

2021年度 龍谷大学 教員免許状更新講習
8月4日(水) 深草学舎(F06)

認知科学の基礎を学ぶ

—教育への応用を考えるきっかけとして—

龍谷大学 先端理工学部 電子情報通信課程
教授 小堀 聡

1

事前アンケート結果1

- 現在の所属
 - 支援学校 2名
 - 幼児教育 4名
 - 小学校 6名
 - 中学校 4名
 - 高等学校 2名 ※中高一貫を含む
 - 教育委員会他 2名
- ※教科等の情報はなし

2

事前アンケート結果2

• 学びたい内容

- <教養・知識を広げたい> 2名
- <認知科学それ自体に興味> 4名
- <現場・実践につなげたい> 11名

<その他、特定分野>

※初歩から、分かりやすく

※発達障害、アクティブラーニング、ICT活用

3

経歴の紹介

京都市生まれ

京都府立北嵯峨高等学校卒業

立命館大学工学部電気工学科卒業

大阪大学大学院医学研究科医科学専攻修士課程修了
(医科学修士)

久留米工業大学工学部電子情報工学科助手, 講師

博士(工学)「人間のトラッキング動作の解析とその応用に関する研究」

龍谷大学工学部電子情報学科助手, 講師, 助教授, 教授

ロンドン大学(UCL)認知神経科学研究所客員研究員(2度)

2013年度～2017年度、放送大学滋賀学習センター客員教授

2020年4月より改組により先端工学部所属

4

主な担当科目

龍谷大学先端理工学部

計算機実習(1年2Q)

デジタル論理(2年4Q)

認知科学(3年1Q)

人工知能(3年2Q)

生体システム特論(大学院)

放送大学面接授業

認知科学と人工知能の基礎を学ぶ

新・初歩からのパソコン

5

認知科学の基礎を学ぶ

—教育への応用を考えるきっかけとして—
授業項目

- (1) 認知科学とは何か
- (2) 知覚と運動
- (3) 心の研究
- (4) 記憶と学習
- (5) 神経細胞
- (6) 脳の機能
- (7) 認知科学の広がり
- (8) 教育への応用

6

(1)「認知科学とは何か」

認知科学の定義
認知科学と人工知能の関係

7

認知科学の定義

脳と心のはたらきを情報の概念や情報科学の方法論に基づいて明らかにし、もって生物、特に人間の理解を深めようとする知的営み

(岩波講座「認知科学」まえがき)

領域: 情報科学, 神経科学, 心理学

分野: 知覚, 運動, 記憶, 言語, 思考, 行動, 情動, 注意, 意識

8

認知科学の考え方

- 情報処理アプローチとは
- 人間＝環境との相互作用を行う情報処理システム
 - 感覚系(視覚や聴覚)からの入力(刺激)
 - 脳などで情報処理
 - 運動系(手や足)への出力(反応)
- 脳＝ハードウェア
- 心＝ソフトウェア

9

認知科学と認知心理学の違い

- 認知科学
 - 情報科学, 神経科学, 生物学, 心理学, 言語学, 人類学, 動物行動学, 哲学などを含んだ**学際的領域** ※interdisciplinary
- 認知心理学
 - 認知を扱う心理学
 - 認知科学の心理学領域
(**情報処理アプローチ**を取る心理学)

10

認知科学と人工知能の関係

- 人工知能の定義

人間の知的な働きと同じ働きを、機械によって実現することを目的とする科学技術、あるいは、そのような科学技術によって実現される具体的なシステムである。

(人工知能学会編, 人工知能ハンドブック)

- 工学的な立場: 人間の知能を機械で実現しようとするもの(狭義の人工知能)

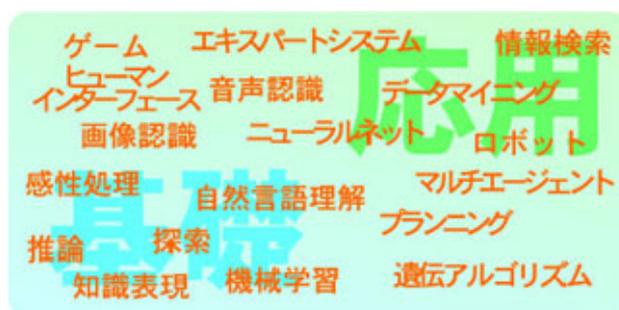
- 科学的な立場: 人間の知能のメカニズムを解明しようとするもの(認知科学)

↓

- 両者の協力関係が必要(広義の人工知能は両方を含んでいる)

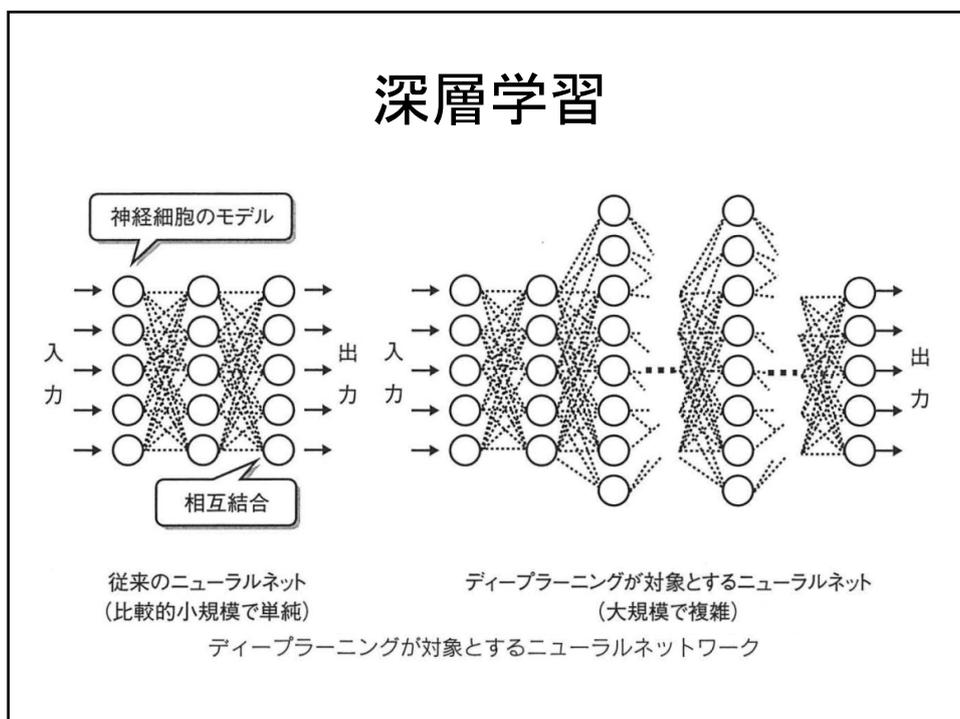
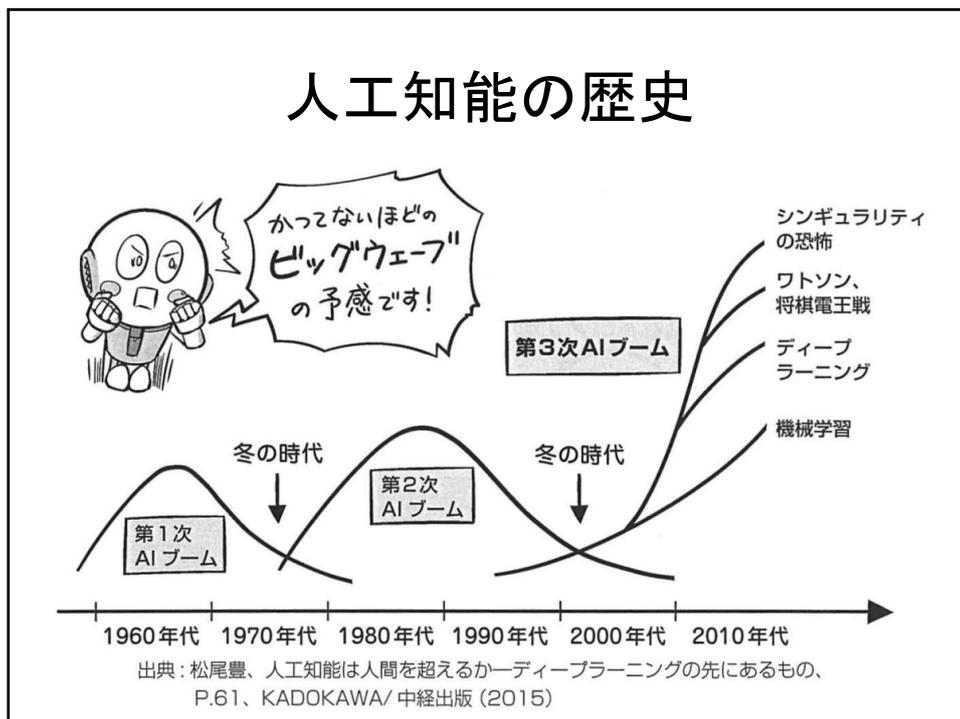
11

- 人工知能から見た認知科学 = 人工システムを作る際に応用できる知見を提供
- 認知科学から見た人工知能 = 仮説を検証するのに必要なシミュレーション技法を提供
(両者の関係は密接)



人工知能の研究分野(人工知能学会のサイトより引用)

12



(2)「知覚と運動」

人間の情報処理
感覚の種類
感覚の性質
運動系

15

人間の情報処理

人間＝情報の処理を通じて
環境との相互作用を行うシステム

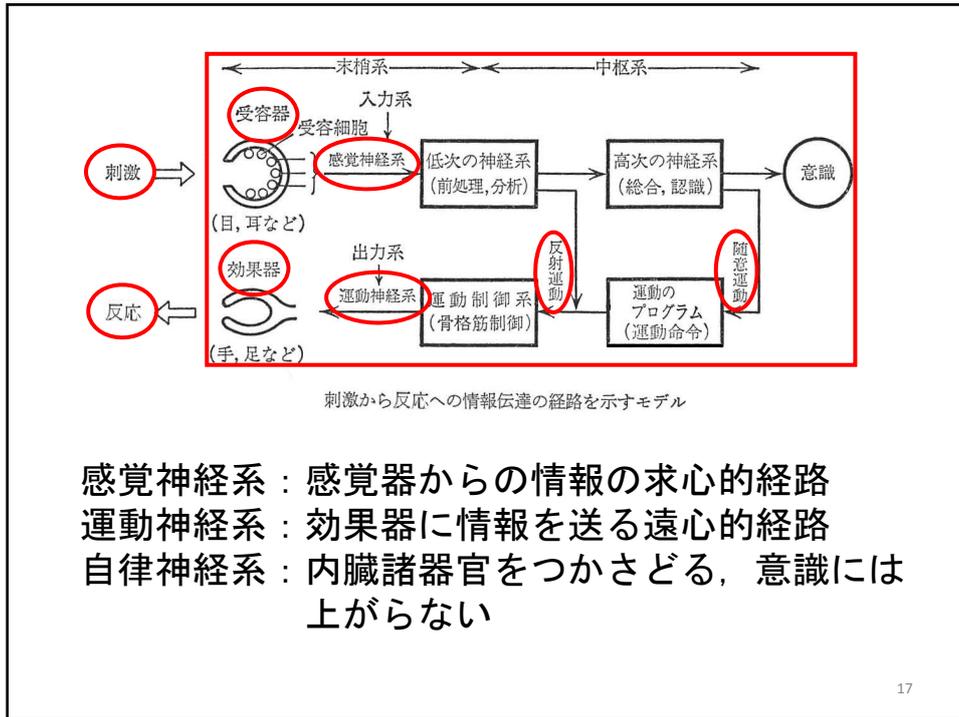
受容器(感覚器)：目や耳など

効果器：手や足など

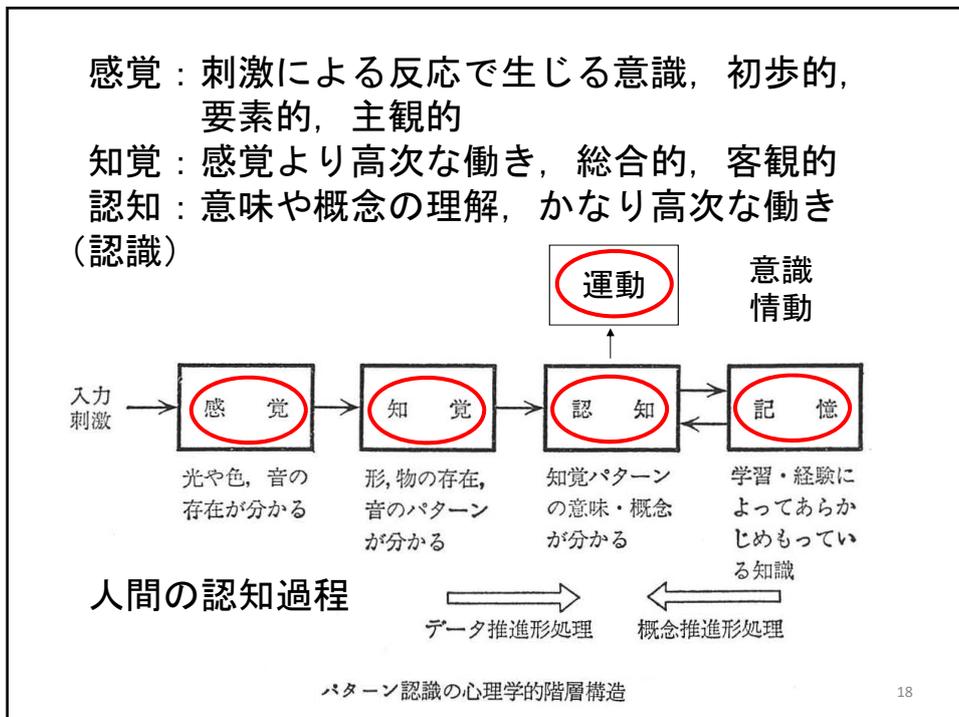
刺激：入力情報

反応：出力行動

16



17



18

感覚の種類

種: 感覚の違い(視覚, 聴覚など)

質: 種の中での違い(明るさ, 色など)

特殊感覚: 固有の感覚器によるもの

受容細胞: 刺激を受け入れる細胞

19

感覚の種類と受容器

感覚の種類とその受容器

| | 種 modality | 質 quality | 受容器(受容細胞) receptor (数) | C. N. S. への数 | ビット/sec |
|----------|---------------|--------------|--|-----------------|----------------------------------|
| 特殊 感覚 | 視覚 | 明暗・色・形・運動・奥行 | 網膜(視細胞) 10^8 | 10^6 | $3 \cdot 10^6$ |
| | 聴覚 | 大きさ・高さ・音色・方向 | 蝸牛(有毛細胞) $3 \cdot 10^4$ | 10^4 | $2 \sim 5 \cdot 10^4$ |
| | 嗅覚 | 各種 | 嗅粒膜(嗅細胞) 10^7 | 10^3 | 10~100 |
| | 味覚 | 酸・塩・甘・苦 | 味蕾(味細胞) 10^7 | 10^3 | 10 |
| | 平衡感覚 | | 半規管(有毛細胞) | | |
| 体感 性覚 | 皮膚感覚 | 触・圧・温・冷・痛 | 皮膚(各種)触・圧 $5 \cdot 10^5$ 温・冷 10^5 | 10^4 | $2 \cdot 10^5$ $2 \cdot 10^3$ |
| | 深部感覚 | 運動・拳重 | 筋・腱・関節の受容細胞 | | |
| 内感 臓覚 | 臓器感覚 | 飢・渴・吐・便・尿・性 | 組織内の受容細胞 | | |
| | 内臓痛覚 | | 同上 | | |

C. N. S は中枢神経系のこと。

※ C.N.S. (Central Nervous System)

現在は味覚に「旨味」も追加されている

20

感覚の性質

刺激閾: 刺激がやっと感じられる最低値

弁別閾: 2つの刺激がやっと区別できる最低値

ウェーバーの法則

$$\Delta S / S = \text{一定}$$

S: 刺激量

ΔS : 弁別閾

21

順応: 刺激が長く続くと, 感覚が弱くなる

感覚の投射: 刺激は脳の特定の部位に達して感覚となるが, 感覚はその脳の部位ではなく, 刺激の発生した場所に投射されて感じる.

22

運動系

反射:

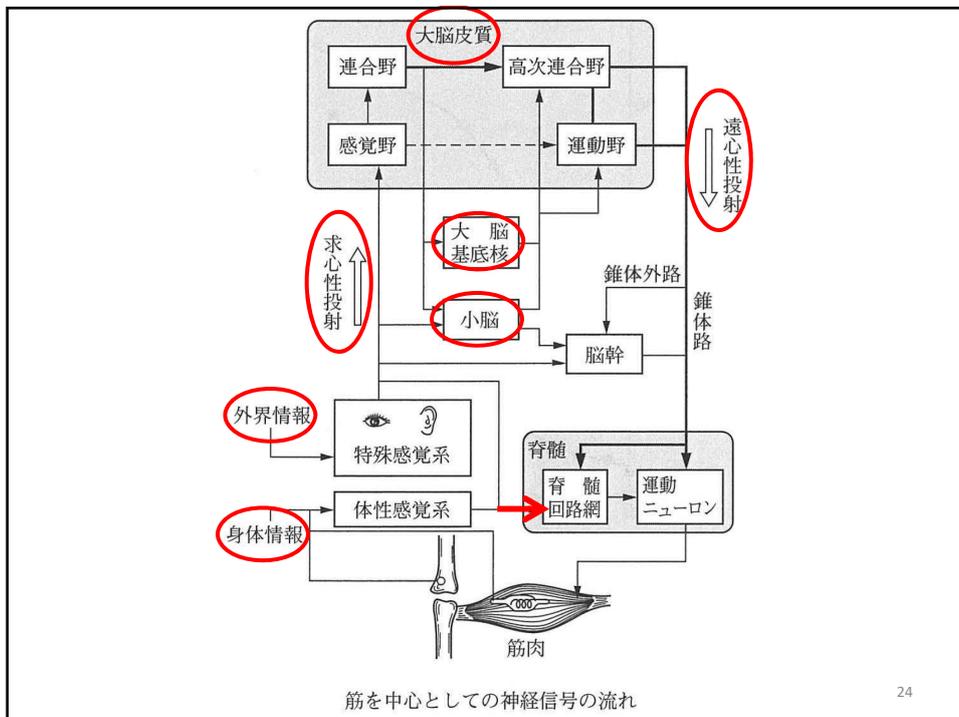
脊髄・延髄が中枢としてはたらく
刺激に対して意識とは無関係に起こる反応

随意運動:

大脳基底核: 運動の意思を運動プログラムに変換

小脳: 運動プログラムを作成, フィードフォワード制御(予測)

23



24

運動制御

フィードバック制御(修正運動): 状態を常に調べて, 誤った方向に動いたときには修正する

フィードフォワード制御(弾道運動): 運動途中での修正を行わない

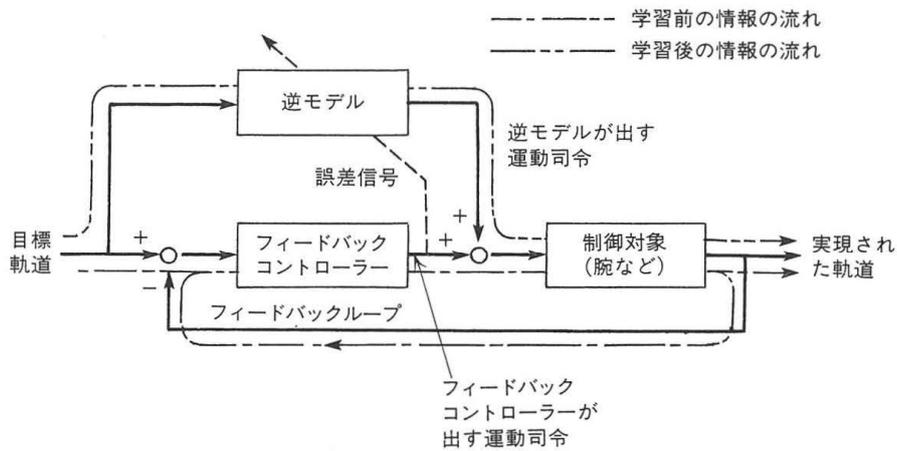


フィードバック制御 (上) と
フィードフォワード制御 (下)

25

運動学習

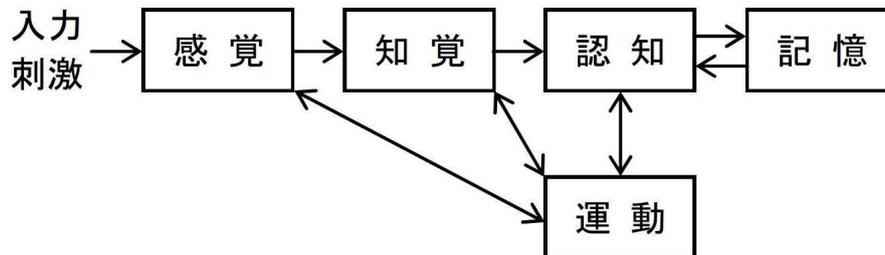
学習により, ぎこちない修正運動から, より正確な弾道運動に移行していく



フィードバック誤差学習のダイアグラム

26

知覚と運動の協応



知覚運動協応：感覚・知覚系と運動系の対応関係や相互協調関係に関わる認知機能。

(日本認知科学会編：認知科学辞典，2002)

27

スポーツでの知覚と運動

The New York Times

This copy is for your personal, noncommercial use only. You can order presentation-ready copies for distribution to your colleagues, clients or customers, please click [here](#) or use the "Reprints" tool that appears next to any article. Visit [www.nytimes.com](#) for samples and additional information. Order a reprint of this article now. »

BRENDAN
GLEESON

May 21, 2001
BASEBALL

BASEBALL; From Japan, Far From a One-Hit Wonder

By BUSTER OLNEY

SEATTLE, May 20— It was the sort of play seen in tennis all the time, the ball zooming at a player's knees, a quick turn of the hand, the ball redirected to the opposite direction. Except this particular moment occurred at Yankee Stadium on April 26, and **Ichiro Suzuki** wielded not a wide-faced tennis racket, but one of the thin-barreled bats he carries in a black case.

Mike Mussina had thrown an 81-mile-an-hour curveball that spun at Ichiro's legs, a nasty pitch with nasty placement. Left-handed hitters like Ichiro usually swing over the ball, or beat it into the ground foul, or skip over the ball. But Ichiro somehow drew his hands and bat into the ball's flight path and smashed a hit between Mussina and shortstop Derek Jeter. To Mussina and other Yankees, it was evidence of exceptional **eye-hand coordination**, an instant of uncommon greatness.

"His **hand-eye coordination** has to be unbelievable," Martinez said.

28

音楽演奏における知覚と運動



演奏者はこれらの処理を瞬時にこなす

29



30

| | | | |
|-----------------------|---|---|--------------------|
| 講座No. KH-06 | ルネサンス音楽と脳科学 — リュートの響きを楽しみながら — | 受講回数 3 回 | アカデミックポイント (P.●●●) |
| 実施場所 深草 紫光館 | 開講日時 6月20日～7月4日(土曜日) 13:15～14:45 | 受講料(税込) 会員 / 4,150円 一般 / 6,040円 | 定員 40名 |
| 講座概要 | | 音楽を聴いたり演奏したりすることを楽しみにしている方がたくさんおられます。確かに音楽を聴くことは楽しいですし、演奏することは脳にも良いという話もあります。では、音楽を聴いたり演奏したりするときに、私たちの脳はどのような状態になっているのでしょうか。本講座では、ルネサンス音楽に焦点をあて、リュートとその音楽について紹介しながら、脳科学などの視点から、脳と音楽の関係について考えていきます。また、関西の若手リュート奏者の小出智子さんの実演を交えて、ヨーロッパ各国のリュート音楽の響きを楽しんでいただきながら、演奏者が楽譜を読み、それを音楽として演奏していく過程を解説します。(2019年度の「ルネサンス音楽の音を探る—リュートの響きを楽しみながら—」の姉妹編ですが、内容として重複はしていません) | |
| 講座日程 | | (1) 6月20日(土) 「人間の情報処理」として、音と聞こえのしくみ、聴覚の特性などの説明を交えて、脳の機能と情報処理について解説するとともに、リュートについても紹介します。 担当：小堀 聡 (2) 6月27日(土) 「脳での音と音楽の処理」として、音の3要素と音楽の3要素などの説明を交えて、脳での音と音楽の処理について解説します。 担当：小堀 聡 (3) 7月4日(土) 「リュートの楽譜と演奏」として、リュート音楽の実演を交えて、演奏者がどのように楽譜を読み、演奏していくのかについて解説します。 担当：小堀 聡、小出 智子 | |
| 講師紹介 | | 小堀 聡 (こぼり さとし) 龍谷大学理工学部教授 生体情報処理と認知科学の立場から、知覚と運動、記憶と学習、問題解決などに関する研究に従事。近年は、ヒアノギターの演奏を題材にして、楽器演奏における認知過程に関する研究も行っている。学生時代よりルネサンス・リュートを学び、アマチュア奏者として活動。 | |
| 受講対象者 | | 小出 智子 (こいで ともこ) リュート奏者 同志社大学英文学科卒業後、リュートを始める。これまでに佐野健二氏、平井満美子氏、つのだたかし氏、ポール・オデット氏に学ぶ。関西を中心に、リュートソロ、通奏低音、伴奏、民族楽器との共演など、多方面で演奏活動を行っている。 | |

31

(3)「心の研究」

心の研究の流れ

32

心の研究の流れ

ヒポクラテス(BC4世紀)

心の座は脳にある

デカルト(17世紀)

心身二元論:心と体の働きを完全に分離

心=自由意思, 理性, 創造性

→科学の対象 ではない

体=機械の原理, 刺激と反応

→科学の対象となる

33

行動主義心理学(20世紀初頭～)

人間や動物の行動を調べるだけでよい

行動=外界の刺激に対する特定の反応

行動について科学的に研究するのに, 心の概念を用いる必要はない

実験室での「条件付け」を観測, 法則化する

ゲシュタルト心理学(20世紀初頭～)

高等動物の行動は刺激と反応では説明できない面が多い

思考作用を対象とする

行動=外界の刺激に対する合理的な適応

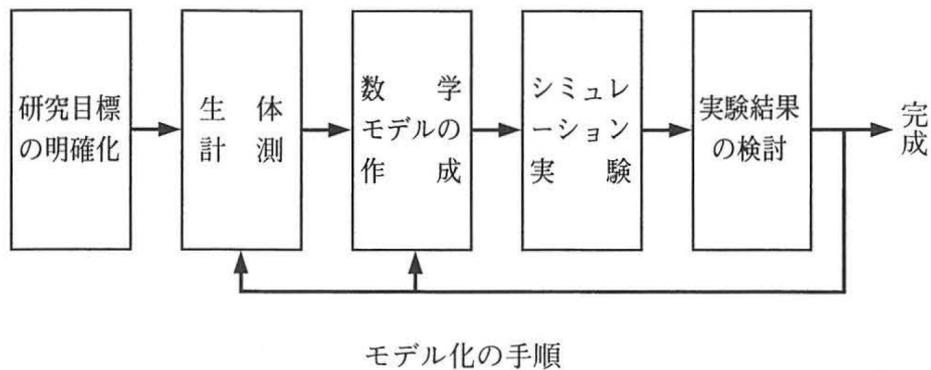
内観(感じたことを言葉で表現させる)を基礎とする

34

認知心理学

心を脳のソフトウェアと考え、情報处理的アプローチをとる

モデル化とシミュレーションによる分析

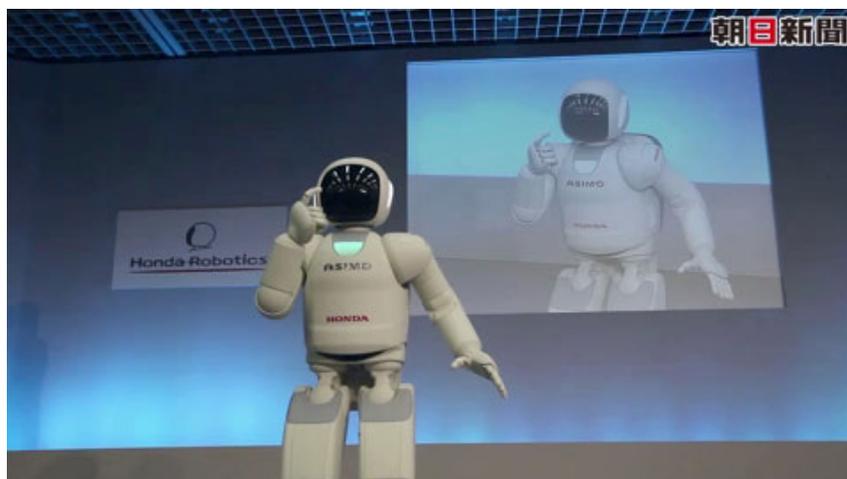


認知モデルとは

- 被験者実験の結果から得られた知見をモデル化する
- モデル化したものを元に、コンピュータプログラムを作成し、シミュレーションする
- シミュレーションした結果と実験結果を比較し、問題があれば、モデルを修正する
- これらの繰り返しにより認知モデルがより適切なものになる
- そして、シミュレーションプログラムは結果的に人工知能となる

36

認知モデルを使ったロボットの例



37

(4) 記憶と学習

記憶と学習の定義
さまざまな記憶
記憶と学習のモデル

38

記憶と学習の定義(心理学的立場)

記憶と学習

両者は非常に密接に関連, 厳密に区別することは難しい場合もある

学習

経験がのちの行動に影響するようかたちで「こころ」の中味に比較的永続的な変化を生じさせること

知識構造に比較的永続的な変化を生じさせること(認知科学的立場)

※学習が成立するためには記憶が必要

39

記憶

(広義) 経験の効果を経験を越えて存続させるもの

(狭義) 「情報を蓄える」(受動的)

「おぼえる」・「思い出す」(意図や意識を伴う)

3つの側面: 記憶機能, 記憶システム, 記憶情報

40

さまざまな記憶

記憶の過程:

記銘(符号化), 保持(貯蔵), 想起(検索)

短期記憶(一次記憶)

意識として心の中に留めている内容

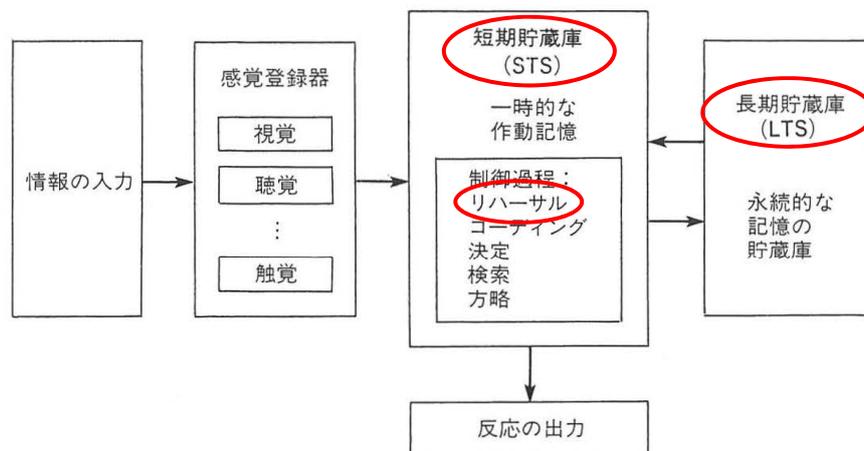
長期記憶(二次記憶)

必要に応じて意識化されたり, 無意識的な行動として現れたりする過去の膨大な記憶

41

2貯蔵庫モデル

短期貯蔵庫と長期貯蔵庫



二重貯蔵モデル

42

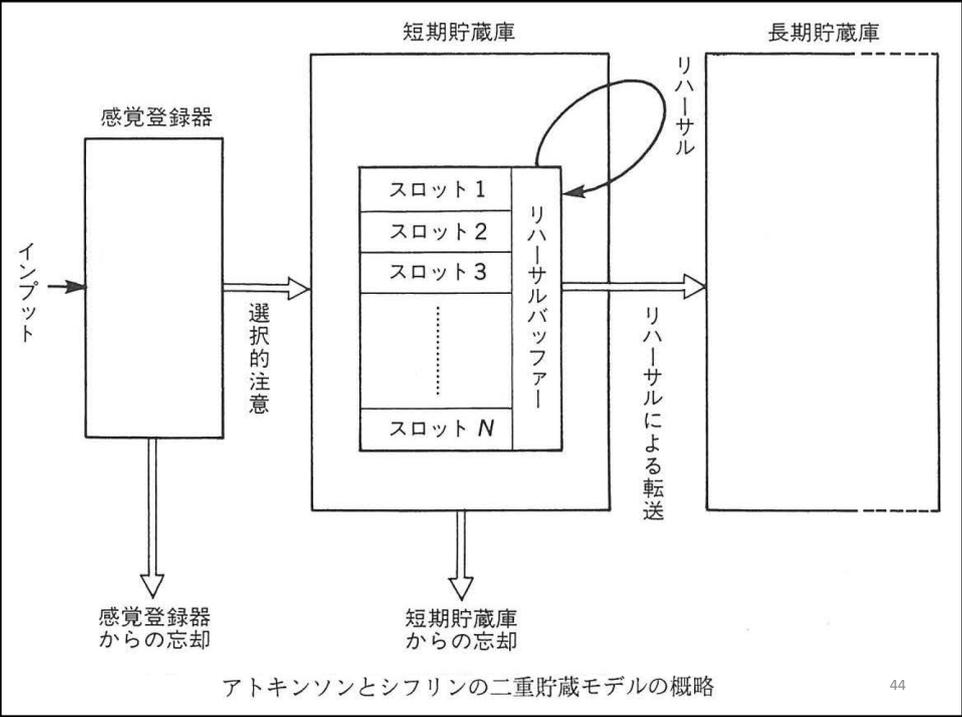
リハーサル
 短期記憶の容量は小さく、リハーサルしていないと減衰する
 しかし、リハーサルを繰り返した情報は長期記憶となる

維持リハーサル
 短期貯蔵庫にとどめておくリハーサル

精緻化リハーサル
 長期貯蔵庫への転送の原因となるリハーサル
 (関連付けやイメージ化)

「マジカルナンバー7±2」
 短期記憶の容量は、項目あたりの情報量によらず、7項目程度

43



宣言的記憶

さまざまな「事実」に関する記憶

手続き的記憶

作業を行うときに参照する「やり方」に関する記憶

意味記憶

単語の意味や概念などに関する記憶, 一般的な記憶

エピソード記憶

特定の時間や場所などの文脈情報を含む, 個人が過去に経験した出来事に関する記憶

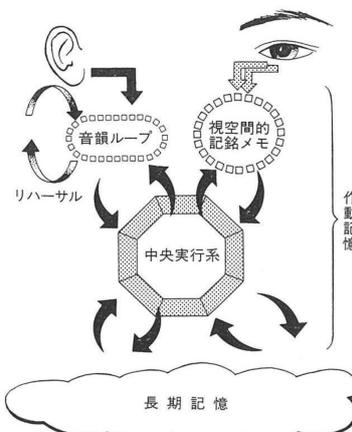
45

作動記憶(作業記憶)

短期記憶の概念を発展させたもの

認知過程での情報の処理機能を重視する

記憶以外の認知機能との関わりを捉えようとする



バドリーの作動記憶のモデルの概略図

46

記憶と学習のモデル(情報处理的立場)

記憶情報の表現

記号表現

記号処理モデル: 1つの対象を1個の記号に対応させる

思考や言語に関わる記憶・学習のモデルに適している

パターン表現

パターン情報処理モデル: 多くの情報単位からなるパターンの集まりで表現する

47

局所表現

1個のニューロンによって1つの対象を記憶する
→認識細胞(おばあさん細胞)モデル

分散表現

多数のニューロンに分散して情報が保持される

スパース表現

一部のニューロン群にわたって表現される

神経回路網(ニューラルネットワーク)による記憶と学習のモデル化

ニューロンの可塑性が脳の記憶機能の根拠

48

(5)「神経細胞」

ニューロン
ニューロンのモデル
神経回路網のモデル
シナプスの可塑性

49

ニューロン

脳を構成する細胞:

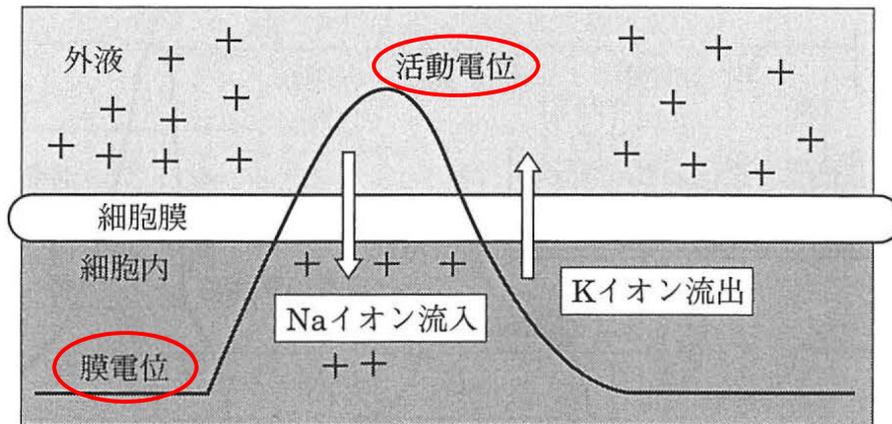
ニューロン(神経細胞)とグリア細胞

ニューロン:約1000億個, 情報処理を行う

グリア細胞:ニューロンの10倍以上の個数, 栄養供給
などニューロンの活動を補助

50

静止電位: 静止状態での膜電位, 約 -70mV ~ -90mV
 活動電位: 興奮により発生する膜電位, 約 $+40\text{mV}$,
 数msec程度(パルス)



細胞膜の興奮とイオンの動きの説明図(時間は左から右に経過)

ニューロン:

細胞体

軸索(神経線維):

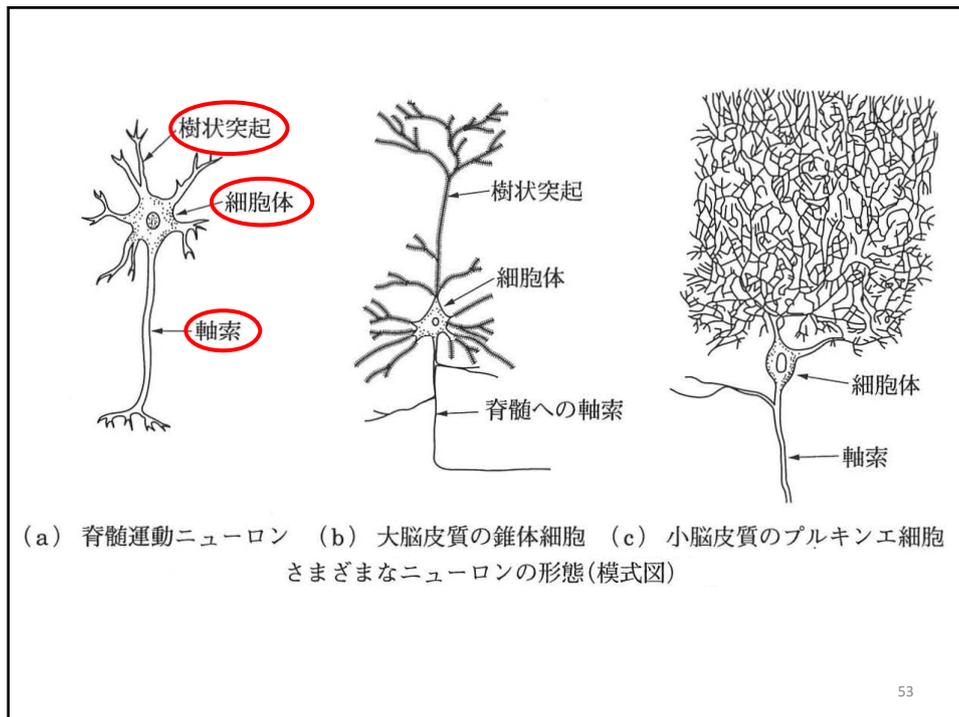
他のニューロンへパルスを送る伝送路

樹状突起:

他のニューロンからの信号を受信

軸索の終末部は樹状突起か細胞体に

シナプスを介して接続



シナプス:

ニューロン間の接続部位

シナプスの終末部はシナプス小頭となり, 標的のニューロンに密着

しかし, 直接は接触せず, 電氣的に絶縁

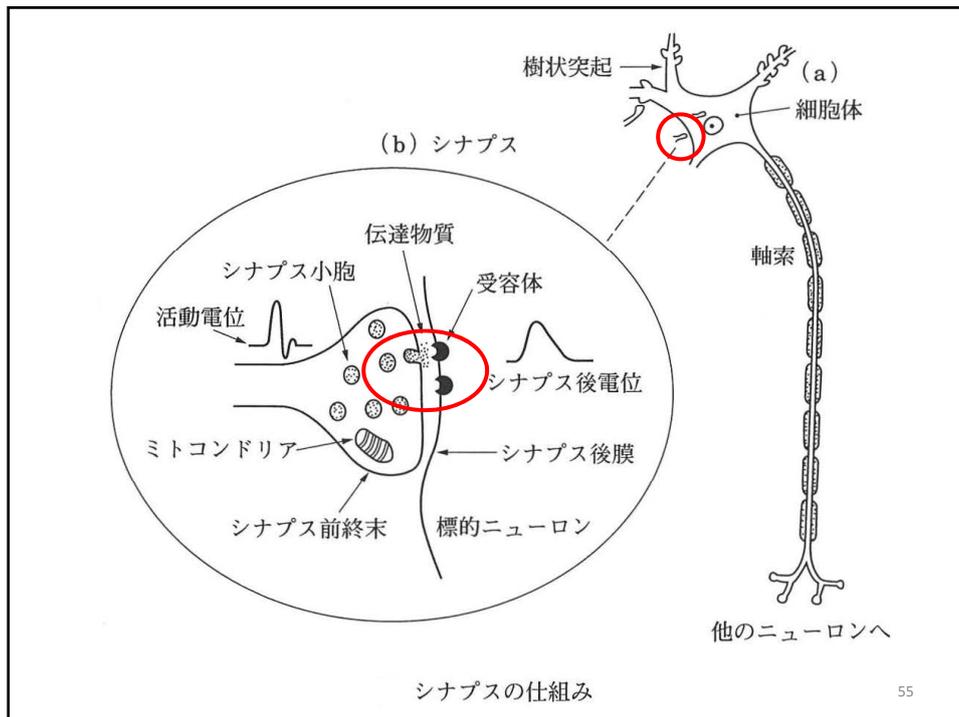
神経伝達物質:

活動電位の伝達により, シナプス小胞から放出(例: アドレナリン)

シナプス後電位:

神経伝達物質により, 膜電位が変化

伝達物質の種類によって興奮性と抑制性のものがある



55

信号の伝達:

活動電位の場所の移動
 神経細胞が持つ多数のシナプスの興奮性および抑制性の電位が
 時間的, 空間的に加重されたものが,
 閾値を越えると,
 活動電位が発生, 他に伝達される
 神経細胞内では, 信号は変化しない

56

以上をまとめると…

入力: 他の多くのニューロンからシナプス結合を介して
情報を受け取る

処理: 入力の総和が, ある値を越えるとパルスが発生

出力: シナプス結合を介して他のニューロンに情報を
送る

シナプス結合には興奮性と抑制性のものがある

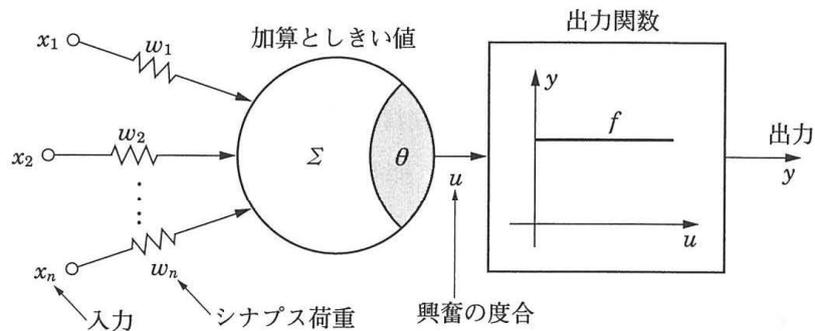
57

ニューロンのモデル

形式ニューロンモデル: (マカローとピッツ)

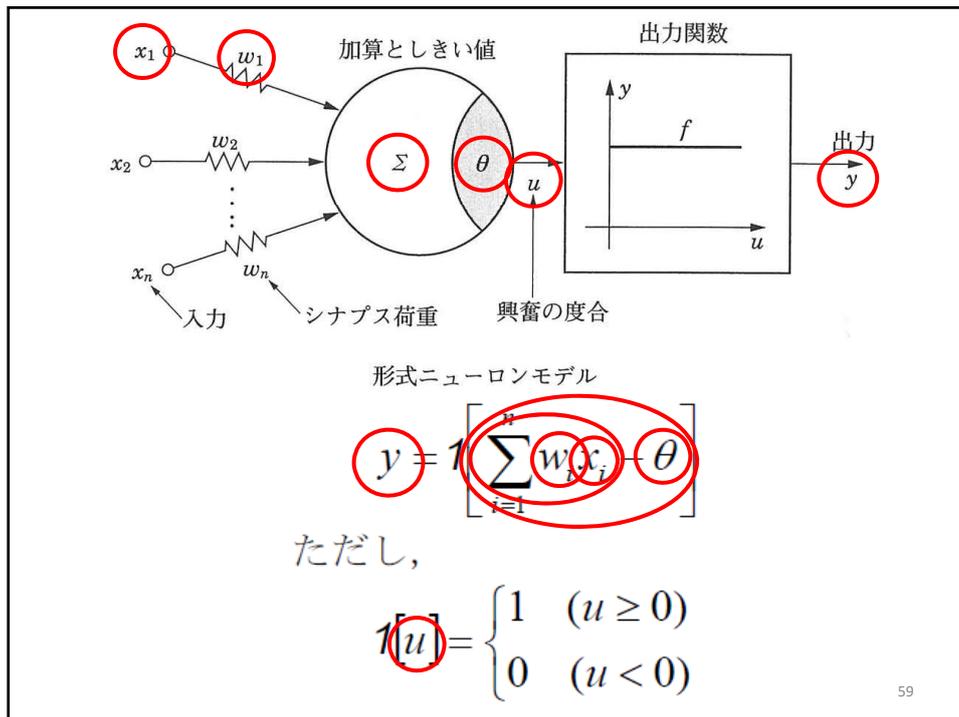
空間的加算と閾値処理だけに単純化したもの

しかし, 原理的な計算能力は汎用計算機と同等



形式ニューロンモデル

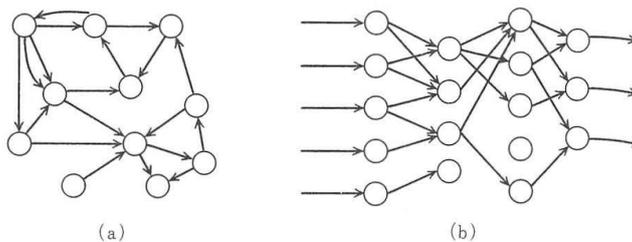
58



神経回路網(ニューラルネットワーク)のモデル

ニューロンに対応した多数のユニットを結合させ、ネットワークを構成

階層的であるか、相互結合的であるか、さらには、フィードバック結合を含むか含まないか、などにより、分類される



巡回型神経回路(a)と写像型神経回路(b)

60

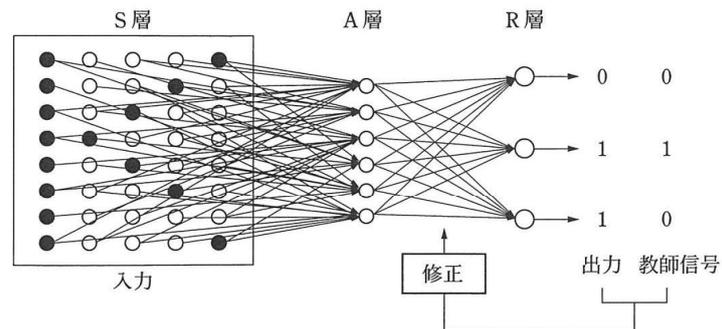
2つの観点

ニューロン間をどのように結合するか

(アーキテクチャ, 自己組織化)

ニューロン間の結合の強さをどのように決定するか

(学習)



単純パーセプトロン

61

シナプスの可塑性

記憶・学習の本質: 脳の可塑性

シナプス結合の可塑性: 新しいシナプスの形成

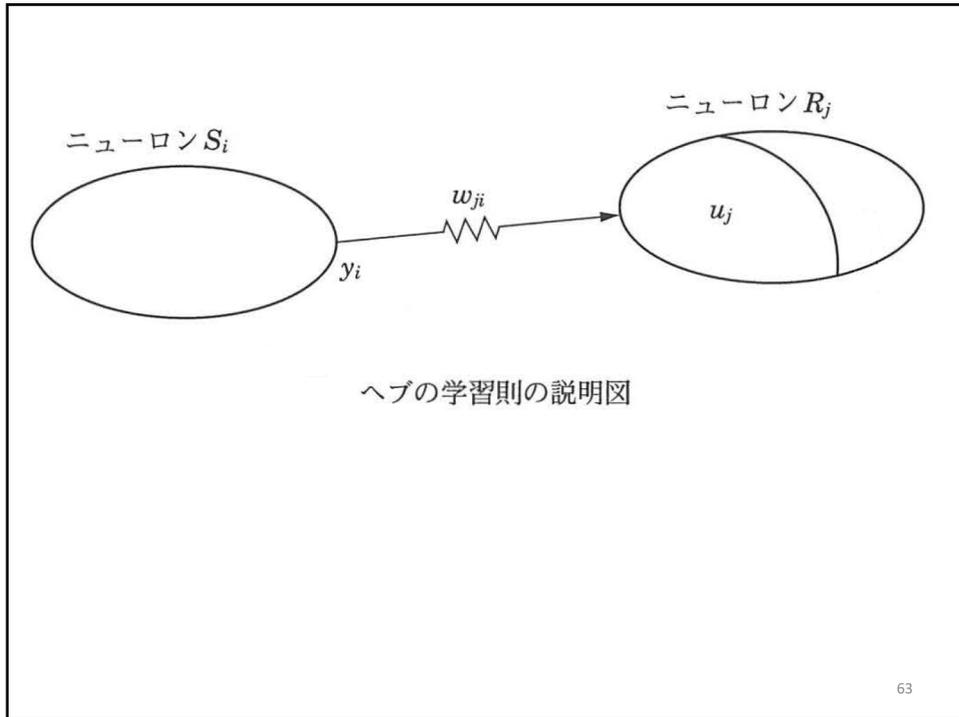
シナプス伝達の可塑性: 伝達効率の増加(長期増強)と減少(長期抑制)

ヘブの学習則:

シナプス前細胞からシナプス後細胞へのシナプスが活性化され, 同時にシナプス後細胞が興奮したときのみ, このシナプスが增強される,

つまり, 伝達効率(シナプス荷重)は増加する

62



(6)「脳の機能」

中枢神経系
思考のシステム

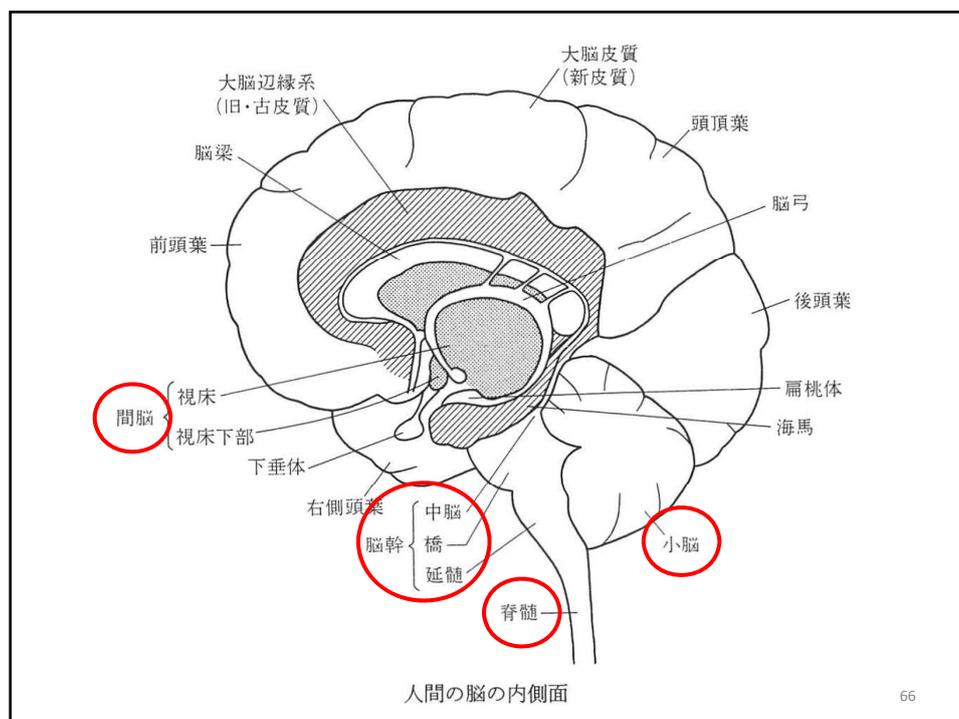
中枢神経系

脳: 大脳, 小脳, 脳幹, 脊髄

小脳: 運動の調節と学習

脳幹: 間脳, 中脳, 橋, 延髄の総称
(生命維持の中枢)

65



66

間脳:

視床(感覚情報を中継する神経核がある)
 視床下部(自律神経系とホルモン系を支配)
 下垂体(各種ホルモンを分泌)

中脳:

上丘(視覚系のニューロン),
 下丘(聴覚系のニューロン)

橋:聴覚情報の中継

延髄:呼吸, 循環, 消化などの調節

脊髄:頸髄, 胸髄, 腰髄, 仙髄

67

大脳:

旧皮質, 古皮質(大脳辺縁系):

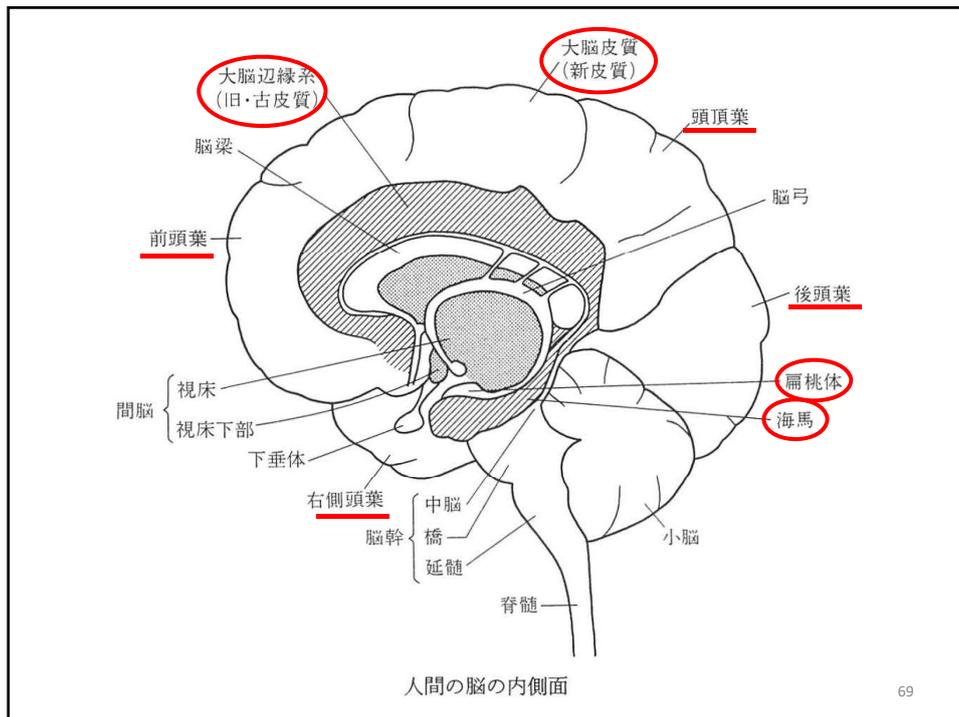
辺縁皮質(海馬, 梨状皮質),
 扁桃体, 中隔核(本能的行動)

新皮質:

感覚, 知覚, 認知, 学習, 記憶, 思考などの
 高度な情報処理, 運動の指令などの制御

4つの領域:前頭葉, 頭頂葉, 後頭葉, 側頭葉

68



69

視覚野:後頭葉
 聴覚野:側頭葉
 体性感覚野:頭頂葉
 運動野:前頭葉
 連合野:

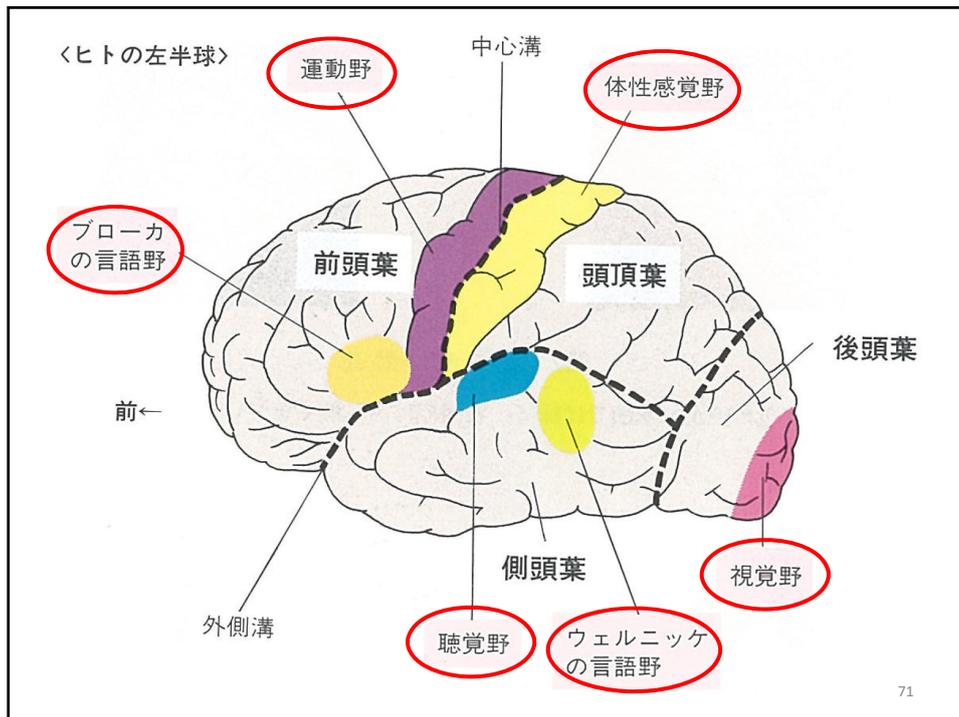
上記以外の部分, 前頭葉, 頭頂葉, 側頭葉にある,
 大脳皮質の2/3程度を占める
 各種の感覚情報を高次の処理をし,
 行動パターンを決定, 指令する

言語野:

運動野の前方
 (運動性言語野=ブローカの言語野)

聴覚野の後方
 (感覚性言語野=ウェルニッケの言語野)

70



思考のシステム

大脳皮質

多くの皮質下構造によって支えられている

視床

大脳皮質に感覚信号を送り込む中継基地,
脳波の発生源

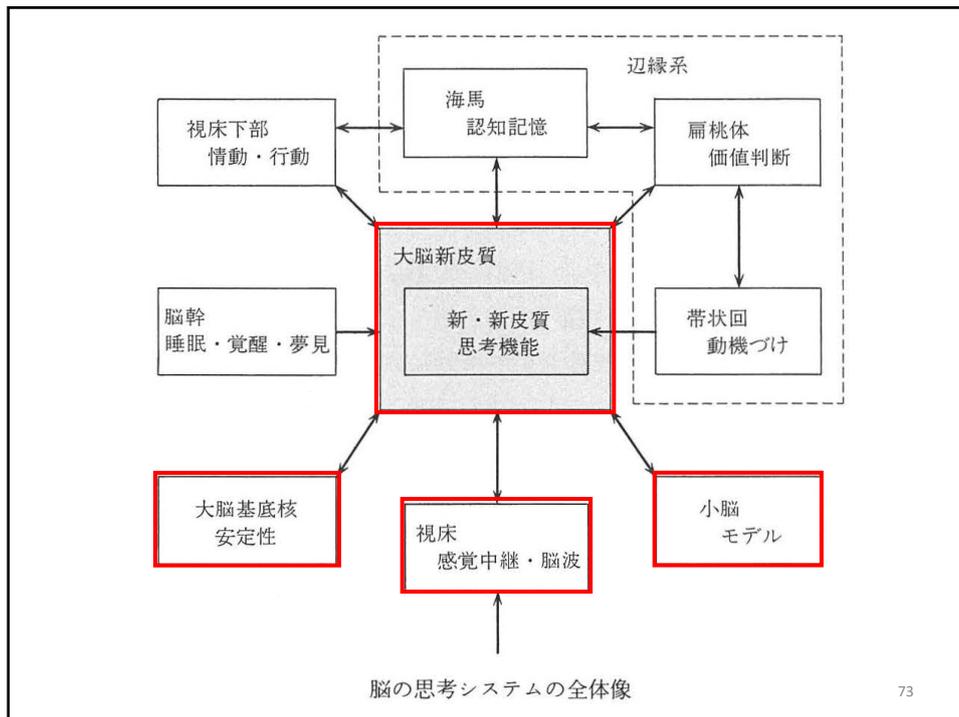
大脳基底核

大脳皮質の全面から入力を受け一方,
前頭葉に出力を返す, 運動の安定性に関与

小脳

大脳皮質と密接な相互結合,
運動や思考の際のモデルの役割

72



海馬

新皮質での記憶の固定に関与

扁桃体

脳の受ける刺激の生物学的価値の判断

視床下部

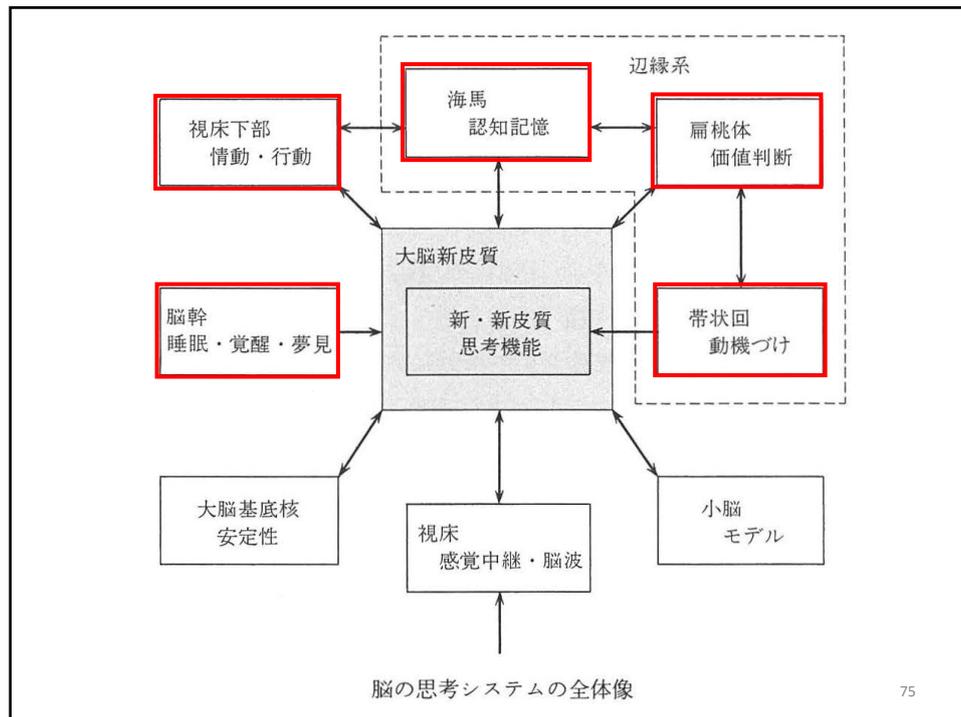
扁桃体の出力が送られてきて、情動を引き起こす

帯状回

動機付けの中枢

脳幹

睡眠・覚醒機能



実験的神経科学(参考)

神経生理学, 神経解剖学, 神経生化学, 神経学などの基礎医学や神経心理学, 臨床神経学などによるアプローチ

機能局在の研究

全体論と対立

研究方法

脳疾患の臨床観察

破壊実験

脳機能イメージング (PET, MRI, SQUIDなど)

76

情報表現の研究

反応選択性

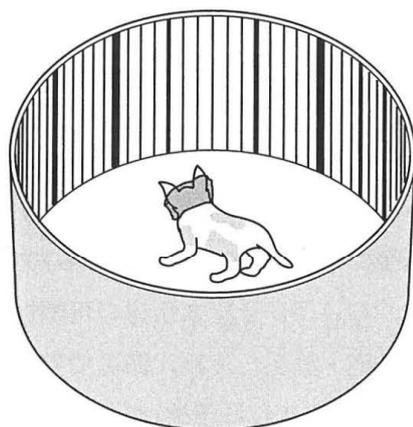
視覚系の神経細胞は, ある特定の図形に
選択的に反応する特性をもつ

シナプス可塑性

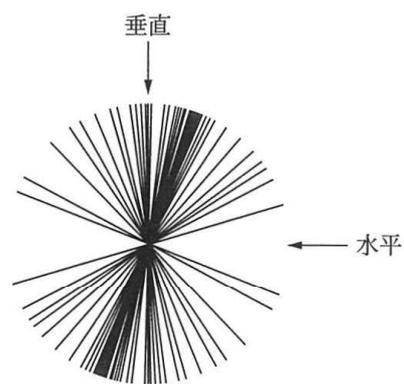
学習により獲得, 神経細胞活動により
シナプス結合が変化

シナプス可塑性→反応選択性→認知

77



(a)



(b)

縦縞の中で生育された子ネコと単純型細胞の応答

78

理論的神経科学(参考)

神経回路や脳に関する理論やモデルに基づく研究

脳の計算理論(マー)

脳を理解するための3つのレベル

3つのレベルを統一的行うこと, つまり, 脳の実験的
科学で明らかにされた脳のハードウェアの知識を
拘束条件とする理論的研究, 逆に計算論的予測に立
脚した脳の実験的研究が必要である

79

計算理論のレベル:

知的機能を脳が解いている計算問題としてとらえ,
それを明らかにする

表現とアルゴリズムのレベル:

その計算問題がどのような計算手続きで, またどの
ような表現形式を用いて解かれているかを知る

ハードウェアのレベル:

そのアルゴリズムを実行する脳の演算装置の構造
を知る

80

(7)「認知科学の広がり」

認知科学の研究課題
ロボットとの関係
医療・福祉との関係
コミュニケーションとの関係
デザインとの関係
芸術との関係

81

認知科学の研究課題

以下に事項に関する問題の解明

- 脳や心における情報の表現と利用
- 脳の諸機能と心の諸機能の対応
- 人間の活動の場における脳と心の働き
- 情動, 注意, 意識の機能などの脳と心の働き
→ロボット, 医療, 福祉, 教育, コミュニケーション, デザイン, 芸術, 創造性などへの応用

82

ロボットとの関係

身体性の研究

人間は脳だけでなく、身体があって初めて心をもつことができる(身体性)。

認知科学などの知見をもとにロボットを作るというだけでなく、ロボットを作ることで人間の心を研究していく

83

人間とロボットの相互作用の研究

人間とロボット間のコミュニケーションが、ロボットが相手の人間と同じようなジェスチャーをすることによって円滑に進むとされる

※同様の比較研究は、赤ちゃんや動物を対象としても可能である

84

医療・福祉との関係

心の障害と総合的なケア

心の働きを脳や社会に結びつけて、総合的な心のケアにあたることが大切

自閉症への対応

医療だけでなく、多様な心の働きや行動に対応する総合的な心のケア、またそれを可能にするコミュニティや社会システムの整備が不可欠である

85

認知症への対応

脳の局所的な働きだけでなく、広い範囲にわたる心や身体の働きを理解しなければならない。また、認知症は社会のあり方と深い関係にあることも考慮しなければならない

86

コミュニケーションとの関係

ネットワーク社会のコミュニケーション

コミュニケーションの方法がマスメディアから個人同士の情報の交換や共有へと変化

コミュニティの規模

直接対話の可能な安定的な集団の人数(ダンバー数)は150人程度(100~230人)とされるが、ソーシャル・ネットワーキング・サービス(SNS)の参加者は数億から数十億人とされる

87

実社会とのコミュニケーションの違い

第1に、コミュニケーションの中で知覚される情報の質と量が異なる。第2に、意識下の働きが異なる。第3に、相手と情報を共有するための心の働きが異なる。第4に、コミュニケーションを行う共同体の質に違いがある。第5に、記憶や思考の方略に違いがある

インターネットを介したコミュニケーションでは、参加者の数を多くすることはできるが参加者同士のつながりは緩く、開放的になる。SNSで円滑なコミュニケーションが取れるケースの多くは直接会ったことのある場合だと言われる

88

デザインとの関係

デザイン

目標をより良く達成できるように、人々との関係、社会や環境とのかかわり、また将来の予測まで含め、いろいろな要因をバランス良く検討し、計画や構想をつくりあげる活動。人間のほとんどの情報処理のメカニズムが関わっている

89

インタフェース

異なるものの間に何らかの関係がつくられ、維持されるための相互作用の起こる場とその働きの総称

アフォーダンス(ギブソン)

もともと環境に埋め込まれている性質

知覚されたアフォーダンス(ノーマン)

環境との相互作用の方法をユーザが知ることによって行動が限定されるもの

90

バリアフリーデザイン

障害をもつ人が健常者と同じように生活できる環境のデザインのこと

→心の障害についても広げていくべきである

ユニバーサルデザイン

障害の有無だけでなく、体の大小、性別、国籍、人種、文化や言語などの違いを超えて、できるだけ多くの人が使えるようにするデザインのこと。

91

芸術との関係

感性

美しさや心地よさ、他者の気持ちや周囲の状況などを、言葉や概念を経由せずに感じ取る心の働き

音楽心理学

リズムやピッチの効果から、人はなぜ音楽に親しむのかといったテーマに至るまで、人が音楽を感じ取る感性の働きが研究されている。言葉と音楽の共通点を探る研究もある

92

芸術心理学

アルンハイムは、ゲシュタルト心理学派が提唱したプレグナンツの法則(良い形態の法則=似ていたり安定していたり規則性のある形として対象の形を知覚する傾向があること)に影響を受け、芸術作品を創造したり鑑賞したりするときの心の働きを研究

神経美学

ゼキは、絵画とは、視覚情報の特定の特徴が脳の視覚系の働きによって抽出され、構造化されたものとした

93

普遍性と個別性

人間の心の働きには、状況に依存しない普遍性があり、その一方で社会や文化への状況依存性もあるという両義性がある。社会や文化によって何を美しいと感じるかが変わることも事実である

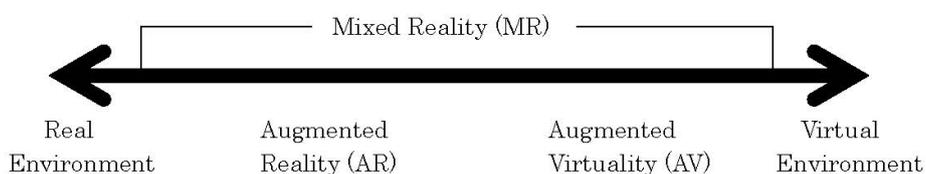
94

複合現実感(MR) (参考)

人工現実感: コンピュータ内に人工的に構築された世界を体験 (仮想現実感ともいう)

※ virtual は, 実質上のという意味であり, 仮想的とはニュアンスが異なる.

複合現実感: 現実世界と人工世界を融合し活用
MRではARとAVを包含



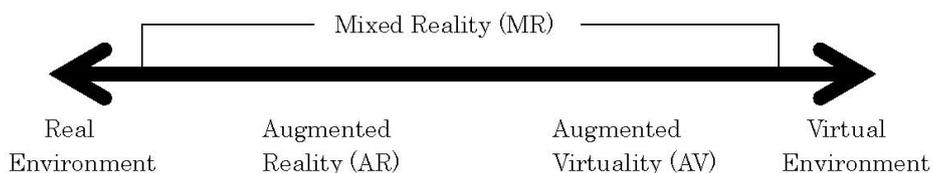
95

AR: 現実世界を電子的に増強・拡張

例: シースルーHMDに人工データを表示し, 現実世界を眺める

AV: 人工世界を現実世界の生データで強化

例: CGIに実写映像を加える



96



ブレイン・マシン・インタフェース (brain-machine interface; BMI) (参考)

人間の脳の神経細胞の活動(微弱な電流)を測定し、解析することで、人間の意思を読み取り、電気信号に変換することで、情報伝達の仲介をする。

出力型BMI: 脳の情報を読み出して機械に出力

入力型BMI: 脳に入力される感覚情報を機械で生成

非侵襲式: 頭皮に電極を配置した網を被せる

侵襲式: 頭部を切開して電極を埋め込む

応用例

機能代償

人工内耳:聴覚機能の代償(入力型)

人工網膜:視覚機能の代償(入力型)

脊髄損傷:運動, コミュニケーション機能の代償
(出力型)

リハビリ訓練・治療 ※倫理面の問題もある

ロボットの制御

スポーツ

エンターテイメント

軍事

99

(8)「教育への応用」

教育とコミュニケーション

能動的な学習

学習の科学

テクノロジーの活用

100

教育とコミュニケーション

教育(学習・学び)は, コミュニケーションが中心
的な役割を果たす分野

教育: 教え込むというイメージ

学習: 能動的に学ぶというイメージ, しかし, 行
動主義的な強化のイメージもある

学び: 柔らかいイメージ

101

能動的な学習

協働学習やプロジェクト学習などは, 学習内
容を習得するだけでなく, コミュニケーションの
取り方を体得することも目的となる

102

受け身の教育から自律的な学習へ

一人の先生がたくさんの児童生徒を教える一斉授業だけでなく、

協働学習によってコミュニケーションの力を向上させること、

他人が理解できるように書くことによって思考の内容をはっきりさせること、

大勢の前で話すことによってことばの力を向上させることを目的とする

103



能動的に動く子ネコと受動的に動かされる子ネコに
同一の視覚刺激を与える装置

104

学習の科学

認知科学の成果を学習の実践に応用するという考え方は、すでに1970年代に生まれていた

学習科学

学習の文化的な状況や文脈を重んじ、学習者が社会的な文脈に参加し、そこでの実践を通して心の中に知識をつくりあげていく

デザイン実験

実践の方法をデザインしていく中で検証も行っていく

105

学習科学に対する批判

個別の状況や文脈に依存した観察では多様な学習のありかたを支える理論やモデルを構成することは困難ではないか

状況に依存した学習で得られた知識はその状況以外では使いにくいのではないか

多様な状況に臨機応変に応用できる柔軟で一般的な知識や、それを使いこなす方法こそ学ぶべきではないか

106

一人で学ぶことには、自分の考えをしっかりとめていける長所とともに、自分の考えだけに閉じてしまいがちな弱点もある

学習障害や発達障害などに対応する学習方法を考え、実践していくことも重要な課題

107

テクノロジーの活用

新しい学習環境の構築

デジタル技術やネットワーク技術を活用して能動的な学習の方法を身につけられる新しい学習環境を開発していくことも重要

デジタル機器の利用

デジタル携帯端末を使って学習する子どもにとって大事なことは、教材を読んだり、検索したり、デジタルノートにメモを書いたり、まとめたり、ネットを使ったりするとき心の中で働くメンタルモデルと、端末を使う運動の働きが整合することである

108

東大特任教授・三宅なほみさん死去 協調学習を提唱

2015年6月2日00時11分

三宅なほみさん（みやけ・なほみ＝東京大学大学総合教育研究センター特任教授）が5月29日死去、65歳。葬儀は近親者で行う。後日、関係者でお別れの会を開く予定。

主に小中学校や高校での授業改善に取り組み、対話や教え合いを重視する「協調学習」を提唱。東大の「大学発教育支援コンソーシアム推進機構」の副機構長を務めて全国各地の教育委員会などと連携し、授業実践を重ねた。今年1月から、学習指導要領改訂に向けて教育課程を議論する中央教育審議会教育課程企画特別部会の委員を務めていた。

109

事例紹介(1)

知識構成型ジグソー法 (大学発教育支援コンソーシアム)

<http://coref.u-tokyo.ac.jp/archives/5515>

素材: 東大リソース

出張授業／教材／ウェブ講義

三省堂数学教科書／UT-eTEXT

実践: 使い方キット

小学校／中学校／高等学校

理論: 学習科学

学習科学とは

学譜

110

STEP.0 問いを設定する

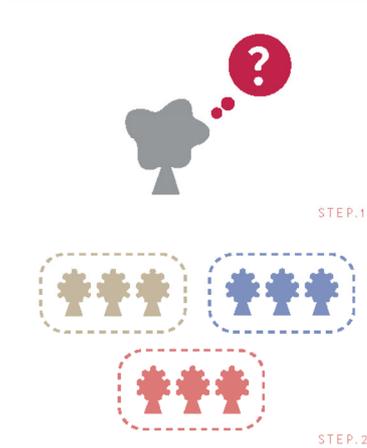
まず先生は、単元での「問い(課題)」を設定します。この時、既に知っていることや、3つか4つの知識を部品として組み合わせることで解けるものになるように設定し、その問いを解くのに必要な資料を、知識のパートごとに準備します。

STEP.1 自分のわかっていることを意識化する

「問い」を受け取ったら、はじめに一人で今思いつく答えを書いておきます。

STEP.2 エキスパート活動で専門家になる

同じ資料を読み合うグループを作り、その資料に書かれた内容や意味を話し合い、グループで理解を深めます。この活動をエキスパート活動と呼びます。担当する資料にちょっと詳しくなります。



111

STEP.3 ジグソー活動で交換・統合する

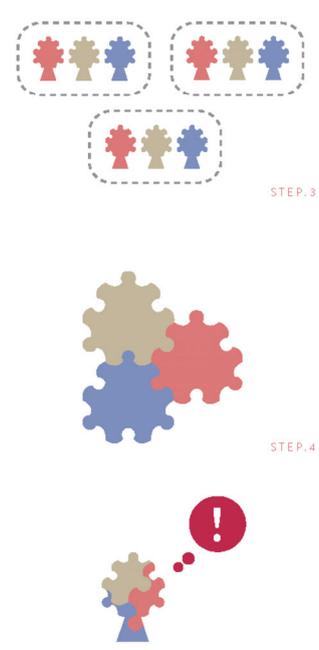
次に、違う資料を読んだ人が一人ずついる新しいグループに組み替え、さきほどのエキスパート活動でわかってきた内容を説明し合います。このグループでは、元の資料を知っているのは自分一人なので、自分の言葉で自分の考えが伝わるように説明することになります。この活動が、自分の理解状況を内省したり、新たな疑問を持つ活動につながります。同時に他のメンバーから他の資料についての説明を聞き、自分が担当した資料との関連を考える中で、理解を深めていきます。理解が深まったところで、それぞれのパートの知識を組み合わせ、問いへの答えを作ります。

STEP.4 クロストークで発表し、表現を見つける

答えが出たら、その根拠も合わせてクラスで発表します。他者の意見に耳を傾けて、自分たちも全体への発表という形で表現を直します。各グループから出てくる答えは同じでも根拠の説明は少しずつ違うでしょう。互いの答えと根拠を検討し、その違いを通して、一人ひとりが自分なりのまとめ方を吟味するチャンスが得られ、一人ひとりが納得する過程が生まれます。

STEP.5 一人に戻る

はじめに立てられた問いに再び向き合い、最後は一人で問いに対する答えを記述してみます。



112

事例紹介(2)

魔法のプロジェクト:

<https://maho-prj.org/>

障害児のためのモバイル端末活用事例研究

東京大学先端科学技術研究センター
+ソフトバンクグループ+研究協力校

学ぶことに困難のある子どもたちの学びや生活を、携帯電話・スマートフォン等の情報端末等テクノロジーで支援するためのプロジェクト

113

参考資料1

※印はレジュメの図の引用元

(認知科学・認知心理学)

赤澤 堅造:生体情報工学. 東京電機大学出版局(2001)※

樋渡 涓二 編著:視聴覚情報概論. 昭晃堂(1987)※

橋田 浩一 他著:岩波講座 認知科学1 認知科学の基礎. 岩波書店(1995)

安西 祐一郎 他著:岩波講座 認知科学2 脳と心のモデル. 岩波書店(1994)※

川人 光男 他著:岩波講座 認知科学3 視覚と聴覚. 岩波書店(1994)

川人 光男 他著:岩波講座 認知科学4 運動. 岩波書店(1994)※

市川 伸一 他著:岩波講座 認知科学5 記憶と学習. 岩波書店(1994)

伊藤 正男 他著:岩波講座 認知科学6 情動. 岩波書店(1994)

橋田 浩一 他著:岩波講座 認知科学7 言語. 岩波書店(1995)

中島 秀之 他著:岩波講座 認知科学8 思考. 岩波書店(1994)※

安西 祐一郎 他著:岩波講座 認知科学9 注意と意識. 岩波書店(1994)

114

参考資料2

- 乾 敏郎 編: 認知心理学1 知覚と運動. 東京大学出版会 (1995)※
 高野 陽太郎 編: 認知心理学2 記憶. 東京大学出版会 (1995)※
 大津 由紀雄 編: 認知心理学3 言語. 東京大学出版会 (1995)
 市川 伸一 編: 認知心理学4 思考. 東京大学出版会 (1996)
 波多野 誼余夫 編: 認知心理学5 学習と発達. 東京大学出版会 (1996)
 御領 謙 他著: 新心理学ライブラリ7 認知心理学への招待 (改訂版). サイエンス社 (2016)※ (資料には旧版を記載)
 北原 義典 著: イラストで学ぶ 認知科学. 講談社サイエンティフィック (2020)

115

参考資料3

- (人工知能)
 竹内 郁雄 編: AI 人工知能の軌跡と未来 (別冊日経サイエンスNo.216). 日経サイエンス社 (2016)
 人工知能学会 監修, 松尾 豊 編著: 人工知能とは. 近代科学社 (2016)
 小高 知宏: 人工知能入門. 共立出版 (2015)※
 坂本 真樹: 坂本真樹先生が教える 人工知能がほぼほぼわかる本. オーム社 (2017)※
 谷口 忠大: イラストで学ぶ 人工知能概論. 講談社 (2014)
 新井 紀子: AI vs. 教科書が読めない子どもたち. 東洋経済新報社 (2018) (資料には未記載)
 (学習科学)
 三宅 なほみ, 白水 始: 放送大学教材 学習科学とテクノロジー. 放送大学教育振興会 (2003)
 三宅 なほみ 監訳: 21世紀型スキル. 北大路書房 (2014)
 三宅 なほみ 他編著: 協調学習とは. 北大路書房 (2016)

116



参考資料4

(その他・新書など)

岡ノ谷 一夫: 言葉はなぜ生まれたのか. 文藝春秋社(2010)

酒井 邦嘉: 脳を創る読書. 実業之日本社(2011)

川人 光男: 脳の情報を読み解くBMIが開く未来(朝日選書). 朝日新聞出版(2010)

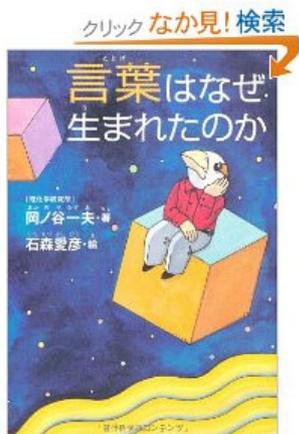
今井 むつみ: ことばと思考(岩波新書). 岩波書店(2010)

開 一夫: 赤ちゃんの不思議(岩波新書). 岩波書店(2011)

安西 祐一郎: 心と脳—認知科学入門(岩波新書). 岩波書店(2011)

理化学研究所 編: 脳科学の教科書 神経編(岩波ジュニア新書). 岩波書店(2011)

理化学研究所 編: 脳科学の教科書 ころ編(岩波ジュニア新書). 岩波書店(2013)



言葉はなぜ生まれたのか 岡ノ谷 一夫

119

参考資料5

- 藤井 直敬:岩波科学ライブラリー111 予想脳. 岩波新書(2005)
 乾 敏郎:岩波科学ライブラリー156 イメージ脳. 岩波新書(2009)
 苧阪 直行:岩波科学ライブラリー166 笑い脳. 岩波新書(2010)
 柏野 牧夫:岩波科学ライブラリー168 音のイリュージョン. 岩波新書(2010)
 金井 良太:岩波科学ライブラリー171 個性の分かる脳科学. 岩波新書(2010)
 岡ノ谷 一夫:岩波科学ライブラリー176 さえずり言語起源論. 岩波新書(2010)
 金井 良太:岩波科学ライブラリー209 脳に刻まれたモラルの起源. 岩波新書(2013)
 平田 聡:岩波科学ライブラリー214 仲間とかかわる心の進化. 岩波新書(2013)
 市川 伸一:岩波科学ライブラリー211 勉強法の科学. 岩波新書(2013)
 齋藤 亜矢:岩波科学ライブラリー221 ヒトはなぜ絵を描くのか. 岩波新書(2014)
 佐々木 正人:岩波科学ライブラリー234 新版 アフォーダンス. 岩波新書(2015)

120

参考資料6

小堀 聡: 人間の知覚と運動の相互作用. 龍谷理工ジャーナル, No.60, pp.24-31 (2011)

<http://www.elec.ryukoku.ac.jp/kobori/resume/cog/RJ60-04.pdf>

大学発教育支援コンソーシアム: <https://coref.u-tokyo.ac.jp/>

魔法のプロジェクト: <https://maho-prj.org/>

(个障害児向け)

121

修了認定試験

認知科学を教育現場に活かすには、どのようなことが必要と考えられるでしょうか？

(0) まず、現在の(あるいはこれまでの)ご自身の教育活動を簡単に紹介ください。

そして、本日の講習やご自身の教育活動を踏まえて、以下の2つの点について、それぞれ論じてください。

(1) 教育現場においては、認知科学はどのようなことに応用できるか(あるいは、応用できないとすれば、その理由)。

(2) 教育への応用のために、認知科学ではどのような研究が求められるか。

※ (1)と(2)の分量的な配分は任意としますが、必ず両方の点に触れてください。また、(1)と(2)を総合して論じていただいても構いません。

(解答用紙の裏面に記入する場合は、横開きで続けて書いてください。)

122

問い合わせ先

電子メール:

kobori@rins.ryukoku.ac.jp

Webサイト:

<http://www.elec.ryukoku.ac.jp/kobori>

※担当科目の講義ノートなどもあり

龍谷大学先端理工学部オープンラボ(龍谷祭同時開催)

2021年10月30日(土)~31日(日)

※小堀研究室の公開は30日(土)のみを予定