

(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  
2014年2月27日(27.02.2014)



(10) 国際公開番号  
WO 2014/030363 A1

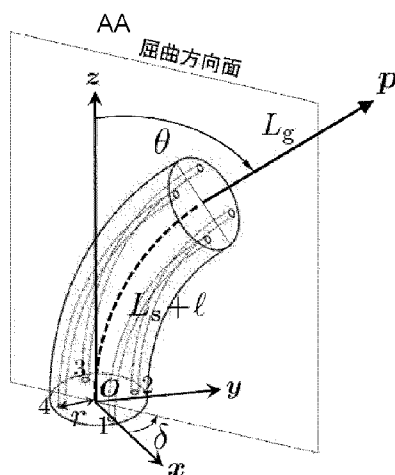
- (51) 国際特許分類:  
G01L 1/04 (2006.01) B25J 19/02 (2006.01)  
A61B 17/28 (2006.01) G01L 5/16 (2006.01)  
B25J 18/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/053771
- (22) 国際出願日: 2013年2月16日(16.02.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2012-181863 2012年8月20日(20.08.2012) JP
- (71) 出願人(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2-12-1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人(米国についてのみ): 只野 耕太郎  
(TADANO Kotaro) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区  
大岡山2-12-1 国立大学法人東京工業大学  
内 Tokyo (JP). 川嶋 健嗣(KAWASHIMA Kenji)  
[JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山2-12
- 1 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2-12-1 国立大学法人  
東京工業大学内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 磯山 弘信 (ISOYAMA Hironobu); 〒  
1710051 東京都豊島区长崎2-15-7 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,

[続葉有]

(54) Title: EXTERNAL FORCE ESTIMATION DEVICE AND FORCEPS SYSTEM

(54) 発明の名称: 外力推定装置及び鉗子システム

[図9]



AA Bending direction plane

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a novel external force estimation device and forceps system. This external force estimation device has a detection unit for detecting the amount of change in length of an elastic member deformed by external force, and a calculation unit for using the amount of change to calculate the external force. Here, preferably, the calculation unit calculates a three-axis component of the external force. Preferably, a wire is used to detect the amount of change. Preferably, the detection unit comprises a position sensor. Preferably, the amount of change in an elastic joint is detected. Also, this forceps system includes the external force estimation device.

(57) 要約: 新規な外力推定装置及び鉗子システムを提供することを目的とする。本発明の外力推定装置は、外力により変形する弾性部材について前記弾性部材の長さの変化量を検出する検出部と、前記変化量を使い外力を算出する算出部を有する。ここで、算出部は外力の3軸成分を算出することが好ましい。また、変化量の検出はワイヤを用いることが好ましい。また、検出部は位置センサからなることが好ましい。また、弾性を有する関節の変化量を検出することが好ましい。また、本発明の鉗子システムは、前記の外力推定装置を有する。

WO 2014/030363 A1

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). 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

発明の名称：外力推定装置及び鉗子システム

### 技術分野

[0001] 本発明は、新規な外力推定装置に関する。また、本発明は、この外力推定装置を有する新規な鉗子システムに関する。

### 背景技術

[0002] 従来、手術ロボットシステム（例えば、非特許文献1参照）で用いられている多自由度鉗子は体内に2自由度（把持を含めると3自由度）体外に4自由度アームを有している。これは細径の鉗子の先端部分で多自由度を実現することが困難であることに起因する。

[0003] しかしながら、非特許文献1の鉗子システムでは体外のアームが作業中に、上下、左右等に動くことから、補助者の邪魔になる、また複数の鉗子を用いる場合にアーム同士が干渉するなどの問題点がある。

[0004] また、弾性体を用いて多自由度化を目指した研究が実施されている（非特許文献2，3参照）。

非特許文献2は内視鏡の屈曲機構である。リング状の板ばねを溶接により幾重にも張り合わせて1つのばね構造としている。180°近い屈曲が可能である。

[0005] 非特許文献3は、4枚の板ばねを剛体ロッドに連結することにより任意方向の屈曲を実現している。

[0006] 本発明者は、小型化に適した簡易な柔軟屈曲機構を有する腹腔鏡手術用鉗子マニピュレータを開発した（非特許文献4参照）。関節構造は一体加工型の切削スプリングのみから成り、この内部に通した超弾性合金ワイヤを空気圧シリンダでプッシュ・プル作動させることにより、従来のワイヤ張力を利用した拮抗駆動に比べ剛性の高い屈曲動作を可能にした。関節は2自由度方向への屈曲が可能である。

[0007] 本発明者は、柔軟関節を2自由度の剛体リンク機構に近似した簡易な理論モ

デルによって外力推定を行っている（非特許文献5参照）。

## 先行技術文献

### 非特許文献

[0008] 非特許文献1: Hagn, U., et al.: DLR MiroSurge: a versatile system for research in endoscopic telesurgery, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol. 5, p.183-193(2010), 10.1007/s11548-009-0372-4

非特許文献2: Breedveld, P., Hirose, S.: Development of the Endo-Periscope for improvement of depth perception in laparoscopic surgery, ASME Design Engineering Technical Conferences Computers and Information in Engineering Conference (2001)

非特許文献3: Arata, J., Saito, Y., Fujimoto, H.: Outer shell type 2 DOF bending manipulator using spring-link mechanism for medical applications, Robotics and Automation (ICRA), 2010 IEEE International Conference on, p. 1041-1046 (2010)

非特許文献4: 原口大輔、只野耕太郎、川嶋健嗣: 超弾性合金ワイヤのプッシュ・プル機構を用いた空気圧駆動鉗子マニピュレータの開発、第12回流体計測制御シンポジウム、計測自動制御学会産業応用部門大会講演論文集、pp.22-25

非特許文献5: Daisuke Haraguchi, Kotaro Tadano, Kenji Kawashima: A Prototype of Pneumatically-Driven Forceps Manipulator with Force Sensing Capability Using a Simple Flexible Joint, 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.931-936

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0009] また、非特許文献2の屈曲機構は、構造的な制約から全方向に等方的に屈曲することができない。非特許文献3では、連結のためシャフトなどの小部

品が必要となる、また、ねじりに対して弱いことが懸念される。また、非特許文献2と非特許文献3は、部品点数が多いこと、組立に手間がかかるなどの課題がある。

[0010] また、非特許文献4の関節構造においては、外力推定方法については述べられていない。

また、非特許文献5の理論モデルによる外力推定は、関節が直線姿勢に近い状態の時は有効であるが、屈曲角が大きくなると誤差が大きくなる。また、3自由度力推定については記載されていない。

[0011] そのため、このような課題を解決する、新規な外力推定装置及び鉗子システムの開発が望まれている。

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、新規な外力推定装置を提供することを目的とする。

また、本発明は、この外力推定装置を有する新規な鉗子システム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

[0012] 上記課題を解決し、本発明の目的を達成するため、本発明の外力推定装置は、外力により変形する弾性部材について、前記弾性部材の長さの変化量を検出する検出部と、前記変化量を使い外力を算出する算出部を有する。

[0013] ここで、限定されるわけではないが、算出部は、外力の3軸成分を算出することが好ましい。また、限定されるわけではないが、変化量の検出は、ワイヤを用いることが好ましい。また、限定されるわけではないが、検出部は、位置センサからなることが好ましい。また、限定されるわけではないが、弾性を有する関節の変化量を検出することが好ましい。

[0014] 本発明の鉗子システムは、前記の外力推定装置を有する。

### 発明の効果

[0015] 本発明は、以下に記載されるような効果を奏する。

[0016] 本発明の外力推定装置は、外力により変形する弾性部材について、前記弾性部材の長さの変化量を検出する検出部と、前記変化量を使い外力を算出す

る算出部を有するので、新規な外力推定装置を提供することができる。

[0017] 本発明の鉗子システムは、前記の外力推定装置を有するので、新規な鉗子システムを提供することができる。

### 図面の簡単な説明

[0018] [図1]システム全体の構成を示す図である。

[図2]1自由度屈曲についての駆動系の模式図である。

[図3]鉗子マニピュレータの外観を示す図である。

[図4]鉗子マニピュレータの先端部を示す図である。

[図5]鉗子マニピュレータの駆動部を示す図である。

[図6]鉗子マニピュレータのパイプ内部構造を示す図である。

[図7]鉗子マニピュレータのパイプ部の断面を示す図である。

[図8]外力推定のブロック線図である。

[図9]位置座標の定義を示す図である。

[図10]実験装置を示す図である。

[図11]常に $l=0$ として計算したときの外力推定値と力センサの計測値を比較した図である。

[図12]3自由度外力推定値と力センサの計測値を比較した図である。

### 発明を実施するための形態

[0019] 以下、外力推定装置及び鉗子システムにかかる発明を実施するための形態について説明する。

本発明の外力推定装置は、外力により変形する弾性部材について、前記弾性部材の長さの変化量を検出する検出部と、前記変化量を使い外力を算出する算出部を有する装置である。

また、本発明の鉗子システムは、前記外力推定装置を有するシステムである。

[0020] なお、本明細書の文章において、英文字記号にハット記号を付すものを「(英文字記号)ハット」と記載し、英文字記号にオーバードットを付すものを「(英文字記号)オーバードット」と記載する。

- [0021] システム全体の構成について、図1を参照しながら説明する。位置センサ（ポテンショメータ・エンコーダなど）からのシリンダ位置信号と、サーボ弁の出力ポートにおける圧力信号を、算出部を有する制御用コンピュータに取り込み、サーボ弁への入力電圧を計算して出力するシステムである。シリンダの駆動力を計測するための圧力センサを制御システム側に配置することで、マニピュレータ側に力センサを搭載することなく駆動力を推定できる。
- [0022] 次に、1自由度屈曲の駆動系について、図2を参照しながら説明する。1方向の屈曲は2つのシリンダによって実現する。ここでは説明の簡単のため1方向屈曲の模式図を載せたが、2方向の屈曲であれば合計4本のシリンダを用いる。各シリンダはそれぞれ1つの5ポート型サーボ弁によって駆動される。各駆動チャンネルの記号添え字1および3は、図9のワイヤ配置番号に対応している。サーボ弁の出力ポートには圧力センサを取り付けており、ここで計測した圧力から、シリンダの駆動力を推定できる。またシリンダロッドには位置センサとしてポテンショメータを取り付けている。
- [0023] 次に、鉗子システムを構成する鉗子マニピュレータについて説明する。  
図3は、鉗子マニピュレータの外観を示すものである。
- [0024] 次に、鉗子マニピュレータを構成する各部について説明する。  
図4は、鉗子マニピュレータの先端部を示すものである。先端部は、屈曲部（関節）と把持部から構成される。関節の部品は切削加工で製造される精密スプリングを採用しており、把持部との取り付け部や駆動ワイヤのガイド穴などを一体で加工することができるため、部品点数はこれ一つでよい。スプリングの壁面には4つの駆動ワイヤの通し穴を開けており、ここに超弾性合金ワイヤを通し、スプリングの末端で固定している。4つの超弾性合金ワイヤの押し引きを組み合わせることにより、任意方向への屈曲動作および長手方向への伸縮動作が可能である。把持部は空気圧で開閉する仕組みであり、このため関節内部に空気配管を通してある。把持部はワイヤ駆動ではないため、開閉動作が関節の屈曲動作に干渉しないという利点がある。
- [0025] 図5は、鉗子マニピュレータの駆動部を示すものである。関節を駆動する4

本の超弾性合金ワイヤを、コネクタを介して空気圧シリンダのロッドに一直線に連結している。連結過程でワイヤを湾曲しないため、すなわち屈曲関節以外の部分ではワイヤは常に一直線であるため駆動時の機構の摺動摩擦力を最小限に抑えることができ、制御性や外力推定精度の向上に寄与する。シリンダロッドの位置はポテンショメータで計測する。空気圧シリンダのロッド位置を制御することにより、超弾性合金ワイヤの押し引きを行い、先端の関節に所望の動作をさせる。

[0026] 図6は、鉗子マニピュレータの胴体パイプ部の内部構造を示すものである。図7は、パイプ部の断面図を示すものである。図7に示すように、超弾性合金ワイヤは、座屈防止のためガイドパイプ内を通して屈曲関節につながる。図6に示すように、さらにガイドパイプ自体も、座屈防止のため一定間隔で支持部材に通している。

[0027] 次に、鉗子システムにおける外力推定について説明する。

図8は、鉗子システムにおける、外力推定のブロック線図である。

[0028] 図8のブロック線図について、各記号の説明をしながら外力推定の方法を述べる。

F：空気圧アクチュエータの駆動力ベクトルであり、具体的にはシリンダロッドを押し引きする力のベクトルである。

X：シリンダロッドの変位量であり、ポテンショメータの値から算出する。

Xオーバードット：シリンダロッドの速度である。sはラプラス微分演算子であるが、実際はコンピュータの数値微分（擬似微分）により求める。

なお、上記3変数は、空気圧シリンダに関するもので4次元のベクトルである。

q：屈曲関節の位置変数ベクトルであり、式(2)により表わされる3次元ベクトルである。qの各成分の具体的な意味については図9に示す。

[0029] すなわち関節の屈曲する方向 $\delta$ 、その方向へ屈曲した角度 $\theta$ 、および関節長さの変化量 $l$ である。関節長さの変化量 $l$ は、関節の中心線つまり図9で破



線になっている部分の長さの変化量である。ただし  $\delta$  および  $\theta$  は次の範囲で表わすこととする。

$$-\pi \leq \delta \leq \pi \quad \theta \geq 0$$

また、 $p$  は鉗子先端の位置座標であり、 $L_s$  は屈曲関節の自然長であり、 $L_g$  は把持部の長さであり、 $r$  は駆動ワイヤの配置円半径であり、数字1~4は駆動ワイヤ番号である。

[0030] 関節が理想的な円弧に屈曲するものと仮定し、前述したシリンダロッド変位  $X$  との関係を求めると次のようになる。

[0031] [数1]

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -r\theta \cos \delta + \ell \\ -r\theta \sin \delta + \ell \\ r\theta \cos \delta + \ell \\ r\theta \sin \delta + \ell \end{bmatrix} \quad \text{式(1)}$$



$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} \delta \\ \theta \\ \ell \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tan^{-1} \left( \frac{X_2 - X_4}{X_1 - X_3} \right) \\ \frac{1}{2r} \sqrt{(X_1 - X_3)^2 + (X_2 - X_4)^2} \\ (X_1 + X_2 + X_3 + X_4)/4 \end{bmatrix} \quad \text{式(2)}$$

また、鉗子先端の位置  $P$  は次のように表わせる。

[0032]

[数2]

$$\mathbf{p} = \begin{bmatrix} \cos \delta \left( \frac{L_s + \ell}{\theta} (1 - \cos \theta) + L_g \sin \theta \right) \\ \sin \delta \left( \frac{L_s + \ell}{\theta} (1 - \cos \theta) + L_g \sin \theta \right) \\ \frac{L_s + \ell}{\theta} \sin \theta + L_g \cos \theta \end{bmatrix} \quad \text{式(3)}$$

[0033] Zハット：関節の逆力学モデルで、所望の関節位置および速度を実現するためのシリンダの駆動力ベクトルであり、4次元ベクトルである。Zハットは次のように計算する。

[0034] [数3]

$$\hat{\mathbf{Z}} = \mathbf{C}\dot{\mathbf{X}} + \mathbf{D}\text{sign}(\dot{\mathbf{X}})e^{2\mu\theta} + \mathbf{K}_b\theta \cos \delta_i + \mathbf{K}_a\ell \quad \text{式(4)}$$

ただし  $\delta_i = \frac{\pi}{2}(i-1) - \delta \quad (i = 1, 2, 3, 4)$

[0035] 第1項はシリンダの粘性で、Cは粘性行列である。

第2項は機構全体のクーロン摩擦で、Dはクーロン摩擦力の行列である。 $\mu$ は動摩擦係数である。関節が屈曲するとこの摩擦力が増大することから、屈曲角度 $\theta$ の非線形関数としている。第2項における非線形部分 $e^{2\mu\theta}$ は、上記に限定されない。実験的に同定した $\theta$ の近似多項式なども適用できる。

[0036] 非特許文献5においては $\theta$ に関する非線形部分がないが、上式2項は関節の屈曲状態に応じたより正確な摩擦モデルである。第2項を用いれば非特許文献5に記載された式よりも正確に摩擦力を見積もることができる。これによる具体的な効果として、マニピュレータの位置制御および外力推定における正確性が向上する。

[0037] 第3項は関節の屈曲にかかる弾性力で、 $K_b$ はその剛性行列である。第3項は屈

曲についての弾性力を線形近似するモデルである。非特許文献5に同様な式が記載されているが、本願明と非特許文献5では適用している関節の構造に違いがある。非特許文献5においては柔軟関節の中心に超弾性合金の背骨を設け、駆動ワイヤには弾性力のほとんど無いステンレスワイヤを用いている。本発明においては関節の中心に背骨は無く、駆動ワイヤに弾性力のある超弾性合金を用いている。

[0038] 第4項は関節の伸縮にかかる弾性力で、 $K_a$ はその剛性行列である。

本発明においては、式(1)~(4)において、関節の屈曲を表わす変数 $\delta$ 、 $\theta$ に加え、伸縮を表わす変数 $l$ を3自由度目の変数として導入したことにより、独立3自由度（3軸）の外力推定が可能となる。

なお、重力を含む慣性の影響については上記成分に比べて十分小さいと仮定し、無視できるものとする。

[0039]  $F_{ext}$ ,  $F_{ext}$ ハット：シリンダ駆動力の外力成分のベクトルであり、4次元ベクトルである。鉗子先端に外力を受けて、シリンダがバックドライブされることで生じる。なお、ハット付きの記号は計算による推定値を意味する。後述する記号についても同様である。

$\tau_{ext}$ ハット：関節位置座標 $q$  ( $\delta$ ,  $\theta$ ,  $l$ ) に対するトルクおよび並進力の外力成分である。

$f_{ext}$ ハット：鉗子先端にかかる外力ベクトルであり、 $x, y, z$ 方向の3次元ベクトルである。

$J_a^T$ ： $F_{ext}$ から $\tau_{ext}$ への変換行列である。 $J_a$ は関節速度 $q$  オーバードットからシリンダ速度 $X$  オーバードットへのヤコビアンであり、式(1)を時間微分することで計算できる。

$(J^T)^+$ ： $\tau_{ext}$ から $f_{ext}$ への変換行列である。 $J$ は関節速度 $q$  オーバードットから鉗子先端の速度 $p$  オーバードットへのヤコビアンであり、式(3)を時間微分することで計算できる。

[0040] 外力推定の原理について説明する。シリンダの駆動力 $F$ から、マニピュレータの内部逆動力学 $Z$ ハットを差し引くと、外力にかかる成分を求めることがで

きる。すなわち

[0041] [数4]

$$\hat{F}_{\text{ext}} = F - \hat{Z} \quad \text{式(5)}$$

[0042] これを上記で説明した各レベルの変換行列によって変換し、先端に作用する外力を得ることができる。すなわち

[0043] [数5]

$$\hat{f}_{\text{ext}} = (J^T)^+ (J_a^T \hat{F}_{\text{ext}}) \quad \text{式(6)}$$

式(6)の各行列中に、関節長さの変数*l*にかかる成分が存在するため、独立した3軸の並進力を推定することができる。

[0044] 次に、屈曲の鉗子システムの実施例について説明する。実施例について、実験条件を説明する。

L<sub>g</sub>及び関節のL<sub>s</sub>, rは、以下の値を用いた。

$$L_g = 30 \text{ mm}$$

$$L_s = 20 \text{ mm}$$

$$r = 3.6 \text{ mm}$$

[0045] C, D,  $\mu$ , K<sub>b</sub>, K<sub>a</sub>の値を実験的に求めた。すなわち、屈曲関節に適当な軌道を与えて自動制御を行い、目標軌道と実際の軌道がよく一致するように上記パラメータを試行錯誤的に調整し求めた。

C, D,  $\mu$ , K<sub>b</sub>, K<sub>a</sub>の値は、以下の値を用いた。

$$C = 0.3 [\text{N} \cdot \text{s} / \text{mm}]$$

$$D = 0.6 [\text{N}]$$

$$\mu = 0.9$$

$$K_b = 2.8 \text{ [N/mm]}$$

$$K_a = 2.0 \text{ [N/mm]}$$

- [0046] 実施例について、実験方法を説明する。図10のように鉗子先端を30度程度屈曲させ、把持部と力センサをワイヤで連結する。この状態で、図中矢印の方向に鉗子全体を動かすことで、ワイヤを引っ張る動作を行った。このとき、鉗子マニピュレータによる外力の推定値と、力センサの計測値を比較することで、前述した外力推定の有効性を検証した。
- [0047] 本実施例では、最終的には式(6)を用いて外力を算出した。式(6)中の行列やベクトルの成分についてはそれ以前の式を用いて算出した。実施例に対しての比較例でも、最終的には式(6)を用いて外力を算出した。ただし、計算過程における式(1)～(4)は全ての $l$ を0にして算出した。
- [0048] 実験結果を説明する。今回の実験で鉗子先端に作用した外力については、関節の伸縮方向の力の成分が大きな割合を占める。
- 比較例では、屈曲方向に垂直な2軸方向の力の成分しか検出できないため、つまり関節の伸縮方向に作用する力については検出できないため、今回のような力の作用状態の場合、図11に示すように、外力推定の感度が著しく低下する。
- [0049] 一方、本発明の手法においては、図12に示すように、先端の屈曲関節のみを用いて3軸成分の力を良好に推定できることが確認できる。
- [0050] 以上のことから、本発明の外力推定装置及び鉗子システムは、以下のような効果を有する。
- 先端の屈曲関節の構成部品が大幅に減ることにより、製作コストが減る、外径5ミリ以下の細径鉗子の製作も容易となる。
- [0051] また、切削スプリングと超弾性合金ワイヤの組み合わせにより、柔軟体でありながら作業に必要な剛性を高めることができる。
- [0052] また、先端の関節のみで独立3自由度（3軸）の並進外力を推定できる。独立した3軸並進力（ $x y z$ ）を推定できるということは、あらゆる並進方向において力を感じることができるということである。なお外力推定に先端の関

節を使う利点は、腹腔内に挿入するときに通過するトロッカーからの運動の拘束および摩擦力の影響を受けずにすむことである。つまり毎回の手術における鉗子挿入状態の違いなどの要因で外力推定精度が悪化しにくいということである。

[0053] 弾性部材としてスプリングの例を説明したが、弾性部材はこれに限定されるものではない。このほか弾性部材としては、中空の物体にスリットを加工して柔軟に屈曲できるようにしたものなどを採用することができる。

[0054] 駆動するワイヤの本数が1本の時は1自由度の外力推定、2本の時は2自由度の外力推定ができる。本発明における3自由度の外力推定のためには、最低3本の駆動ワイヤが必要となる。駆動ワイヤを4本にする利点は、構造的な対称性により屈曲自由度の独立性が高まると同時に、計算式が簡略化できる。

[0055] 弾性部材の長さの変化量を伝達する部材として超弾性合金ワイヤの例を説明したが、変化量を伝達する部材はこれに限定されるものではない。このほか変化量を伝達する部材としては、ステンレスワイヤなど他の材質で柔軟性のあるワイヤなどを採用することができる。

[0056] シリンダ位置の検出部としてのポテンショメータの例を説明したが、検出部はこれに限定されるものではない。このほか検出部としては、エンコーダなどを採用することができる。

[0057] 駆動力の発生装置として空気シリンダの例を説明したが、駆動力の発生装置はこれに限定されるものではない。このほか駆動力の発生装置としては、電気モーター、水圧シリンダ、油圧シリンダなどを採用することができる。

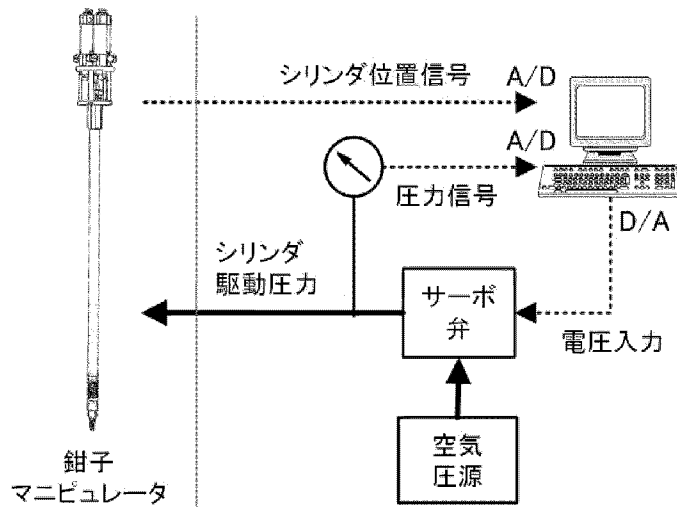
[0058] 駆動力の計測装置として圧力センサの例を説明したが、駆動力の計測装置はこれに限定されるものではない。このほか駆動力の計測装置としては、力センサをマニピュレータに直接搭載する方法などを採用することができる。

[0059] 外力推定装置の用途として鉗子システムの例を説明したが、外力推定装置の用途はこれに限定されるものではない。このほか外力推定装置の用途としては、電磁環境下で使用するため力センサを搭載できないマニピュレータへの適用などがある。

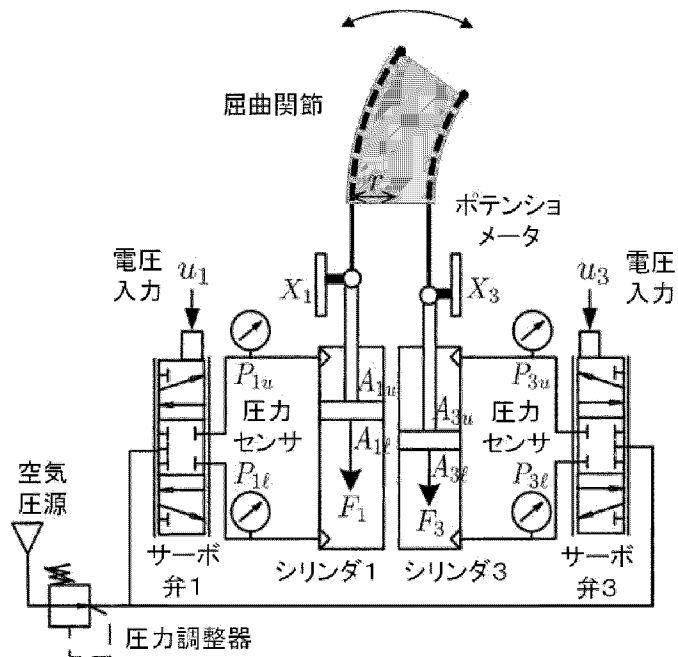
## 請求の範囲

- [請求項1] 外力により変形する弾性部材について、前記弾性部材の長さの変化量を検出する検出部と、  
前記変化量を使い外力を算出する算出部を有する  
外力推定装置。
- [請求項2] 算出部は、外力の3軸成分を算出する  
請求項1記載の外力推定装置。
- [請求項3] 変化量の検出は、ワイヤを用いる  
請求項2記載の外力推定装置。
- [請求項4] 検出部は、位置センサからなる  
請求項3記載の外力推定装置。
- [請求項5] 弾性を有する関節の変化量を検出する  
請求項4記載の外力推定装置。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれかに記載の外力推定装置を有する  
鉗子システム。

[図1]



[図2]

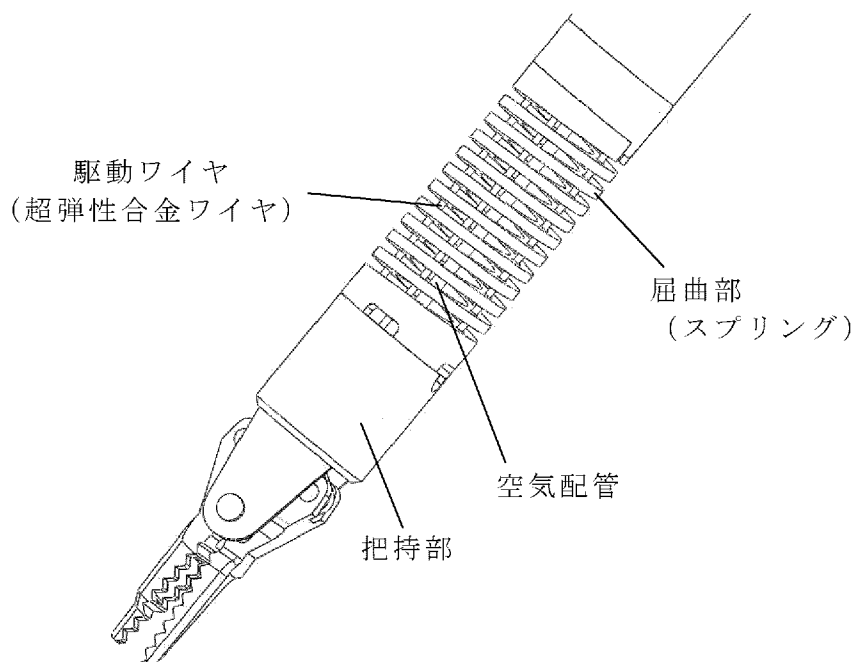




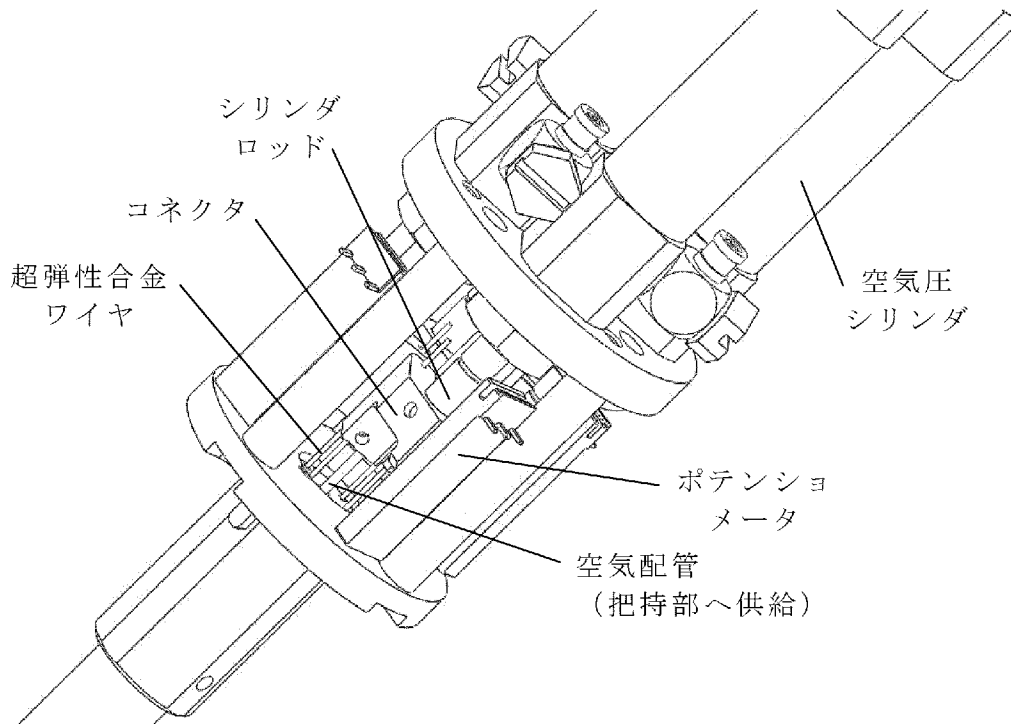
[図3]



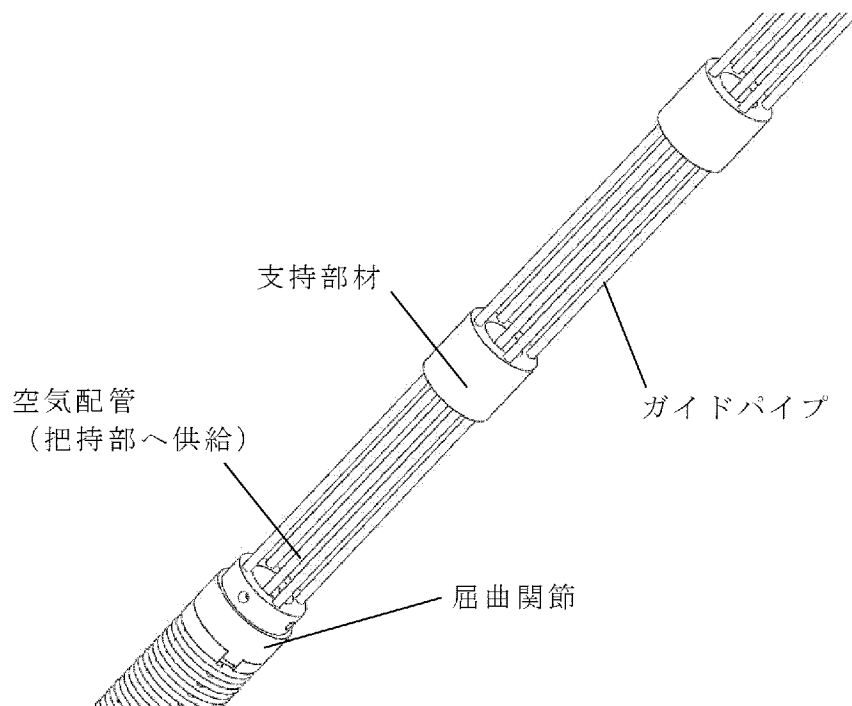
[図4]



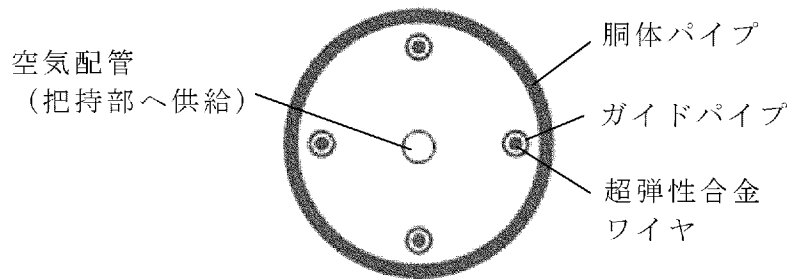
【図5】



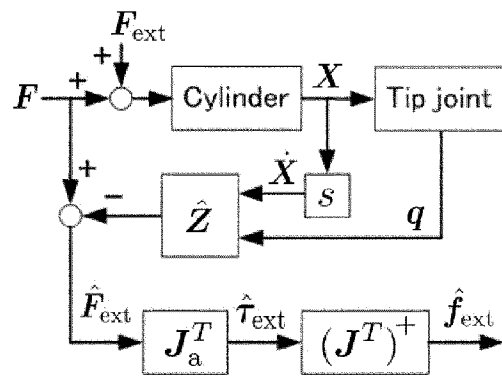
【図6】



[図7]

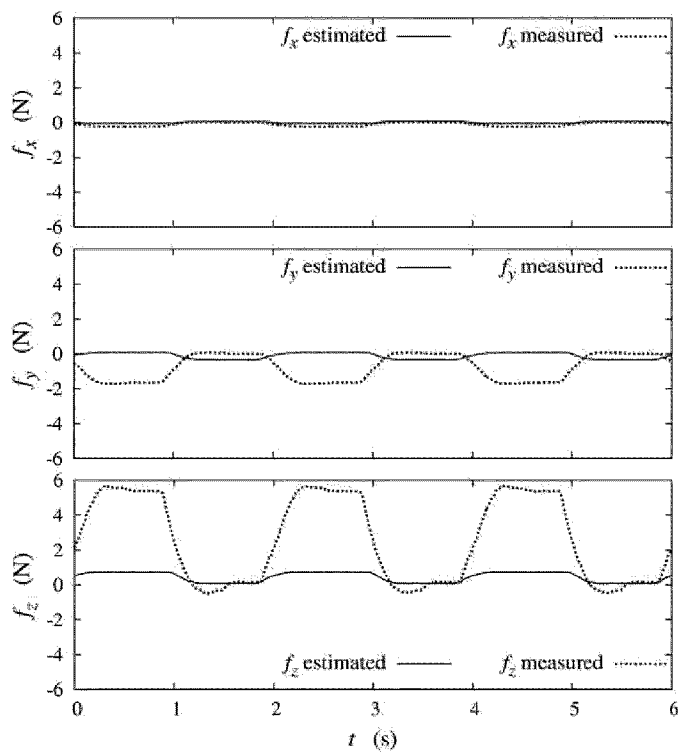


[図8]

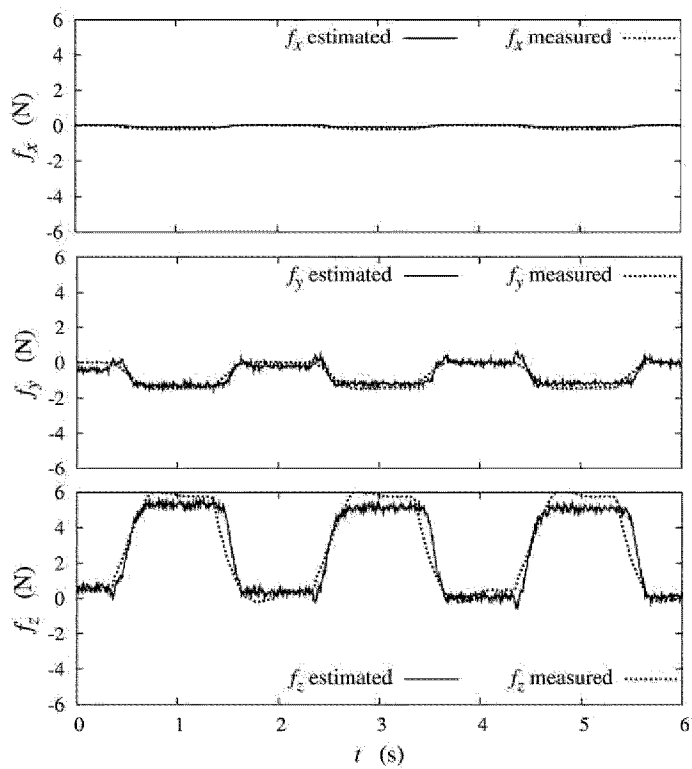




[図11]



[図12]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/053771

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L1/04(2006.01)i, A61B17/28(2006.01)i, B25J18/06(2006.01)i, B25J19/02(2006.01)i, G01L5/16(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, G01L5/16, B25J1/00-21/02

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.
X	Daisuke Haraguchi, Kotaro Tadano and Kenji Kawashima, A Prototype of Pneumatically-Driven Forceps Manipulator with Force Sensing Capability Using a Simple Flexible Joint, 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2011.09, pp.931-936	1-6
A	WO 2011/036750 A1 (Toshiba Corp.), 31 March 2011 (31.03.2011), paragraphs [0010] to [0066]; fig. 1 to 8 & US 2012/0150347 A1	1
A	JP 2002-264048 A (Hitachi, Ltd.), 18 September 2002 (18.09.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1

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  
28 March, 2013 (28.03.13)

Date of mailing of the international search report  
09 April, 2013 (09.04.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/053771

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 1-267429 A (Chinkaku HIGASHIJIMA), 25 October 1989 (25.10.1989), entire text; all drawings (Family: none)	1
A	JP 2004-205432 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 July 2004 (22.07.2004), paragraphs [0011] to [0034]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01L1/04(2006.01)i, A61B17/28(2006.01)i, B25J18/06(2006.01)i, B25J19/02(2006.01)i, G01L5/16(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. G01L1/00-1/26, G01L5/16, B25J1/00-21/02

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
X	Daisuke Haraguchi, Kotaro Tadano and Kenji Kawashima, A Prototype of Pneumatically-Driven Forceps Manipulator with Force Sensing Capability Using a Simple Flexible Joint, 2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2011.09, pp.931-936	1-6
A	WO 2011/036750 A1 (株式会社東芝) 2011.03.31, [0010]-[0066]、第1-8図 & US 2012/0150347 A1	1

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、一般的な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

28.03.2013

国際調査報告の発送日

09.04.2013

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)

田邊 英治

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

2 F

9409



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 2002-264048 A (株式会社日立製作所) 2002.09.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1
A	JP 1-267429 A (東島鎮かく) 1989.10.25, 全文, 全図 (ファミリー なし)	1
A	JP 2004-205432 A (松下電器産業株式会社) 2004.07.22, 【001 1】 - 【0034】, 第1 - 8図 (ファミリーなし)	1