

蠕動運動ホイール機構

Peristaltic Wheel Mechanism

○藤田政宏, 野村陽人, 高根英里, 小松洋音
多田隈建二郎, 昆陽雅司, 田所諭 (東北大学)

○ Masahiro Fujita*, Akito Nomura*, Eri Takane*, Hirone Komatsu*

Kenjiro Tadakuma*, Masashi Konyo*, Satoshi Tadokoro*
*Tohoku University,

キーワード: 機構 (Mechanism), 蠕動運動, 車輪 (Wheel)

連絡先: 〒 980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01 田所・昆陽・多田隈研究室
藤田政宏, Tel.: (022)795-7025, Fax.: (022)795-7023, E-mail: fujita.masahiro@rm.is.tohoku.ac.jp

1. はじめに

従来の全方向移動車輪として, 主車輪の外周面に沿って, 主車輪の回転軸と直交する方向に回転軸を有する副車輪を複数並べることにより, 前後方向の主車輪の回転と, 左右方向の副車輪の回転とを組み合わせることで全方向に移動可能に構成されたものがある(例えば, [1][2]).

なお, 従来, 管内を移動する装置として, 軸線方向に伸縮すると共に, 軸線に対して垂直方向に膨張収縮するよう設けられ, 膨張したとき軸線方向に縮み, 収縮したとき軸線方向に伸びるよう構成された伸縮ユニットを, 軸線方向に複数連結して成り, 各伸縮ユニットを所定の順番で膨張収縮させることにより, ミズのように蠕動運動(波動運動)を生じさせて移動するものが開発されている(例えば, [3][4]). このような蠕動運動により管内を移動する装置では, 軸線方向に対して垂直な方向への移動は全く考慮されておらず, その方向へ移動することはできない. また, 全方向移動車輪では, 各副車輪を回転させるために, 各副車輪の取付位置で主車輪との間に隙間をあける必要があり, その隙間から塵埃や水分が容易に浸入して故障しやすいという課題があった.

本研究は, このような課題に着目してなされたもので, 防塵性や防水性が高く, 故障しにくい, 全方向に移動可能な軸方向移動車輪および全方向移動車輪を提供することを目的とする.

2. 蠕動運動ホイール機構の考案

前述した目的を達成するために, 本研究に係る軸方向移動車輪は, 車軸に取り付けて使用される軸方向移動車輪であって, 外周面に沿ってリング状を成し, 外側に向かって膨張可能に, 前記車輪の伸長方向に沿って並んで配置された複数のリング状膨張部を有し, 各リング状膨張部を所定の順番で膨張収縮させることにより, 蠕動運動して前記車輪の伸長方向に沿って移動可能に構成されていることを特徴とする(図1).

また, 本研究における全方向移動車輪は, 車軸と, 蠕動運動して前記車輪の伸長方向に沿って移動するよう, 前記車輪に回転可能に取り付けられた本研究に係る軸方向移動車輪とを, 有することを特徴とする(図2).

軸方向移動車輪に駆動方法として, 各リング状膨張部を所定の順番で膨張収縮させることにより, 車輪の伸長方向に沿って蠕動運動して移動することができるため, 外周面に沿った回転による前後方向への移動だけでなく, それに対して垂直の左右方向への移動も行うことができる. この回転による前後方向への移動と蠕動運動による左右方向への移動とを組み合わせることにより, 全方向に移動することができる. また, 本研究に係る全方向移動車輪は, 本研究に係る軸方向移動車輪が車軸に回転可能に取り付けられているため, 全方向に移動することができる.

提案する蠕動運動ホイール機構は, 軸方向移動の際に, 回転ではなく蠕動運動により左右方向に

移動するため、各リング状膨張部の各部材の接触部などに隙間を設ける必要がない。このため、塵埃や水分が内部に浸入するのを防ぐことができ、防塵性や防水性が高く、故障しにくく構成できる可能性が高い。本機構の車軸部分は、断面形状の外形が円形、多角形、円弧と直線とを組み合わせた形など、いかなる形状を成していてもよい。また、本機構は、円形の車輪に限らず、クローラ(無限軌道)であってもよい。本機構は蠕動運動して車軸の伸長方向に沿って移動するために、各リング状膨張部は、外側に向かって膨張したとき、前記車軸の伸長方向に沿った幅が縮むよう構成されていてもよい。また、各リング状膨張部は、前記車軸の伸長方向に沿って間隔をあけて配置され、外側に向かって膨張したとき、隣り合うリング状膨張部との間隔が狭くなるよう構成されていてもよい。

本機構各リング状膨張部は、リング形状に沿って設けられた中空室を有し、前記中空室に流体を供給することにより膨張し、前記中空室から前記流体を排出することにより収縮するよう構成されていることが好ましい。この場合、各中空部に対する流体の供給および排出により、蠕動運動を制御することができる。流体は、例えば、空気などの気体や、油などの液体から成ることが好ましい。磁性流体などの機能性流体をマッキベン型人工筋肉や軸方向繊維強化型人工筋肉内部の駆動流体として活用し、また、内部に数珠のような複数の貫通穴付加構造

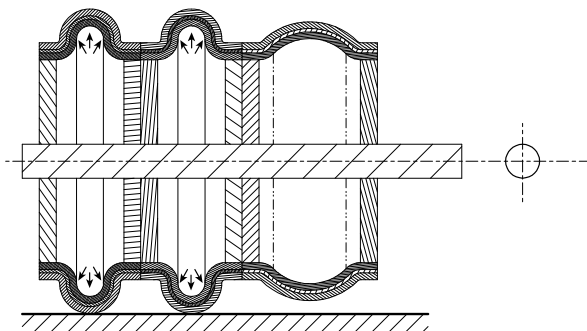


図1: 蠕動運動ホイールの断面図

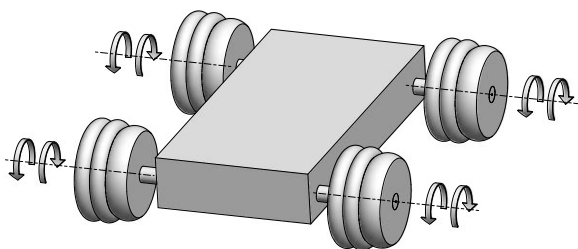


図2: 蠕動運動ホイールを搭載した全方向移動車両の概念図

とその内部に貫通穴を設けて、その穴に通した線状体をガイドとして、貫通穴付加構造同士を接触させることで、1次元ジャミング機構を実現できるため、剛性を可変にする際にはこの機構を本ホイール機構の軸部分に導入することも考えている。複数の蠕動運動ホイール機構は図3に示すように、1つのポンプで駆動させることを考えている。次章に、その蠕動運動を生成するために考案した駆動ポンプの原理を示す。

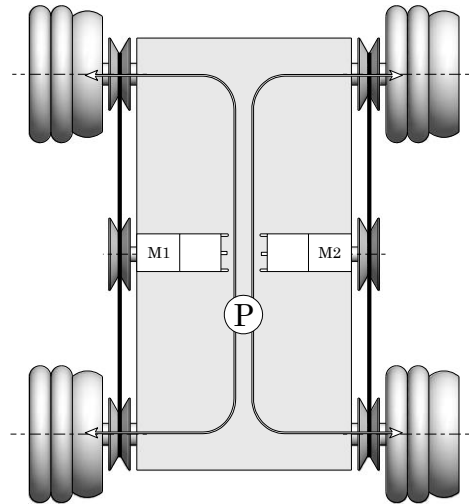


図3: 複数の車輪ユニットを1つのポンプで蠕動運動させる方式の例

3. 流体駆動方式

図4に示す具体的な一例では、流体駆動手段のポンプ部は、カム機構とモータとを有している。この場合、カム機構は、各流路に対応して設けられており、各流路に連通するシリンダと、先端がシリンダの内部を往復可能に配置されたピストンと、ピストンの他端と接触し、ピストンをその伸長方向に沿って進退可能に設けられたカムとを有している。各カムは、異なる位相で回転するよう、カムシャフトに取り付けられている。モータは、カムシャフトを回転可能に設けられている。

本機構は、モータによりカムシャフトを回転させることにより、各カムを回転させて各ピストンの先端をシリンダの内部で往復運動可能になっている。また、流体駆動手段は、時間差をつけて所定の順番で各リング状膨張部を膨張収縮可能に、カム機構の各カムが、所定の位相差で回転するようカムシャフトに取り付けられている。また、運動制御手段は、モータの回転方向および回転速度を制御可能に構成されている。

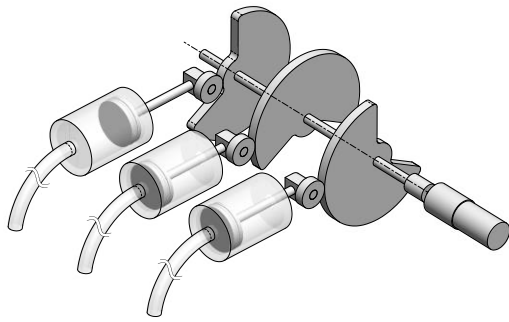


図4: 蠕動運動生成用カム・ピストン機構

4. 初期具現化

図に初期試作機の内部外観を示す. 内部には, 図5(a),(b)に示すように, 回転運動は拘束させるものの, 受動的に直動構造として, 2本のスライドロッドをオフセットして配置している. また, 人工筋の両端部には, 中央に回転軸を設けてある. また, 図6に示すように, 膨張運動および回転運動の実現可能性も手動による駆動ゆえ簡易的ではあるが確認した.



(a) 軸方向短時の様子



(b) 軸方向長時の様子

図5: 試作した蠕動運動ホイール機構の内部構造

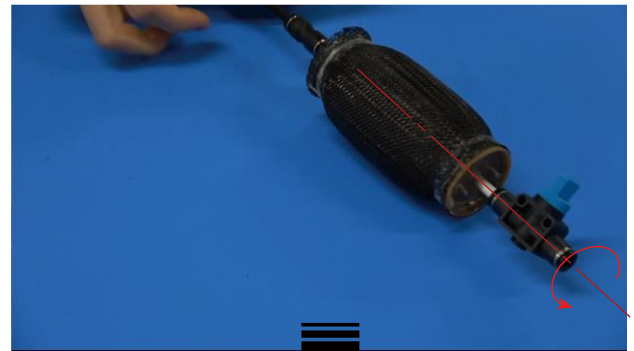


図6: 車輪としての回転運動

また, 図6に示すように, 中央シャフトにトルクを付加し, 回転運動により軸方向とは垂直方向に推進力を生成可能であることを確認した. 次期モデルとしてはグローサの付加や, 高圧がかかった際に負荷感応や圧力に応じてグローサを出し入れする構造を取り入れる予定である.

5. まとめと今後の課題

今回は初期試作としてマッキベン型人工筋による蠕動運動ホイール機構の構成を行ったが, 今後はより大きなストロークをとる軸方向繊維強化型人工筋によりホイールを構成していく予定である. また複数の車輪ユニットにより車両を構成し, 全方向移動体を構築し, 学術における全方向駆動の体系化に貢献していく.

参考文献

- 1)特開2005-67334号公報
- 2)特開2009-179110号公報
- 3)特開平3-86679号公報
- 4)高橋昌樹、林巖、岩附信行、鈴木康一、黄木昇、「みみずの運動を応用した細管内移動マイクロロボットの研究」、精密工学会誌、1995年、Vol.61、No.1、p.90-94