



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Animated Robotの研究 : 軟性構造モデルの行動制御
Author(s)	米陀, 佳祐; 岩館, 健司; 鈴木, 育男 他
Citation	精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 2008, 885-886
Issue Date	2008-09-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/51214
Type	journal article
File Information	K46_885886.pdf



Animated Robot の研究 — 軟性構造モデルの行動制御 —

北海道大学 ○米陀 佳祐, 岩館 健司, 鈴木 育男, 山本 雅人, 古川 正志

A study on Animated Robot -Behavior control for flexible structure model-

Keisuke YONEDA, Kenji IWADATE, Ikuo SUZUKI,
Masahito YAMAMOTO and Masashi FURUKAWA Hokkaido University

We have proposed Anibot (Animated Robot), which can physically behave itself autonomously in the virtual environment, and developed the modeling tools to design and simulate Anibot. A difference between Anibot and a conventional animation is that Anibot behavior obeys a physical law. Especially, this study aims to establish a control system which make it possible to behave Anibot autonomously. This paper focuses on learning task for Anibot with a flexible structure, and simulates learning and controlling for it. Then, the anibot behavior is evaluated and its control system is optimized.

1. はじめに

機械工学及びロボット工学などの分野において、自律ロボットの設計及び動作の制御に関する研究が盛んに行われてきた。近年では、ロボットの身体系及び制御系、さらにロボットが動作する環境との相互作用を考慮した上で、身体系及び制御系を構築するアプローチがある^{1, 2)}。また、この設計作業は、計算機技術の向上に伴いソフトウェアベースへ移行され、効率化が進められている。本研究では、特定の環境下でロボットが目的のタスクを自律的に達成する問題の計算機シミュレーションに焦点を当てる。このような問題を取り扱うため、我々はこれまでに3次元仮想空間内に構築された仮想自律ロボットとして Animated Robot (Anibot) を提案している³⁾。また、Anibot の設計及びシミュレーション用ツールとしてモデリングツールの開発を行った³⁾。

本稿では、Anibot に対するシミュレーションの一例として、柔軟ロボットに注目する。柔軟ロボットとは、柔軟性の高い軟性構造のモルフォロジを有するロボットであり、潰れる、伸びるなど自身の形状を自由に変形するビヘイビアを獲得し、複雑なタスクへの適応が期待できる。本研究では、この軟性構造モデルが学習により光源方向へ移動するビヘイビアを獲得する学習問題の数値計算実験を行ったので、その結果を示す。

2. Animated Robot

Anibot とは、仮想空間内に構築された仮想自律ロボットと定義している。この Anibot が従来のソフトウェア・ロボットと異なるところは、現実の物理法則に従って動作する点である。また、Anibot は自律的なビヘイビアを制御するためのセンサ、アクチュエータ、及びコントローラを持つだけでなく、同時に質量や材料などの特性に関する物理情報も備える。Anibot の物理モデルは図1に示すように、剛体オブジェクト及び関節オブジェクトの組合せで構成される。

3. 軟性構造モデル

本研究では、柔軟性のある構造を持ったモデルとして軟性構造モデルを定義する。以下では、モデル及び制御方法について述べる。

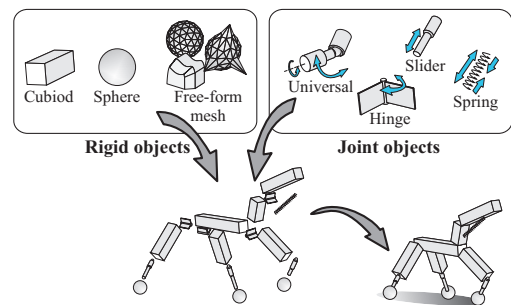


Fig.1 A concept of Animated Robot

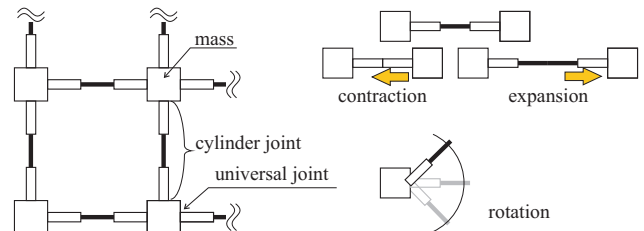


Fig.2 A model of the flexible structure

3.1. 軟性構造モデル

軟性構造モデルは、図2のように直方体ブロック(マス)を格子状にシリンダ関節で接合したモデルを採用する。各シリンダは一定の長さの伸縮可能とし、シリンダとマスとの接合点はユニバーサルジョイントとして、自由な角度に回転可能とする。

3.2. 制御方法

軟性構造モデルは、主にシリンダ関節の伸縮を利用して運動を行う。ここでは、シリンダをアクチュエータとし、式(1)に基づき伸縮する速度の制御を行う。

$$\mathbf{v}_i(t) = A_i(t) \sin(\omega_i(t)t + T_t + \phi_i) \mathbf{r} \quad (1)$$

ただし、 $\mathbf{v}_i(t)$ は時刻 t におけるアクチュエータ i の速度ベクトル、 $A_i(t)$ は振幅、 $\omega_i(t)$ は角振動数、 ϕ_i は固有の初期位相、 T_t は累積位相であり、

$$T_{t+1} = \omega_i(t) + T_t \quad (2)$$

とし、初期値は $T_0 = 0$ である。このとき、 $\mathbf{r}$ をバネ及びシリンダの単位方向ベクトルとし、 $|\mathbf{v}| > 0$ であると伸び方向、 $|\mathbf{v}| < 0$ で縮み方向に運動を行う。従って、アク

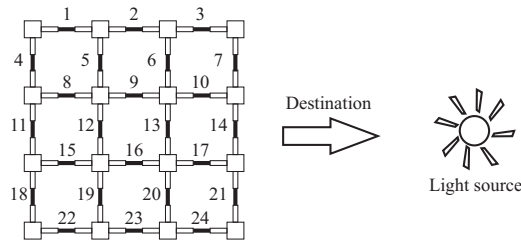


Fig.3 The experiment model (top view)

チュエータ i に対して $A_i(t)$, $\omega_i(t)$ を調節し、モデル全体の運動制御が実現する。

4. 数値解析実験

Anibot が学習から振る舞いを獲得するために数値解析実験を行う。本稿では、軟性構造モデルが光源方向へ移動する振る舞いの獲得を目指し、実験を行った。

4.1. 実験モデル

まず、実験で使用するモデルについて述べる。モデルは図3に示す同一形状のマスを格子状に連結したモデルを採用する。マスの連結にはシリンダ関節を採用し、一定の長さまで伸ばすことが可能である。このシリンダ関節をアクチュエータとし、伸縮を制御して剛体を押すことで移動を実現する。このとき、全シリンダをアクチュエータと仮定し、全体で24本あるシリンダの伸縮を制御してモデル全体のビヘイビアを制御する。特に効率的なビヘイビアを獲得するためには、シリンダ同士が調和した運動を行う必要がある。

4.2. 制御系設定

シリンダの伸縮制御にはニューラルコントローラを用いた。このコントローラは、シリンダ1本の伸縮を制御するコントローラで、全シリンダが固有のコントローラを利用して全体を制御する。あるシリンダに対応するコントローラは、両端のマスから光源へ方向及び距離、マスの速度方向及び速度量、マスが接続する全シリンダの平均伸縮量、制御するシリンダの伸縮量、伸縮速度、初期位相を入力情報とし、式(1)で述べた伸縮を制御するパラメータ $A_i(t)$, $\omega_i(t)$ を算出する。ついで、ニューラルコントローラの結合荷重及び全アクチュエータの初期位相を実数型遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, GA) で最適化する。ただし、簡略化のため、全コントローラの結合荷重は共通の値を利用している。

4.3. 実験条件

シミュレーション及びGAの実験条件を以下の様に設定した。本実験では、4層階層構造のフィードフォワードANNを採用した。なお、各層のニューロン数は23, 25, 10, 及び2である。

GAの条件は、個体数20, 世代数200, 交叉率70%, 突然変異率10%, 逆位率30%とした。実験は、モデルが1/60秒ごとにコントローラに従い振る舞い、1分間のモデルの重心と光源との累積距離を評価し最小化する。

4.4. 実験結果

実験結果を図4に示す。このグラフは、同一の実験を3回行い、各世代ごとの評価値の推移をまとめた結果である。また、図5に学習した各アクチュエータの初期位相の分布を示す。この結果から、進行方向に対して獲得した初期位相が逆位相に変化していることが確認できる。

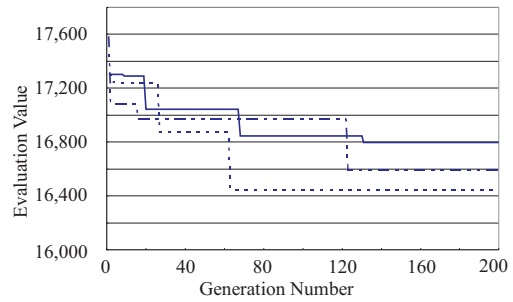


Fig.4 An evaluated value in each generation

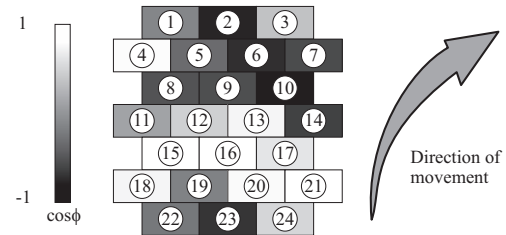


Fig.5 Phase values on each actuator

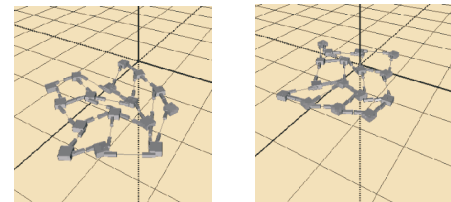


Fig.6 Snapshots of the model motion

従って、シリンダの伸び運動及び縮み運動を交互に行いながら全身運動しているといえる。図6にモデルが運動している様子をスナップショットで示す。実験結果では、シリンダの伸縮がマスを押し、その繰り返して目的方向へ移動するビヘイビアを獲得できたことが確認できた。しかし、まだ効率的なビヘイビアが獲得できたとは言えず、伸縮のリズムや各初期位相の変化などに関して解析を重ねビヘイビアを評価する必要がある。

5. おわりに

本研究では、軟性構造モデルとして定義した Anibot が自律的なビヘイビアを獲得するための学習実験を行った。実験では、アクチュエータ単位で独立した制御を行い、モデル全体のビヘイビアを生み出すことを確認した。今後は、運動の効率さを踏まえたビヘイビアの評価方法を考案し、学習結果の改善を試みる。また、マス及びシリンダ数を増やし大規模なモデルを与え、粘菌の運動のようなビヘイビア獲得を目指す。

参考文献

- 1) M. Shimizu and A. Ishiguro: A Self-reconfigurable Robotic System That Exhibits Amoebic Locomotion, IEEE/ICME International Conference on Complex Medical Engineering-CME2007, (2007) 101.
- 2) S. Murata and H. Kurokawa: Self-Reconfigurable Robot: Shape-Changing Cellular Robots Can Exceed Conventional Robot Flexibility, IEEE Robotics & Automation Magazine, (2007) 71.
- 3) K. Yoneda, K. Iwade, I. Suzuki, M. Yamamoto, M. Furukawa, Development of Modeling Tools for Animated Robot, Fourth International Symposium on Adaptive Motion of Animals and Machines, 2008.