

生物学的手法によるニューラルネットワークの進化・学習

—生物の感情獲得シミュレーション—

The Evolution and Learning of Neural Networks by Biological Techniques - Simulation for Emotion Acquisition -

森田 晋一郎†
Shinichiro MORITA

恩田 宜和†
Yoshikazu ONDA

月本 洋†
Hiroshi TSUKIMOTO

1. まえがき

感情に関する研究は、心理学、認知科学、人工知能をはじめとして、いくつかの研究がある。しかしながら、進化論的な感情の研究はあまり行なわれていない。感情を進化論的に考えると、人類が感情を獲得した時点の環境では、その感情は環境に有効に適応し、生存に有利であるからこそ、人類は感情を獲得したのである。したがって、人類が感情を獲得した時点ではそれなりに合理的なものであったはずである^[1]。現在、感情が不合理なものとして扱われるのは、環境が変わったからである。したがって、現在不合理なものとして扱われている感情も、それを獲得した時点では、合理的なものであり、それなりの機能を有していたのである。よって、感情の機能を、感情のクオリア(感情そのもの)から分離して、それ単独で研究することを考える。感情に関する進化論的な(有力な)仮説として次のようなものがある。「アフリカの森からサバンナに出た人類の祖先が、集団で協力してマンモスなどの獲物を捕ら、獲得した肉を分配して食べたということを幾世代に渡って行なったことにより感情を獲得した。」^[2]。この仮説を部分的に(獲物獲得のみ)モデル化し、コンピュータ・シミュレータを作成した。シミュレーション実験の結果、良好な結果を得たので報告する。

2. シミュレーションについて

2.1 シミュレーションモデルの概要

シミュレーションの概要は以下の通りである。ある村の人間が、マンモス等の獲物を獲得するという協調作業を幾世代にも渡って行う。その村は、何世代か後には、獲物の獲得に成功して存続しているか、獲物の獲得に失敗して死滅しているか、のいずれかの状態になる。獲物の獲得に成功して存続しているならば、その村の人間たちは協調性の感情を獲得しているであろうし、協調性の感情を獲得していないならば、その村の人間たちは獲物の獲得に失敗して死滅しているだろう。本研究では、獲得した肉の集団内での分配は考えずに、協調的な狩猟行動をモデル化した獲物獲得ゲームを作成した。

2.2 獲物獲得ゲームについて

上記の事柄を人工ニューラルネットワーク(Artificial Neural Network : ANN)と遺伝アルゴリズム(Genetic Algorithm : GA)を組み合わせた獲物獲得ゲームを作成し、コンピュータ・シミュレーションを行った^[3]。獲物獲得ゲームと ANN・GA との基本的な対応関係は以下の通りである。

- 村人 → ANN
- 村(村人の集合) → ANNの集団
- 各村人の獲物獲得の学習 → ANNの誤差逆伝搬(Back Propagation : BP)学習
- ある世代から次の世代の生成 → GA

本シミュレーションでは、GAとANNを組み合わせるが、GAとANNの組み合わせ方法としては、ANNの重み係数に対してGAの操作を行うことで、重み係数を最適化するという方法が多い。この方法は工学的な最適化問題には適切かもしれないが、進化による感情獲得のコンピュータ・シミュレーションをめざす認知科学的(もしくは心理学的)な本研究の場合には、不適切である。なぜならば、優秀な個体は適応度で選択されるが、その適応度(関数)を学習(最適化)する個体学習もGAが行うことになるからである。そこで本研究では、遺伝による進化(集団学習)と、個体であるANNの学習(個体学習)とを分けて考え、遺伝による進化はGAで行い、個体学習はBP法で行う^[4]。

獲物獲得ゲームの概略フローは以下の通りである^[2]。

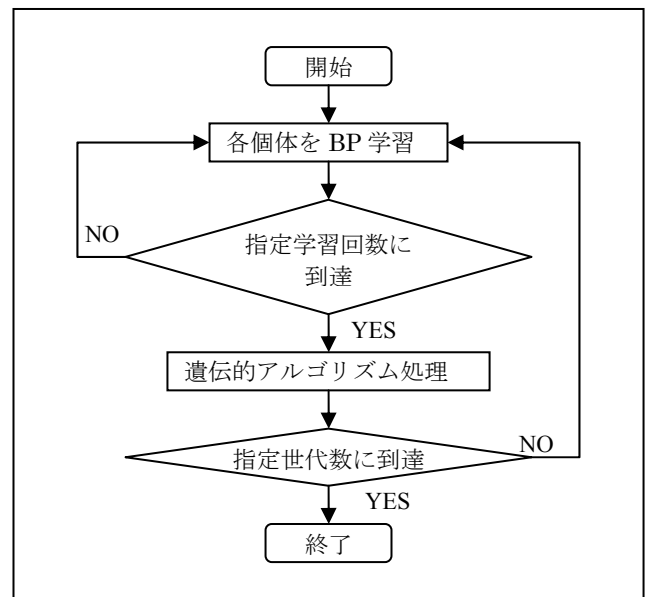


図1 獲物獲得ゲームの流れ

2.3 獲物獲得ゲームの前提

われわれ人類の祖先は、感情反応らしきものが見受けられても、本来の意味での協調性(の感情)は出現していない、ということが想定可能であろう。そこで、少々乱暴ではあるかもしれないが、人類の祖先には情動はあるが感情はない、ということをも前提にする。「情動」や「感情」に関してはまだ解明されていない部分が多く、使用方法が統一されていないので、このような前提(区別)は妥当であろう。

† 東京電機大学 工学研究科 情報通信工学専攻

さて、獲物獲得ゲームは、次のようになる。最初の世代の「人類」は情動のみを備えていてまだ協調性の感情は備えていないが、その幾世代も後の「人類」、すなわち獲物獲得に成功して存続している村の村人たちは、情動に加えて協調性の感情をも獲得している。したがって、協調行動が獲物の獲得を可能にするという意味で協調性の感情が生存の必要条件となるためには、獲物を1人では獲得できず、複数の村人でのみ獲得できるように設定しておく必要がある。獲物獲得ゲームの様子を図2に示す。

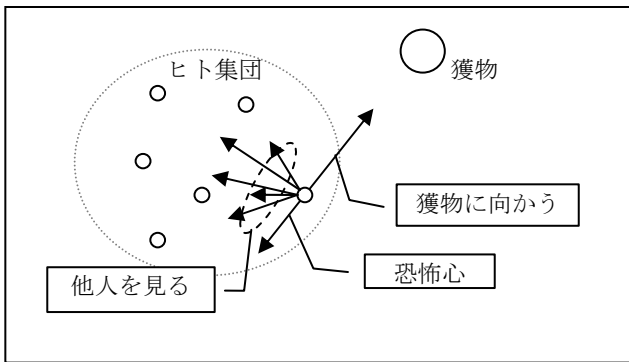


図2. 獲物獲得ゲームの様子

2.3 シミュレーションの条件

本研究の設定条件では、数10人の個体(ANN)がお互いの位置を見ながら(他人の座標も入力して)獲物に近づく。獲物から一定の距離内に、同時に複数(たとえば3人以上)が入れば、その獲物を倒せる。同時に、たとえば1人か2人しか入らなければ、その獲物は獲得できず、負傷する。負傷すると次の獲物獲得には参加できない。BP学習は基本的に、獲物との距離を小さくするように行った。恐怖という情動は、獲物とは逆方向への距離も小さくするようにすることで実現した。そして、GAの適応度は、基本的に、各個体の獲物獲得への寄与度とした。

3. 獲物獲得ゲームの結果

進化の1例は図3の通りである^[2]。横軸は世代数であり、縦軸は1世代あたりの獲得した獲物数である。この例では、集団数(ANNの数)を30人、1世代での最大獲物出現数を100とし、600世代程度の進化を行った。図から、徐々に獲物獲得回数が増えていることが見て取れる。

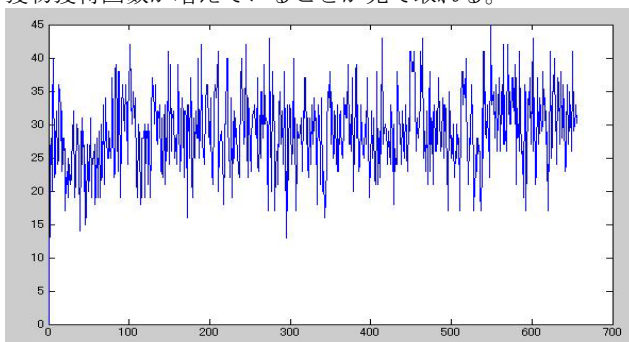


図3. 獲物獲得ゲームの結果

4. 検証

本モデルのANNが感情を獲得したか否かの確認として、進化させた世代から適応度に基づき2個体を取り出し、別

の課題に挑戦させる、というものが考えられる。本研究では、その課題として四人のジレンマ・ゲームを選んだ^[3]。以下に、利得表を示す。

表2. 本モデルにおける利得の例

	B: 捕獲	B: 捕獲せず
A: 捕獲	A(10) B(10)	A(1) B(15)
A: 捕獲せず	A(15) B(1)	A(3) B(3)

表2のような四人のジレンマ・ゲームの改訂版を本ゲームで進化させたANNに行わせることによって、ANNが感情を獲得したか否かを検証した。ただし、表2のゲームを行うANNには、自分の座標しか入力しない、すなわち、もう1人の座標を入力しない。これが、獲物獲得ゲームとの重要な相違点である。獲物獲得ゲームでは、他人の座標も入力して学習を行った。しかし検証課題では、自分の座標だけで他人の座標を入力せずに、A, Bの2名がどれだけ協調性の感情があるのかを見たのである。

上記の検証課題を行った結果、適応度が高い2つの個体の方が、適応度の低い2つの個体に比べて、利得の合計が高いことが確認された。例えば、表2の課題を100回行った場合、適応度52の2個体では、558点と460点を得たのに対し、適応度0.9の2個体では、336点と336点しか得られなかった。

4. おわりに

本稿では、BP法を生物個別の学習、GAを進化的枠組みとして使用し、両者の組み合わせによる進化的な学習に基づいて、人類の感情獲得シミュレーションを行った。BP法の原理は、出力からの誤差を、最小二乗法に基づき、入力側に逆伝播させ、内部状態を修正する。これは現実の脳の学習方法としては、認知科学的に不適切である。認知科学的に見て、学習によって環境から報酬を得る強化学習が、BP法よりも適切な学習方法であると考えられる。今後は、ANNに対して強化学習を適用し、シミュレーションを行っていくことを考えている。

文 献

- [1] 戸田正直, 高田洋一郎: “感情 -人を動かしている適応プログラム”, 東京大学出版会, 1992
- [2] 柴田正良 ほか: “意識と感情を持つ認知システムについての哲学的研究”, 平成16年度~平成18年度科学研究費補助金(基盤研究(B))研究成果報告書, 2007
- [3] 森田晋一郎: “生物学的手法によるニューラルネットワークの進化・学習”, 東京電機大学工学研究科修士(工学)論文, 2006
- [4] H. Tsukimoto, H. Hatano: The Functional Localization of Neural Networks Using Genetic Algorithms, *Neural Networks*, Vol.16, pp.55-67, 2003.