

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6099813号
(P6099813)

(45) 発行日 平成29年3月22日(2017.3.22)

(24) 登録日 平成29年3月3日(2017.3.3)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 5 J 9/04 (2006.01)
A 6 1 B 34/30 (2016.01)B 2 5 J 9/04 A
A 6 1 B 34/30

請求項の数 18 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2016-512860 (P2016-512860)
 (86) (22) 出願日 平成26年11月13日(2014.11.13)
 (65) 公表番号 特表2016-518999 (P2016-518999A)
 (43) 公表日 平成28年6月30日(2016.6.30)
 (86) 国際出願番号 PCT/KR2014/010921
 (87) 国際公開番号 W02015/156470
 (87) 国際公開日 平成27年10月15日(2015.10.15)
 審査請求日 平成27年6月18日(2015.6.18)
 (31) 優先権主張番号 10-2014-0041397
 (32) 優先日 平成26年4月7日(2014.4.7)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(73) 特許権者 515168374
 テグ キョンブク インスティトゥート
 オブ サイエンス アンド テクノロジー
 大韓民国 711-873 テグ タルソ
 ン-グン ヒュンボン-ミョン テクノジ
 ユンガンデロ 333
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和詳
 (72) 発明者 チャン、ピョン フン
 大韓民国 137-889 ソウル ソチ
 ョーク バウミョエロ 31-ギル 20
 -6 ナンバー 102 (トンソ ヴィ
 ラ)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 医療用ロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象体が位置するベッドと、

前記ベッドの上部又は下部に位置し、ターゲット地点が球状の中心に位置する球状軌跡
内で移動可能な放出部材を備えるロボットアームユニットと、

を含み、

前記ベッドと前記ロボットアームユニットは、相互垂直又は水平方向に相対移動可能で
あり、前記ベッドと前記ロボットアームユニットを垂直又は水平方向に相対移動して前記対象
体を前記ターゲット地点に移動させ、前記ターゲット地点に向かうように前記放出部材を
移動し、

前記ロボットアームユニットは、

前記ベッドの上部で回転する上部ロボットアームと、

前記ベッドの下部で回転する下部ロボットアームと、

を含み、

前記上部ロボットアームの放出部材と前記下部ロボットアームの放出部材は、同じター
ゲット地点に向かうように配置されることを特徴とする医療用ロボット。

【請求項 2】

前記上部ロボットアームと前記下部ロボットアームは、同じ中心を有する球状軌跡内に
位置することを特徴とする請求項 1 に記載の医療用ロボット。

10

20

【請求項 3】

前記ロボットアームユニットは複数のリンク部材と複数の駆動部材を含み、前記複数のリンク部材は同じ中心を有する同心球上に位置し、前記駆動部材の軸の延長線は前記中心で接することを特徴とする請求項 1 に記載の医療用ロボット。

【請求項 4】

前記同心球の中心は、前記ターゲット地点と一致することを特徴とする請求項 3 に記載の医療用ロボット。

【請求項 5】

前記ロボットアームユニットは、
第 1 中央部材と、
前記第 1 中央部材の長手方向軸を中心に回転する第 1 リンク部材と、
前記第 1 リンク部材の一端に取り付けられ、前記第 1 リンク部材に回転力を伝達する第 1 駆動部材と、
前記第 1 リンク部材の他端に接続し、第 1 軸を中心に回転する第 2 リンク部材と、
前記第 1 リンク部材と前記第 2 リンク部材との間に配置し、前記第 2 リンク部材に回転力を伝達する第 2 駆動部材と、
を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の医療用ロボット。

10

【請求項 6】

前記ロボットアームユニットは、
前記第 1 中央部材上に前記第 1 リンク部材が接続した部分と異なる位置に接続し、前記第 1 中央部材の長手方向軸を中心に回転する第 3 リンク部材と、
前記第 3 リンク部材の一端に取り付けられ、前記第 3 リンク部材に回転力を伝達する第 3 駆動部材と、
前記第 3 リンク部材の他端に接続し、第 2 軸を中心に回転する第 4 リンク部材と、
前記第 3 リンク部材と前記第 4 リンク部材との間に配置し、前記第 4 リンク部材に回転力を伝達する第 4 駆動部材と、
をさらに含むことを特徴とする請求項 5 に記載の医療用ロボット。

20

【請求項 7】

前記ロボットアームユニットは、
前記第 1 中央部材の長手方向軸と同軸上に位置し、前記第 1 中央部材と前記中心との間の距離だけ前記中心から離隔した第 2 中央部材と、
前記第 2 中央部材の長手方向軸を中心に回転する第 5 リンク部材と、
前記第 5 リンク部材の一端に取り付けられ、前記第 5 リンク部材に回転力を伝達する第 5 駆動部材と、
前記第 5 リンク部材の他端に接続し、第 3 軸を中心に回転する第 6 リンク部材と、
前記第 5 リンク部材と前記第 6 リンク部材との間に配置し、前記第 6 リンク部材に回転力を伝達する第 6 駆動部材と、
をさらに含むことを特徴とする請求項 6 に記載の医療用ロボット。

30

【請求項 8】

前記ロボットアームユニットは、
前記第 2 中央部材上に前記第 5 リンク部材が接続した部分と異なる位置に接続し、前記第 2 中央部材の長手方向軸を中心に回転する第 7 リンク部材と、
前記第 7 リンク部材の一端に取り付けられ、前記第 7 リンク部材に回転力を伝達する第 7 駆動部材と、
前記第 7 リンク部材の他端に接続し、第 4 軸を中心に回転する第 8 リンク部材と、
前記第 7 リンク部材と前記第 8 リンク部材との間に配置し、前記第 8 リンク部材に回転力を伝達する第 8 駆動部材と、
をさらに含むことを特徴とする請求項 7 に記載の医療用ロボット。

40

【請求項 9】

前記第 1 中央部材の長手方向軸、前記第 2 中央部材の長手方向軸、前記第 1 軸、前記第

50

2 軸、前記第 3 軸及び前記第 4 軸は、前記中心で接することを特徴とする請求項 8 に記載の医療用ロボット。

【請求項 10】

前記第 1 軸、前記第 2 軸、前記第 3 軸及び前記第 4 軸は、前記第 2 リンク部材、前記第 4 リンク部材、前記第 6 リンク部材、前記第 8 リンク部材の端部の接線方向に対して垂直に形成されることを特徴とする請求項 8 に記載の医療用ロボット。

【請求項 11】

前記第 1 リンク部材と前記第 2 リンク部材は前記第 3 リンク部材よりも前記中心から遠く位置し、前記第 5 リンク部材と前記第 6 リンク部材は前記第 7 リンク部材よりも前記中心から遠く位置することを特徴とする請求項 8 に記載の医療用ロボット。

10

【請求項 12】

前記第 1 リンク部材と前記第 2 リンク部材との間に前記第 3 リンク部材が位置するとき、前記第 3 リンク部材及び前記第 4 リンク部材の長さは前記第 1 リンク部材の長さよりも短いことを特徴とする請求項 6 に記載の医療用ロボット。

【請求項 13】

前記第 3 リンク部材及び前記第 4 リンク部材は前記第 2 リンク部材よりも前記中心に近く位置し、前記第 4 リンク部材は前記第 3 リンク部材よりも前記中心に近く位置することを特徴とする請求項 12 に記載の医療用ロボット。

【請求項 14】

前記第 5 リンク部材と前記第 6 リンク部材との間に前記第 7 リンク部材が位置するとき、前記第 7 リンク部材及び前記第 8 リンク部材の長さは前記第 5 リンク部材の長さよりも短いことを特徴とする請求項 8 に記載の医療用ロボット。

20

【請求項 15】

前記第 7 リンク部材及び前記第 8 リンク部材は前記第 6 リンク部材よりも前記中心に近く位置し、前記第 8 リンク部材は前記第 7 リンク部材よりも前記中心に近く位置することを特徴とする請求項 14 に記載の医療用ロボット。

【請求項 16】

前記ロボットアームユニットは、前記第 2 リンク部材、前記第 4 リンク部材、前記第 6 リンク部材、及び前記第 8 リンク部材の端部に前記中心に向かうようにそれぞれ取り付けられた放出部材を含むことを特徴とする請求項 8 に記載の医療用ロボット。

30

【請求項 17】

前記放出部材は、前記第 2 リンク部材、前記第 4 リンク部材、前記第 6 リンク部材、及び前記第 8 リンク部材端部の接線方向に対して垂直に位置することを特徴とする請求項 16 に記載の医療用ロボット。

【請求項 18】

前記ベッドの位置を調整するための位置調整要素をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の医療用ロボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は医療用ロボットに関し、より詳しくは、治療部位に向かって正確かつ迅速に狙うことができる医療用ロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

放射線治療とは、高エネルギー放射線を用いてガン細胞を殺す治療をいう。ここで、放射線とは、エネルギーが空間を通して伝搬現象又は電波を媒介する物質を示し、X 線が代表的な例である。

【0003】

放射線治療は、外科的手術、坑ガン化学療法と共に、ガン治療の 3 代治療法の 1 つとして、普通入院することなく、1 日を基準に数分から 20 ～ 30 分程度の時間を必要とし、

50

治療時に苦痛を伴わないという長所がある。

【0004】

このような放射線治療に関する装備として、X - Knife (Radionics、USA)、Novalis Tx (BrainLAB、Germany)、Peacock (NOMOS Corp、USA)、Trilogy (Varian Medical System、USA)、CyberKnife (Accuray Inc. USA)などが知られており、その大部分は、線形加速器と画像誘導放射線治療 (Image Guided Radiotherapy: IGRT) の技術に基づいて治療時に発生する誤差を減らし、正確度を高める方案に進んでいる。

【0005】

10

前記装備のうち、サイバーナイフ (CyberKnife) は、小型の線形加速器を6個の関節に自由に動いているロボットアームに装着して様々な方向に腫瘍部位に放射線を集中照射する、精密度の極めて高い定位放射線治療の専用装備である。

【0006】

サイバーナイフは、浸湿的な固定機構なしでリアルタイムに映像誘導技術を用いて身体の骨格映像及び身体内に挿入される金針の座標を追跡することで、精密に治療できる長所がある。また、脳腫瘍だけを治療することのできるガンマナイフとは異なって、全身のガン治療にも用いられ、一回ではない数回にかけて分割治療する場合も多い。

【0007】

最近、サイバーナイフに対する研究が盛んに行われ、2009年4月30日に出願された先行文献KR第2009-0038051号では、放射線治療計画情報統合照会システムが開示されている。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

一実施形態に係る目的は、ベッドとロボットアームユニットの相対移動により、ターゲット地点に向かって迅速かつ正確に照準できる医療用ロボットを提供する。

【0009】

一実施形態に係る目的は、制御が容易でえい、ターゲット地点に対する方向性を向上させることができ、治療又は手術時間を短縮させ得る医療用ロボットを提供する。

30

【0010】

一実施形態に係る目的は、コンパクトな設計を備え、駆動部材の個数を減少させて総重量を減少させ得る医療用ロボットを提供する。

【0011】

一実施形態に係る目的は、複数のロボットアームユニットが独立かつ非干渉的に回転して相互衝突を防止することのできる医療用ロボットを提供する。

【0012】

一実施形態に係る目的は、ベッドの位置を移動することで、放出部材を効率よく照準できる医療用ロボットを提供する。

【課題を解決するための手段】

40

【0013】

上記のような目的を達成するための一実施形態に係る医療用ロボットは、対象体が位置するベッドと、前記ベッドの上部又は下部に位置し、ターゲット地点が球状の中心に位置する球状軌跡内で移動可能な放出部材を備えるロボットアームユニットとを含み、前記ベッドと前記ロボットアームユニットは、相互垂直又は水平方向に相対移動可能であり、前記ベッドと前記ロボットアームユニットを垂直又は水平方向に相対移動して前記対象体を前記ターゲット地点に移動させ、前記ターゲット地点に向かうように前記放出部材を移動することができる。

【0014】

一実施形態によると、前記ロボットアームユニットは、前記ベッドの上部で回転する上

50

部ロボットアームと、前記ベッドの下部で回転する下部ロボットアームとを含み、前記上部ロボットアームの放出部材と前記下部ロボットアームの放出部材は、同じターゲット地点に向かうように配置してもよい。

【0015】

一実施形態によると、前記上部ロボットアームと前記下部ロボットアームは、同じ中心を有する球状軌跡内に位置してもよい。

【0016】

一実施形態によると、前記ロボットアームユニットは複数のリンク部材と複数の駆動部材を含み、前記複数のリンク部材は同じ中心を有する同心球上に位置し、前記駆動部材の軸の延長線は前記中心で接してもよい。

10

【0017】

一実施形態によると、前記ロボットアームユニットは、第1中央部材と、前記第1中央部材の長手方向軸を中心に回転する第1リンク部材と、前記第1リンク部材の一端に取り付けられ、前記第1リンク部材に回転力を伝達する第1駆動部材と、前記第1リンク部材の他端に接続し、第1軸を中心に回転する第2リンク部材と、前記第1リンク部材と前記第2リンク部材との間に配置し、前記第2リンク部材に回転力を伝達する第2駆動部材と、前記第1中央部材上に前記第1リンク部材が接続した部分と異なる位置に接続し、前記第1中央部材の長手方向軸を中心に回転する第3リンク部材と、前記第3リンク部材の一端に取り付けられ、前記第3リンク部材に回転力を伝達する第3駆動部材と、前記第3リンク部材の他端に接続し、第2軸を中心に回転する第4リンク部材と、前記第3リンク部材と前記第4リンク部材との間に配置し、前記第4リンク部材に回転力を伝達する第4駆動部材と、前記第1中央部材の長手方向軸と同軸上に位置し、前記第1中央部材と前記中心との間の距離だけ前記中心から離隔した第2中央部材と、前記第2中央部材の長手方向軸を中心に回転する第5リンク部材と、前記第5リンク部材の一端に取り付けられ、前記第5リンク部材に回転力を伝達する第5駆動部材と、前記第5リンク部材の他端に接続し、第3軸を中心に回転する第6リンク部材と、前記第5リンク部材と前記第6リンク部材との間に配置し、前記第6リンク部材に回転力を伝達する第6駆動部材と、前記第2中央部材上に前記第5リンク部材が接続した部分と異なる位置に接続し、前記第2中央部材の長手方向軸を中心に回転する第7リンク部材と、前記第7リンク部材の一端に取り付けられ、前記第7リンク部材に回転力を伝達する第7駆動部材と、前記第7リンク部材の他端に接続し、第4軸を中心に回転する第8リンク部材と、前記第7リンク部材と前記第8リンク部材との間に配置し、前記第8リンク部材に回転力を伝達する第8駆動部材と、前記第2リンク部材、前記第4リンク部材、前記第6リンク部材、及び前記第8リンク部材の端部に前記中心に向かうようにそれぞれ取り付けられた放出部材を含み、前記第1中央部材の長手方向軸、前記第2中央部材の長手方向軸、前記第1軸、前記第2軸、前記第3軸及び前記第4軸は、前記中心で接してもよい。

20

30

【0018】

一実施形態によると、前記第1リンク部材と前記第2リンク部材は前記第3リンク部材よりも前記中心から遠く位置し、前記第5リンク部材と前記第6リンク部材は前記第7リンク部材よりも前記中心から遠く位置してもよい。

40

【0019】

一実施形態によると、前記第1リンク部材と前記第2リンク部材との間に前記第3リンク部材が位置するとき、前記第3リンク部材の長さは前記第1リンク部材の長さよりも短く、前記第4リンク部材は前記第2リンク部材よりも前記中心に近く位置し、前記第5リンク部材と前記第6リンク部材との間に前記第7リンク部材が位置するとき、前記第7リンク部材の長さは前記第5リンク部材の長さよりも短く、前記第8リンク部材は、前記第6リンク部材よりも前記中心に近く位置してもよい。

【0020】

一実施形態によると、前記ベッドの位置を調整するための位置調整要素をさらに含んでもよい。

50

【発明の効果】

【0021】

一実施形態に係る医療用ロボットによると、ベッドとロボットアームユニットの相対移動により、ターゲット地点に向かって迅速かつ正確に照準することができる。

【0022】

一実施形態に係る医療用ロボットによると、制御が容易であり、ターゲット地点に対する方向性を向上させることができ、治療又は手術時間を短縮させ得る。

【0023】

一実施形態に係る医療用ロボットによると、コンパクトな設計を備え、駆動部材の個数を減少させて総重量を減少させ得る。

10

【0024】

一実施形態に係る医療用ロボットによると、複数のロボットアームユニットが独立的かつ非干渉的に回転して相互衝突を防止することができる。

【0025】

一実施形態に係る医療用ロボットによると、ベッドの位置を移動させることで効率よく放出部材照準することができる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】一実施形態に係る医療用ロボットを示す。

【図2】一実施形態に係る医療用ロボットでロボットアームユニットの配置を示す。

20

【図3】一実施形態に係る医療用ロボットの放出部材によって放射線が照射される範囲を示す。

【図4】一実施形態に係る医療用ロボットに角度調整要素が取り付けられた形状を示す。

【図5】一実施形態に係る医療用ロボットで放出部材の方向を示す。

【図6】球面座標を示す。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、本発明に係る実施形態を添付する図面を参照しながら詳細に説明する。しかし、本発明が実施形態によって制限されたり限定されることはない。各図面に提示された同じ参照符号は同じ部材を示す。

30

【0028】

図1は、一実施形態に係る医療用ロボットを示し、図2は、一実施形態に係る医療用ロボットでロボットアームユニットの配置を示し、図3は、一実施形態に係る医療用ロボットの放出部材によって放射線が照射される範囲を示し、図4は、一実施形態に係る医療用ロボットに角度調整要素が取り付けられた形状を示す。

【0029】

図1を参照すると、一実施形態に係る医療用ロボット10はベッド100及びロボットアームユニット200を含む。

【0030】

前記ベッド100には対象体が位置し、前記対象体は、例えば、患者であってもよい。

40

【0031】

一実施形態に係る医療用ロボット10がサイバーナイフ(cyberknife)として用いられる場合、対象体は、放射線治療又は腫瘍除去手術が必要なガン患者であってもよい。ここで、ターゲット地点Tは腫瘍の位置、すなわち、治療部位又は手術部位となる。

【0032】

前記ベッド100には位置調整要素110が取り付けられ、ベッド100の位置を調整する。

【0033】

図1に示すように、位置調整要素110を矢印方向に移動する場合、ベッド100も矢

50

印方向に沿って移動する。

【 0 0 3 4 】

そのため、ベッド 1 0 0 又は対象体の位置を自在に移動することができ、これによりターゲット地点 T の位置を移動させ得る。

【 0 0 3 5 】

具体的に、ベッド 1 0 0 は地面に対して垂直又は水平方向に移動してもよい。

【 0 0 3 6 】

そのため、ベッド 1 0 0 とロボットアーム 2 0 0 は相互垂直又は水平方向に相対移動することができる。

【 0 0 3 7 】

具体的に、ベッド 1 0 0 が固定された状態で対象体の位置が固定し、ロボットアーム 2 0 0 を移動させて放出部材 3 0 0 の照射位置又は放出部材 3 0 0 から放射線が放出される位置をベッド 1 0 0 に対して相対移動させてもよい。

【 0 0 3 8 】

または、ベッド 1 0 0 が位置調整要素 1 1 0 によってロボットアーム 2 0 0 に対して相対移動し、対象体をターゲット地点 T に移動した後、ターゲット地点 T に向かうように放出部材 3 0 0 を移動させてもよい。

【 0 0 3 9 】

したがって、ロボットアーム 2 0 0 に備えられた放出部材 3 0 0 がベッド 1 0 0 上に位置する対象体のターゲット地点 T に向かって効率よく照準することができる。これについては以下に詳説する。

【 0 0 4 0 】

前記ベッド 1 0 0 の上部又は下部にはロボットアーム 2 0 0 が配置してもよい。

【 0 0 4 1 】

前記ロボットアーム 2 0 0 は、上部ロボットアーム 2 1 0 及び下部ロボットアーム 2 2 0 からなり、上部ロボットアーム 2 1 0 及び下部ロボットアーム 2 2 0 の端部にはそれぞれ放出部材 3 0 0 を備えてもよい。

【 0 0 4 2 】

ここで、放出部材 3 0 0 から放射線が放出され、対象体のターゲット地点 T に向かって放射線が放出又は照射してもよい。

【 0 0 4 3 】

特に図 2 を参照すると、前記上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 は同じ中心、すなわち、同じターゲット地点 T を有する球状軌跡内に位置する。

【 0 0 4 4 】

また、上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 の放出部材 3 0 0 は、上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 の回転によって移動するため、上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 の球状軌跡上で移動可能であり、それぞれの放出部材 3 0 0 は同じターゲット地点 T に向かうように配置してもよい。

【 0 0 4 5 】

そのため、上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 にそれぞれ取り付けられる放出部材 3 0 0 から放射線がただ 1 つの特異点に集中することができ、例えば、放出部材 3 0 0 がターゲット地点 T に向かうよう容易に照準することができる。

【 0 0 4 6 】

また、上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 は、ベッド 1 0 0 を中心に互いに離隔して配置してもよい。

【 0 0 4 7 】

このような上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 の配置に応じて、上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 は互いに非干渉的に作動することができ、これにより相互衝突を防止できる。

【 0 0 4 8 】

10

20

30

40

50

具体的に、上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 は、複数のリンク部材と複数の駆動部材を含んでもよい。

【 0 0 4 9 】

例えば、上部ロボットアーム 2 1 0 は、第 1 リンク部材 2 1 1、第 2 リンク部材 2 1 2、第 3 リンク部材 2 1 5、及び第 4 リンク部材 2 1 6 を含む。

【 0 0 5 0 】

前記第 1 リンク部材 2 1 1 は第 1 中央部材 2 0 2 に取り付けられてもよく、第 1 リンク部材 2 1 1 は第 1 中央部材の長手方向軸 X_A を中心に回転してもよい。

【 0 0 5 1 】

前記第 1 中央部材 2 0 2 は、一実施形態に係る医療用ロボット 1 0 の外側に位置するフレームの内側に垂直方向に取り付けられてもよい。

10

【 0 0 5 2 】

また、第 1 リンク部材 2 1 1 は、ターゲット地点 T に中心を有する球状上に位置して弧状に備えられてもよい。

【 0 0 5 3 】

さらに、第 1 リンク部材 2 1 1 は、第 2 リンク部材 2 1 2、第 3 リンク部材 2 1 5 及び第 4 リンク部材 2 1 6 よりも大きい長さを有し、第 1 リンク部材 2 1 1 はターゲット地点 T から最も遠く位置してもよい。

【 0 0 5 4 】

前記第 1 リンク部材 2 1 1 の他端には、第 2 リンク部材 2 1 2 が接続してもよい。

20

【 0 0 5 5 】

前記第 2 リンク部材 2 1 2 は第 1 軸 X_1 を中心に回転する。

【 0 0 5 6 】

前記第 1 軸 X_1 は、第 1 中央部材の長手方向軸 X_A に対して角があるように形成されてもよい。

【 0 0 5 7 】

また、第 1 中央部材 2 0 2 上に第 1 リンク部材 2 1 1 が接続した部分と異なる位置には第 3 リンク部材 2 1 5 が接続してもよい。

【 0 0 5 8 】

前記第 3 リンク部材 2 1 5 は、第 1 中央部材の長手方向軸 X_A を中心に回転する。

30

【 0 0 5 9 】

例えば、第 1 中央部材 2 0 2 の上部には第 1 リンク部材 2 1 1 が接続し、第 1 中央部材 2 0 2 の下部には第 3 リンク部材 2 1 5 が接続してもよい。

【 0 0 6 0 】

前記第 3 リンク部材 2 1 5 の他端には第 4 リンク部材 2 1 6 が接続してもよい。

【 0 0 6 1 】

前記第 4 リンク部材 2 1 6 は第 2 軸 X_2 を中心に回転する。

【 0 0 6 2 】

前記第 2 軸 X_2 は、第 1 中央部材の長手方向軸 X_A に対して角があるように形成されてもよい。

40

【 0 0 6 3 】

また、上部ロボットアーム 2 1 0 は、第 1 駆動部材 2 1 3、第 2 駆動部材 2 1 4、第 3 駆動部材 2 1 7 及び第 4 駆動部材 2 1 8 を含む。

【 0 0 6 4 】

前記第 1 駆動部材 2 1 3 は第 1 中央部材 2 0 2 内に含まれ、図面には詳細に図示していないが、第 1 中央部材 2 0 2 には第 1 駆動部材 2 1 3 の取り付けのための溝が形成されてもよい。

【 0 0 6 5 】

前記第 1 駆動部材 2 1 3 は第 1 リンク部材 2 1 1 に回転力を伝達する。

【 0 0 6 6 】

50

前記第2駆動部材214は第2リンク部材212に回転力を伝達し、第1軸 X_1 に沿ってターゲット地点Tに向かうように配置してもよい。

【0067】

前記第3駆動部材217は、第1駆動部材213と同様に第1中央部材202内に含まれ、第1中央部材202には第3駆動部材217の取り付けのための溝が形成されてもよい。

【0068】

前記第3駆動部材217は、第3リンク部材215に回転力を伝達する。

【0069】

そして、第3駆動部材217は第1駆動部材213と一体に形成されたり、別に形成されてもよい。例えば、第3駆動部材217が第1駆動部材213と別に形成される場合、第3リンク部材215は、第1リンク部材211と異なる方向又は異なる速度で回転する。

10

【0070】

前記第4駆動部材218は第4リンク部材216に回転力を伝達し、第2軸 X_2 に沿ってターゲット地点Tに向かうように配置してもよい。

【0071】

ここで、第1中央部材の長手方向軸 X_A 、第1軸 X_1 及び第2軸 X_2 の延長線はターゲット地点Tで接することができる。

【0072】

20

また、第2リンク部材212と第4リンク部材216に取り付けられた放出部材300は、第2リンク部材212と第4リンク部材216に対して垂直方向に取り付けられ、ターゲット地点Tに向かうように配置してもよい。

【0073】

したがって、第1中央部材の長手方向軸 X_A 、第1軸 X_1 及び第2軸 X_2 の延長線だけではなく、放出部材300及び駆動部材213、214、217、218もターゲット地点Tに向かって、放出部材300からの放射線はターゲット地点Tに向かって放出又は照射されてもよい。

【0074】

同様に、下部ロボットアーム220は、第5リンク部材221、第6リンク部材222、第7リンク部材225、第8リンク部材226を含む。

30

【0075】

前記第5リンク部材221は、第2中央部材の長手方向軸 X_B を中心に回転する。

【0076】

前記第2中央部材204は、一実施形態に係る医療用ロボット10の外側に位置するフレームの内側に垂直方向に取り付けられてもよい。

【0077】

そして、第2中央部材の長手方向軸 X_B は第1中央部材の長手方向軸 X_A と同軸に位置し、第1中央部材202とターゲット地点Tとの間の距離だけターゲット地点Tから離隔される。

40

【0078】

また、第5リンク部材221は、ターゲット地点Tに中心を有する球状上に位置し、弧状に備えられてもよい。

【0079】

前記第5リンク部材221の他端には、第6リンク部材222が接続してもよい。

【0080】

前記第6リンク部材222は、第3軸 X_3 を中心に回転する。

【0081】

前記第3軸 X_3 は、第2中央部材の長手方向軸 X_B に対して角があるように形成されてもよい。

50

【 0 0 8 2 】

また、第 2 中央部材 2 0 4 上に第 5 リンク部材 2 2 1 が接続された部分と異なる位置には第 7 リンク部材 2 2 5 が接続してもよい。

【 0 0 8 3 】

前記第 7 リンク部材 2 2 5 は、第 2 中央部材の長手方向軸 X_B を中心に回転する。

【 0 0 8 4 】

例えば、第 2 中央部材 2 0 4 の下部には第 5 リンク部材 2 2 1 が接続し、第 2 中央部材 2 0 4 の上部には、第 7 リンク部材 2 2 5 が接続してもよい。

【 0 0 8 5 】

前記第 7 リンク部材 2 2 5 の他端には、第 8 リンク部材 2 2 6 が接続してもよい。

10

【 0 0 8 6 】

前記第 8 リンク部材 2 2 6 は、第 4 軸 X_4 を中心に回転する。

【 0 0 8 7 】

前記第 4 軸 X_4 は、第 2 中央部材の長手方向軸 X_B に対して角があるように形成されてもよい。

【 0 0 8 8 】

また、下部ロボットアーム 2 2 0 は、第 5 駆動部材 2 2 3、第 6 駆動部材 2 2 4、第 7 駆動部材 2 2 7 及び第 8 駆動部材 2 2 8 を含む。

【 0 0 8 9 】

前記第 5 駆動部材 2 2 3 は第 2 中央部材 2 0 4 内に含まれ、第 5 リンク部材 2 2 1 に回転力を伝達する。

20

【 0 0 9 0 】

前記第 6 駆動部材 2 2 4 は第 6 リンク部材 2 2 2 に回転力を伝達し、第 3 軸 X_3 に沿ってターゲット地点 T に向かうように配置してもよい。

【 0 0 9 1 】

前記第 7 駆動部材 2 2 7 は、第 5 駆動部材 2 2 3 と同様に第 2 中央部材 2 0 4 内に含まれ、第 7 リンク部材 2 2 5 に回転力を伝達する。

【 0 0 9 2 】

そして、第 7 駆動部材 2 2 7 は、第 5 駆動部材 2 2 3 と一体に形成されたり、別に形成されてもよい。例えば、第 7 駆動部材 2 2 7 が第 5 駆動部材 2 2 3 と別に形成される場合、第 7 リンク部材 2 2 5 は第 5 リンク部材 2 2 1 と異なる方向又は異なる速度で回転することができる。

30

【 0 0 9 3 】

前記第 8 駆動部材 2 2 8 は第 8 リンク部材 2 2 6 に回転力を伝達し、第 4 軸 X_4 に沿ってターゲット地点 T に向かうように配置してもよい。

【 0 0 9 4 】

ここで、第 2 中央部材の長手方向軸 X_B 、第 3 軸 X_3 及び第 4 軸 X_4 の延長線は、ターゲット地点 T で接することができる。

【 0 0 9 5 】

また、第 6 リンク部材 2 2 2 と第 8 リンク部材 2 2 6 に取り付けられた放出部材 3 0 0 は、第 6 リンク部材 2 2 2 と第 8 リンク部材 2 2 6 に対して垂直方向に取り付けられ、ターゲット地点 T に向かうように配置してもよい。

40

【 0 0 9 6 】

したがって、第 2 中央部材の長手方向軸 X_B 、第 3 軸 X_3 及び第 4 軸 X_4 の延長線だけではなく、放出部材 3 0 0 及び駆動部材 2 2 3、2 2 4、2 2 7、2 2 8 もターゲット地点 T に向かって、放出部材 3 0 0 からの放射線はターゲット地点 T に向かって放出又は照射されることができる。

【 0 0 9 7 】

図面には上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 が類似又は同じ形状を有するよう図示したが、これに限定することなく、上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボ

50

ットアーム 2 2 0 に取り付けられた放出部材 3 0 0 が同じターゲット地点 T に向かうように配置されていれば、いかなる形状でも可能である。

【 0 0 9 8 】

このように構成された上部ロボットアーム 2 1 0 と下部ロボットアーム 2 2 0 の複数のリンク部材 2 1 1、2 1 2、2 1 5、2 1 6、2 2 1、2 2 2、2 2 5、2 2 6 は、同時に回転するとき相互衝突を防止するため、具体的には次のように配置することができる。

【 0 0 9 9 】

第 1 に、第 1 リンク部材 2 1 1 と第 2 リンク部材 2 1 2 は、第 3 リンク部材 2 1 5 よりもターゲット地点 T から遠く位置し、第 5 リンク部材 2 2 1 と第 6 リンク部材 2 2 2 は、第 7 リンク部材 2 2 5 よりもターゲット地点 T から遠く位置してもよい。

10

【 0 1 0 0 】

第 2 に、第 1 リンク部材 2 1 1 と第 2 リンク部材 2 1 2 との間に第 3 リンク部材 2 1 5 が位置するとき、第 3 リンク部材 2 1 5 の長さは第 1 リンク部材 2 1 1 の長さよりも短く、第 4 リンク部材 2 1 6 は第 2 リンク部材 2 1 2 よりもターゲット地点 T に近く位置してもよい。

【 0 1 0 1 】

また、第 5 リンク部材 2 2 1 と第 6 リンク部材 2 2 2 との間に第 7 リンク部材 2 2 5 が位置するとき、第 7 リンク部材 2 2 5 の長さは第 5 リンク部材 2 2 1 の長さよりも短く、第 8 リンク部材 2 2 6 は第 6 リンク部材 2 2 2 よりもターゲット地点 T に近く位置してもよい。

20

【 0 1 0 2 】

また、上部ロボットアーム 2 1 0 はベッド 1 0 0 の上部で放射線を放出し、下部ロボットアーム 2 2 0 はベッド 1 0 0 の下部で放射線を放出してもよい。

【 0 1 0 3 】

特に図 3 を参照すると、上部ロボットアーム 2 1 0 は A 領域と B 領域で放射線を放出してもよく、下部ロボットアーム 2 2 0 は C 領域と D 領域で放射線を放出してもよい。

【 0 1 0 4 】

前記 A 領域は、第 1 リンク部材 2 1 1 と第 2 リンク部材 2 1 2 によって放出部材 3 0 0 から放射線が照射される範囲であり、B 領域は、第 3 リンク部材 2 1 5 と第 4 リンク部材 2 1 5 によって放出部材 3 0 0 から放射線が照射される範囲であり、C 領域は、第 5 リンク部材 2 2 1 と第 6 リンク部材 2 2 2 によって放出部材 3 0 0 から放射線が照射される範囲であり、D 領域は、第 7 リンク部材 2 2 5 と第 8 リンク部材 2 2 6 によって放出部材 3 0 0 から放射線が照射される範囲を示す。

30

【 0 1 0 5 】

A 領域、B 領域、C 領域、及び D 領域は、ターゲット地点 T に向かうようになり、互いに異なる領域で放射線を照射することになる。

【 0 1 0 6 】

このように、上部ロボットアーム 2 1 0 は、ベッド 1 0 0 の上部で球状回転軌跡を有し、下部ロボットアーム 2 2 0 はベッド 1 0 0 の下部で球状回転軌跡を有することで、互いに独立した動きを有することで互いに干渉を受けることがない。

40

【 0 1 0 7 】

また、図 4 を参照すると、第 2 リンク部材 2 1 2、第 4 リンク部材 2 1 6、第 6 リンク部材 2 2 2、及び第 8 リンク部材 2 2 6 の端部又は放出部材 3 0 0 に角度調整要素 3 1 0 が取り付けられ、放出部材 3 0 0 が小さい角度で動くことができる。

【 0 1 0 8 】

そのため、ターゲット地点 T を照準するとき効率よく作動させることができる。例えば、駆動部材 2 1 3、2 1 4、2 1 7、2 1 8、2 2 3、2 2 4、2 2 7、2 2 8 によって放出部材 3 0 0 がターゲット地点 T に向かって狙われ後、微細な角度調整が必要な場合に有効に使える。

【 0 1 0 9 】

50

また、駆動部材 213、214、217、218、223、224、227、228 の軸が全てターゲット地点 T に向かっているため、リンク部材 211、212、215、216、221、222、225、226 が回転する間に、放出部材 300 は持続的にターゲット地点 T に向かっていることができる。これは、リンク部材 211、212、215、216、221、222、225、226 と駆動部材 213、214、217、218、223、224、227、228 の構造的な配置に起因する。

【0110】

特に、放射線はロボットアーム 210、220 のリンク部材 211、212、215、216、221、222、225、226 が停止した状態においてのみ放出されるため、ロボットアーム 210、220 のリンク部材 211、212、215、216、221、222、225、226 が次の放出地点まで移動する間は放出されることはない。

10

【0111】

しかし、ロボットアーム 210、220 が複数のリンク部材 211、212、215、216、221、222、225、226 を備える場合、一つのリンク部材 211、212、215、216、221、222、225、226 が移動する間に、残りのリンク部材 211、212、215、216、221、222、225、226 が停止した状態で放射線が放出されることから、治療又は手術時間をより短縮させ得る。

【0112】

さらに、ロボットアーム 210、220 が複数備えられる場合、治療又は手術時間を短縮させるという効率的な面もある。

20

【0113】

以下は、一実施形態に係る医療用ロボット 10 の構造の運動学的な分析について詳細に説明する。

【0114】

まず、順運動学 (forward kinematics) は次の通りである。

【0115】

【数 1】

$$x = f(\theta)$$

(1)

30

【0116】

ここで、 θ はジョイント角度であり、 x はエンドエフェクタ (end-effector) 位置及び方向を示す。

【0117】

このように、リンク部材が互いに接続した角度に応じて放出部材の座標を予測することができる。

【0118】

また、デナビット - ハーテンバーグ (Denavit-Hartenberg、D-H) 表示法を用いて表現する場合、ロボットの運動学はリンク部材のリンクの長さ (a)、リンクオフセット (d)、リンクゆがみ (α)、及びジョイント角度 (θ) のように 4 個の媒介変数からなる。

40

ここで、ジョイントが z 軸周辺で回転する場合、その変換行列 (transformation matrix) は次の通りである。

【0119】

【数 2】

$${}^0_1T = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline c\theta 1 & -c\alpha 1 s\theta 1 & s\alpha 1 s\theta 1 & 0 \\ \hline s\theta 1 & c\alpha 1 c\theta 1 & -s\alpha 1 c\theta 1 & 0 \\ \hline 0 & s\alpha 1 & c\alpha 1 & R \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

(2)

【 0 1 2 0 】

10

【数 3】

$${}^1_2T = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline c\theta 2 & -c\alpha 2 s\theta 2 & s\alpha 2 s\theta 2 & 0 \\ \hline s\theta 2 & c\alpha 2 c\theta 2 & -s\alpha 2 c\theta 2 & 0 \\ \hline 0 & s\alpha 2 & c\alpha 2 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

(3)

【 0 1 2 1 】

20

ここで、s と c はそれぞれサイン (s i n e) とコサイン (c o s i n e) を示す。

【 0 1 2 2 】

上記の 2 つの変換行列により、次のような変換行列が導き出される。

【 0 1 2 3 】

【数 4】

$${}^0_2T = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline c\theta 1 c\theta 2 & s\alpha 1 s\alpha 2 s\theta 1 - c\alpha 2 & c\alpha 2 s\alpha 1 s\theta 1 + s\alpha 2 & 0 \\ -c\alpha 1 s\theta 1 s\theta 2 & (c\alpha 1 c\theta 2 s\theta 1 + & (c\alpha 1 c\theta 2 s\theta 1 + & \\ & c\theta 1 s\theta 2) & c\theta 1 s\theta 2) & \\ \hline c\theta 2 s\theta 1 & -c\theta 1 s\alpha 1 s\alpha 2 & -c\theta 1 (c\alpha 2 s\alpha 1 & 0 \\ +c\alpha 1 c\theta 1 s\theta 2 & +c\alpha 2 (c\alpha 1 c\theta 1 & +c\alpha 1 c\theta 2 s\alpha 2) & \\ & c\theta 2 - s\theta 1 s\theta 2) & +s\alpha 2 s\theta 1 s\theta 2 & \\ \hline s\alpha 1 s\theta 2 & c\alpha 2 c\theta 2 s\alpha 1 + & c\alpha 1 c\alpha 2 - & R \\ & c\alpha 1 s\alpha 2 & c\theta 2 s\alpha 1 s\alpha 2 & \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

(4)

【 0 1 2 4 】

上記の変換行列は 2 つのリンク部材を備える場合を示し、変換行列によって 3 次元座標上でいずれか 1 つの点が移動 (t r a n s l a t i o n 、 o f f s e t) 、大きさ (s c a l e) 、回転によりいずれかの点に移動したかを予測することができる。

【 0 1 2 5 】

40

また、エンドエフェクタ、または放出部材 3 0 0 の位置及び方向は次の通りである。

【 0 1 2 6 】

【数 5】

$${}^0_2T = \begin{bmatrix} {}^0x_2 & {}^0y_2 & {}^0z_2 & {}^0p_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(5)

【 0 1 2 7 】

【数 6】

$${}^0p_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} \quad (6)$$

【 0 1 2 8 】

ここで、エンドエフェクタ又は放出部材 3 0 0 の位置は常に一定である。

【 0 1 2 9 】

図 5 は、一実施形態に係る医療用ロボットで放出部材 3 0 0 の方向を示す。

10

【 0 1 3 0 】

図 5 を参照すると、放出部材 3 0 0 は z 軸に向かい、z 軸を基準にして回転するロール (r o l l)、z 軸を基準にして上下に振動するヨー (y a w)、及び z 軸を基準にして上下に回転するピッチ (p i t c h) の動きを含んでもよい。

【 0 1 3 1 】

ここで、ロール方向は放出部材 3 0 0 において重要ではない。

【 0 1 3 2 】

そして、単に放出部材 3 0 0 の方向のためには z - ベクトル (v e c t o r) のみを考慮する。

それにより、変換行列 (3) は次のように整理される。

20

【 0 1 3 3 】

【数 7】

$${}^0z_2 = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c\alpha_2 s\alpha_1 s\theta_1 + s\alpha_2 (c\alpha_1 c\theta_2 s\theta_1 + c\theta_1 s\theta_2) \\ -c\theta_1 (c\alpha_2 s\alpha_1 + c\alpha_1 c\theta_2 s\alpha_2) + s\alpha_2 s\theta_1 s\theta_2 \\ c\alpha_1 c\alpha_2 - c\theta_2 s\alpha_1 s\alpha_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

【 0 1 3 4 】

一方、放出部材 3 0 0 の所望する方向は、図 6 に示す球面座標 (s p h e r i c a l c o o r d i n a t e) の α 及び β 値に指定してもよい。このように図 6 に示す α 及び β 値に方向が与えられた場合、その方向に該当する回転行列は次の通りである。

30

【 0 1 3 5 】

【数 8】

$$R_{spherical} = R_{z,\alpha} R_{y,\beta} = \begin{bmatrix} c\alpha c\beta & -s\alpha & c\alpha s\beta \\ s\alpha c\beta & c\alpha & s\alpha s\beta \\ -s\beta & 0 & c\beta \end{bmatrix} \quad (8)$$

【 0 1 3 6 】

【数 9】

$$R_{spherical} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ x_3 & y_3 & z_3 \end{bmatrix}$$

40

(9)

【 0 1 3 7 】

回転行列 (8) 及び (9) から α 及び β を用いて ${}^0x_2 = [x_1, x_2, x_3]^T$, ${}^0y_2 = [y_1, y_2, y_3]^T$, ${}^0z_2 = [z_1, z_2, z_3]^T$ を決定し、さらに θ_1 、 θ_2 を決定してもよい。

【 0 1 3 8 】

50

このような関係を逆運動学 (i n v e r s e k i n e m a t i c s) に表示すると次の通りである。

【 0 1 3 9 】

【数 1 0 】

$$\theta = f(x)^{-1}$$

(1 0)

【 0 1 4 0 】

ここで、 x はベクトル ${}^0z_2 = [z_1, z_2, z_3]^T$ であり、 θ は θ_1 、 θ_2 からなるベクトルである。

10

【 0 1 4 1 】

数式 (1 0) は数式 (1) の逆関数である。

【 0 1 4 2 】

直交正規ベクトルの 0x_2 、 0y_2 、 0z_2 を考慮してジョイント角度である θ_1 、 θ_2 を把握することができる。このようなベクトルを算出する直観的な方法は、球面座標を用いるものであり、 α 及び β 値に方向が与えられた場合、その方向に該当する回転行列は次のように示す。

【 0 1 4 3 】

【数 1 1 】

20

$$R_{spherical} = R_{z,\alpha}R_{y,\beta} = \begin{bmatrix} c\alpha c\beta & -s\alpha & c\alpha s\beta \\ s\alpha c\beta & c\alpha & s\alpha s\beta \\ -s\beta & 0 & c\beta \end{bmatrix}$$

(1 1)

【 0 1 4 4 】

ここで、ベクトルの構成要素は ${}^0x_2 = [x_1, x_2, x_3]^T$ 、 ${}^0y_2 = [y_1, y_2, y_3]^T$ 、 ${}^0z_2 = [z_1, z_2, z_3]^T$ である。

【 0 1 4 5 】

変換行列 (4) から次の等式が抽出される。

【 0 1 4 6 】

30

【数 1 2 】

$$x_3 = s\alpha_1 s\theta_2$$

$$z_3 = c\alpha_1 c\alpha_2 - c\theta_2 s\alpha_1 s\alpha_2$$

(1 2)

【 0 1 4 7 】

ここで、 θ_2 が次のように誘導されてもよい。

【 0 1 4 8 】

【数 1 3 】

40

$$\begin{aligned} s\theta_2 &= x_3 - s\alpha_1 \\ c\theta_2 &= \frac{z_3 + c\alpha_1 c\alpha_2}{s\alpha_1 s\alpha_2} \\ \tan \theta_2 &= \frac{s\alpha_1 s\alpha_2 (x_3 - s\alpha_1)}{z_3 + c\alpha_1 c\alpha_2} \\ \theta_2 &= \arctan 2(x_3 - s\alpha_1, \frac{z_3 + c\alpha_1 c\alpha_2}{s\alpha_1 s\alpha_2}) \end{aligned}$$

(1 3)

【 0 1 4 9 】

50

2つの入力変数を有するアークタン (a r c t a n) 関数であるアークタン 2 関数は、ゼロ入力値に近接する安定性及び最終的な角度が適切な四分面に復元する特性を有するため使用される。

【 0 1 5 0 】

θ_1 の値は次のように算出されてもよい。

【 0 1 5 1 】

変換行列 (5) から次の数式を取得することができる。

【 0 1 5 2 】

【数 1 4 】

$$(x_2 = c\theta_2 s\theta_1 + c\alpha_1 c\theta_1 s\theta_2) c\alpha_1 s\theta_2$$

$$(x_1 = -s\theta_1 c\alpha_1 s\theta_2 + c\theta_1 c\theta_2) c\theta_2$$

(1 4)

10

【 0 1 5 3 】

【数 1 5 】

$$c\alpha_1 s\theta_2 x_2 + c\theta_2 x_1 = c^2 \alpha_1 s^2 \theta_2 c\theta_1 + c^2 \theta_2 c\theta_1$$

$$c\theta_1 = \frac{c\alpha_1 s\theta_2 x_2 + c\theta_2 x_1}{c_1^\alpha s^2 \theta_2 + c^2 \theta_2}$$

(1 5)

20

【 0 1 5 4 】

【数 1 6 】

$$z_1 = (c\alpha_2 s\alpha_1 + s\alpha_2 c\alpha_1 c\theta_2) s\theta_1 + s\alpha_2 s\theta_2 c\theta_1$$

$$z_2 = -(c\alpha_2 s\alpha_1 + s\alpha_2 c\alpha_1 c\theta_2) c\theta_1 + s\alpha_2 s\theta_2 s\theta_1$$

(1 6)

【 0 1 5 5 】

また、次のように仮定してもよい。

【 0 1 5 6 】

【数 1 7 】

$$a = c\alpha_2 s\alpha_1 + s\alpha_2 c\alpha_1$$

$$b = s\alpha_2 s\theta_2$$

(1 7)

30

【 0 1 5 7 】

数式 (1 6) 及び (1 7) により次のように算出されてもよい。

【 0 1 5 8 】

【数 1 8】

$$\begin{aligned}
 a(z_1 &= as\theta_1 + bc\theta_1) \\
 b(z_2 &= -ac\theta_1 + bs\theta_1) \\
 az_1 &= a^2s\theta_1 + abc\theta_1 \\
 bz_2 &= b^2s\theta_1 - abc\theta_1 \\
 az_1 + bz_2 &= (a^2 + b^2)s\theta_1 \\
 s\theta_1 &= \frac{az_2 + bz_2}{a^2 + b^2}
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

【0 1 5 9】

すなわち、数式 (1 5) 及び (1 8) により次のような値を取得できる。

20

【0 1 6 0】

【数 1 9】

$$\theta_1 = \arctan 2 \left(\frac{az_1 + bz_2}{a^2 + b^2}, \frac{c\alpha_1 s\theta_2 x_2 + c\theta_2 x_1}{c^2 \alpha_1 s^2 \theta_2 + c^2 \theta_2} \right)
 \tag{19}$$

【0 1 6 1】

数式 (1 3) 及び (1 9) から 2 つのジョイント角 θ_1 、 θ_2 を決定する。

【0 1 6 2】

最後に、ヤコビアン (j a c o b i a n) 行列について説明する。

30

【0 1 6 3】

 θ - 空間と x - 空間の間の線形マッピングは次の通りである。

【0 1 6 4】

数式 (1) を微分すれば次の通りである。

【0 1 6 5】

【数 2 0】

$${}^0\dot{x} = {}^0J \dot{\theta}
 \tag{20}$$

【0 1 6 6】

【数 2 1】

$${}^0J = \begin{bmatrix} {}^0z_0 \times ({}^0p_n - {}^0p_0) & {}^0z_1 \times ({}^0p_n - {}^0p_1) \\ {}^0z_0 & {}^0z_1 \end{bmatrix}
 \tag{21}$$

40

そして、変換行列 (2) は次の通りである。

【0 1 6 7】

【数 2 2】

$${}^0_1T = \begin{bmatrix} {}^0x_1 & {}^0y_1 & {}^0z_1 & {}^0p_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline c\theta 1 & -c\alpha 1 s\theta 1 & s\alpha 1 s\theta 1 & 0 \\ \hline s\theta 1 & c\alpha 1 c\theta 1 & -s\alpha 1 c\theta 1 & 0 \\ \hline 0 & s\alpha 1 & c\alpha 1 & R \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

(2 2)

【 0 1 6 8 】

すなわち、ヤコビアン行列は次の通りである。

10

【 0 1 6 9 】

【数 2 3】

$${}^0J = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right) & \begin{bmatrix} s\alpha 1 s\theta 1 \\ -s\alpha 1 c\theta 1 \\ c\alpha 1 \end{bmatrix} \times \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} \right) \\ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} s\alpha 1 s\theta 1 \\ -s\alpha 1 c\theta 1 \\ c\alpha 1 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

(2 3)

【 0 1 7 0 】

20

【数 2 4】

$$\begin{aligned} {}^0J &= \begin{bmatrix} {}^0z_0 \times ({}^0p_n - {}^0p_0) & {}^0z_1 \times ({}^0p_n - {}^0p_1) \\ {}^0z_0 & {}^0z_1 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \times \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right) & \begin{bmatrix} s\alpha 1 s\theta 1 \\ -s\alpha 1 c\theta 1 \\ c\alpha 1 \end{bmatrix} \times \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ R \end{bmatrix} \right) \\ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} s\alpha 1 s\theta 1 \\ -s\alpha 1 c\theta 1 \\ c\alpha 1 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} s\alpha 1 s\theta 1 \\ -s\alpha 1 c\theta 1 \\ c\alpha 1 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

30

(2 4)

【 0 1 7 1 】

したがって、ヤコビアン行列は次の通りである。

40

【 0 1 7 2 】

【数 2 5】

$$J = \begin{bmatrix} 0 & s\alpha 1 s\theta 1 \\ 0 & -s\alpha 1 c\theta 1 \\ 1 & c\alpha 1 \end{bmatrix}$$

(2 5)

【 0 1 7 3 】

行列 (2 5) により、単なる角速度のみが考慮され、並進的な速度は考慮されることな

50

く、 $\alpha = n\pi$ 、 n N である場合を除いては、唯一性を有することはできない。

【0174】

このようにヤコビアン行列を用いて、リンク部材の動きと放出部材の動きの関係が表れ、リンク部材の動きに応じて放出部材の動きを予測することができる。

【0175】

具体的に、リンク部材の現在位置に応じて放出部材の位置を予測することができ、それとは反対に、放出部材が中心点又はターゲットに向かうようにするため、放出部材の現在位置に応じてリンク部材の作動を制御することができる。

【0176】

さらに、複数のロボットアームが備えられる場合、複数のロボットアームが互いに協力して作動できるようにヤコビアン行列を用いて制御することができる。

10

【0177】

上述したように本発明の実施形態では、多様なコンピュータ手段を介して様々な処理を実行することができるプログラム命令の形態で実現され、コンピュータで読取可能な記録媒体に記録されてもよい。コンピュータ読取可能な媒体は、プログラム命令、データファイル、データ構造などのうち1つまたはその組合せを含んでもよい。媒体に記録されるプログラム命令は、本発明の目的のために特別に設計されて構成されたものでもよく、コンピュータソフトウェア分野の技術を有する当業者にとって公知のものであり、使用可能なものであってもよい。コンピュータ読取可能な記録媒体の例としては、ハードディスク、フロッピー（登録商標）ディスク及び磁気テープのような磁気媒体、CD-ROM、DVDのような光記録媒体、光ディスクのような光磁気媒体、及びROM、RAM、フラッシュメモリなどのようなプログラム命令を保存して実行するように特別に構成されたハードウェア装置が含まれてもよい。プログラム命令の例には、コンパイラによって作られるような機械語コードだけでなく、インタープリタなどを用いてコンピュータによって実行できる高級言語コードが含まれる。前記したハードウェア装置は、本発明の動作を行うために1つ以上のソフトウェアモジュールとして動作するように構成されてもよく、その逆も同様である。

20

【0178】

上述したように、本発明を限定された実施形態と図面によって説明したが、本発明は、上記の実施形態に限定されることなく、本発明が属する分野における通常の知識を有する者であれば、このような実施形態から多様な修正及び変形が可能である。

30

【0179】

したがって、本発明の範囲は、開示された実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲だけではなく特許請求の範囲と均等なものなどによって定められるものである。

【符号の説明】

【0180】

10：医療用ロボット

100：ベッド

110：位置調整要素

200：ロボットアームユニット

40

202：第1中央部材

204：第2中央部材

210：第1ロボットアーム

211：第1リンク部材

212：第2リンク部材

213：第1駆動部材

214：第2駆動部材

215：第3リンク部材

216：第4リンク部材

217：第3駆動部材

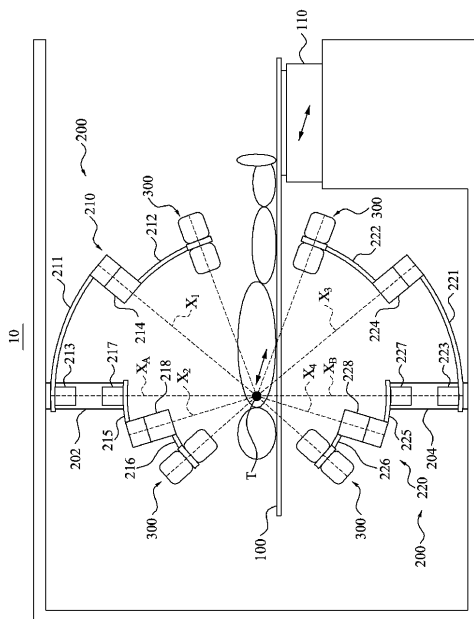
50

- 2 1 8 : 第 4 駆動部材
- 2 2 0 : 第 2 ロボットアーム
- 2 2 1 : 第 5 リンク部材
- 2 2 2 : 第 6 リンク部材
- 2 2 3 : 第 5 駆動部材
- 2 2 4 : 第 6 駆動部材
- 2 2 5 : 第 7 リンク部材
- 2 2 6 : 第 8 リンク部材
- 2 2 7 : 第 7 駆動部材
- 2 2 8 : 第 8 駆動部材
- 3 0 0 : 放出部材
- 3 1 0 : 角度調整要素

10

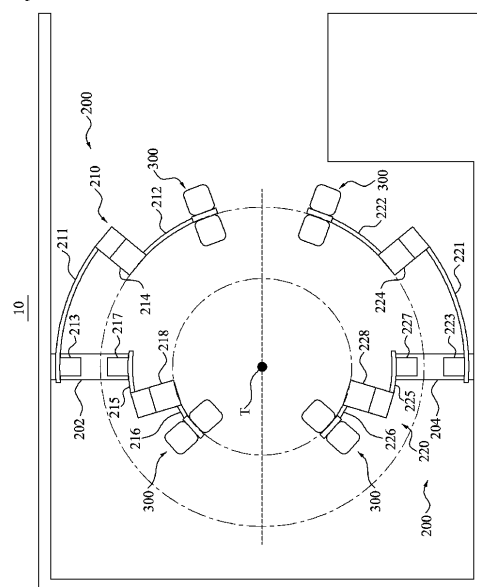
【図 1】

[Fig. 1]

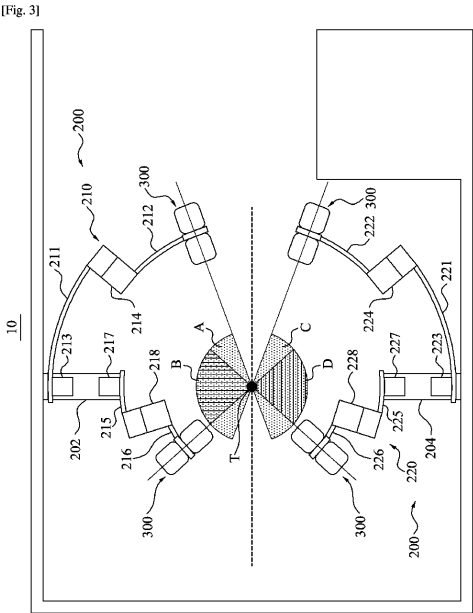


【図 2】

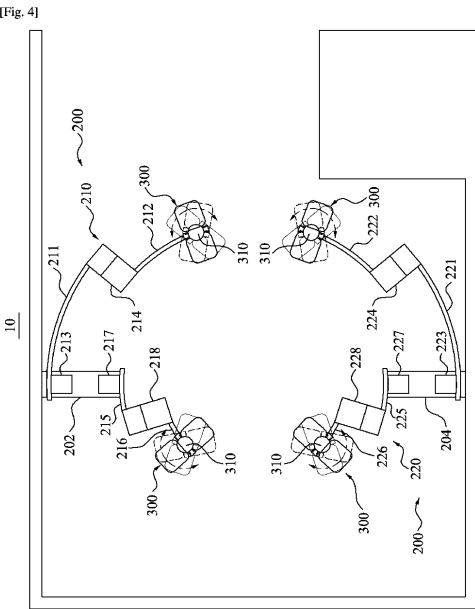
[Fig. 2]



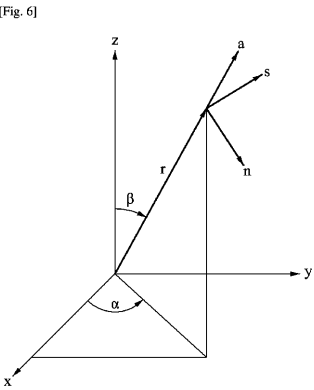
【図 3】



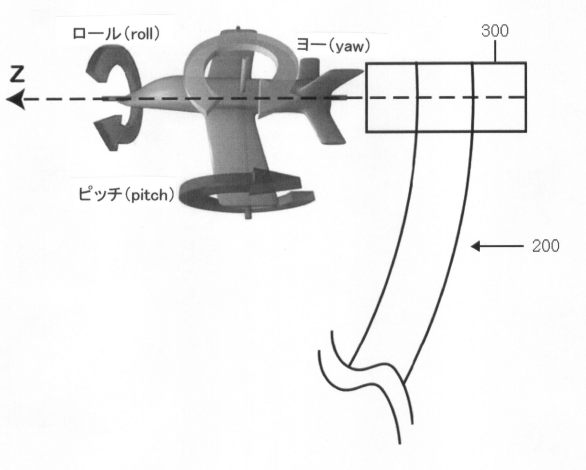
【図 4】



【図 6】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 エルキン、 ゲツジン

トルコ共和国 35620 イズミール チグリ バラチク マチャレシ ハヴァラニ ソセイ
ナンバー 33/2 イズミール カティブ チェレビ ユニバーシティ デパートメント オブ
メカトロニクス エンジニアリング

(72)発明者 キム、 スン ホ

大韓民国 305-500 テジョン ユソン-ク パウル 2-ロ 133 ナンバー 209
-102 (キョンナム オナーズ ヴィル)

審査官 臼井 卓巳

(56)参考文献 再公表特許第2003/018131(JP, A1)

特開2004-283926(JP, A)

特表2009-512473(JP, A)

特開平06-154349(JP, A)

特表平08-504347(JP, A)

特表2008-522733(JP, A)

特表2009-524498(JP, A)

韓国登録特許第10-1339009(KR, B1)

韓国公開特許第10-2013-0134206(KR, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 9/04-17/02

A61B 19/00-34/30

A61N 5/00-5/10