

シミュレーションによる天井移動ロボットの行動の獲得と解析

北海道大学 大学院情報科学研究科 ○白石直樹, 鈴木育男, 山本雅人, 古川正志

本研究は、仮想物理空間でのシミュレーションによる天井移動ロボットモデルの行動獲得とその行動の解析を目的とする。本稿では制御器に人工ニューラルネットワークを用い、学習に遺伝的アルゴリズムを用いて、ある特定の形状を持つ天井に対して四脚型天井移動ロボットモデルの行動獲得シミュレーション実験を行い、得られた移動行動に対して解析を行った。

1. はじめに

現在、作業ロボットの活躍の場は多様になっており、人間が作業するには危険な場所や到達が困難な場所での需要が高まっている。このような需要のあるロボットの1つに天井ロボットがある。

大道ら¹⁾は、天井ボードの解体に作業ロボットを持ち込むための新工法について研究している。そこでは作業ロボットについて天井の軽量鉄骨を破壊しないような工夫がなされているが、下からの作業となるため、高所での利用には不向きである。天井や壁等を移動するロボットとして、フック等を利用して移動する腕脚統合型ロボット²⁾、粘着性の素材を利用して移動するロボット³⁾などがあるが、フックや粘着性の素材を利用したものでは、滑らかな面や専用の突起物が存在する面でしか、移動することができない。また、山本ら⁴⁾はクローラタイプでの天井移動により作業ロボットの利用を行っているが、全ての環境で利用できるには限らない。そこで、本研究では、多様な天井環境に対応可能な把持による姿勢維持の作業ロボットに注目し、移動可能なモデルを提案する。

従来の作業ロボットなどの開発研究では、実機を作成しそれを実験用環境で動作確認しながら開発・研究を行うことが一般的な手法である。しかし、実際の現場は実験環境と異なり、キャリブレーションに時間がかかるため、結果として、導入コストが増大するということが大きな問題となっている。本研究では、この導入コストを削減するための方法として、作業環境を仮想物理環境上に構築し、その環境下で作業ロボットを自動化するための研究開発方法の提案を行う。

2. 多脚型天井移動ロボットモデル

本研究では図1のような3関節から成る4本のアームを持つモデルを提案する。このモデルは関節にかかる力や関節角度を調節することによって様々な形状の突起物に対応できると考えられる。

モデルのサイズを表1に示す。モデルはボディとそれぞれ3つのパーツから成るアームによって構成されている。アームの回転角度を表2に示す。図2はアームの稼動範囲を示した概念図である。

3. 制御と学習

本研究では人工ニューラルネットワーク(ANN)を制御に用い、実数値遺伝的アルゴリズム(RCGA)によってANNの重みの学習を行う。

3.1 ANN

ANNは入力層22個、中間層22個、出力層16個の3層のフィードフォワードANNで、入力には各関節の角度、タッチセン

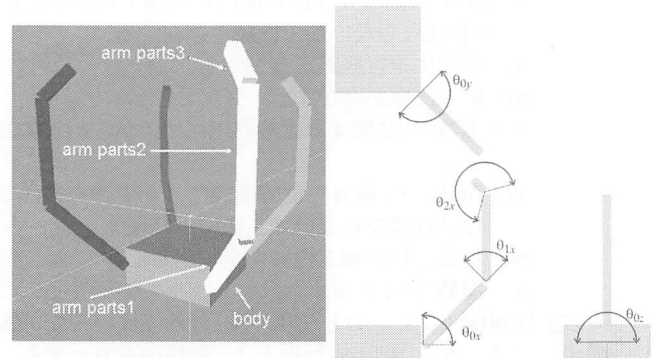


Fig.1 hanging robot model

Fig.2 motion range of arms

Table1 physical parameters for robot

model	size(width×height×depth)[m]
body	1.0×0.4×1.0
arm parts1	0.1×1.0×0.1
arm parts2	0.1×1.0×0.1
arm parts3	0.1×0.4×0.1

Table2 angle range for arms

model	x-axis	y-axis	z-axis
arm parts1	-45~45°	-90~90°	-90~90°
arm parts2	-45~45°	0°	0°
arm parts3	-120~120°	0°	0°

サの入力値、パイプとの距離で、出力は各関節への関節角度の出力である。

3.2 RCGA

RCGAの遺伝演算には二親間の交叉と突然変異によって行う。評価値は初期位置からの移動距離に比例して増加し、実験時間内にパイプを離して落ちてしまった場合にペナルティを与える。

4. 実験

仮想物理空間内に空中に2本のパイプレール状の物体を設置し、提案モデルの移動行動の学習実験を行った。シミュレーションは物理エンジンPhysX⁵⁾を採用して実施した。

4.1 実験条件

実験環境を図3に図示する。パイプの設定を表3に示す。また、GAの実験条件を表4に示す。

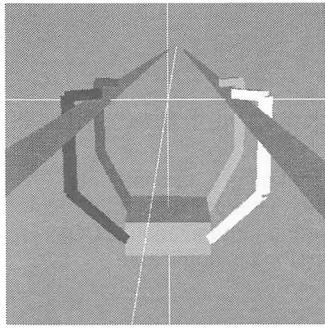


Table3 Pipe's physical configuration

width	0.2[m]
length	100[m]
distance between two pipes	1.4[m]

Fig.3 graphic 1

Table4 Experimental GA conditions

populations	50
generations	100
crossover percentage	0.2
mutation percentage	0.02
steps	1800
one time step	1/180[s]

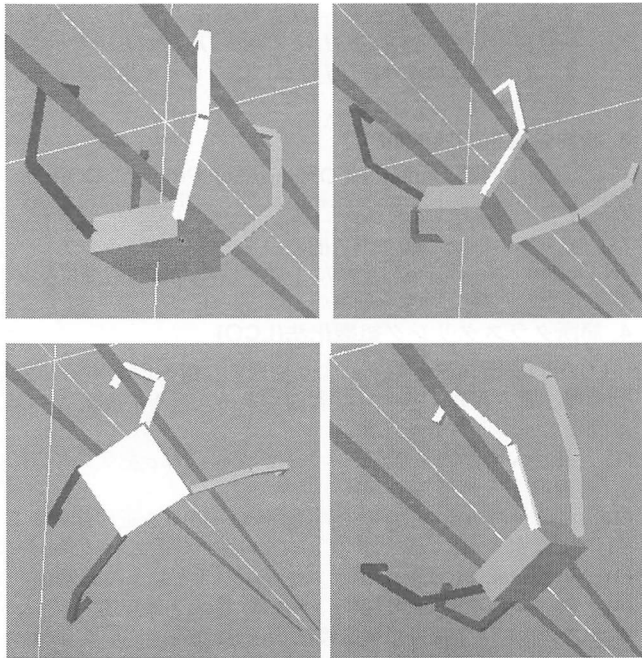


Fig.4 Snapshot of best individual's behavior in 100 generation

4.2 実験結果

学習後の最良個体のシミュレーションの様子のスナップショットを図4に示す。図4より、4本の脚全てがパイプを掴んだ状態から脚1本でぶら下がった状態へ姿勢を変えていることがわかる。

図5は1本だけパイプを掴んでいる脚の関節への出力とタッチセンサ入力を時間プロットしたもの、図6はその中から θ_2 とタッチセンサ入力のみを取り出して拡大表示したものである。この図より、タッチセンサ出力が-1、つまり脚がパイプに接触していないタイミングで θ_2 に大きな出力が出ていることがわかる。

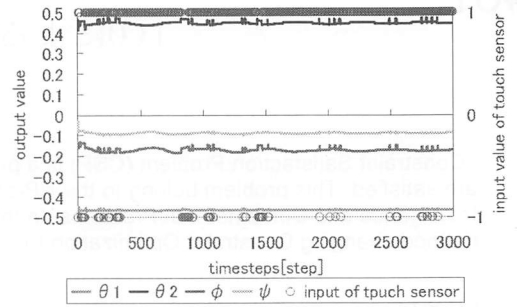


Fig.5 time plot of joint drive output and touch sensors input

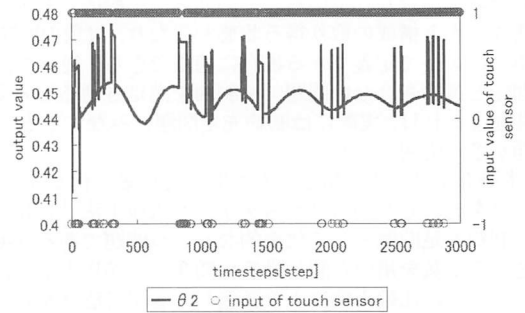


Fig.6 closeup of θ_2 and touch sensors input

つまり、身体を揺らし、脚が浮いたタイミングで進行方向に脚を回転させて移動する行動を獲得していることがわかる。

5. おわりに

本研究では天井移動ロボットのモデルとして突起物を把持することによって天井にぶら下がるモデルを注目し、仮想物理環境によって提案モデルの移動行動の獲得実験を行う。本稿では基礎実験として2つのパイプを空中に設置した実験環境に対して、獲得実験を行い、永続的な移動行動を得られたが、モデルの自由度に対して最適とは言えない。今後の研究課題としては、より効率的な移動行動の獲得、多様・複雑な天井に対する制御獲得が挙げられる。

参考文献

- 1) Takeo Oomichi(Meijo Univ.), M.Wakita, T.Inayama and J.Maeda, "The robot system for dismantling ceiling board of buildings", ROBOTICS Symposia 14th, 2009.
- 2) S.Fujii, K.Inoue, T.Takubo, Y.Mae, and T.Arai, "Ladder Climbing Control for Limb Mechanism Robot "ASTER-ISK" ", Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 2008.
- 3) B.Aksak, M.Murphy and M.Sitti, "Gecko inspired micro-fibrillar adhesives for wall climbing robots on micro/nanoscale rough surfaces", IEEE ICRA, 2008.
- 4) Motoji Yamamoto(Kyushu Univ.), T.Ikeda, P.gao and K.Hironaka, "Flexible Spoke Type Wheeled Mobile Robot for Wiring Task Under the Roof", ROBOTICS Symposia 14th, 2009.
- 5) NVIDIA PhysX: <http://www.nvidia.com/object/physx-new.html>