

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第4911701号  
(P4911701)

(45) 発行日 平成24年4月4日 (2012.4.4)

(24) 登録日 平成24年1月27日 (2012.1.27)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 5 J 3/00 (2006.01)

B 2 5 J 3/00 C

A 6 1 B 19/00 (2006.01)

A 6 1 B 19/00 5 O 2

請求項の数 5 (全 14 頁)

|           |                               |           |                     |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2007-9922 (P2007-9922)      | (73) 特許権者 | 000005108           |
| (22) 出願日  | 平成19年1月19日 (2007.1.19)        |           | 株式会社日立製作所           |
| (65) 公開番号 | 特開2008-173724 (P2008-173724A) |           | 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号   |
| (43) 公開日  | 平成20年7月31日 (2008.7.31)        | (73) 特許権者 | 504145342           |
| 審査請求日     | 平成22年1月8日 (2010.1.8)          |           | 国立大学法人九州大学          |
|           |                               |           | 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号  |
|           |                               | (74) 代理人  | 110000350           |
|           |                               |           | ポレール特許業務法人          |
|           |                               | (72) 発明者  | 岸 宏亮                |
|           |                               |           | 茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株 |
|           |                               |           | 式会社日立製作所 機械研究所内     |
|           |                               | (72) 発明者  | 橋爪 誠                |
|           |                               |           | 福岡県福岡市東区箱崎六丁目10番1号  |
|           |                               |           | 国立大学法人九州大学内         |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスタ・スレーブ式マニピュレータシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マニピュレータ手先部を有するマニピュレータと、  
前記マニピュレータと前記マニピュレータの作業対象部とを撮像するカメラと、  
前記カメラが撮像して提示する画像を表示するモニタと、  
前記マニピュレータを操作するための指示をする操作入力装置と、  
前記操作入力装置の指示に基づいて制御指令情報を生成して出力するマスタコントローラと、  
前記マスタコントローラから出力された制御指令情報に基づいて前記マニピュレータの位置姿勢を制御するマニピュレータコントローラと、を備えたマスタ・スレーブ式マニピュレータシステムであって、  
前記マニピュレータ手先部は6自由度の位置姿勢を有するように構成され、  
前記操作入力装置は先端部に入力装置把持部を備え、  
前記マスタコントローラは、  
前記操作入力装置による指示に基づいて操作指令情報を取得して取得情報分離部に出力する操作指令情報取得部と、  
前記操作指令情報取得部から出力された前記操作指令情報を位置移動指令情報と姿勢指令情報とに分離して、前記位置移動指令情報を移動方向補償コントローラに出力すると共に、前記姿勢指令情報を前記移動方向補償コントローラ及び前記マニピュレータコントローラに出力する前記取得情報分離部と、

10

20

前記取得情報分離部から出力された前記位置移動指令情報及び前記姿勢指令情報に基づいて前記位置移動指令情報を補正して、この補正された位置移動指令補償情報を前記マニピュレータコントローラに出力する移動方向補償コントローラと、を備え、

前記マニピュレータコントローラは前記移動方向補償コントローラから出力された前記位置移動指令補償情報及び前記取得情報分離部から出力された前記姿勢指令情報に基づいて前記マニピュレータの位置姿勢を制御するように構成され、

前記操作指令情報取得部は前記操作入力装置による指示に基づいて6自由度の操作指令情報を取得するように構成され、

前記取得情報分離部は前記操作指令情報を3自由度の位置移動指令情報と3自由度の姿勢指令情報とに分離するように構成され、

10

前記移動方向補償コントローラは、前記入力装置把持部の姿勢を時々刻々に計算し、この時々刻々に算出された入力装置把持部姿勢を基準とした前記操作入力装置の移動量及び変化姿勢を算出し、この算出された前記操作入力装置の移動量及び変化姿勢を用いて前記マニピュレータ手先部の座標を時々刻々に計算するように構成されていること、

を特徴とするマスタ・スレーブ式マニピュレータシステム。

#### 【請求項2】

請求項1において、前記操作入力装置は3つの直動関節及び3つの回転関節を有する移動機構と各関節値が取得可能なセンサとを備え、前記操作指令情報取得部は前記センサで取得した位置姿勢の電気信号に基づいて6自由度の操作指令情報を取得するように構成されていること、

20

#### 【請求項3】

請求項2において、前記操作入力装置は前記移動機構の先端部に当該移動機構を手動操作するための前記入力装置把持部を備えており、前記操作指令情報取得部は前記センサで取得した電気信号に基づいて前記入力装置把持部の位置姿勢を取得するように構成されていること、

#### 【請求項4】

請求項3において、前記マニピュレータは複数台設置され、前記操作入力装置は双腕型操作入力装置で構成されていること、

#### 【請求項5】

30

請求項4において、前記マニピュレータ手先部が術具であり、前記カメラが立体内視鏡であり、前記入力装置把持部は前記術具の開閉操作をするためのグリップ開閉機構を有していること、

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本発明は、マスタ・スレーブ式マニピュレータシステムに関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

操作入力装置をオペレータが操作し、その操作に従ってマニピュレータが動作するマスタ・スレーブ式マニピュレータシステムが数多く開発されている。

40

#### 【0003】

従来のマスタ・スレーブ式マニピュレータシステムとしては、特公平7-90492号公報（特許文献1）、特許第3583777号公報（特許文献2）及び国際公開番号WO/60521号公報（特許文献3）等が挙げられる。

#### 【0004】

特許文献1では、カメラの光軸方向を検出し、視覚座標変換により、視点の移動に関わらず、常に画面内のマニピュレータ本体の進行方向と操作入力装置の操作方向とを一致させるようにしている。

#### 【0005】

50

また、特許文献2では、マニピュレータとカメラとモニタと操作者と操作入力装置の位置関係を工夫し、座標系を実質的に同じになるように構成している。

【0006】

さらに、特許文献3では、モニタと操作入力装置の位置を規定し、カメラ座標に基づいたマスタ・スレーブ操作制御を実現している。

【0007】

【特許文献1】特公平7-90492号公報

【特許文献2】特許第3583777号公報

【特許文献3】国際公開番号WO/60521号公報

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

マスタ・スレーブ式マニピュレータシステムでは、一般的に、マニピュレータから離れた位置から操作者が操作入力装置を操作してマニピュレータを動かすことが多い。このため、カメラによって撮像されたマニピュレータの画像をモニタ上で見ながら操作者が操作できるようになっている。この場合、関連する座標系は、マニピュレータの座標系、カメラの座標系、モニタ上の座標系、操作入力装置の座標系、操作者の座標系等のいくつかの座標系が混在する。

【0009】

このため、操作者が操作を行う際、それぞれの座標系間の関係を理解し、操作方法に慣れる必要があり、直感的な操作とは言い難かった。特に、マニピュレータの先端の位置を指令するだけでなく、姿勢についても操作入力装置で指令を行う場合、多数の自由度を操作することになり、操作者が操作しにくいという課題があった。

20

【0010】

さらに、マニピュレータ手先部の姿勢と操作入力装置の姿勢とが異なっている状態からの操作する場合においては、操作者は位置や姿勢の指令方向の対応を理解することが難しく慣れるまでに長時間が必要であった。

【0011】

これに対し、操作入力装置にアクチュエータを設置し、マニピュレータ手先部の姿勢と操作入力装置の姿勢とが常に一致するように制御することが考えられる。しかし、この方法では、マニピュレータの動作は容易となるが、操作入力装置を操作する操作者の手首が操作困難となるような位置姿勢が生じる場合がある。また、複数のマニピュレータを一人の操作者が操作する場合は、複数のマニピュレータ全ての姿勢に対応した操作入力装置を複数作るとは装置が大型化し、操作もしづらいという問題が生ずる。そこで、マニピュレータの姿勢と操作入力装置の姿勢が異なっているにもかかわらず、直感的に操作が可能となる方法が必要であることが分かった。

30

【0012】

これらの問題は、特に3次元立体視が可能なカメラとモニタを用いた時に顕著に現れる。立体視モニタは作業対象部及びマニピュレータを3次元的に表示するが、その3次元表示と実物との位置姿勢にオフセットがある場合、操作者に混乱を及ぼすことがある。これに対し、現実の作業対象部と同じ姿勢で表示されるように立体視モニタの設置姿勢を定めるか、立体視モニタの裏側に操作入力装置を配置して、操作入力装置操作インタフェースの姿勢と立体視モニタに映されるマニピュレータ手先部の姿勢を一致させる方法によって、これらの問題は解決されるが、モニタや操作入力装置の位置姿勢が定められてしまい、自由な配置や小型化が困難となる。

40

【0013】

なお、特許文献1では、位置の指令に関してはモニタ画面内の移動方向と操作入力装置の移動方向が一致するようになっているが、マニピュレータ先端の姿勢に関しては考慮されていなかった。また、特許文献2及び特許文献3では、モニタや操作入力装置の配置が限られており、自由な配置にすることが困難であった。

50

## 【0014】

本発明の目的は、モニタや操作入力装置の配置に制限がない簡単な構成で、直感的な操作を可能なマスタ・スレーブ式マニピュレータシステムを提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0015】

前述の目的を達成するために、本発明は、マニピュレータ手先部を有するマニピュレータと、前記マニピュレータと前記マニピュレータの作業対象部とを撮像するカメラと、前記カメラが撮像して提示する画像を表示するモニタと、前記マニピュレータを操作するための指示をする操作入力装置と、前記操作入力装置の指示に基づいて制御指令情報を生成して出力するマスタコントローラと、前記マスタコントローラから出力された制御指令情報に基づいて前記マニピュレータの位置姿勢を制御するマニピュレータコントローラと、を備えたマスタ・スレーブ式マニピュレータシステムであって、前記マニピュレータ手先部は6自由度の位置姿勢を有するように構成され、前記操作入力装置は先端部に入力装置把持部を備え、前記マスタコントローラは、前記操作入力装置による指示に基づいて操作指令情報を取得して取得情報分離部に出力する操作指令情報取得部と、前記操作指令情報取得部から出力された前記操作指令情報を位置移動指令情報と姿勢指令情報とに分離して、前記位置移動指令情報を移動方向補償コントローラに出力すると共に、前記姿勢指令情報を前記移動方向補償コントローラ及び前記マニピュレータコントローラに出力する前記取得情報分離部と、前記取得情報分離部から出力された前記位置移動指令情報及び前記姿勢指令情報に基づいて前記位置移動指令情報を補正して、この補正された位置移動指令補償情報を前記マニピュレータコントローラに出力する移動方向補償コントローラと、を備え、前記マニピュレータコントローラは前記移動方向補償コントローラから出力された前記位置移動指令補償情報及び前記取得情報分離部から出力された前記姿勢指令情報に基づいて前記マニピュレータの位置姿勢を制御するように構成され、前記操作指令情報取得部は前記操作入力装置による指示に基づいて6自由度の操作指令情報を取得するように構成され、

10

20

前記取得情報分離部は前記操作指令情報を3自由度の位置移動指令情報と3自由度の姿勢指令情報とに分離するように構成され、前記移動方向補償コントローラは、前記入力装置把持部の姿勢を時々刻々に計算し、この時々刻々に算出された入力装置把持部姿勢を基準とした前記操作入力装置の移動量及び変化姿勢を算出し、この算出された前記操作入力装置の移動量及び変化姿勢を用いて前記マニピュレータ手先部の座標を時々刻々に計算するように構成されていることにある。

30

## 【0016】

係る本発明のより好ましい具体的な構成例は次の通りである。

(1) 前記操作入力装置は3つの直動関節及び3つの回転関節を有する移動機構と各関節値が取得可能なセンサとを備え、前記操作指令情報取得部は前記センサで取得した位置姿勢の電気信号に基づいて6自由度の操作指令情報を取得するように構成されていること。

(2) 前記操作入力装置は前記移動機構の先端部に当該移動機構を手動操作するための前記入力装置把持部を備えており、前記操作指令情報取得部は前記センサで取得した電気信号に基づいて前記入力装置把持部の位置姿勢を取得するように構成されていること。

40

(3) 前記マニピュレータは複数台設置され、前記操作入力装置は双腕型操作入力装置で構成されていること。

(4) 前記マニピュレータ手先部が術具であり、前記カメラが立体内視鏡であり、前記入力装置把持部は前記術具の開閉操作をするためのグリップ開閉機構を有していること。

## 【発明の効果】

## 【0017】

本発明のマスタ・スレーブ式マニピュレータシステムによれば、モニタや操作入力装置の配置に制限がない簡単な構成で、直感的な操作を可能である。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0018】

50

以下、本発明の一実施形態のマスタ・スレーブ式マニピュレータシステムについて図 1 から図 5 を参照しながら説明する。

【0019】

まず、本実施形態のマスタ・スレーブ式マニピュレータシステム 1 の全体について、図 1 を参照しながら説明する。図 1 は、本発明の一実施形態のマスタ・スレーブ式マニピュレータシステム 1 の全体構成図である。本実施形態のマスタ・スレーブ式マニピュレータシステム 1 は、手術支援マスタ・スレーブマニピュレータシステムを構成するものである。

【0020】

マスタ・スレーブ式マニピュレータシステム 1 は、マニピュレータ 134、136、138、カメラ 146、モニタ 152、操作入力装置 100、マニピュレータコントローラ 122、及びマスタコントローラ 104 を備えている。

10

【0021】

マニピュレータ 134、136 は、マニピュレータ手先部 142、144 が 6 自由度の位置姿勢を有するように構成され、複数台（図示例では 2 台）設置されている。マニピュレータ手先部 142、144 は体腔内に挿入されて使用される術具で構成されている。マニピュレータ 138 は保持したカメラ 146 が 6 自由度の位置姿勢を有するように構成されている。カメラ 146 はマニピュレータ 134、136 とその作業対象部 148 とを撮像するようにマニピュレータ 138 で移動可能となっている。カメラ 146 は立体内視鏡であり、作業対象部 148 は患部である。モニタ 152 はカメラ 146 が撮像して提示する画像を画面に表示する表示部である。

20

【0022】

操作入力装置 100 はマニピュレータ 134、136、138 を操作する指示をするための入力装置である。マスタコントローラ 104 は操作入力装置 100 による指示に基づいて制御指令情報を生成してマニピュレータコントローラ 122 に出力するコントローラである。マニピュレータコントローラ 122 はマスタコントローラ 104 の制御指令情報に基づいてマニピュレータ 134、136、138 の位置姿勢を制御するコントローラである。

【0023】

そして、マスタコントローラ 104 は、操作指令情報取得部 106、取得情報分離部 110 及び移動方向補償コントローラ 116 を備えている。操作指令情報取得部 106 は操作入力装置 100 による指示に基づいて 6 自由度の操作指令情報を取得するための取得部である。取得情報分離部 110 は操作指令情報を 3 自由度の位置移動指令情報と 3 自由度の姿勢指令情報とに分離するための分離部である。移動方向補償コントローラ 116 は姿勢指令情報に基づいて位置移動指令情報を補正して位置移動指令補償情報を出力するための補償コントローラである。

30

【0024】

また、マニピュレータコントローラ 122 は位置移動指令補償情報及び姿勢指令情報に基づいてマニピュレータ 134、136 の位置姿勢を制御するように構成されている。

【0025】

40

操作者（術者）154 は、カメラ 146 によって撮像される作業対象部 148 やマニピュレータ手先部 142、144 をモニタ 152 で見ながら、操作入力装置 100 を操作してマニピュレータ手先部 142、144 を動かすことにより、作業対象部 148 に対して何らかの作業を行う。なお、本実施形態では、操作入力装置 100 は、双腕型になっており、2 台のマニピュレータ 134、136 をそれぞれ操作することができるが、操作入力装置 100 及びマスタコントローラ 104 を 1 台分しか図示していない。

【0026】

操作入力装置 100 によって指示された位置姿勢は、操作入力装置の図示していないエンコーダ電気信号として、通信路 102 を経由してマスタコントローラ 104 の操作指令情報取得部 106 に送られる。エンコーダ電気信号は、操作指令情報取得部 106 にて位

50

置姿勢情報である6自由度の操作指令情報に変換され、通信路108を通して取得情報分離部110に送られる。

【0027】

操作指令情報は、取得情報分離部110で、位置に関する情報と姿勢に関する情報とに分けられる。位置に関する情報は3自由度の位置移動指令情報112、姿勢に関する情報は3自由度の姿勢指令情報114として、取得情報分離部110から移動方向補償コントローラ116に送られる。

【0028】

移動方向補償コントローラ116に送られた位置移動指令情報112及び姿勢指令情報114は、移動方向補償コントローラ116で図4を参照して後述する補償方法を用いて位置移動指令補償情報118に変換され、マニピュレータコントローラ122に送られる。また、取得情報分離部110から出力された姿勢指令情報114はマニピュレータコントローラ122にも送られる。

【0029】

マニピュレータコントローラ122では、この位置移動指令補償情報118及び姿勢指令情報114によりマニピュレータ手先部142、144の位置姿勢を動かすように制御する。なお、カメラ146はマニピュレータ138によって保持されており、操作入力装置100、マスタコントローラ104及びマニピュレータコントローラ122を用いてマニピュレータ手先部142、144と同様に操作することができる。

【0030】

次に、図2を参照しながら、操作入力装置100に関して具体的に説明する。図2は操作者154が操作入力装置100によりマニピュレータ134、136、138の操作を行っている本実施形態の様子を示す斜視図である。

【0031】

操作者154は、椅子230に座り、肘置き235に肘あるいは前腕を置き、操作入力装置100の入力インタフェースである入力装置把持部200を握る。操作者154は、モニタ152を見ながら入力装置把持部200を動かすことにより、術者参照モニタ152上に表示されているマニピュレータ手先部142、144あるいはモニタ152に画像を送っているカメラ146を動かすことができる。なお、モニタ152は、3次元立体視モニタが好ましいが、2次元モニタでもよい。

【0032】

入力装置把持部200は、リンク310、320、330、ロッド335、リニアガイド370、固定具355等の移動機構を経由して操作卓240に繋がっている。それぞれの部材同士は回転関節あるいは直動関節として繋がっており、図示していないエンコーダやポテンシオメータにより各関節値が取得できる。図2では入力装置把持部200は術者の右腕用しか図示されていないが、同様の入力インタフェースは左腕用にもある。

【0033】

なお、肘置き235は、操作卓240の中央の柱から伸びて設置されているが、操作入力装置190の動作範囲とは物理的に干渉しないように配置されている。操作卓240の中央柱と肘置き235をつないでいる部材上には、図示していないが操作入力装置100へのコマンド入力用スイッチや情報提示用ランプ等が設置されている。

【0034】

次に、図3を参照しながら、操作入力装置100に関してさらに説明する。図3は本実施形態における操作卓を省いた双腕型の操作入力装置100の一方の腕の全景を示す斜視図である。他方の腕に関しては基本的に同一であるため、図示及び重複する説明を省略する。

【0035】

操作卓240（図2参照）の背面にはベース385が移動可能に取り付けられている。ベース385の背面にリニアガイドレール380が固定して設置されている。ベース375は、リニアガイドレール380上を矢印378方向（水平方向）に動くように設けられ

10

20

30

40

50

ている。

#### 【0036】

ベース375の背面にはリニアガイドレール370が固定して設置されている。ロッド360は、ベース375上に設置されたリニアガイド370上を、矢印363方向（上下方向）に直動するように設けられている。ロッド360には固定具355を介してベース350が固定されている。

#### 【0037】

ベース350に対しロッド335がリニアガイド345に沿って矢印337方向（前後方向）に直動するように設けられている。ロッド335には固定具330が取り付けられている。この固定具330は軸325を介してリンク320と接続されている。ロッド335に取り付けられた固定具330は軸325を介してリンク320と接続されている。リンク320は軸325を介して固定具330に対する回転関節となっている。リンク320は軸315を回転軸としてリンク310と接続されている。リンク310は軸315を介してリンク320に対する回転関節となっている。リンク310は軸305を介して入力装置把持部200と接続されている。入力装置把持部200は軸305を介してリンク310に対する回転関節となっている。入力装置把持部200は移動機構を手動操作するためのものである。

#### 【0038】

操作入力装置100は直動関節数3、回転関節数3で構成されており、操作者154は位置姿勢6自由度を容易に入力することができる。なお、入力装置把持部200には、マニピュレータ手先部142を開閉させるグリップ開閉機構がついている。操作入力装置100は、リンク310、320や入力装置把持部200の大きさを工夫することにより、操作者154が手首を動かして姿勢を入力した際、直動337、363、378には運動が伝わらず、回転軸325、315、305のみが回転し、姿勢指令情報を容易に取得することができるようになっている。同様に、位置指令情報は、直動337、363、378の値を取得するだけで容易に計算可能となっている。なお、各関節には、図示していない回転エンコーダやリニアエンコーダ等のセンサが取り付けられており、それぞれの値を読むことによって、関節値を取得できる。

#### 【0039】

係る操作入力装置100を用いることにより、取得情報分離部106で容易に位置移動指令情報112と姿勢指令情報114とを分離できるようになっている。操作入力装置の運動学を解くことにより、位置移動指令情報112と姿勢指令情報114とを分離取得するようにしてもよい。

#### 【0040】

矢印363、337に対応する直動関節には、操作入力装置の自重を補償するために、図示していない定荷重バネを配置してある。これによって、操作者は入力装置把持部200を持って操作を行う際、操作入力装置の自重を気にすることなく自由な操作を可能である。

#### 【0041】

次に、図4を参照しながら、移動方向補償コントローラ116が実施する補償方法について説明する。図4は本実施形態における入力装置把持部200とマニピュレータ手先部142との移動の対応関係を説明する斜視模式図である。

#### 【0042】

以後、ある剛体姿勢を示す座標系を{座標系}と表し、絶対座標系を例えば{O}とした場合の{O}から見た例えば{K}の座標系の姿勢を ${}^O_K R$ 、{O}から見た例えば{L}の座標系の姿勢を ${}^O_L R$ と表す。同様に、剛体の位置と姿勢を示す同次変換行列を ${}^O_K H$ 、 ${}^O_L H$ 等と表す。また、{K}座標系で表すベクトルを ${}^K p$ と表す。さらには、入力装置把持部200に把持部基準の座標系{E}を設定し、このときの基本ベクトルを $X_e$ 、 $Y_e$ 、 $Z_e$ と表す。同様に、マニピュレータ手先部142にマニピュレータ手先部基準の座標系{F}を設定し、このときの基本ベクトルを $X_f$ 、 $Y_f$ 、 $Z_f$ と表す。

## 【0043】

入力装置把持部200が400の位置姿勢にあり、マニピュレータ手先部142が410の位置姿勢にあるとする。マニピュレータ手先部142を410の位置姿勢から415の位置姿勢に動かすために、入力装置把持部200を400の位置姿勢から405の位置姿勢に動かす。ここで、400の位置での入力装置把持部200の姿勢を示す座標系を{A}、405の位置での入力装置把持部200の姿勢を示す座標系を{B}と置く。また、410の位置でのマニピュレータ先端部142の姿勢を示す座標系を{C}、415の位置でのマニピュレータ先端部142の姿勢を示す座標系を{D}と置く。

## 【0044】

入力装置把持部200は、図3で説明したように、リンク等で繋がっているので、運動学を計算することにより操作入力装置絶対座標系{M}での400の位置 ${}^M p$ 及び姿勢 ${}^M R_A$ が取得できる。

## 【0045】

入力装置把持部200を405に移動したときの位置姿勢も、リンク等の関節値から運動学を解いて、位置 ${}^M r$ 、姿勢 ${}^M R_B$ が取得できる。これより、入力装置把持部200の400から405への位置姿勢の変化は、同次変換行列 ${}^A_B H$ として示すと、次の式(1)のように書ける。

## 【0046】

## 【数1】

$$\begin{aligned} {}^A_B H &= \begin{bmatrix} {}^A_B R & ({}^M r - {}^M p) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (1) \\ &= \begin{bmatrix} {}^M_A R^{-1} {}^M_B R & ({}^M r - {}^M p) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

## 【0047】

同様に、マニピュレータ手先部142の410の位置姿勢もマニピュレータ134の運動学を解くことにより、マニピュレータ絶対座標系{S}での値として、位置 ${}^S t$ 、姿勢 ${}^S R_C$ が取得できる。同次変換行列 ${}^S_C H$ として示すと、次の式(2)のように書ける。

## 【0048】

## 【数2】

$${}^S_C H = \begin{bmatrix} {}^S_C R & {}^S t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

## 【0049】

従来の手法では、マニピュレータ手先部142を移動させる目標位置415でのマニピュレータ絶対座標{S}から見た位置姿勢 ${}^S_D H$ は、次の式(3)のように求めることができる。

## 【0050】

## 【数3】

$$\begin{aligned} {}^S_D H &= {}^S_C H {}^A_B H \quad \dots (3) \\ &= \begin{bmatrix} {}^S_C R & {}^S t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}^A_B R & ({}^M r - {}^M p) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} {}^M_A R {}^M_B R & {}^S t + {}^S_C R ({}^M r - {}^M p) \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

10

20

30

40

50



## 【0051】

しかし、この方法は、操作者が、絶対座標系（水平垂直）を把握していること、及び3次元立体視モニタにより提示される世界が一意に認識されることを前提としているため、直感的な操作が困難であった。

## 【0052】

これに対して、本実施形態では、常に入力装置把持部200の姿勢に基づき、位置姿勢の変化を求める方法を用いる。すなわち、入力装置把持部200に設定した座標系{E}を時々刻々に計算し、さらにその時々刻々に算出された入力装置把持部座標系{E}の姿勢、つまり基本ベクトル $X_e$ 、 $Y_e$ 、 $Z_e$ を基準とし、位置移動指令情報112を補正することにより、入力装置把持部200の移動量及び変化姿勢を算出する。この算出された入力装置把持部200の移動量及び変化姿勢を用いてマニピュレータ手先部142の座標系{F}の移動量及び変化姿勢を算出する。この手法を移動方向補償コントローラ116にて実行することにより、常にマニピュレータ手先部142の姿勢を基準としてマニピュレータ134の位置方向が反映される。

10

## 【0053】

よって、本実施形態を用いてのマニピュレータ134の座標{S}での位置姿勢を ${}^S_D H'$ とすると、次の式(4)のように表せるので、直感的な操作が可能である。

## 【0054】

## 【数4】

$${}^S_D H' = \begin{bmatrix} {}^M_A R & {}^M_B R & {}^S_t + {}^S_C R^A q \\ 0 & & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

20

## 【0055】

なお、ここでは、簡単のため、カメラ視野の見え方による座標変換については省いているが、それらが入っていてもよい。また、操作入力装置の動作とマニピュレータの動作の間にモーションスケール比を設定することも場合もある。位置の変化量にモーションスケール比をかけることにより、操作入力装置で入力した大きな動作が、マニピュレータでは細かな動作として反映されたり、その逆に、小さな操作入力にたいして、マニピュレータが大きく動くことが可能になったりする。

30

## 【0056】

操作者154は、モニタ152上に投影される画面上で既知の物体や形を見つけ、その3次元位置姿勢を基に、その空間の世界観を定めている。モニタ152に投影される背景や作業対象部が未知のものであったり、軟性体であったりする場合、マニピュレータ手先部142の姿勢を基準として、マニピュレータ134を動作させるため、本実施形態を用いた手法は極めて有効である。

## 【0057】

次に、図5を参照しながら、本実施形態における操作例を説明する。図5は本実施形態における操作例を説明する図である。図5(a)～図5(c)は操作入力装置の把持部インタフェースを操作者が操作している様子を示す3つの例である。図5(d)は操作者が参照する3次元立体視モニタ及びそこに立体視で映し出されているマニピュレータ手先部の動作の様子を示している。図5(e)はマニピュレータ手先部及びそれを撮像しているカメラの様子を示している。ここで、図5(d)に示すようにマニピュレータ手先部がモニタ上で動くということは、図5(e)に示すようにマニピュレータ手先部が588から596に動くことである。なお、図5(e)における点線580は、カメラ視野を示している。

40

## 【0058】

二重矢印522、506、524、528、538、542、554、562、584、602は、入力装置把持部とマニピュレータ手先部の対応する姿勢を示すものである。同様に、矢印520、510、526、530、540、544、560、552、58

50

2、600も、入力装置把持部とマニピュレータ手先部の対応する姿勢を示すものである。矢印514、536、550、574、592は、入力装置把持部やマニピュレータ手先部の移動方向を示している。

【0059】

入力装置把持部516、534、548に用意されたグリップ開閉機構518、532、546は、マニピュレータ手先部の開閉を行うと共に、入力装置把持部516、534、548の姿勢を示す目印となっている。

【0060】

操作者154は、椅子230に座り、3次元立体視モニタ152が配置された台570から図示していないリンク等で繋がっている入力装置把持部516を握り、マニピュレータを動かすための操作入力を実行する。

10

【0061】

3次元立体視モニタ152の傾きによって、操作者は、3次元立体視モニタ152が作り出す3次元空間の認識の違いが生じる。3次元立体視モニタ152の傾き及びそこに投影される3次元空間が実世界上での傾きと同様に認識している操作者は、図5(d)のようにマニピュレータ手先部を動かしたいと考えたら、図5(a)のように、3次元立体視モニタ152におけるグリップ開閉機構568の姿勢とグリップ開閉機構512の姿勢を一致させた状態から、3次元立体視モニタ152の傾きにあわせて矢印514のように入力装置把持部508を斜めに動かして、入力装置把持部及びグリップ開閉機構を516及び518の位置姿勢に移動させる。

20

【0062】

一方、3次元立体視モニタ152の画面と操作入力装置との関係が通常のパソコンのモニタとマウスの関係のように垂直にずれていると考える操作者は、図5(d)のようにマニピュレータ手先部を動かしたいと考えたら、図5(b)のように操作入力装置を動かす。すなわち、グリップ開閉機構527の姿勢を水平にした状態から、矢印536のように入力装置把持部525を水平に動かして、入力装置把持部及びグリップ開閉機構を534及び532の位置姿勢に移動させる。

【0063】

さらには、傾いて設置されている3次元立体視モニタ152が垂直に立っていると認識する操作者154は、図5(d)のようにマニピュレータを動かしたいと考えたら、図5(c)のように操作入力装置を地面に垂直に動かす。すなわち、グリップ開閉機構541の姿勢を水平にした状態から、矢印550のように入力装置把持部539を水平に動かして、入力装置把持部及びグリップ開閉機構を548及び546の位置姿勢に移動させる。

30

【0064】

このような操作者の認識の違いによって、同じ図5(d)の動きを実現するために、図5(a)～図5(c)のように様々な操作方法が存在する。

【0065】

ここで、本実施形態を適用すると、図5(a)～図5(c)に示すどの動かし方を行っても、図5(d)に示す動きができるようになり、操作者の認識の違いに係らず、装置に慣れる時間も必要なく、マニピュレータを直感的に操作することができ、非常に有効である。

40

【0066】

なお、マニピュレータ手先部の裏表が対称で、同じように見えるときは、裏あるいは表に印をつけ、裏表の違いを認識できるようにすればよい。

【0067】

操作入力装置で入力する位置姿勢の変化を、時々刻々の姿勢を基に、位置移動指令とすることにより、操作者は、モニタと操作入力装置の位置関係や、カメラの位置関係等を気にすることなく、マニピュレータを直感的に操作可能となる。

【0068】

本実施形態によれば、操作入力装置と実際のマニピュレータの姿勢にオフセットがあっ

50

た状態での操作や、一つの操作入力装置で多腕を操作しなければならない場合に生じる姿勢のずれを気にすることなく、また、操作入力装置とモニタの位置関係を規定したり、アクチュエータによって操作入力装置の把持部姿勢をマニピュレータの手先先端姿勢と同期させたりといった方法を必要とせず、直感的なマスタ・スレーブ操作を可能とする。

#### 【0069】

本実施形態によれば、マニピュレータ先端が位置姿勢6自由度以上有し、この位置姿勢を操作入力装置で動作させる際、操作入力装置の動作方向とマニピュレータの動作方向の位置姿勢の対応を気にすることなく、マニピュレータを操作できるようになる。また、操作入力装置とモニタ、カメラ、マニピュレータ等の配置関係を特に規定することなくシステムを構築できるため、システムが簡易なものとなり、効果的である。また、操作入力装置にアクチュエータ等動力源を組み込む必要がないため、安価であり小型化も実現できる。特に、手術支援マスタ・スレーブマニピュレータシステムにおいて、本実施形態は効果的である。体腔内では、定まった地面や固定された物等が存在せず、患部とマニピュレータ先端術具との3次元的な位置姿勢関係が把握しづらい。操作者は、立体内視鏡によって撮像される患部と手術支援マニピュレータ手先先端術具を見ながら操作を行うが、モニタ内で映るものの中で唯一既知のものである手術支援マニピュレータ手先先端術具の姿勢を基準に操作入力装置を動かして動作を行うため、本実施形態の手法は特に有効である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0070】

【図1】本発明の一実施形態のマスタ・スレーブ式マニピュレータシステムの全体構成図である。

【図2】操作者が操作入力装置によりマニピュレータの操作を行っている本実施形態の様子を示す斜視図である。

【図3】本実施形態における操作卓を省いた双腕型の操作入力装置の一方の腕の全景を示す斜視図である。

【図4】本実施形態における入力装置把持部とマニピュレータ手先部との移動の対応関係を説明する斜視模式図である。

【図5】本実施形態における操作例を説明する図である。

#### 【符号の説明】

#### 【0071】

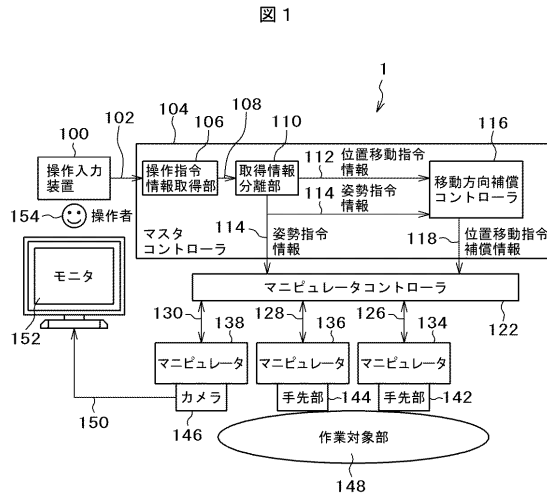
100…操作入力装置、104…マスタコントローラ、106…操作指令情報取得部、110…取得情報分離部、112…位置移動指令情報、114…姿勢指令情報、116…移動方向補償コントローラ、122…マニピュレータコントローラ、134、136、138…マニピュレータ、144…先端手先部、146…カメラ、152…モニタ、200…入力装置把持部、235…肘置き、240…コンソール、230…椅子、310、320…リンク、335、360…ロッド、345、370、380…リニアガイドレール、350、375、385…ベース、355…固定具。

10

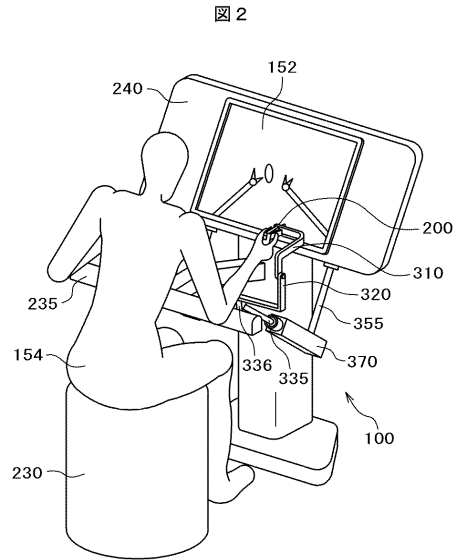
20

30

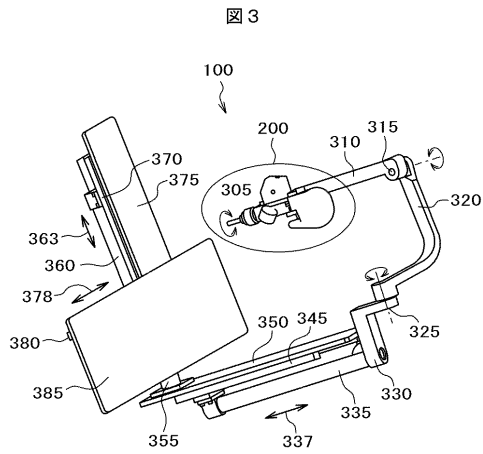
【図 1】



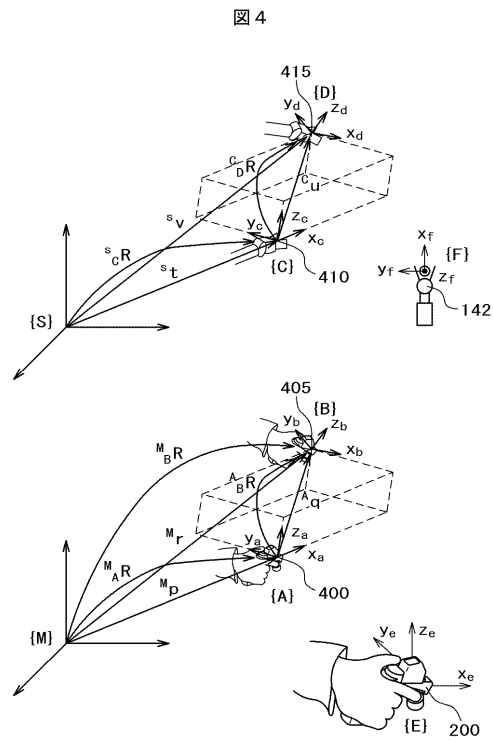
【図 2】



【図 3】

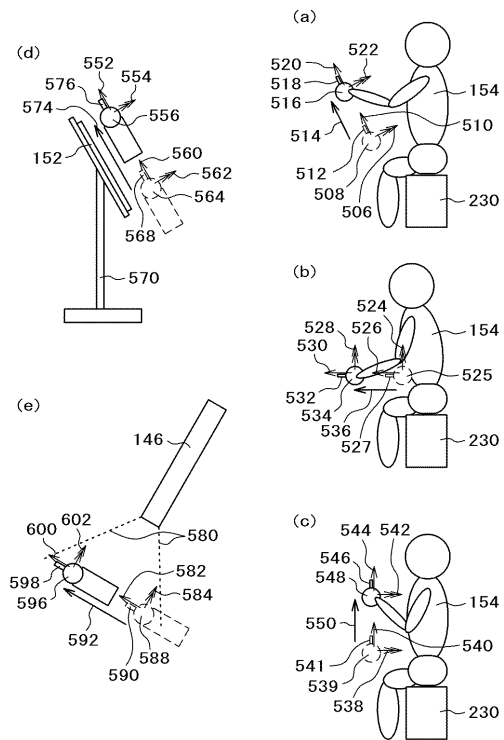


【図 4】



【図 5】

図 5



---

フロントページの続き

審査官 林 茂樹

- (56)参考文献 特開2005-103741 (JP, A)  
特開2006-321027 (JP, A)  
特開平05-023982 (JP, A)  
特開2006-312079 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
B25J 1/00~21/02  
A61B 19/00

|                |                                                                                                                                                                                                                         |         |            |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 主/从型机械手系统                                                                                                                                                                                                               |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JP4911701B2</a>                                                                                                                                                                                             | 公开(公告)日 | 2012-04-04 |
| 申请号            | JP2007009922                                                                                                                                                                                                            | 申请日     | 2007-01-19 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 株式会社日立制作所<br>国立大学法人九州大学                                                                                                                                                                                                 |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 株式会社日立制作所<br>国立大学法人九州大学                                                                                                                                                                                                 |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 株式会社日立制作所<br>国立大学法人九州大学                                                                                                                                                                                                 |         |            |
| [标]发明人         | 岸宏亮<br>橋爪誠                                                                                                                                                                                                              |         |            |
| 发明人            | 岸 宏亮<br>橋爪 誠                                                                                                                                                                                                            |         |            |
| IPC分类号         | B25J3/00 A61B19/00                                                                                                                                                                                                      |         |            |
| CPC分类号         | B25J9/1689 A61B34/30 A61B34/37 A61B90/361 A61B90/37 G05B2219/40161 G05B2219/40307<br>G05B2219/45118                                                                                                                     |         |            |
| FI分类号          | B25J3/00.C A61B19/00.502 A61B34/35                                                                                                                                                                                      |         |            |
| F-TERM分类号      | 3C007/AS35 3C007/JT04 3C007/JU02 3C007/JU12 3C007/KT01 3C007/KT05 3C007/KT17 3C007/<br>KT18 3C007/LV19 3C007/MT01 3C707/AS35 3C707/JT04 3C707/JU12 3C707/KT01 3C707/KT05<br>3C707/KT17 3C707/KT18 3C707/LV19 3C707/MT01 |         |            |
| 审查员(译)         | 林茂树                                                                                                                                                                                                                     |         |            |
| 其他公开文献         | JP2008173724A                                                                                                                                                                                                           |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>                                                                                                                                                                                               |         |            |

#### 摘要(译)

要解决的问题：提供一种主/从型机械手系统直观地操作，结构简单，不受显示器和操作输入设备的限制。解决方案：主/从型机械手系统1配备有操纵器132，摄像机146，监视器152，操作输入设备100，操纵器控制器122和主控制器104。主控制器122具有：操作指令信息获取部分106，用于根据操作输入设备100的指令获取操作指令信息；获取信息分离部分110，用于将操作指令信息分离为位置移动指令信息和姿态指令信息；移动方向补偿控制器116，用于根据姿态指令信息校正位置移动指令信息，并输出位置移动指令补偿信息。操纵器控制器122基于位置移动指令补偿信息和姿态指令信息来控制操纵器134的位置姿态。Z

）のように書ける。

【 0 0 4 6 】

【数 1】

$${}^A_BH = \begin{bmatrix} {}^A_BR & ({}^M_r - {}^M_p) \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} {}^M_A R^{-1} {}^M_BR & ({}^M_r - {}^M_p) \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$