

(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
2013年10月24日(24.10.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/157295 A1

- (51) 国際特許分類:
G01L 1/02 (2006.01) B25J 19/02 (2006.01)
A61B 19/00 (2006.01) F15B 11/06 (2006.01)
B25J 19/00 (2006.01) G01L 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/053930
- (22) 国際出願日: 2013年2月19日(19.02.2013)
- (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 2012-095039 2012年4月18日(18.04.2012) JP
- (71) 出願人: 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2-1-2-1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 只野 耕太郎(TADANO Kotaro); 〒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). 川嶋 健嗣(KAWASHIMA Kenji); 〒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). 岡本 悠(OKAMOTO Yu); 〒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, BN, 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, PA, 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, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: EXTERNAL FORCE COMPUTATION METHOD

(54) 発明の名称: 外力算出方法

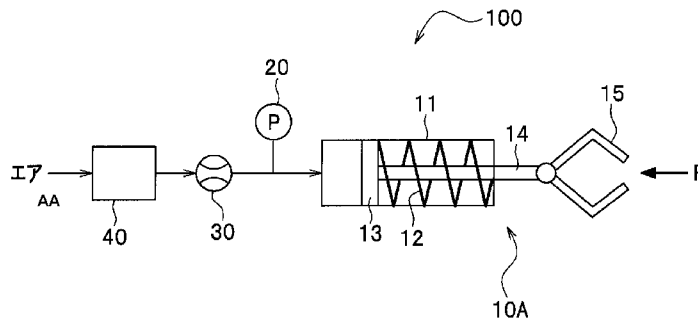
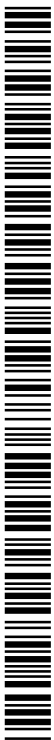


Fig. 1
AA Air

(57) Abstract: Provided is an external force computation method, with which it is possible to implement, by not having a mechanical sensor, such as a displacement sensor, disposed thereon, miniaturization of a device and ease of sterilization washing. A method for computing an external force (F) which is loaded upon a jig (15) in an air pressure actuator (10A) comprising a drive unit (13) which is connected to the jig (15) comprises: a state degree measurement step which measures, by state degree measurement means (20, 30), a state degree of air when the drive unit (13) moves by the load of the external force (F) on the jig (15); and an external force computation step of computing, by a computation unit, the external force (F) which is loaded upon the jig (15), on the basis of the state degree which is measured in the state degree measurement step and a relational formula of the state degree and the external force (F) which is loaded upon the jig (15).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2013/157295 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

変位センサ等の機械的センサを設けないことによる装置の小型化かつ滅菌洗浄の容易さの実現可能な外力算出方法を提供する。治具 (15) に接続された駆動部 (13) を備える空気圧アクチュエータ (10A) における、治具 (15) に負荷される外力 F を算出する方法であって、治具 (15) への外力 F の負荷によって駆動部 (13) が移動した時におけるエアの状態量を、状態量測定手段 (20, 30) によって測定する状態量測定ステップと、前記状態量測定ステップにおいて測定された状態量、及び、状態量と治具 (15) に負荷される外力 F との関係式に基づき、治具 (15) に負荷される外力 F を演算部によって算出する外力算出ステップと、を有するものとする。

明 細 書

発明の名称 : 外力算出方法

技術分野

[0001] 本発明は外力算出方法に関し、例えば低侵襲外科手術におけるマニピュレータの駆動等に適用される外力算出方法に関する。

背景技術

[0002] 患者への痛みを低減したり、手術後の手術痕を目立ちにくいものとしたりすることを目的として、低侵襲外科手術が広く行われている。低侵襲外科手術においては、例えばマニピュレータ（例えば鉗子）が手術者等によって使用される。具体的には、手術者等が、患者の体表面に設けられた挿入孔からマニピュレータを挿入して駆動させ、手術者が手術を行うようになっている。

[0003] このような手術の際、より正確な作業を行う観点から、マニピュレータに負荷される圧力（外力）が、手術者に対して提示されることが望まれている。即ち、マニピュレータに臓器等が接触した時に負荷される圧力が手術者に提示されれば、マニピュレータのより適切な駆動が可能になると考えられる。そこで、このような技術に関連して、例えば非特許文献1に記載の技術が知られている。

[0004] 非特許文献1の記載の技術においては、図9に示すように、シリンダ11と、スプリング12と、ピストン13と、ロッド14と、マニピュレータ15とを備えた空気圧アクチュエータ10Dが用いられている。シリンダ11には、変位センサ（具体的にはロータリーエンコーダ）18が設けられている。マニピュレータ15に外力Fが負荷されると、ピストン13は移動する。そこで、変位センサ18がピストン13の移動量を測定し、当該移動量に基づいて、外力Fが算出されている。

先行技術文献

非特許文献

- [0005] 非特許文献1：空気圧サーボを用いた力センシング機能を有する多自由度鉗子システムのバイラテラル制御、日本コンピュータ外科学会誌、pp 25～31、(2005)、只野耕太郎、川嶋健嗣

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 非特許文献1に記載の技術においては、ロータリーエンコーダを用いて、外力Fが算出されている。このように、非特許文献1に記載の技術においては、ロータリーエンコーダ等の物理的な変位センサ（機械的手段）を用いないと、外力Fの算出を行うことができない。即ち、非特許文献1に記載の技術においては、変位センサを設置するための空間（領域）が必要とされるため、空気圧アクチュエータ等の装置の小型化が困難であるという課題がある。

- [0007] 本発明は前記課題を解決するべく為されたものであり、その目的は、変位センサ等の機械的センサを設けないことによる装置の小型化かつ滅菌洗浄の容易さを実現可能な外力算出方法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

- [0008] 本発明者らは前記課題を解決するべく鋭意検討を行った。具体的には、装置の小型化及び滅菌洗浄の容易さの実現を図るために、物理的な変位センサに代わる手段が無いか検討を行った。その結果、本発明者らは、物理的な変位センサを設ける代わりに、空気圧アクチュエータに供給されるエアの状態量と外力Fとの関係式を用いて外力Fを算出できることを見出した。

- [0009] 即ち、本発明は、以下に示す手段により実施される。

(1)

治具に接続された駆動部を備える空気圧アクチュエータにおける、前記治具に負荷される外力を算出する方法であって、

前記治具への外力の負荷によって前記駆動部が移動した時におけるエアの状態量を、状態量測定手段によって測定する状態量測定ステップと、

前記状態量測定ステップにおいて測定された状態量、及び、状態量と前記

治具に負荷される外力との関係式に基づき、前記治具に負荷される外力を演算部によって算出する外力算出ステップと、を有する。

(2)

前記状態量測定ステップにおいて測定される状態量が少なくとも圧力であり、前記状態量測定手段によって測定された圧力、及び、圧力と前記駆動部の変位との関係式に基づき、前記駆動部の変位を前記演算部によって算出する変位算出ステップを有し、

前記外力算出ステップにおいて、前記変位算出ステップにおいて算出された変位、及び、変位と前記治具に負荷される外力との関係式に基づき、前記治具に負荷される外力を前記演算部によって算出する。

(3)

前記駆動部の移動時の速度を前記演算部によって算出する速度算出ステップを有する。

(4)

前記状態量測定ステップにおいて測定される状態量が圧力及び流量であり、前記状態量測定手段によって測定された圧力及び流量、及び、圧力と流量と前記駆動部の変位との関係式に基づき、前記駆動部の変位を前記演算部によって算出する変位算出ステップを有し、

前記外力算出ステップにおいて、前記変位算出ステップにおいて算出された変位、及び、変位と前記治具に負荷される外力との関係式に基づき、前記治具に負荷される外力を前記演算部によって算出する。

(5)

前記空気圧アクチュエータは、前記駆動部の移動により弾性変形する弾性部材を備え、

前記状態量測定ステップにおいて測定される状態量が、前記弾性部材が弾性変形した時に生じる状態量であり、前記状態量測定手段によって測定された状態量、及び、状態量と前記駆動部の変位との関係式に基づき、前記駆動部の変位を前記演算部によって算出する変位算出ステップを有し、

前記外力算出ステップにおいて、前記変位算出ステップにおいて算出された変位、及び、変位と前記治具に負荷される外力との関係式に基づき、前記治具に負荷される外力を前記演算部によって算出する。

発明の効果

- [0010] 前記（１）によれば、従来用いられていた変位センサ等の機械的センサを設ける必要がない。そのため、装置を小型化することができる。また、変位センサを設ける必要がないため、部品点数が少なくなり、装置構成が簡素化される。そのため、装置のメンテナンス（洗浄や滅菌等）を容易に行うことができる。また、部品点数が少なくなるため、防爆性や耐水性が要求される用途等、空気圧アクチュエータの利用可能な用途を拡げることができる。また、変位センサのような電力により制御される物理的な手段を設けないため、装置の設置場所が限定されることがない。さらには、外力 F が、エアの状態量と外力 F との関係式を用いて算出されるため、どのような種類の状態量を用いても外力 F を簡便に算出することができる。また、関係式を用いて算出することによって状態量の大きさが制限されないため、汎用性が拡大する。
- [0011] また、前記（２）によれば、圧力センサ等の簡便なセンサを用いて外力 F を算出することができる。そのため、外力計算のために特殊な手段を用いる必要がなく、既存の装置を利用して外力 F を算出することができる。
- [0012] さらに、前記（３）によれば、速度センサ等を設ける必要がないため、装置全体の構成を簡素化することができる。そのため、外力計算のために装置を過度に複雑化させることがなく、設置やメンテナンス（滅菌や洗浄等）が容易になる。
- [0013] また、前記（４）によれば、圧力センサ、流量センサ等の簡便なセンサを用いて外力 F を算出することができる。そのため、外力計算のために特殊な手段を用いる必要がなく、既存の装置を利用して外力 F を算出することができる。
- [0014] さらに、前記（５）によれば、より精度よく、外力 F を算出することがで

きる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]第1実施形態の外力算出方法を説明する図である。
[図2]第1実施形態の外力を算出するフローである。
[図3]第2実施形態の外力算出方法を説明する図である。
[図4]外力が負荷された時の管形状の変化を説明する図であり、(a)は定常状態の図、(b)は管が変形した状態の図である。
[図5]第2実施形態の外力を算出するフローである。
[図6]第3実施形態の外力算出方法を説明する図である。
[図7]外力が負荷された時のバルーンの変化を説明する図であり、(a)は定常状態の図、(b)は管が変形した状態の図である。
[図8]第3実施形態の外力を算出するフローである。
[図9]従来の外力算出方法を説明する図である。

発明を実施するための形態

- [0016] 以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための形態（本実施形態）を説明する。なお、本実施形態は以下の内容に何ら限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で任意に変更して実施可能である。なお、各図において、図示の便宜上、各手段を適宜拡大縮小して示している。また、各図において、図示の簡略化のために、各手段を適宜簡略化して示している。

[0017] [1. 第1実施形態]

第1実施形態の外力算出方法に適用可能な外力算出システム100を図1に示す。図1に示すように、外力算出システム100は、空気圧アクチュエータ10Aと、圧力センサ20（状態量測定手段）と、流量センサ30（状態量測定手段）と、空気圧サーボ弁40と、を備えている。また、外力算出システム100は、図示しない演算部を備えている。

- [0018] 空気圧アクチュエータ10A、圧力センサ20、流量センサ30及び空気圧サーボ弁40は管（図示しない）により接続されている。この管には、空気が通流するようになっている。なお、より精度よく外力を算出する観点か

ら、この管における圧力損失はできるだけ小さくすることが好ましい。また、圧力センサ20、流量センサ30及び空気圧サーボ弁40は、図示しない電気信号線により、演算部に接続されている。

[0019] 空気圧アクチュエータ10Aは、シリンダ11と、スプリング12と、ピストン13と、ロッド14と、マニピュレータ15と、を備えている。シリンダ11内には、スプリング12及びピストン13が備えられている。シリンダ11内においてロッド14の外周を取り囲んで、スプリング12が設けられている。ピストン13には、ロッド14を介して、マニピュレータ15が接続されている。

[0020] ピストン13は、シリンダ11内で、シリンダ11の軸方向に摺動可能になっている。そのため、シリンダ11とピストン13とにより形成される空間にエアが供給されると、ピストン11がスプリング12の弾性力に逆らって紙面右方向に摺動するようになっている。これにより、マニピュレータ15は、シリンダ11の軸方向の位置が制御されるようになっている。

[0021] マニピュレータ15は、本実施形態においては、鉗子である。マニピュレータ15は、図示しない駆動手段及び制御部により、その先端が手術者により制御可能になっている。

[0022] 圧力センサ20及び流量センサ30（状態量測定手段）は、シリンダ11内に供給されるエアの圧力及び流量を測定するものである。各手段を接続する管の圧力損失は小さいと考えることができるため、圧力センサ20により測定される圧力は、シリンダ11内のエアの圧力と考えることができる。圧力センサ20としては、例えば任意の圧力計を用いることができる。また、流量センサ30としては、例えば任意の流量計を用いることができる。

[0023] 空気圧サーボ弁40は、エア（例えば外気）を取り込んでシリンダ11内に供給するものである。また、空気圧サーボ弁40は、シリンダ11に供給するエアの圧力を調整するものである。具体的には、空気圧サーボ弁40は、シリンダ11内のエア圧力が所定の圧力になるように、圧力及び流量を調整するようになっている。ここで、シリンダ11内のエア圧力とは、マニピ

ューレータ 15 をシリンダ 11 の軸方向の所望の位置に移動させるために必要な圧力である。空気圧サーボ弁 40 としては、例えば流量制御タイプのスプール型空気圧サーボ弁を用いることができる。また、空気圧サーボ弁 40 は、手術者の指示に応じて、図示しない制御部により制御されるようになっている。

[0024] 演算部は、圧力センサ 20 及び流量センサ 30 により、エアの圧力及び流量を測定するものである。演算部は、例えば CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、HDD (Hard Disk Drive) 等を備え、ROM に格納されている所定のプログラムが CPU によって実行されることにより具現化される。

[0025] 次に、外力算出システム 100 における外力算出方法を、図 1 及び図 2 を参照しながら説明する。図 2 は、外力 F を算出するフローである。図 2 に示すフローは、マニピュレータ 15 (治具) に接続されたピストン 13 (駆動部) を備える空気圧アクチュエータ 10A における、マニピュレータ 15 (治具) に負荷される外力を算出する方法である。

[0026] このフローは、前記した状態変量測定手段により測定された状態量と、状態量と外力 F との関係式とに基づき、前記した演算部によって行われる。具体的には、空気圧アクチュエータ 10A に供給されるエアの状態量 (本実施形態においては、流量及び圧力) に基づいて、マニピュレータ 15 (治具) に負荷される外力 F を算出する。このフローは、空気圧サーボ弁 40 により所定流量でエアがシリンダ 11 に供給されて状態 (定常状態) で、マニピュレータ 15 に外力 F が負荷された時に行われる。

[0027] なお、演算部は、定常状態における、シリンダ 11 とピストン 13 とにより形成される空間 (エアが供給される空間) の容積 (体積) V_0 を予め計算し、HDD 等に記憶している。容積 V_0 は、圧力センサ 20 により測定される圧力を用い、例えば気体の状態方程式等により計算される。また、演算部は、定常状態における、圧力センサ 20 により圧力 P_0 を測定し、HDD 等に記憶している。さらに、演算部は、定常状態における、流量センサ 30 により流

量 G_0 を測定し、HDD等に記憶している。

[0028] また、以下の算出時には、空気圧サーボ弁40の駆動条件は変化しないものとする。

[0029] マニピュレータ15に外力 F が負荷されてピストン13が移動すると、シリンダ11内の圧力は増加する。即ち、空気圧サーボ弁40の駆動条件が変化しなければ、ピストン13が移動してシリンダ内の容積が小さくなった分、シリンダ11内の圧力が増加することになる。さらには、外力 F が負荷されると、流量に変化が生じる。そこで、演算部は、圧力センサ20により、外力負荷後の圧力を測定する（ステップS101）。また、演算部は、流量センサ30により、外力負荷後の流量を測定する（ステップS102）。

[0030] 即ち、圧力センサ20（状態量測定手段）は、マニピュレータ15（治具）への外力 F の負荷によってピストン13（駆動部）が移動した時におけるエアの圧力（状態量）を測定する（状態量測定ステップ）。また、流量センサ30（状態量測定手段）は、外力 F の負荷によってピストン13（駆動部）が移動した時におけるエアの流量（状態量）を測定する（状態量測定ステップ）。

[0031] 演算部は、ステップS101及びステップS102において測定した圧力及び流量に基づき、ピストン13の移動時の速度 v を算出する（ステップS103）。即ち、演算部は、ピストン13（駆動部）の移動時の速度 v を算出する（速度算出ステップ）。ピストン13の速度 v は、以下の式（1）に基づいて算出される。なお、供給されるエアの温度は、通常は変化しない。そこで、本実施形態においては、温度は一定であるものとする。また、計算の簡略化のために、エアは理想気体であるものとする。

[0032] [数1]

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{GRT - V_0 P'}{P_0 A} \quad \dots (1)$$

ただし、 P_0 、 A 、 v 、 V_0 、 P' 、 G 、 R 及び T は、以下の値である。

P_0 ：定常状態における、シリンダ11とピストン13とにより形成される空

間の圧力

A : ピストン 1 3 の受圧面積 (ピストン 1 3 の摺動方向に垂直な方向の断面面積 ; 定数)

v : ピストン 1 3 の速度

V₀ : 定常状態における、シリンダ 1 1 とピストン 1 3 とにより形成される空間の容積

P' : 定常状態からの圧力変化量の時間微分値

G : 流量センサ 3 0 により測定された流量

R : 気体定数

[0033] 次に、演算部は、前記式 (1) に基づき算出された速度 v を積分し、変位 x を算出する (ステップ S 1 0 4)。ここで、変位 x は、定常状態のピストン 1 3 の位置を基準とした変位 (定常状態からの変位量) である。即ち、演算部は、圧力センサ 2 0 及び流量センサ 3 0 (状態量測定手段) によって測定された圧力及び流量から速度 v を算出し、算出された速度 v とピストン 1 3 (駆動部) の変位 x との関係式 ($x = \int v dt$) に基づき、ピストン 1 3 (駆動部) の変位 x を算出する (変位算出ステップ)。

[0034] そして、演算部は、算出された変位 x に基づき、外力 F を算出する (ステップ S 1 0 5)。即ち、演算部は、前記状態量測定ステップにおいて測定された圧力及び流量 (状態量)、及び、これらと外力 F との関係式に基づき外力 F を算出する (外力算出ステップ)。より具体的には、演算部は、算出された変位 x、及び、変位 x と外力 F との関係式 (以下の式 (2)) に基づき外力 F を算出する。外力 F は、以下の式 (2) に基づいて算出される。

[0035] [数2]

$$F = PA - Bv - Kx \quad \dots (2)$$

ただし、P、A、B、v、K 及び x は、以下の値である。

P : 圧力センサ 2 0 により測定されたシリンダ 1 1 内の圧力

A : 前記式 (1) と同様の値 (ピストン 1 3 の受圧面積 ; 定数)

B : ピストン 1 3 摺動時における、ピストン 1 3 の粘性係数 (予め実験等に

より決定される；定数)

v：ステップS 1 0 3において算出した速度v

K：スプリング1 2のばね定数（予め実験等により決定される；定数）

x：ステップS 1 0 4において算出した変位x

[0036] このようにして、外力Fが算出される。算出された外力Fは、演算部により、手術者に提示される。提示の形態は、例えば、外力Fの大きさに応じて、手術者に反動を与えること等が挙げられる。

[0037] 外力Fの算出に際して、前記のように、変位xの測定（実測）を行っていない。そのため、従来用いられていた変位センサを設ける必要がない。これにより、空気圧アクチュエータを用いた装置全体を小型化することができる。しかも、外力Fの算出に用いられる各パラメータは、既存の手段により測定される値が用いられる。そのため、外力Fを算出するために、新たな手段を導入する必要がない。

[0038] 特に、外力Fが、エアの状態量と外力Fとの関係式を用いて算出されるため、どのような種類の状態量を用いても外力Fを簡便に算出することができる。また、関係式を用いて算出することによって、状態量の大きさが制限されないため、汎用性が拡大する。また、例えば外力Fと変位x又は流量Gと等の関係を予め実験等によって決定しなくてもよいため、例えばスプリング1 2、ピストン1 3の仕様変更等が生じたとしても、式（1）及び式（2）で用いる値のみを変更すれば新たな条件で外力Fを算出することができる。従って、様々な条件や仕様の変更が生じたとしても、新たな条件の下で、簡便に外力Fを算出することができる。

[0039] また、変位センサを設ける必要がないため、部品点数が少なくなり、装置構成が簡素化される。そのため、装置のメンテナンス（洗浄や滅菌等）を容易に行うことができる。また、部品点数が少なくなるため、防爆性や耐水性が要求される用途等、空気圧アクチュエータの利用可能な用途を拡げることができる。

[0040] さらには、従来用いられていた変位センサは、通常は電力を利用して駆動

する。そのため、電力の通電による磁力等が変位センサから発生することがある。そのため、装置の設置場所が限定されたり、磁力等への対策を要したりすることがあった。しかしながら、本実施形態の外力算出方法においては、物理的な測定手段である変位センサを設けずに既存の手段によって外力Fが測定可能である。従って、変位センサにより発生しうる外部への磁力等の発生を考慮する必要がない。そのため、装置の設置場所が限定されることなく、外力算出方法は様々な用途に適用可能となる。

[0041] また、本実施形態においては、圧力センサ、流量センサ等の簡便なセンサを用いて外力が算出される。そのため、外力計算のために特殊な手段を用いる必要がなく、前記のように、既存の装置を利用して外力を算出することができる。また、速度センサ等を設ける必要がないため、装置全体の構成を簡素化することができる。そのため、外力計算のために装置を過度に複雑化させることがなく、設置やメンテナンス（滅菌や洗浄等）が容易になる。

[0042] 第1実施形態の外力算出方法は、空気圧アクチュエータを用いた装置に適用される。そのため、空気圧アクチュエータ10Aのマニピュレータ15に外力が負荷されると、シリンダ11内の空気は圧縮可能であるため、ピストン11が移動する。そして、この現象を利用し、外力Fが算出される。これにより、負荷された外力Fの提示が行われる。そのため、手術等において、精度よく作業を行うことができる。

[0043] [2. 第2実施形態]

第2実施形態の外力算出方法に適用可能な外力算出システム200を図3に示す。図3において、図1に示す外力算出システム100と同じものについては同じ符号を付すものとし、その詳細な説明は省略する。

[0044] 図3に示す外力算出システム200は、空気圧アクチュエータ10Bと、圧力センサ20と、空気圧サーボ弁40（第1サーボ弁）40と、流量センサ50と、空気圧サーボ弁60（第2サーボ弁）と、を備えている。また、外力算出システム200は、図示しない演算部を備えている。

[0045] 外力算出システム200における空気圧アクチュエータ10Bにおいては

、前記した第1実施形態の空気圧アクチュエータ10Aの構成に加えて、弾性体により構成される管（例えばゴム管）16が備えられている。管16は、シリンダ11の壁面及びロッド14を貫通して設けられている。また、管16は、スプリング12に狭持されている。

[0046] 管16には、空気圧サーボ弁60からのエアが通流している。そして、管16を通流するエアの流量は、流量センサ50により測定されるようになっている。流量センサ50及び空気圧サーボ弁60は、図示しない電気信号線により、演算部に接続されている。

[0047] ここで、外力Fが負荷されていない時の管16の様子と、外力Fが負荷されているときの管16の様子を、図4を参照しながら説明する。なお、図4において、管16が配置される様子が現実とは異なることがあるが、図4においては、管16の挙動をより明確に表すために、管16の配置の様子を簡略化して示している。

[0048] 空気圧サーボ弁40は、第1実施形態において説明したように、シリンダ11内のエア圧力が所定の圧力になるように、供給するエアの圧力及び流量を調整するようになっている（定常状態）。そして、この状態において、管16内には、空気圧サーボ弁60により供給されるエアが、一定の割合で通流している（図4（a）に示す状態）。

[0049] 定常状態において、外力Fがマニピュレータ15に負荷されると、ピストン13が紙面左方向にシリンダ11内を摺動する。この時、スプリング12の間隔は、定常状態よりも狭くなる。従って、スプリング12に狭持された管16の形状が、スプリング12によって歪められる。このため、管16内の流路は狭くなる（負荷状態；図4（b）に示す状態）。

[0050] そこで、第2実施形態では、このような流路の変化を利用し、外力Fが算出される。即ち、空気圧アクチュエータ10Bは、ピストン13（駆動部）の移動により弾性変形する管16（弾性部材）を備えている。そして、ピストン13（駆動部）が移動すると、管16（弾性部材）が弾性変形する。これにより管16内の流路が狭くなり、通過するエアの流量に変化が生じる。

この際の流量を流量センサ50で測定することで、ピストン13（駆動部）の変位 x を算出する。

[0051] このことを換言すれば、測定される流量（状態量） G が、管16（弾性部材）が弾性変形した時に変化するものであり、演算部は、測定された流量（状態量） G 、及び、流量（状態量）と外力 F との関係式（式（2）及び以下の式（3））に基づき外力 F を算出する。より具体的には、演算部は、流量 G と以下の式（3）に基づき変位 x を算出し、算出された変位 x と前記の式（2）に基づき外力 F を算出する。

[0052] 以下、具体的に、第2実施形態の外力算出方法を、図5を参照しながら説明する。第1実施形態と同様、定常状態において外力 F がマニピュレータ15に負荷された時に、図5に示すフローが行われる。

[0053] 外力 F がマニピュレータ15に負荷されると、前記のように、管16内の流路が狭くなる。そのため、管16を通流するエアの流量が減少する。そこで、演算部は、外力 F の負荷後に管16を通流するエアの流量（状態量）を測定する（ステップS201）。

[0054] 次に、測定された流量 G に基づいて、変位 x を算出する（ステップS202）。なお、ピストン13の移動に伴う流量 G と変位 x との関係は、予め予備実験等により決定される。具体的には、変位 x は、予め予備実験等により、流量 G の関数 f として決定される。即ち、この関数は、以下の式（3）で表される。

[数3]

$$x = f(G) \quad \dots (3)$$

[0055] ここで、ピストン13の移動量が多くなれば（変位 x が大きくなれば）、管16の弾性変形は大きくなる。これにより、管16の流路断面は小さくなる。そのため、管16内を通流するエアの流量 G は減少する。このように、流量 G と変位 x との間に成立する関係（式（3））を用い、変位 x が流量 G に基づき算出される。なお、式（3）は、例えば、反比例の式（ $x = 1/G$ ）等になる。

[0056] 演算部は、算出された変位 x を微分することにより、ピストン 13 の速度 v を算出する（ステップ S 203；速度算出ステップ）。さらに、演算部は、圧力センサ 20 により、シリンダ 11 内の圧力 P を測定する（ステップ S 204）。そして、演算部は、ステップ S 202 において算出された変位 x 、ステップ S 203 において算出された速度 v 、及び、ステップ S 204 において測定された圧力 P を前記式（2）に代入することにより、外力 F を算出する（ステップ S 205）。即ち、演算部は、少なくとも、式（3）に基づき算出された変位 x 、及び、変位 x と外力 F との関係式（式（2））に基づき外力 F を算出する。

[0057] このようにして、外力 F が算出される。算出された外力 F は、演算部により、手術者に提示される。提示の形態は、例えば、外力 F の大きさに応じて、手術者に反動を与えること等が挙げられる。

[0058] 第 2 実施形態においては、外力 F の算出に際して、積分計算が行われない。そのため、誤差の蓄積が小さいという利点がある。具体的には、第 2 実施形態においては、空気圧アクチュエータ 10B へのエアの供給路を 2 系統としている。そして、これらのうちの 1 系統の供給路において、スプリング 12 の間隔が狭くなることを利用して外力 F が算出される。そのため、1 系統の場合と比べて、より精度よく、外力 F が算出される。これにより、負荷された外力 F の提示が精度よく行われる。そのため、手術等において、より精度よく作業を行うことができる。

[0059] また、第 1 実施形態と同様に、外力 F の算出に際して、変位 x の測定を行う必要がない。これにより、空気圧アクチュエータを用いた装置全体を小型化することができる。さらには、装置の設置やメンテナンスの容易さ、構成の簡素化、適用用途の拡大化、汎用性の拡大等の利点がある。

[0060] [3. 第 3 実施形態]

第 3 実施形態の外力算出方法に適用可能な外力算出システム 300 を図 6 に示す。図 6 において、図 1 に示す外力算出システム 100、及び、図 3 に示す外力算出システム 200 と同じものについては同じ符号を付すものとし

、その詳細な説明は省略する。

[0061] 図6に示す外力算出システム300においては、空気圧アクチュエータ10Cと、圧力センサ（第1圧力センサ）20と、空気圧サーボ弁40と、チャンバ70と、圧力センサ（第2圧力センサ）80と、を備えている。また、外力F算出システム300は、図示しない演算部を備えている。

[0062] 外力算出システム300における空気圧アクチュエータ10Cにおいては、前記した第1実施形態の空気圧アクチュエータ10Aの構成に加えて、弾性体により構成される、中空状のバルーン17（例えばゴム製）が備えられている。バルーン17は、シリンダ11の壁面及びロッド14を貫通して設けられている。また、バルーン17は、スプリング12に挟持されている。

[0063] ここで、外力Fが負荷されていない時のバルーン17の様子と、外力Fが負荷されている時のバルーン17の様子を、図7を参照しながら説明する。なお、図7において、バルーン17が配置される様子が現実とは異なることがあるが、図7においては、バルーン17の挙動をより明確に表すために、バルーン17の配置の様子を簡略化して示している。

[0064] 空気圧サーボ弁40は、第1実施形態において説明したように、シリンダ11内のエア圧力が所定の圧力になるように、供給するエアの流量を調整するようになっている（定常状態）。この時、スプリング12に挟持されているバルーン17は、図7（a）に示すように、変形していない。従って、定常状態においては、バルーン17内の圧力は一定である。

[0065] 定常状態において、外力Fがマニピュレータ15に負荷されると、ピストン13が紙面左方向にシリンダ11内を摺動する（負荷状態）。すると、スプリング12の間隔は、定常状態よりも狭くなる。これにより、図7（b）に示すように、スプリング12に挟持されたバルーン17は変形する（潰される）。その結果、バルーン17の内容積が減少する。内容積が減少すると、バルーン17及びチャンバ70並びにそれらを接続する管内のエアが圧縮され、チャンバ70内の圧力は上昇する。なお、チャンバ70内の圧力は、チャンバ70に設けられている圧力センサ80により測定される。

[0066] そこで、第3実施形態では、バルーン17の変形による圧力の変化を利用し、外力Fが算出される。即ち、原理としては第2実施形態と同様であるが、第3実施形態においては、弾性変形によりバルーン17の内容積変化に伴う圧力変化に基づいて、外力Fの算出が行われる。

[0067] 以下、具体的に、第3実施形態の外力算出方法を、図8を参照しながら説明する。第1実施形態及び第2実施形態と同様、定常状態において外力Fがマニピュレータ15に負荷された時に、図8に示すフローが行われる。なお、演算部は、定常状態における、圧力センサ80によりチャンバ70内の圧力を測定し、HDD等に記憶している。

[0068] はじめに、演算部は、圧力センサ80により、圧力上昇後のチャンバ70の圧力（状態量）を測定する（ステップS301）。そして、演算部は、測定されたチャンバ70の圧力に基づき、容積変化量dVを算出する（ステップS302）。ここで、チャンバ70の圧力と容積変化量dVとの関係について説明する。

[0069] 外力Fがマニピュレータ15に負荷されると、前記のように、バルーン17の内容積が減少し、チャンバ70内の圧力が上昇する。これらの状態変化は、エアの温度が変化しない場合、式（4）で表される。

[数4]

$$P_0V_0 = (P_0 + dP)(V_0 - dV) \quad \dots (4)$$

ただし、 P_0 、 V_0 、 dP 、 V 及び dV は、以下の値である。

P_0 ：初期圧力（圧力センサ80により測定される、定常状態の圧力）

V_0 ：定常状態における、バルーン17の内容積とチャンバ70の内容積との合計初期容積

dP ：定常状態から負荷状態に変化したときの、初期圧力 P_0 からの圧力変化量

dV ：定常状態から負荷状態に変化したときの、合計初期容積 V_0 からの容積変化量

[0070] なお、 V_0 は、厳密には、バルーン17の内容積とチャンバ70の内容積と

これらを接続する管の内容積との合計容積である。しかしながら、管の内容積は、通常、バルーン17の内容積とチャンバ70の内容積との合計容積と比べて、極めて小さい。そのため、これらの合計容積を測定して用いることも可能ではあるが、前記式(4)において、管の内容積を考慮せずとも精度は十分良好である。

[0071] 圧力変化量 dP は、圧力センサ80により測定されたチャンバ70の圧力 P から初期圧力 P_0 を減ずることにより算出される。そして、 P_0 、 V_0 及び算出された dP を前記式(4)に代入することにより、容積変化量 dV が算出される。即ち、チャンバ70の圧力 $P (= P_0 + dP)$ に基づき、容積変化量 dV が算出される。

[0072] 次に、算出された容積変化量 dV に基づき、変位 x が算出される(ステップS303)。容積変化量 dV と変位 x との関係は、予め予備実験等により決定される。具体的には、変位 x は、予め予備実験等により、容積変化量 dV の関数 g として決定される。即ち、この関数は、以下の式(5)で表される。なお、式(5)は、例えば、比例の式($x = a \times dP$ (ただし a は定数))等になる。

[数5]

$$x = g(dV) \quad \dots (5)$$

[0073] このように、前記式(5)に容積変化量 dV を代入することにより、変位 x が算出される。

[0074] その後は、第2実施形態と同様にして、外力 F を算出する(ステップS303~S306)。算出された外力 F は、演算部により、手術者に提示される。提示の形態は、例えば、外力 F の大きさに応じて、手術者に反動を与えること等が挙げられる。

[0075] 第3実施形態においては、エアを供給する空気圧サーボ弁が1つのみ設けられている。もう1系統は流量を制御することなく、バルーン17内の圧力を一定に保つための系統である。そのため、制御を簡素化することができる。また、バルーン17へのエア供給路を設ける必要が無いため、装置構成を

簡素化することができる。

[0076] ただし、第2実施形態とは異なりエアの流量制御の供給路は1系統のみであるが、スプリング12に予め挟持された弾性部材（バルーン17）の内容積変化 dV に伴う圧力変化 dP を利用する。そのため、第2実施形態と同様に、外力 F の算出に際して、積分計算が行われない。そのため、より精度よく、外力 F が算出される。また、第1実施形態と同様に、外力 F の算出に際して、変位 x の測定を行う必要がない。これにより、空気圧アクチュエータを用いた装置全体を小型化することができる。さらには、装置の設置やメンテナンスの容易さ、構成の簡素化、適用用途の拡大化等の利点がある。

[0077] [4. 変更例]

以上、3つの実施形態を挙げて本実施形態を説明したが、本実施形態は前記の内容に何ら限定されるものではない。即ち、本発明は、その要旨を逸脱しない範囲内で任意に変更して実施可能である。

[0078] 例えば、治具としてのマニピュレータとして鉗子を挙げて本実施形態を説明したが、本実施形態の外力算出方法が適用可能なマニピュレータは鉗子に何ら限定されない。また、本実施形態の外力算出方法が適用可能な治具はマニピュレータに何ら限定されない。本実施形態の外力算出方法が適用可能な治具としては、例えば内視鏡、把持部材、手術用ロボットへの適用等が挙げられる。また、本実施形態の外力算出方法が適用可能な治具は、手術用治具以外の治具であってもよく、例えば半導体製造用途、防爆性が要求される用途、水中での作業用途等、任意の用途への適用が可能である。

[0079] また、例えば、本実施形態の外力算出方法が適用可能な構成は図示の例に何ら限定されず、外力が負荷される治具に応じて、部材や手段を適宜選択して使用すればよい。例えば、空気圧アクチュエータを駆動させるために、空気圧サーボ弁や空気圧電磁弁が接続されることができる。また、必要に応じて、図示の例から一部の手段や部材を省略してもよい。

[0080] さらに、例えば、前記した各実施形態においては空気圧サーボ弁が用いられているが、空気圧サーボ弁に代えて、空圧電空比例弁等が用いられてもよ

い。

- [0081] また、例えば、前記した各実施形態においては、シリンダとピストンとを組み合わせることで空気圧アクチュエータとしているが、空気圧アクチュエータの構成は図示の例に何ら限定されるものではない。例えば、シリンダとプランジャとを組み合わせることで空気圧アクチュエータとしてもよい。また、空気圧アクチュエータに供給されるエアは必ずしも空気でなくてもよく、任意の気体を供給すればよい。
- [0082] さらに、各空気圧アクチュエータに備えられるスプリング12は、必ずしも図示の位置に設けられる必要はない。即ち、図示の例では、スプリング12は、シリンダ11内であってピストン13とマニピュレータ15との間に設けられているが、シリンダ11内であって空気圧サーボ弁40とピストン13との間に設けられるようにしてもよい。より具体的には、空気圧サーボ弁40からのエアが供給される空間に、スプリング12が設けられるようにしてもよい。また、スプリング12は、ロッド14を取り囲んで設けられているが、例えばロッド14の外周面に平行にロッド14を取り囲むことなく、単数或いは複数のスプリングが設けられるようにしてもよい。
- [0083] また、例えば、図3における管16の設置形態、図6におけるバルーン17の設置形態も、図示の例に何ら限定されない。即ち、図示の例では、スプリング12により管16及びバルーン17が変形されるようにしているが、例えばピストン13と管16又はバルーン17が接触することにより、これらに変形するようにしてもよい。また、これらの手段の設置位置も特に限定されず、管16及びバルーン17が変形して前記した作用を生じる位置であれば、どのような位置に設けてもよい。また、図3の例では管16を用いているが、外力Fが負荷されることにより変形し、流量変化が生じるものであれば、どのようなものを用いてもよい。さらに、図4の例ではバルーン17を用いているが、外力Fが負荷されることにより変形し、圧力変化が生じるものであれば、どのようなものを用いてもよい。
- [0084] さらに、例えば、前記した各実施形態において用いた式や方法は本発明を

実施するための一例である。従って、前記した式や方法は、本発明を実施することができる式や方法であれば、任意に変更して実施可能である。

[0085] 例えば、外力算出システム300において、ステップS303～ステップS306は、外力算出システム200におけるステップS202～ステップS205と同様にしているが、例えばステップS304において速度 v を算出する際、式(1)を用いて算出してもよい。ただし、外力算出システム300においては、バルーン17にエアは新たに供給されない。従って、ステップS304において用いる式(1)は、 G (流量) = 0として計算される。

[0086] また、例えば、図2、図5及び図8を参照しながら説明したフローは、本実施形態を説明するためのフローの一例であり、任意に変更して実施可能である。

[0087] 例えば、図3の例では流量変化量に基づいて圧縮量を算出しているが、圧力センサを設け、圧力変化量に基づいて圧縮量を算出してもよい。また、図6の例では圧力変化量に基づいて圧縮量を算出しているが、流量センサを設け、流量変化量に基づいて圧縮量を算出してもよい。さらに、図3及び図6のいずれの例においても、圧力変化量及び流量変化量の両方を用いて圧縮量を算出してもよい。

[0088] また、例えば、前記した各実施形態における状態量は適宜変更して実施可能である。即ち、ピストン13(駆動部)が移動することにより生じる状態量の変化に基づき外力 F が算出されれば、どのような状態量を用いてもよい。状態量としては、前記した圧力及び流量のほか、例えば、容積、温度等が挙げられる。そして、これに対応して、各種センサ(状態量測定手段)を設ければよい。

符号の説明

- [0089] 10A 空気圧アクチュエータ
10B 空気圧アクチュエータ
10C 空気圧アクチュエータ

- 1 1 シリンダ
- 1 2 スプリング
- 1 3 ピストン（駆動部）
- 1 5 マニピュレータ（治具）
- 1 6 管（弾性部材）
- 1 7 バルーン（弾性部材）
- 2 0 圧力センサ（状態量測定手段）
- 3 0 流量センサ（状態量測定手段）
- 5 0 流量センサ（状態量測定手段）
- 8 0 圧力センサ（状態量測定手段）
- 1 0 0 外力算出システム
- 2 0 0 外力算出システム
- 3 0 0 外力算出システム

請求の範囲

- [請求項1] 治具に接続された駆動部を備える空気圧アクチュエータにおける、前記治具に負荷される外力を算出する方法であって、
- 前記治具への外力の負荷によって前記駆動部が移動した時におけるエアの状態量を、状態量測定手段によって測定する状態量測定ステップと、
- 前記状態量測定ステップにおいて測定された状態量、及び、状態量と前記治具に負荷される外力との関係式に基づき、前記治具に負荷される外力を演算部によって算出する外力算出ステップと、を有することを特徴とする、外力算出方法。
- [請求項2] 前記状態量測定ステップにおいて測定される状態量が少なくとも圧力であり、前記状態量測定手段によって測定された圧力、及び、圧力と前記駆動部の変位との関係式に基づき、前記駆動部の変位を前記演算部によって算出する変位算出ステップを有し、
- 前記外力算出ステップにおいて、前記変位算出ステップにおいて算出された変位、及び、変位と前記治具に負荷される外力との関係式に基づき、前記治具に負荷される外力を前記演算部によって算出することを特徴とする、請求の範囲第1項に記載の外力算出方法。
- [請求項3] 前記駆動部の移動時の速度を前記演算部によって算出する速度算出ステップを有する
- ことを特徴とする、請求の範囲第1項又は第2項に記載の外力算出方法。
- [請求項4] 前記状態量測定ステップにおいて測定される状態量が圧力及び流量であり、前記状態量測定手段によって測定された圧力及び流量、及び、圧力と流量と前記駆動部の変位との関係式に基づき、前記駆動部の変位を前記演算部によって算出する変位算出ステップを有し、
- 前記外力算出ステップにおいて、前記変位算出ステップにおいて算出された変位、及び、変位と前記治具に負荷される外力との関係式に

に基づき、前記治具に負荷される外力を前記演算部によって算出することを特徴とする、請求の範囲第1項又は第2項に記載の外力算出方法。

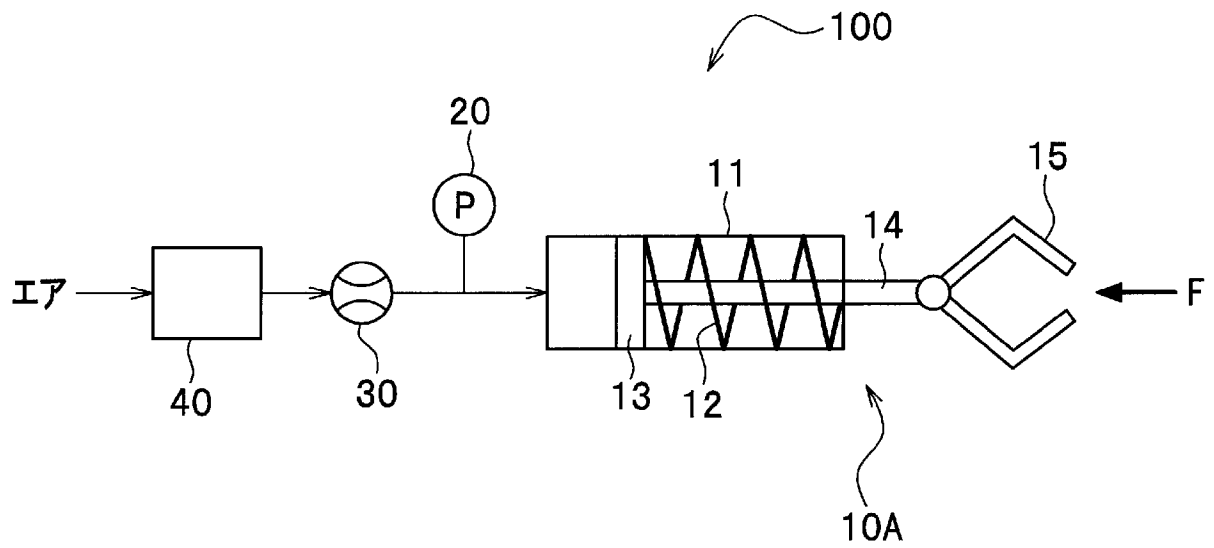
[請求項5]

前記空気圧アクチュエータは、前記駆動部の移動により弾性変形する弾性部材を備え、

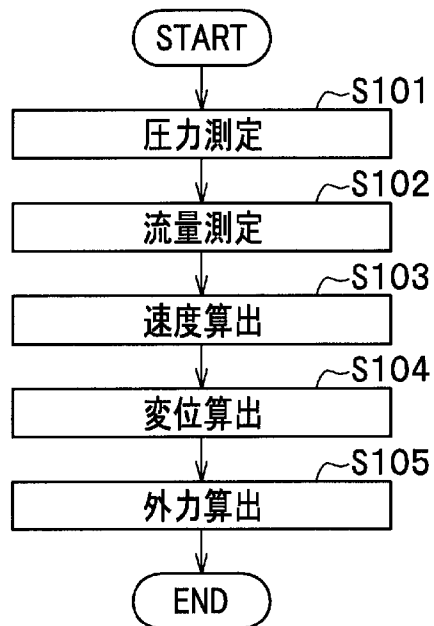
前記状態量測定ステップにおいて測定される状態量が、前記弾性部材が弾性変形した時に変化する状態量であり、前記状態量測定手段によって測定された状態量、及び、状態量と前記駆動部の変位との関係式に基づき、前記駆動部の変位を前記演算部によって算出する変位算出ステップを有し、

前記外力算出ステップにおいて、前記変位算出ステップにおいて算出された変位、及び、変位と前記治具に負荷される外力との関係式に基づき、前記治具に負荷される外力を前記演算部によって算出することを特徴とする、請求の範囲第1項又は第2項に記載の外力算出方法。

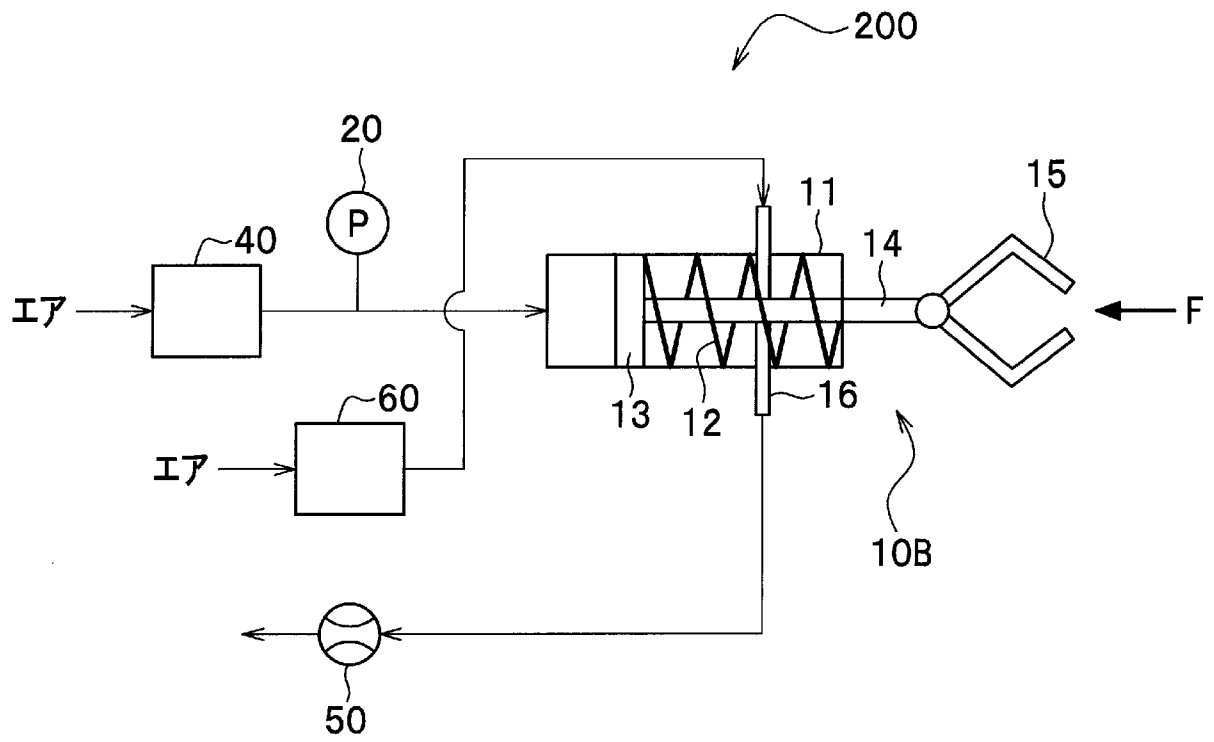
[図1]



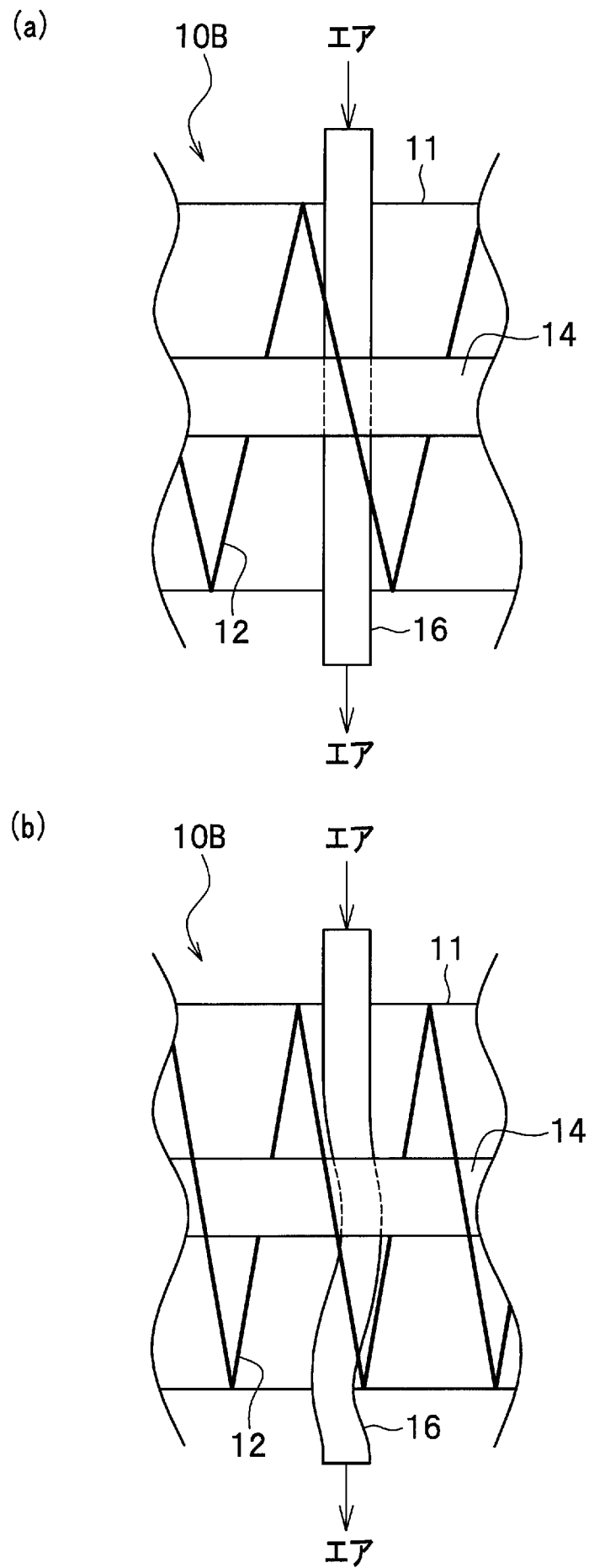
[図2]



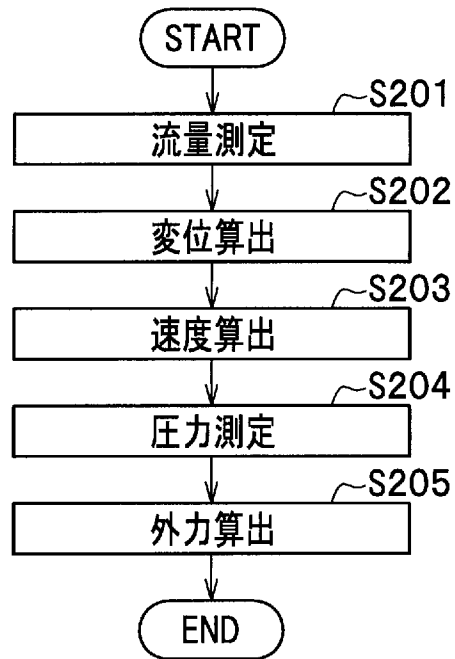
[図3]



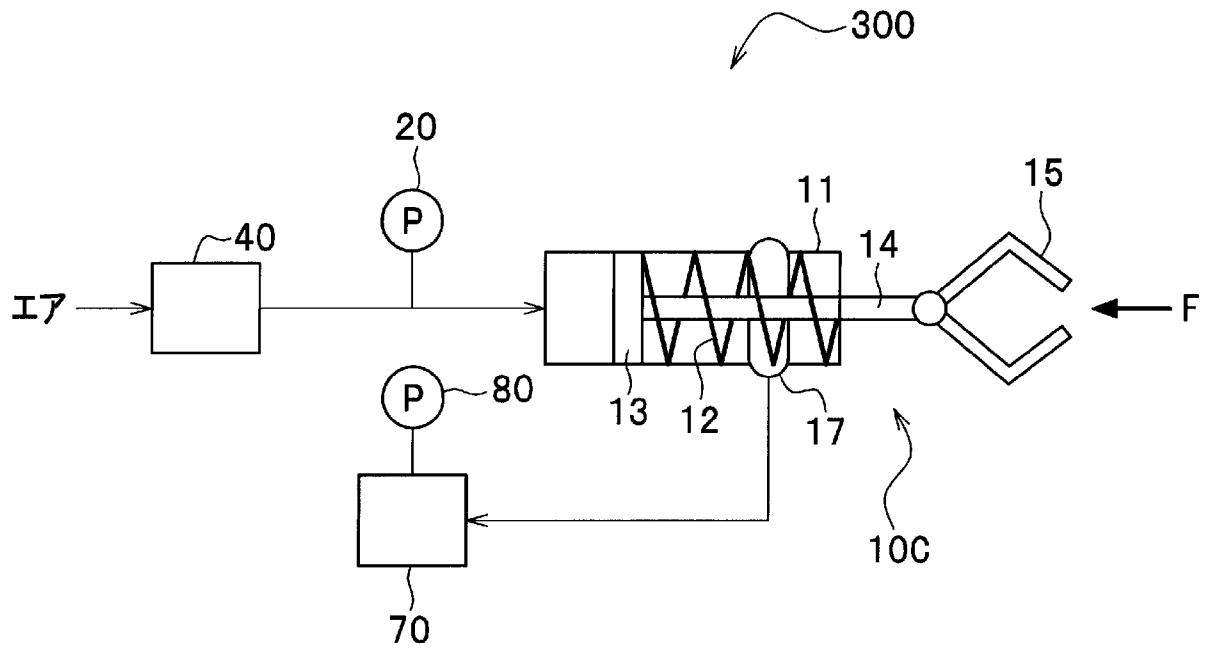
[図4]



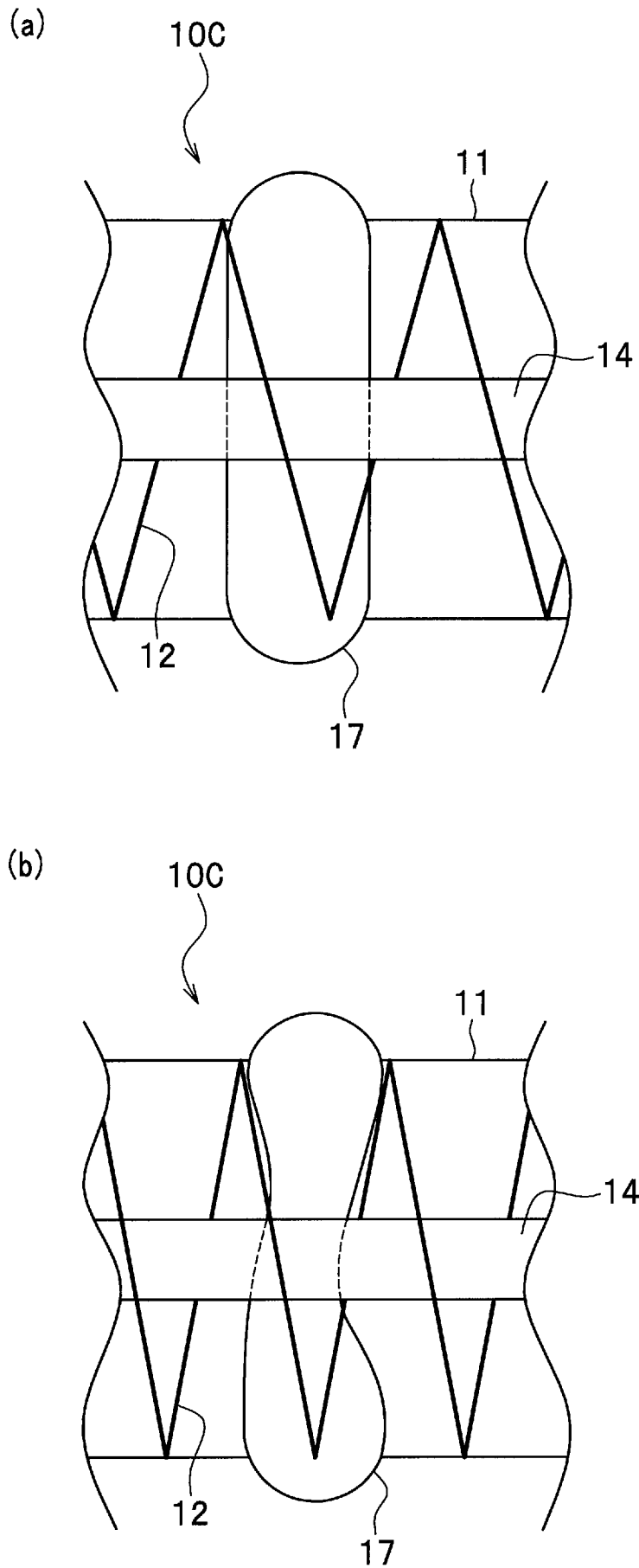
[図5]



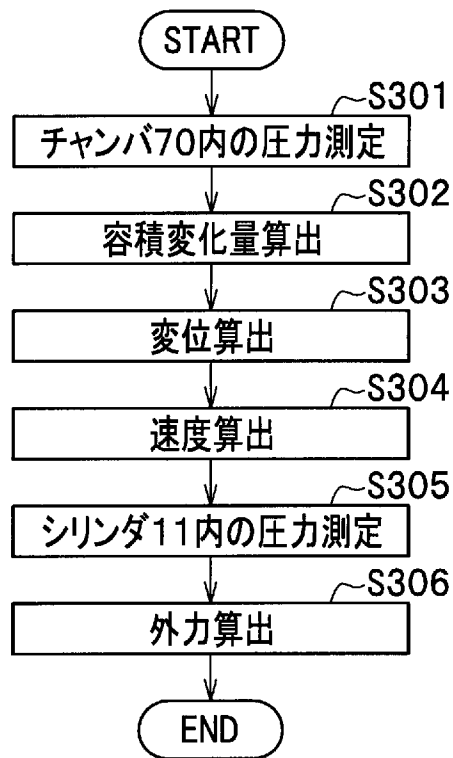
[図6]



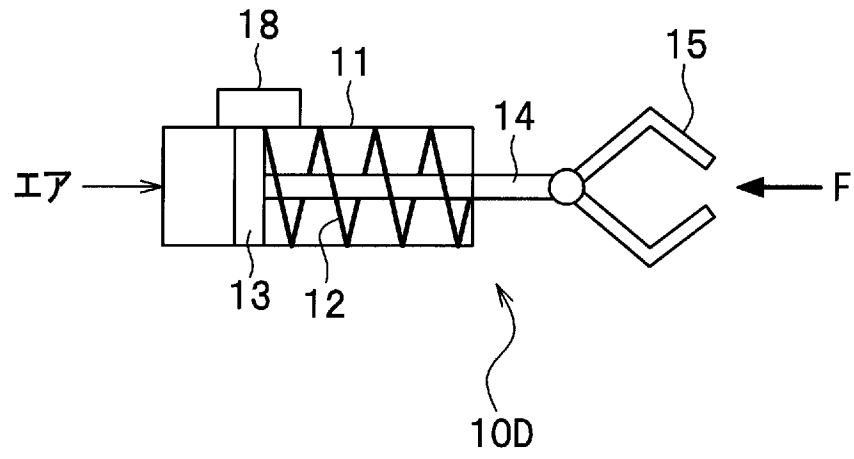
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/053930

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L1/02(2006.01)i, A61B19/00(2006.01)i, B25J19/00(2006.01)i, B25J19/02(2006.01)i, F15B11/06(2006.01)i, G01L5/00(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)

G01L1/02, A61B19/00, B25J19/00, B25J19/02, F15B11/06, G01L5/00, G01G5/04

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 | 1996-2013 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2013 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2013 |

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. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y A | JP 2011-158027 A (Santest Co., Ltd.), 18 August 2011 (18.08.2011), paragraphs [0001] to [0006], [0018] to [0043]; fig. 1 to 7 (Family: none) | 1-3, 5 4 |
| Y | JP 2004-257819 A (Railway Technical Research Institute), 16 September 2004 (16.09.2004), paragraphs [0006] to [0008], [0018] to [0033]; fig. 2 (Family: none) | 1-3, 5 |
| A | JP 62-151730 A (Aisin Seiki Co., Ltd.), 06 July 1987 (06.07.1987), pages 1 to 4; fig. 1 to 3 (Family: none) | 1-5 |

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 March, 2013 (15.03.13)

Date of mailing of the international search report
02 April, 2013 (02.04.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/053930

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 2000-199502 A (SMC Corp.), 18 July 2000 (18.07.2000), entire text; all drawings & US 6305264 B1 & DE 19953075 A & CN 1253241 A | 1-5 |
| A | Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 100621/1989 (Laid-open No. 042706/1991) (Toyota Motor Corp.), 23 April 1991 (23.04.1991), specification, pages 1 to 11; fig. 1 to 3 (Family: none) | 2, 5 |
| A | JP 5-216583 A (Fujitsu Ltd.), 27 August 1993 (27.08.1993), paragraphs [0010] to [0012]; fig. 6 (Family: none) | 4 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G01L1/02(2006.01)i, A61B19/00(2006.01)i, B25J19/00(2006.01)i, B25J19/02(2006.01)i, F15B11/06(2006.01)i, G01L5/00(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 (IPC))
 Int.Cl. G01L1/02, A61B19/00, B25J19/00, B25J19/02, F15B11/06, G01L5/00, G01G5/04

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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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 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 請求項の番号 |
| Y A | JP 2011-158027 A (サンテスト株式会社) 2011.08.18, 段落【0001】 - 【0006】, 【0018】 - 【0043】, 図1 - 図7 (ファミリーなし) | 1-3, 5 4 |
| Y | JP 2004-257819 A (財団法人鉄道総合技術研究所) 2004.09.16, 段落【0006】 - 【0008】, 【0018】 - 【0033】, 図2 (ファミリーなし) | 1-3, 5 |

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。

| | |
|---|---|
| <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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)</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> | <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&」同一パテントファミリー文献</p> |
|---|---|

| | |
|--------------------------|--------------------------|
| 国際調査を完了した日 15.03.2013 | 国際調査報告の発送日 02.04.2013 |
|--------------------------|--------------------------|

| | | | |
|---|-------------------------------------|-----|---------|
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) | 2 F | 4 7 4 1 |
| | 公文代 康祐 電話番号 03-3581-1101 内線 3216 | | |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|----------------|
| 引用文献の 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 請求項の番号 |
| A | JP 62-151730 A (アイシン精機株式会社) 1987. 07. 06, 第 1 ページ-第 4 ページ, 第 1 図-第 3 図 (ファミリーなし) | 1-5 |
| A | JP 2000-199502 A (エスエムシー株式会社) 2000. 07. 18, 全文, 全図 & US 6305264 B1 & DE 19953075 A & CN 1253241 A | 1-5 |
| A | 日本国実用新案登録出願 1-100621 号(日本国実用新案登録出願公開 3-042706 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 (トヨタ自動車株式会社) 1991. 04. 23, 明細書第 1 ページ-第 11 ページ, 第 1 図-第 3 図 (ファミリーなし) | 2, 5 |
| A | JP 5-216583 A (富士通株式会社) 1993. 08. 27, 段落【0010】 - 【0012】, 図 6 (ファミリーなし) | 4 |