

# 주제: 뇌과학과 철학

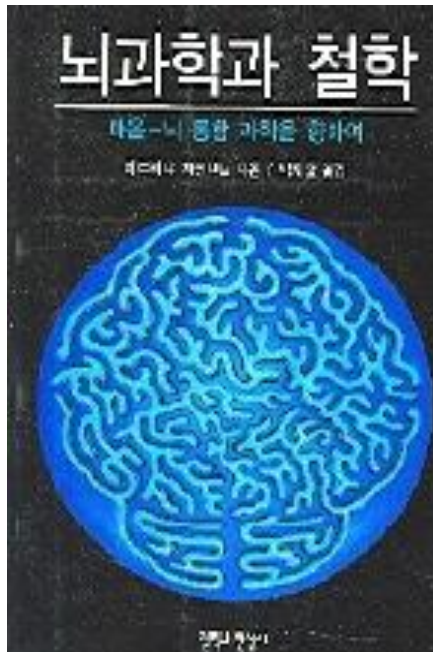
- ◆ 철학의 주제를 자연과학으로 접근
- ◆ 심적 현상을 뇌의 작용으로 설명 가능한가?
- ◆ 그러한 설명으로 다른 어떤 이득이 있는가?

발표: 박 제 윤 (철학박사)

과학철학 / 인식론 / 신경철학

# Neurophilosophy(신경철학)

Patricia S. Churchland



# Paul M. Churchland & Patricia S. Churchland : UC San Diego

➤ 철학의 문제들을  
뇌과학 연구 성과로 접근  
(인지신경생물학 & 연결주의 AI)

-이론간 환원주의  
(intertheoretical reductionism)

-제거주의  
(eliminativism)

-유물론  
(materialism)



# 신경 철학의 목차

## 제 1 부. 기초 신경과학

- 1장. 신경계 과학의 역사적 개요
- 2장. 현대 뉴런이론
- 3장. 기능 신경해부학
- 4장. 상위 기능: 초기 연구
- 5장. 상위 기능: 신경심리학과 신경학

## 제 2 부. 과학철학의 최근 발전

- 6장. 서론과 역사적 개요
- 7장. 환원(Reduction)과 심신(Mind-Body) 문제
- 8장. 심리상태는 신경생물학적 상태로 환원될 수 없는가?
- 9장. 기능주의자 심리학

## 제 3 부. 신경철학의 전망

- 10장. 뇌 기능 이론

(가설)

인간 신경계를 통제하는 ‘기능적 원리’를  
이해하기 위해 우리의 뇌가 ...

진화해왔음을 상기할 필요가 있다.

즉 우리의 뇌는 우리들을 위해 특별히 고안된 것이 아  
니며,

역사적 기원에 따르는 역량과 한계를 가지고 있다. ...

합리성이 갖는 ‘본질적인 아름다움’이나 혹은 ...

‘내재적 선(goodness)’이 아니며,

무엇보다도 동물들이 ... 환경에 ...

성공적으로 예측할 필요에서 비롯되었다.

(Dawkins and Krebs 1978)

## ◆인지의 기초 본성은

생명체들이 표상적 도식(representational schemas)

의 축적을 통해 경쟁에서 보다 유리한 예측을

가능하게 하는 재능을 얻고자 함에 있다.

‘표상적 구조’ 그 자체는 알고 있는

운동을 수행하여야 하며,

존재 이유를 담고 있어야 한다. (38-9쪽)

## 1.2 역사적 개요

### ◆ 갈레노스 (Galen, 200 B.C.)

- 근육 속에 있는 희끄무레한 줄

### ◆ 신경이

훈백(pneumata) , 즉 심령(psychic pneuma)을 근육으로 전달하면, 근육을 부풀어오르게 하여, 동작이 이루어진다.

### ◆ 생기론(vitalism)

- 19세기까지 정설로 인정되었다.

- 데카르트(1596-1650)



- 인간: 기계론적

- 이성 / 신체운동
- 정신 / 육체

(심신이원론)

<그림1.1>



- 라 메트리(La Mettrie)

- 인간과 동물 사이에는

- 어떠한 근본적인 차이도 존재하지 않는다

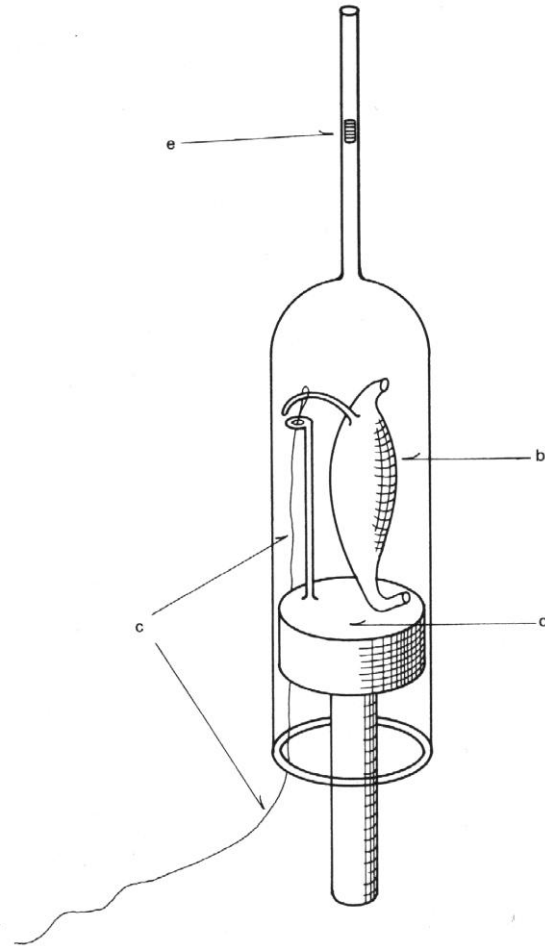
- 「기계 인간(*L'Homme machine*, 1748)」

- 성직자들에 의해 쫓겨 다니다

- 욕설을 들으며 프랑스에서 추방당했고,

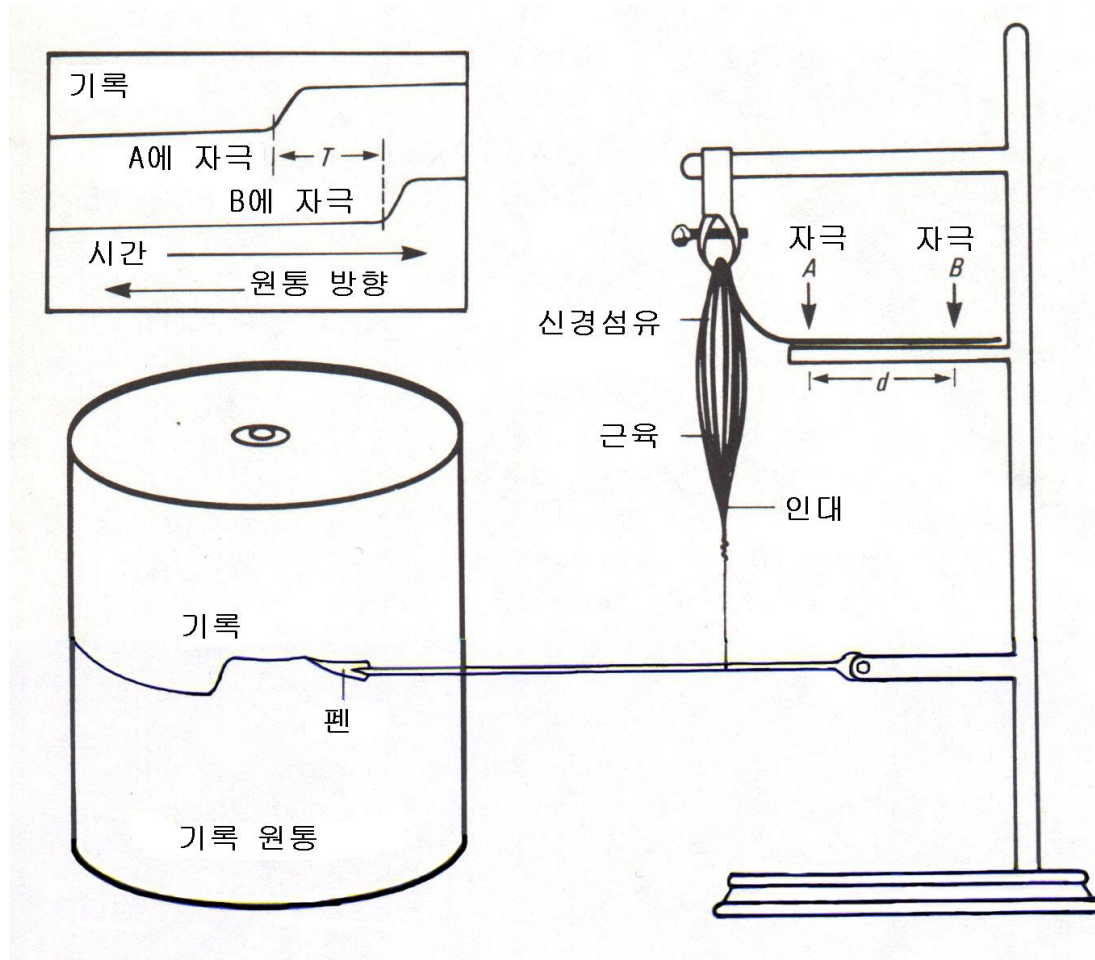
- 마침내 자유로운 네덜란드에서도 추방당했다.

- 스완머담(Jan Swammerdam 1637-1680)
  - 동작을 위해 뇌로부터 ‘혼백(pneuma)’이 꼭 요구될 필요 없다.



<그림1.2>

- 헬름홀츠(1821-1894)

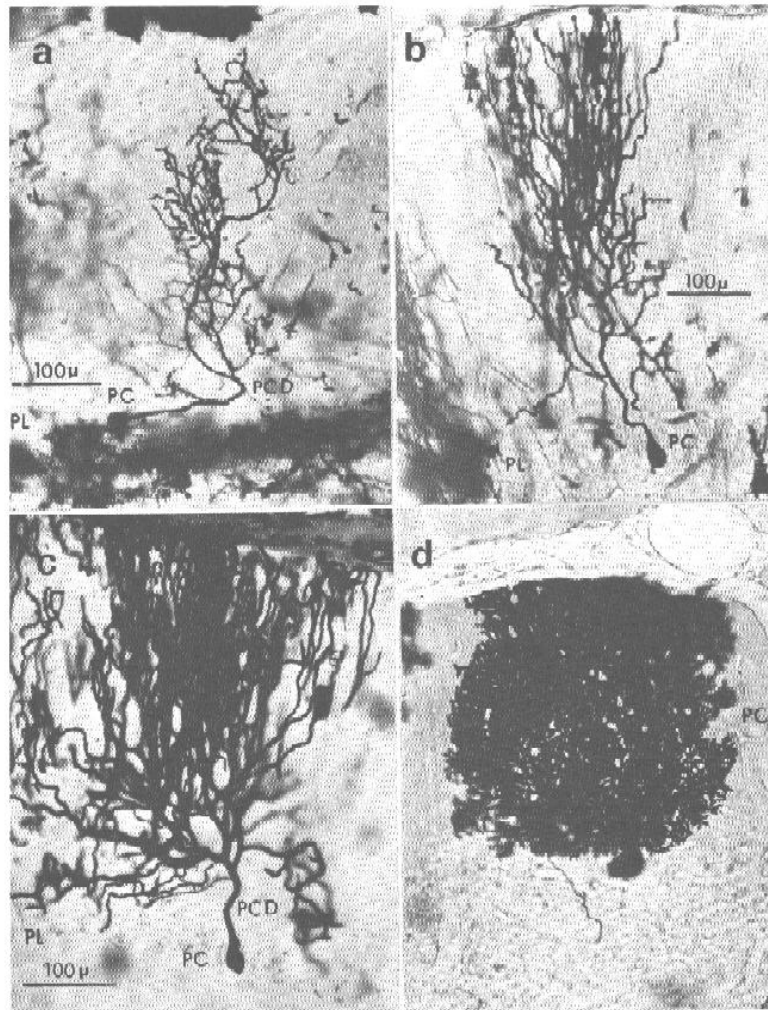


- 신경전달  
속도  
30m/sec

<그림 1.4>

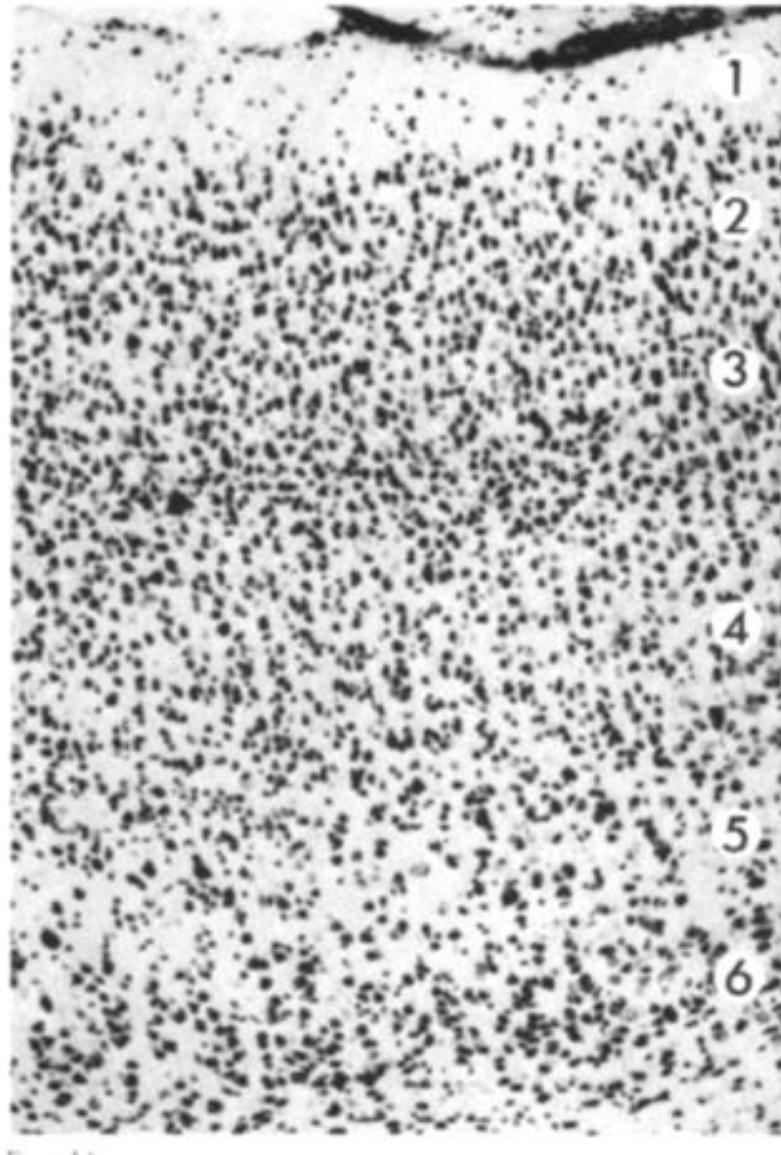
- 레이몬드(Emil du Bois-Reymond, 1818–1896)
  - ‘신경 효과는 사실 전기 현상이며, 전기 활동 파동이 신경을 통과한다’ (1843)
- 푸르키니에(Purkyne 1837)
  - 현미경을 통해 세포체, “축삭(axon)”, 섬유(fiber)를 관찰.

- 골지 (Camillo Golgi 1843–1926)



- 피질의 6층 구조.

1.2mm

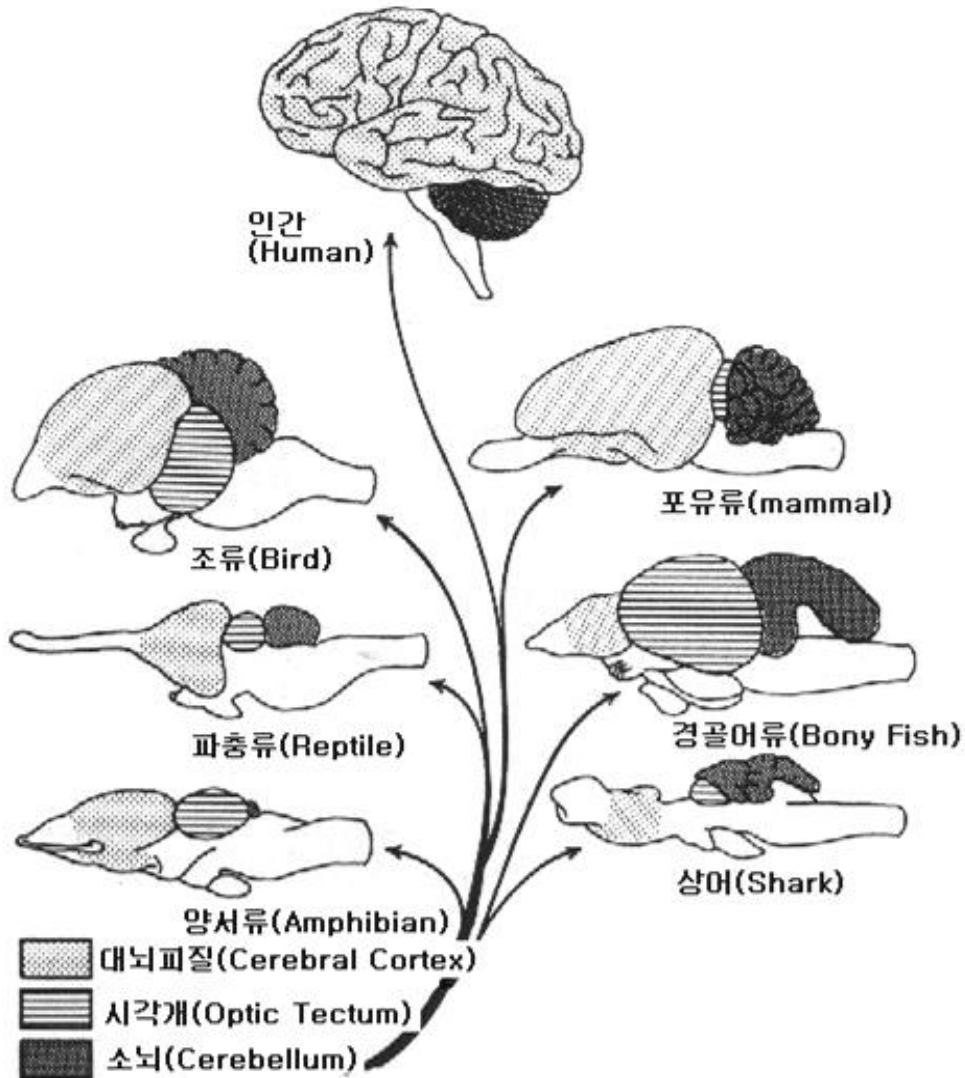


<그림  
1.6>

## 2장. 현대 뉴런 이론

- ‘뉴런의 수’, ‘뉴런들 사이의 연결 수’, ‘뉴런의 신호처리(events) 시간’ 등의 한계:
  - ‘지각’, ‘기억’, ‘학습’ 그리고 ‘감각운동조절 (sensorimotor control)’의 모델 개발에 중요한 제한 사항
- 뉴런의 가소성(plasticity):
  - 뉴런 연결의 본성 – 학습과 기억 과정 모델
- 뉴런과 그 작동방식이 모든 신경계 전체에서 본질적으로 동일

- 진화론적 관점에서 접근해야



- 뇌의 기능
- 인지(재인, 예측)
- 언어
- 의식
- 이성
- 뇌 연구방법

<그림 2.1>



## ■ [ 수용기 ]

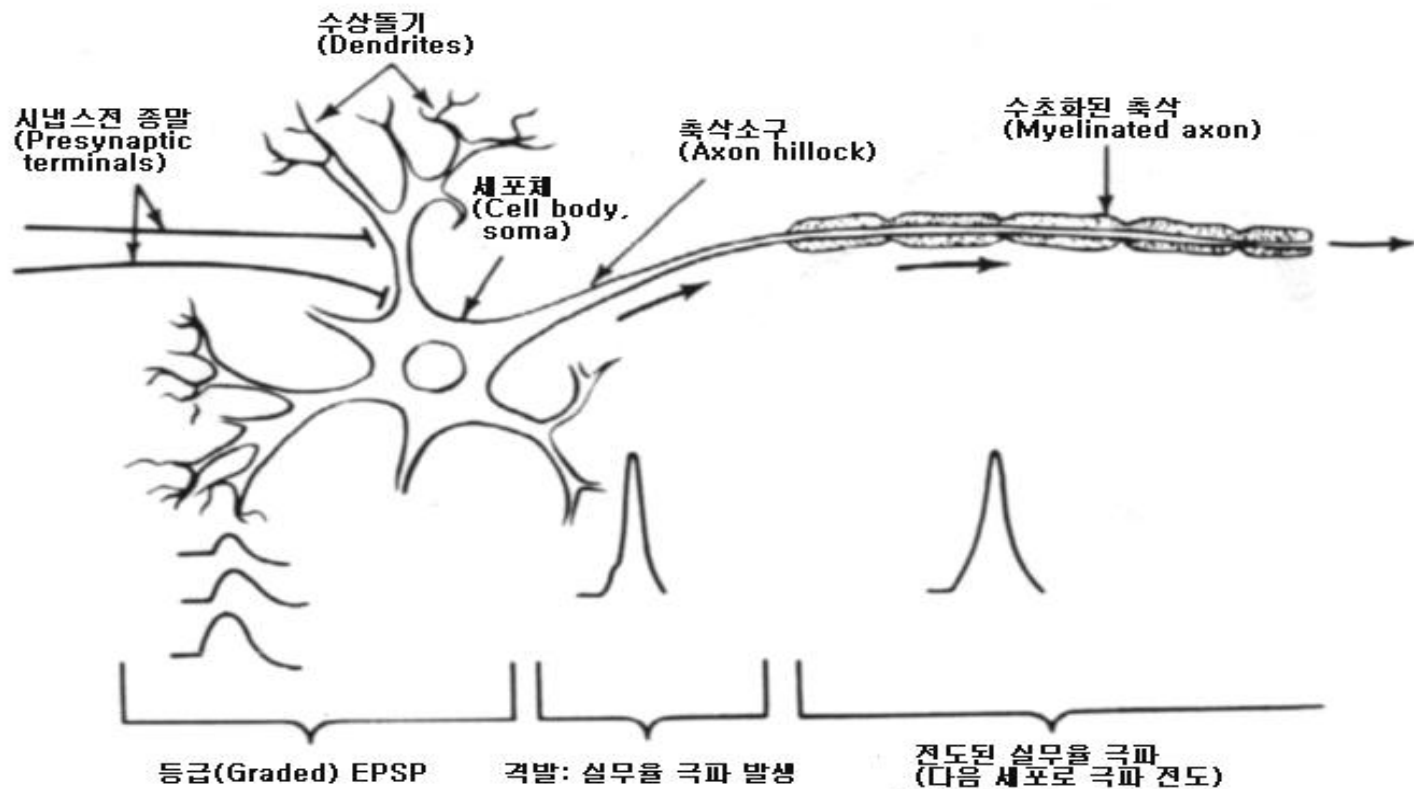
- 세계와 두뇌 사이의 인터페이스(interface: 접속장치)
- ‘우주의 모습, 우주의 진실’에 대한 우리들의 개념
- ‘말초신경에서 세포들이 반응하는 특성’과 관련
- 인식론(epistemology)의 한계
- 세계에 대한 우리의 접근은 언제나 중재된 접근
- 즉 신경계를 통한 접근’
- 칸트(Kant)가 깊이 고심하여 해명하려 했던 문제
- ‘우리에게’ 보이는 대로만 알 수 있을 뿐
- 따라서 세계 자체의 모습은 아니다

- 고전 분류: ‘미각’, ‘후각’, ‘청각’, ‘시각’, ‘촉각’
  - 다른 수용기: ‘머리 위치 변화를 감지하는 자기감각수용기(proprioceptors)’, ‘긴장을 느끼는 근육과 힘줄의 역학 수용기’, ‘내장의 팽창과 폐의 긴장에 대한 수용기’, ‘동맥에서 산소 농도를 감지하는 경동맥 내의 수용기’ 등등
- 그러므로 감각에 대한 고전 분류학은 불완전할 뿐만 아니라 불명료하기까지 하다. (81쪽)

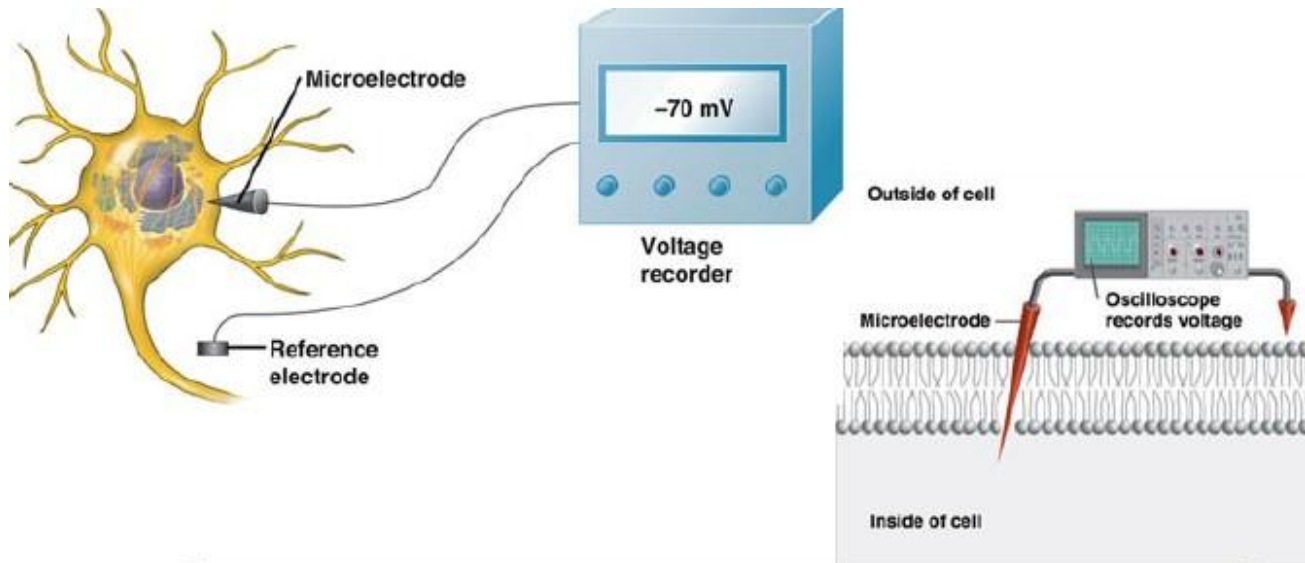
- 벌: 자외선을 감지,
  - 뱀: 적외선 범위 전자기파를 감지 소공(pits)
  - 파리: 회전력 측정기
  - 물고기: 측선 기관(lateral-line organ: 옆줄) 물 흐름 감지
  - 비둘기: 지구 자장 방향을 맞추는 강자성체(ferromagnet)를 가지고 있으며,
  - 상어: 낮은 주파수(0.1-20 Hz) 전자장을 몸에 익혀 이용
  - 전기어(electric fish): 고주파(50-5,000 Hz) 전류 감지
- 
- 인간에 지각된 세계 / 다른 유기체에 지각된 세계
  - 단지 진화를 통해 얻은 좁은 차원의 세계

## ■ 신경세포의 구조

- 인식론의 자연주의 기획에 따라 표상의 본성을 이해하려면,
  - 뇌의 구조와 기능을 구체적으로 이해해야

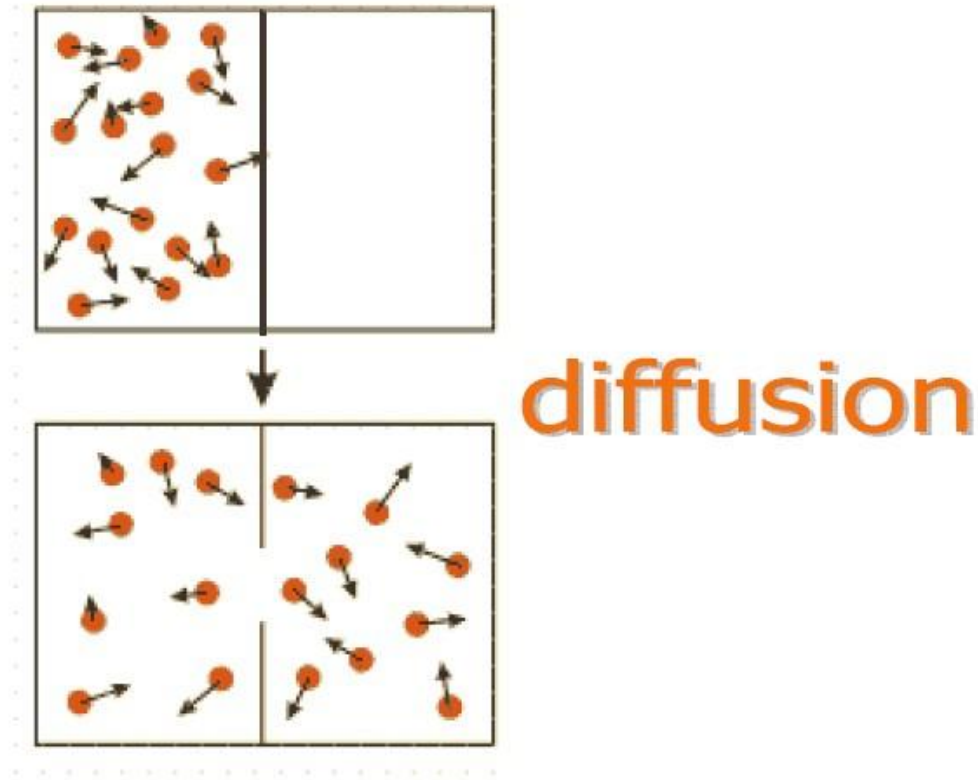


## ■ 뉴런의 작동

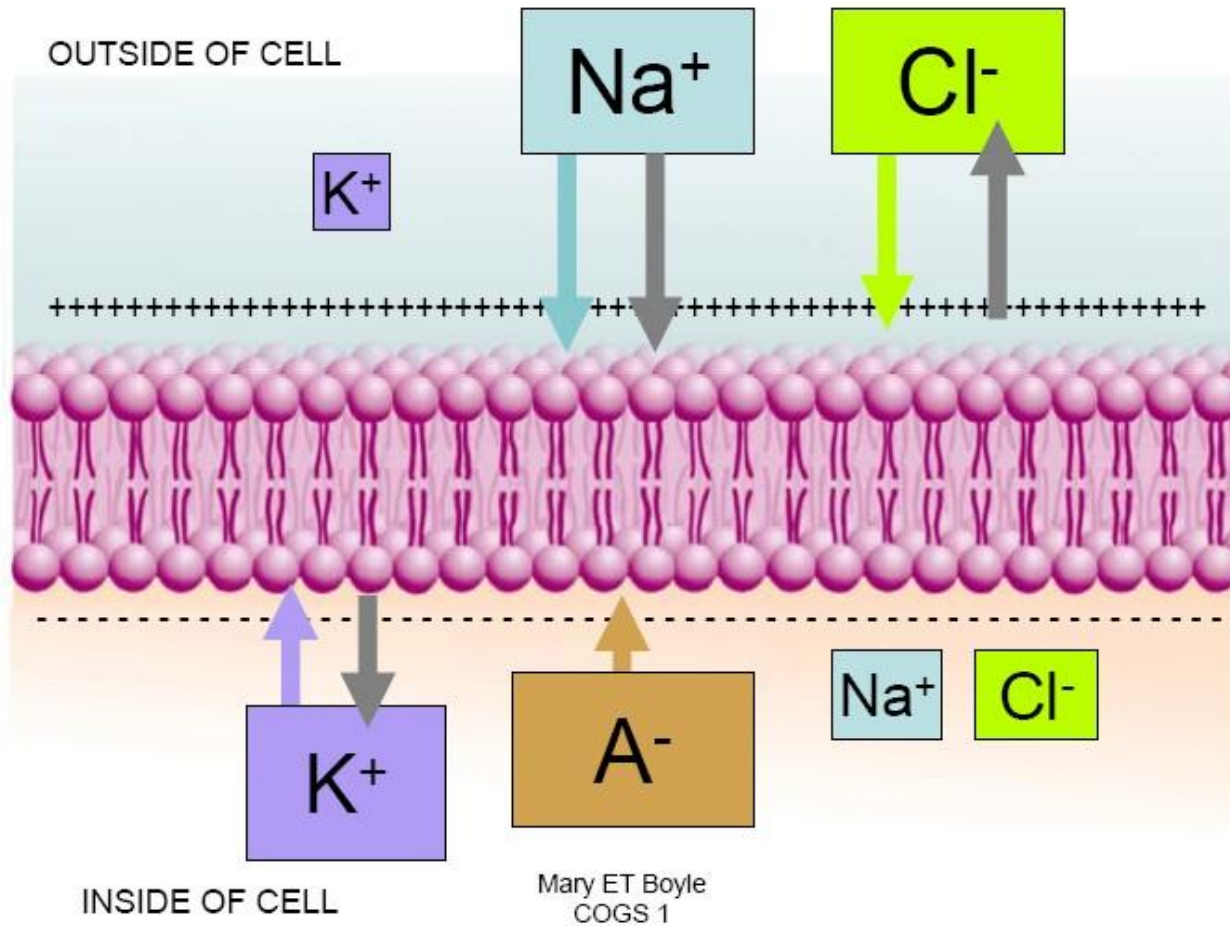


potential - (in electrical terms) is amount of electrical charge at one point in an electric circuit compared to some other point in the same circuit measured with a voltmeter

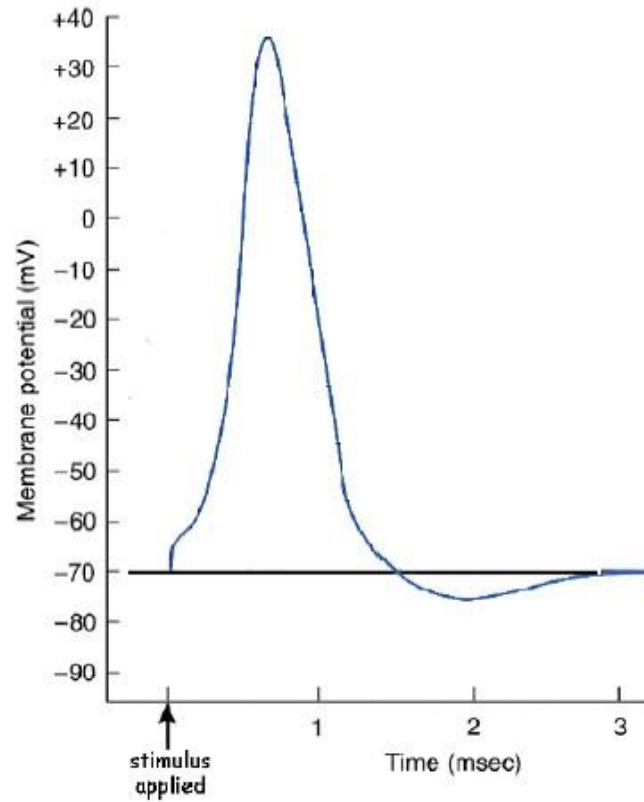
- 신경계 작용의 기초 원리
  - 세포막의 이온 비평형상태
- 



## ■ 마음의 기초 ?

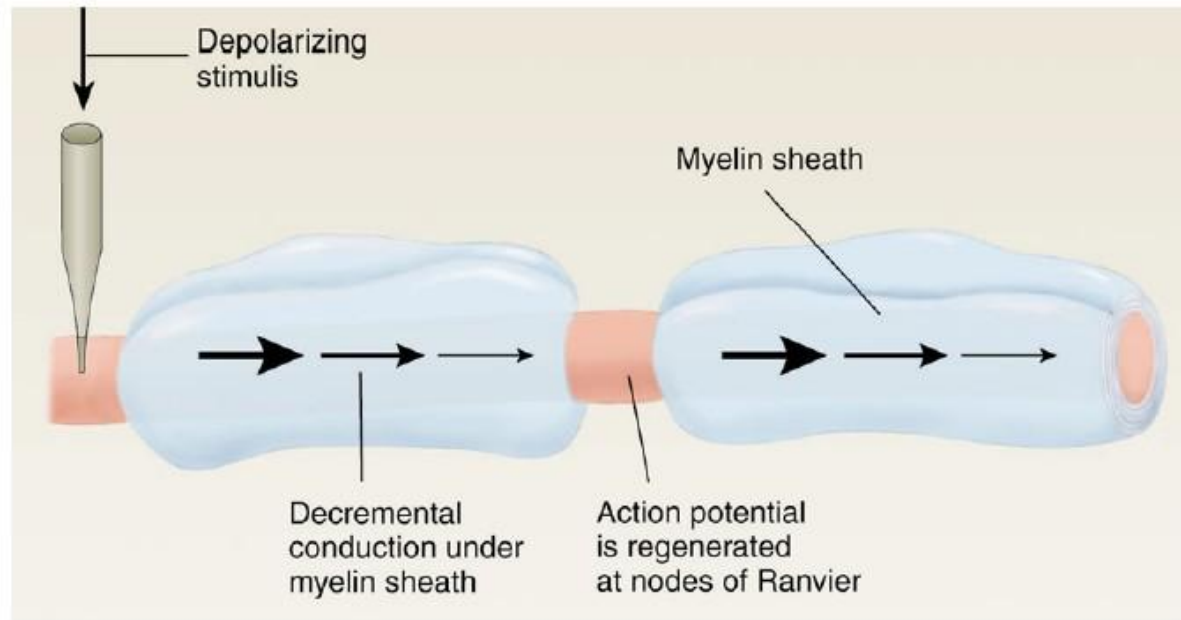


## ■ 세포막의 전위차, 격발

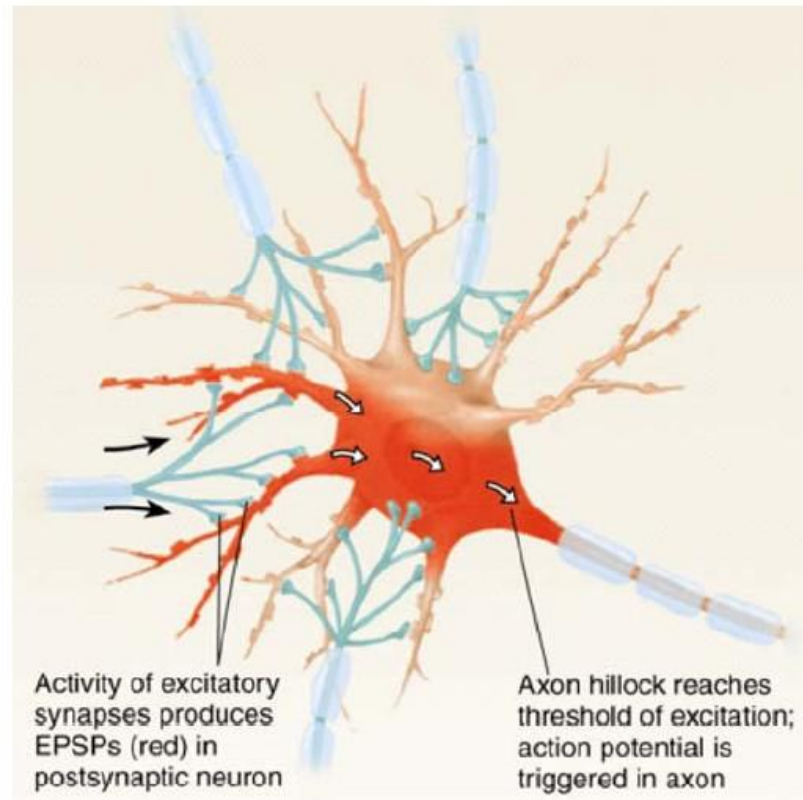




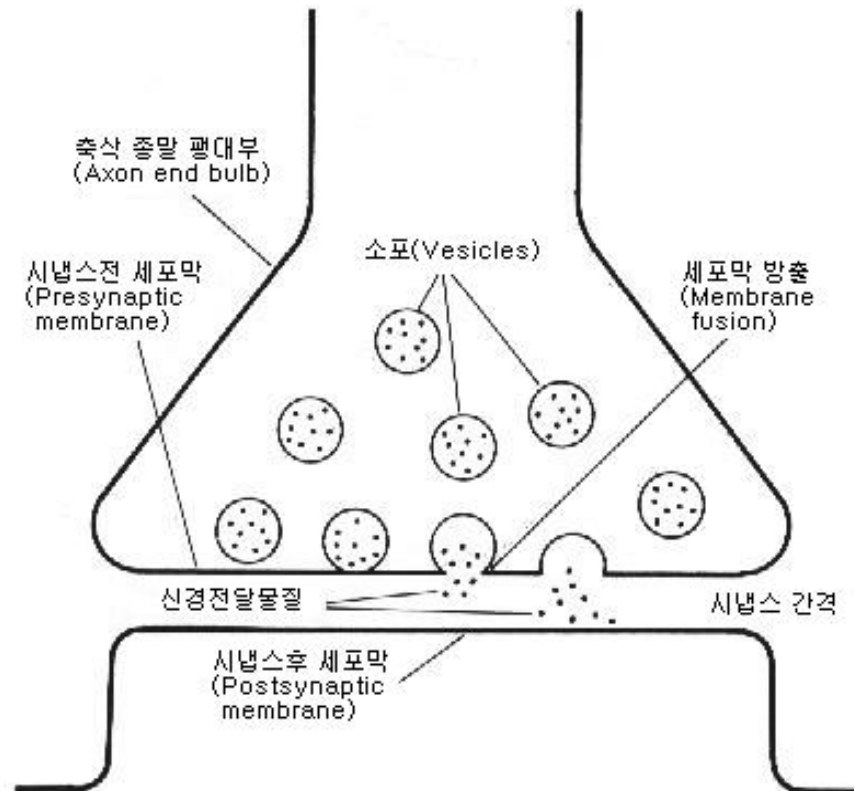
## ■ 세포막의 신호전달



## ■ 신경세포의 신호 통합



## ■ 시냅스의 신호처리, **이성과 감성의 기초**



- 신경전달물질
- **기분조절**
- 신경안정제
- 우울증(세로토닌)
- 항우울제(프로작)
- 신경계 독소
- 파킨슨병
- 간질발작
- 아편
- **환원**
  - (심적작용 = 물질작용)

<그림2.21>

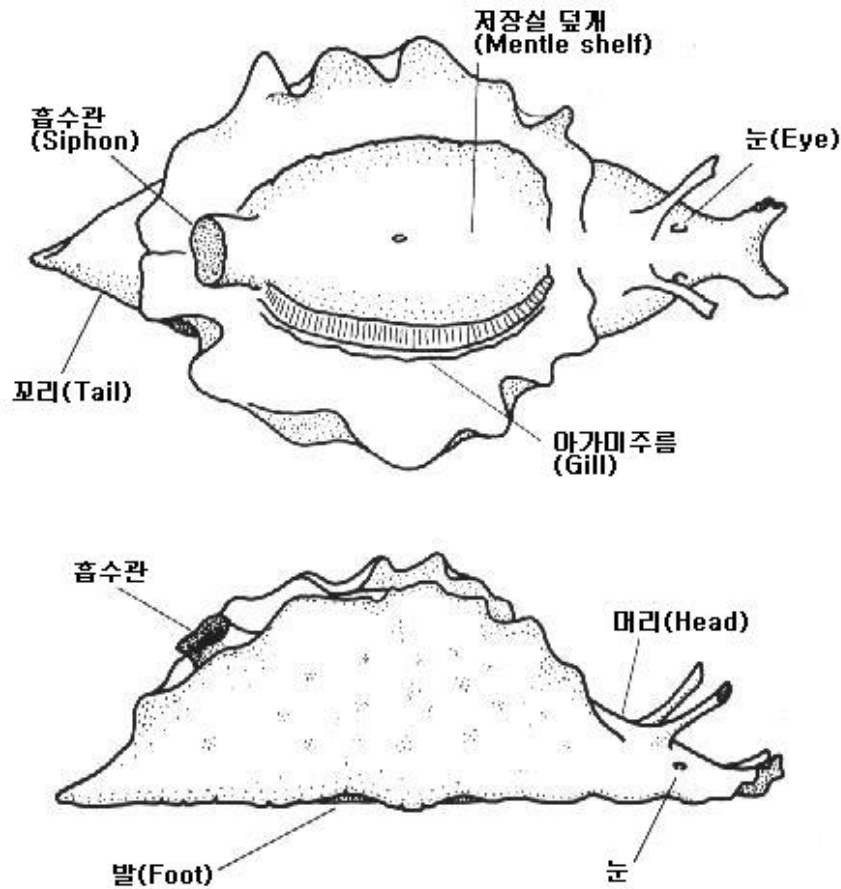
## ■ 시냅스의 가소성(plasticity)

리나스(Linas 1979, 1982) : 칼슘( $\text{Ca}^{++}$ )의 다양한 역할, 시냅스 연결이 긴밀

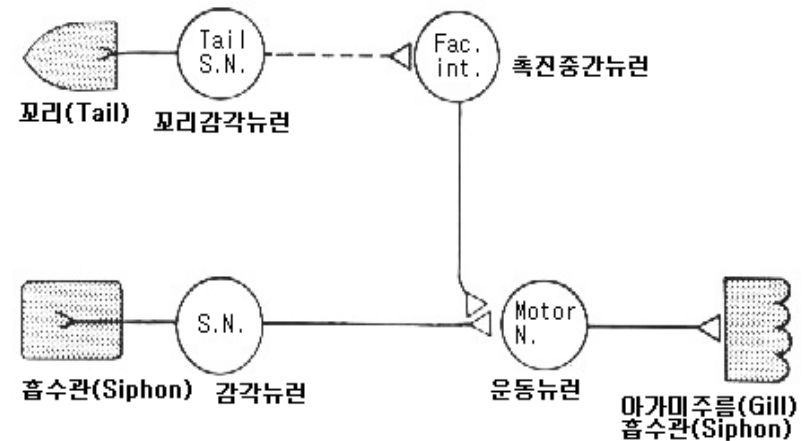
칸델과 그의 연구원들(Kandel 1979, Hawkins and Kandel 1984) :

- 아플라시아(sea hare *Aplysia Californica*: 군소) 칼슘( $\text{Ca}^{++}$ ) 변화에 따른 신경전달물질 양의 변화
- ‘습성화(habituatation)’ ‘민감화(sensitization)’에서 중요한 역할

## ■ 아플라시아(Aplysia): 군소



- ‘습성화(habituatation)’,
- ‘민감화(sensitization)’

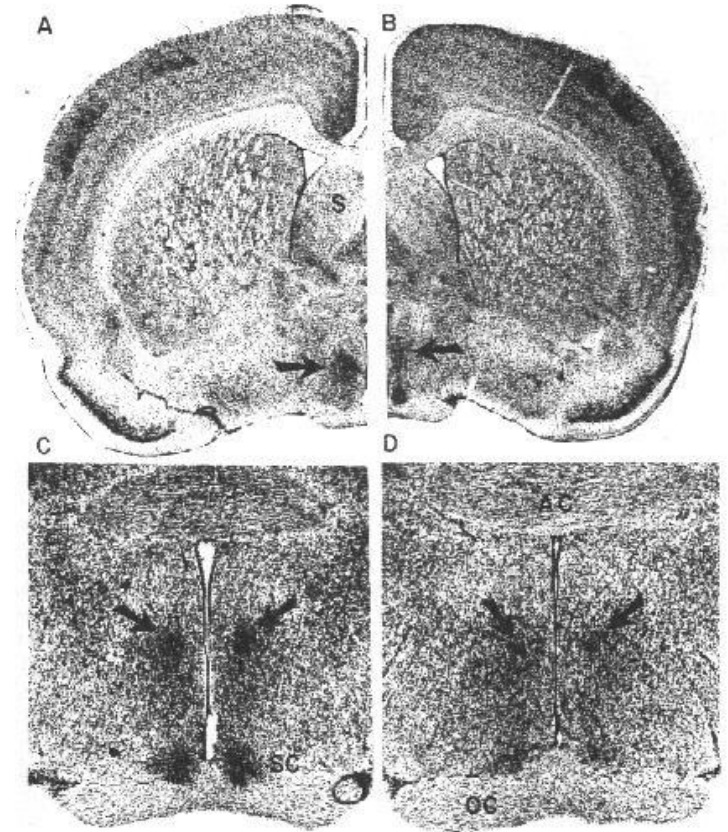


<그림2.25>

## ■ 성과 신경화학물질

- 수컷의 안드로겐(androgen)과 암컷의 에스트로겐(estrogen)이라는 생식선 호르몬이 생식행동(reproductive behavior)을 유발
- 성장초기에 호르몬으로 인해 뇌가 자신의 성에 맞게 자라도록
- 여성스러움, 여성의 마음
- 남성의 용맹스러움,
- 사랑하는 마음
- 뇌의 구조와 작용의 관계 ?

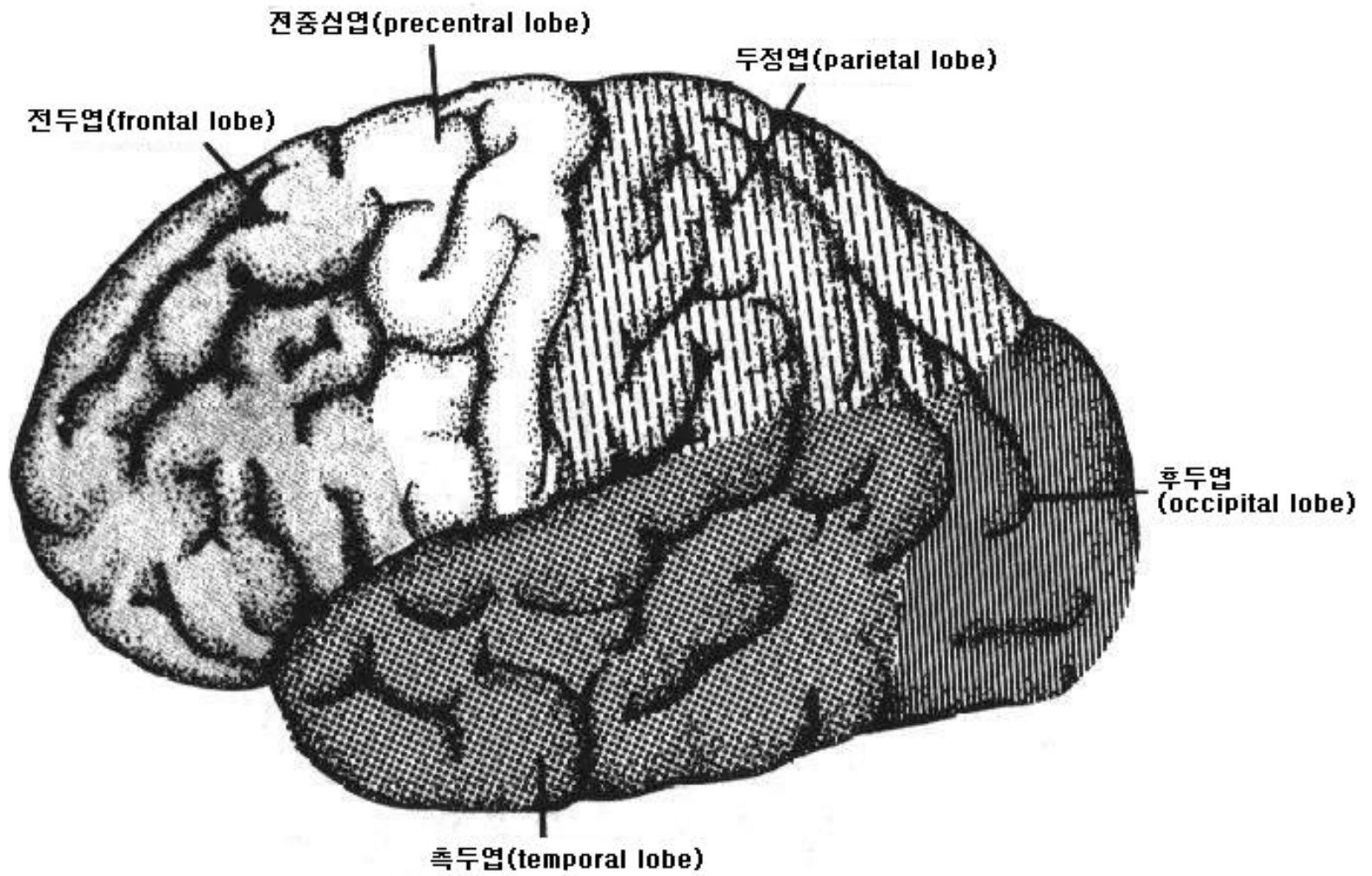
(수컷 / 암컷)



쥐의 뇌 단면 <그림2.25>

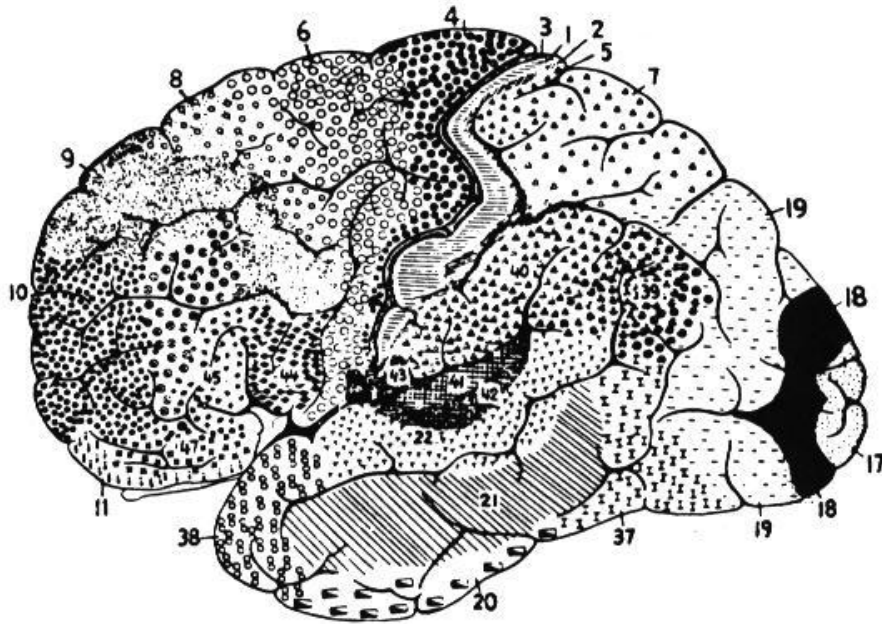
### 3장. 기능 신경해부학

- 뇌의 작용 : 뉴런의 본성, 뉴런 집단 ‘조직’, 그 집단적 ‘활동’이 어떻게 유기체가 세계에 번성할 수 있도록 하는지
- 신경계는 뒤엉켜 있어 도저히 그 형상을 알 수 없을 것처럼 보인다.
  - ‘가시덤불형상 뇌 설계 이론(brambles cape theory of brain design)’
  - 뇌가 어떻게 작용하는지 밝혀내는 일은 도무지 불가능 ?
- 그렇지만 ... . 신경계가 그렇게 복잡하다고 할지라도, 신경해부학자들은 신경계가 결코 뒤죽박죽이 아니라 아주 잘 정렬된 것임을 발견하고, 그 구조에서 상당한 규칙성을 찾아내고 있다. (149쪽)

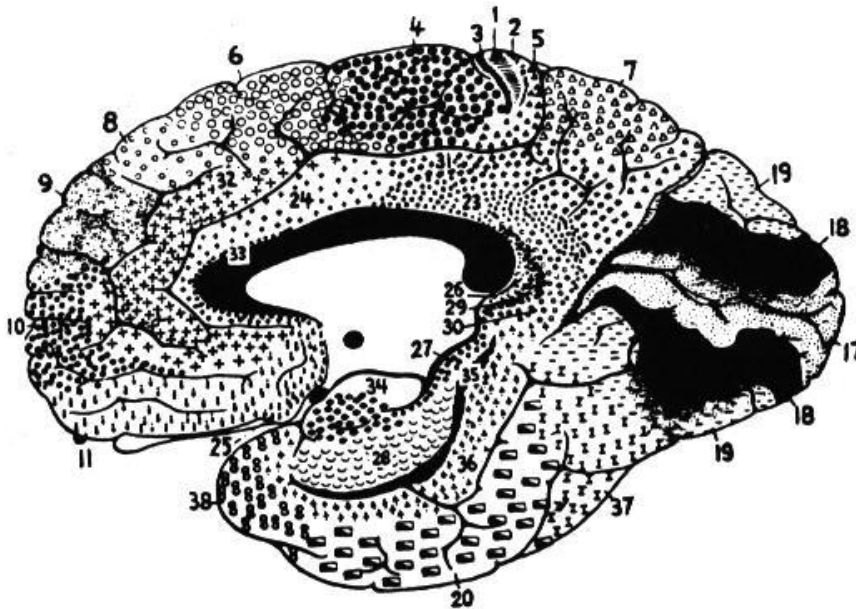


<그림3.3>

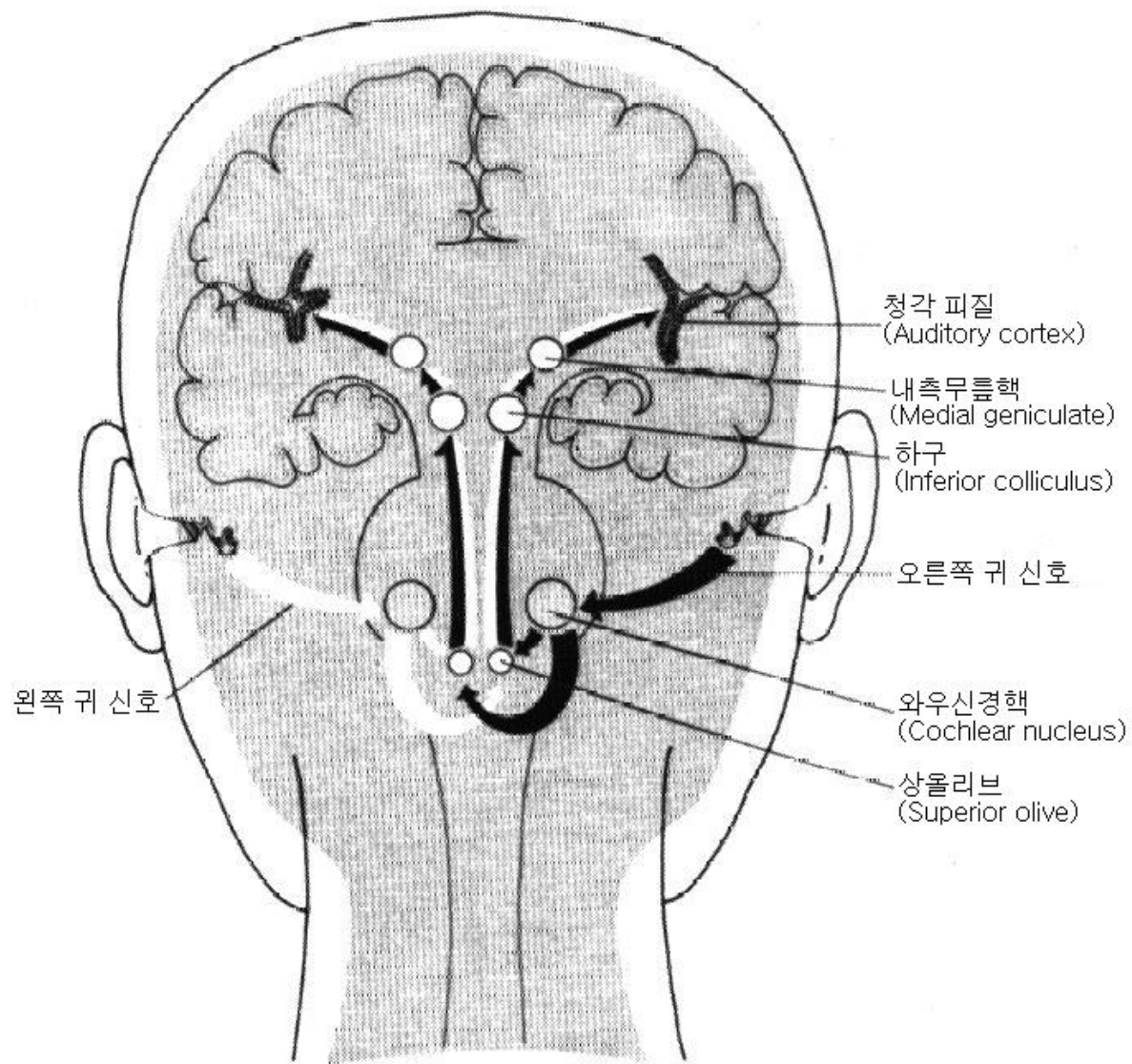




- 세포구축학적 (cytoarchitectural) 기준에 의한 대뇌피질의 **브로드만 영역** (Brodmann 1909)

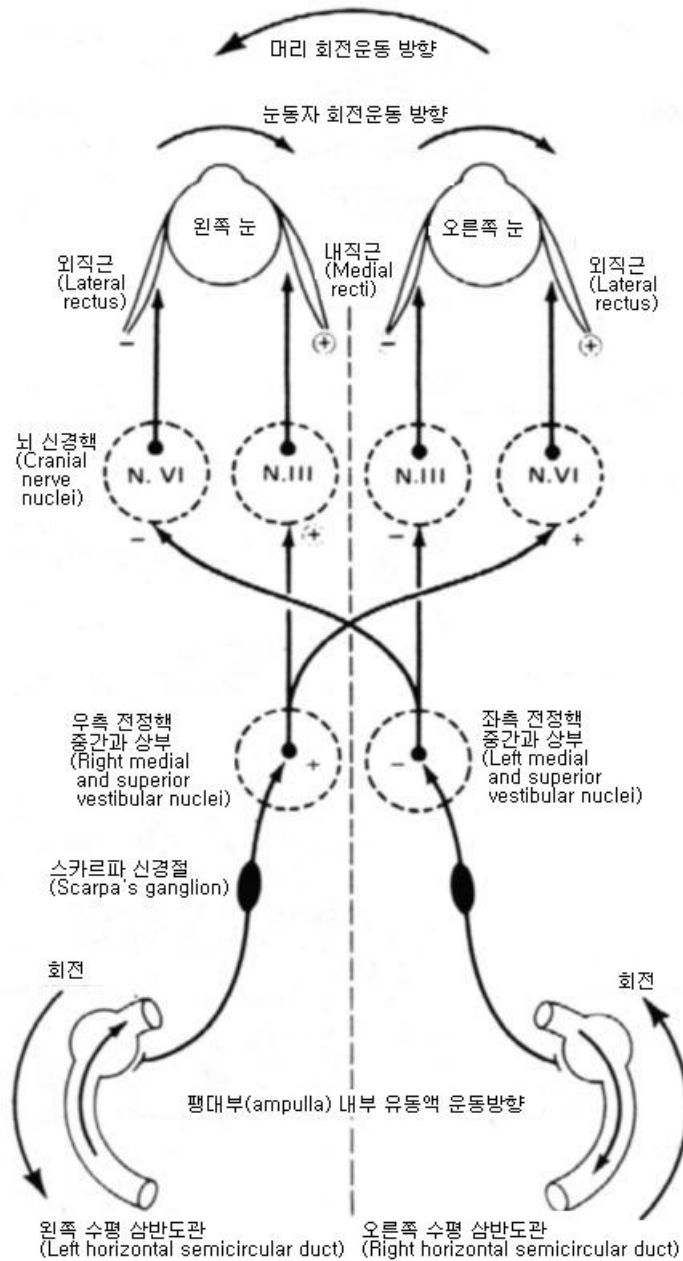


<그림3.4>



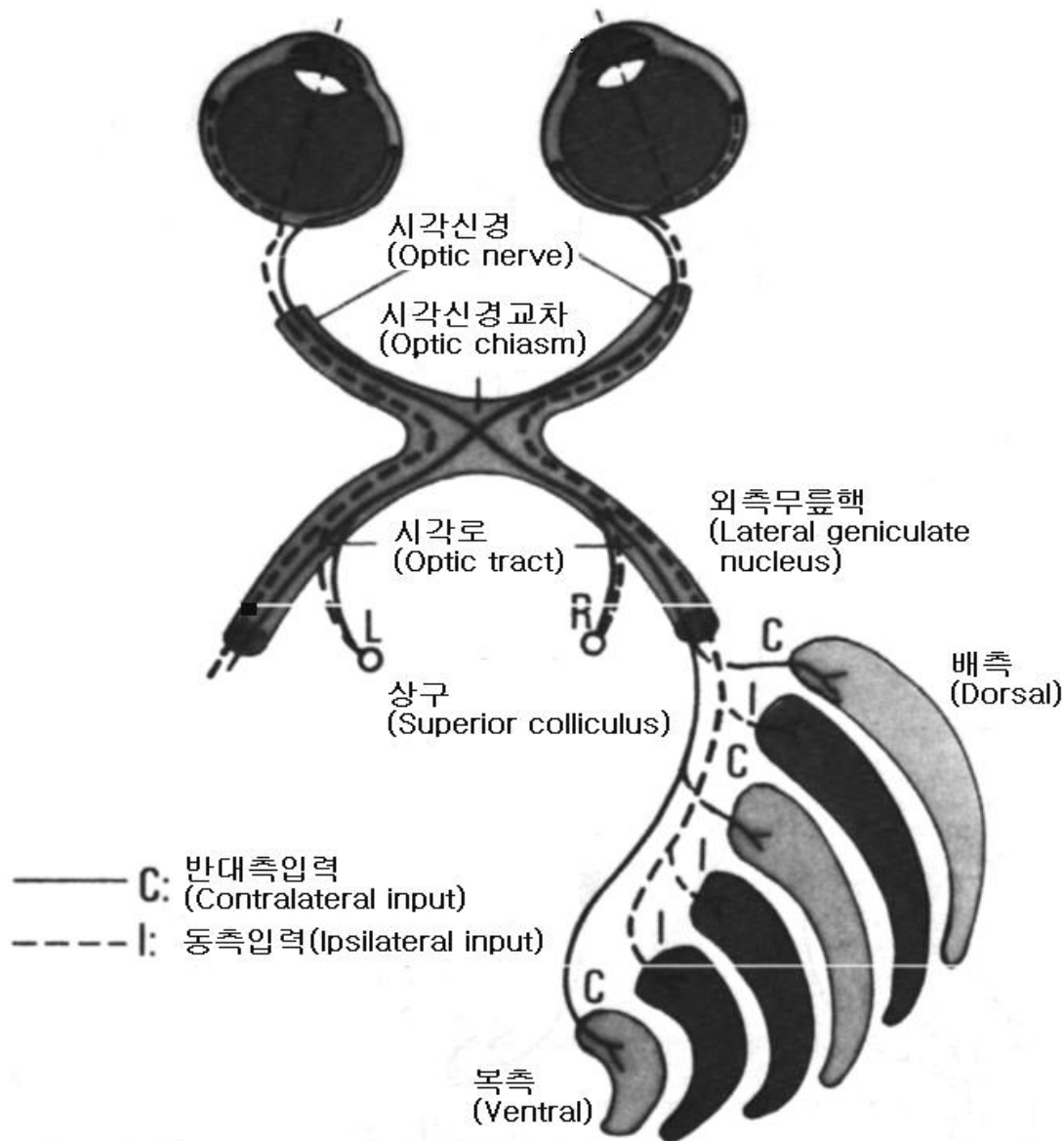
## • 청각시스템

<그림3.7>



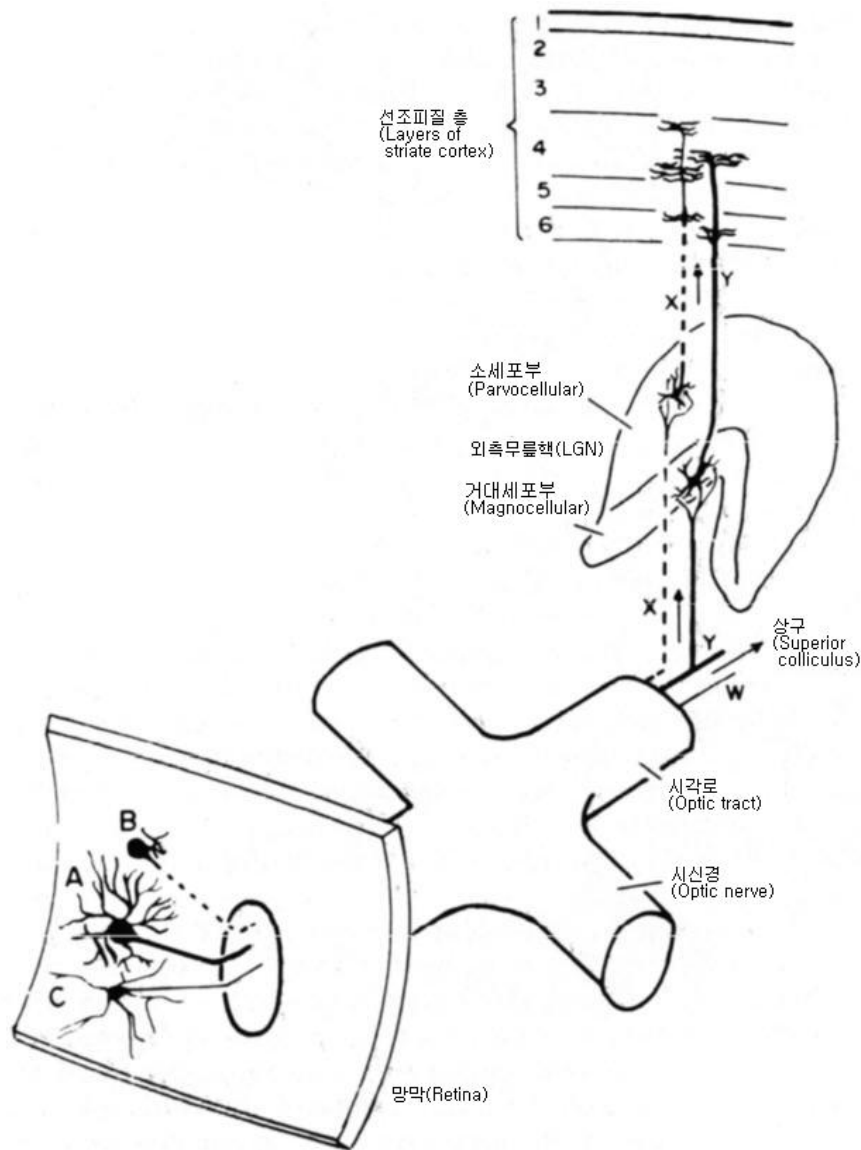
- 전정안구 반사 (vestibulo-ocular reflex: VOR)

<그림 3.9>



- 망막으로부터 위로 상구(superior colliculus)와 외측무릎핵(lateral geniculate nucleus)에 투사 (projection)

<그림3.10>

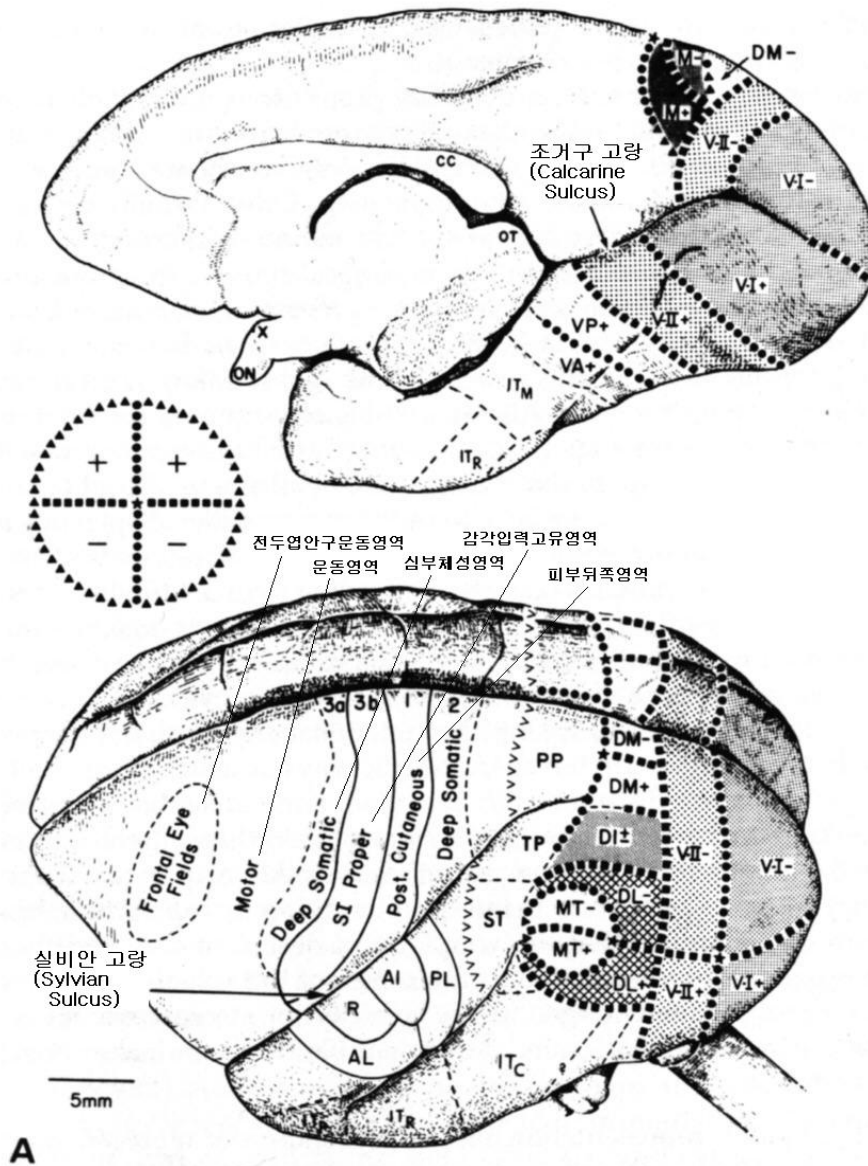


- 원숭이에서 망막으로부터 피질로 연결되는 경로의 **병렬조직**
- 수용기 세포의 신호가 신경경로 다발을 통해 피질의 특정부위로 **병렬접속** 된다.

<그림3.11>

## 국소 대응도 (Topographic Maps)

- 올빼미원숭이의 피  
질에서 열여섯 개의  
망막국소 대응도  
(retinotopic maps)



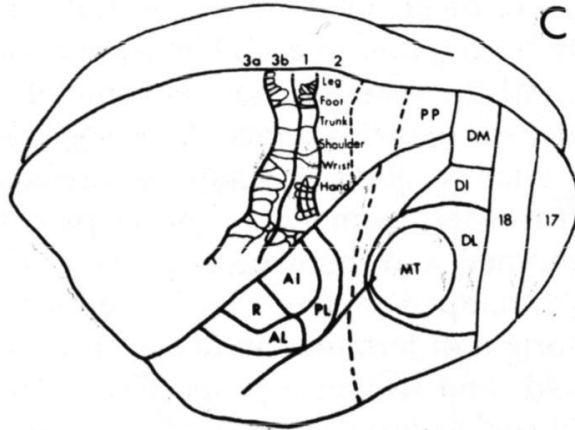
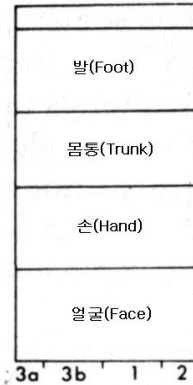
<그림3.15>



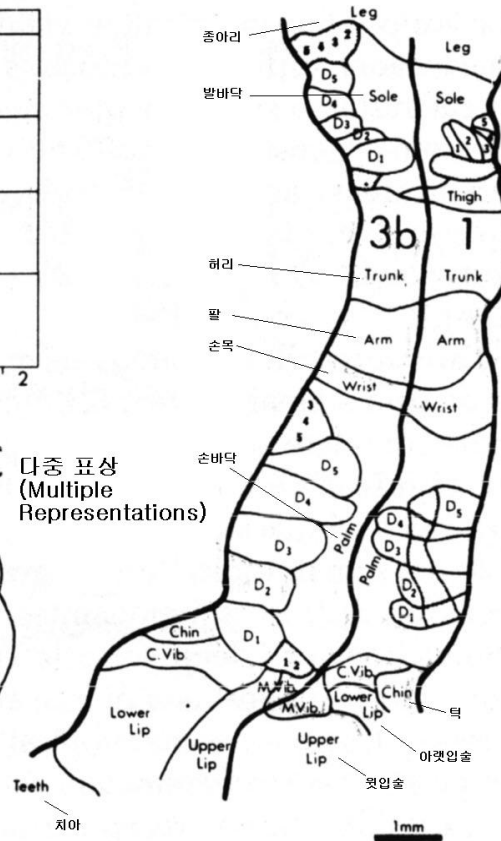
A "호모쿨루스(Homoculus)"



B "부리 꼬리띠(Rostrocaudal Bands)"

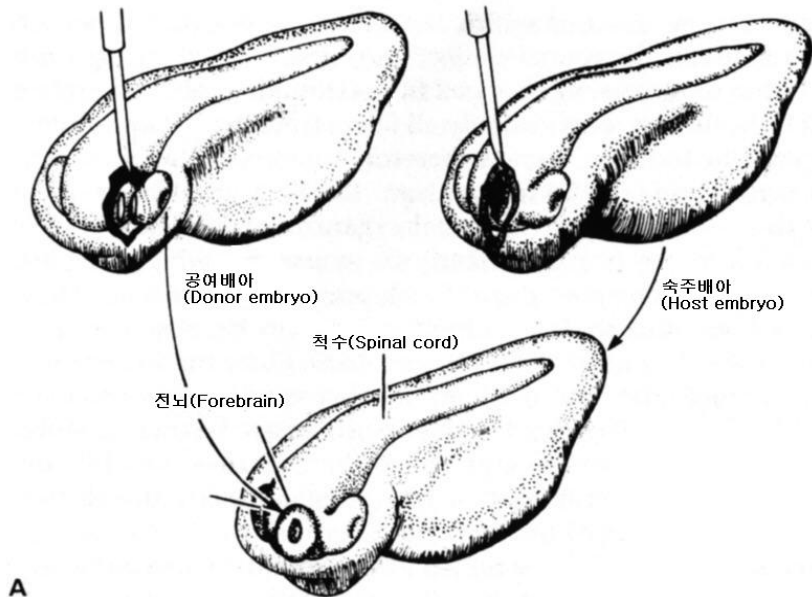


C 다중 표상 (Multiple Representations)

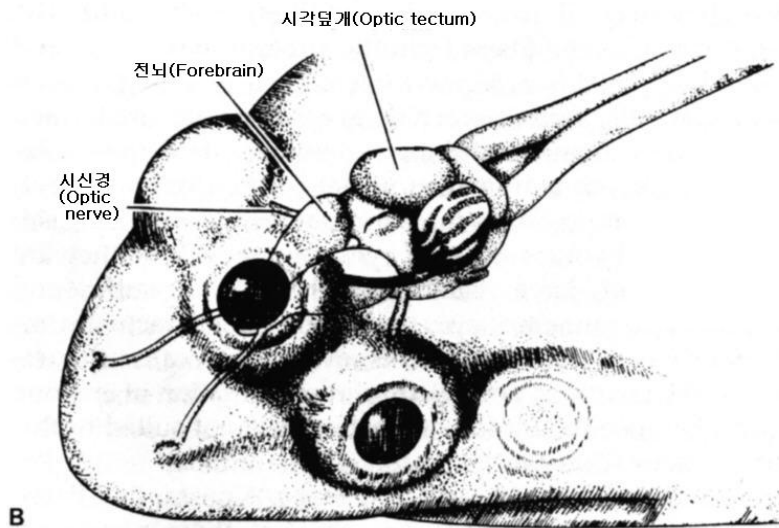


- 원숭이의 일차감각 피질(S1: 후중심두 정신체감각피질 postcentral parietal somatosensory cortex)의 조직을 나타내는 세 개념적 그림과 올빼미원숭이의 두 피부표상을 나타내는 상세한 그림.
- 신체국소 대응도들이 망막국소 대응도나 청각국소 대응도와 관련되는 것으로 보인다.

<그림3.19>



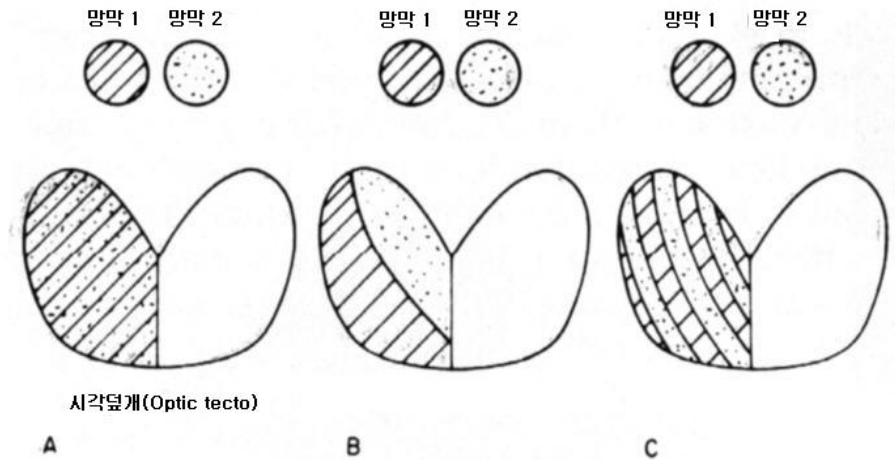
A



B

## • 세눈박이 개구리

<그림 3.25>



A

B

C

<그림3.26>



## 뇌 기능을 알려줄 이론이 무엇인가?

- 이제 신경해부학적 정보는 뇌 기능의 원리를 밝혀줄 이론을 육성할 정도로 풍족한 것 같다.
- 우리가 아는 규칙들은 부분적으로 (그것을 밝혀내기 위해 우리들이 사용하는) 연구방법(techniques)에 의존하며, 만약 우리들이 적절한 연구방법을 갖는다면 보다 많은 규칙들을 밝혀낼 수 있을 것이다.
- 우리가 아는 규칙들은 부분적으로 뇌 기능을 규정할 이론 체계에 의존하며, 그 이론 체계는 실험을 지도하고 자극할 것이다.
- 지금 우리들에게 필요한 것은 ‘그 자료들을 함께 이끌어 줄’, ‘새로운 질문을 던져줄’, 그리고 ‘인식론적 질문에 대답해줄’ 뇌 기능에 대한 ‘이론’이다. (214-5쪽)

## 4장. 상위기능: 초기 연구

- 상위기능에 대한 ‘신경심리학(neuropsychology)’ 연구가 아직 상당히 진행 중인 관계로, 엄밀히 말해서 상위기능으로서 ‘뇌가 어떤 역할을 하는지’ 정확히 알려진 것은 거의 없다.
- ‘상위기능에 대한 분류학’은 그 자체가 틀리거나 빈곤한 이론일 가능성이 높다. 더구나 연구자들은 종종 자신들의 불충분한 데이터를 부풀리기도 한다. 그리고 ‘상위기능’과 ‘뇌’에 대한 인기 있는 밑그림이 종종 “대뇌반구전문화”라는 인기 있는 설명으로 묘사되곤 했지만, 그런 설명은 마치 확증된 가설인양 오인된 ‘추측들’과 신경심리학적으로 확고한 진리인 것처럼 위장된 수많은 ‘빈약한 추정들’로 가득 차 있을 뿐이다. (217-8쪽)

- ‘상위기능에 대한 일반적인 범주들(categories)...., ‘관습적 범주들은 속담과 같은 것을 가지고 자연(Nature)을 설명하려드는 것과 유사하다’는 증거가 드러나고 있다. 우리들은 ‘실제로 뇌가 어떤 일을 하는지’ 그리고 ‘실제로 뇌가 어떤 인지능력(cognitive capacities)과 하부인지능력(subcognitive capacities)을 갖는지’ 명백히 선형적으로(a priori) 알 수 없다.
- 초기 신경심리학자들은 종종 교만스럽게 ‘똑똑함(cleverness)’이나 ‘근면함(diligence)’과 같은 성격적 기질들을 꼬집어내어, 그 똑똑함과 근면함이 작용되는 장소로 똑똑함과 근면함에 대한 신경 기관(neural center)을 가정하기도 했다. 더욱이 최근에는 ‘언어 구현(speech production)’과 ‘명시적 기억(declarative memory)’같은 다른 능력들을 규정하는 범주를 꼬집어내기도 했으며, 아직도 다른 학자들은 ‘분석적 능력’과 ‘전체적 혹은 종합적 능력’ 사이의 일반적 구분을 제안하기도 한다. (219-20쪽)

- 필요하지만, 아직 가지고 있지 못한 (확신을 주는 유력한) 이론, 즉 ‘기초 인지능력’이 무엇인지, 그 인지 능력에 대한 낮은 차원의 근거를 제공해줄 ‘하부인지능력’이 무엇인지, 입력과 출력 사이에 중재하는 ‘정보처리의 본성’이 무엇인지, 그리고 다양한 차원의 구성에 사용되는 ‘표상들의 본성’이 무엇인지 설명해줄 이론이다.
- 통속 심리학(folk psychology)은 우리에게 그다지 큰 도움이 되지 못한다. 더구나 그 기초 범주들에 대한 구분마저 상당히 수정되어야 한다. ... 지금까지 가정된 그런 능력들은 본질적으로 ‘행동적 용어’로 이해되었지, 그 밑에 근거하는 인지적이고 하부인지적인 (잘 규명된) ‘내적 과정의 용어’에 의해 이해되지 않았다. (220-1쪽)
- 심리학(psychology) → 신경심리학(neuropsychology)
- 제거주의(eliminativism)

# 대뇌전문화

- 갈(Franz Joseph Gall, 1758–1828):

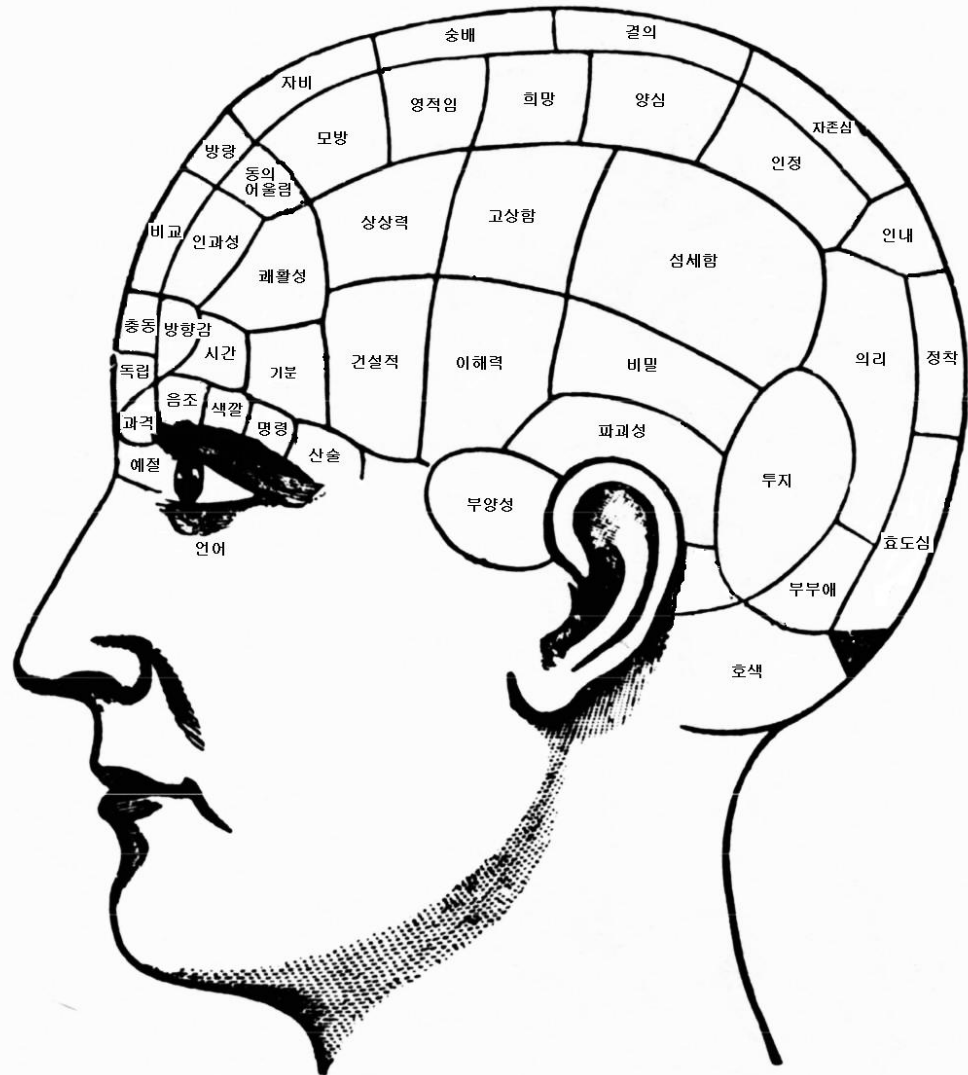
● ‘국소화주의자  
(localizationist)’

<그림4.4>

의미 있는 연구방법?

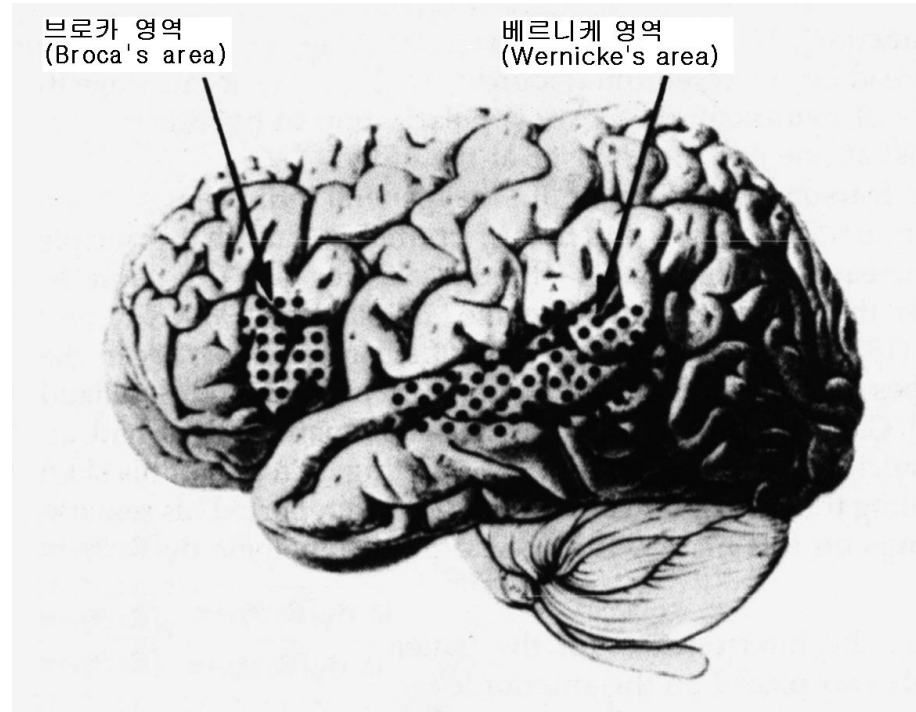
의미 없는 연구방법?

- 제거주의 관점에서  
(통속심리학적 경향,  
상식적 관점)



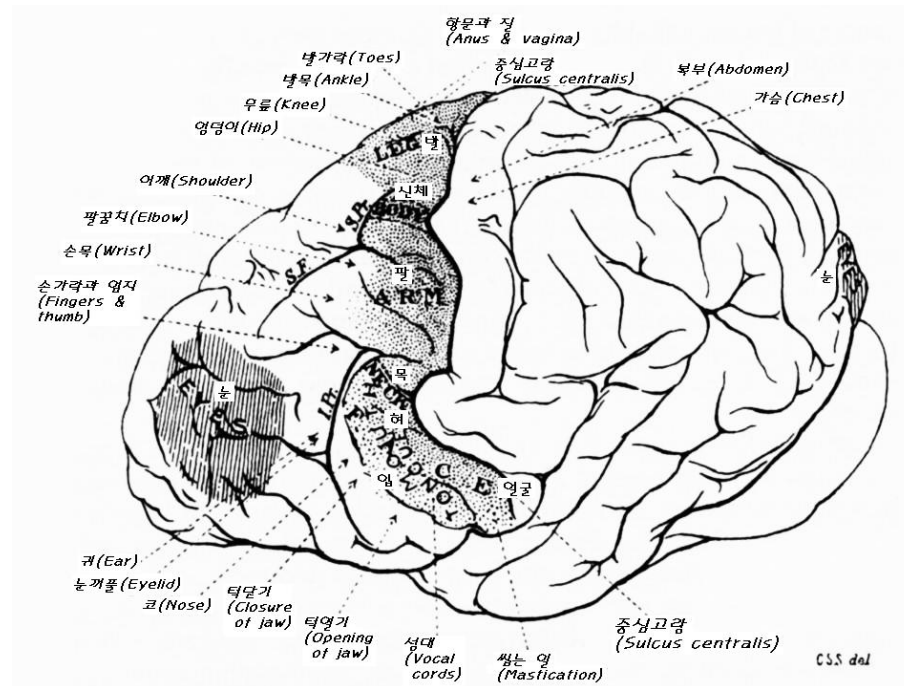
# 뇌 기능의 국소화/전체화

- 브로카(Paul Broca 1824-1880)
- 베르니케(Carl Wernicke 1874) : 국소주의자
- 골츠(Goltz 1892): 대뇌피질이 제거된 동물들이 걸어 다닌다.- 전체주의
- 잭슨(Hughlings Jackson 1864): 뇌는 여러 특징을 나타내는 감각 운동 표상(sensorimotor representation)을 가지며, 복잡성과 정교함을 늘릴 수 있는 '계층적으로 구성된 일련의 통합시스템'



## 운동피질, 감각피질

- 바트로우(Roberts Bartholow, 1874) – 내과의사 하녀 뇌 자극 실험
- 셰링톤(S. S. Sherrington, 1875–1952)과 구원바움(A. S. F. Grünbaum) : 전기 자극으로 결정된 ‘영역들의 경계’는 ‘언제 그곳이 자극되는지’에 따라서 기능이 달라질 수 있다.
- 독립적 경계를 규정하는 국소화 가설은 무너지고 말았다.
- 글리스와 콜레(Glees and Cole 1950) : 원숭이 엄지 손 운동피질 영역 실험.





# 5장. 상위기능: 신경심리학과 신경학

- 조세프 보겐(Joshph Bogen)과 페터 보겔(Peter Vogel)(1960년대):  
간질 환자에 대한 반구 **측성화 분리뇌(Split-Brain)** 연구

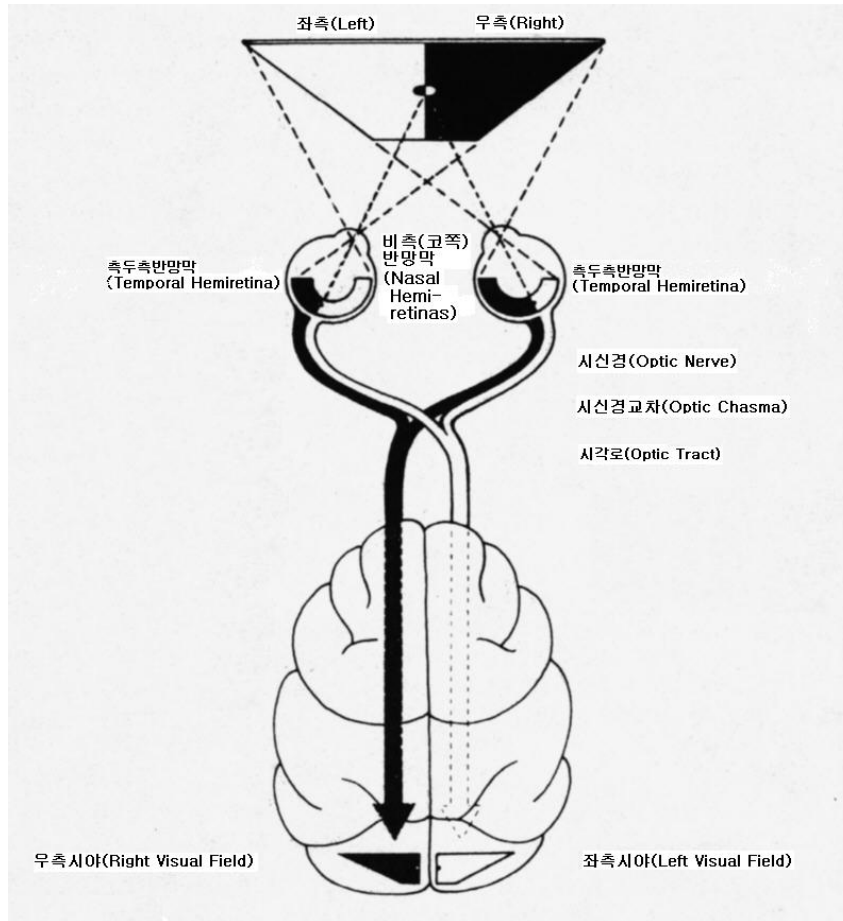


그림5.2

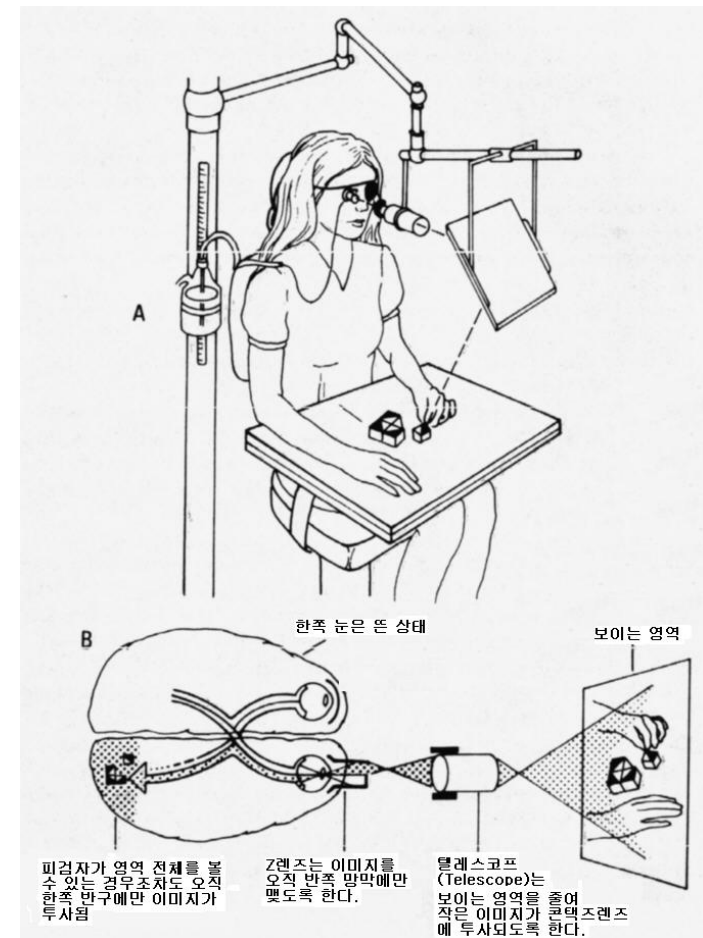
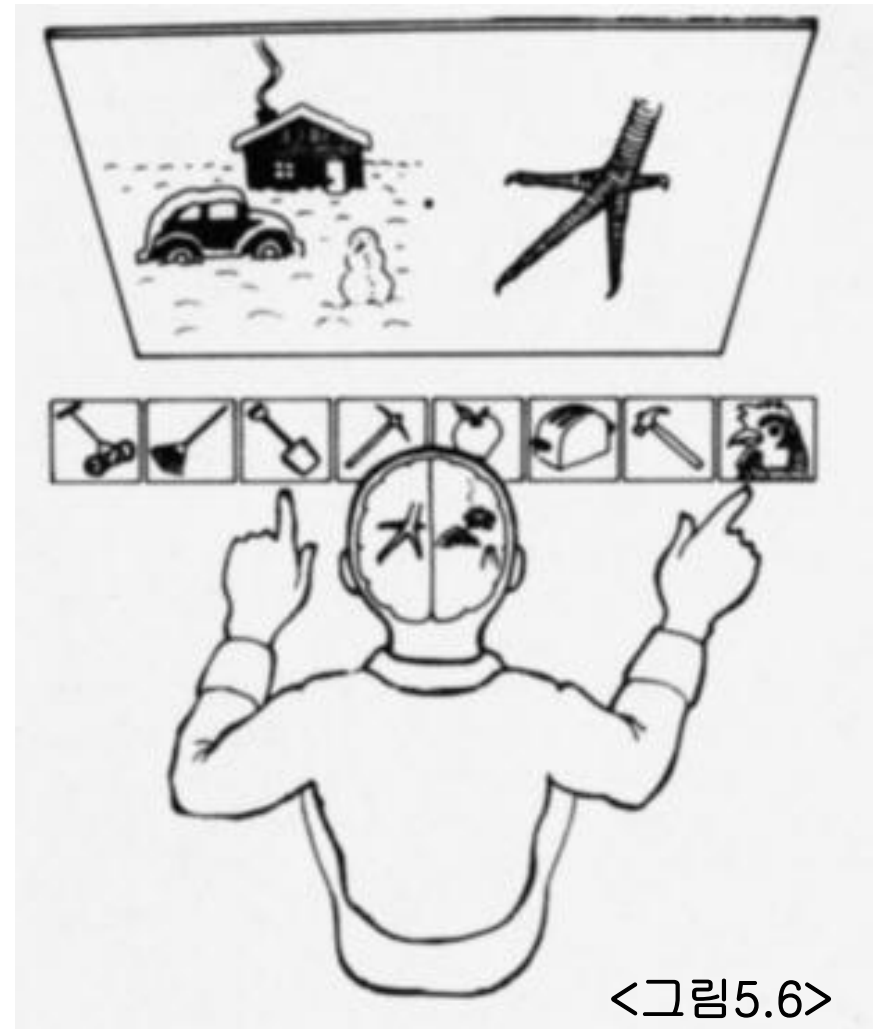


그림5.5



## 뇌는 거짓말쟁이?

- 좌반구: 이야기를 지어내어 대답한다.
- 우반구: 본 것을 정확히 가리킬 수 있다.
- 우리의 의식은 얼마나 신뢰할 수 있는가? (인지불능증 환자의 경우)
- 인공지능의 연구방법은
- 하향적(top-down) ?
- 왜 지어내는가? (통일적 합리성)
- 반구측성화에 대한 의문



## 단절효과/반구 전문화

- ‘우반구는 상상력과 창의력을 가진 반면, 좌반구는 분석적이고, 따지기 좋아하고, 단조롭다’는 가설이 있고, ‘동양 사상의 음(陰). 양(陽)에 해당하는 나뭇잎의 신경 장소(neural home)가 좌우 반구에 있다’는 가설이 있으며,
- ‘한쪽 반구(대개 좌반구)가 다른 쪽 반구보다 초자아(superego)의 지배를 더 받는다’는 가설도 있다.
- 우반구는 어떤 면에서 언어의 기초 과정에 기여할까? “미소”라는 글자 단어를 순간적으로 보여주었을 때 좌반구는 미소를 만들어낼 수 있었지만, 우반구는 그렇게 하지 못했다. 그럼에도 불구하고 말로 ‘왼손으로 주먹을 쥐라고 하거나 왼팔을 들라고’ 지시할 경우에는 따라할 수 있었다. (268-9쪽)

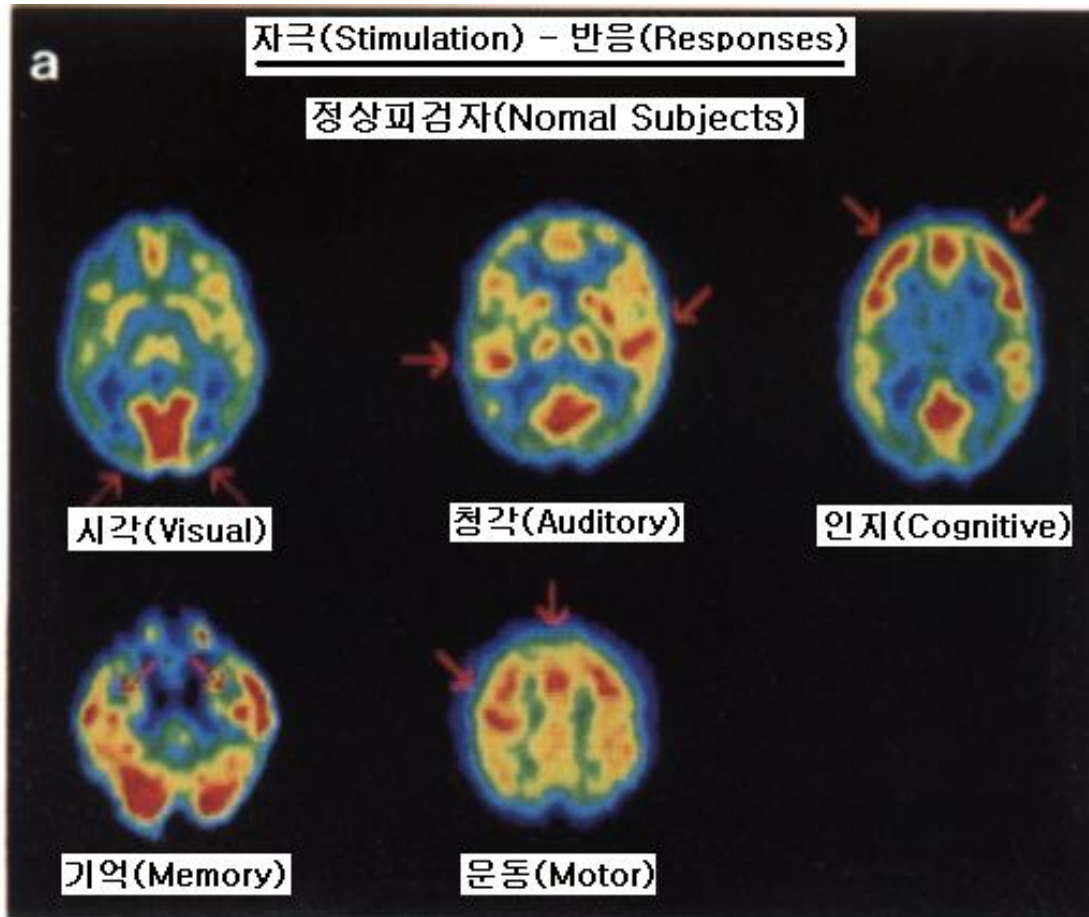
- 실험은 ‘언어(언어 운동조절과 이해, 언어 과제)는 좌반구에 특성화되어 있다’는 이론을 상당히 혼란스럽게 만들었다. (272쪽)
- 버클룬드와 스미스(Burklund and Smith 1977): 두 명의 오른 손잡이 환자에게 좌반구절제술 : 수술 후 한 달이 지나서 “네”와 “아니오”라고 적절하게 대답할 수 있으며, 간호원에게 “성냥 있어요?”라고 질문을 하기도 했다.

## 단절효과

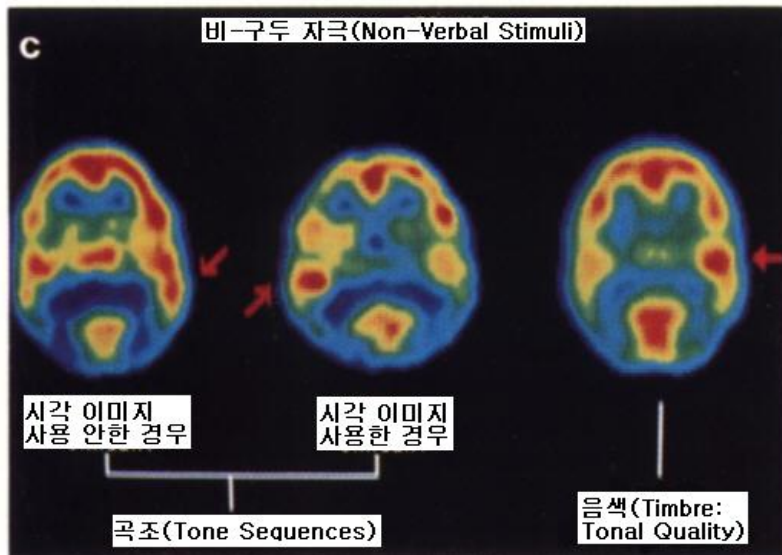
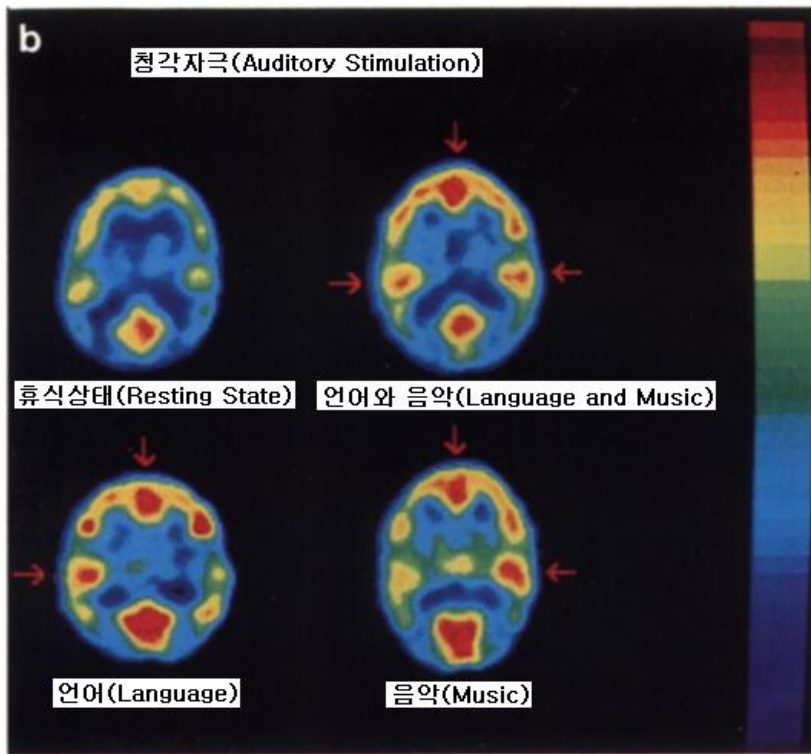
- 도널드 윌슨(Donald Wilson & Wilson et al. 1977): 만약 단어 ‘스푼(spoon)’을 우반구에만 순간적으로 비추고 피검자가 본 것을 말하도록 하면 그는 ‘아무 것도 보지 못했다’고 대답하지만, 만약 왼손을 천 밑으로 넣어 보여준 대상을 더듬어 집어보라고 하면 보았던 것을 왼손으로 집는다. 분명히 ‘우반구’가 본 것을 알고 있어서, 그 정보에 ‘왼손’이 반응하는 것이다. 반면에 유창한 언어를 구사하게 하는 좌반구는 아무것도 알지 못하여, 피검자는 ‘아무 것도 보지 않았다’고 대답한다. (259쪽)
- 분리뇌의 피검자들은 무언가 두 개를 가질 것 같다. 그렇지만 그 두 개가 무엇일까? 짐작컨대 ‘두 마음(mind)’일까, 아니면 ‘두 영혼(soul)’, 혹은 ‘두 자아(self)’, ‘두 인격(person)’, ‘두 의식 센터(center of consciousness)’, ‘두 인지 센터(center of cognition)’, ‘두 조절 센터(center of control)’, ‘두 의지(will)’ 아니면 무엇일까?
- 두 인지처리 시스템을 이원론자는 어떻게 설명할까?: 두 개의 자아, 비 물리적 두 영혼 또는 마음, 두 을 갖는다? (263쪽)

## 반구내 국소화

- **대뇌 혈류**(rCBF: Cereberal Blood Flow) 연구: 대뇌영역의 혈류는 해당 지역 뉴런의 신진대사와 관련하며, 이것은 다시 **뉴런의 활동 정도와** 관련된다는 가정에서



<그림5.15>



결론적으로

이 단원에서 논의된 어떤 연구방법도 뇌의 상위기능들이 ‘어느 곳에서 어떻게 운영되는지’ 확실히 말해 줄 수단을 우리에게 제공하지 못한다. 그 어떤 경험적 절차도 완벽하지 못하며 결점을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 각각은 그 나름대로 유용하며, 명확한 실험적 절차들로부터 얻은 실험결과들이 천천히 공동의 가설로 출현할 것이라는 희망을 준다.

<그림5.16>

# 철학과 과학

자신이 연구하는 과학에 대해 철학적 사고를 하지 않는 과학자는 조수나 모방자에서 벗어나지 못할 것이며,

제반 분야의 과학을 공부한 경험이 없는 철학자는 멍청한 철학을 할 것이다.

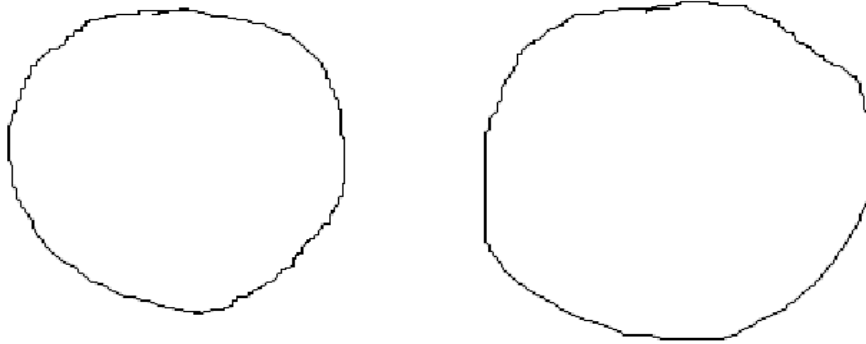
– Collingwood –

# 철학의 문제 : 과학의 철학적 문제

- 우리의 지식은 어떻게 성장하는가?
- 우리가 어떻게 경험적 지식(knowledge)을 갖는가?
- 우리가 어떻게 개념을 가질 수 있는가?
- 개념(concept)이란 무엇인가?
- 우리가 어떻게 이론(theory), 가설(hypothesis)을 갖는가?
- 관찰로부터 어떻게 일반화를 이끌어내는가?
- 일반화(Generalization)가 무엇인가?



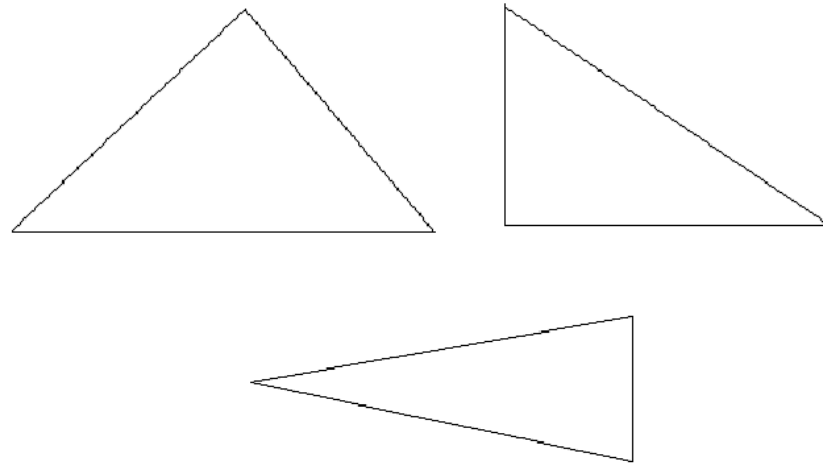
의문: 둘 중에 어느 것이 더 둥글까?



Plato의 질문: 더 둥글다는 것을 어떻게 알았을까?

“완전한 원”이란 ‘개념’은 눈으로 볼 수 없다.

삼각형을  
삼각형으로 알 수 있는 까닭은?



어떻게 개념적 지식을 가질 수 있는가?

# (플라톤 철학의 의미)

- “서양 철학사는 플라톤의 주석서에 불과하다”
- 개념적 존재: ‘에너지’, ‘엔트로피’, ‘뉴턴 법칙’

(이성적 파악의 대상)

$$G \propto \frac{M \times m}{r^2}$$

- 개념적 앎: 문자인식, 대상인식

어떻게 그것을 그것으로 알아볼 수 있는가?

인식론Epistemology

가 가 가 가 가

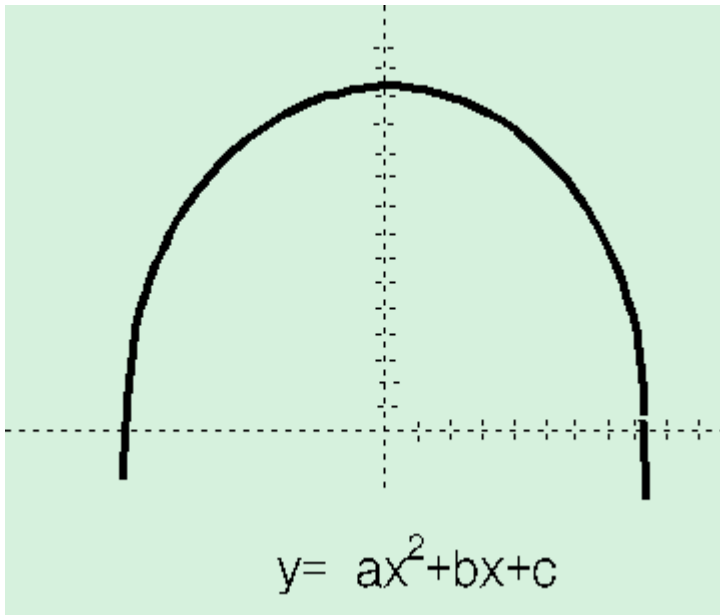
그렇게 따다니

# Immanuel Kant

1. 선험적 분석판단: “총각은 결혼하지 않은 남자이다”
2. 후험적 종합판단: “이공은 흰색이다”
3. 선험적 종합판단
  - 수학: “ $7 + 5 = 12$ ”
  - 기하학: “삼각형의 내각의 합은 180도이다”
  - 뉴턴물리학: “두 물체 사이의 중력은 질량의 곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다.”

# 선형적 종합판단은 어떻게 가능한가?

- 공간은 외적 감각이 갖는 선형적 순수직관형식이다.
- 시간은 내적 감각이 갖는 선형적 순수직관형식이다.
- 외감(공간)은 내감(시간)에 의해 다시 파악된다.



“모든 질적인 것은 양적인 것이다.”  
(아날로그는 디지털로 표현된다)

의문: “색, 냄새, 맛 지각은?”

# 계산 가능한 지식

- 비트겐슈타인 (Ludwig Wittgenstein, 1899–1951)
- 논리철학-논고(Tractatus; Logico-philosophicus)”: 명제논리 (Propositional Logic)
  - 1. 세계는 경우들의 전체이다.
  - 1.1 세계는 사실들의 총체이며, 사물들의 총체는 아니다.
  - 2. 경우, 즉 사실이란 사건 사태의 존재이다.
  - 5. 명제는 요소 명제의 진리함수이다. (A proposition is a truth-function of elementary proposition.)

날씨가 맑다:  $p$   
소풍 간다:  $q$

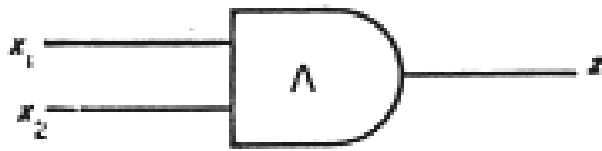
날씨가 맑으면, 소풍 간다:  
 $p \rightarrow q$

## 진리표

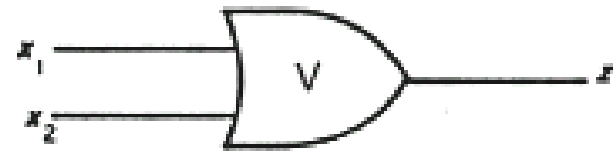
$p$	$q$	$p * q$	$p \vee q$	$\neg p$	$p \Rightarrow q$	$\neg p \vee q$
T	T	T	T	F	T	T
T	F	F	T	F	F	F
F	T	F	T	T	T	T
F	F	F	F	T	T	F

언어를 계산하는 방법: 생각을 계산하는 방법  
세계를 공리적(계산적)으로 설명할 수 있다.





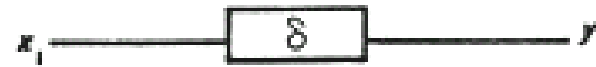
(and)



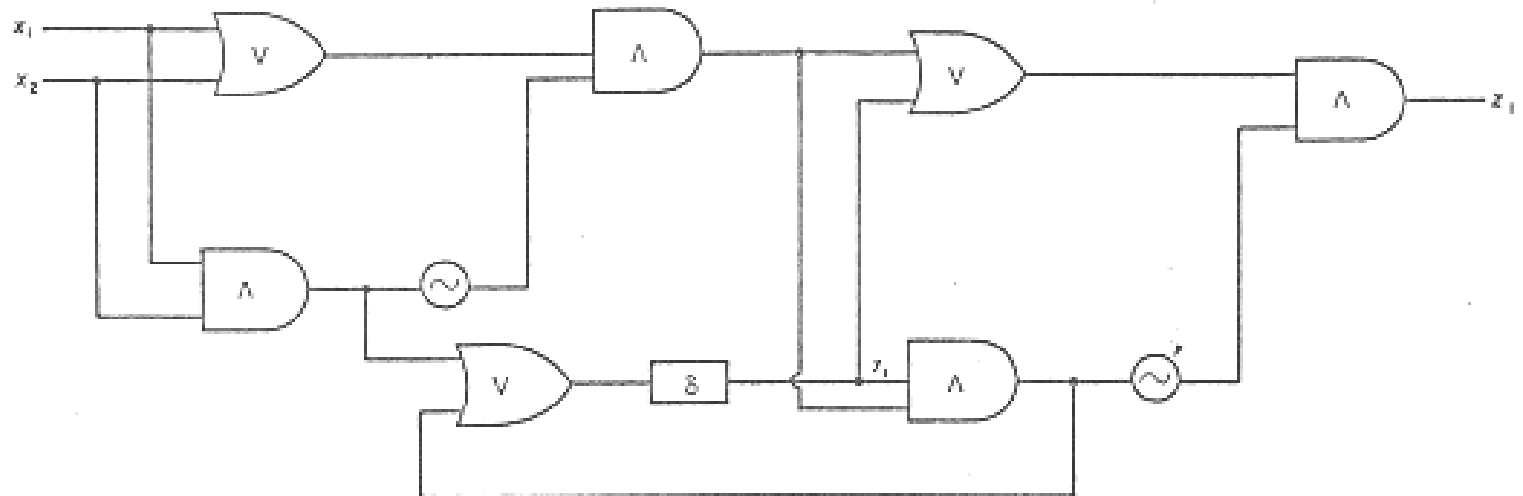
(or)



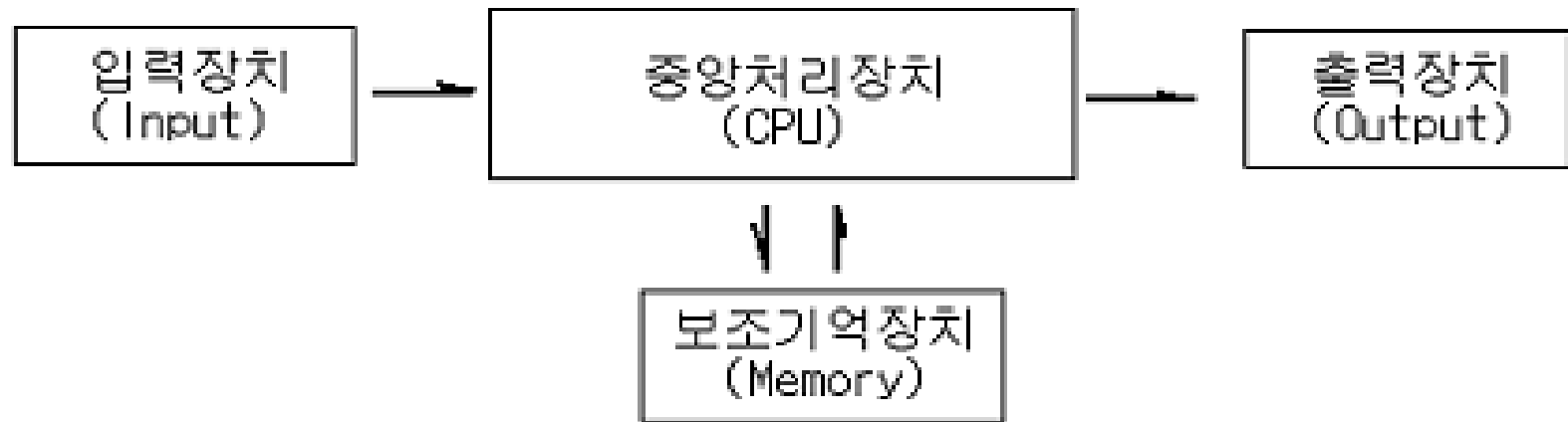
(not)



(delay)



# 범용컴퓨터



# 지식의 혁명

- Gödel's Theorem (불완전성 이론) – first theorem; 수 이론을 충족시키는 어느 형식적 체계에도 결정될 수 없는 식(체계)이 하나 있는데, 그 식을 증명할 수 없으며 그 식에 대한 부정도 증명할 수 없다.
- 비유클리드 기하학 : Euclid의 평행선 공준의 문제
- Einstein : (1905) 특수 상대성 이론
- 우리 지식의 본성은? 우리 지식의 연역적 체계에 대한 회의

## 과인 Quine; Pragmatism(실용주의)

### <1> 언어: 번역불확정성(indeterminacy of translation)

1. radical translation – “Gavagai”
2. translation of foreign language
3. translation of home language:  
in learning language,  
even in communication in one language.

### <2> 대상; 지칭불가해성(inscrutability of reference)

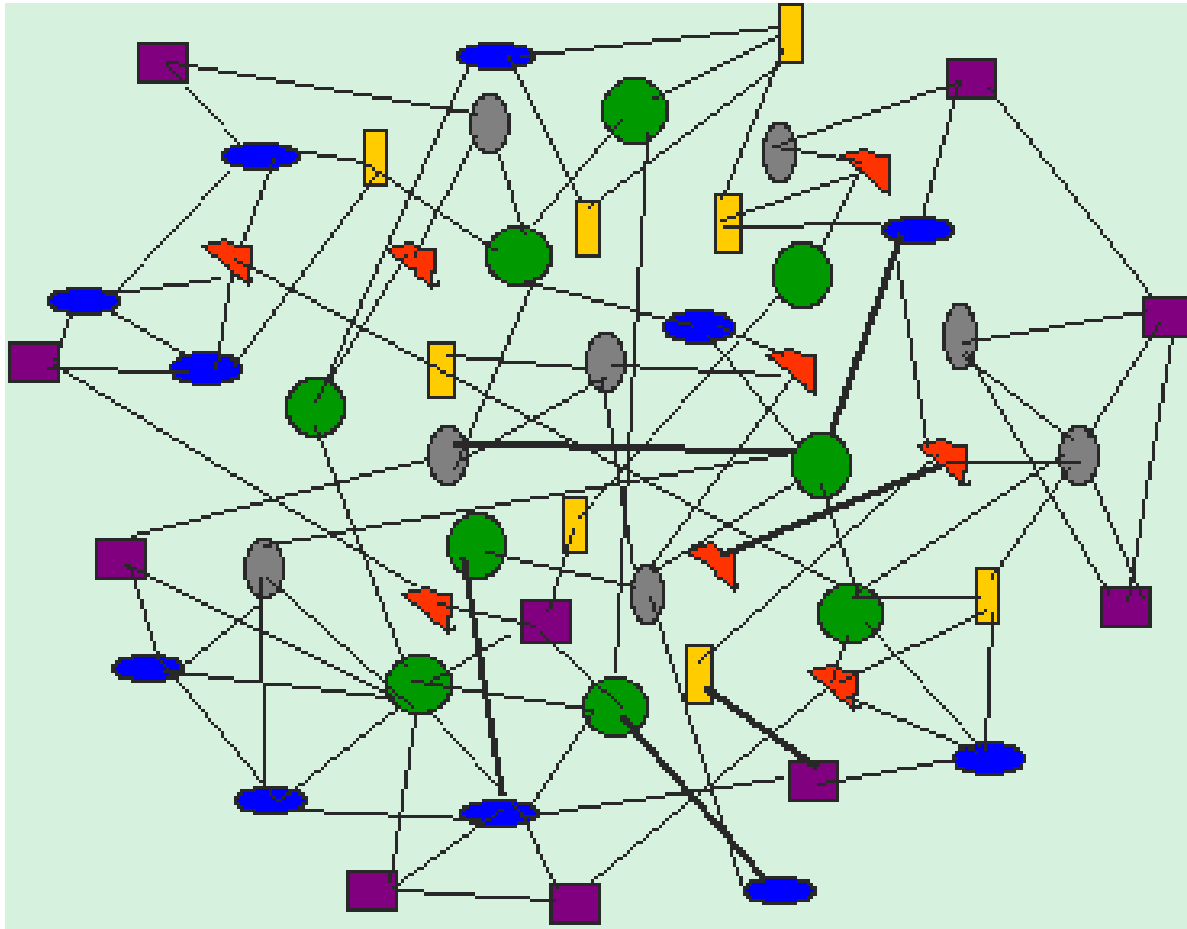
– Word and object: 관찰에 이론이 개입

### <3> 과학적 이론의 설명

- (1) 한 현상에 대해 다양한 과학적 설명(가설)이 가능하다.
- (2) 필연적 지식의 근거가 사라졌다.

### <4> 의미(meaning): 의미란 무엇인가? ⇒ 분석판단의 기준에 대한 의문 “Two dogmas of empiricism”

# 전체론(holism): Knowledge, The Web of Belief



<5> 환원주의의 붕괴: “Epistemology Naturalized”  
데카르트주의의 기계론적 사고에 치명상.

<7> 자연화된 인식론: 철학적 문제를 경험에 기초해서  
Naturalism(자연주의) – “제1철학은 없다”

[철학의 과제]

어떻게 학문의 체계를 세워야 할 것인가? (체계성)

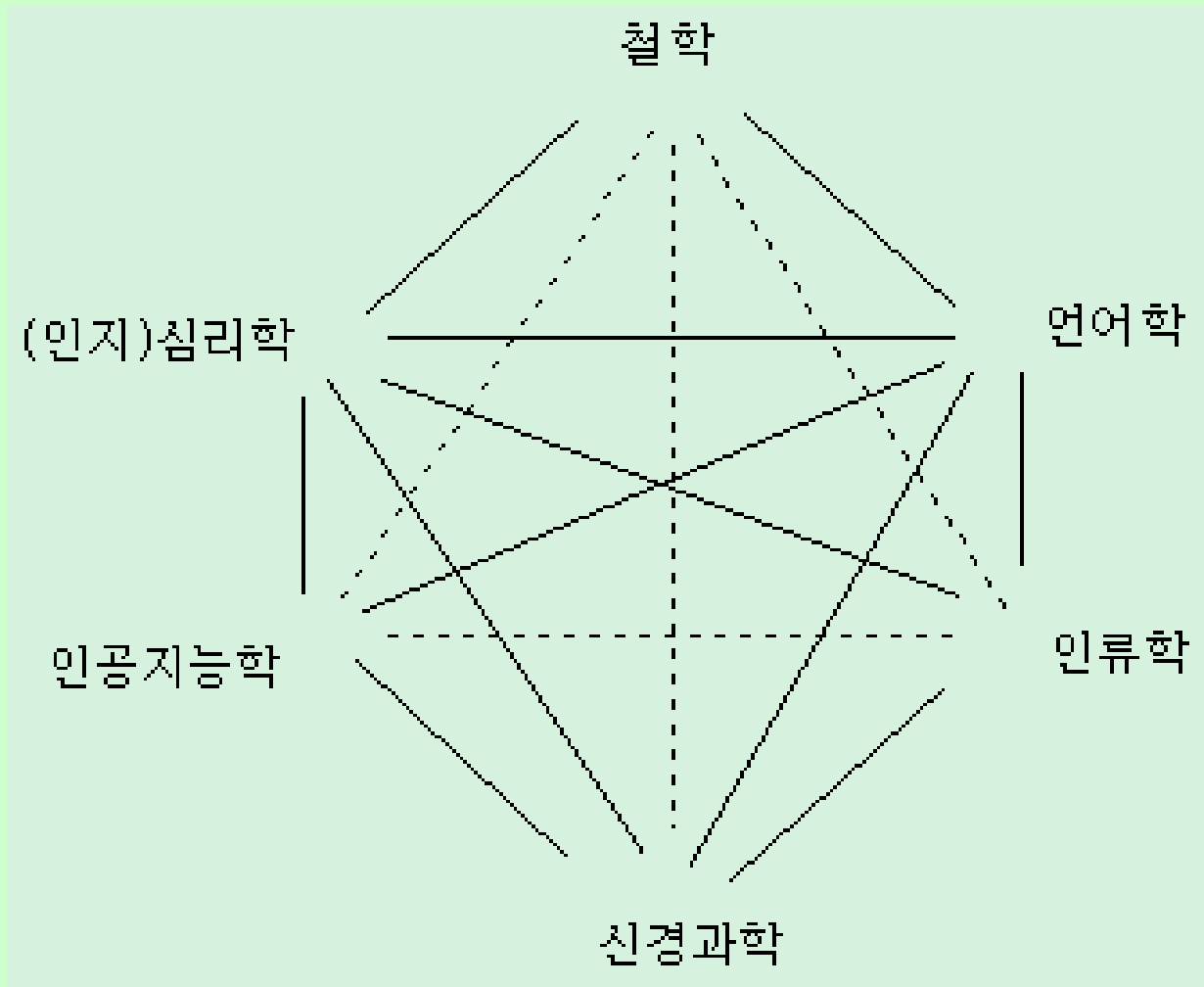
어떻게 학문을 연구해야 할 것인가? (방법론)

[철학의 한계]

철학이 독자적으로 무엇을 알 수 있을까?

어떻게 철학 할 것인가?

# 인지과학(Cognitive Science) 내에서 과학적으로

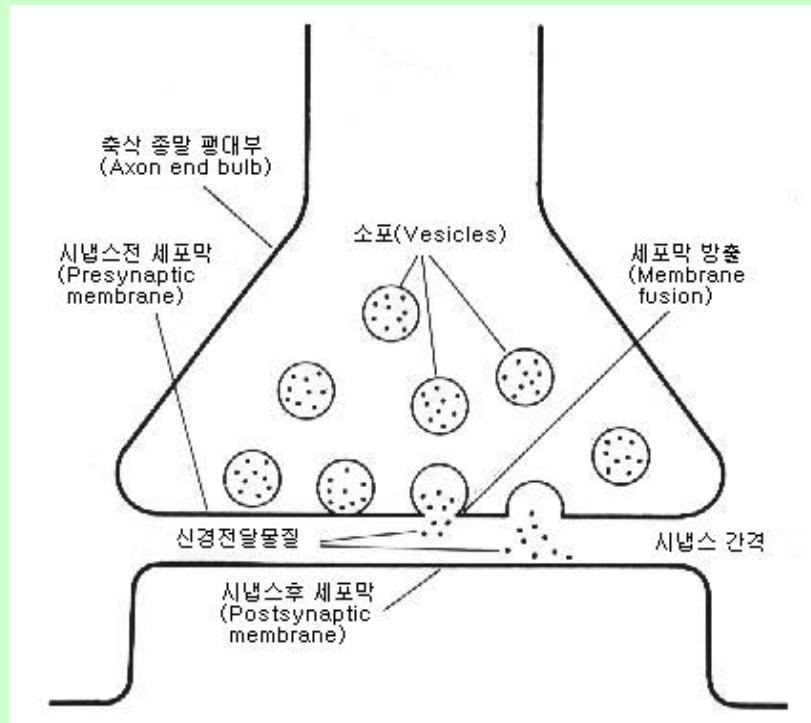


# 상호이론적 환원 (Intertheoretical Reduction)

- **과인의 전체론(holism)**과 **그물망 의미이론(network theory of meaning)**의 관점에서,  
환원이란 ‘**이론들 사이의 관계**’이다. (이것은 **미시적 환원(micro-reduction)**과 구분된다.)
- **쿤(T. Kuhn, 1962, 1970)**: 우리의 관찰은 패러다임(paradigm) 내에 통일적 의미론을 제공하는 개념체계에 의해 인도될 것이다.
- 환원의 관계는 다양할 것이다. 1) 순탄한 환원 2) 덜커덩 거리는 환원 3) 환원 안 되는 경우: 제거의 대상
- 만약 우리가 **허위 의미론에** 이끌리는 개념체계와 **체계적 의미론에** 이끌리는 개념체계 사이에 **공약불가능성(incommensurability)**이 발생할 경우,
  - 우리는 **상식적 개념체계를 버리고** 과학적 개념체계를 갖도록 유도될 것이다. (**제거주의**)

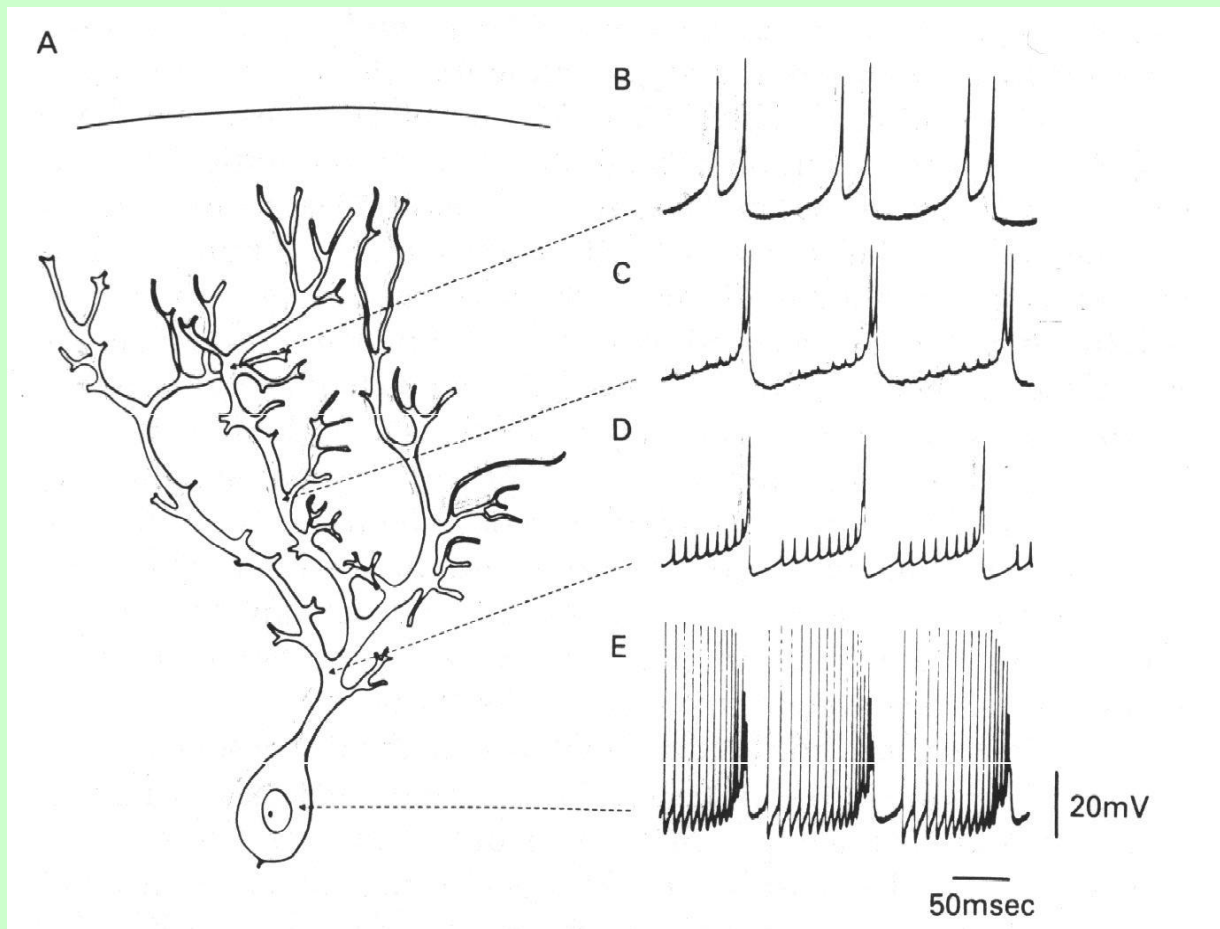


# 시냅스(synapse)



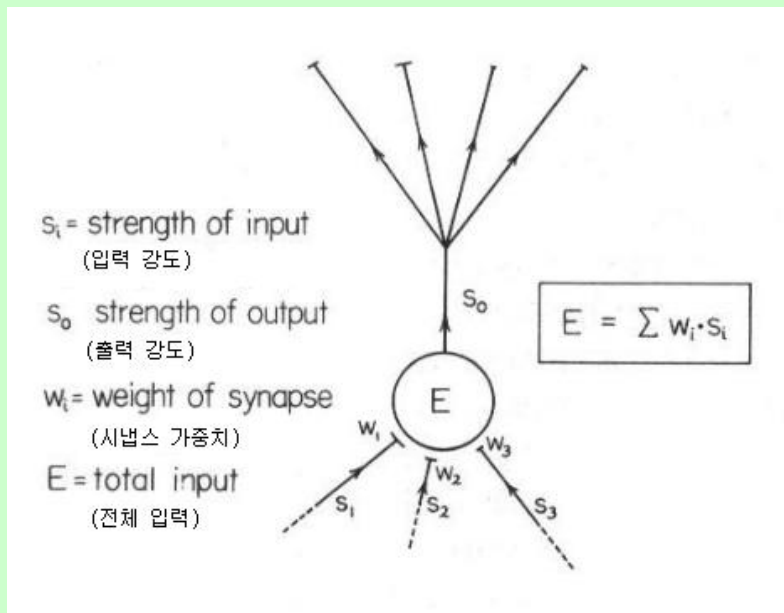
- 소포막이 종말팽대부막(end bulb membrane)에 접촉하여 신경전달물질(neurotransmitter)을 방출(시냅스 소포 세포외유출)하는 현상을 보여주는 그림.

# 푸르키니에 세포에서 활동 전위

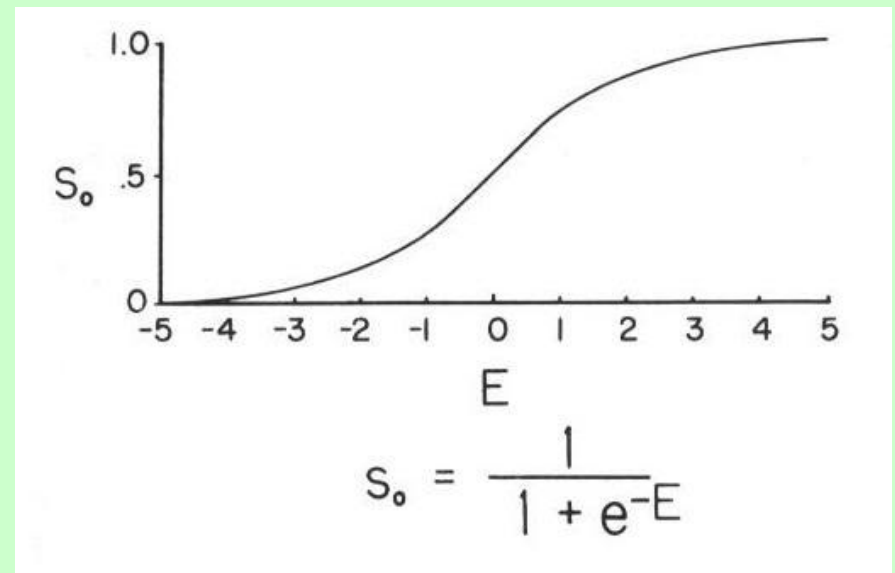


## 벡터 부호화 가설

- 신경세포의 작용: (a)와 같이 수상돌기로 들어오는 입력신호( $S_i$ )는 시냅스의 가중치의 변화( $W_i$ )에 영향을 받아 세포체에서 통합된다. (b)와 같이 통합된 신호  $E$ 는 역치(2치)로 작동하여 출력신호( $S_o$ )를 만든다.

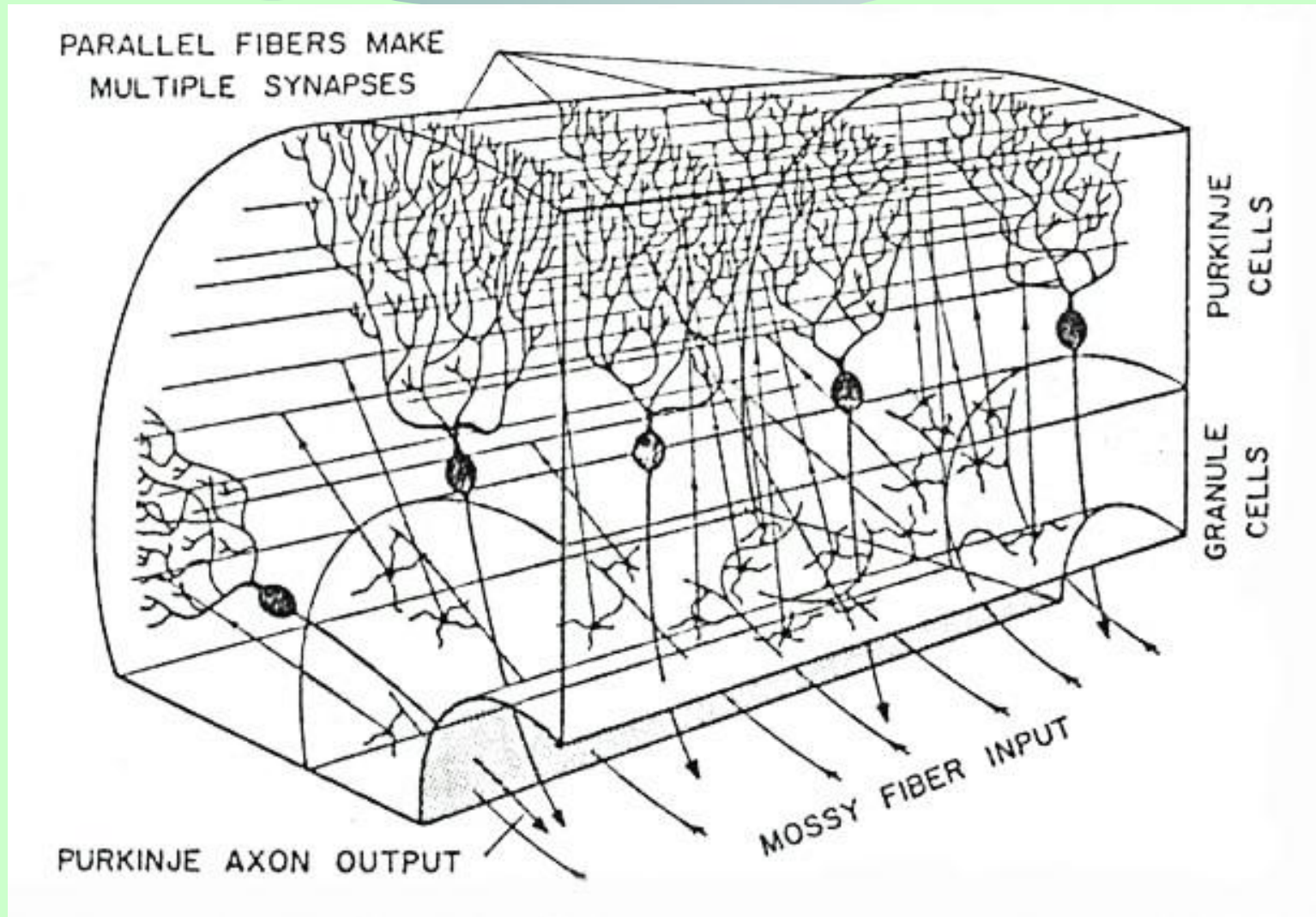


(a)



(b)

## 병렬처리 계산 방식의 뇌

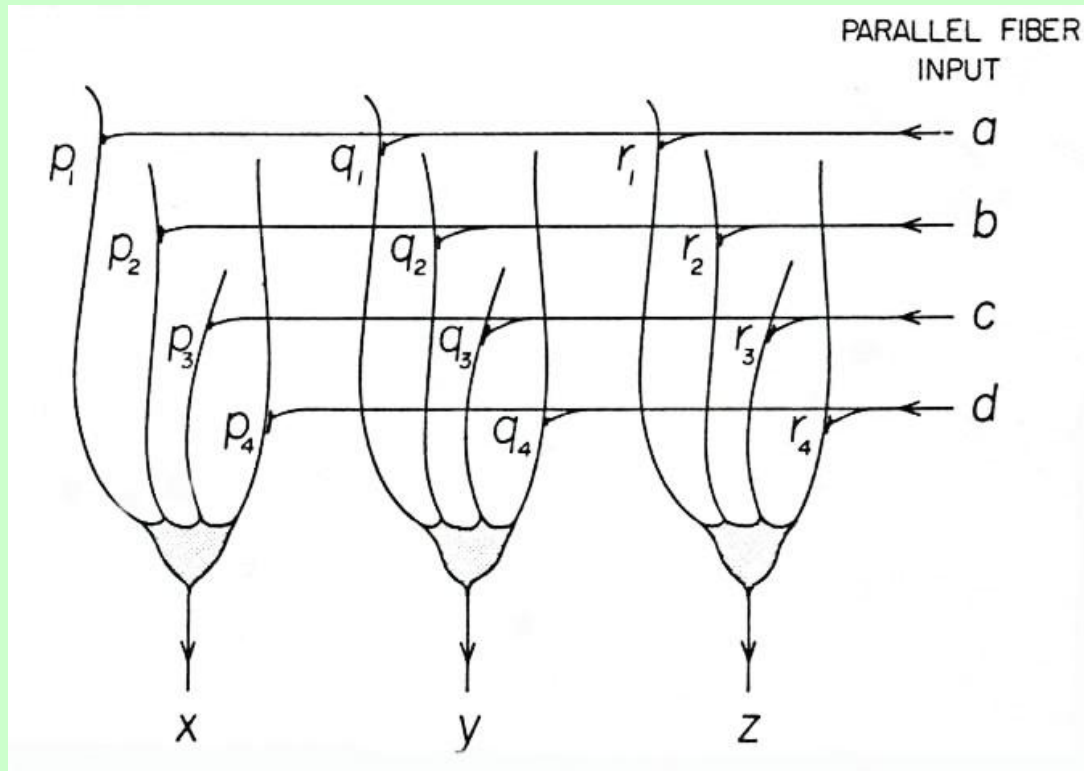


## 범용컴퓨터와 뇌의 차이

- 인간에게 보조기억장치가 작동하는가?
- 기억memory과 계산처리processor가 분리되어 있는가?
- 표상과 추론이 구분되는가?
- 연역추론과 귀납추론 장치가 구분되는가?
- 어떻게 수많은 기억 자료를 순간적으로 검토하는가?
- 어떻게 개념을 가질 수 있는가?
- 어떻게 일반화를 만들어내는가?
- 어떻게 창의적인가?

# 인간 지식의 본성은? (기계론 $\Leftrightarrow$ 전체론)

Connectionism(연결주의)의 철학적 기초: 관찰의 이론 개입

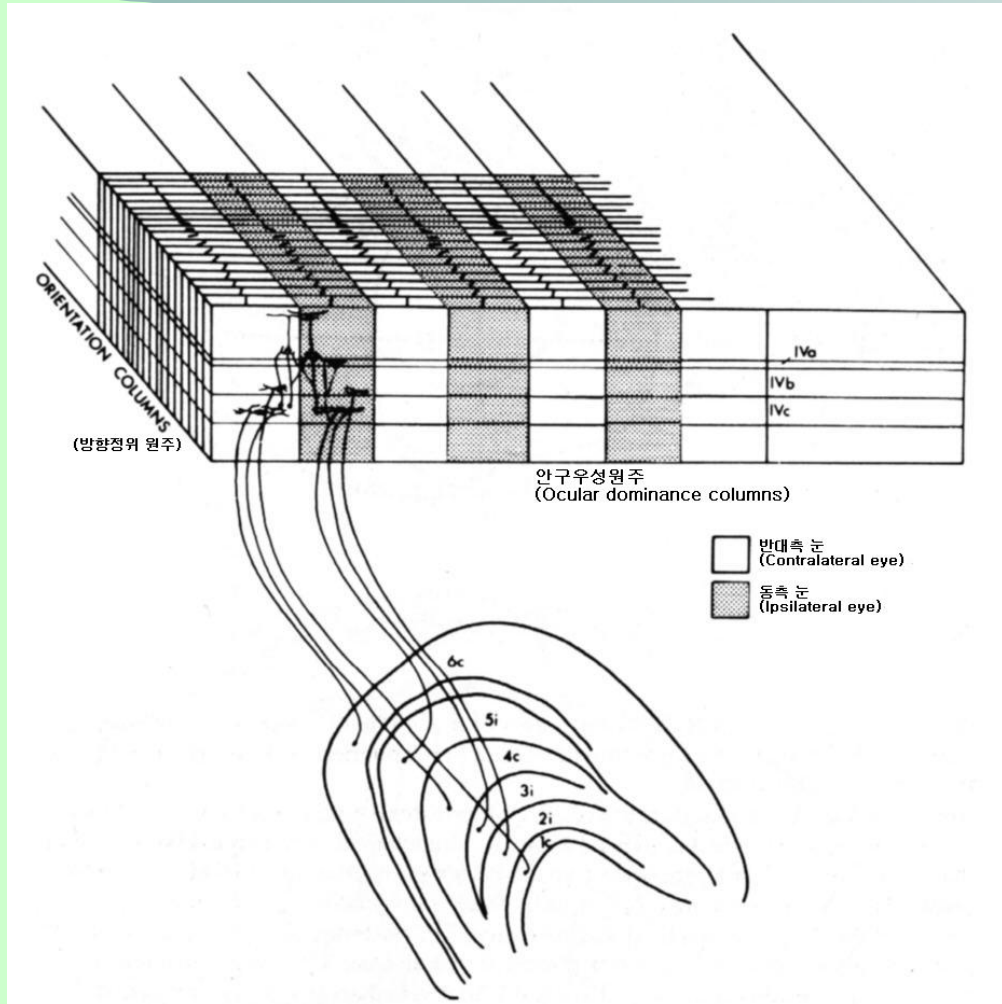


입력 (a, b, c, d)

출력 (x, y, z)

신경계는 입력 정보를 출력정보로 변환하는 **계산기**

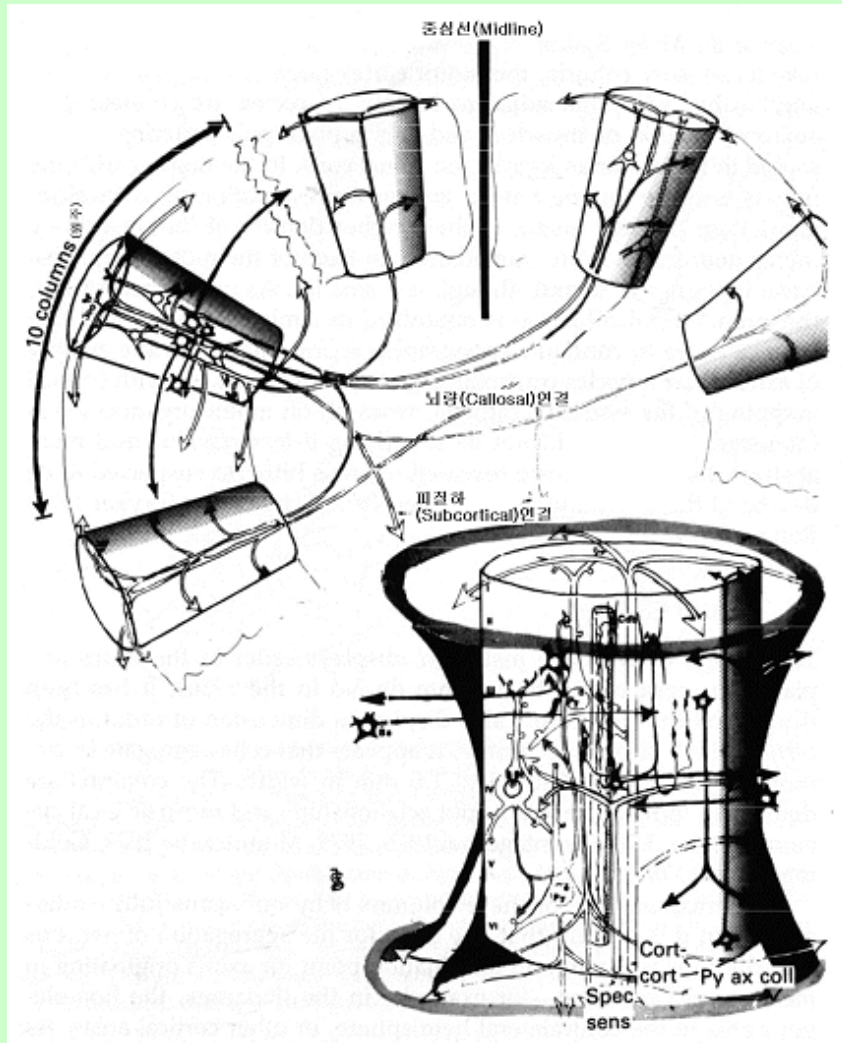
## 짧은꼬리원숭이 일차시각피질의 원주조직



<그림 3.16>



## 수직 피질원주 Vertical Columns



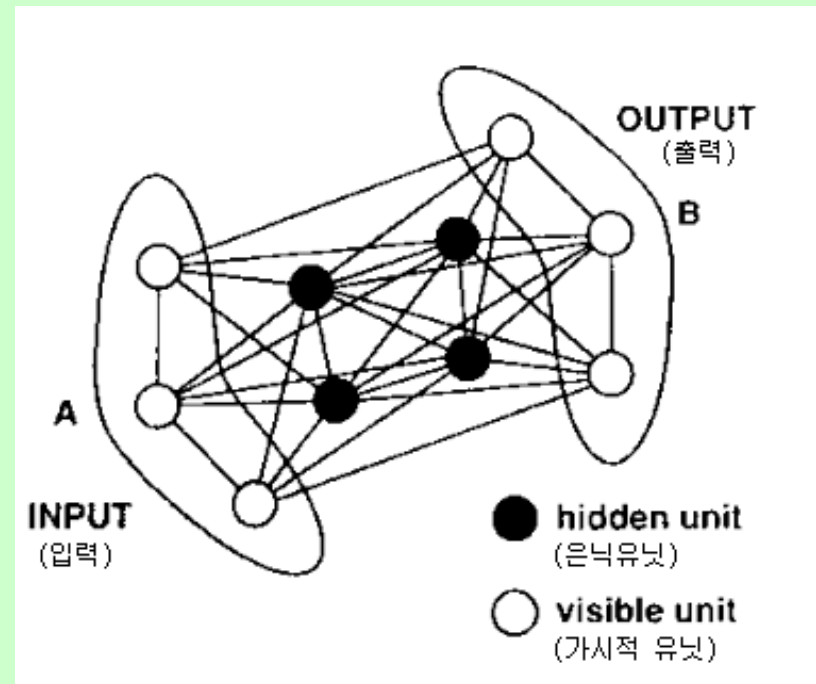
원주들의 구성원리를 보여주는 도식적 그림. 원주 각각은 직경이 150-300마이크로미터 (micrometers)이며 대략 5000개의 세포들을 포함한다.

<그림 3.20>



# 신경 계산처리 연결망

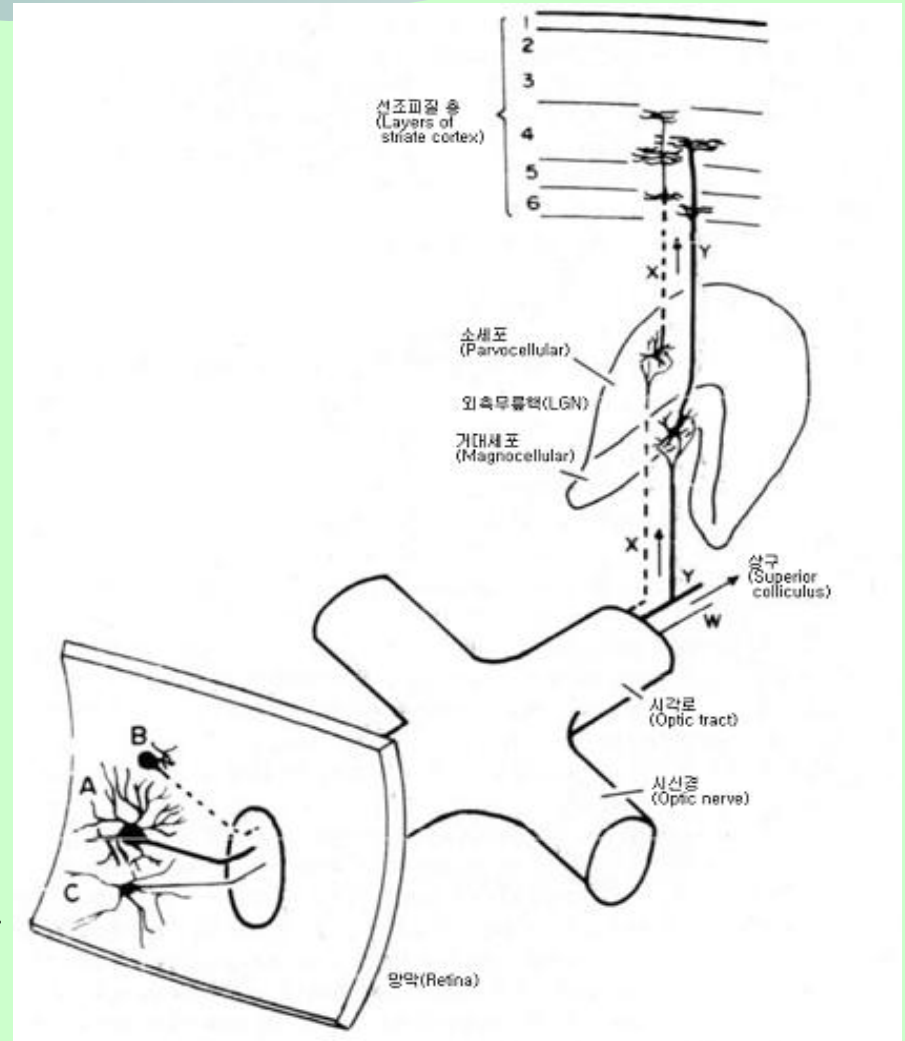
- 볼츠만 머신(Boltzmann machine): 연결망(network) 사이의 연결은 상호적이다. 그 **연결의 가중치(weights)**는, 출력 패턴의 있고 없음에 따라, 입력유닛에 주어지는 패턴에 의해 훈련될 수 있다. **학습** 과정에서 연결망의 모든 가중치들은 수정되며, 그 수정은 외부 연결망에 의해 직접 정보를 받지 않는 은닉유닛에 대해서도 일어난다.
- **은닉유닛들은** 연결망이 입력패턴과 출력패턴 사이의 복잡한 연합(complex association)을 수행하도록 특징들(features)을 개발하여, **강력한 내적 표상**을 부여한다.
- **입력과 출력 신호는 숫자의 조합, 수학적 행렬( $x_i, x_j, x_k$ )을 통해 특징들을 표현된다** (표상한다).



# 신경 병렬 연결

- 1-6 피질층판
- A, B, C: 세 종류 빛의 파장에 반응하는 원추세포
- 원숭이에서, 망막으로부터 피질로 연결되는 경로의 병렬구성을 보여주는 도식적 그림.

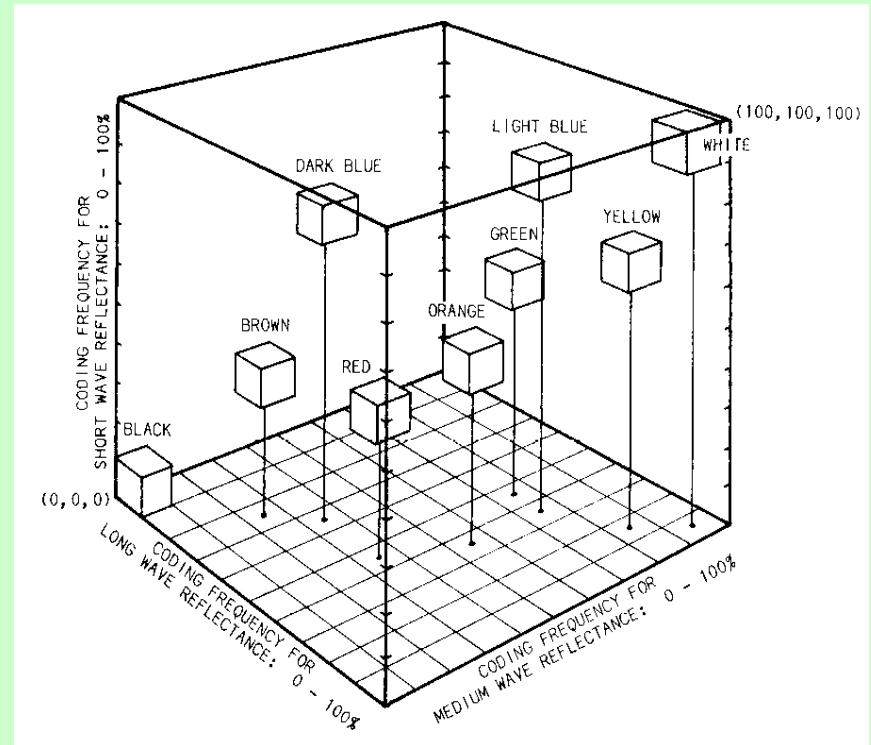
<그림 3.11>



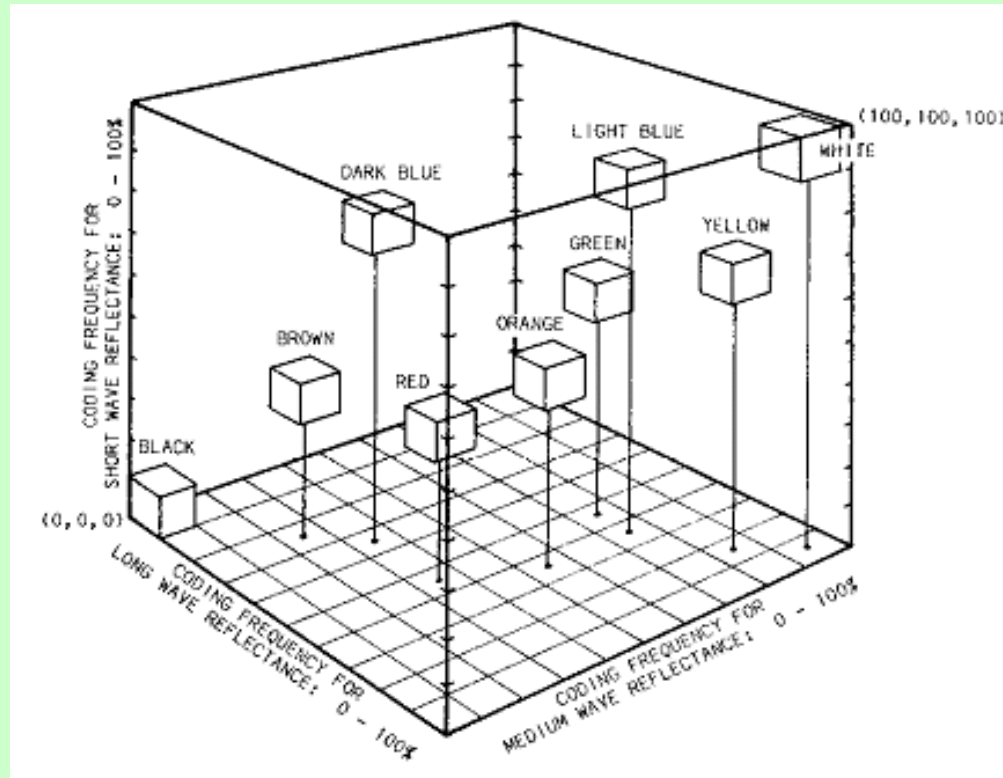
# 신경망의 표상(representation)

<3개의 신경세포, 원주가 100등급의 특징을 표현할 경우, 그 조합으로 표현할 수 있는 특징들의 수는?>

- 국소부호화 가설:  $100 \times 3 = 300$ 가지
- 벡터부호화 가설: 3종류(빨강, 녹색, 파랑)의 원추세포가 100 등급으로 분별할 수 있을 경우, 분별능력은  $100 \times 100 \times 100 = 1,000,000$ 가지 색깔 구분 가능
- 표상에 대한 양적 개념의 제안이다.(심적 현상의 객관적 접근)



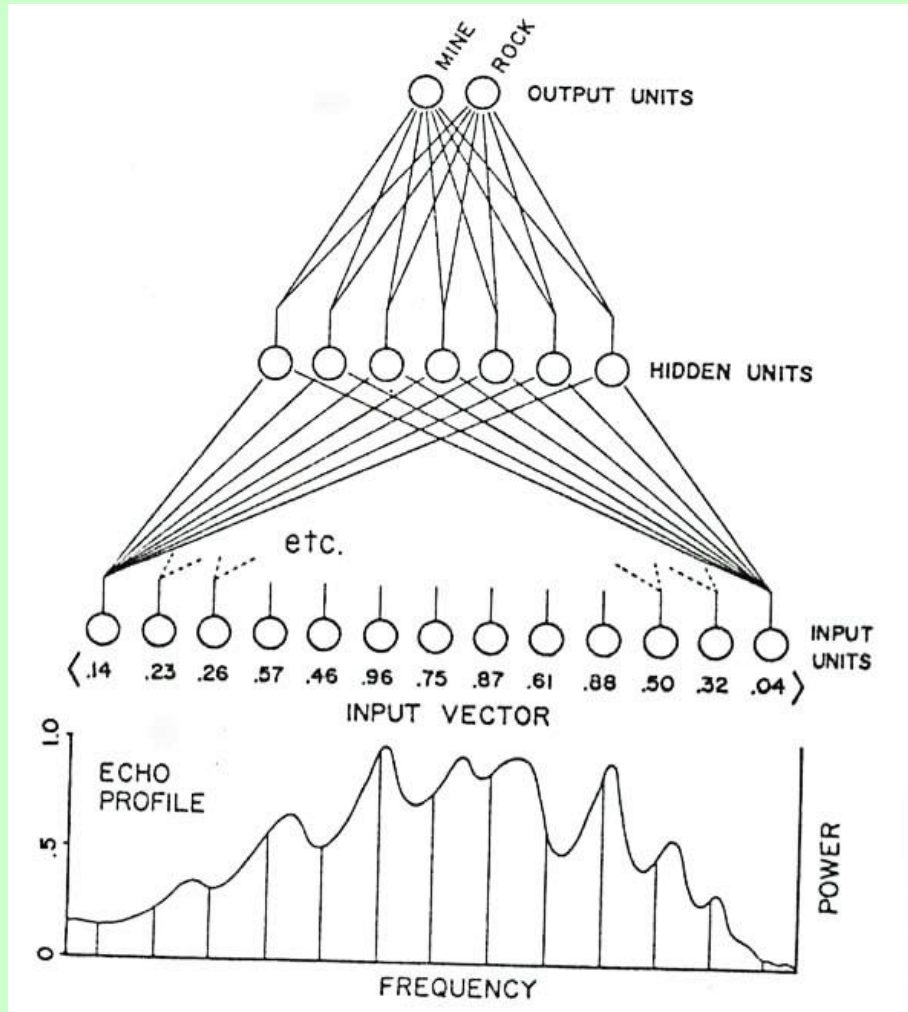
## 색깔의 구분(의미론적 기준/범주적, 개념적 분류 기준)



색깔 상태 공간(color state space): 세 벡터 값의 차이에 의해서 얼마나 다양한 색깔들을 위치벡터로 표현될 수 있는지 보여주는 그림.

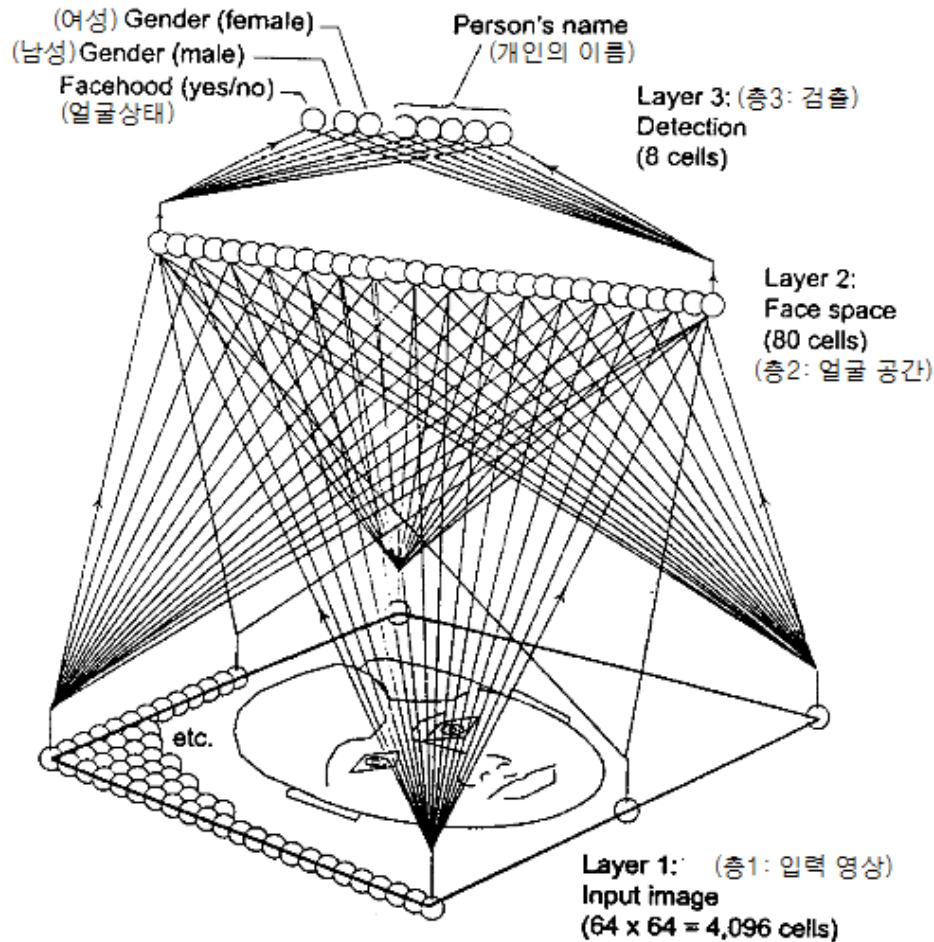
뇌가 정형(Prototype)을 형성한다.

# 다양한 요소를 고려한 계산



Perceptual recognition  
with a large network  
잠수함의 기뢰 재인 시스템

# 얼굴재인 인공신경망(Face Net)



- 1층: 4,096 입력유닛
- 2층: 80 은닉유닛
- 3층: 8 출력유닛
- 은닉유닛에 분류체계를 담아내며,  
그 분류체계는 재인을 위한 배경지식이 된다.
- 관찰이 이론에 의존하는 시스템이다.

### 3.3. 운동 조절과 재인

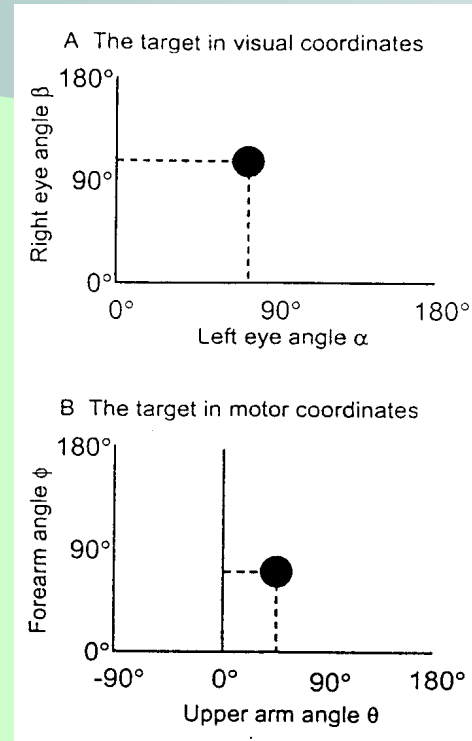
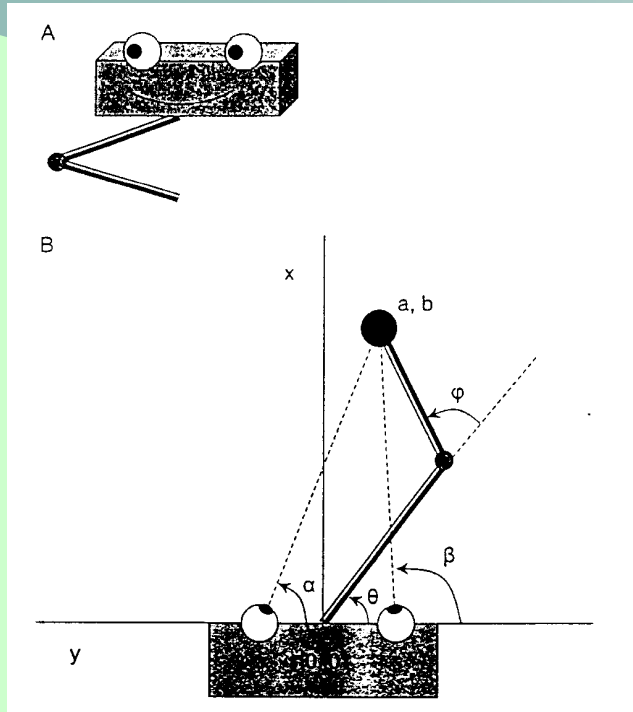
#### [의문]

- 새로운 표상이론으로부터 보다 **상위차원의 인지 능력을** 어떻게 설명할 수 있는가? - 본 연구의 핵심적 주제
- **과학의 가능성**을 해명하려는 전통적 과학철학의 주제
- 신경세포의 작용에 대한 이해로부터 **과학적 이론이 어떻게 가능한가?**

#### (대답)

- 아주 소박하고 쉬운 문제부터 해결함으로써, 보다 복잡하고 어려운 문제에 대한 접근
- 사지와 신체를 어떻게 움직이는가?
- **감각운동조율(sensorimotor coordination)**을 어떻게 하는가?

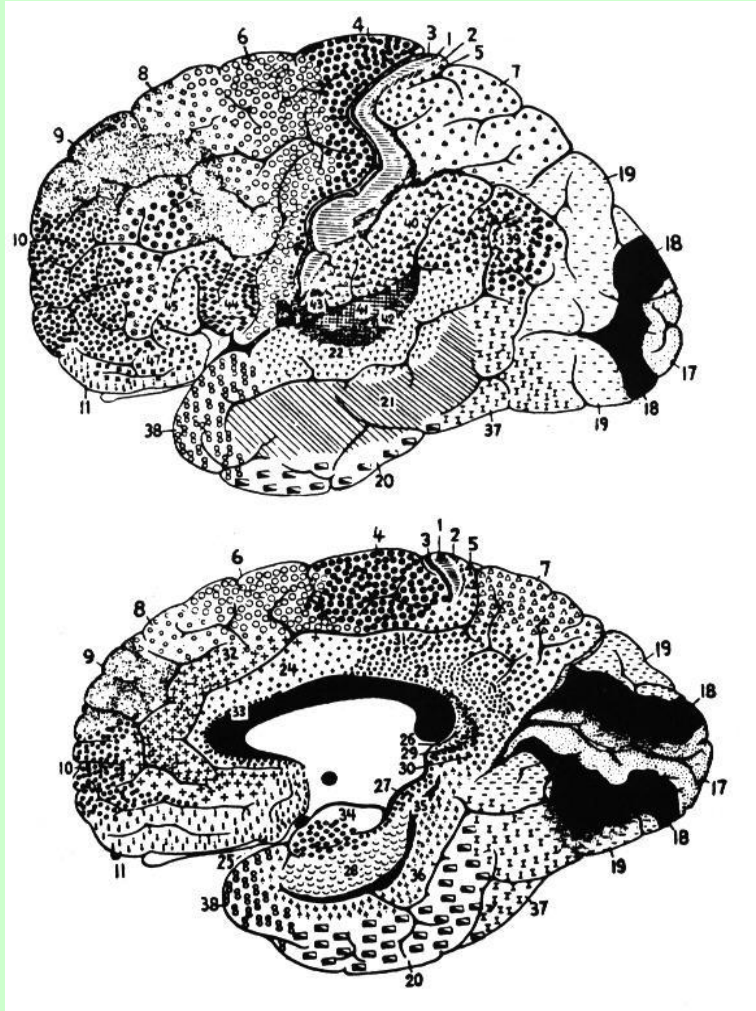
# 게(crab) 로봇의 운동조절



- 두 눈 각도를 위상공간의 한 지점으로 표현/ 팔의 상박과 하박 각도
- 눈이 향한 곳에 팔이 도달: 눈 공간 표상(벡터)을 팔 공간표상(벡터)으로 좌표조절. 감각-운동 조율(sensory-motor coordination)은 좌표 변환(coordinate transformation) 이다.
- 복잡한 운동 조절도 새로운 표상이론으로 설명된다.

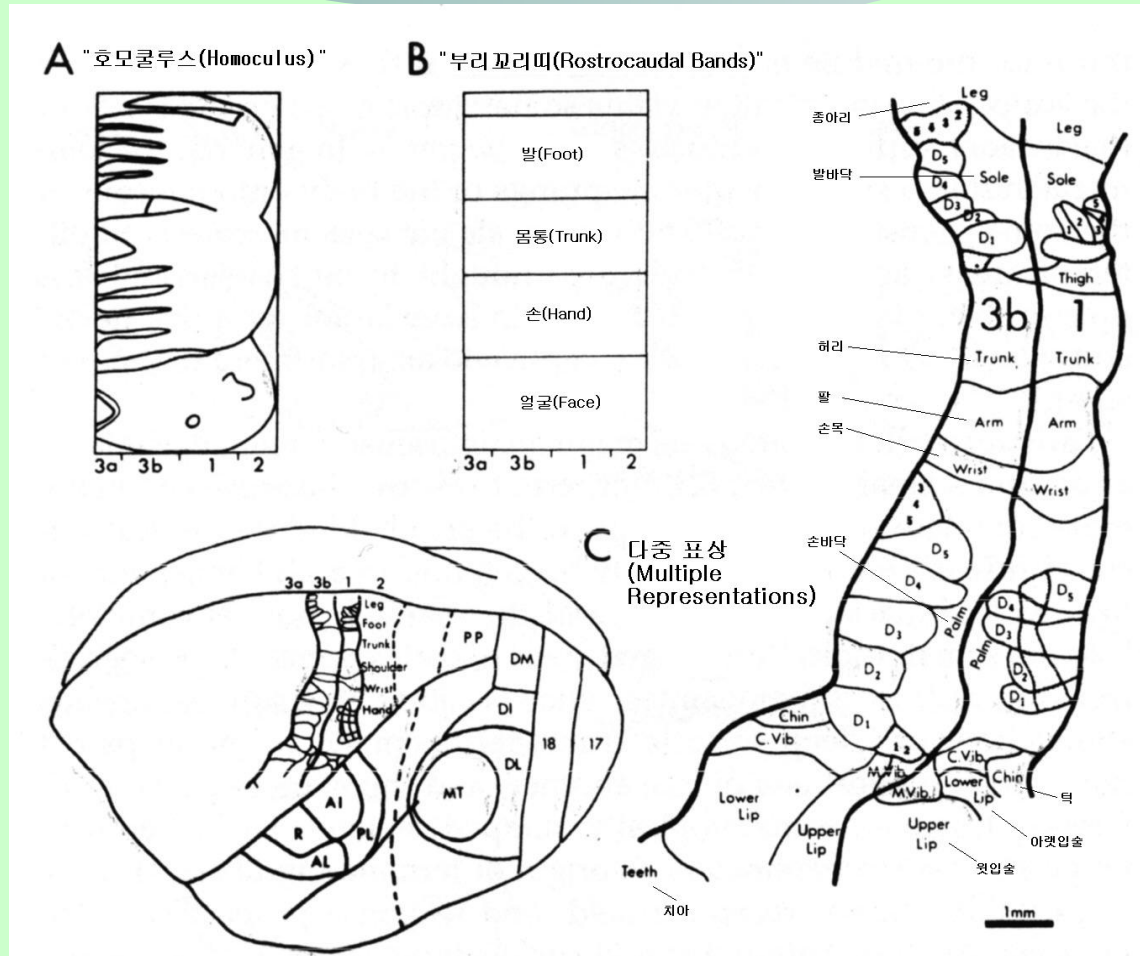


# 세포구축학적(cytoarchitectural) 기준에 의한 대뇌피질의 **브로드만(Brodmann 1909) 영역**



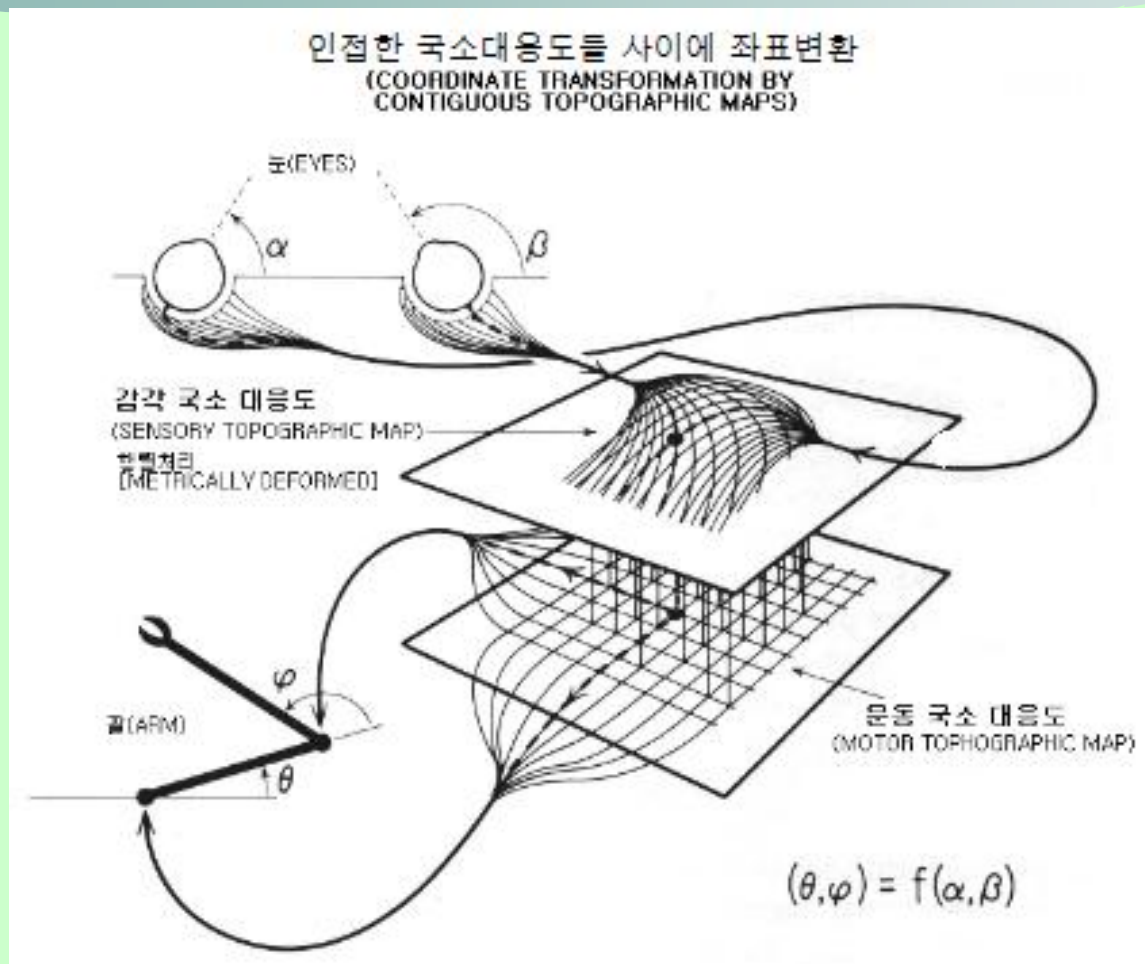
<그림 3.4>

# 올빼미원숭이의 대응도(maps)



<그림3.19>

## 감각국소대응도-운동국소대응도 좌표변환

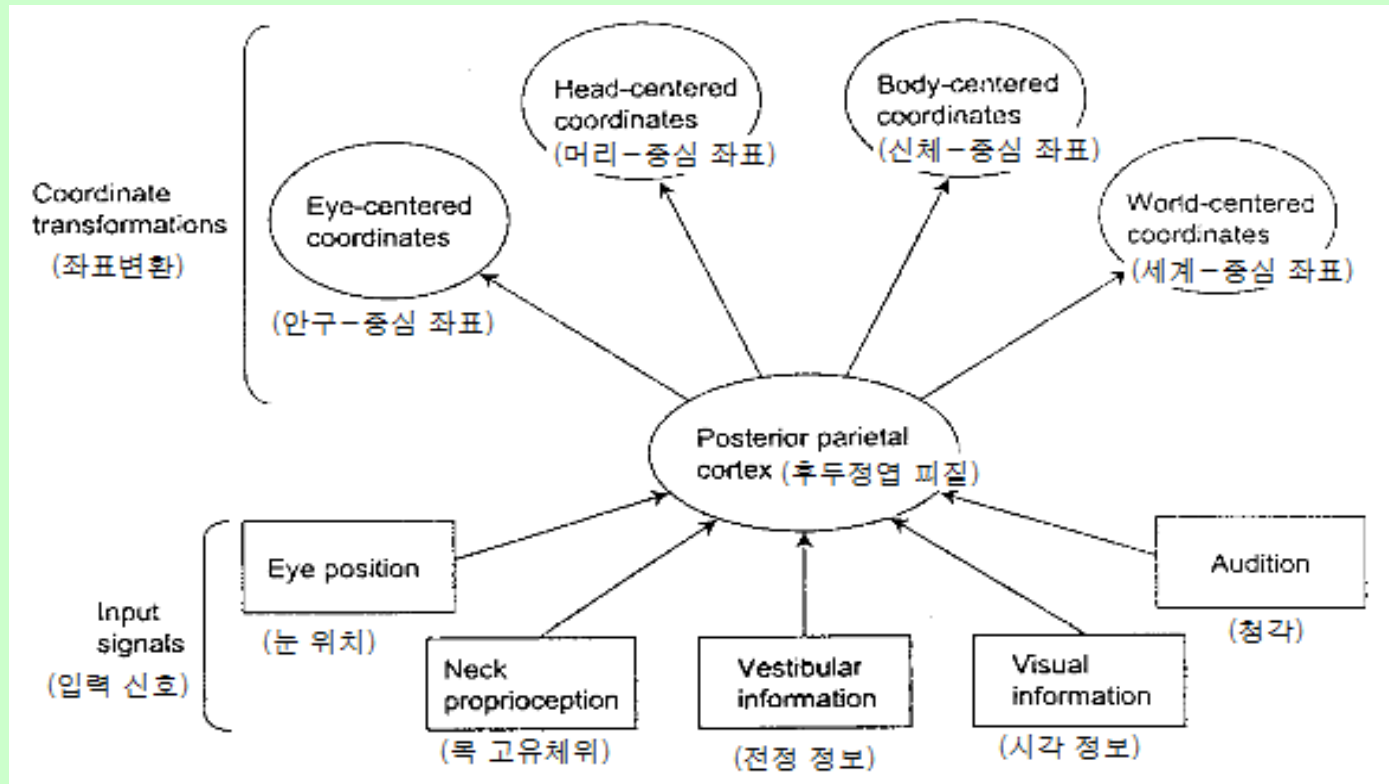


폴 처칠랜드

『신경계산적 전망』 (*Neurocomputational Perspectives*, 1989)

## 표상의 통합과 분해

- 우리 행동 하나에도 많은 정보들을 통합하거나 나누어 처리하는 과정이 포함된다.
- 이러한 작용을 새로운 표상이론에 의해 설명하려면, 여러 표상적 정보들이 신경연결망을 통해 어떻게 통합되고 분해되는지 설명할 수 있어야 한다.

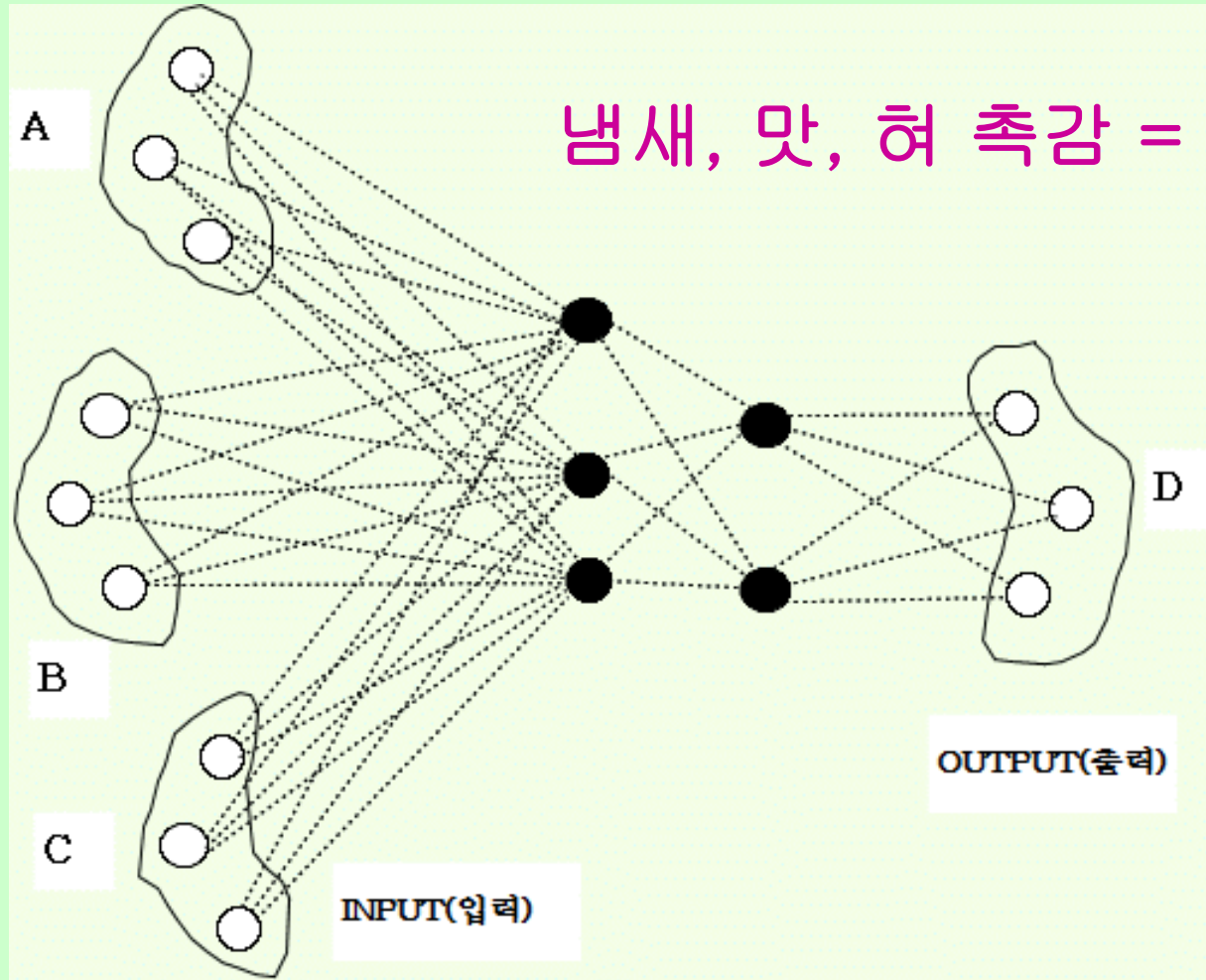


## 감각 정보의 통합

- McGurk 효과

- 눈을 뜨고 들어보면, “다”로 들린다.
- 눈을 감고 들어보면, “바”로 들린다.
- 입의 모양만으로 보면 “가”로 짐작된다.
- 따라서, 시각정보 “가” + 청각정보 “바” = 종합정보 “다”

# 대응도를 통한 정보의 통합과 분해

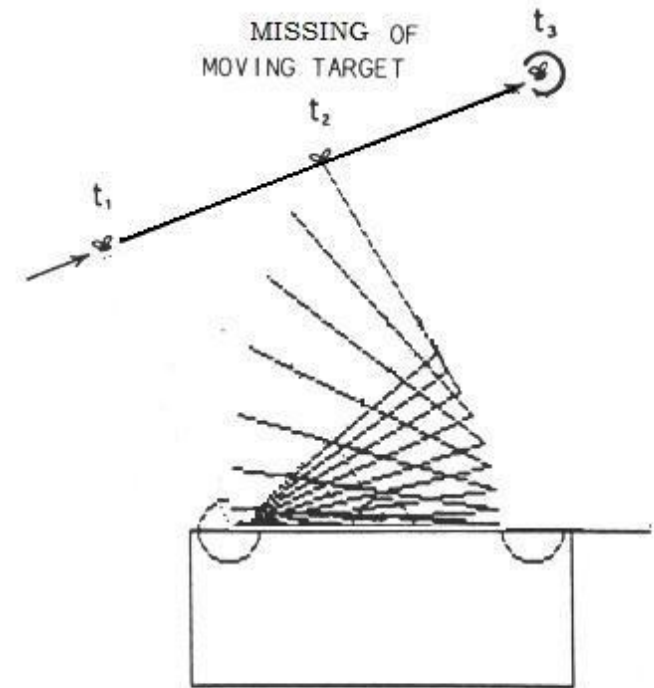
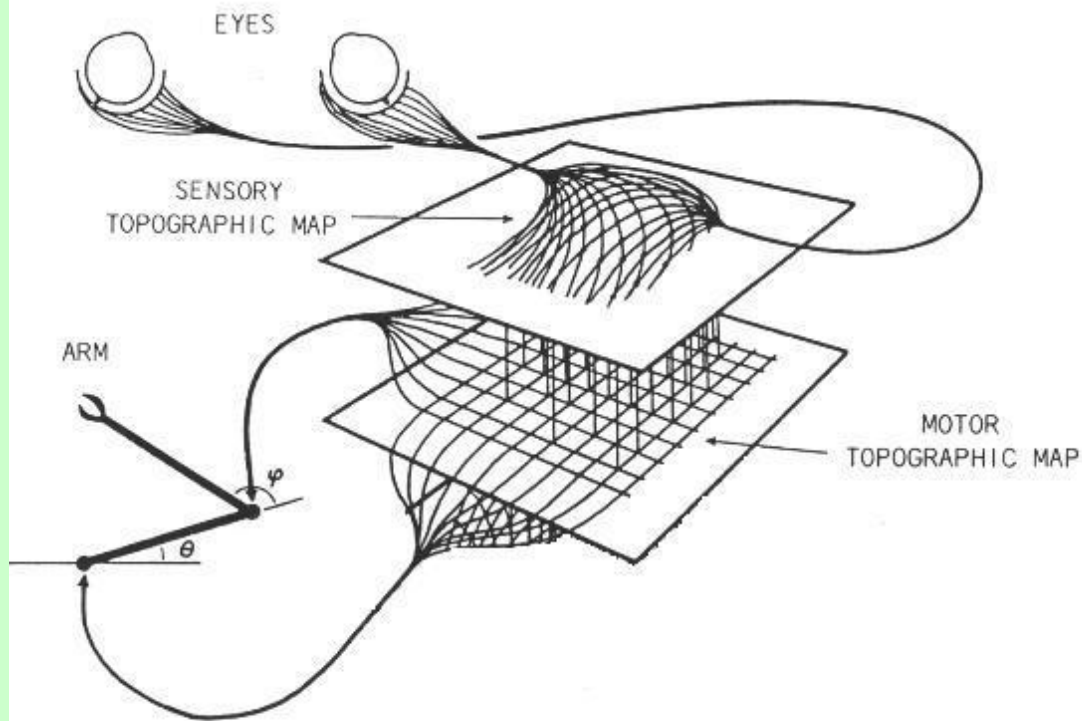




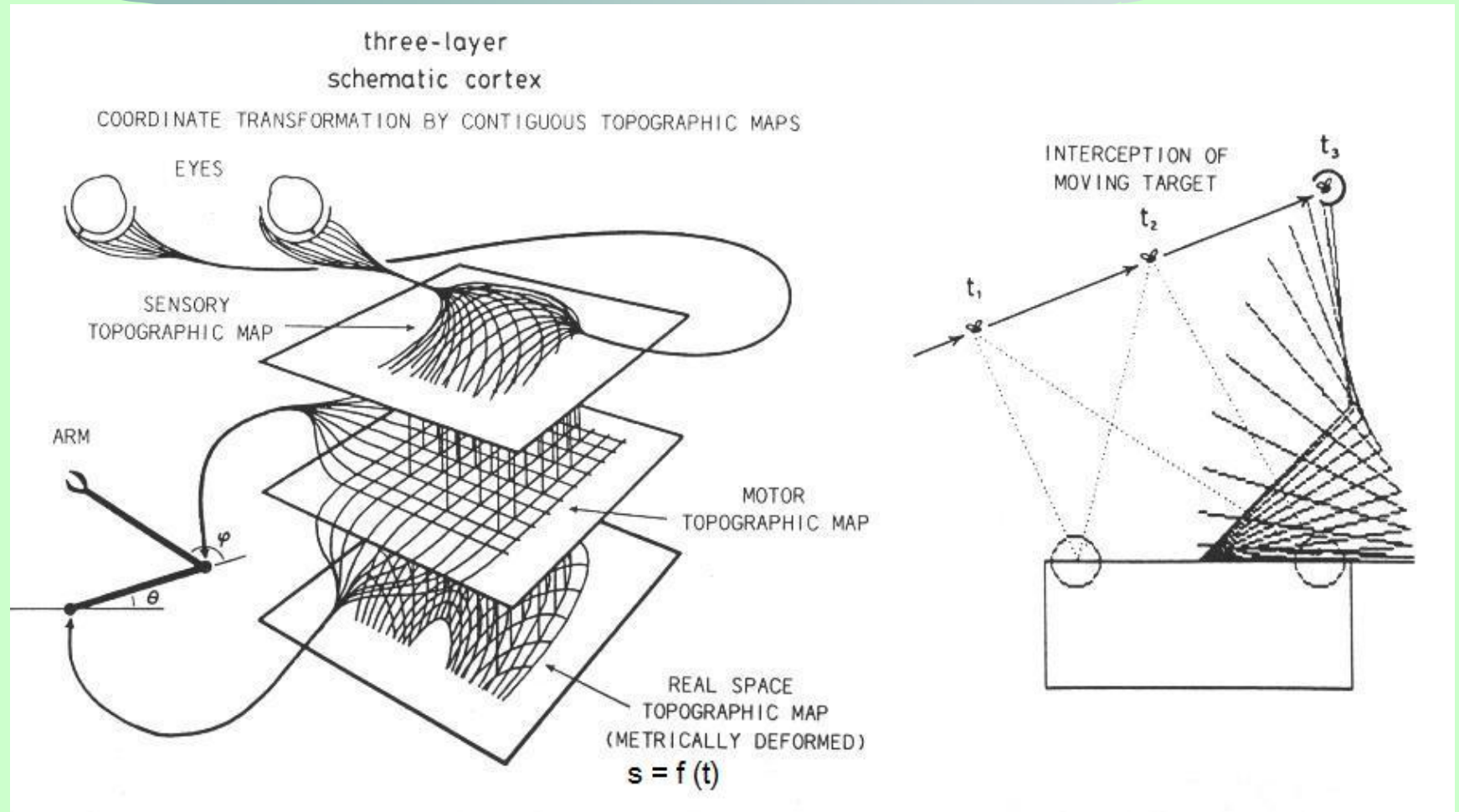
# 대응도(maps)의 행동조절

## two-layer schematic cortex

COORDINATE TRANSFORMATION BY CONTIGUOUS TOPOGRAPHIC MAPS



# 대응도의 예측 행동조절



일반화된 행동의 기초로서 이론이란? - 대응도의 정형



# 원주들이 **정형(Prototype)**을 만 들면

- 운동조절의 기반이며,
- 생존의 기반이며,
- 습관화의 기반이며,
- 예측의 기반이며,
- 표상의 기반이고,
- 추상적 개념들의 기반이며,
- 일반화와 이론의 기반이고,
- 가설 설정의 기반이다.

# 자연화된 인식론

## (Epistemology Naturalized)

- 철학의 주제를 자연과학으로 설명하는 것이 가능하고 적절한가? (어떤 철학적 의문을 해소할 수 있는가?)
  - 개념, 일반화가 무엇인지 뇌과학적으로 설명 가능하다.
- 심적 현상을 뇌의 작용으로 설명하는 것이 가능한가? (환원적 설명이 가능한가?)
  - 상호이론적 환원(intertheoretical reduction)의 논의에 의해 가능하다.
- 그러한 설명으로 다른 어떤 이득이 있는가?
  - 인공지능 또는 로봇의 개발에서 어느 접근(approach)이 좋은 방법일지 추정하게 한다.

# 유치한 수준의 **인공** 신경망의 유용성



# 과학과 함께한 철학

이제

인류는

플라톤의 주석서를

마치려 한다.

- 박 제 윤 -