

5H-1

神経グループ選択説に基づく 学習システムに関する実験的考察

米津光浩[†] 北野宏明^{††} 中西正和[†][†]慶應義塾大学理工学研究科計算機科学科^{††}ソニー・コンピュータ・サイエンス研究所

1. はじめに

脳神経の回路構成の情報は膨大なため、遺伝子の中に完全には収めることが出来ない。そこで、遺伝情報には何らかの制約のみが記述されるという立場から進化と脳回路との関係を記述する試みが出てきた ([1][4] など)。

G. Edelman らは独自の生物学的考察を元に、神経グループ選択 (Neuronal Group Selection, 以下 NGS) という学習モデルを提案した [2][3]。本研究では、NGS 理論に基づいた認識システムである、Darwin II の追実験を行なった。

2. NGS 理論

NGS 理論では、神経回路の結合の有無は発生初期の段階で決定され、一旦結合が決まった後では重みの学習しか行なわないものとする。固定された結合を持った複数のレパートリーを選択することにより、環境に適応しながら多様性を維持する可能性を持たせている。Edelman によれば、選択系 (selective system) は一般に次のような条件が必要である [3]。

- 環境の変化に対応出来る実体の集合 (レパートリー)
 - レパートリーのメンバーが環境に出会う広範な機会
 - 成績の良かったメンバーを強化するメカニズム
- これらの考察から以下のような特徴を持つ学習ネットワークが提案された [2]。

- 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のみに依存する。
- 各グループは活動度を他のニューロンに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 (一方通行ドグマ)。
- 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. Darwin II の構成

Darwin II は NGS 理論を実証するために作られた 2 次元パターンの認識オートマトンである。個々のパターンに個別に反応する「ダーウィン」と、同じクラスのパターンには同じように反応する「ウォレス」という 2 つのサブシステムからなる。出力は特になく、レパートリーの中のグループの活動度を視覚化して動作を確認する。

3.1 遷移規則

グループは、他のグループからの複数の入力を持つ。グループの状態は時間変化するスカラー変数 s によって表される (活動度)。これは、入力と過去の履歴から、次の非線形反応関数に従って決定される。

$$s_i(t) = \sum_j c_{ij}(s_{i,j} - \theta_E) - \sum_k \beta(s_k - \theta_I) + N + w \cdot s_i(t-1),$$

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 ($c_{ij} > 0$ なら

Experiments on Neuronal Group Selection System

Mitsuhiro YONEZU[†]Hiroaki KITANO^{††}Masakazu NAKANISHI[†][†]Department of Computer Science, Graduate School of Science and Technology, Keio University 3-14-1 Hiyoshi, Yokohama, Kanagawa 223, Japan^{††}Sony Computer Science Laboratory, 3-14-13 Higashi-gotanda, Shinagawa, Tokyo 141 Japan

興奮性、 $c_{ij} < 0$ なら抑制性)、 $s_{i,j}$ は l_{ij} (グループ i の j 番目の入力の相手の) のグループの状態、 θ_E は興奮性入力のしきい値 ($s_{i,j} \geq \theta_E$ の入力のみが含まれる)、 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を範囲とする)、 θ_I は抑制性入力のしきい値 ($s_k \geq \theta_I$ の入力のみが含まれる)、 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、正しきい値 (θ_p) を越えるか負しきい値 (θ_N) を下回るかしない場合は無視される。

3.2 学習規則

シナプス結合の前後のグループの活動度に応じて結合の強度 (c_{ij}) を変えるための学習規則は次式で与えられる。

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

ただし、 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 $\phi(c) = \text{if } c > 0 \text{ then } 1 - 2c^2 + c^4 \text{ else } 1$ 、 $\theta_{M_I}, \theta_{M_J}$ 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 に対する増幅しきい値である。本研究では、 θ_{M_J} のとき $\delta = 0$ 、それ以外の時 δ は正とした。

4. 結果

×、+ の形をした入力パターンに対して、Darwin II を動作させて 10 ステップ目のグループの活動度の様子を図 1、2 に示す。左側が「ダーウィン」で、入力パターンが違うために全く違う反応をしているのがわかる。右側が「ウォレス」で、×、+ が同じ形を 45 度回転させた関係にあることから、似たような反応を示している。

5. 結論及び今後の展望

レパートリーの少ない実験においても、NGS 理論に基づいた学習システムは環境を認識するためのオートマトンとして機能できることがわかった。

出力を持つオートマトンとして提案されている

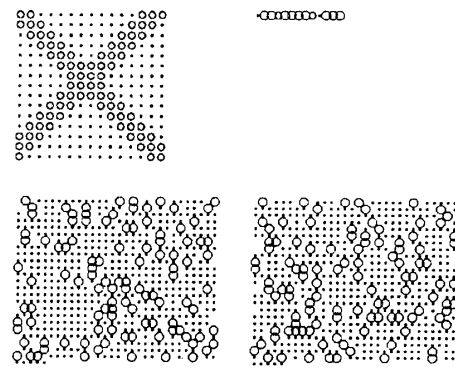


図 1: × 状の 2 次元入力に対する Darwin II の反応

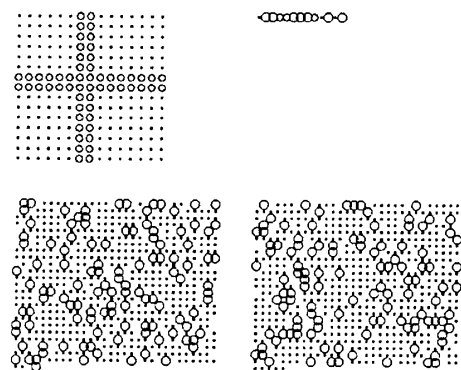


図 2: + 状の 2 次元入力に対する Darwin II の反応

Darwin III などを実装し、遺伝的監視理論 [4] などとの比較を行なう予定である。

参考文献

- [1] D. Ackley and M. Littman. Interaction between learning and evolution. In C. Langton, C. Taylor, J.D. Farmer, and S. Rasmussen, editors, *Artificial Life II*. SFI Studies in the Science of Complexity, 1991.
- [2] Gerald M. Edelman. *Neural Darwinism*. Basic Books, 1987.
- [3] Gerald M. Edelman and Dan Sulzbach. Selective neural networks and their implications for recognition automata. *The International Journal of Supercomputer Applications*, 1(1):44-69, 1987.
- [4] 北野宏明. 遺伝的アルゴリズムとニューラル・ネットワークとの融合. 北野宏明編, 遺伝的アルゴリズム, 第 9 章. 産業図書, 1993.