(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7655494号
(P7655494)

(45)発行日　令和7年4月2日(2025.4.2)

(24)登録日　令和7年3月25日(2025.3.25)

(51)国際特許分類

Ａ６１Ｂ　34/10　(2016.01)		Ａ６１Ｂ	34/10
Ａ６１Ｂ　17/56　(2006.01)		Ａ６１Ｂ	17/56

ＦＩ

請求項の数　10　（全14頁）

(21)出願番号　特願2022-83734(P2022-83734)
(22)出願日　令和4年5月23日(2022.5.23)
(65)公開番号　特開2023-172132(P2023-172132A)
(43)公開日　令和5年12月6日(2023.12.6)
審査請求日　令和6年11月20日(2024.11.20)
早期審査対象出願

(73)特許権者　522203101
合同会社ＡＲＫ－ＦＩＶＥ
東京都文京区後楽１丁目７番１９－４０２号

(73)特許権者　516299419
インテリジェンスファクトリー合同会社
東京都豊島区雑司が谷２丁目１０番１２号

(73)特許権者　515161065
株式会社Ｍｅｄｉｃａ　Ｓｃｉｅｎｔｉａ
東京都文京区西片二丁目２１番６号

(73)特許権者　518194844
シェルハメディカル株式会社
長野県茅野市玉川２１２３－２

(74)代理人　110002952

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　手術支援装置、手術支援システム及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

人工関節置換術に用いられる手術支援装置であって、

術野を撮像する撮像部と、

水平面を検出可能な水平面検出部と、

当該手術支援装置の姿勢を検出可能な装置姿勢検出部と、

基準座標系の１軸を規定するためのターゲットを含む術野を前記撮像部で撮像したときの撮像画像に基づいて、前記ターゲットの空間位置を示す位置情報を算出するターゲット位置算出部と、

前記ターゲット位置算出部によって得られる前記位置情報と、前記水平面検出部によって得られる水平面情報と、に基づいて、前記基準座標系を設定するキャリブレーション部と、

前記装置姿勢検出部によって検出される当該手術支援装置の姿勢情報を用いて、前記基準座標系におけるインプラントの姿勢を算出する姿勢算出部と、

算出された前記インプラントの姿勢を、支援情報として表示する表示部と、

を備える、手術支援装置。

【請求項２】

前記インプラントとの位置関係が固定された状態で用いられる、

請求項１に記載の手術支援装置。

【請求項３】

前記ターゲットは、２つの特徴点である、
請求項１又は２に記載の手術支援装置。
【請求項４】
前記撮像部は、前記特徴点を指し示すマーカーを撮像し、
前記ターゲット位置算出部は、前記撮像画像から得られる前記マーカーの見え方に基づいて、前記位置情報を算出する、
請求項３に記載の手術支援装置。
【請求項５】
前記インプラントは、人工股関節置換術に用いられる臼蓋カップであり、
前記支援情報は、前記臼蓋カップの外方開角及び前方開角を含む、
請求項３に記載の手術支援装置。
【請求項６】
前記特徴点は、左右の上前腸骨棘である、
請求項５に記載の手術支援装置。
【請求項７】
前記水平面検出部及び前記装置姿勢検出部は、ジャイロセンサー、加速度センサー、又はジャイロセンサーと加速度センサーの組合せで構成される、
請求項１又は２に記載の手術支援装置。
【請求項８】
患者の姿勢を検出可能な患者姿勢検出装置と通信可能な通信部を備え、
前記キャリブレーション部は、前記患者姿勢検出装置から提供される患者姿勢情報に基づいて、前記基準座標系を補正する、
請求項１又は２に記載の手術支援装置。
【請求項９】
請求項８に記載の手術支援装置と、
前記手術支援装置と通信可能に構成され、前記手術支援装置に対して患者の姿勢情報を提供する患者姿勢検出装置と、を備える、
手術支援システム。
【請求項１０】
人工関節置換術に用いられる手術支援装置のコンピューターに、
基準座標系の１軸を規定するためのターゲットを含む術野を撮像したときの撮像画像に基づいて、前記ターゲットの空間位置を示す位置情報を算出する処理と、
水平面を示す水平面情報を取得する処理と、
前記位置情報及び前記水平面情報に基づいて、前記基準座標系を設定する処理と、
当該手術支援装置の姿勢情報を用いて、前記基準座標系におけるインプラントの姿勢を算出する処理と、
算出された前記インプラントの姿勢を、支援情報として表示する処理と、
を実行させる、プログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、外科手術、特に、患者の体内に整形外科用のインプラントを取付ける整形外科手術を支援する手術支援装置、手術支援システム及びプログラムに関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、股関節や膝関節などを金属やセラミックス製のインプラント（人工関節）に置き換える置換手術が知られている。これらのインプラントを体内の所定位置に取付ける場合、最適の角度及び位置で設置することが重要である。
【０００３】
近年では、患者のインプラントの取付部位の医療用断層画像を用いて、取付け予定のイ

ンプラントの形状及びサイズの選別、取付角度、必要に応じて骨切り量や骨切り位置等をシミュレーションする術前計画が行われている。また、術中に、術前計画通りにインプラントが設置されるように施術者に設置角度等の支援情報を提供する手術ナビゲーションシステムが提案されている（例えば、特許文献１参照）。

【０００４】

特許文献１には、全人工股関節置換術（ＴＨＡ：Total Hip Arthroplasty）において、施術者に対して、術中の臼蓋カップの設置角度（外方開角及び前方開角）を提供する設置角度計測器が開示されている。具体的には、特許文献１では、直方体形状の設置角度計測器を、表示面が患者の体軸と平行になるように手術台に載置し、この状態を基準状態（外方開角０°、前方開角０°）としてキャリブレーションが行われる。そして、カップホルダーに固定された設置角度計測器の姿勢に基づいて、術中の外方開角及び前方開角が計測され、計測結果を参照しながら臼蓋カップの設置角度の調整（レジストレーション）が行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【文献】特開２０１９－７２２４２号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、特許文献１に開示の手法では、キャリブレーションを行う際、装置本体の表示面と体軸が平行になっているかを、目視で確認するしかなく、施術者の経験や技量によっては、正確性に欠ける。そのため、計測される設置角度の精度が高いとはいえず、術前計画通りにレジストレーションを行うことができない虞がある。

【０００７】

本発明の目的は、整形外科手術の術中支援を、高精度で、且つ、低コストで行うことができる手術支援装置、手術支援システム及びプログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明に係る手術支援装置は、

人工関節置換術に用いられる手術支援装置であって、

術野を撮像する撮像部と、

水平面を検出可能な水平面検出部と、

当該手術支援装置の姿勢を検出可能な装置姿勢検出部と、

基準座標系の１軸を規定するためのターゲットを含む術野を前記撮像部で撮像したときの撮像画像に基づいて、前記ターゲットの空間位置を示す位置情報を算出するターゲット位置算出部と、

前記ターゲット位置算出部によって得られる前記位置情報と、前記水平面検出部によって得られる水平面情報と、に基づいて、前記基準座標系を設定するキャリブレーション部と、

前記装置姿勢検出部によって検出される当該手術支援装置の姿勢情報を用いて、前記基準座標系におけるインプラントの姿勢を算出する姿勢算出部と、

算出された前記インプラントの姿勢を、支援情報として表示する表示部と、

を備える。

【０００９】

本発明に係る手術支援システムは、

上記の手術支援装置と、

前記手術支援装置と通信可能に構成され、前記手術支援装置に対して患者の姿勢情報を提供する患者姿勢検出装置と、を備える。

【００１０】

本発明に係るプログラムは、
人工関節置換術に用いられる手術支援装置のコンピューターに、
基準座標系の１軸を規定するためのターゲットを含む術野を撮像したときの撮像画像に基づいて、前記ターゲットの空間位置を示す位置情報を算出する処理と、
水平面を示す水平面情報を取得する処理と、
前記位置情報及び前記水平面情報に基づいて、前記基準座標系を設定する処理と、
当該手術支援装置の姿勢情報を用いて、前記基準座標系におけるインプラントの姿勢を算出する処理と、
算出された前記インプラントの姿勢を、支援情報として表示する処理と、
を実行させる。

【発明の効果】

【００１１】

本発明によれば、外科手術の術中支援を、高精度で、且つ、低コストで行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】図１は、人工股関節置換術に用いられるインプラントの一例を示す図である。
【図２】図２Ａ、図２Ｂは、実施の形態に係る手術支援装置の使用形態の一例を示す図である。
【図３】図３Ａ、図３Ｂは、前方開角及び外方開角と基準座標系の関係を示す図である。
【図４】図４は、第１手術支援端末の機能的構成を示すブロック図である。
【図５】図５は、第２手術支援端末の機能的構成を示すブロック図である。
【図６】図６は、第１手術支援端末の制御部が実行する手術ナビゲーション処理の一例を示すフローチャートである。
【図７】図７は、側臥位による手術態様を示す図である。
【図８】図８は、支援情報の表示例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して詳細に説明する。本実施の形態では、手術支援システム１を人工股関節置換術（ＴＨＡ）に使用する場合について説明する。

【００１４】

まず、図１を参照して、人工股関節置換術に用いられるインプラント１００について説明する。図１に示すように、インプラント１００は、臼蓋カップ１０１、ライナー１０２、インナーヘッド１０３、及びステム１０４で構成される。

【００１５】

臼蓋カップ１０１は、中空の半球形状を有する。臼蓋カップ１０１は、寛骨臼に固定され、臼蓋としての役割を果たす。臼蓋カップ１０１は、例えば、チタン合金やコバルトクロム合金等の金属材料で形成される。

【００１６】

ライナー１０２は、臼蓋カップ１０１よりも一回り小さい中空の半球形状を有する。ライナー１０２は、臼蓋カップ１０１の内側に固定される。ライナー１０２は、臼蓋カップ１０１とインナーヘッド１０３の間に介在し、摩耗を抑制する軟骨としての役割を果たす。ライナー１０２は、例えば、ポリエチレン等の樹脂材料で形成される。

【００１７】

インナーヘッド１０３は、球形状を有する。インナーヘッド１０３は、ライナー１０２に摺動自在に取り付けられ、大腿骨骨頭としての役割を果たす。インナーヘッド１０３は、例えば、チタン合金やコバルトクロム合金等の金属材料、又はアルミナやジルコニア等のセラミック材料で形成される。

【００１８】

ステム１０４は、大腿骨の髄腔内に挿入される土台であり、大腿骨から露出する端部に

インナーヘッド１０３が取り付けられる。ステム１０４は、例えば、チタンやチタン合金等の金属材料で形成される。

【００１９】

人工股関節置換術では、術後に脱臼等の不具合が生じるのを防止するために、寛骨臼に対して臼蓋カップ１０１が適切な姿勢で固定されることが重要である。臼蓋カップ１０１の姿勢は、例えば、寛骨臼に対する設置角度（前方開角ＲＡ及び外方開角ＲＩ）で規定される。一般に、前方開角ＲＡは１５～２０°、外方開角ＲＩは４０～４５°であることが好ましいとされている。なお、前方開角ＲＡ及び外方開角ＲＩは、予め術前計画において、骨盤のＸ線画像又はＣＴ画像に基づいて設定されてもよい。

【００２０】

手術支援システム１は、仰臥位又は側臥位の患者Ｐの寛骨臼に臼蓋カップ１０１を設置する際に、術中の臼蓋カップ１０１の設置角度を、第１手術支援端末１０によって支援情報として施術者に提供する。

【００２１】

図２Ａ、図２Ｂは、手術支援システム１の使用形態の一例を示す図である。図２Ａは、手術台Ｔ上の患者Ｐを側方から見た状態を示し、図２Ｂは、上方から見た状態を示す。図２Ａ、図２Ｂでは、患者Ｐの姿勢が仰臥位である場合について示している。

【００２２】

図２Ａ、図２Ｂに示すように、手術支援システム１は、第１手術支援端末１０及び第２手術支援端末２０を備える。第１手術支援端末１０及び第２手術支援端末２０には、それぞれ、例えば、所定のアプリケーションプログラムをインストールしたスマートフォン、タブレット等の携帯端末を適用することができる。

【００２３】

第１手術支援端末１０は、患者Ｐに対して人工股関節置換術を行う場合に、インプラント１００との位置関係が固定された状態で用いられる。具体的には、第１手術支援端末１０は、寛骨臼に臼蓋カップ１０１を設置するための棒状のカップホルダー１０５に固定して用いられる。第１手術支援端末１は、例えば、カップホルダー１０５の軸方向ＡＸを基準にして、所定の姿勢で固定される。第１手術支援端末１０の姿勢は、例えば、矩形状の表示面の縦横方向、及び厚さ方向を３軸とする直交座標系で表される。

【００２４】

第１手術支援端末１０の姿勢に基づいて、カップホルダー１０５の姿勢、すなわち臼蓋カップ１０１の姿勢を演算によって導出できればよく、カップホルダー１０５に対する第１手術支援端末１０の取付け姿勢は特に限定されない。例えば、臼蓋カップ１０１のレジストレーションを行う際に、第１手術支援端末１０の表示面を施術者が視認しやすい姿勢で、第１手術支援端末１０をカップホルダー１０５に固定してもよい。また例えば、第１手術支援端末１０の表示面が軸方向と垂直になるように、又は表示面が軸方向と平行になるように、第１手術支援端末１０をカップホルダー１０５に取り付けた場合、第１手術支援端末１０の姿勢を規定する１つの軸が臼蓋カップ１０１の軸方向と一致するので、臼蓋カップ１０１の姿勢を導出するための演算負荷を軽減することができる。

【００２５】

カップホルダー１０５は、臼蓋カップ１０１のカップ受け皿側（寛骨臼と接触する外表面と反対側）に取り付けられる。通常、臼蓋カップ１０１の外表面の中心点における接平面の法線（以下、「カップ設置面法線」と称する）と、カップホルダー１０５の軸方向ＡＸは一致する。臼蓋カップ１０１は、所定の設置角度となるように姿勢を決定された後、カップホルダー１０５の打突により寛骨臼に嵌め込まれ、スクリュー等の固定部材により固定される。

【００２６】

本実施の形態では、臼蓋カップ１０１の設置角度を計測する基準面として、臥位や立位での骨盤傾斜を加味した機能的骨盤平面（ＦＰＰ：Functional Pelvic plane）を採用する。また、臼蓋カップ１０１の設置角度をradiographic定義で表すこととする。なお、臼

蓋カップ１０１の設置角度は、anatomical定義やoperative定義で表されてもよい。
【００２７】
臼蓋カップ１０１の設置角度は、内外側方向をＸ軸、機能的骨盤平面の法線方向をＹ軸、遠近位方向（体軸方向）をＺ軸として設定された基準座標系を用いて表される。具体的には、前方開角ＲＡは、カップ設置面法線をＸＺ平面（機能的骨盤平面）に投影したベクトルとカップ設置面法線とのなす角で表される（図３Ａ参照）。カップ設置面法線がＸＺ面と平行である場合に、前方開角ＲＡは０°である。外方開角ＲＩは、カップ設置面法線をＸＺ平面に投影したベクトルとＺ軸とのなす角の角度で表される。カップ設置面法線がＺ軸と垂直である場合に、外方開角ＲＩは９０°である（図３Ｂ参照）。
【００２８】
本実施の形態では、基準座標系を設定するための機能的骨盤平面に関する情報を取得するに際し、仰臥位の患者Ｐの機能的骨盤平面は、手術台Ｔに平行である、すなわち、水平面に平行であるとみなせることを利用している。つまり、水平面の法線方向が基準座標系のＹ軸として設定される。
【００２９】
また、左右の上前腸骨棘を結ぶ直線が内外側方向に略一致することを利用している。つまり、左右の上前超骨棘を結ぶ直線がＸ軸、Ｘ軸及びＹ軸に直交する軸がＺ軸として設定される。
【００３０】
左右の上前腸骨棘の空間位置を示す座標情報は、例えば、ＡＲマーカー１０６の撮像画像に基づいて取得される。ＡＲマーカー１０６の撮像画像から特徴点（ここでは、左右の上前腸骨棘）の空間座標を導出するアルゴリズムについては、公知技術を適用できる。例えば、第１手術支援端末１０は、撮像画像に描画されるＡＲマーカー１０６の位置、大きさ及び姿勢（傾き）に基づいて、ＡＲマーカー１０６が指し示す特徴点の空間座標を導出できるようになっている。
【００３１】
患者Ｐの左右の上前腸骨棘の空間座標及び機能的骨盤平面に基づいて基準座標系を設定し、第１手術支援端末１０をキャリブレーションすることで、当該基準座標系における第１手術支援端末１０の姿勢に基づいて、術中の臼蓋カップ１０１の設置角度（前方開角ＲＡ及び外方開角ＲＩ）を導出することができる。
【００３２】
施術者は、第１手術支援端末１０により提供される臼蓋カップ１０１の設置角度を参照しながらレジストレーションを行うことにより、至適設置角度で、臼蓋カップ１０１を寛骨臼に固定することができる。
【００３３】
図４は、第１手術支援端末１０の機能的構成を示すブロック図である。図４に示すように、第１手術支援端末１０は、制御部１１、記憶部１２、ジャイロセンサー１３、加速度センサー１４、撮像部１５、操作部１６、表示部１７、及び通信部１８を備える。
【００３４】
制御部１１は、演算／制御装置としてのＣＰＵ、主記憶装置としてのＲＯＭ及びＲＡＭ等を備える（いずれも符号略）。ＲＯＭには、基本プログラムや基本的な設定データが記憶される。ＣＰＵは、例えば、ＲＯＭから処理内容に応じたプログラムを読み出してＲＡＭに展開し、展開したプログラムを実行することにより、第１手術支援端末１０の各ブロックの動作を集中制御する。
【００３５】
なお、制御部１１が実行する処理の一部又は全部は、処理に応じて設けられたＤＳＰ（Digital Signal Processor）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＰＬＤ（Programmable Logic Device）等の電子回路によって実行されてもよい。
【００３６】
記憶部１２は、例えば、フラッシュメモリ等の内蔵ストレージ（補助記憶装置）であり

、プログラムや各種データ等を記憶する。本実施の形態では、記憶部１２には、手術ナビゲーションプログラムが記憶されている。また、記憶部１２には、第１手術支援端末１０の姿勢と臼蓋カップ１０１の姿勢との相関関係を示すデータが記憶されている。なお、手術ナビゲーションプログラム等は、ＲＯＭに記憶されてもよい。また、記憶部１２には、通信部１８を介して病院端末（図示略）から取得した術前計画データが記憶されてもよい。

【００３７】

ジャイロセンサー１３は、第１手術支援端末１０の姿勢を検出する装置姿勢検出部として機能する。また、加速度センサー１４は、水平面を検出する水平面検出部として機能する。なお、水平面検出部及び／又は装置姿勢検出部には、ジャイロセンサー１３と加速度センサー１４を組み合わせて適用してもよい。

【００３８】

撮像部１５は、レンズ、イメージセンサー、及び撮像制御部等を有し、操作部１６（シャッターボタン）の操作に伴い被写体（ここでは、手術台Ｔ上の術野）を撮像する。

【００３９】

操作部１６及び表示部１７は、例えば、タッチパネル付きのフラットパネルディスプレイで構成される。フラットパネルディスプレイとしては、液晶ディスプレイ、有機ＥＬディスプレイなどを用いることができる。また、操作部１６は、電源のＯＮ／ＯＦＦ操作に係る電源ボタン、撮像指示に係るシャッターボタン、各種のモードや機能等の選択指示に係るボタン等（いずれも図示略）を含む。

【００４０】

操作部１６は、第１手術支援端末１０に所定の動作を実行させるための操作を受け付け、操作に応じた操作信号を制御部１１に出力する。制御部１１は、操作部１６からの操作信号に従って所定の動作（例えば、被写体の撮像等）を各部に実行させる。

【００４１】

表示部１７は、制御部１１の制御に従って各種情報を表示する。表示部１７は、例えば、制御部１１による各種のアプリケーションプログラムの実行に伴い、アプリケーション画面を表示する。本実施の形態では、表示部１７は、手術ナビゲーション用の画面を表示する。具体的には、表示部１７は、人工関節置換術において、支援情報として前方開角ＲＡ及び外方開角ＲＩを表示し、施術者に提供する。

【００４２】

通信部１８は、例えば、無線ＬＡＮ等の通信インターフェースである。制御部１１は、通信部１８を介して、ネットワークに接続された第２手術支援端末２０との間で各種情報の送受信を行う。また例えば、制御部１１は、通信部１８を介して、ネットワークに接続された病院端末（図示略）やクラウド上のサーバーとの間で各種情報を送受信可能に構成されてもよい。通信部１８には、Bluetooth（登録商標）等の近距離無線通信用の通信インターフェースを適用することもできる。

【００４３】

制御部１１は、ＲＯＭ又は記憶部１２に記憶されている手術ナビゲーションプログラムを実行することにより、特徴点算出部、キャリブレーション部及び姿勢算出部として機能する。これらの機能については、図６のフローチャートに従って詳述する。

【００４４】

図５は、第２手術支援端末２０の機能的構成を示すブロック図である。図５に示すように、第２手術支援端末２０は、制御部２１、記憶部２２、ジャイロセンサー２３、加速度センサー２４、操作部２６、表示部２７、及び通信部２８を備える。各部の機能は、第１手術支援端末１０と同様であるので、説明を省略する。

【００４５】

第２手術支援端末２０は、患者Ｐに対して人工股関節置換術を行う場合に、患者Ｐとの位置関係が固定された状態で用いられる。第２手術支援端末２０には、例えば、人工関節置換術を阻害しないスマートウォッチ等の小型のウェアラブル端末が好適である。第２手術支援端末２０は、例えば、ウレタン樹脂等からなるクッション材に保護された状態で、

ベルトなどによって患者Ｐの背中に装着される。

【００４６】

第２手術支援端末２０において、ジャイロセンサー２３は、患者Ｐの姿勢を検出可能な患者姿勢検出部として機能する。なお、患者姿勢の検出には、ジャイロセンサー２３及び加速度センサー２４を組み合わせて使用してもよい。第２手術支援端末２０によって得られる患者Ｐの姿勢情報は、第１手術支援端末１０に送信される。第１手術支援端末１０は、第２手術支援端末２０から提供された患者Ｐの姿勢情報を考慮して、基準座標系を設定する。

【００４７】

図６は、第１手術支援端末１０の制御部１１が実行する手術ナビゲーション処理の一例を示すフローチャートである。この処理は、例えば、操作部１６を通じて、手術ナビゲーションのアプリケーションを起動する操作が入力されることに伴い、ＣＰＵが記憶部１２に格納されている手術ナビゲーションプログラムを実行することにより実現される。

【００４８】

なお、人工股関節置換術を行うに際して、事前に、術前計画処理が行われ、目標となる前方開角ＲＡ及び外方開角ＲＩが決定されている。この前方開角ＲＡ及び外方開角ＲＩは、術前計画データとして、記憶部１２に記憶され、設置角度の適否を自動的に判断するのに用いられてもよい。

【００４９】

手術ナビゲーション処理において、基準座標系の設定は、患者Ｐの姿勢が仰臥位である状態で行われる。ＡＲマーカー１０６は、患者Ｐの左右の上前腸骨棘を指し示すように取り付けられる。また、手術ナビゲーションプログラムの実行に伴い、撮像部１５は撮像を開始する。術中においては、第２手術支援端末２０から第１手術支援端末１０に対して、常時、患者姿勢情報が提供される。

【００５０】

ステップＳ１０１において、制御部１１は、撮像部１５によって撮像された撮像画像を取得する。施術者は、撮像画像に２つのＡＲマーカー１０６の画像が含まれるように、第１手術支援端末１０の位置及び姿勢を調整する。ＡＲマーカー１０６を撮像する際、第１手術支援端末１０は固定されていなくてもよい。

【００５１】

ステップＳ１０２において、制御部１１は、撮像画像を解析して、特徴点の空間位置を示す位置情報（以下、「特徴点情報」と称する）を算出する（「特徴点算出部」としての機能）。制御部１１は、例えば、撮像画像に含まれるＡＲマーカー１０６のパターンの大きさ及び傾きに基づいて、２つの特徴点（上前腸骨棘）の特徴点情報を算出する。ＡＲマーカー１０６を用いることにより、パターンを精度よく識別でき、ＡＲマーカー１の位置及び姿勢を正確に検出できるので、特徴点の位置を正確に特定することができる。

【００５２】

ステップＳ１０３において、制御部１１は、加速度センサー１４から提供される水平面情報を取得する。

【００５３】

ステップＳ１０４において、制御部１１は、ステップＳ１０２で算出した特徴点情報及びステップＳ１０３で取得した水平面情報に基づいて、基準座標系を設定する（「キャリブレーション部」としての機能）。仰臥位の患者Ｐの機能的骨盤平面は、手術台Ｔに平行、すなわち、水平面に平行であるとみなすことができる。また、左右の上前腸骨棘を結ぶ直線は、患者Ｐの内外側方向に略一致する。したがって、特徴点情報及び水平面情報に基づいて、適切な基準座標系を設定することができる。

【００５４】

例えば、水平面の法線方向をＹ軸、２つの特徴点（左右の上前超骨棘）を結ぶ直線をＸ軸、Ｘ軸及びＹ軸に直交する軸をＺ軸として基準座標系が設定される。なお、２つの特徴点を結ぶ直線が水平面に対して傾斜している場合は、傾斜角度に基づいて機能的骨盤平面

を示すＸＺ面が補正される。

【００５５】

ステップＳ１０５において、制御部１１は、第２手術支援端末２０から提供される患者姿勢情報に基づいて、患者Ｐの姿勢が変化したか否かを判定する。患者Ｐの姿勢が変化した場合（ステップＳ１０５で“ＹＥＳ”）、ステップＳ１０６の処理に移行する。患者Ｐの姿勢が変化しない場合（ステップＳ１０５で“ＮＯ”）、ステップＳ１０７の処理に移行する。

【００５６】

ステップＳ１０６において、制御部１１は、患者姿勢に基づいて基準座標系を補正する（「キャリブレーション部」としての機能）。仰臥位で人工股関節置換術を行う場合は、患者Ｐの姿勢は変化しないので、基準座標系の補正は不要である。一方、側臥位で人工股関節置換術を行う場合は、例えば、患者Ｐの姿勢がＸＹ面において略９０°回転し、基準座標系も変化する（図７参照）。そこで、ステップＳ１０４で設定した基準座標系に対して、患者Ｐの姿勢変化に応じた補正が行われる。

【００５７】

以上の処理により、患者Ｐに対する基準座標系が適切に設定される。基準座標系の設定が完了した後、第１手術支援端末１０は、所定の姿勢でカップホルダー１０５に固定される。「所定の姿勢」とは、第１手術支援端末１０の姿勢に基づいて、カップホルダー１０５の姿勢、すなわち臼蓋カップ１０１の姿勢を演算によって導出できる姿勢である。例えば、第１手術支援端末１０は、カップホルダー１０５の軸方向ＡＸと表示面が垂直になるように、カップホルダー１０５に固定される。

【００５８】

ステップＳ１０７において、制御部１１は、ジャイロセンサー１３から提供される第１手術支援端末１０の装置姿勢情報を取得する。

【００５９】

ステップＳ１０８において、制御部１１は、設定された基準座標系と、第１手術支援端末１０の装置姿勢情報に基づいて、術中の臼蓋カップ１０１の設置角度（前方開角ＲＡ及び外方開角ＲＩ）を算出する。

【００６０】

ステップＳ１０９において、制御部１１は、表示部１７の動作を制御して、支援情報として前方開角ＲＡ及び外方開角ＲＩを表示する（図８参照）。施術者は、表示部１７に表示された支援情報によって、現在の臼蓋カップ１０１の設置角度を認識する。図８では、前方開角ＲＡ及び外方開角ＲＩが数値で表示されるとともに、基準座標系における臼蓋カップ１０１及びカップホルダー１０５の姿勢がグラフィカルに示されている。これにより、現在の設置角度の適否、及び、至適設置角度とするためにとるべき操作（前後方向及び／又は左右方向にどれくらい回転させればよいかなど）を直感的に判断することができる。

【００６１】

ステップＳ１１０において、制御部１１は、操作部１６からの操作信号に基づいて、手術ナビゲーションのアプリケーションを終了する操作が行われたか否かを判定する。アプリケーションの終了操作が行われた場合（ステップＳ１１０で“ＹＥＳ”）、手術ナビゲーション処理を終了する。アプリケーションの終了操作が行われない場合（ステップＳ１１０で“ＮＯ”）、ステップＳ１０７の処理に移行する。すなわち、手術が終了するまで、第１手術支援端末１０の表示部１７には、カップホルダー１０５の姿勢に追従して、設置角度が更新されて表示される。

【００６２】

最終的に、表示部１７に表示されている設置角度が術前計画と合致したところで、カップホルダー１０５の打突により臼蓋カップ１０１が寛骨臼に嵌め込まれ、スクリュー等の固定部材により固定される。

【００６３】

なお、上記実施の形態では、施術者自身が、表示部１７に表示されている設置角度を確

認しながら適否を判断するが、第１手術支援端末１０において、自動的に設置角度の適否が判断され、表示部１７における表示態様の変化（例えば、表示色の変化）や音声により、施術者に至適設置角度となったことを報知するようにしてもよい。

【００６４】

本実施の形態に係る第１手術支援端末１０（手術支援装置）は、以下の特徴事項を単独で、又は、適宜組み合わせて備えている。

【００６５】

すなわち、第１手術支援端末１０は、人工関節置換術において、インプラント１００との位置関係が固定された状態で用いられる手術支援装置であって、術野を撮像する撮像部１５と、水平面を検出可能な加速度センサー１４（水平面検出部）と、当該第１手術支援端末１０の姿勢を検出可能なジャイロセンサー１３（装置姿勢検出部）と、基準座標系の１軸を規定するための２つの特徴点を含む術野を撮像部１５で撮像したときの撮像画像に基づいて、２つの特徴点の空間位置を示す位置情報を算出する制御部１１（特徴点算出部）と、制御部１１によって得られる特徴点の位置情報と、加速度センサー１４によって得られる水平面情報と、に基づいて、基準座標系を設定する制御部１１（キャリブレーション部）と、ジャイロセンサー１３によって検出される当該第１手術支援端末１０の姿勢に基づいて、基準座標系におけるインプラント１００の姿勢（外方開角ＲＩ、前方開角ＲＡ）を算出する制御部１１（姿勢算出部）と、算出されたインプラント１００の姿勢を、支援情報として表示する表示部１７と、を備える。

【００６６】

第１手術支援端末１０にはスマートフォン等の汎用の携帯端末を適用できるので、整形外科手術の術中支援を、高精度で、且つ、低コストで行うことができる。また、第１手術支援端末１０で得られる水平面情報に基づいて基準座標系を設定するので、基準座標系の設定に必要な術中計測情報を低減することができ、低侵襲性を図ることができる。

【００６７】

第１手術支援端末１０において、撮像部１５は、特徴点を指し示すＡＲマーカー１０６を撮像し、制御部１１（特徴点算出部）は、撮像画像から得られるＡＲマーカー１０６の見え方に基づいて、特徴点の位置情報を算出する。

【００６８】

第１手術支援端末１０は、人工股関節置換術において臼蓋カップ１０１との位置関係が固定された状態で用いられる手術支援装置であって、支援情報は、臼蓋カップ１０１の外方開角ＲＩ及び前方開角ＲＡを含む。

【００６９】

特徴点は、左右の上前腸骨棘である。

【００７０】

水平面検出部及び装置姿勢検出部は、ジャイロセンサー１３、加速度センサー１４、又はジャイロセンサー１３と加速度センサー１４の組合せで構成される。

【００７１】

第１手術支援端末１０は、患者Ｐの姿勢を検出可能な第２手術支援端末２０（患者姿勢検出装置）と通信可能な通信部１８を備え、制御部１１（キャリブレーション部）は、第２手術支援端末２０から提供される患者姿勢情報に基づいて、基準座標系を補正する。これにより、水平面情報及び特徴点の位置情報に基づいて基準座標系を設定した後に患者Ｐの姿勢が変化しても、適切な支援情報を提供することができる。例えば、側臥位で人工股関節置換術を行う場合においても、現在の臼蓋カップ１０１の設置角度を適切に導出して、施術者に提供することができる。

【００７２】

本実施の形態に係る手術支援システム１は、第１手術支援端末１０（手術支援装置）と、第１手術支援端末１０と通信可能に構成され、第１手術支援端末１０に対して患者Ｐの姿勢情報を提供する第２手術支援端末２０（患者姿勢検出装置）と、を備える。

【００７３】

本実施の形態に係る手術支援プログラムは、人工関節置換術において、インプラント１００との位置関係が固定された状態で用いられる第１手術支援端末１０（手術支援装置）のコンピューターに、基準座標系の１軸を規定するための２つの特徴点を含む術野を撮像したときの撮像画像に基づいて、２つの特徴点の空間位置を示す位置情報を算出する処理（図６のステップＳ１０１，Ｓ１０２）と、水平面を示す水平面情報を取得する処理（ステップＳ１０３）と、位置情報及び水平面情報に基づいて、基準座標系を設定する処理（ステップＳ１０４）と、当該第１手術支援端末１０の姿勢に基づいて、基準座標系におけるインプラント１００の姿勢を算出する処理（ステップＳ１０７，Ｓ１０８）と、算出されたインプラント１００の姿勢を、支援情報として表示する処理（ステップＳ１０９）と、を実行させる。

【００７４】

手術支援プログラムは、例えば、当該プログラムが格納されたコンピューター読取可能な可搬型記憶媒体（例えば、光ディスク、光磁気ディスク、及びメモリカードを含む）を介して提供される。また例えば、手術支援プログラムは、当該プログラムを保有するサーバーから、ネットワークを介してダウンロードにより提供されてもよい。

【００７５】

以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で変更可能である。

【００７６】

例えば、本開示の手術支援装置は、人工股関節置換術だけでなく、人工膝関節置換術やその他の人工関節置換術において、水平面に平行な基準面を利用してインプラントの設置角度を設定する場合に適用することができる。

【００７７】

実施の形態では、手術支援システム１として、第１手術支援端末１０（手術支援装置）及び第２手術支援端末２０（患者姿勢検出装置）を利用する場合について説明したが、第２手術支援端末２０を利用せず、第１手術支援端末１０を単独で利用してもよい。例えば、仰臥位で人工関節置換術を行う場合、基準座標系を設定した後に患者Ｐの姿勢は変化しないので、第２手術支援端末２０は不要となる。

【００７８】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

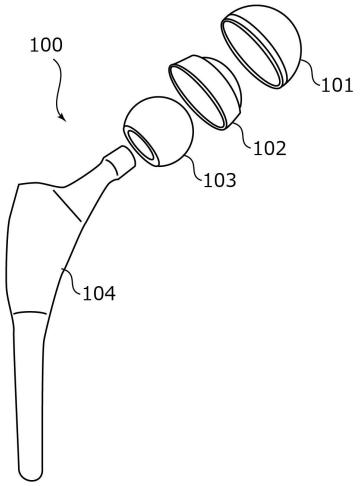
【００７９】

１　手術支援システム
１０　第１手術支援端末（手術支援装置）
１１　制御部（特徴点算出部、キャリブレーション部、姿勢算出部）
１２　記憶部
１３　ジャイロセンサー（水平面検出部、装置姿勢検出部）
１４　加速度センサー（水平面検出部、装置姿勢検出部）
１５　撮像部
１６　操作部
１７　表示部
１８　通信部
２０　第２手術支援端末（患者姿勢検出装置）
１００　インプラント
１０１　臼蓋カップ
ＲＡ　前方開角

ＲＩ　外方開角

【図面】

【図１】



【図２】

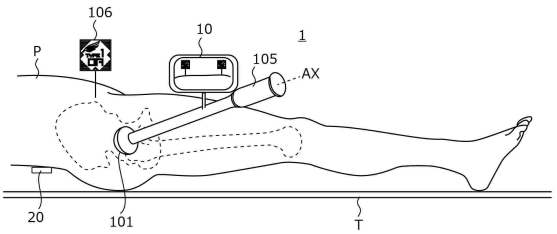


図2A

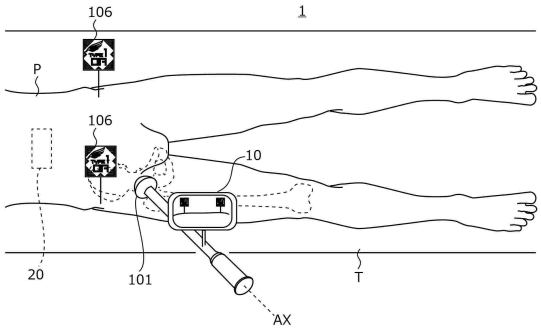


図2B

【図３】

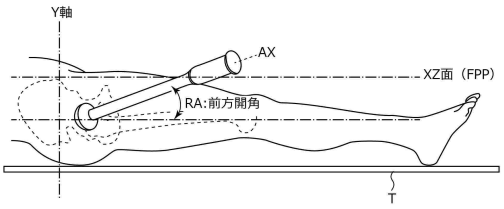


図3A

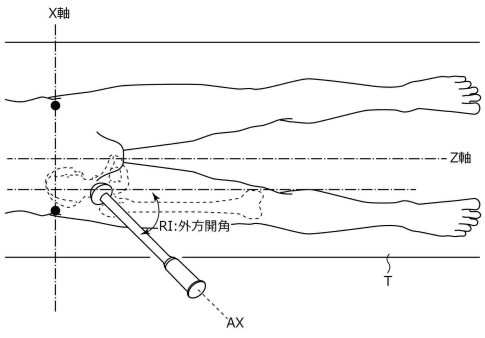
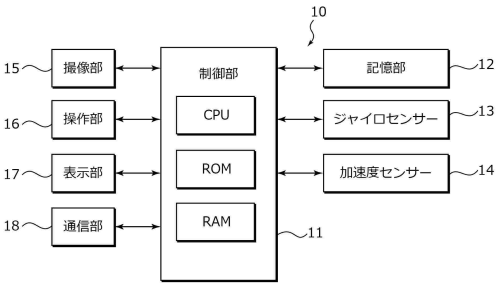
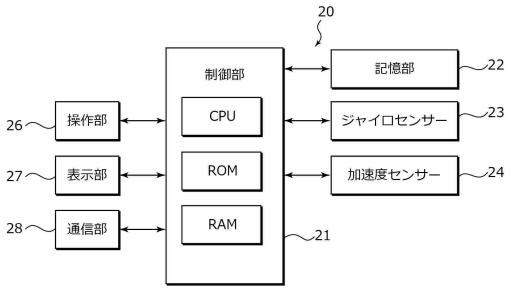


図3B

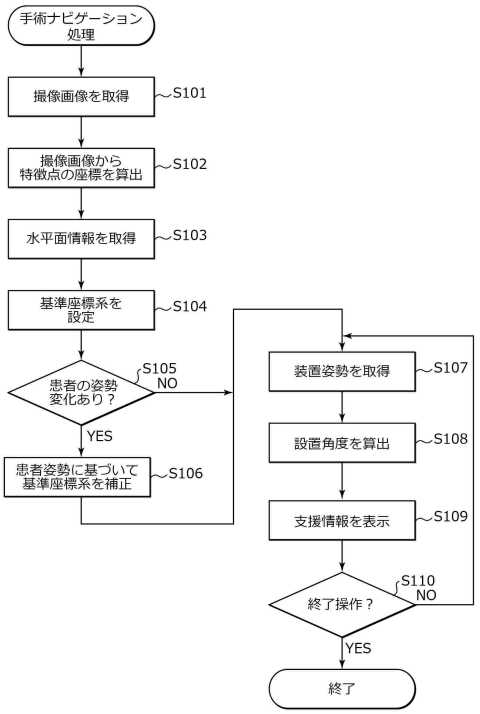
【図４】



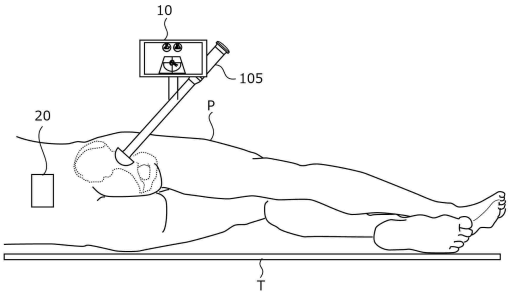
【図５】


20
制御部
CPU
ROM
RAM
21
記憶部
22
ジャイロセンサー
23
加速度センサー
24
操作部
26
表示部
27
通信部
28

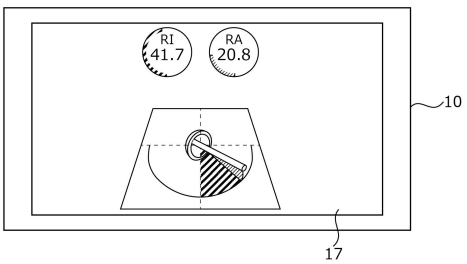
【図６】


手術ナビゲーション処理
撮像画像を取得
S101
撮像画像から特徴点の座標を算出
S102
水平面情報を取得
S103
基準座標系を設定
S104
患者の姿勢変化あり？
S105
NO
YES
患者姿勢に基づいて基準座標系を補正
S106
装置姿勢を取得
S107
設置角度を算出
S108
支援情報を表示
S109
終了操作？
S110
NO
YES
終了

【図７】


10
105
20
P
T

【図８】


RI
41.7
RA
20.8
10
17

フロントページの続き

弁理士法人鷲田国際特許事務所
(72)発明者　稲垣 淳一
東京都豊島区雑司が谷２丁目１０番１２号 インテリジェンスファクトリー合同会社内
(72)発明者　道家 健仁
東京都文京区千駄木一丁目２０番３号 株式会社Ｍｅｄｉｃａ Ｓｃｉｅｎｔｉａ内
(72)発明者　小山 和也
長野県茅野市玉川２１２３－２ シェルハメディカル株式会社内
審査官　宮崎 敏長

(56)参考文献　特開２０１８－０４７２４０（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１４／０１１４１７９（ＵＳ，Ａ１）
特表２０１５－５２４７３３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ　３４／１０　　－ Ａ６１Ｂ　３４／２０
Ａ６１Ｂ　１７／５６
Ａ６１Ｆ　２／４６