

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7058521号
(P7058521)

(45)発行日 令和4年4月22日(2022.4.22)

(24)登録日 令和4年4月14日(2022.4.14)

(51)国際特許分類	F I
A 6 1 B 34/20 (2016.01)	A 6 1 B 34/20
A 6 1 B 34/35 (2016.01)	A 6 1 B 34/35

請求項の数 19 (全24頁)

(21)出願番号	特願2018-38767(P2018-38767)	(73)特許権者	507400686 グローバス メディカル インコーポレイ ティッド アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 オー デュボン ジェネラル アーミステッド アベニュー 2 5 6 0
(22)出願日	平成30年3月5日(2018.3.5)	(74)代理人	110000338 特許業務法人HARAKENZO WO RLD PATENT & TRADEM ARK
(65)公開番号	特開2018-143766(P2018-143766 A)	(72)発明者	アンドリュー, パーコヴィッツ アメリカ合衆国, 1 9 1 2 7 ペンシル ベニア州, フィラデルフィア, ジェーム スタウン ストリート 1 1 4
(43)公開日	平成30年9月20日(2018.9.20)	(72)発明者	ジェフリー, フォーサイス
審査請求日	令和3年1月19日(2021.1.19)		最終頁に続く
(31)優先権主張番号	15/448,670		
(32)優先日	平成29年3月3日(2017.3.3)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 ロボット支援手術における監視マーカのためのシステム及び方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外科用ロボットへの患者の登録を監視するためのシステムであって、
少なくとも1つのアレイマーカを含む動的参照基部と、
前記動的参照基部に接続された動的参照基部ポストと、
前記動的参照基部から所定の距離に配置された監視マーカと、を備え、
前記監視マーカは、前記動的参照基部から独立して前記患者に固定されるように構成され
ている、

前記監視マーカが、監視マーカポスト上に配置され、前記監視マーカポストが、前記動
的参照基部ポストの中空チャンネル内に配置される、システム。

【請求項 2】

前記監視マーカが、前記動的参照基部に対して配置されるように構成される、請求項 1 に
記載のシステム。

【請求項 3】

前記外科用ロボットが、前記所定の距離の変化に基づいて、前記動的参照基部が移動した
ことを判定する、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記監視マーカが、前記動的参照基部ポストの長手方向軸からオフセットされる、請求項
1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記監視マーカ及び前記少なくとも1つのアレイマーカが各々、前記外科用ロボットと関連付けられた追跡カメラによって認識されるように構成された光学マーカである、請求項1に記載のシステム。

【請求項6】

前記監視マーカポスト及び前記動的参照基部ポストが、単一の切開内に挿入される、請求項1に記載のシステム。

【請求項7】

前記監視マーカポストが、金属であり、骨組織内に打ち込むように構成された鋭い先端部を含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項8】

前記監視マーカポストが、動的参照基部ポストに対して解剖学的構造内に配置される、請求項1に記載のシステム。

【請求項9】

前記監視マーカポスト及び前記動的参照基部ポストが、単一の切開内に挿入されるように構成される、請求項8に記載のシステム。

【請求項10】

外科用ロボットへの患者の登録を監視するためのシステムであって、
少なくとも1つのアレイマーカを含む動的参照基部と、
前記動的参照基部と関連付けられた動的参照基部ポストと、
前記動的参照基部から所定の距離に配置された監視マーカと、
前記監視マーカと関連付けられた監視マーカポストと、
前記監視マーカポスト及び前記動的参照基部ポストを受け入れるように構成された一時的グループ化要素と、を備え、
前記監視マーカポスト及び前記動的参照基部が、前記一時的グループ化要素内に受け入れられている間に異なる入口点で骨組織に取設され、
前記一時的グループ化要素が、前記骨組織に取設された後に、前記監視マーカポスト及び動的参照基部ポストから取り外されるように構成される、システム。

【請求項11】

前記監視マーカが、前記動的参照基部に対して配置されるように構成される、請求項10に記載のシステム。

【請求項12】

前記外科用ロボットが、前記所定の距離の変化に基づいて、前記動的参照基部が移動したことを判定する、請求項11に記載のシステム。

【請求項13】

前記監視マーカが、前記監視マーカポストの長手方向軸からオフセットされる、請求項10に記載のシステム。

【請求項14】

前記一時的グループ化要素が、前記監視マーカポスト及び前記動的参照基部ポストを前記骨組織に取設するための嵌入キャップに更に構成される、請求項10に記載のシステム。

【請求項15】

前記監視マーカ及び前記少なくとも1つのアレイマーカが各々、前記外科用ロボットと関連付けられた追跡カメラによって認識されるように構成された光学マーカである、請求項10に記載のシステム。

【請求項16】

前記監視マーカポスト及び前記動的参照基部ポストが、単一の切開内に挿入される、請求項10に記載のシステム。

【請求項17】

前記監視マーカポストが、金属であり、前記骨組織内に打ち込むように構成された鋭い先端部を含む、請求項10に記載のシステム。

【請求項18】

10

20

30

40

50

前記動的参照基部ポストが、前記骨組織に取設するための1つ以上のスパイクを含む、請求項10に記載のシステム。

【請求項19】

前記監視マーカが、前記一時的グループ化要素が取り外された後に、前記監視マーカポストに接続されるように構成され、前記動的参照基部が、前記一時的グループ化要素が取り外された後に、前記動的参照基部ポストに接続される、請求項10に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は、2016年5月18日に出願された米国特許出願第15/157,444号の一部継続であり、その米国特許出願は、2016年4月11日に出願された米国特許出願第15/095,883号(米国特許公開第2016/0220320A1号として公開)の一部継続であり、その米国特許出願は、2013年10月24日に出願された米国特許出願第14/062,707号(米国特許公開第2014/0275955A1号として公開)の一部継続出願であり、その米国特許出願は、2013年6月21日に出願された米国特許出願第13/924,505号(米国特許公開第2013/0345718A1号として公開され、米国特許公開第2016/0242849A9号としての訂正公報を伴う)の一部継続出願であり、その米国特許出願は、2012年6月21日に出願された米国仮特許出願第61/662,702号に対する優先権を主張し、及び2013年3月15日に出願された米国仮特許出願第61/800,527号に対する優先権を主張する非仮特許出願であり、それらの全ての全内容は、参照することにより本明細書に組み込まれる。

10

20

【技術分野】

【0002】

本開示は、ロボット支援外科用技法のための監視マーカ実装に関する。

【背景技術】

【0003】

種々の医療手技は、最適化された処置を行うために、体内での外科用器具の3次元位置の正確な局所限定を必要とする。例えば、椎骨を融着させるためのいくつかの外科的手技は、外科医が骨構造の特定の場所に複数の孔を掘削することを必要とする。融着システムにおける高レベルの機械的完全性を達成するために、かつ骨構造内に生成される力のバランスをとるために、孔を正しい場所に掘削することが必要である。椎骨は、ほとんどの骨構造と同様に、正確な垂直方向の掘削を困難にする非平面の湾曲面を含む複雑な形状を有する。

30

【0004】

従来、現在利用可能なシステム及び方法を使用して、外科医は、誘導システムを使用して、患者の解剖学的構造、例えば患者の骨構造の3次元画像上に掘削管の位置をオーバーレイすることによって、掘削器誘導管を手動で保持し位置付ける。この手動プロセスは、冗長であり、時間がかかり、誤りを起こしやすくもある。更に、手術が成功したとみなすことができるかは、それを行う外科医の手腕に大きく依存する。したがって、患者の解剖学的構造に関連して、外科用器具をより正確に位置付け、それらの器具の位置をより正確に描写するためのロボット支援手術の使用が必要とされている。

40

【0005】

現在、外科用手技のための制限されたロボット支援が利用可能である。例えば、あるシステムは、ユーザがロボットアクチュエータを制御することを可能にする。これらのシステムは、外科医の総動作をロボットアクチュエータの微小動作に変換して、手術を行っているときに外科用器具をより正確に位置付けて固定させる。これらのシステムは、手振れをなくすことを支援し、外科医に、現在市販されているロボットの多くと同様に、小さな開口を通して作業するための改善された能力を提供し得るが、これらのシステムは、高価かつ目障りであり、患者及びユーザ(例えば、外科医)との関連でロボットのための煩雑な

50

セットアップを必要とする。

【0006】

いくつかのロボット支援システムでは、患者の対象の解剖組織の2次元及び/または3次元画像に関連して、外科用器具を正しく追跡するために、登録技法が使用され得る。本開示に対する特許出願(上に列記)で以前に論じられているように、動的参照基部(DRB)は、患者の骨組織に物理的に取説され得る。患者の解剖組織の画像に対してマーカを登録した後、患者の解剖組織の画像に関連して、ナビゲートされた外科用器具の位置を正しく表示するために、DRBが参照点として使用され得る。DRBがシフトされるかまたは取り除かれた場合、正しい登録と、患者の解剖組織の画像に対してナビゲートされた器具の視覚表示とが、器具の実際の移動に対して正確であることを確保するように、登録プロセスが再度開始され得る。

10

【0007】

DRBが取り除かれたかまたは動かされたかを判定するための1つの方法は、監視マーカの使用による。監視マーカの使用は、内容が参照により本明細書に組み込まれる米国特許出願第13/294,505号に以前に説明されている。監視マーカは、患者の位置を追跡するDRBの場所以外の場所において患者に取説された、単一の追跡されたマーカである。患者が追跡カメラに対して移動した場合、監視マーカ及びDRBは、DRBと監視マーカとの間の相対移動なく、同じ量だけ一緒に移動したと予想される。しかしながら、DRB上の追跡マーカに対する監視マーカの移動は、DRBが偶発的に取り除かれたであろうことを示すものである。

20

【0008】

監視マーカは、監視マーカが付与される場所に、追加の準備及び患者の外科的切開を必要とし得る。したがって、外科医が、DRB配置のために使用された切開と同じ切開を使用して、監視マーカを患者に取説することを可能にする必要がある。機能を向上させるために、監視マーカは、DRBと強固にインターフェースを取り得ない。

【0009】

したがって、DRBと強固にインターフェースを取らず、一方で依然としてDRBの取り除きを効果的に検出する監視マーカが必要とされている。これは、本開示により、監視マーカをDRBの近くの骨に取説することによって達成され得る。例えば、監視マーカを、DRBに触れないポスト上に有する。

30

【発明の概要】

【0010】

この及び他の必要性を満たすために、外科的手技中の外科用器具の意図されない移動の存在を検出するためのデバイス、システム、及び方法が提供される。

【0011】

例示的な一実施形態によれば、本開示は、外科用ロボットへの患者の登録の精密性をチェックするためのシステムを提供する。本システムは、少なくとも1つのアレイマーカを含む動的参照基部と、動的参照基部に接続された動的参照基部ポストと、動的参照基部から所定の距離に配置された監視マーカと、監視マーカに接続され、動的参照基部ポストとは独立して配置された監視マーカポストと、を含む。監視マーカポスト及び動的参照基部は、骨組織の異なる部分に取説される。

40

【0012】

別の例示的な実施形態によれば、本開示は、外科用ロボットへの患者の登録の精密性のためのシステムを提供する。本システムは、少なくとも1つのアレイマーカを含む動的参照基部と、動的参照基部と関連付けられた動的参照基部ポストと、動的参照基部から所定の距離に配置された監視マーカと、監視マーカと関連付けられた監視マーカポストと、監視マーカポスト及び動的参照基部ポストを受け入れるように構成された一時的グループ化要素と、を備える。監視マーカポスト及び動的参照基部は、一時的グループ化要素内に受け入れられている間に骨組織の異なる部分に取説される。一時的グループ化部材は、骨組織に取説された後に、監視マーカポスト及び動的参照基部ポストから取り外されるように構

50

成され得る。

【図面の簡単な説明】

【0013】

本発明及び以下に続くそのある実施形態の詳細な説明は、以下の図面を参照することによって理解され得る。

【図1】外科手技の間のロボットシステム、患者、外科医、及び他の医療要員の場所についての潜在的配設の頭上図である。

【図2】一実施形態に係る患者に対する外科用ロボット及びカメラの位置付けを含むロボットシステムを例解する。

【図3】例示的な実施形態に従う外科用ロボットシステムを例解する。

10

【図4】例示的な実施形態に従う外科用ロボットの一部を例解する。

【図5】例示的な実施形態に従う外科用ロボットのブロック図を例解する。

【図6】例示的な実施形態に従う外科用ロボットを例解する。

【図7A】例示的な実施形態に従うエンドエフェクタを例解する。

【図7B】例示的な実施形態に従うエンドエフェクタを例解する。

【図7C】例示的な実施形態に従うエンドエフェクタを例解する。

【図8】一実施形態に係るエンドエフェクタの誘導管への外科用器具の挿入前及び後の、外科用器具及びエンドエフェクタを例解する。

【図9A】例示的な実施形態に従うエンドエフェクタ及びロボットアームの一部を例解する。

20

【図9B】例示的な実施形態に従うエンドエフェクタ及びロボットアームの一部を例解する。

【図9C】例示的な実施形態に従うエンドエフェクタ及びロボットアームの一部を例解する。

【図10】例示的な実施形態に従う動的参照アレイ、画像化アレイ、及び他の構成要素を例解する。

【図11】例示的な実施形態に従う登録方法を例解する。

【図12A】例示的な実施形態に係る画像化デバイスの実施形態を例解する。

【図12B】例示的な実施形態に係る画像化デバイスの実施形態を例解する。

【図13A】本開示の例示的な実施形態に係る監視マーカを例解する。

30

【図13B】本開示の例示的な実施形態に係る監視マーカを例解する。

【図14A】本開示の例示的な実施形態に係る監視マーカを例解する。

【図14B】本開示の例示的な実施形態に係る監視マーカを例解する。

【図15】本開示の例示的な実施形態に係る監視マーカを例解する。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本開示は、本明細書における説明に記載されるまたは図面において例解される構成要素の構築及び配設の詳細にその用途において限定されないことが理解されるものとする。本開示の教示は、他の実施形態において使用及び実践されてもよく、種々の方法において実践または実行されてもよい。また、本明細書において使用される専門表現及び専門用語が、説明目的のためであり、制限としてみなされるべきではないことが理解されるものとする。本明細書における「含む(including)」、「備える(comprising)」、または「有する(having)」、及びこれらの変化形の使用は、その後列記される項目、及びそれらの同等物、ならびに追加の項目を包含することが意味される。別途指定または制限されない限り、「装着された(mounted)」、「接続された(connected)」、「支持された(supported)」、及び「連結された(coupled)」という用語、ならびにこれらの変化形は、広義に使用され、直接的及び間接的双方の装着、接続、支持、及び連結を包含する。更に、「接続された(connected)」及び「連結された(coupled)」は、物理的もしくは機械的接続または連結に制限されない。

40

50

【 0 0 1 5 】

以下の考察は、当業者が本開示の実施形態を作製及び使用することを可能にするために提示される。例解される実施形態への種々の修正は、当業者には容易に明らかであり、本明細書における原理は、本開示の実施形態から逸脱することなく、他の実施形態及び用途に適用され得る。このため、実施形態は、示される実施形態に制限されることを意図しないが、本明細書において開示される原理及び特性と一致する最も広い範囲が与えられるものとする。以下の発明を実施するための形態は、異なる図面における同様の要素が同様の参照番号を有する図面を参照して読まれるものとする。図面は、必ずしも縮尺通りではなく、選択された実施形態を描写し、実施形態の範囲を制限することを意図しない。当業者は、本明細書において提供される実施例が、多くの有用な代替物を有し、実施形態の範囲内にあることを認識するであろう。

10

【 0 0 1 6 】

ここで、図面を参照すると、図 1 及び 2 は、例示的な実施形態に従って外科用ロボットシステム 100 を例解する。外科用ロボットシステム 100 は、例えば、外科用ロボット 102、1 つ以上のロボットアーム 104、基部 106、表示器 110、例えば、誘導管 114 を含む、エンドエフェクタ 112、及び 1 つ以上の追跡マーカ 118 を含んでもよい。外科用ロボットシステム 100 は、患者追跡デバイス 116 を含んでもよく、また、患者追跡デバイス 116 は、1 つ以上の追跡マーカ 118 を含み、それは、患者 210 に（例えば、患者 210 の骨に）直接固定されるように適合される。外科用ロボットシステム 100 はまた、例えば、カメラスタンド 202 上に位置付けられた、カメラ 200 を利用してもよい。カメラスタンド 202 は、カメラ 200 を所望の位置に移動、配向、及び支持するために、任意の適切な構成を有することができる。カメラ 200 は、任意の適切なカメラまたは複数のカメラ、例えば、カメラ 200 の視点から見る事ができる所与の測定量においてアクティブ及びパッシブ追跡マーカ 118 を識別することができる、例えば、1 つ以上の赤外カメラ（例えば、2 焦点または立体写真測量カメラ）等を含んでもよい。カメラ 200 は、所与の測定量をスキャンしてもよく、3 次元におけるマーカ 118 の位置を識別及び判定するために、マーカ 118 から来る光を検出してもよい。例えば、アクティブマーカ 118 は、電気信号（例えば、赤外発光ダイオード（LED））によって作動される赤外発光マーカを含んでもよく、パッシブマーカ 118 は、例えば、カメラ 200 または他の適切なデバイス上の照明器によって発出される赤外光を反射するレトロな反射性マーカ（例えば、それらは、入射光の方向に入射する IR 放射を反射する）を含んでもよい。

20

30

【 0 0 1 7 】

図 1 及び 2 は、動作室環境における外科用ロボットシステム 100 の配置のための潜在的な構成を例解する。例えば、ロボット 102 は、患者 210 の近くまたは次に位置付けられてもよい。患者 210 の頭部の近くが描写されるが、ロボット 102 は、手術を受けている患者 210 の領域に応じて、患者 210 の近くの任意の適切な場所に位置付けることができることが理解されるであろう。カメラ 200 は、ロボットシステム 100 から分離されてもよく、患者 210 の足に位置付けられてもよい。この場所は、カメラ 200 が、手術野 208 への直接的な視線を有することを可能にする。再度、カメラ 200 は、手術野 208 への見通し線を有する任意の適切な位置に位置してもよいことが意図される。図示される構成において、外科医 120 は、ロボット 102 の向かいに位置付けられてもよいが、依然として、エンドエフェクタ 112 及び表示器 110 を操作することができる。外科助手 126 は、更にまた、エンドエフェクタ 112 及び表示器 110 の双方にアクセス可能に、外科医 120 の向かいに位置付けられてもよい。所望される場合、外科医 120 及び助手 126 の場所は、逆にされてもよい。麻酔医 122 及び看護師または洗浄技師 124 のための伝統的な領域は、ロボット 102 及びカメラ 200 の場所によって邪魔されないままである。

40

【 0 0 1 8 】

ロボット 102 の他の構成要素に関して、表示器 110 は、外科用ロボット 102 に取設

50

することができ、他の例示的な実施形態において、表示器 110 は、外科用ロボット 102 を伴う手術室内、または遠隔の場所のいずれかにおいて、外科用ロボット 102 から取り外すことができる。エンドエフェクタ 112 は、ロボットアーム 104 に連結されてもよく、少なくとも 1 つのモータによって制御されてもよい。例示的な実施形態において、エンドエフェクタ 112 は、患者 210 上で手術を実施するために使用される（本明細書において更に説明される）外科用器具 608 を受け入れる及び配向させることができる、誘導管 114 を備えることができる。本明細書において使用される際、「エンドエフェクタ」という用語は、「エンドイフェクチュエータ」及び「イフェクチュエータ要素」という用語と同義的に使用される。誘導管 114 を用いて一般的に示されるが、エンドエフェクタ 112 は、手術中の使用に適した任意の適切な器具類と置き換えてもよいことが理解されるであろう。一部の実施形態において、エンドエフェクタ 112 は、所望の様態における外科用器具 608 の移動をもたらすために任意の既知の構造を備えることができる。

10

【0019】

外科用ロボット 102 は、エンドエフェクタ 112 の並進及び配向を制御することができる。ロボット 102 は、例えば、x、y、及び z 軸に沿って、エンドエフェクタ 112 を移動させることができる。エンドエフェクタ 112 は、（エンドエフェクタ 112 と関連付けられるオイラー角（例えば、ロール、ピッチ、及びノまたはヨー）のうちの 1 つ以上を選択的に制御することができるように）x、y、及び z 軸、ならびに Z フレーム軸のうちの 1 つ以上の周囲の選択的回転のために構成することができる。一部の例示的な実施形態において、エンドエフェクタ 112 の並進及び配向の選択的制御は、例えば、回転軸のみを備える 6 自由度のロボットアームを利用する従来のロボットと比較して、有意に改善された精密性をもって医療手技の実施を可能にすることができる。例えば、外科用ロボットシステム 100 は、患者 210 上で動作させるために使用されてもよく、ロボットアーム 104 は、患者 210 の身体の上に位置付けることができ、エンドエフェクタ 112 は、患者 210 の身体に向かって z 軸に対して選択的に角度付けられる。

20

【0020】

一部の例示的な実施形態において、外科用器具 608 の位置は、外科用ロボット 102 が、手技中、常に外科用器具 608 の場所を認識することができるように、動的に更新することができる。結果として、一部の例示的な実施形態において、外科用ロボット 102 は、医師からのいかなる更なる支援も伴わずに（医師がそのように所望しない限り）素早く所望の位置に外科用器具 608 を移動させることができる。一部の更なる実施形態において、外科用ロボット 102 は、外科用器具 608 が、選択された、事前に計画された軌道から外れた場合、外科用器具 608 の経路を補正するように構成することができる。一部の例示的な実施形態において、外科用ロボット 102 は、エンドエフェクタ 112 及びノまたは外科用器具 608 の移動の停止、修正、及びノまたは手動制御を可能にするように構成することができる。このため、使用中、例示的な実施形態において、医師または他のユーザは、システム 100 を動作させることができ、エンドエフェクタ 112 及びノまたは外科用器具 608 の自主的な移動を停止、修正、または手動で制御するオプションを有する。外科用ロボット 102 による外科用器具 608 の制御及び移動を含む、外科用ロボットシステム 100 の更なる詳細は、その全体として参照することにより本明細書に組み込まれる、同時係属米国特許出願第 13 / 924, 505 号において見出すことができる。

30

40

【0021】

ロボット外科用システム 100 は、3次元においてロボットアーム 104、エンドエフェクタ 112、患者 210、及びノまたは外科用器具 608 の移動を追跡するように構成された 1 つ以上の追跡マーカ 118 を備えることができる。例示的な実施形態において、複数の追跡マーカ 118 は、例えば、制限することなく、ロボット 102 の基部 106 上、ロボットアーム 104 上、またはエンドエフェクタ 112 上等の、ロボット 102 の外表面に装着（またはそうでなければ固定）することができる。例示的な実施形態において、複数の追跡マーカ 118 のうちの少なくとも 1 つの追跡マーカ 118 は、エンドエフェクタ 112 に装着またはそうでなければ固定することができる。1 つ以上の追跡マーカ 11

50

8は、更に患者210に装着（またはそうではければ固定）することができる。例示的な実施形態において、複数の追跡マーカ118は、外科医、外科用ツール、またはロボット102の他のパーツによって遮られる可能性を低減するように、手術野208から離間して、患者210上に位置付けることができる。更に、1つ以上の追跡マーカ118は、外科用ツール608（例えば、スクリュードライバ、拡張器、インプラント挿入器、または同様のもの）に更に装着（またはそうではければ固定）することができる。このため、追跡マーカ118は、マークされた物体（例えば、エンドエフェクタ112、患者210、及び外科用ツール608）のそれぞれが、ロボット102によって追跡されることを可能にする。例示的な実施形態において、システム100は、例えば、エンドエフェクタ112、（例えば、エンドエフェクタ112の管114内に位置付けられた）外科用器具608の、配向及び場所、ならびに患者210の相対位置を計算するために、マークされた物体のそれぞれから収集された追跡情報を使用することができる。

10

【0022】

例示的な実施形態において、マーカ118のうちの一つ以上は、光学マーカであってもよい。一部の実施形態において、エンドエフェクタ112上の一つ以上の追跡マーカ118の位置付けは、エンドエフェクタ112の位置をチェックまたは検証する役割を果たすことによって、位置測定値の精密性を最大化することができる。外科用ロボット102及び外科用器具608の制御、移動、ならびに追跡を含む、外科用ロボットシステム100の更なる詳細は、その全体として参照することにより本明細書に組み込まれる、同時係属米国特許出願第13/924,505号において見出すことができる。

20

【0023】

例示的な実施形態は、外科用器具608に連結された一つ以上のマーカ118を含む。例示的な実施形態において、例えば、患者210及び外科用器具608に連結される、これらのマーカ118、ならびにロボット102のエンドエフェクタ112に連結されるマーカ118は、従来の赤外発光ダイオード（LED）または、例えば、Optotrak（登録商標）等の商業的に入手可能な赤外光追跡システムを使用して追跡されることが可能なOptotrak（登録商標）ダイオードを備えることができる。Optotrak（登録商標）は、Northern Digital Inc., Waterloo, Ontario, Canadaの登録商標である。他の実施形態において、マーカ118は、Polaris Spectra等の商業的に入手可能な光学追跡システムを使用して追跡されることが可能な従来の反射性球体を備えることができる。Polaris Spectraはまた、Northern Digital Inc.の登録商標である。例示的な実施形態において、エンドエフェクタ112に連結されたマーカ118は、オン及びオフにされ得る赤外発光ダイオードを備えるアクティブマーカであり、患者210及び外科用器具608に連結されるマーカ118は、パッシブ反射性球体を備える。

30

【0024】

例示的な実施形態において、マーカ118から発出された及び/またはマーカ118によって反射された光は、カメラ200によって検出することができ、マークされた物体の場所及び移動を監視するために使用することができる。代替の実施形態において、マーカ118は、無線周波数及び/もしくは電磁リフレクタまたはトランシーバを備えることができ、カメラ200は、無線周波数及び/もしくは電磁トランシーバを含むか、またはそれによって置き換えることができる。

40

【0025】

外科用ロボットシステム100と同様に、図3は、本開示の例示的な実施形態と一致するドッキング型構成における、外科用ロボットシステム300及びカメラスタンド302を例解する。外科用ロボットシステム300は、表示器304、上部アーム306、下部アーム308、エンドエフェクタ310、垂直カラム312、キャスト314、キャビネット316、タブレット引出し318、コネクタパネル320、制御パネル322、及び情報のリング部324を含む、ロボット301を備えてもよい。カメラスタンド302は、カメラ326を備えてもよい。これらの構成要素は、図5に関してより多く説明される。

50

図3は、カメラスタンド302が、例えば、使用中でないときに、ロボット301と入れ子にされる、ドッキング型構成における外科用ロボットシステム300を例解する。カメラ326及びロボット301は、例えば、図1及び2に示されるように、外科手技中に、互いに分離してもよく、任意の適切な場所に位置付けてもよいことが、当業者によって理解されるであろう。図4は、本開示の例示的な実施形態と一致する基部400を例解する。基部400は、外科用ロボットシステム300の一部分であってもよく、キャビネット316を備えてもよい。キャビネット316は、限定されるものではないが、バッテリー402、配電モジュール404、プラットフォームインターフェースボードモジュール406、コンピュータ408、ハンドル412、及びタブレット引出し414を含む、外科用ロボットシステム300のある構成要素を収容してもよい。これらの構成要素間の接続及び関係は、図5に関してより詳細に説明される。

10

【0026】

図5は、外科用ロボットシステム300の例示的な実施形態のある構成要素のブロック図を例解する。外科用ロボットシステム300は、プラットフォームサブシステム502、コンピュータサブシステム504、動き制御サブシステム506、及び追跡サブシステム532を備えてもよい。プラットフォームサブシステム502は、バッテリー402、配電モジュール404、プラットフォームインターフェースボードモジュール406、及びタブレット充電ステーション534を更に備えてもよい。コンピュータサブシステム504は、コンピュータ408、表示器304、及びスピーカ536を更に備えてもよい。動き制御サブシステム506は、駆動回路508、モータ510、512、514、516、518、安定器520、522、524、526、エンドエフェクタ310、及びコントローラ538を更に備えてもよい。追跡サブシステム532は、位置センサ540及びカメラ変換器542を更に備えてもよい。システム300はまた、フットペダル544及びタブレット546を備えてもよい。

20

【0027】

入力電力は、電源548を介してシステム300に供給され、それは、配電モジュール404に提供されてもよい。配電モジュール404は、入力電力を受け取り、システム300の他のモジュール、構成要素、及びサブシステムに提供される異なる電力供給電圧を発生するように構成される。配電モジュール404は、異なる電圧供給をプラットフォームインターフェースモジュール406に提供するように構成されてもよく、それは、例えば、コンピュータ408、表示器304、スピーカ536、ドライバ508等の他の構成要素に、例えば、電力モータ512、514、516、518及びエンドエフェクタ310、モータ510、リング部324、カメラ変換器542、ならびにシステム300のための他の構成要素、例えば、キャビネット316内の電気構成要素を冷却するための送風機に提供されてもよい。

30

【0028】

配電モジュール404はまた、電力を他の構成要素、例えば、タブレット引出し318内に位置し得るタブレット充電ステーション534等に提供してもよい。タブレット充電ステーション534は、テーブル546を充電するためにタブレット546と無線または有線通信してもよい。タブレット546は、本開示と一致する及び本明細書に説明される外科医によって使用されてもよい。配電モジュール404はまた、バッテリー402に接続されてもよく、そのバッテリーは、万一配電モジュール404が入力電力548からの電力を受信しない場合において、一時的な電源としての役割を果たす。他のときには、配電モジュール404は、必要な場合、バッテリー402を充電する役割を果たしてもよい。

40

【0029】

プラットフォームサブシステム502の他の構成要素はまた、コネクタパネル320、制御パネル322、及びリング部324を含んでもよい。コネクタパネル320は、異なるデバイス及び構成要素をシステム300ならびに/または関連付けられた構成要素及びモジュールに接続する役割を果たしてもよい。コネクタパネル320は、異なる構成要素からの線路または接続を受け入れる1つ以上のポートを含んでもよい。例えば、コネクタパネ

50

ル 3 2 0 は、システム 3 0 0 を他の機器に接地し得る接地端子ポート、フットペダル 5 4 4 をシステム 3 0 0 に接続するためのポート、位置センサ 5 4 0、カメラ変換器 5 4 2、及びカメラスタンド 3 0 2 と関連付けられたカメラ 3 2 6 を備え得る追跡サブシステム 5 3 2 に接続するためのポートを有してもよい。コネクタパネル 3 2 0 はまた、他の構成要素、例えば、コンピュータ 4 0 8 等への U S B、イーサネット（登録商標）、H D M I（登録商標）通信を可能にするために、他のポートを含んでもよい。

【 0 0 3 0 】

制御パネル 3 2 2 は、システム 3 0 0 の動作を制御する種々のボタンもしくは指示器を提供してもよく、及び/またはシステム 3 0 0 に関する情報を提供してもよい。例えば、制御パネル 3 2 2 は、システム 3 0 0 の電源をオンまたはオフにするためのボタン、垂直カラム 3 1 2 を上げるまたは下げるためのボタン、及びシステム 3 0 0 が物理的に移動することを係止するようにキャスト 3 1 4 に係合するように設計され得る安定器 5 2 0 ~ 5 2 6 を上げるまたは下げるためのボタンを含んでもよい。万一緊急の場合には、他のボタンがシステム 3 0 0 を停止してもよく、それは、全てのモータ電力をなくし得、全ての動きの発生を停止するために機械的制動を加え得る。制御パネル 3 2 2 はまた、ユーザにあるシステム状況を通知する指示器、例えば、線路電力指示器等、またはバッテリー 4 0 2 用の充電の状態を通知する指示器を有してもよい。

10

【 0 0 3 1 】

リング部 3 2 4 は、システム 3 0 0 のユーザに、システム 3 0 0 が不十分に動作している異なるモード及び該ユーザへのある警告を通知するための視覚的指示器であってもよい。

20

【 0 0 3 2 】

コンピュータサブシステム 5 0 4 は、コンピュータ 4 0 8、表示器 3 0 4、及びスピーカ 5 3 6 を含む。コンピュータ 5 0 4 は、システム 3 0 0 を動作させるためのオペレーティングシステム及びソフトウェアを含む。コンピュータ 5 0 4 は、情報をユーザに表示するために、他の構成要素（例えば、追跡サブシステム 5 3 2、プラットフォームサブシステム 5 0 2、及び/または動き制御サブシステム 5 0 6）からの情報を受信及び処理してもよい。更に、コンピュータサブシステム 5 0 4 はまた、音声をユーザに提供するためにスピーカ 5 3 6 を含んでもよい。

【 0 0 3 3 】

追跡サブシステム 5 3 2 は、位置センサ 5 0 4 及び変換器 5 4 2 を含んでもよい。追跡サブシステム 5 3 2 は、図 3 に関して説明されたようなカメラ 3 2 6 を含むカメラスタンド 3 0 2 に対応してもよい。位置センサ 5 0 4 は、カメラ 3 2 6 であってもよい。追跡サブシステムは、外科手技中にユーザによって使用されるシステム 3 0 0 及び/または器具の異なる構成要素上に位置する、ある一定のマーカの場合を追跡してもよい。この追跡は、それぞれ、アクティブまたはパッシブ要素、例えば、L E D または反射性マーカ等の場所を追跡する赤外技術の使用を含む、本開示と一致する様態で行われてもよい。これらの種類のマーカを有する構造の場所、配向、及び位置は、表示器 3 0 4 上でユーザに表示され得るコンピュータ 4 0 8 に提供されてもよい。例えば、これらの種類のマーカを有し、（ナビゲーション空間として呼ばれ得る）この様態で追跡される外科用器具 6 0 8 が、患者の解剖学的構造の 3 次元画像に関連してユーザに示されてもよい。動き制御サブシステム 5 0 6 は、垂直カラム 3 1 2、上部アーム 3 0 6、下部アーム 3 0 8 を物理的に移動させる、またはエンドエフェクタ 3 1 0 を回転させるように構成されてもよい。物理的移動は、1 つ以上のモータ 5 1 0 ~ 5 1 8 の使用を通じて行われてもよい。例えば、モータ 5 1 0 は、垂直カラム 3 1 2 を垂直に上げるまたは下げるように構成されてもよい。モータ 5 1 2 は、図 3 に示されるように垂直カラム 3 1 2 との係合点の周囲に、上部アーム 3 0 8 を横に移動させるように構成されてもよい。モータ 5 1 4 は、図 3 に示されるように上部アーム 3 0 8 との係合点の周囲に、下部アーム 3 0 8 を横に移動させるように構成されてもよい。モータ 5 1 6 及び 5 1 8 は、一方がロールを制御し得、かつもう一方が傾きを制御し得るような様態で、エンドエフェクタ 3 1 0 を移動させるように構成されてもよく、それによって、エンドエフェクタ 3 1 0 が移動され得る複数の角度を提供する。これらの

30

40

50

移動は、コントローラ 5 3 8 によって達成されてもよく、そのコントローラは、エンドエフェクタ 3 1 0 上に配置されたロードセルを通してこれらの移動を制御し得、ユーザが、これらのロードセルに係合することによって作動され得、所望の様態においてシステム 3 0 0 を移動させる。

【 0 0 3 4 】

更に、システム 3 0 0 は、ユーザが、（タッチスクリーン入力デバイスであってもよい）表示器 3 0 4 上に、表示器 3 0 4 上の患者の解剖組織の 3 次元画像上に外科用器具または構成要素の場所を指示することを通じて、垂直カラム 3 1 2、上部アーム 3 0 6、及び下部アーム 3 0 8 の自動移動を提供してもよい。ユーザは、フットペダル 5 4 4 を踏むことまたはいくらかの他の入力手段によって、この自動移動を開始してもよい。

10

【 0 0 3 5 】

図 6 は、例示的な実施形態と一致する外科用ロボットシステム 6 0 0 を例解する。外科用ロボットシステム 6 0 0 は、エンドエフェクタ 6 0 2、ロボットアーム 6 0 4、誘導管 6 0 6、器具 6 0 8、及びロボット基部 6 1 0 を備えてもよい。器具ツール 6 0 8 は、1 つ以上の追跡マーカ（例えば、マーカ 1 1 8 等）を含む追跡アレイ 6 1 2 に取設してもよく、関連付けられた軌道 6 1 4 を有してもよい。軌道 6 1 4 は、器具ツール 6 0 8 が、一度それが誘導管 6 0 6 を通して位置付けられるまたは誘導管 6 0 6 内に固定されると進むように構成される移動の経路、例えば、患者への器具ツール 6 0 8 の挿入の経路を表現してもよい。例示的な動作において、ロボット基部 6 1 0 は、外科用ロボットシステム 6 0 0 が、患者 2 1 0 上で動作している際に、ユーザ（例えば、外科医）を支援してもよいように、ロボットアーム 6 0 4 及びエンドエフェクタ 6 0 2 と電子通信するように構成されてもよい。外科用ロボットシステム 6 0 0 は、前に説明した外科用ロボットシステム 1 0 0 及び 3 0 0 と一致してもよい。

20

【 0 0 3 6 】

追跡アレイ 6 1 2 は、器具ツール 6 0 8 の場所及び配向を監視するために、器具 6 0 8 上に装着されてもよい。追跡アレイ 6 1 2 は、器具 6 0 8 に取設されてもよく、追跡マーカ 8 0 4 を備えてもよい。図 8 に最も良く見られるように、追跡マーカ 8 0 4 は、例えば、発光ダイオード及び/または他の種類の反射性マーカ（例えば、本明細書における他の箇所に説明されるようなマーカ 1 1 8）であってもよい。追跡デバイスは、外科用ロボットシステムと関連付けられた 1 つ以上の見通し線デバイスであってもよい。例として、追跡デバイスは、外科用ロボットシステム 1 0 0、3 0 0 と関連付けられた 1 つ以上のカメラ 2 0 0、3 2 6 であってもよく、また、ロボットアーム 6 0 4、ロボット基部 6 1 0、エンドエフェクタ 6 0 2、及び/または患者 2 1 0 に対する器具 6 0 8 の定義された領域または相対的配向について追跡アレイ 6 1 2 を追跡してもよい。追跡デバイスは、カメラスタンド 3 0 2 及び追跡サブシステム 5 3 2 と併せて説明された構造のもので一致してもよい。

30

【 0 0 3 7 】

図 7 A、7 B、及び 7 C は、例示的な実施形態と一致するエンドエフェクタ 6 0 2 のそれぞれ、上面図、正面図、及び側面図を例解する。エンドエフェクタ 6 0 2 は、1 つ以上の追跡マーカ 7 0 2 を備えてもよい。追跡マーカ 7 0 2 は、発光ダイオードまたは他の種類のアクティブ及びパッシブマーカ、例えば、前に説明した追跡マーカ 1 1 8 等であってもよい。例示的な実施形態において、追跡マーカ 7 0 2 は、電気信号によって作動されるアクティブ赤外発光マーカ（例えば、赤外発光ダイオード（LED））である。このため、追跡マーカ 7 0 2 は、赤外マーカ 7 0 2 がカメラ 2 0 0、3 2 6 に認識できるように作動させてもよく、または赤外マーカ 7 0 2 がカメラ 2 0 0、3 2 6 に認識できないように非作動にしてもよい。このため、マーカ 7 0 2 がアクティブであるとき、エンドエフェクタ 6 0 2 は、システム 1 0 0、3 0 0、6 0 0 によって制御されてもよく、マーカ 7 0 2 が非作動にされるとき、エンドエフェクタ 6 0 2 は、適切な位置に係止され、システム 1 0 0、3 0 0、6 0 0 によって移動されることができなくてもよい。

40

【 0 0 3 8 】

50

マーカ702は、マーカ702が、外科用ロボットシステム100、300、600と関連付けられた1つ以上のカメラ200、326または他の追跡デバイスによって認識されることができるような状態で、エンドエフェクタ602上または内に配置してもよい。カメラ200、326または他の追跡デバイスは、追跡マーカ702の移動を追うことによって、エンドエフェクタ602を、それが異なる位置及び視野角に移動する際に、追跡してもよい。マーカ702及び/またはエンドエフェクタ602の場所は、外科用ロボットシステム100、300、600と関連付けられた表示器110、304、例えば、図2に示されるような表示器110及び/または図3に示される表示器304上に示されてもよい。この表示器110、304は、ユーザが、エンドエフェクタ602が、ロボットアーム604、ロボット基部610、患者210、及び/またはユーザに対する望ましい位置にあることを確保することを可能にし得る。

10

【0039】

例えば、図7Aに示されるように、マーカ702は、追跡デバイスが、手術野208から離れて配置され、ロボット102、301の方に向くように、かつ、カメラ200、326が、追跡デバイス100、300、600に対するエンドエフェクタ602の共通配向の範囲を通してマーカ702のうちの少なくとも3つを見ることができるよう、エンドエフェクタ602の表面の周囲に配置されてもよい。例えば、マーカ702の分配は、このようにして、エンドエフェクタ602が手術野208において並進及び回転されるときに、エンドエフェクタ602が追跡デバイスによって監視されることを可能にする。

【0040】

加えて、例示的な実施形態において、エンドエフェクタ602は、外部カメラ200、326がマーカ702を読み取る準備ができたときを検出することができる赤外(IR)受信機を装備してもよい。この検出の直後、エンドエフェクタ602は、次いで、マーカ702を照明してもよい。外部カメラ200、326がマーカ702を読み取る準備ができているというIR受信機による検出は、外部カメラ200、326に、発光ダイオードであり得るマーカ702のデューティサイクルを同期させる必要性を信号で伝えてもよい。これはまた、全体としてロボットシステムによる低電力消費を可能にし得、それによって、マーカ702が、連続的に照明される代わりに、適時にのみ照明されるであろう。更に、例示的な実施形態において、マーカ702は、他のナビゲーションツール、例えば、異なる種類の外科用器具608等との干渉を防ぐために、電源をオフにしてもよい。

20

30

【0041】

図8は、追跡アレイ612及び追跡マーカ804を含む1つの種類の外科用器具608を描写する。追跡マーカ804は、限定されるものでないが、発光ダイオードまたは反射性球体を含む、本明細書に説明される任意の種類のものであってもよい。マーカ804は、外科用ロボットシステム100、300、600と関連付けられた追跡デバイスによって監視され、カメラ200、326の見通し線のうちの1つ以上であってよい。カメラ200、326は、追跡アレイ612及びマーカ804の位置ならびに配向に基づいて、器具608の場所を追跡してもよい。ユーザ、例えば、外科医120等は、追跡アレイ612及びマーカ804が、追跡デバイスまたはカメラ200、326によって十分に認識され、器具608及びマーカ804を、例えば、例示的な外科用ロボットシステムの表示器110上に表示させるような状態で、器具608を配向させてもよい。

40

【0042】

外科医120が、器具608をエンドエフェクタ602の誘導管606の中に配置し得、器具608を調節し得る状態が、図8において明らかである。エンドエフェクタ112、310、602の中空管または誘導管114、606は、外科用器具608の少なくとも一部分を受け入れるようにサイズ決定及び構成される。誘導管114、606は、外科用器具608のための挿入及び軌道が、患者210の身体内またはその上で所望の解剖学的対象に到達することができるように、ロボットアーム104によって配向されるように構成される。外科用器具608は、略円筒形器具の少なくとも一部分を含んでもよい。スクリュードライバが外科用ツール608として例解されるが、任意の適切な外科用ツール6

50

08がエンドエフェクタ602によって位置付けられてもよいことが理解されるであろう。例として、外科用器具608は、誘導ワイヤ、カニューレ、レトラクタ、掘削器、リーマ、スクリュードライバ、挿入ツール、除去ツール、または同様のもののうちの1つ以上を含んでもよい。中空管114、606は円筒形構成を有するように一般的に示されるが、誘導管114、606は、外科用器具608に適應するために及び手術位置にアクセスするために所望された任意の適切な形状、サイズ、及び構成を有してもよいことが当業者によって理解されるであろう。

【0043】

図9A~9Cは、例示的な実施形態と一致するエンドエフェクタ602及びロボットアーム604の一部を例解する。エンドエフェクタ602は、本体1202及びクランプ1204を更に備えてもよい。クランプ1204は、ハンドル1206、ボール1208、バネ1210、及びリップ部1212を備えてもよい。ロボットアーム604は、凹部1214、装着プレート1216、リップ部1218、及び磁石1220を更に備えてもよい。[0072] エンドエフェクタ602は、1つ以上の連結を通して外科用ロボットシステム及びロボットアーム604と機械的にインターフェースを取ってもよく、ならびに/または係合してもよい。例えば、エンドエフェクタ602は、位置決め連結及び/または補強連結を通してロボットアーム604と係合してもよい。これらの連結を通して、エンドエフェクタ602は、可撓性及び無菌バリアの外側のロボットアーム604と締結してもよい。例示的な実施形態において、位置決め連結は、磁気運動学的装着であってもよく、補強連結は、5つの棒状オーバーセンタクランピングリンク機構であってもよい。

【0044】

位置決め連結に関して、ロボットアーム604は、装着プレート1216を備えてもよく、それは、非磁気材料、1つ以上の凹部1214、リップ部1218、及び磁石1220であってもよい。磁石1220は、凹部1214のそれぞれの下に装着される。クランプ1204の一部分は、磁気材料を備えてもよく、1つ以上の磁石1220によって吸引されてもよい。クランプ1204及びロボットアーム604の磁気吸引を通して、ボール1208は、それぞれの凹部1214の中に着座されることになる。例えば、図9Bに示されるようなボール1208は、図9Aに示されるような凹部1214内に着座される。この着座は、磁氣的に支援された運動学的連結と考えられ得る。磁石1220は、エンドエフェクタ602の配向に関わらず、エンドエフェクタ602の全重量を支持するのに十分強いように構成されてもよい。位置決め連結は、6自由度を固有に抑制する任意の様式の運動学的装着であってもよい。

【0045】

補強連結に関して、クランプ1204の一部分は、固定接地リンクであるように構成されてもよく、そのように、クランプ1204は、5つの棒リンク機構としての役割を果たしてもよい。クランプハンドル1206を閉じることは、リップ部1212及びリップ部1218が、エンドエフェクタ602及びロボットアーム604を固定するような状態でクランプ1204に係合する際に、エンドエフェクタ602をロボットアーム604に締結し得る。クランプハンドル1206が閉じられると、バネ1210は、クランプ1204が係止位置にある間に伸長または加圧され得る。係止位置は、中心を過ぎたリンク機構を提供する位置であり得る。中心を過ぎた閉じた位置の理由で、リンク機構は、クランプ1204を解放するためにクランプハンドル1206に加えられる力がなければ開かない。このため、係止位置において、エンドエフェクタ602は、ロボットアーム604に強固に固定され得る。

【0046】

バネ1210は、張力における曲がり梁であってもよい。バネ1210は、高剛性及び高降伏ひずみを呈する材料、例えば、PEEK(ポリエーテルエーテルケトン)パーズン材等から成ってもよい。エンドエフェクタ602及びロボットアーム604間のリンク機構は、エンドエフェクタ602及びロボットアーム604間に、2つの連結の締結を妨害せずに、無菌バリアを提供し得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 7 】

補強連結は、複数のバネ部材を用いるリンク機構であってもよい。補強連結は、カムまたは摩擦に基づく機構を用いて掛止めしてもよい。補強連結はまた、ロボットアーム 6 0 4 へのエンドエフェクタ 1 0 2 の締結を支持する十分に強力な電磁石であってもよい。補強連結は、エンドエフェクタ 6 0 2 及びロボットアーム 6 0 4 間の界面上を滑り、かつスクリュウ機構、オーバーセンタリンク機構、またはカム機構を用いて締め付ける、エンドエフェクタ 6 0 2 及びノまたはロボットアーム 6 0 4 のいずれかから完全に分離したマルチピースカラーであってもよい。

【 0 0 4 8 】

図 1 0 及び 1 1 を参照すると、外科手技の前または間に、ある登録手技が、ナビゲーション空間及び画像空間の両方において、物体及び患者 2 1 0 の対象の解剖学的構造を追跡するために行われてもよい。かかる登録を行うために、登録システム 1 4 0 0 は、図 1 0 に例解されるように使用されてもよい。

10

【 0 0 4 9 】

患者 2 1 0 の位置を追跡するために、患者追跡デバイス 1 1 6 は、患者 2 1 0 の硬い解剖学的構造に固定されるべき患者固定器具 1 4 0 2 を含んでもよく、動的参照基部 (D R B) 1 4 0 4 は、患者固定器具 1 4 0 2 に確実に取設されてもよい。例えば、患者固定器具 1 4 0 2 は、動的参照基部 1 4 0 4 の開口部 1 4 0 6 に挿入されてもよい。動的参照基部 1 4 0 4 は、追跡デバイス、例えば、追跡サブシステム 5 3 2 等が認識できるマーカ 1 4 0 8 を含んでもよい。これらのマーカ 1 4 0 8 は、本明細書に前に考察されたように、光学マーカまたは反射性球体、例えば、追跡マーカ 1 1 8 等であってもよい。

20

【 0 0 5 0 】

患者固定器具 1 4 0 2 は、患者 2 1 0 の硬い解剖組織に取設され、外科手技全体を通して取設されたままであってもよい。例示的な実施形態において、患者固定器具 1 4 0 2 は、患者 2 1 0 の硬い領域、例えば、外科手技を受ける対象の解剖学的構造から離れて位置する骨に取設される。対象の解剖学的構造を追跡するために、動的参照基部 1 4 0 4 は、対象の解剖学的構造の場所を用いて動的参照基部 1 4 0 4 を登録するために、対象の解剖学的構造上またはその近くに一時的に配置される登録固定具の使用を通して対象の解剖学的構造と関連付けられる。

【 0 0 5 1 】

登録固定具 1 4 1 0 は、枢動アーム 1 4 1 2 の使用を通じて、患者固定器具 1 4 0 2 に取設される。枢動アーム 1 4 1 2 は、登録固定具 1 4 1 0 の開口部 1 4 1 4 を通して患者固定器具 1 4 0 2 を挿入することによって、患者固定器具 1 4 0 2 に取設される。枢動アーム 1 4 1 2 は、例えば、枢動アーム 1 4 1 2 の開口部 1 4 1 8 を通してノブ 1 4 1 6 を挿入することによって、登録固定具 1 4 1 0 に取設される。

30

【 0 0 5 2 】

枢動アーム 1 4 1 2 を使用して、登録固定具 1 4 1 0 は、対象の解剖学的構造の上に配置されてもよく、その場所は、登録固定具 1 4 1 0 上の追跡マーカ 1 4 2 0 及びノまたは基準 1 4 2 2 を使用して、画像空間及びナビゲーション空間において判定されてもよい。登録固定具 1 4 1 0 は、ナビゲーション空間において認識できるマーカ 1 4 2 0 の集合物を含んでもよい (例えば、マーカ 1 4 2 0 は、追跡サブシステム 5 3 2 によって検出可能であってもよい)。追跡マーカ 1 4 2 0 は、本明細書において前に説明されるように、赤外光において認識できる光学マーカであってもよい。登録固定具 1 4 1 0 はまた、画像化空間 (例えば、3次元CT画像)において認識できる基準 1 4 2 2、例えば、軸受ボール等の集合物を含んでもよい。図 1 1 に関してより詳細に説明されるように、登録固定具 1 4 1 0 を使用して、対象の解剖学的構造は、動的参照基部 1 4 0 4 と関連付けられてもよく、それによって、ナビゲーション空間における物体の描写が、解剖学的構造の画像上に重ね合わされることを可能にする。対象の解剖学的構造から離れた位置に位置する動的参照基部 1 4 0 4 は、参照点になり得、それによって、外科用領域からの登録固定具 1 4 1 0 及びノまたは枢動アーム 1 4 1 2 の取外しを可能にする。

40

50

【 0 0 5 3 】

図 1 1 は、本開示と一致する登録のための例示的な方法 1 5 0 0 を提供する。方法 1 5 0 0 は、ステップ 1 5 0 2 において始まり、そのステップにおいて、対象の解剖学的構造のグラフィカル表現（または画像（複数可））が、システム 1 0 0、3 0 0 6 0 0、例えば、コンピュータ 4 0 8 にインポートされてもよい。グラフィカル表現は、登録固定具 1 4 1 0 及び基準 1 4 2 0 の検出可能な画像化パターンを含む、患者 2 1 0 の対象の解剖学的構造の 3 次元 C T または蛍光透視スキャンであってもよい。

【 0 0 5 4 】

ステップ 1 5 0 4 において、基準 1 4 2 0 の画像化パターンが、画像化空間において検出及び登録され、コンピュータ 4 0 8 内に記憶される。任意選択的に、このときに、ステップ 1 5 0 6 において、登録固定具 1 4 1 0 のグラフィカル表現が、対象の解剖学的構造の画像上に重ね合わされてもよい。

10

【 0 0 5 5 】

ステップ 1 5 0 8 において、登録固定具 1 4 1 0 のナビゲーションパターンが、マーカ 1 4 2 0 を認識することによって検出及び登録される。マーカ 1 4 2 0 は、位置センサ 5 4 0 を介して追跡サブシステム 5 3 2 によって赤外光を通してナビゲーション空間において認識される光学マーカであってもよい。このため、対象の解剖学的構造の場所、配向、及び他の情報が、ナビゲーション空間において登録される。したがって、登録固定具 1 4 1 0 は、基準 1 4 2 2 の使用による画像空間とマーカ 1 4 2 0 の使用によるナビゲーション空間の両方において認識されてもよい。ステップ 1 5 1 0 において、画像空間内の登録固定具 1 4 1 0 の登録が、ナビゲーション空間に転移される。この転移は、例えば、マーカ 1 4 2 0 のナビゲーションパターンの位置と比較して、基準 1 4 2 2 の画像化パターンの相対位置を使用することによって、行われる。

20

【 0 0 5 6 】

ステップ 1 5 1 2 において、（画像空間を用いて登録された）登録固定具 1 4 1 0 のナビゲーション空間の登録が、患者固定器具 1 4 0 2 に取設された動的登録アレイ 1 4 0 4 のナビゲーション空間に更に転移される。このため、登録固定具 1 4 1 0 は、取り外されてもよく、動的参照基部 1 4 0 4 は、ナビゲーション空間が画像空間と関連付けられるので、ナビゲーション及び画像空間の両方において、対象の解剖学的構造を追跡するために使用されてもよい。

30

【 0 0 5 7 】

ステップ 1 5 1 4 及び 1 5 1 6 において、ナビゲーション空間は、ナビゲーション空間において認識できるマーカ（例えば、光学マーカ 8 0 4 を用いる外科用器具 6 0 8）を用いて、画像空間及び物体上に重ね合わせてもよい。物体は、対象の解剖学的構造の画像上の外科用器具 6 0 8 のグラフィカル表現を通して追跡されてもよい。

【 0 0 5 8 】

図 1 2 A ~ 1 2 B は、患者 2 1 0 の手術前、手術中、手術後、及び/またはリアルタイムの画像データを取得するためにロボットシステム 1 0 0、3 0 0、6 0 0 と併せて使用され得る画像化デバイス 1 3 0 4 を例解する。任意の適切な主題が、画像化システム 1 3 0 4 を使用して任意の適切な手技のために画像化されてもよい。画像化システム 1 3 0 4 は、任意の画像化デバイス、例えば、画像化デバイス 1 3 0 6 及び/または C アーム 1 3 0 8 デバイス等であってもよい。X 線システムにおいて要求され得る患者 2 1 0 の頻繁な手動の再位置付けを必要とせず、いくつかの異なる位置から患者 2 1 0 の X 線写真を取ることが望ましいであろう。図 1 2 A に例解されるように、画像化システム 1 3 0 4 は、「C」形状の両遠位端 1 3 1 2 において終端する細長い C 形状部材を含む C アーム 1 3 0 8 の形態にあってもよい。C 形状部材 1 3 1 0 は、X 線源 1 3 1 4 及び画像受信器 1 3 1 6 を更に備えてもよい。アームの C アーム 1 3 0 8 内の空間は、X 線支持構造 1 3 1 8 からの実質的な干渉なしで患者を診療するための余地を医師に提供し得る。図 1 2 B に例解されるように、画像化システムは、支持構造画像化デバイス支持構造 1 3 2 8、例えば、車輪 1 3 3 2 を有する車輪付移動可能カート 1 3 3 0 等に取設されるガントリー筐体 1 3 2

40

50

4を有する画像化デバイス1306を含んでもよく、それは、例解されない、画像捕捉部分を取り囲んでもよい。画像捕捉部分は、X線源及び/または発出部分ならびにX線受信及び/または画像受信部分を含んでもよく、それらは、互いから約180度に配置されてもよく、画像捕捉部分の軌道に対してロータ(例解されない)上に装着されてもよい。画像捕捉部分は、画像取得の間に360度回転するように動作可能であってもよい。画像捕捉部分は、中心点及び/または軸の周囲に回転してもよく、患者210の画像データが、多方向からまたは複数の平面において取得されることを可能にする。ある画像化システム1304が本明細書に例解されるが、任意の適切な画像化システムが、当業者によって選択されてもよいことが理解されるであろう。

【0059】

次に、本開示の図13A~15を参照すると、本開示と一致する監視マーカの例示的な実施形態が例解される。図13A~13Bは、監視マーカ2002と、アレイマーカ2006を有する追跡アレイであり得る動的参照基部(DRB)2004と、DRBポスト2008と、監視マーカポスト2010とを含むシステム2000を描写する。また、患者の骨2012が描写されている。この構成では、監視マーカ2002は、DRBポスト2008のメインシャフトの中空の中心またはチャンネル内部にある、監視マーカポスト2010上にある。監視マーカポスト2010は、硬質金属からなり、マレットによって骨の中に打ち込むための鋭く滑らかな先端部、または骨の中に掘削するために端がねじ切りされた先端部を有し得る。DRB2004が落とされるかまたは取り除かれる場合、DRB2004を保持しているスパイクが、骨2012と監視マーカ2002のための監視ポスト2010の先端部とに非常に近接するにもかかわらず、アレイマーカ2006を有する追跡アレイが、監視マーカ2002の位置に対してシフトする。監視マーカ2002が装着されるポスト2010は、DRB2004が装着されるスパイクまたはクランプの中空メインシャフトの内部にある。DRBポスト2008の中空メインシャフトの壁と監視マーカポスト2010との間に、緩い許容差があってもよい。

【0060】

図13Aの例示的な実施形態では、監視マーカポスト2010がDRBポスト2008によって包含されると、DRB2004の取り除き及び屈曲移動が、DRB2004に監視マーカポスト2010を押圧させ、その上、それを移動させ得る。しかしながら、骨2012に対する取設または入口点は、DRBポスト2008及び監視マーカポスト2010によって異なるため、監視マーカポスト2010及びDRB2004の回転軸は異なる場合があり、たとえ2つの構造が触れているとしても、DRB2004に対する監視マーカ2002の位置の検出可能な変化があり得ることを意味する。DRB2004が落とされた場合の監視マーカ2002及び追跡マーカ2006の位置における相対シフト量は、監視マーカポスト2010がDRBポスト2008の中空シャフトの内側壁に触れていない場合、最大になり得る。より容易に検出可能な効果のために、監視マーカポスト2010とDRBポスト2010の内側壁との間に緩い許容差を有することは有利であり得る。また、屈曲している間に最終的に触れたとしても、監視マーカポスト2010がDRBポスト2004の中空壁に触れていない状態で、少なくとも監視を始めることが有利であり得る。監視マーカポスト2010が挿入中にDRBポスト2008の中空壁に触れていないことを確保することを助けるために、監視マーカポスト2008が通過して挿入され、監視マーカポストを中空シャフトの中央線に向かって押す一時的センタリング誘導部、例えばドーナツ状片を用いることが有利であり得る。ポストが挿入された後、誘導部は、DRBポスト2008の中空壁と監視マーカポスト2010との間に緩い許容差が残されるように取り外され得る。そのような誘導部は、DRBの管領域の上部で、管領域の底部で、またはこれらの両方で使用され得る。

【0061】

図13Bは、DRBポスト2008の中央線からオフセットされた監視マーカ2002を有するシステム2000の別の構成である。この構成は、クランプされたDRB2004が落とされたときに、そのシャフトの軸を中心とした不注意による回転を回避し得る。そ

10

20

30

40

50

のような回転は、DRB 2004を適所に保持しているクランプ2014が十分に締められず、DRB 2004が、わずかであっても妨害された場合に生じ得る。図13Aの例示的な実施形態では、DRBポスト2008を中心としたDRB 2004の回転が、DRB 2004がDRBポスト2008に沿って長手方向に進むことなく発生した場合、回転して取り除く間に監視マーカ2002の最小限または検出不可能な相対移動があり得るが、これは、監視マーカ2002の位置がDRB 2004の回転移動の回転軸上にあるかまたはそれに近接しているためである。この場合、監視マーカ2002は、図13Bに示されるように、DRBポスト2008の中央線または長手方向軸から（例えば、1cm以上まで）オフセットされ得る。この構成では、DRB 2004のその装着シャフトを中心としたわずかな回転であっても、移動しない監視マーカ2002に対して検出可能であるが、これは、監視マーカ2002がDRB 2004の回転軸上にないためである。また、この構成は、骨の中に打ち込むためのハンマによって差し込まれるヘッドとしての役割を果たすことができる、監視マーカポスト2010上の遠位領域、または骨の中に掘削される場合に掘削器のチャック内でクランプするための領域を提供し得る。監視マーカ2002がポスト2010の中央に取設されている場合、キャップまたはほかの特性を追加して、反射性塗料でコーティングされている場合がある監視マーカ2002の表面を破損することなく挿入されることを可能にするようにしてもよい。加えて、挿入中、この構成は、監視マーカ2002が手動で回転され、より良好な視界のために、追跡カメラに向かって位置付けられることを可能にし得る。

10

【0062】

図14A～Bは、前に説明されたようないくつかの構成要素を含むシステム2100の例示的な実施形態を例解する。システム2100は、一時的グループ化要素2102を更に含む。システム2100では、監視マーカ2002は、同じ切開を通して患者の中に取設され得るが、DRB 2004またはDRBポスト2008には物理的に接続され得ない。これを行うための1つの様態は、一時的グループ化要素2102を使用して、監視ポスト2010及びDRBポスト2008を、これらの構成要素がユニットとして挿入されるように保持することであり得る。そして、これらの構成要素は、図14Bに示されるように、一時的グループ化要素2102が取り外された後に、独立してもよい。

20

【0063】

図14Aでは、DRBポスト2008及び監視マーカポスト2010は、一時的グループ化要素2102とともに所望の間隔で保持されている間に、同時に骨2012の中に挿入され得る。DRBポスト2008及び監視マーカポスト2010が挿入された後、一時的グループ化要素2102を取り外してもよく、DRB 2004及び監視マーカ2002を取設してもよく、これらは個別の骨片に固定され得る。また、一時的グループ化要素2102は、挿入中にハンマによって差し込まれる嵌入キャップであってもよい。

30

【0064】

図15は、例示的な実施形態2200を例解する。この構成では、監視マーカ2002を、患者の同じ切開を通して取設するが、DRB 2004に物理的に接続しないことが可能であり得る。図15では、異なる挿入角度を使用し得、監視マーカポスト2010及びDRBポスト2008の軌道は、同じ切開（図示せず）の内部にある。

40

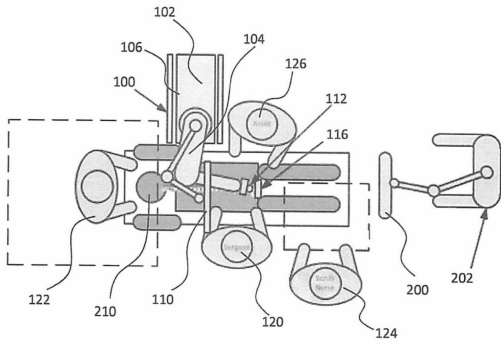
【0065】

図13～15に関して説明されたような監視マーカ2002の取設は、複数の切開を必要とすることに代えて、利点を立証した、単一の切開を通した監視マーカの用途を可能にし得、これは結果として手術時間を短くし得、患者の不快感を少なくし得る。本発明は、詳細に示され説明された好ましい実施形態と併せて開示されてきたが、それらへの種々の修正及び改善は、当業者には容易に明らかとなろう。したがって、本発明の本質及び範囲は、前述の例によって限定されるものではなく、法によって許容可能な最も広い意味で理解されるものである。

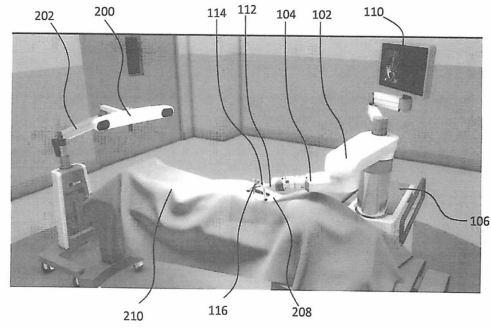
50

【図面】

【図 1】

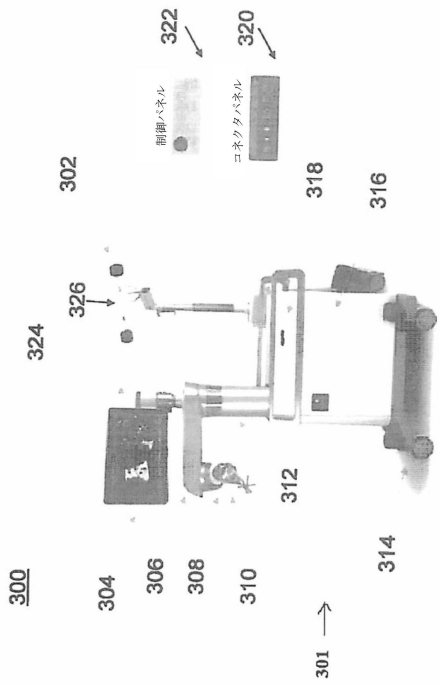


【図 2】

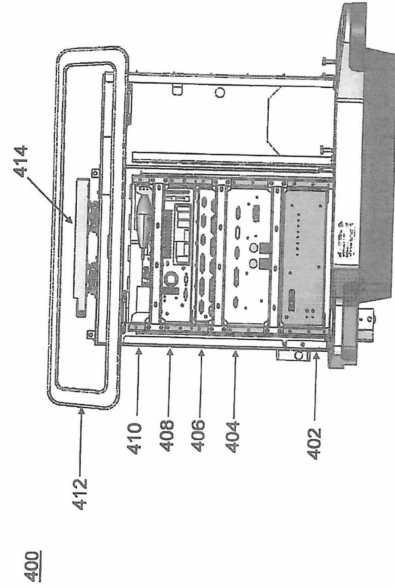


10

【図 3】



【図 4】



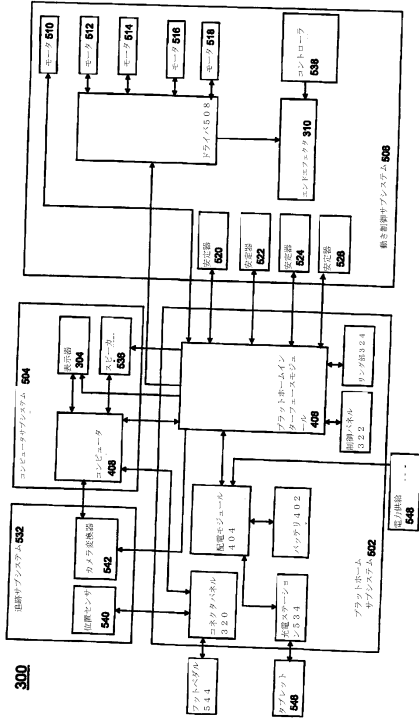
20

30

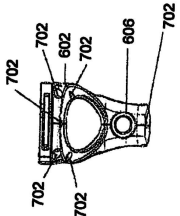
40

50

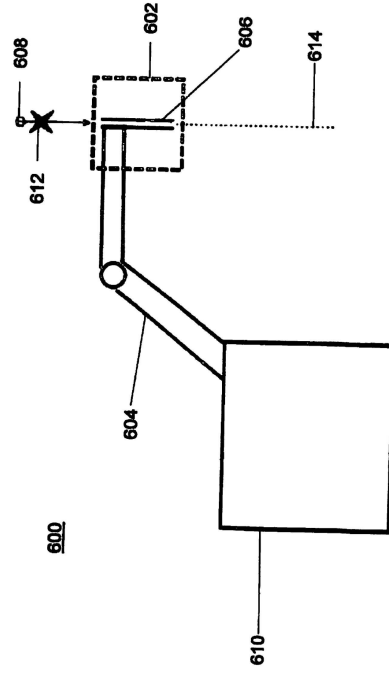
【 図 5 】



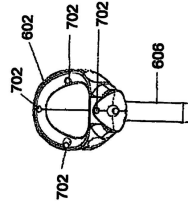
【 図 7 A 】



【 図 6 】



【 図 7 B 】



10

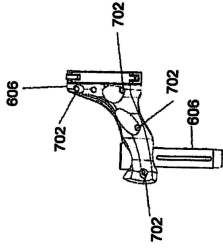
20

30

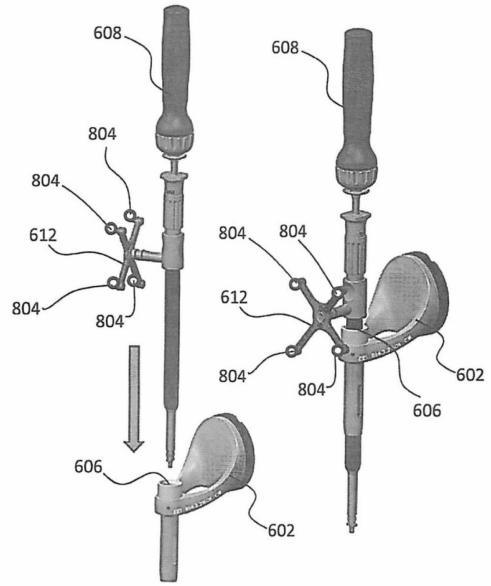
40

50

【 7 C 】

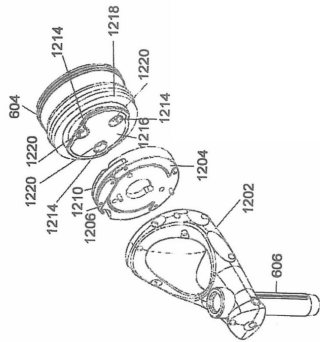


【 8 】

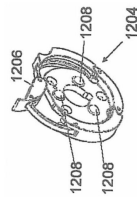


10

【 9 A 】



【 9 B 】



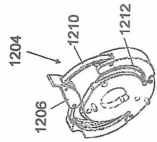
20

30

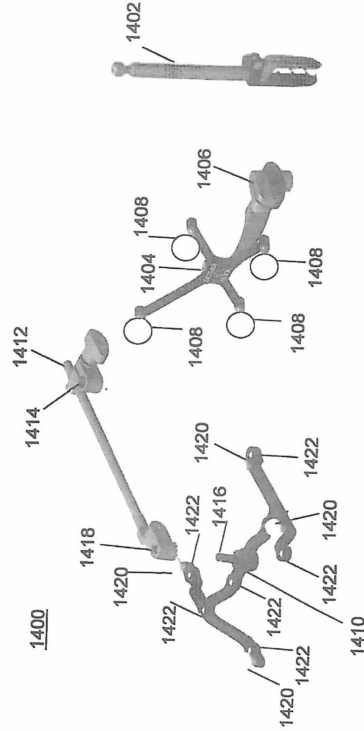
40

50

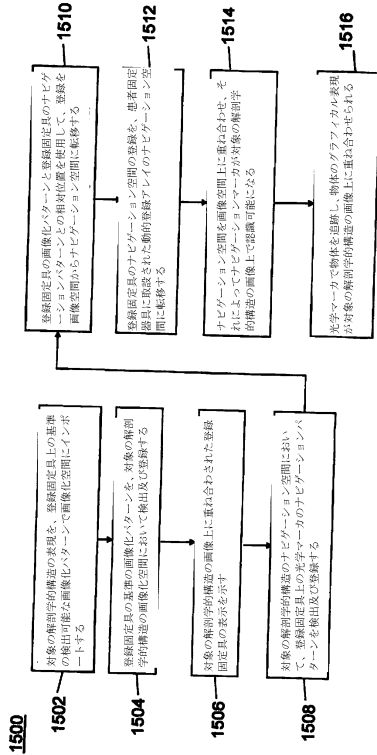
【図 9 C】



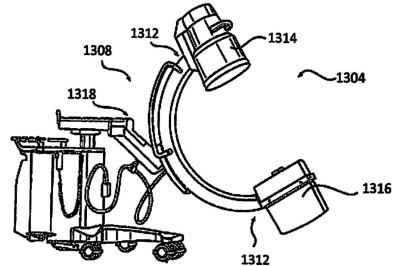
【図 10】



【図 11】



【図 12 A】



10

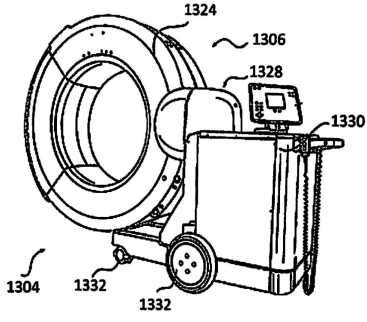
20

30

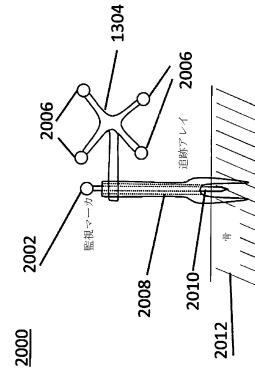
40

50

【図 1 2 B】

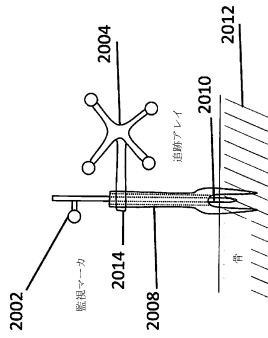


【図 1 3 A】

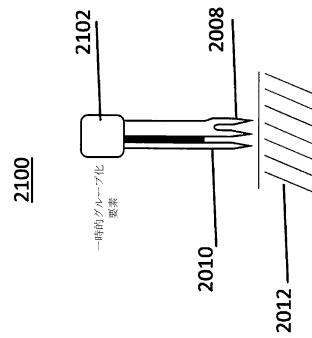


10

【図 1 3 B】



【図 1 4 A】




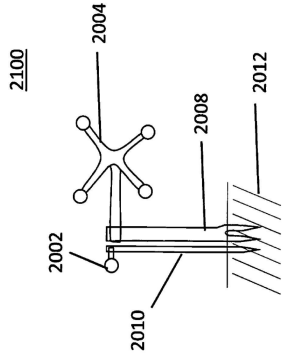
20


30

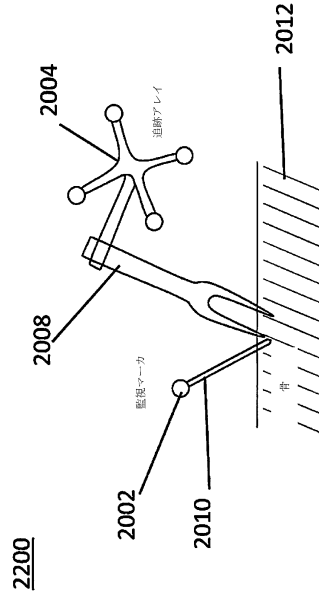
40

50

【 1 4 B】



【 1 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- アメリカ合衆国, 0 2 9 2 1 ロードアイランド州, クランストン, ホープ ヒル テラス 9 6
(72)発明者 サンジェイ, エム. ヨシ
- アメリカ合衆国, 0 1 8 1 0 マサチューセッツ州, アンドーヴァー, チャンドラー ロード 1 2
(72)発明者 ニール, アール. クロフォード
- アメリカ合衆国, 8 5 2 2 4 アリゾナ州, チャンドラー, ウェスト パロミノ ドライブ 2 7 0 8
(72)発明者 ノルベルト, ジョンソン
- アメリカ合衆国, 0 1 8 4 5 マサチューセッツ州, ノース アンドーヴァー, ストーンウェッジ
サークル 3 2
- 審査官 小河 了一
- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 3 0 6 4 9 9 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
- A 6 1 B 3 4 / 2 0
- A 6 1 B 3 4 / 3 5