

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-23339

(P2017-23339A)

(43) 公開日 平成29年2月2日 (2017. 2. 2)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
A 6 1 C 19/04 (2006. 01)	A 6 1 C 19/04 Z	3 C 7 0 7
B 2 5 J 19/06 (2006. 01)	B 2 5 J 19/06	4 C 0 5 2
A 6 1 B 90/00 (2016. 01)	A 6 1 B 19/00 5 0 2	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2015-144037 (P2015-144037)	(71) 出願人	000004260
(22) 出願日	平成27年7月21日 (2015. 7. 21)		株式会社デンソー
		(74) 代理人	110000578
			名古屋国際特許業務法人
		(72) 発明者	椋本 豪
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	植山 剛
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(72) 発明者	豊田 和孝
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内

最終頁に続く

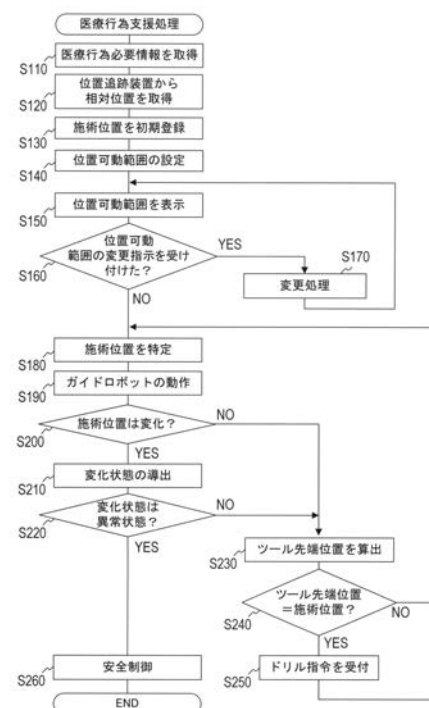
(54) 【発明の名称】 医療行為支援装置

(57) 【要約】

【課題】医療行為支援装置において、施術位置の状態が異常状態である場合に、医療行為における安全性を担保すること。

【解決手段】医療行為支援装置は、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した多関節ロボットと、ロボット制御部とを備える。ロボット制御部は、医療行為を受ける患者の部位の実空間上での位置を表す施術位置を特定する (50, S180)。その特定した施術位置の変位に基づく施術位置の状態が、異常を表すものとして予め規定された異常状態であるか否かを判定する (50, S200 ~ S220)。この判定の結果、施術位置の状態が異常状態であれば、医療行為の安全性を向上させる安全制御を実行する (50, S260)。

【選択図】 図 5



【特許請求の範囲】**【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実空間上での位置を表す施術位置を特定する位置特定手段（50，S180）と、

前記位置特定手段で特定した施術位置の変位に基づく前記施術位置の状態が、異常を表すものとして予め規定された異常状態であるか否かを判定する異常判定手段（50，S200～S220）と、

前記異常判定手段での判定の結果、前記施術位置の状態が前記異常状態であれば、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手段（50，S260）とを備える、医療行為支援装置（1）。 10

【請求項 2】

前記施術位置が移動する可能性のある空間上での範囲を表す位置可動範囲を設定する範囲設定手段（50，S140）を備え、

前記異常判定手段は、

前記位置特定手段で特定された施術位置を前記施術位置の状態とし、前記施術位置が、前記範囲設定手段で設定された位置可動範囲の外であれば、前記施術位置の状態が異常状態であるものと判定する、請求項 1 に記載の医療行為支援装置。 20

【請求項 3】

前記範囲設定手段で設定された前記位置可動範囲の変更を受け付ける受付手段（50，S160）と、

前記受付手段で受け付けた前記位置可動範囲の変更に従って、前記範囲設定手段で設定した位置可動範囲を更新する更新手段（50，S170）と

を備え、

前記範囲設定手段は、

前記更新手段によって更新された位置可動範囲を、新たな位置可動範囲として設定する、請求項 2 に記載の医療行為支援装置。

【請求項 4】

前記位置特定手段は、前記施術位置を時間軸に沿って繰り返し特定し、 30

前記判定手段は、

前記位置特定手段で特定された前記施術位置の推移に従って、前記施術位置の揺らぎを前記施術位置の状態として特定し、その特定した施術位置の揺らぎが、予め規定された第 1 閾値以上であれば、前記施術位置の状態が前記異常状態であるものと判定する

請求項 1 から請求項 3 までのいずれか一項に記載の医療行為支援装置。

【請求項 5】

前記位置特定手段は、前記施術位置を時間軸に沿って繰り返し特定し、

前記判定手段は、

前記位置特定手段で特定された前記施術位置の推移に従って、前記施術位置の加速度を前記施術位置の状態として特定し、その特定した施術位置の加速度が、予め規定された第 2 閾値以上であれば、前記施術位置の状態が前記異常状態であるものと判定する 40

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】

前記制御手段は、

前記施術位置の状態が前記異常状態であ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 5 までのいずれか一項に記載の医療行為支援装置。

【請求項 7】

前記制御手段は、

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 50

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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、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】

【0002】

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）。

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、インプラント体を埋入する患者の部位である施術位置を特定する三次元計測器と、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施術位置へと移動させる多関節ロボットとを備えている。特許文献 1 における三次元計測器は、可視画像を撮影する撮像装置である。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2013 - 236749 号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載された医療行為支援装置では、三次元計測器で撮影した可視画像に基づいて施術位置を特定している。

ところで、歯科インプラントを実施している際には、三次元計測器と施術位置との間に、多関節ロボットのアームや術者の身体などが入り込むことがある。すると、三次元計測器で撮影した画像には、施術位置が写り込まないため、施術位置を正確に特定できない可能性がある。

【0005】

このように、施術位置を正確に特定できないような異常状態に、多関節ロボットが動作してドリルビットが移動すると、そのドリルビットは術者が意図していない位置へと移動してしまい、安全性を担保することが困難となるおそれがある。

30

【0006】

つまり、特許文献 1 に記載された医療行為支援装置においては、施術位置の状態が異常状態である場合に、医療行為における安全性を担保することが求められている。

そこで、本発明は、医療行為支援装置においては、施術位置の状態が異常状態である場合に、医療行為における安全性を担保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になされた本発明は、多関節ロボット（32）と、位置特定手段（50，S180）と、異常判定手段（50，S200～S220）と、制御手段（50，S260）とを備える、医療行為支援装置（1）に関する。

40

【0008】

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（34）を有している。

位置特定手段は、医療行為を受ける患者の部位の実空間上での位置を表す施術位置を特定する。異常判定手段は、位置特定手段で特定した施術位置の変位に基づく施術位置の状態が、異常を表すものとして予め規定された異常状態であるか否かを判定する。

【0009】

制御手段は、異常判定手段での判定の結果、施術位置の状態が異常状態であれば、医療

50

行為の安全性を向上させる安全制御を実行する。

このような医療行為支援装置によれば、施術位置の状態が異常状態であれば、安全制御を実行できる。安全制御は、医療行為の安全性を向上させる制御である。

【0010】

このため、医療行為支援装置によれば、異常状態であっても、医療行為における安全性を担保できる。

医療行為支援装置は、範囲設定手段(50, S140)を備えていてもよい。範囲設定手段では、施術位置が移動する可能性のある空間上での範囲を表す位置可動範囲を設定する。

【0011】

この場合、異常判定手段は、位置特定手段で特定された施術位置そのものを施術位置の状態とし、施術位置が、範囲設定手段で設定された位置可動範囲の外であれば、施術位置の状態が異常状態であるものと判定してもよい。

【0012】

このような医療行為支援装置によれば、施術位置が位置可動範囲の外であれば、施術位置の状態が異常状態であるものと判定できる。

なお、「特許請求の範囲」及び「課題を解決するための手段」の欄に記載した括弧内の符号は、一つの態様として後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであって、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【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】位置追跡装置を例示する説明図である。

【図4】医療行為支援装置の配置位置を例示する説明図である。

【図5】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6】施術位置の可動範囲を説明する図であり、(A)は施術位置の可動範囲を上面視した図であり、(B)はX-Z平面における施術位置の可動範囲を示した図であり、(C)は施術位置のX軸に沿った可動範囲を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下に本発明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。

【0015】

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。

【0016】

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。

【0017】

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。

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

10

20

30

40

50

ドピースを含む。この歯科用ハンドピースには、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を含む。

【 0 0 1 8 】

医療行為支援システム 1 では、ガイドロボット 3 2 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 1 0 0 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 1 0 0 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。

【 0 0 1 9 】

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。

設置台 4 は、ガイドロボット 3 2 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 1 0 (図 2 参照) とを備えている。

【 0 0 2 0 】

天板 6 は、ガイドロボット 3 2 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 1 0 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。

【 0 0 2 1 】

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 3 2 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。

位置追跡装置 1 2 は、ガイドロボット 3 2 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。

【 0 0 2 2 】

本実施形態における位置追跡装置 1 2 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 1 4 と、アーム 1 4 の先端に取り付けられるアタッチメント 1 6 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 3 2 においてアーム 1 4 の延出が開始される位置である。

【 0 0 2 3 】

アタッチメント 1 6 は、患者 1 0 0 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 1 6 として、図 3 に示すように、施術位置がマーキングされたマウスピースを用いる。

【 0 0 2 4 】

すなわち、位置追跡装置 1 2 は、アタッチメント 1 6 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。

【 0 0 2 5 】

医療行為計画装置 1 8 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 1 8 は、情報取得部 2 0 と、記憶部 2 2 と、制御部 2 4 とを備えている。情報取得部 2 0 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。

【 0 0 2 6 】

本実施形態における情報取得部 2 0 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。

【 0 0 2 7 】

記憶部 2 2 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。

制御部 2 4 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 2 2 に記憶された処理プログラムに従って処理を実行する。

【 0 0 2 8 】

10

20

30

40

50

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。

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。

10

【0029】

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。

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。

【0030】

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。

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。

20

<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。

【0031】

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。

30

【0032】

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。

【0033】

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。

40

【0034】

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。

【0035】

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。

【0036】

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

50

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。

【0037】

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。

【0038】

医療行為支援処理は、図 4 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 の施術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。

【0039】

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 5 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）。

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。

【0040】

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 ${}^{TRAK}T_{CT}$ を算出する。

【0041】

【数 1】

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

【0042】

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。

【0043】

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 ${}^{TRAK}T_{IMP}$ を算出する。

【0044】

【数 2】

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

【0045】

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。

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

10

20

30

40

50

おける施術位置として追尾可能となる。

【 0 0 4 6 】

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 3 2 におけるロボット座標系である。

【 0 0 4 7 】

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。

続いて、医療行為支援処理では、制御部 5 2 は、位置可動範囲を設定する (S 1 4 0) 。ここで言う位置可動範囲とは、施術位置が移動する可能性のある実空間上での範囲を表す。

10

【 0 0 4 8 】

すなわち、図 6 (A) , 図 6 (B) , 図 6 (C) に示すように、ベッド 1 0 2 に横たわっていても、患者 1 0 0 の頭部は、前後・左右・上下方向に可動する。この頭部の可動に伴って、実空間上の施術位置が移動するため、施術位置が移動する範囲として想定される実空間上に固定された範囲を位置可動範囲として設定する。

【 0 0 4 9 】

さらに、医療行為支援処理では、ロボット制御部 5 0 の制御部 5 2 は、 S 1 4 0 で設定された位置可動範囲を表示装置 2 6 へと出力する (S 1 5 0) 。その表示装置 2 6 は、位置可動範囲を表示する。

20

【 0 0 5 0 】

さらに、医療行為支援処理では、制御部 5 2 は、位置可動範囲の変更指示を、入力装置 3 0 を介して受け付けたか否かを判定する (S 1 6 0) 。なお、位置可動範囲の変更指示は、表示装置 2 6 に表示された位置可動範囲を、入力装置 3 0 を介して修正することで受け付けてもよい。

【 0 0 5 1 】

この S 1 6 0 での判定の結果、位置可動範囲の変更指示を受け付けていれば (S 1 6 0 : Y E S) 、制御部 5 2 は、その受け付けた変更指示に従って、位置可動範囲を変更する (S 1 7 0) 。なお、ここで言う位置可動範囲の変更とは、例えば、位置可動範囲を設定すべき位置を変更することや、位置可動範囲の大きさを更新することである。

30

【 0 0 5 2 】

その後、制御部 5 2 は、医療行為支援処理を S 1 5 0 へと戻す。その S 1 5 0 では、制御部 5 2 は、変更された位置可動範囲を表示装置 2 6 に表示させる。

一方、 S 1 6 0 での判定の結果、位置可動範囲の変更指示を受け付けていなければ (S 1 6 0 : N O) 、制御部 5 2 は、医療行為支援処理を S 1 8 0 へと移行させる。その S 1 8 0 では、制御部 5 2 は、位置追跡装置 1 2 にて求めた、アタッチメント 1 6 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。つまり、医療行為支援処理において繰り返し実行される S 1 8 0 では、施術位置を時間軸に沿って順次特定する。

40

【 0 0 5 3 】

続いて医療行為支援処理では、制御部 5 2 は、実空間上の施術位置へと手術ツール 2 が移動するようにガイドロボット 3 2 を動作させる (S 1 9 0) 。

さらに、医療行為支援処理では、制御部 5 2 は、 S 1 8 0 で時間軸に沿って順次特定した施術位置に基づいて、時間軸に沿って施術位置 (即ち、施術位置の推移) が変化したか否かを判定する (S 2 0 0) 。そして、 S 2 0 0 での判定の結果、施術位置が時間軸に沿って変化していなければ (S 2 0 0 : N O) 、制御部 5 2 は、詳しくは後述する S 2 3 0 へと医療行為支援処理を移行させる。

【 0 0 5 4 】

一方、 S 2 0 0 での判定の結果、施術位置が時間軸に沿って変化していれば (S 2 0 0

50

: YES)、制御部52は、医療行為支援処理をS210へと移行させる。そのS210では、制御部52は、時間軸に沿った施術位置の変位に基づく施術位置の変化の状態を表す変化状態を導出する。

【0055】

ここで言う変化状態とは、施術位置の変化の状態を表すものである。この変化状態には、例えば、実空間における施術位置そのものや、施術位置の揺らぎ、施術位置の加速度を含む。

【0056】

なお、施術位置の揺らぎは、施術位置の平均位置からの変化量である。この施術位置の揺らぎには、例えば、二乗平均揺らぎ（即ち、分散）を含む。なお、揺らぎは、周知の手法によって算出すればよい。

【0057】

また、施術位置の加速度は、施術位置を表すアタッチメント16の単位時間当たりの速度の変化率である。加速度を算出する手法は、周知であるため、ここでの詳しい説明は省略する。

【0058】

さらに、医療行為支援処理では、制御部52は、変化状態が異常状態であるか否かを判定する（S220）。ここで言う異常状態とは、施術位置の状態が異常を表すものとして予め規定されたものである。

【0059】

なお、実空間における施術位置そのものを変化状態とした場合には、異常状態の一例を位置可動範囲の外とすることが考えられる。また、施術位置の揺らぎを変化状態とした場合には、異常状態の一例を予め規定された第1閾値とすることが考えられる。ここで言う第1閾値は、施術位置の揺らぎが異常であることを表す値として予め規定されたものである。

【0060】

さらに、施術位置の加速度を変化状態とした場合には、異常状態の一例を予め規定された第2閾値とすることが考えられる。ここで言う第2閾値は、施術位置の加速度が異常であることを表す値として予め規定されたものである。

【0061】

そして、S220においては、実空間における施術位置そのものが位置可動範囲の外に存在していれば、変化状態が異常状態であるものと判定してもよい。また、S220においては、施術位置の揺らぎが第1閾値以上であれば、変化状態が異常状態であるものと判定してもよい。さらに、S220においては、施術位置の加速度が第2閾値以上であれば、変化状態が異常状態であるものと判定してもよい。

【0062】

このS220での判定の結果、変化状態が異常状態であれば（S220：YES）、制御部52は、詳しくは後述するS260へと医療行為支援処理を移行させる。一方、S220での判定の結果、変化状態が異常状態でなければ（S220：NO）、制御部52は、医療行為支援処理をS230へと移行させる。

【0063】

なお、S230へは、S200での判定の結果、施術位置が時間軸に沿って変化していない場合（S200：NO）にも移行される。

そのS230では、制御部52は、ツール先端位置を特定する。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。

【0064】

続いて、制御部52は、S230で特定したツール先端位置と施術位置とが一致しているか否かを判定する（S240）。そして、S240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（S240：NO）、制御部52は、医療行為支援処理をS

10

20

30

40

50

180へと戻す。

【0065】

一方、S240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(S240: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(S250)。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動させる。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。

【0066】

その後、制御部52は、医療行為支援処理をS180へと戻す。

ところで、S200での判定の結果、変化状態が異常状態である場合に移行するS260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。

10

【0067】

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。

また、安全制御の他の例として、アタッチメント16が移動可能範囲外に存在すること、即ち、アタッチメント16が患者100の患部から外れてい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、アタッチメント16が移動可能範囲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、アタッチメント16が移動可能範囲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、アタッチメント16が移動可能範囲外に存在する旨を音声にて出力すればよい。

20

【0068】

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、変化状態が異常状態であれば、安全制御を実行できる。その安全制御は、医療行為の安全性を向上させる制御である。

【0069】

このため、医療行為支援処理によれば、施術位置の変化が異常状態である場合であっても、医療行為における安全性を担保できる。

そして、医療行為支援処理においては、アタッチメント16が移動可能範囲外に存在することを報知している。このため、医療行為支援システム1の利用者は、施術位置の状態が異常状態であることを認識できる。

30

【0070】

特に、医療行為支援処理においては、安全制御として、多関節アーム34の先端部分の移動を停止することを実行している。このため、医療行為支援処理によれば、変化状態が異常状態であったとしても、医療行為における安全性をより確実に担保できる。

【0071】

また、医療行為支援処理では、変化状態が異常状態であるものと判定する条件の1つを、施術位置が位置可動範囲の外である場合としている。このため、医療行為支援処理においては、位置追跡装置12のアタッチメント16が患者100の患部から外れた場合に、施術位置が位置可動範囲の外であるものとして安全制御を実行でき、医療行為における安全性をより向上させることができる。

40

【0072】

また、医療行為支援処理では、変化状態が異常状態であるものと判定する条件の1つを、施術位置の揺らぎが第1閾値以上である場合や、施術位置の加速度が第2閾値以上である場合としている。このため、医療行為支援処理においては、患者100の体動が大きい場合に、施術位置が位置可動範囲の外であることを表しているものとして安全制御を実行でき、医療行為における安全性をより向上させることができる。

【0073】

なお、医療行為支援処理では、医療行為支援システム1の利用者が移動可能範囲を編集できる。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

50

手の良い移動可能範囲を設定でき、医療行為をよりスムーズに実行できる。

【その他の実施形態】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明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。

【0074】

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、施術位置の変化を追跡する装置であってもよいし、その他の方法によって施術位置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の患部に配置されてもよい。

10

【0075】

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。

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。

【0076】

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。

20

【0077】

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。

【0078】

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。

30

【0079】

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。

【0080】

なお、上記実施形態の構成の一部を省略した態様も本発明の実施形態である。また、上記実施形態と変形例とを適宜組み合わせる構成される態様も本発明の実施形態である。また、特許請求の範囲に記載した文言によって特定される発明の本質を逸脱しない限度において考え得るあらゆる態様も本発明の実施形態である。

40

【符号の説明】

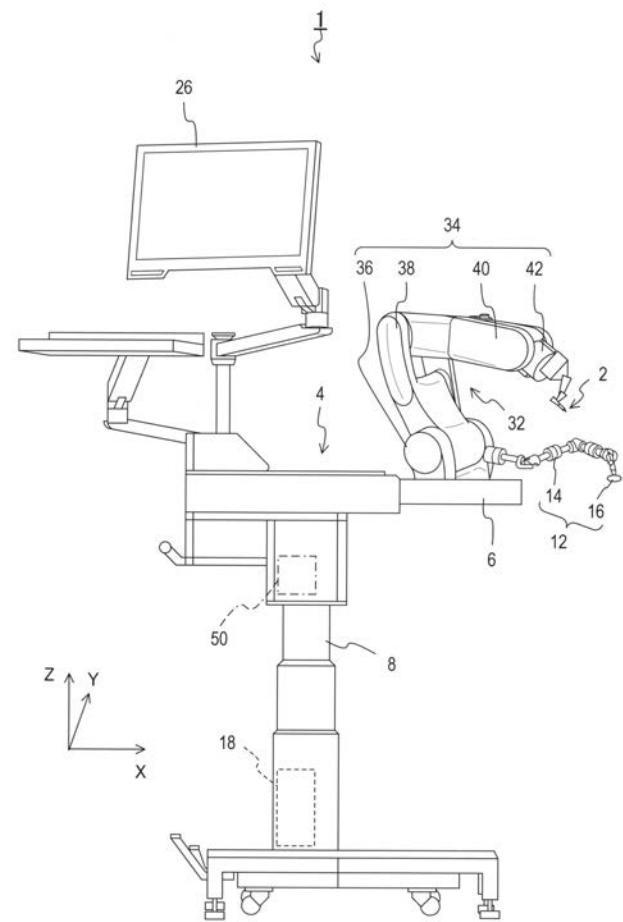
【0081】

1 ... 医療行為支援システム 2 ... 手術ツール 4 ... 設置台 6 ... 天板 8 ... 支持部 10 ... 設置台駆動機構 12 ... 位置追跡装置 14 ... アーム 16 ... アタッチメント 18 ... 医療行為計画装置 20 ... 情報取得部 22 ... 記憶部 24 ... 制御部 26 ... 表示装置 28 ... 音声出力装置 30 ... 入力装置 32 ... ガイドロボット 34 ... 多関節アーム 36 ... ベース部 38 ... 上腕部 40 ... 前腕部 42 ... ハンド取付部 44 ... ロボット駆動装置 46 ... センシング装置 50 ... ロボット制御部 52 ... 制御部 54 ... 記憶部

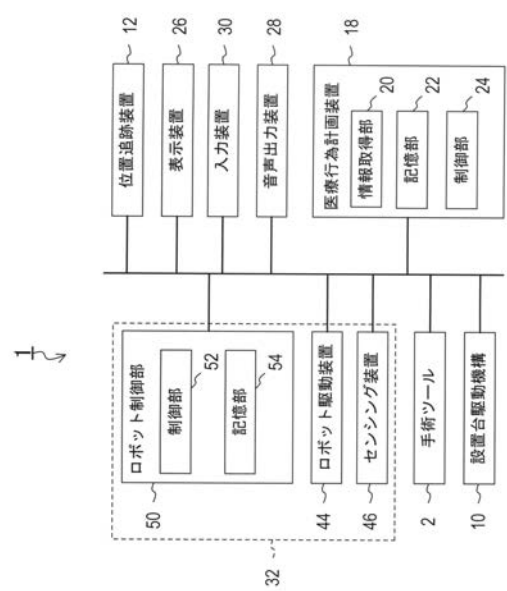
50

1 0 0 ... 患者

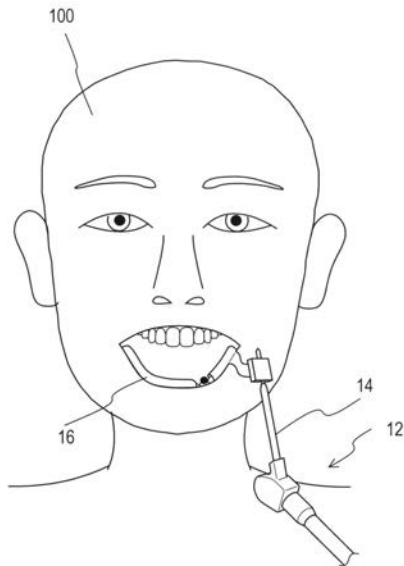
【 図 1 】



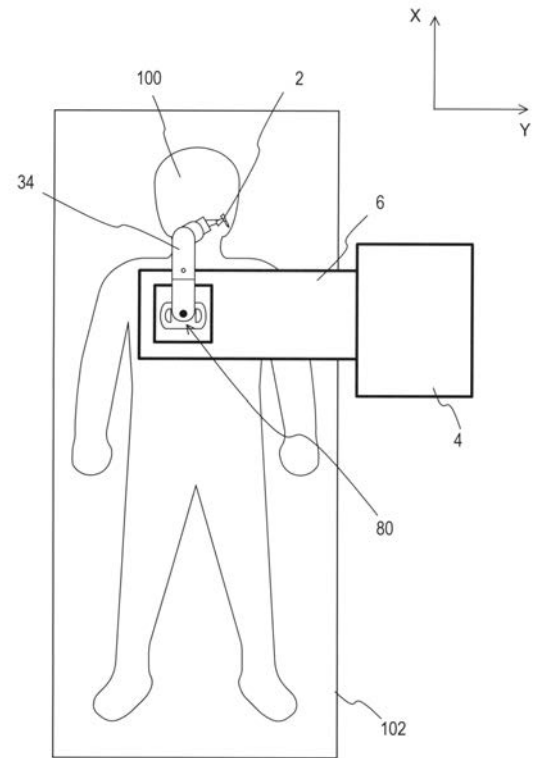
【 図 2 】



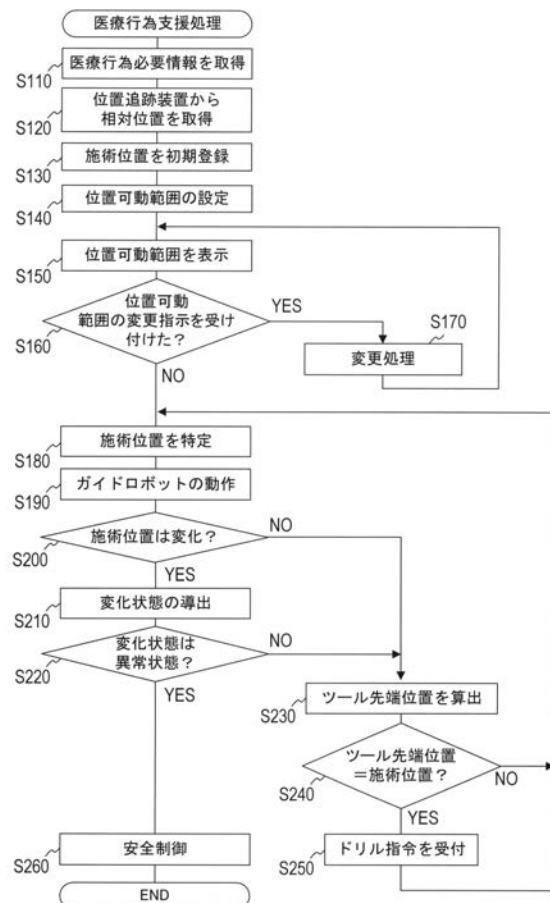
【図 3】



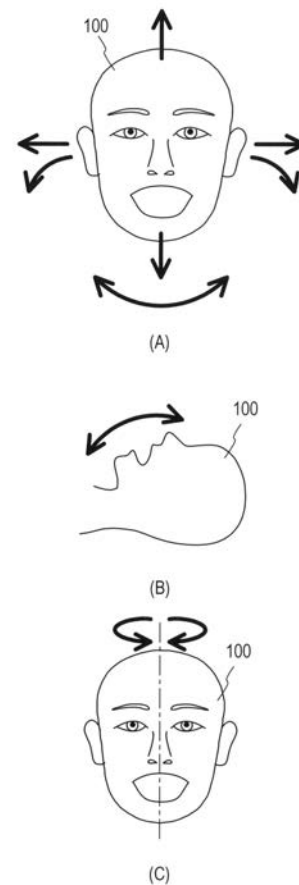
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C707 AS35 BS10 KS17 KS21 MS22 MS27
4C052 NN03 NN11