情報認識
「まとめと今後の展望」

- 担当教員： 杉山　将（計算工学専攻）
- 居室： W8E-505
- 電子メール: sugi@cs.titech.ac.jp

本講義でのアプローチ

- 最大事後確率則：

$$x \in \omega_k : k = \arg\max_i p(\omega_i \mid x)$$

- ベイズの定理より

$$p(\omega_i \mid x) \propto \underbrace{p(x \mid \omega_i)}_{\text{条件付き確率}} \underbrace{p(\omega_i)}_{\text{事前確率}}$$

- 条件付き確率と事前確率を標本から推定

生成モデル vs. 識別モデル

- **生成モデル**(generative model)**に基づく方法**：訓練標本から事前確率や条件付き確率を推定し，事後確率の大小を判定する方法．訓練標本は事前確率や条件付き確率に従って生成されるため，このように呼ばれる．
- **識別モデル**(discriminative model)：生成モデルは直接推定せずに，決定境界を直接モデル化

Vapnikの法則

- ある問題を解くとき，その問題よりも難しい問題を途中段階で解いてはならない
- 生成モデルの推定 (実世界を知る)
- 識別モデルの構成 (予測する)
- 与えられたテストパターンのカテゴリだけを予測する (transduction)

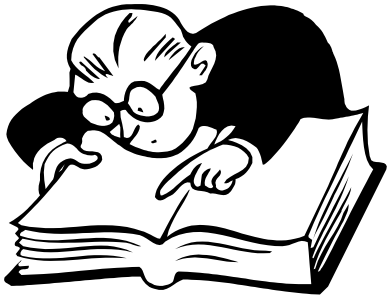
試験(2月6日3，4限) の予告

- 専門用語の英語名 (１０問)
- 授業で学んだ内容に関する記述問題 (1問選択)
  - 識別関数のよさを測る規準
  - 最尤推定法，モデル選択
  - ベイズ推定法，経験ベイズ法
  - ノンパラメトリック法
- 半年間パターン認識について学んだ経験に基づいた，自分独自のパターン認識の応用例 (第1回目のレポート) についての再考

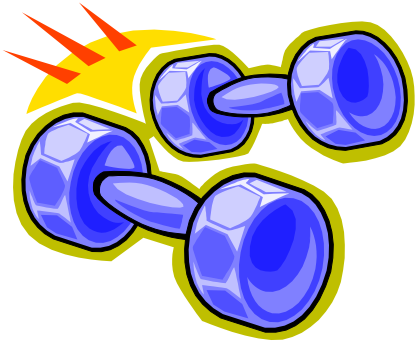
学習の種類

教師有り学習

教師無し学習

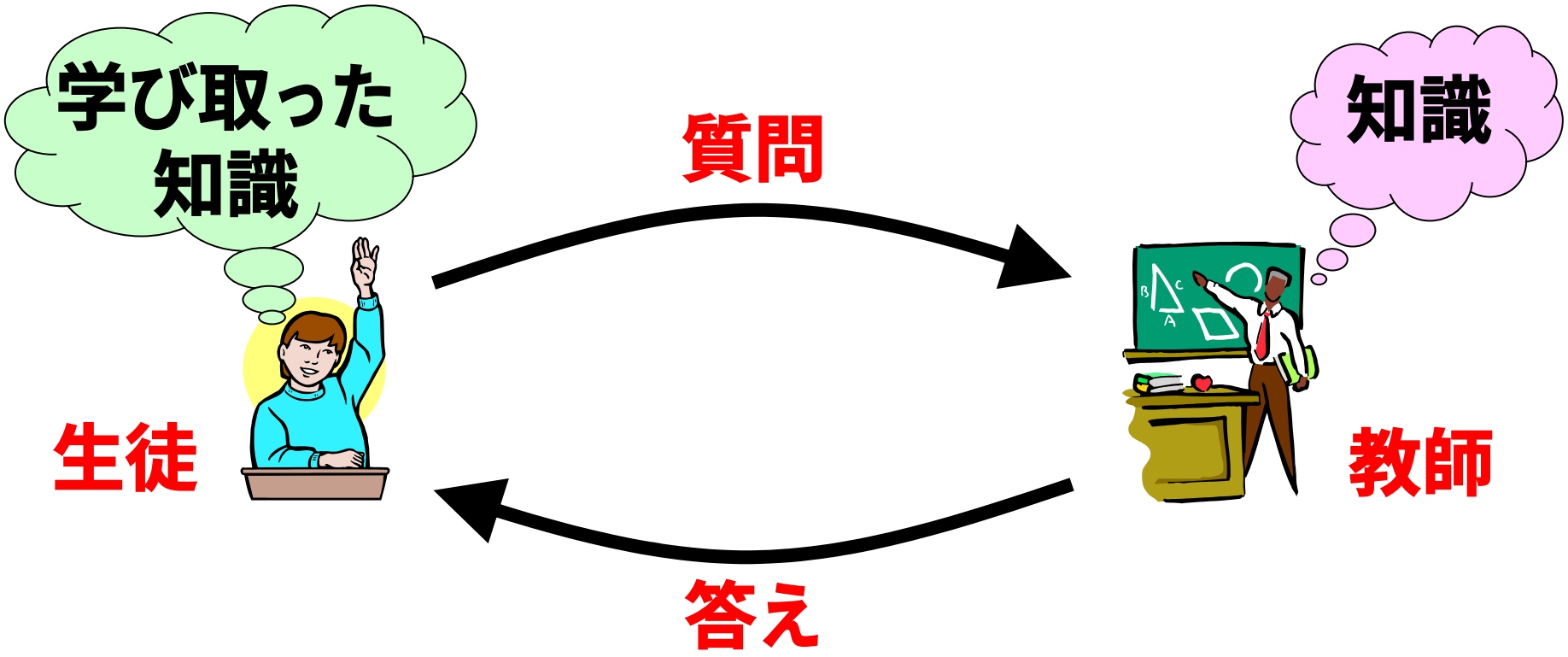


強化学習



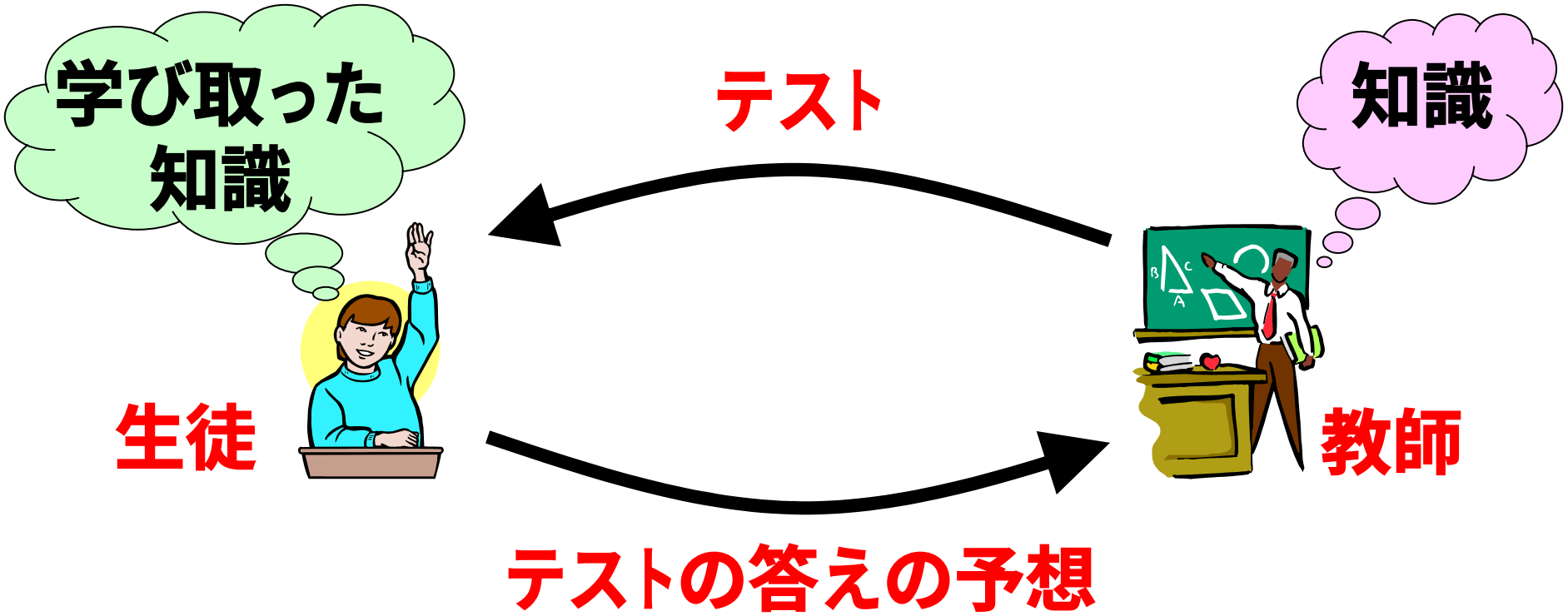
教師有り学習

- **教師**：どんな質問に対しても答えられる
- **生徒**：教師に質問し，答えを教えてもらう
- **ゴール**：(生徒が) 教師の知識を学び取る



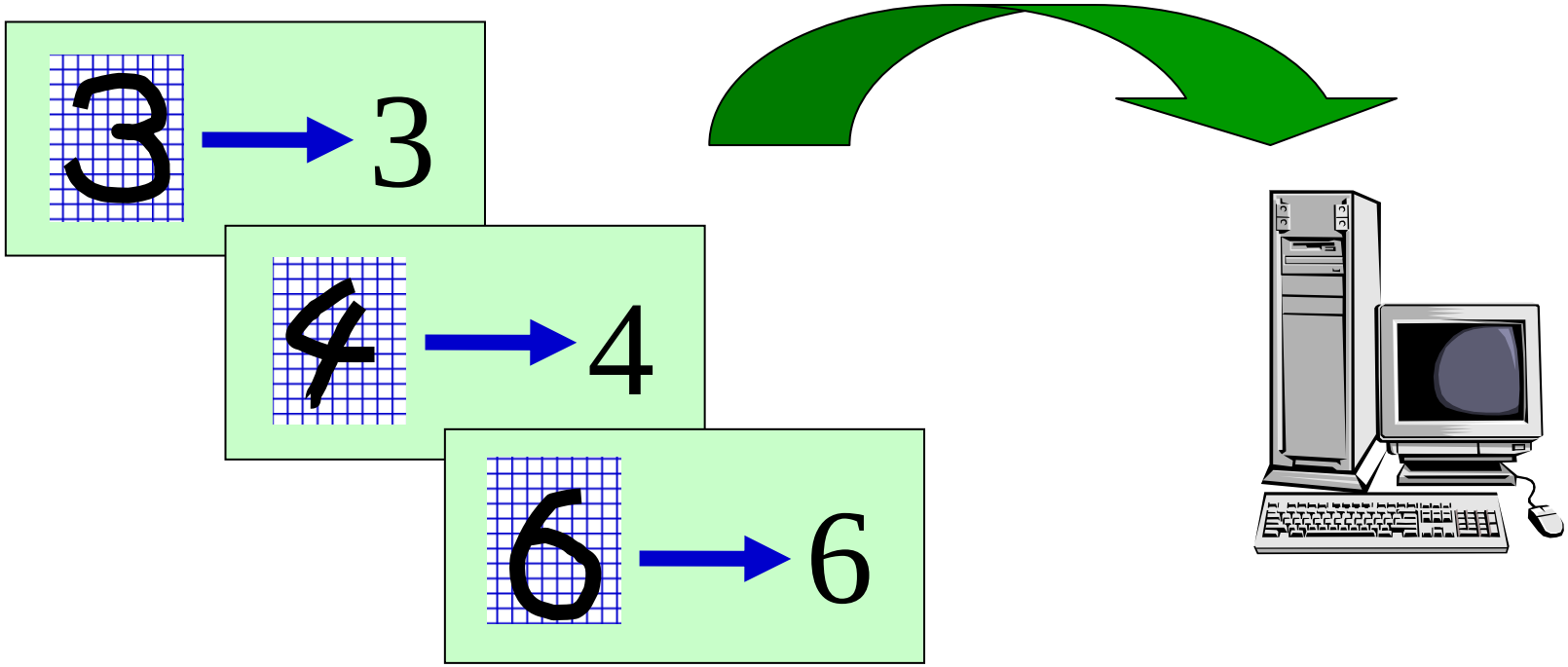
汎化能力

- 教わった答えを覚えるだけでなく，教師の知識全体を学び取れば，答えを教わっていない新しい質問(テスト) に対しても正しく解答できる



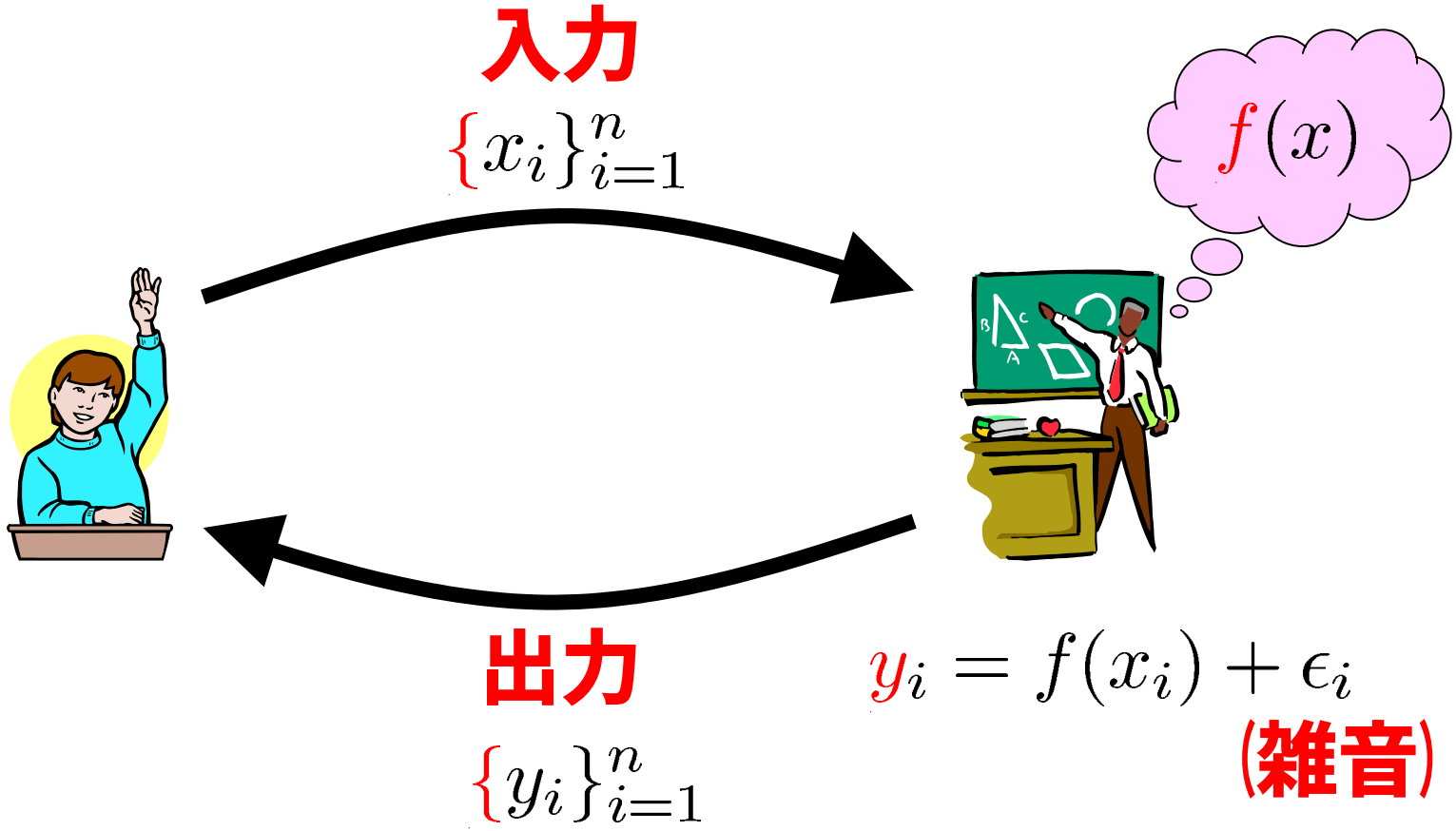
例：手書き数字認識

- 教師は，数字（の画像）を見たら，それが数字のいくつかを答えることができる．
- 数字の画像の例をいくつかコンピュータに学習させる



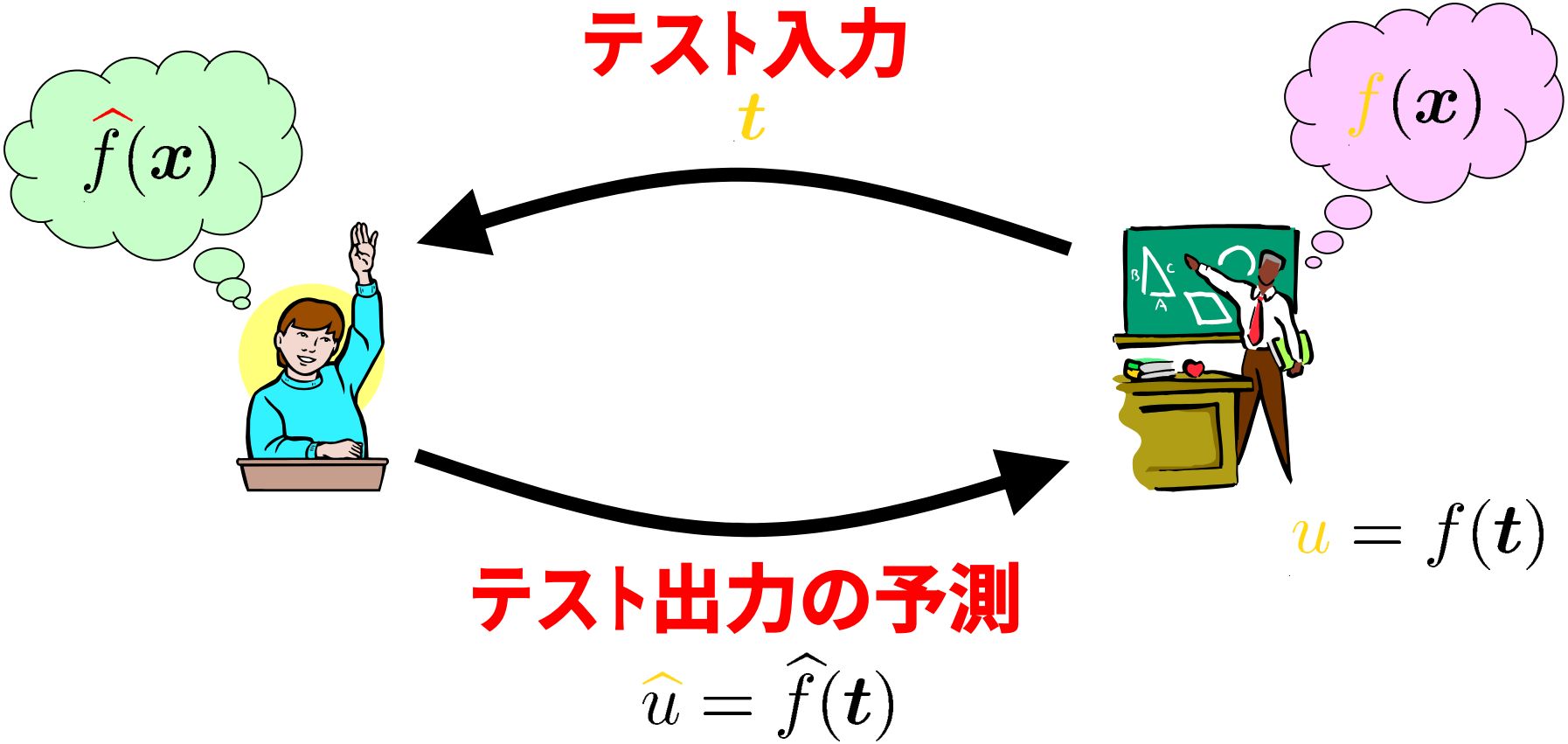
関数近似としての教師付き学習 (1)

- 関数 $f(x)$ を入出力データ $\{x_i, y_i\}_{i=1}^n$ から学習

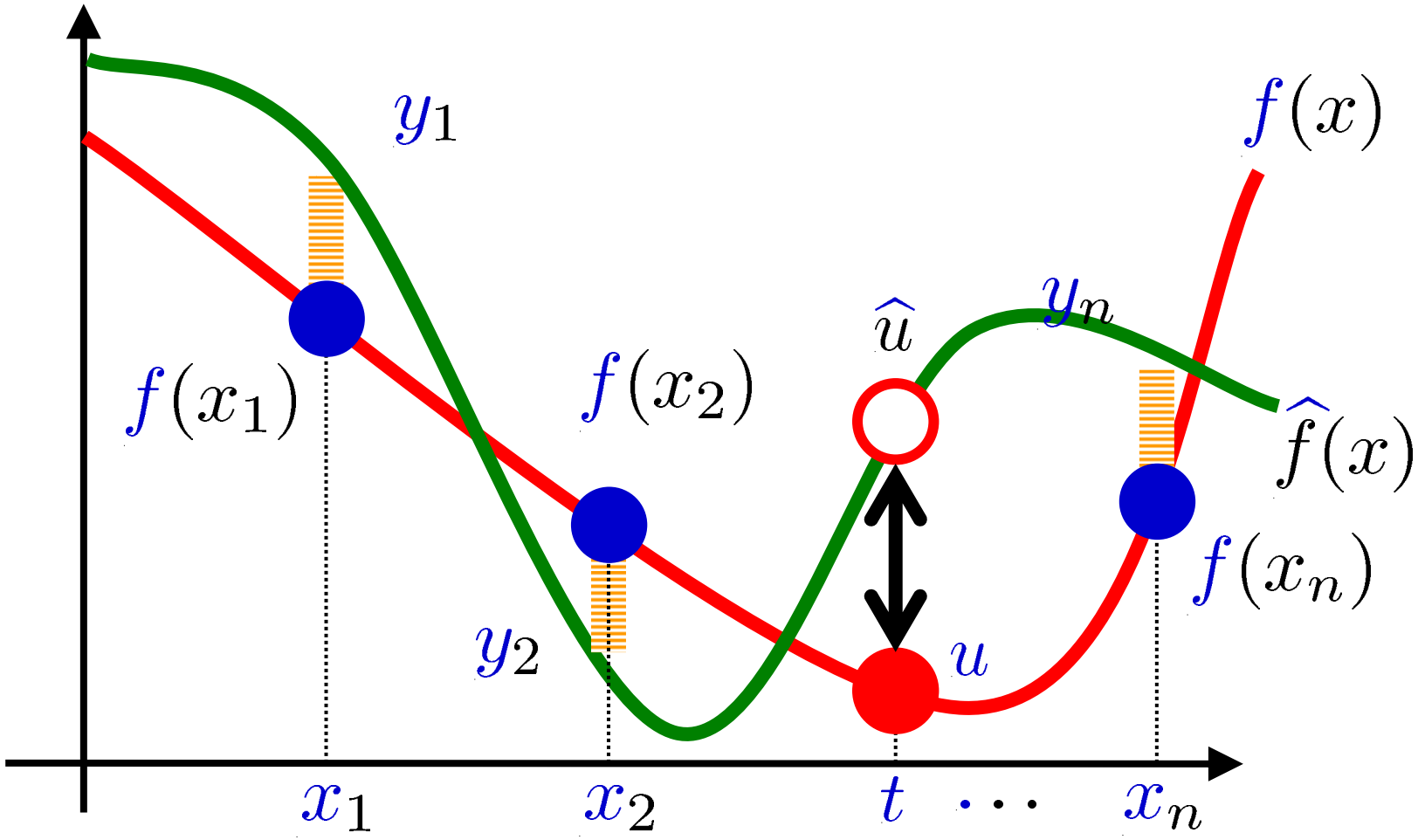


関数近似としての教師付き学習 (2)

- 学習した関数 $\widehat{f}(x)$ を用いて，テスト入力 t に対する出力を予測



関数近似としての教師付き学習 (3)

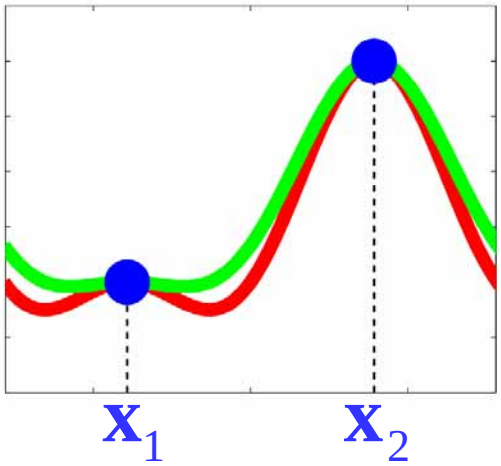


教師有り学習の3つの課題

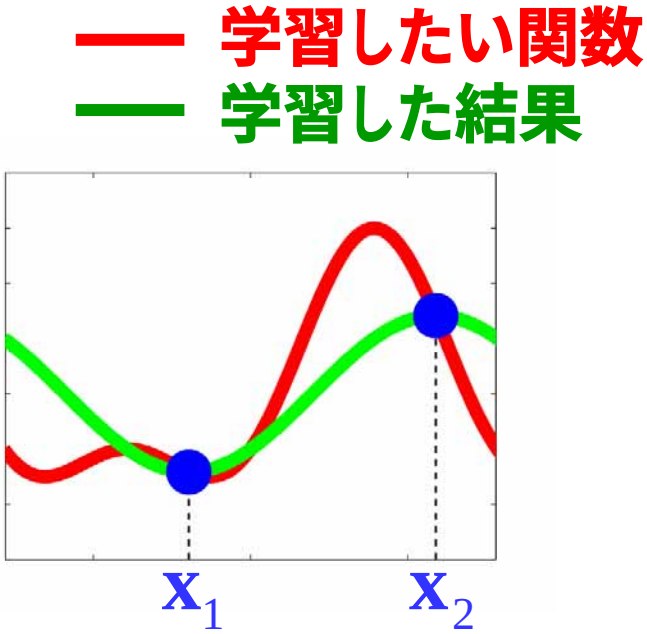
- **能動学習：**
  どのような質問をするのがよいか？
- **モデル選択：**
  どの程度複雑な学習機械を用いるべきか？
- **学習法：**
  どうやって学習するのがよいか？

能動学習

効率よく学習するためには
良い質問をしなければならない



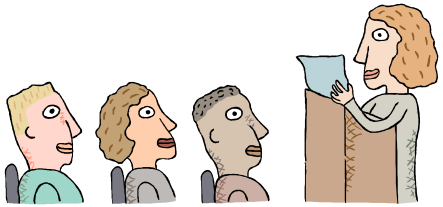
良い質問をしたとき



悪い質問をしたとき

能動学習：実生活とのアナロジー

- 授業を**受動的に**受けるだけでは効果的に勉強できない！



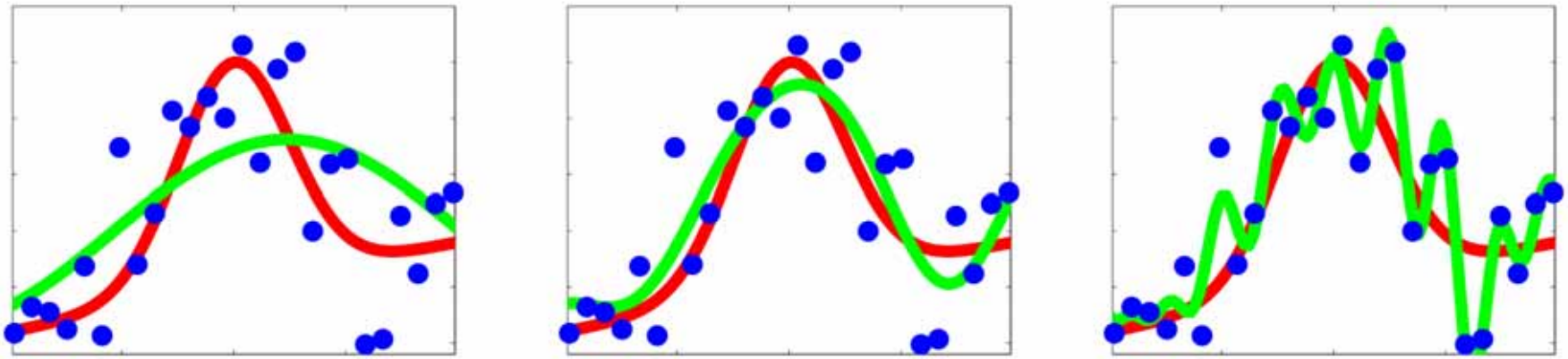
- **積極的に**質問をすれば効率よく学習できる！

モデル選択

効率よく学習をするためには
モデルを適切に選ばなければならない

モデル：関数の複雑さ

学習したい関数
学習した結果



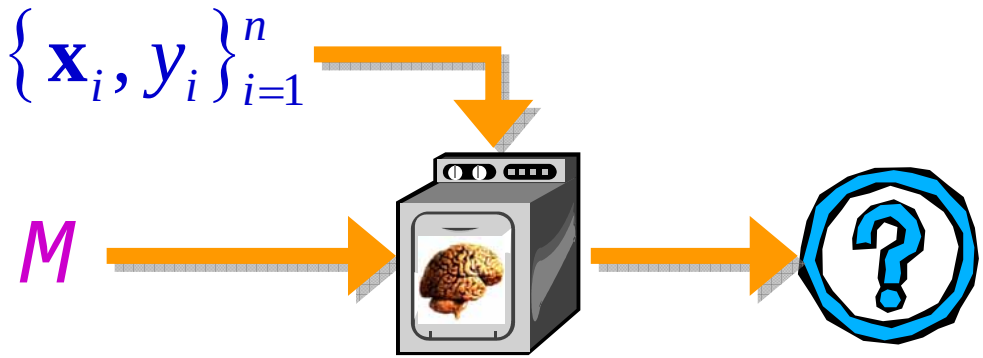
単純すぎるモデル　　適切なモデル　　複雑すぎるモデル

モデル選択：実生活とのアナロジー

- モデルは学習に対する**意欲**を表す．
- 学習の意欲が弱すぎれば，教わったことを覚えることすらできない．
- 学習の意欲が強すぎれば，教わったことは完璧に覚えられる．しかし，先生が間違っていることもある！教わったことをただ暗記するだけでは物事は正しく理解できない．
- 効率よく学習するためには，学習に対する**程よい意欲**が必要！

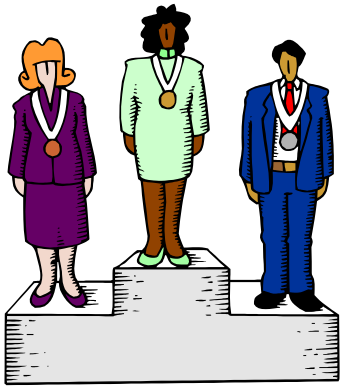
学習法

効率よく学習をするためには
教材をうまく用いなければならない



学習法：実生活とのアナロジー

- 能動学習とモデル選択によって，良い質問とよいモデルを手に入れた．
- あとは，一生懸命勉強するだけである．
- 自分の学習の意欲と先生から教わった知識をうまく活用することが成功への道！



ブレイン･コンピュータ インターフェース (BCI)

- 人間の脳波を読み取り，それに基づいてコンピュータを動かす
- 手足が動かない患者でもコンピュータが使えるようになる．

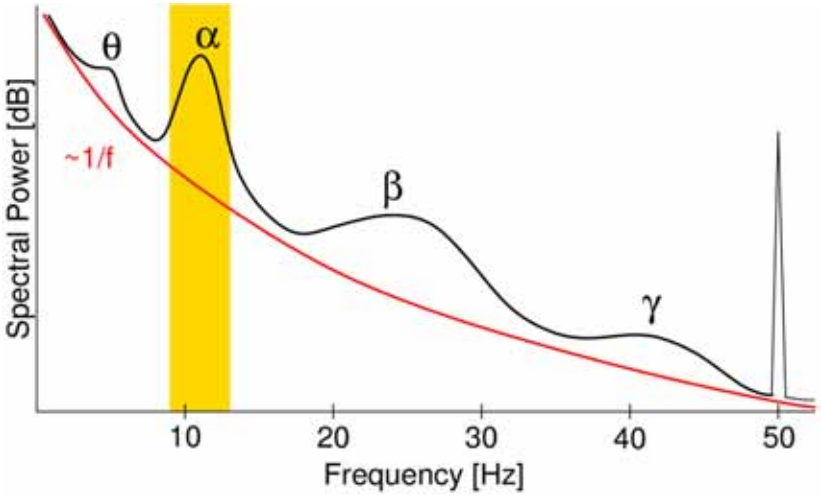
脳波信号生成の例

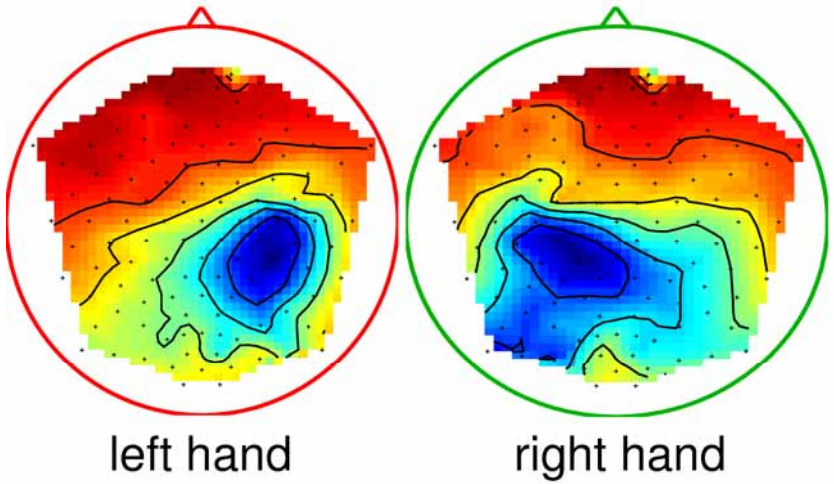
- 「右」信号の生成：右手を動かすイメージをする
- 「左」信号の生成：左手を動かすイメージをする

- 注意
  - 実際に手足は動かさない！手，足，顔(目も含む)につけた筋電センサーが反応した場合は，そのデータを却下する
  - 脳内への電極の埋め込みなどは行なわない

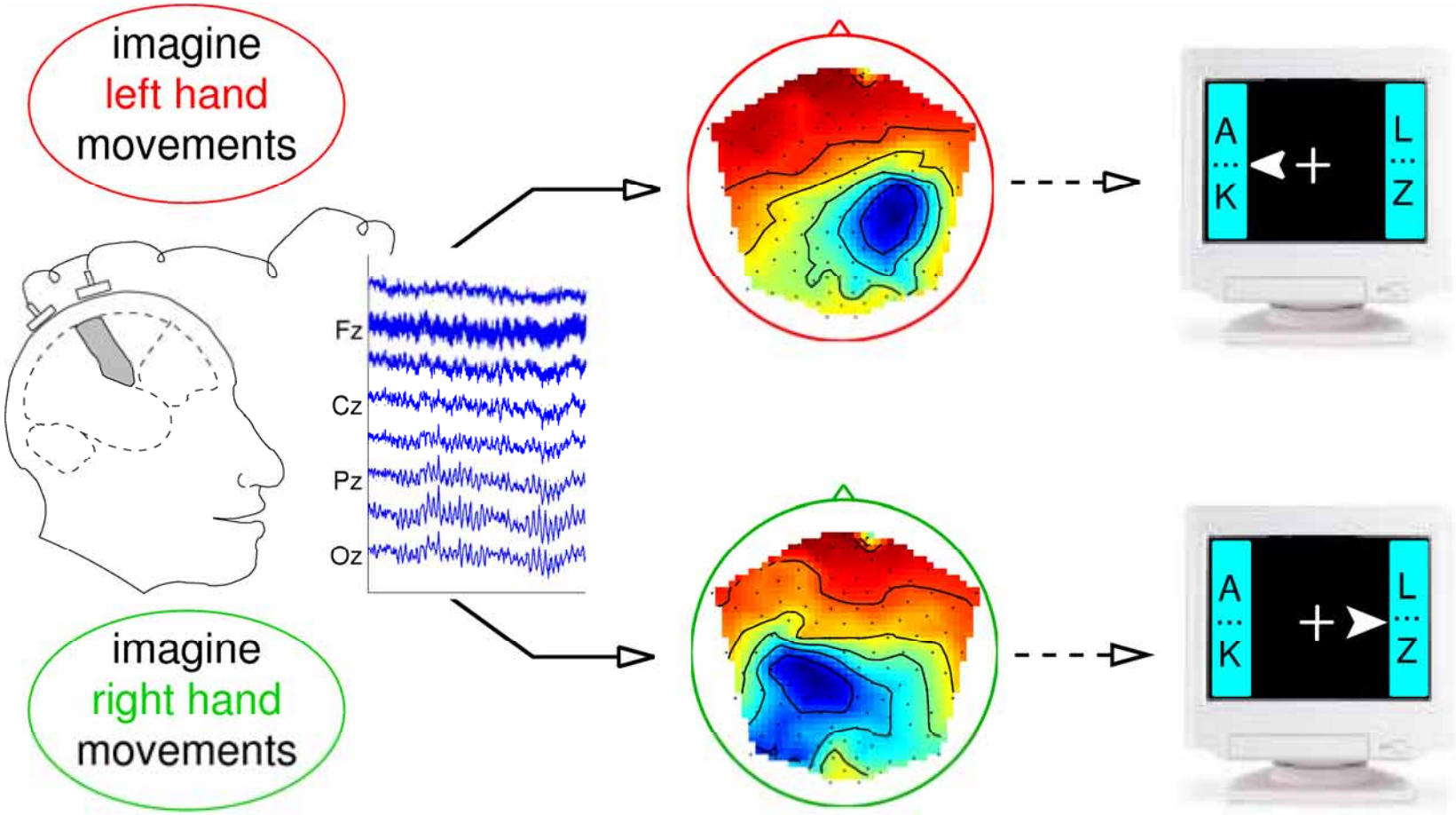
BCIの神経生理学的な背景

- 手を動かすイメージをすると，事象関連脱同期化(ERD)が起こり，対応する運動野のある周波数成分が抑制される





BCIの仕組み



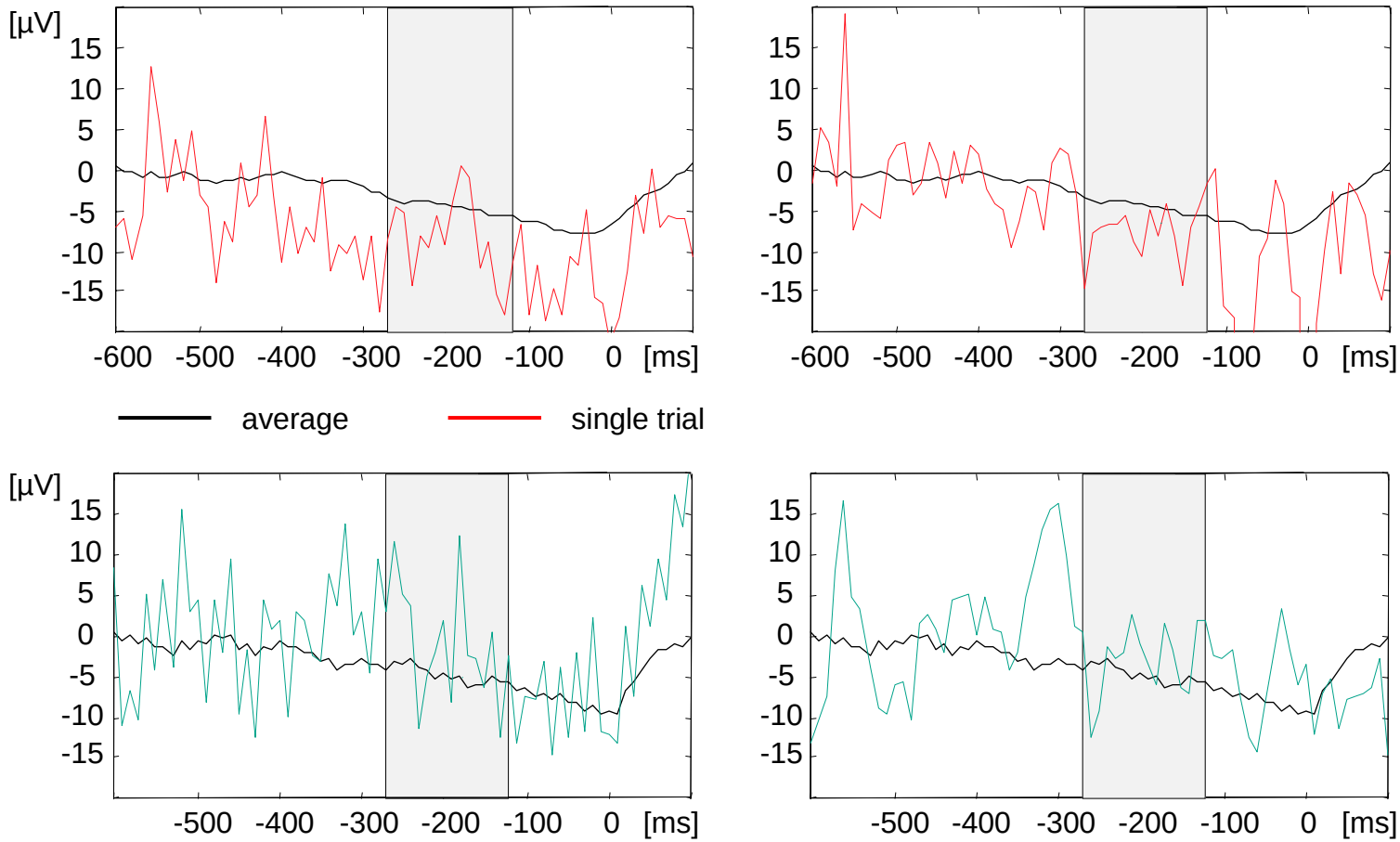
ERD特徴を用いて，コンピュータを操作する

BCIの難しさ (1)

試行によって
脳波の振る舞いは大きく異なる

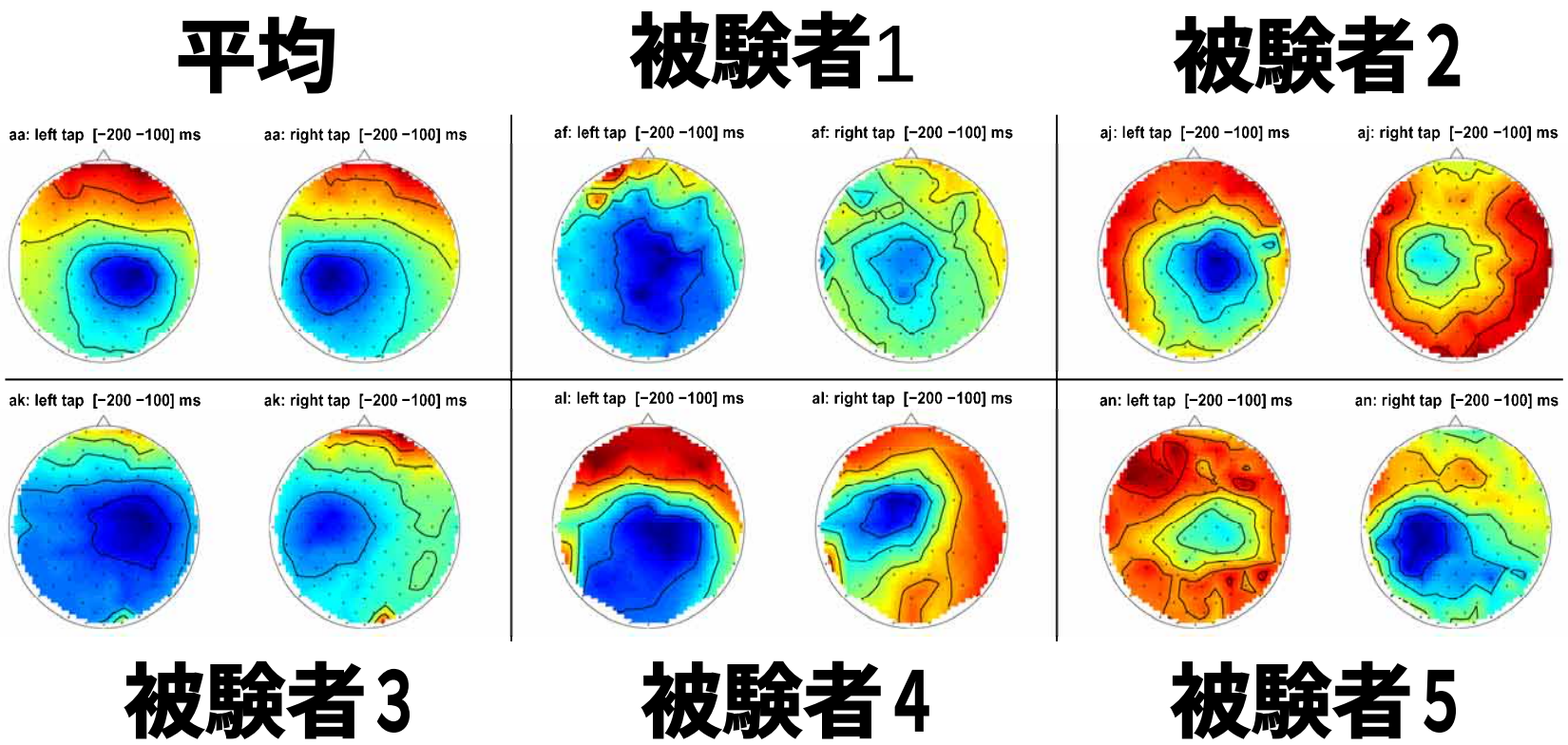
左手
(C4)

右手
(C3)



BCIの難しさ (2)

被験者によって
脳波信号の振る舞いが大きく異なる



BCIの難しさ (3)

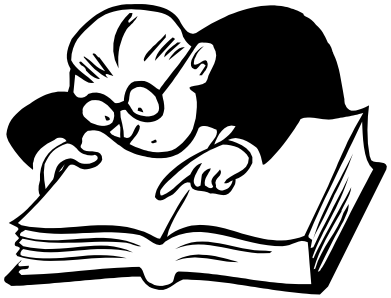
- 脳の“平均的”な振る舞いは生理学的に知られている
- BCIでは，試行毎かつ被験者毎の脳波の振る舞いを捕らえなければならない

- 機械学習のテクニックを活用する！

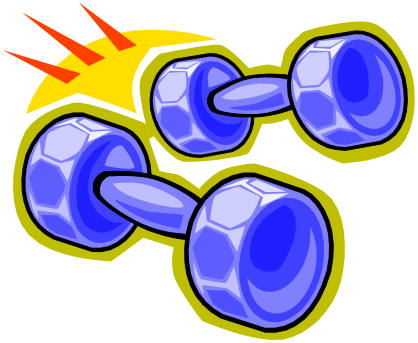
学習の種類

教師有り学習

教師無し学習

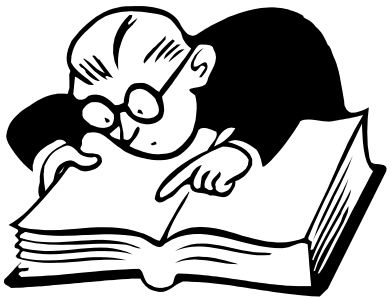


強化学習



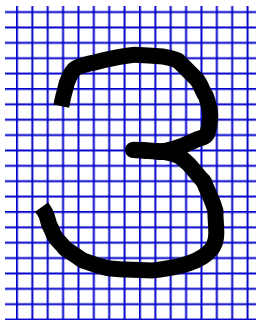
教師無し学習

- 教師はいない
- 自分ひとりで勉強する
- ゴールは勉強した知識から，
  「有用なこと」を見つけ出すこと



高次元データの可視化 (1)

- ひとつの手書き数字が１０×１０画素で構成されているとする.
- ベクトルにすると１００次元

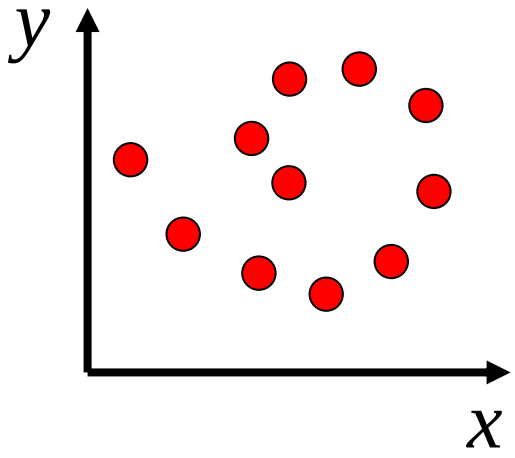


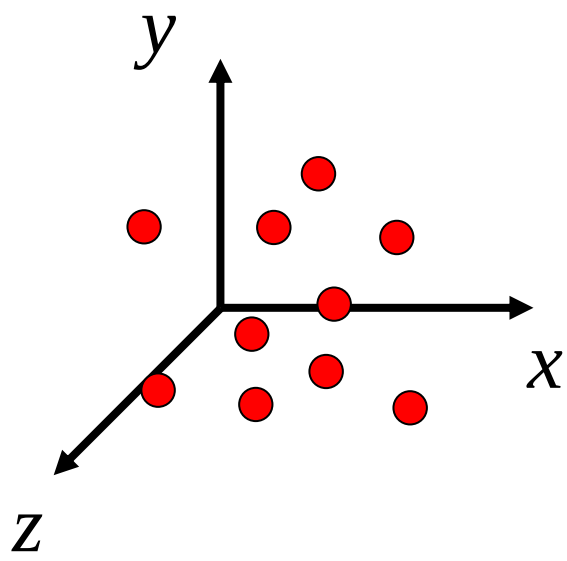
$$\left.\begin{pmatrix} 3 \\ 5 \\ 2 \\ \vdots \\ 4 \end{pmatrix}\right\} \text{１００個}$$

高次元データの可視化 (2)

- 2次元や3次元のベクトルはグラフに図示することができる

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$





$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

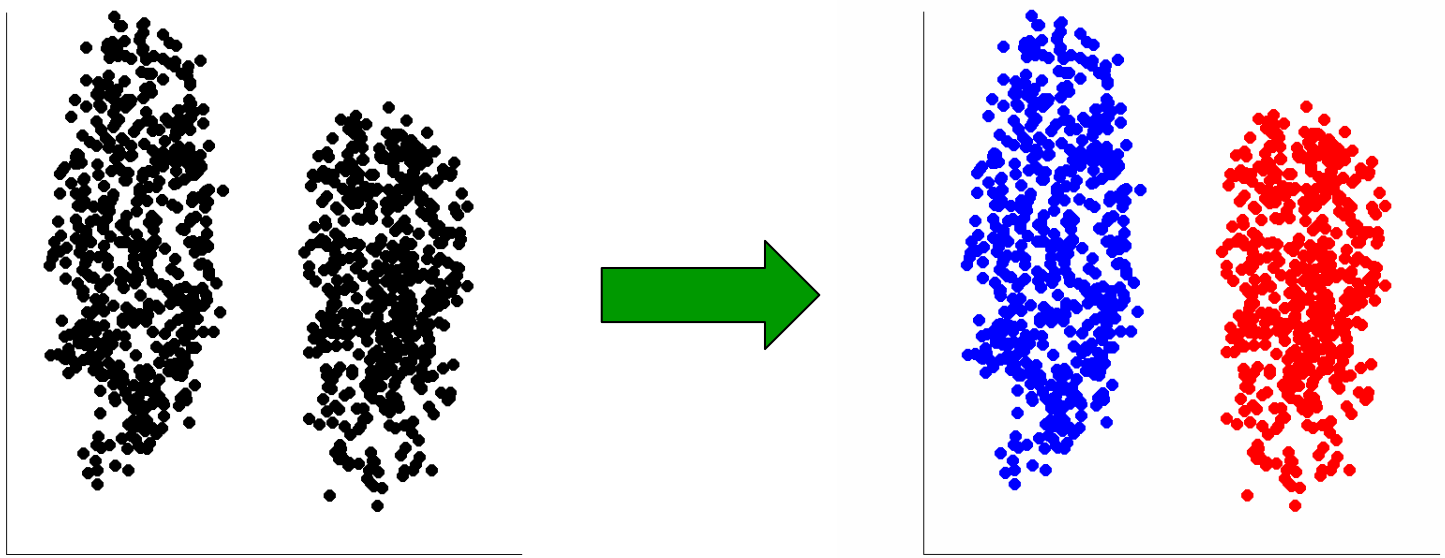
- 100次元のベクトルは図示できない！

高次元データの可視化 (3)

- ゴール：もとの高次元のデータの特徴を残したまま，低い次元（通常は2か3）に変換する

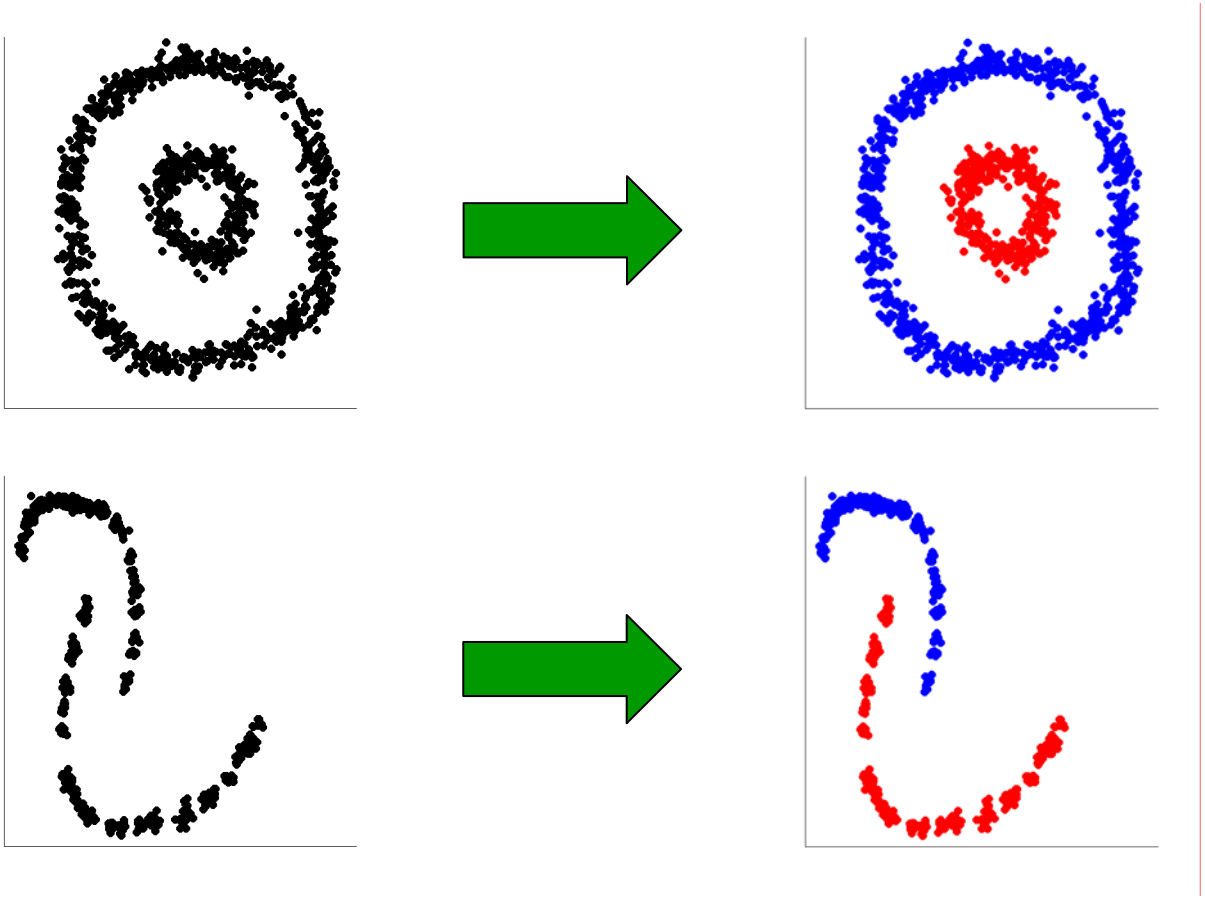
データのクラスタリング

- ゴール：与えられたデータをいくつかのグループに分類したい
  - 似たものは同じグループに
  - 違うものは別のグループに



例1

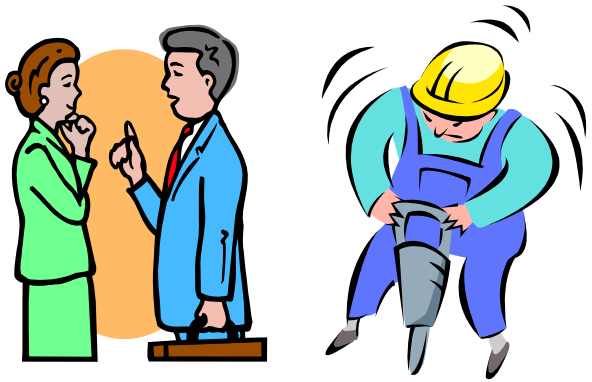
- つながっているデータは同じグループであろう



聖徳太子コンピュータ

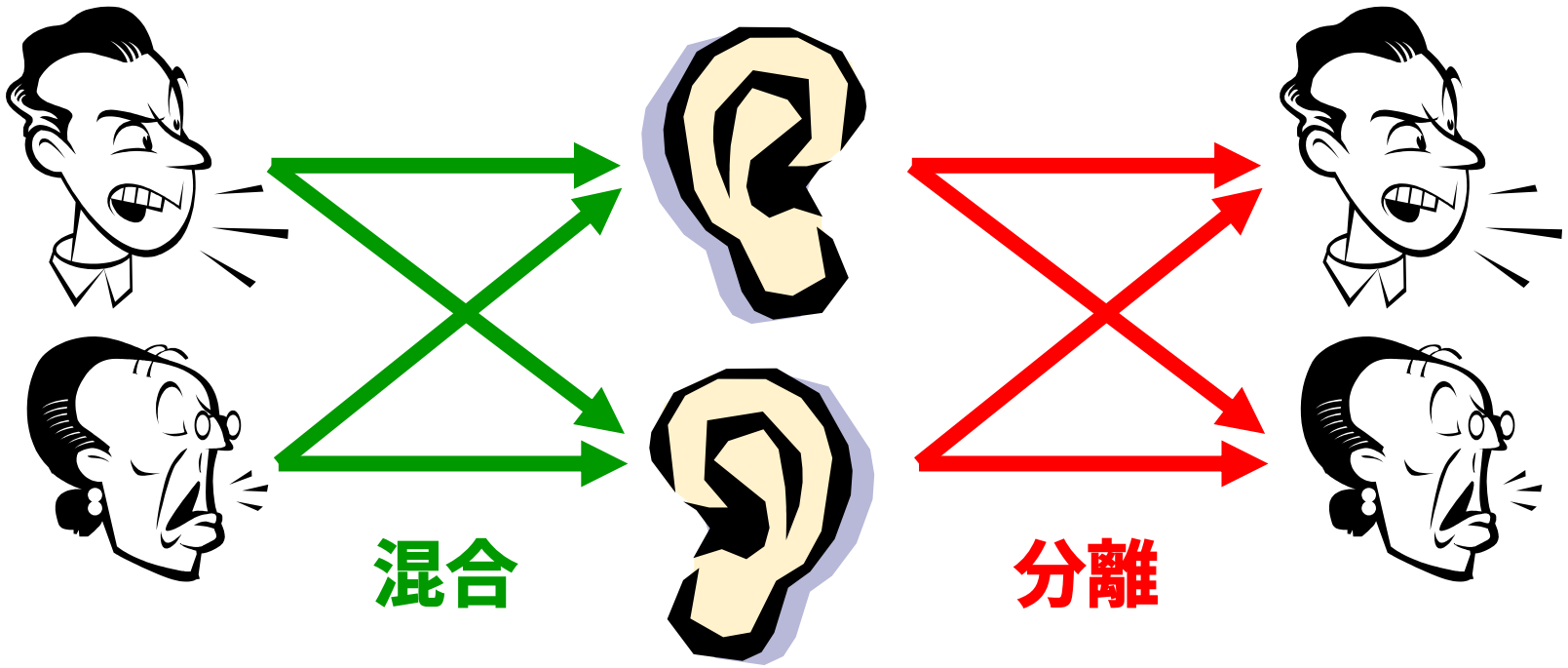
- 聖徳太子は10人の会話を同時に理解したらしい

- 普通の人でも，2人の会話くらいなら理解できる？
- 工事現場で立ち話しをしても，話は聞き取れる



ブラインド信号源分離

- 二人の会話が混ざった音声信号を二つの耳で聞く.
- ゴール：それらをもとの二つの音声信号に分離したい.



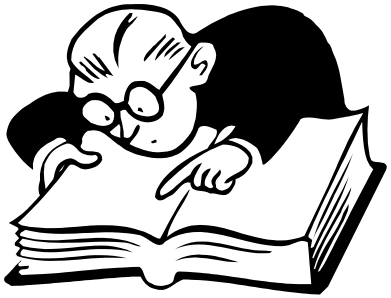
異常検知

- ゴール：システムの異常を検知したい
- 通常と「質」の異なるデータが現れたら警報を鳴らす
  - コンピュータネットワークの侵入検知
  - 人工衛星の異常検知

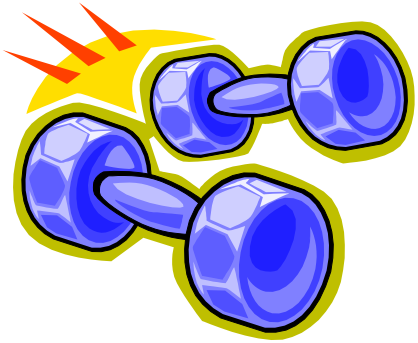
学習の種類

教師有り学習

教師無し学習

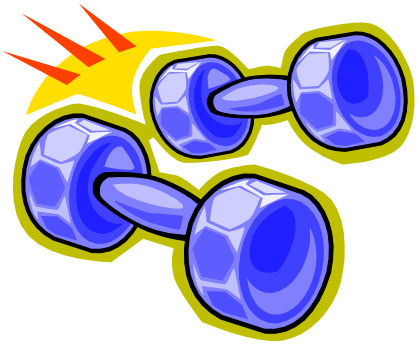


強化学習



強化学習 (1)

- 教師有り学習と同じく，教師の知識を学びたい
- しかし，教師は答えを教えてくれない
- 代わりに，生徒 (ロボット) が予想した答えが正しければ**報酬**をくれる
- 生徒 (ロボット) は，報酬が最大になるように学習する！

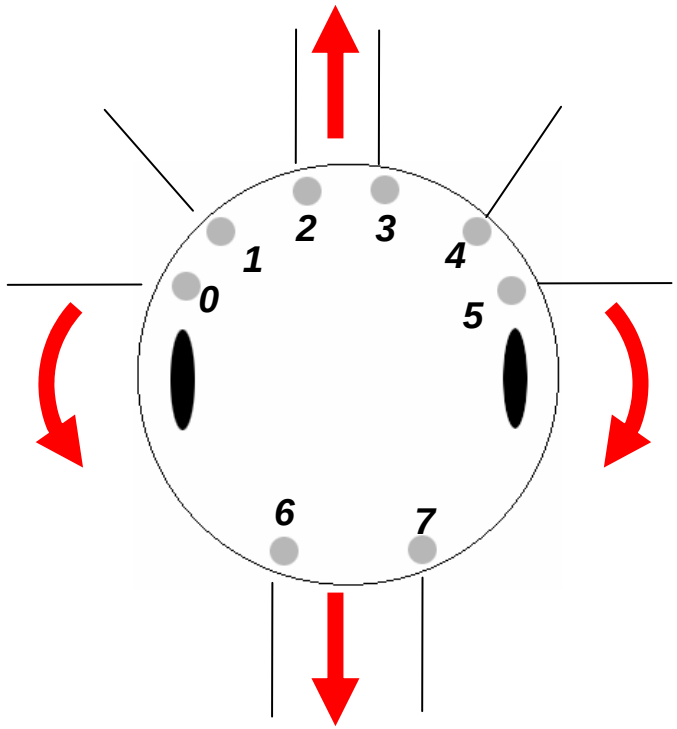


強化学習 (2)

- 強化学習は赤ちゃんの学習と似ている
- 赤ちゃんは親にほめてもらえるような行動をとる

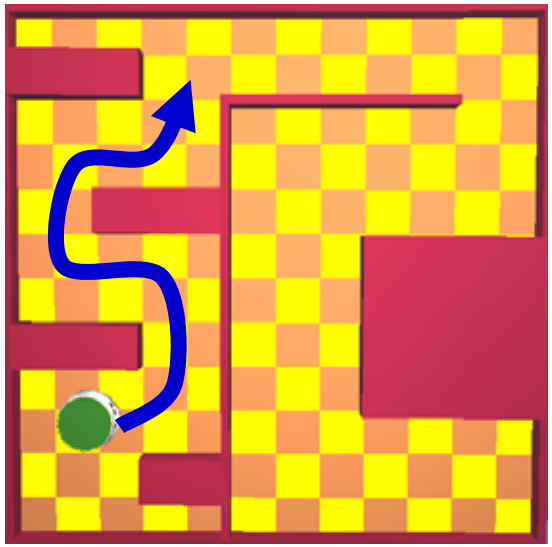
ロボットの障害物回避 (1)

- Khepera**ロボット**
  - 2つの車輪：前進，後進，左回転，右回転
  - 8個の赤外線センサー：壁との距離を計測



ロボットの障害物回避 (2)

- ゴール：障害物を避けて進む
- 報酬：
  - 壁にぶつかったらマイナスの報酬 (罰金)
  - 前に進んだらプラスの報酬
- どうやって障害物を避けるかは教えない！



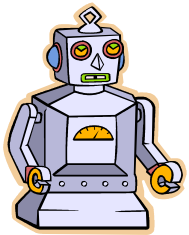
ロボットの立ち上がり動作 ()

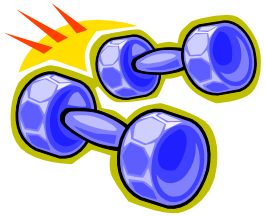
- ヒューマノイド（？）ロボット：
  - 関節が二つ
  - 関節の角度を操作できる
- ゴール：立ち上がり動作を学習させる
- 報酬：頭を高く持ち上げたときにプラスの報酬を与える

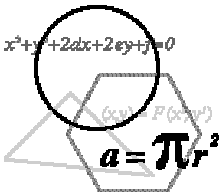
立ち上がり＝頭の位置が最高

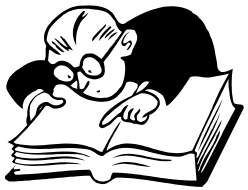
まとめ

- 「学習」研究の3つのトピックス
  - 人間の学習の仕組みを理解する
  - 学習するコンピュータのハードウェアを作る
  - コンピュータを学習させるソフトウェアを作る
- 3種類の「学習」
  - 教師有り学習
  - 教師無し学習
  - 強化学習



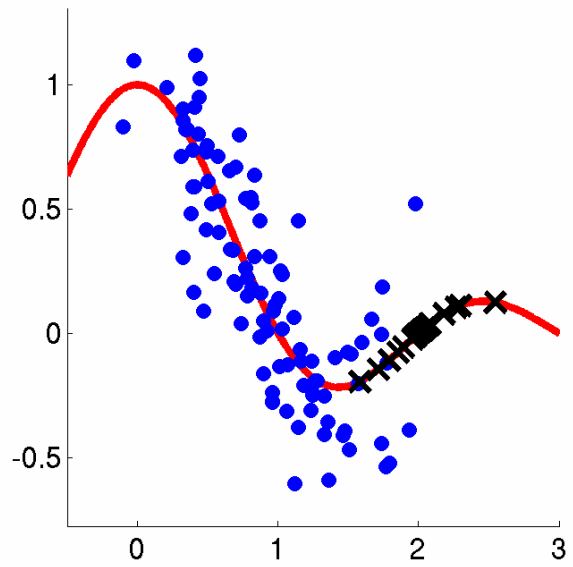






機械学習分野の最新動向 (1)

- **非定常データの取り扱い**：データを生成する規則が時間とともに変化する
  - 人間の脳波は体調や気分によって変化する
  - ロボットは磨耗すると動きが悪くなる



機械学習分野の最新動向（2）

- **複雑な構造を持つデータの取り扱い**：
  - 数字の5と3の「近さ」は，5－3＝2
  - DNAの列「ATGCAA」と「AGGT」の近さは？
  - 二つのウェブページの類似度は？

機械学習分野の最新動向 (3)

■ **超大規模データの取り扱い**：

- Google: ８０億ページのデータ (２００６年１０月)
- デジタルカメラ：１０００万画素以上

インターネットのグラフ表現