

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5777157号  
(P5777157)

(45) 発行日 平成27年9月9日(2015.9.9)

(24) 登録日 平成27年7月17日(2015.7.17)

(51) Int. Cl.	F 1
<b>A 6 1 B 1/00 (2006.01)</b>	A 6 1 B 1/00 3 2 0 B
<b>G 0 2 B 23/24 (2006.01)</b>	G 0 2 B 23/24 A
<b>F 1 5 B 15/02 (2006.01)</b>	F 1 5 B 15/02 Z

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-151301 (P2011-151301)	(73) 特許権者 504147243 国立大学法人 岡山大学 岡山県岡山市北区津島中一丁目1番1号
(22) 出願日 平成23年7月7日(2011.7.7)	(74) 代理人 100080621 弁理士 矢野 寿一郎
(65) 公開番号 特開2012-30065 (P2012-30065A)	(72) 発明者 脇元 修一 岡山県岡山市北区津島中三丁目1番1号 国立大学法人岡山大学異分野融合先端研究 コア内
(43) 公開日 平成24年2月16日(2012.2.16)	(72) 発明者 鈴森 康一 岡山県岡山市北区津島中三丁目1番1号 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究 科内
審査請求日 平成26年6月9日(2014.6.9)	
(31) 優先権主張番号 特願2010-155269 (P2010-155269)	
(32) 優先日 平成22年7月7日(2010.7.7)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	
(出願人による申告)平成21年度、文部科学省特別電 源所在県科学技術振興事業「ものづくりの高度化に関す る基盤技術研究事業」に係る委託研究、産業技術力強化 法第19条の適用を受けるもの	
最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 アクチュエータ及びそのアクチュエータを備えた内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

弾性体で形成された、複数の圧力室を有するチューブ状のアクチュエータ本体と、  
前記複数の圧力室に流体を供給排出制御して所定の圧力を印加する圧力印加手段と、を  
備え、前記複数の圧力室の圧力を制御することで推進力を発生させるアクチュエータにお  
いて、

前記アクチュエータ本体は、その断面が略四角形状の周壁からなる単層構造であるとし  
ても、当該周壁内部を弾性隔壁で区画してアクチュエータ本体長手方向に沿って形成され  
る複数の圧力室を有し、

前記複数の圧力室は、

前記アクチュエータ本体の前記周壁内部の天井部と断面所定形状の弾性隔壁により区画  
された上部圧力室と、

前記上部圧力室の外側に位置する周壁内部を、少なくとも前記断面所定形状の弾性隔壁  
を含む弾性隔壁により前記アクチュエータ本体の幅方向略中央にて左右略対称に区画され  
た左右下部圧力室と、

から構成されることを特徴するアクチュエータ。

【請求項2】

前記圧力室を、少なくとも3つ有す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】

前記断面所定形状の弾性隔壁は、円弧状の弾性隔壁であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のアクチュエータ。

【請求項 4】

前記周壁内部の天井部と前記断面円弧状の弾性隔壁とのなす角が、鋭角となることを特徴とする請求項 3 に記載のアクチュエータ。

【請求項 5】

前記アクチュエータ本体は、その表面に複数の突起部を有することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 の何れか一項に記載のアクチュエータ。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載のアクチュエータを備え、前記アクチュエータ本体を被検体挿入部の外周に巻回して設けたことを特徴とする内視鏡。

10

【請求項 7】

前記アクチュエータ本体の外周を被覆することを特徴とする請求項 6 に記載の内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療用大腸内視鏡等に適用可能である弾性体で形成されたチューブ状アクチュエータの技術に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 や特許文献 2 に記載されているように内視鏡誘導アクチュエータシステム（図 10、図 11 参照）において、内視鏡に推進力を付加することが可能な空気圧駆動アクチュエータがある。このアクチュエータはチューブ状のゴム構造体に空気圧をかけることで進行波を生成し推進力を得るものである。このアクチュエータは、4つの圧力室がアクチュエータ本体の幅方向に平行に配置されたものとなっている。また、これに対して、圧力室を階層的に配置することで、アクチュエータの変位出力を増加させる構造が提案されている（非特許文献 1 参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開平 11 - 253391 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 253392 号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】H. Onoe, K. Suzumori, S. Wakimoto "Optimum Design of Pneumatic Multi-chamber Rubber Tube Actuator Generating Traveling Deformation Waves for Colonoscope Insertion" 2008 IEEE International conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pp 31 - 36

30

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 や特許文献 2 に記載のアクチュエータは図 8 に示す断面を持つチューブ状の構造である。これを内視鏡に巻きつけ、4つの部屋を順に加圧することで表面に弾性進行波を生成し、推進力を得る。しかしながら、変位が小さく、推進速度が小さい（主として x 方向（水平方向）の変位が小さいことに起因）場合や、大腸の内壁面の凸凹が大きいと推進力がうまく得られない（主として y 方向（垂直方向）の変位が小さいことに起因）という問題がある。

50

## 【 0 0 0 6 】

これを改善する形状として図9のような形状が考案されている。図9に示す断面形状を有するアクチュエータは、図8のアクチュエータとの比較において変位量は大きい。しかしながら、依然としてその値は十分ではない。なお、非特許文献1では、アクチュエータの断面形状として、図9で示す2層構造の他3層構造の提案もなされているが、3層以上の構造では嵩高くなってしまい内視鏡への搭載が困難である。

## 【 0 0 0 7 】

そこで、本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、既存の内視鏡等の被駆動物に巻きつけて利用可能なコンパクトな形状を有し、かつ効率的な駆動が行えるアクチュエータ、その制御方法等を提供することを目的とする。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 8 】

本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段を説明する。

## 【 0 0 0 9 】

即ち、請求項1においては、

弾性体で形成された、複数の圧力室を有するチューブ状のアクチュエータ本体と、  
前記複数の圧力室に流体を供給排出制御して所定の圧力を印加する圧力印加手段と、を  
備え、前記複数の圧力室の圧力を制御することで推進力を発生させるアクチュエータにお  
いて、

20

前記アクチュエータ本体は、その断面が略四角形状の周壁からなる単層構造であるとともに、当該周壁内部を弾性隔壁で区画してアクチュエータ本体長手方向に沿って形成される複数の圧力室を有し、

前記複数の圧力室は、

前記アクチュエータ本体の前記周壁内部の天井部と断面所定形状の弾性隔壁により区画された上部圧力室と、

前記上部圧力室の外側に位置する周壁内部を、少なくとも前記断面所定形状の弾性隔壁を含む弾性隔壁により前記アクチュエータ本体の幅方向略中央にて左右略対称に区画された左右下部圧力室と、

から構成されるアクチュエータである。

30

## 【 0 0 1 0 】

請求項2においては、

前記圧力室を、少なくとも3つ有するアクチュエータである。

## 【 0 0 1 2 】

請求項3においては、

前記断面所定形状の弾性隔壁は、円弧状の弾性隔壁であるアクチュエータである。

## 【 0 0 1 3 】

請求項4においては、

前記周壁内部の天井部と前記断面円弧状の弾性隔壁とのなす角が、鋭角となるアクチュエータである。

40

## 【 0 0 1 4 】

請求項5においては、

前記アクチュエータ本体は、その表面に複数の突起部を有するアクチュエータである。

## 【 0 0 1 9 】

請求項6においては、

請求項1から請求項5の何れか一項に記載のアクチュエータを備え、前記アクチュエータ本体を被検体挿入部の外周に巻回して設けた内視鏡である。

## 【 0 0 2 0 】

請求項7においては、

前記アクチュエータ本体の外周を被覆する内視鏡である。

50

## 【発明の効果】

## 【0021】

本発明によれば、既存の形状と比較して、上下方向、幅方向とも変位量を極めて大きくすることができるので、アクチュエータとしての推進性能を高めることが可能である。

## 【0022】

また、本発明によれば、内視鏡の挿入時に補助的に支援することが可能である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0023】

【図1】本発明の一実施形態に係るアクチュエータの構成を示す一部破断斜視図。

【図2】本実施形態に係るアクチュエータ本体の断面形状（断面モデル）を示す断面図。 10

【図3】アクチュエータ（アクチュエータ本体断面）の駆動シミュレーションを示す図。

【図4】アクチュエータ本体の断面を示す図。

【図5】（a）は、各形状による $x_d$ （水平方向）、 $y_d$ （垂直方向）の変位率比較を示す図、（b）はアクチュエータの評価パラメータを示す図。

【図6】アクチュエータを搭載した内視鏡の推進力発生原理を示す図。

【図7】ダミー内視鏡に搭載したアクチュエータを示す図。

【図8】特許文献1記載のアクチュエータ本体断面を示す図であり、（a）は4つの圧力室が加圧されていない状態を示す図、（b）及び（c）は4つの圧力室を順に加圧していく状態を示す図。

【図9】非特許文献1記載のアクチュエータ本体断面を示す図であり、（a）は3つの圧力室が加圧されていない状態を示す図、（b）及び（c）は3つの圧力室を順に加圧していく状態を示す図。 20

【図10】従来技術を示す図。

【図11】従来技術を示す図。

【図12】アクチュエータの駆動方法を示す図。

【図13】アクチュエータ本体の断面形状による運動の比較（シミュレーション）を示す図。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0024】

次に、発明の実施の形態を説明する。 30

## 【0025】

本実施形態に係るアクチュエータは、複数の圧力室（チャンバー）を有し、当該複数の圧力室の圧力を制御することより推進力を発生させる空気圧駆動アクチュエータである。アクチュエータは、図1に示すように、弾性体で形成された、複数の圧力室3（3a、3b、3c）を有するチューブ状のアクチュエータ本体1と、前記複数の圧力室3に流体を供給排出制御して所定の圧力を印加する圧力印加手段10と、を主に備える。

## 【0026】

前記アクチュエータ本体1は、その断面が略四角形状の周壁（本実施形態では、長方形形状の周壁5）からなる単層構造であるとともに、当該周壁5内部（以下、内部空間という）を弾性隔壁で区画してアクチュエータ本体1長手方向に沿って形成される複数の圧力室3を有する。 40

## 【0027】

アクチュエータ本体1は、角筒状の弾性体（本実施形態ではシリコンゴム）からなるチューブ状アクチュエータであり、断面略長方形の内部空間を有する。また、アクチュエータ本体1は、その表面に当該アクチュエータ本体1の長手方向に沿って延びる複数の突起部2（本実施形態においては5つ）を有する。アクチュエータ本体1は、押し出し成型により所定長さのものを一体的に製作することが可能である。この所定長さのアクチュエータ本体1の作製用チューブを任意の長さで切出して両端部をシリコンゴムで閉塞し、一端に圧力供給用の後述するチューブを接続することで、所望の長さのアクチュエータを作製することが可能である。本実施形態におけるアクチュエータ本体1の断面の外形形 50

状は、アクチュエータ本体 1 の断面の高さ  $h = 3.5 \text{ mm}$ 、アクチュエータ本体 1 の断面の幅  $w = 6.0 \text{ mm}$ 、であり、突起部 2 の厚さ（高さ） $t = 0.5 \text{ mm}$ 、（アクチュエータ本体 1 長さ方向は任意長）である（図 4 参照）。

なお、突起部 2 については、アクチュエータ表面の変位量をより大きくして推進力を得やすくするために設けられたものであるが、特に突起部 2 を有するものに形状を限定するものではなく、突起部 2 を有しないアクチュエータ本体においても、本発明の効果を得ることは可能である。

【 0 0 2 8 】

圧力室 3 は、アクチュエータ本体 1 の内部空間を複数に区画して形成されたものであり、前記アクチュエータ本体 1 の長手方向に沿って延びる。

10

【 0 0 2 9 】

前記複数の圧力室 3 は、図 2 に示すように、3 室の圧力室であり、左右の下部圧力室 3 a、3 b と、上部圧力室 3 c と、から構成される。

なお、圧力室 3 の数は、本実施形態の如く、3 室に限定されるものではないが、アクチュエータの推進力を発生させるためには、アクチュエータ本体 1 の内部空間に圧力室を少なくとも 3 室形成する必要がある。

【 0 0 3 0 】

上部圧力室 3 c は、前記アクチュエータ本体 1 の前記内部空間の天井部 1 a と断面所定形状（本実施形態では、断面円弧状）の弾性体からなる弾性隔壁 1 b により区画された空間である。また、上部圧力室 3 c は、前記内部空間の天井部 1 a と断面所定形状（本実施形態では、断面円弧状）の弾性体からなる弾性隔壁 1 b とのなす角  $\theta$  が、鋭角となるべく形成されている。

20

なお、本実施形態では、断面円弧状の弾性隔壁 1 b により内部空間を区画して上部圧力室 3 c を形成したが、特に弾性隔壁 1 b の断面形状を限定するものではない。例えば、弾性隔壁 1 b の断面形状としては、例えば、断面屈曲状、断面曲線状、断面ジグザグ状、断面蛇腹状等とすることもできる。

【 0 0 3 1 】

左右下部圧力室 3 a、3 b は、前記上部圧力室 3 c の外側に位置する内部空間を、少なくとも前記断面所定形状（本実施形態では、断面円弧状）の弾性隔壁 1 b を含む弾性隔壁により前記アクチュエータ本体 1 の幅方向略中央にて左右略対称に区画された空間である。左右の下部圧力室 3 a、3 b は、アクチュエータ本体 1 幅方向の略中央に形成される断面柱状の弾性隔壁 1 c を介して隣接する。また、左右の下部圧力室 3 a、3 b が有する上下左右の隅角部 6、7 は、略直角となるように形成されている。

30

なお、本実施形態においては、左右下部圧力室 3 a、3 b を断面柱状の弾性隔壁 1 c を介して隣接する構成としているが、特に限定するものではなく、断面所定形状（本実施形態では、断面円弧状）の弾性隔壁 1 b の最下部が内部空間の底部 1 d と連設するように形成することも可能である。

また、上部圧力室 3 c は、少なくとも内部空間の天井部 1 a を上部圧力室 3 c 内壁として含む空間であればよい。さらに、左右下部圧力室 3 a、3 b は、少なくとも内部空間の下左右の隅角部 6、7 を左右下部圧力室 3 a、3 b のそれぞれの内壁として含む空間であればよい。また、これらに加えて、上部圧力室 3 c、左右下部圧力室 3 a、3 b は、所定の弾性隔壁により内部空間を本実施形態の如く断面略 Y 字状や、例えば、断面略 U 字状、断面略 V 字状になるように区画して、内部空間が断面視三方に分割されるように上部圧力室 3 c、左右下部圧力室 3 a、3 b を構成すればよい。

40

【 0 0 3 2 】

圧力印加手段 1 0 は、前記複数の圧力室 3 a、3 b、3 c に流体（本実施形態では、エア）を供給排気制御（給排気制御）して所定の圧力を印加する手段である。圧力印加手段 1 0 には、弾性体からなる空気圧給排気用のチューブ 4 a、4 b、4 c を備えており、アクチュエータ本体 1 が有する前記複数の圧力室 3 a、3 b、3 c のそれぞれに接続されている。チューブ 4 a は、閉塞されたアクチュエータ本体 1 一端 1 e を介して左下部圧力室

50

3 aに連通している。チューブ4 bは、閉塞されたアクチュエータ本体1一端1 eを介して右下部圧力室3 bに連通している。チューブ4 cはアクチュエータ本体1一端1 eを介して上部圧力室3 cに連通している。圧力印加手段1 0は、図示しない電磁弁、コンプレッサ等を備える。圧力印加手段1 0は、各圧力室3 a、3 b、3 cに対してそれぞれ独立してエアの給排気制御を行って、各圧力室3 a、3 b、3 cを所定の圧力に制御することが可能であり、各圧力室3 a、3 b、3 cを所望の加圧状態、負圧状態及び常圧状態（非加圧状態：大気圧）に制御することが可能である。

なお、本実施形態においては、流体としてエア（空気）を使用するが、特に限定するものではなく、例えば、流体として液体である水や生理食塩水等を使用することも可能である。

また、本実施形態におけるアクチュエータ（アクチュエータ本体1）においては、特に限定するものではないが、加圧状態の圧力値として1 2 5 k P a、負圧状態の圧力値としては - 3 5 k P a程度（ともにゲージ圧）で十分な推進効果が得られる。

#### 【 0 0 3 3 】

次に、本実施形態に係るアクチュエータの作用について具体的に説明する。

#### 【 0 0 3 4 】

本実施形態に係るアクチュエータの主な特徴としては、アクチュエータ本体1の断面形状において弾性隔壁1 bが曲線形状で構成され、当該弾性隔壁1 bの内壁と天井部1 aとのなす角が鋭角となっていることである。このように、弾性隔壁1 bが曲線形状で構成されているため、圧力が圧力室3 aに印加された際の受圧面積が大きくなり、また、容易に変形が可能となる。そのため、例えば、圧力室3 aを加圧することによって、右方向への変位量が大きくとれる。同様に、圧力室3 bを加圧した場合には、左方向への変位量が大きくなる。また、なす角が鋭角であることによって、圧力室3 cに圧力を印加した際の垂直方向の変位量が大きくなるのである。つまり、本実施形態に係るアクチュエータでは、圧力室3 cにおいて曲線構造を採用することで変位量の増加を図るとともに、上記なす角を鋭角とすることで変位量のさらなる増加を図ったものである。各圧力室3 a、3 b、3 cに対して、圧力を印加する順序は、圧力室3 a 3 c 3 bである。より詳細な各圧力室3 a、3 b、3 cに対する圧力の制御方法については、後述するアクチュエータの制御方法において説明する。

#### 【 0 0 3 5 】

次に、上述したアクチュエータに適用するアクチュエータの制御方法について図3を用いて説明する。具体的には、先ず、ひとつのアクチュエータ本体1の上端部の動作を制御する制御方法について図3を用いて説明する。

#### 【 0 0 3 6 】

図3（1）から（6）に本実施形態に係るアクチュエータ本体（アクチュエータ本体1断面）の駆動シミュレーションを示す。この駆動シミュレーションによって得られた高変位量を得るために好適なアクチュエータ本体1の制御方法は、以下ようになる。

#### 【 0 0 3 7 】

すなわち、上記アクチュエータにおける好適なアクチュエータ本体1の制御方法は、前記上部圧力室3 c及び前記左右下部圧力室3 a、3 bを常圧状態とする工程と（図3（1））、前記左右下部圧力室3 a、3 bのうち一方の下部圧力室3 aを加圧状態とするとともに前記上部圧力室3 c及び他方の下部圧力室3 bを常圧状態とする工程と（図3（2））、前記一方の下部圧力室3 a及び上部圧力室3 cを加圧状態とするとともに前記他方の下部圧力室3 bを常圧状態とする工程と（図3（3））、前記上部圧力室3 c及び前記左右下部圧力室を加圧状態とする工程と（図3（4））、前記一方の下部圧力室3 aを常圧状態とするとともに前記上部圧力室3 c及び前記他方の圧力室3 bを加圧状態とする工程と（図3（5））、前記一方の下部圧力室3 a及び前記上部圧力室3 cを常圧状態とするとともに、前記他方の下部圧力室3 bを加圧状態とする工程と（図3（6））、を含み、前記各圧力室3 a、3 b、3 cに対して流体の供給排気制御（本実施形態においては、エアの給排気制御）を行って、前記各工程を連続して繰り返し、アクチュエータ本体1の幅

10

20

30

40

50

方向の推進力を発生させるものである。ここで、前記各工程を連続して繰り返すとは、図3に示した工程(1)から工程(6)について順に進行させて、当該工程(6)が終了したら工程(1)に再び戻るものであり、工程(1)から工程(6)を途切れることなく連続的に繰り返すことである。

#### 【0038】

(アクチュエータの変位率評価)

次に、本実施形態に係るアクチュエータと従来のアクチュエータとを比較するために、それぞれの変位率を求めて比較評価を行った。

本実施形態のアクチュエータにて発生する進行波は楕円状運動の集合である。そのため、アクチュエータの性能を評価するには、アクチュエータ上部で発生する楕円状運動における水平方向と垂直方向の大きさによって評価できる。

具体的には、図5(b)に示すように、アクチュエータ本体の断面形状のx方向、y方向の変位率 $x_d$ 、 $y_d$ をアクチュエータ本体の性能を評価するための評価パラメータとして用いる。この評価パラメータでは、変位率 $x_d$ が大きい場合は、アクチュエータ本体による推進速度が大きいことを表し、変位率 $y_d$ が大きい場合は、アクチュエータ本体が接触する凹凸(例えば、内視鏡では、腸壁の凹凸)への適応能力が高いことを表している。

#### 【0039】

また、アクチュエータ本体1の断面形状(図2参照)と図8、図9にてそれぞれ示した断面形状による駆動シミュレーションを行い、アクチュエータ本体1の断面形状と図8、図9にてそれぞれ示した断面形状のx方向、y方向の変位率 $x_d$ 、 $y_d$ ( $x_d$ :水平方向の変位/アクチュエータ本体の幅、 $y_d$ :垂直方向の変位/アクチュエータ本体の高さ)を比較した結果を図5(a)に示す。図5(a)に示す表からわかるように、本実施形態のアクチュエータ本体1の断面形状は従来のものに比べて極めて大きな変位を実現している。

#### 【0040】

図13は、アクチュエータ本体1の断面形状、特許文献1に記載されたアクチュエータ本体の断面形状(このアクチュエータは、バブラクチュエータという)、及び非特許文献1に記載された従来のアクチュエータ本体の断面形状A、B、Cのそれぞれについて駆動シミュレーションを行い、それぞれの断面形状のx方向、y方向の変位率 $x_d$ 、 $y_d$ を比較した結果である。この図13に示す座標軸からわかるように、本実施形態のアクチュエータ本体1の断面形状(図13の座標軸上で示す「発明形状:突起部あり」)は従来のものに比べて極めて大きな変位を実現している。また、本実施形態のアクチュエータ本体1において突起部2を有しない断面形状(図13のグラフ上で示す「発明形状:突起部なし」)においても、変位率 $x_d$ が突起部2を有するアクチュエータ本体1と比べやや小さいが、変位率 $y_d$ が従来のものに比べて極めて大きな変位を実現している。

#### 【0041】

次に、上述したアクチュエータを内視鏡に適用した例について説明する。

なお、本実施形態においては、アクチュエータによる被駆動物として内視鏡を例として挙げたが、特に限定するものではない。

#### 【0042】

本実施形態に係るアクチュエータを搭載した内視鏡は、完全な自律推進型ではなく、医師の挿入の補助となる推進性能を有するものである。具体的には、大腸に内視鏡を挿入する際に、挿入を容易にするため本実施形態に係るアクチュエータを従来からある内視鏡に取り付けることで、内視鏡自体に推進力を付与するものである。これによって、臓器(本実施形態においては、大腸)に過負荷を与えないという効果がある。以下に、内視鏡にアクチュエータを搭載した場合の推進力の発生原理について説明する。

#### 【0043】

(推進力の発生原理)

図6、図12に本実施形態に係るアクチュエータを搭載した内視鏡の推進力の発生原理を示す。

10

20

30

40

50

上述した複数の圧力室 3 a、3 b、3 c を有するアクチュエータにおいて、特定の圧力（空気圧）パターン（例えば、上述したアクチュエータ本体 1 の制御方法）で圧力室 3 a、3 b、3 c を加圧することで、アクチュエータ本体 1 の表面では楕円状運動（図 6 では、時計回り方向）が励起される。そこで、この楕円状運動の励起をより効果的に利用するために、被駆動物である内視鏡の被検体挿入部の外周に複数の前記アクチュエータ本体（本実施形態では、2 つのアクチュエータ本体 1・1）を平行に巻回して（突起部 2 が外側になるように巻回して）、前記複数 2 つのアクチュエータ本体 1・1 間に位相差を与えて、進行波をアクチュエータ本体 1・1 表面に発生させる。すなわち、アクチュエータ本体 1 を複数（本実施形態では、2 本）使用し、当該 2 つのアクチュエータ本体 1・1 のそれぞれの位置関係を区別するためにそれぞれをアクチュエータ本体を A、B とすると、図 6 に示すように内視鏡の長さ方向において、アクチュエータ本体 A、B が交互に、配置されるように内視鏡の被検体挿入部に螺旋状に巻きつけ、図 12 に示すように二つのアクチュエータ本体 A、B 間に位相差（180 度）をつけることでアクチュエータ本体 A、B は、片方が遊脚状態（アクチュエータ本体 1 表面が腸壁から離れている状態）のときに他方が立脚状態（アクチュエータ本体 1 表面が腸壁と接している状態）となり（図 7 参照）、このように駆動することで進行波がアクチュエータ本体 A、B 全体の表面に発生する。この進行波により、内視鏡に推進力が付与されて、内視鏡を駆動することが可能となる。

#### 【0044】

すなわち、被駆動物である内視鏡の被検体挿入部の外周に 2 つの前記アクチュエータ本体 1 を平行に巻回したアクチュエータを用いて、図 12 に示すように、一方の前記アクチュエータ本体 A と、他方の前記アクチュエータ本体 B と、のそれぞれにおいて、前記各工程（1）から（6）を連続して繰り返し、かつ、前記 2 つのアクチュエータ本体 A・B 間に 180 度の位相差を与えることで、図 6 に示すように進行波を生成し、内視鏡の体内への挿入時に内視鏡の進行を補助的に支援することが可能である。

#### 【0045】

（内視鏡の推進実験）

図 4 は製作したアクチュエータ本体 1 の断面、図 7 は推進実験に使用した本実施形態に係るアクチュエータを搭載したダミー内視鏡（樹脂ロッド）を示している。樹脂ロッドには、2 本のアクチュエータ本体 1・1 が平行に巻かれている。アクチュエータを駆動することでダミー内視鏡の推進（図 7 において矢印で示す進行方向へのダミー内視鏡の自走）が可能であった。推進速度は、4.8 mm/s であり、図 8 に示す断面形状を有するアクチュエータと比較し、約 3.7 倍の速度向上が確認できた。

#### 【0046】

このように、アクチュエータを内視鏡に適用すれば、内視鏡に推進力を付加することで挿入補助効果が得られ、安全な挿入を実現することができる。

なお、内視鏡としては、特に医療用に限定するものではなく、工業用も含めて広く適用可能である。

#### 【0047】

以上のように、本発明によれば、既存の形状と比較して、上下方向、幅方向とも変位量を極めて大きくすることができるので、アクチュエータとしての推進性能を高めることが可能である。

#### 【0048】

また、上記各圧力室を常圧状態にする替わりに、負圧状態にすることで、さらに上下方向、幅方向ともアクチュエータ本体の変位量を大きくすることができる。

#### 【0049】

また、本発明によれば、内視鏡の被検体挿入部の外周に扁平なアクチュエータ本体（ラバーチューブアクチュエーター）を脱着自在に巻き付けているので内視鏡自体の高度な滅菌処理をする場合でも簡単に取り外して使い捨てが可能である。また、本発明によるアクチュエータでは、アクチュエータ本体として安価な材料が使用可能である。

#### 【0050】



また、本発明は、従来のものに比べてコンパクトな形状のアクチュエータ本体を実現したものであり、薄型（本実施形態では、アクチュエータ本体の高さ  $h = 3.5 \text{ mm}$ ）ながらも高変位率が得られるアクチュエータであるため、取付サイズ（直径）に制約のある内視鏡の挿入部等の部位にも適用することが可能である。

【0051】

また、本発明のように、上部空気圧室を中央に位置させ、左右下部空気圧室を相互に影響し合う位置づけで配置構成したことにより、最少数の圧力室（3つの圧力室）で変位量が大きくかつ安定した推進力を発生させることが可能である。

【0052】

本発明は、既存の内視鏡等の被駆動物に巻きつけて利用可能なコンパクトな形状を有し、かつ効率的な駆動が行えるアクチュエータ本体の断面形状に関するものである。なお、アクチュエータを内視鏡に巻きつけた状態でその外周を、アクチュエータを保護する保護被膜にて被覆し、アクチュエータ本体を内視鏡の被検体挿入部と一体化するように構成することも可能である。これにより、内視鏡使用後のメンテナンスの際においてアクチュエータを取り外す必要がなくなる。

10

【0053】

本発明は、複数のアクチュエータ本体を被駆動物である内視鏡に巻回して平行に配置し、当該複数のアクチュエータ本体に対して流体の供給排気制御を行うことで複数のアクチュエータ本体表面に進行波を発生させ、これにより被駆動物を駆動するものであるが、特に用途を限定するものではなく、例えば、複数のアクチュエータ本体を平面状に平行に配置し、流体の供給排気制御を行うことで複数のアクチュエータ本体表面に所定方向の進行波を発生させることで、アクチュエータ本体上に載置した搬送物を所定方向に搬送することができる搬送手段としても利用可能である。

20

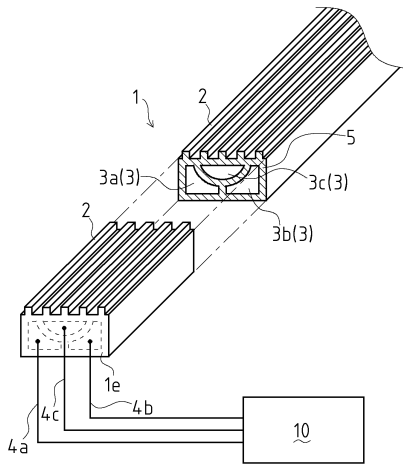
【符号の説明】

【0054】

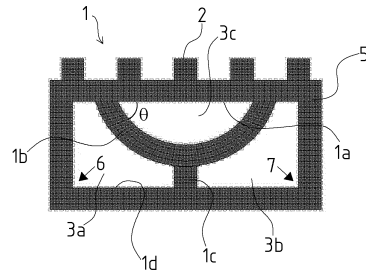
- 1 アクチュエータ本体
- 1 a 天井部
- 1 b 弾性隔壁
- 1 c 弾性隔壁
- 3 a 左下部圧力室
- 3 b 右下部圧力室
- 3 c 上部圧力室
- 5 周壁
- 10 圧力印加手段

30

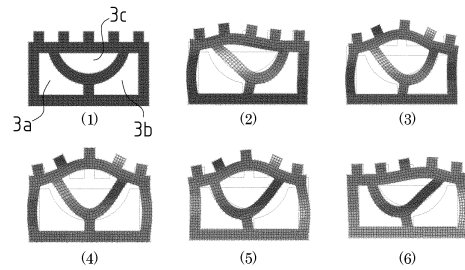
【図1】



【図2】



【図3】

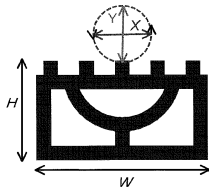


【図5】

表1 各形状による  $x_d$  (水平方向)、 $y_d$  (垂直方向) の変位率比較

	$x_d$	$y_d$
図8に示す単層構造 (特許文献1)	0.00497	0.0338
図9に示す2層構造 (非特許文献1)	0.00725	0.0728
本発明の断面形状	0.0537	0.403

- (b)
- ・アクチュエータ単体の上面で円状運動
  - ・水平成分が大→推進速度大
  - ・垂直成分が大→腸の凹凸への適応能力大



評価パラメータ $x_d, y_d$   
(大きさに依存しないよう無次元化)

$$x_d = X / W$$

$$y_d = Y / H$$

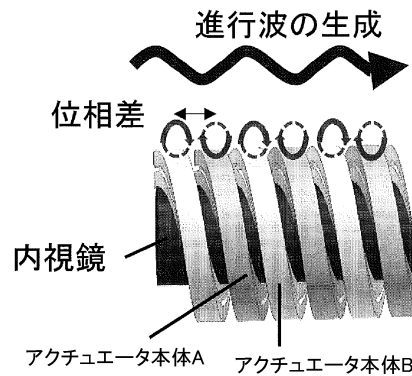
X: 水平方向の変位量

Y: 垂直方向の変位量

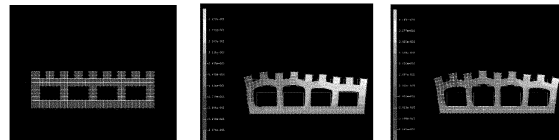
W: アクチュエータ断面の幅

H: アクチュエータ断面の高さ

【図6】



【図8】



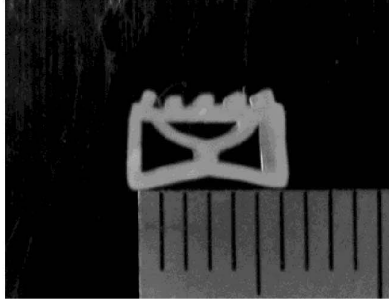
(a)

(b)

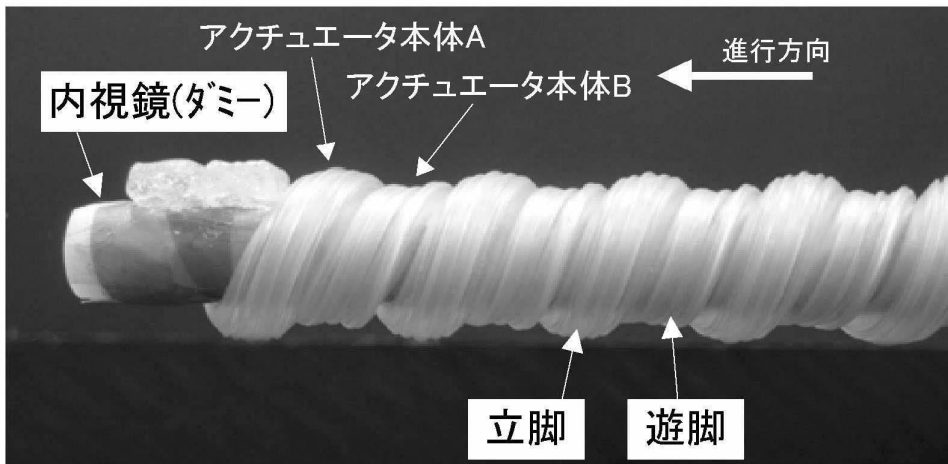
(c)



【図4】



【図7】



---

フロントページの続き

(72)発明者 尾崎 健

岡山県岡山市北区津島中三丁目1番1号 国立大学法人岡山大学大学院自然科学研究科内

審査官 原 俊文

(56)参考文献 特開平11-253391(JP,A)  
特開平10-295624(JP,A)  
実開平06-066604(JP,U)  
特開平09-079213(JP,A)  
特開2000-230510(JP,A)  
特開2006-223895(JP,A)  
特開昭58-188419(JP,A)  
特開平07-042710(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00 - 1/32  
F15B 15/00 - 15/28  
G02B 23/24 - 23/26  
JSTPlus(JDreamIII)  
JMEDPlus(JDreamIII)  
JST7580(JDreamIII)