

柔軟生物に学ぶ自律分散型移動ロボットの開発

Development of Autonomous Distributed Robot Imitating Worm-like Locomotion

江淵 智浩 (慶大・理工)

土屋 学 (慶大・理工)

正 山崎 信寿 (慶大・理工)

正 前野 隆司 (慶大・理工)

Tomohiro EBUCHI, Keio University, 3-14-1 Hiyoshi, Kouhoku-ku, Yokohama 223-8522

Manabu TSUCHIYA

Takashi MAENO

Nobutoshi YAMAZAKI

Flexible creatures including earthworm and amoebas can move on uneven ground or in complex holes. It is because they are autonomous distributed systems. Deformation pattern generated in their entire body is produced by cooperative deformation of each part of their body. By imitating the above creatures, autonomous distributed robot can be made. In this study we develop a mobile robot made of many units having the same function. Each unit can change its length by DC motor. It is confirmed that robot moves on flat or uneven ground when a simple deformation pattern of each unit are given.

Key Words : Mobile Robot, Biomechanics, Bio-Motion, Autonomous Distributed System

1. はじめに

ミミズや尺取虫は、体を支持する骨格を持たず、筋肉が体の形状を支持する機能を持つ。体は単純なユニット(体節)の繰り返しにより成り、各ユニットは筋肉の収縮により伸縮する。ユニット単体では移動運動を生成し得ないが、ユニットが連なることにより、個体としては3次元的な移動運動を生成できる。たとえば、ミミズは柔軟な体に生成した後退波を伝播することにより、不整地や地中を縦横に移動できる⁽¹⁾。このような多自由度運動能力を工学的に実現できれば、細管内の移動や、災害現場や海底探査といった不整地の移動などに応用可能である。また、柔軟生物の自律分散性を利用できれば、耐故障性、耐環境性に優れた移動機械が実現可能になる⁽²⁾。このため筆者らは、柔軟生物に学ぶロボットの開発を試みてきた⁽³⁾。本研究では、三角形トラス上に組み合わせた単一構造の伸縮可能ユニットを協調的に伸縮させることによって鉛直面内の移動運動が生成可能な移動ロボットの開発を試みる。

2. ロボットの設計

2.1 基本構造

不整地や細管内の移動ではロボットの矢状面(長手軸を含む鉛直平面)内の運動が重要であるので、矢状面内の2次元運動を行えるような柔軟生物型移動ロボットを設計する。ロボットは、柔軟生物と同様に体節構造を持ち、多数のユニットが直並列に結合することによって全体の形を形成し、各ユニットによる局所的な運動の相互作用の結果により移動することが可能な分散システムとする。生物の筋肉と同様にユニットの動作は単純な1自由度伸縮運動のみとする。

単純な伸縮運動を行うことのできる同一機能、同一形状を持った多数のユニットをモジュール化する構造は、部品の交換が容易で、耐故障性に優れるという利点を持つ。また、各ユニットが独立に運動することが可能であ

るため、将来的に自律分散的な制御に応用することが可能である。

ロボット全体の形状は、ミミズや尺取虫のような細長形状とする。各体節は矢状面内で伸縮運動が行われるように配置するものとする。Fig. 1 に示すように、ロボットの構造は、三角形を基本単位としたトラス状2次元リンク機構とする。トラス構造であるので、形状の変化が容易である。Fig. 1において、三角形の辺の部分が伸縮可能ユニットである。三角形の頂点はユニット同士を連結するための接続部とし、接続部は回転自由なピンによる結合とする。ロボット下部の接続部には円盤状の接地部材を固定して取り付ける。

2.2 ユニットの構造

主に合成樹脂を用いて製作した伸縮可能ユニットの構造を Fig. 2 に示す。DC モータの回転運動をラック・ピニオン機構を用いて直線運動に変換する。1つのピニオンギアで2つのラックギアを駆動させるので、2つの駆動部が相反する方向に同時に伸縮する。そのため、重心の移動が少なく、ユニットに不要な力が加わりにくい。ユニットの伸縮量、速度は、モータの回転数、速度に各々比例するため、駆動モータの回転数を制御することによりユニットの伸縮を制御することが可能である。駆動モータ、ピニオンギアおよび角度センサの回転軸は連結されており、角度センサにより駆動モータの回転を検出することができる。製作したユニットの重量は 73g、最大長さは 115mm、最小長さは 75mm、最大推力は約 11.7N である。ユニットを結合した全体構造の写真を Fig. 3 に

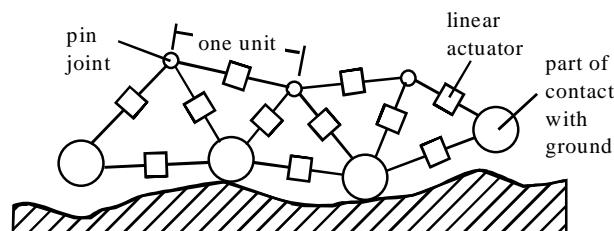


Fig. 1 Structure of robot

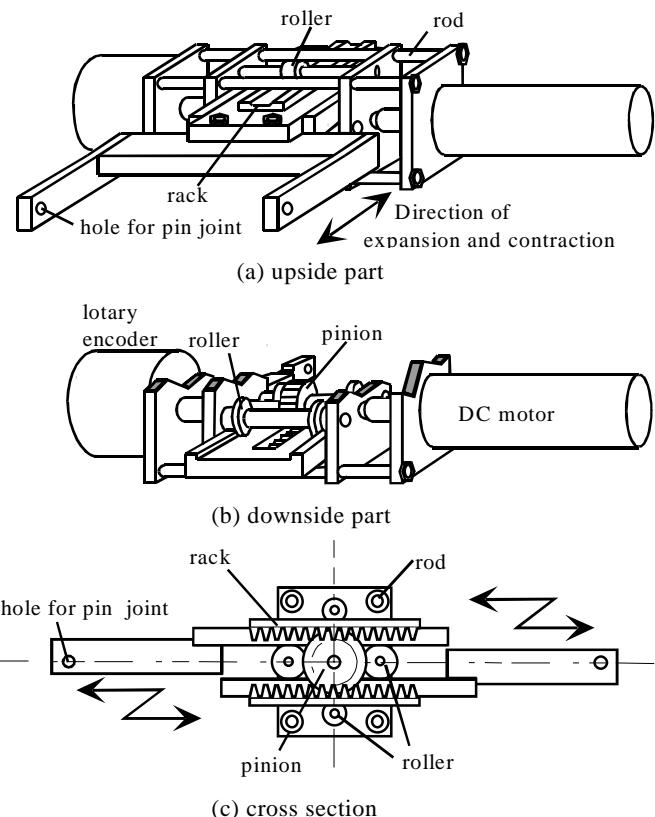


Fig. 2 Structure of unit

示す。また、本ロボットの制御システムはパーソナルコンピュータを用いて構築し、各ユニットの位置指令制御プログラムはC言語で開発した。

3. ロボットの移動動作の生成

3.1 移動パターン

将来的には、本ロボットにより自律的な運動生成を行う予定である。本報では、その前の段階として、運動パターンをあらかじめ与えた場合に、実際に本ロボットが平地を直進運動できることの確認を行う。移動パターンの一例をFig. 4に示す。この移動パターンは、ミミズのように体に後退波を発生させて前進するパターンである⁽¹⁾。

3.2 実験結果と考察

Fig. 4に示した移動パターンを用いて平板上での移動実験を行った結果、ロボットは170mm/minで直進運動できた。また、上記の移動パターンを用いることにより、Fig. 5のような30度程度の傾斜平板を登ることや、20mm程度の段差を容易に乗り越えることができた。以上のように、本ロボットは各ユニットの単純な伸縮パターンに基づいて移動運動を行えることを確認することができた。

ただし、今回の実験はあらかじめ与えた移動パターンによる移動運動であり、厳密な意味で生物を模倣しているとはいえない。今後は、本ロボットに触覚センサによる環境情報フィードバック機能を付加した上で、生物のような自律的な運動生成のメカニズムを探求してゆく予定である。

4. おわりに

単一構造の伸縮可能ユニットを三角形トラス状に組み

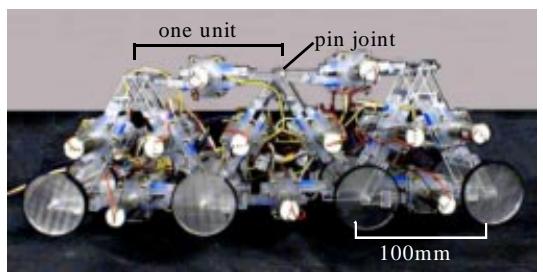


Fig. 3 Picture of robot

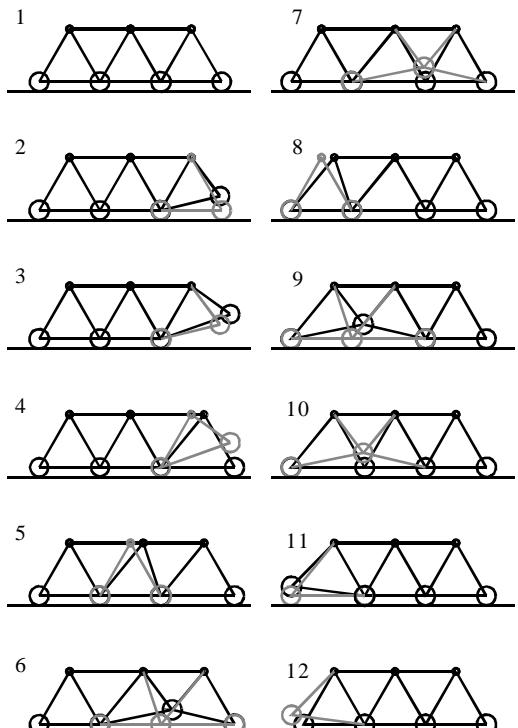


Fig. 4 Generated locomotion pattern



Fig. 5 Robot moving over incline plane

合わせ、各ユニットの協調的なパターンで伸縮させることによって、鉛直面内の移動運動が可能な移動ロボットを設計・製作した。また、本ロボットにより、柔軟生物を模倣した移動動作を実現できることが確認できた。

文 献

- (1) 前野, 山崎, 立川, 波動伝播に基づく移動機構の研究(第1報, ミミズの運動測定と接触移動シミュレーション), 機論 62-603C, (1996), 142-149.
- (2) 特集 自律分散システム, 計測と制御, (1990), 29-10
- (3) 前野, 山崎, 立川, ミミズの運動を模倣した移動ロボット, 機論 No.96-2, vol. B, (1996), 827-828