

3次元レンジセンサを有した人工生命の捕食被食作用による共進化

情報科学科 高橋 一帆

指導教員：小林 邦和, 鈴木 拓央

1 はじめに

本研究では、3次元レンジセンサを有する人工生命を進化させることにより、全方位を感知できる人工生命からは創発しない行動の確認を目的とする。また、その先の展望として、ロボティクスへの応用を見据える。進化には進化圧として、自然界における代表的な進化圧と言える捕食被食相互作用を用いる。

2 提案手法

2.1 人工生命

本実験では計算の高速化、及び被食者、捕食者への分化が明瞭化することを狙って、人工生命2個体を同環境内で進化させる。各人工生命は直方体がヒンジ状の関節で接続された構造を持ち、その形態は直方体のパーツに対応したノード、関節に対応したリンクをもつ木構造で表される。各人工生命の行動はそれぞれが持つニューラルネットワークにより決定される。ニューラルネットワークの入力は、各パーツの接触情報、及びその人工生命のセンサ範囲内の他の人工生命の相対球座標であり、出力は各関節の目標角度である。

図1に人工生命のモデル例を示す。白色の直方体がそれぞれパーツであり、青色の線が正面方向を、黒色の線が視界の限界を表している。

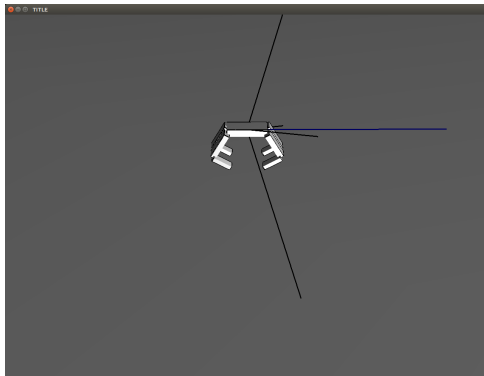


図1 人工生命のモデル例

2.2 進化アルゴリズム

進化は NeuroEvolution of Augmenting Topologies (NEAT) アルゴリズム [3] に従って行う。NEAT とは、ニューラルネットワークのリンクの重みと各層のノードを繋ぐリンクの接続関係を遺伝的アルゴリズムで最適化するアルゴリズムである。ニューロンを表すノード遺伝子と、ニューロン間の接続を表す接続遺伝子から単一のニューラルネットワークを構成し、それら遺伝子の交叉、突然変異、エリート選択、適応度の向上が見られない遺伝子の排除により進化させる。

3 計算機シミュレーション

3.1 環境

本実験はオープンソースソフトウェアである Open Dynamics Engine を用い、3次元仮想物理環境下で行う。人工生命は摩擦と重力が働く3次元空間の有限平面上で行動する。

3.2 シミュレーション方法

シミュレーション開始から一定ステップ後、その間の行動をもとにニューラルネットワークを評価する。用いた評価方法の一例を以下に示す。

評価方法の例

この評価方法では、各人工生命の持つ木構造の根にあたるパーツをコアパーツとし、他の人工生命のコアパーツに触れれば捕食した、自身のコアパーツに触れられれば被食されたとみなしてシミュレーションを行った。物理演算1ステップ毎に以下の判定を行い、各ステップで得られる報酬の総和を総合評価とし、ニューラルネットワークを進化させる際に使用する評価値とする。

- 他の人工生命に触れていれば +10。
- 他の人工生命のコアパーツに触れていれば +100, その遺伝子の評価を終える。
- 他の人工生命に触れていなければ -1。
- 他の人工生命に自身のコアパーツが触れられていれば -100, その遺伝子の評価を終える。

その後評価に基づき、NEAT アルゴリズムを用いてニューラルネットワークを進化させる。

この操作を繰り返し、高い適合度のニューラルネットワークを得る。

3.3 実験結果

図2, 図3にニューラルネットワークの進化を終えた人工生命が行動している画像を示す。赤いパーツは地面との接触を感知している。画像下方向の人工生命が他の人工生命を追いかける場面が見られたことから、画像下方向の人工生命は捕食者に分化したのではないかと考えられる。

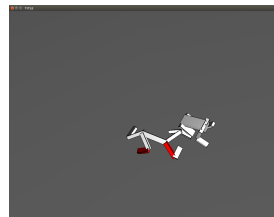


図2 人工生命の行動画像1

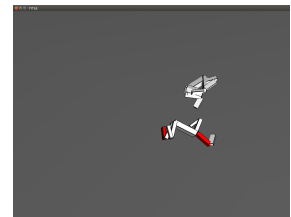


図3 人工生命の行動画像1

このような特性が見られることもあったが、大きく適合度が向上するような行動は得られなかった。

4 おわりに

本研究では捕食被食相互作用による進化のダイナミクスを解明することを目的に、捕食被食相互作用による進化圧を評価に、NEAT アルゴリズムを用いることで人工生命を進化させた。本研究で使用した評価方法、各種パラメータでは高い適合度をもつ遺伝子を得ることができなかった。評価方法、パラメータを変更することにより、サンプルを多く取ることができれば、ダイナミクス解明に役立つ創発が期待できる。

参考文献

- [1] 伊藤 孝, 「三次元仮想物理環境下での捕食被食関係に基づく形質進化と個体群動態の相互作用」, 名古屋大学 情報科学研究科 博士論文, 2016
- [2] Karl Sims, "Evolving Virtual Creatures", Computer Graphics (Siggraph '94 Proceedings), pp.15-22, 1994
- [3] Kenneth O. Stanley and Risto Miikkulainen, "Evolving Neural Networks Through Augmenting Topologies", Evolutionary Computation, Vol. 10, No.2, pp.99-127, 2002