

遺伝的プログラミングを用いたファジイ制御による 障害物回避シミュレーション

村井保之 松村幸輝 石坂充弘

神奈川工科大学 跡見学園女子大学 神奈川工科大学

1. はじめに

環境から得られた情報に基づいて自律的に障害物回避が遂行できるようなエージェント指向型ロボットの構築が望まれている^{(1),(2)}。これを実現する一方法として、ファジイ制御が有効であると考えられる。この場合、良好な制御を行うためには適切なメンバシップ関数の設定とチューニングがきわめて重要となる。

この観点から、今回、進化システムのひとつである遺伝的プログラミング⁽³⁾（以下、GP）を用いてメンバシップ関数を自動的に創成する方法を提案し、これをロボットの軌道修正に用いた場合の有用性について検討する。

2. 遺伝的プログラミング

GPでは、遺伝子型の遺伝的アルゴリズム（以下、GA）を拡張し、関数を木構造で表現した個体を用い、表現型という概念を導入する。これにより、木構造を単に遺伝操作を実施するための一個体としてではなく、ルート以下に含まれる各関数を再帰的に実行して返り値を得るというプロセスに基づき、木構造をプログラムとして実際に動作するものとして取り扱うことができるのである。

ここでは、GPの基本的な表現方法をそのまま適用し、数式で構成した木構造を用いてメンバシップ関数を表現し、交叉などの遺伝的操作を施して、プログラム個体の進化を試みる。

3. 障害物回避モデル

図1に、回避シミュレーションを行う作業空間の例を示す。作業空間には移動障害物と目標物が存在し、ロボットが移動障害物を回避しながら、スタート位置から目標物に到達するように動いていく。

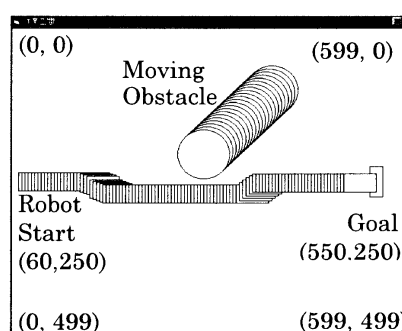


図1 作業空間

ロボットの基本的な動きと障害物回避方法を次のようにモデル化する。

(1) 目標物の位置および障害物の位置や動き方はロボットにはあらかじめ与えず、センサで認識するものとする。センサの位置はロボットの前方向中央位置とする。

(2) 目標物および障害物の情報（距離と対象物に対する位置）をもとに移動方向を決定する。

(3) ロボットは、図1の右方向（x軸の正の方向）へは常に一定の速度で移動するものとし、障害物回避および目標物接近のために上下（y軸方向）方向にのみ加速できるものとする。

Simulation of Obstacles Avoidance by the Fuzzy control Method Using Genetic Programming.

Yasuyuki Murai
Kanagawa Institute of Technology
1030, Shimo-Ogino, Atsugi, Kanagawa, 243-0216, Japan

Koki Matsumura
Atomi Gakuen Women's College,
1-9-6, Nakano, Niiza, Saitama, 352-8501, Japan

Michihiro Ishizaka
Kanagawa Institute of Technology
1030, Shimo-Ogino, Atsugi, Kanagawa, 243-0216, Japan

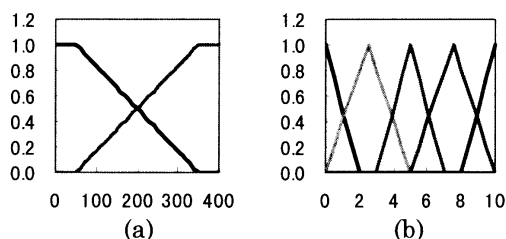


図2 入力メンバシップ関数

4. ファジィ制御による軌道修正

ロボットの軌道修正は、障害物および目標点との位置関係に基づき、ファジィ制御でy軸方向の速度を変化させることによって行う。

入力メンバシップ関数は、図2に示すように予め用意したものを用いた。

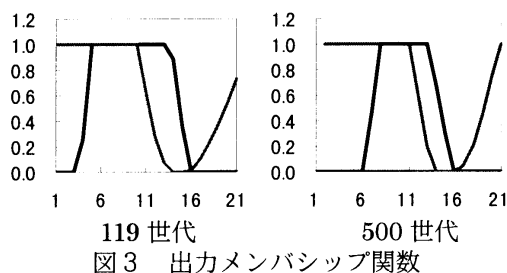
図2(a)は、ロボットと対象物(障害物あるいは目標物)との距離をラベル「近い、遠い」の2つで表したものである。図2(b)は、ロボットと対象物に対する相対位置(ロボットの中心と対象物の中心の差)をラベル「左側、やや左、中央、やや右、右側」の5つで表した。

一方、出力メンバシップ関数は、ロボットのy軸方向の移動量(移動方向と速度)を「左、中央、右」の3つで表すものとし、GPにより自動生成することを試みる。

5. 遺伝的プログラミングによるメンバシップ関数の創成

GPの遺伝操作は、2つの定数または変数と1つの演算子からなる2項の式を個体とし、この個体を乱数で200個生成し初期集団とした。この集団に対し適応度に基づくルーレット法で交叉(交叉回数は各世代で全個体数の5%)を行う。交叉により新たに発生した個体はもとの集団に追加する。ただし、集団の数が2500を越えた場合は適応度が最も低い個体と入れ替え、一定の個体数を保つようにした。

適応度の設定については、各個体をメンバシップ関数として用いて障害物回避シミュレーションを実行した場合に、ロボットが障害物に接触せず、目標点に到達するまでの走行距離が短くなるものほど適応度が高くなるようにした。このシミュレーションを、障害物の位置を変更し数回行った。この適応度が所定値を超えるか、



500 世代になるまで遺伝操作を繰り返した。ただし、遺伝操作の初期段階では、ある程度メンバシップ関数としての形態が整った個体が出現するまでは回避シミュレーションを実行せずに、関数の形を基に適応度を計算した。この手続きによる個体の変化の様子を図3に示す。

6. シミュレーションの実行

GPにより創成されたメンバシップ関数のうち適応度が高かったものを用いて障害物回避シミュレーションを実行した。シミュレーションは障害物の位置や速度を変えて実行した。図4はその結果の一例を示す。図より、ロボットは左端のスタート地点から出発し、作業空間内をランダムに移動する障害物を回避して目標点へ到達する様子が観察される。その他の場合もロボットは障害物を回避しながら目標点に到達した。これらの結果より、GPで創成されたメンバシップ関数に基づくファジィ制御は適切に行われているものと考えられる。

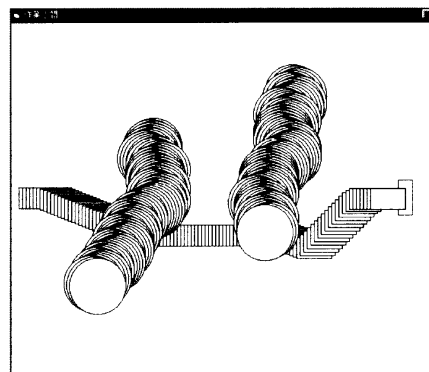


図4 シミュレーション結果

7. むすび

以上、ロボットの障害物回避におけるファジィ制御のためのメンバシップ関数をGPで創成する方法とこれを用いた回避シミュレーションについて検討した。これより、GPで創成されたメンバシップ関数はロボットの軌道制御に有効に働くものと考えられた。

参考文献

- (1)松村:信学論,J81-A,5,870-880(1998).
- (2)松村:電学論,119-C,5,603-614(1999).
- (3)Koza,J.:Genetic Programming, MIT Press (1992).