

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7016520号
(P7016520)

(45)発行日 令和4年2月7日(2022.2.7)

(24)登録日 令和4年1月28日(2022.1.28)

(51)国際特許分類		F I		
<i>F 1 5 B</i>	<i>15/10 (2006.01)</i>	<i>F 1 5 B</i>	<i>15/10</i>	<i>H</i>
<i>B 6 1 B</i>	<i>13/10 (2006.01)</i>	<i>B 6 1 B</i>	<i>13/10</i>	
<i>B 2 5 J</i>	<i>5/00 (2006.01)</i>	<i>B 2 5 J</i>	<i>5/00</i>	<i>Z</i>
<i>G 0 2 B</i>	<i>23/24 (2006.01)</i>	<i>G 0 2 B</i>	<i>23/24</i>	<i>C</i>

請求項の数 6 (全20頁)

(21)出願番号	特願2017-242833(P2017-242833)	(73)特許権者	599011687 学校法人 中央大学 東京都八王子市東中野 7 4 2 - 1
(22)出願日	平成29年12月19日(2017.12.19)	(74)代理人	100141243 弁理士 宮園 靖夫
(65)公開番号	特開2019-108945(P2019-108945 A)	(72)発明者	中村 太郎 東京都文京区春日 1 - 1 3 - 2 7 中央 大学後楽園キャンパス内
(43)公開日	令和1年7月4日(2019.7.4)	(72)発明者	山田 泰之 東京都文京区春日 1 - 1 3 - 2 7 中央 大学後楽園キャンパス内
審査請求日	令和2年11月19日(2020.11.19)	(72)発明者	谷瀬 友基 東京都文京区春日 1 - 1 3 - 2 7 中央 大学後楽園キャンパス内
		(72)発明者	石川 龍太郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アクチュエータ及び自走式ロボット

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外筒と、前記外筒の内側に設けられた内筒と、前記外筒及び前記内筒の軸方向各端部に設けられ、前記外筒の内周及び前記内筒の外周とともに閉空間を形成する端部部材と、を備え、前記閉空間に流体を供給することにより軸方向に収縮するとともに径方向に膨張するアクチュエータであって、

前記外筒は、前記流体の供給による前記収縮時に前記径方向への一体的な膨張を規制する規制手段と、前記規制手段により区画された区間毎に、前記閉空間への流体の供給により軸方向への伸張を拘束する軸方向拘束手段とを備えたことを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 2】

前記外筒は、前記区間を跨いで前記軸方向拘束手段の各端部に重複し、径方向への膨張を拘束する周方向拘束手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載のアクチュエータ。

【請求項 3】

前記規制手段は、前記閉空間を軸方向に均等に区画する位置に設けられたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のアクチュエータ。

【請求項 4】

前記規制手段は、前記閉空間の一端側の軸方向長さが最も長尺となるように、前記閉空間を軸方向に不均等に区画する位置に設けられたことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載のアクチュエータ。

【請求項 5】

前記請求項 1 乃至請求項 4 いずれかに記載されたアクチュエータを備えた自走式ロボットであって、

進行方向前側に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張して走行面との間に摩擦を生じさせて前記走行面を把持する前側把持部と、

前記前側把持部よりも後方に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張し、前記膨張時の前記走行面に対する摩擦が、前記前側把持部の前記膨張により生じる前記摩擦よりも小さい推進部と、

前記推進部よりも後方に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張して走行面との間に摩擦を生じさせて前記走行面を把持する後側把持部と、を備え、前記アクチュエータが前記推進部を構成することを特徴とする自走式ロボット。

10

【請求項 6】

前記請求項 4 に記載されたアクチュエータを備えた自走式ロボットであって、

進行方向前側に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張して走行面との間に摩擦を生じさせて前記走行面を把持する前側把持部と、

前記前側把持部よりも後方に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張し、前記膨張時の前記走行面に対する摩擦が、前記前側把持部の前記膨張により生じる前記摩擦よりも小さい推進部と、

前記推進部よりも後方に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張して走行面との間で摩擦を生じさせて前記走行面を把持する後側把持部と、を備え、前記アクチュエータの前記長尺の区間部分が前記前側把持部、他の部分が推進部を構成することを特徴とする自走式ロボット。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アクチュエータ及び自走式ロボットに関し、特に蠕動運動を模して走行する自走式ロボットの移動速度を向上可能なアクチュエータ及び自走式ロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、下水道等の管内を検査するための管体内検査装置として収縮時に拡径し、伸長時に縮径する複数の伸縮ユニットをミミズの蠕動運動を模して順番に伸縮することで管内における推進力を発生させているものが知られている（特許文献 1）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2014 - 228658 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、下水道の管路の総延長は、46 万 km を上る一方で、50 年以上経過した老朽管の急増が見込まれており、検査効率を向上すべく、管体内を検査する検査装置のより一層の移動速度の向上が求められている。

40

本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、蠕動運動に基づいて移動する自走式ロボットの移動速度を向上可能なアクチュエータ及び自走式ロボットを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するためのアクチュエータの構成として、外筒と、前記外筒の内側に設けられた内筒と、前記外筒及び前記内筒の軸方向各端部に設けられ、前記外筒の内周及び前記内筒の外周とともに閉空間を形成する端部部材と、を備え、前記閉空間に流体を供給す

50

ることにより軸方向に収縮するとともに径方向に膨張するアクチュエータであって、前記外筒は、前記流体の供給による前記収縮時に前記径方向への一体的な膨張を規制する規制手段と、前記規制手段により区画された区間毎に、前記閉空間への流体の供給により軸方向への伸張を拘束する軸方向拘束手段とを備える構成とした。

本構成によれば、閉空間に流体を供給して外筒を膨張させたときに、外筒が規制手段を備えることにより、外筒は規制手段により区画された区間毎に径方向に膨張することになるため、外筒を一体的に膨張させたときに比べての軸方向への収縮量を大きくすることができる。そこで、例えば、このアクチュエータを自走式ロボットに適用することで移動速度を向上させることができる。また、外筒は、前記規制手段により区画された区間毎に、前記閉空間への流体の供給により軸方向への伸張を拘束する軸方向拘束手段を備えるので、伸長時や収縮時に曲がり易くできる。

10

また、アクチュエータの他の構成として、外筒は、前記区間を跨いで前記軸方向拘束手段の各端部に重複し、径方向への膨張を拘束する周方向拘束手段をさらに備えることで、曲がり易さを維持しつつ収縮効率の低下を防ぐことができる。

また、アクチュエータの他の構成として、規制手段は、閉空間を軸方向に均等に区画する位置に設けられたので、規制手段により区画された各区間が同期するように径方向に膨張するため、アクチュエータを一度に軸方向に収縮させることができる。

また、アクチュエータの他の構成として、規制手段は、閉空間の一端側の軸方向長さが最も長尺となるように、閉空間を軸方向に不均等に区画する位置に設けられたので、軸方向に収縮させるタイミングを変化させることができる。

20

なお、外筒は、一端側から他端側に延長し、閉空間への流体の供給により軸方向への伸張を拘束する軸方向拘束手段を備えても良い。これにより、アクチュエータの軸方向の収縮量を最大化できる。

また、自走式ロボットの構成として、請求項 1 乃至請求項 4 いずれかに記載されたアクチュエータを備えた自走式ロボットであって、進行方向前側に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張して走行面との間に摩擦を生じさせて走行面を把持する前側把持部と、前側把持部よりも後方に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張し、膨張時の走行面に対する摩擦が、前側把持部の膨張により生じる摩擦よりも小さい推進部と、推進部よりも後方に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張して走行面との間に摩擦を生じさせて走行面を把持する後側把持部とを備え、アクチュエータが推進部を構成するので、移動速度を向上させることができる。

30

また、自走式ロボットの他の構成として、請求項 4 に記載されたアクチュエータを備えた自走式ロボットであって、進行方向前側に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張して走行面との間に摩擦を生じさせて走行面を把持する前側把持部と、前側把持部よりも後方に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張し、膨張時の前記走行面に対する摩擦が、前側把持部の膨張により生じる摩擦よりも小さい推進部と、推進部よりも後方に設けられ、流体の供給により軸方向に収縮するとともに径方向に膨張して走行面との間で摩擦を生じさせて前記走行面を把持する後側把持部とを備え、アクチュエータの長尺の区間部分が前側把持部、他の部分が推進部を構成するようにしたので、移動速度を向上させることができるとともに、一つの閉空間に流体を供給することで、一つのアクチュエータに複数の機能を持たせることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 6 】

【図 1】自走式ロボットの概略図である。

【図 2】把持ユニット（把持部）の断面図である。

【図 3】把持ユニットの弾性膨張体の断面図である。

【図 4】把持ユニットの伸縮動作を示す図である。

【図 5】推進ユニット（推進力発生部）の断面図である。

【図 6】推進ユニットの弾性膨張体の断面図である。

50

【図 7】推進ユニットの伸縮動作を示す図である。

【図 8】自走式ロボットの推進動作を示す図である。

【図 9】推進ユニットの他の形態を示す図である。

【図 10】走行部の他の形態を示す図である。

【図 11】走行部の他の形態を示す図である。

【図 12】連結手段の他の形態を示す図である。

【0007】

以下、発明の実施形態を通じて本発明を詳説するが、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではなく、また実施形態の中で説明される特徴の組み合わせのすべてが発明の解決手段に必須であるとは限らず、選択的に採用される構成を含むものである。

10

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明の実施の形態について、各図に基づき説明する。図 1 は、本実施形態に係る自走式ロボット 1 の一実施形態の概略構成図である。自走式ロボット 1 は、概略、移動体としての走行部 10 と、走行部の駆動を制御する駆動制御部 100 とで構成される。

走行部 10 は、走行面との間に摩擦を生じさせ、走行面 Z を把持する把持部として機能する把持ユニット 20 と、推進力を生み出す推進部として機能する推進ユニット 40 とを主たる構成として備える。以下の説明では、矢印 X1 に沿う方向を自走式ロボット 1 の進行方向とし、この進行方向に沿って前側、逆を後側としてその前後方向を特定する。また、同図に示す Z は、管を示し、走行部 10 は、管 Z の内壁面を走行面として移動する。

20

【0009】

図 1 に示すように、本実施形態の自走式ロボット 1 は、3つの把持ユニット 20 と、2つの推進ユニット 40 とにより構成され、把持ユニット 20 の間に1つの推進ユニット 40 が位置するように、把持ユニット 20 と推進ユニット 40 とを交互に連結して構成される。なお、以下の説明において把持ユニット 20 の位置を特定する場合には、進行方向前側から後側に向かって順に、把持ユニット 20 A、把持ユニット 20 B、把持ユニット 20 C 等として示し、推進ユニット 40 についても同様に、進行方向前側から後側に向かって順に、推進ユニット 40 A、推進ユニット 40 B 等として示す。

【0010】

図 2 は、把持ユニット 20 の一構成例を示す軸方向断面図である。把持ユニット 20 は、走行面との摩擦を生じさせるためのアクチュエータであって、円筒状の内筒 21 と、当該内筒 21 の外周を囲むように配設される弾性膨張体 22 と、一对の端部部材 23 ; 24 とを備える。

端部部材 23 ; 24 は、例えば樹脂や硬質のゴム、金属等により構成された円環体であって、それぞれ外周に、内筒 21 を固定する内筒固定部 28 と、弾性膨張体 22 を固定する膨張体固定部 29 とを備える。

内筒固定部 28 は、一方の端面から他端側に向けて軸方向に窪み形成され、外形寸法が内筒 21 の内周を挿入可能に他端側よりも小径に設定される。

膨張体固定部 29 は、内筒固定部 28 と他端面側との間において端部部材 23 の外周を円周方向に沿って一周に亘り連続して窪む環状溝として形成される。

40

【0011】

また、端部部材 23 ; 24 の内周側には、推進ユニット 40 や他の把持ユニット 20 との連結を可能とする連結手段 33 ; 34 を備える。

一方の端部部材 23 に設けられる連結手段 33 は、内筒固定部 28 が形成された軸方向と逆側の他端側の内周に設けられる。連結手段 33 は、例えば、端部部材 23 の内周面を円周方向に沿って所定長さ円弧状に延在するように突設される複数の係合片 33 A により構成される。

また、他方の端部部材 24 の連結手段 34 は、内筒固定部 28 が形成された軸方向と逆側の他端側の外周に設けられる。連結手段 34 は、端部部材 24 の外周面を円周方向に沿っ

50

て窪む外周溝 3 4 A と、円周方向に沿って所定間隔を空けて端面から外周溝 3 4 A に到達する円弧状の複数の切欠き 3 4 B とにより構成される。

したがって、端部部材 2 3 及び端部部材 2 4 は、端部部材 2 3 の係合片 3 3 A を、端部部材 2 4 の切欠き 3 4 B に挿入し、外周溝 3 4 A に沿って回転させることにより、互いに連結可能に構成される。

【 0 0 1 2 】

端部部材 2 4 には、内筒固定部 2 8 と膨張体固定部 2 9 との間において、内周と外周とを連通する貫通孔 3 1 が設けられる。貫通孔 3 1 は、例えばねじ孔として形成され、切替弁 1 4 が取付可能に構成される。なお、一方の端部部材 2 3 に貫通孔 3 1 を設けて切替弁 1 4 を取り付けようにしても良く、また、両方の端部部材 2 3 , 2 4 に貫通孔 3 1 をそれぞれ設けて、各貫通孔 3 1 に切替弁 1 4 を取り付けようとしても良い。

10

【 0 0 1 3 】

内筒 2 1 は、軸方向に沿って伸縮可能な蛇腹構造を有する断面円形の筒体である。内筒 2 1 を構成する素材には、例えば、軸線の曲がりや許容し、内周側や外周側からの圧力により潰れたりする等の変形のしにくい可撓性を有する素材で構成されることが好ましい。内筒 2 1 の両端には、端部部材 2 3 ; 2 4 がそれぞれ挿入され、内筒 2 1 の内周と端部部材 2 3 ; 2 4 の各内筒固定部 2 8 とが接着剤などの固定手段によって液密かつ強固に固定される。

【 0 0 1 4 】

弾性膨張体 (外筒) 2 2 は、円筒状に形成された筒体であって、端部部材 2 3 ; 2 4 が固定された内筒 2 1 の外周面全域を取り囲んで覆うように配設され、内筒 2 1 との間で二重管構造を形成する。弾性膨張体 2 2 の両端部は、それぞれ端部部材 2 3 ; 2 4 の外周面において円周方向に沿って形成された膨張体固定部 2 9 と対応する位置でピアノ線等の括り部材 2 9 A によって強固かつ液密に固定される。

20

これにより、把持ユニット 2 0 には、内筒 2 1 の外周面と端部部材 2 3 の外周面、及び弾性膨張体 2 2 の内周面によって囲まれた密閉空間としての空気室 S 2 0 が形成される。

【 0 0 1 5 】

図 3 は、図 2 中の A 1 - A 1 矢視における弾性膨張体 2 2 の断面を誇張して示した図である。同図に示すように、弾性膨張体 2 2 は、弾性体より形成される円筒状の筒本体 2 2 A と、当該筒本体 2 2 A の内部において密に内挿された複数の繊維 2 2 B とから構成される。筒本体 2 2 A の材質としては、シリコーンゴム等の合成ゴム、或いは天然ラテックスゴム等の天然ゴムが好適である。

30

【 0 0 1 6 】

繊維 2 2 B は、一端側から他端側まで連続するように、軸線に沿って延長するように弾性膨張体 2 2 の壁厚内に配置され、本実施例では層状に複数積層して密に内挿される。なお、繊維 2 2 B は、積層せずに単層であっても良い。繊維 2 2 B は、筒本体 2 2 A の軸方向に沿って延在するものとして示すが、軸に対して交差するように設けても良い。繊維 2 2 B の素材としては、例えばガラスローピング繊維やカーボンローピング繊維等、軸方向への伸縮変化の小さい素材が好適である。なお、上述の一端側から他端側まで連続するようには、一本の繊維 2 2 B が弾性膨張体 2 2 の一端側から他端側に到達する状態や、弾性膨張体 2 2 の軸方向長さよりも短い複数の繊維が、軸方向に連続的に分布することで一端側から他端側まで到達する状態を意図する。また、筒本体 2 2 A の素材は、後述する空気室 S 2 0 への圧縮空気の給排によってその形状が変化し得る材質であれば如何なる材質であっても良い。また、その厚さや繊維 2 2 B の配置については、弾性膨張体 2 2 の空気排出時の伸長する力等を考慮して決められる。

40

【 0 0 1 7 】

切替弁 1 4 は、例えば、電気的な信号の入力により動作が制御される電磁弁が適用される。切替弁 1 4 は、空気室 S 2 0 内に供給する空気が流入する流入口 1 4 a と、空気室 S 2 0 内への空気の供給及び空気室 S 2 0 内からの空気の排出をするための給排口 1 4 b と、空気室 S 2 0 の空気を外部 (内筒 2 1 内周空間) に排出する排出口 1 4 c と、空気室 S 2

50

0における空気の給排を制御するための電氣的な信号が入力される信号入力部14zと、を備える。切替弁14の流入口14aには、空気供給手段16から延長するチューブ64又は65が接続され、信号入力部14zには制御手段17から延長する配線12が接続される。

【0018】

この切替弁14は、制御手段17から信号入力部14zに信号が入力されると排出口14cを閉じ、流入口14aと給排口14bとを連通させて、空気供給手段16から供給される圧縮空気を空気室S20に流入させる。また、制御手段17から信号が入力されない状態では、流入口14aを閉じ、給排口14bと排出口14cとを連通させて、空気供給手段16から供給される圧縮空気を遮断して空気室S20の空気を排出口14cから排出させる。

10

【0019】

把持ユニット20(20A~20C)に設けられた各切替弁14は、制御手段17と個別に接続され、制御手段17から出力される電氣的な信号の入力により次のように動作が制御される。把持ユニット20を収縮させるときには、流入口14aからの空気の流入を許容するとともに給排口14bを開放して、圧縮空気を空気室S20に流入させる。このとき、排出口14cは閉じた状態が維持される。本実施例では、この状態を切替弁14の開放という。

また、把持ユニット20を伸長させるときには、流入口14aからの圧縮空気の流入を遮断するとともに、給排口14b及び排出口14cとを開放し、空気室S20と内筒21の内部空間とを連通させることで空気室S20の空気を内筒21の内部空間に排出させる。本実施例では、この状態を切替弁14の閉鎖という。

20

空気室S20からの空気の排出は、弾性膨張体22の張力(復元力)が駆動源となって空気室S20から内筒21内への空気の排出が促される。即ち、把持ユニット20は、空気室S20内に圧縮空気が供給された場合、繊維22Bが弾性膨張体22の軸方向への膨張を規制する一方で、径方向への膨張を許容するため、結果として図4で示すように、把持ユニット20全体が軸方向へ収縮動作することとなる。一方で、空気室S20内に供給された圧縮空気を排出すれば、把持ユニット20全体が軸方向へ伸長動作することとなる。

【0020】

図4は、把持ユニット20の伸縮状態を示す図である。同図に示すように、把持ユニット20は、伸長状態から収縮状態となることにより外径がd20からD20へと拡張する。また、これに伴ない軸方向の長さがx20収縮する。以下、x20を収縮量という。

30

【0021】

図5は、推進ユニット40の一構成例を示す軸方向断面図である。推進ユニット40は、推進力を生じさせるためのアクチュエータであって、円筒状の内筒41と、当該内筒41の外周を囲むように配設される弾性膨張体42と、一对の端部部材23;24と、を備える。

端部部材23;24は、推進ユニット40の外径が、伸長時の把持ユニット20の外径d20と同一径、また把持ユニット20との接続を可能とするため、上述の把持ユニット20と同一構成のものを適用した。よって、端部部材23;24の説明については省略する。

40

【0022】

内筒41は、軸方向に沿って伸縮可能な蛇腹構造を有する円筒状の筒体である。内筒41を構成する素材には、例えば、軸線の曲がりを許容し、内周側や外周側からの圧力により変形しにくい可撓性を有する素材で構成されることが好ましい。内筒41の両端には、端部部材23;24がそれぞれ挿入され、内筒41の内周と端部部材23;24の各内筒固定部28とが接着剤などの固定手段によって液密かつ強固に固定される。

【0023】

弾性膨張体(外筒)42は、円筒状に形成された筒体であって、内筒41の外周面全域を取り囲んで覆うように配設される。弾性膨張体42の両端部は、それぞれ端部部材23;24の外周面において円周方向に沿って形成された膨張体固定部29と対応する位置でピ

50

アノ線等の括り部材 2 9 A によって強固かつ液密に固定される。

これにより、推進ユニット 4 0 には、内筒 4 1 の外周面と端部部材 2 3 の外周面、及び弾性膨張体 4 2 の内周面によって囲まれた密閉空間としての空気室 S 4 0 が形成される。

【 0 0 2 4 】

図 6 は、図 5 中の A 2 - A 2 矢視における弾性膨張体 4 2 の断面を誇張して示した図である。同図に示すように、弾性膨張体 4 2 は、弾性体より形成される円筒状の筒本体 4 2 A と、当該筒本体 4 2 A の内部において密に内挿された複数の繊維 4 2 B とから構成される。筒本体 4 2 A の材質としては、シリコンゴム等の合成ゴム、或いは天然ラテックスゴム等の天然ゴムが好適である。

【 0 0 2 5 】

繊維 4 2 B は、軸線に沿って延長するように壁厚内に配置され、弾性膨張体 4 2 の軸方向への伸張を拘束する軸方向拘束手段として機能し、本実施例では層状に複数積層して密に内挿される。なお、繊維 4 2 B は、積層せずに単層であっても良い。繊維 4 2 B は、筒本体 4 2 A の軸方向に沿って延在するものとして示すが、軸に対して交差するように設けても良い。繊維 4 2 B の素材としては、例えばグラスローピング繊維やカーボンローピング繊維等、軸方向への伸縮変化の小さい素材が好適である。

なお、軸方向拘束手段の他の形態として、例えば、上述の繊維 4 2 B を用いて一方向にのみ伸縮を許容する網を形成し、この網の伸縮を許容する方向が軸方向に沿うように筒状に形成したものをを用いても良い。この場合、弾性膨張体 4 2 の内部に繊維 4 2 B を軸線に沿って延長するように設けずに、（弾性体のみで形成した）筒本体 4 2 A の外周を筒状の網

で覆うようにしても良い。また、筒本体 4 2 A の素材は、後述する空気室 S 4 0 への圧縮空気の給排によってその形状が変化し得る材質であれば如何なる材質であっても良い。また、その厚さや繊維 4 2 B の配置については、弾性膨張体 4 2 の空気排出時の伸長する力等を考慮して決められる。

【 0 0 2 6 】

また、弾性膨張体 4 2 は、空気室 S 4 0 に圧縮空気を注入したときに、該弾性膨張体 4 2 の径方向への一体的な膨張を規制する規制手段としての規制部 4 2 C を備える。規制部 4 2 C は、空気室 S 4 0 の軸方向長さを均等に区画する位置に設けられる。本実施形態では、規制部 4 2 C は、2 箇所設けられ、空気室 S 4 0 を軸方向に均等な長さで 3 等分する。規制部 4 2 C は、弾性膨張体 4 2 の外周を取り巻くように、例えば、上述の繊維 4 2 B と同様な素材の繊維を巻き付けて形成される。即ち、弾性膨張体 4 2 は、節を有する。これにより、弾性膨張体 4 2 は、規制部 4 2 C が設けられた箇所の半径方向への膨張が規制され、図 7 に示すように、複数の膨張部分が形成される。

なお、規制部 4 2 C は、繊維を巻き付ける他に、筒本体 4 2 A と同一の素材により、肉厚となるように形成しても良い。

また、規制部 4 2 C は、金属や非金属からなるリングを規制部材として別途作成しておき、このリングに弾性膨張体 4 2 を挿通して構成しても良い。このように規制部 4 2 C を弾性膨張体 4 2 に設ける場合には、例えば、推進ユニット 4 0 の駆動時には弾性膨張体 4 2 に対して不動であり、非駆動時には人手によって軸方向に位置を可変とすると良い。これにより、規制部 4 2 C の配置される数量や、規制部 4 2 C により複数に区画される空気室 S 4 0 の区間長さを自由に設定できる。

【 0 0 2 7 】

切替弁 1 5 は、貫通孔 3 1 に取り付けられる。切替弁 1 5 は、例えば、電気的な信号の入力により動作が制御される電磁弁が適用される。切替弁 1 5 は、空気室 S 4 0 内に供給する空気が流入する流入口 1 5 a と、空気室 S 4 0 内への空気の供給及び空気室 S 4 0 内からの空気の排出をするための給排口 1 5 b と、空気室 S 4 0 の空気を外部（内筒 4 1 内周空間）に排出する排出口 1 5 c と、空気室 S 4 0 における空気の給排を制御するための電気的な信号が入力される信号入力部 1 5 z とを備える。切替弁 1 5 の流入口 1 5 a には、空気供給手段 1 6 から延長するチューブ 6 4 又は 6 5 が接続され、信号入力部 1 5 z には制御手段 1 7 から延長する配線が接続される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

この切替弁 1 5 は、制御手段 1 7 から信号入力部 1 5 z に信号が入力されると排出口 1 5 c を閉じ、流入口 1 5 a と給排口 1 5 b とを連通させて、空気供給手段 1 6 から供給される圧縮空気を空気室 S 2 0 に流入させる。また、制御手段 1 7 から信号が入力されない状態では、流入口 1 5 a を閉じ、給排口 1 5 b と排出口 1 5 c とを連通させて、空気供給手段 1 6 から供給される圧縮空気を遮断して空気室 S 4 0 の空気を排出口 1 5 c から排出させる。

【 0 0 2 9 】

推進ユニット 4 0 (4 0 A ; 4 0 B) に設けられた各切替弁 1 5 は、制御手段 1 7 と個別に接続され、制御手段 1 7 から出力される電氣的な信号の入力により次のように動作が制御される。推進ユニット 4 0 を軸方向に収縮させるときには、流入口 1 5 a からの空気の流入を許容するとともに給排口 1 5 b を開放して、圧縮空気を空気室 S 4 0 に流入させる。このとき、排出口 1 5 c は閉じた状態が維持される。本実施例では、この状態を切替弁 1 5 の開放という。

10

また、推進ユニット 4 0 を伸長させるときには、流入口 1 5 a からの圧縮空気の流入を遮断するとともに、給排口 1 5 b 及び排出口 1 5 c とを開放し、空気室 S 4 0 と内筒 4 1 の内部空間とを連通させることで空気室 S 4 0 の空気を内筒 4 1 の内部空間に排出させる。本実施例では、この状態を切替弁 1 5 の閉鎖という。

なお、空気室 S 4 0 からの空気の排出は、弾性膨張体 4 2 の張力 (復元力) 及び空気室 S 4 0 と外部との間に生じる気圧差が駆動源となって空気室 S 4 0 から内筒 4 1 内に空気の排出が促される。即ち、推進ユニット 4 0 は、空気室 S 4 0 内に圧縮空気が供給された場合、繊維 4 2 B が弾性膨張体 4 2 の軸方向への膨張を規制する一方で、径方向への膨張を許容するため、結果として図 7 で示すように、推進ユニット 4 0 全体が軸方向へ収縮動作することとなる。一方で、空気室 S 4 0 内に供給された圧縮空気を排出すれば、推進ユニット 4 0 全体が軸方向へ伸長動作することとなる。

20

【 0 0 3 0 】

図 7 は、推進ユニット 4 0 の伸縮状態を示す図である。同図示すように、推進ユニット 4 0 は、伸長状態から収縮状態となることにより外径が d_{40} から D_{40} へと拡径する。また、これに伴ない軸方向の長さが x_{40} 収縮する。以下、 x_{40} を推進ユニット 4 の収縮量という。推進ユニット 4 0 は、収縮時の外径 D_{40} が、把持ユニット 2 0 の収縮時の外径 D_{20} 以下の外径となるように、伸長状態の軸方向の長さが設定される。換言すれば、把持ユニット 2 0 は、収縮時の外径 D_{20} が、推進ユニット 4 0 の収縮時の外径 D_{40} 寸法以上の外径となるように、伸長状態の軸方向の長さ寸法及び外径寸法が設定される。推進ユニット 4 0 に設定される収縮時の外径 D_{40} は、把持ユニット 2 0 の収縮時の外径 D_{20} よりも小さく設定することにより、軸方向への収縮時に弾性膨張体 4 2 が管内壁と接触しない、或いは接触したとしても管内壁と摩擦が生じないかほとんど摩擦が生じないため、推進ユニット 4 0 を効率良く軸方向に収縮させることができる。

30

また、推進ユニット 4 0 に設定される収縮時の外径 D_{40} が把持ユニット 2 0 の収縮時の外径 D_{20} と等しいか、或いは略等しい場合には、弾性膨張体 4 2 の表面に例えば、テフロン (登録商標) 等の低摩擦部材を配設しておき、推進ユニット 4 0 を軸方向に収縮させたときに、低摩擦部材を介して管内壁に接する弾性膨張体 4 2 と管内壁との摩擦 (力) が、把持ユニット 2 0 の弾性膨張体 2 2 が管内壁に達したときに生じる摩擦 (力) よりも小さくなるように構成すれば良い。したがって、規制部 4 2 C は、必ずしも推進ユニット 4 0 の軸方向に均等に区画する位置に限定されず、各規制部 4 2 C によって区画される長さが異なり、区間毎の膨張時 (軸方向に収縮時) の外径が異なっても良い。

40

【 0 0 3 1 】

上述の推進ユニット 4 0 は、把持ユニット 2 0 の端部部材 2 3 に設けられた係合片 3 3 A を、該推進ユニット 4 0 の端部部材 2 4 の切欠き 3 4 B に一致させながら外周溝 3 4 A まで押し込み回転させたり、把持ユニット 2 0 の端部部材 2 4 に設けられた切欠き 3 4 B に、該推進ユニット 4 0 の端部部材 2 3 の係合片 3 3 A を一致させながら外周溝 3 4 A まで

50

押し込み回転させたりすることで把持ユニット 20 に連結されて走行部 10 が形成される。この連結により走行部 10 には、把持ユニット 20 の内筒 21 の内周空間と推進ユニット 40 の内筒 41 の内周空間とが連通した一つの空間が形成される。また、走行部 10 は、上述のように可撓性を有する素材で構成された把持ユニット 20 及び推進ユニット 40 からなるので、管 Z 内に曲がりがある場合でも、その可撓性により管 Z の曲がりを受容し、進行を継続することができる。

【0032】

図 1 に示すように、複数のチューブ 64 及びチューブ 65 は、複数の把持ユニット 20A ~ 20C 及び推進ユニット 40A ; 40B に対して独立して圧縮空気を供給する流路を構成するものであって、例えばポリ塩化ビニル等の可撓性を有するホースが適用される。好ましくは、内部を流通する空気の圧力の変化によって、潰れや膨らみが生じたりしない耐圧のホースを用いると良い。

チューブ 64 及びチューブ 65 は、空気供給手段 16 から走行部 10 まで延長する空気供給管 16C 内を流通する圧縮空気を、分岐管 61A ~ 61D により分岐させて各把持ユニット 20A ~ 20C の切替弁 14 及び推進ユニット 40A ; 40B の切替弁 15 にそれぞれ供給する。各分岐管 61A ~ 61D は、図 1 に示すように、流入した空気を二股に分岐させる Y 字状の二股分岐管からなり、空気供給手段 16 から走行部 10 に到達する空気供給管 16C の端部に、圧縮空気の流路を二股に分岐する分岐管 61A が取り付けられる。この分岐管 61A には、最後尾の把持ユニット 20C の切替弁 14 に接続されるチューブ 64 と、把持ユニット 20A ; 20B 及び推進ユニット 40A ; 40B へ供給する空気の流路となるチューブ 65 とが接続される。

【0033】

チューブ 65 の先端には、さらに流路を二股に分岐する分岐管 61B が取り付けられる。分岐管 61B の分岐端には、推進ユニット 40B の切替弁 15 に接続されるチューブ 64 と、把持ユニット 20A ; 20B 及び推進ユニット 40A へ供給する空気の流路となるチューブ 65 とが接続される。チューブ 65 の先端には、さらに流路を二股に分岐する分岐管 61C が取り付けられる。分岐管 61C の分岐端には、把持ユニット 20B の切替弁 14 に接続されるチューブ 64 と、把持ユニット 20A 及び推進ユニット 40A へ供給する空気の流路となるチューブ 65 とが接続される。チューブ 65 の先端には、さらに流路を二股に分岐する分岐管 61D が取り付けられる。分岐管 61D の分岐端には、推進ユニット 40A の切替弁 15 に接続されるチューブ 64 と、把持ユニット 20A へ供給する空気の流路となるチューブ 65 とが接続される。チューブ 65 は、把持ユニット 20A の切替弁 14 に接続される。

なお、上述のチューブ 64 及びチューブ 65 が、走行部 10 の内部に延在することは言うまでもない。また、各チューブ 64 及び各チューブ 65 の長さは、把持ユニット 20A ~ 20C の伸縮動作及び推進ユニット 40A ; 40B の伸縮動作を考慮して設定される。好ましくは、把持ユニット 20A ~ 20D 及び推進ユニット 40A ; 40B の伸縮動作を妨げないように可能な限り長さが短くなるように設定すると良い。

【0034】

このように、駆動制御部 100 を構成する空気供給手段 16 から一本の空気供給管 16C を走行部 10 まで延長させ、複数の分岐管 61A ~ 61D によって各把持ユニット 20A ~ 20C の切替弁 14A ~ 14C 及び推進ユニット 40A ; 40B の切替弁 15A ; 15B に向けて圧縮空気を供給する流路を形成することで、切替弁 14A ~ 14C 及び切替弁 15A ; 15B には、空気供給手段 16 で加圧された圧縮空気が常時供給されるため、遅滞無く把持ユニット 20A ~ 20C の空気室 S20 及び推進ユニット 40A ; 40B の空気室 S40 に高圧の空気を供給することができる。

したがって、空気供給手段 16 から走行部 10 までの距離が長くなっても、常時コンプレッサ 16A で加圧された圧縮空気をロス無く供給させるので、走行部 10 の進行速度の低下を防止できる。なお、複数のチューブ 64 や複数のチューブ 65 及び分岐管 61A ~ 61D により形成される流路は、一体に形成することも可能である。

【 0 0 3 5 】

また、空気供給管 1 6 C から各把持ユニット 2 0 A ~ 2 0 C 及び推進ユニット 4 0 A ; 4 0 B に供給する空気を分岐させる他の方法として、空気供給管 1 6 C から直接各把持ユニット 2 0 A ~ 2 0 C 及び推進ユニット 4 0 A ; 4 0 B に分岐させるように 6 つ又の分岐管を用いても良く、適宜把持ユニット 2 0 A ~ 2 0 C 及び把持ユニット 4 0 A ; 4 0 B に向かう流路を形成すれば良い。

【 0 0 3 6 】

図 1 に示すように、空気供給手段 1 6 は、コンプレッサ 1 6 A と、レギュレータ 1 6 B とを備える。レギュレータ 1 6 B は、コンプレッサ 1 6 A で加圧された圧縮空気を所定の圧力に整圧して空気供給管 1 6 C に送出する。レギュレータ 1 6 B は、例えば、前述の切替弁 1 4 及び切替弁 1 5 の開閉制御に許容される最大の圧力に調整される。空気供給管 1 6 C は、レギュレータ 1 6 B 及び走行部 1 0 と着脱自在に接続される可撓性を有するホースである。

10

【 0 0 3 7 】

この空気供給管 1 6 C は、前述のように複数の分岐管 6 1 A ~ 6 1 D を経て、分岐管 6 1 A ~ 6 1 F から切替弁 1 4 A ~ 1 4 C 及び切替弁 1 5 A ; 1 5 B に、独立したチューブ 6 4 及びチューブ 6 5 とそれぞれ対応して接続されており、制御手段 1 7 から出力される制御信号に応じて切替弁 1 4 A ~ 1 4 C 及び切替弁 1 5 A ; 1 5 B が所定の動作をすることで、各把持ユニット 2 0 A ~ 2 0 C 及び推進ユニット 4 0 A ; 4 0 B に対して独立して圧縮空気を供給することが可能である。

20

【 0 0 3 8 】

駆動制御部 1 0 0 を構成する制御手段 1 7 は、制御部 1 7 A と、操作部 1 7 B とを備える。制御部 1 7 A 及び操作部 1 7 B は、ケーブル 1 7 C により電氣的に接続される。

制御部 1 7 A は、演算処理手段としての CPU、RAM、ROM などの記憶手段、入出力ポート等の入出力手段などのハードウェアを備えるコンピュータであって、ROM に記憶させたプログラムを CPU で演算処理することでプログラムに書かれた制御信号を図示しない出力ポートから把持ユニット 2 0 A ~ 2 0 C の切替弁 1 4 A ~ 1 4 C 及び推進ユニット 4 0 A ; 4 0 B の切替弁 1 5 A ; 1 5 B に個別に出力することにより、管 Z 内において走行部 1 0 を進行させるための駆動力を制御する。

【 0 0 3 9 】

制御部 1 7 A は、切替弁 1 4 A ~ 1 4 C に対して収縮信号 s 1、収縮維持信号 s 2、伸長信号 s 3 を出力することにより切替弁 1 4 A ~ 1 4 C の動作を制御する。

収縮信号 s 1 とは、切替弁 1 4 A ~ 1 4 C に供給された圧縮空気を最大の圧力で空気室 S 2 0 に供給するように切替弁 1 4 A ~ 1 4 C を制御する信号であって、本実施例では、切替弁 1 4 A ~ 1 4 C の許容する最大の圧力で圧縮空気を空気室 S 2 0 に供給するように切替弁 1 4 A ~ 1 4 C を制御する信号である。

また、収縮維持信号 s 2 とは、切替弁 1 4 A ~ 1 4 C の許容する最大の圧力よりも低い圧力で空気室 S 2 0 に空気を供給するように切替弁 1 4 A ~ 1 4 C を制御する信号である。

また、伸長信号 s 3 とは、収縮信号 s 1、収縮維持信号 s 2 に対する便宜上の信号であって、切替弁 1 4 A ~ 1 4 C に出力されている収縮信号 s 1 や収縮維持信号 s 2 を停止させる信号であり、実質的には出力されない信号である。

30

40

【 0 0 4 0 】

また、制御部 1 7 A は、切替弁 1 5 A ; 1 5 B に対して収縮信号 s 5、収縮維持信号 s 6、伸長信号 s 7 を出力することにより切替弁 1 5 A ; 1 5 B の動作を制御する。

収縮信号 s 5 とは、切替弁 1 5 A ; 1 5 B に供給された圧縮空気を最大の圧力で空気室 S 4 0 に供給するように切替弁 1 5 A ; 1 5 B を制御する信号であって、本実施例では、切替弁 1 5 A ; 1 5 B の許容する最大の圧力で圧縮空気を空気室 S 4 0 に供給するように切替弁 1 5 A ; 1 5 B を制御する信号である。

また、収縮維持信号 s 6 とは、切替弁 1 5 A ; 1 5 B の許容する最大の圧力よりも低い圧力で空気室 S 4 0 に空気を供給するように切替弁 1 5 A ; 1 5 B を制御する信号である。

50

また、伸長信号 s 7 とは、収縮信号 s 5、収縮維持信号 s 6 に対する便宜上の信号であって、切替弁 1 5 A ; 1 5 B に出力されている収縮信号や収縮維持信号を停止させる信号であり、実質的には出力されない信号である。

【 0 0 4 1 】

本実施例では、切替弁 1 4 A ~ 1 4 C に出力される収縮信号 s 1、収縮維持信号 s 2、伸長信号 s 3 及び切替弁 1 5 A ; 1 5 B に出力される収縮信号 s 5、収縮維持信号 s 6、伸長信号 s 7 は、P W M 制御に基づいて制御部 1 7 A から出力される信号である。即ち、把持ユニット 2 0 を伸長状態から収縮状態に移行させるときに必要とされる空気室 S 2 0 への圧縮空気の供給量、把持ユニット 2 0 の収縮状態を維持するときに必要なとされる空気室 S 2 0 への空気の供給量、また、推進ユニット 4 0 の収縮状態から伸長状態へと移行させるときに必要なとされる空気室 S 4 0 への圧縮空気の供給量、推進ユニット 4 0 の伸長状態を維持するときに必要なとされる空気室 S 4 0 への空気の供給量が得られるように、周期的な信号を切替弁 1 4 A ~ 1 4 C 及び切替弁 1 5 A ; 1 5 B に出力し、切替弁 1 4 A ~ 1 4 C 及び切替弁 1 5 A ; 1 5 B を周期的に開閉させることにより、各把持ユニット 2 0 及び各推進ユニット 4 0 の動作が制御される。

このように、電氣的に弁の開閉が可能となる切替弁 1 4 A ~ 1 4 C 及び切替弁 1 5 A ; 1 5 B を P W M 制御で周期的に開閉させることにより、切替弁の小型が可能となり、把持ユニット 2 0 及び推進ユニット 4 0 内に収めることが可能となる。

なお、切替弁 1 4 A ~ 1 4 C 及び切替弁 1 5 A ; 1 5 B の制御は、P W M 制御に限らず、その他の制御方法でも良く、空気室 S 2 0 及び空気室 S 4 0 への空気の供給圧力を時間的に変える制御が可能であればさらによい。

【 0 0 4 2 】

制御部 1 7 A は、例えば、上記演算処理手段、記憶手段、入出力手段を 1 チップに收容した P I C (Peripheral Interface Controller (ペリフェラル インターフェース コントローラ)) により実現され、例えば走行部 1 0 の最後尾に接続される把持ユニット 2 0 C 内に收容される。

【 0 0 4 3 】

操作部 1 7 B は、制御部 1 7 A の入力ポートと通信可能に接続される入力手段であって、制御部 1 7 A に記憶させたプログラムの実行を制御するためのコマンドを制御部 1 7 A に出力する。ケーブル 1 7 C は、制御部 1 7 A 及び操作部 1 7 B に着脱自在に接続され、制御部 1 7 A と操作部 1 7 B との通信を伝達する複数の配線と、制御部 1 7 A に供給する電源線とが 1 つに束ねられた可撓性を有する一本の集合ケーブルである。このように、管 Z の外部に延長するケーブル 1 7 C を一本にすることで、走行部 1 0 が管 Z 内を進行するときのケーブル 1 7 C と管 Z との摩擦を低減させて走行部 1 0 をスムーズに進行させることができる。操作部 1 7 B には、モニタ等の表示手段 1 8 が接続され、該操作部 1 7 B を介して入力された情報や、制御部 1 7 A の状態が表示される。

【 0 0 4 4 】

制御手段 1 7 は、制御部 1 7 A と操作部 1 7 B とを一体に構成して管 Z の外部に設けるようにしても良いが、本実施例のように制御部 1 7 A と操作部 1 7 B とを別体とすることにより、ケーブル 1 7 C に含まれる配線を少なくしてケーブル 1 7 C の軽量化ができるので、走行部 1 0 が移動するときのケーブル 1 7 C を牽引する重さや、ケーブル 1 7 C と管 Z との摩擦等の負荷を軽減して走行部 1 0 の移動速度の低下を防ぐことができる。より好ましくは、操作部 1 7 B と制御部 1 7 A とを無線通信により互いに通信可能とすることで、ケーブル 1 7 C の重さをより軽くすることができる。

【 0 0 4 5 】

制御部 1 7 A の記憶手段には、走行部 1 0 を進行させる動作プログラムが記憶される。例えば、図 8 に示す進行パターンを実行させる動作プログラムを記憶する。

以下、進行パターンによる走行部 1 0 の進行動作について詳述する。

【 0 0 4 6 】

本実施形態に係る進行パターンは、図 8 (b) 乃至 (g) に示すように、走行部 1 0 に 6

つの行程を繰り返し動作させることで蠕動運動を模した動作により管Z内を進行させる。図8(a)は、走行部10の初期状態を示し、例えば、管Z内に走行部10を配置した状態を示している。このとき、走行部10を構成する把持ユニット20A~20C及び推進ユニット40A;40Bの全てが伸長状態にある。

【0047】

走行部10を進行させる場合、まず、第1行程として、図8(b)に示すように、進行方向先頭の把持ユニット20Aの切替弁14Aのみに収縮信号s1を出力し、把持ユニット20Aの空気室S20に圧縮空気を供給して弾性膨張体22の外周面が管Zの内壁面に到達するまで把持ユニット20Aを収縮させる。これにより、把持ユニット20Aと内壁面との間に摩擦(力)が生じ、把持ユニット20Aが管壁面を把持するため、その位置が管内壁に固定される。

10

【0048】

次に、図8(c)に示すように、第2工程に移行して、把持ユニット20Aの切替弁14Aに収縮維持信号s2を出力し、把持ユニット20Aの収縮状態を維持したまま推進ユニット40Aに収縮信号s5を出力し、推進ユニット40Aの空気室S40に圧縮空気を供給して推進ユニット40Aを収縮させる。これにより、管内移動体13は、後端が把持ユニット20Aを基準として進行方向前方に大きく移動する。

【0049】

次に、図8(d)に示すように、第3工程に移行して、先頭の把持ユニット20Aの切替弁14Dに収縮維持信号s2、推進ユニット40Aの切替弁15Aに収縮維持信号s6をそれぞれ出力し、把持ユニット20A及び推進ユニット40Aの収縮状態を維持したまま、推進ユニット40Aと推進ユニット40Bとの間に位置する把持ユニット20Bの切替弁14Bに収縮信号s1を出力し、把持ユニット20Bの空気室S20に圧縮空気を供給して弾性膨張体22の外周面が管Zの内壁面に到達するまで把持ユニット20Bを収縮させる。これにより、把持ユニット20Bと内壁面との間に摩擦(力)が生じ、把持ユニット20Bが管壁面を把持するため、その位置が管内壁に固定される。

20

【0050】

次に、図8(e)に示すように、第4工程に移行して、中間に位置する把持ユニット20Bの切替弁14Bに収縮維持信号s2を出力し、把持ユニット20Bの収縮状態を維持したまま、把持ユニット20Aの切替弁14Aに伸長信号s3、推進ユニット40Aの切替弁15Aに伸長信号s7をそれぞれ出力し、把持ユニット20Aの空気室S20及び推進ユニット40Aの空気室S40から空気を排出して把持ユニット20A及び推進ユニット40Aを伸長させるとともに、把持ユニット20Bよりも後方の推進ユニット40Bの切替弁15Bに収縮信号s5を出力し、推進ユニット40Bの空気室S40に圧縮空気を供給して推進ユニット40Bを収縮させる。これにより、推進ユニット40Bよりも後方の把持ユニット20Cが前方に移動する。

30

【0051】

次に、図8(f)に示すように、第5工程に移行して、中間の把持ユニット20Bの切替弁14Bに収縮維持信号s2、推進ユニット40Bの切替弁15Bに収縮維持信号s6をそれぞれ出力し、把持ユニット20B及び推進ユニット40Bの収縮状態を維持したまま、最後尾の把持ユニット20Cの切替弁14Cに収縮信号s1を出力し、把持ユニット20Cの空気室S20に圧縮空気を供給して弾性膨張体22の外周面が管Zの内壁面に到達するまで把持ユニット20Cを収縮させる。これにより、把持ユニット20Cと内壁面との間に摩擦(力)が生じ、把持ユニット20Cが管壁面を把持するため、その位置が管内壁に固定される。

40

【0052】

次に、図8(g)に示すように、第6工程に移行して、最後尾の把持ユニット20Cの切替弁14Cに収縮維持信号s2を出力し、把持ユニット20Cの収縮状態を維持したまま、把持ユニット20Bの切替弁14Bに伸長信号s3、推進ユニット40Bの切替弁15Bに伸長信号s7をそれぞれ出力し、把持ユニット20Bの空気室S20及び推進ユニッ

50

ト 4 0 B の空気室 S 4 0 から空気を排出して把持ユニット 2 0 B 及び推進ユニット 4 0 B を伸長させる。これにより、先頭の把持ユニット 2 0 A が前方に移動する。

【 0 0 5 3 】

上記進行パターンでは、上記第 1 行程から第 6 行程までを 1 サイクルとし、このサイクルを繰り返すことで走行部 1 0 が進行する。

以上説明したように、本実施形態に係る走行部 1 0 は、進行方向側に位置する把持ユニット 2 0 A を収縮させて把持ユニット 2 0 A を管 Z に固定し、これに連結された推進ユニット 4 0 A を収縮させて後方の把持ユニット 2 0 B ; 2 0 C 及び推進ユニット 4 0 B を前方に引くように移動させ、前方に移動した把持ユニット 2 0 B を収縮させて管 Z に固定し、把持ユニット 2 0 B よりも前方の把持ユニット 2 0 A 及び推進ユニット 4 0 A を伸長させるとともに、後方の推進ユニット 4 0 B を収縮させて、後方の把持ユニット 2 0 C を引くように移動させて、最後尾の把持ユニット 2 0 C を収縮させて把持ユニット 2 0 C を管 Z に固定し、前方の把持ユニット 2 0 B 及び推進ユニット 4 0 B を伸長させて移動することにより、常に、把持ユニット 2 0 A ; 2 0 B や推進ユニット 4 0 A ; 4 0 B の収縮により後端が前方に移動するとともに、収縮後の把持ユニット 2 0 A ; 2 0 B や推進ユニット 4 0 A ; 4 0 B の伸張によって先頭の把持ユニット 2 0 A が前方へと押されて移動するので、従来に比べて移動速度を向上させることができる。

また、推進ユニット 4 0 の推進力が圧縮空気の供給により収縮する力によって生じるため、推進ユニット 4 0 よりも後方に連結された把持ユニット 2 0 や推進ユニット 4 0 を圧縮空気の力によって進行方向前方に移動させることができるので、進行パターンの実行時の効率が良くなり、その結果として移動速度の向上が可能となる。

【 0 0 5 4 】

上記実施形態では、走行部 1 0 を 3 つの把持ユニット 2 0 及び 2 つの推進ユニット 4 0 を交互に連結して構成したが、これに限定されず、少なくとも、一对の把持ユニット 2 0 の間に推進ユニット 4 0 が位置するように連結されていれば良く、一对の把持ユニット 2 0 の間に設けられる推進ユニット 4 0 の数量は、1 つに限定されず、複数連結しても良い。

【 0 0 5 5 】

図 9 は、推進ユニット 4 0 の他の形態を示す図である。

上述の推進ユニット 4 0 は、空気室 S 4 0 への圧縮空気の供給により径方向に膨張させて軸方向に収縮させるための繊維 4 2 B を端部部材 2 3 ; 2 4 間に延長するように内挿したが、例えば、規制部 4 2 C により区画される区間毎に繊維 4 2 B が延長するように弾性膨張体 4 2 に内挿しても良い。即ち、弾性膨張体 4 2 の軸方向に延長する繊維 4 2 B を規制部 4 2 C が設けられた位置において不連続となるように、区間毎に設けるようにする。これにより、推進ユニット 4 0 は、曲がり管等の屈曲部を進行するとき、収縮状態や伸長状態に関わらず屈曲部に沿って曲がり易くなり進行速度の低下を防ぐことができる。

【 0 0 5 6 】

好ましくは、区間を跨いで繊維 4 2 B の各端部に重複し、径方向への膨張を拘束する周方向拘束手段として機能する繊維 4 2 E を巻き回して配設すると良い。このように構成することにより、繊維 4 2 B の端部が繊維 4 2 E により筒本体 4 2 A と一体的に固定されることになり、より確実に推進ユニット 4 0 の収縮効率の低下を防ぎつつ、曲がり易くできる。より好ましくは、繊維 4 2 E を巻き回す際に、繊維 4 2 B に重複する位置では、密度を高く、繊維 4 2 B に重複しない位置では、密度が低くなるように繊維 4 2 E を軸方向に分布させることで、曲がり易さの低下を防ぐことができる。

また、この場合、弾性膨張体 4 2 の両端まで連続する繊維（軸方向拘束手段）を一部に含ませるようにすることで、推進ユニット 4 0 の収縮動作をより安定させることができる。

【 0 0 5 7 】

上述の推進ユニット 4 0 では、空気室 S 4 0 の軸方向長さが均等となる位置に規制部 4 2 C を設けることで、図 6 に示すように、圧縮空気の供給により規制部 4 2 C により区画された区間が均一に膨張し、軸方向に収縮するように構成したが、適宜その位置を変更しても良い。

10

20

30

40

50

また、上記推進ユニット40の構成を把持ユニット20に適用しても良い。即ち、走行面との摩擦を生じさせる把持ユニット20にも、推進力を生じさせる推進ユニット40と同様に弾性膨張体(外筒)21の一体的な膨張を規制する規制部(規制手段)を設けても良い。この場合、把持ユニット20が軸方向に収縮したときの走行面に対する摩擦が、推進ユニット40を軸方向に収縮させたときの摩擦よりも大きくなるように構成することは言うまでもない。

上記実施形態では、走行面との摩擦を生じさせる把持ユニット20と、推進力を生じさせる推進ユニット40とを個別に形成したが、把持ユニット20と推進ユニット40とを一体化させることができる。

【0058】

図10は、走行部10の他の形態を示す図である。図11は、推進ユニット40の他の形態を示す図である。同図に示す走行部10は、推進ユニット40と、把持ユニット20とを連結して構成される。推進ユニット40は、図2に示す把持ユニット20と図5に示す推進ユニット40とを組み合わせた機能を有する。

本実施形態に係る推進ユニット40の構成は、推進ユニット40とほぼ同一であり、推進ユニット40よりも軸方向の自然状態における長さが長く設定され、規制部42Cの位置が異なる点で相違する。推進ユニット40の長さは、空気室S40の軸方向長さが、把持ユニット20の長さL20と、推進ユニット40の区間長さm40の2つ分の長さとを加えた長さを有するように設定される。また、規制部42Cは、空気室S40の一端側の長さが把持ユニット20の軸方向長さL20となる位置と、残りを2分する位置とに設けられる。ここで、区間長さL20は、区間長さm40よりも長尺に設定される。

【0059】

このように規制部42Cを不均等に設け、空気室S40に圧縮空気を供給した場合、図11(b)に示すように、規制部42Cにより区画された軸方向の区間長さが長いL40側から膨張が開始され、L20側の膨張開始後若しくは膨張終了後に、区間長さの短いm40; m40が同時に膨張が開始する。即ち、規制部42Cにより区画される軸方向の長さによって一つの空気室S40に圧縮空気を供給しているにも関わらずユニットに時間差を生じさせて膨張させることができる。例えば、推進ユニット40の膨張の制御としては、低圧の圧縮空気を供給して図11(b)に示すようにL20側を膨張させた後に、高圧の圧縮空気を供給することで、図11(c)に示すように、他の部分を膨張させることができる。

したがって、図10に示す走行部10は、上述のように、推進ユニット40の空気室S40に低圧の圧縮空気を供給し、規制部42Cにより先端側に区画された長さL20の区間が管Zの内壁に到達するまで軸方向に収縮させた後、さらに空気室S40に高圧の圧縮空気を供給して、後方の部分を軸方向に収縮させる。次に、推進ユニット40の収縮状態を維持したまま、把持ユニット20の空気室S20に圧縮空気を供給して弾性膨張体22が管Zの内壁に到達するまで軸方向に収縮させる。次に、把持ユニット20の収縮状態を維持したまま、推進ユニット40を空気室S40から圧縮空気を排出して伸長させる。これらの行程を繰り返すことにより、走行部10は、尺取り虫のように前進する。

【0060】

このように推進ユニット40を構成することにより、規制部42Cにより区画された長さL20の区間を走行部10における把持部として機能させ、他の部分を推進部として機能させることができる。したがって、図1に示すように、把持ユニット20Aと推進ユニット40との2つのユニットを連結することなく一つのユニットで同様の動作をさせることができる。その結果、各ユニット20A; 40Aに設けられる切替弁14; 15が一つの切替弁15で済むため、制御が容易になるとともに、切替弁に延長する配線12の軽量化ができるので、より移動速度を向上させることができる。この場合、区間長さの長いL20側を進行方向側に位置するように連結することが肝要である。

【0061】

図12は、把持ユニット20及び推進ユニット40を連結する連結手段80の一例を示す

10

20

30

40

50

図である。上記実施形態では、把持ユニット 20 や推進ユニット 40 を端部部材 23 ; 24 により連結するものとして説明したが、図 12 に示すように、連結手段 80 を用いて連結するようにしても良い。

連結手段 80 は、把持ユニット 20 や推進ユニット 40 に取り付けられる一对の取付体 81 と、取付体 81 同士を結合する結合体 82 とを備える。取付体 81 は、筒状の基部 81A の一側側において互いに対向するように突設された突片 81B ; 81B を備える。結合体 82 は、取付体 81 の突片 81B ; 81B の内側に配設可能な外径を有する環状部材からなる。結合体 82 には、各取付体 81 の突片 81B ; 81B が互いに対向し、かつ 90° 擦れる位置に配置されるように取り付けられる。取付体 81 ; 81 は、結合体 82 に、

10

結合体 82 の肉厚方向、及び突片 81B の肉厚方向に貫通する軸部材 83 により、互いに軸部材 83 の軸線を中心に回転可能に構成される。

取付体 81 の基部 81A の内径や外径を把持ユニット 20 や推進ユニット 40 の端部部材 23 ; 24 の外径や内径に対応させることにより、把持ユニット 20 や推進ユニット 40 を連結することができる。

上述のように、取付体 81 及び結合体 82 を環状にすることにより、把持ユニット 20 や推進ユニット 40 等を連結したときに、把持ユニット 20 の内筒 21 や推進ユニット 40 の内筒 41 の内側の空間を一続きにする空間を維持できるので、チューブ 64 ; 65 や配線 12 の挿通を妨げることがない。

【0062】

なお、把持ユニット 20 や推進ユニット 40 を構成する内筒 21 や内筒 41 は、軸方向に伸縮し、径方向に形状が変化しにくく、弾性膨張体 22 や弾性膨張体 42 との間で空気室 S20 ; S40 を画成できれば良く、その断面形状や数量については上述の実施形態に限定されない。即ち、内筒 21 や内筒 41 の断面形状は、図示した円形に限定されず、楕円形状、三角形等の他の多角形状で有っても良く、また、その数量は、上述のように一つに限定されず、同一の断面形状のものや異なる形状のものを組み合わせて複数配置するようにしても良い。

20

【0063】

また、把持ユニット 20 や推進ユニット 40 は、内筒 21 ; 41 をなくし、弾性膨張体 22 ; 42 のみとし、弾性膨張体 22 ; 42 の端部を端部部材により閉塞して空気室 S20 ; S40 を形成することで、上述のように流体の流入により軸方向に収縮、径方向に膨張するように構成することも可能である。

30

【0064】

なお、上述の説明では、自走式ロボットは、管 Z の内周壁を走行面として進行するものとして説明したが、ミミズ等の蠕動運動を模して推進力を得る駆動方式は、管内に限定されず、二つの壁面間、或いは地面などの一平面上を走行面として移動することができる。

【0065】

上記実施形態では、各把持ユニット 20 及び各推進ユニット 40 のそれぞれに切替弁 14 及び切替弁 15 を設けたが、切替弁 14 及び切替弁 15 の配置はこれに限定されず、適宜変更可能である。例えば、全ての切替弁 14 ; 15 を走行部 10 の外部に纏めても良い。走行部 10 の外部とは、走行部 10 の移動に追従するような配置や、空気供給手段 16 等とともに配置することを意味する。

40

切替弁 14 ; 15 を外部に纏めることにより、切替弁 14 ; 15 として用いられる電磁弁のサイズの制限がなくなるので大型のものを用いることができ、空気圧応答を向上させることができる。また、切替弁 14 ; 15 が露出するので故障の際に修理しやすくなる。特に、走行部 10 に追従させる場合には、切替弁 14 ; 15 の防水、防塵加工が容易になる。

【0066】

上述した自走式ロボットは、周囲に接触しながら移動するため、移動に必要とされる空間が狭い場合に好適である。例えば、推進ユニット 40 の周囲にブラシ等の清掃用具を取り付け、ダクト等の管内を移動させることにより、管内を清掃する清掃装置を構成することができる。また、進行方向先頭の先頭の把持ユニット 20A の前方にカメラ等を取り付け

50

たりすることで、自走式ロボットを検査装置として用いることができる。
また、上記構成の推進ユニット40は、軸方向に駆動力を発揮するアクチュエータとして動作させることができる。

【符号の説明】

【0067】

1 自走式ロボット、10 走行部、14 ; 14A ~ 14D 切替弁、
15 ; 15A ; 15B 切替弁、16 空気供給手段、17 制御手段、
20 ; 20A ~ 20C 把持ユニット、40 推進ユニット、
22B ; 42B 繊維、42C 規制部、Z 管。

10

20

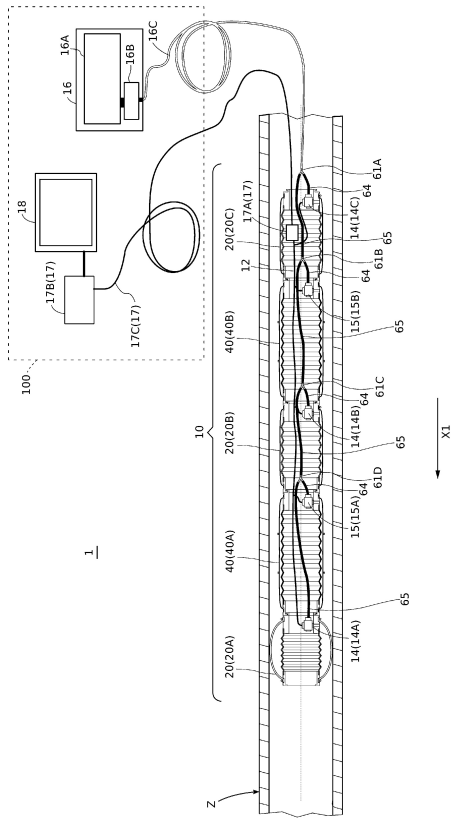
30

40

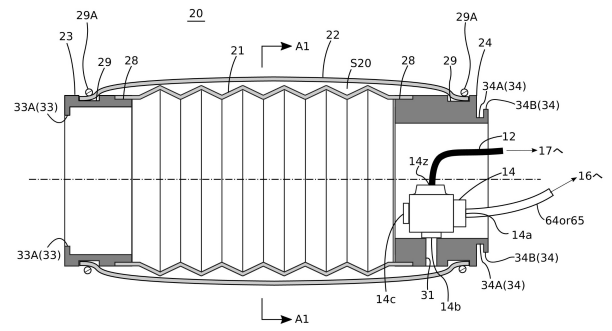
50

【図面】

【図 1】



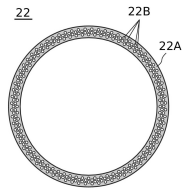
【図 2】



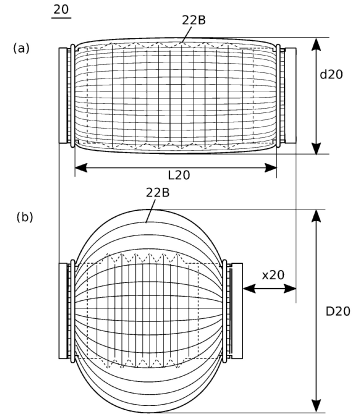
10

20

【図 3】



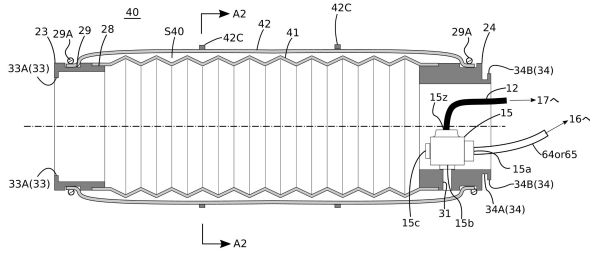
【図 4】



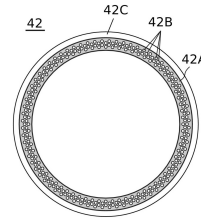
30

40

【図5】

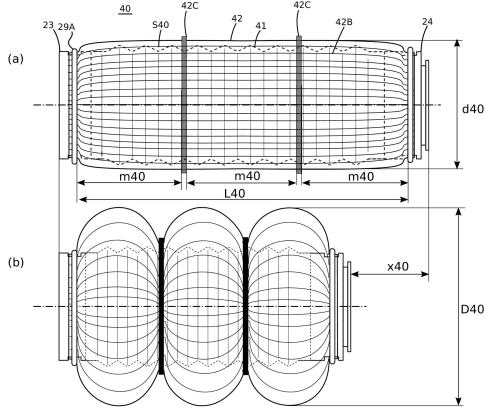


【図6】

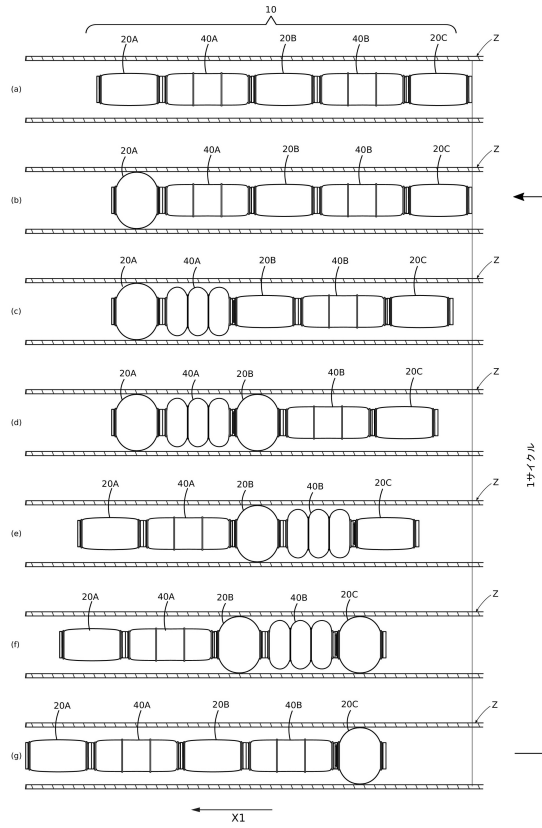


10

【図7】



【図8】



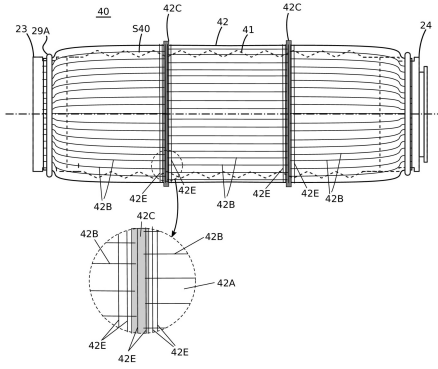
20

30

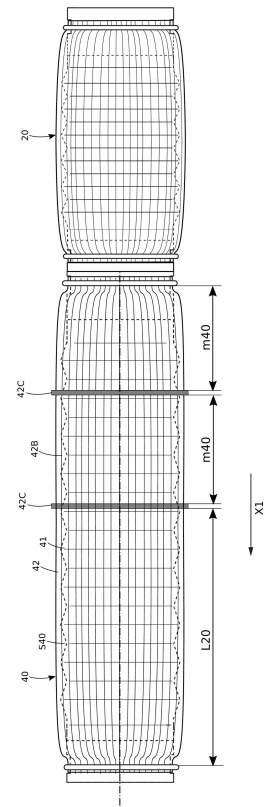
40

50

【 9 】



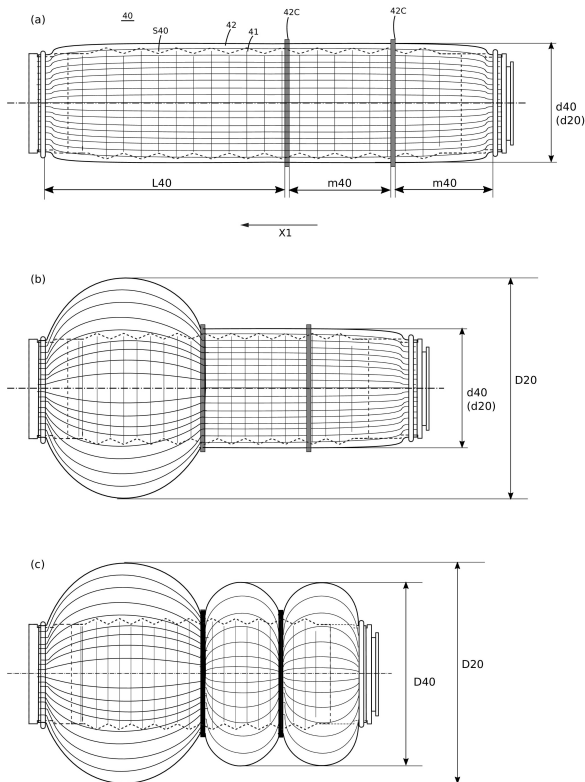
【 1 0 】



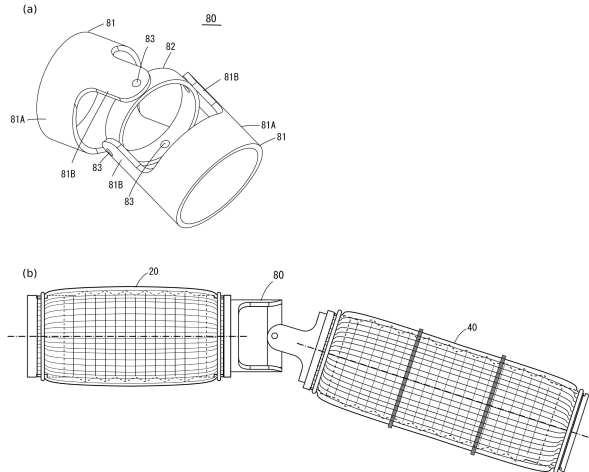
10

20

【 1 1 】



【 1 2 】



30

40

50

フロントページの続き

- 東京都文京区春日 1 - 13 - 27 中央大学後楽園キャンパス内
(72)発明者 眞野 雄貴
- 東京都文京区春日 1 - 13 - 27 中央大学後楽園キャンパス内
(72)発明者 河口 貴彦
- 東京都文京区春日 1 - 13 - 27 中央大学後楽園キャンパス内
(72)発明者 鎌田 将司
- 東京都文京区春日 1 - 13 - 27 中央大学後楽園キャンパス内
(72)発明者 橋 夏奈
- 東京都文京区春日 1 - 13 - 27 中央大学後楽園キャンパス内
審査官 所村 陽一
- (56)参考文献 特開 2014 - 228658 (JP, A)
特開 2011 - 137516 (JP, A)
特開 2001 - 355608 (JP, A)
特開平 05 - 126752 (JP, A)
特開平 01 - 280716 (JP, A)
再公表特許第 2008 / 140032 (JP, A1)
特開 2015 - 107533 (JP, A)
特開昭 63 - 225707 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F15B 15 / 00 - 15 / 28
B25J 1 / 00 - 21 / 02
G02B 23 / 24 - 23 / 26
B61B 1 / 00 - 15 / 00