

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6164964号
(P6164964)

(45) 発行日 平成29年7月19日 (2017.7.19)

(24) 登録日 平成29年6月30日 (2017.6.30)

(51) Int. Cl. F I
A 6 1 B 34/37 (2016.01) A 6 1 B 34/37
B 2 5 J 3/00 (2006.01) B 2 5 J 3/00 Z

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2013-155885 (P2013-155885)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成25年7月26日 (2013.7.26)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2015-24036 (P2015-24036A)		東京都八王子市石川町2951番地
(43) 公開日	平成27年2月5日 (2015.2.5)	(74) 代理人	100118913
審査請求日	平成27年10月14日 (2015.10.14)		弁理士 上田 邦生
		(74) 代理人	100112737
			弁理士 藤田 考晴
		(72) 発明者	小川 量平
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
		(72) 発明者	岸 宏亮
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内
		審査官	宮下 浩次
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 医療用システムおよびその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多関節のスレーブアームと、
 該スレーブアームと相似構造の関節構成を有し、操作者によって操作されるマスターアームと、

該マスターアームになされた操作に基づいて前記スレーブアームを制御する制御部とを備え、

該制御部は、前記マスターアームに対して前記スレーブアームが相似形となるように前記マスターアームの各関節の回転量に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転動作を制御する第1の制御モードと、前記マスターアームの先端部の所定の部位の位置の変化に前記スレーブアームの先端部の所定の部位の位置が追従するように前記マスターアームの先端部の所定の部位の位置の変化量に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転動作を制御する第2の制御モードとの間で切り替え可能であり、

前記制御部は、

前記第1の制御モードにおいて、前記マスターアームの各関節の回転量と同じ回転量だけ前記スレーブアームの対応する各関節を回転させ、

前記第2の制御モードにおいて、前記マスターアームの先端部の所定の部位の位置の変化量に基づいて前記スレーブアームの逆運動学を計算し、得られた解に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転量を制御する医療用システム。

【請求項2】

前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記スレーブアームの形状の変化量が最小となるように、前記スレーブアームを制御する請求項1に記載の医療用システム。

【請求項3】

前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記スレーブアームの、先端から任意の数の関節について、前記マスタアームと相似形となるようにこれら関節の回転動作を制御する請求項1または請求項2のいずれかに記載の医療用システム。

【請求項4】

前記マスタアームになされた操作量に対する前記スレーブアームの動作量の比率が、前記第1の制御モードにおいては所定の一定値であり、前記第2の制御モードにおいては、前記所定の一定値未満である請求項1から請求項3のいずれかに記載の医療用システム。

10

【請求項5】

前記マスタアームになされた操作量に対する前記スレーブアームの動作量の比率が、前記第1の制御モードにおいては所定の一定値であり、前記第2の制御モードにおいては、前記所定の一定値未満であり、

前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記マスタアームの先端部の所定の部位の位置に基づいて前記スレーブアームの逆運動学を計算し、得られた複数の解のうち、前記スレーブアームの形状が前記マスタアームの形状と最も近似する解を選択する請求項1に記載の医療用システム。

【請求項6】

前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記マスタアームの各関節の変位量と前記スレーブアームの各関節の変位量との差異の総和が最小となる解を選択する請求項5に記載の医療用システム。

20

【請求項7】

前記制御部は、前記スレーブアームおよび前記マスタアームの各々の根元部分の中心軸を通り該中心軸上で互いに直交する2つの平面によって分割してなる4つの空間を仮定した場合に、前記マスタアームが位置する空間と対応する空間に前記スレーブアームが位置する解を選択する請求項5に記載の医療用システム。

【請求項8】

前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記マスタアームの最も先端側の関節の位置および姿勢に対応する位置および姿勢に前記スレーブアームの最も先端側の関節を配置するように前記スレーブアームを制御する請求項5に記載の医療用システム。

30

【請求項9】

前記操作量に対する前記動作量の前記比率を変更する動作比率変更手段を備える請求項4から請求項7のいずれかに記載の医療用システム。

【請求項10】

前記第1の制御モードおよび前記第2の制御モードのうち一方を操作者が選択する制御モード手動変更手段を備える請求項1から請求項8のいずれかに記載の医療用システム。

【請求項11】

前記スレーブアームの使用の条件、状況または環境に応じて前記第1の制御モードと前記第2の制御モードとを切り替える制御モード自動変更手段を備える請求項1から請求項10のいずれかに記載の医療システム。

40

【請求項12】

前記制御モード自動変更手段が、前記スレーブアームの種類に応じて前記第1の制御モードと前記第2の制御モードとを切り替える請求項11に記載の医療システム。

【請求項13】

前記制御部は、前記第2の制御モードから前記第1の制御モードに移行するときに、該第1の制御モードに先立ち、前記マスタアームおよび前記スレーブアームの各関節の変位量を互いに対応させるように、前記マスタアームおよび前記スレーブアームのうち少なくとも一方を動かす復帰フローを実行する請求項1から請求項12のいずれかに記載の医療用システム。

50

【請求項 1 4】

多関節のスレーブアームと、該スレーブアームと相似構造の関節構成を有し、操作者によって操作されるマスタアームとを備える医療用システムの制御方法であって、

前記スレーブアームを制御する制御モードを、前記マスタアームに対して前記スレーブアームが相似形となるように前記マスタアームの各関節の回転量に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転動作を制御する第 1 の制御モードと、前記マスタアームの先端部の所定の部位の位置の変化に前記スレーブアームの先端部の所定の部位の位置が追従するように前記マスタアームの先端部の所定の部位の位置の変化量に基づいてスレーブアームの各関節の回転動作を制御する第 2 の制御モードとの間で切り替え可能であり、

前記第 1 の制御モードにおいて、前記マスタアームの各関節の回転量と同じ回転量だけ前記スレーブアームの対応する各関節を回転させ、

前記第 2 の制御モードにおいて、前記マスタアームの先端部の所定の部位の位置の変化量に基づいて前記スレーブアームの逆運動学を計算し、得られた解に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転量を制御する医療用システムの制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療用システムおよびその制御方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、関節を有するスレーブアームを遠隔操作する操作入力装置として、スレーブアームの関節構成と相似構造の関節構成を有するマスタアームを備える医療用システムが知られている（例えば、特許文献 1 および 2 参照。）。このようなシステムによれば、マスタアームの動きに対応する動きをスレーブアームに再現させることができるので、操作者は、マスタアームの形状や動きからスレーブアームの形状や動きを直接的に認識しながら、スレーブアームを直感的に操作することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 3 5 8 3 7 7 7 号公報

【特許文献 2】特許第 4 6 0 8 6 0 1 号公報

【特許文献 3】特許第 4 1 7 6 1 2 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

実際の手術中において、患部を牽引するときや、針掛け後の糸結びのときなどには、精細な動作以外にスレーブアームを比較的大きく動かす必要がある。この場合、術者は、スレーブアームと患者体内の周辺組織との位置関係にも注意を払う必要があるため、関節部を含めたスレーブアーム全体の形状および姿勢を正確に把握したいという要求がある。一方、患部の緻密な処置等の際には、先端処置部が設けられているスレーブアームの先端を正確に動かす必要がある。この場合、術者は、スレーブアームの全体の形状や姿勢は気にせず、スレーブアームの先端の操作のみに意識を集中させたいという要求がある。

【0005】

一方、異構造のマスタスレーブ間におけるスケール変換の技術が一般的によく知られている（例えば、特許文献 3 参照）。これに対し、相似構造のマスタスレーブにおいては、特許文献 1、2 のシステムのように、マスタアームの操作量に対するスレーブアームの動作量の比率（モーションスケール比）は、マスタアームとスレーブアームとの構造比に応じて一意に決まっており、状況に応じてスレーブアームの操作条件を変更することができない。したがって、患部に対する大まかな処置と緻密な処置のような、異なる場面における相反する要求に対応することができず、使い勝手が悪いという問題がある。

10

20

30

40

50

【0006】

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、スレーブアームと相似構造のマスターアームを用いて、スレーブアームの直感的な操作性を維持しながらも、大まかな操作と緻密な操作の両方に対応することができ、使い勝手を向上することができる医療用システムおよびその制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を提供する。

本発明は、多関節のスレーブアームと、該スレーブアームと相似構造の関節構成を有し、操作者によって操作されるマスターアームと、該マスターアームになされた操作に基づいて前記スレーブアームを制御する制御部とを備え、該制御部は、前記マスターアームに対して前記スレーブアームが相似形となるように前記マスターアームの各関節の回転量に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転動作を制御する第1の制御モードと、前記マスターアームの先端部の所定の部位の位置の変化に前記スレーブアームの先端部の所定の部位の位置が追従するように前記マスターアームの先端部の所定の部位の位置の変化量に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転動作を制御する第2の制御モードとの間で切り替え可能であり、前記制御部は、前記第1の制御モードにおいて、前記マスターアームの各関節の回転量と同じ回転量だけ前記スレーブアームの対応する各関節を回転させ、前記第2の制御モードにおいて、前記マスターアームの先端部の所定の部位の位置の変化量に基づいて前記スレーブアームの逆運動学を計算し、得られた解に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転量を制御する医療用システムを提供する。

【0008】

本発明によれば、スレーブアームとマスターアームとの関節構成が互いに相似構造であるので、マスターアームを用いてスレーブアームを直感的に操作することができる。

この場合に、制御部は、第1の制御モードにおいては、マスターアームの全体の動きにスレーブアームの全体を追従させる。したがって、第1の制御モードは、スレーブアームを比較的大きく動かして大まかな操作を行うのに適している。一方、制御部は、第2の制御モードにおいては、マスターアームの先端部の所定の部位の動きにスレーブアームの先端部の所定の部位を追従させる。したがって、スレーブアームの先端部の所定の部位を正確に操作して緻密な操作を行うのに適している。このように、大まかな操作と緻密な操作の両方に対応することができ、使い勝手を向上することができる。

【0009】

上記発明においては、前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記スレーブアームの形状の変化量が最小となるように、前記スレーブアームを制御してもよい。

このようにすることで、スレーブアームの全体の動作量が最小限に抑制されるので、操作者は、スレーブアームの先端部の所定の部位の操作にさらに意識を集中させることができる。

また、上記発明においては、予め登録された所定の関節（例えば、構造的に組織と干渉する確率の高い関節）の動きを最小にするように、前記スレーブアームを制御してもよい。

【0010】

また、上記発明においては、前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記スレーブアームの、先端から任意の数の関節について、前記マスターアームと相似形となるようにこれら関節の回転動作を制御してもよい。

このようにすることで、スレーブアームの先端部をより直感的に操作することができる。

【0011】

また、上記発明においては、前記マスターアームになされた操作量に対する前記スレーブアームの動作量の比率が、前記第1の制御モードにおいては所定の一定値であり、前記第2の制御モードにおいては、前記所定の一定値未満であってもよい。

このようにすることで、第2の制御モードにおけるスレーブアームの動作量が、第1の制御モードにおけるそれに比べて小さくなる。これにより、第2の制御モードを、緻密な操作にさらに適したモードにすることができる。

【0012】

また、上記発明においては、前記マスタアームになされた操作量に対する前記スレーブアームの動作量の比率が、前記第1の制御モードにおいては所定の一定値であり、前記第2の制御モードにおいては、前記所定の一定値未満であり、前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記マスタアームの先端部の所定の部位の位置に基づいて前記スレーブアームの逆運動学を計算し、得られた複数の解のうち、前記スレーブアームの形状が前記マスタアームの形状と最も近似する解を選択してもよい。

10

このようにすることで、第2の制御モードを、緻密な操作にさらに適したモードにすることができると共に、マスタアームに基づいてスレーブアームの形状および姿勢を大まかに認識することができる。

【0013】

また、上記発明においては、前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記マスタアームの各関節の変位量と前記スレーブアームの各関節の変位量との差異の総和が最小となる解を選択してもよい。

また、上記発明においては、前記制御部は、前記スレーブアームおよび前記マスタアームの各々の根元部分の中心軸を通り該中心軸上で互いに直交する2つの平面によって分割してなる4つの空間を仮定した場合に、前記マスタアームが位置する空間と対応する空間に前記スレーブアームが位置する解を選択してもよい。

20

このようにすることで、簡単な計算によって、マスタアームの形状および姿勢に、スレーブアームの形状および姿勢が近似する解を選定することができる。

【0014】

また、上記発明においては、前記制御部は、前記第2の制御モードにおいて、前記マスタアームの最も先端側の関節の位置および姿勢に対応する位置および姿勢に前記スレーブアームの最も先端側の関節を配置するように前記スレーブアームを制御してもよい。

【0015】

また、上記発明においては、前記操作量に対する前記動作量の比率を変更する動作比率変更手段を備えていてもよい。

30

このようにすることで、前記比率を必要に応じて適切な値に変更することができ、使い勝手をさらに向上することができる。

【0016】

上記発明においては、前記第1の制御モードおよび前記第2の制御モードのうち一方を操作者が選択する制御モード手動変更手段を備えていてもよい。

このようにすることで、操作者が任意のタイミングで制御モードを切り替えることができる。制御モード手動変更手段は、スイッチのような入力部であってもよい。

【0017】

また、上記発明においては、前記スレーブアームの使用の条件、状況または環境に応じて制御モードを切り替える制御モード自動変更手段を備えていてもよい。

40

このようにすることで、適切なタイミングで適切な制御モードに自動的に切り替えることができる。

また、上記発明においては、前記制御モード自動変更手段が、前記スレーブアームの種類に応じて前記第1の制御モードと前記第2の制御モードとを切り替えてもよい。

このようにすることで、各スレーブアームの用途に適した制御モードに自動的に切り替えることができる。

【0018】

また、上記発明においては、前記制御部は、前記第2の制御モードから前記第1の制御モードに移行するときに、該第1の制御モードに先立ち、前記マスタアームおよび前記スレーブアームの各関節の変位量を互いに対応させるように、前記マスタアームおよび前記

50

スレーブアームのうち少なくとも一方を動かす復帰フローを実行してもよい。

このようにすることで、マスタアームとスレーブアームの全体の位置および姿勢が対応している状態で第1の制御モードを円滑に開始することができる。

【0019】

また、本発明は、多関節のスレーブアームと、該スレーブアームと相似構造の関節構成を有し、操作者によって操作されるマスタアームとを備える医療用システムの制御方法であって、前記スレーブアームを制御する制御モードを、前記マスタアームに対して前記スレーブアームが相似形となるように前記マスタアームの各関節の回転量に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転動作を制御する第1の制御モードと、前記マスタアームの先端部の所定の部位の位置の変化に前記スレーブアームの先端部の所定の部位の位置が追従するように前記マスタアームの先端部の所定の部位の位置の変化量に基づいてスレーブアームの各関節の回転動作を制御する第2の制御モードとの間で切り替え可能であり、前記第1の制御モードにおいて、前記マスタアームの各関節の回転量と同じ回転量だけ前記スレーブアームの対応する各関節を回転させ、前記第2の制御モードにおいて、前記マスタアームの先端部の所定の部位の位置の変化量に基づいて前記スレーブアームの逆運動学を計算し、得られた解に基づいて前記スレーブアームの各関節の回転量を制御する医療用システムの制御方法を提供する。

10

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、スレーブアームと相似構造のマスタアームを用いて、スレーブアームの直感的な操作性を維持しながらも、大まかな操作と緻密な操作の両方に対応することができ、使い勝手を向上することができるという効果を奏する。

20

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る医療用システムの全体構成を示すブロック図である。

【図2】図1の医療用システムが備えるマニピュレータの先端部分の構成を示す外観図である。

【図3】図1の医療用システムが備えるスレーブアームおよびマスタアームの関節構成を模式的に示す図である。

30

【図4】図3のスレーブアームの、第1の制御モードにおける動作を説明する図である。

【図5】図3のスレーブアームの、第2の制御モードにおける動作を説明する図である。

【図6】図1の医療用システムの制御部によるマニピュレータの制御方法を示すフローチャートである。

【図7】図6の第1の制御モードルーチンを示すフローチャートである。

【図8】図6の第2の制御モードルーチンを示すフローチャートである。

【図9】逆運動学の解の選択方法の変形例を説明する図である。

【図10】本発明の第2の実施形態に係る医療用システムの全体構成を示すブロック図である。

【図11】図10の医療用システムが備えるスレーブアームおよびマスタアームの関節構成を模式的に示す図である。

40

【図12】図11のスレーブアームの、第1の制御モードにおける動作を説明する図である。

【図13】図11のスレーブアームの、第2の制御モードにおける動作を説明する図である。

【図14】図10の医療用システムの制御部によるマニピュレータの制御方法を示すフローチャートである。

【図15】図14の第2の制御モードルーチンを示すフローチャートである。

【図16】制御モードの切り替え方法の変形例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

50

【0022】

(第1の実施形態)

以下に、本発明の第1の実施形態に係る医療用システム100について図面を参照して説明する。

本実施形態に係る医療用システム100は、図1に示されるように、患者Pの体内に挿入されるマニピュレータ1と、患者Pが横たわる手術台の周辺に配置される操作入力部2および制御部3とを備えている。

【0023】

まず、医療用システム100の概要について説明する。マニピュレータ1の先端には、後述するように、内視鏡5およびスレーブアーム6が設けられている。術者(操作者)Opが、肛門から患者Pの体内にマニピュレータ1を挿入し、内視鏡5によって撮影された体内の画像を操作入力部2に設けられた表示部10で観察しながら操作入力部2を操作すると、操作入力部2になされた操作に基づいて制御部3がマニピュレータ1を制御する。これにより、術者Opは、体内に位置するマニピュレータ1を遠隔操作し、マニピュレータ1が有するスレーブアーム6によって体内を処置することができる。

10

【0024】

次に、医療用システム100の各構成について詳細に説明する。

マニピュレータ1は、図2に示されるように、体内に挿入される細長い軟性部4と、該軟性部4の先端に設けられた内視鏡5およびスレーブアーム6とを備えている。なお、図1および図2には、2つのスレーブアーム6を有する双腕型のマニピュレータ1が示されているが、マニピュレータ1は、単一のスレーブアーム6を有する1腕型であってもよく、3以上のスレーブアーム6を有していてもよい。

20

【0025】

スレーブアーム6は、複数の関節を有し、その先端には鉗子や電気メス等の処置部8が設けられている。

操作入力部2は、術者Opによって操作されるマスタアーム9と、表示部10とを備えている。マスタアーム9は、個々のスレーブアーム6に対応して設けられている。

【0026】

図3は、スレーブアーム6およびマスタアーム9の関節構成を模式的に示したものである。図3に示されるように、マスタアーム9は、スレーブアーム6が有する関節構成と相似構造の関節構成を有している。本例において、スレーブアーム6は、根元側から順に、ロール関節J1'と、ヨー関節J2'と、ロール関節J3'と、ヨー関節J4'とを有している。同様に、マスタアーム9も、根元側から順に、ロール関節J1と、ヨー関節J2と、ロール関節J3と、ヨー関節J4とを有している。ロール関節J1', J3', J1, J3は、各アーム6, 9の根本から先端までアーム6, 9の長手方向に伸びるロール軸周りに回転し、ヨー関節J2', J4', J2, J4は、ロール軸に直交する(図3において、紙面に直交する)ヨー軸周りに回転する。また、両アーム6, 9の、隣接する関節間の距離の比は、同一である。

30

【0027】

マスタアーム9の各関節Ji(i=1, 2, 3, 4)には、エンコーダのような角度検出器が設けられている。操作入力部2は、各関節Jiの角度の変化量 θ_i (i=1, 2, 3, 4)を角度検出器によって検出し、検出された4つの変化量 θ_i を、操作信号として制御部3に出力する。

40

【0028】

制御部3は、操作入力部2から受信した操作信号に基づいて、スレーブアーム6の各関節Ji'(i=1, 2, 3, 4)を駆動させるための駆動信号を生成し、生成した駆動信号をマニピュレータ1に送信する。マニピュレータ1は、制御信号に従って各関節Ji'を回転させることによって、スレーブアーム6が動くようになっている。

【0029】

さらに、本実施形態に係る医療用システム100は、モーションスケール比変更手段(

50

動作比率変更手段) 11を備えている。モーションスケール比変更手段11は、例えば、操作入力部2に設けられ、術者Opが、モーションスケール比として、任意の値を設定可能に設けられている。ここで、モーションスケール比とは、後で詳述するように、下式によって定義される。

モーションスケール比 = (スレーブアームの移動量) / (マスターアームの移動量)

なお、モーションスケール比変更手段11は、モーションスケール比を、マスターアーム9とスレーブアーム6との構造比によって定められるスケール比と、このスケール比未満の所定の値との間で段階的に切り替え可能に設けられていてもよい。

【0030】

モーションスケール比変更手段11によって選択されているモーションスケール比は制御部3に送信され、制御部3は、受信したモーションスケール比に基づき、スレーブアーム6を制御するための制御モードを、「第1の制御モード」と「第2の制御モード」との間で切り替える。

次に、この制御部3によるスレーブアーム6の制御方法について、詳細に説明する。

【0031】

「第1の制御モード」は、スレーブアーム6の全体を、マスターアーム9の全体の動きに追従させるモードである。具体的には、制御部3は、図4に示されるように、マスターアーム9の各関節 J_i の変化量 $\dot{\theta}_i$ と同じ量だけ、スレーブアーム6の各関節 J_i' を回転させる。このときの、マスターアーム9になされた操作量と、スレーブアーム6の動作量との比(モーションスケール比)は、マスターアーム9とスレーブアーム6との構造比となる。モーションスケール比変更手段11には、この構造比が、モーションスケール比のデフォルト比として設定されている。

【0032】

「第2の制御モード」は、受信したモーションスケール比が、第1の制御モードにおいて構造的に定められている、前述のデフォルト比未満であるときに制御部3が選択するモードであって、スレーブアーム6の先端を、マスターアーム9の先端の動きに追従させるモードである。

【0033】

具体的には、制御部3は、操作入力部2から受信した各関節 J_i の変化量 $\dot{\theta}_i$ を用い、マスターアーム9の順運動学を計算することによって、図5に示されるように、マスターアーム9の動作座標系におけるマスターアーム9の先端の、各方向の移動量 d_x, d_y, d_z を算出する。次に、制御部3は、得られた移動量 d_x, d_y, d_z を、スレーブアーム6の作動座標系における各方向の移動量 d_x', d_y', d_z' に変換する。次に、制御部3は、得られた移動量 d_x', d_y', d_z' に基づき、スレーブアーム6の逆運動学を計算することによって、スレーブアーム6の各関節 J_i' の回転量 θ_i' を解として算出し、得られた回転量 θ_i' だけ各関節 J_i' を回転させる。

なお、移動量 d_x', d_y', d_z' については、表示部10に表示されるスレーブアーム6の動作方向がマスターアーム9の操作方向と一致するように、表示部10の座標系に変換した後の移動量に変換されることが望ましい。

【0034】

ここで、制御部3は、移動量 d_x', d_y', d_z' にモーションスケール比 k を乗算し、得られた移動量 $k d_x', k d_y', k d_z'$ を逆運動学の計算に用いる。このモーションスケール比 k は、術者Opが、モーションスケール比変更手段11に対して設定したモーションスケール比である。

【0035】

このような「第2の制御モード」で制御されるスレーブアーム6の先端は、マスターアーム9の先端の移動方向と対応する方向に移動するが、その移動量は、マスターアーム9の先端の移動量に対して縮小される。例えば、モーションスケール比が「0.2」に設定されている場合、マスターアーム9の移動量に対して、スレーブアーム6の先端の移動量は、5分の1となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

ここで、逆運動学において、図 5 に示されるように、スレーブアーム 6 の先端を移動量 $k d x'$, $k d y'$, $k d z'$ だけ移動させる回転量 i' の組み合わせは複数存在し得るため、逆運動学の解が複数得られる可能性がある。図 5 には、一例として、2 つの解 (解 1 , 解 2) が示されている。制御部 3 は、複数の解が得られた場合には、スレーブアーム 6 の全体の形状が、マスタアーム 9 の全体の形状に最も近似する解 (図 5 の例においては、解 2)、例えば、対応する関節 $J i$, $J i'$ 同士の回転角度の差異の総和が最小である解を採用する。

【 0 0 3 7 】

次に、このように構成された医療用システム 1 0 0 の作用について図 6 から図 8 を参照して説明する。

10

本実施形態に係る医療用システム 1 0 0 を用いて患者 P の体内を処置するためには、マニピュレータ 1 の軟性部 4 を患者 P の体内に挿入し、内視鏡 5 によって取得される体内の映像を表示部 1 0 において観察しながら、マニピュレータ 1 の先端を患部の近傍まで移動させる。次に、術者 O p は、表示部 1 0 に表示される映像を観察しながら、マスタアーム 9 を操作してスレーブアーム 6 を動かし、例えば、患部を処置するために必要な前処置を患部やその周辺に対して施す。

【 0 0 3 8 】

このときに、術者 O p は、通常、図 6 に示されるように、モーションスケール比変更手段 1 1 によって (ステップ S 1 の Y E S)、スレーブアーム 6 を「第 1 の制御モード」で動作させる (ステップ S 2)。

20

【 0 0 3 9 】

「第 1 の制御モード」においては、図 7 に示されるように、スレーブアーム 6 の各関節 $J i'$ は、マスタアーム 9 の各関節 $J i$ の変化量 i と同じ量だけ回転させられることによって (ステップ S 2 1 , S 2 2)、スレーブアーム 6 全体が、マスタアーム 9 全体の動きに追従する (ステップ S 2 3)。すなわち、マスタアーム 9 全体の形状および姿勢は、スレーブアーム 6 全体の形状および姿勢と対応しているため、術者 O p は、スレーブアーム 6 の現在の形状および姿勢をマスタアーム 9 から直接的に認識することができる。したがって、例えば、狭い管腔内でスレーブアーム 6 を操作している最中にスレーブアーム 6 の肘部 (関節 $J 2$, $J 4$) が内腔壁を押圧していないか等、スレーブアーム 6 の全体の形状にも注意を払いながらスレーブアーム 6 を適切に操作することができる。

30

【 0 0 4 0 】

次に、患部を処置するときに、術者 O p は、処置部 8 を患部の近傍に配置した後、モーションスケール比変更手段 1 1 によってモーションスケール比を、「第 1 の制御モード」において定められているデフォルト比未満の値、例えば、「0 . 2」に設定する (ステップ S 1 の N O)。これにより、スレーブアーム 6 は「第 2 の制御モード」で制御されるようになる (ステップ S 3)。

【 0 0 4 1 】

「第 2 の制御モード」においては、図 8 に示されるように、マスタアーム 9 の先端の移動に基づき (ステップ S 3 1 , S 3 2)、スレーブアーム 6 の先端がマスタアーム 9 の先端の動きに追従するように (ステップ S 3 3 , S 3 5)、スレーブアーム 6 が制御される (ステップ S 3 6)。このときのスレーブアーム 6 の先端の動作量は、マスタアーム 9 の先端の操作量に対して $\frac{1}{5}$ 分となり (ステップ S 3 4)、スレーブアーム 6 の先端は低速で微動する。したがって、術者 O p は、スレーブアーム 6 先端の処置部 8 の繊細な動きも容易に実現することができ、処置部 8 による緻密な処置を正確に行うことができる。

40

【 0 0 4 2 】

また、「第 2 の制御モード」において、スレーブアーム 6 の先端を、患部とその周辺の限られた範囲で動かしている限り、スレーブアーム 6 の全体が大きく動くことはない。したがって、術者 O p は、スレーブアーム 6 の全体の形状に注意を払う必要がなく、スレーブアーム 6 の先端の操作のみに意識を集中させることができる。さらに、ステップ S 3 3

50

における逆運動学の計算において、複数の解が得られた場合には、右マスタアーム 1 1 R に近い形状の解が選択され、スレーブアーム 6 の全体の形状および姿勢は、マスタアーム 9 の全体の形状および姿勢と大まかに対応している。したがって、術者 Op は、スレーブアーム 6 の形状および姿勢をマスタアーム 9 から大まかに認識することができる。

【 0 0 4 3 】

このように、本実施形態によれば、スレーブアーム 6 の大きな動きが要求される場面と、緻密な動きが要求される場面とで、モーションスケール比を変更することによって、それぞれの場面に適した条件でスレーブアーム 6 を操作することができ、使い勝手を向上することができるという利点がある。

【 0 0 4 4 】

なお、本実施形態においては、両アーム 6 , 9 の構造比によって決まるモーションスケール比、または、これ未満のモーションスケール比でスレーブアーム 6 を駆動させることとしたが、これに加えて、前記構造比を超えるモーションスケール比でスレーブアーム 6 を駆動可能であってもよい。

このようにすることで、モーションスケール比を前記構造比よりも大きな値に設定することによって、スレーブアーム 6 全体をより大きく動かすことができ、例えば、広範囲の大まかな処置等に有効である。

【 0 0 4 5 】

また、本実施形態においては、「第 2 の制御モード」から「第 1 の制御モード」へ切り替えるときに、制御部 3 が、「第 1 の制御モード」の開始に先立ち、復帰フローを実行することが好ましい。復帰フローにおいて、制御部 3 は、スレーブアーム 6 およびマスタアーム 9 のうち少なくとも一方を動かすことによって、両アーム 6 , 9 の位置および姿勢を互に対応させる。

【 0 0 4 6 】

上記の復帰フローは、制御部 3 による自動実行に代えて、術者 Op がマスタアーム 9 を操作することによって手動で行ってもよい。この場合、両アーム 6 , 9 の位置および姿勢を完全に対応させることは難しいので、制御部 3 は、両アーム 6 , 9 の各関節 J_i , J_i' 同士の回転角度のずれが所定の範囲内となったときに、復帰フローを終了してもよい。また、この場合、制御部 3 は、術者 Op によるマスタアーム 9 の操作を誘導する表示を表示部 10 に表示してもよい。

【 0 0 4 7 】

また、本実施形態においては、逆運動学の計算において複数の解が得られたときに、両アーム 6 , 9 の全体の形状が互いに最も近似する解を採用することとしたが、解の選択方法はこれに限定されるものではない。

例えば、最も先端側の関節 J_4 , J_4' 同士の位置が対応する解を選択してもよい。この場合には、処置部 8 の姿勢が、マスタアーム 9 の先端部分の姿勢と対応するので、術者 Op は、処置部 8 をより直感的に操作することができる。

【 0 0 4 8 】

または、図 9 に示されるように、スレーブアーム 6 が、第 1 から第 4 の空間のうち、マスタアーム 9 と同じ象限に位置する解を採用してもよい。第 1 から第 4 の空間は、各アーム 6 , 9 の根元部分の中心軸 A を定義し、該軸 A を通り互いに直交する 2 つの平面によって分割された 4 つの空間である。この場合には、スレーブアーム 6 の全体の姿勢を、マスタアーム 9 の全体の姿勢と対応させることができる。

【 0 0 4 9 】

(第 2 の実施形態)

次に、本発明の第 2 の実施形態に係る医療用システム 200 について図 10 から図 16 を参照して説明する。

本実施形態に係る医療用システム 200 は、図 10 に示されるように、制御モード手動変更手段 12 を備えている点と、「第 2 の制御モード」の内容とにおいて、第 1 の実施形態と主に異なっている。したがって、本実施形態においては、制御モード手動変更手段 1

10

20

30

40

50

2と「第2の制御モード」とについて主に説明し、第1の実施形態と共通する構成については同一の符号を付して説明を省略する。

【0050】

なお、本実施形態においては、図11に示されるように、比較的多い数（本例においては、7個）の関節 J_i' 、 J_i ($i = 1, 2, \dots, 7$)を有するスレーブアーム6およびマスターアーム9について説明する。本実施形態においても、スレーブアーム6およびマスターアーム9は、互いに、相似構造の関節構成を有している。なお、本実施形態においても、第1の実施形態で説明した比較的少ない数の関節を有するスレーブアーム6およびマスターアーム9を用いてもよい。

【0051】

制御モード手動変更手段12は、例えば、操作入力部2に設けられ、「第1の制御モード」および「第2の制御モード」のうち一方を術者Opによって選択可能に設けられている。制御モード手動変更手段12によって選択されている制御モードを示す信号は制御部3に送信され、制御部3は、受信した信号が指定する制御モードでスレーブアーム6を制御する。

次に、この制御部3によるスレーブアーム6の制御方法について詳細に説明する。「第1の制御モード」は、図12に示されるように、関節の数が異なる点を除いて第1の実施形態において説明した「第1の制御モード」と同様であるので、説明を省略する。

【0052】

「第2の制御モード」は、スレーブアーム6の先端を、マスターアーム9の先端の動きに追従させるモードである。具体的には、図13に示されるように、制御部3は、操作入力部2から受信した各関節 J_i の変化量 $\dot{\theta}_i$ ($i = 1, 2, \dots, 7$)を用い、第1の実施形態と同様の手順によって、スレーブアーム6の先端の移動量 dx' 、 dy' 、 dz' を得て、この移動量 dx' 、 dy' 、 dz' を用いてスレーブアーム6の逆運動学を計算する。ここで、複数の解が得られた場合に、制御部3は、各関節 J_i' の回転量 θ_i' ($i = 1, 2, \dots, 7$)の総和が最小となる解、すなわち、スレーブアーム6の全体の動作量が最小となる解を採用する。

【0053】

次に、このように構成された医療用システム200の作用について図14および図15を参照して説明する。

本実施形態においては、制御モード手動変更手段12によって「第1の制御モード」を選択する（ステップS1'のYES）ことを除き、処置部8を患部の近傍に配置するまでの手順は、第1の実施形態と同様である。

【0054】

次に、処置部8を患部の近傍に配置した後、術者Opは、図14に示されるように、制御モード手動変更手段12によって「第1の制御モード」から「第2の制御モード」に切り替える（ステップS1'のNO）。本実施形態の「第2の制御モード」においては、図15に示されるように、マスターアーム9の先端の移動に基づき（ステップS31、S32）、スレーブアーム6の先端がマスターアーム9の先端の動きに正確に追従するように（ステップS33、S35'）、スレーブアーム6が制御される（ステップS36）。ただし、このときのスレーブアーム6の全体の動作量は最小限に抑制される（ステップS35'）。したがって、術者Opは、スレーブアーム6の全体の形状に注意を払う必要がなく、スレーブアーム6の先端の操作のみに意識を集中させることができる。

【0055】

このように、本実施形態によれば、スレーブアーム6の大きな動きが要求される場面では、スレーブアーム6全体を通常通り動作させ、緻密な動きが要求される場面では、スレーブアーム6の先端以外の部分の動作を制限することによって、それぞれの場面に適した操作条件でスレーブアーム6を操作することができ、使い勝手を向上することができるという利点がある。

なお、本実施形態においても、第1の実施形態と同様に、制御部3が、「第2の制御モ

10

20

30

40

50

ード」から「第1の制御モード」へ切り替えるときに、復帰フローを実行することが好ましい。

【0056】

また、本実施形態においては、第1の実施形態において説明したモーションスケール比変更手段11を備えていてもよい。この場合、「第2の制御モード」の逆運動学の計算において、移動量 dx' 、 dy' 、 dz' に代えて、移動量 kdx' 、 kdy' 、 kdz' を用いればよい。あるいは、制御部3が、所定のモーションスケール比 k を保持し、「第2の制御モード」において、スレーブアーム6の先端を常に微動させるようにしてもよい。

【0057】

また、本実施形態においては、「第2の制御モード」において、スレーブアーム6の先端位置のみを基準にして逆運動学を計算することとしたが、これに代えて、スレーブアーム6の先端側の一部の関節の位置および姿勢を基準に用いてもよい。

具体的には、スレーブアーム6の、先端から任意の数の関節については、マスタアーム9と相似形となるように拘束条件を付して、マスタアーム9の対応する関節の位置および姿勢の変位に追従するように逆運動学を計算してもよい。

【0058】

このときに、全ての関節 $J1' \sim J7'$ に対して上記のような拘束条件を付して、マスタアーム9の先端の移動量に従った逆運動学を幾何学的に計算してもよい。

または、マスタアーム9の先端の位置姿勢の移動量に従ってスレーブアーム6の逆運動学を計算し、その後スレーブアーム6の、先端側の任意の数の関節は、マスタアーム9の対応する関節の動きに一致するようにスレーブアーム6動かしてもよい。関節の姿勢を一致させる際に動いてしまった先端の位置については、さらにもう一度逆運動学を計算して元の位置に戻す。これらの操作を繰り返してスレーブアーム6の先端位置および姿勢の入力指令値に対する移動量を収束計算することで、拘束条件を付したまま逆運動学を計算することができる。

【0059】

また、本実施形態においては、術者Opが手作業で「第1の制御モード」と「第2の制御モード」とを切り替えることとしたが、これに代えて、またはこれに加えて、制御部(制御モード自動変更手段)3が、スレーブアーム6の使用の条件、状況または環境に応じて自動で「第1の制御モード」と「第2の制御モード」とを切り替えてもよい。

スレーブアーム6の使用の条件等は、例えば、スレーブアーム6の種類が何であるのか、スレーブアーム6の関節の移動速度が所定の閾値内であるか否か、スレーブアーム6の関節の変位量が所定の閾値内であるか否か、等である。

例えば、図1において、制御部3は、スレーブアーム6が制御部3に接続される際に当該スレーブアーム6に設けられたメモリチップを読み取ることによって、スレーブアーム6の種類(例えば、処置部8が把持鉗子)を認識するようになっている。制御部3は、予め記憶しているスレーブアーム6の種類と制御モードとのテーブル情報から、認識した種類に対応する制御モードを取得し、適切な制御モードに切り替えることができる。

【0060】

例えば、スレーブアーム6を、図16に示されるように、U字状に配置するUターン動作を行う場合に、この動作の後に制御部3が「第2の制御モード」を強制的に選択してもよい。

また、制御部3は、スレーブアーム6の先端部が到達している領域が狭空間であるか否かを判断し、判断結果に基づいて、前記領域が狭空間である場合には「第2の制御モード」を強制的に選択してもよい。スレーブアーム6の先端部が位置する空間の大小は、例えば、内視鏡5の映像の画像解析等を利用して判断する。

また、制御部3は、マスタアーム9と対応付けられているスレーブアーム6の種類に応じて制御モードを切り替えてもよい。例えば、スレーブアーム6が、大きな動作の牽引等に用いるリトラクタ術具であるときには「第1の制御モード」を、精密な操作をすること

10

20

30

40

50

の多いエネルギー術具であるときには「第2の制御モード」を選択してもよい。

また、制御部3は、画像や使用している術具、術式と、現在の経過時間や術場の状況などの情報に基づいて手術の場面を認識して、最適な制御モードに切り替えてもよい。

【0061】

または、制御部3が、マスタアーム9の各関節 J_i の変化量 $\Delta\theta_i$ に基づき、術者Opがスレーブアーム6の全体を粗動操作させているか、または、スレーブアーム6の先端を微動操作させているのかを判定し、判定結果に基づいて、「第1の制御モード」と「第2の制御モード」とを切り替えてもよい。

または、「第1の制御モード」で制御中に、いずれかの、関節 J_i の回転角度が最大に達したときに、制御部3が「第2の制御モード」に切り替えてもよい。

10

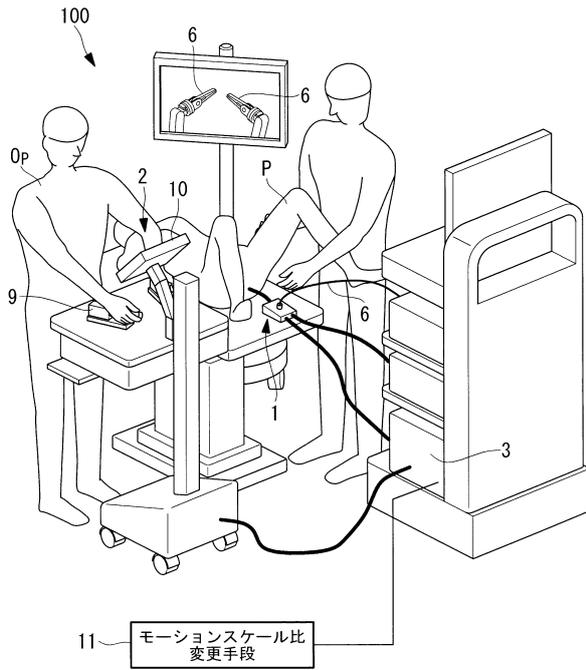
【符号の説明】

【0062】

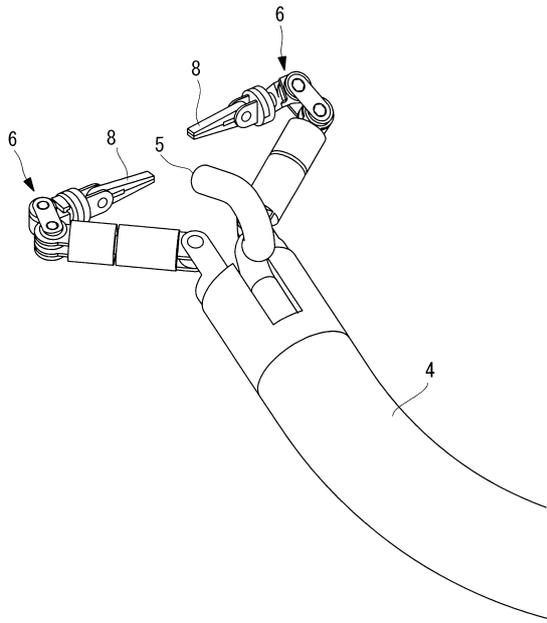
- 1 マニピュレータ
- 2 操作入力部
- 3 制御部（制御モード自動変更手段）
- 4 軟性部
- 5 内視鏡
- 6 スレーブアーム
- 8 先端処置部
- 9 マスタアーム
- 10 表示部
- 11 モーションスケール比変更手段（動作比率変更手段）
- 12 制御モード手動変更手段
- 100, 200 医療用システム
- $J_1 \sim J_7, J_1' \sim J_7'$ 関節
- Op 術者（操作者）
- P 患者

20

【図1】

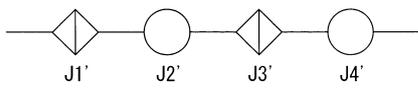


【図2】

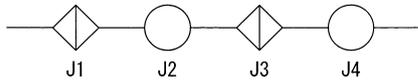


【図3】

スレーブアーム

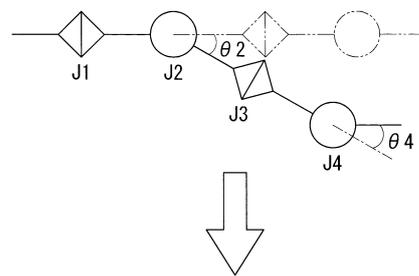


マスターアーム

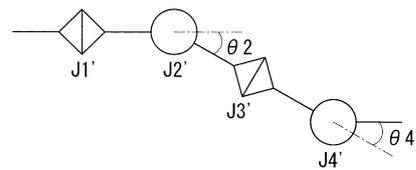


【図4】

マスターアーム

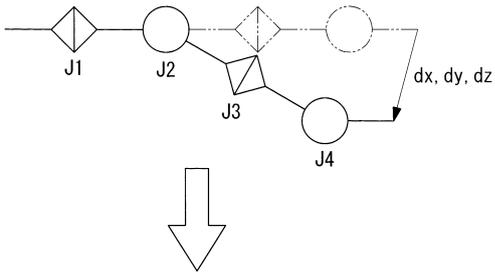


スレーブアーム
(第1の制御モード)

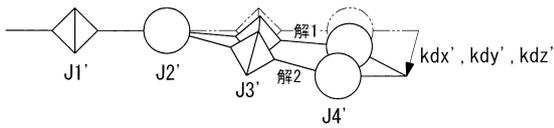


【図5】

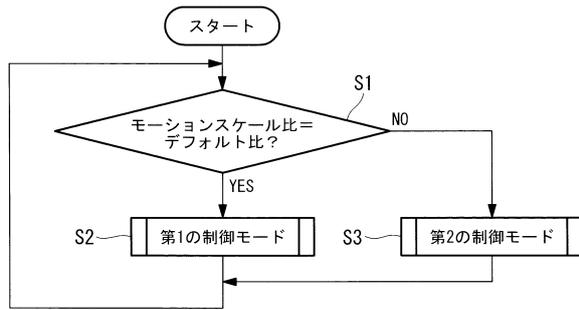
マスターアーム



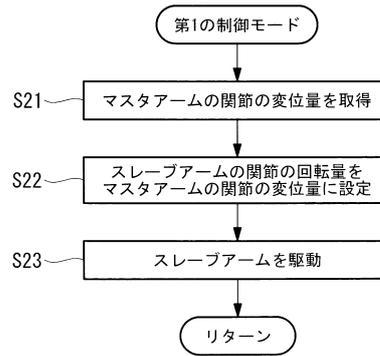
スレーブアーム
(第2の制御モード)



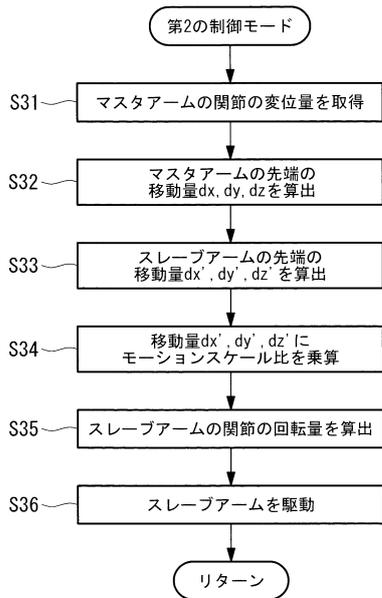
【図6】



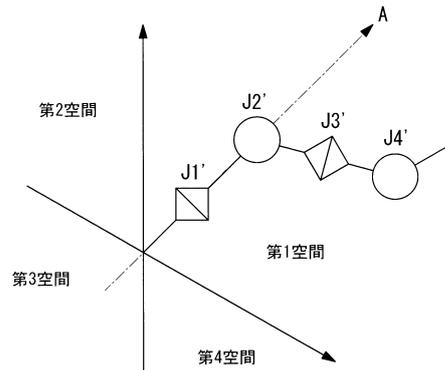
【図7】



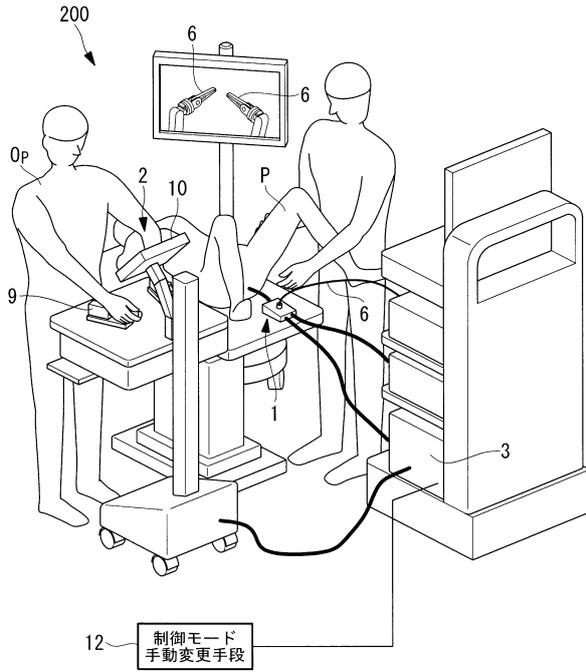
【図8】



【図9】

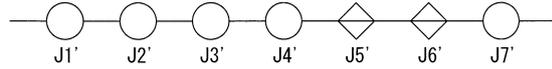


【図10】

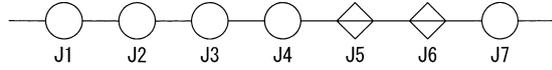


【図11】

スレーブアーム

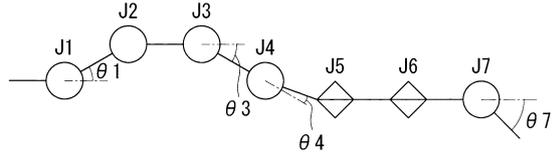


マスターアーム

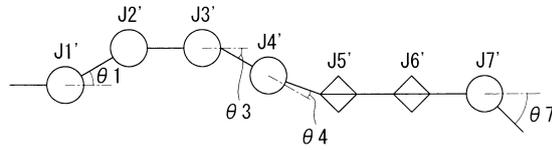


【図12】

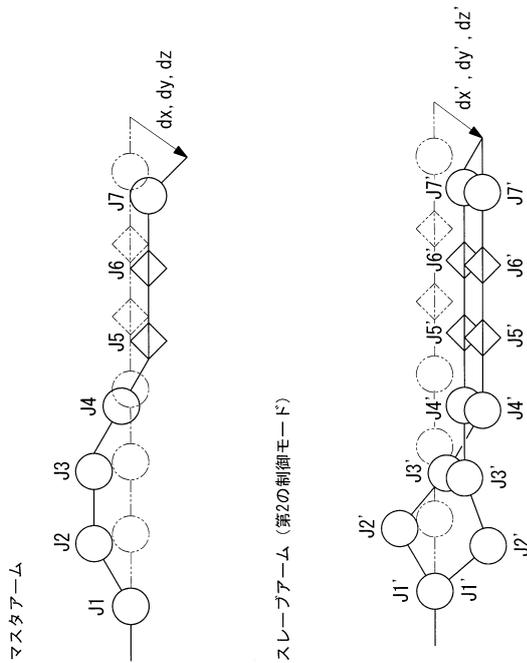
マスターアーム



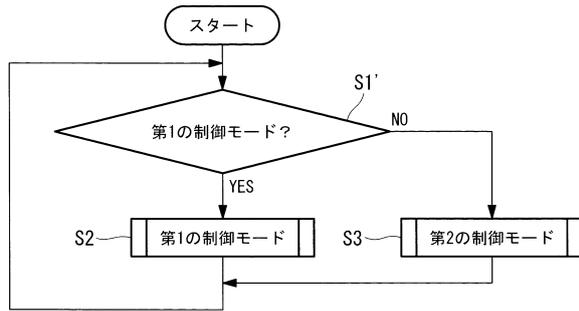
スレーブアーム (第1の制御モード)



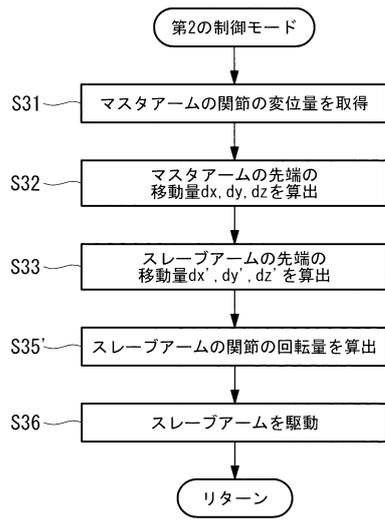
【図13】



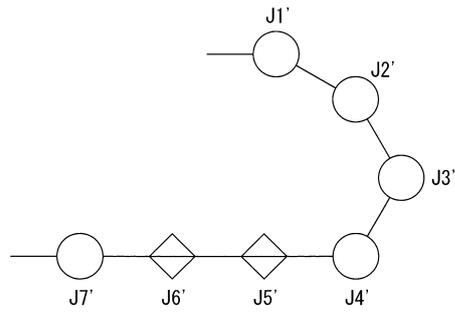
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-022651(JP,A)
特開2012-148379(JP,A)
特開2001-087281(JP,A)
特開2012-055996(JP,A)
特表2009-539573(JP,A)
特開2006-167867(JP,A)
特開2005-131417(JP,A)
特開2007-301378(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 34/00 - 34/37
B25J 3/00