

生体情報システム
脳とコンピュータ

伊達 章

2006年4月10日

<http://www.cs.miyazaki-u.ac.jp/~date>

講義のテーマ

- 人間を一つの機械とみたらどういうことになるか
- 機械は人間のすることをどの程度まねできるか。
 - ・ 実際の脳を解剖的，生理的に研究
 - ・ 脳のモデルをつくることによる研究
- 「脳はどのような風に動いているのか」，数理モデルを使ってその気分を味わう
- キーワード： 情報表現と計算



教科書・参考書



講義の予定：脳神経回路の生理学的知見とその数理モデル

- 視覚系の情報処理
- 聴覚系の情報処理と音声
- 記憶・学習・自己組織化
- 遺伝子と進化

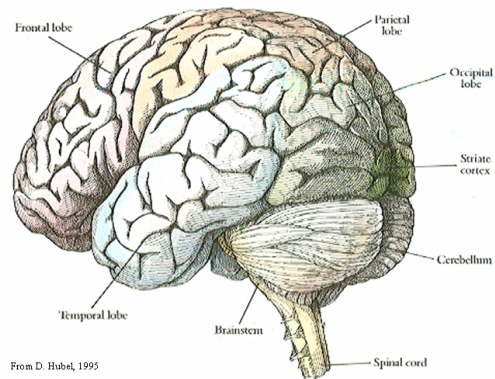
成績の評価

- 定期試験（40%）
- レポート（60%）

講義のテーマ

- 人間を一つの機械とみたらどういうことになるか
- 機械は人間のすることをどの程度まねできるか。
 - ・ 実際の脳を解剖的，生理的に研究
 - ・ 脳のモデルをつくることによる研究
- 「脳はどういう風に動いているのか」，数理モデルを使ってその気分を味わう
- キーワード： 情報表現と計算

脳とコンピュータ

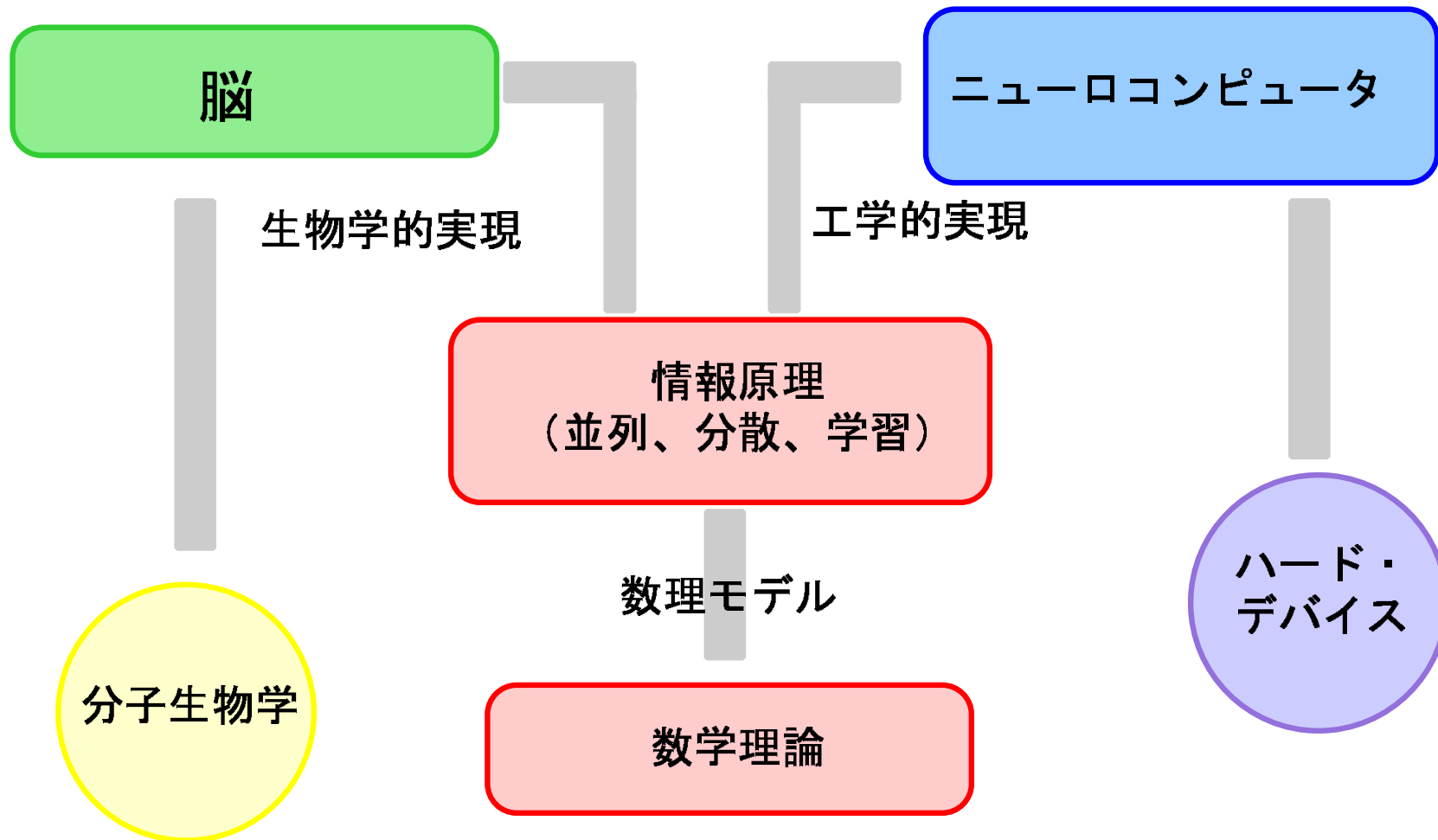


- コンピュータ：仕組みがよくわかっている
- 脳：仕組みがよくわかっていない。例：記憶，思考，...

脳を動かしている原理を工学の力で実現できれば
もっとすばらしい情報処理機械が作れる

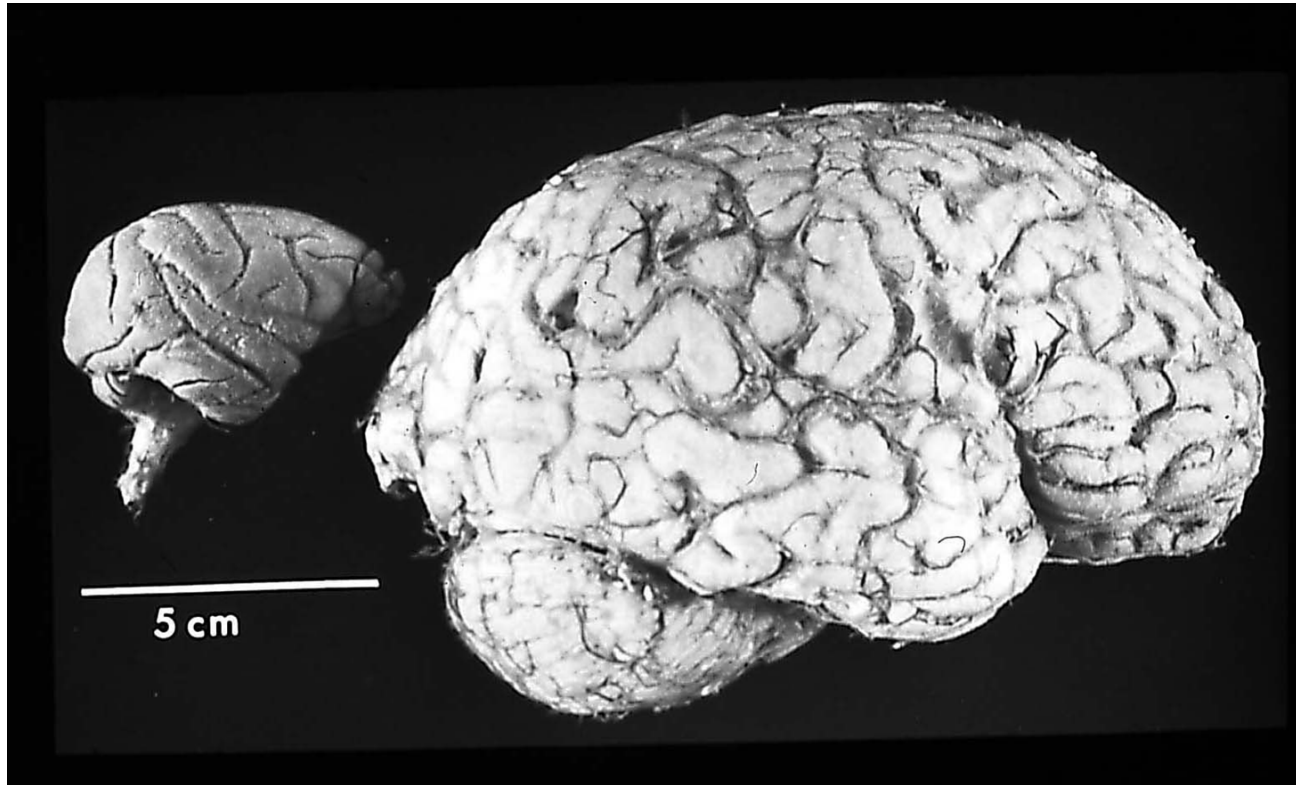
脳： 分子機械 情報機械

分子機械	分子	$10^{-9}m$
	細胞	$10^{-5}m$
	回路モジュール	$10^{-3}m$
情報機械	システム	$10^{-2}m$
	個体	10^0m
人間社会	社会	$10 \sim 10^7m$

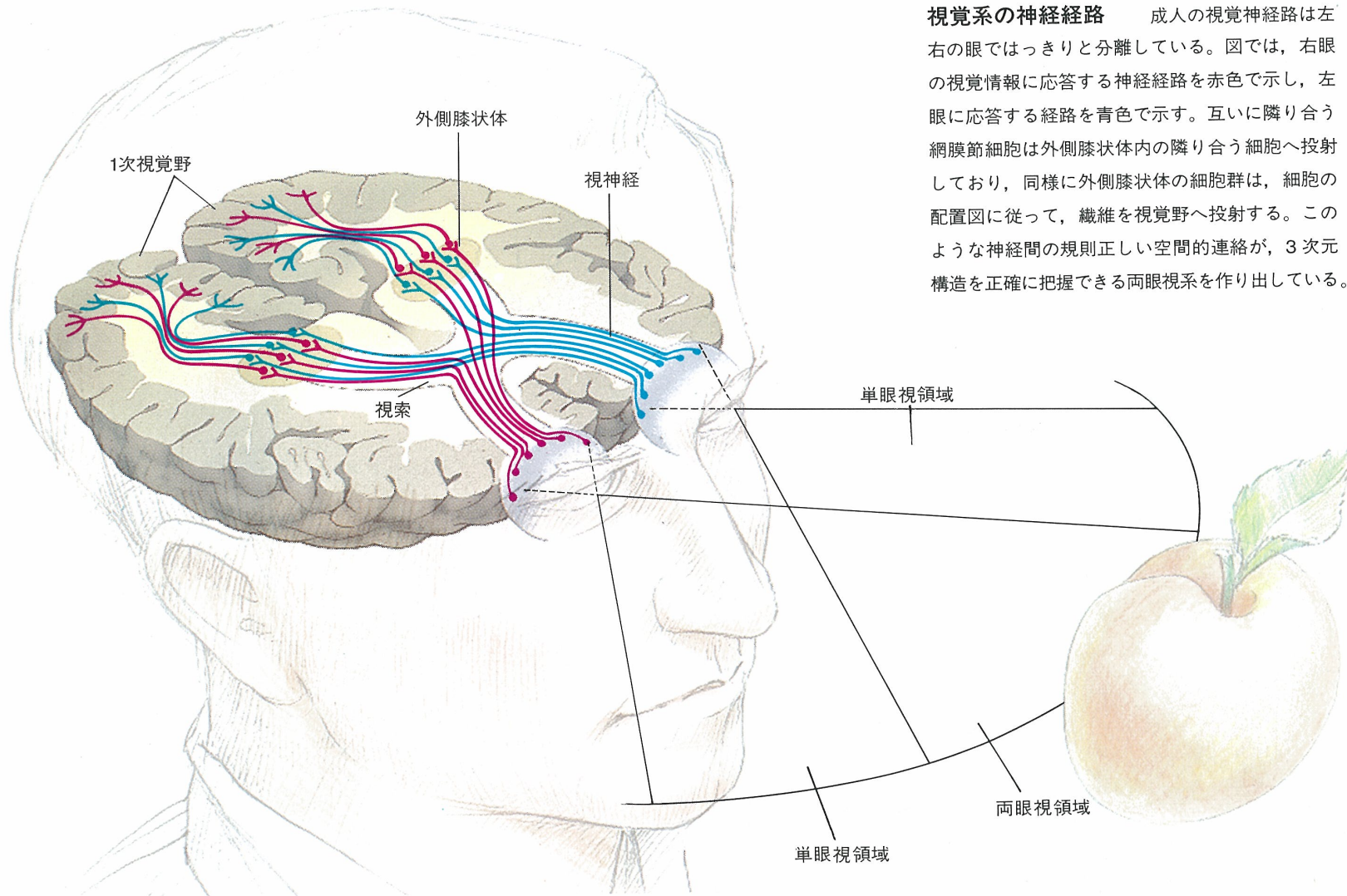


脳：生理学的な性質

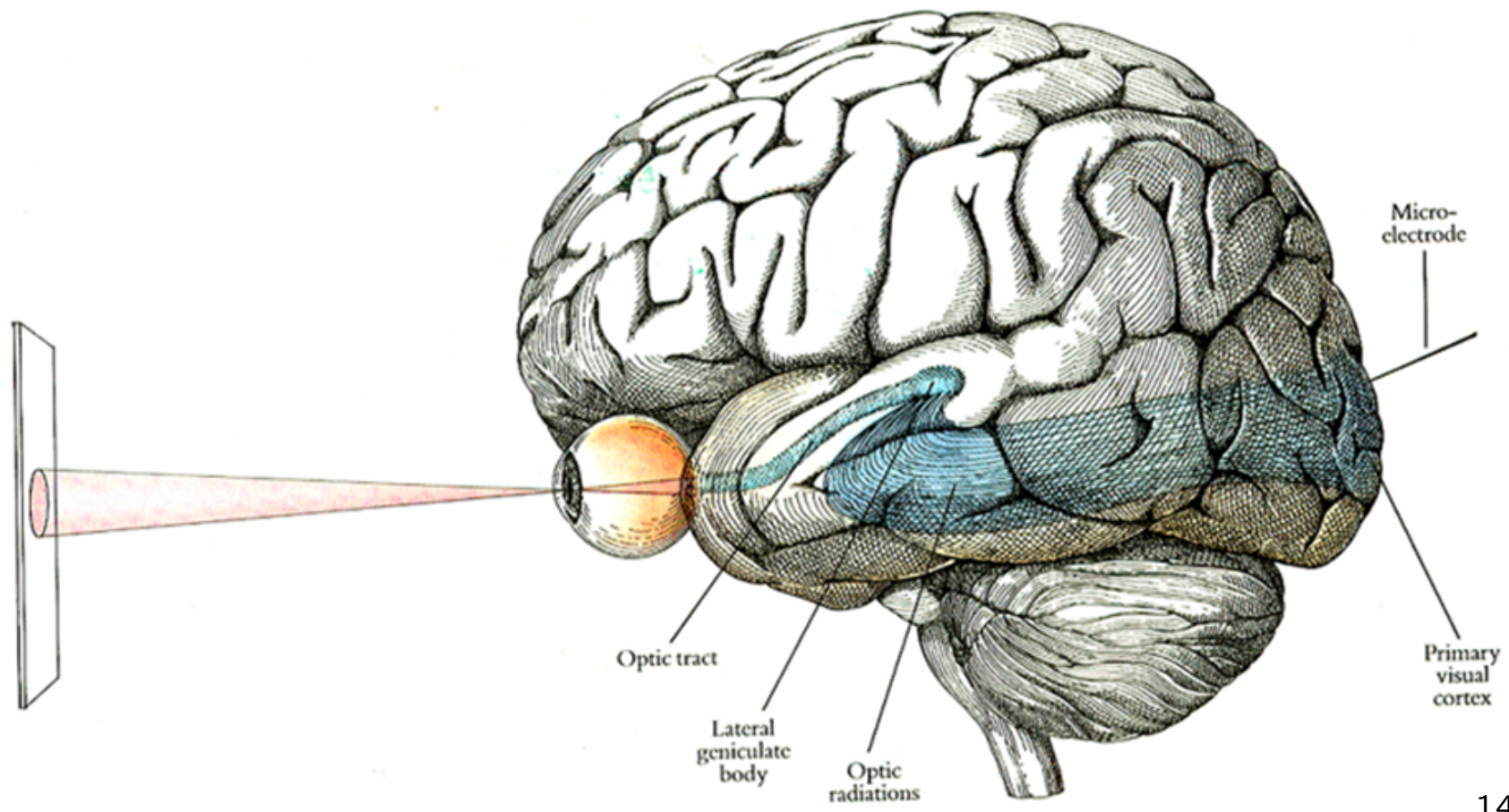
脳



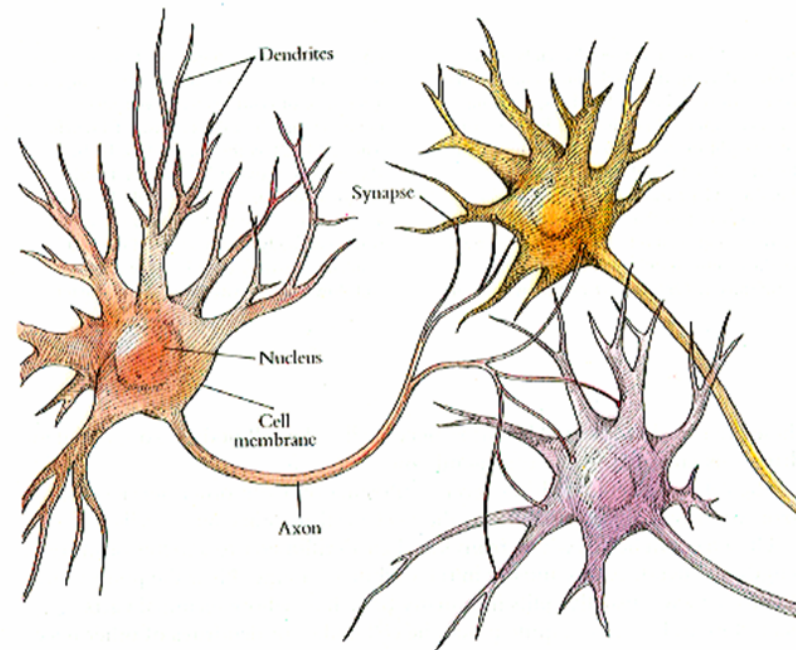
しわくちゃ，厚さは 2-3mm，広げると新聞紙 1 枚



視覚系の神経経路 成人の視覚神経路は左右の眼ではっきりと分離している。図では、右眼の視覚情報に应答する神経経路を赤色で示し、左眼に应答する経路を青色で示す。互いに隣り合う網膜節細胞は外側膝状体内の隣り合う細胞へ投射しており、同様に外側膝状体の細胞群は、細胞の配置図に従って、繊維を視覚野へ投射する。このような神経間の規則正しい空間的連絡が、3次元構造を正確に把握できる両眼視系を作り出している。

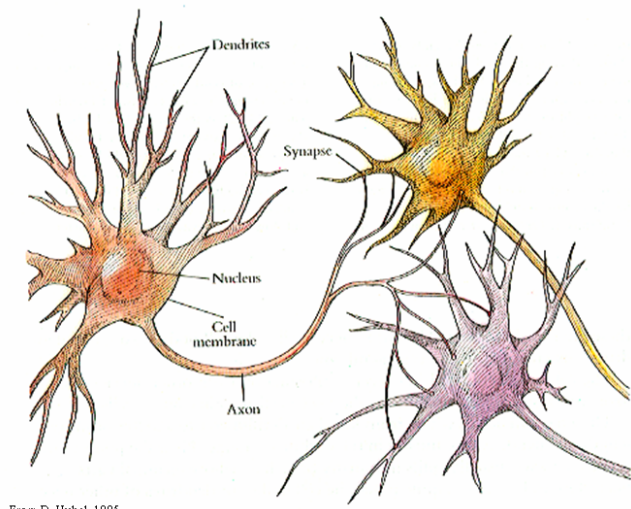


ニューロン, 神経細胞

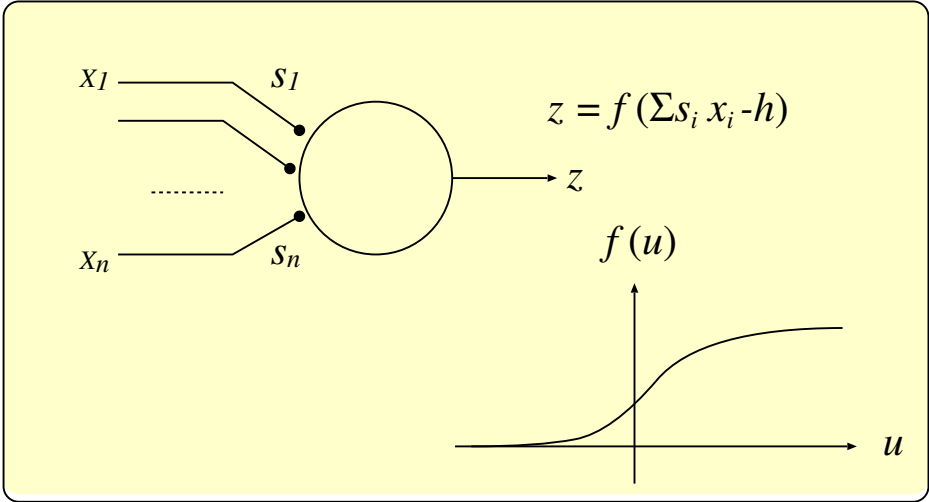


From D. Hubel, 1995

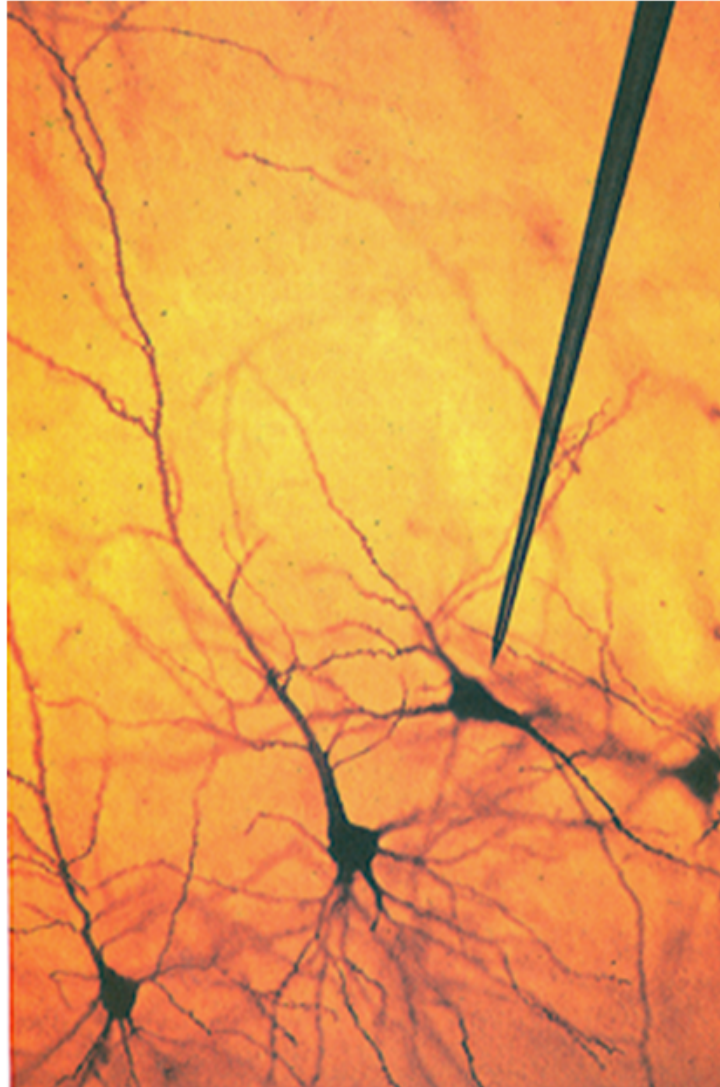
ニューロンとそのモデル

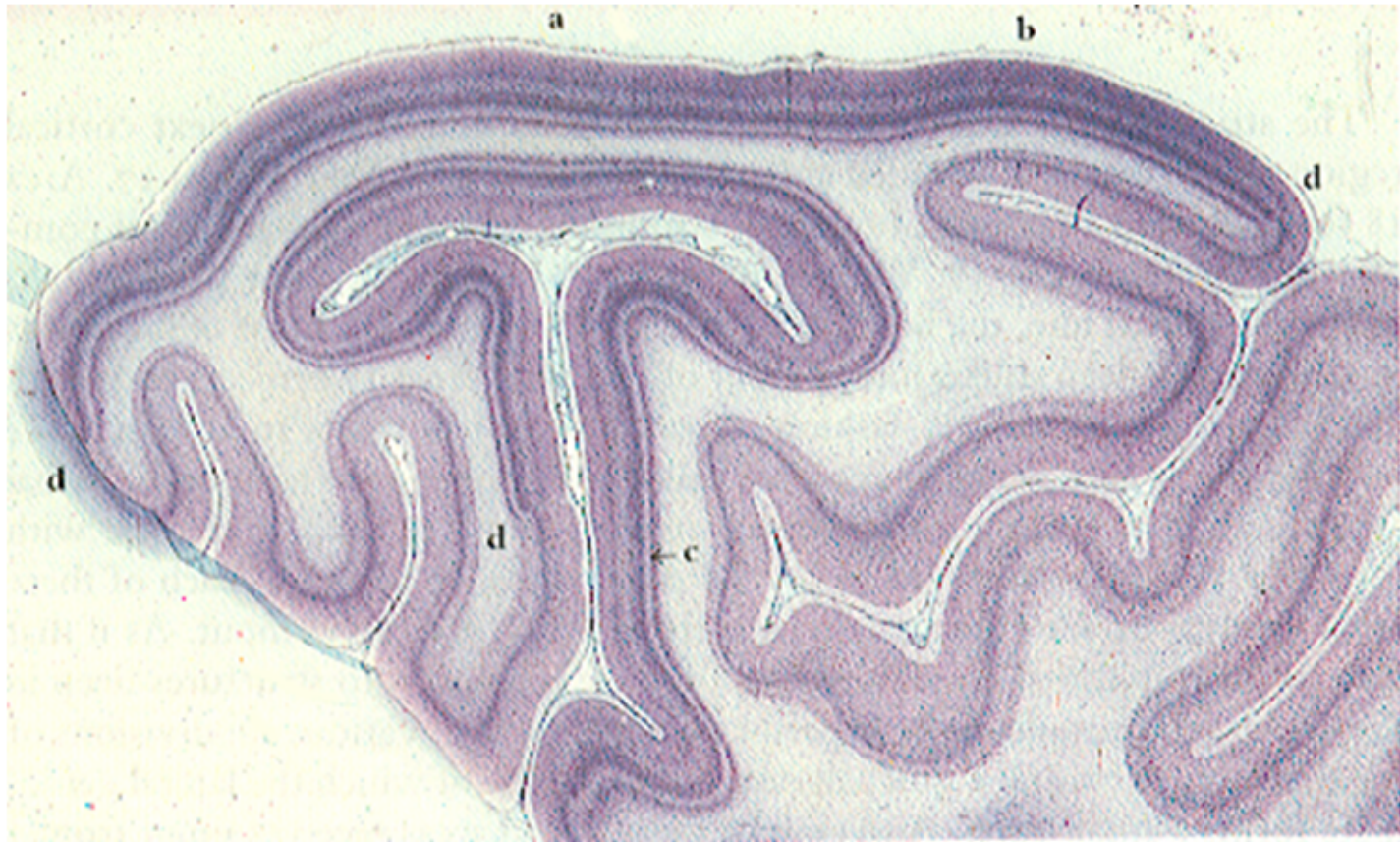


From D. Hubel, 1995

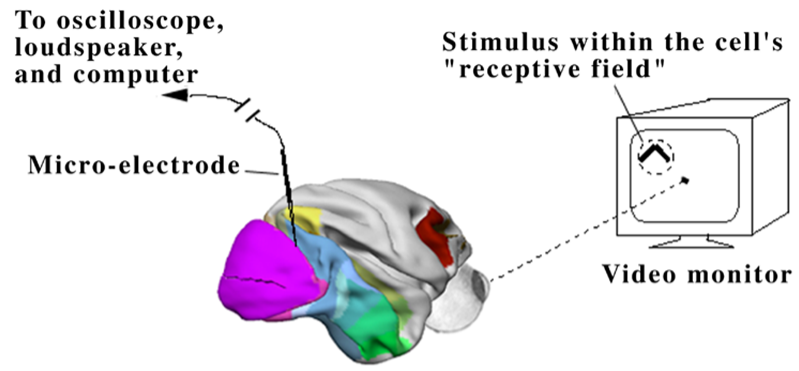


From D. Hubel, 1995

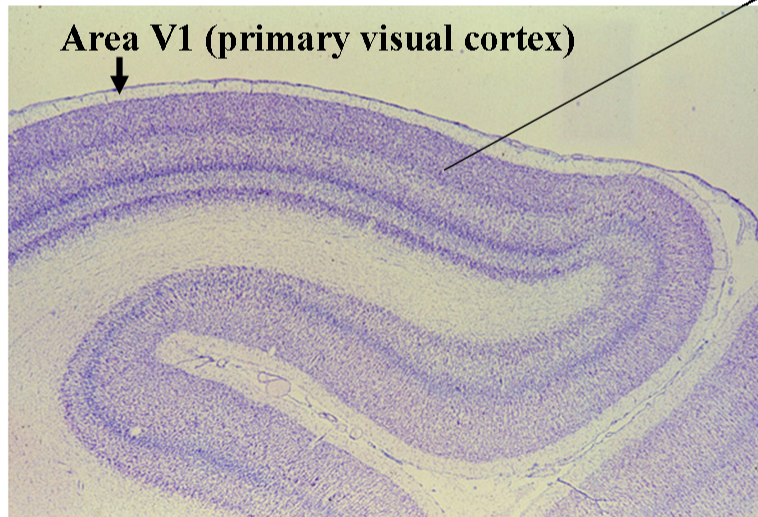




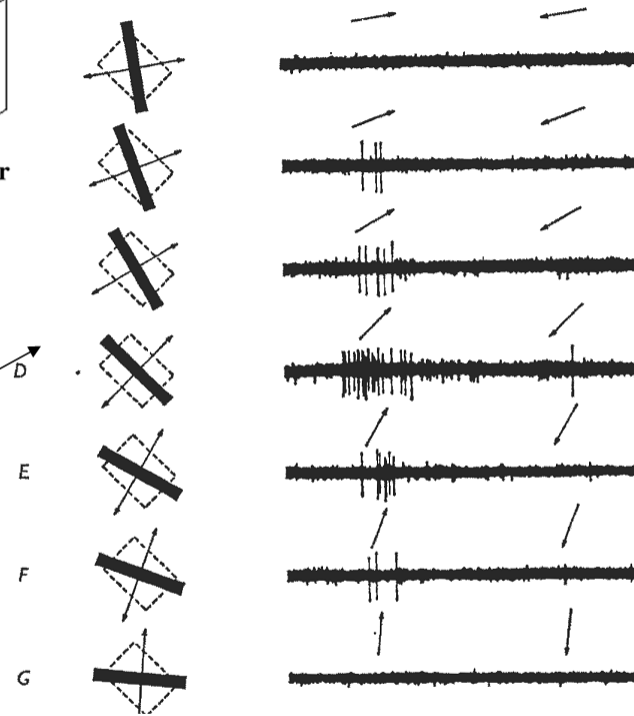
From D. Hubel, 1995



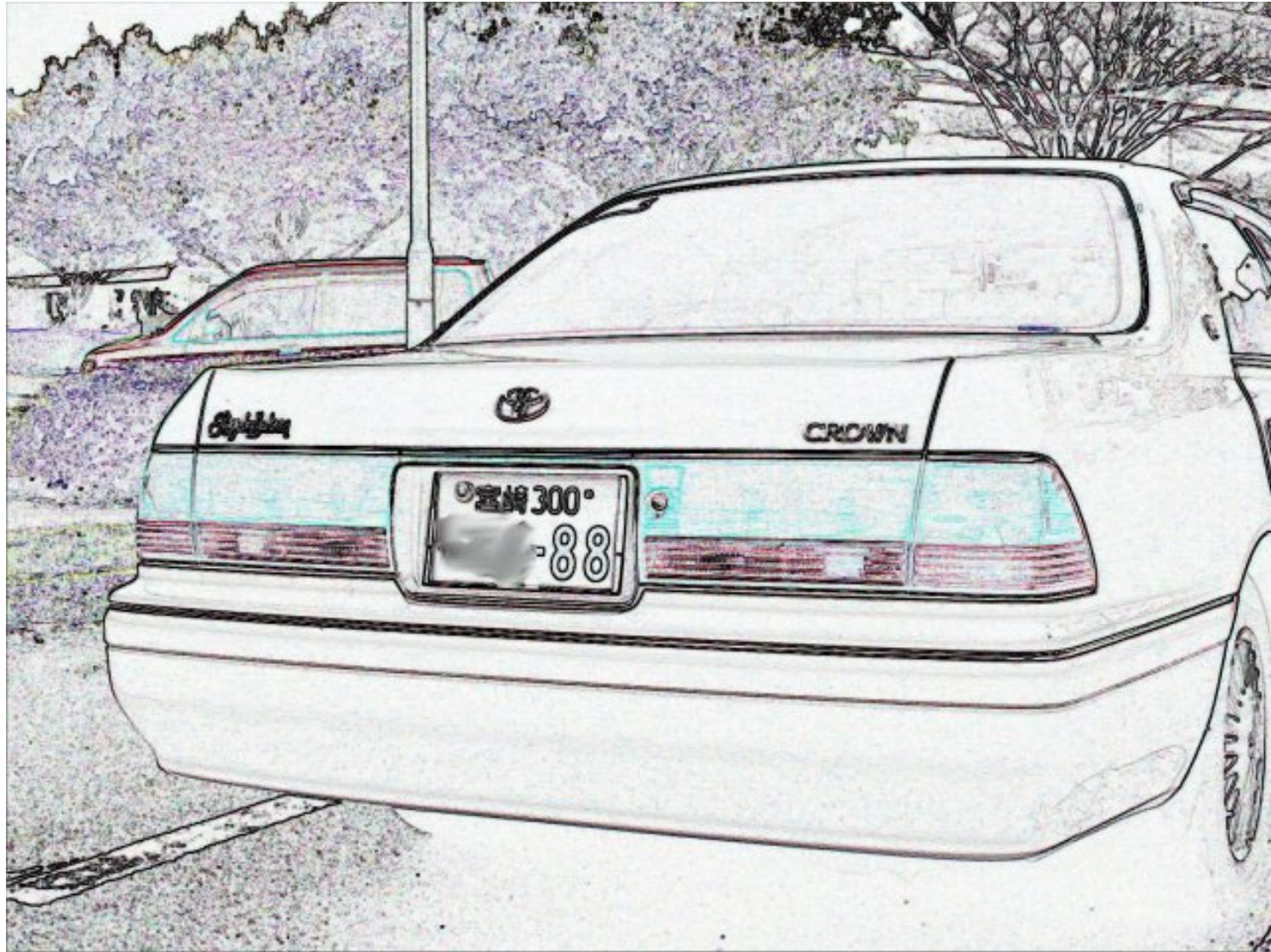
Recording from single nerve cells in the visual cortex



Orientation selectivity in area V1

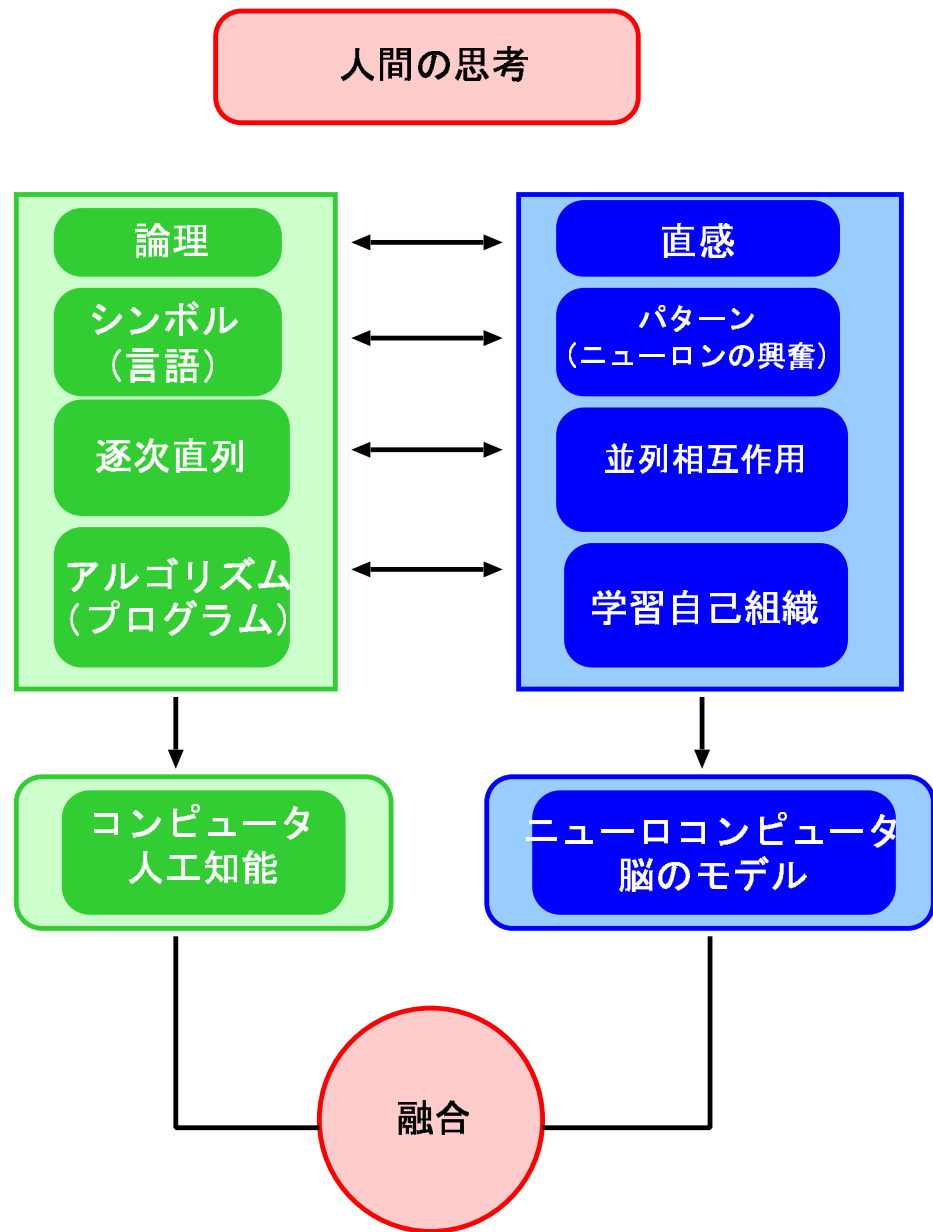


Hubel and Wiesel, J. Physiol. 1968



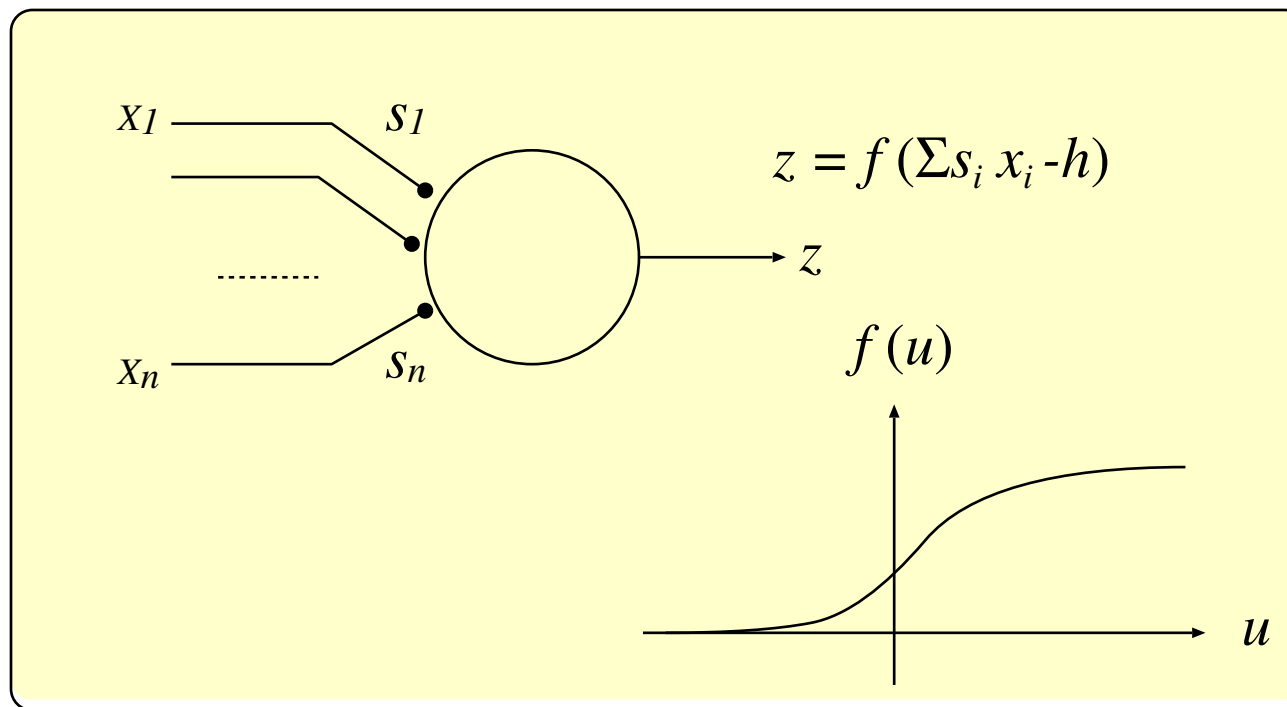
コンピュータと脳の比較

	コンピュータ	脳
基本素子	半導体	ニューロン
素子数	$10^5 \sim 10^7$	$10^{10} \sim 10^{11}$
動作速度 (秒)	10^{-9}	10^{-3}
信号	電気パルス	活動電位
記憶容量	10^{10}	$10^{13} \sim 10^{20}$
一素子あたりの発熱量 (erg)	4×10^{-6}	3×10^{-3}
故障率	5×10^{-22}	5×10^{-21}
情報表現	デジタル・集中	アナログ・分散
得意な情報処理	高速、正確な数値計算	パターン認識、総合的判断
処理形式	直列処理	並列処理
記憶方式	線形番地	連想・内容番地
製作様式	設計図+ソフト	遺伝子+自己組織
性能向上	ソフト	学習+機能代償
睡眠	不要	不可欠
耐ノイズ性	弱い	強い
耐故障率	弱い	強い
再現性	完全	不完全

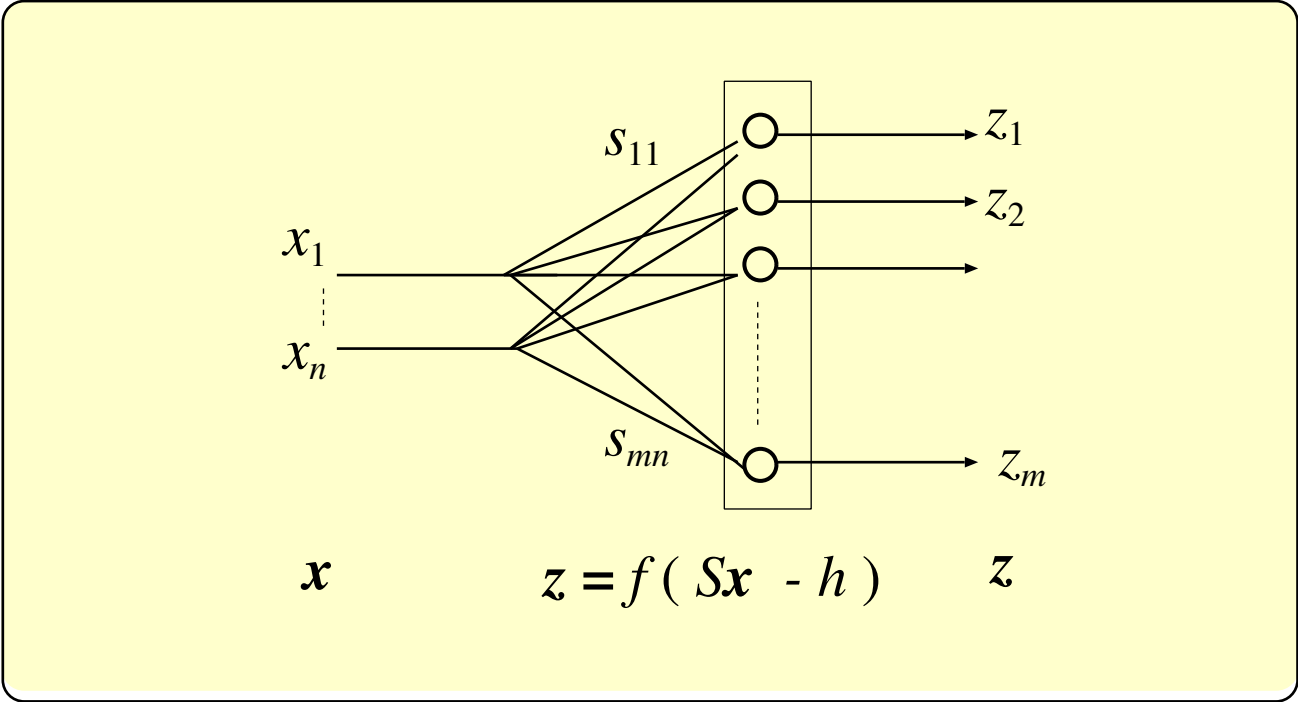


脳：神経回路モデル

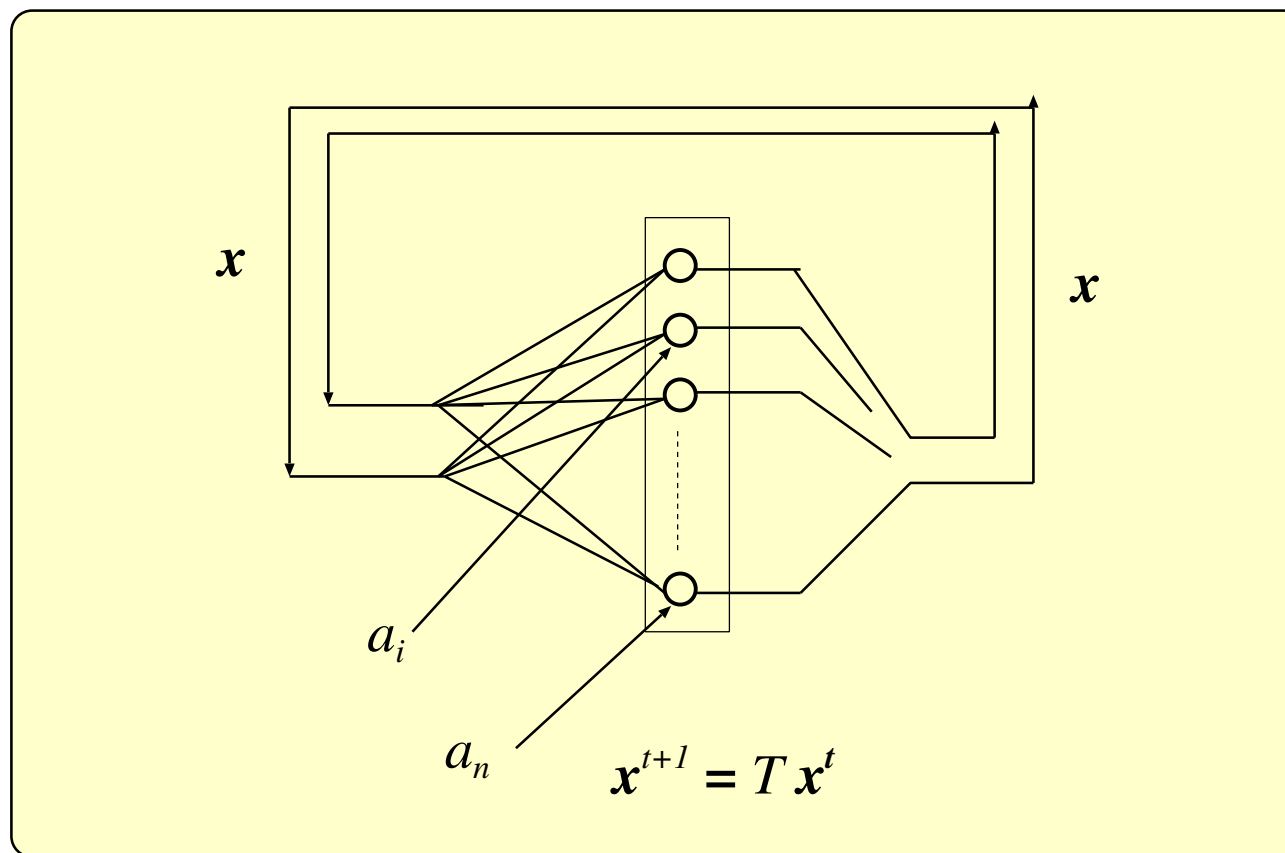
ニューロンとそのモデル：非線型の多数決素子



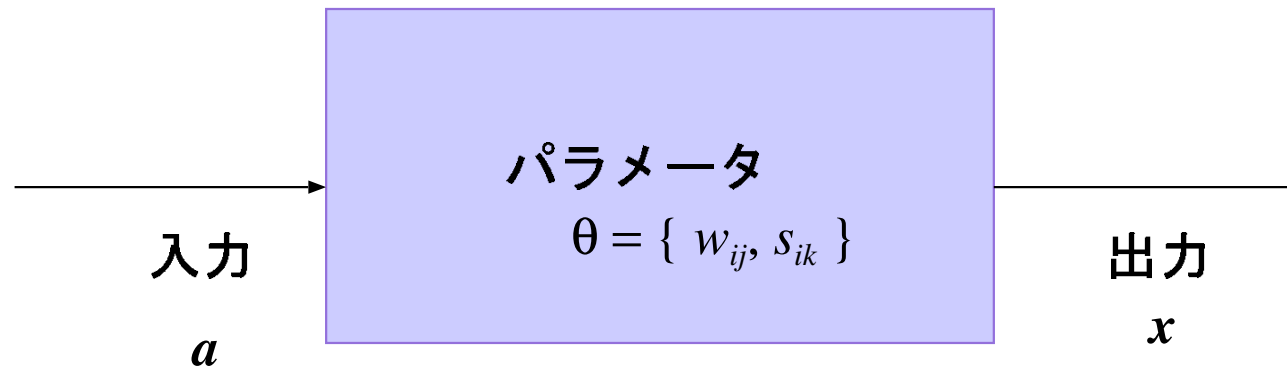
ニューロンとそのモデル，層状回路



相互結合の神経回路モデル



神経回路モデルの見方



速い ニューロン活動 x のダイナミクス

$$x(t+1) = F(x(t), \theta(t))$$

遅い 結合係数 θ のダイナミクス

$$\theta(t+1) = G(\theta(t), a(t), x(t), x(t-1), \dots)$$

入出力の関係はパラメータ θ (結合係数) に依存

大雑把に言えば, ニューロン活動 x 思考, 結合係数 θ 記憶 に対応

代表的な神経回路モデル

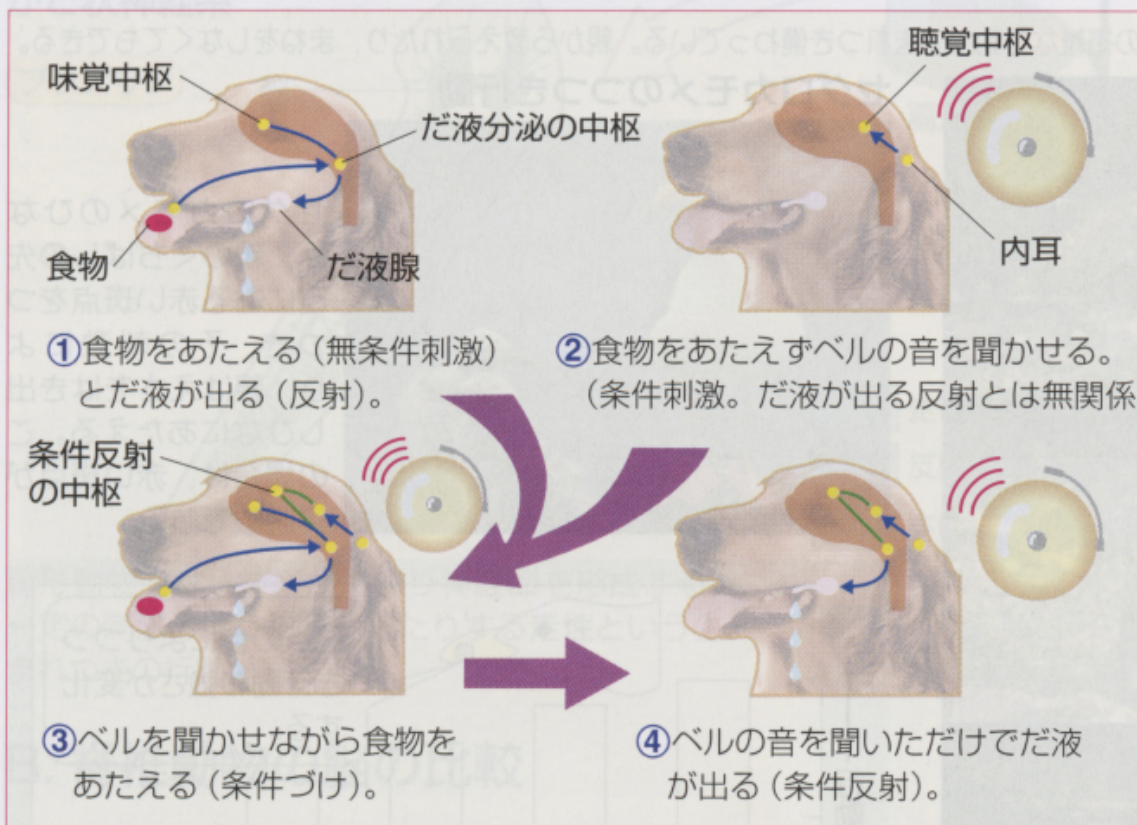
- 自己組織化モデル
- 連想記憶モデル

代表的な学習則

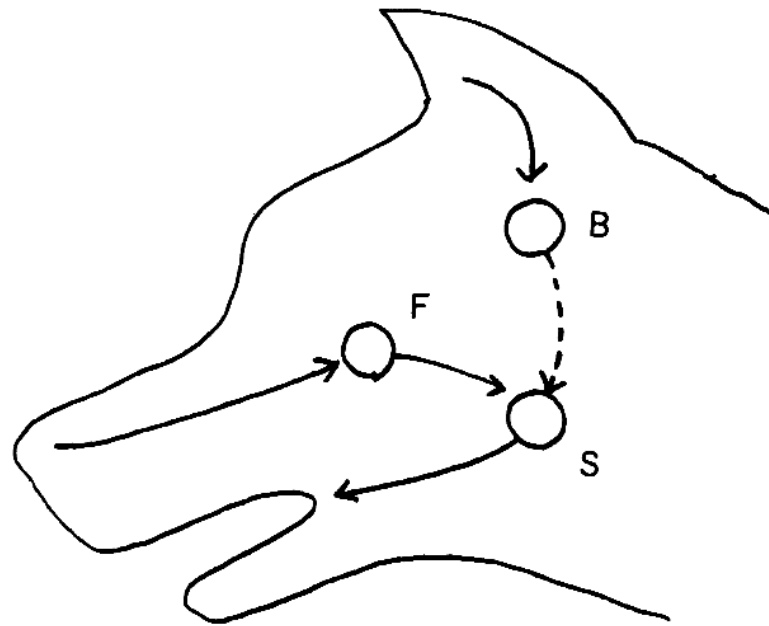
- Hebb 学習

古典的条件付けによる Hebb 学習の説明

C. 条件反射 無条件刺激と条件刺激を結びつける（条件づけ）ことで、条件刺激だけで反射を起こす反応。



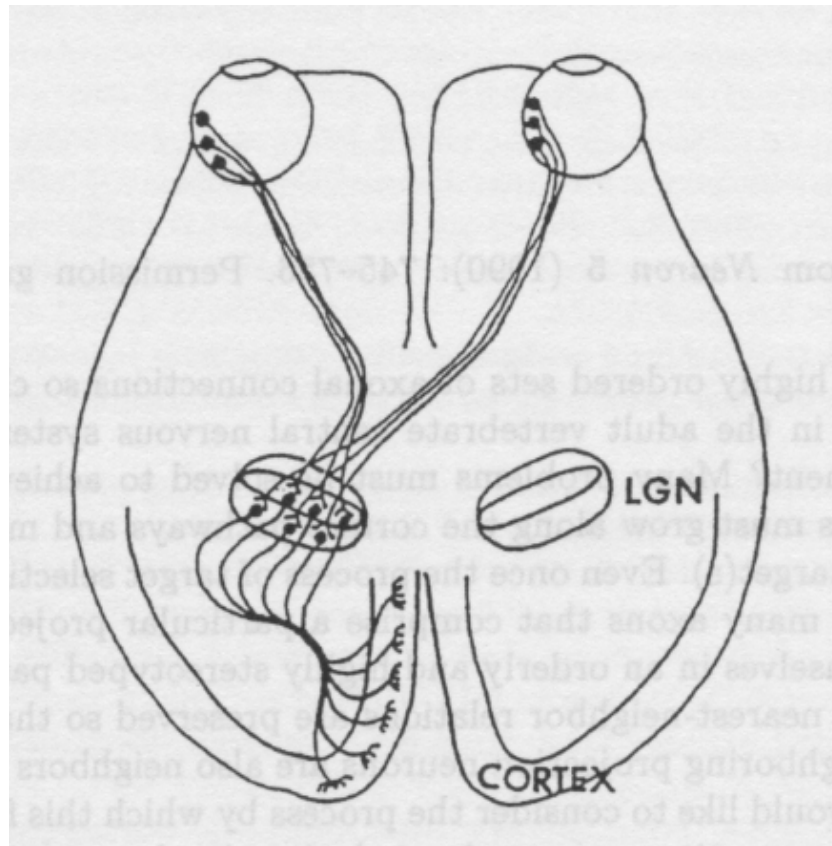
パブロフの犬と Hebb 学習



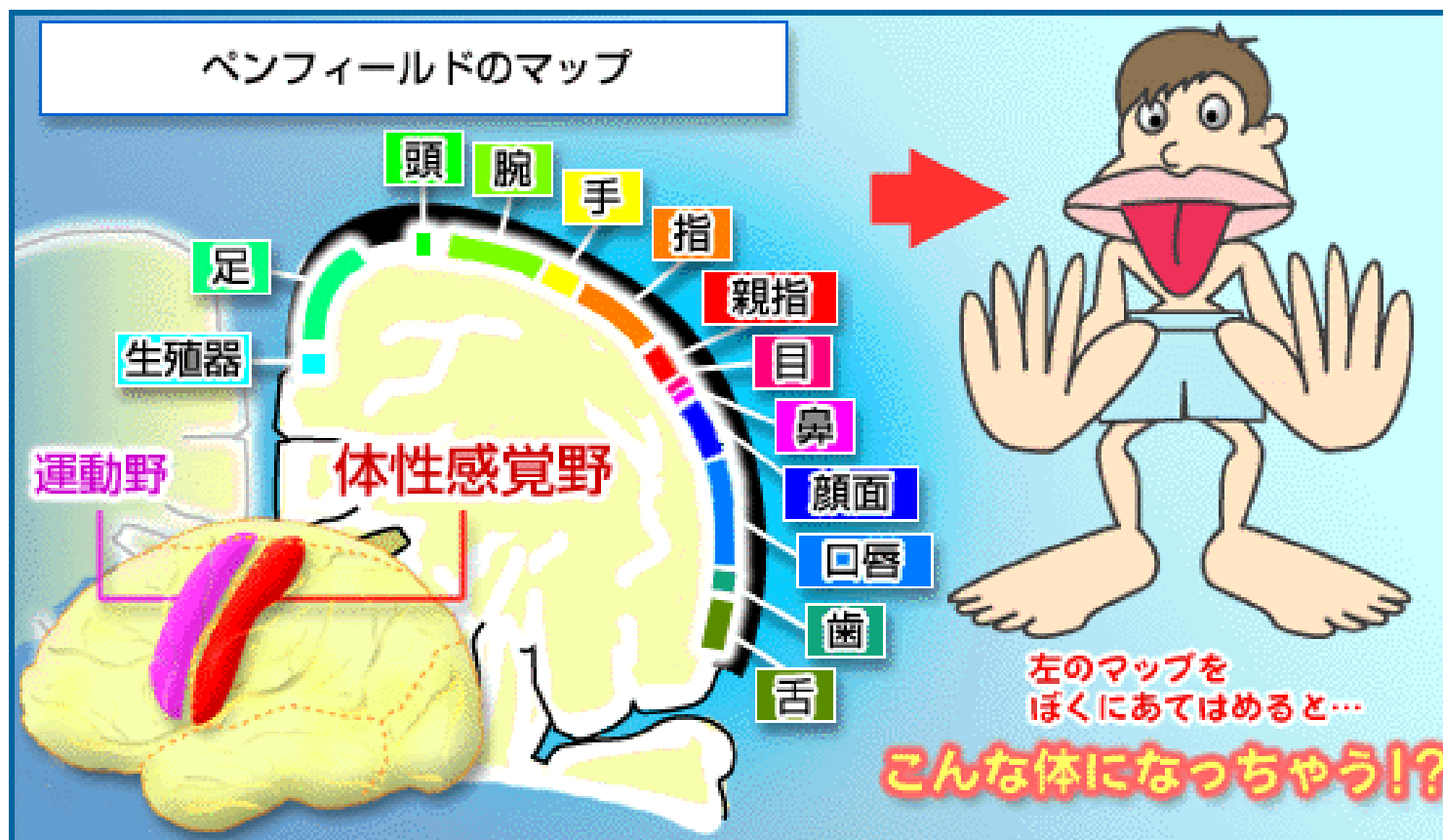
F 食べ物, **B** ベルの音, **S** 唾液

一度刺激の通り道が脳に形成されると, それにそった結合が強化され, 刺激が通りやすくなる

神経系の自己組織化：トポグラフィックマッピング



- 拡大率： 体性感覚野のマップ



日本学術会議 おもしろ情報館
<http://www.scj.go.jp/omoshiro/>

- 仮説 Farah (1998)



連想記憶モデル

連想記憶とは

- 部分から全体が想起できる。
 - ・ 不完全な鍵からの想起が可能
- 一つの事項から関連する事項が次々と想起できる。
 - ・ 山 川 , 海 水泳
- 時間的な順序のある系列を順に想起できる。
 - ・ $x^1 \rightarrow y^1, x^2 \rightarrow y^2, \dots, x^k \rightarrow y^k$

これらの気分が味わえるのが、連想記憶モデル

講義のテーマ

- 人間を一つの機械とみたらどういうことになるか
 - ・ 脳は情報処理をする素晴らしい装置！
- 機械は人間のすることをどの程度まねできるか。
 - ・ 実際の脳を解剖的，生理的に研究
 - ・ 脳のモデルをつくることによる研究
- 「脳はどういう風に動いているのか」，数理モデルを使ってその気分を味わう
- キーワード： 情報表現と計算，自己組織化，学習・記憶