

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2018-523508

(P2018-523508A)

(43) 公表日 平成30年8月23日(2018.8.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 1/005 (2006.01)</b>	A 6 1 B 1/005 5 2 3	2 H 0 4 0
<b>A 6 1 B 1/018 (2006.01)</b>	A 6 1 B 1/005 5 2 2	3 C 7 0 7
<b>G 0 2 B 23/24 (2006.01)</b>	A 6 1 B 1/018	4 C 1 6 1
<b>B 2 5 J 18/06 (2006.01)</b>	G 0 2 B 23/24 A	
	B 2 5 J 18/06	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2017-568172 (P2017-568172)  
 (86) (22) 出願日 平成27年6月30日 (2015. 6. 30)  
 (85) 翻訳文提出日 平成30年2月28日 (2018. 2. 28)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/038662  
 (87) 国際公開番号 WO2017/003468  
 (87) 国際公開日 平成29年1月5日 (2017. 1. 5)

(71) 出願人 596130705  
 キヤノン ユーエスエイ, インコーポレイテッド  
 CANON U. S. A., INC  
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 117  
 47, メルビル, ワン キヤノン パーク  
 (71) 出願人 503146324  
 ザ ブリガム アンド ウィメンズ ホスピタル インコーポレイテッド  
 The Brigham and Women's Hospital, Inc.  
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 0  
 2115 ポストン フランシス ストリート 75

最終頁に続く

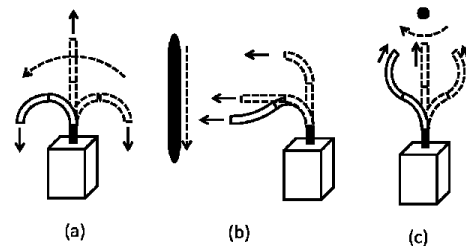
(54) 【発明の名称】 マニピュレータを制御する方法および装置

(57) 【要約】

本発明は、制御装置によって複数の湾曲可能機構を含む可撓性マニピュレータを制御する方法および装置を提供する。制御装置は、湾曲動作、特定視角動作、または遠隔中心動作をもたらすことができる動作モードの選択を可能にする駆動モード選択ユニットを含む。

【選択図】 図5(a) - (c)

Figs. 5(a) - 5(c)



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の湾曲可能部分を含むマニピュレータの制御装置であって、  
前記湾曲可能部分に接続され、前記マニピュレータを湾曲させる、複数の駆動力伝達機構と、

前記駆動力伝達機構に駆動力を印加する複数の駆動源と、  
操作部分の操作量に基づいて操作信号を生成する操作量入力ユニットと、  
複数の動作モードのうちの一つを選択する動作モード入力ユニットと、  
前記操作信号に基づいて前記駆動源に適用される駆動量を計算して出力する計算デバイスであり、前記駆動量が前記動作モードに対応している計算デバイスとを含み、

前記計算デバイスは、

複数の駆動量計算機と、

動作モード入力ユニットからの入力信号に基づいて前記駆動量計算機のうちの一つによって出力される駆動量を出力する動作モード選択ユニットとを含む、制御装置。

**【請求項 2】**

前記駆動量計算機のうちの一つは、前記湾曲可能部分が同じ方向に湾曲するように前記駆動量を計算する、請求項 1 に記載の制御装置。

**【請求項 3】**

前記駆動量計算機のうちの前記一つは、前記操作信号を増幅することによって前記駆動量を計算する複数の第 1 の増幅器を含む、請求項 2 に記載の制御装置。

**【請求項 4】**

前記駆動量計算機のうちの一つは、前記湾曲可能部分のうち少なくとも一つの遠位端部の角度が一定になるように前記駆動量を計算する、請求項 1 に記載の制御装置。

**【請求項 5】**

前記駆動量計算機のうちの前記一つは、前記操作信号を増幅することによって前記駆動量のうちの対応する一つを計算する第 2 の増幅器を含み、

前記第 2 の増幅器は、一定の角度を有する遠位端部を有する前記湾曲可能部分のうちの前記少なくとも一つに対応し、前記第 2 の増幅器の増幅定数が 0 に設定される、請求項 4 に記載の制御装置。

**【請求項 6】**

前記駆動量計算機のうちの一つは、観察対象の座標を受け取り、前記マニピュレータの最も遠位側にある湾曲可能部分から長手方向に延びる直線が前記座標によって指定される位置を通過するように、前記駆動量を計算する、請求項 1 に記載の制御装置。

**【請求項 7】**

前記駆動量計算機のうちの前記一つは、

前記操作信号を増幅することによって前記駆動量を計算する複数の第 3 の増幅器と、

前記観察対象の座標を示す信号を受け取り、前記第 3 の増幅器の第 3 の増幅定数を出力する、記憶部とを含み、

前記駆動量は、前記操作信号を前記第 3 の増幅定数で増幅することによって計算される、請求項 6 に記載の制御装置。

**【請求項 8】**

前記複数の動作モードは、湾曲動作モード、特定視角動作モード、および遠隔中心動作モードを含む、請求項 1 に記載の制御装置。

**【請求項 9】**

複数の湾曲可能部分と、前記湾曲可能部分に接続され、マニピュレータを湾曲させる、複数の駆動力伝達機構とを含むマニピュレータ、ならびに、

前記駆動力伝達機構に駆動力を印加する複数の駆動源と、

操作部分の操作量に基づいて操作信号を生成する操作量入力ユニットと、

複数の動作モードのうちの一つを選択する動作モード入力ユニットと、

前記操作信号に基づいて前記駆動源に適用される駆動量を計算して出力する計算デバイ

10

20

30

40

50

スであり、前記駆動量が前記動作モードに対応している計算デバイスと  
を含む制御装置を含み、

前記計算デバイスは、

複数の駆動量計算機と、

動作モード入力ユニットからの入力信号に基づいて前記駆動量計算機のうちの1つによって出力される駆動量を出力する動作モード選択ユニットとを含む、マニピュレータシステム。

【請求項10】

前記マニピュレータは、1つまたは複数の内視鏡器具をその中に挿入できるように適合されている、請求項9に記載のマニピュレータシステム。

10

【請求項11】

前記複数の動作モードは、湾曲動作モード、特定視角動作モード、および遠隔中心動作モードを含む、請求項9に記載のマニピュレータシステム。

【請求項12】

簡略な制御を有する内視鏡システムであって、

複数の湾曲可能部分を含み、少なくとも3つの自由度を有する、マニピュレータと、

前記少なくとも3つの自由度を介して前記マニピュレータの動作を制御する制御装置であり、

2つ、3つ、4つ、5つ、または6つの動作モードのうちの1つを選択するように適合された動作モード入力ユニット、および、

20

操作者からの線形パラメータに基づいて操作信号を生成するように適合された操作量入力ユニット

の2つの入力ユニットを有する制御装置と、

前記少なくとも3つの自由度のうちの少なくとも1つについての動きでマニピュレータを駆動するための駆動量を計算するように構成された計算デバイスとを含む、内視鏡システム。

【請求項13】

前記マニピュレータの前記少なくとも3つの自由度は、2つの湾曲運動および1つの平行移動運動を含む、請求項11に記載の内視鏡システム。

【請求項14】

前記操作量入力ユニットは、線形パラメータを入力する、請求項11に記載の内視鏡システム。

30

【請求項15】

前記計算デバイスは、前記マニピュレータの少なくとも3つの自由度についての少なくとも3つの駆動量を計算する、請求項11に記載の内視鏡システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の湾曲可能機構を含む可撓性マニピュレータを制御する方法および装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、患者への負担を軽減することができ、治療または検査後の生活の質(QOL)を改善することができる最小侵襲医療が、注目を集めている。内視鏡を用いた外科手術または検査は、最小侵襲医療の代表的な例である。例えば、腹腔鏡手術は、より小さな手術創で行うことができ、その結果、入院期間も短くなり、見た目もそれほど損なわれないので、従来の腹部外科手術より有利である。

【0003】

最小侵襲医療に使用される内視鏡は、おおまかに硬性内視鏡と軟性内視鏡に分類される。硬性内視鏡では、鮮明な画像を得ることができるが、観察対象を観察できる方向が限ら

50

れている。さらに、硬性内視鏡を、食道、大腸、または尿道など湾曲した器官内に挿入すると、硬性内視鏡の挿入部分はその器官を押圧し、患者が痛みを覚えることになる。これに対して、軟性内視鏡は、湾曲可能部材で構成された挿入部分を含むので、内視鏡の遠位端部の湾曲角を調節することによって、大きな領域を詳細に観察することができる。さらに、挿入経路に沿って挿入部分を湾曲させることにより、患者への負担を軽減することができる。湾曲可能部分の数を増やせば、挿入経路が複雑な湾曲形状を有する場合でも、内視鏡を組織と接触させることなく、内視鏡を身体の深い領域に挿入することができる。したがって、複数の湾曲可能部分を有する軟性内視鏡が、広く研究開発されている。

#### 【0004】

内視鏡を用いた検査および手術には、内視鏡の操作が技術を必要とするという問題がある。このことの1つの理由は、医師が内視鏡の挿入部分の位置を直接観察することができず、操作方向と観察する画像における動きの方向との間の関係を容易には認識することができないことである。特に、湾曲可能部分の数が増えると、挿入部分の位置が複雑に変動し、したがって、操作の難易度はさらに高くなる。その結果として、検査または手術に必要な時間が長くなり、医師および患者への負担もそれに応じて大きくなる。

10

#### 【0005】

軸方向および径方向の両方の観察を行うカメラを挿入部分に取り付けると、特開12010-12079号公報に記載されるように、湾曲可能部分を操作することなく、挿入経路の表面を観察することができる。

#### 【発明の概要】

20

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

ただし、特開2010-12079号公報による内視鏡では、カメラが挿入部分に固定されるので、依然として湾曲可能部分を操作して観察方向を所望の方向に変化させる必要がある。したがって、大きな領域を容易に観察できる内視鏡を実現するためには、内視鏡の操作性を改善することが望ましい。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

本発明の1態様によれば、複数の湾曲可能部分を含むマニピュレータの制御装置は、湾曲可能部分に接続され、マニピュレータを湾曲させる、複数の駆動力伝達機構と、駆動力伝達機構に駆動力を印加する複数の駆動源と、操作部分の操作量に基づいて操作信号を生成する操作量入力ユニットと、複数の動作モードのうちの一つを選択する動作モード入力ユニットと、操作信号に基づいて駆動源に適用される駆動量を計算して出力する計算デバイスであり、駆動量が動作モードに対応している計算デバイスとを含む。計算デバイスは、複数の駆動量計算機と、動作モード入力ユニットからの入力信号に基づいて駆動量計算機のうちの一つによって出力される駆動量を出力する動作モード選択ユニットとを含む。

30

#### 【0008】

本発明のこの態様によれば、操作者は、事前に設定された複数の動作パターンから検査または手術の目的に一致する動作パターンを選択し、制御装置は、選択された動作パターンを実現するために必要な駆動量を計算する。したがって、操作者は、選択された動作を実行するのに、簡単な操作を行うだけでよい。

40

#### 【0009】

この制御装置では、駆動量計算機のうちの一つは、湾曲可能部分が同じ方向に湾曲するように駆動量を計算することがある。

#### 【0010】

この場合には、マニピュレータの遠位端部が大きく動くので、広い領域にわたって観察を行うことができる。

#### 【0011】

駆動量計算機のうちの前記一つは、操作信号を増幅することによって駆動量を計算する複数の第1の増幅器を含むことがある。

50

## 【0012】

この場合には、マニピュレータの位置を正確に測定または予測することができないときでも、マニピュレータの遠位端部の動作速度の変動を低減することができる。

## 【0013】

この制御装置では、駆動量計算機のうちの1つは、湾曲可能部分のうちの少なくとも1つの遠位端部の角度が一定になるように駆動量を計算することがある。

## 【0014】

この場合には、壁面に沿った観察を行うことができる。

## 【0015】

駆動量計算機のうちの前記1つは、操作信号を増幅することによって駆動量のうちの対応する1つを計算する第2の増幅器を含むことがある。第2の増幅器は、一定の角度を有する遠位端部を有する湾曲可能部分のうちの前記少なくとも1つに対応することがあり、第2の増幅器の増幅定数は、0に設定されることがある。

10

## 【0016】

この場合には、マニピュレータの位置を正確に測定または予測することができないときでも、マニピュレータの遠位端部の動作速度の変動を低減することができる。

## 【0017】

この制御装置では、駆動量計算機のうちの1つは、観察対象の座標を受け取り、マニピュレータの最も遠位側にある湾曲可能部分から長手方向に延びる直線がそれらの座標によって指定される位置を通過するように、駆動量を計算することがある。

20

## 【0018】

この場合には、マニピュレータの前側から見えない部分を観察することができる。

## 【0019】

駆動量計算機のうちの前記1つは、操作信号を増幅することによって駆動量を計算する複数の第3の増幅器と、観察対象の座標を示す信号を受け取り、第3の増幅器の第3の増幅定数を出力する記憶部とを含むことがある。駆動量は、操作信号を第3の増幅定数で増幅することによって計算することができる。

## 【0020】

この場合には、マニピュレータの位置を正確に測定または予測することができないときでも、マニピュレータの遠位端部の動作速度の変動を低減することができる。

30

## 【0021】

本発明のさらなる特徴は、添付の図面を参照して、以下の例示的な実施形態の説明を読めば明らかになるであろう。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0022】

【図1】本発明の1実施形態によるマニピュレータ操作システムを示す概略図である。

【図2】複数の湾曲可能部分を含むワイヤ駆動式マニピュレータを示す概略図である。

【図3】駆動源のための位置制御装置を示すブロック図である。

【図4(a) - (b)】マニピュレータの湾曲可能部分の座標系を示すグラフである。

【図5(a) - (c)】3種類の特徴的な動作パターンを示す図である。

40

【図6】第1の実施形態によるマニピュレータ制御装置を示すブロック図である。

【図7(a) - (d)】マニピュレータの湾曲角とマニピュレータの遠位端部の位置の関係を示す図である。

【図8】第2の実施形態によるマニピュレータ制御装置を示すブロック図である。

【図9(a) - (c)】第2の実施形態による駆動量計算機を示すブロック図である。

【図10】第2の実施形態によるシミュレーション結果を示すグラフである。

【図11(a) - (b)】第2の実施形態によるシミュレーション結果を示すグラフである。

【図12】第2の実施形態によるシミュレーション結果を示すグラフである。

【図13(a) - (b)】第2の実施形態によるシミュレーション結果を示すグラフであ

50

る。

【図 1 4】第 2 の実施形態によるシミュレーション結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

第 1 の実施形態

1 - 1 装置の構造

本発明の第 1 の実施形態による制御装置は、2つの湾曲可能部分を含むワイヤ駆動式マニピュレータに適用される。図 1 は、マニピュレータ操作システムを示す概略図である。図 1 は、本発明の第 1 の実施形態による制御装置 1 と、湾曲式マニピュレータ 2 と、操作量入力ユニット 3 と、動作モード入力ユニット 4 と、画像表示デバイス 5 とを示している。この例示的な実施形態では、動作モード入力ユニット 4 は、3つの押しスイッチを含み、これらの押しスイッチのうちのいずれかが押されたときに動作モード信号を出力する。操作量入力ユニット 3 は、単軸ジョイスティックを含み、ジョイスティックの操作量に応じて操作入力  $m$  を出力する。制御装置 1 は、動作モード信号に基づいて、予め設定された 3 種類の動作パターンのうちの 1 つを選択する。次いで、制御装置 1 は、操作入力  $m$  に基づいて、湾曲式マニピュレータ 2 の駆動源にする駆動量  $\theta_1$  および  $\theta_2$  を計算する。

10

【0024】

いくつかの実施形態では、操作量入力ユニット 3 は、スライド・バー、タッチ・スクリーン、非接触式入力ユニット（例えば医師が指を左から右に動かして入力を制御することができる）、または操作信号を生成するために使用される入力を入力することを可能にするその他の入力デバイスである。同様に、動作モード入力ユニットは、3つの位置を有する単一のトグル・スイッチ、フット・ペダル、3つのモード選択子を有するタッチ・スクリーンなどであってもよい。他の実施形態では、制御装置は、上記に例示した 3 つのモードの代わりに、2つのモード、3つのモード、4つのモード、またはそれを超える数のモードの選択を可能にする動作モード入力ユニットを含むことがある。

20

【0025】

図 2 は、湾曲式マニピュレータ 2 の構造を示す図である。湾曲式マニピュレータ 2 は、挿入部分と、挿入部分に駆動力を印加する駆動源 2 1 1 および 2 1 2 とを含む。挿入部分は、高い剛性を有する材料で構成された剛性部分 2 0 0 と、可撓性材料で構成された湾曲可能部分とを含む。湾曲可能部分は、近位側に設けられた第 1 の湾曲可能部分 2 0 1 と、遠位側に設けられた第 2 の湾曲可能部分 2 0 2 とを含む。剛性部分 2 0 0 と湾曲可能部分 2 0 1 および 2 0 2 とは、中空構造を有し、したがって、鉗子、洗浄デバイス、カメラ、切断器具などをその中通して案内することができる。

30

【0026】

ワイヤ 2 2 1 は、駆動力伝達機構として機能するものであり、一端が第 1 の湾曲可能部分のワイヤ固定部分 2 3 1 に固定されており、駆動源 2 1 2 の出力シャフトの周りに巻き付けられている。したがって、駆動源 2 1 2 が回転すると、ワイヤ 2 2 1 が引っ張られて、第 1 の湾曲可能部分 2 0 1 が湾曲する。同様に、ワイヤ 2 2 2 は、ワイヤ・ガイド 2 3 0 の中を延びており、第 2 の湾曲可能部分の端部に設けられたワイヤ固定部分 2 3 2 に固定される。さらに、ワイヤ 2 2 2 は、駆動源 2 1 1 の周りに巻き付けられて、駆動源 2 1 1 が駆動されたときに、第 2 の湾曲可能部分 2 0 2 が湾曲するようになっている。

40

【0027】

駆動源 2 1 1 および 2 1 2 は、駆動源 2 1 1 および 2 1 2 の回転角を検出するエンコーダ 2 5 1 および 2 5 2 と、回転角を制御する位置制御装置 2 5（図示せず）とを備える。位置制御装置 2 5 は、第 1 および第 2 の湾曲可能部分 2 0 1 および 2 0 2 の遠位端部の角度  $\theta_1$  および  $\theta_2$  を、制御装置 1 から入力された駆動量  $\theta_1$  および  $\theta_2$  だけ増大または減少させるように、駆動源 2 1 1 および 2 1 2 の回転角を制御する。図 3 は、位置制御装置 2 5 を示すブロック図である。駆動角計算機 2 6 は、数式（1）で表される運動学的計算によって、湾曲可能部分の角度を駆動量  $\theta_1$  および  $\theta_2$  だけ増大または低減させるのに

50

必要な駆動源 2 1 1 および 2 1 2 の目標角度駆動量  $\theta_{1ref}$  および  $\theta_{2ref}$  を計算する。  
 $(\theta_{1ref}, \theta_{2ref}) = R(\theta_1, \theta_2)$  (1)

【0028】

位置コントローラ 2 7 1 および 2 7 2 は、エンコーダ 2 5 1 および 2 5 2 によって測定される実際の角度駆動量  $\theta_1$  および  $\theta_2$  がそれぞれ目標角度駆動量  $\theta_{1ref}$  および  $\theta_{2ref}$  と等しくなるように、駆動源 2 1 1 および 2 1 2 を駆動する。

【0029】

いくつかの例示的な実施形態では、駆動源 2 1 1 および 2 1 2 は、シャフト・ドライブ、歯車モータ、超音波モータなどのモータである。駆動源は、それぞれが駆動力伝達機構に駆動力を印加することができる。この駆動力の印加の一例は、回転することによってワイヤまたはケーブル（駆動力伝達機構）を前方または後方に動かすことにより、駆動力伝達機構によって制御される湾曲可能部分を湾曲させるモータである。別の実施形態では、駆動力は、回転ではなく直線運動によって与えられる。

10

【0030】

図 2 に示す例示的な実施形態では、第 2 の湾曲可能部分 2 0 2 は、遠位端部にカメラ 2 4 を有し、このカメラ 2 4 は、その視野方向が第 2 の湾曲可能部分 2 0 2 の遠位端部の角度と一致するように配置される。カメラ 2 4 によって取り込まれた画像は、画像伝送ケーブルを介して伝送され、図 1 に示す画像表示デバイス 5 に表示される。操作者は、マニピュレータが所望の動作を行うように、画像表示デバイスで画像を観察しながら操作量入力ユニット 3 を操作する。カメラ 2 4 は、ズーム機能を有し、ズーム比は、制御装置 1 から

20

【0031】

いくつかの実施形態では、本明細書に記載する複数の湾曲可能部分は、参照によりその全体を本明細書に組み込む米国特許出願公開第 2 0 1 4 / 0 2 4 3 5 9 2 号明細書に記載の複数のノード・リングで構成される。

【0032】

#### 1 - 2 制御システムの設計

制御装置 1 は、湾曲式マニピュレータ 2 が 3 種類の特徴的な動作を行うように、また画像表示デバイス 5 に表示される画像の移動量が各種の動作について一定になるように、駆動量  $\theta_1$  および  $\theta_2$  を計算する。この項では、駆動量  $\theta_1$  および  $\theta_2$  とマニピュレータの遠位端部の移動量との間の関係について説明し、画像の移動量を一定にするために駆動量  $\theta_1$  および  $\theta_2$  が満たす必要がある条件を導出する。その後、3 種類の特徴的な動作の詳細について説明し、これらの動作についての駆動量  $\theta_1$  および  $\theta_2$  を計算する方法を導出する。その後、動作間で切り替えるための制御装置 1 の構造について説明する。

30

【0033】

図 4 ( a ) および図 4 ( b ) は、湾曲可能部分の座標系を示す図である。図 4 ( a ) に示すように、第 1 の湾曲可能部分の長手方向および径方向は、それぞれ Y 軸および X 軸で規定される。X 軸と第 1 の湾曲可能部分の遠位端部の間の角度、および X 軸と第 2 の湾曲可能部分の遠位端部の間の角度は、それぞれ  $\theta_1$  および  $\theta_2$  として規定される。この場合、第 2 の湾曲可能部分の遠位端部の x 座標および y 座標がそれぞれ  $x_2$  および  $y_2$  であるときには、座標  $x_2$  および  $y_2$  と角度  $\theta_1$  および  $\theta_2$  の間の関係は、動力的計算に基づいて数式 ( 2 ) のように表すことができる。

40

【数 1】

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = P(\theta_1, \theta_2) \quad (2)$$

【0034】

数式 ( 2 ) から、第 1 および第 2 の湾曲可能部分の角度をそれぞれ駆動量  $\theta_1$  および  $\theta_2$  だけ増大させた場合の第 2 の湾曲可能部分の遠位端部の座標  $x_2'$  および  $y_2'$  は、

50

以下の数式(3)によって決定される。

【数2】

$$\begin{bmatrix} x_2' \\ y_2' \end{bmatrix} = P(\theta_1 + \Delta\theta_1, \theta_2 + \Delta\theta_2) \quad (3)$$

【0035】

したがって、 $\theta_1$ および $\theta_2$ が入力された場合の第2の湾曲可能部分の遠位端部の変位量 $V$ は、以下のように表すことができる。

【数3】

$$\Delta V = \begin{bmatrix} x_2' \\ y_2' \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix} = P(\theta_1 + \Delta\theta_1, \theta_2 + \Delta\theta_2) - P(\theta_1, \theta_2) \quad (4)$$

10

【0036】

上述のように、操作者は、マニピュレータの遠位端部に配置されたカメラによって取り込まれた画像を観察しながら、操作量入力ユニット3を操作することによって、操作入力 $m$ の量を制御する。したがって、操作性を改善するためには、マニピュレータの位置に関わらず、操作入力 $m$ が一定であるときには、画像表示デバイス5に表示される内視鏡画像の移動量は一定であることが望ましい。これを実現するためには、3つの値、すなわち第2の湾曲可能部分の遠位端部の角度 $\theta_2$ ならびに座標 $x_2$ および $y_2$ が適当な値に設定されるように、第1および第2の湾曲可能部分を操作入力 $m$ に応じて制御する必要がある。しかし、本実施形態によるマニピュレータは2つしか湾曲可能部分を含まないため、機構の自由度の数は不十分である。したがって、本実施形態では、この不十分な数の自由度を補償するように、カメラ24のズーム比を変化させる。

20

【0037】

図4(b)を参照すると、カメラ24の視野方向に対して直交する方向への先端の変位量 $V$ の成分が $V_x$ (以下、単に移動量 $V_x$ と呼ぶ)であるとき、 $V_x$ は、画像表示デバイス5に表示される内視鏡画像の移動量である。カメラ24の視野方向への変位量 $V$ の成分が $V_y$ であるとき、 $V_y$ は、内視鏡画像の拡大率または縮小率である。本実施形態では、湾曲可能部分の位置を、移動量 $V_x$ が操作入力 $m$ に比例するように制御する。さらに、カメラ24のズーム比は、 $V_y$ の方向へのマニピュレータの遠位端部の動作によって引き起こされる内視鏡画像の拡大または縮小の影響を打ち消すように制御する。

30

【0038】

最初に、移動量 $V_x$ を一定にする駆動量 $\theta_1$ および $\theta_2$ を計算する方法について説明する。移動量 $V_x$ の操作量 $m$ に対する比例定数が $k$ であるとき、数式(5)が成り立つ。

$$V_x = k \cdot m \quad (5)$$

【0039】

移動量 $V_x$ の方向の単位ベクトルが $U_x$ であるとき、 $U_x$ は、以下のように角度 $\theta_2$ を用いて表すことができる。

40

【数4】

$$U_x = \begin{bmatrix} \cos(\theta_2 + \frac{\pi}{2}) \\ \sin(\theta_2 + \frac{\pi}{2}) \end{bmatrix} \quad (6)$$

【0040】

移動量 $V_x$ は、変位量 $V$ とベクトル $U_x$ の内積として表現することができるので、数式(5)および(6)から以下の数式を導出することができる。

【数5】

$$\Delta V_x = \left[ \cos\left(\theta_2 + \frac{\pi}{2}\right) \quad \sin\left(\theta_2 + \frac{\pi}{2}\right) \right] \{P(\theta_1 + \Delta\theta_1, \theta_2 + \Delta\theta_2) - P(\theta_1, \theta_2)\} \quad (7)$$

【0041】

数式(5)を数式(7)に代入して  $V_x$  を消去することにより、以下の数式が得られる。

【数6】

$$k\Delta m = \left[ \cos\left(\theta_2 + \frac{\pi}{2}\right) \quad \sin\left(\theta_2 + \frac{\pi}{2}\right) \right] \{P(\theta_1 + \Delta\theta_1, \theta_2 + \Delta\theta_2) - P(\theta_1, \theta_2)\} \quad (8) \quad 10$$

【0042】

したがって、数式(8)を満たすように操作入力  $m$  ならびに角度  $\theta_1$  および  $\theta_2$  から駆動量  $\Delta\theta_1$  および  $\Delta\theta_2$  を計算することによって、移動量  $V_x$  を一定にすることができる。

【0043】

次に、駆動量  $\Delta\theta_1$  および  $\Delta\theta_2$  と移動量  $V_y$  の間の関係を明確にする。カメラ24の視野方向の単位ベクトルが  $U_y$  であるとき、 $U_y$  は、以下のように角度  $\theta_2$  を用いて表すことができる。

【数7】

$$U_y = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 \end{bmatrix} \quad (9) \quad 20$$

【0044】

カメラ24の視野方向の移動量  $V_y$  は、以下のように先端の変位の量  $V$  とベクトル  $U_y$  の内積として表現される。

$$V_y = [\cos\theta_2 \quad \sin\theta_2] \{P(\theta_1 + \Delta\theta_1, \theta_2 + \Delta\theta_2) - P(\theta_1, \theta_2)\} \quad (10)$$

【0045】

数式(10)から  $V_y$  を計算し、計算した  $V_y$  を打ち消すようにカメラ24のズーム比を制御することによって、マニピュレータの遠位端部が動いたときでも、画像表示デバイス5に表示される観察画像のサイズを一定に維持することができる。 30

【0046】

複数のセクションとプリズムジョイントをさらに組み合わせることにより、従属した多数のセクションを最小限に抑えて、内視鏡の視野の位置および方向を完全に制御することが可能になる。プリズムジョイントを追加することで、ロボットは、所期の軌跡に沿ってその先端を自由に位置決めする、または2次元空間内で病巣への注視を維持することができる。

【0047】

具体的には、この位置および方向の完全制御機構を使用することにより、先端位置を以下の動作モードにマッピングすることができる。制御装置1が実行することができる3種類の動作について、図5(a)から図5(c)を参照して説明する。 40

【0048】

図5(a)に示す第1の動作(以下、湾曲(bending)動作と呼ぶ)では、第1の湾曲可能部分201および第2の湾曲可能部分202が同じ方向に湾曲する。この動作では、マニピュレータの遠位端部の位置および方向を大きく変化させることができる。したがって、湾曲動作は、例えば、体内の大きな領域を観察するのに適している。

【0049】

図5(b)に示す第2の動作(以下、特定視角(angled view)動作と呼ぶ)では、マニピュレータの遠位端部の角度、すなわちカメラ24の視野方向を一定に維持 50

しながら、マニピュレータの遠位端部の位置が動かされる。したがって、特定視角動作は、例えば、マニピュレータの挿入方向に対して角度をなして延びる胃壁または腸壁などの壁面に沿って観察ユニットを動かすのに適している。

【0050】

特定視角モードでは、視野方向に沿った直交平行運動が可能である。この動作モードでは、操作者が視野方向を選択することになり、操作者は、その視野方向に向けたデカルト座標に沿って先端を動かすことができる。したがって、この動作モードは、目標の病巣を含む幅広い範囲の領域を走査するのに有用である。

【0051】

特定視角モードは、参照によりその全体を本明細書に組み込む、Kato T等による「Tendon-Driven Continuum Robot for Endoscopic Surgery: Preclinical Development and Validation of a Tension Propagation Model」、Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on, vol. PP, no. 99, pp. 1, 12に、さらに詳細に説明されている。また、参照によりその全体を本明細書に組み込む、Kato T, Okumura I, Kose H, Takagi K, Hata Nによる「Extended kinematic mapping of tendon-driven continuum robot for neuroendoscopy」、Intelligent Robots and Systems (IROS 2014)、2014 IEEE/RSJ International Conference on, vol, no, pp. 1997, 2002, 14-18 Sepも参照されたい。

10

20

【0052】

図5(c)に示す第3の動作(以下では、遠隔中心(remote center)動作と呼ぶ)において、カメラ24の視線が常に1つの遠方点を通るように、第2の湾曲可能部分の遠位端部の位置および角度を変化させる。したがって、遠隔中心動作は、例えば、腸壁の折り畳まれた部分の裏側など、前からは見ることができない部分を、裏側から見る場合に適している。

【0053】

いくつかの実施形態では、運動動作(motion movement)モードの遠隔中心により、マニピュレータを目標の病巣の周りで枢動させることができる。湾曲セクション間の運動と平行移動運動の組合せを使用することにより、先端を病巣に向けた状態に保ちながら、先端と標的の間の距離を一定にして、先端が病巣の周りを回ることができる。操作者は、最適な視野が得られるように、または器具が病巣に最適な形で届くように、この距離を選択すればよい。したがって、この動作モードは、様々な角度から病巣を調査し、アクセスするのに特に有用である。

30

【0054】

次に、湾曲動作、特定視角動作、および遠隔中心動作を行うための駆動量 $\theta_1$ および $\theta_2$ を計算する方法について説明する。本実施形態による湾曲動作では、第1および第2の湾曲可能部分は、駆動量 $\theta_1$ と $\theta_2$ の間の比が一定になるように駆動される。この場合には、駆動量 $\theta_1$ および $\theta_2$ は、数式(11)を満たす。

40

$$\theta_1 = c \theta_2 \quad (11)$$

【0055】

したがって、湾曲動作のための駆動量 $\theta_1$ および $\theta_2$ は、数式(8)および(11)を連立方程式として解くことによって計算することができる。特定視角動作では、駆動操作は、第2の湾曲可能部分の遠位端部の角度 $\theta_2$ が一定に維持されるように行われる。したがって、駆動量 $\theta_2$ は、数式(12)に示すように常に0に設定される。

$$\theta_2 = 0 \quad (12)$$

【0056】

特定視角動作を行うための駆動量 $\theta_1$ は、数式(12)を数式(8)に代入すること

50

によって計算することができる。遠隔中心動作では、上述のように、カメラ 2 4 の視線を、1 つの遠方点の周りで動かす。この動作の後のカメラ 2 4 の視線を表す直線は、以下のように、第 2 の湾曲可能部分の遠位端部の座標  $x_2'$  および  $y_2'$  ならびに角度  $\theta_2$  を使用して表すことができる。

【数 8】

$$\tan(\theta_2 + \Delta\theta_2) = \frac{y - y_2'}{x - x_2'} \quad (13)$$

【0057】

10

遠隔中心動作の中心の  $x$  座標および  $y$  座標がそれぞれ  $x_c$  および  $y_c$  であるとき、数式 (13) で表される直線は、数式 (14) を満たすときに、中心 ( $x_c$ ,  $y_c$ ) を通る。

【数 9】

$$\tan(\theta_2 + \Delta\theta_2) = \frac{y_c - y_2'}{x_c - x_2'} \quad (14)$$

【0058】

数式 (3) を用いて数式 (14) から座標  $x_2'$  および  $y_2'$  を消去し、その結果得られる数式と数式 (8) とを連立方程式として解くことにより、遠隔中心動作を行うための駆動量  $u_1$  および  $u_2$  を計算することができる。

20

【0059】

次に、制御装置 1 が湾曲動作と、特定視角動作と、遠隔中心動作との間で切替えを行う方法について説明する。この切替え機能は、例えば、湾曲動作を行って広い領域から観察対象を発見し、次いで特定視角動作および / または遠隔中心動作を実行して詳細な観察を行う場合に使用される。図 6 は、制御装置 1 を示すブロック図である。制御装置 1 は、第 1 の駆動量計算機 1 1 と、第 2 の駆動量計算機 1 2 と、第 3 の駆動量計算機 1 3 と、動作モード選択ユニット 1 4 1 および 1 4 2 と、積分器 1 5 とを含む。第 1 の駆動量計算機 1 1 は、操作量  $m$  ならびに角度  $\theta_1$  および  $\theta_2$  を受け取り、数式 (8) および (11) を使用して湾曲動作のための駆動量を計算する。同様に、第 2 の駆動量計算機 1 2 は、数式 (8) および (12) を使用して特定視角動作のための駆動量を計算する。第 3 の駆動量計算機 1 3 は、操作量  $m$  ならびに座標  $x_c$  および  $y_c$  を受け取り、数式 (3)、(8)、および (14) を使用して遠隔中心動作のための駆動量を計算する。駆動モード選択ユニット 1 4 1 および 1 4 2 は、第 1、第 2、または第 3 の駆動量計算機から出力される駆動量を選択し、選択した駆動量を出力する。積分器 1 5 は、駆動量  $u_1$  および  $u_2$  を積分することによって角度  $\theta_1$  および  $\theta_2$  を計算する。

30

【0060】

第 2 の実施形態

2 - 1 制御システムの設計

第 1 の実施形態によれば、制御装置 1 は、数式 (1) および (2) に表される動力的計算に基づいて移動量  $V_x$  を一定にするように  $u_1$  および  $u_2$  を計算する。しかし、実際のマニピュレータでは、ワイヤの伸長、機構の弛み、または摩擦により、動力的計算によって決定した湾曲可能部分の遠位端部の角度および位置が誤差を含む。これらの誤差により、一定の操作量  $m$  が入力されたときでも、移動量  $V_x$  が大きく変動することがあり、操作性が低下することがある。したがって、本実施形態では、最初に、動力的計算の結果が誤差を含むときに移動量  $V_x$  が大きく変動する理由について、詳細に説明する。その後、この変動を低減することができる駆動量  $u_1$  および  $u_2$  を計算する制御システムを設計する。

40

【0061】

2 - 1 - 1

数式 (7) から明らかであるように、駆動量  $u_1$  および  $u_2$  に対応する移動量  $V_x$

50

は、角度  $\theta_1$  および  $\theta_2$  によって決まる（この特徴を、以下では角度依存性と呼ぶ）。第 1 の実施形態の制御装置 1 は、数式 (8) に表される動力学計算によって角度依存性を補償するように駆動量  $u_1$  および  $u_2$  を計算する。しかし、この動力学計算が大きな誤差を含むときには、角度依存性が補償されずに増幅される。例えば、第 1 の湾曲可能部分が図 7 (a) および図 7 (b) に示すように真っ直ぐである状態から特定視角動作を行うものと仮定する。この場合、第 1 の湾曲可能部分のみを駆動量  $u_1$  だけ駆動し、第 2 の湾曲可能部分の角度を一定に維持すると、第 2 の湾曲可能部分の遠位端部が、負の X 軸方向に動く。第 2 の湾曲可能部分を図 7 (a) に示すように湾曲させる場合には、カメラの視野方向の移動量  $V_y$  が大きく、視野方向に直交する方向の移動量  $V_x$  が小さい。これに対して、第 2 の湾曲可能部分が図 7 (b) に示すように真っ直ぐである場合には、視野方向に直交する方向の移動量  $V_x$  が大きい。したがって、移動量  $V_x$  が数式 (5) を満たすようにするための駆動量  $u_1$  は、マニピュレータが図 7 (b) に示す位置にある場合より、マニピュレータが図 7 (a) に示す位置にある場合の方が大きい。その結果として、移動量  $V_x$  が増大する。例えば、マニピュレータの実際の位置は図 7 (b) に示す位置であるが、動力学計算の誤差によって図 7 (a) に示す位置についての駆動量  $u_1$  を計算したものと仮定する。上述のように、マニピュレータが図 7 (b) に示す位置にあるときには、駆動量  $u_1$  が小さいときでも、移動量  $V_x$  は大きい。さらに、マニピュレータが図 7 (a) に示す位置にあるという前提に基づいて計算された駆動量  $u_1$  は、マニピュレータが図 7 (b) に示す位置にあるときに移動量  $V_x$  を実現するために必要な駆動量よりも大きい。したがって、遠位端部の位置の実際の移動量が、大きくなりすぎる。

10

20

#### 【0062】

次に、動作モードを切り替えたときに起こる移動量  $V_x$  の不連続的な変化について説明する。この不連続的な変化は、動作モード間の角度依存性の違いによって生じる。例えば、湾曲動作の角度依存性が特定視角動作の角度依存性より小さいことを示すために、第 1 の湾曲部分が図 7 (c) に示すように真っ直ぐな状態から湾曲動作が行われる場合について説明する。この湾曲動作では、第 1 および第 2 の湾曲可能部分が同じ方向に湾曲する。第 2 の湾曲可能部分が駆動されると、マニピュレータの遠位端部が、 $V_x$  の方向に動く。したがって、図 7 (c) に示すように、第 1 の湾曲可能部分の駆動操作によって生じる  $V_x$  の方向の移動量が小さいときでも、これは、第 2 の湾曲可能部分の駆動操作によって補償することができる。したがって、数式 (5) を満たす駆動量  $u_1$  および  $u_2$  は、湾曲可能部分の角度  $\theta_1$  および  $\theta_2$  に関わらず、大きく変動しない。これに対して、上述のように、特定視角動作の角度依存性は大きい。したがって、マニピュレータが実際の位置とは異なる位置にあるという前提で計算された駆動量  $u_1$  および  $u_2$  が入力されたときには、先端の移動量が大きく変動する。角度依存性の違いにより、先端の移動量は、動作モードが切り替えられたときに不連続に変動する。例えば、動作モードが湾曲動作から特定視角動作に切り替えられたものと仮定する。さらに、実際のマニピュレータが、第 2 の湾曲可能部分が図 7 (b) および図 7 (d) に示すように真っ直ぐになる位置にあるが、駆動量は第 2 の湾曲可能部分が図 7 (a) および図 7 (c) に示すように湾曲しているという前提で計算されるものと仮定する。この場合には、内視鏡画像の移動の速度は、湾曲動作中には移動量  $V_x$  が大きく変動しないので一定であるが、動作モードが特定視角動作に切り替えられたときに突然変化する。したがって、操作性が低下する。

30

40

#### 【0063】

2 - 1 - 2

上記の項で述べたように、第 1 の実施形態による制御装置 1 は、角度依存性を補償するように駆動量  $u_1$  および  $u_2$  を計算するが、第 2 の湾曲可能部分の遠位端部の移動量  $V_x$  の変動が、動力学計算の誤差によって増幅されるという危険性がある。したがって、本実施形態では、駆動量  $u_1$  および  $u_2$  が角度  $\theta_1$  および  $\theta_2$  に関わらず一定になるように、第 1、第 2、および第 3 の駆動量計算機を設計する。本実施形態による制御方法では、角度依存性を補償することができないので、操作入力  $m$  が一定であるときでも、移

50

動量  $V_x$  を一定にすることができない。しかし、移動量  $V_x$  の変動は、動力的計算が大きな誤差を含むときでも低減することができる。

【0064】

図8は、本実施形態による制御装置1を示すブロック図である。制御装置1に含まれる駆動量計算機112、122、および132は、第1および第2の湾曲可能部分の角度 $\theta_1$ および $\theta_2$ を使用せずに駆動量が計算される点で、第1の実施形態の対応する計算機と異なる。図9(a)から図9(c)は、それぞれ駆動量計算機112、122、および132を示すブロック図である。駆動量計算機は、操作入力 $m$ に定数を掛けることによって第1および第2の湾曲可能部分の駆動量を計算する増幅器1121、1122、1221、1222、1321、および1322を含む。増幅器の増幅定数が適切に設定されると、湾曲動作、特定視角動作、および遠隔中心動作を行うことができる。本実施形態では、第1の駆動量計算機112の増幅器1121および1122の増幅定数 $k_1$ および $k_2$ は、同じ符号を有する定数に設定される。したがって、第1および第2の湾曲可能部分は、一定の速度で同じ方向に駆動されるので、第2の湾曲可能部分の遠位端部を大きく動かす湾曲動作を行うことができる。さらに、第2の駆動量計算機122の増幅器1221の増幅定数 $k_1$ は、0でない定数に設定され、増幅器1222の増幅定数は0に設定される。駆動量 $k_2$ が常に0に設定されるので、角度 $\theta_2$ は、動作モードが特定視角動作に切り替えられたときの値から変化せず、一定に維持される。本実施形態では、第3の駆動量計算機132は、動作モードが遠隔中心動作に切り替えられたときの観察中心の座標 $x_c$ および $y_c$ ならびに第1および第2の湾曲可能部分の角度 $\theta_{1r}$ および $\theta_{2r}$ を含むテーブル1323を宿主装置から受け取る。テーブル1323は、入力信号に基づいて、角度 $\theta_{1r}$ および $\theta_{2r}$ に近い角度での遠隔中心動作についての増幅定数 $k_1$ および $k_2$ を出力する。

【0065】

2-2 シミュレーション

本項では、前項で述べた制御システムによって移動量  $V_x$  の変動を低減することができることを示すシミュレーション結果について説明する。本項では、例えば、特定視角動作、ならびに特定視角動作と湾曲動作の間の切替えを、角度 $\theta_1$ および $\theta_2$ がそれぞれ $\theta_1 = 1 \text{ rad}$ および $\theta_2 = 2 \text{ rad}$ である図10に実線で示す位置(以下では、ターン・アラウンド位置と呼ぶ)の周りで行うものと仮定する。このシミュレーションでは、特定視角動作および湾曲動作のそれぞれにおいて、図10に破線で示す位置を初期位置として設定し、この位置を20秒の時点でターン・アラウンド位置に変化させ、40秒の時点で点線で示す位置に変化させるように駆動操作を行う。数式(5)の定数 $k$ は1に設定され、移動量 $V_x$ は $0.05 \text{ mm/秒}$ に設定され、増幅定数 $k_1$ 、 $k_2$ 、および $k_3$ は、それぞれ $1.0 \times 10^{-3}$ 、 $2.0 \times 10^{-3}$ 、および $1.2 \times 10^{-2}$ に設定される。このシミュレーションでは、位置の誤差は、第1および第2の湾曲可能部分の遠位端部の角度の検出誤差によるものであり、その角度誤差は、 $-\pi/30 \text{ rad}$ から $\pi/30 \text{ rad}$ であるものと仮定する。

【0066】

最初に、本実施形態による制御方法によって特定視角動作についての駆動量を計算することによって、どのようにして移動量  $V_x$  の変動を低減することができるかを説明する。図11(a)および図11(b)は、特定視角動作における駆動量 $k_1$ および $k_2$ を示す図である。図11(a)および図11(b)では、実線は、本実施形態による方法によって計算した駆動量(以下、一定駆動量と呼ぶ)を示し、破線は、第1の実施形態で説明した動力学に基づく方法によって計算した駆動量(以下、可変駆動量と呼ぶ)を示している。これは、以降の図面にも当てはまる。図11(a)の破線から分かるように、第1の湾曲可能部分の可変駆動量は、20秒の時点で大きく増大する。これは、上述のように、角度依存性が補償されたからである。これに対して、実線で示される一定駆動量は、一定である。特定視角動作では第2の湾曲可能部分は駆動されないので、図11(b)に破線および実線で示すように、駆動量 $k_2$ は、0に維持される。

【0067】

10

20

30

40

50

図12は、特定視角動作における移動量  $V_x$  を示す図である。図12の実線および破線から分かるように、一定駆動量および可変駆動量がデバイスに入力される各場合には、移動量  $V_x$  は一定ではない。しかし、実線の傾きは一定であり、このことは、一定駆動量が入力されたときに移動量  $V_x$  が一定の割合で変化することを示している。したがって、操作者は、表示される内視鏡画像を観察しながら、移動量  $V_x$  の増大に応じて操作入力  $m$  を低減することによって、容易に先端の移動の速度を一定に維持することができる。したがって、内視鏡が実時間画像 (real-time image) を提供する実施形態では、その画像は、一定の画像 (constant image) を有することができる。

#### 【0068】

図12の破線から分かるように、シミュレーションが、変動駆動量が入力されることを含むときには、2.0秒前後の時点で、移動量  $V_x$  が突然増大する。これは、実際の位置がターン・アラウンド位置と異なるにもかかわらず、図11(a)には破線で示すように、大きな駆動量  $\tau_1$  が第1の湾曲可能部分に入力されることによるものである。操作者は移動量  $V_x$  の突然の変化がいつ起こるかを予測することができないので、操作者が表示される画像に基づいて先端の動作速度を一定に維持するように操作入力  $m$  を変化させることは困難である。したがって、このモードでは、操作性が低下する可能性がある。

#### 【0069】

次に、本実施形態による制御装置を使用することによって、動作モードの切替えによる先端の移動の速度の不連続的な変化をどのようにして抑制することができるかを説明する。図13(a)および図13(b)は、20秒の時点で動作モードが湾曲動作から特定視角動作に切り替えられる場合の駆動量  $\tau_1$  および  $\tau_2$  を示す図である。図13(a)および図13(b)の実線および破線から分かるように、駆動量  $\tau_1$  および  $\tau_2$  は、湾曲動作が行われる0秒から20秒の期間は実質的に一定である。これは、上述のように、湾曲動作の角度依存性が小さいからである。さらに、図11(a)と同様に、特定視角動作がターン・アラウンド位置で行われる20秒の時点で可変駆動量が増大することは、図13(a)の破線から明らかである。したがって、駆動量  $\tau_1$  は、20秒前後の期間に不連続に変動する。これに対して、20秒の前後の一定駆動量の変化は、可変駆動量の変化より小さいことは、図13(a)の実線から明らかである。

#### 【0070】

図14は、角度誤差があるときに図13(a)および図13(b)に示す駆動量が入力される場合の移動量  $V_x$  を示す図である。図14の実線から明らかであるように、一定駆動量が入力されたときには、移動量  $V_x$  は、動作モードが切り替えられる20秒の時点でも大きくは変化しない。したがって、本実施形態による制御装置を使用することによって、角度誤差があるときでも、先端の移動の速度が動作モードの切替え時に突然変化することを防止することができる。したがって、操作性は低下しない。これに対して、可変駆動量が入力されるときには、移動量  $V_x$  が20秒の時点で不連続かつ突然に増大することは、図14の破線から明らかである。したがって、操作入力  $m$  が一定であっても、動作モードが切り替えられたときに、内視鏡画像の移動の速度が大きく変動する。したがって、操作性が低下する。

#### 【0071】

本明細書に記載する制御装置および内視鏡の1つの特に有利な特徴は、それらの使い易さである。外科手術中には、その手術の手順中に、医師またはその他の臨床者は、患者、複数の器具、殺菌機器、およびその他のデバイス进行操作し、しばしば制御しなければならない。したがって、内視鏡デバイスを片手で、または1つの方向に沿った動作で簡単に制御することができるように内視鏡デバイスの制御を簡略化すると、特に有利である。動作モードを選択できることと、1方向(上下または左右)の動作しかないこともあるジョイスティック、タッチ・スクリーン、フット・ペダル、または音声作動制御装置(例えば数値単位を音声入力する)を使用することにより、覚えるのが容易である可能性がある簡略化した動作を可能にしながら、目標画像の見方をかなり柔軟にすることもできる。なぜ

10

20

30

40

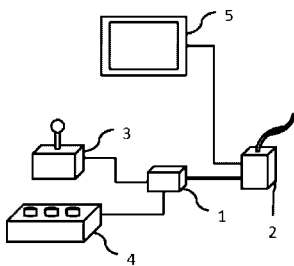
50

なら目標が何であるか、および何がなされる必要があるかに応じて操作者がいくつかの異なる動作モードのうちの一つを選択できるからである。

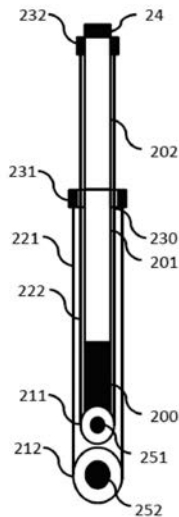
【 0 0 7 2 】

例示的な実施形態を参照して本発明について説明したが、本発明は、開示した例示的な実施形態に限定されないことを理解されたい。以下の特許請求の範囲には、全てのこのような修正形態ならびに等価な構造および機能を包含するように最も広範に解釈されるものとする。

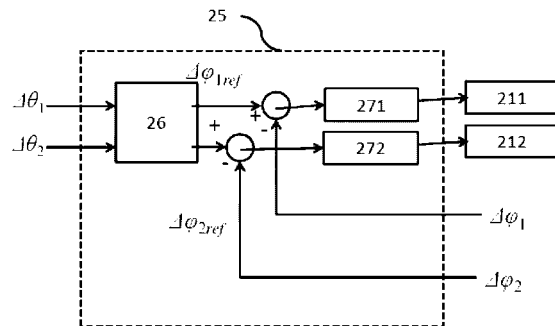
【 図 1 】



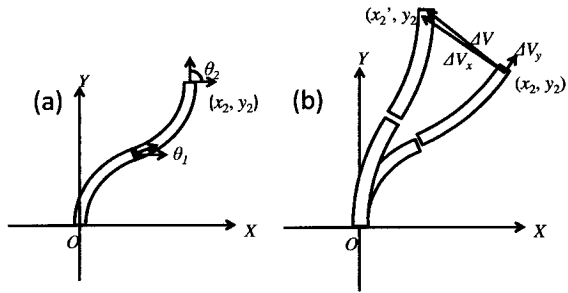
【 図 2 】



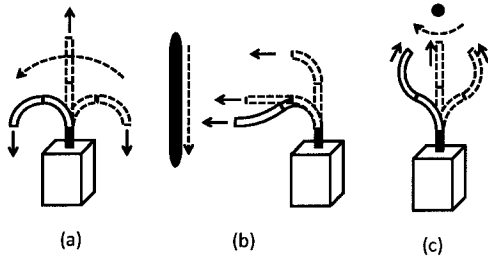
【 図 3 】



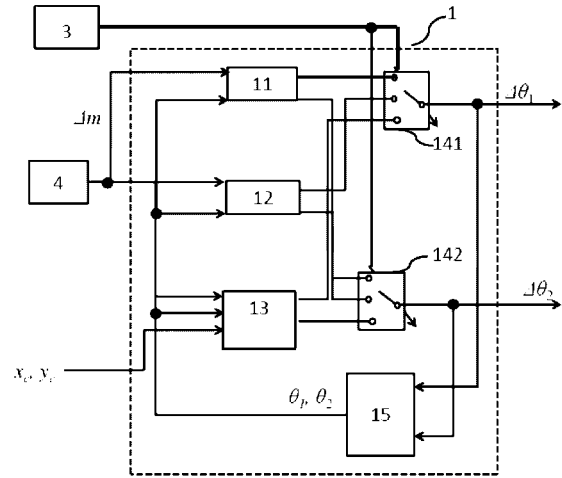
【 図 4 ( a ) - ( b ) 】



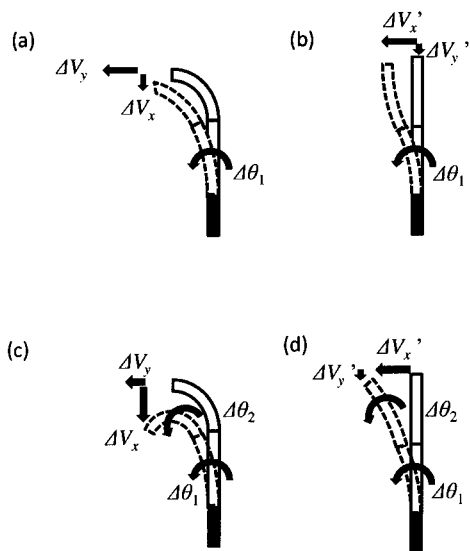
【 図 5 ( a ) - ( c ) 】



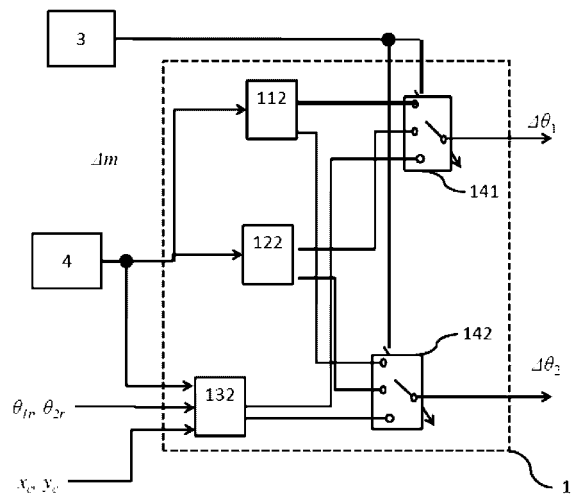
【 図 6 】



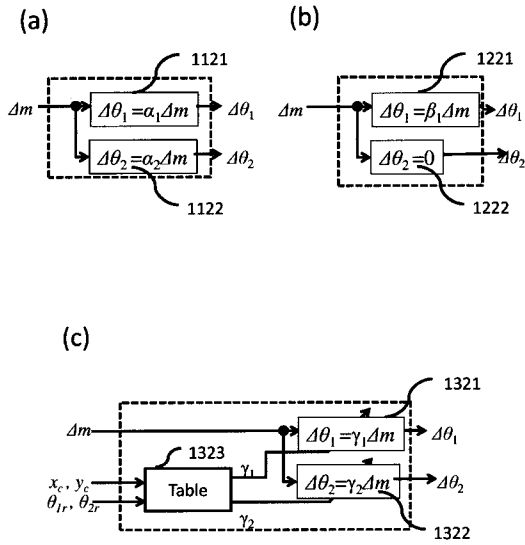
【 図 7 ( a ) - ( d ) 】



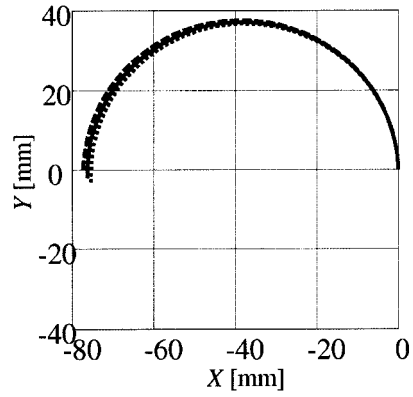
【 図 8 】



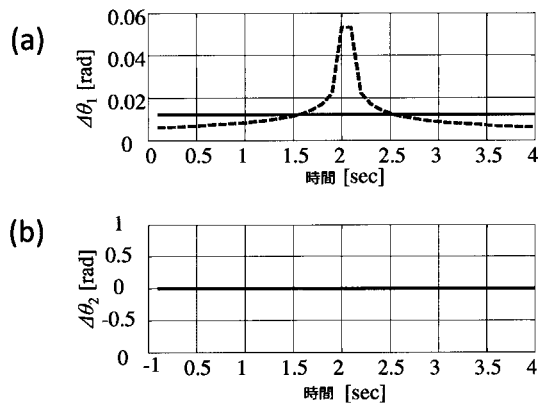
【 図 9 ( a ) - ( c ) 】



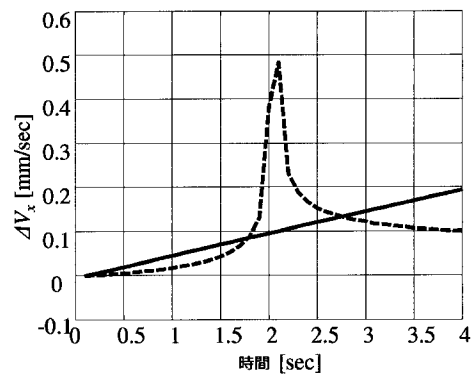
【 図 1 0 】



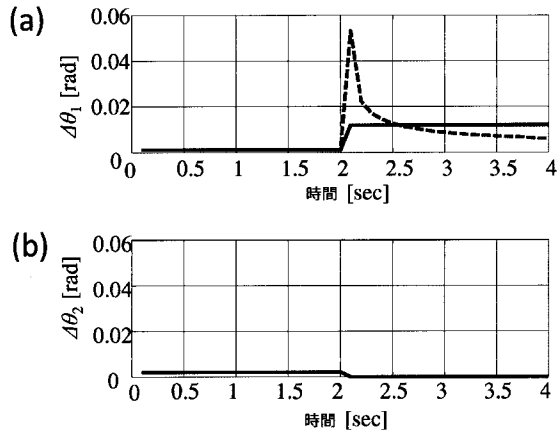
【 図 1 1 ( a ) - ( b ) 】



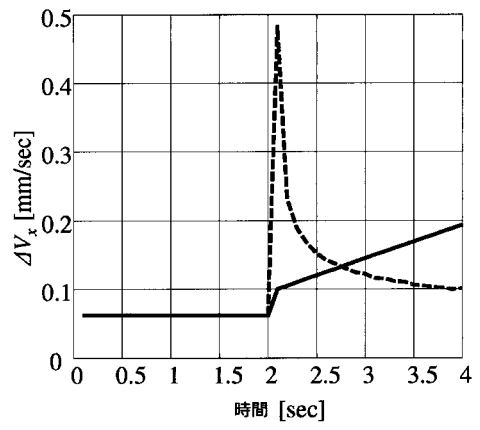
【 図 1 2 】



【 図 1 3 ( a ) - ( b ) 】



【 図 1 4 】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US15/38662

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(8) - A61B 1/005, 17/94; B25J 1/02 (2015.01) CPC - A61B 1/0051, 1/045; B25J 1/02 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																															
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8): A61B 1/00, 1/005, 17/94, 19/00; B25J 1/02 (2015.01) CPC: A61B 1/00, 1/0051, 1/045, 17/12013, 19/00; B25J 1/02 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSeer (US, EP, WO, JP, DE, GB, CN, FR, KR, ES, AU, IN, CA, INPADOC Data); ProQuest; Google Patents; Google Scholar; IEEE Keywords: endoscope, calculate, manipulator, control, bend, amplifier, boost, signal, angle, position, flexible, target, coordinates, direction																															
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td rowspan="4">US 2011/0257480 A1 (TAKAHASHI, K. et al.) 20 October 2011; figures 1, 2A; paragraphs [0020], [0040], [0055], [0057].</td> <td>1, 8-11</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>2-4</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>5-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td rowspan="2">US 2015/0164596 A1 (AURIS SURGICAL ROBOTICS, INC.) 18 June 2015; figure 17F; paragraphs [0150], [0197].</td> <td>2-3</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td rowspan="2">US 2008/0039715 A1 (WILSON, D. et al.) 14 February 2008; paragraphs [0080], [0099].</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td rowspan="2">EP 0659387 A2 (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 28 June 1995; paragraphs [0059], [0082], [0088].</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>—</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5,469,254 A (KONOMURA, Y.) 21 November 1995; entire document.</td> <td>6-7</td> </tr> </tbody> </table>	Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	US 2011/0257480 A1 (TAKAHASHI, K. et al.) 20 October 2011; figures 1, 2A; paragraphs [0020], [0040], [0055], [0057].	1, 8-11	—	2-4	Y	5-7	A		Y	US 2015/0164596 A1 (AURIS SURGICAL ROBOTICS, INC.) 18 June 2015; figure 17F; paragraphs [0150], [0197].	2-3	—		Y	US 2008/0039715 A1 (WILSON, D. et al.) 14 February 2008; paragraphs [0080], [0099].	3	—	5	Y	EP 0659387 A2 (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 28 June 1995; paragraphs [0059], [0082], [0088].	4	—	5	A	US 5,469,254 A (KONOMURA, Y.) 21 November 1995; entire document.	6-7	<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																													
X	US 2011/0257480 A1 (TAKAHASHI, K. et al.) 20 October 2011; figures 1, 2A; paragraphs [0020], [0040], [0055], [0057].	1, 8-11																													
—		2-4																													
Y		5-7																													
A																															
Y	US 2015/0164596 A1 (AURIS SURGICAL ROBOTICS, INC.) 18 June 2015; figure 17F; paragraphs [0150], [0197].	2-3																													
—																															
Y	US 2008/0039715 A1 (WILSON, D. et al.) 14 February 2008; paragraphs [0080], [0099].	3																													
—		5																													
Y	EP 0659387 A2 (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 28 June 1995; paragraphs [0059], [0082], [0088].	4																													
—		5																													
A	US 5,469,254 A (KONOMURA, Y.) 21 November 1995; entire document.	6-7																													
* 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 26 October 2015 (26.10.2015)	Date of mailing of the international search report 08 DEC 2015																														
Name and mailing address of the ISA/ Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300	Authorized officer Shane Thomas PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774																														

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US15/38662

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1.  Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2.  Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3.  Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:  
See extra sheet.

1.  As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.  As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.  As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.  No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
1-11

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/US15/38662

\*\*\*-Continued from Box No. III Observations where unity of invention is lacking -\*\*\*

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fee must be paid.

Group I: Claims 1-11 are directed toward a control apparatus for a manipulator including a plurality of bendable portions.  
Group II: Claims 12-15 are directed toward an endoscopic system comprising at least three degrees of freedom.

The inventions listed as Groups I-II do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons:

The special technical features of Group I include a plurality of drive sources that apply drive forces to driving-force transmitting mechanisms; an operation signal based on an amount of operation of an operating portion; and a movement-mode selecting unit that outputs the driving amounts output by one of the driving-amount calculators on the basis of an input signal from movement-mode input unit, which are not present in Group II.

The special technical features of Group II include a manipulator having at least three degrees of freedom; controlling movement of the manipulator through the at least three degrees of freedom having two input units; selecting one of 2, 3, 4, 5, or 6 movement modes; an operation signal based on a linear parameter from an operator; and driving the manipulator in a motion through at least one of the at least three degrees of freedom, which are not present in Group I.

The common technical features shared by Groups I-II are a manipulator comprising a plurality of bendable portions; a control apparatus comprising: a movement-mode input unit adapted for selecting one of a plurality of movement modes; an operation-amount input unit adapted for generating an operation signal; and a calculating device configured to calculate driving amounts for driving the manipulator.

However, these common features are previously disclosed by US 2012/0046522 A1 (NAITO). Naito discloses a manipulator comprising a plurality of bendable portions (a manipulator comprising multiple bending sections (portions); paragraphs [0008], [0084]); a control apparatus (operating section is used by an operator to perform various operations; paragraph [0041]) comprising: a movement-mode input unit adapted for selecting one of a plurality of movement modes (via input unit, select a desired procedure mode in accordance with a procedure that is being carried out; paragraph [0056]); an operation-amount input unit adapted for generating an operation signal (an adjustment signal configured to drive an adjustment unit based on an increase/decrease information to adjust tensile force; paragraphs [0007]-[0008]); and a calculating device configured to calculate driving amounts for driving the manipulator (control unit calculates a drive amount of the linear actuator; paragraph [0058]).

Since the common technical features are previously disclosed by the Naito reference, these common features are not special and so Groups I-II lack unity.

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100090273

弁理士 國分 孝悦

(72)発明者 波多 伸彦

アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 02115 ポストン フランシス ストリート 75  
ザ プリガム アンド ウィメンズ ホスピタル インコーポレイテッド内

(72)発明者 加藤 貴久

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92618-3731, アーバイン, アルトン パーク  
ウェイ 15975 キヤノン ユーエスエイ, インコーポレイテッド内

(72)発明者 高木 清志

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92618-3731, アーバイン, アルトン パーク  
ウェイ 15975 キヤノン ユーエスエイ, インコーポレイテッド内

(72)発明者 古瀬 秀和

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92618-3731, アーバイン, アルトン パーク  
ウェイ 15975 キヤノン ユーエスエイ, インコーポレイテッド内

Fターム(参考) 2H040 BA21 DA16 DA17 DA19 DA51

3C707 AS35 BS20 KT01 KT18 MT01

4C161 CC06 DD03 FF32 HH32 HH47 JJ06 LL02

专利名称(译)	用于控制操纵器的方法和设备		
公开(公告)号	<a href="#">JP2018523508A</a>	公开(公告)日	2018-08-23
申请号	JP2017568172	申请日	2015-06-30
[标]申请(专利权)人(译)	佳能美国公司 激光ブリガムアンドウィメンズホスピタルインコーポレイテッド 布赖汉姆妇女医院		
申请(专利权)人(译)	佳能Yuesuei公司 在布莱根妇女医院公司		
[标]发明人	波多伸彦 加藤貴久 高木清志 古瀬秀和		
发明人	波多 伸彦 加藤 貴久 ▲高▼木 清志 古瀬 秀和		
IPC分类号	A61B1/005 A61B1/018 G02B23/24 B25J18/06		
CPC分类号	A61B1/00006 A61B1/0016 A61B1/00183 A61B1/0051 A61B1/0057 B25J9/1635 G05B2219/49253 A61B1/018 A61B34/30 A61B2034/301 B25J9/104 B25J13/065 B25J18/06		
FI分类号	A61B1/005.523 A61B1/005.522 A61B1/018 G02B23/24.A B25J18/06		
F-TERM分类号	2H040/BA21 2H040/DA16 2H040/DA17 2H040/DA19 2H040/DA51 3C707/AS35 3C707/BS20 3C707 /KT01 3C707/KT18 3C707/MT01 4C161/CC06 4C161/DD03 4C161/FF32 4C161/HH32 4C161/HH47 4C161/JJ06 4C161/LL02		
其他公开文献	JP6644816B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

本发明提供了一种用于通过控制装置控制包括多个可弯曲机构的柔性操纵器的方法和装置。控制装置包括驱动模式选择单元，其能够选择可以导致弯曲运动，特定视角运动或远程中心运动的操作模式。(图5(a)

- (c)

Figs. 5(a) – 5(c)

