

移動ロボットの実現化の研究 ～人工生命によるロボット制御の研究～

The Study on the Control of Robot by Artificial Life

○高橋幸夫*, 坂野 進**

○Yukio Takahashi*, Susumu Sakano**

*日本大学, **日本大学

*Nihon University, **Nihin University

キーワード : 人工生命(Artificial Life), ニューラル・ネットワーク(Neural Network), シミュレーション(Simulation), 突然変異(Mutation), 自己最適化(Self Optimization)

連絡先 : 〒963-10 郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部 機械工学科
メカトロニクス研究室 高橋幸夫, Tel. : (0249)56-8774, Fax. : (0249)56-8860

1. はじめに

近年, 人工生命の研究は多くの研究機関で行われるようになってきた. その背景には, 最近のコンピュータの処理速度の急激な向上とソフトウェアの発達があり, 以前では膨大な時間のかかったシミュレーションが今では短時間で行えるようになった. 主な人工生命の研究としては, 進化の現象を対象としたものが多くあり, これらは遺伝的アルゴリズムなどと呼ばれ, プログラムの自己最適化や最適なパラメータの探索に利用されようとしている.

本研究は, 段差移動ロボットと4足歩行ロボットの2種類のシミュレーションを用意し, それぞれの中で淘汰を繰り返し, コンピュータにロボットの最適な形状と歩き方を求めさせることを目的としている.

2. 人工生命を用いた制御法の実現方法

2. 1 パラメータ化について

人工生命を用いたロボット制御では, ロボットの形状と行動を遺伝情報に置き換えるために全ての情報を数値化しなければならない. そこで本研究では, ロボットの動作をFig. 1のようなニューラルネットにより与える方法をとる. 入力層からはロボットの各部にある各種センサからの信号が入り, 中間層を通過して出力層からはロボットの各関節の回転速度に対応する信号

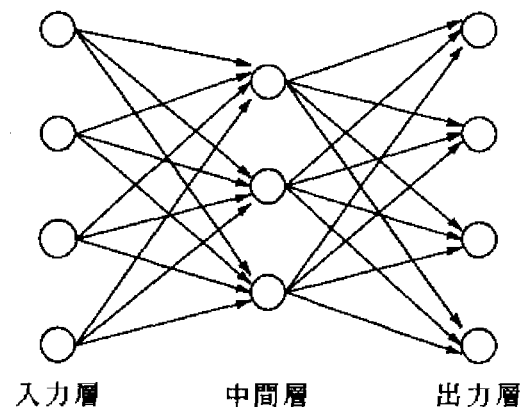


Fig. 1 3層パーセプトロン

が出力される。そのときのニューラルネットの入力層、中間層、出力層の数としきい値関数は予め決め、各枝の重みをそれぞれ遺伝子とし、進化を行う。

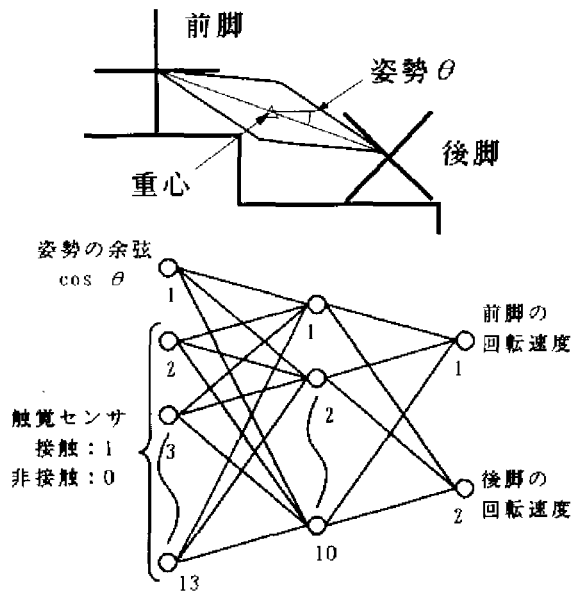


Fig. 2 段差移動ロボット

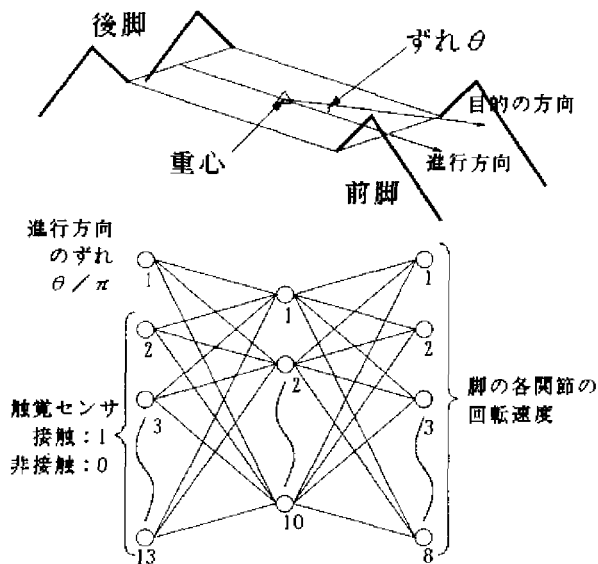


Fig. 3 4足歩行ロボット

段差移動ロボットは放射状に突き出た4本一組で同じ長さの脚を回転させて段差を越えていく。その時の前脚と後脚の長さを個体によって変化させ、前後それぞれの脚の長さがロボットの形状を決定する遺伝子となる。ロボットの質量は本体の中央の重心に集中しているものとする。重心の位置には姿勢の傾きを測る角度センサがあり、姿勢が水平位置からどれくらい傾い

たかが検出される。その角度の余弦がニューラルネットの入力層に信号として入力される。菱形の本体の4隅と各脚の先端には触覚センサが計12個あり、床や段差に触れると入力層のそれぞれ該当するニューロンに1が入力され、触れていなければ常に0が入力される。

4足歩行ロボットは膝関節を有した左右対称の4本脚を持っている。その時の前脚と後脚のそれぞれの部分の長さにより形状が決まり、それを遺伝子とする。なお、ロボットの脚の寸法は左右対称であるのでロボットの形状は4つのパラメータにより決定され、それらを遺伝子とする。本体の中央の重心位置に設けた角度センサは現在向いている方向と目的とする方向とのずれの角度を検出する。そこで与えられる角度が入力信号となる。また、本体の4隅と膝と脚の先端には触覚センサが合計12個取り付けられていて、床との接触があるか否かが検出される。その信号も同様にしてニューロンに入力される。

2.2 最適化方法について

まず、第1世代目の個体としてFig. 4の様に5つの個体を発生させる。それらからシミュレーションの結果により最適と思われるものを選ぶ。その個体を次世代の親とする。次世代の個体は、親のコピーと親の遺伝情報を決まった範囲内で変異させた個体で構成される。それらの個体で次の世代のシミュレーションを行い、順次これを繰り返すことにより適応度のより高い個体が現れる。

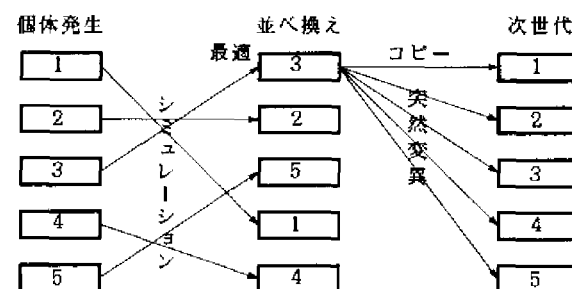


Fig. 4 最適化方法

3. シミュレーションについて

3.1 処理の流れ

Fig. 5 に実際に行った処理の流れを示す。まず、パラメータの初期化を行い、全てのパラメータを決められた範囲内の乱数で与える。次に、その個体をシミュレーションにかけ、その中から最も優秀な個体を選びそれを次世代の親とする。その親を元にして次世代の個体を生成し、次のシミュレーションを行い、それを終了まで繰り返す。

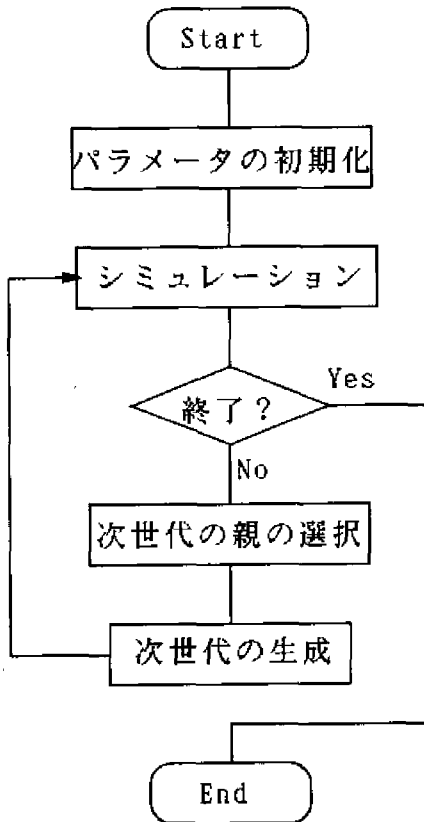


Fig. 5 フローチャート

3.2 段差移動ロボット

3.2.1 シミュレーションの様子

Fig. 6 に段差移動ロボットのシミュレーションの実行画面を示す。上部にはデータが表示され、それぞれの個体は床の最も低い部分にある原点を一斉にスタートし、左上方向を目指して段差を駆け上がっていく。それぞれの個体はどれだけ左方向へ進めたのかを重心のx座標により求められ、順位がつけられる。上部のデータには世代数と各個体の移動距離、選択された最適

な個体の番号、その記録、そのときのパラメータの変異の割合を示す。

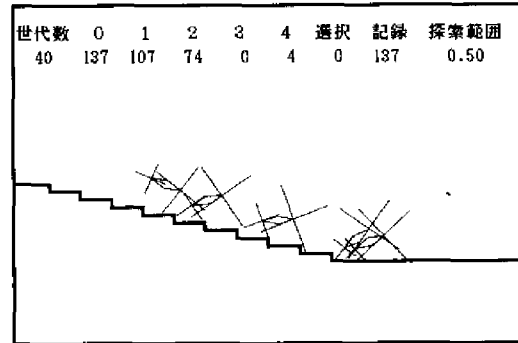


Fig. 6 実行画面 (段差移動ロボット)

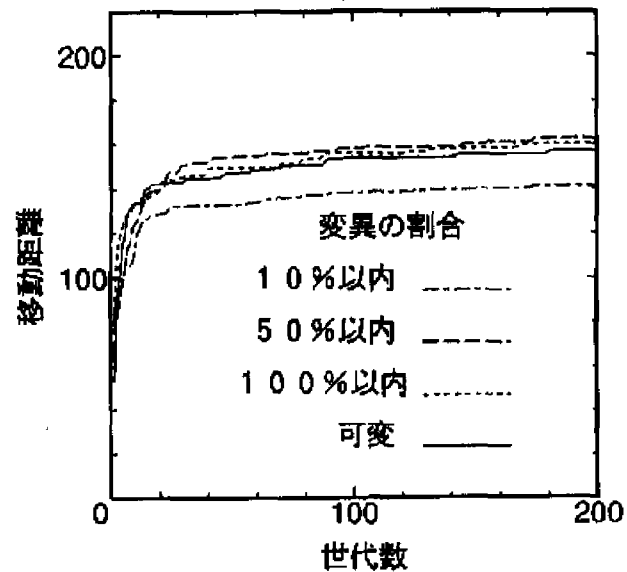


Fig. 7 段差移動ロボットの歩行実験

3.2.2 結果

Fig. 7 に、それぞれパラメータの変異の割合を10%、50%、100%、可変(50%と100%)としたときの結果を示す。グラフの曲線はデータをそれぞれ10回とった平均を示す。10%のときは局所解に陥ることがあり、結果にばらつきが多いため、全体として移動距離が短くなった。50%にすると、結果にばらつきが少なくなり、記録が高いレベルに集まってくる。100%のときは、50%のときとほとんど同じ様な結果になるが、20世代以下の範囲での収束が速い。そこで、20世代までは100%で、それ以降は50%で実験を行ったのが図に示す可変である。平均値には他との変化は現れなかったが、データが収束するように

なった。

3.3 4足歩行ロボット

3.3.1 シミュレーションの様子

Fig. 8に4足歩行ロボットのシミュレーションの実行画面を示す。段差移動ロボットと同様に上部にはデータが表示されている。はじめは中央の四角形の中に並んだ状態で始める。そこから、目的とする方向へ最も移動したものが最適な個体となる。左下には真上から見た様子が表示される。

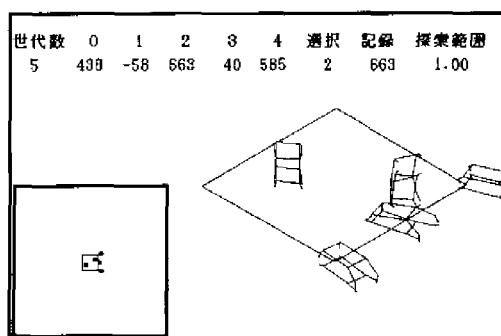


Fig. 8 実行画面 (4足歩行ロボット)

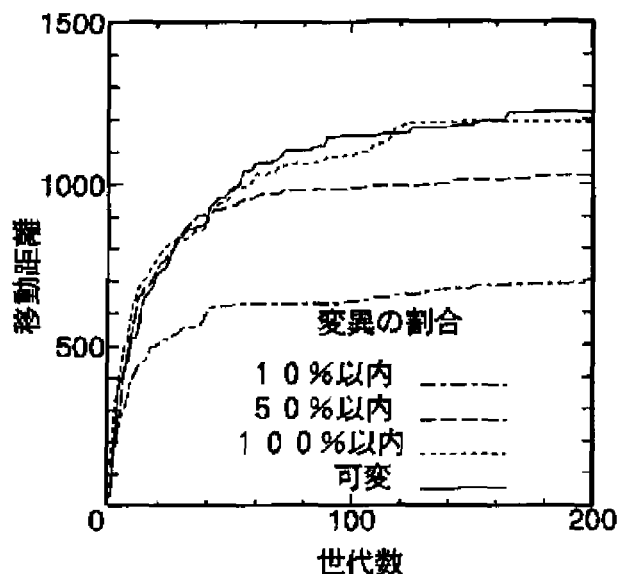


Fig. 9 4足歩行ロボットの歩行実験

3.3.2 結果

Fig. 9に変異の割合を10%, 50%, 100%, 可変(50%と100%)としたときの結果を示す。10%と50%のときは、結果のばらつきが非常に大きく局所解に陥ってしまうため平均値が低い値になる。結局100%のときだけが局所解に陥ることなく進化できた。

しかし、100%のときは120世代を越えたところから進化が止まっているのがわかる。そこで、120世代までは100%で、それ以降は50%で実験を行ってみると、120世代以降も進化を続けるようになり、データが収束するようになった。

4. 考察

2種類のロボットについてシミュレーションを行ってみると、変異の割合が50%のときの結果が異なっている。これは、各ロボットのパラメータの数の差が原因である。段差移動ロボットでは形状に関するパラメータが2個、ニューラルネットに関するものが150個ある。一方、4足歩行ロボットでは形状に関するパラメータが4個、ニューラルネットの関するパラメータが315個もあり、段差移動ロボットのほぼ2倍もある。パラメータが多く動きが複雑な4足歩行ロボットは、優秀なタイプが1つに決まりにくいこともあって、50%の突然変異では局所解を抜け出せなくなることが多い。しかし、100%では100世代を越えるとパラメータの微調整ができなくなり、進化が止まってしまう。そこで、変異の割合を変化させることが有効になってくる。

Fig. 10に優秀な結果を出した個体を示す。段差移動ロボットは脚が長いほど速く移動することができるのでまず脚が長くなる。しかし、脚が長くなりすぎると上りで傾いたときに転倒しやすくなるので、そのような個体は淘汰され、前脚が短くて上りの段差で本体を水平に保てるような個体がでてくる。脚の回転の仕方としては、後脚は確実に地面を捉えるために回転速度は抑えている。前脚は推進の邪魔にならないように高速に回転し、地面から離れていることが多い。

4足歩行ロボットでは、脚が長くなりすぎると転倒しやすくなるので初めのうちは脚の短いものが増えてくる。しばらくすると、前脚の付け根と後脚の先端が発達したものが現れてくる。

歩き方としては前脚は地を掻くように進み、後脚は後ろを蹴るようにして進む。左右の脚の動きは、初めは交互に動かす個体が多いが、後から左右対称に脚を動かす個体が増えてくる。

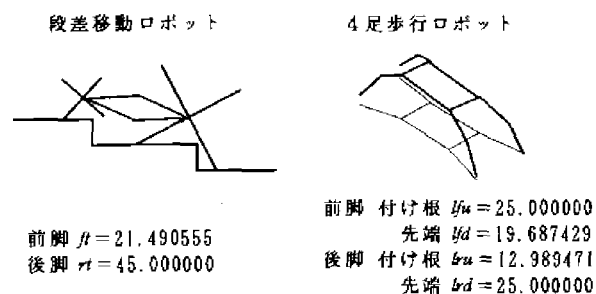


Fig. 10 優秀な個体のパラメータ

5. まとめ

現段階においてシミュレーションの結果、人工生命を用いてニューラルネットを用いた制御を最適化できることが確認された。また、個体の形状も自己最適化できることが確認された。

6. 今後の課題

段差移動ロボットに関しては段差に上りと下りをつけて複雑な環境でもその場に適した歩行を行えるようにする。4足歩行ロボットに関しては、自分で向きを変えて目的地を目指したり障害物などに対してどのように適応していくかを調べる。

参考文献

- 1) C. G. Langton: 人工生命, 日本機械学会誌, 97-906, 403/407(1994-5)
- 2) 佐野千遥: 人工知能と人工生命, 2/33, 日刊工業新聞社(1994)
- 3) 服部 桂: 人工生命の世界, 113/122, オーム社(1994)
- 4) 畝見達夫(編): 人工生命の近未来, 121/156, 時事通信社, (1994)
- 5) 向殿政男: ニューロとファジィ, 17/52, 培風館(1994)