

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2012 年 11 月 1 日(01.11.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/147655 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01L 1/04 (2006.01) G01L 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/060731
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 20 日(20.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2011-098178 2011 年 4 月 26 日(26.04.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人 東京工業大学(Tokyo Institute of Technology) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2-1-2 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 川嶋 健嗣(KAWASHIMA Kenji) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2-1-2 国立大学法人 東京工業大学内 Tokyo (JP). 只野 耕太郎(TADANO Kotaro) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2-1-2 国立大学法人 東京工業大学内 Tokyo (JP). 原口 大輔(HARAGUCHI Daisuke) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山 2-1-2

— 1 国立大学法人 東京工業大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 磯野 道造(ISONO Michizo); 〒1020093 東京都千代田区平河町 2 丁目 7 番 4 号 砂防会館別館内 磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: FORCE CALCULATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 力算出システム

[図1]

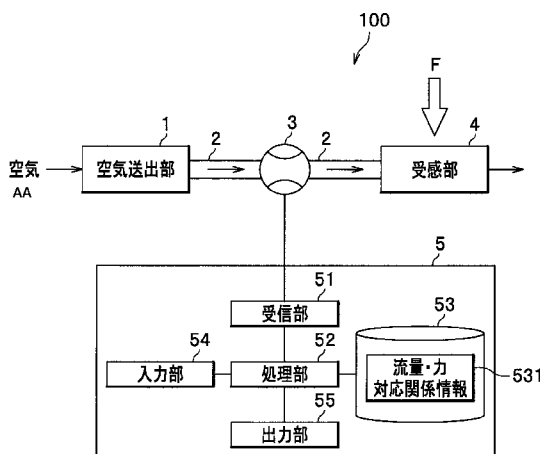


FIG. 1:  
1 Air blowing unit  
4 Sensing unit  
51 Receiver  
52 Processing unit  
54 Input unit  
55 Output unit  
531 Flow rate-force correspondence information  
AA Air

(57) Abstract: The force calculation system (100) of the present invention is provided with: an air blowing unit (1) for blowing air at a predetermined pressure; a channel (2) for air blown from the air blowing unit (1); a sensing unit (4) for varying the ease of flow of air that flows through a channel (2) by deforming when an external force is received; a storage unit (53) for storing in advance the flow rate-force correspondence information (531) showing the correspondence between the magnitude of the force received by the sensing unit (4) and the flow rate at which the air blown from the air blowing unit (1) flows through the channel; and a processing unit (52) for calculating the magnitude of external force received by the sensing unit (4), on the basis of: the flow rate of air flowing through the channel (2) as measured by a flow rate meter (3); and the flow rate-force correspondence information (531) stored in the storage unit (53).

(57) 要約: 本発明の力算出システム(100)は、所定の圧力で空気を送り出す空気送出部(1)と、空気送出部(1)から送り出された空気のための流路(2)と、外力を受けると変形することで、流路(2)を流れる空気の流れやすさを変化させる受感部(4)と、流路(2)を流れる空気の流量を計測する流量計(3)と、受感部(4)が受ける外力の大きさ、および、空気送出部(1)から送出された空気が流路を流れる流量の対応関係を示す流

量・力対応関係情報(531)を予め記憶する記憶部(53)と、流量計(3)が計測した流路(2)を流れる空気の流量、および、記憶部(53)に記憶された流量・力対応関係情報(531)に基づいて、受感部(4)が受けている外力の大きさを算出する処理部(52)と、を備える。



---

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## 明 細 書

### 発明の名称：力算出システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、力を算出する対象部分に電氣的な装置を使わずに、その部分に与えられている力を算出する技術に関する。

### 背景技術

[0002] 従来から、力を計測する技術として、電気抵抗の変化を利用したひずみゲージ（以下、「電気式ひずみセンサ」と称する。）や、受感部に圧電素子を搭載したロードセルが広く使用されている。しかし、これらは電氣的な物理現象を利用したセンサであるため、MRI（Magnetic Resonance Imaging）装置などの強い電磁環境下では使用できない。また、他の電氣的なデバイスと干渉し、計測の精度が悪化するという問題も起こりうる。

[0003] そこで、光ファイバ式のひずみゲージ（以下、「光ファイバ式センサ」と称する。）が実用化されている（非特許文献1、2参照）。この技術によれば、受感部のひずみによる光の波長、周波数、位相、透過量などの変化を検出するため、前記のような電氣的要素に起因する問題は起こらない。

### 先行技術文献

#### 非特許文献

[0004] 非特許文献1：J. Peirs, et al., “A micro optical force sensor for force feedback during minimally invasive robotic surgery”, Sensors and Actuators A 115 (2004), pp.447-455.

非特許文献2：P. Polygerinos, et al., “A Fibre-Optic Catheter-Tip Force Sensor with MRI Compatibility: A Feasibility Study”, 31st Annual International Conference of the IEEE EMBS Minneapolis, Minnesota, USA, September 2-6, 2009, pp.1501-1504.

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、光ファイバ式センサを使用するには、光源となる光スイッチや、信号処理のためのシグナルコンディショナが必要で、電気式ひずみセンサと比べるとシステム全体の構成が大型かつ高価なものとなる。

[0006] そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、小型かつ安価であって、力を算出する対象部分に電氣的な装置を使わずに、その部分に与えられている力を算出する力算出システムを提供することを課題とする。

### 課題を解決するための手段

[0007] 前記課題を解決するために、本発明の力算出システムは、所定の圧力で空気を送り出す空気送出部と、前記空気送出部と接続され、前記空気送出部から送り出された空気のための流路と、前記流路における前記空気送出部と逆の端部の位置に設けられ、外力を受けると変形することで、前記流路を流れる空気の流れやすさを変化させる受感部と、前記流路を流れる空気の流量を計測する流量計と、前記受感部が受ける外力の大きさ、および、前記空気送出部から送出された空気が前記流路を流れる流量の対応関係情報を予め記憶する記憶部と、前記流量計が計測した前記流路を流れる空気の流量、および、前記記憶部に記憶された対応関係情報に基づいて、前記受感部が受けている外力の大きさを算出する処理部と、を備えることを特徴とする。

### 発明の効果

[0008] 本発明によれば、小型かつ安価であって、力を算出する対象部分に電氣的な装置を使わずに、その部分に与えられている力を算出する力算出システムを提供することができる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]本実施形態の力算出システムの全体構成図である。

[図2A]チューブ挟み込み型の受感部の構成図であり、(a)は外力を受ける前の状態を示す図で、(b)は外力を受けた後の状態を示す図である。

[図2B]スリット型の受感部の構成図であり、(a)は外力を受ける前の状態を示す図で、(b)は外力を受けた後の状態を示す図である。

[図3]受感部に与えられる外力と流路を流れる空気の流量との関係を示す図で、（a）はチューブ挟み込み型の場合の一例を示す図であり、（b）はスリット型の場合の一例を示す図である。

[図4]受感部に与えられる外力と流路を流れる空気の流量との動特性を示す図で、（a）はチューブ挟み込み型の場合の一例を示す図であり、（b）はスリット型の場合の一例を示す図である。

[図5]演算装置の処理部における処理の流れを示すフローチャートである。

[図6]流路を3つ設けた場合の流路と受感部の構成を示す図で、（a）はチューブ挟み込み型の場合の一例を示す図であり、（b）はスリット型の場合の一例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明を実施するための形態（以下、実施形態と称する。）に係る力算出システムについて、図面を参照しながら説明する。なお、本実施形態の力算出システム100は、例えば、内視鏡手術ロボット（以下、単に「手術ロボット」と称する。）で使用する鉗子全体にかかる、接触した内臓からの反発力や、縫合作業時の糸の張力などを算出する際に使用されることを想定している。

[0011] 図1に示すように、力算出システム100は、空気送出部1、流路2、流量計3、受感部4および演算装置5を備えて構成される。

空気送出部1は、所定の圧力で空気を送り出す手段であり、例えば、コンプレッサと減圧弁との組み合わせにより実現することができる。

流路2は、空気送出部1と接続され、空気送出部1から送り出された空気のための流路であり、例えば、樹脂製のチューブにより実現することができる。なお、以下の説明において、流路2のうち、受感部4側を先端（部）、空気送出部1側を基端（部）とも称する。

[0012] 流量計3は、流路2を流れる空気の流量を計測する手段であり、例えば、層流型流量計（層流エレメントと両端の差圧センサ）によって実現することができる。

受感部 4 は、流路 2 の先端部に設けられ、外力を受けると変形することで、流路 2 を流れる空気の流れやすさを変化させる手段である（詳細は後記）。

[0013] 演算装置 5 は、コンピュータ装置であり、受信部 5 1、処理部 5 2、記憶部 5 3、入力部 5 4 および出力部 5 5 を備えて構成される。

受信部 5 1 は、流量計 3 からの流量の計測データを受信する手段であり、例えば、専用の IC (Integrated Circuit) によって実現することができる。

[0014] 処理部 5 2 は、各種演算処理を行う手段であり、例えば、CPU (Central Processing Unit) によって実現することができる。処理部 5 2 は、流量計 3 が計測した流路 2 を流れる空気の流量の計測データ、および、記憶部 5 3 に記憶された流量・力対応関係情報 5 3 1 (対応関係情報) に基づいて、受感部 4 が受けている外力の大きさを算出する（詳細は後記）。

[0015] 記憶部 5 3 は、情報を記憶する手段であり、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、HDD (Hard Disk Drive) 等によって実現することができる。記憶部 5 3 には、受感部 4 が受ける外部からの力の大きさ、および、空気送出部 1 から送出された空気が流路 2 を流れる流量の対応関係を示す流量・力対応関係情報 5 3 1 が記憶される。流量・力対応関係情報 5 3 1 は、具体的には、後記する図 3 (a) (b) に示すグラフをデータ化した情報である。

[0016] 入力部 5 4 は、演算装置 5 のユーザが情報を入力する手段であり、例えば、キーボードやマウスによって実現することができる。

出力部 5 5 は、情報を出力する手段であり、例えば、外部との通信インターフェース、LCD (Liquid Crystal Display) などによって実現することができる。

[0017] 次に、受感部 4 について説明する。本実施形態では、受感部 4 として、チューブ挟み込み型とスリット型の 2 つのタイプについて説明する。

まず、チューブ挟み込み型の受感部 4 について説明する。図 2 A (a) に

示すように、チューブ挟み込み型の受感部 4 a, 4 は、ステンレス製で、円筒体の中間部がコイル状に形成されたコイルスプリング（弾性体）によって実現することができる。そして、受感部 4 a の隙間 4 1 に流路 2 の先端部 2 1 の付近の途中部 2 2 を挟み込んでおく。なお、ここで、流路 2 は弾性変形可能なチューブであることが必要である。また、受感部 4 a の大きさは、例えば、直径が 5 mm、軸方向の長さが 20 mm 程度である。

[0018] そして、図 2 A (b) に示すように、受感部 4 a が軸方向に力（外力）F を受けると、隙間 4 1 の間隔が変化し、途中部 2 2 の有効断面積（空気の流通方向と垂直な面の断面積）が変化することで、流路 2 を流れる空気の流量が変わる。なお、先端部 2 1 には大気圧がかかっている。

[0019] 次に、スリット型の受感部 4 について説明する。図 2 B (a) に示すように、スリット型の受感部 4 b, 4 は、全体が円筒形状のアルミニウムで構成されており、軸方向（所定方向）に外力を受けた場合に開口の間隔が変化するスリット 4 2 を有している。また、側壁の一部に流路 2 の先端部 2 1 をスリット 4 2 まで挿通可能な孔が設けられ、流路 2 は、先端部 2 1 がスリット 4 2 に開口する位置に、配置される。なお、ここでは、流路 2 は弾性変形可能である必要はない。また、受感部 4 b の大きさは、例えば、直径が 10 mm、軸方向の長さが 15 mm 程度である。そして、この場合、図 2 B (a 1) に示すように、流路 2 の先端部 2 1 は、スリット 4 2 の幅 d 1 の分、対向面 4 3 と離れている。

[0020] そして、図 2 B (b) に示すように、受感部 4 b が軸方向に力 F を受けると、スリット 4 2 の間隔が d 2 に変化し、流路 2 の先端部 2 1 から対向面 4 3 までの距離が d 2 に変化することで（図 2 B (b 1) 参照）、流路 2 を流れる空気の流量が変わる。なお、流路 2 の先端部 2 1 から対向面 4 3 までの距離が長いほど、流路 2 を流れる空気の流量は増える。

[0021] 次に、外力と流量の対応関係に関する実験結果について説明する。図 3 (a) に示すように、チューブ挟み込み型の受感部 4 a を用いた実験では、空気送出部 1 における空気圧を 400 kPa G（ゲージ）（1 気圧よりも 40

0 k P a 高い圧力) とし、横軸に力  $F$  [N (ニュートン)] をとり、縦軸に流路 2 を流れる空気の流量  $Q$  [L / m i n (n o r (0 ° C 1 気圧換算))] をとると、曲線 L 1 という結果を得ることができた。これを見ればわかるように、受感部 4 a に外力を与えた場合、流路 2 を流れる空気の流量が有意に変化している。

[0022] 次に、図 3 (b) に示すように、スリット型の受感部 4 b を用いた実験では、空気送出部 1 における空気圧を 5 0 k P a G とし、横軸に力  $F$  [N] をとり、縦軸に流路 2 を流れる空気の流量  $Q$  [L / m i n (n o r)] をとると、曲線 L 2 という結果を得ることができた。これを見ればわかるように、受感部 4 b に外力を与えた場合、流路 2 を流れる空気の流量が有意に変化している。

[0023] 次に、受感部 4 の動特性 (外力に対する流量変化の時間的な応答性能) に関する実験結果について説明する。図 4 (a) に示すように、チューブ挟み込み型の受感部 4 a を用いた実験では、受感部 4 a に 2 0 ~ 2 5 N 程度の外力を人間によって数回与え、横軸に時間 [秒] をとり、縦軸に力  $F$  [N] および流路 2 を流れる空気の流量  $Q$  [L / m i n (n o r)] をとると、曲線 L 3、L 4 という結果を得た。これを見ればわかるように、受感部 4 a に与える外力の時間的変化に対し、流路 2 を流れる空気の流量の時間的変化がほぼ追従している。

[0024] 次に、図 4 (b) に示すように、スリット型の受感部 4 b を用いた実験では、受感部 4 a に 1 5 ~ 2 0 N 程度の外力を人間によって数回与え、横軸に時間 [秒] をとり、縦軸に力  $F$  [N] および流路 2 を流れる空気の流量  $Q$  [L / m i n (n o r)] をとると、曲線 L 5、L 6 という結果を得た。これを見ればわかるように、受感部 4 b に与える外力の時間的変化に対し、流路 2 を流れる空気の流量の時間的変化がほぼ追従している。

[0025] 両実験に基づいて受感部 4 の動特性を評価すると、少なくとも、動作周波数が 2 ~ 3 H z 以下のタスク (外科手術など) に受感部 4 を適用することを想定した場合、十分な応答性能を実現していると言える。

[0026] 次に、力算出システム１００を使用する場合の演算装置５の処理について説明する。

まず、演算装置５の受信部５１は、流路２を流れる空気の流量を計測する（ステップＳ１）。具体的には、受信部５１が流量計３から流路２を流れる空気の流量の計測データを受信し、その計測データに基づいて処理部５２が流路２を流れる空気の流量を把握（計測）する。

[0027] 次に、処理部５２は、記憶部５３の流量・力対応関係情報５３１を参照し（ステップＳ２）、その流量・力対応関係情報５３１と、ステップＳ１で計測した流路２を流れる空気の流量とに基づいて、受感部４が受けている力（外力）を算出する（ステップＳ３）。なお、力算出システム１００を手術ロボットに適用する場合、例えば、ステップＳ３で算出した力を遠隔で操作している医師に機械的に再現して与えるフィードバック制御を行えばよい。

[0028] 次に、処理部５２は、処理終了条件を充足したか否かを判断し（ステップＳ４）、Ｙｅｓの場合は処理を終了し、Ｎｏの場合はステップＳ１に戻る。なお、処理終了条件とは、例えば、ユーザによる入力部５４におけるその旨の入力操作などの手動によるものでもよいし、あるいは、受感部４に対する外力が所定時間（例えば５分間）なかったという条件などの自動によるものでもよい。

[0029] このように、本実施形態の力算出システム１００によれば、流路２の先端部に設けられ、外力を受けると変形することで、流路２を流れる空気の流れやすさを変化させる受感部４と、記憶部５３に記憶された流量・力対応関係情報５３１とを用いて受感部４が受けている外力の大きさを算出することで、小型かつ安価であって、対象部分に電氣的な装置を使わずに、その部分に与えられている力を算出する力算出システム１００を実現することができる。さらに具体的には、受感部４は、チューブ挟み込み型、スリット型のいずれかによって実現することができる。

[0030] また、空気の流量を検出対象としているため、ＭＲＩ装置などの電磁環境下や、原子力プラントなどの防爆環境下などにおいても、支障なく使用でき

る。

また、受感部 4 は、その構造が単純であるため、小型化でき、部品点数が少なく済み、低コストや高耐久性を実現できる。そして、手術ロボットに適用する場合、受感部 4 を設置する鉗子の先端部分の直径は 10 mm 程度であるが、そのような鉗子にも受感部 4 を取り付けることができる。

[0031] また、病院など、空気送出部 1（空気圧源）が常設された場所においては、その空気送出部 1 を活用することで、全体のシステムのコンパクト化を図ることができる。

また、受感部 4 をステンレスやアルミニウムなどの金属で構成したことで、125℃程度の滅菌洗浄に耐えることができ、医療分野に適用することができる。

[0032] また、受感部 4 と流量計 3 の間は空気を流通させるための流路 2 でつながれるので、配置の自由度が高い。つまり、光ファイバ式センサを使用すると多関節の手術ロボットに配置する光ファイバの剛性によってその手術ロボットの動きを阻害することがあるが、本実施形態では流路 2 として低剛性のものを使用できるので、そのような問題を容易に回避することができる。

[0033] （変形例）

次に、受感部 4 の変形例について説明する。図 6（a）に示すように、チューブ挟み込み型の受感部 4 c、4 には、3つの流路 2 a、2、2 b、2、2 c、2 が、異なる位置に配置されてそれぞれの隙間 4 1 に挟み込まれている。この場合、例えば、3つの流路 2 a、2 b、2 c それぞれに別々の流量計 3 を配置することで、それぞれの空気の流量を計測する。

[0034] そして、演算装置 5 の処理部 5 2 は、3つの流路 2 a、2 b、2 c それぞれを流れる空気の流量と、記憶部 5 3 の流量・力対応関係情報 5 3 1 とに基づいて、3つの流路 2 a、2 b、2 c の先端部ごとに、受けている外力の大きさを算出することができる。そして、処理部 5 2 は、それらの情報に基づいて、受感部 4 c が受けている外力の大きさと向きを算出することができる。なお、3つの流路 2 a、2 b、2 c ごとに、対応する流量・力対応関係情

報 5 3 1 を別々に用意してもよい。

[0035] また、図 6 (b) に示すように、スリット型の受感部 4 d, 4 には、3つの流路 2 d, 2、2 e, 2、2 f, 2 が、異なる位置に配置されている。この場合、例えば、3つの流路 2 d、2 e、2 f それぞれに別々の流量計 3 を配置することで、それぞれの空気の流量を計測する。

[0036] そして、演算装置 5 の処理部 5 2 は、3つの流路 2 d、2 e、2 f それぞれを流れる空気の流量と、記憶部 5 3 の流量・力対応関係情報 5 3 1 とに基づいて、3つの流路 2 d、2 e、2 f の先端部ごとに、受けている外力の大きさを算出することができる。そして、処理部 5 2 は、それらの情報に基づいて、受感部 4 c が受けている外力の大きさと向きを算出することができる。なお、3つの流路 2 d、2 e、2 f ごとに、対応する流量・力対応関係情報 5 3 1 を別々に用意してもよい。

[0037] このように、変形例の受感部 4 によれば、流路 2 を複数にすることで、1つの受感部 4 で力の大きさと向きの算出が可能となる。

[0038] 以上で本実施形態の説明を終えるが、本発明の態様はこれらに限定されるものではない。

例えば、受感部 4 の材質は、前記したものに限定されず、同様の弾性変形性などを有するものであれば、チタンや樹脂など、他のものであってもよい。

[0039] また、チューブ挟み込み型の受感部 4 として、コイルスプリングを例にとって説明したが、これに限定されず、流路 2 を挟み込む隙間を有し、外力を受けるとその隙間の大きさが変化するものであれば、リーフスプリング、トーションスプリング、あるいはスプリング以外の弾性体など、他のものでもよい。

[0040] また、演算装置 5 としてコンピュータ装置の場合について説明したが、代わりに、受信部 5 1、処理部 5 2、記憶部 5 3 などが一体となった I C や L S I (Large Scale Integration) などを用いてもよい。

また、受感部 4 b (図 2 B 参照) は、全体が円筒形状でなくとも角型形状

などの他の形状でもよく、螺旋状のスリット42は1条強でなくても2条以上でもよく、さらに、底面部分の片方あるいは両方が閉塞されていてもよい。

[0041] また、本実施形態では、受感部4に対して押す方向の力を与える場合について説明したが、受感部4に対して引く方向の力を与える場合（手術ロボットが縫合作業をする場合など）についても同様に実現できる。その場合、図3（a）（b）に示すグラフの情報のほかに、力Fが負の場合の力Fと流量Qとの対応関係を予め調べておけばよい。

その他、ハードウェアやフローチャートなどの具体的な構成について、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能である。

## 符号の説明

|        |       |            |
|--------|-------|------------|
| [0042] | 1     | 空気送出部      |
|        | 2     | 流路         |
|        | 3     | 流量計        |
|        | 4     | 受感部        |
|        | 5     | 演算装置       |
|        | 2 1   | 先端部        |
|        | 2 2   | 途中部        |
|        | 4 1   | 隙間         |
|        | 4 2   | スリット       |
|        | 4 3   | 対向面        |
|        | 5 1   | 受信部        |
|        | 5 2   | 処理部        |
|        | 5 3   | 記憶部        |
|        | 5 4   | 入力部        |
|        | 5 5   | 出力部        |
|        | 1 0 0 | 力算出システム    |
|        | 5 3 1 | 流量・力対応関係情報 |

## 請求の範囲

### [請求項1]

所定の圧力で空気を送り出す空気送出部と、  
前記空気送出部と接続され、前記空気送出部から送り出された空気のための流路と、  
前記流路における前記空気送出部と逆の端部の位置に設けられ、外力を受けると変形することで、前記流路を流れる空気の流れやすさを変化させる受感部と、  
前記流路を流れる空気の流量を計測する流量計と、  
前記受感部が受ける外力の大きさ、および、前記空気送出部から送出された空気が前記流路を流れる流量の対応関係情報を予め記憶する記憶部と、  
前記流量計が計測した前記流路を流れる空気の流量、および、前記記憶部に記憶された対応関係情報に基づいて、前記受感部が受けている外力の大きさを算出する処理部と、  
を備えることを特徴とする力算出システム。

### [請求項2]

前記受感部は、前記流路を挟み込む隙間を有し、外力を受けると前記隙間の大きさが変化する弾性体であり、  
前記流路は、弾性変形可能なチューブであって、前記空気送出部に接続される端部と逆の端部が前記弾性体の隙間に挟み込まれており、  
前記弾性体が外力を受けると、前記隙間の大きさが変化することで、前記チューブを流れる空気の流量が変わることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の力算出システム。

### [請求項3]

前記受感部は、所定方向に前記外力を受けた場合に開口の間隔が変化するスリットを有しており、  
前記流路は、チューブであって、前記空気送出部に接続される端部と逆の端部が前記受感部のスリットに開口する位置に配置されており、  
前記受感部が前記所定方向に外力を受けると、前記スリットの開口

の間隔が変化し、前記チューブにおける前記逆の端部からその対向面までの距離が変化することで、前記チューブを流れる空気の流量が変わる

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の力算出システム。

[請求項4]

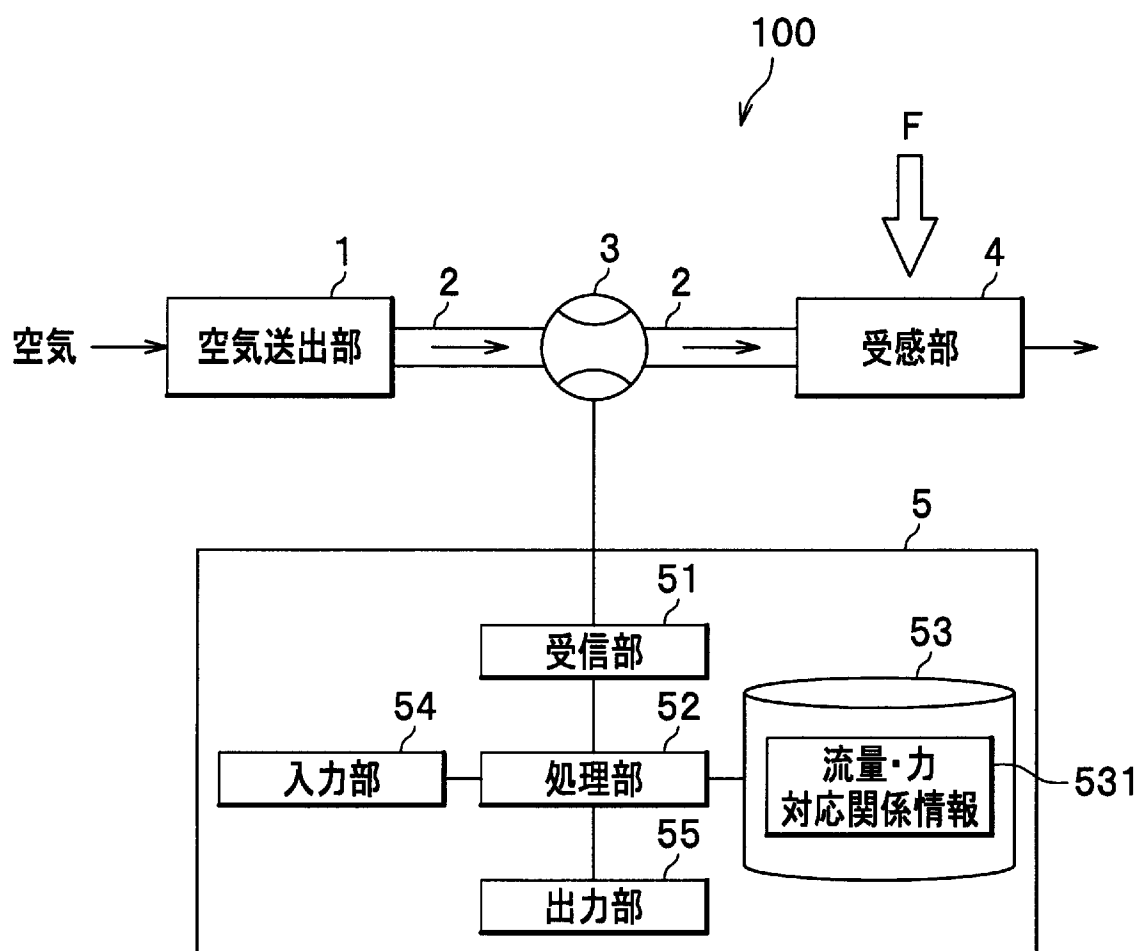
前記流路は、複数設けられ、それぞれの一端が直接または間接的に前記空気送出部と接続され、それぞれ他端が前記受感部の異なる位置に配置され、

前記流量計は、複数の前記流路それぞれに対して設けられ、

前記処理部は、複数の前記流路それぞれを流れる空気の流量、および、前記記憶部に記憶された対応関係情報に基づいて、複数の前記流路の他端の部分ごとに、受けている外力の大きさを算出する

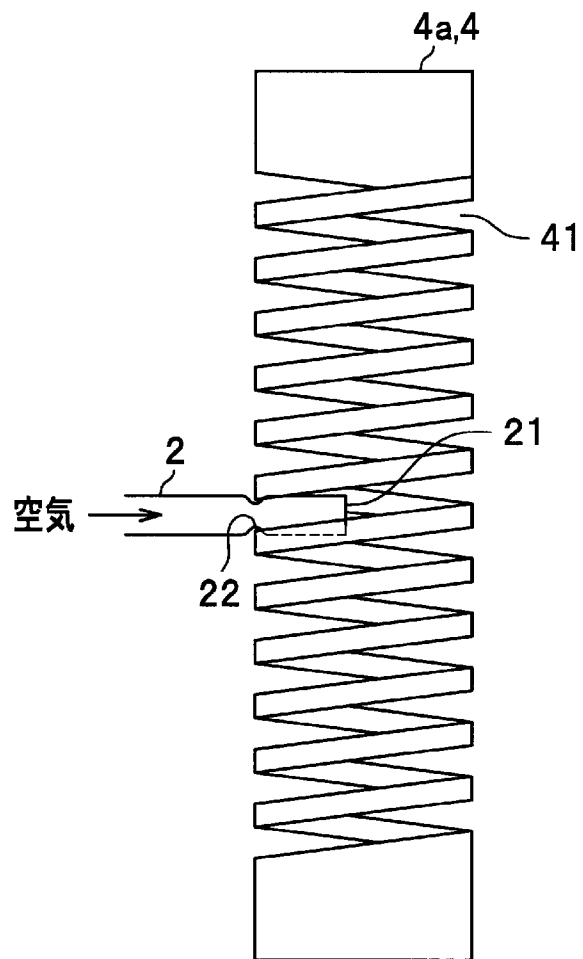
ことを特徴とする請求の範囲第1項から第3項までのいずれか一項に記載の力算出システム。

[図1]

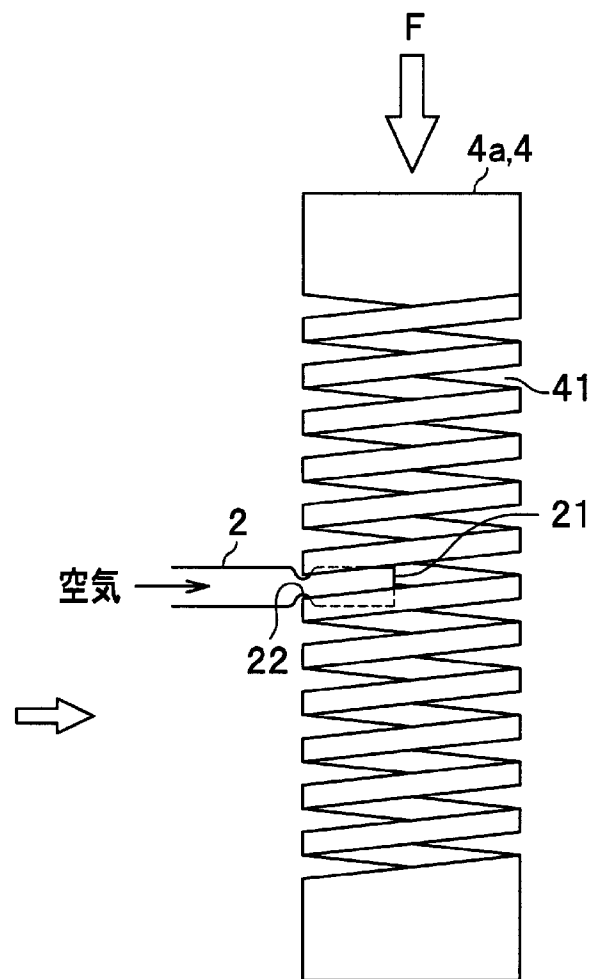


[図2A]

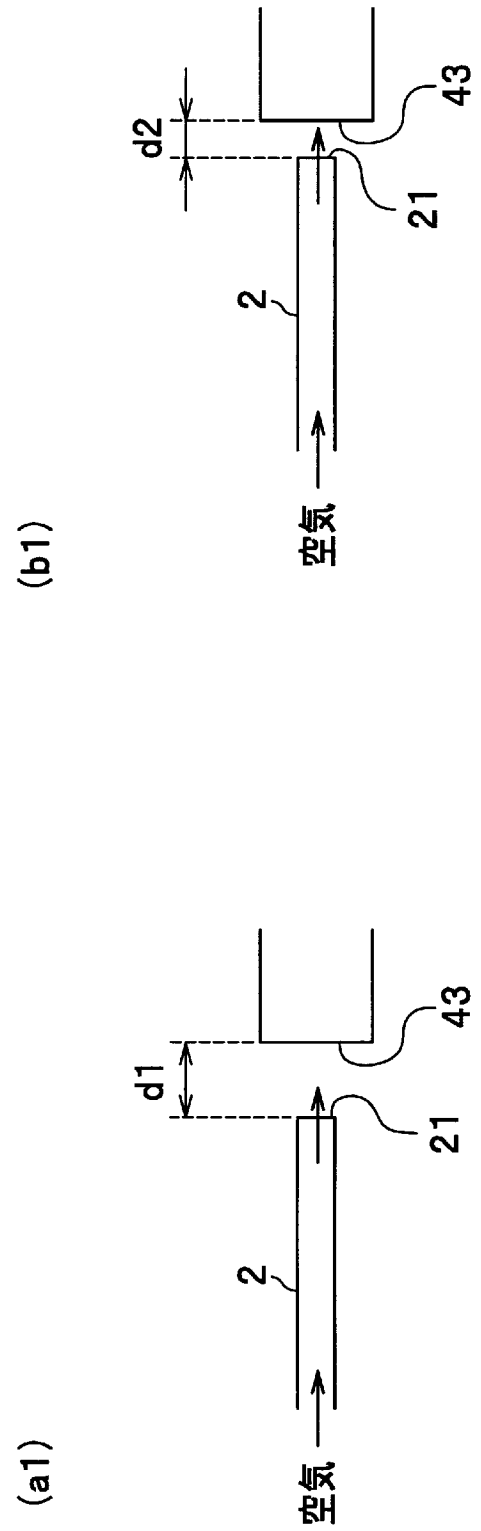
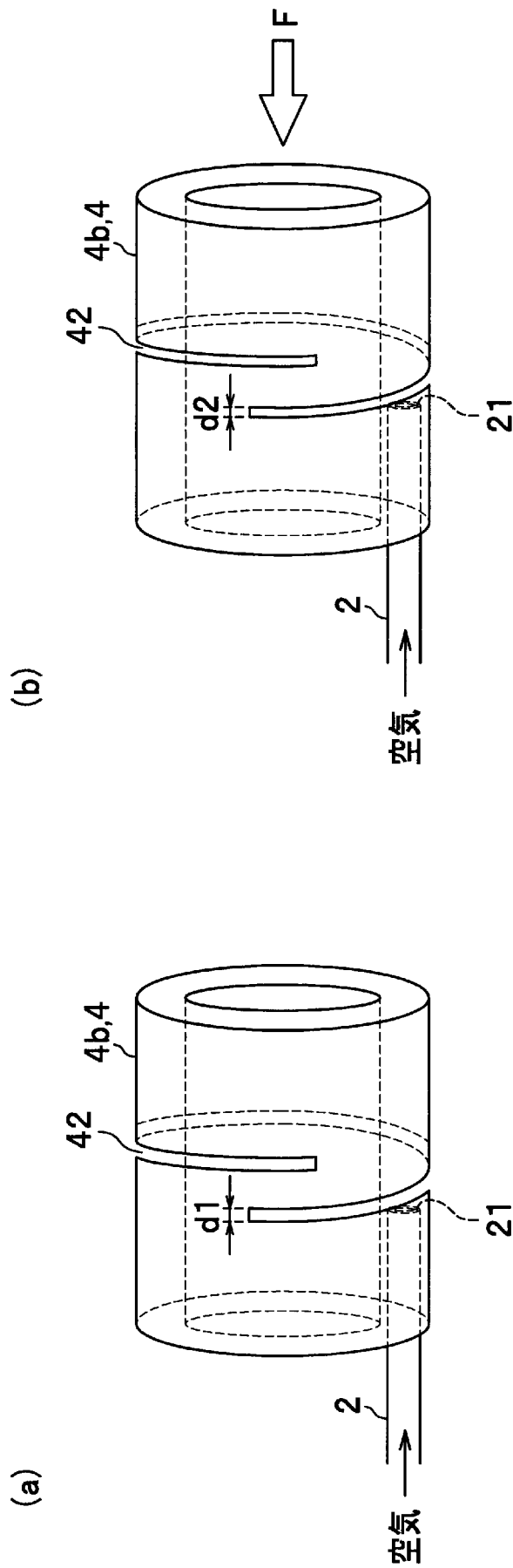
(a)



(b)

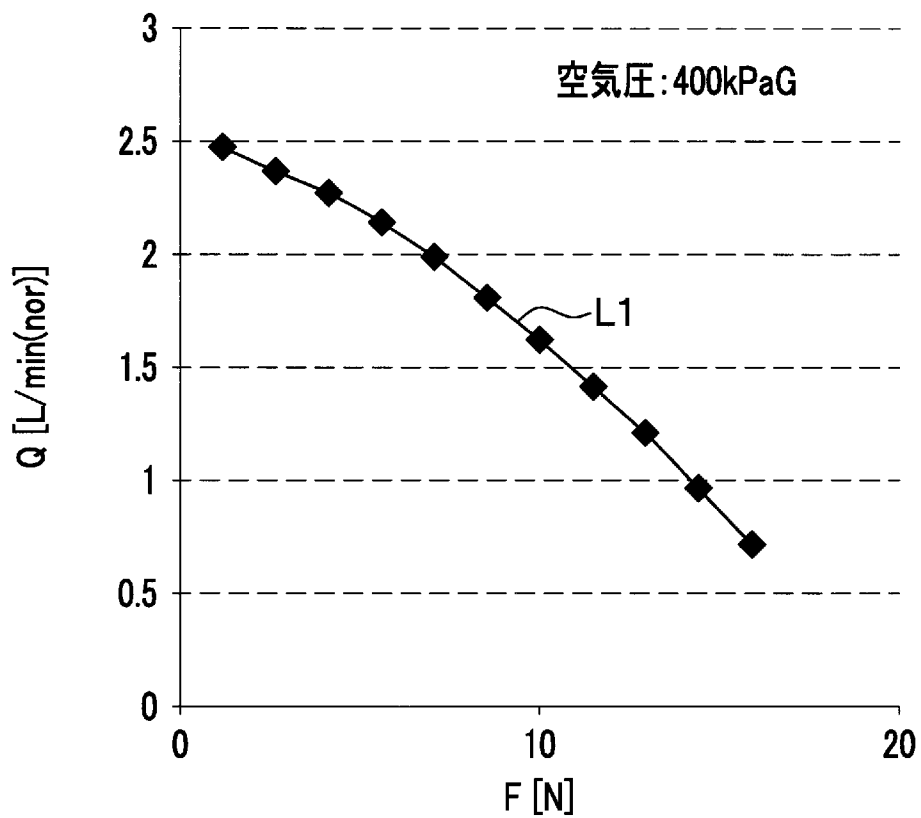


[図2B]

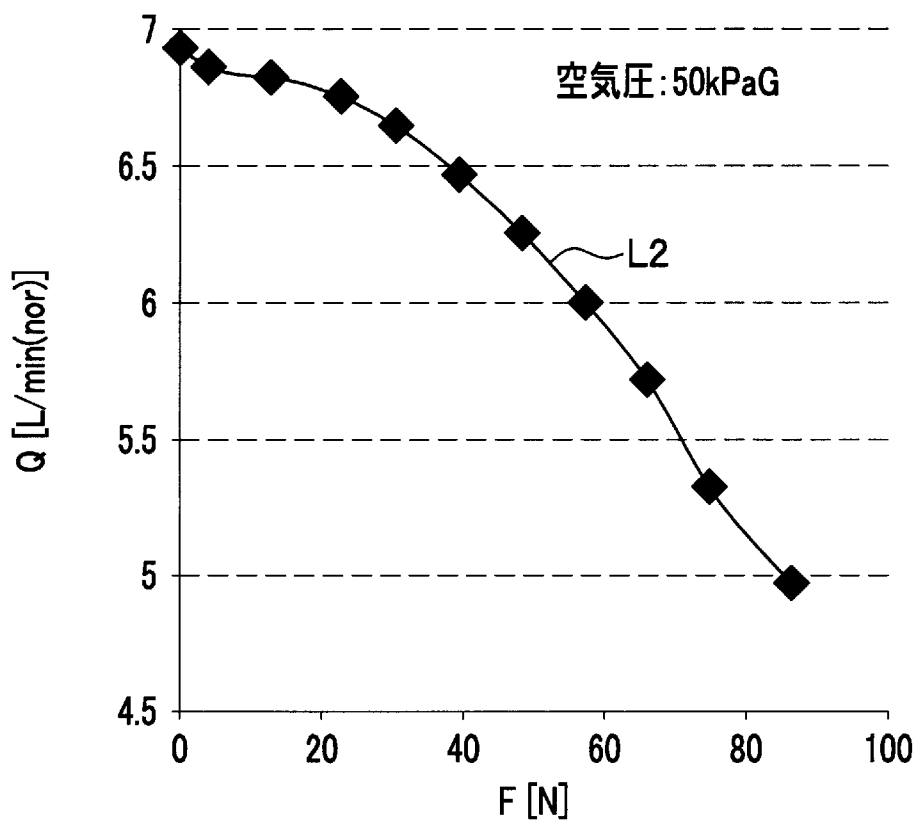


[図3]

(a)

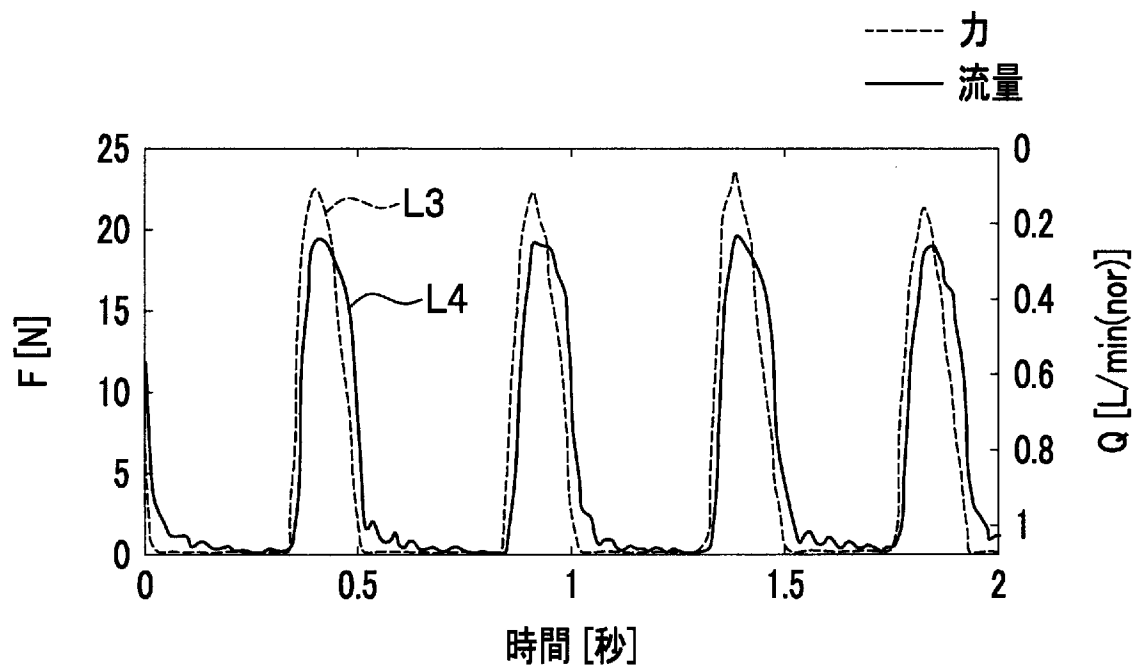


(b)

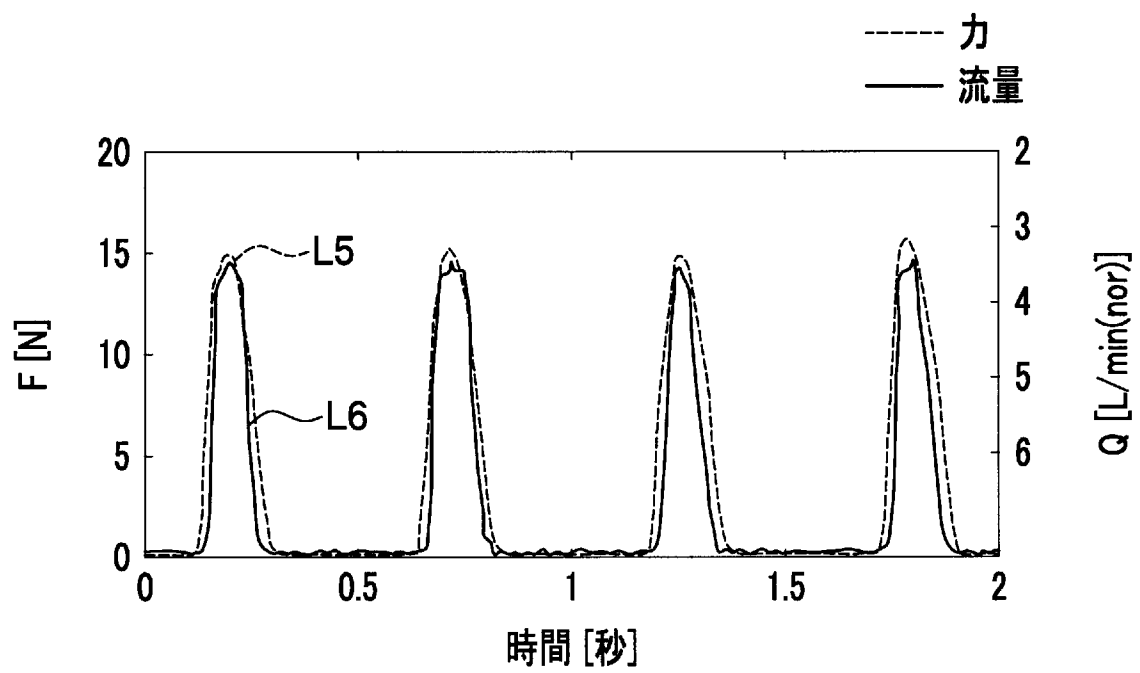


[図4]

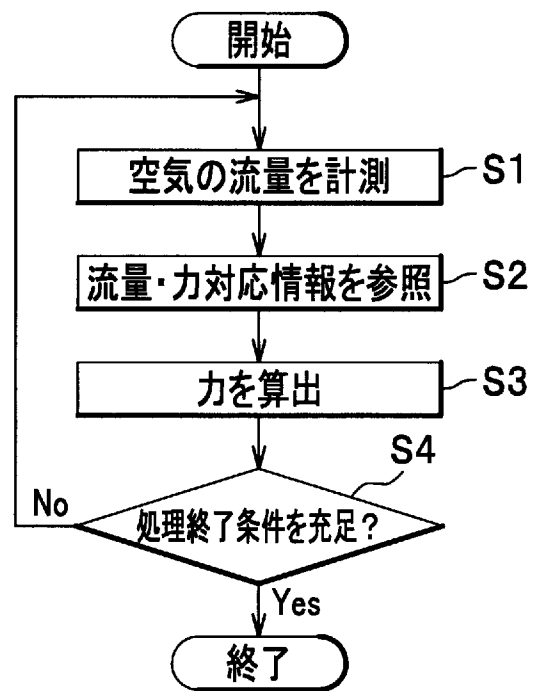
(a)



(b)

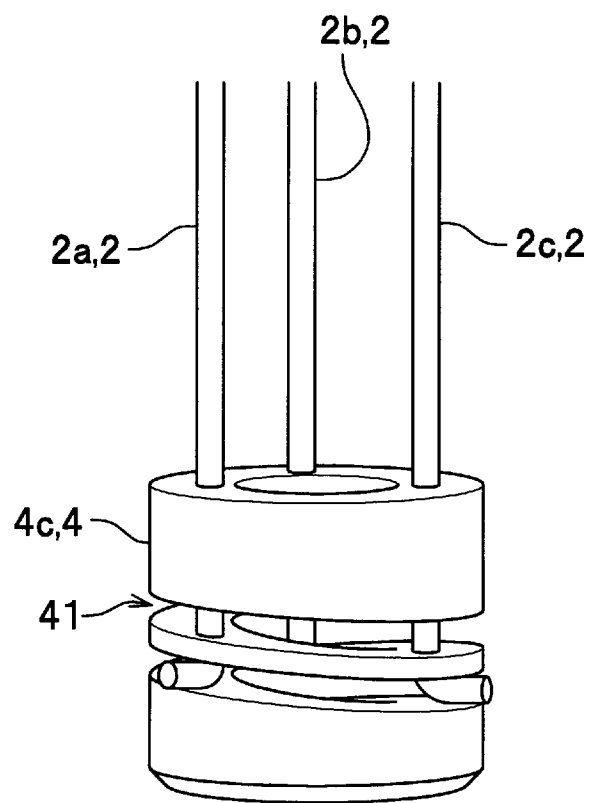


[図5]

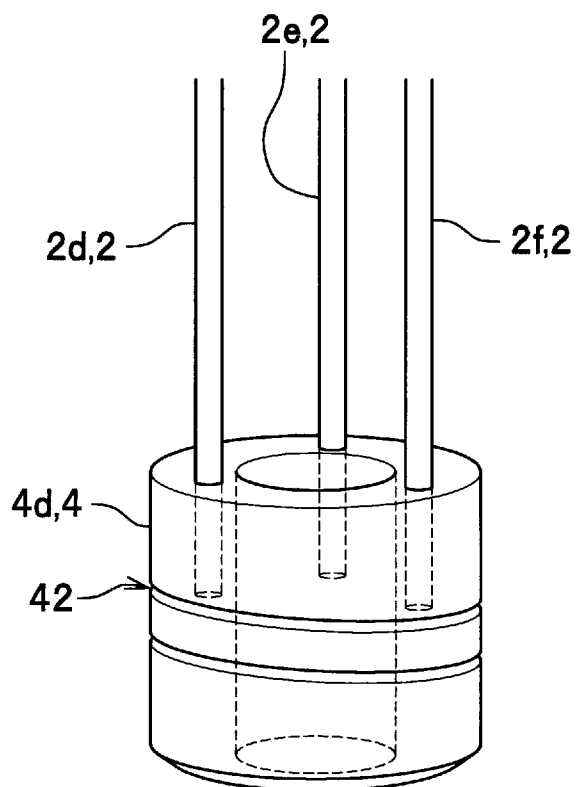


[図6]

(a)



(b)



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/060731

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L1/04(2006.01) i, G01L1/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01L1/00-1/26, G01L5/00-5/28, G01D5/42-5/46, G01B13/00-13/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                    | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A    | JP 55-106329 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.),<br>15 August 1980 (15.08.1980),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)    | 1<br>2-4              |
| Y<br>A    | JP 61-7431 A (Kabushiki Kaisha Marui Seisakusho),<br>14 January 1986 (14.01.1986),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)     | 1, 3-4<br>2           |
| Y<br>A    | JP 2009-276171 A (NIDEC Tosok Corp.),<br>26 November 2009 (26.11.2009),<br>paragraphs [0021] to [0070]; fig. 1 to 4<br>(Family: none) | 1, 3-4<br>2           |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
19 June, 2012 (19.06.12)Date of mailing of the international search report  
03 July, 2012 (03.07.12)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/060731

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                         | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 49-47770 A (Toray Industries, Inc.),<br>09 May 1974 (09.05.1974),<br>page 2, upper right column, line 18 to page 4,<br>upper left column, line 2; fig. 1 to 5<br>& US 3834224 A & GB 1404523 A                                                                                                          | 1-3                   |
| A         | JP 48-9761 A (Sankyo Dengyo Kabushiki Kaisha),<br>07 February 1973 (07.02.1973),<br>page 1, lower right column, line 10 to page 2,<br>lower left column, line 9; fig. 1 to 3<br>(Family: none)                                                                                                             | 1-3                   |
| Y         | Microfilm of the specification and drawings<br>annexed to the request of Japanese Utility<br>Model Application No. 148137/1983(Laid-open<br>No. 56208/1985)<br>(Toshiba Corp.),<br>19 April 1985 (19.04.1985),<br>specification, page 3, line 3 to page 6, the<br>last line; fig. 1 to 3<br>(Family: none) | 4                     |
| A         | JP 2003-284699 A (Foundation for Nara<br>Institute of Science and Technology),<br>07 October 2003 (07.10.2003),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                                                                                             | 1                     |

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01L1/04(2006.01)i, G01L1/00(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01L1/00-1/26, G01L5/00-5/28, G01D5/42-5/46, G01B13/00-13/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 日本国実用新案公報   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 2 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 2 年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                   | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| X<br>A          | JP 55-106329 A (三菱重工業株式会社) 1980.08.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)                             | 1<br>2 - 4     |
| Y<br>A          | JP 61-7431 A (株式会社圓井製作所) 1986.01.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)                               | 1, 3 - 4<br>2  |
| Y<br>A          | JP 2009-276171 A (日本電産トソク株式会社) 2009.11.26, 【0 0 2 1】 - 【0 0 7 0】, 第1 - 4図 (ファミリーなし) | 1, 3 - 4<br>2  |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田邊 英治

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

2 F

9 4 0 9

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                        |                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                      | 関連する<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 49-47770 A (東レ株式会社) 1974.05.09, 第2ページ右上欄第18行ー第4ページ左上欄第2行, 第1ー5図 & US 3834224 A & GB 1404523 A                                       | 1ー3            |
| A                     | JP 48-9761 A (三協電業株式会社) 1973.02.07, 第1ページ右下欄第10行ー第2ページ左下欄第9行, 第1ー3図 (ファミリーなし)                                                          | 1ー3            |
| Y                     | 日本国実用新案登録出願58-148137号(日本国実用新案登録出願公開60-56208号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社東芝) 1985.04.19, 明細書第3ページ第3行ー第6ページ末行, 第1ー3図 (ファミリーなし) | 4              |
| A                     | JP 2003-284699 A (財団法人奈良先端科学技術大学院大学支援財団) 2003.10.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)                                                                  | 1              |