

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4839036号
(P4839036)

(45) 発行日 平成23年12月14日(2011.12.14)

(24) 登録日 平成23年10月7日(2011.10.7)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 1/00 (2006.01)

F I

A 6 1 B 1/00 3 1 0 H

請求項の数 7 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2005-214728 (P2005-214728)	(73) 特許権者	304050923
(22) 出願日	平成17年7月25日 (2005. 7. 25)		オリンパスメディカルシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2007-29289 (P2007-29289A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(43) 公開日	平成19年2月8日 (2007. 2. 8)	(74) 代理人	100076233
審査請求日	平成20年6月24日 (2008. 6. 24)		弁理士 伊藤 進
		(72) 発明者	河合 利昌
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
			リンパスメディカルシステムズ株式会社内
		審査官	安田 明央

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 医療用制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体内に挿入される挿入部の先端側に、複数のリンク部材がそれぞれ回動自在に連設された湾曲部を有する医療用具と、

前記複数のリンク部材をそれぞれ回動させて前記湾曲部を湾曲動作させるための駆動手段と、

前記複数のリンク部材の内の少なくとも何れか1つのリンク部材を指定し、当該リンク部材の位置と向きを指定する指定手段と、

前記医療用具の前記湾曲部が移動したときに前記指定手段により指定された位置と向きを維持しながら前記指定手段により指定されたリンク部材及びこのリンク部材に連なる他のリンク部材が前記位置を通過するように、前記複数のリンク部材のそれぞれの角度を演算し、この演算結果に基づいて、前記複数のリンク部材を回動させるように前記駆動手段を制御する制御手段と、

を具備し、さらに、

前記複数のリンク部材のそれぞれ隣り合うリンク部材のなす角度を演算する際に、前記隣り合うリンク部材のなす角度が予め設定された許容範囲内になるようにするためのパラメータを設定する設定手段を具備し、

前記指定手段は、前記複数のリンク部材の内、最も先端側のリンク部材の位置と向きを指定し、

前記制御手段は、前記医療用具の前記湾曲部が移動したときに前記指定手段により指定

された位置と向きを維持しながら前記最も先端側のリンク部材及びこのリンク部材に連なる他のリンク部材が前記位置を通過するように、前記設定手段により設定されたパラメータに基づいて前記複数のリンク部材のそれぞれの角度を演算し、この演算結果に基づいて、前記複数のリンク部材を回動させるように前記駆動手段を制御することを特徴とする医療用制御装置。

【請求項 2】

前記複数のリンク部材が互いになす角度及びその角度の変化量を検出する第 1 の検出手段を有し、

前記制御手段は、前記第 1 の検出手段による検出結果を用いて、前記複数のリンク部材における隣り合うリンク部材のそれぞれの角度を演算し、この演算結果に基づいて、前記複数のリンク部材を回動させるように前記駆動手段を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の医療用制御装置。

10

【請求項 3】

前記指定手段により指定されるリンク部材は、前記複数のリンク部材の内、少なくとも最も先端側のリンク部材と、このリンク部材以外のリンク部材との 2 つであることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の医療用制御装置。

【請求項 4】

前記指定手段は、前記指定手段により指定されたリンク部材の位置又は向きを予め設定された量だけ変更する変更手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 つに記載の医療用制御装置。

20

【請求項 5】

前記制御手段は、前記駆動手段による駆動を停止させることにより、前記複数のリンク部材の全部または一部を自由に回動できるようにすることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 つに記載の医療用制御装置。

【請求項 6】

前記指定手段は、自由に回動させるリンク部材を選択するための選択手段を有し、

前記制御手段は、前記選択手段により選択されたリンク部材のみ自由に回動できるようにすることを特徴とする請求項 5 に記載の医療用制御装置。

【請求項 7】

前記医療用具は、前記挿入部の先端側に前記湾曲部を有する内視鏡であることを特徴とする請求項 1 - 6 のいずれか一項に記載の医療用制御装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療用具の湾曲部に対して湾曲動作を行わせるための駆動手段を制御する医療用制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、医療用具として内視鏡は、幅広く利用されている。内視鏡の細長の挿入部を体腔内に挿入することにより、術者は、体腔内臓器などを観察したり、必要に応じて処置具チャンネル内に挿通した処置具を用いて各種治療処置ができる。また、工業分野においても、作業者は、内視鏡の細長の挿入部を挿入することにより、ボイラ、タービン、エンジン、化学プラントなどの内部の傷や腐蝕などを観察したり検査することができる。

40

【0003】

このような内視鏡には、細長い挿入部の先端部基端側に湾曲自在な湾曲部が設けられている。前記内視鏡において、術者等の使用者は、操作部に設けられた湾曲操作レバー等の湾曲操作入力手段を操作することにより、湾曲部を湾曲動作させるための湾曲駆動手段に、前記湾曲部の湾曲方向や湾曲の速度が湾曲量として指示入力される。

【0004】

そして、前記湾曲駆動手段は、前記湾曲操作レバーによる湾曲量に基づき、前記湾曲部

50

を構成する湾曲駒に接続された湾曲操作ワイヤを機械的に牽引又は弛緩させることにより、前記湾曲部を湾曲動作させる。

【0005】

この種の従来の内視鏡には、湾曲駆動手段として例えば内視鏡内部に内蔵したモータを電氣的に回動制御してこのモータの駆動力により湾曲操作ワイヤを牽引又は弛緩して前記湾曲部を湾曲動作させる電氣的湾曲駆動方式、つまり電動湾曲内視鏡がある。

【0006】

例えば、特許2917263号公報には、電動湾曲内視鏡において、前記湾曲操作ワイヤを牽引するプーリを有しこのプーリに対応するモータのトルクを内視鏡挿入部の種類に合うように設定できる制御手段等に関する技術が開示されている。

10

また、特許2845255号公報には、電動湾曲内視鏡において、湾曲部の全操作範囲のモータにかかる負荷を均一にできる内視鏡の湾曲操作装置に関する技術が開示されている。

【特許文献1】特許2917263号公報

【特許文献2】特許2845255号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、前記従来の電動湾曲内視鏡は、湾曲入力手段を操作して指示入力される湾曲量に基づいて湾曲駆動手段であるモータを電氣的に回動制御することにより、湾曲操作ワイヤを牽引又は弛緩して前記湾曲部を湾曲動作させるものである。この湾曲部には複数の湾曲駒が接続されており、湾曲時に湾曲部は湾曲部全体に渡って湾曲するといった構成であるため、例えば大腸などの管腔内に挿入する際、この管腔内の形状に合わせた形状に湾曲部を湾曲させて挿入することはできず、例えばS状結腸部への挿入については熟練した操作を要していた。

20

【0008】

本発明は前記事情に鑑みてなされたものであり、挿入部の湾曲部が管腔内の形状に合った形状になるように湾曲部の駆動を制御することにより、医療用具の挿入部の挿入性を向上できる医療用制御装置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】

30

【0009】

本発明の医療用制御装置は、被検体内に挿入される挿入部の先端側に、複数のリンク部材がそれぞれ回動自在に連設された湾曲部を有する医療用具と、前記複数のリンク部材をそれぞれ回動させて前記湾曲部を湾曲動作させるための駆動手段と、前記複数のリンク部材の内の少なくとも何れか1つのリンク部材を指定し、当該リンク部材の位置と向きを指定する指定手段と、前記医療用具の前記湾曲部が移動したときに前記指定手段により指定された位置と向きを維持しながら前記指定手段により指定されたリンク部材及びこのリンク部材に連なる他のリンク部材が前記位置を通過するように、前記複数のリンク部材のそれぞれの角度を演算し、この演算結果に基づいて、前記複数のリンク部材を回動させるように前記駆動手段を制御する制御手段と、を具備し、さらに、前記複数のリンク部材のそれぞれ隣り合うリンク部材のなす角度を演算する際に、前記隣り合うリンク部材のなす角度が予め設定された許容範囲内になるようにするためのパラメータを設定する設定手段を具備し、前記指定手段は、前記複数のリンク部材の内、最も先端側のリンク部材の位置と向きを指定し、前記制御手段は、前記医療用具の前記湾曲部が移動したときに前記指定手段により指定された位置と向きを維持しながら前記最も先端側のリンク部材及びこのリンク部材に連なる他のリンク部材が前記位置を通過するように、前記設定手段により設定されたパラメータに基づいて前記複数のリンク部材のそれぞれの角度を演算し、この演算結果に基づいて、前記複数のリンク部材を回動させるように前記駆動手段を制御する。

40

【発明の効果】

【0010】

50

本発明によれば、挿入部の湾曲部が管腔内の形状に合った形状になるように湾曲部の駆動を制御することにより、医療用具の挿入部の挿入性を向上できる医療用制御装置の実現が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

【実施例1】

【0012】

図1乃至図29は本発明の実施例1における医療用制御装置の基本構成を説明するためのもので、図1は医療用制御装置を用いて内視鏡装置として構成した場合のシステム構成図である。

10

【0013】

図1に示すように、本発明に係る医療用制御装置を用いた内視鏡装置1は、挿入部先端部内に図示しない撮像手段を備え、操作部10内あるいは湾曲部14内に後述する挿入部9の湾曲部14を湾曲させるための駆動部10bを備えた医療用具としての電子内視鏡（以下、単に内視鏡）2と、前記内視鏡2に着脱自在に接続され、この内視鏡2に照明光を供給する光源装置3と、前記内視鏡2に着脱自在に接続され、前記内視鏡2の前記撮像手段を制御すると共に、この撮像手段から得られた信号を処理して標準的な映像信号を出力するビデオプロセッサ4と、前記ビデオプロセッサ4内あるいはこのビデオプロセッサ4とは別体に設けられ、前記湾曲部14を湾曲動作させるように前記内視鏡2の駆動部10bを制御するコントローラ5と、前記ビデオプロセッサ4で信号処理して得られた内視鏡画像を表示するモニタ6と、前記コントローラ5に電氣的に接続される指定手段としての操作指令部7と、前記コントローラ5に電氣的に接続される設定値入力手段としての設定値指令部8と、を有している。

20

なお、前記ビデオプロセッサ4には、図示しないVTRデッキ、ビデオプリンタ、ビデオディスク、画像ファイル記録装置などが接続できるようになっている。

【0014】

前記内視鏡2は、観察対象部位へ挿入する細長の挿入部9と、この挿入部9の基端部に連設され、ビデオスイッチや送気・送水スイッチ等の操作部10aを有する把持部12と、この把持部12の側面より延設され、図示しない撮像手段に接続する信号ケーブルや照明光を伝達するライトガイドなどを内蔵したユニバーサルコード11と、このユニバーサルコード11の端部に設けられ、前記光源装置3及びビデオプロセッサ4に着脱自在に接続されるコネクタ部12と、を有している。

30

【0015】

前記挿入部9は、先端に設けられた先端部13と、この先端部13の後部（被検体に挿入される挿入部9の先端側）に設けられた湾曲自在の湾曲部14と、この湾曲部14の後部に設けられ、軟性の管状の部材より形成される長尺で可撓性を有する可撓管部15とが連設されて構成している。

【0016】

前記先端部13は、撮像手段としてCCDなどの図示しない固体撮像素子及びこの固体撮像素子を駆動するための回路基板などが組み込まれた撮像部や、体腔内の観察対象部位を照明するための照明光を伝達する図示しないライトガイドなどを内蔵して構成されている。なお、前記湾曲部14の構成については後述する。

40

【0017】

前記コントローラ5には、接続線7bを介して前記操作指令部7が電氣的に接続されている。この操作指令部7は、例えばジョイスティック7aを備えて構成されたものであり、このジョイスティック7aを操作することにより前記湾曲部14を湾曲動作させるための操作指令値信号を出力する。

【0018】

また、前記コントローラ5には、接続線8bを介して設定値指令部8が電氣的に接続さ

50

れている。この設定値指令部 8 は、例えばキーボード 8 a を用いて構成されたものであり、このキーボード 8 a によるキー操作によって、コントローラ 5 に対し前記湾曲部 1 4 を湾曲させるのに必要な各種設定値の入力を行う。

【0019】

次に、前記湾曲部 1 4 の構成について、図 3 乃至図 8 を参照しながら説明する。また、前記湾曲部 1 4 については、簡単のため、平面的動作駆動部としての取り扱いとして説明を行う（2次元の平面動作）。

図 3 及び図 4 はリンク構造の駆動機構を備えた湾曲部を有する挿入部先端側の概略構成を説明するもので、図 3 は挿入部先端側の斜視図、図 4 は挿入部先端側の断面図である。また、図 5 は駆動機構がモータ及びギアで構成された湾曲部の構成を示す断面図、図 6 は図 5 に示す湾曲部の変形例 1 の構成を示す断面図、図 7 は図 5 に示す湾曲部の変形例 2 の構成を示す断面図、図 8 はモータとフレキシブルシャフトとの接続構成を示す斜視図である。

【0020】

図 3 及び図 4 に示すように、前記挿入部 9 の湾曲部 1 4 は、被検体内に挿入される挿入部 9 の先端側に設けられている。この湾曲部 1 4 は、挿入部駆動機構 2 0 を有し、この挿入部駆動機構 2 0 は、複数のリンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n が複数の関節部材 2 0 a、2 0 b、2 0 c ... 2 0 n によってそれぞれ回動自在に接続されることにより、構成している。つまり、挿入部駆動機構 2 0 は、多関節のリンク構造を有している。

【0021】

また、前記駆動部 1 0 b は、前記複数のリンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n をそれぞれ回動させるための駆動源であるモータ 2 7（図 5 及び図 8 参照）である。

この駆動部 1 0 b であるモータ 2 7 が前記操作部 1 0 内に設けられた場合には、図 8 に示すようにモータ 2 7 の駆動軸 2 7 a にはジョイント 3 0 a を介してフレキシブルシャフト 3 0 が連結される。そして、このフレキシブルシャフト 3 0 は、図示しないが挿入部 9 内に延設され、基端部が前記複数のリンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n に連結される。このことにより、それぞれのモータ 2 7 の回転力がフレキシブルシャフト 3 0 を介して、前記複数のリンク部材 2 1 にそれぞれ伝達されるようになっている。

【0022】

また、前記駆動部 1 0 b であるモータ 2 7 が挿入部 9 の湾曲部 1 4 内に設けられた場合には、図 5 に示すように、モータ 2 7 は、前記挿入部駆動機構 2 0 を構成する前記複数のリンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n 内にそれぞれ配設される。そして、モータ 2 7 の回転力は、前記モータ 2 7 と連結する連結ギア 2 6 等によって前記複数のリンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n にそれぞれ伝達されるようになっている。

【0023】

なお、前記リンク部材 2 1 及び関節部材 2 0 の数は、図中に示す構成例に限定されるものではなく、前記内視鏡 2 の目的に応じて適宜その数を増減して構成することも可能である。また、前記リンク部材 2 1 a は、先端部 1 3 の最先端側に配置されたもので、このリンク部材 2 1 a の後端側には順にリンク部材 2 1 b、2 1 c ... 2 1 n が連結されるようになっている。また、これに伴い、前記関節部材 2 0 a、2 0 b、2 0 c ... 2 0 n についても先端部 1 3 側から順にリンク部材 2 1 との間にそれぞれ配置されることになる。

【0024】

図 5 には前記湾曲部 1 4 の具体的な構成が示されている。

図 5 に示すように、前記湾曲部 1 4 の挿入部駆動機構 2 0 は、前記駆動部 1 0 b であるモータ 2 7 を前記複数のリンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n 内にそれぞれ配設している。

前記複数のリンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n は、前記関節部材 2 0 a、2 0 b、2 0 c ... 2 0 n であるジョイントシャフト 2 2 によってそれぞれ回動自在に連結されている。前記ジョイントシャフト 2 2 は軸部材であり、このジョイントシャフト 2 2 には、それぞれ検出手段としてのポテンシオメータ 2 3 が装着されている。

【 0 0 2 5 】

このポテンショメータ 2 3 は、ジョイントシャフト 2 2 の回転量を検出してリンク部材 2 1 の状態量検知信号として図示しない信号線を介して前記コントローラ 5 に出力するようになっている。

【 0 0 2 6 】

また、前記複数のリンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n の各基端側には、前記ジョイントシャフト 2 2 を回転自在に軸止した歯車 2 4 がそれぞれ固定されている。この歯車 2 4 には連結ギア 2 6 の歯車 2 5 が噛合される。この連結ギア 2 6 は、前記リンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n 毎に設けられたモータ 2 7 の図示しない駆動軸と連結しており、この駆動軸の回転力は軸 2 6 a を介して前記歯車 2 5 に伝達されるようになっている。

10

【 0 0 2 7 】

このことにより、モータ 2 7 の回転力が連結ギア 2 6 の軸 2 6 a 及び歯車 2 5 を介して歯車 2 4 に伝達されて、この歯車 2 4 が固定されたリンク部材 2 1 を所定方向に回転させることが可能である。

【 0 0 2 8 】

また、図 5 に示す湾曲部 1 4 は、各リンク部材 2 1 毎に挿入部駆動機構 2 0 を構成する、モータ 2 7、連結ギア 2 6、歯車 2 4、2 5 を有しているので、前記複数のリンク部材 2 1 a ~ 2 1 n の内、指定したリンク部材 2 1 のモータ 2 7 の回転制御を行えば、前記指定されたリンク部材 2 1 のみを回転動作させることが可能である。

20

【 0 0 2 9 】

なお、本実施例では、前記湾曲部 1 4 における駆動機構 2 0 を、図 6 に示す変形例 1、あるいは図 7 に示す変形例 2 のように構成しても良い。このような湾曲部 1 4 の変形例 1、変形例 2 を図 6 及び図 7 を参照しながら説明する。

【 0 0 3 0 】

変形例 1 及び変形例 2 における湾曲部 1 4 は、図 5 に示す湾曲部 1 4 とは異なり、各リンク部材 2 1 毎にモータ 2 7 を設けずに、駆動部 1 0 b であるモータ 2 7 を操作部 1 0 内に複数設けている。そして、これらのモータ 2 7 の回転力は、これらのモータ 2 7 の駆動軸 3 0 b にジョイント 3 0 a を介してそれぞれ連結され且つ挿入部 9 内に延設されるそれぞれのフレキシブルシャフト 3 0 を介して、これらのフレキシブルシャフト 3 0 にそれぞれ連結している前記複数のリンク部材 2 1 a、2 1 b、2 1 c ... 2 1 n に伝達されるようになっている。

30

【 0 0 3 1 】

図 6 に示すように、変形例 1 の湾曲部 1 4 は、図 5 に示す挿入部駆動機構 2 0 と略同様の構成であるが、各リンク部材 2 1 毎に延設されるフレキシブルシャフト 3 0 の先端側に歯車 2 9 を設けている。

【 0 0 3 2 】

この歯車 2 9 には、前記歯車 2 5 を逆側に設けた連結歯車 2 8 ギアが噛合する。この連結ギア 2 8 は前記リンク部材 2 1 内部に内装されており、この連結ギア 2 8 の軸 2 9 a の逆側に設けた歯車 2 5 を介して、フレキシブルシャフト 3 0 からの回転力を歯車 2 4 に伝達するようになっている。

40

このことにより、モータ 2 7 の回転力が、駆動軸 3 0 b、ジョイント 3 0 a、フレキシブルシャフト 3 0、歯車 2 9、連結歯車 2 8、軸 2 9 a 及び歯車 2 5 を介して歯車 2 4 に伝達されて、この歯車 2 4 が固定されたリンク部材 2 1 を所定方向に回転させることが可能である。

【 0 0 3 3 】

変形例 1 の湾曲部 1 4 は、図 5 に示す湾曲部 1 4 と同様に、各リンク部材 2 1 毎に挿入部駆動機構 2 0 を構成する、フレキシブルシャフト 3 0、連結歯車 2 8、歯車 2 4、2 5 を有しているので、前記複数のリンク部材 2 1 a ~ 2 1 n の内、指定したリンク部材 2 1 のモータ 2 7 の回転制御を行えば、前記指定されたリンク部材 2 1 のみを回転動作させる

50

ことが可能である。

【0034】

また、図7に示すように、変形例2の湾曲部14は、前記変形例1の挿入部駆動機構20と略同様の構成であるが、前記連結歯車28を無くし、各リンク部材21毎に延設されるフレキシブルシャフト30を各リンク部材21内部に配設するように構成している。

【0035】

前記フレキシブルシャフト30の先端側には前記歯車25が設けられている。したがって、フレキシブルシャフト30からの回転力は、前記歯車25を介して、連結歯車28等の連結部材を介さずとも直に各リンク部材21の後端側に固定された歯車24に伝達されるようになっている。このことにより、前記変形例1と同様に前記歯車24が固定されたリンク部材21を所定方向に回転させることが可能である。

10

【0036】

変形例2の湾曲部14は、前記変形例1と同様に各リンク部材21毎に挿入部駆動機構20を構成する、フレキシブルシャフト30、歯車24、25を有しているので、前記複数のリンク部材21a~21nの内、指定したリンク部材21のモータ27の回転制御を行えば、前記指定されたリンク部材21のみを回転動作させることが可能である。

【0037】

次に、このような湾曲部14を有する内視鏡2を備えた内視鏡装置1の電氣的な主要構成について図2を参照しながら説明する。

図2は内視鏡装置1の主要構成部分の電氣的な構成を示すブロック図である。

20

図2に示すように、前記内視鏡装置1は、例えばジョイスティック7aを用いて構成される操作手段及び指定手段としての操作指令部7と、キーボード8aを用いて構成される設定値入力手段としての設定値指令部8と、前記操作指令部7からの操作指令値信号、前記設定値指令部8により設定された設定値及び前記ポテンシオメータ23等からの状態量検知信号に基づいて前記駆動部10bを制御するための駆動指令値信号を出力するコントローラ5と、前記コントローラ5からの駆動指令値信号に基づいてそれぞれ回転制御されるモータ27等の駆動部10bと、この駆動部10bの回転力によって姿勢制御される湾曲部14内に設けられた挿入部駆動機構20と、を有して主要部を構成している。

【0038】

前記操作指令部7は、ジョイスティック7aを用いて前記湾曲部14の湾曲を指示するための操作手段であり、操作に基づく操作指令値信号を前記コントローラ5に出力する。また、前記操作指令部7は、前記湾曲部14を構成する前記複数のリンク部材21a~21nの内、2次元における位置と向きを固定するリンク部材21を指定する指定手段であり、この操作に基づく前記操作指令値信号を前記コントローラ5に出力する。

30

【0039】

前記コントローラ5、駆動部10b及び挿入部駆動機構20を有する主要部の制御ブロック図が図9に示されている。

図9に示すように、前記コントローラ5(図2参照)は、指令制御部5Aを有している。この指令制御部5Aには、前記操作指令部7からの操作指令値信号が供給されるようになっている。

40

【0040】

前記指令制御部5Aは、供給された操作指令値信号及び状態量検知信号に基づき、アクチュエータ制御ブロック31に設けられた駆動部10bを制御するのに必要な演算処理等を行うものである。

【0041】

前記指令制御部5Aには、前記湾曲部14の挿入部駆動機構20を構成する複数のリンク部材21毎に設けられた複数の第1、第2...第nアクチュエータ制御ブロック31a~31nが電氣的に接続されている。

【0042】

図10は図9に示す前記指令制御部5A及びアクチュエータ制御ブロック31の具体的

50

な構成を示すブロック図である。

図10に示すように、前記指令制御部5Aは、前記操作指令部7からの操作指令値信号を入力するための入力部I/F33と、前記設定値指令部8からの設定指令値を入力するための入力部I/F34、35と、これらのI/F33~35を介して入力された各種指令値信号に基づき、前記第1、第2、...第nアクチュエータ制御ブロック31a~31n内の駆動部10bを制御する中央処理演算装置(例えばCPU)32と、を有している。

【0043】

なお、前記入力部I/F33は、ジョイスティック7aがアナログの操作指令値信号を出力するものである場合にはこのアナログ信号の入力が可能である。また、前記入力部I/F33は、操作指令部7が他のデジタルの操作指令値信号を出力する操作手段である場合にはこのデジタル信号の入力が可能である。

【0044】

また、前記入力部I/F34は、連続的に動作するのに必要なアナログの設定値指令信号の入力が可能であり、前記入力部I/F35はパラメータ変更などのデジタルの設定指令値の入力が可能である。前記入力部I/F34と前記入力部I/F35とは1つのI/Fとして構成しても良い。

【0045】

一方、前記アクチュエータ制御ブロック31は、高速で各種の演算処理を行うとともに、演算結果に基づき駆動指令値信号を生成し出力するデジタルシグナルプロセッサ(Digital Signal Processorで、以下、DSPと称す)36と、このDSP36からの駆動指令値信号(サーボ指令値信号)に基づき操作用出力値信号(駆動信号)を生成し出力する制御指令値出力部37と、この制御指令値出力部37からの操作用出力値信号に基づき回転が制御される駆動部10bであるモータ27と、このモータ27の回転位置を検出するエンコーダやリンク部材21の回転角度を検出するポテンシオメータ23等の検出手段であるセンサ38と、このセンサ38により検出された位置情報である状態量検知信号を検出して前記DSP36に出力するための信号入力部39と、を有している。

【0046】

なお、本実施例では、前記駆動部10bとしてモータ27を用いているが、これに限定されることはなく、他のアクチュエータを駆動部10bとして用いるように構成しても良い。

【0047】

図11は前記アクチュエータ制御ブロックの具体的な構成を示すブロック図であり、図12は図11のサーボ制御コントローラのブロック図を示している。

図10に示すアクチュエータ制御ブロック31において、前記DSP36は図11に示すサーボ制御コントローラ36Aを構成し、このサーボ制御コントローラ36Aは、供給されたサーボ指令値信号に基づく操作用出力値信号(駆動信号)を生成し、前記制御指令値出力部37であるドライバ(アンプ)37aに出力する。なお、前記サーボ制御コントローラ36Aは、図10に示すCPU32に置き換えて構成しても良い。

【0048】

前記ドライバ37aは、供給された操作用出力値信号を増幅してモータ27を回転させる。すると、このモータ27の回転により図5に示すリンク部材21は回動動作する。このとき、前記センサ38は、リンク部材21の状態量検知信号を生成し、前記信号入力部39である検知部(アンプ)39aに出力する。

【0049】

前記検知部39aは、供給された状態量検知信号を増幅して前記サーボ制御コントローラ36Aに出力する。このことにより、サーボ制御コントローラ36Aは、供給された状態量検知信号とサーボ指令値信号との比較を行いながら前記モータ27の回転制御を行うようになっている。

【0050】

この場合、前記サーボ制御コントローラ36Aは、図12に示すように、供給されたサ

10

20

30

40

50

ーボ指令値信号と、前記センサ 38 により得られたモータ 27 の変位情報である状態検出信号とに基づいて、PD 制御部 40 を用いて公知の比例・微分制御等の PD 制御を行って操作用出力値信号（駆動信号）を生成し、モータ 27 に与えることにより回転制御する。

【0051】

ところで、このような多関節のリンク構造の湾曲部 14 を備えた内視鏡 2 では、大腸などの管腔内の形状に合わせた形状で挿入するためには、先端側のリンク部材 21a を最適な姿勢角度に制御すると同時に、これに連動してこの先端側のリンク部材 21a に連なる複数他のリンク部材 21 についても制御する必要がある。このような本発明に用いられる基本的な制御方法を図 13 乃至 15 を参照しながら説明する。

【0052】

図 13 乃至図 15 は多関節のリンク構造を有する湾曲部の姿勢制御を説明するもので先端部 13 側のリンク部材 21a ~ 21c に対応した説明図であり、図 13 は先端部 13 側のリンク部材 21a が所定の先端位置及び姿勢ベクトルの状態である図、図 14 は図 13 のリンク部材 21a の姿勢状態である場合に予想される他のリンク部材の状態を示す図、図 15 は先端部 13 側のリンク部材 21a のみを独立的に姿勢制御した所定の位置及び姿勢ベクトルの状態を示す図である。

【0053】

本実施例のコントローラ 5 の指令制御部 5A は、前記湾曲部 14 を構成する複数のリンク部材 21a ~ 21n をそれぞれ姿勢制御する際に、後述する運動学（順運動学及び逆運動学）に基づく演算処理を行うようになっている。

【0054】

なお、順運動学に基づく演算処理とは、各関節（各リンク部材 21）の角度が得られたとき、先端部の位置・姿勢ベクトルを求めるための演算処理であり、逆運動学に基づく演算処理とは、先端部の位置・姿勢ベクトルが得られたとき、各関節（各リンク部材 21）の角度を求めるための演算処理を意味している。

【0055】

前記指令制御部 5A は、後述するロボットの運動学を定量化する基本式に基づき、演算処理を行う。このようなロボットの運動学を定量化する基本式を下記に示す。今後、簡単のため、3 リンク及び前述した様に 2 次元平面に限った動作説明を行うが、2 次元平面動作から 3 次元空間動作に置換することは、よく知られているロボットの座標変換処理と同様に DH 法（Denavit - Hartenberg 表記法）による処理に差し替えることで対応可能となる。

【0056】

ここで、 x を手先座標、 q を関節座標、及び J をヤコビアン（速度ベクトル）とすると、下記の式が定義できる。なお、 x 、 q 、 J は、それぞれのベクトルを示すものとする。

（式 1）

$$\text{手先と関節との位置関係} \quad x = p(q) \quad \dots(\text{式1})$$

なお、図 13 は 2 次元座標を示しているので、 $x = \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix}$ である。

（式 2）

$$\text{手先と関節との速度関係} \quad (dx/dt) = J \cdot (dq/dt) \quad \dots(\text{式2})$$

そして、以上の式（式 1、式 2）と各リンク拘束条件の運動学（ラグランジュアン）を解けば、下記のロボットダイナミクス（関節座標におけるトルク τ （または $\partial^2 q / \partial$

10

20

30

40

50

t^2)) とダイナミクスとの関係) を導出することが可能である。
(式 3)

$$\tau = H(q) \cdot (d^2q/dt^2) + h(q, (dq/dt)) + g(q) - \tau_{EXT} \quad \dots(式3)$$

ただし、 $H(q)$ は慣性行列項、 h はコリオリ及び姿勢変化に依存するダイナミクス項、 g は重力項、 τ_{EXT} は外乱要素を表す。

【 0 0 5 7 】

各関節 (各リンク部材 2 1 であり図 1 3 中の q_1 、 q_2 、 q_3) と手先位置 (先端側のリンク部材 2 1 a の位置であり q_1) とにおいて、手先位置加速度と関節加速度との動的関係については、前記 (式 1) ~ (式 3) の関係と、前記 (式 2) 両辺を時間による微分操作を行った結果を用いて、

$X = J \cdot (d^2q/dt^2) + (dJ/dt) \cdot (dq/dt)$ の関係と、右辺を行列分解 (特異値分解など) することで行列空間を核空間 (K e r n e l l) と零空間 (N u l l) に分解することができる。

【 0 0 5 8 】

これにより、下記に示す (式 4) を導出することが可能である。

【 0 0 5 9 】

(式 4)

$$(d^2q/dt^2) = J^*((d^2x/dt^2) - (dJ/dt) \cdot (dq/dt)) + (I - J^*xJ) \cdot (d^2q/dt^2) \quad \dots(式4)$$

ただし、(式 4) 中の表記 # は擬似逆行列を表している。概して、前記 (式 4) において、左辺第 1 項は手先位置の動きを表し、第 2 項は手先以外の各関節の動きを表している。したがって、手先位置 (先端側リンク部材 2 1 a の位置で q_1) を決定する場合にそれ以降の関節姿勢 (他のリンク部材 2 1 b ~ 2 1 n で q_1 、 q_2) は、一意に決定されない。

【 0 0 6 0 】

つまり、図 1 4 に示すように、先端部の q_1 の位置が指定した場合、この q_1 を含む q_2 、 q_3 からなるリンク部材の姿勢の取り方は、図中実線に示す姿勢以外に点線で示す姿勢のとり方も行うことができ、姿勢が一意には決まるものではない。すなわち、湾曲部 1 4 の各リンク部材 2 1 は、ロボットの姿勢の冗長性を有することになる。

【 0 0 6 1 】

そして、コントローラ 5 の指令制御部 5 A は、前記 (式 3)、(式 4) のリンク運動方程式を実時間で制御するための各リンクに付与すべきトルク計算、すなわち後述する (式 7)、(式 8) の計算を行うが、図 1 5 に示すように、先端部から次段のリンク部材 2 1 b、2 1 c (q_2 、 q_3) についてはリンク位置・姿勢の運動学に基づく演算処理を行い、先端側のリンク部材 2 1 a (q_1) については、独立的に駆動制御するアルゴリズム (図示しないメモリに記憶されている) に基づいて演算処理を行うようになっている。

【 0 0 6 2 】

このことにより、先端側のリンク部材 2 1 a の位置、姿勢 (向き) が決定すると、前記演算処理を行うことにより、先端側のリンク部材 2 1 a に連なる他のリンク部材 2 1 の角度を求めることが可能である。

【 0 0 6 3 】

次に、前記運動学 (順運動学及び逆運動学) に基づく演算処理を行うためのサーボ制御コントローラ 3 6 A の具体的な構成及び制御方法について図 1 6 乃至 2 1 を参照しながら説明する。

【 0 0 6 4 】

図 1 6 乃至図 2 1 はサーボ制御コントローラ 3 6 A の具体的な構成及び制御方法を説明するためのもので、図 1 6 はサーボ制御コントローラ 3 6 A の概略構成を示すブロック図、図 1 7 は図 1 6 の制御則演算部 3 6 B の具体的な構成を示すブロック図、図 1 8 は図 1

10

20

30

40

50

7のダイナミクス演算部43の概略構成を示すブロック図、図19は図18のダイナミクス演算部43の具体的な構成を示すブロック図、図20は図17の運動学演算部41の概略構成を示すブロック図、図21は図20の運動学演算部41の具体的な構成を示すブロック図をそれぞれ示している。

【0065】

図16に示すように、サーボ制御コントローラ36Aは、制御則演算部36Bを有しており、この制御則演算部36Bには、先端側のリンク部材21aあるいは各リンク部材21におけるサーボ指令値信号を含む設定指令値信号等の指令値情報（設定値情報も含む）と、各リンク部材21における状態量検知信号などの位置フィードバック情報（以下、位置F/B情報と称す）とが供給される。

10

【0066】

そして、前記制御則演算部36Bは、供給された指令値情報と位置F/B情報とに基づいて、後述する運動学演算部41及びダイナミクス演算部43に各リンク部材21に対応する駆動指令値信号としての関節トルク指令値信号を得るための演算処理を行い、駆動部10bに出力する。

【0067】

前記制御則演算部36Bの具体的な構成が図17に示されている。

【0068】

図17に示すように、前記制御則演算部36Bは、先端側のリンク部材21aの先端位置座標である指令値位置情報と、各関節（各リンク部材21）の関節位置F/B情報とを入力して、これらの情報を用いて運動学に基づく演算処理を行う運動学演算部41と、この運動学演算部41の演算結果と、前記指令値情報及び関節位置F/B情報とを入力して、これらの情報を用いて各リンク部材21の変化量に関する動的な部分を導き出すためにダイナミクス演算処理を行うダイナミクス演算部43と、前記指令値情報と前記運動学演算部41及び前記ダイナミクス演算部43との各演算結果とを入力し、これらの情報に基づいて各リンク部材21を制御するのに必要な関節トルク指令値信号を演算処理する制御演算部42と、を有している。

20

【0069】

そして、前記制御則演算部36Bは、生成された前記関節トルク指令値信号を、前記アクチュエータ制御ブロック31内の駆動部10bに供給することにより、挿入部駆動機構（マニピュレータ）20を制御する。

30

このとき、マニピュレータ20は、前記アクチュエータ制御ブロック31内のセンサ38によって検出された、状態量検知信号である各関節の関節位置F/B情報を前記運動学演算部41及びダイナミクス演算部43に出力する。

【0070】

図18に前記ダイナミクス演算部43の概略構成を示し、図19に前記ダイナミクス演算部の具体的な構成が示されている。

図18に示すように、前記ダイナミクス演算部43は、前記運動学演算部41の演算結果である後述するヤコビアン（速度ベクトルで、JあるいはヤコビアンJとして説明することもある）と、前記指令値情報及び関節位置F/B情報とを入力して、これらの情報を用いてダイナミクス演算処理を行うことにより、各リンク部材21の変化量に関する動的な部分、すなわち、各リンク部材21の位置偏差、ヤコビアンJ、関節位置速度・加速度を導き出し、演算処理結果として出力する。

40

【0071】

具体的には、前記ダイナミクス演算部43は、図19に示すように、順運動学演算部44と、時間微分演算部45と、時間微分演算部46と、を有している。

【0072】

前記順運動学演算部44は、前記関節位置F/B情報に基づいて前記した順運動学に基づく演算処理を行う。この演算出力結果は、減算器によって先端部のリンク部材21aの先端位置情報から差し引かれることにより、各リンク部材21の位置偏差eが導きだされ

50

る。

【 0 0 7 3 】

前記時間微分演算部 4 5 は、前記関節位置 F / B 情報とヤコビアン J とが入力され、前記関節位置 F / B 情報とヤコビアン J とを用いて時間微分演算処理を行うことにより、各リンク部材 2 1 の変位量、すなわち、ヤコビアン速度 $\partial J / \partial t$ 、関節位置速度 $\partial q / \partial t$ を生成する。

【 0 0 7 4 】

前記時間微分演算部 4 6 は、前記関節位置速 $\partial q / \partial t$ を入力して時間微分演算処理を行うことにより、関節位置加速度 $\partial^2 q / \partial t^2$ を生成する。

【 0 0 7 5 】

図 2 0 に前記運動学演算部 4 1 の概略構成を示し、図 2 1 に前記運動学演算部 4 1 の具体的な構成が示されている。

図 2 0 に示すように、前記運動学演算部 4 1 は、前記指令値情報及び関節位置 F / B 情報を入力して、これらの情報を用いて運動学に基づく演算処理を行うことにより、先端側のリンク部材 2 1 a のヤコビアン J、ヤコビアン J の疑似逆行列 J^+ 、及びヤコビアン J の零空間疑似逆行列 $(I - J^+ J)$ を導き出し、演算処理結果として出力する。

【 0 0 7 6 】

具体的には、前記運動学演算部 4 1 は、図 2 1 に示すように、ヤコビアン演算部 4 7 と、疑似逆行列演算部 4 8 と、ヤコビアン零空間演算部 4 9 と、を有している。

前記ヤコビアン演算部 4 7 は、前記指令位置情報と位置 F / B 情報に基づいてヤコビアン J を得るための演算処理を行い、得られたヤコビアン J を図 1 7 に示す制御演算部 4 2、前記疑似逆行列演算部 4 8 及び前記ヤコビアン零空間演算部 4 9 に出力する。

【 0 0 7 7 】

なお、前記ヤコビアン演算部 4 7 によるヤコビアン演算処理に基づく (式 5) を下記に示す。

【 0 0 7 8 】

(式 5)

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial X_1}{\partial q_1} & \frac{\partial X_1}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial X_1}{\partial q_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial X_n}{\partial q_1} & \frac{\partial X_n}{\partial q_2} & \dots & \frac{\partial X_n}{\partial q_n} \end{pmatrix} \quad \dots(式5)$$

前記疑似逆行列演算部 4 8 は、前記ヤコビアン J が入力され、このヤコビアン J に一般化逆行列演算処理を行うことにより、疑似逆行列 J^+ を生成し、図 1 7 に示す制御演算部 4 2 及び前記ヤコビアン零空間演算部 4 9 に出力する。

【 0 0 7 9 】

なお、一般化逆行列演算処理に基づく (式 6) を下記に示す。

【 0 0 8 0 】

(式 6)

$$J^+ = (J^T \cdot J)^{-1} \cdot J^T \quad \dots(式6)$$

ただし、式中のスーパーSCRIPT T は転置行列を表している。

【 0 0 8 1 】

前記ヤコビアン零空間演算部 4 9 は、供給されたヤコビアン J と前記疑似逆行列 J^+ とにヤコビアン零空間演算処理を行うことにより、疑似逆行列 $I - J^+ J$ を生成し、前記図 1 7 に示す制御演算部 4 2 に出力する。

【 0 0 8 2 】

したがって、前記ヤコビアン J、ヤコビアン J の疑似逆行列 J⁺ 及びヤコビアン零空間疑似逆行列 (I - J⁺ J) は前記運動学演算部 4 1 の演算処理結果として、図 1 7 に示す制御演算部 4 2 に供給されることになる。制御演算部 4 2 においては、前述した指令値と状態量とに基づく P D 制御を行う。

【 0 0 8 3 】

次に、前述した図 1 7 に示す制御則演算部 3 6 B 内にて行われる各種演算処理に必要な制御則式を説明する。

本発明の医療用制御装置を用いた内視鏡装置 1 は、複数のリンク部材 2 1 と、複数の関節部材 2 0 a とを有してマニピュレータを構成する挿入部駆動機構 2 0 を備えている。このため、前記図 1 7 に示す制御則演算部 3 6 B は、マニピュレータ運動方程式である前記 (式 3)、(式 4) を基本とし、さらに、後述するマニピュレータ制御則に基づく各式を用いて各種演算処理を行うことにより、前記関節トルク指令値信号を導いている。

【 0 0 8 4 】

前記マニピュレータ制御則に基づく式を下記に示す。この場合、関節トルクを τ とし、位置偏差 e とすると、

(式 7)

$$\begin{aligned} \tau = & J^{\#} \cdot \left(\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + K_D \cdot \frac{\partial e}{\partial t} + K_P \cdot e - \frac{\partial J}{\partial t} \cdot \frac{\partial q}{\partial t} \right) \\ & + (I - J^{\#} \cdot J) \cdot \frac{\partial^2 q}{\partial t^2} \cdot \phi + h \left(q, \frac{\partial q}{\partial t} \right) + g(q) \quad \dots(\text{式}7) \end{aligned}$$

となる。

【 0 0 8 5 】

ただし、K_P は制御量比例ゲイン、K_D は制御量微分ゲイン、 e は指令値と状態量から算出される位置偏差、 ϕ は前述した冗長性に重み付けするための制御パラメータ、 $h(\cdot, \cdot)$ 、 g は前述したパラメータである。

【 0 0 8 6 】

(式 8)

$$\phi = - \left(K_{NULL} \cdot \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial (I - J^{\#} \cdot J)}{\partial t} \cdot \frac{\partial q}{\partial t} \right) \quad \dots(\text{式}8)$$

となる。なお、K_{NULL} は、前記制御演算部 4 2 にて用いられる係数である。

【 0 0 8 7 】

前記(式 7)においては、図 1 7 に示す前記運動学演算部 4 1、前記ダイナミクス演算部 4 3 及び前記制御演算部 4 2 によって各種求められた演算処理結果を当てはめることにより、関節トルク τ を得ることができる。

【 0 0 8 8 】

また、前記(式 8)において、前記K_{NULL} 以外の値については、前記運動学演算部 4 1 によって求められた演算結果である。

【 0 0 8 9 】

ところで、前記構成の内視鏡 2 の挿入部 9 を体腔内の挿入する場合、湾曲部 1 4 が剛体とならないように、湾曲部自体が柔らかなダイナミクス特性にすることが望ましい、そのためには、図 2 2 に示すようなばね 2 0 a 及びダンパ 2 0 b の組み合わせによるダイナミクス特性を先端部で有することで実現している。

【 0 0 9 0 】

言い換えれば、ばね 2 0 a 及びダンパ 2 0 b による粘弾性作用により、図 2 2 中に示す力量 F が挿入部 9 の先端部 1 3 に加えられると、前記湾曲部 1 4 は、柔らかな特性、すなわち、コンプライアンス特性を有することになる。

以下、制御演算部 4 2 に実装される制御則についての説明を行う。

【 0 0 9 1 】

まず、図 2 2 におけるダイナミクス特性の運動方程式は、(式 9) の通りに記述される。

【 0 0 9 2 】

(式 9)

10

$$F = M \cdot \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + D \cdot \frac{\partial x}{\partial t} + Kx \quad \dots(\text{式}9)$$

(式 9) から、マニピュレータ手先の指令位置を X、手先に加わる外力を F_{TIP} 、その結果、生じる位置を X_D とすれば、コンプライアンス特性を有する先端のダイナミクス特性は、(式 1 0) の通りとなる。

【 0 0 9 3 】

(式 1 0)

20

$$M \cdot \frac{\partial^2 X}{\partial t^2} + D \cdot \frac{\partial (X - X_D)}{\partial t} + K \cdot (X - X_D) = F_{TIP} \quad \dots(\text{式}10)$$

ここで、 F_{TIP} に抗する等価な関節力 τ_F は、(式 1 1) の通りである。

【 0 0 9 4 】

(式 1 1)

$$\tau_F = J^T(q) \cdot F \quad \dots(\text{式}11)$$

30

また、簡単のため先端部が拘束された状態で外部環境から外力 F を受けたときの運動方程式は、先端部質量 M についてのみに対して記述すると(式 1 2) の通りとなる。

【 0 0 9 5 】

(式 1 2)

$$H(q) \cdot \frac{\partial^2 q}{\partial t^2} + h\left(q, \frac{\partial q}{\partial t}\right) + g(q) = \tau + J(q)^T \cdot F \quad \dots(\text{式}12)$$

さて、前述したように、マニピュレータの運動方程式は、(式 1 3) より、(式 1 4 a) 及び(式 1 4 b) が導出される。

40

【 0 0 9 6 】

(式 1 3)

$$\frac{\partial X}{\partial t} = J(q) \cdot \frac{\partial q}{\partial t}$$

$$\frac{\partial^2 X}{\partial t^2} = \frac{\partial J}{\partial t} \cdot \frac{\partial q}{\partial t} + J(q) \cdot \frac{\partial^2 q}{\partial t^2} \quad \dots(\text{式}13)$$

50

(式 1 4 a)

$$\begin{aligned}
\tau = & h\left(q, \frac{\partial X}{\partial t}\right) + g(q) - H(q) \cdot J(q)^{-1} \cdot \frac{\partial J}{\partial t} \cdot \frac{\partial q}{\partial t} \\
& - H(q) \cdot J(q)^{-1} \cdot M(q)^{-1} \cdot \left(D \cdot \frac{\partial(X - X_D)}{\partial t} + K \cdot (X - X_D) \right) \\
& + \left(H(q) \cdot J(q)^{-1} \cdot M(q)^{-1} - J(q)^{-1} \right) \cdot F \quad \dots(\text{式14a})
\end{aligned}$$

10

(式 1 4 b)

$$M(q) = \left(J(q)^{-1} \right)^T \cdot \left(J_0(q) \cdot R(q) \right) \cdot \left(J(q)^{-1} \right) \quad \dots(\text{式14b})$$

ここで、改めて、各リンクのパラメータを含めたマニピュレータダイナミクスの記述を行ったときのコンプライアンス特性は(式 1 5) の通りとなる。

20

【 0 0 9 7 】

(式 1 5)

$$M(q) \cdot \frac{\partial^2 X}{\partial t^2} + D \cdot \frac{\partial(X - X_D)}{\partial t} + K \cdot (X - X_D) = K_F F \quad \dots(\text{式15})$$

前記(式 1 5) を前記(式 1 4 a) に代入すると、(式 1 6) の通りとなる。

【 0 0 9 8 】

(式 1 6)

30

$$\begin{aligned}
\tau = & h\left(q, \frac{\partial X}{\partial t}\right) + g(q) - H(q) \cdot J(q)^{-1} \cdot \frac{\partial J}{\partial t} \cdot \frac{\partial q}{\partial t} \\
& - J^T(q) \cdot D \cdot \frac{\partial(X - X_D)}{\partial t} + K \cdot (X - X_D) - (K_F - I) \cdot F \quad \dots(\text{式16})
\end{aligned}$$

前記(式 1 6) は(式 7) と同様なものを別の形で示したものである。ここでは、簡単のため先端部にバネ特性 K を有するトルク指令の制御式を導出する。

【 0 0 9 9 】

40

(式 1 6) において、速度が小さいときには、下記に示す(式 1 7) の右辺 1 , 2 項を省略することが可能となるため、(式 1 7) が導出され、さらに、 $D = 0$ 、 $K_F = I$ とし、先端変位量 $X = (X - X_D)$ が比較的小さいと仮定すれば、近似的に $X = J(q) \cdot q$ が正立する。

【 0 1 0 0 】

その結果、(式 1 8) が導出される。これは、所望のコンプライアンス特性として K を設定した場合の各関節にどのようなトルク指令を生成させたかを示している。

【 0 1 0 1 】

(式 1 7)

$$\tau = -J(q)^T \cdot D \cdot \frac{\partial(X-X_D)}{\partial t} + K \cdot (X-X_D) - (K_D - I) \cdot F \quad \dots(\text{式17})$$

(式18)

$$\tau = -J(q)^T \cdot K \cdot J(q) \Delta q \quad \dots(\text{式18})$$

10

前述のことから、(式7)、(式16)に関して、概して、(式4)において左辺第1項は手元位置の動きを表し、第2項は関節の動きを表していることが解る。

【0102】

そこで、前記コントローラ5の指令制御部5Aは、前述したように前記(式7)、(式8)を実時間でトルク計算を行うが、前記(式7)の2項に該当する値を、リンク部材21の可動範囲に応じた重み付けを演算処理した結果として、駆動部10bを駆動制御するアルゴリズムに基づいて、演算処理を行うようにしても良い。

【0103】

つまり、前記(式7)の2項の $(I - J^{\#} \cdot J) \cdot (d^2 q / dt^2)$ のアルゴリズムを、例えば図24に示すような重み関数 ϕ に変更して演算処理を行う。すなわち、前記重み関数 ϕ は、各リンク部材21の角度を決定する際に、各リンク可動範囲限界においては重みが大きくなり、可動範囲中立位置近傍においては重みが小さくなるような演算処理を行う。すなわち、各リンクの姿勢は出来るだけ、中立付近になるような姿勢となる重み設定となり、無理な姿勢を排除し、動き安い範囲内で動作するための係数である。

20

【0104】

このことにより、前記挿入部駆動機構20の各リンク部材21が動き安く、且つ滑らかな姿勢制御が可能となる。

【0105】

なお、前記重み関数 ϕ は、後述する図25乃至図29のいずれかのグラフに示すような重み関数を用いても良い。これら25乃至図29の縦軸は(式8)における K_{NULL} を示し、横軸は各リンク部材21の動作範囲(各リンク部材21の検出された角度)を示している。また、正の動作制限値は90度であり、負の動作制限値は-90度としている。

30

【0106】

図25は重み関数 ϕ の変形例1の特性を示すグラフである。図25に示すように、前記重み関数 ϕ は1次関数であり、各リンク部材21の位置変化に対応する下記に示すように演算処理することにより得た重み関数としたものである。

【0107】

(式19)

40

$$\phi = a \cdot |(q_i - q_{i_org})| \quad \dots(\text{式19})$$

なお、この場合 a を負定値、 q_i を各リンク位置、 q_{i_org} をリンク原点位置とする。

また、図26は重み関数 ϕ の変形例2の特性を示すグラフである。図26に示すように、前記重み関数 ϕ は2次関数であり、各リンク部材21の位置変化に対応する下記に示すように演算処理することにより得た重み関数としたものである。

【0108】

(式20)

50

$$\phi = a \cdot (q_i - q_{i_org})^2 \quad \dots(\text{式20})$$

なお、この場合、 α は負定値である。

【0109】

また、図27は重み関数 ϕ の変形例3の特性を示すグラフである。図27に示すように、前記重み関数 ϕ は、各リンク部材21の位置変化に対応する偏微分を下記に示すように演算処理することにより得た重み関数としたものである。

【0110】

(式21)

$$\phi = a \sum_{i=1}^n \partial W_i / \partial q_i$$

$$\text{但し、} W_i = (q_i - q_{i_org}) / (q_{i_max} - q_{i_min})^2 \quad \dots(\text{式21})$$

なお、この場合、 α は負定値、 q_i は各リンク位置、 q_{i_org} はリンク原点位置、 q_{i_max} はリンク上限角度値、 q_{i_min} はリンク下限角度値である。

【0111】

また、図28は重み関数 ϕ の変形例4の特性を示すグラフである。図28に示すように、前記重み関数 ϕ は、場合によっては前記図27に示す重み関数とは逆に、出来るだけ動作制限値近傍になるような重み関数として、後述する(式22)に ϕ のオフセット値を加えて新たに ϕ とし α を正定値とすることで図28の重み関数も実現できる。なお、この場合 α は正定値である。

【0112】

また、図29は重み関数 ϕ の変形例5の特性を示すグラフである。図29示すように、前記重み関数 ϕ は、前記変形例4の同様の効果として、図中波線部分を含むような三角関数の絶対値を(式22)の通り用いたものでも良い。

【0113】

(式22)

$$W_i = a \cdot \tan(q_i - q_{i_org}) \quad \dots(\text{式22})$$

なお、この場合、 α は負定値である。

【0114】

したがって、前述した図25乃至図29のいずれかのグラフに示すような前記重み関数 ϕ を用いて演算処理を行うことにより、無理な姿勢を排除し、動き易い範囲内で動作するための角度を各リンク部材21毎に取得することが可能である。

【0115】

また、本実施例では、各リンク部材21毎に重み付けを行うのではなく、マニピュレータ20全体に対して、無理な姿勢を排除し、動き易い範囲内で動作するための重み付けを行うことも可能である。

【0116】

このような場合、前記重み関数 ϕ は、マニピュレータ姿勢の特異度を評価指標としたものを用いる。すなわち、ヤコビアンJに対する可操作性指標Mを下記に示す(式23)のように定義し、この可操作性指標Mを前記重み関数 ϕ に替えて用いても良い。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 7 】

(式 2 3)

$$M: = \sqrt{|J \cdot J^T|} \quad \dots(\text{式}23)$$

また、 $J \cdot J^T$ の固有値を計算すると、
(図 式)

10

$$J \cdot J^T = \boxed{J} \boxed{J^T} \boxed{} \Rightarrow \boxed{\text{対角行列}} \quad \dots(\text{図式})$$

となる。

【 0 1 1 8 】

つまり、前記 (式 2 3) 及び (図 式) に示すように、 $J \cdot J^T$ の固有値を計算すれば、通常、行列 $J \cdot J^T$ の階数 = $\text{Rank}(i)$ となるが、特異姿勢の場合には、行列 $J \cdot J^T$ の階数 < $\text{Rank}(i)$ となり行列 M が退化される。すなわち、前記重み関数 ϕ に替えて、前記可操作性指標 M を用いて演算処理を行うことにより、各リンク部材 2 1 毎ではなく、マニピュレータ 2 0 全体に対して、無理な姿勢を排除し、動き易い範囲内で動作するための重み付けを行うことが可能である。この場合、各リンク部材 2 1 は一意に制御されない。

20

【 0 1 1 9 】

以上示した通り幾つかの姿勢制御における重み関数を示しているが、場合によっては後述する軸切り替え手段により、前記重み関数の組み合わせを、各リンク間での異なる重みの組み合わせを選択的に行うことも可能である。

【 0 1 2 0 】

次に、前述したような湾曲部 1 4 の姿勢駆動制御を行うコントローラ 5 の実施例 1 について図 3 0 乃至図 3 8 を参照しながら説明する。

30

図 3 0 乃至図 3 8 は本発明の実施例 1 に係り、図 3 0 は内視鏡装置 1 のコントローラ 5 の具体的な構成を示すブロック図、図 3 1 及び図 3 2 は湾曲部 1 4 を構成する挿入部駆動機構 2 0 の姿勢制御を説明するもので、図 3 1 は先端側のリンク部材 2 1 a をポイントロックした状態を示し、図 3 2 は先端側のリンク部材 2 1 a をポイントロックすることにより次段のリンク部材が冗長性を有している状態を示している。また、図 3 3 は図 3 0 のポイントロック演算部 5 0 の具体的な構成を示すブロック図、図 3 4 は図 3 3 の逆運動学演算部 5 2 の具体的な構成を示すブロック図、図 3 5 は先端側のリンク部材 2 1 a のみポイントロックしたときの姿勢状態を説明する図、図 3 6 はさらに、第 4 のリンク部材 2 1 d をポイントロックしたときの姿勢状態を説明する図である。さらに、図 3 7 は 2 箇所ポイントロックをする場合の姿勢制御するための説明図であり、図 3 8 はポイントロック演算部が各リンク部材 2 1 毎に設けられたコントローラ内部の構成を示すブロック図である。

40

【 0 1 2 1 】

本実施例におけるコントローラ 5 は、上述したような湾曲部 1 4 の姿勢制御を行うサーボ制御コントローラ 3 6 A を有し、このサーボコントローラ 3 6 A には、前記制御則演算部 3 6 B の演算処理機能を有するポイントロック演算部 5 0 が設けられている。

【 0 1 2 2 】

前記サーボコントローラ 3 6 は、前記ポイントロック演算部 5 0 を用いて、前記湾曲部 1 4 が挿入されることによって移動したときに前記操作指令部 7 により指定された位置と

50

向きを維持しながら前記操作指令部 7 により指定されたリンク部材 2 1 a 及びこのリンク部材 2 1 a に連なる他のリンク部材 2 2 が前記位置を通過するように、前記複数のリンク部材 2 1 のそれぞれの角度を演算処理し、この演算結果に基づいて、前記複数のリンク部材 2 1 を回動させるように駆動部 1 0 b を制御する。

【 0 1 2 3 】

このような演算処理を行うポイントロック演算部 5 0 の構成について図 3 0、図 3 3 及び図 3 4 を参照しながら説明する。

【 0 1 2 4 】

図 3 0 に示すように、前記ポイントロック演算部 5 0 には、先端側のリンク部材 2 1 a におけるサーボ指令値信号を含む設定指令値信号等の先端指令値情報と、前記リンク部材 2 1 a における状態量検知信号などの位置 F / B 情報とが供給される。

10

【 0 1 2 5 】

そして、前記ポイントロック演算部 5 0 は、供給された先端指令値情報と位置 F / B 情報とに基づいて、後述する先端リンク根元座標位置計算部 5 1 及び逆運動学演算部 5 2 によって各リンク部材 2 1 に対応する駆動指令値信号としてのサーボ位置指令信号（関節トルク指令値信号を含む）を得るための演算処理を行う。

【 0 1 2 6 】

すなわち、前記ポイントロック演算部 5 0 は、供給された先端指令値情報と位置 F / B 情報とに基づいて、前記湾曲部 1 4 が挿入されることによって移動したときに前記操作指令部 7 により指定された位置と向きを維持しながら前記操作指令部 7 により指定されたリンク部材 2 1 a 及びこのリンク部材 2 1 a に連なる他のリンク部材 2 2 が前記位置を通過するように、前記複数のリンク部材 2 1 のそれぞれの角度を演算処理し、この演算結果をサーボ位置指令値信号として駆動部 1 0 b に出力する。

20

【 0 1 2 7 】

なお、前記ポイントロック演算部 4 0 の演算処理に用いられる前記先端指令値情報と前記位置 F / B 情報とは、検出手段であるセンサ 3 8 によって検出される、前記複数のリンク部材 2 1 が互いになす角度及びその角度の変化量を示している。

【 0 1 2 8 】

このことにより、駆動部 1 0 b は、供給されたサーボ位置指令信号に基づき指定されたリンク部材 2 1 の回動をそれぞれ制御することにより、前記挿入部駆動機構 2 0 を有する湾曲部 1 4 は、挿入する管腔内の形状に合わせた形状に湾曲されることになる。

30

【 0 1 2 9 】

図 3 1 には先端側のリンク部材 2 1 a のみが指示された所定の姿勢状態でポイントロックされた状態が示されている。

このような姿勢状態に制御する場合、前記ポイントロック演算部 5 0 は、図 3 2 に示すように、先端部側のリンク部材 2 1 a の関節部材 2 0 a をポイントロック R 1 とすると、このポイントロック R 1 のポイントロック座標値を演算処理することにより先端側のリンク部材 2 1 a を 2 次元における位置と向きを姿勢制御するのに必要なサーボ位置指令信号を生成する。

【 0 1 3 0 】

40

また、図 3 2 に示すように、先端側のリンク部材 2 1 a がポイントロックされている姿勢状態では、前記ポイントロック R 1 以降の複数のリンク部材 2 1 b、2 1 c、2 1 d で構成されるリンク部 2 0 B は、前述した姿勢制御によって冗長性を有し、図中波線で示すように規制されない任意な姿勢に変化可能となる。

【 0 1 3 1 】

図 3 3 に前記ポイントロック演算部 5 0 の具体的な構成が示されている。図 3 3 に示すように、前記ポイントロック演算部 5 0 は、先端リンク根元座標位置計算部 5 1 と、逆運動学演算部 5 2 と、を有している。

【 0 1 3 2 】

前記先端リンク根元座標位置計算部 5 1 は、リンク部材 2 1 の関節角度情報と、先端側

50

のリンク部材 2 1 a の位置情報である先端指令値情報と、位置 F / B 情報とが入力され、これらの情報に基づき、先端側のリンク部材 2 1 a の先端リンク根元座標位置を算出し、算出結果を逆運動学演算部 5 2 に出力する。

【 0 1 3 3 】

前記逆運動学演算部 5 2 は、前記先端リンク根元座標位置計算部 5 1 からの先端指令値情報と前記位置 F / B 情報とが入力され、これらの情報に基づき、前記先端側のリンク部材 2 1 a 以降のリンク部材 2 1 における根元座標位置を演算処理し、先端側のリンク部材 2 1 a 以外のサーボ位置指令値信号を生成し出力する。

【 0 1 3 4 】

図 3 4 に前記逆運動学演算部 5 2 の具体的な構成が示されている。図 3 4 に示すように、前記逆運動学演算部 5 2 は、機構パラメータ演算部 5 3 と、順運動学演算部 5 4 と、ヤコビアン演算部 5 5 と、ゲイン 5 6 と、行列演算部 5 7 と、積分回路 5 8 と、を有している。前記機構パラメータ演算部 5 3 は、位置 F / B 情報をもとに先端側のリンク部材 2 1 a を微妙な姿勢に調整制御するための先端リンクオフセット値を演算処理して生成する。この先端リンクオフセット値は、前記先端指令値信号とで差分が求められ、この差分値は、前記順運動学演算部 5 4 により演算処理された指令値 F / B 情報とで再度差分が求められる。このことにより、この差分値は 2 段目位置指令情報として前記ゲイン 5 6 に供給される。前記ゲイン 5 6 は、供給された 2 段目位置指令情報を増幅し、前記行列演算部 5 7 に出力する。

【 0 1 3 5 】

一方、前記ヤコビアン演算部 5 5 は、図 2 1 にて説明したものと同様に、指令値情報を元に演算処理することによりヤコビアン J を生成し、前記行列演算部 5 7 に出力する。

【 0 1 3 6 】

前記行列演算部 5 7 は、供給された 2 段目位置指令情報を基に、リンク部材 2 1 の姿勢状態に応じた 2 段目以降のリンク部材 2 1 の姿勢（角度）を決定するための行列演算処理を行い、得られた演算結果を積分回路 5 8 により積分処理を施した後、2 段目以降のサーボ指令値信号として駆動部 1 0 b に出力する。

【 0 1 3 7 】

なお、前記積分回路 5 8 の出力、すなわち、2 段目以降のサーボ指令値信号は、前記ヤコビアン演算部 5 5 及び順運動学演算部 5 4 を介して先端指令値情報と位置 F / B 情報との偏差値にフィードバックされている。これは、逆運動学を解く際の特異解を出来るだけ発生しないよう考慮しているためである。

【 0 1 3 8 】

通常逆運動学であれば解析的に解を求めるが、特異解が発生した場合に解が求まらないことが生じる。そのため、ここでは、逆運動学を用いずに、順運動学による逆運動学を求める手法を用いており、ゲイン 5 6 の値によって収束速度を設定する構造になっている。

【 0 1 3 9 】

このことにより、2 段目以降のリンク部材 2 1 は、前記先端側のリンク部材 2 1 a の姿勢制御に連動して微妙な姿勢となるように制御されることになる。

【 0 1 4 0 】

図 3 5 は実施例 1 のポイントロック演算部 5 0 によって姿勢制御された湾曲部 1 4 の湾曲状態を示している。

例えば、操作者が操作指令部 7 を用いて先端側のリンク部材 2 1 a のみをポイントロックするための指示を入力すると、前記ポイントロック演算部 5 0 は、前記したように演算処理を行うことにより、ポイントロック R 1 のポイントロック座標値（2 次元における位置と向き）にて先端側のリンク部材 2 1 a をポイントロックするためのサーボ位置指令値信号を生成し、駆動部 1 0 b に与えて制御する。

【 0 1 4 1 】

このことにより、湾曲部 1 4 の先端側のリンク部材 2 1 a は、図 3 5 に示すようにポイントロック R 1 にて指示された姿勢ベクトル（2 次元における位置と向き）でポイントロ

10

20

30

40

50

ックされる。

また、このとき、前記ポイントロック R 1 以降の複数のリンク部材 2 1 b、2 1 c、2 1 d で構成されるリンク部 2 0 B は、前記図 3 3 及び図 3 4 のブロック図にて説明したように、前記ポイントロック演算部 5 0 によって、前記先端側のリンク部材 2 1 a の姿勢制御に連動した冗長性を有する姿勢制御が行われるので、例えば図中矢印 A 方向に対してその姿勢が任意となる。

【0142】

すなわち、ポイントロック演算部 5 0 は、前記湾曲部 1 4 が挿入されることによって移動したときに前記操作指令部 7 により指定された位置と向きを維持しながら前記操作指令部 7 により指定されたリンク部材 2 1 a 及びこのリンク部材 2 1 a に連なる他のリンク部材 2 2 が前記位置を通過するように、前記複数のリンク部材 2 1 のそれぞれの角度を演算処理し、この演算結果に基づいて前記複数のリンク部材 2 1 を回動させるように駆動部 1 0 b を制御する。

10

【0143】

このような内視鏡装置 1 において、挿入部 9 を大腸に挿入する場合、術者は、湾曲部 1 4 を有する挿入部 9 を肛門を介して挿入する。そして、挿入部 9 の先端部 1 4 が S 状結腸部に到達すると、サーボコントローラ 3 6 A は先端側のリンク部材 2 1 a を操作指令部 7 により指定した 2 次元における位置と向きにポイントロックさせる。

【0144】

そして、術者は 2 次元における位置と向きにポイントロックされた先端側のリンク部 2 1 a を S 状結腸部の腸壁に沿ってさらに奥へと挿入する。

20

【0145】

すると、前記先端側のリンク部材 2 1 a 及びこのリンク部材 2 1 a に連なる他のリンク部材 2 1 は、前記操作指令部 7 により指定された位置と向きを維持しながら前記位置を通過するような角度に制御されることになる。すなわち、湾曲部 1 4 は S 状結腸部の形状に合った形状に湾曲動作しながら挿入されることになる。なお、2 段目以降のリンク部材 2 1 b ~ 2 1 n は、前記したように冗長性を有する姿勢制御が行われることになる。

【0146】

このことにより、従来、挿入に困難を要していた S 状結腸部に合わせた形状で挿入することができるので、S 状結腸部を容易に通過させることが可能となる。よって、さらに、大腸の深部へと容易に挿入することができるので、挿入性を向上させることができる。

30

【0147】

また、本実施例では、先端側のリンク部材 2 1 a のみをポイントロックさせるのではなく、2 段目以降の任意のリンク部材 2 1 をポイントロックさせることも可能である。

【0148】

図 3 6 はポイントロックが 2 箇所となるように姿勢制御された湾曲部 1 4 の湾曲状態を示す図、図 3 7 は 2 箇所のポイントロックを指定するためのポイントロック演算部 5 0 による演算方法を説明するための説明図、図 3 8 は複数箇所のポイントロックを指定し制御するのに必要なコントローラの構成を示すブロック図である。

【0149】

図 3 8 に示すように、先端側のリンク部材 2 1 a と 2 段目以降の任意のリンク部材 2 1 をポイントロックするための構成としては、前記ポイントロック演算部 5 0 を複数のリンク部材 2 1 に対応させて複数設けると共に、次段のポイントロック座標位置を得るためのサーボ指令値信号を次段のポイントロック演算部 5 0 に入力可能となるように接続して構成する。

40

【0150】

すなわち、先端側のリンク部材 2 1 a に対応するブロックをポイントロック演算部 5 0 A とすると、次段のリンク部材 2 1 b に対応するポイントロック演算部 5 0 B は、前記ポイントロック演算部 5 0 A の出力であるサーボ位置指令値信号を、2 番目のポイントロック位置を演算するための入力信号として取り込むことになる。

50

【0151】

以降、同様にして複数のリンク部材21の内、ポイントロックするリンク部材21に応じた数のポイントロック演算部50C...50nを設けて、サーボ制御コントローラ36Aを構成すれば良い。

また、図38に示す構成において、2箇所のポイントロックが指定された場合には、前記複数のポイントロック演算部50A、50B...50nによってそれぞれ先端側のリンク部材21の位置指令値信号に基づき演算処理を行う。

【0152】

この場合、例えばポイントロックR1の他に、2番目のポイントロック箇所を3番目のリンク部材21cの関節部材20cとした場合、図37に示すように、この関節部材20c(q3)のポイントロック箇所を仮想先端位置と想定する。すなわち、q3を仮想先端位置とするq4に対応のリンク部材21が、仮想の先端側のリンク部材21となる。

10

【0153】

そして、このリンク部材21のq4の姿勢ベクトル(2次元又は3次元の位置と向き)にてポイントロックするように、対応するポイントロック演算部50によって演算処理が行われる。このことにより、先端側のリンク部材21aのq1とq4との2箇所でポイントロックするのに必要な演算処理を行うことが可能となる。

【0154】

なお、複数のリンク部材21の内、ポイントロックするリンク部材21の指定は、前記操作指令部7によって行われるようになっている。

20

【0155】

図36にはポイントロックが2箇所となるように姿勢制御された湾曲部14の湾曲状態が示されている。

図36に示すように、例えば、操作者が操作指令部7を用いて先端側のリンク部材21aと4段目のリンク部材21dとを2次元における位置と向きにてポイントロックするための指示を入力すると、前記ポイントロック演算部50A、50E(図示しない4段目のリンク部材21dに対応するポイントロック演算部)は、前記したような演算処理を行うことにより、ポイントロックR1及びポイントロックR2のポイントロック座標値にて先端側のリンク部材21a及びリンク部材21dをポイントロックするためのサーボ位置指令値信号をそれぞれ生成し、駆動部10bに与えて制御する。

30

【0156】

このことにより、図36に示すように、湾曲部14の先端側のリンク部材21aは、ポイントロックR1にて指示された姿勢ベクトル(2次元における位置と向き)でポイントロックされる。同時に、4段目のリンク部材21dは、ポイントロックR1にて指示された姿勢ベクトル(2次元における位置と向き)でポイントロックされる。

【0157】

また、このとき、前記ポイントロックR1以降の複数のリンク部材21b、21cで構成されるリンク部20Bと、前記ポイントロックR2以降の複数のリンク部材21e、21fで構成されるリンク部20Cとは、前記図33及び図34のブロック図にて説明したように、前記ポイントロック演算部50によって、前記先端側のリンク部材21aの姿勢制御に連動した冗長性を有する姿勢制御が行われるので、例えば図中矢印A方向に対してその姿勢が任意となる。

40

【0158】

すなわち、ポイントロック演算部50A、50Bは、前記湾曲部14が挿入されることによって移動したときに前記操作指令部7により指定された位置と向きを維持しながら前記操作指令部7により指定されたリンク部材21a、21d及びこのリンク部材21a、21dにそれぞれ連なる他のリンク部材21とが前記位置を通過するように、前記複数のリンク部材21のそれぞれの角度を演算処理し、この演算結果に基づいて前記複数のリンク部材21を回動させるように駆動部10bを制御する。

【0159】

50

このような内視鏡装置 1 において、挿入部 9 を大腸に挿入する場合、術者は、湾曲部 1 4 を有する挿入部 9 を肛門を介して挿入する。そして、挿入部 9 の先端部 1 4 が S 状結腸部に到達すると、サーボコントローラ 3 6 A は先端側のリンク部材 2 1 a を操作指令部 7 により指定した 2 次元における位置と向きにポイントロックさせる。

【0160】

そして、術者は 2 次元における位置と向きにポイントロックされた先端側のリンク部 2 1 a を S 状結腸部の腸壁に沿ってさらに奥へと挿入する。

【0161】

すると、前記先端側のリンク部材 2 1 a 及びこのリンク部材 2 1 a に連なる他のリンク部材 2 1 は、前記操作指令部 7 により指定された位置と向きを維持しながら前記位置を通過するような角度に制御されることになる。

10

【0162】

また、湾曲部 1 4 の挿入が進むと、サーボコントローラ 3 6 A は指定されたリンク部材 2 1 d を前記ポイントロック演算部 5 0 E によって求められた 2 次元における位置と向きにポイントロックさせる。

【0163】

そして、術者は、さらに、2 次元における位置と向きにポイントロックされた途中のリンク部 2 1 d を S 状結腸部の腸壁に沿ってさらに奥へと挿入する。

【0164】

すると、前記リンク部材 2 1 d 及びこのリンク部材 2 1 d に連なる他のリンク部材 2 1 は、前記先端側のリンク部 2 1 a とこのリンク部材 2 1 a に連なる他のリンク部材 2 1 と同様に前記操作指令部 7 により指定された位置と向きを維持しながら前記位置を通過するような角度に制御されることになる。

20

【0165】

すなわち、湾曲部 1 4 は S 状結腸部の形状に合った形状に湾曲動作しながら挿入されることになる。なお、2 段目以降のリンク部材 2 1 b ~ 2 1 n は、前記したように冗長性を有する姿勢制御が行われている。

【0166】

このことにより、挿入部 9 を大腸に挿入する場合、先端側のリンク部材 2 1 a をポイントロックさせた状態よりも、さらに、S 状結腸部に合わせた形状で挿入することができるので、S 状結腸部をより容易に通過させることが可能となる。よって、さらに、大腸の深部へと容易に挿入することができるので、挿入性を向上させることができる。

30

【0167】

なお、本実施例では、前記複数のリンク部材 2 1 の内、任意のリンク部材 2 1 の 2 次元における位置と向きをポイントロックすることについて説明したが、これに限定されるものではなく、任意のリンク部材 2 1 の 3 次元における位置と向きをポイントロックするように構成しても良い。

【0168】

また、本実施例では、ポイントロック演算部 5 0 を有するサーボ制御コントローラ 3 6 A によって、任意のリンク部材 2 1 をポイントロックさせると同時に、他のリンク部材 2 1 については任意の冗長性を有する姿勢に変化可能な姿勢制御を行うことについて説明したが、挿入された大腸などの管腔内から挿入部 9 を抜く場合には、例えば、駆動部 1 0 b の駆動を停止させることにより、湾曲部 1 4 の全て、あるいは一部のリンク部材 2 1 の姿勢制御を解除して負荷のないフリーな状態（自由に回動できる状態）となるように制御しても良い。このことにより、挿入部 9 を管腔内から容易に抜くことができる。

40

【0169】

また、図 3 9 に示すように、駆動軸選択手段 6 0 及び駆動軸認知手段 6 1 を設けて、姿勢制御を解除してフリーな状態にするリンク部材 2 1 を、操作者による操作に基づき指定するように構成しても良い。

この場合、図 3 9 に示すように、駆動軸選択手段 6 0 は、操作者によってフリーな状態

50

にするリンク部材 2 1 を選択し、選択した操作信号を前記駆動軸認知手段 6 1 に供給する。そして、この駆動軸認知手段 6 1 は、操作信号に基づいて選択されたリンク部材 2 1 に基づく位置情報を認識して、この認識したリンク部材 2 1 の姿勢制御を解除する旨を表す制御信号を制御則演算部 3 6 B (図 1 6 参照) に出力する。

【 0 1 7 0 】

そして、制御則演算部 3 6 B は、前記同様、リンク部材 2 1 の姿勢制御を行うと同時に、制御信号に基づくリンク部材 2 1 については姿勢制御を解除するように駆動部 1 0 b を制御する。このことにより、湾曲部 1 4 の湾曲姿勢の自由度が増し、より挿入部 9 の操作性を高めることができる。

【 0 1 7 1 】

以上、述べたように本実施例によれば、挿入部 9 の湾曲部 1 4 を構成する複数のリンク部材 2 1 の内、先端側のリンク部材を含む任意のリンク部材 2 1 をポイントロックするとともに、他のリンク部材については冗長性を有する任意の姿勢となるように姿勢制御することができるので、挿入部 9 の湾曲部 1 4 を管腔内の形状に合わせた形状で挿入することが可能となる。よって、挿入部の挿入性を向上できるといった効果を得る。

【 0 1 7 2 】

なお、本実施例では、管腔内で挿入部 9 が挿入されて前記のように姿勢制御されている際に、この姿勢状態を変えずにポイントロックされた先端側のリンク部材 2 1 a 又はこのリンク部材 2 1 a 以外で任意のリンク部材 2 1 の姿勢を微妙に変化させたいことも生じる場合がある。

【 0 1 7 3 】

これは、冗長性を有する姿勢の行列演算を行っているため、微妙に動かしただけでも姿勢ががらりと変更する場合が発生する。このため、姿勢はそのまま、所望のリンクを微妙に調整したい場合に有効となる。

【 0 1 7 4 】

そこで、本実施例ではこのような要求を満足するために、例えば図 4 0 に示すように、ポイントロックされた先端側のリンク部材 2 1 a 又はこのリンク部材 2 1 a 以外で任意のリンク部材 2 1 の位置又は向きを予め設定された量だけ変更するオフセット指令入力部 6 2 を設けている。つまり、このオフセット指令入力部 6 を用いることにより、ポイントロックされた先端側のリンク部材 2 1 a 又はこのリンク部材 2 1 a 以外で任意のリンク部材 2 1 の位置又は向きを微妙に変化 (オフセット) させて調整することができる。

【 0 1 7 5 】

このオフセット指令入力部 6 2 は、サーボ制御コントローラ 3 6 A 内に設けられ、任意のリンク部材 2 1 が予め設定された量でオフセットするのかわを示すオフセット指令値情報を生成し出力する。なお、オフセット指令入力部 6 2 における設定量は、場合によっては可変させても良い。

【 0 1 7 6 】

このオフセット指令値情報は、図 4 0 に示すように、サーボ指令値信号とで加算された後、図 1 2 で説明したように P D 制御部 4 0 によって比例・微分制御等の P D 制御が行われることにより操作用出力値信号 (駆動信号) となり、モータ 2 7 に与える。このことにより、モータ 2 7 は、オフセット量が加味された操作用出力値信号に基づき回転制御されるので、指定されたリンク部材 2 1 の姿勢 (位置又は向き) は微妙にオフセットされることになる。

【 0 1 7 7 】

このことにより、ポイントロックされた先端側のリンク部材 2 1 a 又はこのリンク部材 2 1 a 以外で任意のリンク部材 2 1 が S 状結腸部の腸壁に当接して挿入が妨げられた場合には、前記リンク部材 2 1 の位置又は向きがオフセットされるので、患者に苦痛を与えることなく、円滑に挿入することができる。

【 0 1 7 8 】

また、本実施例では、図 3 9 に示す駆動軸選択手段 6 0 及び駆動軸認知手段 6 1 と、図

10

20

30

40

50

40に示すオフセット指令入力部62とを組み合わせるサーボ制御コントローラ36Aを構成しても良い。このような構成が図41に示されている。

【0179】

すなわち、図41に示すように、前記サーボ制御コントローラ36Aを有する指令制御部5Aにおいて、前記入力I/F34には前記オフセット指令入力部62からのオフセット指令値情報が入力され、前記I/F35には前記駆動軸認知手段61からの軸設定情報などの制御信号が入力されるようになっている。そして、CPU32は、これらの情報に基づき、湾曲部14の各リンク部材の姿勢を制御するための演算処理を行うことになる。その他の構成及び作用は図10に示す構成と同様である。

【0180】

なお、本実施例において、マニピュレータを構成する挿入部駆動機構20を有する湾曲部14は、内視鏡2の挿入部9に設けられたものとして説明したが、前記湾曲部14は内視鏡2の挿入部9を挿通させて管腔内に対する挿入部9の挿入を補助する内視鏡挿入補助具の挿入部に設けて構成しても良い。

【0181】

また、本発明は、以上述べた実施形態のみに限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変形実施可能である。

【図面の簡単な説明】

【0182】

【図1】本発明の医療用制御装置を用いて内視鏡装置として構成した場合のシステム構成図。

【図2】内視鏡装置の主要構成部分の電氣的な構成を示すブロック図。

【図3】リンク構造の駆動機構を備えた湾曲部を有する挿入部先端側の斜視図。

【図4】リンク構造の駆動機構を備えた湾曲部を有する挿入部先端側の断面図。

【図5】駆動機構がモータ及びギアで構成された湾曲部の構成を示す断面図。

【図6】図5に示す湾曲部の変形例1の構成を示す断面図。

【図7】図5に示す湾曲部の変形例2の構成を示す断面図。

【図8】モータとフレキシブルシャフトとの接続構成を示す斜視図。

【図9】コントローラ、駆動部及び挿入部駆動機構部を有する主要部部の制御ブロック図。

【図10】図9に示す前記指令制御部及びアクチュエータ制御ブロックの具体的な構成を示すブロック図。

【図11】アクチュエータ制御ブロックの具体的な構成を示すブロック図。

【図12】図11のサーボ制御コントローラのブロック線図。

【図13】先端部側のリンク部材が所定の先端位置及び姿勢ベクトルの状態である説明図。

【図14】図13のリンク部材の姿勢状態である場合に予想される他のリンク部材の状態を示す説明図。

【図15】先端部側のリンク部材のみを独立的に姿勢制御した所定の位置及び姿勢ベクトルの状態を示す説明図。

【図16】サーボ制御コントローラの概略構成を示すブロック図。

【図17】図16の制御則演算部の具体的な構成を示すブロック図。

【図18】図17のダイナミクス演算部の概略構成を示すブロック図。

【図19】図18のダイナミクス演算部の具体的な構成を示すブロック図。

【図20】図17の運動学演算部の概略構成を示すブロック図。

【図21】図20の運動学演算部の具体的な構成を示すブロック図。

【図22】挿入部の挿入時に伴う挿入部の物理的な特性を示す説明図。

【図23】先端側のリンクを固定した場合の他のリンク部材の姿勢状態を示す説明図。

【図24】最適な関節トルク指令値信号を得るための係数である重み関数の一例を示すグラフ。

10

20

30

40

50

【図 2 5】重み関数の変形例 1 の特性を示すグラフ。

【図 2 6】重み関数の変形例 2 の特性を示すグラフ。

【図 2 7】重み関数の変形例 3 の特性を示すグラフ。

【図 2 8】重み関数の変形例 4 の特性を示すグラフ。

【図 2 9】重み関数の変形例 5 の特性を示すグラフ。

【図 3 0】本発明の実施例 1 に係り、内視鏡装置 1 のコントローラ 5 の具体的な構成を示すブロック図。

【図 3 1】挿入部駆動機構部の姿勢制御を説明するもので、先端側のリンク部材をポイントロックした状態を示す説明図。

【図 3 2】先端側のリンク部材をポイントロックすることにより次段のリンク部材が冗長性を有している状態を示す説明図。

【図 3 3】図 3 0 のポイントロック演算部の具体的な構成を示すブロック図。

【図 3 4】図 3 3 の逆運動学演算部の具体的な構成を示すブロック図。

【図 3 5】先端側のリンク部材のみポイントロックしたときの姿勢状態を説明する図。

【図 3 6】さらに、第 4 のリンク部材をポイントロックしたときの姿勢状態を説明する説明図。

【図 3 7】2 箇所のポイントロックをする場合の姿勢制御するための説明図。

【図 3 8】ポイントロック演算部が各リンク部材 2 1 に設けられたコントローラ内部の構成を示すブロック図。

【図 3 9】駆動軸設定手段及び駆動軸認知手段を設けた制御則演算部の構成を示すブロック図。

【図 4 0】オフセット指令入力部を有するサーボ制御コントローラのブロック線図。

【図 4 1】図 3 9 の駆動軸設定手段及び駆動軸認知手段と図 4 0 のオフセット指令入力部とを組み合わせ構成した場合のサーボ制御コントローラを示すブロック図。

【符号の説明】

【0 1 8 3】

1 ... 内視鏡装置、

2 ... 内視鏡、

3 ... 光源装置、

4 ... ビデオプロセッサ、

5 ... コントローラ、

6 ... モニタ、

5 A ... 指令制御部、

7 ... 操作指令部、

7 a ... ジョイスティック、

8 ... 設定値指令部、

9 ... 挿入部、

1 0 ... 操作部、

1 0 b ... 駆動部、

1 3 ... 先端部、

1 4 ... 湾曲部、

2 0 ... 挿入部駆動機構（マニピュレータ）、

2 0 a ~ 2 0 n ... 関節部材、

2 1 a ~ 2 1 n ... リンク部材、

2 2 ... ジョイントシャフト、

2 3 ... ポテンシオメータ、

2 4、2 5 ... 歯車、

2 6 ... 連結ギア、

2 7 ... モータ、

2 8 ... 連結ギア、

10

20

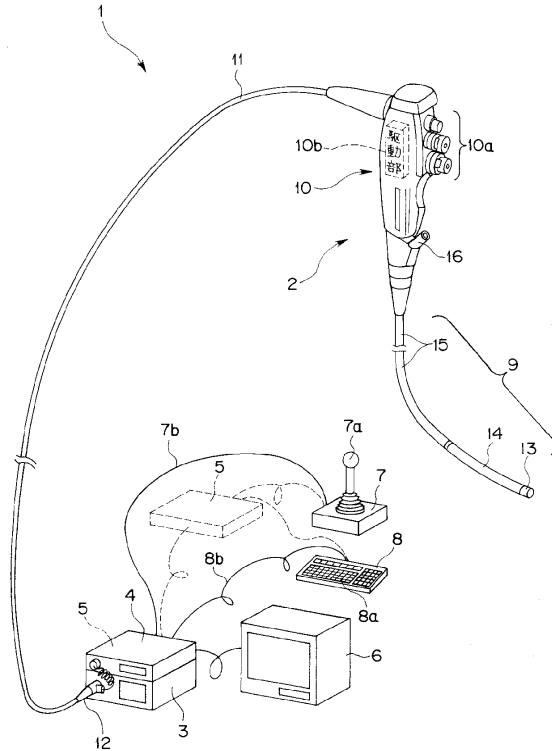
30

40

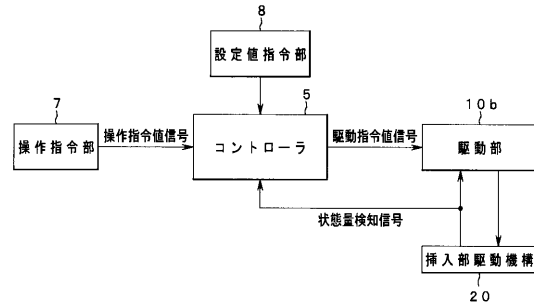
50

2 8 ... 連結歯車、	
3 0 ... フレキシブルシャフト、	
3 1 ... アクチュエータ制御ブロック、	
3 1 a ~ 3 1 n ... アクチュエータ制御ブロック、	
3 6 A ... サーボ制御コントローラ、	
3 6 B ... 制御則演算部、	
3 7 ... 制御指令値出力部、	
3 7 a ... ドライバ、	
3 8 ... センサ、	
3 9 ... 信号入力部、	10
3 9 a ... 検知部、	
4 0 ... P D 制御部、	
4 1 ... 運動学演算部、	
4 2 ... 制御演算部、	
4 3 ... ダイナミックス演算部、	
4 4 ... 順運動学演算部、	
4 5、4 6 ... 時間微分演算部、	
4 7 ... ヤコビアン演算部、	
4 8 ... 疑似逆行列演算部、	
4 9 ... ヤコビアン零空間演算部、	20
5 0 ... ポイントロック演算部、	
5 0 A ~ 5 0 C ... ポイントロック演算部、	
5 1 ... 先端リンク根元座標位置計算部、	
5 2 ... 逆運動学演算部、	
5 3 ... 機構パラメータ演算部、	
5 4 ... 順運動学演算部、	
5 5 ... ヤコビアン演算部、	
5 6 ... アンプ、	
5 7 ... 行列演算部、	
5 8 ... 積分回路、	30
6 0 ... 駆動軸選択手段、	
6 1 ... 駆動軸認知手段、	
6 2 ... オフセット指令入力部。	

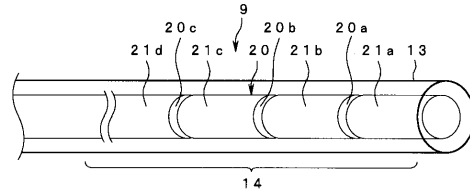
【図 1】



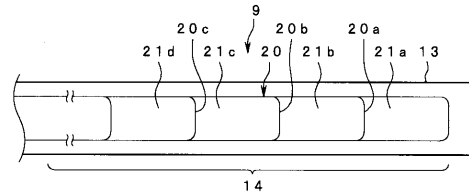
【図 2】



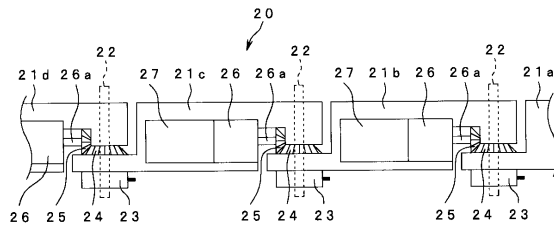
【図 3】



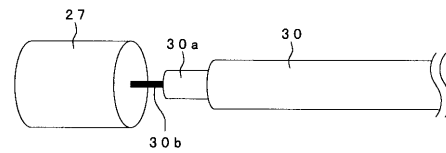
【図 4】



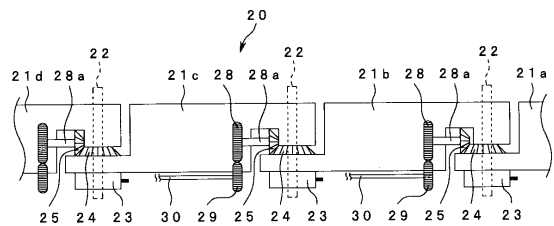
【図 5】



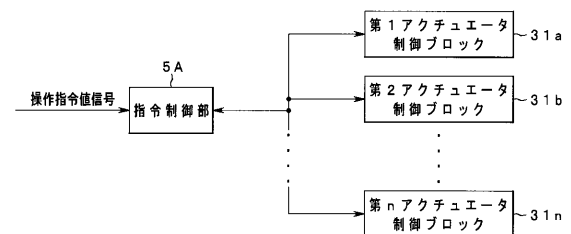
【図 8】



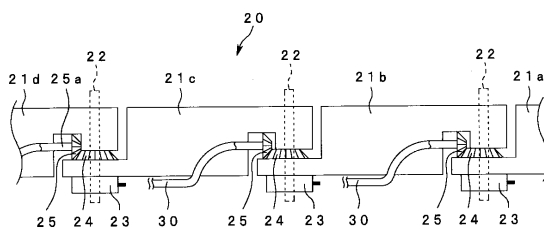
【図 6】



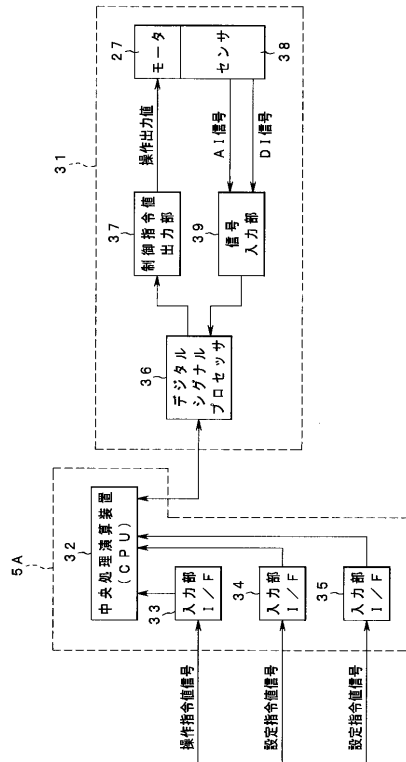
【図 9】



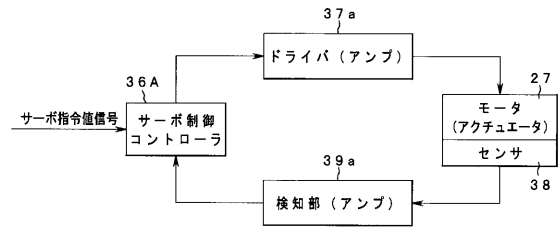
【図 7】



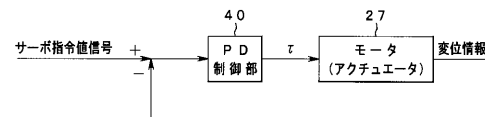
【図 10】



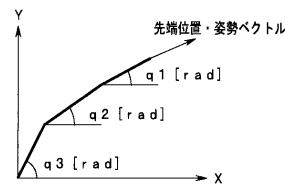
【図 11】



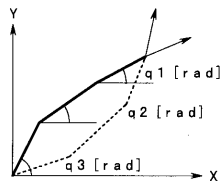
【図 12】



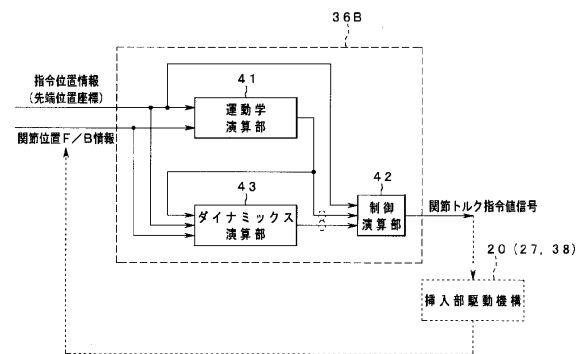
【図 13】



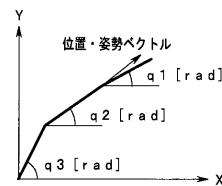
【図 14】



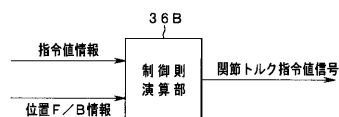
【図 17】



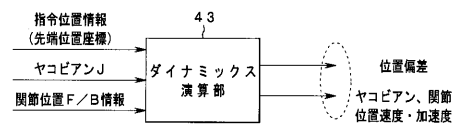
【図 15】



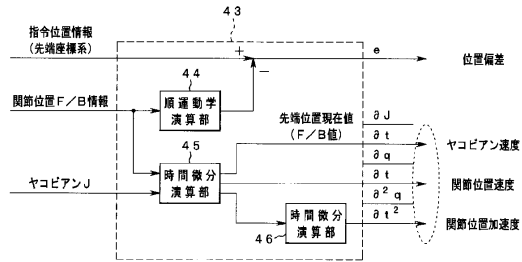
【図 16】



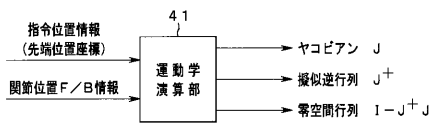
【図 18】



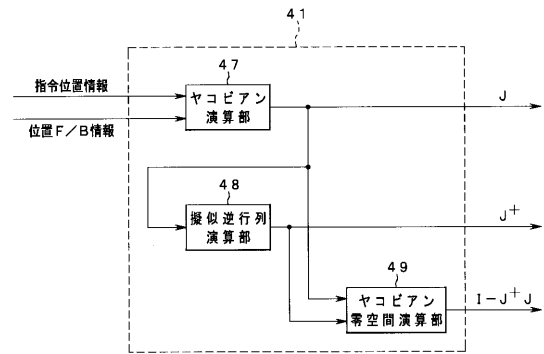
【図 19】



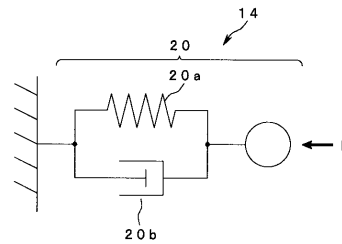
【図 20】



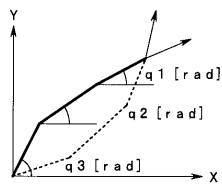
【図 21】



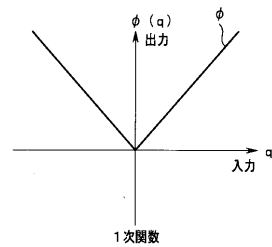
【図 22】



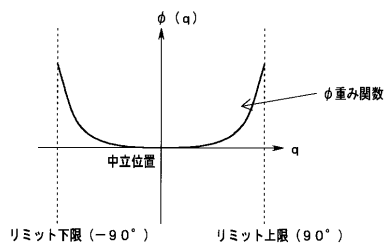
【図 23】



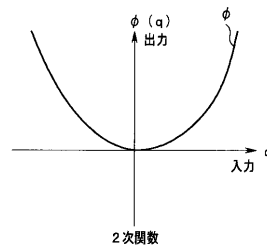
【図 25】



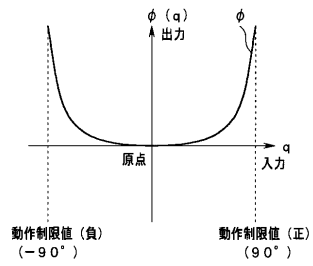
【図 24】



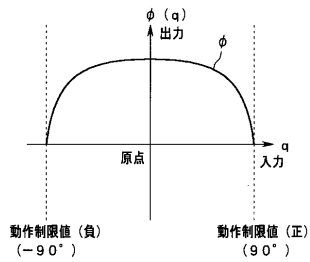
【図 26】



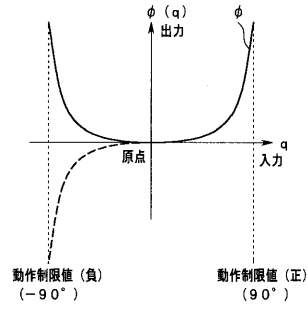
【図 27】



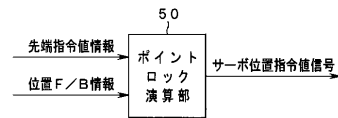
【図 28】



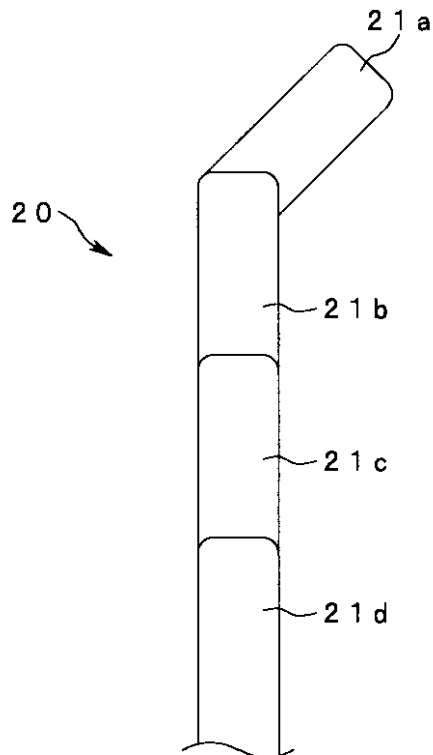
【図 29】



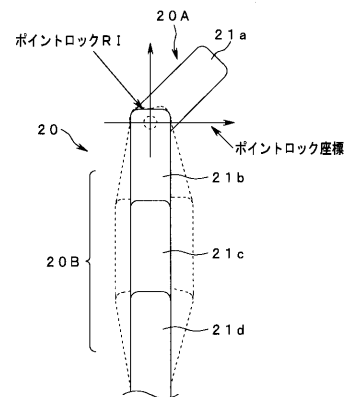
【図 30】



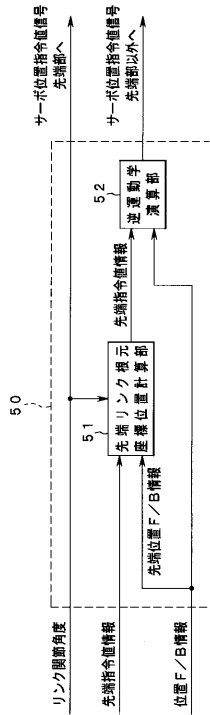
【図 31】



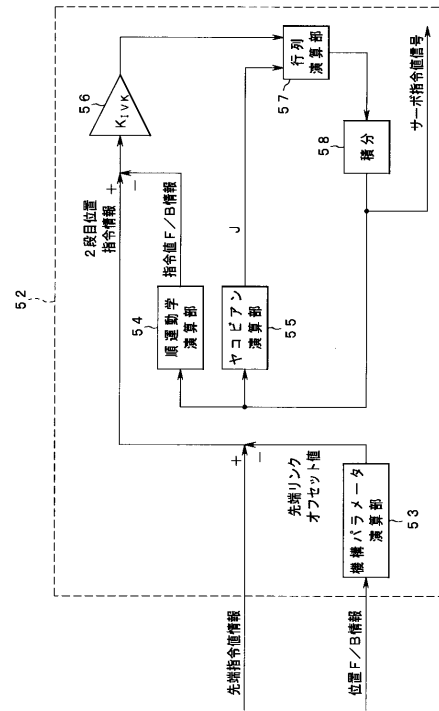
【図 32】



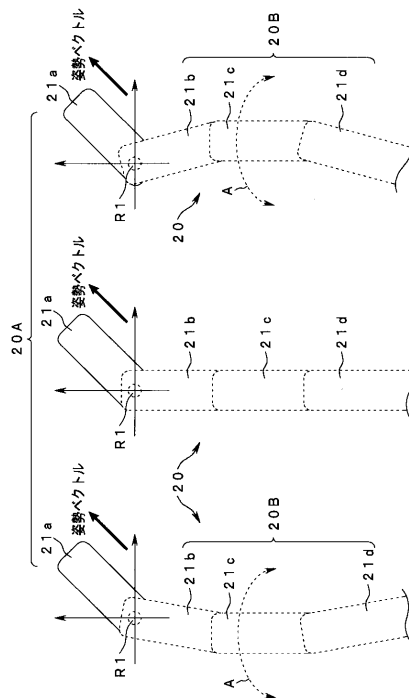
【 図 3 3 】



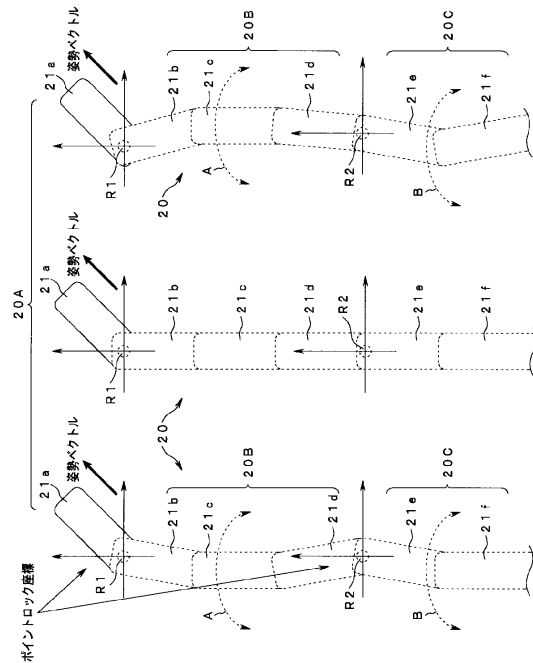
【 図 3 4 】



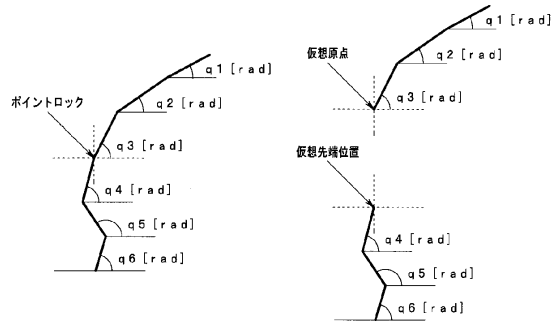
【 図 3 5 】



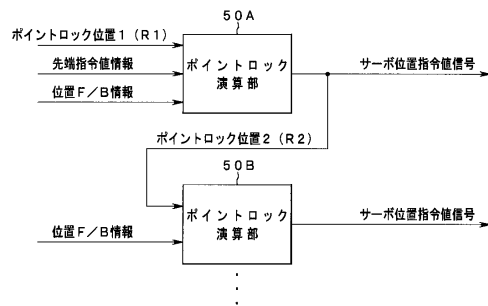
【 図 3 6 】



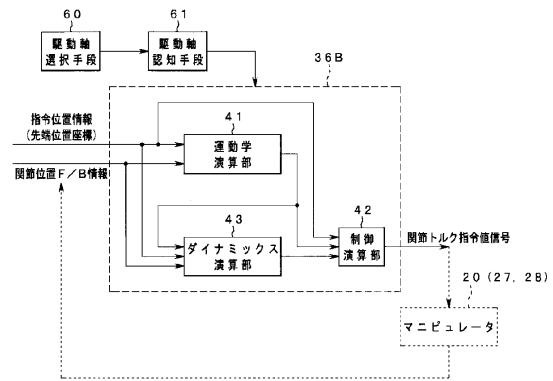
【図 37】



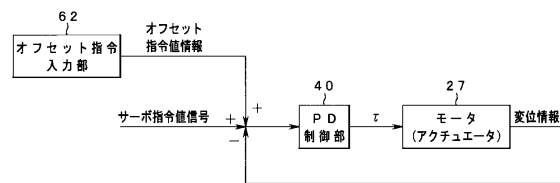
【図 38】



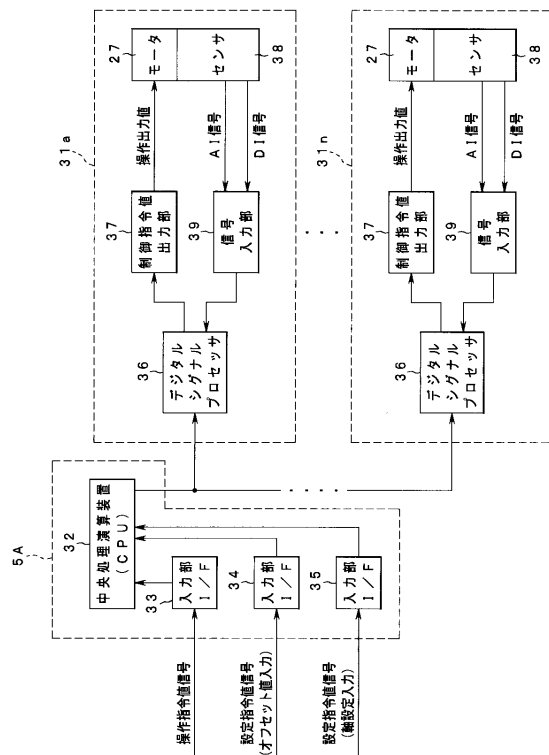
【図 39】



【図 40】



【図 41】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2003/0191367(US, A1)

特開2005-126843(JP, A)

特開2004-283618(JP, A)

米国特許第04930494(US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 1/00 - 1/32

专利名称(译)	医疗控制设备		
公开(公告)号	JP4839036B2	公开(公告)日	2011-12-14
申请号	JP2005214728	申请日	2005-07-25
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
[标]发明人	河合利昌		
发明人	河合 利昌		
IPC分类号	A61B1/00		
FI分类号	A61B1/00.310.H A61B1/005.523		
F-TERM分类号	4C061/AA00 4C061/BB00 4C061/CC06 4C061/DD03 4C061/FF33 4C061/HH42 4C061/HH47 4C061/JJ06 4C061/LL02 4C161/AA00 4C161/BB00 4C161/CC06 4C161/DD03 4C161/FF33 4C161/HH42 4C161/HH47 4C161/JJ06 4C161/LL02		
代理人(译)	伊藤 进		
其他公开文献	JP2007029289A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：通过控制弯曲部分的驱动以使插入部分的弯曲部分的形状对应于管腔内的形状，来改善医疗器械的插入部分以使其更易插入。
ŽSOLUTION：控制器5具有伺服控制控制器36A以控制弯曲部分14的姿势，并且伺服控制控制器36A配备有点锁定计算部分50.部分50执行算术处理以获取伺服位置命令信号到a。通过远端连杆基座坐标位置计算部51和逆运动学计算部52基于所提供的远端指令值信息和位置，将远端侧的连杆构件21a和伺服位置指令信号传递给连杆21a以外的连杆构件21F / B信息输出到驱动部分10b。因此，远端侧的连杆构件21a和任意连杆构件21经历两点锁定，并且其他连杆构件21被控制为具有冗余的姿势。Ž

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix}$$
である。