

321 蠕動運動による移動装置に関する研究

Mobile System Using Peristaltic Movement

熊谷友太 (小山高専 専攻科学生)

正 菊地吉郎 (小山高専)

Yuta KUMAGAI, Oyama National College of Technology

Kichiro KIKUCHI, Oyama National College of Technology, Nakakuki771, Oyama, Tochigi

Key Words: Earthworm, Peristaltic Movement.

1. はじめに

蠕動運動とは太さと長さを変化させることにより、伸縮波を体の前方から後方へ伝播する運動である。ミミズは、その体を構成する多数の環節の伸縮を利用して、地上、地中、狭い隙間を移動する。つまり蠕動運動をすることで移動している。

Fig. 1 に示すように、蠕動運動を用いた移動方法では、運動を行なう際、体の周方向への膨張を行なえるだけのスペースがあればよいので、脚や車輪・蛇行運動を用いた移動方式に比べ狭い場所を移動するのに適しているといえる。また、多くの移動用装置に見られる車輪などを用いた移動方法とは違い、体全面が接地面となりうる蠕動運動型移動装置を実現することができれば、災害現場などの狭く、乱雑な場所であっても移動が可能なのではないかと推測される。

本研究では、ミミズの移動時の各環節の詳細な動作メカニズムを解析した結果を用い、ミミズの蠕動運動を模擬する移動装置を試作することを目的とした。

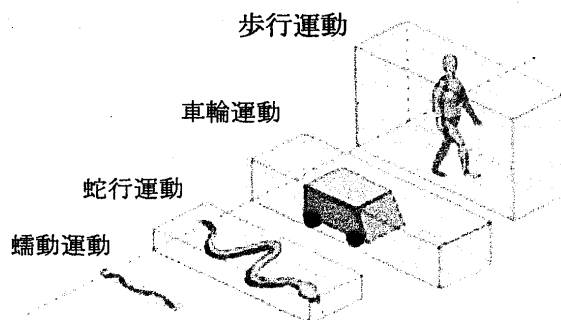


Fig.1 Space required for movement

2. ミミズの動作メカニズムについて

これまでの研究¹⁾で、ミミズの動作をハイスピードビデオカメラで撮影し、画像解析ソフトを用いて各環節の動きの解析を行ってきた。実験装置を Fig.2 に示す。

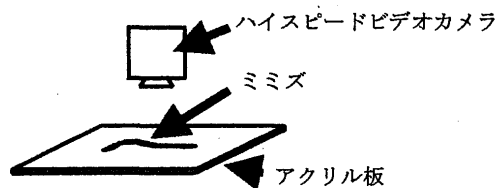


Fig.2 Experimental apparatus

Fig.3 に、解析で明らかになったミミズの移動メカニズムをミミズの環節の数を4つに簡略したモデルとして示す。

まずミミズの停止状態での各環節は、短縮・膨張状態にある(①)。移動時では第一段階として、体の前方の環節が伸長・収縮行程を行なう(②)。この動作を「押し出し動作」として示す。第二段階としては、各環節の伸長収縮・短縮膨張行程を後方へと順に伝えていく(③)。この動作を「静止動作」として示す。そしてさらに第三段階として短縮・膨張行程が最後部へと伝えられ、ミミズの最後尾は前方に引っ張られる形で移動する(④)。この動作を「引っ張り動作」として示す。これらの動作を1サイクルとし、これを繰り返すことで前方へと移動する。また、ミミズの各環節の収縮率は場所によらずほぼ一定の約80%で、移動運動中、同時に動作させている環節の割合は全体の約40%であった。

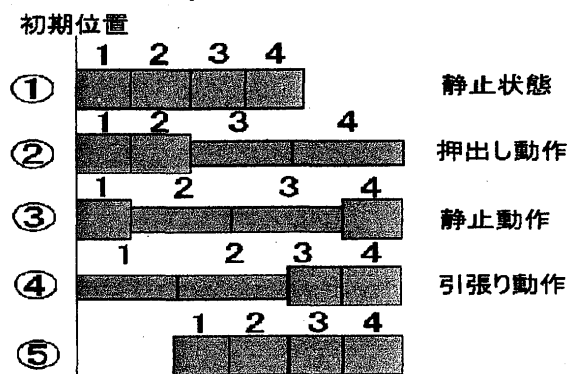


Fig.3 Earthworm's mobile mechanism

3. 移動装置の製作

解析結果を基にミミズの動作を模擬する機構を製作してきた。前回製作したもの²⁾は外皮にアルミの板を張り合わせた形状のため隙間ができてしまうことや接地部分が平面でないと安定せず、前進することも困難になってしまうなどの問題があった。

よって、今回は外皮にラバーベロー(ゴム製の蛇腹)を用いることとした。さらに、ラバーベローを用いる利点として外皮に凹凸があることで、地面との摩擦力が大きくなり前進しやすくなることが考えられる。ラバーベロー内にコンプレッサからの圧縮空気を送ることで収縮膨張を行わせ、各環節の空気の流れを電磁弁によって制御し

た。電磁弁の ON/OFF は手動で行い各環節の動作タイミングを調節した。

また、ミミズには微細な毛がついていて、これを出し入れすることでスパイクのような役割をし、移動の手助けをするとされている。これを利用し、前進に役立てることが可能かどうかを確かめた。実際には出し入れすることは困難なので毛のようなものを摩擦材として進行方向に対して後ろに向くように取り付けた。摩擦材の効果を調べるため、なにもつけないものと2つを製作して性能を比較した。それらの構造図と実物を Fig. 4 に示す。全長は標準時で約 550 mm、直径は約 45 mm、1つの節では110 mm、膨張時で約 175 mm、伸び率は約 59%である。

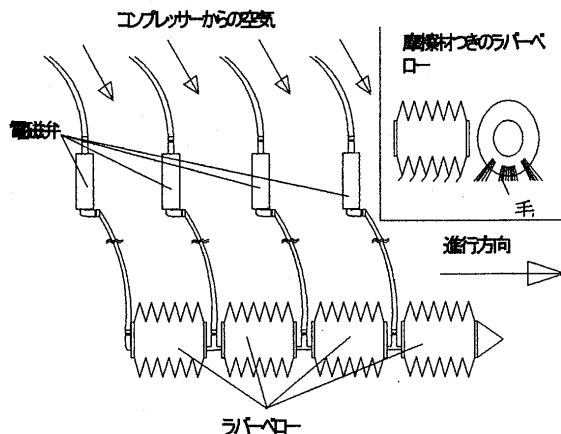


Fig.4-1 Structure

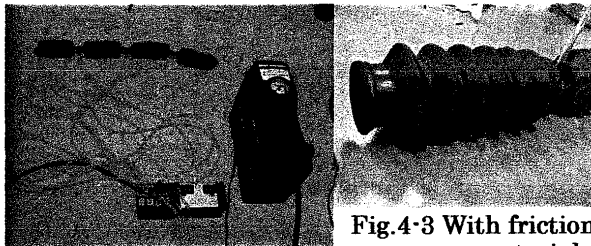


Fig.4-2 Without friction material

Fig.4-3 With friction material

Fig.4 Trial production model

4. 実験結果と考察

Table1は、この試作機の実験結果である。実験の値は摩擦材ありの試作機と、摩擦材なしの試作機をそれぞれ条件(場所)を変えて1分間にどれだけ進んだかを3回ずつ計測し、平均した距離である。

Table1 Test result

条件	コンクリート上	摩擦の少ないタイル上	土の上
摩擦材あり	415 [mm/min]	250 [mm/min]	153 [mm/min]
摩擦材なし	68 [mm/min]	203 [mm/min]	128 [mm/min]

全体としてはどの条件においても摩擦材ありのほうが動くという結果になった。これは、摩擦材によりすべりが軽減されているためだと考えられる。特にコンクリートの上では摩擦材のスパイクとしての役割が大きくでている。また、摩擦材として毛を取り付けた場合、伸び縮みするだけでも前進した。毛の生えている向きにより伸びて前進する際の摩擦と静止している際の摩擦に違いができていたためと考えられる。この結果より各環節の運動時と静止時の接地面との摩擦の大きさの差が重要であることが分かった。しかしこの場合、進行方向が一方に限られるという問題が残った。また、環節と環節の間から空気を送るチューブが出ていることにより装置の進む方向とスピードに影響を与えてしまう問題も出てきた。

5. 改良案

問題点の改良案としてFig. 5のような機構が考えられる。コンプレッサからの圧縮空気を動力にしていたのをやめ、各環節内にモータとクランク機構を取り付けることにより伸び縮みを行う。配線は後方からまとめて出すことにより太いチューブを引きずる問題は解決する。また、摩擦を稼ぐために毛を取り付けると一方向にしか移動できないため、外皮により柔軟な素材を使い短縮膨張時の環節が自重もしくは狭い空間を押し出す形で接地面によりフィットして静止の際の摩擦を大きく稼ぐようにする。また、接地面になる部分はゴムやスポンジなど摩擦係数の大きい素材を貼り付けることを考えている。

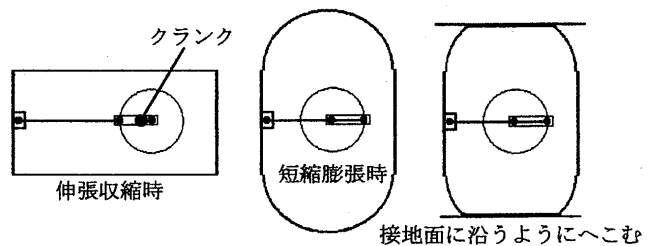


Fig.5 Improvement plan

6. まとめ

今回の実験により効率よく移動するには運動時と静止時の接地面との摩擦の調整が重要であることが分かった。これを基に改良案の製作を進め、各環節の動作タイミングを手動で行っていたのをシーケンス制御を用いて制御する予定である。

7. 参考文献

- 1) 菊地・山口, 小山高専紀要, 第38号(2006), 27-30.
- 2) 本嶋・菊地, 機学関東支部ブロック合同講演会 2005 足利, 講演論文集(2005), 151-152.