

## 自律移動エージェントの経路探索問題における障害物環境

北海道科学大学 ○小柳 孝明 大堀 隆文 西川 孝二 北守 一隆 川上 敬 木下 正博

経路探索問題において自律移動エージェントが存在する環境は様々な要因により変化する。壁方の障害物が変化し複雑な形状をとり、目標地点が入り組んだ位置にある様な場合、最適な経路を見つけることは困難である。本研究では遺伝的アルゴリズムを用い複雑な環境であっても自律移動ロボットが経路を獲得できる方法論を提案する。

### 1. はじめに

自律エージェントの振舞いから行動を獲得することは、エージェントの知的処理の可能性を示す具体例である。しかし、移動ロボットが存在する環境は必ずしも複雑であるとはいえない。たとえば、ボロノイ図法などでは、障害物上の点を利用して空間を構造化するが、複雑な障害物の配置では困難である。障害物の配置によっては点を結ぶための空間を十分に取ることが難しく探索が出来ない場合がある。

本研究では、タイルワールドにおいて遺伝的アルゴリズムを用いて複雑な環境における経路計画問題を解くための方法論について考察する。

### 2. 空間の構造化と障害物

エージェントと障害物の干渉をチェックするためには、幾何学的なエージェントの形状と障害物との干渉をチェックする必要がある。例としてボロノイ図法では、任意の点から近接した障害物の距離の最近接点を取ることで経路探索を行うことで空間を構造化する。

しかし、障害物が複雑に配置されている環境では最近接点を取ることが難しく探索空間の構造化が困難である。特に障害物の中を複数回通過する、または往復しなければならない問題の場合、従来のボロノイ法などでは構造化することが難しい。しかし、移動ロボットが環境に存在する点を利用して障害物を回避することが学習出来れば、目標地点にたどり着くと考えられる。

本研究では遺伝的アルゴリズムを用いて、遺伝子の表現や、環境への適応度を設定することで、目的地への適応度を設定し、目的地への適応度を最適化することを試みる。

### 3. 遺伝的アルゴリズムと経路計画問題

経路計画問題においてエージェントが目標に到達するためには、環境に適応しなければならない。この時エージェントはセンサーなどを利用して周辺の環境を学習する必要がある。遺伝的アルゴリズムでは、遺伝子表現や適応度、交叉、突然変異といった遺伝的オペレータの設定を行うことで探索における意思決定をおこなうことが可能である。しかし、遺伝的アルゴリズムの問題点に初期収束がある。初期収束とは最初の世代で探索の解が収束してしまう現象であり障害物の多い環境では適応度の計算方法によっては目的地とエージェントの間に障害物が存在してもエージェントの適応度が高くなってしまふと目的地にたどり着く可能性は著しく低くなってしまふ。

本研究では、障害物を多数配置した空間を複数用意し、どのような障害物の配置が移動ロボットの経路の妨げになるのかを調査し、さらにチェックポイントを配置することで移動ロボットがチェックポイントを利用することで障害物を効率よく回避し、最適な経路探索を行うことが出来るかを実験し経路探索の手法を模索する。

### 4. 経路探索のための方法論

扱う環境はタイルワールドとし、移動ロボットを自律移動エージェントとし、1つのエージェントがスタート地点から目的地までの経路を探す。探索空間の一つの例を図1に示す

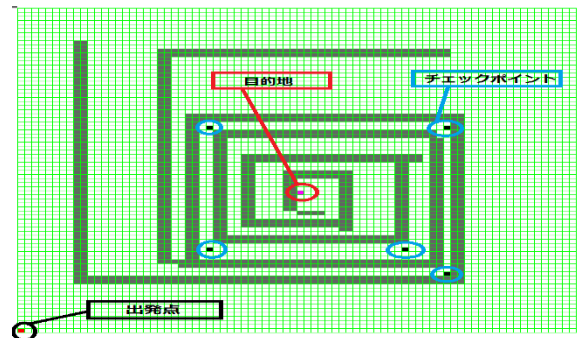


Fig.1 探索空間の例

80×80 グリッドの 2 次元空間上で 1 エピソード 10000 ステップ以内に目的地へ向かう問題を与える。個体は 1 ステップごとに上下左右いずれかに移動する事が出来る。これを 1000 エピソード繰り返すことで、障害物を回避して目的地に到達できる個体が現れるか実験する。

ここで、チェックポイントというサブゴールを設定する。チェックポイントは複数存在し、それぞれが異なる適応度を異なる適応度を生成する役割をもつ。

この環境に対する適応度を個体から目的地までの距離、チェックポイントに到達した時とする。チェックポイントは目的地に近いほど適応度が高くなるように設定されている。この適応度は以下の式で表される。

$$\text{fitness1} = \frac{1}{\sqrt{(g_x - I_x)^2 + (g_y - I_y)^2}} \quad (1)$$

$$\text{fitness2} = \frac{1}{\text{steps for check point}} \quad (2)$$

$g$ : 目的地の座標  $I$ : 個体の座標

式 1 は、個体の現在座標と目的地までの距離の逆数を取ったものである。

式 2 は、チェックポイントに到達した個体の評価である。目的地に近いチェックポイントほど高い数値を与えている。最終的に目的地に到達した個体が最大の適応度を持つことが出来るように調整される。

遺伝子は、移動方向の情報を染色体として、移動可能な最大数を遺伝子長とする。遺伝的操作の選択方式は、エリート戦略を用いて、交叉は 2 点交叉で行い、個体の初期位置は右端。または左端の下に設置し、目的地は初期位置から見て中央。または左端の上に設置する。遺伝子情報は図 2 に示すように各ステップにおける移動方向を整数化して与える。

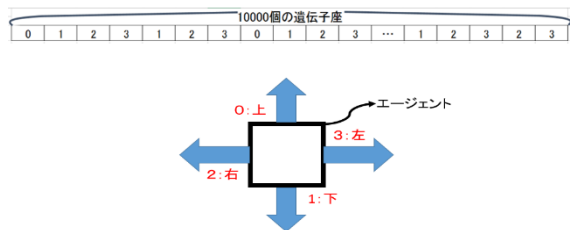


Fig.2 遺伝子座と移動方向

チェックポイントは目的地に対して近いほど適応度を上げるようにしながら任意に配置する。

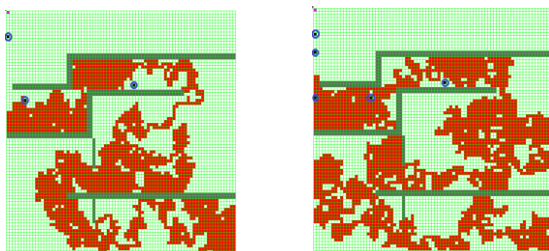
さらに障害物の配置が与える影響を調べるため、障害物の配置を複数変化させて、いくつかの探索環境で実験を行う。さらにチェックポイントが探索に与える影響を調べるためにチェックポイントの数を3つにした環境と5つに増やした2種類の環境で探索空間を比較し、どのような配置が移動ロボットに影響を与えるのかを調査する。

## 5. 実験・考察

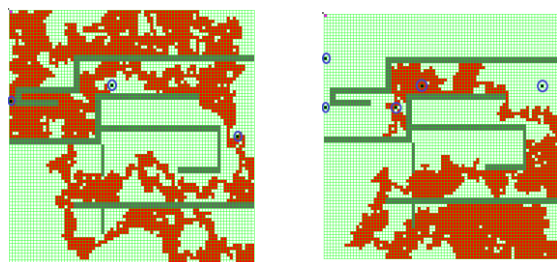
実験の概要は以下である

- ① 10000 回行動するまでに目的地へ到達する
- ② 個体は上下左右 4 方向に移動可能
- ③ 個体は障害物を越えることができない
- ④ 個体は目的地との距離とチェックポイント到達で評価し探索を 1000 エピソード行う

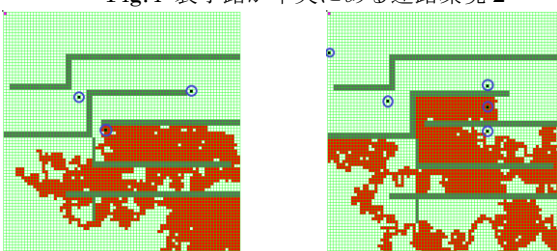
経路探索の様相を以下に示す。



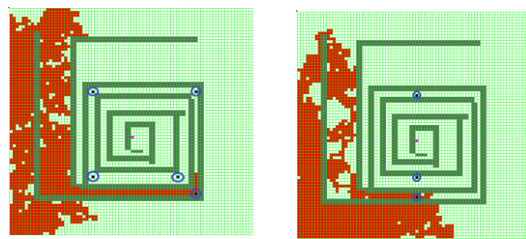
(a)チェックポイント 3 (b) チェックポイント 5  
Fig.3 障害物が最も少ない迷路環境 1



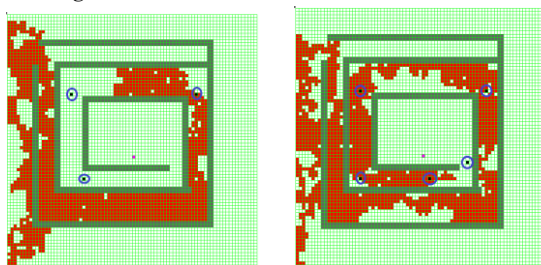
(a)チェックポイント 3 (b) チェックポイント 5  
Fig.4 袋小路が中央にある迷路環境 2



(a)チェックポイント 3 (b) チェックポイント 5  
Fig.5 中央に障害物がある迷路環境 3



(a)チェックポイント 3 (b) チェックポイント 5  
Fig.6 入口が二つある渦巻き状の迷路環境 4



(a)チェックポイント 3 (b) チェックポイント 5  
Fig.7 右回りの渦巻き状の迷路環境 5

以上の条件で 10 個の探索空間を探索した結果である 10 個の探索空間のうち目的地にたどり着くことが出来たのは図 4(a)だった。しかし結果的に目的地に近い位置まで安定して到達するのは全て図(b)である、図(b)では図(a)に比べてチェックポイントの配置の間隔が短いためそれが結果に影響したと考えられる。図 4(b)のようにチェックポイントを1つ通過していない例もあるがこの時通過しているチェックポイントは通過していないチェックポイントよりも高い値を適応度として与えているため、低いチェックポイントを通過せずに行動するほうが最適な経路であると判断したと考えられる。

目的地まで最も近づくことが出来なかったのは図 5 と図 6 であり、図 5 では(a),(b)ともに2つ目のチェックポイントに到達することが出来なかった。これは他の図に比べて障害物の配置による曲がるなどの行動が多いためと考えられる。しかし(a)と(b)はともに1つ目のチェックポイントには到達しているため、チェックポイントが機能していると考えられる。

## 6. 終わりに

本研究では、障害物の配置においてゴール前の障害物の複雑性が経路探索に大きな影響をもたらす事がわかった。またチェックポイントが多ければ目的地に安定して近づくことが出来るが配置のバランスが重要であることがわかった。

### 参考文献

- (1) 大内 東 山本 雅人 川村 秀憲：「マルチエージェントシステムの基礎と応用」 コロナ社
- (2) 太田 順 倉林 大輔 共著 新井 民夫：「知能ロボット入門 - 動作計画問題の解法-」 コロナ社
- (3) R.Pfeifer,C.Scheier 著 石黒 章 小林宏 細田 耕 監訳：「知の創世-身体性認知科学への招待-」 共立出版株式会社