

# 415 モジュール型ロボット群における自律的行動生成に関する基礎研究

北大工 ○飯島大典 横井浩史 嘉数侑昇

## 要 旨

センサ、アクチュエータ、プロセッサを構成要素として持つモジュール型ロボットを提案し、それらの協調動作による自律的行動の生成を試みる。本研究ではその初期段階として、シミュレーションモデルの設定とその妥当性を確認する。

### 1. はじめに

ロボットの移動機構として、現在用いられているものの大部分は車輪によるものである。これには、その機構における移動効率や制御性のよさなどが理由として考えられるが、車輪機構では移動不可能なケースも多く存在し、歩行機構などが種々開発されている。歩行機構のように動物の運動を実現する事で、未解決な問題への一つの解決手段としようというアニマット・アプローチ的な研究はかなり行われており、そのうちの特殊な移動機構としてヘビに関するものがある。

現在までにヘビの運動解析・ヘビ型ロボットの開発など、多くの研究がなされている[1][2]。ヘビは、独特の体構造や動作の特殊性を持っており、水や陸、整地や不整地（場合によっては木登りも可能）といった条件を選ばない移動手段などとして、工学的な立場から見ても、ヘビ独特の動きが再現されることは非常に興味深いことと思われる。

一方、近年におけるロボット制御分野の動向は、自律・分散制御や、群ロボットの協調制御など、複数の自律エージェント間の通信による同一タスクの協調的達成が問題とされており[3]、ヘビのような連続体構造は、単一ユニットの集合と考えられるため、こうした問題に適用される。

このことより本研究では、ヘビのような同一部位からなる冗長構造のロボットを、センサ、アクチュエータ、プロセッサを個々に持つモジュール型ロボットから構成し、学習アルゴリズムを用いたそれらの協調制御により、最適行動を自律的に獲得させることを目的とする。本稿では基礎的研究として、モジュール型ロボットの実機制作に向けての設計提案と、行動学習アルゴリズムをテストするための、

コンピュータ・シミュレーション上での仮想モデルについて述べる。

### 2. 提案モジュール型ロボットの問題点

本研究においては、ロボットは一個体のみでも、また複数連なった場合でも、同一の行動学習アルゴリズムによって、その個体数に合わせた自律的な最適行動の獲得を最終目的とするため、ロボットは、単体でも外界を知覚し、行動し、行動結果を評価可能でなくてはならない。従って、モジュール型ロボットには、ロボットの基本構成要素であるセンサ、アクチュエータ、プロセッサ、バッテリーなどは最低限搭載する必要があるため、重さなども考慮に入れ設計されなければならない。現時点で考えられる問題点を以下に挙げる。

#### 行動学習アルゴリズム

学習アルゴリズムとしては、タスクが教師なしの最適解ランダム探索問題であるため、一般にそうした問題に適しているといわれる GA の応用を考えている。一定時間内にとった行動の制御コードをビット列に落とし、より遠くに移動できた行動パターンを残すことで、最適行動の獲得を試みる。また、複数個体の協調制御については、ある一個体が他のロボット群を統括し、リズムをとるなどが考えられる。

#### センシング

自律的に、かつ最適な行動のためには、ロボットは自己の行動を評価するため、自身の移動距離を知覚可能でなければならないが、提案するロボットの場合、体の形状や方向など常に動的であるため、定位置に設置するカメラなど

では認識が困難になると考えられる。従って、ロボットの体表面中に接触センサを設置し、そこからのデータの時系列的な処理による距測の可能性を検討している。

### 3. 仮想モデルの設定

アルゴリズムのテスト・フィールドとしてのシミュレーションには、はじめ物理法則を組み込んだモデルを試みたが、計算量が膨大になるなどから、問題の簡単化を図るために近似的な仮想空間の設定を行った。しかしながら仮想空間は、相互間の力学における作用・反作用の法則は矛盾なく実現されるように設計した。以下にその設定を示す。

○ロボットは、比較的冗長と思われる8リンク構成とし各関節は同方向に回転軸を持つ1自由度の回転が可能な機構とした。

○仮想空間では、床面との摩擦、重力などを無視するため、ロボットは3次元空間に浮かんでいるものと仮定した。また、代わりに空間内に粘性を考え、ロボットはリンクを腕のように動かすことで、反力として粘性力を受けるものとした。

ロボットの関節には、毎ステップにおける角度のみが与えられ、ロボットは十分なトルクを持っているとし、次ステップには与えられた角度だけリンクが回転しているものとした。

○慣性力は考えない。従って、ロボットは各ステップごとに完結した動きをとる。

○座標としては、 $x, y, \theta$ の座標系をとり、ロボットは重心となる点を中心に、 $x, y$ 方向に平行移動。 $\theta$ 方向に回転するものとした。

○ロボットが関節を回転させる際にはエネルギーを使うものとし、大きな角度を回転させるほど、また関節の位置がロボット中央にあるほど大きなエネルギーを必要とするものとした。

○エネルギーは一定時間内の動作中、加算され、遠くに移動し、なおかつエネルギー消費の少ない行動パターンが残される。

### 4. シミュレーション

以上のように設定された仮想モデルを使って、ロボットの動きのシミュレーションを行った。与える関節角に、へ

ビの匍匐（ほふく）運動の際にとる曲線に似たサイン・カーブを近似した角度をデータセットとして代入したところ、図のように前進していく様子が確認された。また別の角度データを入れると、異なる動きが見られた。このように、異なる角度データによって、動く方向や速度の違う結果が得られ、学習アルゴリズムの評価モデルとしては機能することが確認された。

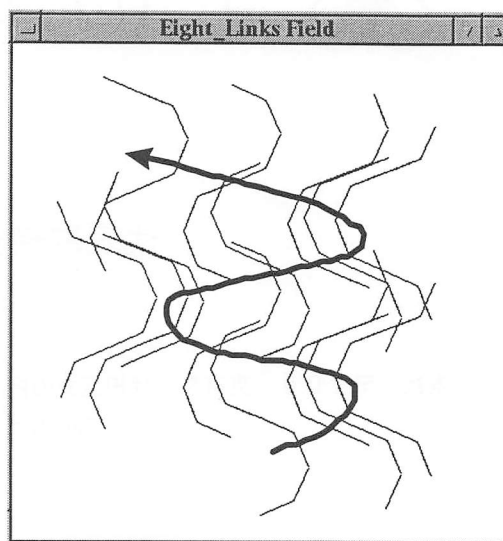


図 左右に蛇行しながら、徐々に前進している  
(矢印は進行方向)

### 5. おわりに

本研究においては、モジュール型ロボットの提案とシミュレーションモデルの制作を行った。そのテストの結果、アルゴリズムの評価モデルとしては十分であることがわかった。今後の方針としてはGAなどを応用した学習アルゴリズムを用いたモジュール型ロボット群の構築を実施する。

### 参考文献

- [1]馬 書根：へビの運動形態の解明及び蛇行ロボットの研究開発、オーガナイズドセッション [重点領域研究知能ロボット] 発表論文集, 97-100,(1995)
- [2]バイオメカニズム学会：「生物に学ぶバイオメカニズム」工業調査会, 19-52,(1987)
- [3]長田 正ら：「自律分散をめざすロボットシステム」オーム社, (1995)