

車いすの自律走行の獲得

北見工業大学 ○大場祥, 渡辺美知子, 鈴木育男, 岩館健司

要旨

三次元物理空間内に車いすをモデリングし, その車いすに学習機能を持たせることで自律走行が可能となる. 自律走行の獲得には, 機械学習と進化計算を用いる. この提案手法の有効性をシミュレーション実験により検証する.

1. はじめに

現在の日本では, 平均寿命が男女ともに 80 歳以上となり, 高齢化が深刻な社会問題として取り上げられている. 今後はさらに進行して日常の歩行行動が困難となり, 車いすを利用する人の数が増加すると考えられる. また, 若い人でも不慮の交通事故や病気によって歩行行動が困難となることも予想される. このような人々をお世話する介助者の負担も大きくなると考えられる. この介助者の負担軽減や車いす利用者の利便性を向上させるには, 介助者なしで自律的に走行できる車いすの実用化が重要だと考える.

本研究では, 三次元物理空間の陸環境内に車いすモデルをモデリングし, モデル自身の学習により目的地に到達する自律行動を獲得させることが目的である. 物理演算エンジンには, NVIDIA 社の PhysX を採用する.

車いすモデルの自律行動の獲得には, 人工ニューラルネットワーク (Artificial Neural Network, ANN) の機械学習を採用し, ANN のニューロン間の結合荷重の最適化には遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, GA) を用いる. これらの提案手法の有効性を確認するために, 数値計算シミュレーションを実験で検証する.

2. 三次元物理モデリング (Anibot)

近年, 水環境, 陸環境, 空気環境などの三次元物理空間内に任意のモデルを生成し, 物理エンジンを用いてモデル間の衝突, 重力, 摩擦力, 水空気の抵抗などを再現することが可能である.

北海道情報大学の古川ら¹⁾は三次元物理空間に生成した仮想生物やヘリコプターなどのモデルに, 学習機能を搭載して自律行動を獲得するアニメーティッドロボット

(Animated robot, Anibot) の研究を活発に進めている. この Anibot では, 無人輸送車 (Automatically Guided Vehicle, AGV)²⁾や飛行船³⁾などの機械モデルや, 恐竜⁴⁾や犬⁵⁾などの生物モデルを作成し, 物理エンジンを用いて歩行や遊泳, 飛行, ジャンプ, 光源追跡などの様々な行動獲得のシミュレーションを行う研究が活発に行われている.

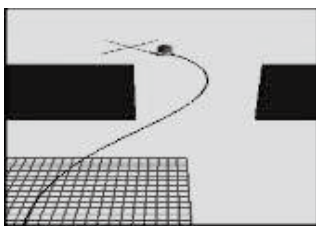


図 1. AGV の自律行動

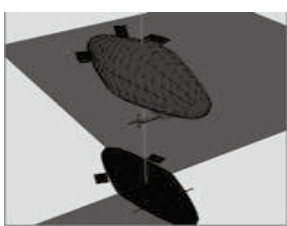


図 2. 飛行船の自律行動

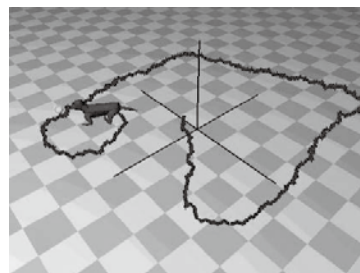


図 3. 犬の自律行動

3. 車いすモデル

車いすモデルは, 三角形メッシュと長方形のプリミティブを組み合わせて背もたれ, 車体, 肘置き, 駆動輪, キャスターを作成し, 各部位をジョイントで固定している. 図 4 に車いすモデルの正面図と側面図, 表 1 に車いすモデルの寸法を示す.

この車いすモデルは後輪が駆動輪になっている. 車いすの自律走行を獲得するには, 後輪の車軸に ANN の機械学習と GA の進化計算を用いている. また, 前輪はキャスターになっているので, 全方向に回転することが可能である. また車いすモデルには, 自身の傾きの情報を取得するセンサが設置されている.

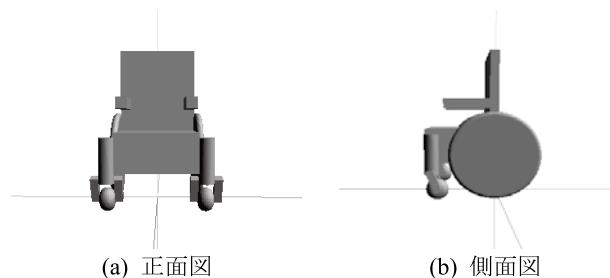


図 4. 車いすモデル

表 1. 車いすモデルの寸法 (mm)

全幅	420
全長	850
全高	625
後輪の直径	250
前輪の直径	60

3. 人工ニューラルネットワーク (ANN)

ANN とは, 生物の神経回路網の一部を模倣した機械学習の手法である. 本研究では, フィードフォワード型の 3 層

の ANN を利用している。ANN のニューロン数は入力層 2，中間層 4，出力層 2 である。

入力層には，車いすモデルから目的地までの角度を入力する。なお目的地までの角度はステップ毎に計算している。

出力層の出力関数には，式 (1) のシグモイド関数を用い，駆動輪の回転速度として出力するように設定した。この式で T は温度係数として 0.1 を設定した。

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x/T}} \quad (1)$$

4. 遺伝的アルゴリズム (GA)

GA は，ANN のニューロン間の重み係数を最適化するために採用する。GA の遺伝子は重み係数 w とし，交叉，突然変異，淘汰の遺伝オペレータを適用する。重み係数 w の初期値にはランダムで発生させた値を代入する。この値の範囲は $(-1 \leq w \leq 1)$ と設定する。なお，1step を 1/60 秒とする。表 2 に GA の条件を示す。

表 2. GA の実験条件

世代数	200
個体数	100
ステップ数	1000
交叉率	0.1
突然変異率	0.05
淘汰率	0.2

5. 評価関数

評価 f は，ステップ毎に車いすモデルの位置から目的地までの距離を計算し，その総和として式 (2) で求める。

$$f(d) = \sum_{i=0}^n d_i \quad (2)$$

ここで， $f(d)$ は評価値， d_i はステップ毎の車いすモデルから目的地までの距離である。

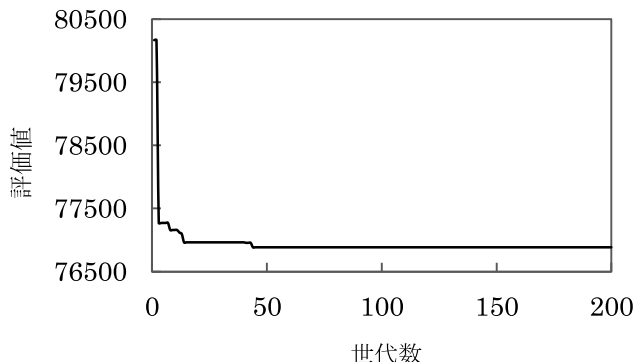


図 5. GA による収束状況

6. 数値シミュレーション実験

数値シミュレーション実験では，車いすモデルの初期位置から目標地点である光源までの自律歩行獲得を行った。車いすモデルの自律走行には ANN，ニューロン間の重み係

数の最適化として GA を採用した。

実験は，目標地点である光源の位置を，車いすモデルの初期位置の真後ろに設定した。この光源の座標は (0.0, 0.0, 100.0) である。また，この車いすモデルはどの位置においても光源の位置を認識できるものとする。図 5 に GA による収束状況，図 6 に光源までの自律走行の様子を示す。

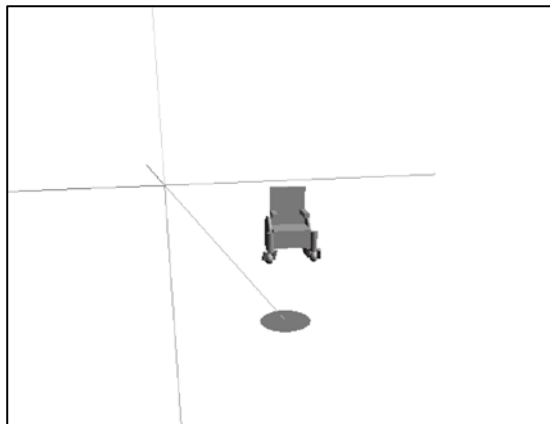


図 6. 車いすモデルの光源までの走行

学習の結果，車いすモデルは目的地に到達する行動を獲得することができた。また，目的地に到達した車いすモデルは，目的地に留まるように目的地周辺を周回する様子が確認された。

7. おわりに

本研究では，三次元物理空間内に車いすモデルをモデリングし，モデル自身の学習により目的地到達の自律行動を獲得させた。その結果，以下の結果が得られた。

1. 車いすモデルは，機械学習の ANN，ANN の進化計算に GA を用い，初期位置から光源までの自律走行が獲得された。
2. 車いすモデルが目的地到達後，目的地付近で周回する行動が確認された。
3. 今後は，障害物を検知して衝突を回避する行動獲得，車いすモデルが光源到達後に停止する行動獲得を目指している。

参考文献

- 1) 岩館健司，米陀佳祐，鈴木育男，山本雅人，古川正志，Animated Robot の研究 — 剛性体モデルの学習と制御 —，ロボティック・メカトロニクス講演会 2008 2PG-G19 (1)-(4)，2008
- 2) 福原隆宏，渡辺美知子，複数のシステム環境下による協調行動の獲得，第 12 回システムインテグレーション部門講演会，pp398-399，2011
- 3) 野田坂佳，渡辺美知子，仮想空間に於ける飛行船モデルの行動獲得，第 11 回システムインテグレーション部門講演会，pp2039-2042，2010
- 4) 成瀬幸史，渡辺美知子，鈴木育男，岩館健司，三次元物理空間内における仮想巨大生物の自律行動の獲得，第 12 回複雑系マイクロシンポジウム，pp73-74，2013
- 5) 三串邦明，渡辺美知子，鈴木育男，岩館健司，物理環境における犬モデルの遊泳行動の獲得，第 13 回システムインテグレーション部門講演会，pp215-217，2012