

ロボティクス教育のための身体性に関する研究

北海道工業大学 ○佐々木 雄一, 北海道工業大学 大堀 隆文, 北海道工業大学 北守 一隆,
北海道工業大学 川上 敬, 北海道工業大学 木下 正博

要旨

身体性はロボティクスにおいて重要な役割を担う。すなわち、ロボットは物理的実体をもつ対象物である。身体性を有するエージェントは、環境と相互作用しなければならず、自身を含めた知能を構築する必要がある。ロボティクス教育では構造とそれを制御するためのプログラムが極めて密接に関係する。本研究では、ロボット教育を実現させるためにシミュレーション実験を行い、ロボット教育の方法論を提案する。

1. ロボティクス教育のための

教材と身体性の必要性

ロボティクス教育の代表的な教材として、LEGO MINDSTORMS (Fig.1) が挙げられる。LEGO MINDSTORMS とは、子供用玩具である LEGO 社が MIT (マサチューセッツ工科大学) と共同開発した教育用組立型ロボットである。ロボットの心臓となる NXT と呼ばれるマイクロプロセッサにプログラムを書き込み、タッチセンサや、受光センサ (Fig.2) などの外部からの情報認識や、モータ (Fig.3) の回転制御ができる。これと LEGO ブロックを自由に組み合わせることで、さまざまな動きをするロボットを作ることができる。LEGO 社の「子供たちの自発的な学びは遊びから生まれる」という理念のもと、科学・技術・情報・工学についての理解を深めると共に発想力を育むための教育用ツールとして小学校から大学まで、世界中の 25,000 を超える教育機関で採用されている。

LEGO MINDSTORMS には身体性の必要性があるといえる。LEGO MINDSTORMS は各種のセンサやモータを備えた物理的なロボットである。環境についての情報を取得する唯一の手段は、自身のセンサシステムである。そしてある特定のタスクを行うためにプログラミングをされている。よって身体性を有した LEGO MINDSTORMS (エージェント) を用いることによって、情報の取得、解釈を行い、プログラムによって適切にモータが動き、求められるタスクを実現できる。

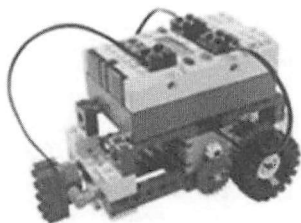


Fig.1 LEGO MINDSTORMS

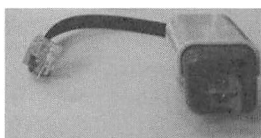


Fig.2 受光センサ

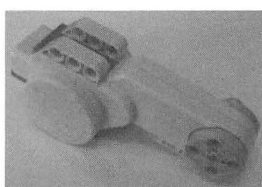


Fig.3 モータ

2. 基本的な知識としてのライントレース

もっとも基本的な、ロボットの振る舞いとして、ライントレースの例を挙げる。ライントレースとは、受光センサにより地面の色を数値化して判別し、左右のモータ回転数を制御することで、あらかじめ描かれている、黒いラインのコース上 (Fig.4) をなぞるように走る振る舞いである。

受光センサは3つ用意することで、走るラインから左右どちらにずれているか、直進できているかが判る、たとえば中央のセンサが反応していれば、コースから外れていないためモータの回転数は左右のタイヤを同じにして直進する。左のセンサが反応していれば、車がコースから右にそれているために左のモータの回転数を下げ、右タイヤのモータ回転数を上げる。すると車体が左曲りとなり軌道修正が可能である。

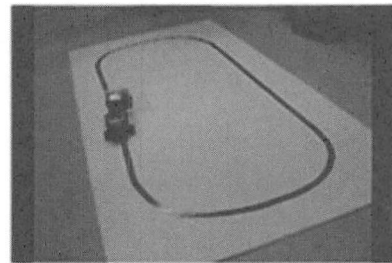


Fig.4 ライントレースのコース

3. 身体性とロボティクス教育

物理的なロボットは、さまざまな目的のために開発される。ある特定のタスク群のために開発されたにもかかわらず、以下で示す自己充足性や立脚性などといった問題をうまく示している。物理的な力やエネルギーの消失、損失といった環境内のあらゆる影響をロボットが常に受けているということを示唆している。これは、エージェントとして置き換えることができる。

3.1 完全エージェント

身体性は完全エージェントを構成するための一つの要素である。完全エージェントは、動物や人間などのように実世界で生存し続けることができるようなエージェントから考え出されたものである。「完全」という言葉は、動物や人間は、実際のふるまいを行う上で必要とされているすべての物を備えていることを意味している。

完全エージェントの特徴は、以下であるとされている。

① 自己充足性

自己充足性とは、長時間にわたってエージェントが自身を維持する能力のことである。このことは、エージェントが自身でエネルギー供給を絶え間なく行い続けなければならないことを意味している。

② 立脚性

エージェントが自身のセンサのみを用いて、環境との相互作用の中から環境についての情報を取得している場合、このエージェントは立脚性を有しているといえる。立脚的なエージェントは人間の介在なしに、それ独自で環境との相互作用を行う。

③ 身体性

本論文で挙げられるエージェントは身体性を有していなければならないということを示唆してきた。身体性は、最も重要な本質の特徴である事は明らかである。身体性がもたらす本質的な帰結は、身体性を有するエージェントは、環境と相互作用しなければならないということである。物理的な力や、エネルギーの消失、損傷といった環境内のあらゆる影響をエージェントが常に受けているということを示唆している。

④ 適応性

適応性は自己充足性の帰結である。絶え間なく変化する予測不可能な環境の中で、エージェントが長期間にわたって自己を維持するためにはエージェントは適応性を有していなければならない。

3.2 身体性とエージェント

ここでは、実態を持つロボットの教育のための理論的検証のためにエージェント技術を用いた方法論を構築する。ここではエージェント自身の姿勢が環境とのインタラクションの過程から判断できるような方法論を提案する。たとえば、姿勢を変化させることにより、目的を達成できるような問題を設定し、結果として望ましい姿勢を取得するよう振る舞いを行う。以下に、身体性を有したエージェントによる、シミュレーション実験を行う。

4. 身体性を有するロボティクスの

シミュレーション実験

実世界での LEGO MINDSTORMS (エージェント) によるライントレースの例を仮想世界で行うものであった場合、人は実世界に存在するが、課題は仮想世界内にあるため、エージェントの身体性が重要になる。そこで強化学習によって身体性を有するエージェントを構築した。

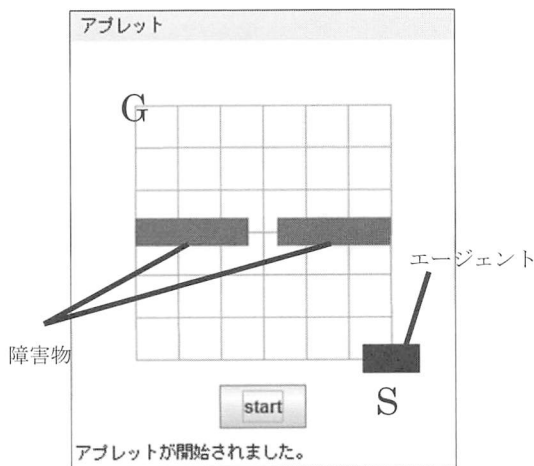


Fig.5 シミュレーション環境

環境 (Fig.5) は右下のスタートである S 地点から左上のゴールの G 地点へ向かう Q 学習を用いた。この学習の目標は与えられたタスクに対してシステムのパフォーマンスを最大化するようなマッピング法を見つけることである。エージェントは環境の状態を知覚し、行動を実行する。そして目標を達成すると、エージェントが報酬を得る。この一連のプロセスを1エピソードとして、これを数エピソード繰り返し、パフォーマンスを最大化するようなマッピング法を見つける。本シミュレーションの環境は、7×7本のライントレースを網目状に構築し、さらに障害物を設置し、中央の間を現在の状態では、通れないことを知覚し、回転し G 地点へ行動させる。G 地点へ仮想世界のエージェントは、図の通りに動き、結果としてスタート地点からゴール地点への道筋を示した。(Fig.6)

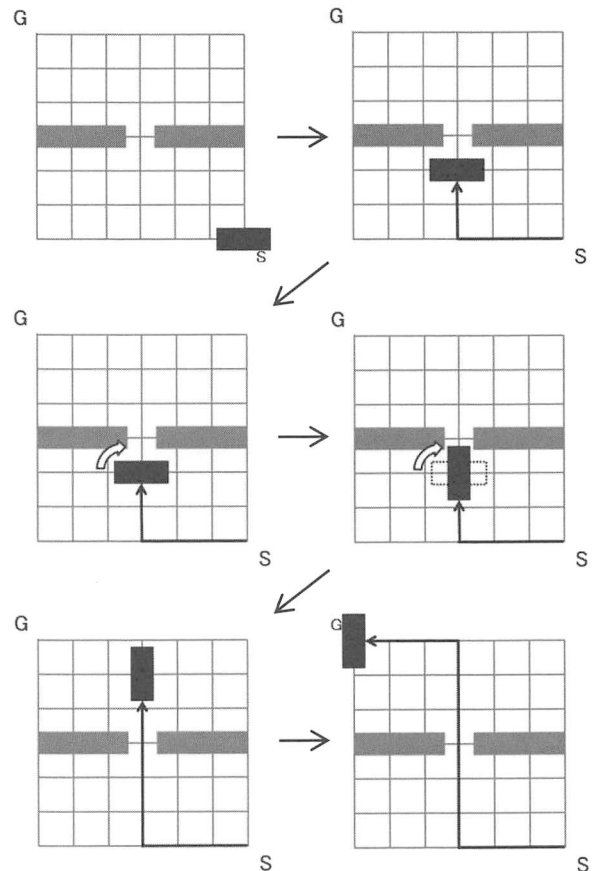


Fig.6 シミュレーションの過程

5. おわりに

本研究ではロボティクス教育におけるロボットの振る舞いを学習するために強化学習を用いて身体性を把握できる一つの方法を示した。知覚された環境から所望の行動へのマッピングを学習できた。

今後の課題として、LEGO MINDSTORMS による限られた環境内でのシミュレーションを行うことである。レゴは比較的容易に、ロボット自身の構造を変えることができるため、寸法や構造の違いによる振る舞いの変化を観察することができるので、身体性を用いたロボティクスの教育に有用であるといえる。

参考文献

- 1) R.Pfeifer,C.Scheier 石黒 章夫ほか訳: Understanding Intelligence 知の創成, 共立出版,2001.