

動的環境下における自律ロボットの行動計画の最適化

北見工業大学 ○西牟田仁, 岩館健司, 鈴木育男

要 旨

本研究では, 無人搬送車 (AGV) が環境を認識しながら初期位置から目的地までの自律的な制御の獲得を目的とする. AGV の制御コントローラには人工ニューラルネットワーク (ANN) を導入し, その結合荷重の最適化には進化計算手法の一つである遺伝的アルゴリズム (GA) を適用した. 実験では, 仮想三次元物理空間内に走行フィールド, 移動型障害物, 固定型障害物をモデリングし, 提案手法の有効性をシミュレーションにより検証した.

1. はじめに

大規模な工場や倉庫などで実用化されている無人搬送車 (Automatically Guided Vehicle : AGV) は, 設置コストが低く倉庫内の作業効率の向上に大きく貢献している. 現在, 実用化されている多くが床に埋め込まれた磁気コードを認識して移動するライントレース型であり, 予め設定されたルートでの移動だけが可能である. そのため, 動作環境の変化に迅速な対応ができないという問題がある. さらに, AGV の経路上に障害物があるときには, それ以降走行できないなどの欠点がある.

本研究では, AGV が走行するフィールドとフィールド内の障害物を仮想三次元物理空間内にモデリングし, AGV が環境を認識しながら初期位置から目的地までの経路を効率よく走行する自律的な制御の獲得を目的とする. AGV の制御コントローラには, 人工ニューラルネットワーク (Artificial Neural Network : ANN) を採用し, この ANN のニューロン間の結合荷重の最適化に遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, GA) を用いる. 本稿では, フィールド上に移動型・固定型障害物をモデリングし, 障害物回避の実験を通じて提案手法の有効性を検証する.

2. 三次元物理リモデリング

本稿では, 仮想物理空間内での動作実験により自律移動型 AGV の有効性の検証を行う.

2.1. AGV モデル

仮想空間上に構築した AGV モデルを図 1 に示す. AGV モデルは, 直方体の本体底面に 4 つの球状の車輪が取り付けられている. 4 輪の内 2 輪が制御信号を受け取り動作し, 他 2 輪は搬送物を支えるために用いられるキャスターの役割を果たす.

また, AGV の本体の中心位置には, AGV の速度と移動方向を正面からの角度で取得するセンサーを設置する. AGV モデルと搬送物のサイズを表 1 に示す.

2.2. 動作環境のモデリング

AGV が感知する環境は, 目的地及び障害物の位置に発生させたポテンシャル場とした. 目的地や障害物にそれぞれ正と負の光源と仮定して, その光の強さの重ね合わせるこ

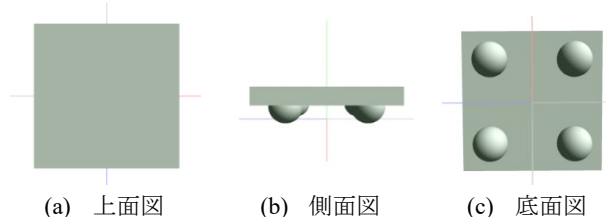


図 1 : AGV モデル

表 1 : モデル寸法 [m]

ボディ	幅×奥行×高さ	1.0×1.0×0.15
	車輪の直径	0.3
搬送物	幅×奥行×高さ	0.1×0.1×0.1

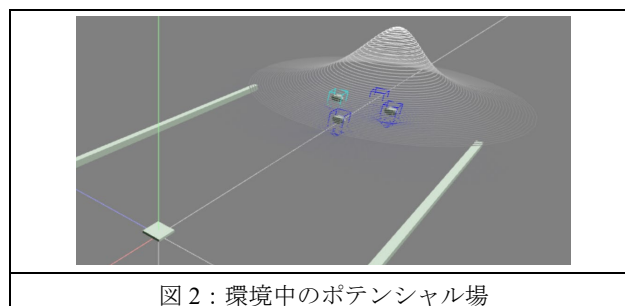


図 2 : 環境中のポテンシャル場

とによりポテンシャル場を作り出す (図 2). ポテンシャル場の強度は, (1)式により求められる.

$$L = \sum_{t=0}^n \frac{B \cos \theta}{1 + \gamma d^2} \quad (1)$$

ここで, n は目的地と障害物の個数の合計値, B は各オブジェクトの光度, θ は AVG と目的地, 障害物との角度の差異, d は AVG と目的地, 障害物との距離を表す. また, パラメータ γ は光の減衰率であり, 目的地と障害物で異なる値となる.

3. 制御コントローラの最適化

3.1. 人工ニューラルネットワーク (ANN)

ANN は, 生物の脳の神経回路のネットワーク構造を模倣した機械学習の一手法である. 本研究では, 図 3 に示すよ

うな入力層、中間層、出力層からなるフィードフォワード型の ANN を採用する。ANN の入力は、AGV から目的地までのベクトルと AGV の x 軸 z 軸方向に取ったベクトルをそれぞれ単位ベクトル化し、目的地ベクトルと x 軸方向のベクトルの内積をとったものを x 軸、z 軸それぞれと、光センサーと仮定して、このセンサーから目的地と障害物の cos 値を出し、この位相差を入力値とした。出力値は左右駆動輪の回転角速度である。

3.2. 遺伝的アルゴリズム (GA)

GA は、生物の進化過程を工学的に模倣した最適化手法の一つである。本研究では、ANN のニューロン間の結合荷重を最適化するために適用した。GA の各個体は、ANN の結合荷重を遺伝子表現し、その個体に交叉、突然変異率、淘汰の遺伝子操作を行う。

最適化の評価関数 F は、AGV から目的地までの距離をステップごとに加算し、その総和の最小化を求める。(2)式に評価関数を示す。

$$F = \sum_{t=0}^{n-1} d_t \quad (2)$$

ここで、 n は総ステップ数、 d_t は t ステップ時の AGV と目的地との距離である。

4. 検証実験

4.1. 実験設定

検証実験では、一定の速度で直進してくる移動型障害物 3 機を配置した環境において ANN の結合荷重の最適化を行った。最適化に使用した GA の各パラメータを表 2 に示す。また、各個体の評価は、1/60s を 1 ステップとして実験を行った。

4.2. 結果と考察

図 4 に、GA による最適化の結果を示す。横軸が世代数、縦軸が各世代の最大値の平均である。移動型障害物がランダム発生としているので評価値が世代ごとに上下するが、AVG が徐々に目的地に近づくように最適化されていることが見える。

この環境で最適化した結合荷重を持つ ANN を制御コントローラとして実装した AGV をランダムな速さで移動する移動型障害物の環境で運搬実験を行った。図 5 は初期位置から目的地までの移動軌跡を示している。結果から、AGV が初期位置から目的地まで余分な周回などをせずに障害物を回避しながら自律行動することが確認できた。

5. おわりに

本研究では、仮想三次元物理空間内に AGV、走行フィールドとフィールド内の障害物をモデリングし、AGV の自律行動の獲得を試みた。検証実験の結果、以下のことが得られた。

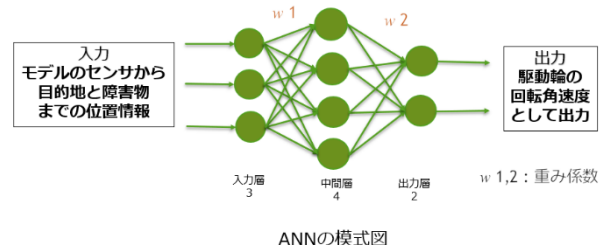


図 3 : AGV のコントローラ (ANN)



図 4 : 評価の遷移

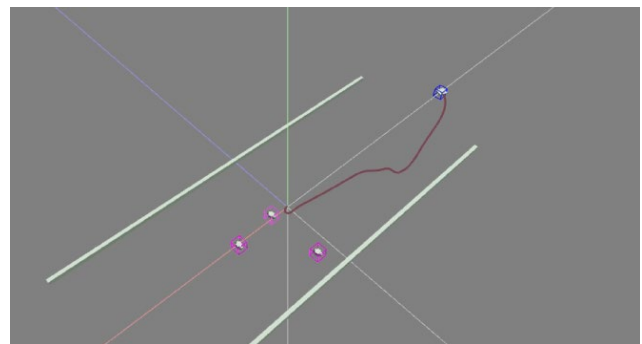


図 5 : 検証実験の様子 (AGV の移動軌跡)

- 1) AGV に制御コントローラとして ANN、最適化手法として GA を適用することにより、移動型障害物を回避しながら目的地まで到達することが確認できた。
- 2) AGV は、目的地に到達するとその場で停止している様子が確認された。

参考文献

- [1] 渡辺裕貴, 渡辺美知子, 搬送ロボットの自律行動獲得, 令和元年度卒業研究論文
- [2] 富田健斗, 渡辺美知子, 誘導ロボットによる自律行動獲得, 平成 29 年度卒業研究論文発表要旨