

# 選択的注意の機構の計算機上 での再現と、前部帯状回の計算 論的モデルの構想

産業技術総合研究所

一杉裕志

2006-08-17

# 概要

- 人間の情報処理の機能の多くは機械学習技術で再現可能であるが、「次元の呪い」が実世界での応用の本質的な障害になっている。そこで、受動的・能動的に特徴を選択することで次元の呪いを回避する機構を提案する。能動的な特徴選択の機構は、大脳皮質の前部帯状回の計算論的モデルになる可能性がある。

# 背景

# 背景

- 「人間にはできるが計算機にはできない」と一般に思われている多くの機能は、実は機械学習の分野ですでに実現されている。
  - 合目的的な行動の自律的な獲得：強化学習
  - 概念の自律的な獲得：クラスタリング
  - 経験に基づく曖昧な判断：ベイジアンネット
- にもかかわらず、人間同様の知能を持つ機械はいまだ実現されていない。
  - 理由1：必要な要素技術をすべて組み合わせてみようとはチャレンジする人が、なぜか、いない。
  - 理由2：次元の呪い

# 機械学習における「次元の呪い」に関する知見

# 次元の呪い

- 多くの機械学習アルゴリズムは、入力次元が高い(10~100次元以上)と現実的に動作しない。
  - 必要な記憶量の爆発
    - 例: 強化学習の状態価値テーブルのサイズ
  - 学習に必要なサンプル数の爆発
  - 計算量の爆発
  - 精度の減少
    - 例: ユークリッド距離は、高次元ではノイズに埋もれて全く意味を成さない。

# 次元の呪いへの対策

- 次元圧縮
  - 主成分分析、自己組織化マップ
- 特徴選択
  - 統計的性質を使って有効な特徴のみを選択
- 人手による事前知識の作り込み
  - ベイジアンネットなどのグラフィカルモデル

# 提案するアイデア

- 「学習の意図」に応じて能動的に特徴を選択する機構を提案する。
- 従来の次元の呪い対策にさらにこの機構を加えれば、入力次元を劇的に減少させることができ、実世界で知識獲得できるロボットの実現可能性がひらけるかもしれない。



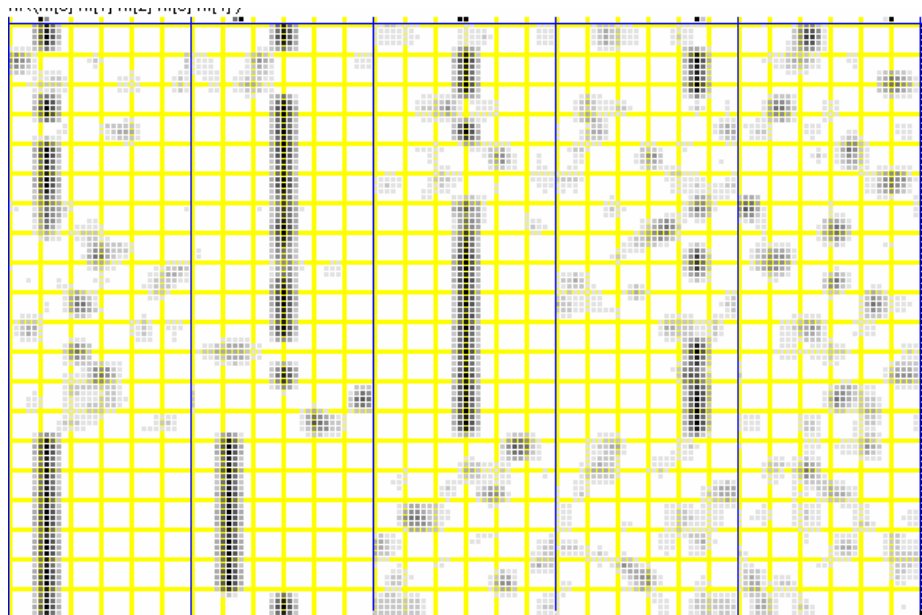
# 受動的な特徴選択

# 教師なしオンライン特徴選択

- 字を認識するとき、字の「色」という特徴は認識結果と相関がないので、無視するようにすればよい。相関がないことは統計を取れば分かる。
- 効果：
  - 記憶容量の増大。
    - 字形と色の関係を記憶する必要がない。
  - 汎化。
    - 経験のない字形と色の組み合わせでも字を認識可能。

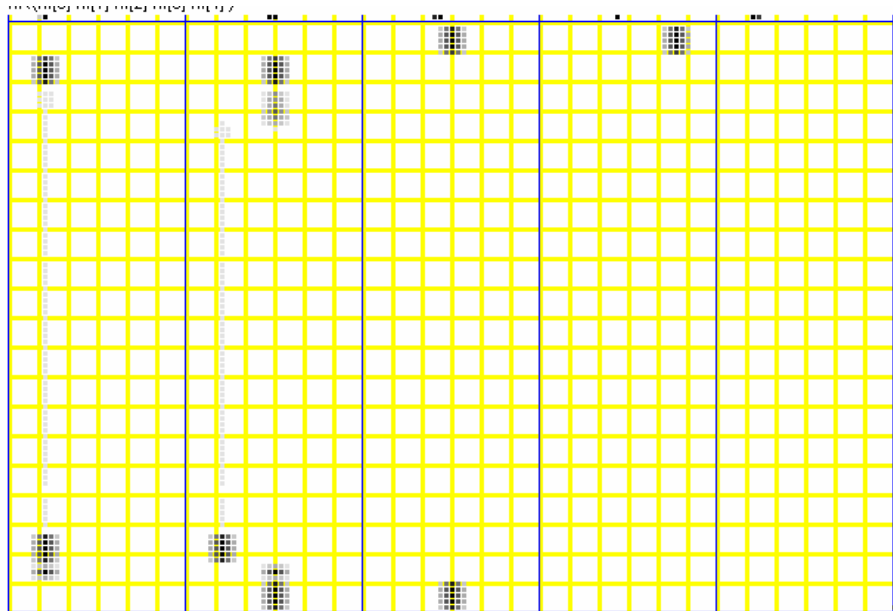
# SOMでの実現例：特徴選択なし

- 1次元SOM, 縦はユニット、横は結合ベクトル、入力はメンバシップ関数風に表現。
- 2つの特徴以外は乱数となる5次元のパターン4つを入力。
- 無意味な特徴も含めてひたすら学習してしまう。



# SOMでの実現例：特徴選択あり

- 少ないユニットでパターンを記憶可能。



# この方法の問題点

- この方法では、認識対象をある程度学習して初めて、不要な特徴がどれかが明らかになる。しかし、特徴の数が多すぎると「次元の呪い」により、そもそも学習ができない。

# 能動的な特徴選択

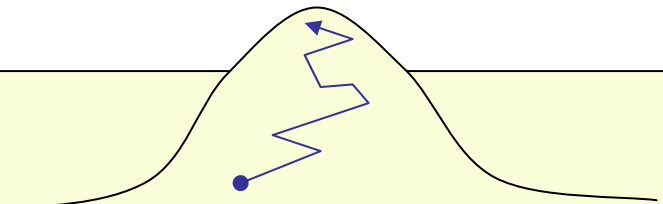
# 解決策：能動的な特徴選択

- 「認識の意図」に応じて特徴を選択した上で学習すればよい。
- 例：「字を認識しよう」という意図を持っているとき、「色という特徴を無視したら字の認識がうまくいった」という過去の経験をもとに、不要な特徴をあらかじめ取り除いた上で認識・学習器に入力すればよい。
- 「意図」と「選択すべき特徴」の組は、強化学習で獲得する。

# 強化学習の問題点と対策

- 探索空間が広いと現実的な時間で解にたどり着けない。
- しかし、近似解を与えれば、それを最適化することは可能。

広大な探索空間



近似解からの山登りならば可能



ランダムな探索では  
現実的な時間で解にたどり着けない



# 近似解をどう与えるか？

- 受動的特徴選択の機構で与える。
  - 作り込みの受動的特徴選択機構
    - 例1: 強い刺激に注意を向ける。
    - 例2: 生得的知識により、現在の状況において重要と思われる特徴を選択。
      - ものを食べる瞬間は味に注目。
    - 例3: 顕著な特徴  $n$  個を選択。
  - 学習で獲得する受動的特徴選択
    - 教師なしオンライン特徴選択

# 能動的特徴選択の欠点

- **いずれも、人間の欠点と共通。**
  - 欠点を上回る効果があるはず。
- 有効な特徴選択の仕方(目の付け所)を獲得するまでに時間がかかる。
- 同じ入力刺激であっても、「意図」の違いで異なった認識・学習がなされてしまい、結果が決定論的でない。
- 認識に有効なはずの特徴が、意図的に無視され続ける可能性がある。

# 神経科学的妥当性？

- ストループ課題（「**あお**」を見て赤と答える）で前部帯状回（ACC）が賦活。
- ACCは選択的注意に関与すると考えられている。
- ACCは独立した大脳基底核－大脳皮質ループを構成しており、強化学習を行っている。
- ACCは大脳を中心に位置し、大脳皮質の広い範囲と連絡を持っている。

# 今後

- まずは、非常に単純化された外界の中を動く簡単なロボットの脳を計算機上でシミュレーションして、本機構の有効性を検証する。
- ACCの機能との対応についてさらに文献調査を進める。
  - (生理学的知見からアーキテクチャ改良のヒントが得られる可能性が高いため。)