

WO 2016/208140 A1



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：医療行為支援装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2015年6月26日に提出された日本出願番号2015-128885号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、医療行為を支援する医療行為支援装置に関する。

背景技術

[0003] 従来、医療行為を支援する医療行為支援装置が知られている（例えば、特許文献1参照）。

[0004] この種の医療行為支援装置の中には、医療行為の1つである歯科インプラントを支援する医療行為支援装置が存在する。この医療行為支援装置は、歯科医療に用いるドリルビットを有したドリルユニットと、そのドリルビットの先端を術者が望む位置へと移動させる多関節ロボットとを備えている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-236749号公報

発明の概要

[0006] 医療行為支援装置においては、医療行為における安全性を担保するために、ドリルビットの先端が移動可能な範囲（以下、「移動可能範囲」と称す）が規定されている。そして、ドリルビットの先端を術者が望む位置へと移動させる際に、移動可能範囲内に予め規定された経路に沿って、ドリルビットの先端が移動するように多関節ロボットが動作する。

[0007] ところで、多関節ロボットは、外乱などのノイズによって誤動作する可能性がある。そして、多関節ロボットが誤動作すると、ドリルビットの先端が移動可能範囲の外に達し、安全性を低下させるおそれがある。

[0008] つまり、医療行為支援装置においては、多関節ロボットが誤動作したとし

ても、高い安全性を担保することが求められている。

[0009] そこで、本開示は、多関節ロボットが誤動作したとしても、高い安全性を担保することができる医療行為支援装置を提供することを目的とする。

[0010] 本開示の一態様によれば、医療行為支援装置は、多関節ロボットと、位置特定部と、領域設定部と、先端位置特定部と、制御部とを備える。

[0011] 多関節ロボットは、複数のアームが関節によって接続された多関節アームを有する。位置特定部は、医療行為を受ける患者の部位の位置を表す施術位置を特定する。

[0012] 領域設定部は、医療行為を実施する際の多関節アームの先端部分が移動可能な領域である移動可能領域の外側に多関節アームの先端部分が移動することを禁止する領域を表す可動禁止領域を、位置特定部で特定した施術位置を基点として設定する。

[0013] 先端位置特定部は、多関節アームの先端部分の位置を表す先端位置を特定する。制御部は、先端位置特定部で特定した先端位置が、領域設定部で設定された可動禁止領域へと移動すると、医療行為の安全性を向上させる安全制御を実行する。

[0014] このような医療行為支援装置によれば、可動禁止領域へと先端位置が移動した場合に安全制御を実行できる。この安全制御は、医療行為の安全性を向上させる制御である。

[0015] したがって、医療行為支援装置によれば、多関節ロボットが誤動作して、可動禁止領域へと先端位置が移動するようなことがあっても、高い安全性を担保できる。

図面の簡単な説明

[0016] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。

[図1]医療行為支援装置の概略構成を説明する説明図である。

[図2]医療行為支援装置の制御系を説明するブロック図である。

[図3]医療行為支援装置の概要を説明する説明図である。

[図4]医療行為支援処理の処理手順を説明するフローチャートである。

[図5A]医療行為支援処理の処理内容を説明する説明図であり、移動可能領域および可動禁止領域を側方視した図である。

[図5B]医療行為支援処理の処理内容を説明する説明図であり、移動可能領域および可動禁止領域を上方視した図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下に本開示の実施形態を図面と共に説明する。

<医療行為支援システム>

図1に示す医療行為支援システム1は、医療行為を支援するシステムである。本実施形態における医療行為支援システム1は、医療行為支援装置の一例である。

[0018] 本実施形態においては、医療行為として、歯科インプラントを想定する。歯科インプラントは、患者100（図3参照）の顎骨にインプラント体を埋め込み、その埋め込まれたインプラント体に補綴物を装着する歯科手術である。以下では、インプラント体を埋入する患者100の顎骨の位置（部位）を施術位置と称す。

[0019] 図1、図2に示すように、医療行為支援システム1は、手術ツール2と、設置台4と、位置追跡装置12と、医療行為計画装置18と、表示装置26と、音声出力装置28と、入力装置30と、ガイドロボット32とを備えている。

[0020] 手術ツール2は、医療行為に用いる器具である。この手術ツール2は、ガイドロボット32の先端に取り付けられる。

[0021] 本実施形態における手術ツール2には、歯科医療に用いるドリルユニットを含む。このドリルユニットは、歯科医療に用いる各種のドリルビットと、そのドリルビットを駆動する駆動機構とを有している。なお、ここで言うドリルユニットには、いわゆる歯科用ハンドピースを含む。この歯科用ハンドピースとは、ストレート・ギアードアングルハンドピースやコントラハンドピースと称されるものである。

- [0022] 医療行為支援システム１では、ガイドロボット３２の先端に取り付けられた手術ツール２により、術者が実施する歯科インプラントを支援する。ここで言う「歯科インプラントの支援」には、インプラント体を埋入する患者１００の部位である施術位置への手術ツール２の移動が含まれる。この手術ツール２の移動には、患者１００の口腔内への手術ツール２の進入や、手術ツール２を交換する交換位置への移動が含まれる。
- [0023] さらに、ここで言う「歯科インプラントの支援」には、手術ツール２としてのドリルによる顎骨への穿孔を含んでもよい。
- [0024] 設置台４は、ガイドロボット３２が設置される機構である。この設置台４は、天板６と、支持部８と、設置台駆動機構１０（図２参照）とを備えている。
- [0025] 天板６は、ガイドロボット３２が固定される板状の部材である。支持部８は、天板６を水平に支持する支柱である。設置台駆動機構１０は、天板６をＸ軸方向、Ｙ軸方向、Ｚ軸方向のそれぞれの方向に沿って駆動させるモータを有している。
- [0026] すなわち、設置台４は、天板６に設置されたガイドロボット３２を、水平面及び垂直方向に沿って自在に移動するように構成されている。
- [0027] 位置追跡装置１２は、ガイドロボット３２に規定された基準点と、施術位置との相対的な位置関係を特定する装置である。
- [0028] 本実施形態における位置追跡装置１２は、アーム基準点から延出された多関節アームであるアーム１４と、アーム１４の先端に取り付けられるアタッチメント１６とを有する。ここで言うアーム基準点とは、ガイドロボット３２においてアーム１４の延出が開始される位置である。
- [0029] アタッチメント１６は、患者１００の患部に取り付けられる。本実施形態におけるアタッチメント１６として、施術位置がマーキングされたマウスピースを用いる。
- [0030] すなわち、位置追跡装置１２は、アタッチメント１６のマーキングされた位置を施術位置として、アーム基準点からの相対位置によって特定する周知

のトラッキングアームである。

[0031] 医療行為計画装置 18 は、施術位置を特定して、その特定した施術位置への医療行為の計画を作成する装置である。この医療行為計画装置 18 は、情報取得部 20 と、記憶部 22 と、制御部 24 とを備えている。情報取得部 20 は、施術位置の特定に必要な情報（以下、「位置特定情報」と称す）を取得する。

[0032] 本実施形態における情報取得部 20 は、コンピュータ断層撮影（C T : C o m p u t e d T o m o g r a p h y）装置によって撮影した複数の断層画像を位置特定情報として取得する。

[0033] 記憶部 22 は、データや処理プログラムを記憶する周知の記憶装置である。

[0034] 制御部 24 は、少なくとも R O M , R A M , C P U を備えた周知のマイクロコンピュータを有した周知の制御装置であり、記憶部 22 に記憶された処理プログラムに従って処理を実行する。

[0035] なお、医療行為計画装置 18 の記憶部 22 には、「医療行為の計画」を作成する医療行為計画作成処理を制御部 24 が実行するための処理プログラムが格納されている。

[0036] この医療行為計画作成処理では、位置特定情報に基づく患者 100 の顎骨の 3 次元座標情報に従って、「医療行為の計画」を作成する。この「医療行為の計画」の作成は、インプラント体を埋入する施術位置の特定、インプラント体を埋入する角度の特定、インプラント体を埋入する深さの特定を、プランニング座標系において実施することを含む。なお、施術位置には、インプラント体を埋入する顎骨が上顎骨であるか下顎骨であるか、その顎骨における歯の位置を含む。「医療行為の計画」には、施術位置へ医療行為を実施する際のガイドロボット 32 の動作時における、患者 100 の口腔内への手術ツール 2 を進入させるタイミングや、その患者 100 の口腔内への手術ツール 2 の進入角度を含んでもよい。

[0037] なお、ここで言うプランニング座標系とは、医療行為計画装置 18 にて計

画される「医療行為の計画」における座標系（例えば、ＣＴ画像における座標系）である。

[0038] 以下、「医療行為の計画」を、医療行為必要情報と称す。なお、「医療行為の計画」を作成する方法は、周知であるため、ここでの詳しい説明は省略する。

[0039] 表示装置２６は、画像を表示する周知の装置（例えば、液晶ディスプレイ）である。音声出力装置２８は、音声を出力する周知の装置（例えば、スピーカ）である。

[0040] また、入力装置３０は、情報の入力を受け付ける周知の装置である。この入力装置３０には、キーボードやポインティングデバイス、スイッチなどの各種入力機器を含む。ここで言うポインティングデバイスには、タッチパッドやタッチパネルなどの周知の機構を含む。

<ガイドロボット>

ガイドロボット３２は、多関節アーム３４と、ロボット制御部５０とを備えた、周知の垂直多関節ロボットである。

[0041] 多関節アーム３４は、設置台４に固定されるベース部３６と、ベース部３６から延出するアームを形成する上腕部３８及び前腕部４０と、前腕部４０の先端に位置し、手術ツール２が取り付けられるハンド取付部４２とを備えている。

[0042] 多関節アーム３４を構成するベース部３６と上腕部３８と前腕部４０とハンド取付部４２とは、それぞれ、関節部を介して接続されている。この関節部それぞれは、ロボット駆動装置４４と、センシング装置４６とを備えている。

[0043] ロボット駆動装置４４は、多関節アーム３４を駆動する装置である。このロボット駆動装置４４として、各関節部を駆動するモータを用いる。センシング装置４６は、多関節アーム３４の先端（ひいては、手術ツール２）の座標を検出するものである。このセンシング装置４６として、例えば、ロボット駆動装置４４それぞれの回転角度を検出するロータリーエンコーダを用い

てもよい。

[0044] すなわち、多関節アーム 34 は、実空間の三次元座標系（X，Y，Z 座標系）において、複数の可動部を有する周知のアームである。この多関節アーム 34 の先端（即ち、ハンド取付部 42）には、手術ツール 2 が取り付けられる。

[0045] ロボット制御部 50 は、センシング装置 46 でのセンシングの結果に従って、ガイドロボット 32 のロボット駆動装置 44 を駆動する。このロボット制御部 50 は、制御部 52 と、記憶部 54 とを備えている。

[0046] 制御部 52 は、少なくとも ROM，RAM，CPU を備えた周知のマイクロコンピュータを有した周知の制御装置である。記憶部 54 は、情報やデータを記憶する周知の装置である。

[0047] 記憶部 54 には、術者が実施する医療行為を医療行為支援システム 1 にて支援する医療行為支援処理をロボット制御部 50 が実行するための処理プログラムが格納されている。

<医療行為支援処理>

次に、ロボット制御部 50 が実行する医療行為支援処理について説明する。

[0048] 医療行為支援処理は、図 3 に示すような予め規定された装置設置場所 80 に医療行為支援システム 1 を設置し、位置追跡装置 12 にて患者 100 の埋入位置を追跡可能な状態とした上で起動される。なお、装置設置場所 80 の一例として、ベッド（手術台）102 に横たわる患者 100 の胸部の少なくとも一部分を、設置台 4 の天板 6 が覆う位置が考えられる。

[0049] そして、医療行為支援処理が起動されると、ロボット制御部 50 の制御部 52 は、図 4 に示すように、医療行為計画装置 18 から医療行為必要情報を取得する（S110）。

[0050] そして、医療行為支援処理では、制御部 52 は、位置追跡装置 12 のアタッチメント 16 におけるマーキングされた箇所のアーム基準点からの相対位置を位置追跡装置 12 から取得する（S120）。続いて、医療行為支援処

理では、制御部52は、S120で取得したアタッチメント16のマーキングされた箇所の相対位置に基づいて、実空間の3次元座標系における患者100の施術位置の初期位置を登録する（S130）。このS130における施術位置の初期位置の登録は、周知のレジストレーションに従って実行すればよい。レジストレーションは、医療行為計画装置18にて特定した、プランニング座標系における施術位置を、実空間の3次元座標系における施術位置へと変換して登録する処理である。

[0051] レジストレーションでは、具体的には、下記（1）式に従って、プランニング座標系におけるアタッチメント16のマーキングされた箇所の座標を算出する。

[0052] [数1]

$${}^{TRAK}T_{CT} = {}^{TRAK}T_{TRAKtip} \cdot {}^{TRAKtip}T_{A'} \cdot {}^{A'}T_A \cdot {}^{CT}T_A^{-1} \quad (1)$$

ただし、（1）式における符号「 ${}^{TRAK}T_{TRAKtip}$ 」は、実空間の3次元座標系での位置追跡装置12におけるアーム14の先端の位置である。また、符号「 ${}^{TRAK}T_{A'}$ 」は、実空間の3次元座標系での位置追跡装置12におけるアタッチメント16の位置である。符号「 ${}^{A'}T_A$ 」は、アタッチメント16の取付誤差を補正する値である。

[0053] そして、レジストレーションでは、下記（2）式に従って、実空間の3次元座標系におけるアタッチメント16のマーキングされた箇所の座標、即ち、施術位置の初期位置を算出する。

[0054] [数2]

$${}^{TRAK}T_{IMP} = {}^{TRAK}T_{CT} \cdot {}^{CT}T_{IMP} \quad (2)$$

ただし、（2）式における符号「 ${}^{CT}T_{IMP}$ 」は、プランニング座標系における施術位置である。

[0055] このレジストレーションにより、位置追跡装置12にて求めた、アタッチメント16におけるマーキングされた箇所のアーム基準点からの相対位置を、実空間の3次元座標系における施術位置として追尾可能となる。

[0056] なお、本実施形態においては、キャリブレーションは実行されているものとして説明する。ここで言うキャリブレーションは、ツール先端位置と施術位置との相対的な位置関係を共通する座標系に配置する処理である。ここで言う共通する座標系とは、実空間の３次元座標系であり、例えば、ガイドロボット３２におけるロボット座標系である。

[0057] また、ここで言うツール先端位置とは、手術ツール２の先端部分を表す先端位置であり、例えば、ドリルビットの先端部分の位置である。このツール先端位置は、多関節アームの先端部分の位置を表す先端位置の一例である。

[0058] 続いて、医療行為支援処理では、制御部５２は、Ｓ１１０で取得した医療行為必要情報に基づいて、多関節アーム３４の動作の態様を表すアーム動作態様を導出する（Ｓ１４０）。ここで言うアーム動作態様には、医療行為におけるガイドロボット３２の多関節アーム３４の軌道（以下、「アーム軌道」と称す）を含む。

[0059] 具体的には、本実施形態のＳ１４０では、医療行為計画装置１８にて計画された「医療行為の計画」に従って、施術位置への医療行為に際して手術ツール２を移動させるガイドロボット３２（多関節アーム３４）の軌道をアーム軌道として導出する。このアーム軌道は、通常、多関節アーム３４を制御不能となる特異点が生じないように決定される。このアーム軌道の導出は、垂直多関節ロボットにおける周知の手法を用いて行われるため、ここでの詳しい説明は省略する。

[0060] 続くＳ１５０では、制御部５２は、Ｓ１３０で登録した施術位置を基点として可動禁止領域を設定する。ここで言う可動禁止領域とは、多関節アーム３４の先端部分が移動することを禁止する領域である。この可動禁止領域は、移動可能領域の外側、例えば、移動可能領域の周縁に設定される。また、ここで言う移動可能領域とは、医療行為を実施する際の多関節アーム３４の先端部分が移動可能な実空間上の領域である。

[0061] Ｓ１５０においては、「施術位置を基点として可動禁止領域を設定」とは、可動禁止領域において基準となる座標と施術位置との相対的な位置関係が

予め規定された条件を満たすように可動禁止領域を設定することである。予め規定された条件とは、例えば、施術位置を通るX-Y平面上での移動可能領域の重心が施術位置に一致することであってもよい。

[0062] 続いて、医療行為支援処理では、ロボット制御部50の制御部52は、S150で設定された可動禁止領域を表示装置26へと出力する(S160)。その表示装置26は、可動禁止領域を表示する。具体的に、本実施形態の表示装置26は、図5A、図5Bに示すように、患者100の施術位置の周辺を映した画像に、可動禁止領域を重畳するように表示する。表示装置26に表示される可動禁止領域は、移動可能領域と区別可能な態様にて表示される。なお、図5Aは、移動可能領域および可動禁止領域を側方視した図であり、図5Bは移動可能領域および可動禁止領域を上方視した図である。

[0063] さらに、医療行為支援処理では、制御部52は、可動禁止領域の変更指示を、入力装置30を介して受け付けたか否かを判定する(S170)。なお、可動禁止領域の変更指示は、表示装置26に表示された可動禁止領域を、入力装置30を介して修正することで受け付けてもよい。

[0064] このS170での判定の結果、可動禁止領域の変更指示を受け付けていれば(S170: YES)、制御部52は、その受け付けた変更指示に従って、可動禁止領域を変更する(S180)。なお、ここ言う可動禁止領域の変更とは、例えば、可動禁止領域の位置を変更することや、可動禁止領域の大きさを変更することである。

[0065] その後、制御部52は、医療行為支援処理をS160へと戻す。そのS160では、制御部52は、変更された可動禁止領域を表示装置26に表示させる。

[0066] 一方、S170での判定の結果、可動禁止領域の変更指示を受け付けていなければ(S170: NO)、制御部52は、医療行為支援処理をS190へと移行させる。そのS190では、制御部52は、S140で導出したアーム軌道に従って手術ツール2が移動するようにガイドロボット32を動作させる。

- [0067] 続いて、医療行為支援処理では、制御部52は、ツール先端位置を特定する（S200）。このツール先端位置を特定する方法として、例えば、多関節アーム34のアーム基準点との相対的な位置関係に従って特定する周知の方法が考えられる。
- [0068] そして、医療行為支援処理では、制御部52は、位置追跡装置12にて求めた、アタッチメント16におけるマーキングされた箇所のアーム基準点からの相対位置に基づいて、実空間の3次元座標系における施術位置を特定する（S210）。つまり、医療行為支援処理において繰り返し実行されるS210では、施術位置を時間軸に沿って順次特定する。
- [0069] さらに、制御部52は、S210で特定した施術位置に基づいて、実空間の3次元座標系における可動禁止領域を更新する（S220）。具体的にS220では、制御部52は、実空間の3次元座標における施術位置が推移したとしても、その推移した施術位置を基点とした可動禁止領域が設定されるように、可動禁止領域の実空間における3次元座標を更新する。
- [0070] 続いて、医療行為支援処理では、制御部52は、S190で算出したツール先端位置が、S220で更新された可動禁止領域内であるか否かを判定する（S230）。この判定の結果、ツール先端位置が可動禁止領域内であれば（S230：YES）、制御部52は、詳しくは後述するS290へと医療行為支援処理を移行させる。
- [0071] 一方、S230での判定の結果、ツール先端位置が可動禁止領域外、即ち、移動可能領域内であれば（S230：NO）、制御部52は、医療行為支援処理をS240へと移行させる。
- [0072] このS240では、制御部52は、S190で特定したツール先端位置と、領域境界との距離を表す境界距離を算出する。ここで言う領域境界とは、移動可能領域と可動禁止領域との境界である。そして、S240では、制御部52は、ツール先端位置から最も近い位置に存在する領域境界までの距離を、境界距離として算出する。
- [0073] 続いて、制御部52は、S240で算出した境界距離が、予め規定された

閾値以下であるか否かを判定する（Ｓ２５０）。このＳ２５０での判定の結果、境界距離が閾値以下であれば（Ｓ２５０：ＹＥＳ）、制御部５２は、詳しくは後述するＳ２８０へと医療行為支援処理を移行させる。

[0074] 一方、Ｓ２５０での判定の結果、境界距離が閾値よりも大きければ（Ｓ２５０：ＮＯ）、制御部５２は、Ｓ１９０で特定したツール先端位置と、Ｓ２１０で特定した施術位置とが一致しているか否かを判定する（Ｓ２６０）。

[0075] そして、Ｓ２６０での判定の結果、ツール先端位置と施術位置とが不一致であれば（Ｓ２６０：ＮＯ）、制御部５２は、医療行為支援処理をＳ１９０へと戻す。

[0076] 一方、Ｓ２６０での判定の結果、ツール先端位置と施術位置とが一致していれば（Ｓ２６０：ＹＥＳ）、制御部５２は、ドリルを駆動する指令であるドリル指令の入力を受け付ける（Ｓ２７０）。ドリル指令が入力された制御部５２は、手術ツール２のドリルビットを回転させる。そして、術者は、手術ツール２を用いて顎骨への穿孔を実施する。

[0077] その後、制御部５２は、医療行為支援処理をＳ１９０へと戻す。

[0078] なお、Ｓ２５０での判定の結果、境界距離が閾値以下である場合（Ｓ２５０：ＹＥＳ）に移行するＳ２８０では、制御部５２は、ツール先端位置が領域境界に近づいている旨を報知する報知制御を実行する。

[0079] この報知制御の一例として、制御部５２は、ツール先端位置が領域境界に近づいている旨を示す信号を、表示装置２６及び音声出力装置２８に出力することが考えられる。この場合、信号を取得した表示装置２６は、ツール先端位置が領域境界に近づいている旨を表示する。また、信号を取得した音声出力装置２８は、ツール先端位置が領域境界に近づいている旨を、音声にて出力する。

[0080] 報知制御の他の例として、ツール先端位置と領域境界との距離が近いほど、多関節アーム３４の動作抵抗を大きくすることが考えられる。この場合、動作抵抗を大きくする方法としては、多関節アーム３４を構成するモータに、抵抗が大きくなる方向の駆動力を発生させることが考えられる。

[0081] すなわち、医療行為支援処理のＳ２４０からＳ２８０では、ツール先端位置と領域境界との位置関係が、ツール先端位置が領域境界に近づいていることを表す条件として予め規定された規定条件を満たしていれば、報知制御を実行する。

[0082] その後、制御部５２は、医療行為支援処理をＳ１９０へと戻す。

[0083] ところで、Ｓ２３０での判定の結果、ツール先端位置が可動禁止領域に存在する場合に移行するＳ２９０では、制御部５２は、医療行為の安全性を向上させる安全制御を実行する。

[0084] 安全制御の一例として、多関節アーム３４の先端部分、ひいては、手術ツール２の移動を停止するようにガイドロボット３２の動作を停止することが考えられる。

[0085] また、安全制御の他の例として、ツール先端位置が可動禁止領域内に存在することを報知することが考えられる。ここで言う報知では、制御部５２は、ツール先端位置が可動禁止領域外に存在する旨を示す信号を、表示装置２６及び音声出力装置２８に出力することが考えられる。この場合、信号を取得した表示装置２６は、ツール先端位置が可動禁止領域外に存在する旨を表示し、信号を取得した音声出力装置２８は、ツール先端位置が可動禁止領域外に存在する旨を音声にて出力すればよい。

[0086] その後、制御部５２は、本医療行為支援処理を終了する。

[実施形態の効果]

以上説明したように、医療行為支援処理によれば、可動禁止領域へとツール先端位置が移動した場合に安全制御を実行できる。この安全制御は、医療行為の安全性を向上させる制御である。

[0087] したがって、医療行為支援処理によれば、ガイドロボット３２が誤動作して、可動禁止領域へと先端位置が移動するようなことがあっても、高い安全性を担保できる。

[0088] 特に、安全制御として、ツール先端位置が可動禁止領域内に存在する場合に、多関節アームの先端部分の移動を停止することを実行すれば、ガイドロ

ボット 3 2 が誤動作したとしても、医療行為における安全性をより確実に担保できる。

[0089] また、医療行為支援処理の S 2 8 0 では、ツール先端位置が領域境界に近づくと報知制御を実行した場合、医療行為支援システム 1 の利用者（例えば術者）は、移動可能範囲内に存在するツール先端位置が可動禁止領域へと達する前に、ツール先端位置が可動禁止領域に近づいていることを認識できる。

[0090] ところで、医療行為支援システム 1 を用いて医療行為を実現する場合、ガイドロボット 3 2 は多関節アーム 3 4 の移動を補助するだけであり、多関節アーム 3 4 の操作を術者が行うことが多い。このことから、医療行為支援処理において、ツール先端位置が領域境界に近いほど、多関節アーム 3 4 の動作抵抗を大きくすることを報知制御として実行した場合には、次の効果が得られる。

[0091] その効果とは、医療行為に対する術者の集中力を維持したまま、ツール先端位置が領域境界に近づいていることを認識させることができ、術者は、ツール先端位置が領域境界に近づいていることを、医療行為の実行中に違和感なく認識できるという点である。

[0092] また、医療行為支援処理においては、施術位置の変化に従って、可動禁止領域を更新している。この結果、医療行為支援処理によれば、患者が医療行為を受けている場合に、患者の治療すべき部位が移動してしまい、施術位置が変化したとしても、その施術位置の変化に応じた適切な領域を可動禁止領域として設定できる。

[0093] しかも、医療行為支援処理では、医療行為支援システム 1 の利用者が可動禁止領域を編集できる。このため、医療行為支援システム 1 の利用者は、医療行為を実施する際に使い勝手の良い可動禁止領域を設定でき、医療行為をよりスムーズに実行できる。

[0094] そして、医療行為支援処理においては、設定された可動禁止領域を報知している。このため、医療行為支援システム 1 の利用者は、設定された可動禁

止領域を認識できる。

[その他の実施形態]

以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲において、様々な態様にて実施することが可能である。

[0095] 上記実施形態の医療行為支援処理におけるS180では、可動禁止領域だけを変更し、移動可能領域はS160にて設定された領域を維持してもよい。

[0096] また、上記実施形態の医療行為支援処理におけるS240からS280では、ツール先端位置と領域境界との位置関係が、ツール先端位置が領域境界に近づいていることを表す条件として予め規定された規定条件を満たしているか否かの判定を、境界距離が閾値以下であるか否かを判定することで実現していたが、ツール先端位置と領域境界との位置関係が規定条件を満たしているか否かの判定方法は、これに限るものではない。例えば、ツール先端位置と領域境界との位置関係が規定条件を満たしているか否かの判定は、予め規定された規定時間に時間軸に沿って特定したツール先端位置に基づいて、ツール先端位置の軌道を特定し、その特定したツール先端位置の軌道が領域境界に近づいているか否かを判定することで実現してもよい。すなわち、ツール先端位置と領域境界との位置関係が規定条件を満たしているか否かの判定は、ツール先端位置が領域境界に近づいているか否かを判定可能であれば、どのような方法で実現してもよい。

[0097] さらに、上記実施形態では、手術ツール2の先端部分、即ち、ドリルビットの先端部分をツール先端位置としていたが、先端位置は、これに限るものではない。本開示における先端位置は、多関節アーム34自体の先端部分の位置であってもよいし、手術ツール2における特定の部位の位置であってもよい。

[0098] また、上記実施形態においては、位置追跡装置12を周知のトラッキングアームによって構成していたが、位置追跡装置12は、これに限るものでは

ない。すなわち、位置追跡装置 12 は、例えば、指向性を高めた赤外線などの探査波を照射し、埋入位置の変化を追跡する装置であってもよいし、その他の埋入位置の座標を特定可能な装置であってもよい。前者の場合、探査波を照射する機構は、医療行為支援システム 1 が配置される空間上に配置されてもよいし、患者 100 の治療部位に配置されてもよい。

[0099] 換言すると、位置追跡装置 12 は、ガイドロボット 32 に規定された基準点と、施術位置との相対的な位置関係を特定可能な装置であれば、どのようなものであってもよい。

[0100] さらに、上記実施形態における医療行為計画装置 18 の情報取得部 20 は、コンピュータ断層撮影装置から位置特定情報を取得していたが、医療行為計画装置 18 の情報取得部 20 は、その他の装置から位置特定情報を取得してもよい。

[0101] 上記実施形態においては、医療行為支援システム 1 が支援する医療行為として、歯科インプラントを想定していたが、医療行為支援システム 1 が支援する医療行為は、歯科インプラントに限るものではない。例えば、医療行為支援システムが支援する医療行為は、外科手術であってもよいし、内科医療であってもよいし、歯科インプラント以外の歯科医療であってもよいし、その他の医療行為であってもよい。

[0102] そして、施術位置は、インプラント体を埋入する患者の顎骨の位置（部位）に限るものではなく、例えば、外科手術が必要な患者 100 の部位や、内科医療が必要な患者 100 の部位、歯科医療が必要な患者 100 の部位であってもよい。

[0103] なお、これらの場合、ガイドロボット 32 の先端に取り付けられる手術ツール 2 は、歯科医療に用いるドリルユニットに限るものではなく、各種の医療行為に用いられる道具であってもよい。この場合の各種医療行為に用いられる道具は、例えば、メスや鉗子などの手術器具であってもよいし、その他の医療器具であってもよい。

[0104] さらに言えば、医療行為支援システム 1 は、ガイドロボット 32 による医

療行為の支援を停止する停止スイッチや、ガイドロボット 32 による医療行為の支援の可否を受け付けるスイッチを備えていてもよい。

[0105] ここで、この出願に記載されるフローチャート、あるいは、フローチャートの処理は、複数のセクション（あるいはステップと言及される）から構成され、各セクションは、例えば、S 100 と表現される。さらに、各セクションは、複数のサブセクションに分割されることができる、一方、複数のセクションが合わさって一つのセクションにすることも可能である。さらに、このように構成される各セクションは、デバイス、モジュール、ミーンズとして言及されることができる。

[0106] 本開示は、実施形態に準拠して記述されたが、本開示は当該実施形態や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

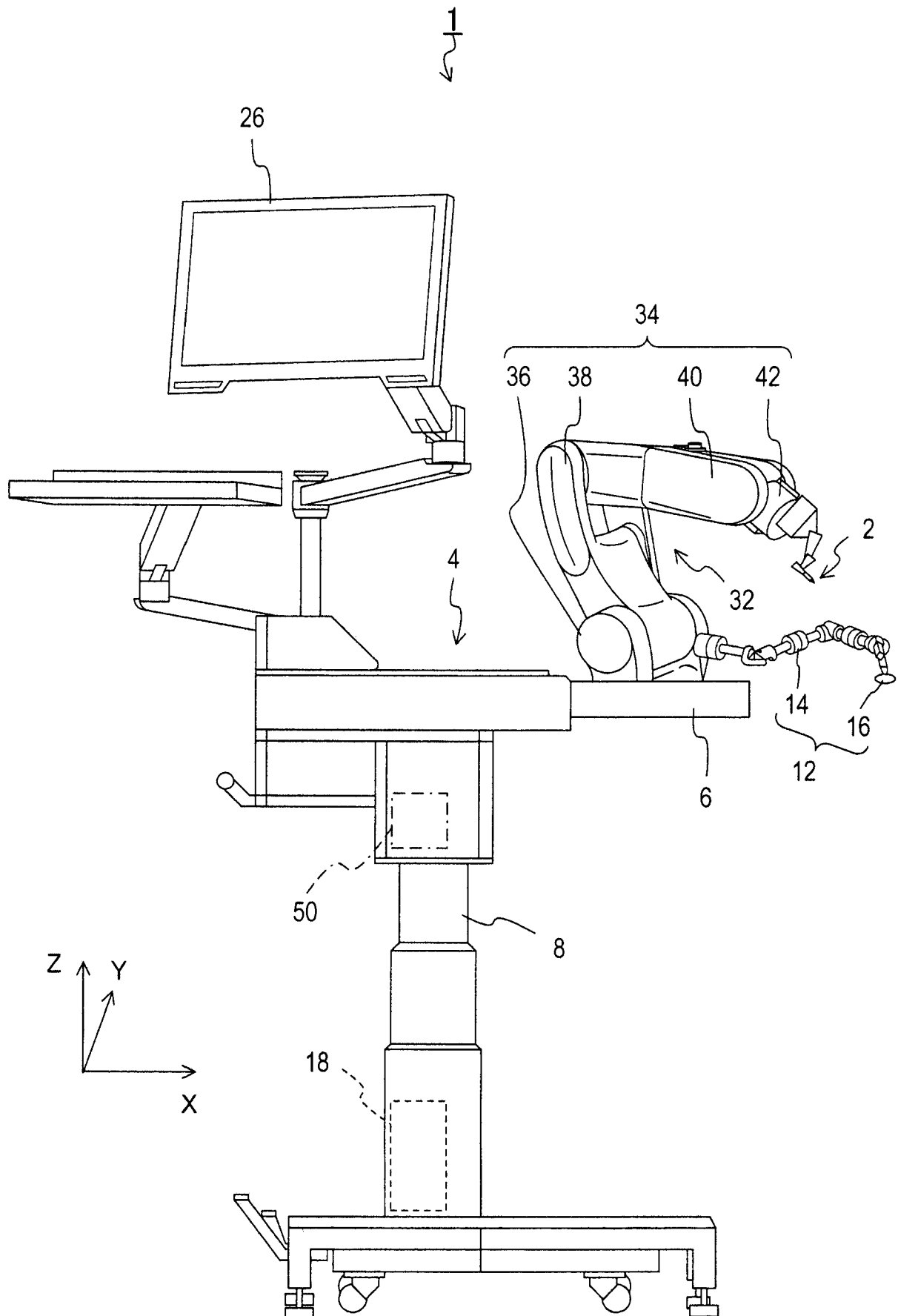
請求の範囲

- [請求項1] 複数のアームが関節によって接続された多関節アーム（34）を有した多関節ロボット（32）と、
- 医療行為を受ける患者の部位の位置を表す施術位置を特定する位置特定部（50，S130，S210）と、
- 前記医療行為を実施する際の前記多関節アームの先端部分が移動可能な領域である移動可能領域の外側に前記多関節アームの先端部分が移動することを禁止する領域を表す可動禁止領域を、前記位置特定部で特定した前記施術位置を基点として設定する領域設定部（50，S150）と、
- 前記多関節アームの先端部分の位置を表す先端位置を特定する先端位置特定部（50，S190）と、
- 前記先端位置特定部で特定した先端位置が、前記領域設定部で設定された前記可動禁止領域へと移動すると、前記医療行為の安全性を向上させる安全制御を実行する制御部（50，S230，S290）とを備える、医療行為支援装置。
- [請求項2] 前記領域設定部で設定された前記可動禁止領域の変更を受け付ける受付部（50，S170）と、
- 前記受付部で受け付けた前記可動禁止領域の変更に従って、前記領域設定部で設定した可動禁止領域を更新する更新部（50，S180）と
- を備え、
- 前記領域設定部は、
- 前記更新部によって更新された前記可動禁止領域を、新たな可動禁止領域として設定する、請求項1に記載の医療行為支援装置。
- [請求項3] 前記領域設定部で設定された前記可動禁止領域を報知する第1報知部（50，S160）
- を備える、請求項1に記載の医療行為支援装置。

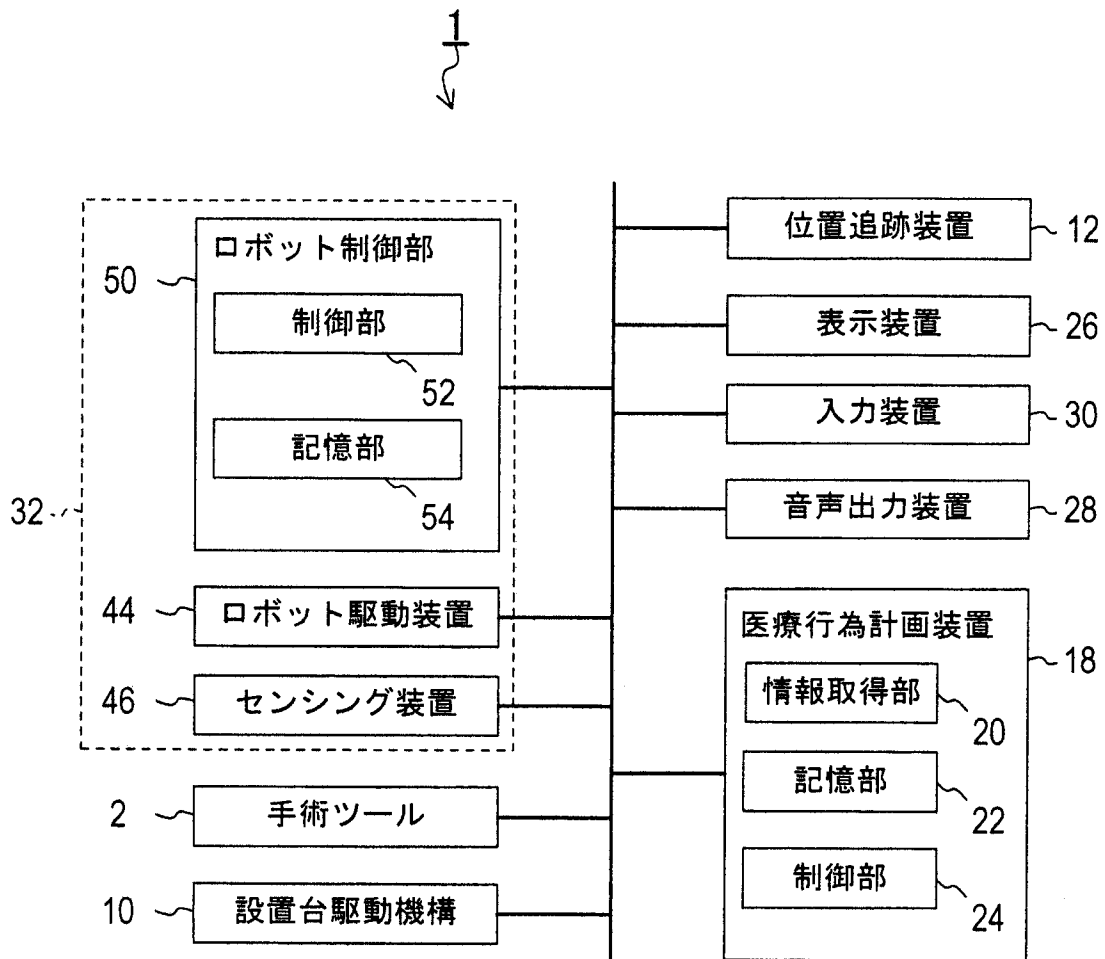
- [請求項4] 前記第1報知部は、
前記可動禁止領域を表示することを、前記報知として実行する、請求項3に記載の医療行為支援装置。
- [請求項5] 前記先端位置特定部で特定した先端位置と、前記移動可能領域と前記可動禁止領域との境界である領域境界との位置関係が、前記先端位置が前記領域境界に近づいていることを表す条件として予め規定された規定条件を満たすと、前記先端位置が前記領域境界に近づいている旨を報知する報知制御を実行する第2報知部（50, S240, S250, S280）
を備える、請求項1から請求項4までのいずれか一項に記載の医療行為支援装置。
- [請求項6] 前記第2報知部は、
前記先端位置が前記領域境界に近いほど、前記多関節アームの動作抵抗を大きくすることを、前記報知制御として実行する、請求項5に記載の医療行為支援装置。
- [請求項7] 前記施術位置を時間軸に沿って順次特定する位置追跡部（50, S210）と、
前記位置追跡部で特定した前記施術位置の推移に従って、前記領域設定部で設定された可動禁止領域を更新する領域追尾部（50, S220）と
を備える、請求項1から請求項6までのいずれか一項に記載の医療行為支援装置。
- [請求項8] 前記制御部は、
前記先端位置が前記可動禁止領域内に存在することを報知することを、前記安全制御として実行する、請求項1から請求項7までのいずれか一項に記載の医療行為支援装置。
- [請求項9] 前記制御部は、
前記多関節アームの先端部分の移動を停止することを、前記安全制

御として実行する、請求項 1 から請求項 8 までのいずれか一項に記載の医療行為支援装置。

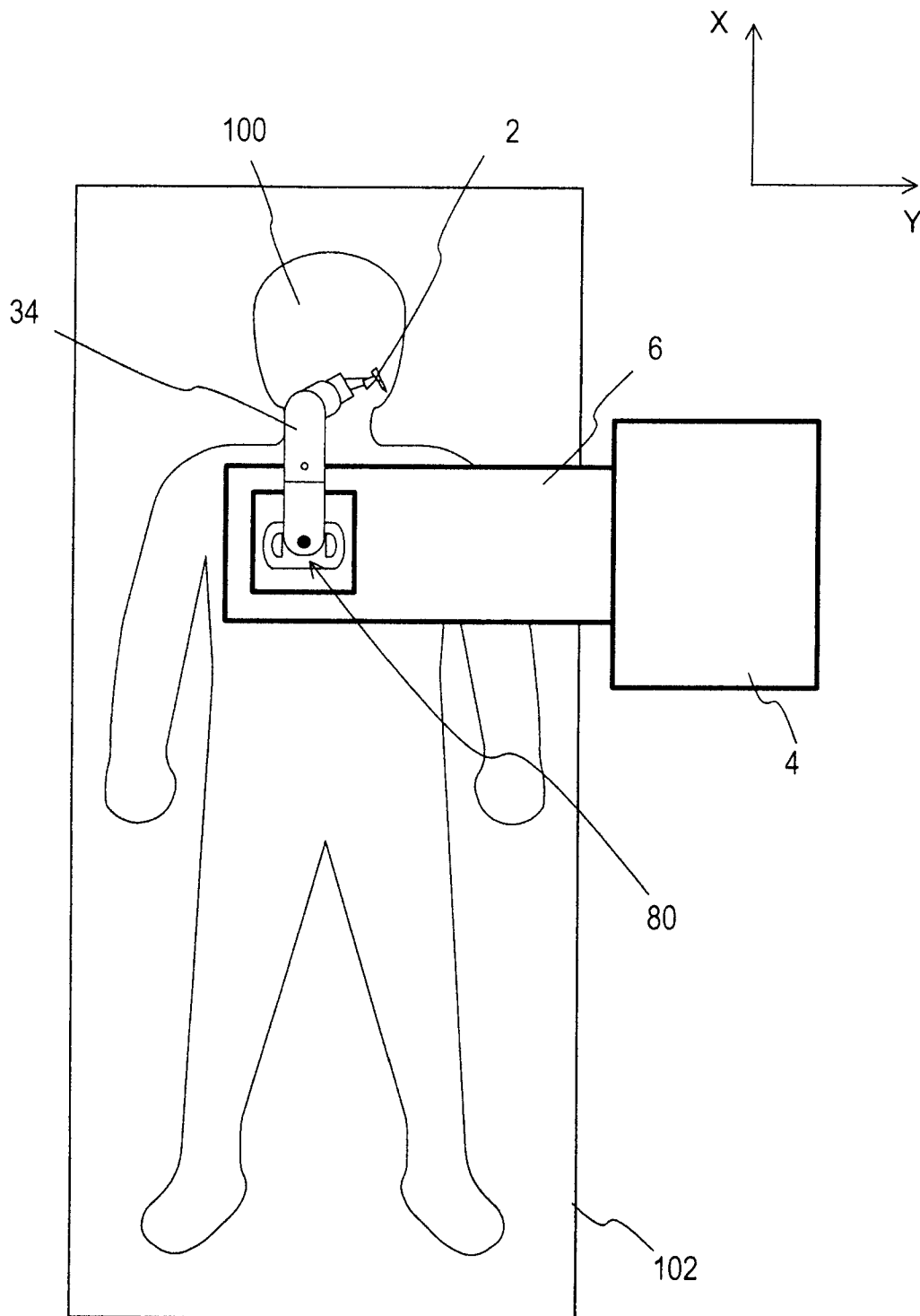
[図1]



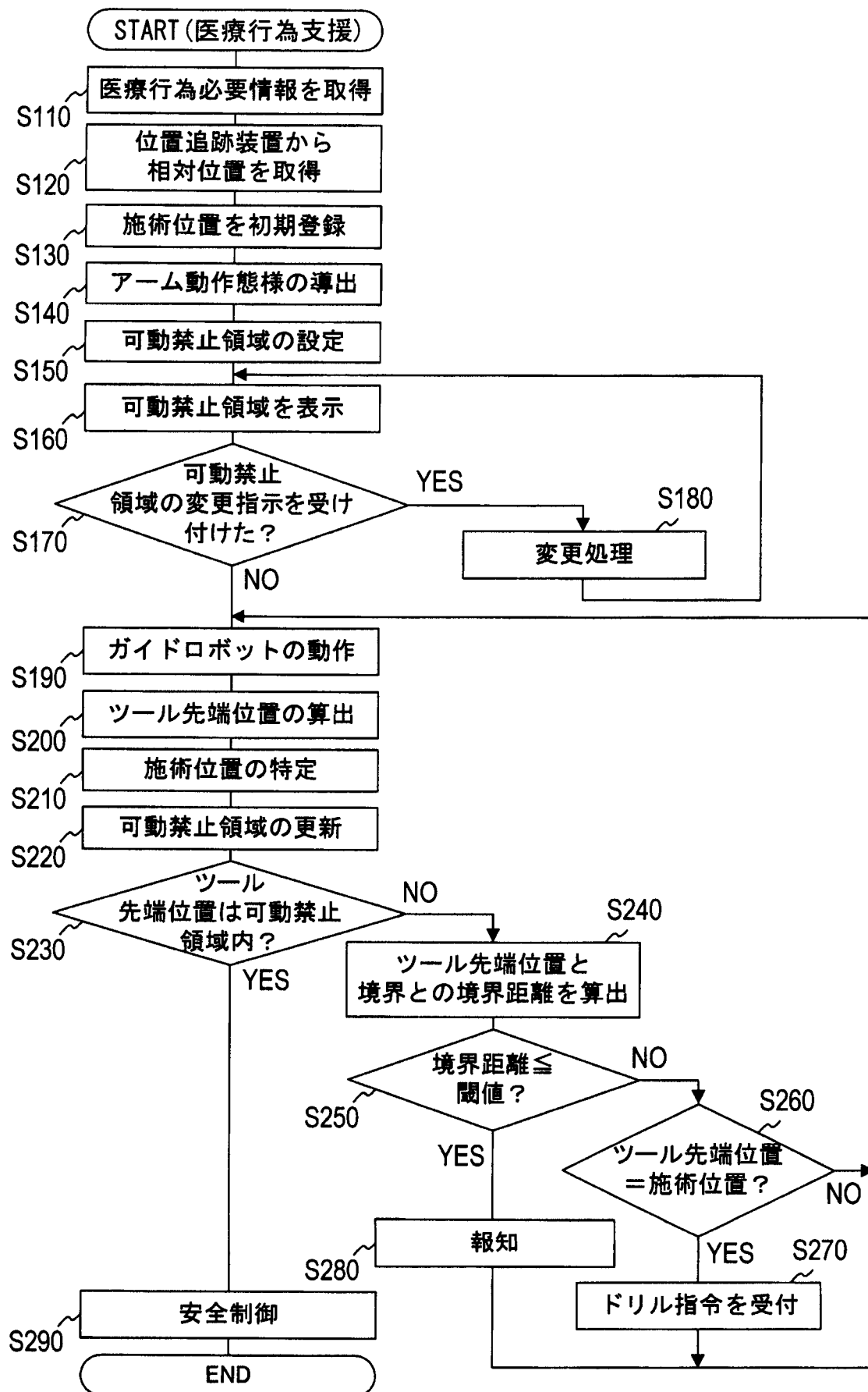
[図2]



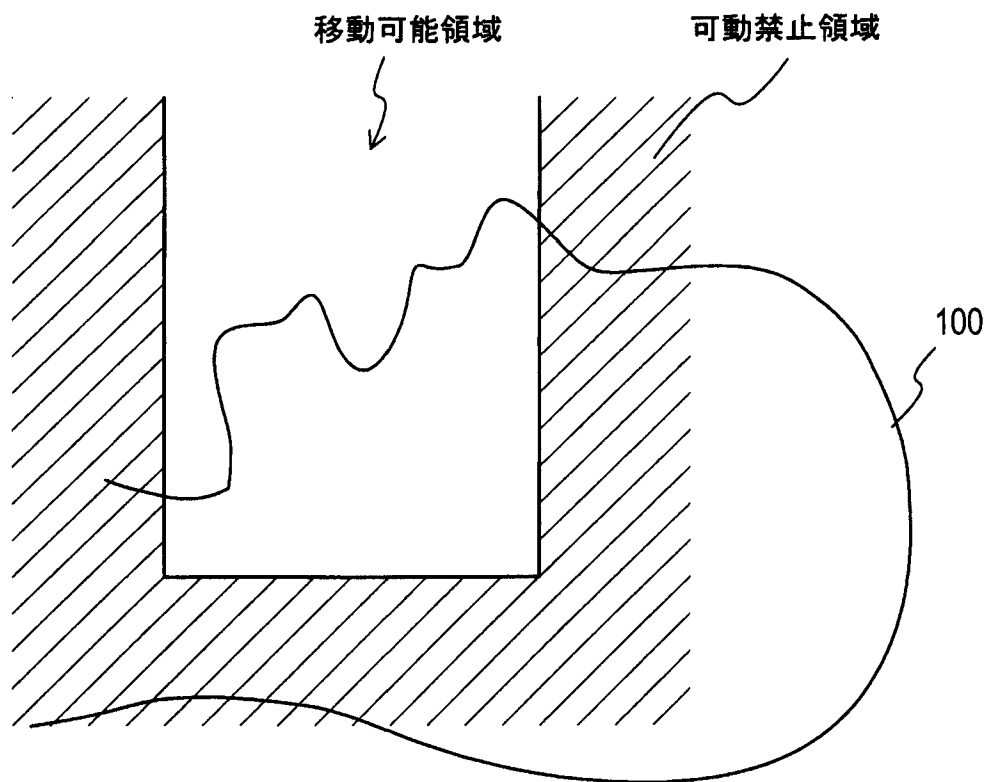
[図3]



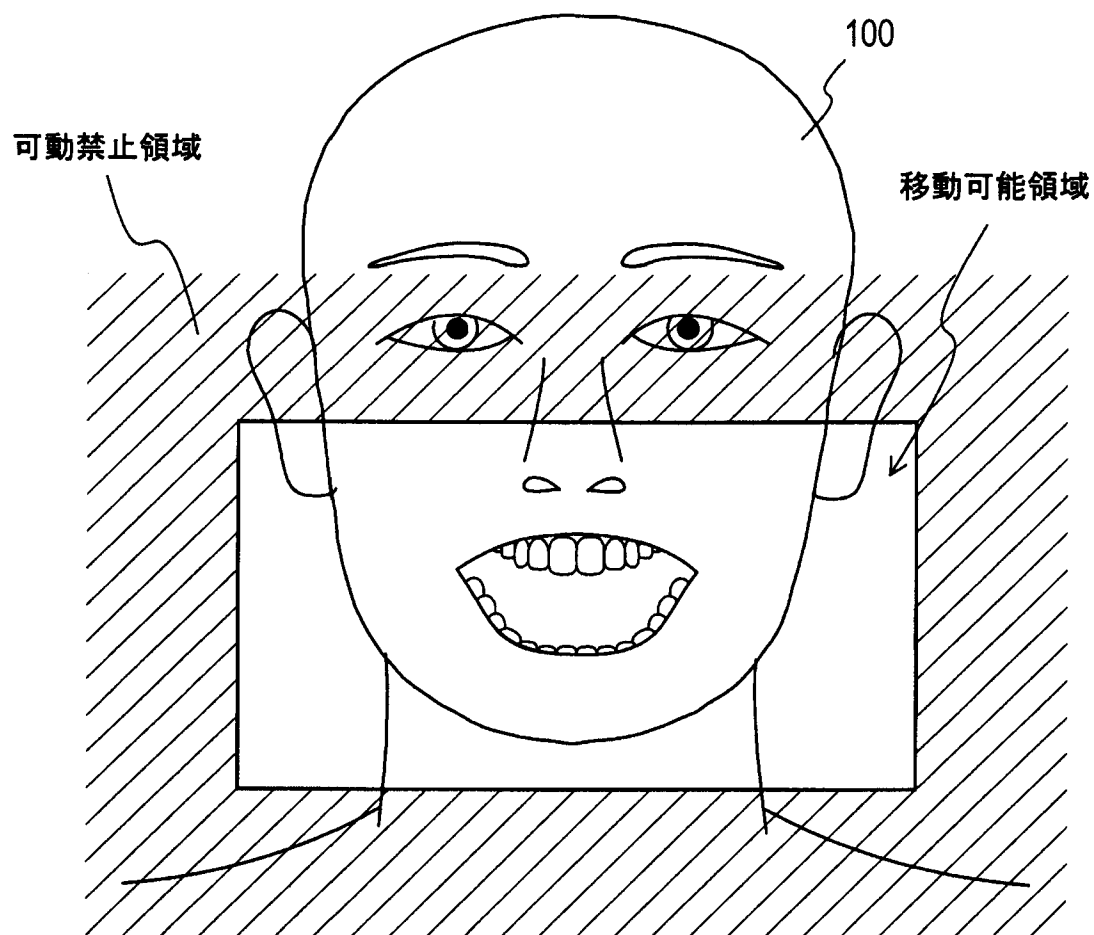
[図4]



[図5A]



[図5B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/002792

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B34/20(2016.01) i, B25J19/06(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B34/20, B25J19/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2004-223128 A (Hitachi, Ltd.), 12 August 2004 (12.08.2004), paragraphs [0017] to [0103]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-2, 5-6, 9 7
X A	JP 2008-018172 A (Hitachi Medical Corp.), 31 January 2008 (31.01.2008), paragraphs [0012] to [0036]; fig. 1 to 8 (Family: none)	1, 3-5, 8-9 7
A	WO 2002/060653 A2 (THE ACROBOT CO., LTD.), 08 August 2002 (08.08.2002), page 9, line 16 to page 17, line 9; fig. 3 to 15 & US 2004/0128026 A1 & EP 1355765 B1 & AT 394719 T & ES 2304430 T3 & AU 2002226572 A8	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 August 2016 (29.08.16)

Date of mailing of the international search report
06 September 2016 (06.09.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B34/20(2016.01)i, B25J19/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B34/20, B25J19/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2004-223128 A (株式会社日立製作所) 2004.08.12, 段落【0017】	1-2, 5-6, 9
A	- 【0103】, 【図1】 - 【図10】 (ファミリーなし)	7
X	JP 2008-018172 A (株式会社日立メディコ) 2008.01.31, 段落【0012】	1, 3-5, 8-9
A	- 【0036】, 【図1】 - 【図8】 (ファミリーなし)	7
A	WO 2002/060653 A2 (THE ACROBOT COMPANY LIMITED) 2002.08.08, 第 9頁第16行-第17頁第9行, FIG. 3-FIG. 15 & US 2004/0128026 A1 & EP 1355765 B1 & AT 394719 T & ES 2304430 T3 & AU 2002226572 A8	1-9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.08.2016

国際調査報告の発送日

06.09.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

宮崎 敏長

31

9134

電話番号 03-3581-1101 内線 3386