

多数の駆動要素のジョイント結合による移動機能の発現

Generation of Locomotive Movement via Multiple Joints with Actuators

○勝山大輔, 村松鋭一

○Daisuke Katsuyama, Eiichi Muramatsu

山形大学

Yamagata University

キーワード： 移動の発現 (generation of locomotion), 蛇型ロボット (snake robot), マルチエージェントシステム (multi-agent system)

連絡先： 〒 992-0082 山形県米沢市城南 4 丁目 3 - 1 山形大学 大学院理工学研究科 応用生命システム工学 専攻

村松鋭一, Tel.: (0238)26-3327, E-mail: muramatu@yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

人間が足を踏み入れることができない災害現場においてはロボットの活躍が期待される。カメラ撮影による内部環境の調査や、物資の運搬や散布を目的とするとき、まずはロボットを止まることなく移動させつづけることが最優先課題となる。車輪やキャタピラのような移動機構がうまく作用しない環境においては、ヘビのような動作がロボットの移動に有効な場合がある。

ヘビ形ロボットの制御はさまざまなアプローチで研究されてきた^{1)~4)}。制御系設計論の見地から最も合理的と考えられる方法は、ロボットの運動方程式と拘束条件を組み合わせることで力学モデルを導出し、目標軌道に対する制御則を導出する方法である³⁾。このとき同時に例えばリアプノフ関数を用いて安定性、軌道追従性能の証明を与えることにより理論的な裏づけを与えることができる²⁾。

移動に対して厳しい環境においてロボットの移動を優先させる場合、複雑な数式による制御則よりも、単純な動作の繰り返しによって環境の変化にロバストな移動を実現できるかもしれない。本研究は多数の関節をある種の単純なルールにしたがって動作させ、それらの関節動作の集まりの結果、ボディ全体に移動を発現させる移動の仕組みの探求と解明を目的とする。この基本的な考え方は「多数の構成要素の結合と相互作用によって、全体レベルである機能を発現させる」というマルチエージェントシステム⁵⁾の考え方に共通するものである。移動の発現には、多数の関節における動作ルールのほか構成要素間の結合機構などさまざまな要素が関係する。本報告では、多数の関節をもつ移動物のシミュレータを作成し、各関節の動作ルールと全体の移動の関係をシミュレーションによって調べた。

2. シミュレーション概要

シミュレータ作成にはODE(Open Dynamics Engine)を用いる。ODEとはコンピュータ上で物理法則に基づく物体の動きを3次元コンピュータグラフィクスで表示できるライブラリソフトウェア(物理エンジン)である。物体の質量や大きさ、関節における拘束条件をプログラムによって設定することにより、運動方程式と拘束条件にしたがう動きのデータを計算し画面上に表示することができる。

3. ロボットの概要

Fig.1は本研究で想定しているロボットの一例である。10個の球体は質量をもった物体であり、それらの結合している9箇所の関節にはモータによる回転を発生する駆動装置が付いている。9箇所の関節を同時に動かすとヘビや虫のような体をくねらせる動作を発生できる。

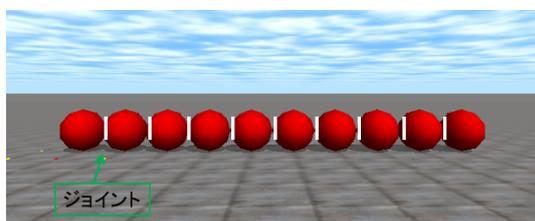


Fig. 1 ロボット

4. シミュレーションの条件と結果

各関節に

- (1) ある方向に回転軸を持つ1つの駆動要素を付けた場合
- (2) 回転軸の異なる2つの駆動要素を付けた場合

についてシミュレーションを行った。駆動要素の回転軸を定義するためFig.2のような座標軸を設定する。各駆動要素にはsinやcosで表される振動的な動作を与える。

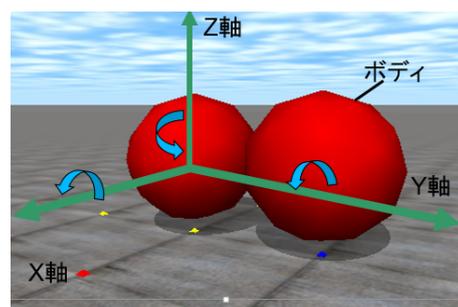


Fig. 2 ボディと座標軸の関係

上記(1)の一例として、各関節の回転軸をx軸とし、第*i*番目の関節には

$$u_i = M_i \sin(\omega t - \phi_i \times i) \quad (1)$$

という振動する入力(目標角速度) u_i [rad/sec]を与えた。ただし、 $M_i = \frac{\pi}{6}$ [rad], $\omega = 0.5$ [rad/sec], $\phi_i = \frac{\pi}{4}$ [rad]である。この場合、ボディ全体が前進する動きが見られた。

上記(2)のシミュレーションでは、各関節が回転軸の異なる2つの駆動要素として、それぞれy軸を回転軸とする駆動要素とz軸を回転軸とする駆動要素をもつとする。第*i*番目の関節において、y軸の回転軸に対しては

$$u_{i1} = M_{i1} \sin(\omega t - \phi_{i1} \times i) \quad (2)$$

z軸の回転軸に対しては

$$u_{i2} = M_{i2} \sin(\omega t - \phi_{i2} \times i) \quad (3)$$

という制御入力を与えるとする。一例として $M_i = \frac{\pi}{6}$ [rad], $\omega = 0.5$ [rad/sec], $\phi_i = \frac{\pi}{4}$ [rad]とした場合、ボディ全体の横方向への移動が見られた。

5. おわりに

多数の関節に位相差を持つ振動的な動作を与え、連結したボディ全体での移動の発現を調べた。三角関数に基づく単純な動作でも、多数の関節にある種の与え方をすれば、縦、横、回転などの移動の発現を見ることができた。

今後の課題としては、目標地への到達のための制御、要素の動作と全体の移動の数理的な解析などがある。

参考文献

- 1) 松野文俊, ヘビ型ロボット –生物の模倣から生物を超えたロボットへ–, 日本ロボット学会, **20-3**, 261-264 (2002)
- 2) Pavel Prautsch, Tsutomu Mita, Tetsuya Iwasaki: Analysis and Control of a Gait of Snake Robot, 電気学会産業応用部門論文誌, **120-D**, 372/381 (2000)
- 3) 佐藤博毅, 田中基康, 松野文俊: 動力学モデルに基づく蛇型ロボットの軌道追従制御, 計測自動制御学会論文集, **42-6**, 651/658 (2006)
- 4) 小野 京右, 右手 潤二, 中島 求: 自励駆動ヘビ形推進機構に関する研究日本機械学会論文集 C 編, **68-668**, 1096/1103 (2002)
- 5) 石井秀明: マルチエージェントシステムの制御 – 1 総論, システム/制御/情報, **57-5**, 211/218 (2013)