

身体性エージェントの姿勢制御による経路計画問題の最適化に関する研究

北海道科学大学 ○星 亮太 大堀 隆文 北守 一隆 川上 敬 西川孝二 木下 正博

要旨

様々な空間において形状を伴うエージェントにとって、狭所を通過することが重要なタスクである場合がある。この時、エージェントの形状を縮小して問題を解決できる場合と、形状を維持し、姿勢を変化させることで解決できる場合がある。本研究では、複雑な経路を有する探索空間において、姿勢を変化させることのできる身体をもつエージェントを用い、姿勢などの振る舞いを学習させ、問題を解決する方法について研究する。

1. はじめに

生物は、自然の中で周囲の環境の影響を受けながら様々なタスクを実行する。また、各々の生物は異なる構造や形態を持つ。環境に適応するために、生物自身が持つ形態や姿勢維持などの挙動や振る舞いが重要な要素となると考えられる。本研究では、ある程度自由に姿勢の維持・変形が可能な肢体を持つエージェントが、狭い隙間が存在する探索空間において、姿勢の変化のみで狭所を通過するための振る舞いの獲得し、問題を解決するための最適化手法を提案する。

2. エージェントの身体性

自律したエージェントを考えると、そのエージェントは人間による制御から離れなければならない。また、それらが実世界で活動するためには、身体を持っている必要があると考えられる。エージェントが世界に組み込まれていることによって生じる物理的な関係によって、エージェントと環境との間に相互作用が発生する。例えば、Rodney Brooksらが開発した歩行ロボット「ゲンギス」のようなロボットは、それらが特定の現実の環境下に存在すること、物理的な身体を持っていることの二つの共通した原則があり、これを重要視している。すなわち、知的振る舞いは、いわゆる脳単体のみによって形成されるのではなく、脳を包含した身体とセットで形成されることを意味する。よって、推論や学習などのエージェントが行う情報処理系は身体存在を前提として行われる。

身体性は身体性認知科学の中核をなしている。知能が身体性を有するエージェントのみから発現し得るという考え方は、身体性認知科学における本質的な仮定の一つである。

3. 探索概要

本研究では、姿勢の維持・変更が可能なエージェントが、ある複雑な空間を通過し目的地に到達することを目的とし、それを実現するための振る舞いについて学習を行う。

探索空間の例を図1に示す。エージェントの初期位置と目的位置の間には障壁が設けられている。障壁の間には隙間が存在するが、エージェントの初期姿勢では通過が不可能な幅となっている。図1の探索空間で目的地に到達するためには、エージェントが姿勢の変更を行い、隙間を通過することが必須条件となる。

探索に用いるエージェントの構成を図2に示す。エージェントは P を中心とする円形の胴体を持ち、また、胴体の周囲に存在し、 P を軸に回転させることができる矩形の2本の脚部を保有している。エージェントの中心座標 $P(P_x, P_y)$ と各脚部の角度 θ_{legs} を情報として格納しており、 P はエージェントの移動、 θ_{legs} は姿勢の更新のための変数として扱う。 θ_{legs} が取りえる角度は0~360度であるが、他の

脚部と接触するような角度をとることはできない。

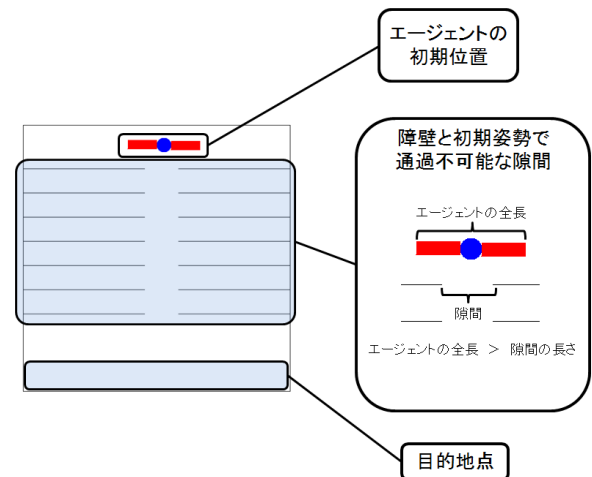


Fig.1 探索空間の概要

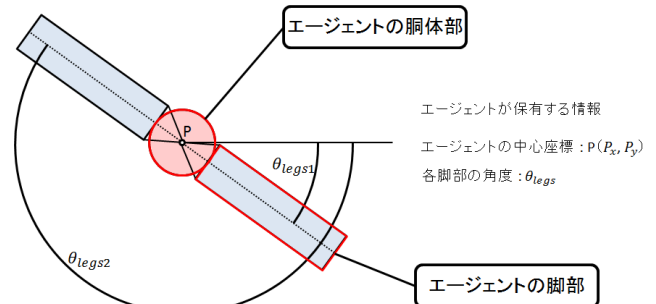


Fig.2 エージェントの構成

4. 実験・考察

以上の条件のもと、実験を行う。実験では、エージェントの姿勢を単純な方法で決定し、移動を遺伝的アルゴリズム (以下 GA) によって最適化する。

エージェントの行動は、以下のように制御する。

- ① 1ステップごとに4方向のいずれかに移動する
- ② 1ステップごとに各々の脚部を回転させるかを決定する
- ③ 何かに接触したとき、脚部の回転方向を変更する

ここで、行動①、②はGAで制御する。生成する遺伝子の長さは、探索するステップの総数とする。エージェントは、ステップごとに遺伝子の情報を参照し、それを元に移動方向および各脚部の角度の変更の有無を決定する。

エージェントの遺伝子

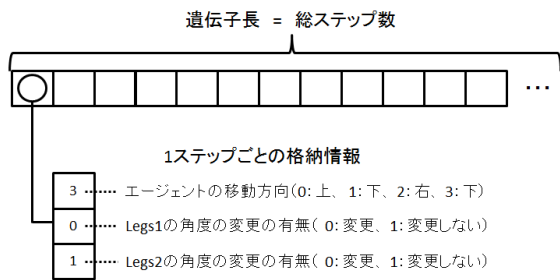


Fig.3 エージェントの遺伝子情報

GAの遺伝子情報を図3に示す。GAの遺伝操作について、エリート選択を用いる。また、いでのペレ-たとして、交叉における親は、すべて同じ確率で選出し、一点交叉を用いる。突然変異率は5%とする。探索するエージェントは10体とし、遺伝操作により生成する次世代のエージェントは、エリート1体、交叉で生成したエージェント6体、突然変異で生成したエージェント3体とする。

適応度は以下のように設定する。ここで、目的地の位置座標を GoalCoordinate とする。

$$\text{fitness} = \frac{1}{|GoalCoordinate - P_y|} \quad (1)$$

fitness は探索終了時のエージェントと目的地の距離の逆数をとっており、各エージェントは目的地の近くまで移動するほど高い評価を得る。ここで、目的地の座標は、探索空間の最下層の任意の空間であるため、エージェントおよび目的地の x 座標は考慮しないものとする。

ステップごとの各脚部の回転方向は GA による制御を行わず、探索空間においてエージェントが受ける影響によって決定させる。行動③は、各々の脚部が壁や他の脚部など、何かしらの接触を起こしたときに指定している回転方向を逆転させる。図4では、障壁に接触したときの各脚部の回転方向の変更を示す。回転方向は脚部ごとに独立しており、初期状態では正方向（時計回り）に回転する。

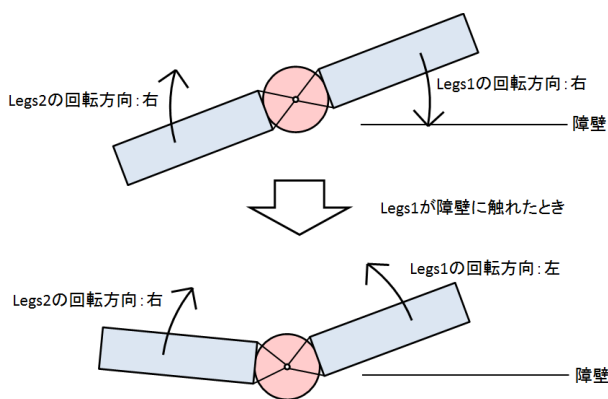


Fig.4 脚部の回転方向の決定

10体のエージェントが探索を終えるまでを1エピソードとし、エピソード間で遺伝操作を繰り返しながら指定のエピソードまで探索を行う。

以上の内容で探索を行う。ここで遺伝子長を4000とし、エピソード数は1000と5000の2回行う。

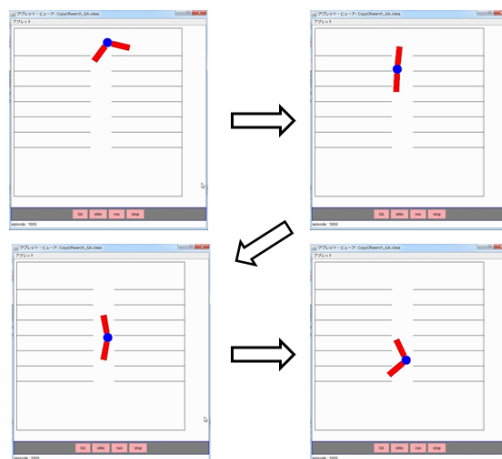


Fig.5 1000 エピソードまでの探索

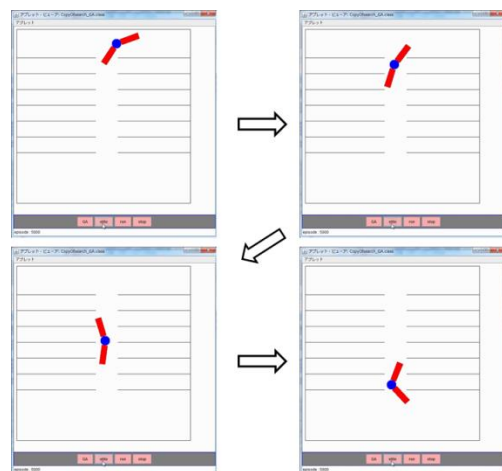


Fig.6 5000 エピソードまでの探索

図5と図6は行った探索の途中経過を含めた結果を示している。指定されたエピソード内での目的地への到達は達成できなかったが、上記の探索方法で複数の隙間を通過し、おおよそ目的地に近いところまでは行き着くことができた。しかし、エピソード数1000と5000での探索結果に大きな見開きがないことから、単純な姿勢決定方法とアルゴリズムのみでは探索効率に限界があると思われる。

5. おわりに

単純な姿勢決定方法と学習のみで生成されたエージェントは、目的地に到達するための振る舞いのある程度実現することができた。しかし、同時に探索効率に難があり改善の余地があることも分かった。改善点として、エージェントの移動、姿勢変更の速度を考慮することや、回転方向をステップごとに能動的に決定させるよう学習させることなどが挙げられる。より複雑に入り組んだ空間における探索で最適化するためのエージェントの挙動や姿勢維持を学習させることができるかなども合わせ、今後の研究の課題とする。

参考文献

- [1] Rolf Pfeifer, Christian Scheier 著, 石黒章夫, 小林宏, 細田耕 訳 : 「知の創成 一身体性認知科学への招待一」, 共立出版, 2001.
- [2] 都甲潔, 江崎秀, 林健司, 上田哲男, 西澤松彦 : 「自己組織化とは何か」, 講談社, 2009.