HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	アニボットのコピー機能によるモデリングと強調行動の獲得
Author(s)	川上, 祥; 鈴木, 育男; 山本, 雅人 他
Citation	精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, 2008, 31-32
Issue Date	2008-09-06
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/51316
Type	journal article
File Information	ho20083132.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

アニボットのコピー機能によるモデリングと協調行動の獲得

北海道大学 大学院情報科学研究科 ○川上 祥，鈴木 育男，山本 雅人，古川 正志

要 旨

これまでに，3 次元空間内における物理モデリングのためのツールを作成してきた．物理モデリングに基づくモデルは，立体と関節およびコントローラから構成され，自律的に動作を獲得する．そのようなモデルをアニボット(Anibot)と名付けている．今回はツールにアニボットのコピー機能を付加した．このコピー機能により群のモデリングを可能とできる．本研究では，モデルのコピー機能に基づいた群の協調行動の獲得を報告する．

1. はじめに

これまでに，3 次元の仮想空間内において物理法則に従った挙動を自律的に獲得するソフトウェア・ロボットとしてアニボットを提案し，アニボットの設計・シミュレーションを行うためのモデリングツールの開発を行ってきた[1], [2].

ツールの目的としては，3D アニメーション技術において，生物のようなモデルの自律的モーションの獲得や，また，機械工学やロボット工学などの分野において，自律ロボットの設計・動作制御をソフトウェアベースで行う目的がある[1].

シミュレーションにおける物理演算には，NVIDIA 社の PhysX 物理エンジンを利用する．また，空気・水中環境に伴う物理演算を行う機能をツールに実装しており，これらを状況に応じてアニボットの環境として使用することができる[2].

本研究では，これまで開発してきたモデリングツールに対して，モデルのコピー機能を追加する．これにより，群のモデリングを可能とし，それに基づいた群の協調行動を獲得する実験を行い，その結果を報告する．

2. アニボット

アニボット(Anibot) は，Animation Robot の略であり，3 次元仮想空間内に構築した仮想ロボットである．従来のソフトウェア・ロボットと異なるところは，現実の物理法則にしたがって動作する点である．また，アニボットは，センサ，アクチュエータ，そして意思決定のためのコントローラを持ち，同時に質量や材質等の物理特性等も揃えている．

3. モデリングツール

3.1. モデリングツールの概要

ツールの概要を図 1 に示す．本ソフトウェアでは，ユーザが GUI ベースで物理モデルを生成する．そして，物理モデルより形状情報，物理情報を格納したデータベースを生成する．生成したモデルに対して，コントローラによって計算された力またはトルクを加え，仮想の物理環境において物理モデルのモーションをシミュレートする．また，算出されたモーションを最適化アルゴリズムによって評価し，コントローラを最適化することで評価に見合う自律的なモーションを獲得する．

3.2. 物理モデル

物理モデルは，球，立方体，任意形状のメッシュから

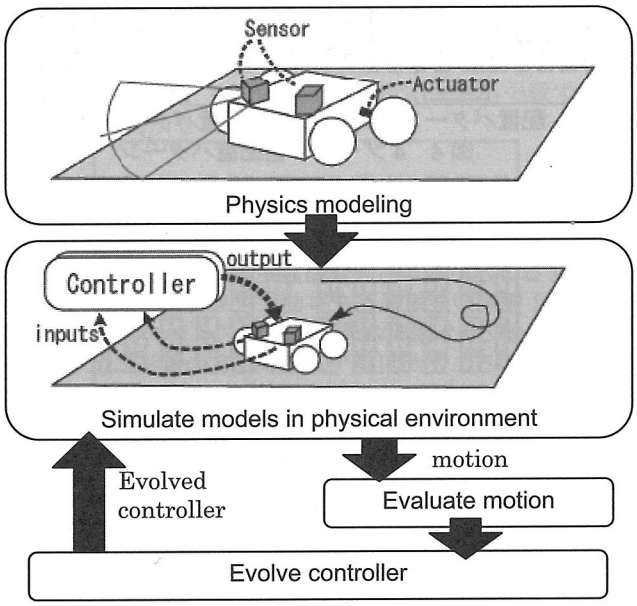

Fig. 1 Software architecture

なるプリミティブとプリミティブ間をつなぐジョイントから構成され，ユーザはこれらを組み合わせることで任意形状の物理モデルを作製できる．プリミティブにはセンサを，ジョイントにはアクチュエータの属性を持たせることができ，これらにより行動制御およびシミュレーションに利用できる．

3.3. コントローラ

人工ニューラルネットワークをコントローラとして適用し，物理モデルに対する制御量を決定する．入力には，センサからの情報，アクチュエータの角度，角速度などが入力信号として与えられる．また出力信号は，物理モデルの各アクチュエータに伝えられ動力となる．

コントローラの最適化は，遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて，各ニューロンをつなぐウエイトを最適化して行う．

4. コピー機能

本研究ではモデリングツールに対して，以下のコピー機能を追加する．

(1) 特定のプリミティブとジョイントのコピー機能
(2) モデル全体とそのコントローラのコピー機能

上記の(1)は，特定のプリミティブとジョイントの情報をコピーするものである．これは，主にモデリングを効

率的に行うためのものである．(2)は，モデル全体とそれが持つコントローラをコピーする機能である．これは，群のモデリングを行うための機能である．

図2は，コピー機能により木の葉をコピーし，木から木の葉が舞い落ちるシミュレーションを示す．

5. 群モデルの制御シミュレーション実験

ここでは，コピー機能を使用した群モデルの実験を示す．

5.1. 実験モデル

実験のため，図3に示す自動車モデルを作成した．サイズは約2m×2mである．モデル正面から±45°左右に傾いたセンサを2つ設置し，それぞれのセンサは視野角180°で，光源までの角度，および他のモデルまでの角度と距離を検知する．出力には，後輪2つにそれぞれトルクを与える．各アクチュエータに与えられるトルクは振幅 R_n，角速度 ω_n，位相 φ_n，バイアス B_n，時刻 t を与え，式(1)で計算する．

$$Torque = R_n \cdot \sin(\omega_n t + \varphi_n) + B_n \qquad (1)$$

以上の自動車モデルをコピーし，自動車モデル郡が光源を囲むような協調動作の獲得を行う．

5.2. 実験条件

ニューラルネットワークの設定は，入力ノード数6，中間ノード数12，出力ノード数6とする．GAの条件を個体数10，世代数200，交差率40%，突然変異率5%とした．4台の自動車モデルを使用し，各モデルはそれぞれ異なるウエイトを持ったニューラルコントローラを持つ．

GAによるモーション獲得の最適化は，(2)式の最適化関数の値を最大にするウエイトを決定する．複数のモデルが光源を囲むために，モデル m の適応関数を以下のように定義する．

$$Fitness_m = -\sum_{t=0}^{T}\left[d_{tm} + \alpha\left(\sum_{j=0, j\neq m}^{M} \left\| d_{tmj} - D \right\| \right) \Big/ (M-1) \right] \qquad (2)$$

ここで，t は現在のステップ，T はシミュレーションステップ数，Mはモデル数，d_{tm} はステップ t における光源からの距離，d_{tmj} はステップ t におけるモデル m と j の距離とし，D は任意の距離で，ここでは15とする．α が大きいとモデル間の距離最適を優先し，小さいと光源への距離最適を優先する．ここでは，$\alpha = 0.1$ とする．

5.3. 実験結果

図4は200世代後の最良なコントローラによるモーションである．各自動車モデルは，それぞれ取り囲むように光源に向かうのが確認できる．

図5は，世代ごとの適応関数と，シミュレーション終了時における光源からの距離の全モデルの平均である．適応値が振動する原因は，あるモデルのモーションが，他のモデルのモーションに大きく影響するからである．最終的な光源からの距離も同様に振動するが，最適化が進むにつれて，5から10の間に収束した．

以上より，互いに異なるコントローラを持った自動車モデルが協調して，光源を取り囲んでいることが確認できた．

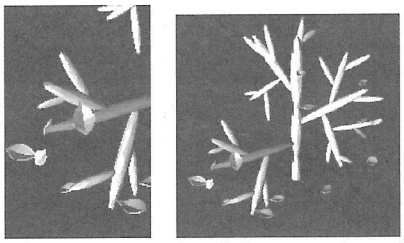

Fig. 2 An example of the copy function

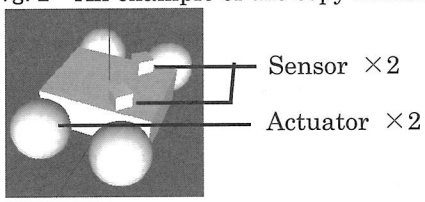

Fig. 3 A car model

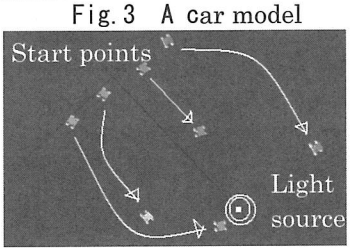

Fig. 4 Driving motion of car models

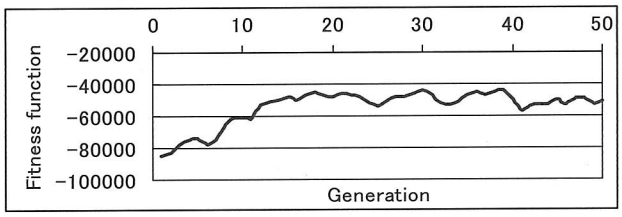

Fig. 5 Transition of fitness function

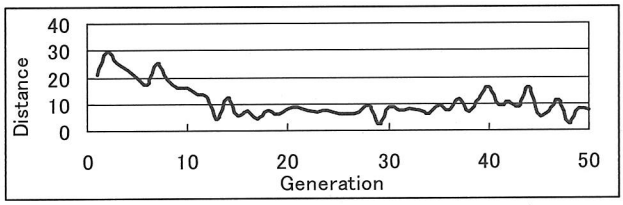

Fig. 6 Distance between model and light source

6. おわりに

本研究では，物理モデルのコピー機能を実装し，それによるアニボットの協調行動獲得のための実験を行った．実験では，コピー機能により作成されたアニボットの協調行動が獲得できることを示した．今後は，より複雑な協調行動の獲得問題を対象としたい．

7. 参考文献

[1] K.Yoneda, K.Iwadate, I.Suzuki, M.Yamamoto and M.Furukawa, Development of Modeling Tools for Animated Robot, *Fourth International Symposium on Adaptive Motion of Animals and Machines*, 2008

[2] K.Nakamura, M.Morinaga, K.Iwadate, K.Yoneda, I.Suzuki, M.Yamamoto and M.Furukawa, Studies on Modeling Environment for Physics Modeling, *Fourth International Symposium on Adaptive Motion of Animals and Machines*, 2008