 환자(Alzheimer)의 경우 전뇌 기저부가 손상되는데, 순행성/역행성 기억장애를 겪게 된다. 이러한 사람들의 경우 뇌가 푸석푸석해지는데, 신경세포 간의 연결고리가 끊어져 나가면서 장애가 발생한다.
 - 순행성 기억장애의 대표적인 사례는 Henry Gustav Molaison의 경우 20대 중반의 청년이었지만, 사고가 일어나서 간질 발작을 겪게 되었다. 이러한 발작은 신경적 작용의 문제에서 비롯되었다. 1950년에 한 의사가 뇌에서 간질 발작이 시작되는 부위를 제거하는 방법을 생각해 내서, 해마 영역을 제거하였다. 그는 수술하기 이전의 내용은 기억해 냈으나, 해마 제거 이후의 기억을 하지 못하였다.
 - 이러한 사례를 통해서, 해마가 장기기억과 단기기억을 연결시켜주는 역할을 한다는 생각을 하게 되었다.

단기기억의 역할: 하역대 vs. 작업대

- 단순한 암송으로 인해서 장기기억으로의 전이가 보장되는지에 대한 의문이 있다. 이를 실험하기 위해서 \hookrightarrow 으로 시작하는 단어 중에서 마지막으로 불러준 것을 기억하게 하여서, 기억할 필요가 없게 만들어 버리는 과제를 주었다. 이후에 예상치 못했던 기억검사를 하게 하는데, 이를 통해서 암송으로 인해 장기 기억으로 갔는지를 검사하게 된다. \hookrightarrow 단어와 다음 \hookrightarrow 단어 사이의 간격이 넓을수록 많이 암송하였을 것이다. 몇 번 암송하였는지에 따라서 장기기억으로 가는 비중이 달라지는가?
 - '유지적 암송' 가설에 따른다면 많이 암송한 단어의 경우에 장기기억으로 전이될 가능성이 높을 것이다. 그러나 실제로는 그렇지 않은 것을 드러난다.
- 처리 수준 이론에 따른다면 대상들이 의미 있고 깊고 처리될 때, 기억이 증진된다. Craik & Tulving(1975)의 재인실험은 단어를 하나 하나씩 제시하면서, 각 집단마다 경험하는 방식을 다르게 해 주었다. 집단1의 경우 대문자로 경험하게 하였으며, 집단2의 경우 각운으로 경험하게 하였으며, 집단3의 경우 문장채우기의 형식으로 단어를 제시하였다.
 - 똑같은 단어를 더 깊게 처리할수록 단어의 재인이 더 쉽게 된다.
 - 이는 대상에 대한 처리 깊이가 기억흔적의 강도를 결정한다는 것을 의미한다.
- 다시 단기기억의 역할로 돌아가서, 단기기억은 암송, 소멸, 대치를 담당하는 하역대라는 가설이 있었고, 분류, 조작, 체계화를 하는 작업대라는 가설도 있었다. 이에 따르면, 단기 기억에서 작업을 하여서 묶어서 장기 기억으로 간다는 가설이다.
 - 단기기억을 작업기억으로 재개념화 할 수 있는데, 이는 마치 컴퓨터에서 CPU와 같은 것이다. 이는 작용 기억 혹은 작동기억이라는 표현으로도 불린다.
 - 작업기억의 특징으로는 다음이 있다.
 1. 구조개념(store)보다는 기억을 처리개념(processor)로 생각한다.
 2. 단순부호화(encoding)보다는 재부호화(recoding)을 하는 것으로 이해한다. 즉, 되뇌기를 하더라도 유지적으로 동일한 내용을 되뇌기 하는 것이 아니라 정교화 되뇌기를 하게 된다.
 3. 기억을 수동적 과정보다는 능동적 과정으로 이해하게 된다.
- 이렇게 능동적 체제화 과정으로서의 기억술을 mnemonics라고 한다. 오래 전부터 이는 연구되어 왔다.
 - 언어적 체제화는 과거의 운문에서 많이 뛰어난다. 아주 오래 전 문학글을 보면 운문인 이유가, 시적 감각이 뛰어나서는 아니고, 그보다는 기록하는 방식으로 기억술을 썼던 것이다. 이는 언어적으로 일정한 규칙에 의거하여서 집어넣는 것을 뜻한다.
 - 시각 심상이라는 방법은 장소법(method loci)라고도 불린다. 이 방법은 자기가 하고 싶은 이야기를 장소에 묶어서 생각해 놓는다. PPT나 OHP필름도 같은 원리이다. 효과적으로 연결하는 방법은 이미지를 떠올려서 서로 연결시키는 것이다. 나중에 내용을 기억할 때 상당히 수월하게 기억할 수 있다.
 - 체제화 탐색은 역사적 사건이나 일상생활과 관련된 기억법으로, 반복적인 체제화와 탐색을 하게 된다. [예시]로는 홍대용의 의산문답, 중상학과 실학자, 박지원의 노론 등에 대해서 기억할 때 유기적인 연결고리를 찾아서 연결하는 것이다. 또 다른 [예시]는 사상가들의 경우 계보를 만들어서 이해하는 것이다. 우리들의 하루도 체제화되어 있다. 체제화 되어 있기 때문에 언제 무엇을 해야 하는지 굉장히 쉽게 기억해 낼 수 있을 것이며, 이러한 스케줄은 매일 또는 1주일 단위로 반복되고 있다.
 - 결론적으로, 이러한 방법들을 통해서 의미가 덩어리로 묶이게 된다. Chunking을 통해서 체제화가 되어서 저장과 인출이 용이하게 된다. [예시] 알파벳 순서를 알파벳송을 통해 기억해 내는 것도 그러한 정보의 예시이다. 이런 식의 일들을 작업 기억에서 하는 것이다.

작업기억 모형의 심화

- 작업 기억과 관련해서 Baddeley(1986)의 연구가 있다. 나라 이름을 외우게 하면 음절이 많을수록 기억하는 정도가 떨어지는 것이 관찰된다. 더불어서 음절이 많을수록 단위시간당 읽을 수 있는 단어 수가 마찬가지로 떨어진다. 즉, 기억할 수 있는지 여부는 내용을 한 숨에 되뇌일 수 있는지 아닌지에 따라서 달라지게 된다.
- Braddeley(1990)의 심화된 작업기억 모형을 살펴보자. 이에 따르면 가설적 '중앙집행부'가 일련의 조직화, 체제화, 비교, 분류 등을 담당하게 된다.
 - 이를 보조하는 일종의 부속(보조, 종속) 체계(slave rehearsal system)들은 정보의 가용을 보조한다.
 - 예를 들어서, 240에서 56을 더하려고 한다면 56이 어딘가에 있어야 한다. 이를 위해서 발성고리를 사용할 수도 있고(언어재료의 암송, 되뇌기), 시공간 그림판을 쓸 수도 있다(심상 암송).
 - 이러한 부속 체계는 정보를 언제든지 쓸 수 있도록 보조해 주고 있는 것이다.
- Braddeley(2000)의 연구는 일화적 완충장치(episodic buffer)의 개념을 추가하였는데, 이는 다중 감각정보를 통합하여 저장하는 역할을 한다.
 - [예시] 어떤 사건의 기억과 관련해서 발에 차갑게 느껴지는 감촉과 나무들의 미지가 통합되어서 기억이 날 수도 있다. 책을 읽으면서, 앞쪽의 말들이 살짝씩 맴돌 수도 있다. 간단한 표식 같은 것들이 글을 읽는 도중에 떠오를 수 있다.
 - 일화적 완충장치에서 기억은 의식적 형태로 인출되게 된다.
- 결론적으로 작업기억은 장기 기억이 있을 때 보조 장치의 정보를 보여주고, 감각기관을 통해서 끊임없이 외부 세계와 접촉하면서 작동한다. 여기에 정보가 모여서 생각하거나 의식하는 과정으로 거치게 되고, 옳고 그름에 대한 판단을 하게 된다.

장기 기억의 저장 방식

- 일화적 기억은 자기가 어떠한 경험을 하였는지에 대해서 오감을 사용해서 느낀 것으로, 고스란히 저장되어 있다. 그러나 그 특성상 연구가 상당히 제한적일 수 밖에 없다.
- 생성적 기억은 상당히 많은 부분에서 우리의 지식을 뜻한다. 일반적인 지식 또는 의미기억이라고도 불린다.
 - [예시] 생성적 기억은 사자는 표유류인가? 라는 질문에 대해서 답할 때 사용된다.
- 의미 위계-망 모형(Semantic hierarchical network model)에 의하면 장기기억은 의미들과 관련해서 위계적인 network으로 형성되어 있을 것이다.
 - 이 모형에서는 인지적 경제성을 위해서 다른 것들과 공유하는 부분은 상위 단계에 저장되게 된다.
 - 이를 확인하는 방법으로, '문장 진위 판단과제'가 있다.
 - [예시] 실제로 실험해 본 결과, '카나리아는 새이다'보다는 더 상위에 있는 '카나리아는 동물이다'라는 문장 진위를 판단하는데 더 시간이 더 걸리게 된다.
- 이러한 모형에 대해서 Rosch(1973)은 전형성의 문제를 지적하였다.
 - 의미상 거리보다는 연합 빈도가 더 중요할 수도 있다.
 - [예시] '사자는 동물이다'와 '사자는 포유류이다'에서는 사자와 동물의 연결이 더 잘 된다.
 - 즉, 다른 방식의 link가 있을 것이라는 생각을 할 수 있게 된다.
- 활성화 확산 모형에 따르면 기억은 서로 다른 개념들이 network의 형식으로 연결되어 있고, 하나가 활성화 되면 다른 것들이 연달아서 생각납니다.
 - [예시] 코끼리를 생각하지 말라 하면 코끼리가 생각난다. 빨간색을 생각하면 관련된 것이 연결되어 생각난다.
 - 아마도 이러한 방식으로 연상이라는 심리적 활동이 일어날 것이다. 하나의 개념이 활성화되면 다른 것들 것 연쇄적으로 연상되는 것이다.

- 활성화 확산 모형에서 연결되어있는 모습을 판단하기 위해서 '어휘 판단 과제'를 제시하였다. 사람들은 단어를 볼 때 보이는 대로 보려고 하지만, 단어가 보이면서 장기기억에 저장된 무엇을 활성화하여서 확산이 이루어질 것이라고 생각하였다. 우선 점화자극을 제시한 다음에, noise를 보여줘서 그 잔상을 없애주고, 마지막으로 표적자극을 보여준다. 그리고 표적자극이 단어인지 여부에 대해서 판단하게 한다.
 - 결과적으로, 점화자극과 의미적으로 가까운 단어에 대한 반응이 빠른 결과가 나왔다.
 - [예시] 간호사의 경우 의사와 연결이 잘 되나, 조련사와는 더 먼 위치에 있을 것이다. 점화효과에 의하면 전자 간의 link가 짧거나 강하다고 할 수 있을 것이다.
 - 이런 식의 생각은 예전부터 많이 해 왔는데, 대표적인 것이 프로이트의 자유 연상이다. 편한 마음으로 연상을 하다 보면, 잠재의식의 연결고리를 찾을 수 있을 것이라고 믿었다.

기억의 인출과정

- 장기 기억에서의 인출은 의미기억(추상적 지식표상)에만 있는지가 문제된다. 즉, 추상적이지 않은 기억들은 장기기억에서 어떻게 기억되는지가 문제된다.
- 상태의존적 기억(state-dependent memory)의 연구는 잠수부들이 작업환경에서 기억에 영향을 받는 현상을 발견하였다. 물 밖에서 학습한 것의 경우, 물 안에서 검사하는지 여부에 따라서 기억의 회상 단어수가 달라진다. 반대로 물 안에서 학습했던 내용의 경우에는 물 밖에서 인출이 잘 되지 않는다..
 - 이는 상태의존적 기억인데, 자기가 학습한 것과 신체적, 환경적 상태가 맞지 않으면 기억이 잘 안된다.
 - 추가적인 실험을 해 본 결과, 물리적 동일성보다는 환경적 의존성이 중요하였다. 이전 환경과 비슷하다고 생각하고 그렇게 상상하면 인출의 정도에 차이가 없었다(Smith, 1979). Image training도 비슷한 원리로 작동된다.
 - 부합성의 원리와 연결되는데, 인출맥락과 부호화맥락의 유사성이 있을수록 기억이 잘 된다. 이는 기분 일관성 효과와 연결되는데, 같은 정서적 상태 맥락에서 동일한 기분이 계속 인출되는 것을 지칭한다.
- 인출할 때 기억은 어떻게 탐색될까? 앞을 통해서 살펴본 결과 의미기억에 한정해서 인출되는 것이 아니라 구체적인 측면이 연결되어서 생각된다는 것을 알 수 있다. 다른 측면을 살펴본다면, 기억은 구체적인 범위 안에서는 금방 기억하나, 넓은 범위 안에서는 잘 기억이 나지 않는 경우가 있다.
 - 기억 탐색의 책략은 물리적 세계의 탐색과 비슷하다. 처음에는 장기기억을 의미기억 위주로 생각했지만 다른 기억은 장소 등과 관련해서 나타날 수 있는 것이다.
 - [예시] 고등학교 동기생을 회상해 보라고 했을 때 물리적으로 상상하면서 여러 명을 탐색
 - 절단현상은 어설픈 기억탐색 또는 탐색실패와 관련해서 나타난다. 이는 망각이라기보다는 탐색 과정에서 있는 일이다. 학습단계를 거친 다음에 검사를 거치면 첫 글자가 유사한 단어가 나오게 된다.
- 암묵적 인출은 내현적으로 기억이 인출되게 되는데, 피아니스트, 프로골퍼, 자전거 타기등의 동작에서 일어난다. 반대는 명시적/외현적 인출이다. 지금까지 설명한 기억은 후자에 속하게 된다.
 - 대표적인 것이 운동 과제인데, 이 외에도 다양한 측면으로 영향을 미치게 된다.
 - '암묵기억과제'를 제시하였는데, 우선 단어리스트를 제시한 다음에 매우 짧은 단어를 제시하고 읽으라고 한다. 이 경우, 이전에 제시된 단어라면 읽을 수 있을 가능성이 올라간다(반복점화효과). 이는 35ms라는 매우 짧은 시간동안 인출이 일어났다는 것을 뜻한다. '어간완성과제'의 경우에도 비슷한 효과가 관찰된다.
 - 암묵적 인출의 특성은 다음과 같다
 1. 부호화 전략에 영향을 받지 않는다. 이는 깊이처리가설은 명시적 기억에만 적용될수 있다는 뜻이다.
 2. 뇌손상환자의 경우 암묵적기억이 온전한 경우도 있다.
 3. 기시감의 경우 분명이 이전에 경험해 봤다는 느낌이다. 명시적으로 인출되지는 않았지만, 특징들이 이전에 경험했던 다른 것과 맞아 떨어져서 나타나는 것이라는 설명이 있다. 회상이나 재인이 일어날 정도까지는 아니더라도 반복점화효과가 일어날 정도까지는 인출이 될 수 있다.
 - 명시적 기억과 암묵적 기억이 복합적으로 연결되어 있는 서로 다른 체제라는 생각도 할 수 있다.

망각과 인출 실패

- Ebbinghaus의 망각곡선은 학습 이후 시간에 따른 망각의 정도를 보여준다. 그는 독일에서 사용되지 않는 음절 2,300여개를 만들어서 오염되지 않은 실험을 하였다. 무작위로 배열된 음절들을 외우게 한 다음에, 망각된 정도를 측정하기 위해서 다시 모두 외울 때까지의 시간을 측정하였다.
 - 계속 반복할 때마다 들어가는 노력이 줄어들게 된다. 이전과 비교하였을 때 외우는 데 걸리는 시간의 비율을 망각의 척도로 삼았다.
 - 망각곡선을 보는데, 1시간이 지나면 상당한 기억이 잊혀지는데, 이후에는 별 차이가 없다.
 - '과잉학습'의 경우에는 망각곡선을 위로 끌어올릴 수 있는데, 노력에 따라서 망각의 정도가 줄어든다.
- 소멸이론은 왜 시간이 따라서 기억이 나지 않는가를 다루는데, 기억흔적은 신진대사과정에 따라서 점차적으로 소멸되고, 신경적인 구조물들에서 기억이 삭제된다는 것이다. 수면의 경우 신진대사량이 떨어져서 소멸하지 않는 것이다. 실제로 실험 결과, 잠을 잔 학생들이 자지 않았던 학생들보다 더 기억을 많이 하였다.
- 간섭이론에 따르면, 다른 기억들과 혼재에 따라서 인출 실패가 일어난다(편지철의 예시). 역행간섭은 이후의 기억이 이전의 기억에 영향을 미치고, 순행간섭은 이전에 경험했던 것이 이후의 기억에 영향을 미치게 된다.
- 인출실패는 인출이 잘 안되는 상황을 지칭한다. 이는 인출단서의 변화에서 일어난다고 할 수 있다.
 - 아동기/유아기 기억상실증의 경우 인출단서의 변화의 예시이다. 어릴 때와 지금의 환경이 너무 다르기 때문이다. 성장에 따라서 환경도 변하는 것이 될 수 있기 때문이다.
 - 기억실패에서는 생략의 오류(소멸, 간섭, 단서변화)도 있을 수 있지만, 관여의 오류, 즉 경험한 지식의 영향에 따른 기억 재구성이 있을 수도 있습니다. 이는 오기억(false memory)라고 부릅니다.
 1. Schema(도식): 이미 가지고 있던 삶의 방식에 대한 생각이 개념틀로 작용하여서 하나의 frame이 된다. 자신이 가지고 있는 도식에 따라서 관여의 오류가 있다.
[예시] 인디언 이야기를 들려주고 나중에 회상하게 하면 내용이 맞춰서 추가되고 정교화되고 변형.
 2. Script의 경우 지식의 구성에 있어서 행동 시나리오를 미리 짜 두는 것을 지칭한다. 스크립트의 경우 책으로 배울 수도 있지만 의식적 현장에서 하는 것이 제일 좋다.
[예시] 병원에 가게 한 다음에 '간호사가 있었는가'라는 질문을 던진다(원래 없었다).
 3. 목격자 증언의 경우 유도질문에 따라서 스키마가 활성화 된다. 유도질문인지 중성질문인지에 따라서 기억 자체의 왜곡이 있을 수도 있다.
[예시] 슬라이드에 자동차 충돌의 사진이 담겨 있다. 보게 한 다음에 내용과 일치하는 질문과 일치하지 않는 질문 충돌이 담겨 있다. 이 경우 일치되지 않은 것으로 물어본 다음에 재인 검사를 한 경우 질문에 따라서 재인이 달라지는 것을 관찰할 수 있다.
[예시] 미국에서 1990년대에 어린 시절 기억으로 부모를 고소하게 되는데, counselor들이 기억을 자극하였기 때문이다. Loftus의 법심리학 연구에 따르면 기억에 있어서는 신증이 필요하다.

대안적 기억이론

- 지금까지 다른 기억모형의 경우 3단계이론을 기본으로 하고 있다. 그러나 기억에 대한 논의를 마무리하면서, 시간의 역할에 주목할 필요가 있다. 아주 짧은 시간동안이라도 기억한다 라는 표현을 쓸 때 유의해야 한다.
- Baddeley(1990)의 대안적 기억이론에 따르면, 장기기억이라는 기억 시스템이 있고, 일부분에서의 활동을 작업기억이라고 할 수 있다. 그 작업기억 안에 활성화 정도에 따라서 부속적으로 단기 기억이 있다.
 - 활성화가 되어 있으면 상당히 오래 전의 기억이라도 찾을 수 있다. 이는 책상에서 물건을 찾는 것에 비유될 수 있다. 중앙집행부가 활동하고 있는 상태의 기억들이 가장 활성화가 높다.
- 과거를 되돌아본다라는 말을 하는데, 이는 어떠한 방식으로 저장된 것을 불러내기 때문에 기억하는 것이다.
 - 그러나 물리적인 시간에 의하면, 현재라고 말하는 순간 이것은 과거가 되어 버린다.
 - 반면에 심리학에서는 어떠한 개념과 말 같은 정보 등이 항상 작업중이고, 미래와 관련해서 기억하는 것일수도 있습니다. 심리적으로는 어느 section을 잘라서 현재로 만들 수 있다는 이야기이다.
 - 우리는 끊임없이 우리는 이 세상과 접하면서 무엇을 하고 있다. 세상을 접할 때 우리는 과거라고 경험했던 것을 가지고 이 세상과 접하기 때문에, 기억은 과거에 대한 지각이라는 주장은 설득력이 떨어진다.

3장 감각/지각

감각 과정 개괄

- 우리는 매 순간순간 세상과 접촉을 하고 살고 있다. 우리가 잠을 잘 때에도 밖의 세상과 거의 막혀있지만 꿈을 꿀 때에도 밖에서 벌어지는 것과 어느 정도 연결고리가 있다. 기억의 논의에서 봤듯이, 감각 기억에 상당히 많은 것들이 들어오지만 모든 것이 장기기억으로 가는 것은 아니다.
 - 사과를 접할 때 접촉하면서, 소리로 접할수도 있고, 다양한 감각기관을 사용하여 접할 수 있습니다. 분명 이러한 면도 있지만, 이 이면으로는 만지고, 맛보고, 냄새맡고, 귀 기울여 듣고, 바라볼 수도 있다. See와 Seen의 차이, 들린다고 듣는다는 차이가 있다. 이는 적극적인 행위인지의 여부에 따른 차이이다.
 - 어느 한 순간을 딱 잘라서 말한다고 해서 정보가 들어오는 것이 아니라, 시간에 걸쳐서 감각을 사용하면서 알아채게 된다. 경우에 따라서 몇 분 혹은 몇 시간에 걸쳐서 알아가는 측면이 발생하며, 현재와 미래, 현재와 과거를 딱딱 나누는 것도 잘 안 된다.
 - 심리학에서는 '인지한다'라는 말을 쓰고, '의식한다'라는 말도 쓰지만, 오랫동안 실험적인 연구를 통해서 감각이 무엇인지에 대해서 밝혀내고자 하였다.
 - 바깥에 있는 것의 성질은 마음과 다른 성질을 가졌을 것이라고 생각할 수 있다. 우선 이에 관한 철학자들의 논의를 살펴볼 필요가 있다.

감각과 지각에 대한 철학적 논의

- 세계와 접촉을 한다고 했을 때, 나라는 존재와 외부 세계의 존재가 같은 성질이라고 하는 견해도 있고, 아니라는 견해도 있다. 후자의 경우 데카르트의 심신이원론이 대표적이다.
 - 데카르트보다 100년 앞서서 갈릴레이, 뉴턴의 100년간의 과학혁명이 있었다. 이는 중세까지 인간을 이해하는 방식에서 확실한 분기점이 되었다. 이에 따라서 영국의 경험주의와, 대륙의 합리주의가 발생하였다.
- 영국의 경험론적 전통(Locke, Berkeley, Hume)의 경우 물리적인 세계와 심리적인 세계를 연결하는 과정에 관심을 가지고 있었다.
 - 또한, 그 사이의 신경생리적 진동에도 관심이 있었다. 대표적으로는 눈 뒤의 시신경 다발이 있는데, 최종적으로는 신경과 연결되어 있었다. 이러한 시신경 다발이 진동하면서 물리적인 세계에 대해서 인식을 한다고 생각하였다.
- 자연과학에서 세계를 인식할 때, 우리가 보는 대로 실제로 그러한가에 대한 의문이 생기게 된다.
 - 1차적 성질은 모양, 크기, 위치, 운동 등 외부세계에 있는 꼴 그대로 나타나는 것이다.
 - 2차적 성질은 색, 소리, 온도, 냄새처럼 밖에 있는 세계와 심리적인 세계에서 만들어지게 된다.
 - 자연에 관해서는 일차적 성질에 따라서 이야기하여야 한다.
- Locke는 이를 철학적으로 적립하였다. 우리가 보고 듣는 것은 tabula rasa에 쓰이면서 마음을 형성해 난간다.
 - 이렇게 해서 우리 안에 요소로 들어오는 것은 단순관념이라고 한다.
 - 이러한 단순관념들이 연합해서 복합관념이 만들어진다. 인식하는 것은 어릴 때부터 되는 것이 아니라 지각학습과 지각발달을 거쳐서 마음의 상태들이 만들어지는 것이다. 기억에 의한 수정도 일어난다.
- Hume은 회의론자로, 밖에서 일어나는 것이 실제로 물질 그 자체에 근거한 것인지 알 수 없다고 주장한다. 즉, 경험주의 철학의 경우 답을 내릴 수 없다는 것이다(진리에 도달하지 못한다).
- Kant는 이 회의론적인 시각을 극복하는 방안을 모색하는데, 이미 프랑스와 독일에서 이어져 왔던 선형주의에서 그 답을 찾는다.
 - 우리에게 선형적인 지식으로서의 개념, 범주, 도식이 있는데, 이러한 틀에서 세상을 그런 대로 인식한다는 말을 한다. 따라서 물자체(자기 밖에 있다는 사물 자체)는 그 자체로서 알 수 없게 된다.
 - 즉, 우리는 선형적 지식에 근거해서만 외부를 받아들이는데, 이 입장은 정신물리학으로 이어진다.

- Kant는 심리학은 과학이 될 수 없다고 하였다. 이미 칸트 이후에 영향을 받은 19세기 학자들은 학문을 자연과학(World 1) – 생리학(World 2) – 심리학(World 3)로 나누어서 연구하였습니다.
 - 즉, 물리적인 변화가 있을 때 심리적으로 어떻게 변하는지에 대한 연구를 통해서 마음의 성질을 간접적으로 어떻게 확인할 수 있을지가 제시되었다(정신물리학 – Psychophysics).
- 고전적 정신물리학으로부터 우리가 배운 것은, 마음으로 넘어가는 일정한 문턱(threshold)를 넘어야 물리적 세계가 우리가 아는 세계로 들어온다는 것이다.
 - 물리적 세계와 심리적 세계의 관계는 아직도 고민중인 문제입니다. 심리적으로는 아무런 반응이 없을 만한 자극이 있다가, 양이 문턱을 넘어서야 무엇이 존재한다는 것을 알 것이다. 우리가 심리적으로 감지할 수 있을 정도의 최소한의 물리량을 절대역(absolute threshold)이라고 부릅니다.
 - 이미 있던 자극이 변화하였을 때 그것을 알 수 있는 정도를 차이역(상대역)이라고 한다. Just noticeable difference(jnd)라고 표기할 수 있을 것이며, 이는 측정단위로 아직도 쓰인다. 1930년대에 연구를 시작한 Weber의 법칙에 의하면 자극의 절대치 변화가 아니라 표준자극에 대한 상대적인 크기 변화가 중요하다. 차이를 느낄 수 있는 최소한의 변화율을 Weber Constant라고 부를 수 있을 것이다. 이는 무게 외에도 밝기, 소리 등에 적용될 수 있다.
 - Fechner 법칙은 감각 = $\log(\text{물리적 강도})$ 로 표현합니다. Weber의 법칙에 따라서, 물리적인 강도가 일정하게 증가해 나가지만, 심리적인 세계에서는 log function으로 표현된다. Fechner는 이를 종합하여 밝혀낸 결과, 마음을 간접적으로 수량화 시킬 수 있다고 한다. 이를 심리학에서는 심리측정과 검사라고 하고, 대표적인 검사는 지능검사와 성격검사이다. 그는 측정을 가지고 모델링을 하면서 원리와 법칙을 발견할 수 있하다고 한다. 합니까. 그리고 이것을 심리학에서는 심리측정과 검사라고 부르게 됩니다.
 - 이는 마치 한계효용체감의 법칙과 같다.
- 20세기 정신물리학에서는 세상과 대응될 때 복잡한 일이 벌어진다는 것을 알게 되었다. 신호탐지이론에 의하면 감각신경 활동 수준은 어느 정도의 분포를 가지고 있다. 이에 따르면 신호가 있다고 탐지하는 '역'이 높으면 민감성이 떨어진다고 할 수 있을 것이다. 한편, 반응의 기준점이 한쪽으로 편향될 수 도 있는데, 이는 반응편중이라고 부를 수 있다.
 - 소음만 있는 상태에서도 신경세포는 어느 정도의 분포를 보이고 있다.
 - 자극이 들어오면 신호 + 소음으로 인해서 그 분포가 평행이동한다.
 - Signal이 명백하게 클 때는 괜찮은데, 약간 차이날 때에는 문제가 생긴다. 결정기준을 너무 낮추는 경우 허위경보의 가능성이 높아집니다.
 - [예시] 관제탑에서 관제사들이 적기를 잡아내면 포상을 받는 경우 오판의 가능성이 높아진다.
 - [예시] 6sigma 경영을 하는 경우에 너무 많은 양의 제품을 버리게 되어서, 기업들은 A/S를 하게 된다.
 - [예시] 의사들의 검진은 단순히 돈을 버는 문제가 아니라 영리법인화와 보험회사의 관여등이 다양하게 연결되어 있고, 메르스처럼 전염병에서도 행정부들의 지도자들이 어느 기준을 설정하는지에 따라 반응이 달라질 수 있을 것이다.
 - 즉, 정신물리학에서도 있다 없다 같다 다르다를 판단하는 기준은 단순히 감각기관에서만 벌어지는 것이 아니라 그 뒤에 인지적인 과정을 겪으면서 어떠한 의도/계획이 있는지에 따라서 달라진다 할 수 있다.

물리적 세계와 심리적 세계의 연관성

- 평형 상태에 있게 할 수 있게 하는 것이 달팽이관입니다. 매 번 균형을 잡을 때마다, 세반 고리관에서 서로 서로 수직인 3개의 관의 내부에 Hair cell(유모세포)가 있어서 움직임을 탐지해 준다. 전정기관 안의 돌도 움직여서 중력장을 판단하게 된다.
- 후각도 마찬가지로 다양한 화학적 반응을 탐지하고, 이를 산업화한 것을 향수라고 한다.
- 피부 내에는 많은 sensor들이 있다. 압력과 통증을 감지하는데, 이는 촉각(haptics).

- 소리는 역학적 에너지로 느껴진다. 촉각과 달리 멀리 떨어진 상태에서 무슨 일이 일어나는지 알 수 있게 된다. 동물별로 느낄 수 있는 주파가 다른 경우도 있는데, 인간은 20~20,000Hz의 소리를 들을 수 있고, 동물들에 따라서 초음파를 들을 수 있다. 따라서 공기파동의 경우도 우리가 사는 세계의 공기파동을 다 감지하는 것은 아니다.
- 시각에서는 전자기파를 봅니다. 우리가 볼 수 있는 전자기파를 가시(visible spectrum)이라고 부른다. 보라색보다 더 파장이 더 짧으면 엑스레이 등이 됩니다. 청각에서도 이야기한 것처럼, 세상을 살아갈 때 제법 겸손할 필요도 있다. 가시광선 밖의 영역은 적외선 망원경의 존재를 통해서 알아나가고 있을 뿐입니다.
 - 눈의 구조를 좀 살펴보면, 밖에 있는 빛이 있다면, 렌즈와 같은 각막이 있고, 수정체가 있고, 유리질을 통과해서 망막이 있다(retina). 눈의 작동 원리는 카메라의 원리와 같다.
 - 눈의 작동에 대해서 집중해서 다루고자 한다.

시각과 감각/지각의 작동 원리

- 고대 시절에도 빛이 직진한다는 것은 묵자, 아리스토텔레스 등에 의해서 밝혀졌다. 이는 숲속의 나뭇잎을 통과해서 빛이 나오게 되는 것을 보고 추론할 수 있다. 마찬가지로 부분일식에서도 이 원리를 관찰할 수 있다.
- 핀홀 카메라의 원리를 살펴보면, 대략 1,000년 전에 al-hasan이라는 학자가 camera obscura라는 장치를 만들었다. 이는 암실을 의미하는데, 구멍 사이로 들어오는 빛이 어떻게 맺힐 것인지에 대해서 탐구하였다.
 - 안을 보아도 밖에 있는 상태와 똑같이 hologram의 형식으로 떠 다닐 것이라고 생각하였으나, 실험실에서 확인해 본 결과 screen에 이미지만 맺히게 된다.
 - 이 이미지에서는 다음과 같은 문제들이 제기되었다.
 1. 상하좌우 역전
 2. 이차원의 영상
 3. 애매모호한 크기 – 작은 초를 더 가까이 놓아도 똑같은 이미지가 나타난다. 사영기하학을 생각해 보면 이러한 결론이 나올 수 있다. 어떻게 딱 하나의 일정한 크기의 촛불 세 자루가있는 것을 아는가?
 4. 왜곡된 형태 – 눈에 동그란 원판이 있을 때에는 원의 이미지가 있다가, 높이면 타원이 됩니다. 우리는 주어진 타원을 가지고 원을 인식하게 된다.
 - 뒤집에서 눈에 이미지가 맺힐 텐데, 어떻게 똑바로 볼 것이라고 생각되는가? 데카르트는 이에 대해서 눈 뒤로 신경 다발이 볼 때 뇌 속에서 이미지가 뒤집어질 것이라고 생각했다. 어떻게 이런 일이 가능한지에 대해서는 지난 1,000년간 풀지 못하고 있다.
 - Inverted Goggles로 실험해 본 결과 부분적인 성공을 거두기도 하였다.
 - 감각 기관에 주어진 정보는 물리적 상태와도 다르고, 심리적 상태와도 다르다. 따라서 과연 세상에 대해서, 혹은 자연에 대해서 제대로 이해할 수 있을 것인가에 대해서 논의가 필요하다. 지각을 할 때에도 이렇게 감각의 문제가 심리적 세계에 와서는 수정/교정되게 된다. 기억에 의한 것은 경험에 의한 것이라고 할 수 있을 것이다.
 - Kant는 태어날 때부터 이런 것을 조정할 수 있는 능력이 있다고 하였다(이성). 이러한 이성은 선験적으로 가지고 태어나는 것이고 사람들은 합리성에 기반해서 세상을 제대로 이해할 것이라고 믿었다.
- 우선 시야(visual field)를 살펴보면, 우리가 눈으로 받아들이는 세상의 모습이다.
 - 한쪽 눈으로는 코에 의해 시야가 가려지지만, 두 눈으로 보면 더 많은 것을 알 수 있다. 이러한 방식으로 가만히 있는 상태에서 이를 통해 200도까지 볼 수 있다.
 - 눈도 많이 볼 수 있는 동물은 사슴, 말, 토끼 등으로, 대부분이 초식동물이고 거의 360도를 다 볼 수 있다. 반면에 포식자들은 눈이 앞쪽에 있다는 것을 볼 수 있다. 이는 피식동물들은 언제나 위험을 감지하고 도망할 수 있게 할 수 있기 때문이다.
 - 왼쪽 눈을 돌리면 장면이 달라진다. 밖에 있는 것은 동일한데, 머리 속에서 순간적으로 이를 처리해서 세상이 변하지 않은 것을 안다.

- 심리학자들은 자극이라는 말을 써 왔는데, 이는 직접 엄청난 힘을 가하는 것이 아니라 약한 힘을 주는 것을 보통 일컫는다. 따라서 자극보다는 입력정보라는 말이 더 직관적일 것이다. 감각을 받아들이는 부분은 감각 수용기라고 할 수 있을 것이다.
 - Receptor 표면에 들어오는 것을 근접자극이라고 할 수 있는데, 이 경우 가까이 있는 물체는 가깝게, 멀리 있으면 멀리 mapping이 된다. 반면에 물체에 빛이 반사되는 패턴 그 자체를 원격자극이라고 할 수 있는데, 주어지는 근접자극은 매 번 달라지는데 어떻게 똑같다고 할 수 있는가? 이는 지각적 항등성의 문제로 연결된다.
 - 경험주의 철학자들에 의하면, 기억에 의존해서 다른 자극들을 같은 물체로 인식한다고 하였고(서로 다른 예도 불구하고), 합리주의 철학자들은 지식에 근거해서 항등성이 있다고 결론을 내린다.
- James Gibson의 Cookie cutter experiment는 자기의 집 주방에서 피부에서 가장 민감한 부위인 손가락을 대상으로, cookie cutter를 눌러 주고 이미지를 알아차리게 하였다.
 - 그러나 누른 상태에서 그대로 있는 경우, 즉 수동적인 imposed stimulation의 경우 잘 알아차리지 못하였다. 반면에 누르기만 하는 것이 아니라 돌리게 했으면 90%를 알아차렸고, 직접 지각자의 움직임에 따라서 변하게 했으면 100%를 알아차릴 수 있었다(Obtained stimulation).
 - 즉, 어떠한 물체를 인식하는 과정에서 여러 가지 모습을 보는 과정을 통해서 확실하게 인식할 수 있다는 결론으로 귀결될 수 있다.

지각의 시작

- 어두운 방에서는 아무것도 안 보여서 지각이 없다. 그러나 폭우의 경우에도 빛은 있지만, 우리는 볼 수 없는 경우이다. 즉, 우리는 빛 자체를 보는 것이 아니라 빛을 통해서 주변 환경을 본다고 말할 수 있다.
 - 지각의 시작은 무언가가 다르다는 부분을 보고 무엇이 있다는 것을 알아차리는데서 쓰인다.
 - 일반적으로 거리의 지각은 거리보다는, 얼마나 걸리는지를 사용해서 측정된다. 어렸을 때 살았던 동네는 이사 가서, 걸음걸이, 속도, 힘이 달라져서 동일한 조건이라도 다르게 지각된다. 즉, 지각은 공간과 시간을 묶어서 인식하게 된다.
 - 장기 기억에서 의미기억 이야기를 할 때 특징들이 저장되어 있습니다. 있는데, 형태와 모양에 따라서 어떤 행동을 할 수 있는 유무를 지각하게 된다. 이를 행동가능성이라고 생각해 볼 수 있습니다. 이는 행동가능성에서 다루고자 하는 것 중 하나이다.
- 무인로봇의 경우는 최근에 들어서야 일부 성공을 거두고 있다.
 - 뛰는 단순한 동작의 경우에도 무게중심을 유지해야 하고, 충격에 맞춰서 관절의 각도 등을 조정해야 한다. 물건을 건네 받고 주는 것도 상당히 고난이도 기술이다. 무인 자동차도 최근에 들어 발전하고 있다.
 - 인공물이 제대로 작동하려면, 지각과 행위를 하여야 하는데, 대상이 어디 있는지를 발견하고 이에 따라 행동을 하여야 하는 것이다. 2차원의 정보에서 거리, 깊이, 공간에 대한 개념을 알아야 하고, 이에 따라서 무엇을 해야 하는지(빨리 가야 하는지, 가로막혀 있는건지)에 대한 판단이 필요하다. 즉, 이러한 것들이 지각의 문제라고 할 수 있다.

3차원 공간에서 지각의 단서

깊이지각

- 2차원 인풋을 가지고 물체가 나로부터 어디에 있는가를 판단하게 되는 깊이 단서가 필요하다.
- 양안 단서의 경우
 - 두 눈이 물체에 모아지는 정도가 달라진다. 이를 수렴이라고 한다. 수렴각을 알게 되면 이 물체가 어느 정도 떨어져 있는지를 삼각함수를 통해서 알 수 있다. 점점 멀리 할수록 수렴각이 작아지게 된다.
 - 입체시의 경우에, 두 눈이 있을 때 망막에 맺혀지는 근접자극의 차이가 있다. 이를 양안 부등이라고 부른다. 따라서 그림 두 장을 가져다 두고 양쪽 눈에 주면 입체감이 느껴지는데, 입체 TV도 같은 원리이다.

- 물론 눈 하나만 가지고도 어느 정도 떨어져 있는지 알 수 있는데, 이를 단안 단서(monocular cue)라고 한다.
 - 화가들이 이를 자주 사용하여서 pictural cue라는 말도 사용한다. Da Vinci의 경우 손으로 들고 다닐 수 있는 camera obscura를 사용하였는데, 이는 렌즈를 통해서 이미지를 한번 더 뒤집을 수 있었다. 이런 식으로 그리면 입체각이 나는 것을 파악하였다.
 - 평행하는 선인데 소실점이 있는 것을 선형조망이라고 합니다. 즉, 소실점에 따라서 간격이 좁아지게 되는데, Ponzo라는 학자의 경우 같은 길이의 선분이더라도 멀리 있는 것이 더 커 보일수 있다는 그림을 보여 주었다 - 폰조 착시
 - 이러한 착시는 방사형 패턴에서 특히 드러난다. 시각적으로 공간지각은 우리가 이해하는 물리세계와 다른 좌표계인 극좌표계에 오히려 가깝다는 것을 알 수 있다.
 - 물러-라이어 착시를 보면, 동일한 선분 길이인데, 양쪽에 있는 것이 펼쳐져 있는 형태와 모아져 있는 형태에 따라서 길이가 달라 보인다. 유력한 설명은 날개가 밖으로 펼쳐져 있는 경우는 방 구석과 같고 아닌 경우 건물의 모퉁이와 같다는 것입니다. 우리 눈에 똑같은 길이로 들어오는데 우리 눈은 다른 길이로 해석하게 된다.
- 또 다른 단안 단서의 예시로 결 기울기가 있다.
 - 지평선에서 밀도가 성긴 상태의 기울기 같은 것에 거리, 깊이 정보가 담겨 있다. 이 정보는 한 눈으로도 받아들일 수 있다. 결 기울기는 멀어질수록 촘촘해지며, 지구상 물체들의 표면배열을 통해서 나타난다.
 - 특히 결 기울기는 지평선 근처에서 촘촘해지는 반면에, 상공에 찍은 사진의 경우 일정하게 나타나서 지각자의 관찰위치를 알려준다. 즉, 지각자가 어느 방향이나 풍경에서 보고 있는지 알 수 있게 된다.
 - 마룟바닥에서도 평면, 경사지, 계단의 경우를 결 기울기를 통해서 판단할 수 있다. 평면에서 경사지로 가는 경우엔 결 기울기가 꺾이고, 아예 끊어지는 경우에는 계단이 된다. 이 경우 끊어지는 차이가 클수록 깊은 것이라고 할 수 있다.
- 또 다른 단안 단서는 운동시차(motion parallax)가 있다. 차를 타고 이동하는 경우에는, 차창 밖의 물건들이 밀려서 뒤로 가는 것을 볼 수 있다. 이러한 원리는 옆 뿐만 아니라 아래에도 작용된다.
 - 투명한 유리바닥을 통해서 밑을 보게 된다면 운동시차가 생겨서 안전한 바닥인데도 불안하다. 운동시차를 통해서 얼마나 높은지를 알 수 있게 되는 것이다.
 - 기관사가 기차를 몰고 쪽 가면 앞에 있는 것은 빨리 다가오고, 옆에 있는 것들은 느리게 다가온다. 이러한 차이 때문에 발생하는 흐름을 광학적 흐름이라고 한다. 이를 속도 vector로 생각해 보면, 후진하면 속도 vector는 전진하는 경우의 반대로 움직이게 된다. 이러한 광학적 흐름은 이미 있는 결 기울기에다가 자기 자신의 움직임을 더해서 생긴다.
 1. 광학적 흐름은 지각자의 움직임을 통해서 더 잘 드러난다.
 2. 지각자의 관찰점의 이동에 따라서 광학적 흐름은 확대 또는 축소된다. 앞에서 데카르트 좌표계와 극좌표계 이야기를 하였는데, 방사선을 따라서 앞으로의 이동이 있으면 내 자신이 뒤로 물러나고 있따는 것을 알려준다. 이러한 나의 자기자신의 운동지각을 ego-motion이라고 한다. 공간에 대한 정보 뿐만 아니라 내가 어떻게 움직이는지에 대한 정보가 광학적 흐름에 포착이 된다. 이를 통해서 매번 시각적 입력은 달라지지만 다르지 않고 동일하다는 점이 느껴진다.

운동지각과 관련된 움직임들

- 운동지각과 관련해서 물체의 움직임이 있을 수도 있지만, 눈, 머리, 몸의 움직임이 있을 수도 있다. 눈을 위에서 내려다 본 단면을 보자면, 물체의 상이 a지점에서 b지점으로 연속으로 자극하는 것은 두 가지 상황에서 나타날 수 있다. 대상이 움직여서 안구안에서의 상이 움직이는 방식이 있고, 대상이 고정되어 있는데 안구가 움직여서 상이 움직일 수도 있다. 동일한 망막상 변화에서 물체가 움직인다는 것을 어떻게 알 수 있는가?
 - 지각자가 움직이는 경우 모든 시각상 이미지가 함께 커진다. 이미지의 확장과 광학적 흐름의 나타난다. 즉, 자기 움직임에 따라서 물체의 이미지도 커지지만 다른 것도 다가와서 자기 자신이 움직인다는 것을 알 수 있다.
 - 반면에 가만히 있고 물체가 다가온다면 나머지 배경은 그대로 있고 물체의 이미지만 다가옵니다.
 - 즉, 이미지의 일부가 변했는가, 전체가 변했는가에 따라서 물체의 움직임을 알 수 있다.
- 가현 운동(Apparent movement, stroboscopic movement, phi movement)는 실제 움직임은 아니지만 still-frame으로 연속적으로 몇 개의 움직임을 보여주는 경우 아무런 자극이 없지만 움직이는 것으로 뇌는 인식한다.
 - [예시] 수직선이 높게 되는 과정, 사각형이 원으로 바뀌는 과정, 공이 튀는 모양을 5컷에 나눠서 보여줌
 - 이는 망막의 움직임이 운동지각에 필수적이지 않다는 것을 보여준다. Max Wertheimer는 전등불빛을 30~200ms로 번갈아가면서 암실에서 자극을 주었는데, 아주 자연스러운 움직임으로 지각되었다.
 - 이에 대한 하나의 설명은, 연속적이지 않은 움직임이 있더라도 눈 망각을 통해서 뒤로 신경을 통해서 전달될 것이다. A지점과 B지점 사이의 신경장(neural field) 또는 뇌장(brain field)가 형성될 것이라는 추측이다. 퍼져 나가는 사이에서 물결 사이의 부분들은 오르락내리락 할 것이다. 이러한 신경계의 상태가 심리적인 상태와 같을 것이라는 주장이 심리-신경 동일성(psychoneural isomorphism)이다. Wertheimer의 이러한 주장은 아직 검증받지 아니하였다.
 - 이에 대한 반박으로, 실제하지 않는데도 마음 속에서 저렇게 이해하려고 한다는 가설도 있다.
- 유도된 운동의 현상이 있다. 가령 실험실에 아주 깜깜하게 있고, 앞에 있는 스크린에 밝은 프레임 안에 밝은 원을 보여주고 원은 안 움직이고 프레임만 움직였을 때, 원이 움직이는 것을 볼 수 있다.
 - 에워싼 전체는 변하지 않는다고 우리는 지각한다. 이것은 사회적인 측면에서도, 인지적인 측면에서도 똑같이 발생한다. 사회적인 흐름이 변하고 있는데, 원래 진보적인 생각이었어도 보수가 될 수 있는 것이다. 과학사에서도 굉장한 신뢰를 얻던 개념이 웃긴 개념이 되기도 한다.
- 유도된 운동의 다른 예시로, David Lee라는 심리학자는 Sliding room을 설계했다. 실험자에게 앞에 표시된 부분을 보라고 하고, 방을 움직이면 사람이 뒤로 넘어진다.
 - 이는 광학적 밀기/끌기로 인한 것이다. 예를 들어서 광학적 밀기가 일어난다면 원래는 나의 몸이 앞으로 가고 있다는 뜻이다. 반대로, 광학적 끌기가 일어난다면 나의 몸이 뒤로 가고 있다는 것이다.
 - 사람에게 앞에 표시된 부분을 보라고 하고 벽을 사람 쪽으로 움직이면 광학적 밀기가 일어나서 사람이 균형을 맞추기 위해서 뒤로 넘어진다
 - [예시] 다리 위에서 흐르는 강물 바라보기, 또는 정지된 기차에 앉아 움직이는 옆 기차를 볼 때.
 - 이는 배경과 그 속에 나라는 존재와의 관계에서 발생하는 현상이라고 할 수 있다.
- 동일한 원리가 시지각과 운동제어에 쓰인다. 새의 경우 다이빙을 하면서 물고기를 잡는데, 대략 30m상공에서 낙하해서 물 속에 들어간다. 그러나 입수를 할 때에는 날개를 접어야 하는데, 새는 이 타이밍에 대해서 자동으로 탐지할 수 있다.
 - David Lee가 언제 날개를 접는가 보았는데, 광학적 흐름을 통해서 알아챈다는 결론에 도달하였다.
 - 사람이 보는 크기를 A라고 했을 때, A와 ΔA 를 비교해 본다. 즉, 시간변화에 따른 이미지의 확장을 보는 것이다. 여기서, $\tau = \left[\frac{\Delta A}{\Delta t \cdot A} \right]^{-1}$ 이라고 하면 이것이 지면까지 닿는 시간이 된다.

- 이러한 정보는 운동제어(공이 날라올 때 언제 팔을 뻗는가 등)과 긴밀히 연결되어 있다.

형태 지각

- 오랫동안 형태지각(form perception)이라는 말이 사용되어 왔다. 여기서 형태(form)은 2차원적인 의미가 강하고, 모양(shape)은 3차원적인 의미가 강하지만 큰 차별을 두지 않는다.
 - DAX라는 물체를 사용한 실험의 경우, 3살의 어린이는 형태나 재질이 달라져도 동일하다는 것을 안다. 즉, 물체의 여러 속성들이 변화해도 지각된 형태는 동일하다.
 - 시각적인 측면 말고, 다양한 감각에서 사용될 수 있는 개념이다. 음악에서 똑같은 노래를 음색이나 빠르기가 달라도 같은 노래라고 인식할 수 있는 것과 마찬가지로이다. 멜로디의 transposition도 마찬가지이다.
- 형태라는 것은 부분과 전체의 관계속에서 지각된다.
 - [예시] || || || 의 형식으로 줄이 있으면, 총 6개가 있지만 3개가 있는 것으로 지각할 수도 있다(근접성)
 - [예시] 바둑판 4 x 4모양으로 점이 있는데, 줄마다 색깔이 다르면 4줄이라고 인식한다(유사성)
 - [예시] X자 모양으로 곡선이 있을 때, A-B와 C-D의 별개의 곡선으로 인식한다(부드러운 연속).
 - [예시] 숲속에서 나무들이 있을 때에도, 나무를 개별의 나무로 인식한다.
 - [예시] 위장색이나, 등푸른생선도 마찬가지로의 원리로 자기를 보호하는 것이다.
 - 삼각형의 윤곽선이 없고 끊어져 있거나 밝기 차이가 있어도, 시각적으로 삼각형을 인식할 수 있다. 이는 Gestalt Psychology(Wertheimer, Koehler, Koffka)의 주장으로, '전체는 부분의 합과 다르다'라는 인식에서 출발한다(이는 19세기의 통일장이론에 대한 시도에서 출발한다).
 - 음악에서 이조 현상이나 전위의 경우도, 멜로디가 이동하지만 부분들이 연결되어 있는 관계는 바뀌지 않아 동일하다고 인식하게 된다.
 - Marroquin's figure에서도 원이 없음에도 불구하고 지각적 조직화가 발생한다. 기억에 있어서도 정보처리의 측면에서 이러한 것이 발생하는 것이 아닐까?
- 형태 지각에 대해서 컴퓨터의 은유를 써서 정보처리론적 접근이 있다. 이에 따르면, 형태 지각에서 부호화/약호화(coding)가 발생하여서 기본적인 단위로 인식하고, 일련의 방식을 통해서 전체를 이루게 될 것이다.
 - 처음에는 시각원소특질(visual primitive)를 인지할 것이다. 이는 철학자들이 말했던 감각요소(element)에 해당될 것이다.
 - 그리고 이것을 나머지 배경과 분리를 시키고(지각적 분리, perceptual segregation).
 - 마지막으로 형태를 재인하게 될 것이다(형태 재인, pattern recognition).

시각원소특질의 탐지

- 이에 따라서 시각적으로 무엇인가를 탐지하는 세포가 있을 것이라고 예전부터 생각하였다. Hubel & Wiesel의 실험에 의하면, 시각세포들이 선분, 모서리, 방향, 양안부, 색깔 등에 반응합니다.
 - 단순한 세부 특징을 탐지하는 단순세포가 있고, 복합세포는 원소 하나가 아니라 2~3개에 반응하고, 과복합세포는 그 이상이 동시에 있을 때만 반응하는 세포이다.
 - 예를 들어, 얼굴의 여러가지 특징이 있는데, 여러가지 속성을 복합적으로 인식하여서 알아볼 것이다. 이것이 바로 정보를 처리하는 방식이라고 이들은 가정하였다(일종의 microprocessor).
 - 최종적으로 모아서 어떠한 형태를 알아보는 세포도 발견될 것이라고 하였는데, Lettvin & Gross는 고릴라에서 특정 손 모양에만 반응하는 grand mother hand cell을 발견하였다. 물론 실제로는 이보다 더 복합적으로 연결되어 있을 것이라고 하였다.

- 잠시 안구의 구조에 대해서 다루자면, 눈이 끊임없이 들어가면서 일종의 screen인 망막에 맺히게 된다.
 - 망막의 가장 안쪽으로 들어가면 5개의 층이 있는데, 1. 간상체와 추상체가 있고, 2. 수평세포, 3. 양극세포, 4. 아마크린세포, 5. 신경절 세포가 있다.
 - 2(수평 세포)와 4(아마크린세포)의 경우, 옆에 신호가 전달될 때 억제시켜주는 역할을 한다. 예를 들어서, 검은색과 회색 사이에서 대비효과를 증폭시켜주는 역할을 하는데, 이를 Mach band라고 한다. 물리적으로는 계단식으로 되어 있는 강도가, 심리적으로는 극대화되어서 경계선에서 올라갔다가 급격히 하락한다.
 - 가장 밖에 있는 5(신경절 세포)의 경우 돌기가 모아져서 눈 밖으로 나간다. 이를 시신경 다발이라고 하는데, 이 시신경 다발이 빠져나가는 부분을 맹점이라고 한다.
- 이제 시각 경로에서 신경세포들의 반응을 보자면, 안구에서 돌기 다발을 엮어서 눈 뒤로 넘어가면 무릎모양의 구조가 있는데, 이를 외측슬상핵이라고 한다. 여기서부터 다른 신경세포를 타고 시각피질까지 이어진다.
 - 좌/우가 나뉘어져서 시각피질로 갈 때 방향이 나뉘어서 각각 좌뇌와 우뇌로 가기도 한다.
 - 빛을 받아들이는 세포는 점-멸 세포라고 하는데, 주변부에 빛을 주면 반응이 억제되었다가 회복된다. 반면에 중심부에 빛을 주는 경우에는 반응이 증가하고, 둘 다에 빛을 주면 두 경우를 합해놓는 것과 유사해진다. 결과적으로, 동심원 모양의 수용장이 형성되는데, 반대 모양의 멸-점 세포도 존재한다.
 - 시각피질의 뒤쪽으로 가면, 수용장의 모양이 달라지는데, 일종의 방향성이 있는 띠의 모양을 하고 있다. 세로로 평행하게 자극을 주면 반응이 증가하나, 가로로 주면 반응이 억제되게 된다. 이는 처음에는 막대 탐지기(bar detector)라고 생각하였으나, 길이보다는 방향이 중요하다는 것을 깨달았다. 또한 이러한 탐지기는 방향이 제각각이다. 즉, 일렬로 동일한 점-멸 세포가 줄지어 있는 것이다. 모서리 탐지기의 경우에는 한쪽에는 점-멸 세포가 몰려있고 붙어서 멸-점 세포가 이거져 있는 모양이다(슬라이드 참조).
- 단순세포는 방향 외에도 선분, 모서리, 방향, 양안부등, 색깔 등에 반응하게 된다. 복합세포는 여러가지 특질을 복합적으로 탐지하게 되고, 과복합세포는 다양하게 존재한다.
 - 시각원소가 있을 것이라는 것은 순응과제를 통해서 확인할 수 있다. 특정 시각을 지속적으로 접하게 되면 적응을 한다. 빨간색을 보고 있다가 눈을 감으면 녹색이 보이고, 잔상효과 자체가 탐지지가 있다는 증거이다. 특정방향으로 이동하는 것을 보다가 정적인 것을 보면 반대로 움직이는 것처럼 보인다. 이를 통해서, 특정 세부특징을 탐지하는 것들이 시각체계에 있을 것이라는 생각을 할 수 있다.
 - 시각원소 탐지하는 과제에서, O와 V를 구별하는 과제를 할 때 빨간색 O를 찾기 하면 잘 찾지 못한다. 방해 자극이 있기 때문이라고 할 수 있다. 이렇게 '빨강' 과 'O'가 시각 원소라고 할 수 있다.
 - R을 찾는 과제의 경우 역시 찾기 힘든데, 기본적인 원소만 뽑아내고 집중을 하지 않으면 찾기 힘들다.
 - 숫자를 양쪽에 두고, 글자 3개를 보여준다. 숫자가 동일한지 질문하고, 이후에 알파벳과 색을 질문하면 착각적 결합(Illusory conjunctino)이 일어난다. 원소특질(시간원소)의 경우 돌출하게 되지만, 결합특질(방향과 색)의 경우 순차적으로만 주의하게 됩니다. 세부특징 통합론에 의하면 감각기억에서 단기기억으로 넘어갈 때 선택적 주의를 하고, 감각기억의 단계에서는 세부특징이 통합되어 있게 된다.
- 주의라는 것은 지각적 선택이 들어가 있다. 기본적으로 인지적인 장애가 있다면 두드러지게 나타나는 것은 주의에 문제가 생기는 것이다. 주의를 통해 사람은 어떤 일을 잘 통제하고 제어한다.
 - 주의에 있어서 어디를 향하는 것은 물리적 정향(orienting, symmetricalizing)이라고 부른다. 이는 시각적인 측면에서 어느 정도 정향화를 요구한다.
 - 같은 그림의 경우에도 나이추정의 과제를 준 것과 경제형편을 판단하는 과제를 준 경우 서로 다른 안구운동을 추적할 수 있다.
 - 지각적 선택성으로 인해서 병목현상이 발생하게 된다. 파티장 효과(cocktail party effect)에 의하면 씨끄러운 상황에서도 친구의 대화에 주의하게 되나(초점 주의), 갑자기 자기의 이름이 들리면 또 그쪽에 주의하게 된다(분산 주의). 이는 주위의 정보가 약하게는 처리는 된다는 것을 뜻한다.

- 물론, 헤드폰을 쓰고, 한 쪽에서만 들리는 내용을 따라하게 하는 경우 상당히 여과되어서 받아들여진다. 이 경우 완벽한 필터는 아니다. 이러한 상황들을 설명하기 위해서 여러가지 이론이 등장하였다.
- 1. 여과기 filter 이론 → 완벽한 필터는 아니다.
- 2. 약화 attenuation 이론 → 어느 정도 약화되는 정도로만 filter된다.
- 3. 조명광 이론 → 시각적 주의를 설명하는 이론이다.
- 4. Zoom lens 이론 → 시각적으로 커진 것으로 보인다는 이론이다.

지각적 분리

- 지금까지 시각원소특질을 이야기하였다. 이후에 지각적 분리의 작업이 필요하다.
 - 검은색 배경에 하얀색이 있을 때, 물체가 떠 있는 상태일수도 있고 검은색이 배경일수도 있다. 여기서 지각적 집단화는 전경-배경 체제화를 이끈다. 전경은 명료하게 응집된 전체이고, 배경은 형태가 없고 전경 뒤에서 연속되는 것으로 지각된다.
 - 동일한 패턴에서 다양하게 보이는 그림들의 경우 가역적 도형으로, 지각적 이중성을 보인다.
- [예시] 루빈의 얼굴과 꽃병, Escher의 판화, 달리의 볼테르 흉상

형태 재인

- 형태 재인은 전경물체와 시각기억의 물체특질을 비교, 대응시키는 과정이다. 우선 전경의 물체가 눈에 들어온 다음에, 무엇인지 알아보는 것은 장기기억에서 일어난다.
 - Selfridge의 세부특징 이론(그리고 연장선 상에 있는 Pandemonium model)에 의하면 이미지를 세부특징으로 쪼개서 확인하는 과정을 거치고, 그와 관련되어서 가장 많이 활성화되는 node를 판단하여서 최종적인 결정을 하게 된다. 이는 자료주도적 처리(상향처리)라고 할 수 있을 것이다.
- 그러나 형태재인은 주어진 지각 자료에 의해서만 결정되는 것은 아니다.
 - 예를 들어서, 동물이라는 맥락이 있으면 쪼개고 처리되어서 RAT 혹은 CAT등의 단어 중에서 생각하다가 CAT로 갈 수도 있을 것이다. 즉, 이는 개념주도적 처리라고 할 수 있을 것이다(하향처리).
 - 즉, 아래쪽으로 내려가면서 다양한 특징들이 연결되면서 이것이 무엇인지 판단하게 된다. 똑같은 data이지만 처리방법이 다른 것이다(같은 모양임에도 불구하고 13이나 B로 인식될 수 있다).
- 이렇게 양쪽 방향이 맞물려서 대상이 무엇인지 지각하게 되는데, 심리학자들은 지각적 문제해결이라고 한다. 외부적 자극이 한계가 있기 때문에 경험, 기억, 지식에 근거하여 해결해 나가게 되는 것이다.
 - 이는 가설검증에 비유될 수 있을 것이다. 일종의 지각적 가설 검증이다(칸트).
 - 시각에 한정하여 논의를 하였지만, 마찬가지로 형태지각이나 공간지각, 운동지각에 역시 응용될 수 있다.

실제 세계에서 지각

- 실제 세계에서는 다른 상태로 입력이 주어지는데도 똑같다고 지각하게 된다. 예를 들어서, 강아지의 서로 다른 사진이 있음에도 크기가 똑같다고 생각한다.
 - von Helmholtz에 의하면 무의식적 추론을 통해서 멀리 떨어져서 크기가 달라진 것이라고 추론하게 된다.
 - 반면에 Gibson은 고차원적 자극패턴 때문에 이렇게 크기를 지각한다고 주장한다. 그는 Cookie cutter experiment로 대표되는 실험등을 통해서, 크기가 변하지 않는 것은 우리가 추리하는 것이 아니라 원래 그에 해당하는 정보가 밖에 있다는 것이다. .
 - 흐린날 까마귀와 밝은 날 까마귀의 경우 색깔은 다르지만 같은 밝기로 인식된다(밝기 항상성). 또한 형태가 동일하다고 인식한다. 이라고 합니다. 다른 입력자극의 형태로 들어오더라도, 최종적으로 그 형태 모양이라고 지각하는 것은 변하지 않는다. 전위 문제(변형 문제)가 다시 한 번 제기되는 것이다.
 - 물론, 이러한 항상성은 아주 복잡한 형태에서는 애매해질수 있다.
- 폰조 착시의 경우, Gibson에 의하면, 동일한 크기의 물건이 그려져 있어도 결 기울기에 따라서 세개가 서로

다른 크기로 보인다. 이미 고차원적 자극 패턴으로 정보가 있다는 주장이다.

생태학적 접근 – 행동가능성

- 시각에 대한 생태학적 접근은 시각이 맥락의존적이기 때문에 환경까지 포괄하는 개념으로 생각한다.
 - 예를 들어서, 세포의 맥락 의존성은 다중잠재적 줄기 세포에서 나타난다. 이 세포는 맥락 A B C에 따라서 다른 모습으로 나타나게 된다.
 - 마찬가지로, 어느 동물이 어떤 맥락에 있는지에 따라서 생태학적 척도에서의 대상의 속성들을 행동가능성이라고 말한다.
 - 나무 블록이 있을 때, 자로 크기를 잴 때는 일차적/서술적 속성이 된다(높이). 그러나 이차적/관계적 속성은 'ㅇㅇ할수 있는'의 형식으로 일어난다. 동일한 블록에 따라서 여러 가지 행동가능성이 다중적으로 잠재되어 있다.
 - 두 속성은 모두 관계에서 의해서 표현되는 것은 맞나, 관계적 속성은 어떠한 관계에 있는지 따라서만 실현될 수 있다. 이는 아리스토텔레스 때부터 설명했던 방식이다. 물론 잠재적이고 실현되지 않는 속성이 있을 수도 있다.
- 생태학적 관계에서는 지각적인 것은 생태학적 척도에서 정의된다.
 - 모양 대신에 통과할수 있는지 여부를 인식하고, 계단의 높이 대신에 내려갈 수 있는지 여부를 인식한다.
 - 행동가능성(affordance = possibilities for my behavior)에 의하여 환경과 나의 관계를 지각한다. 즉, 행동가능성을 탐지한다는 것은 의미를 지각하는 것이다.
 - [예시] iPhone은 행동가능성이 실제로 사용된 경우이다. 사용자들의 경우 손에 쥘 수 있다는 행동가능성의 차이를 느낀다(다른 MP3와 비교해 보았을 때).
 - [예시] 접근할 수 있는 사람은 흔히 말하는 성격이 좋은 사람들이다. 이미지를 처리하고 모아둔 것을 생각하여서 이를 판단하는데, 사진을 봐서는 이러한 점들이 쉽게 드러나지 않는다.
- 생태학적 접근이 기존의 접근과 다른 점은 다음과 같다.
 - 1. 생태학적 접근에서 '통과할 수 있는'이라는 정보는 세부적인 표상과 상관없이 동일하다. 이는 세부적인 것들 것 형태 재인을 위한 표상 형성에 요구된다는 전통적인 가정과 배치된다.
 - 2. 나아가, '통과할 수 있는'이라는 정보는 감각기관에 의존하지 않는다. 이는 이전에 '감각기관의 해부적, 생리적 특성은 처리되는 요소를 규정한다는 가정과 배치된다.
 - 3. 따라서 이는 에너지 매체에 상관없이 동일하게 인식된다. 눈(시각), 피부(촉각), 귀(청각)의 경우 에너지 매체가 다 다르지만, 서로 다른 방식에 근거해서 판단하더라도 통과할 수 있는 너비는 어깨의 1.13배가 기준이 되게 된다. 이는 행동가능성이 고차원적인 정보라는 이야기이다.
- William Warren의 경우 계단의 모양에 따라서 걸어올라갈 수 있는지 여부를 측정하였다.
 - 일반적으로 외재적 측정은 물리적 측정 도구를 사용해서 만들어지나, 내재적 측정은 행동 제어에 맞는 신체 자체의 차원을 사용해서 측정된다.
 - 따라서, 이 상황에서 제일 중요한 것은 다리 길이이다. 실제로, 수직판의 높이와 다리 높이의 비율이 0.88인 점을 경계로 오를 수 있는지 여부를 판단하게 된다. 이는 나와 환경과의 관계로 측정되는 것이고, 내재적 측정이다.
- 따라서 행동가능성이라는 것은 시각과 청각 등을 불문하고 단순히 표상요소나 감각기관에 근거한 호 ksrud 속성의 복사가 아니라, 외부 환경에 있는 것을 받아들여서 상세화시키는 정보이다. 나무판에는 여러가지 행동 가능성이 있고, 탁자 위의 사과도 마찬가지이다.
 - 지각은 마음의 가장 기본적인 상태라고 봤던 지각이 우리 마음속에서 재구성된 세계인가?
 - 아니면 환경으로 고려된 세계에서 유기체의 행동에 관련된 속성을 측정하거나 탐지하는 과정인가?
→ 근래에 들어서 후자에 의한 시도가 서서히 나타나고 있다.

4장 사고

사고 개괄

- 사고의 대상은 다양하다. 예를 들어서, 사과를 다 먹을지, 반만 먹을지, 친구를 만날지 말지 등에 대해서 생각하게 된다. 따라서 우리의 의식활동 전반에 대해서 사고한다라는 표현을 사용할 수 있다.
 - 지금까지는 지각에 한정해서 이야기했으나, 주의나 믿음도 생각에 포섭될 수 있다.
 - 생태학적 접근을 생각해 보면 과거의 경험과 관련해서 끊임없이 상호작용을 하면서 사고할 것이다.
 - 사고의 대상은 구체적인 대상일수도 있고, 언어의 의미와 같은 추상적인 것에 관련된 것일수도 있다.
- 어떻게 사고를 할 수 있는가 생각해 보면, 인간의 마음이라는 것이 독특한 성질인 '지향성' 때문에 그렇다고 할 수 있다.
 - 대상이 없는 실체는 물질이다. 물질 간의 상호작용은 만유인력의 형식으로 나타나지만 그 지향성을 이야기할 수 없다. 아마도 생명체, 그 중에서는 인간만이 마음을 가지고 있다는 생각이 널리 알려져 왔다.
 - 인간은 실체가 없는 대상조차도 우리가 대상으로 삼고 의식한다. 유니콘의 경우 가상의 동물이지만, 생각할 수 있다. 이러한 것들의 일부가 목표지향적인, 또는 목적지향적인 행동이다.
 - 어떠한 경우는 의식하지 않고 나도 모르게 이러한 행동이 발생할 수도 있다. 수업을 끝나고 집으로 갈 때에는 몸이 향하지만, 마음이 향하고도 있다고 할 수 있다.
 - 과연 Turing machine, 혹은 무인자동차나 로봇이 이 과연 지향성을 가질 수 있는가?
- 논리적 사고를 하는 것이 진짜 사고이며, 보면서 사고하는 지각적 사고는 진짜 사고가 아니라고 할 수 있다.
 - 이 2개는 어떻게 구별되고, 창의적 사고는 어떠한 의미인가를 문제해결과정을 통해서 이해하려 한다.
 - 추리의사결정을 할 때, 비합리적인 면이 있다. 인간이 합리적이지 않다는 것이 다양한 실험을 통해서 보여졌다. 이러한 면에 대해서 탐색하고자 한다.

심적 표상

- 안건은 꿈 속에서 곧 무릉도원의 모습을 당대 최고의 화가인 안건에게 부탁하여 묘사해서 몽유도원도가 탄생한다. 이 과정에서 안에서 발생하는 대표적인 심리적인 현상인 사고가 발생한다.
 - 여기서 무릉도원이 이미지를 계속 생각했는지, 아니면 도연명의 말로 된 것으로 사고를 한 것에 불과한지 먼저 살펴본다.
- 쥐를 이야기할 때, 쥐의 image pattern, 즉 긴 꼬리 혹은 뽀족한 코 등으로 쥐를 생각할 수 있다. 이를 아날로그 표상이라고 한다. 반면에 쥐의 상징적 표상인 포유류, 설치류, 언어 등으로 쥐를 나타낼 수 있다.
 - 마음 속에 이러한 것이 있을 때 통틀어서 심적 표상(mental representation)이 된다.
 - 상징적 표상의 대표주자인 언어는 사회적인 약속 시스템에 근거해서 발달했다. 물론 여기에 대해서 언어 능력(보편문법)이 있다는 주장도 존재하지만, 기본본적인 면에서 언어는 가상적이고 인위적이라고 말할 수 있습니다.
 - 심상은 마음의 눈으로 보게 된다. [예시] 앨리스와 고양이의 예시에서, 앨리스의 앞치마에서 끈이 있었는지의 여부를 부호화해서 저장을 했거나 끄집어냈을 수도 있다. 이의 일부는 장기기억에 영향을 받았을 수도 있다.
 - 반면에, 어린 아이들은 이러한 점을 잘 눈치챈다. 이는 사진적 심상(eidetic imagery) 라고 한다. 언어 발달이 빠른 아이일수록 이것이 빨리 퇴화된다. 어릴 때에는 보고 듣는 것을 그대로 한다는 뜻이다.
- 아날로그 표상을 지지하는 하나의 실험으로, 심적 회전의 실험이 있다. R의 모양을 주고 돌려서 어떠한 모양인지 판단하게 한 실험의 경우 회전되는 각이 크면 클수록 반응하는데 걸리는 시간이 일정하게 느려진다.
 - 이를 통해서 심상의 회전은 지각에서의 회전과 등가적이라는 결론을 얻을 수 있다.

- 3차원 블록의 동일성을 검증하게 한 실험의 경우에도 똑같은 결과를 얻을 수 있다.
- 비슷한 실험으로, 가상의 지도에 랜드마크 5개를 주고, 제대로 외웠는지 확인한다. 여기서 심적 주사(scanning)의 과정을 주게 되는데, 표지물 중에 하나를 제시하고, 마음 속으로 이동해 보라고 한다.
 - 결과적으로, '마음의 눈'이 이동하여서 지도상의 거리와 반응시간이 상당히 비례한다. 여기서 상관계수는 0.97으로, 상당히 강력하게 지각에서 벌어지는 일이 심상에서 벌어지는 일과 기능적인 면에서 똑같다는 것을 제시한다(기능적 등가성).
- 이에 대한 반박으로 Image Reversing(Chambers & Reisberg)가 있다. 하나의 양쪽으로 보일 수 있는 도형을 준 다음에, 심상 역전 과제와 지각 역전 과제를 하게 된다. 예를 들어서 머리속에 패턴을 기억해 두고, 심상으로 reversing을 하게 하면 잘 되지 않는다. 그러나 빈 종이에 옮겨두게 하고, 그것을 보고 reversing은 잘 되는 것이다.
 - 즉, 심상과 관련해서 이전의 기능적 등가성과 달리, 지각에서는 가능하지만 수행할 수 없는 과제 중 하나이다.
 - 이를 통해서 우리가 심적 표상으로 가지고 있는 것은 전적으로 아날로그가 아니라 어느 정도 부호화가 되어 있다는 것을 알 수 있다. 앞서 언급하였던 앨리스의 경우에도 어느 정도 상징적 표상이 관여되어 있어서 그런 것이다.
- 또한, 공간적 사고는 아날로그 표상만을 사용하는 것이 아니다. 파나마 운하는 실제로 남-북으로 되어 있는데, 지리적인 이미지가 너무 강해서 동-서라고 믿게 된다.
 - [예시] 캘리포니아의 San Diego – 네바다의 Reno
 - [예시] 미국의 Seattle – 캐나다의 Montreal
 - 이렇게 마음 속에 지도가 형성되게 된다. 위를 보면, 판단의 착오가 생기는 것은 지도가 이미지 패턴이라는 방식으로 저장되지만, 지리적 정보 일부를 범주적으로 저장하고 있다는 것을 알 수 있다. 공간적 사고는 전적으로 아날로그 표상을 사용하진 않는다는 것이다.
- 심상은 사고과정에 필수적인지의 문제가 제기된다. 이전에는 아날로그 표상이 대표적일 것이라고 생각되어왔다. 그러나 "지구온난화" 등의 문제에 대해서 토론할 때 심상에 대한 보고가 부재하다는 점이 관찰된다. 그렇다고 해서 이것이 사과가 아닌 것은 아니다.
 - Kuelpe는 무-심상 사고에 대해서 지적하였다. 이는 의식하지 않은 사이에 벌어지는 심리적 활동으로, 암묵적 인출처럼 암묵적 기억이 일어날 수 있다는 것을 뜻한다.
 - 현재는 많은 심리학자들이 90%의 사고가 의식 없이 진행되고 있다는 데 합의하고 있다.
- 개념은 모든 것을 끌어안을 수 있는 본질적 측면이다. 이 밑의 유목/범주는 개념에 포함될 수 있는 것이다. 그리고 관계성은 다른 차원과의 관계를 나타낸다. 이러한 개념들을 묶어서 명제가 된다(특정개념과 서술). 이러한 방식으로 상징적 표상이 정리되어 있을 것이다.
 - 상징적 표상에 있어서, 구체적인 것을 본질적인 것으로 추상화하게 된다. 기억에 대해서 말할 때, 구조화시켜서 어떠한 생각이나 사건, 사고를 말하게 된다는 것을 살펴보았다. 이러한 단위로 아마도 기억에 부속되어 있을 수도 있다. 의미기억은 체계화가 매우 잘 되어 있어서 심적 사전이라는 표현을 쓰기도 한다.

문제해결과정

- 문제해결과정은 문제공간(problem space)에서 일어난다. 문제공간에서는 현재 상태가 있고, 여기서 상당한 변이를 겪어 나가면서 문제가 해결될 수 있을 것이다. 문제가 현 상태와 목표 상태와의 거리면, 문제해결은 현 상태에서 목표 상태로의 전이라고 할 수 있는 것이다.
 - 심적 표상을 가지고 문제해결과정이 전개될 것임이다. 이 표상들을 바꿔 나가면서 아날로그표상이던, 상징적 표상이던 이동해 나가면서 사고과정이 진행된다.

- 문제는 다양한 형태를 가진다.

[예시] 어떤 식으로 유로존에서 그리스의 상태가 바뀌어 나갈 것인가? 우리나라와 어떠한 연관성이 있나?

- Anagram 과제의 경우 아예 초성, 중성, 종성을 떼서 주는 경우 하나씩 묶어 보면서 합니다. 반면에 음절 단위로 주어진 경우 쉽다는 것을 볼 수 있다. 이렇게 문제 공간에서 고민을 하게 된다.
- 수도생활을 하는 사람들의 경우 몇십년 동안 고민에 빠진 사람들이 있다. 엄청난 규모의 문제공간 안에서 여러 가지 시도를 하게 된다.
- Dunker(1945)의 경우 광선총으로 종양제거의 과제를 주었는데, 사람들이 다양한 각도에서 접근하다가 답에 이르게 된다. 이 경우 문제를 재구성하고 후보 해결책을 탐색하는 과정을 겪는다.

➤ 살펴본 결과, 어떠한 경우라도 문제해결 사고과정은 체제화와 자동화를 겪는다고 할 수 있다.

- 인천공항에 가는 경우에는 택시기사는 쉽게 찾는 방면의 경우에, 네비게이션이 있어도 도움이 되지 않는 사람들이 있다. 택시기사의 경우 위계적 체제화가 되어 있어서 더 쉽게 느껴지는 것이다.
- 군대의 경우 청크에서 하위청크로 쪽 명령이 내려지는데, 이를 subroutine이라고 할 수 있을 것이다. 처음부터 이렇게 되어 있는 것은 아니다.
- 처음부터 이렇게 되어 있는 것은 아니다. Bryan & Harter의 전신기사 학습에 의하면, 처음에는 송신하고, 긴 테이프에 찍힌 dot pattern을 보고 알파벳과 기호, 숫자를 읽는 수신을 배운다. 훈련을 할 때마다 어스 새 고원(plateau)가 발생하여서 더 늘지 않는다. 이 단계에서는 과제변형, subroutine형성, chunking이 있어야 더 나은 상태로 발전할 수 있다.
- 교육체제의 경우 이러한 기회를 줄 수 있어야 한다. 기회를 잘 기다리면 큰 성취를 기대할 수 있다.

➤ Stroop effect – 색채의 명명에 있어서 검정색으로 '초록'이라고 써진 것을 읽으면 너무 체계화 되어 있어서 정보 처리에 문제가 생긴다. 즉, 부적절한 경우에 자동화의 부작용으로 인해 발생하는 것이다.

- 즉, 정부 처리에 있어서 두 정보 사이에서 선택을 해야 하는 것이다. 이러한 갈등은 관련되지 않은 것에도 발생하고, 오히려 둘이 같은 내용을 담고 있으면 이득효과도 있다.
- 마찬가지로 숫자 개수 읽기 실험도 동일하다. 정보가 중첩된다면 잉여적(redundancy)라고 부른다.
- 위치 명명 실험의 경우에는 초반에는 거리적거리다가 후반에는 익숙해져서 무시하게 된다. 즉, 이러한 분야와 관련해서 지식이 조직화된 상태가 되고, 무심상 사고와 같은 일이 발생한다.
- 위기 상황에서의 대처도 비슷한 것이다. 중간에 나타날 위기를 미리 알고 훈련 프로그램을 세울 수도 있고, 원론적으로 논의만 할 수 도 있다. 경우에 따라서 사건의 해결에 골든타임라는 시간적 제약이 있는데, 자동화가 필요하다. 그러나 자동화는 훈련을 해야 합니다. 실제로 성공적으로 훈련을 한 병원도 있다. 이러한 자동화는 중간중간에 확인될 필요가 있고, 어느 정도의 지침시가 필요할 수도 있다. 사건이 일어나는 경우에 보통 무능력/나태함으로 인한 것이 아니라 자동화되어버린 기존의 암묵적으로 진행되어 나가는 패턴으로 인한 것이다.
- De Groot의 연구에 따르면, 전문적인 바둑 선수의 경우 복기를 매우 잘 하지만, 아무렇게나 둔 바둑알을 보고 복기해 보라고 하면 잘 안된다. 체계화된 지식 안에서는 그게 잘 작동되지만, 문제 해결을 보면 장애물이 되는 것이 많다.

➤ Luchins의 물동이 문제(1942)는 체계화가 문제 해결에 방해가 되는 상황이다. Set 1의 문제들은 복잡한 전략, Set 2의 문제들은 간단한 전략으로 구성해 두면, 오히려 Set 1을 접한 다음에 Set 2를 접하면 풀기 어려워질 수도 있다.

- 완전히 다른 방향으로 접근해야 하는 문제를 보면 해결에 방해가 된다. 이는 공고화된 기존 문제해결 전략인 마음 갇춤새(mental set)이 형성되었기 때문이다. 문제 해결 공간에서 방향성이 잡혀 버린 것이다.
- 성냥, 압정, 양초의 문제도 동일하다. 성냥갑의 기능에 대해서 어떻게 사용해야 하는지는 이미 많이 경험해 보았다. 이를 기능적 고착이라고 하는데, 주어진 물체의 일반적 기능에 마음 갇춤새가 고정되어 있어서 발생하는 것이다. 이러한 문제들은 행동가능성과도 연결된다.
- 문제 해결에 있어서 다양한 가설들이 나오긴 하지만, 보상을 제시하게 되면 기능적 고착 유지가 강화된

다. 기능적 고착은 창의적인 생각을 방해하기도 하는 것이다.

문제해결 장애의 극복

- 역행 풀기: 수련이 매일 2배로 늘어나서 60일째에 전체를 채우면, 언제 연못의 절반을 뒤덮는가? 일반적으로 시간차원의 방향성에 고착되어서 잘 풀지 못한다. 그러나 추상화시켜서 바로 이해할 수도 있다. 이처럼 문제 구조 전반에 대한 다양한 시각이 요구된다.
- 표상 바꾸기: 얼마만큼 현금을 서로 주고 받으면 둘 간의 차이가 10,000원이 될 것인가? 원래 가지고 있는 돈을 가정할 필요 없이 주고 받음에 따른 차이 변화라는 성질만 이해하면 문제해결의 핵심이 생긴다.
 - 고리를 풀어서 목걸이를 맞추는 문제에서는, 목걸이 완성을 위한 연결상태 표상에 고정되어서, 고리풀기의 반복을 금지하여서 기존상태를 유지하려고 한다. 처음부터 다 푸는 것이 정답이지만, 이는 오히려 우회적 접근에 가깝다.
 - 즉, 전체와 구조를 보았을 때, 새로운 각도의 성질들을 볼 수 있게 된다.
- Science and Hypothesis(1905)에는 문제 해결 과정의 네 단계를 1. 준비(Preparation), 2. 부화(Incubation), 3. 해명(Illumination), 4. 검증(Verification)으로 나눠서 생각하게 된다.
 - 아르키메데스나 베토벤, 푸양카레의 경우에도 답이 갑자기 튀어나온 것처럼 보이지만, 실제로 엄청나게 경험한 면이 있는 다음에 일정한 기간이 있을 때 아이디어가 나타날 수도 있다. 이 통찰의 순간을 달걀 안에서 변화가 일어나는 것에 비유하여서 부화(incubation)이라고 하는 것이다.
 - 즉, 세상을 바라보는 새로운 시각들은 굉장히 탄탄한 지적 배경에서 시도되었다는 것이다.
- 위를 종합해 보았을 때, 창의성에 대해서 다시 생각해 보아야 한다.
 - 재구성을 통해서 문제의 암묵적 전제를 극복해야 한다. 사각형의 경우 사각형을 벗어나고, 성냥개비 문제의 경우 3차원으로 도약하는 것이다.
 - 이 암묵적 전제를 극복하기 위해서는 준비기가 필요하다. 빨리 접근할 수도 있고, 천천히 접근할 수도 있지만 다양한 접근을 하게 된다. 모든 가능성을 접해 보기 때문에 재구성이 가능해질 것이다.
 - 이후에 잠복기가 있는데, 잠복기에서는 인출맥락을 변화시키게 된다. 기존의 인출맥락에서 도저히 나오지 않는 답일수도 있다. 마음갖춤새를 버리고, 문제공간 자체를 재구성하게 된다.
 - 결국 새로운 문제공간으로 이동하고, 적합한 마음갖춤새를 획득하여 결국 문제해결에 이르게 된다.
 - 즉, 창의적 사고는 창의적인 사람이 하는 것이 아니다. 여러 케이스를 살펴 보면, 충분한 시간을 기다려 주지 않는다면, 창의적인 사고가 설령 나오더라도 어딘가에 묻힐 가능성이 많다. 즉, 창의적인 사고는 어떤 맥락에서는 잘 드러나다가 어떤 맥락에서 주저앉게 된다.

추리와 의사결정(사고의 법칙)

- 심리학에서는 추리와 의사결정과 관련해서 어떻게 추리해야 하는 것 보다는 어떻게 추리를 하는가를 다루어서, 오류를 범하면 어떻게 범하는지까지 다루게 된다.
 - 연역 추리는 인간 합리성의 기본이다. 이는 General한 명제에서 particular한 명제로 이어지게 된다. 삼단 논법으로 경우 벤 다이어그램으로 생각하게 된다. 그러나 일반적으로 A면 B이다라고 표현하였을 때 $A=B$ 를 생각하는 경우가 많다(조건문을 파악하는 과정에서 어느 조건에 집중해서 문제를 풀게 된다).
 - 귀납 추리의 경우 science의 기본인데, 일일이 관찰해서 뽑아내게 된다. 여기서는 확증편향(confirmation bias)가 있는데, Wason의 2-4-6 experiment가 보여준다. 사람들은 자기가 확신하는 데이터를 확정하는 방향으로 하고한다.
 - 즉, 과학적인 사고를 위해서는 부정이 중요하다. Karl Popper는 이와 관련해서 반증가능성(falsifiability)를 제시하였다. 이를 통해서 자연의 원리를 찾아낼 때 확증편향을 극복하고 진짜 원리를 찾을 수 있다.

의사결정과 확률추정

- 일상생활에서 추리를 할 때에는 확률적 추론을 하게 된다. 이는 어떤 일이 벌어질 수 있는 전체 가능성에서 특정 사건의 빈도수를 따지면 나오는 개념이다.
 - 이를 위해서 어림법(heuristics)라는 방법을 사용한다. 이는 원래 컴퓨터과학에서 유래된 용어로, '발견법'이라고 부를 수도 있다. 어떤 문제의 정답을 찾으려면 엄청 오랜 시간이 걸리는데, 문제를 쉽게 푸는 방법은 간단한 몇몇 어림적 접근법들을 찾아내는 것이다. 이는 '경륜'이라는 말로도 표현할 수도 있을 것인 것, 인지활동에 있어서의 지름길이라고 표현할 수 있을 것이다.
 - 대표성 어림법(Representative heuristics)에 의하면 기존의 기저율이 주어져 있더라도 무시하고 '대표적으로 이렇다'라는 속성에 따라서 판단하게 된다(Herbert Simon - 변호사 vs. 기술자의 판단과제). 이러한 대표적인 특성에 얽매어서 전반적으로 편견이나 고정관념에 얽매이게 된다.
 - 가용성 어림법(availability heuristics)에 의하면 기억 인출 빈도에 근거하여서 판단하게 된다.
 - [예시] R이 처음으로 오는 단어들 vs. R이 세번째로 오는 단어들
 - [예시] 살인사건으로 죽을 확률 vs. 심장마비로 죽을 확률은?
 - 인간의 비합리성에는 잘못된 전제, 확증편향, 논리적 오류, 그리고 어림법에 의한 의사결정이 있다. 이러한 측면들이 우리가 활용하고 있는 지식에 관여한다.
 - 경험이라는 것이 과학적으로 체계화되고 있는데, 이렇게 수정되어 나가는 과정을 과학이라고 할 수 있다. 이러한 측면과 관련해서 과학철학이 발전하였다.
- Kahneman은 Thinking fast를 system 1이라고 하였고, Thinking slow를 system 2라고 하였다. 이것은 독자적인 구분은 아닌데, 후자와 관련된 것이 학습이라고도 할 수 있다.

5장 학습

학습 개괄

- 경험주의 철학자들에 의하면 처음에는 아무것도 없었는데, 이후에 점점 경험을 겪으면서 쌓여 나가면서 변화가 일어났다는 것이다(tabula rasa).
 - 가장 기본적으로 우리를 변화시켜 나가는 것은 습관화라고 할 수 있다.
 - 고전적 조건형성에서는 전혀 관련없는 세상의 측면에 맞춰서 나의 행동을 연결시키는 과정이 있다.
 - 조작적 조건형성에서는 행동이 선택되고 강화되게 된다.
 - 동물의 인지를 통해서 지식은 학습을 통해서 획득되는지를 살펴볼 것이다(인지 학습)
- 학습은 경험에 의한 행동의 변화로, 상당히 경이로운 현상이다.
 - 학습은 새로운 행동의 획득에만 국한되는 것이 아니라, 기존 행동의 증가/강화, 감소/약화, 소멸도 포함하는 개념이다.
 - 행동이라는 단어를 살펴보면, 움직임 속에 규칙적인 움직임을 운동이라고 부르고, 운동 중에서 복잡화된 운동을 행동이라고 한다. 이를 왜 하였는지에 따라서 행위가 되는 것이고, 도덕적인 가치에 따라서 품행이 된다.
 - 경험은 행동에 미치거나, 미칠 수 있는 사건에 노출, 대면, 직면하는 상태를 지칭한다. 그러나 감각들이 주어지면, 그대로 들어오는 것은 아니다. 상황에 따라서 행동에 미치는 영향이 달라진다.
- 습관화에 의하면, 자극의 반복노출은 반응경향성을 감소시키게 한다.
 - 이는 생존에 필수적인 반응을 위해서 자극범위가 축소되는 것이다. 이러한 것에 신경이 쓰여서 딴 것을 못하면 생존이 불가능할 것이기 때문이다. 습관화는 환경에 대면하는 유기체의 행동조율방식의 기초이다.
 - 단기 습관화는 단기간안에 수차례의 자극을 주는 것인데, 이 경우 100번 정도가 지나면 습관화가 된다.
 - 장기 습관화는 하루에 한 번씩 자극을 주나, 놀람 반응이 점차적으로 소멸되게 된다.

고전적 조건 형성

- 조건 형성은 동물이 특정 행동을 하도록 조건지우는 것이다(조건화, 연합학습 이라고도 한다).
 - 고전적 조건형성이라고 하는 이유는, 이전부터 근접되어 나타나는 자극들은 함께 기억될 뿐만 아니라 연결된 행동을 일으킨다는 것을 알고 있었다. 이는 아리스토텔레스의 심리적 연합 법칙 중 근접성 법칙에서도 드러난다(나머지 3개는 유사성, 대비, 빈도).
 - 파블로프는 소화액 분비 과정이 자극에 맞춰서 분비되는 것을 확인하였다. 그러나 아무것도 주지 않았는데 침을 흘리는 경우를 발견하였는데, 이는 환경의 상태가 음식을 먹는 것과 관련된 것이었기 때문이다. 이는 분비선에 지능이 있는 생리적 반사가 아니라 심리적 반사이다
 - 파블로프의 실험 결과, 음식과 관련 없는 행동들, 예를 들면 문이 열리는 소리 등을 보아서 행동들이 일어났다. 특히, 똑같은 사람의 발자국소리인데, 밥을 주는 사람의 발자국소리에 침을 흘린다. 여러 번 이러한 연합이 반복되니까 원래 중성자극이었던 발자국 소리가 조건형성자극이 된다.
- 고전적 조건 형성에서 무조건 자극을 US, 무조건 반사를 UR이라고 한다. 조건형성이 완료된 경우에는 조건 자극을 CS, 조건 반사를 CR이라고 한다.
 - 고차원적 조건 형성에 의하면, 여러 단계를 거치면서도 조건 형성이 될 수도 있다.
 - 조건정서반응이 일어날 수도 있는데, 무의미철자의 목록을 주면서 각각의 사람에게 승리/적 등의 단어를 불러준다. 이후에 이 무의미철자들을 보면 다시 정서를 재 보면, 이에 따라서 정서반응이 달라진 것을 알 수 있다. 불러준 단어가 CS1이라면, 무의미철자가 CS2로 작용하여서 CR(정서반응)을 이끌어낸 것이다.
 - 광고의 원리는 동일하게 조건정서반응을 불러일으킨다. 놀랍게도 한 번에는 되지 않지만, 반복적인 재생

을 통해서 좋은 것과 연합을 통해서 제품에 대한 호감을 증가시키는 것이다.

- 이 분야의 대표적인 학자는 Watson인데, 흰 쥐를 안 무서워하는 아기를 보고, 쥐를 싫어한다는 조건형성이 되지 않았다는 것을 주장한다(조건정서반응, conditioned emotional response).
 - 즉, 타고 날 때부터, 무섭다나 분노한다 등의 정서는 타고 나지만, 대상은 한정적이라고 왓슨은 보았다. 즉, 경험하는 모든 것들은 조건형성된 것이고, 조건형성의 전에는 극단자극에 대해서만 반응하게 된다.
 - Watson은 흰 쥐를 CS라고 하면, 큰 소리를 US로 하여서, 공포라는 조건반응을 일으켜서 조건형성을 할 수 있었다. 이 경우 쥐 말고도 흰 색깔로 공포가 일반화될수도 있는데, 산타클로스도 무서워하게 되었다.
- 공포가 학습된다면 공포를 버리는 것도 학습될 수 있다는 주장이 있었다. Watson은 흰 토끼를 무서워하는 아이의 사례에서, 크래커 우유라는 US를 통해서 점진적 조건형성을 하여 공포를 치료할 수 있었다. 이러한 방식을 역 조건형성이라고 한다.
 - Wolpe는 체계적 둔감화라는 기술을 만든다. 우선 (1) 공포증 환자를 대상으로 (2) 근육이완 훈련(UR)을 시킨다. 이후에 (3) CS의 약한 형태에서 강한 형태까지 점진적인 역조건형성을 시켜서, 직접 대면한 상태에서 편안할 수 있게 해준다.
 - 가상현실 노출치료(virtual reality exposure therapy)가 있는데, 비행기를 탄 상황 등은 재현하기에 많은 비용이 발생하여서 가상현실을 사용해서 현실에 가까운 효과를 거둘 수 있었다.

조작적 조건형성

- 다른 쪽의 조건형성을 살펴보면, 조작적 조건형성이 있다. 이는 학습과 같은 것인데, 대표적인 사례는 Von Osten이라는 수학선생님이 키운 말(Clever Hans)이다. 그러나 덧셈을 할 수 있었던 것은 아니고, 사람들의 반응을 보고 자신의 반응을 바꾼 것이다. 반응을 보고 멈추는 과정을 보고 사람들이 똑똑하다고 한 것이다.
 - Thorndike이라는 학자의 연구 중에서 고양이를 상자 안에 넣고 문을 열고 나오는 것을 과제로 주었다. 고양이는 문을 열려면 페달을 밟아야 하는데, 처음에는 360초가 소모되었다. 그러나 이후에 50번 가까이 되니까 페달을 밟는 것이 탈출과 관련된다는 것을 알게 된다. 이를 시행착오학습이라고 한다.
 - Thorndike에 의하면, 가능한 반응들의 목록 R1, R2, ... 이 있을 때, 정답이 되는 Rc는 거의 연결이 되어 있지 않다. 그러나 시행착오를 겪으면서 연결고리가 강해지고, 이런 반응들은 별 도움이 안 된다는 것을 깨닫는다. 결국은 페달을 밟아야 하는 것을 깨닫게 된다.
 - 효과의 법칙에 의하면 행동은 효과의 함수가 된다. 즉, 행동의 변화를 주고 싶으면 그와 관련된 효과가 없도록 하면 될 것이다.
 - Thorndike는 이를 도구적 학습이라고 하였다. 행동이 도구가 되어서, 행동은 세계의 변화를 초래하고, 더 일반화하면 Skinner의 방식으로 operator라는 말을 사용할 수 있다. 여기서 조작적 학습(Operant learning)이라는 말이 나온다. 이 주장에 의하면 유기체는 수동적 존재가 아니라, 행동을 통해서 환경을 변화시키는 존재이다. 행동을 통한 세계의 변화는 그 행동의 발생을 세계에 조율시킨다.
- 이제 스키너의 실험을 살펴보면, 보통은 하나의 행동을 대상으로 삼아서 기록장치를 만들어 두고 데이터를 장기간 동안 기록하는 형태이다.
 - 능동적 행동에 따라서 환경변화가 일어나고, 선택된 행동은 강화물로 이어진다.
 - 새로운 행동을 만드는 것은 자연스러운 행동은 아니다. 따라서 행동의 조성이 필요한데, 이는 계기적 근사 행동의 강화로 이루어진다. 즉, 단계적으로 행동을 근사해 나가는 것이다.
 - 동물 조련사들도 동일한 원리를 사용해서 행동을 유도한다는 것이 사후적으로 밝혀졌다.
 - 같은 원리는 정신장애자의 치료에 사용된다. 아이들의 율화행동도 동일한 원리에 근거하는데, 때를 쓰면 효과를 얻을 수 있다는 것이 학습되었기 때문이다.

- 부분강화효과의 문제가 있다. 매번 강화하는 것은 전체강화인데, 가끔씩 강화를 제시하면 효과가 약할 수도 있다는 것이 Thorndike의 논리이다. 그러나 오히려 부분강화의 경우 소거율이 더 느리다는 것을 보인다. 즉, 강화물을 제시하는 방법에 따라서 행동하는 패턴이 달라지게 된다. 이에 따라서 강화계획, 즉 강화물의 제시 방식에 따른 행동 방식의 변화를 탐구하게 되었다.
 - 고정비율의 경우 n번을 누르면 강화물이 나온다. 이 경우 강화물이 나온 뒤에 일정한 시간은 쉬게 된다.
 - 변화비율에 의하면 평균적으로 n번을 누르면 강화물이 나온다. 이 경우 쉬는 시간이 별로 없게 된다. 좋은 쪽의 예시로는 세일즈맨이나 보험판매원의 강화가 있다. 비율에 의한 강화계획은 유기체 행동의 시간인, 즉 노력한 만큼 얻게 되는 외국어, 성과급, 도박 등에 적용될 수 있는 강화계획이다.
 - 고정간격은 일정한 간격동안은 강화물이 나오지 않다가, 그 간격이 지나면 강화물이 나올 수 있게 된다. 따라서, 그 간격에 가까이 해서 행동의 빈도가 급격히 상승한다. 이는 SCV를 뽑을 때 S키를 연타하는 것과 같다. 또한 분기말이 되어야 보너스를 향해서 열심히 하는 것과 똑같다.
 - 변화간격은 위와 같은데, 매번 간격이 달라진다. 여기서는 평균적으로 더 열심히 하게 된다. 이는 퀴지를 볼시에 보는 수업과 비슷한 것이다. 이러한 강화계획은 환경의 시간, 즉 “때가 되어야” 하는 것과 동일한 원리가 적용될 수 있다.
- Skinner는 자기가 존경하였던 Thoreau의 시도를 이어받아서 심리학적 이상사회인 Walden Two를 생각한다. 이는 사람들이 어떤 식으로 공동체를 만들고 행동해 나갈 때 좋은 행동이 생기는데 대해서 실험적으로 찾아나가는 시도였다.
- 지금까지는 정적(positive) 강화를 다루었는데, 부적강화(negative reinforcement)는 도피학습을 통해 이루어진다. 그러나 도피행동은 도망치는 행동에 국한되지 않는다. 맞서 싸우는 것도 도피행동에 해당한다.
 - ‘왕복상자’에서 개가 전기충격이 있으면 반대쪽으로 도망가는데, 미리 전기충격을 알고 도망가면 회피라고 할 수 있다. 처음에는 단순한 도피행동에 불과하나, 신호의 시행을 많이 할수록 회피를 하게 된다.
 - 다른 실험에서, 두 마리의 개가 있는데, 전기충격량은 같지만 한 명은 능동적 도피행동을 할 수 있고 한 명은 하지 못하였다. 하자의 경우, 다른 상황에 있어도 도망을 가지 않는다. 이를 학습된 무기력 (Seligman)이라고 하는데, 멀쩡한 사람이 우울해질 수 있습니다. 따라서 이러한 상황에는 친구들이 조치를 취해 주어야 한다. 아니면 어느 순간 빨리 도움을 주어야 한다.

인지학습

- Tolman은 인지학습(기억하는 것)을 주장하였다. 그에 의하면, 복잡한 환경은 스키너 상자가 아니며, 우리가 머리 속에 알고 있는 상태 그대로를 생각해도 효과 없이 기쁨 등의 정서가 나타날 수 있다.
 - 그는 동물에게는 이전의 경험에 의해서 심적 표상의 일종인 인지도가 있을 것이라고 생각하였다. 쥐를 T자형 미로에서 왼쪽에는 전지가 있게 하고 오른쪽에는 먹이가 있다는 것을 가르쳐 주면 오른쪽으로 갈 수 있었다. 그러나 Trolley를 태우면 행동은 없으나, 주위를 둘러보면서 학습이 될 것이다. 그러나 쥐는 학습을 해서 행동 없이도 오른쪽으로 갈 수 있게 하였다.
 - 행동주의는, 환경의 자극 S에 반응 R만 관찰하자는 입장에서, 우리가 마음 속이라고 하는 것은 과학자로서 접근할 수 없는 Black box라고 보았다. 그러나 Tolman은 그 안에 표상 O가 있다고 하였다. 행동하지 않고 보기만 해도 나중에 자신의 행동에 변화가 있을 수 있다. 그 환경에 대한 표상을 인지도, 또는 인지 지도라고 불렀다.
- 행동에 변화가 생기는데 보상이 필요한 것도 아니다. 쥐를 목표 지점까지 가면 먹이가 나오게 해 준 경우와 그냥 미로에 넣어둔 경우를 비교한다. 당연히 무보상보다는 보상집단의 경우 에러의 가능성이 줄어들긴 줄어. 그러나 10일 가까이 훈련했는데 11일 되는 날에 보상을 준다면 그 다음부터는 에러가 확실히 떨어집니다. 오히려 보상을 처음부터 주었던 집단보다 더 급격하게 실수가 줄어든다.

- 증거는, 이 사이에 먹이가 없었지만, 여기에 대한 인지도를 형성하였다는 이야기이다. 즉, 학습은 아무런 먹이, 강화물, 보상물 없이도 일어난다는 것이다 이를 잠재 학습이라고 한다.

조건형성의 요인들

1. CS-US간의 근접성(contiguity)

- CS와 US를 연결시킬 때, 여러가지 방법이 있다.
 - 흔적의 경우 CS가 나온 다음에 US가 나오게 한다.
 - 지연의 경우 CS가 먼저 나오고, 나오는 도중에 US가 나오게 한다. 이는 단기지연과 장기지연으로 나눌 수 있다. 이러한 경우에 조건설정이 잘 된다.
 - 그러나 동시또는 역향의 경우 조건 형성이 잘 되지 않는다.
- 이전의 학자들은 가까이 있으면 잘 연결된다고 생각하였다. 사후적으로 실험의 결과를 해석해 보니까, CS는 US의 발생을 알리는 일종의 신호역할을 한다. 즉, 일종의 정보이다. 흔적절차나 지연절차의 경우 US에 대한 신호기능을 하는 반면, 동시, 역향절차는 이런 면에서 비효율적이다.
 - 비유를 들자면, 급커브길이 있는 경우 표지판을 미리 보여줘야 대비할 수 있는 것이다.
 - 세상에 일정한 순서가 지어져 있는데, 이 순서에 맞춰서 행동할 수 있게 해 준다.

2. CS-US간의 효과적인 시간간격

- 소리자극의 경우 눈 깜박임을 유도한다. 이에 대해서 공기분사를 하여서 조건형성을 하는 경우, 조건형성이 매우 쉽게 되는 것을 관찰할 수 있다. 이 경우에는 1/2초가 가장 잘 된다. 너무 간격이 짧아도 조건형성이 잘 안 되고, 너무 길어도 잘 되지 않는다.
- 반면에, 맛 혐오학습의 경우 몇 시간 간격으로 있어도 조건형성이 될 수 있다. 특히, 이 실험의 경우 여러번 이 아니라 딱 한번에도 조건형성이 된다. 여기서 근접성으로 봤을 때, 어떤 맛이라는 물을 먹고 시간 간격이 몇 시간이던, 하루던 조건형성이 되는 것을 볼 수 있다.
 - 쥐를 사용한 실험에서, 사카린 물을 먹인 다음에 방사선을 통해서 복통을 유발하여서 학습을 시켰다. 그런 뒤에 단맛이 나는 물을 주면 살짝 맛보고 나서 목이 말라도 안 마십니다.
 - 인간의 경우 음식 혐오 학습이라고 해서, 먹고 나서 탈이 나는 경우 먹지 않게 된다. 이러한 경우 일반적으로 몇 년 지나고 나서야 해결되나, 학교급식의 경우 압박이 있어서 어느 정도는 해결된다.

3. CS-US 수반성

- 편의상 100번의 훈련이 있다고 할 때, 조건형성을 할 때에는 US는 0% / CS + US 100%의 형식으로 지금까지 하였다. 그러나 야생 상황에서는 그렇지 않는 경우가 있다.
 - Rescorla(1968)의 경우, 수반성이 높은 경우와 낮은 경우를 보고, 조건형성을 보았다. 우선 $P(US | CS) = 40\%$ 로 설정하였으나, 네 집단으로 두어서 $P(US | \sim CS)$ 가 0~40%로 다르게 하였다.
 - 실험 결과, 반응 억제(CR)는 수반성이 클수록 반응하는 것이 많은 것이다. 즉, CS-US가 수반성을 가질 때 조건형성이 잘 된다. 수반성을 가지지 않으면 일관성이 없어서 어느 장단에 춤춰야 할지 모르는 것이다.

4. 복합자극의 문제

- 일반적으로 자극은 하나만 주어지는 것은 아니다. 실험실에서는 잘 통제해서 하나의 자극만 있었으나, 실제로는 복합적인 자극이 주어질 것이다. 따라서 동시에 여러 개의 자극이 제시되는 상황에서, 어떻게 되는지 살펴볼 필요가 있다.
 - 우선 CS로 2개의 자극(촉각 자극과 냉자극)이 주어진다. 동시에 제시하고 식초를 준다. 이후 개별로 각각의 CS를 주는데, 촉각자극의 경우 조건 형성이 잘 되는 반면에, 냉자극의 경우 조건형성이 덜 된다.
 - 이 경우 조건형성이 잘 된 자극이 잘 안 된 것을 뒤덮어버린다고 할 수 있다(음영화, overshadowing).
 - 차가운 자극 말고도 여러 자극을 사용해 실험을 해 보니까, CS의 강도가 강할수록 비례해서 뒤덮기의 정도가 커지는 것을 확인할 수 있다(적정 선까지).

- 이미 지각에서 봤던 맥락과 연결시키면, 주의의 문제다. 자극이 강하게 되면 그 자극으로 주의를 많이 끌게 되어서 다른 자극에 주의를 주는 정도가 줄어든다. 즉, 주의를 더 많이 두는 것에 대해서 조건형성이 잘 된다.

5. CS에 대한 이전 경험(학습사)

- 잠재적 억제의 경우, 일정한 자극이 계속 반복되는 경우에는 조건형성이 이후에도 잘 안 된다.
 - [예시] 술을 싫어하는 사람과, 술 때문에 고생을 했는데도 마시는 사람의 차이에서 드러난다. 후자의 경우 이전에 술 마실 때, 별 문제 없다가 어느 날 숙취가 심하였기 때문에 조건 형성이 잘 되지 못한 것이다. 반면에, 술을 싫어하는 사람의 경우 처음에 술을 접하라 때 숙취가 심하여서 형성이 잘 된 것이다.
- 차폐의 경우, 이전에 학습한 자극이 다른 자극을 뒤덮어서 학습이 되지 않는다.
 - 소리자극에 전기쇼크를 학습시켜놓은 경우, 소리와 불빛을 함께 주는 경우에 소리가 이미 학습으로 인해서 연결되어 있기 때문에 불빛은 조건형성이 잘 되지 않는다. 즉, 학습을 막아버린다고 생각하면 된다.
- 감각 사전조건형성(전이효과)의 경우 감각속성들이 사전에 연결되어 있는 경우.
 - 먼저 소리 + 불빛을 반복적으로 같이 나오게 만들어 준다. 이는 천둥번개와 비슷한 상황이다.
 - 이러한 경우 그 중 하나하고 조건형성을 시키는 경우에, 다른 것도 조건반응을 불러일으킨다. 즉, 소리에 대한 학습이 전이되어서 효과를 일으키는 것이다.

통찰 행동과 동물의 학습

- 이전의 심리학자들은 아주 고차적인 인지활동은 인간에게만 고유하거나, 인간과 매우 비슷하다고 이야기하는 침팬지의 경우에만 있을 것이라는 생각을 하였다. Wolfgang Koehler의 경우 카나리아 제도의 영장류 센터에서 다양한 실험을 하게 된다.
 - 실패본 결과, 침팬지가 우리 바깥쪽에 있다가 통찰을 하여서 나뭇가지를 짚게 된다. 이러한 경우, 시행착오에서 많은 짓을 다 하는 것이 아니라, 주변의 조건과 연결시켜서 학습을 하게 된다. 상자를 들고 올라가서 막대기로 따는 경우도 있다.
 - 이의 가장 극명한 케이스는 Sultan의 도구 제작인데, 짧은 막대기를 길게 연장하여서 바나나를 연장시킬 수 있었다. 이를 통해서 고차적인 인지 과정이라는 것이 고등 영장류에게서 나타난다는 주장을 하였다. 즉, 영장류에게도 인간의 지각과정에서 있는 '전체를 만드는 과정', 또는 통찰이 있을 것이라고 하였다.
- Robert Epstein의 경우 Koehler 방식의 통찰 행동이 지각적 재구성의 문제인지, 아니면 강화 학습의 결과인지 탐구하였다.
 - 비둘기의 경우에도 나무 블록을 옮겨서 올라가서 먹이를 먹을 수 있었다. 이 비둘기는 이미 두 가지 학습을 하였는데, (1) 나무블록을 옮기는 학습, (2) 플라스틱 바나나 아래에 나무 블록이 있으면 올라갈 수 있다는 학습이다.
 - 동물은 완전히 새로운 상황의 경우 조금 전에 봤듯이 문제 탐색을 하였다가 통찰 행동을 하게 된다. 이 때, 학습과정 (1)과 학습과정 (2) 중에서 하나만 한 비둘기는 통찰 행동을 하지 못한다. 이 전에 강화를 받는 학습을 하였는가에 따라서 그 다음 단계의 고차적인 행동을 보일 수 있는 것이다.
 - 즉, 지각적 재구성이 있다고 가정하더라도 강화받는 학습 레파터리가 있어야 한다.
- Sultan의 경우 여러 가지 방법으로 학습이 이미 되어 있었을 것이다. 즉, 강화받은 개인사가 있을 것이다. 이를 개체 발생(ontogenesis).
 - 반면에 몇몇 종 특유의 행동은 진화에 걸쳐서 선택된 결과이다. 이를 계통 발생(phylogenesis)라고 하는데, 끊임 없이 학습을 통해서 변화된 측면이라고 할 수 있다.
 - 어떤 고등동물들은 다양한 행동을 할 수 있는데 반면에, 지금도 아주 단순한 행동만 하면서 잘 생존하고 있는 생명체들이 있다. 이는 계통 발생과 마찬가지로 맥락에서 이해할 수 있다. 동물들은 똑같은 맥락 안에서 이러한 행동을 하면서 적응을 하면서 환경을 잘 즐기면서 살 수 있게 '진화' 또는 '발달'했다고 할 수 있을 것이다.

- 즉, 학습은 자기 자신과의 세계의 관계의 변화에서 나오는 것이다.

6장 마음과 행동의 생물학적 기초

마음과 행동의 생물학적 기초 개괄

- 마음은 어디에 있는 것인가? 뇌가 바로 마음인가?
- 마음은 어떠한 모양으로 존재하는가? 인간의 뇌는 약간 굽은 순두부의 강도를 가지고 있다.
- 마음이 하는 일이 컴퓨터가 하는 일과 같은가?

신경계의 구성요소와 현재까지의 뇌에 대한 생각

- 1) 뇌 안에만 해도 천억개의 신경세포가 있다. 이는 1mm^3 안에 신경세포가 10만개가 있다는 뜻이다.
 - 2) 신경세포는 뇌 안에만 있는 것이 아니라 중추신경계(척수)안에도 있다.
 - 3) 주변부에 근육, 골격, 피부로 이루어진 감각운동신경계가 있다. 이들은 말초신경에 속한다.
 - 4) 내장기관, 순환계와 관련된 자율신경계가 있다. 이들 역시 말초신경에 속한다.
- 신경세포들은 결국 끝에 가서는 근육과 연결되어 있다.
 - 심장의 근육이 있고, 혈관에도 근육이 있다. 혈관을 확장/수축 시킬 때에도 신경세포가 수축/이완시킨다.
 - 전반에 관련된 것은 알아서 작동되는 자율성을 가진다(자율신경계). 식물인간의 경우도 죽었다고는 표현하지 않는데, 식물인간이라는 상태에서도 자율신경계가 시스템을 유지하고 있어서이다.
 - 데카르트의 신체관에 의하면, 우리가 불이 있을 때 뜨겁다고 느낄 수 있는 원리는 불 가까이에 있는 손과 발에 영향을 주는 것이 있고, 팔을 통해서 tube가 있다고 보았다. 이러한 tube를 라틴어로 nerve라고 한다.
 - 이것을 통해서 기체도 아닌 액체도 아닌 동물 정기(animal spirit)이 있다고 보았다. 이것이 뇌까지 올라가서 의식의 세계로 간다.
 - 뇌까지는 자연세계이지만, 다른 세계가 이후에 있다고 보았다(심신 이원론). 즉, 마음과 물질은 별개의 실체다! 위의 방식을 통해서 뜨겁다고 느끼기 때문에 심리적인 세계에서 다시 신경관을 통해서 팔/다리를 끌어당기는 것이다. 즉, 원심성 신경은 운동신경이고, 구심성 신경은 감각신경이다.
 - 데카르트에 의하면 시각에 있어서 화살표 모양으로, 이미지는 두 눈에 mapping이 된다. 이에 이어서 설방울 모양처럼 되어 있는 송과선(pineal gland)에 투영된 무엇인가가 마음의 세계로 간다. 이에 따라서 송과선이 마음으로 통하는 문인에게 대한 의문이 제기되었다.
 - 나중에 알고 보니까 송과선의 경우 설방울 모양이 아니라, 완두콩 모양의 작은 부분이다. 여기서는 인간의 수면을 조절하는 melatonin이라는 것을 분비하여서 수면을 조절한다.
 - 1970~80년대를 거치면서 functional MRI와 PET가 생겨서, 진짜 뇌 안에서 어떠한 일이 벌어지는지를 알아내기 시작하였다(Computerized tomography) : 뇌-영상화
 - **MRI**의 경우 자기 공명을 통해서 물질의 이동을 보게 된다. 이는 **혈류 역학**에 근거한 관찰인데, 뇌의 온갖 군데에 혈액을 통해서 에너지가 공급되어서 어느 부위에서 어떤 일을 하는지를 알게 된다. (수소원자의 배열 패턴의 통해 어디에 혈액이 많이 분포하는지 알 수 있다.)
 - **Hemodynamics**의 경우, 어떤 특별한 촬영 기법을 통해서 어디서 지금 그 발열이 많이 되고 있는지, 전기 소모량이 많은지를 보게 된다. 이에 따라서 언어 처리, 음악 등등에 담당하는 부분을 알 수 있다.
 - 시각을 나타내는 부위가 뒤쪽이고, 말소리로 동일한 단어를 들려주면 측두엽이 활성화된다. 말해 보라고 하면 운동피질이 활성화된다. 단어생성을 시키면, 적절한 단어를 생각해 낼 때는 이 부분이 활동량이 증가한다. 이러한 원리들이 대략 20여년 전부터 정리되어 나가기 시작한다. 기존까지는 뇌에 문제가 있는 사람들을 통해서 뇌의 작동원리를 알아왔으나 정상인들을 대상으로 데이터를 얻기 시작한 것이다.

뇌의 구조

- 뇌를 자세히 보면 상당히 복잡한데, 버섯과 브로콜리를 합쳐놓은 모양이라고 생각하면 편하다.
 - 척수의 경우 감각, 운동, 자율신경계를 연결시켜 준다.
 - 후뇌에는 연수, 소뇌, 뇌교가 있다.
 - ✚ 연수의 경우 생명활동을 한다.
 - ✚ 소뇌의 경우 운동협응과 관련해서 진화적으로 상당히 예전부터 있었던 부분이다. 이 때문에 물고기나 새에 있어서도 상당히 큰 부위이다.
 - ✚ 뇌교의 경우 신경들의 교차가 일어난다.
 - 중뇌에는 망상체와 상구체, 하구체가 있다.
 - ✚ 망상체의 경우 각성과 주의를 담당한다. 이는 잠에 빠져들때와 깨어날때를 담당한다.
 - ✚ 상구체, 하구체는 원시적 시각, 청각을 담당한다. 이는 파충류의 뇌와 공유하는 부분이다. 이 부위에서는 아주 기본적인 시각, 청각 처리를 한다.
 - 전뇌에는 시상과 시상하부가 있다. 여기는 대뇌와 다른 구조의 사이에 있어서 간뇌라고도 한다.
 - ✚ 시상은 눈에서 외측슬상의 일부를 포함한다. 이는 정보 전달을 담당한다. 앞서 언급하였듯이 시신경이 눈 뒤로 이어져 있다는 것을 발견할 수 있는데, 시신경에 있어서 일종의 hub 역할을 한다.
 - ✚ 시상하부는 내분비계, 자율신경계, 동기, 정서를 담당한다.
 - 이후에 진화적으로 생긴 뇌들이 종뇌이다. 척수에서 매우 멀리 떨어져 있다.
 - ✚ 구피질(변연계, limbic system)은 예전에 만들어진 피질이다. 편도체에서는 즉각적인 정서반응을 담당하고, 해마에서는 기억과 학습이 담당된다. 기저신경절의 경우 운동제어를 담당한다.
 - ✚ 대뇌피질은 신피질으로, 진화상 최근에 만들어졌다. 옆으로 가는 깊은 고랑이 열리고, 낮은 고랑은 구라과 부른다. 볼록한 언덕의 부분은 회라고 부른다.
- 신경계는 어떻게 진화되어왔는가를 살펴보자. 몇몇 무척추동물들의 경우 뇌가 없다(말미잘, 해삼, 멍게).
 - 해삼의 경우 유충일때는 뇌가 있어서, 바다를 돌아다닌다. 그러나 이후에 성체가 되면 자기 뇌를 소화시키고 편안하게 산다.
 - 말미잘의 경우도 뇌가 없는 대신, nerve net을 가지고 있다. 말미잘은 촉수로 먹이를 잡아서 소화시켜서 벨는 과정을 반복한다. 그 과정에서 근육세포들이 활동하는데, 신경계는 그 정도의 역할만 하면 된다.
 - 이보다 살짝 복잡한게 불가사리인데, 다리에 신경이 몰려 있다. 가운데 원처럼 신경이 몰려 있는 것은, 입 둘레로 신경이 몰려 있는 것이다. 좀 더 복잡한 행동을 하는 부위이기 때문이다. 이 부근에서는 복잡한 정보를 받아들여서 처리해야 하는 것이다.
 - 배열된 모양들의 공통점을 보면, 신경계들이 배열된 방식은 회전패턴을 가지고, 움직임 패턴도 이에 따라서 나타난다.
 - 많은 동물들의 경우 신경계에서 반사대칭성을 가진다(reflectional symmetry). 이 동물들의 움직임 패턴도 이에 따라서 나타난다.
 - 인간의 경우, 신경들이 몰려 있는 부위가 머리 쪽에 많이 몰려 있다. 이는 머리쪽에 sensor가 많아서 그런 것이다. 신경계는 자기가 사는 세계와 연결시켜주는 통로가 된다.
- 신경계의 형성 과정을 살펴보자(Neurogenesis).
 - 태아에서의 Notochord가 척수가 된다. 위의 구조들은 홈이 더 깊어진 뒤에 말리듯이 tube가 되면서, 신경관(Neural tube)라는 것을 만든다. 이러한 신경관의 상태에서, 신경세포의 줄기세포가 왔다갔다하다가 세포분열을 빠른 속도로 한다. 세포분열이 끝난 이후에는 다른 곳으로 이동한다. 이러한 과정에서 척수도 커져나가고, 뇌도 빠른 속도로 커져나간다.
 - 한 달만 지나면 풍선과 같은 구조가 만들어지는데, 이것이 종뇌이다. 그리고 변형되면서 대뇌피질이 만들어지며, 망막이 형성되면서 쪽 나가서 눈을 형성하게 된다.
 - 실제로, 신경계는 처음엔 500원짜리 동전보다 작으나 출산을 앞두고는 분화되어 뇌와 척수 모양이 된다.

신경세포의 모양과 활동

- 신경세포는 신경원(neuron)이라고도 한다. 뇌에 있는 것도 독특한 다른 세포가 아니라 그냥 신경세포일 뿐이다. 신경세포에서 복잡하게 돌기들이 나와 있는 모습을 관찰할 수 있다.
 - 수상돌기(dendrite)는 나뭇가지의 모양을 하고 있다. 이후 축색돌기(axon)을 걸쳐서 다른 세포와 연결되거나 근육세포와 연결된다. 이렇게 연결되는 지점을 신경종말(axon terminal)이라고 한다
 - 이러한 신경세포를 통해서 일련의 수축, 이완 패턴들이 있을 수 있다.
- 다양한 유형의 신경세포들이 있다.
 - 운동신경세포의 경우 척수에서부터 발가락까지 가는 긴 세포이다.
 - 소뇌신경세포의 경우(퍼킨제 세포). 옆에서 보면 납작하게 눌린 형태이다. 이러한 모양이 쪽 늘어져 있으며, 그 사이에 전깃줄 같은 것이 연결되어 있어서 신경정보를 받아서 처리해서 명령을 내린다. 말소리를 낼 경우, 시간에 걸쳐서 교묘하게 조종하여서 제대로 된 말소리가 나오는 것이다.
 - 후각신경세포의 경우 코속에서 뇌로 올라가는 세포이다.
 - 운동피질신경세포의 경우 척수로 곧바로 내려가는 것도 있다. Pyramidal cell.이라고 불린다.
 - 신경세포들을 확대해 보면, 볼록 나와 있는 부위들이 있는데 다른 신경세포들의 끝부분이 와서 연결된다. 접하는 것은 아니고, 거의 가까이 와서 정보를 전달받아 아래로 처리해 나가는데, 연결되는 부위가 기본적으로 수백개 이상이다. 가장 많은 것은 신경 세포 하나가 10만개 이상 연결부위가 있을 것이다(해마). 우리 뇌에는 천억개 이상의 신경세포가 이러한 활동을 하고 있다.
- 신경세포의 활동은 전기적 신호전달을 통해서 이루어진다. 탐침을 안에 두고 전위가 변화되는 정도를 측정하여서, 신경발화율을 측정하였다.
 - 자극을 받으면 세포막 밖에 있는 Na^+ 이온이 안으로 들어온다. 그 다음에는 K^+ 이온들이 밖으로 나간다.
 - 이 process를 통해서 세포들은 K와 Na가 들락날락하면서 Na는 노폐물, K는 영양분을 담당한다.
 - 신경세포의 다양한 위치에서 측정한 결과, Na^+ 이온이 들어오면서 탈분극의 상태가 되었다가, K^+ 이온이 나가면서 원래 상태로 돌아온다. 전위가 올라가는 것을 활동전위, 내려가는 것을 안정전위라고 한다.
 - 이러한 신경전달이 1/1000s마다 발생하면서, 축 펼쳐진 돌기를 따라서 옆으로 전달된다.
- 시냅스로 신경이 연결되어 있다는 것을 Sherrington(1906)이 발견하였다.
 - 강아지의 경우 피부를 건드리면 굽는다. 이를 굽기 반사(scratch reflex)라고 한다. 피부와 근육이 연결되어 있는 것은 확인된다. 이전의 생각에 의하면, 이러한 연결은 피부에서부터 척수까지 가서 다시 근육세포쪽으로 연결된 구조일 것이다.
 - 발견에 따르면 약한 자극을 줄 때 어디든 자극하면 반사가 일어난다는 것이다. 그러나 다시 약하게 자극을 주면 굽기 반사가 일어나지 않는다. 시간에 걸쳐서 반응을 주면 갑자기 threshold를 넘어서 반사가 일어난다. 시간적 통합 또는 공간적 통합 둘 다 가능한데, 이를 통합하는 지점이 필요하다는 것이다.
 - 시냅스의 틈에서는 화학적 신경전달이 발생한다(Loewi). 그는 비커에 개구리 심장 2개를 넣었는데, 각각은 자체의 신경회로가 있어서 계속 뛸 수 있다. 심장 근육을 수축시켜주는 nerve가 있는데, 한 쪽 개구리 심장을 멈추게 하면 물이 반대쪽으로 가서 멈추게 한다. 미주신경과 심장근육 사이에 전달되는 것이, 전위 화가 아니라 화학 물질이라는 것이다. (신경전달물질: 아세틸콜린)
 - 신경세포가 연결되는 부위에서 synapse가 있으면 20nm사이에서 전위 변화로 연결되다가, 주머니에 담겨져 있는 신경전달물질이 터지면 신경세포에 Na^+ 가 들어온다. 세포막에는 여러가지 단백질 구조물이 떠 다니는데, 이것이 언제나 열려 있는 것이 아니라 닫혀 있다. 신경 구조물이 단백질 구조물에 달라붙으면 짝 열린다. 밖에 있는 Na^+ 이온들이 들어오면서 신경전달이 일어나는 것이다.
 - 전달물질이 단백질 세포구조물과 맞아야 한다. 마약의 경우 일종의 '가짜 열쇠'라고 할 수 있다. 달라붙어있던 신경 물질들은 원래 세포로 돌아가는데, 그것을 막는 물질도 있어서 이상적인 심리 현상을 보일 수 있다.
 - 지금까지 반응은 흥분성 연접이라고 한다. 탈분극화가 일어난다. 반대는 억제성 연접으로, 과분극화이다.

- 신경과 관련된 여러 가지 물질이 있는데, 아세틸콜린은 개구리 심장에서 발견되었는데, 지각, 운동, 학습과 관련되어 있다. 노아에피네프린은 정서와 동기와 관련되어 있다. 도파민은 주의집중과 운동과 관련되어 있는데, 많아지면 정신분열증이고, 적으면 파킨슨병이다. 세레토닌의 경우 도파민과 반대로 수면을 유도한다. GABA는 대표적인 억제성 물질이다.
- 천억개가 넘는 신경세포가 연결되는 과정은 Connectome의 연구를 통해서 밝혀지고 있다.
- 대뇌에 시각, 청각, 감각 통합 등의 기능이 있을 것이라는 것은 100년 전부터 추정되었다. 뇌에서는 큰 고랑들을 기준으로 피질이 나뉘어지는데, 이들의 안에 있는 것이 신경돌기들이다.
 - 겉부분은 회색질이지만, 돌기들은 하얀색(백질)이다.
 - 각 부위별로 담당하는 신체 부위가 있다. 소뇌는 운동협응을 담당하고, 측두엽이나 후두엽은 감각을 담당한다. 전두엽은 사고를 담당한다.
 - 대뇌피질에서 운동피질과 체감각피질을 보면, 민감도와 정교성에 따라서 피질의 담당 부위가 결정된다.
- 눈 망막에서 시각 공간이 대뇌피질에 표상되는 방식을 지형학적 체계화라고 한다. 이를 보기 위해서 포도당에 방사선 동위원소를 부착해서 준 다음에, 30분동안 과녁판을 보여준다. 뇌의 활성화 부위를 추적하였다.
 - 시각자극에 대한 피질의 표상은 중심 부분이 높은 해상도를 가진다는 것을 알 수 있다.
 - 즉, 중심부에 해당하는 피질이 더 많이 활성화된 것이다.

뇌의 좌우 비대칭성, 뇌의 기능

- 뇌의 좌우는 뇌량을 통해서 연결되어 있다. Roger Sperry는 간질환자들을 보니까, 자극이 뇌량을 통해서 뇌의 반대쪽 반구로 연결되어 있다. 따라서 시야는 우반구로 가고, 우시야는 좌반구로 가게 된다.
 - 좌반구에서는 언어를 담당하고, 우반구에서는 공간을 담당한다.
 - 공간 과제로, "당신이 본 단어에 해당하는 물건을 왼손으로 집으시오"라고 하면 성공한다. 그러나 오른손으로 찾으라고 하면 잘 하지 못하는데, 우반구가 공간정보를 지배적으로 처리해서 그런가?
 - 합성사진을 제시해도, 좌우의 의식이 분리된 것처럼 행동한다. 일상생활에서는 여러 가지 장면을 보기 때문에 손상되지 않은 것처럼 행동할 수 있어서, 문제가 없다.
- Paul Broca라는 사람의 경우 탕 소리밖에 못 내서, 죽고 나서 뇌를 부검해서 꺼내 보니까 브로카 영역이 망가져 있다는 것을 알 수 있었다. 이러한 영역은 말을 만들어 내고 생각하는 것과 관련된 부분으로, 손상된 경우 표현성 실어증과 연결된다. Wernicke의 환자는 말을 받아들이는 것이 어려운데, 사후적으로 보니까 베르니케 영역이 망가져서 그랬던 것이다. 이를 수용성 실어증이라고 한다. 이러한 사례들을 통해서 보면, 뇌는 각 기능을 담당하는 module들의 배열이라는 주장이 나온다.
- 반대 주장으로, 뇌의 기능은 가소성(plasticity)이 있다는 주장이 있다.
 - 어릴 때부터 간염으로 뇌의 3분의 2가 없어도, 나머지 1/3으로 살은 경우도 있다.
 - 족제비의 경우 신경고리를 다른 곳에 연결시킬 수 있는 동물인데, 엉뚱한 신경고리를 시각을 담당하는 쪽으로 연결시켜도 전혀 사는데 문제가 없다.
 - 뇌의 가소성에 따르면, 뇌의 각 부위들이 상황이 바뀌게 되면 다른 일도 할 수 있다.

마음에 대한 은유들의 변화 – 슬라이드 참조