

4K-6

ニューロン群選択説に基づく学習をする Oculomotor-system について

田中あずさ, 米津光浩, 中西正和

慶應義塾大学理工学研究科計算機科学専攻

1. はじめに

Gerald M. Edelman が神経グループ選択理論 (NGS 理論) [1][2] を実証するために構築したシミュレーションシステム DarwinIII のサブシステム Oculomotor-system を実装し, NGS 理論を用いたニューラルネットワークの学習について考察する.

2. NGS 理論

NGS 理論とは, 脳による知覚のカテゴリー化が細胞選択事象と再入力マップによるという, 神経系を選択の働く集団とみなす理論である.

構造の選択 脳の神経細胞の結合は発生途上で生じ, 構造上のレパートリーを形成する.

縮退 与えられた入力に対してより良く反応するグループが選択され, 結合が強化される. ある特定の入力に対して同じような応答をするグループが多数あるというアイデアを縮退という.

再入力 (reentry) 独立な特徴に対するマップ同士の間で再入力があることで, 対象を多次的にとらえることができる.

3. 選択的学習をするシステム

Edelman は, ニューロン群選択説に基づく学習をして分類認識をする DarwinII, そして次に, 眼と腕を持ち外界にある対象物の認識をし, 環境に対して行動をすることができるシステム DarwinIII を作った.

これらは以下のような特徴を持つ学習ネットワークである.

- ネットワークのノードは, ニューロンのグループ

に対応する認識単位である.

- 各グループの活動度は現在の入力と過去の履歴にのみ依存する.
- 各グループは活動度をネットワーク間の結合を通して他のニューロンに伝えることができる.
- 結合は一旦出来上がると変化しない.
- 結合の強度は結合の両端もしくは片方のグループの活動度に応じて変化する.
- 刺激に対する特別な情報を前もっては持たない. また, カテゴリー化の初期段階に強制的学習は行なわない.

3.1 DarwinIII

眼と腕を持ち外界にある対象物を認識し, 環境に対して行動をすることができる.

DarwinIII は認識システム, 眼の動きを司るシステム, 対象物に到達するまで腕を動かすシステム, 対象物の輪郭をなぞるシステムの四つのサブシステムから構成されている.

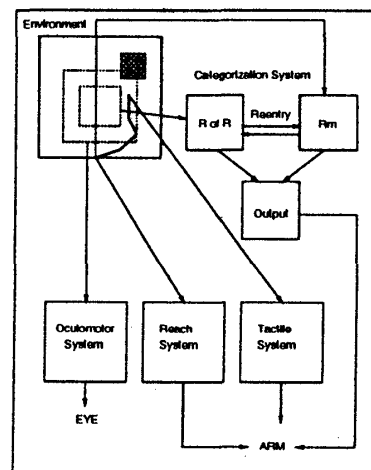


図 1: DarwinIII

Experiments on Neuronal Group Selection Oculomotor System

Azusa TANAKA, Mitsuhiro YONEZU, Masakazu NAKANISHI

Department of Computer Science, Keio University, 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama, Kanagawa Pref., 223, Japan

3.2 value

ネットワークがある行動をした後にその行動が評価され、評価が良ければその時のシナプス結合は増強される。この評価値のことを value と呼ぶ。DarwinIIIにある value を与えて学習させるとある振舞いをするようになる。

3.3 遷移則

$$s_i(t) = \sum_j c_{ij} \cdot h(s_{l_{ij}} - \theta_E) - \sum_k \beta \cdot h(s_k - \theta_I) + N + \omega \cdot s_i(t-1)$$

ただし、 $s_i(t)$ は時刻 t における i 番目のグループの状態、 c_{ij} はグループ i の j 番目の入力、 $s_{l_{ij}}$ はグループ i の j 番目の入力の相手 (l_{ij}) のグループの状態、 θ_E は興奮性入力の閾値、 h は閾値関数、 β は固定の抑制性係数、 s_k は k 番目のグループの状態 (k はグループ i の固有の抑制性近傍のグループ)、 θ_I は抑制性入力の閾値、 N はノイズ項、 ω は永続パラメータ ($\omega = e^{-1/\tau}$ 、ただし τ は固有の時定数) である。第 1, 2 項はそれらを足した値が、正閾値 (θ_p) を越えるか負閾値 (θ_N) を下回るかしない場合は無視される。

3.4 学習則

$$c_{ij}(t+1) = c_{ij}(t) + \delta \cdot \phi(c_{ij}) \cdot h(s_i - \theta_{M_I}) \cdot h(s_j - \theta_{M_J}) \cdot h(v - \theta_V)$$

ただし、 $c_{ij}(t)$ は時刻 t におけるシナプス前のグループ i からシナプス後のグループ j へのシナプス結合の強度、 δ は増幅ファクタ ($0 \leq \delta < 1$)、 $\phi(c)$ は $|c_{ij}|$ が 1 を越えないようにするための抑制ファクタ $\phi(c) = \text{if } c > 0 \text{ then } 1 - 2c^2 + c^4 \text{ else } 1$ 、 θ_{M_I} 、 θ_{M_J} はそれぞれシナプス後部のグループ i 、シナプス前部のグループ j に対する増幅閾値である。 θ_V は value の閾値で、value がこれを越えた場合のみシナプス結合は増強される。

4. Oculomotor-system

Oculomotor-system は目の動きを司る、DarwinIII のサブシステムである。

3層のネットワークからなり、第1層で環境からの入力を得て、第3層で視野の動く方向を決める。

value は「見ないよりも見るの方が良い」という本能に基づいて決まる。

5. 結果

40 × 40 の環境の中を、16 × 16 の対象物が動き、それを 30 × 30 の視野が追いかけるという形で実験を行なった。Oculomotor-system は 1 ステップ毎に学習をする。視野の動きは対象物の動きよりも必ず早くなるように設定されている。

このような実験を行なった結果、ある程度は視野が対象物を追いかけることができるようになった。

6. 結論および今後の展望

Edelman が提案している NGS 理論とは、ニューラルネットワークの学習法ではなく、発生から考慮した脳の神経回路理論である。DarwinIII は NGS 理論の一部を実証したのにすぎない。

value を用いて学習するので、この学習法は一種の強化学習を採り入れたニューラルネットワークの学習法だといえるのではないだろうか。

リカレントなニューラルネットワークの学習法、強化学習を採り入れたニューラルネットワークの学習法、ニューラルネットワークによる腕の行動プランニング、多くの特徴を持つ対象物の分類認識などについて考慮して、NGS 理論を利用したニューラルネットワークの学習法について、その利点や特徴を明らかにしたいと考えている。

参考文献

- [1] Gerald M. Edelman. *Neural Darwinism*. Basic Books, 1987.
- [2] J. Alan Robinson Michael A. Arbib. *Natural And Artificial Parallel Computation*. MIT press, 1990.