(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2025-502808
(P2025-502808A)
(43)公表日　令和7年1月28日(2025.1.28)

(51)国際特許分類　F I
A61B 34/20 (2016.01)　A61B 34/20
A61B 90/00 (2016.01)　A61B 90/00

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全38頁）

(21)出願番号　特願2024-539641(P2024-539641)
(86)(22)出願日　令和4年12月16日(2022.12.16)
(85)翻訳文提出日　令和6年7月24日(2024.7.24)
(86)国際出願番号　PCT/IB2022/062385
(87)国際公開番号　WO2023/126755
(87)国際公開日　令和5年7月6日(2023.7.6)
(31)優先権主張番号　63/295,651
(32)優先日　令和3年12月31日(2021.12.31)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV
最終頁に続く

(71)出願人　518083032
オーリス ヘルス インコーポレイテッド
アメリカ合衆国、９５０５４ カリフォルニア州、サンタ・クララ、グレート・アメリカ・パークウェイ ５４９０
(74)代理人　100130384
弁理士　大島 孝文
(72)発明者　バーマン・デイビッド・バーディック
アメリカ合衆国、９４０６５ カリフォルニア州、レッドウッド・シティ、ショアライン・ドライブ １５０
(72)発明者　アイバリ・エリフ
アメリカ合衆国、９４０６５ カリフォルニア州、レッドウッド・シティ、ショアライン・ドライブ １５０
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　機械的連結機構を用いた位置決めシステムの位置合わせ

(57)【要約】
位置決めシステムは、第１のフィールドを見るように構成された第１の位置決めモダリティに関連付けられた第１の位置決め源を備える第１のデバイスと、第２のフィールドを見るように構成された、第１の位置決めモダリティとは異なるタイプの第２の位置決めモダリティに関連付けられた第２の位置決め源を備える第２のデバイスと、第１の位置決めモダリティを使用して第１のフィールド内で検出可能な１つ以上の第１のマーカを備える第３のデバイスと、第２の位置決めモダリティを使用して第２のフィールド内で検出可能な１つ以上の第２のマーカを備える第４のデバイスとを含む一群の位置決めデバイスを含む。連結構造体は、一群の位置決めデバイスのうちの２つを、固定された厳密な相対位置及び向きで互いに物理的に連結する。

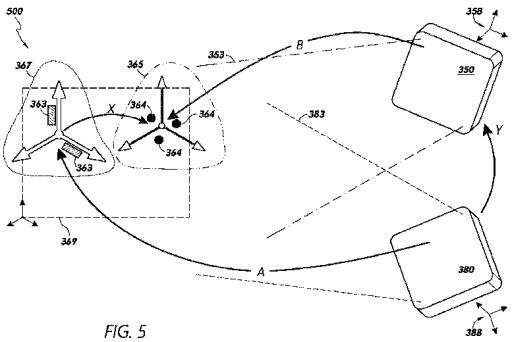


FIG. 5

【特許請求の範囲】
【請求項１】
位置決めシステムであって、
一群の位置決めデバイスであって、
第１の位置決めモダリティに関連付けられた第１の位置決め源を備える第１のデバイスであって、前記第１の位置決め源は、第１のフィールドを見るように構成されている、第１のデバイスと、
前記第１の位置決めモダリティとは異なるタイプである第２の位置決めモダリティに関連付けられた第２の位置決め源を備える第２のデバイスであって、前記第２の位置決め源が第２のフィールドを見るように構成されている、第２のデバイスと、
前記第１の位置決めモダリティを使用して前記第１のフィールド内で検出可能な１つ以上の第１のマーカを備える第３のデバイスと、
前記第２の位置決めモダリティを使用して前記第２のフィールド内で検出可能な１つ以上の第２のマーカを備える第４のデバイスと、を含む、一群の位置決めデバイスと、
前記一群の位置決めデバイスのうちの２つを、固定された厳密な相対位置及び向きで互いに物理的に連結する連結構造体と、を含む、位置決めシステム。
【請求項２】
前記連結構造体は、前記第２のデバイスを前記第１のデバイスに取り付ける剛性取り付けアームを備える、請求項１に記載の位置決めシステム。
【請求項３】
前記第１のデバイスは可動Ｃアームを備え、
前記第１の位置決め源は、Ｘ線発生器又はＸ線検出器のうちの少なくとも１つを含む、請求項２に記載の位置決めシステム。
【請求項４】
前記取り付けアームは、前記第２のデバイスを前記第１のデバイスの前記Ｃアームに取り付ける、請求項３に記載の位置決めシステム。
【請求項５】
前記取り付けアームは、前記第２のデバイスを前記第１の位置決め源の構造体に取り付ける、請求項３に記載の位置決めシステム。
【請求項６】
前記第２のデバイスは、電磁場発生器を備える、請求項３～５のいずれか一項に記載の位置決めシステム。
【請求項７】
前記連結構造体は、前記電磁場発生器を前記可動Ｃアーム及び前記第１の位置決め源から少なくとも２０．３２ｃｍ（８インチ）離して保持するように、前記第２のデバイスを前記第１のデバイスに取り付ける、請求項６に記載の位置決めシステム。
【請求項８】
前記第１の位置決め源及び前記第２の位置決め源の各々は、カメラデバイス、Ｘ線エミッタ、Ｘ線検出器、超音波エミッタ、超音波検出器、及び電磁場発生器からなる群のうちの１つである、請求項１に記載の位置決めシステム。
【請求項９】
前記連結構造体は、前記第３のデバイスを前記第４のデバイスに固定する、請求項１に記載の位置決めシステム。
【請求項１０】
前記１つ以上の第１のマーカは、前記連結構造体によって、前記１つ以上の第２のマーカによって画定される第２の中心位置と共局在位置に保持される第１の中心位置を画定する、請求項９に記載の位置決めシステム。
【請求項１１】
前記第１のフィールドは、前記第２のフィールドと少なくとも部分的に重複する、請求項１に記載の位置決めシステム。

【請求項１２】
位置決めマーカアセンブリであって、
第１の位置決めモダリティを使用して検出されるように構成された１つ以上の第１のマーカと、
第２のモダリティを使用して検出されるように構成された１つ以上の第２のマーカと、
前記１つ以上の第１のマーカ及び前記１つ以上の第２のマーカを固定された相対位置及び向きで固定する物理的連結構造体と、を含む、位置決めマーカアセンブリ。
【請求項１３】
前記物理的連結構造体は、前記１つ以上の第１のマーカ及び前記１つ以上の第２のマーカを共局在化構成で固定する、請求項１２に記載の位置決めマーカアセンブリ。
【請求項１４】
前記共局在化構成において、前記１つ以上の第１のマーカは、前記１つ以上の第２のマーカによって画定される第２の座標中心と実質的に重複する第１の座標中心を画定する、請求項１３に記載の位置決めマーカアセンブリ。
【請求項１５】
前記１つ以上の第１のマーカは、１つ以上の導電性コイルを備え、
前記１つ以上の第２のマーカは、１つ以上の放射線不透過性表面を含む、請求項１２に記載の位置決めマーカアセンブリ。
【請求項１６】
前記第１の位置決めモダリティは、光学、超音波、又はＸ線撮像モダリティであり、
前記１つ以上の第１のマーカは、前記第１の位置決めモダリティを使用して可視であるビーズ形態を含み、
前記１つ以上の第２のマーカは、前記１つ以上の第１のマーカの前記ビーズ形態内に少なくとも部分的に埋め込まれた１つ以上の導電性コイルを含む、請求項１２～１５のいずれか一項に記載の位置決めマーカアセンブリ。
【請求項１７】
位置決めシステムであって、
第１の位置決めモダリティに関連付けられた第１のエミッタと、
前記第１の位置決めモダリティとは異なるタイプの第２の位置決めモダリティに関連付けられた第２のエミッタと、
前記第１のエミッタを、前記第２のエミッタに対して固定された厳密な相対位置及び向きで物理的に保持する剛性連結アームと、を含む、位置決めシステム。
【請求項１８】
前記第１のエミッタは電磁場エミッタであり、
前記第２のエミッタは、Ｘ線エミッタである、請求項１７に記載の位置決めシステム。
【請求項１９】
前記第２のエミッタを支持するように構成されたＣアームを更に備える、請求項１８に記載の位置決めシステム。
【請求項２０】
前記連結アームは、前記第１のエミッタを前記Ｃアームに物理的に結合する、請求項１９に記載の位置決めシステム。
【請求項２１】
前記連結アームが、前記Ｃアームの中間部分に結合される、請求項１９に記載の位置決めシステム。
【請求項２２】
前記連結アームは、前記第１のエミッタを前記第２のエミッタに関連付けられた構造体に物理的に結合する、請求項１７～２１のいずれか一項に記載の位置決めシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

（関連出願の相互参照）

本出願は、２０２１年１２月３１日に出願され、「ＰＯＳＩＴＩＯＮＩＮＧ　ＳＹＳＴＥＭ　ＲＥＧＩＳＴＲＡＴＩＯＮ　ＵＳＩＮＧ　ＭＥＣＨＡＮＩＣＡＬ　ＬＩＮＫＡＧＥＳ」と題する米国特許仮出願第６３／２９５，６５１号の優先権を主張するものであり、その開示は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【０００２】

本開示は、医療器具類を追跡するために実装される位置決めシステムを含む、位置決めシステムに関する。特に、本開示の態様は、異なる位置決めシステム／モダリティの互いへの位置合わせに関する。

【図面の簡単な説明】

【０００３】

様々な実施形態が、例解目的のために添付の図面に描写され、決して本発明の範囲を限定するものとして解釈されるべきではない。加えて、開示した異なる実施形態の種々の特徴を組み合わせて、本開示の一部である更なる実施形態を形成することができる。図面の全体を通して、参照番号を、参照要素間の対応関係を示すために再使用する場合がある。

【図１】１つ以上の実施形態による診断及び／又は治療用の尿管鏡検査処置のために構成されたロボット医療システムの実施形態を図示する。

【図２】１つ又は２つ以上の実施形態による、診断及び／又は治療的気管支鏡検査のために配列されたロボットシステムを図示する。

【図３】１つ又は２つ以上の実施形態による、台ベースのロボットシステムを図示する。

【図４】１つ以上の実施形態による、図１～図３の医療システムのうちのいずれかに実装され得る医療システム構成要素を図示する。

【図５】１つ以上の実施形態による複数の位置決めシステムの配置を図示する。

【図６】統合マーカに関連付けられた複数の位置決めシステムの配置を示す。

【図７】１つ以上の実施形態による様々な位置決めシステムマーカを示す。

【図８】１つ以上の実施形態による、統合マーカ（複数可）に関連付けられた電磁及び蛍光透視位置決めシステムを示す。

【図９】１つ以上の実施形態による、統合マーカ（複数可）に関連付けられた電磁及びロボット位置決めシステムを示す。

【図１０】１つ以上の実施形態による、機械的に固定された源を有する複数の位置決めシステムを示す。

【図１１】１つ以上の実施形態による、相対的に固定された源を有する電磁及びロボット位置決めシステムを示す。

【図１２】１つ以上の実施形態による、２次元画像上の器具表現の３次元位置オーバーレイを示す。

【発明を実施するための形態】

【０００４】

本明細書で提供される見出しは、単に便宜上のものであり、特許請求される発明の範囲又は意味に必ずしも影響を及ぼさない。特定の好ましい実施形態及び実施例が以下に開示されるが、発明の主題は、具体的に開示された実施形態を超えて他の代替実施形態及び／又は用途まで、並びにそれらの修正及び均等物まで拡張する。したがって、本明細書から生じ得る特許請求の範囲は、以下に記載される特定の実施形態のうちのいずれかによって限定されない。例えば、本明細書で開示した任意の方法又はプロセスにおいて、方法又はプロセスの行為又は動作は、任意の好適な順序で行ってもよく、必ずしも何らかの特定の開示した順序に限定されない。様々な動作が、ある特定の実施形態を理解することに役立ち得る方法で、複数の別個の動作として順々に説明され得るが、しかしながら、説明の順序は、これらの動作が順序に依存することを含意するように解釈されるべきではない。更に、本明細書に記載の構造体、システム、及び／又はデバイスは、統合された構成要素又は別個の構成要素として具体化され得る。様々な実施形態を比較する目的で、これらの実

施形態のある特定の態様及び利点について説明する。必ずしも全てのこのような態様又は利点が、任意の特定の実施形態によって実現されるわけではない。したがって、例えば、様々な実施形態が、本明細書で同様に教示又は示唆され得る他の態様又は利点を必ずしも実現することなく、本明細書で教示される１つの利点又は利点の群を実現又は最適化する方法で行われ得る。

【０００５】

ある特定の空間的に相対的な用語、例えば「外側」、「内側」、「上側」、「下側」、「下方」、「上方」、「垂直」、「水平」、「頂部」、「底部」、「側方」及び同様の用語は、本明細書では、あるデバイス／要素又は解剖学的構造体の別のデバイス／要素又は解剖学的構造体に対する空間的関係を記載するために使用されるが、これらの用語は、本明細書では、図面の例示された配向に対してなどの、要素／構造体間の位置関係を記載するために記載を簡単にするために使用されることを理解されたい。空間的に相対的な用語は、図面に示す配向に加えて、使用又は動作時に、要素／構造体の異なる配向を包含することが意図されていることを理解されたい。例えば、別の要素／構造体の「上方」にあると説明される要素／構造体は、対象患者又は要素／構造体の代替的な配向に対して、そのような他の要素／構造体の下方又は脇にある位置を表すことがあり、逆もまた同様である。上に列挙されたものを含む空間的に相対的な用語は、参照される図のそれぞれの図示された配向に対して理解され得ることを理解されたい。

【０００６】

ある特定の参照番号は、１つ又は２つ以上の点で類似し得る特徴を有するデバイス、構成要素、システム、特徴、及び／又はモジュールの便宜のために、本開示の図セットのうちの異なる図にわたって再使用される。しかしながら、本明細書に開示される実施形態のいずれかに関して、図面における共通の参照番号の再使用は、そのような特徴、デバイス、構成要素、又はモジュールが同一又は同様であることを必ずしも示さない。むしろ、当業者は、共通の参照番号の使用が、参照される主題間の類似性を含意し得る程度に関する文脈によって通知され得る。特定の図の説明の文脈における特定の参照番号の使用は、その特定の図における識別されたデバイス、構成要素、態様、特徴、モジュール、又はシステムに関連するものであり、必ずしも、別の図において同じ参照番号によって識別される任意のデバイス、構成要素、態様、特徴、モジュール、又はシステムに関連するわけではないと理解され得る。更に、共通の参照番号で識別される別個の図の態様は、特性を共有するように、又は互いに完全に独立しているように解釈され得る。いくつかの文脈において、共通の参照番号によって識別される別個の図と関連付けられた特徴は、少なくともある特定の態様に関して関連しておらず、かつ／又は同様ではない。

【０００７】

本開示は、異なる位置決めシステム及び／又はモダリティに関連付けられた異なる画像／位置決め空間を互いに位置合わせするためのシステム、デバイス、及び方法を提供する。特に、本開示の１つ以上の態様によるシステム、デバイス、及び方法は、それぞれのモダリティに関連付けられた位置決め源及び／又は検出可能なマーカ／センサ間の機械的連結機構／固定を実装することによって、簡略化されたマルチモーダル位置合わせを容易にすることができる。

【０００８】

本開示で記載される医療用器具に関して、「器具」という用語は、その広義かつ通常の意味に従って使用され、任意のタイプのツール、デバイス、アセンブリ、システム、サブシステム、装置、構成要素などを指し得る。本明細書のいくつかの文脈において、「デバイス」という用語は、「器具」という用語と実質的に互換的に使用され得る。

【０００９】

ロボット外科手術システムは、患者の身体内の領域への器具ナビゲーションを促進するために利用されることができる。いくつかの実施形態では、ロボットシステムは、複数の自由度で器具類の移動を指示することによって、オペレータがロボット制御器具類をナビゲートすることを可能にするインターフェースを提供するように構成されることができる

。例えば、オペレータは、内視鏡、アクセスシース、ガイドワイヤ、作業器具（例えば、針、バスケット、砕石デバイス等）の軸方向平行移動（すなわち、挿入及び／又は後退）、関節運動角度、及び／又はロール（すなわち、関節運動角度方向）を指示してもよい。臓器、分岐血管口、又は他の比較的開放された３次元空間内でのナビゲーションは、解剖学的標的に対するナビゲート／追跡される器具の３次元関係を理解し、及び／又はどの平面で器具が曲がるかを決定する必要があるため、困難であり得る。この作業は、部分的には、遠隔患者アクセス点から処置の所望の部位まで患者の管腔を通して器具をナビゲートすることが、器具の直接的な視線なしで器具を操作することを必要とするため、困難であり得る。処置の所望の部位の位置を特定し、処置の所望の部位への器具のナビゲーションを視覚化するのを助けるために、位置決め／追跡システムが使用されてもよい。位置決め／追跡システムは、ユーザが、患者の内部解剖学的構造、並びに患者の解剖学的構造内の器具の検出可能なマーカの位置及び／又は向きを視覚化することを可能にする。

【００１０】

位置決めシステムは、陽電子放出断層撮影（ＰＥＴ）、Ｘ線コンピュータ断層撮影（ＣＴ）、Ｘ線蛍光透視法、磁気共鳴撮像（ＭＲＩ）、カメラベースの光学システム、及び超音波又は他の音波撮像システム等の撮像システム／モダリティを含むことができる。位置決めシステムは更に、電磁（ＥＭ）追跡システム（例えば、本明細書に詳細に説明されるような電磁場発生器を使用する）、光ファイバ追跡システム、及びロボットデータ（例えば、ロボットアクチュエータ、トルク、姿勢データ）に基づくロボット追跡／位置決めを含むことができる。いくつかの撮像システム／モダリティは、ＰＥＴ、ＣＴ、及びＭＲＩ等の器具の連続リアルタイム追跡に好適ではなく、概して、物体の多くの断面画像を生成して組み合わせ、コンピュータ処理画像を生成する。そのような画像捕捉プロセスは、比較的遅い可能性があり、画像捕捉プロセス中の画像フィールド内の移動は、そのようなシステムを身体内の移動器具のリアルタイム追跡に適さなくする画像アーチファクトを生成する可能性がある。加えて、Ｘ線ＣＴ及び蛍光透視法等のいくつかの撮像システム／モダリティは、潜在的に有害な電離放射線を放出し、それらの使用期間を制限することが望ましい場合がある。

【００１１】

電磁（ＥＭ）追跡システム及び光ファイバ追跡システムは、リアルタイム器具追跡を提供することができる。ＥＭ追跡は、一般に、変動磁場におけるＥＭ感知コイル（すなわち、ＥＭマーカ／センサ）の位置／向きを検出／決定することによって機能する。変動磁場は、磁場内のコイルの位置及び向きに基づいてコイル内に電流を誘導する。したがって、コイルの位置及び向きは、コイル内の電流を測定することによって決定することができる。場合によっては、単一のＥＭセンサ／マーカが、５自由度で３次元空間におけるその位置及び向きを感知することができる。すなわち、ＥＭセンサは、コイルの軸対称軸（すなわち、ロール）の周りを除くあらゆる方向における向きを示すデータを提供することができる。器具又は他のマーカデバイス上の固定された相対位置及び向きに保持される２つのＥＭセンサ／マーカは、器具の６自由度全てを感知するために使用されてもよい。ＥＭ追跡を採用するナビゲーションシステムでは、解剖学的空間の画像を取得することができ、システム制御回路は、追跡される器具に関連付けられたＥＭセンサ／マーカの基準フレームと、解剖学的空間を撮像するために使用される撮像システム／モダリティの基準フレームとの間の位置合わせを決定して、撮像された解剖学的空間内の追跡される器具の動きを描写するように構成されている。

【００１２】

本開示の特定の態様は、気管支鏡検査及び尿管鏡検査処置の文脈で本明細書に詳細に記載されているが、そのような文脈は、便宜上及び明確化のために提供され、本明細書に開示される器具位置決め概念は、任意の適切な医療処置に適用可能であることを理解されたい。

【００１３】

尿管鏡検査手技に関して、外科医は、腎結石を除去する目的等のために、膀胱及び尿管

から尿路結石を除去するために、尿道を通して尿管内に内視鏡（例えば、尿管鏡）を挿入し得る。いくつかの処置では、医師は、結石を破砕及び／又は除去するために処置部位にアクセスできるようにするために、皮膚（すなわち、経皮的に）及び介在する組織を通して腎盂尿管鏡を挿入することを伴う経皮的腎結石摘出術（「ＰＣＮＬ」）技法を使用し得る。比較的大きな腎臓結石は、レーザ砕石デバイスなどの特定の器具類を使用してその摘出を容易にするために、比較的小さな破片に破砕することができる。いくつかの処置によれば、バスケットデバイス／システムが、比較的より小さい結石片を捕捉し、治療部位から患者の外へ抽出するために、使用され得る。そのような尿管鏡検査処置に関連付けられた器具類のいずれも、本明細書で詳細に説明されるような位置決めモダリティを使用して、器具類に関連付けられたマーカ（複数可）／センサ（複数可）を追跡／検出することによって、ロボット制御され、かつ／又は位置的に追跡され得る。

【００１４】

本開示は、２つ以上の位置決めシステム／モダリティの座標フレームを互いに位置合わせするためのシステム、デバイス、及び方法を提供する。そのような位置合わせは、異なる位置決めモダリティに関連付けられたエミッタ及び／又はマーカ間の特定の機械的／物理的連結／連結機構の実装によって可能になる簡略化された方法で達成することができる。いくつかの実装形態では、そのような機械的連結機構は、複数の異なる位置決めモダリティに対して可視又は識別可能なマーカ（例えば、センサ）間の固定関係を統合及び／又は確立することによって実装される。例えば、そのような一体化／固定は、２つ以上の異なる位置決めモダリティに関連付けられたマーカを、マーカが共通の中心位置を有し、かつ／又は共通の原点を有する共通の座標フレームに対応するように、互いに／互いの中に／互いの上に物理的に結合すること、埋め込むこと、又はオーバーレイすることを含むことができる。マーカフレームのそのような共位置は、第１のモダリティを第２のモダリティに位置合わせするときに、第１のモダリティのマーカの物理的位置と第２のモダリティのマーカの物理的位置との間で変換する変換を計算及び／又は実行する必要性を排除することができる。「マーカ」という用語は、本明細書では、その広い通常の意味に従って使用され、位置決めモダリティに関連付けられた位置決め空間（例えば、視野）内で検出可能、可視、又は他の方法で識別可能な１つ以上の表面、構造体、又は構成要素を有する任意のデバイス若しくは構造体、又はその群を指すことができる。

【００１５】

いくつかの実装では、位置合わせを簡略化する目的のための位置決めモダリティ間の機械的／物理的連結機構は、蛍光透視法、光学、ロボット姿勢ベース、及び／又は電磁場位置決めモダリティ等の複数の位置決めモダリティのためのエミッタ／源間の固定関係を確立することを伴うことができる。例えば、両方の位置決めシステム源／エミッタは、蛍光透視システムのＣアーム等の共通の剛性物理構造体に堅く結合され、及び／又は一体化されることができる。そのような機械的固定は、第１のモダリティと第２のモダリティとの間の一定の位置関係及び一定の位置合わせを確立することができ、それによって、第１のモダリティを第２のモダリティに位置合わせするときに、第１の位置決めモダリティのエミッタ／源の物理的位置と第２の位置決めモダリティのエミッタ／源の物理的位置との間で変換する変換を計算又は実行する必要がなくなる。

【００１６】

医療システム

図１に、本開示の態様による、様々な医療処置を行うための医療システム例１００を例示する。医療システム１００は、例えば、尿管鏡手技に使用され得る。ロボット医療ソリューションは、厳密に手動の処置と比較して、特定の器具に関して相対的に高い精度、より優れた制御、及び／又はより優れた手と眼との協調を提供することができる。図１のシステム１００は、尿管鏡処置の文脈から提示されているが、本明細書に開示される原理は、任意のタイプの内視鏡処置において実装され得ることを理解されたい。

【００１７】

医療システム１００は、患者７に対し処置を実行するために、近位ハンドル３１と、そ

の近位部分でハンドル３１に結合されたシャフト４０とを含む医療用器具１９（例えば、尿管鏡）に係合し、かつ／又はそれを制御するように構成されたロボットシステム１０（例えば、移動式ロボットカート）を含む。器具４０は、内視鏡（尿管鏡又は気管支鏡など）、カテーテル（操縦可能又は操縦不可能なカテーテルなど）、針、腎鏡、腹腔鏡、又は他の種類の医療器具を含む、任意の種類のシャフトベースの医療器具であってもよいことを理解されたい。器具４０は、直接アクセスを通して（例えば、自然開口部を通して）、及び／又は皮膚／組織穿刺を介した経皮的アクセスを通して、内部患者解剖学的構造にアクセスしてもよい。

【００１８】

医療システム１００は、ロボットシステム１０と連動し、処置に関する情報を提供し、かつ／又は種々の他の動作を実行するように構成された制御システム５０を含む。例えば、制御システム５０は、医師５及び／又は他の技師若しくは個人を支援するために特定の情報を提示するように構成された１つ若しくは２つ以上のディスプレイ５６を含むことができる。医療システム１００は、患者７を保持するように構成された台１５を含むことができる。システム１００は、テーブル１５又は他の構造体に取り付けられたロボット取り付けＥＭ場発生器８０又は／及びＥＭ場発生器８５などの電磁（ＥＭ）場発生器を更に含むことができる。

【００１９】

様々なロボットアーム１２が様々な位置で示され、様々なツール／デバイスに結合されているが、そのような構成は、便宜上及び例解目的上、示されており、そのようなロボットアームは、経時的に、かつ／又は医療処置中の異なる時点で異なる構成を有し得ることを理解されたい。更に、ロボットアーム１２は、図１に示すものとは異なるデバイス／器具に結合され得、いくつかの場合又は期間において、アームのうちの１つ以上は、医療用器具に利用又は結合されない場合がある。ロボットシステム１０への器具の結合は、それぞれのアーム１２の遠位端に関連付けられたロボットエンドエフェクタ６を介してもよい。「エンドエフェクタ」という用語は、本明細書では、その広義かつ通常の意味に従って使用され、任意のタイプのロボットマニピュレータデバイス、構成要素、及び／又はアセンブリを指し得る。「ロボットマニピュレータ」及び「ロボットマニピュレータアセンブリ」という用語は、それらの広義及び通常の意味に従って使用され、ロボットエンドエフェクタ及び／又はエンドエフェクタに結合された滅菌アダプタ若しくは他のアダプタ構成要素を集合的に又は個別に指し得る。例えば、「ロボットマニピュレータ」又は「ロボットマニピュレータアセンブリ」は、ロボットエンドエフェクタ、アダプタ、及び／又は他の構成要素において具現化されるかどうかにかかわらず、１つ以上の駆動出力部を含む器具デバイスマニピュレータ（instrument device manipulator、ＩＤＭ）を指し得る。

【００２０】

いくつかの実施形態では、医師５は、制御システム５０及び／又はロボットシステム１０と相互作用して、ロボットシステム１０に、患者の解剖学的構造を通して標的部位まで医療器具シャフト４０（例えば、スコープ）を前進及びナビゲートさせ、かつ／又は関連器具類を使用して特定の動作を実施させる／実施を制御することができる。制御システム５０は、医師５がそのような器具をナビゲート／制御するのを支援するために、医療用器具４０及び／又はシステム１００の他の器具と関連付けられた情報、例えば、それで捕捉されたリアルタイムの内視鏡画像を、ディスプレイ５６を介して提供し得る。制御システム５０は、本明細書に詳細に説明されるように、蛍光透視法、超音波、光学／カメラ撮像、ＥＭ場位置決め、又は他のモダリティ等の特定の位置決めモダリティに基づく撮像／位置情報を医師５に提供してもよい。

【００２１】

システム１００のシャフト４０など、本明細書に開示される様々なスコープ／シャフト型器具は、ヒトの解剖学的構造の自然開口又は管腔内など、ヒトの解剖学的構造内でナビゲートするように構成することができる。「スコープ」及び「内視鏡」という用語は、そ

れらの広義かつ通常の意味に従って本明細書で使用され、画像生成、視認、及び／又は捕捉機能を有し、かつ身体の任意のタイプの器官、空洞、管腔、小室、又は空間に導入されるように構成された任意のタイプの細長い（例えば、シャフト型）医療用器具を指し得る。スコープは、例えば、（例えば、尿路にアクセスするための）尿管鏡、腹腔鏡、（例えば、腎臓にアクセスするための）腎盂尿管鏡、（例えば、気管支などの気道にアクセスするための）気管支鏡、（例えば、結腸にアクセスするための）結腸鏡、（例えば、関節にアクセスするための）関節鏡、（例えば、膀胱にアクセスするための）膀胱鏡、（例えば、結腸及び／又は直腸にアクセスするための）結腸鏡、ボアスコープなどを含むことができる。スコープ／内視鏡は、いくつかの事例では、少なくとも部分的に剛性及び／又は可撓性チューブを備え得、外側シース、カテーテル、イントロデューサ、若しくは他の管腔型デバイス内を通過させられるように定寸され得るか、又はそのようなデバイスを用いることなく使用され得る。本明細書に記載される内視鏡及び他の器具は、１つ以上の位置決め（例えば、撮像）システム／モダリティに関連付けられた視野／空間内で可視／検出可能であるように構成された特定のマーカ／センサを遠位端又はその他の部分に関連付けることができる。

【００２２】

システム１００は、蛍光透視システム７０を含むものとして図示されており、蛍光透視システム７０は、Ｘ線発生器７５及び画像検出器７４（いくつかの文脈では「画像インテンシファイア」と呼ばれる）を含む。いずれかの構成要素７４、７５は、本明細書では「源」と呼ばれることがあり、両方とも可動Ｃアーム７１上に取り付けられ得る。制御システム５０又は他のシステム／デバイスは、蛍光透視システム７０を使用して生成された画像を記憶及び／又は操作するために使用されてもよい。いくつかの実施形態では、ベッド１５は放射線透過性であり、その結果、発生器７５からの放射線は、ベッド１５及び患者の解剖学的構造の標的領域を通過することができ、患者７は、Ｃアーム７１の端部の間に位置決めされる。蛍光透視システム７０の構造体／アーム７１は、回転可能であっても固定されていてもよい。蛍光透視システム７０は、画像誘導手術を容易にするためにライブ画像を見ることを可能にするように実装されてもよい。構造体／アーム７１は、患者７及び／又は術野の種々の画像が蛍光透視パネル源７４によって撮影されることを可能にするように、選択的に移動可能であることができる。

【００２３】

図１に示される例示的な泌尿器科構成では、ロボットアーム１２ｃは、場発生器８０を保持して示される。電場発生器８０によって発生される電界は、その中の金属又は他の導電性構成要素の存在によって歪められる可能性があるので、システムの他の構成要素が電界と実質的に干渉しないようにアーム１２ｃを位置決めすることが望ましい場合がある。例えば、場発生器８０を蛍光透視システムに関連する支持アーム７１から少なくとも８インチ以上離して位置決めすることが望ましい場合がある。いくつかの実施形態において、システム１００は、テーブル１５又は他の構造体（例えば、独立型構造体）に取り付けられたＥＭ場発生器８５を含む。

【００２４】

システム１００（本明細書に開示される他のシステムと同様に）は、カメラデバイス（例えば、立体カメラアセンブリ）等の光学撮像源９９を含むことができる。光学撮像源９９は、手術環境内の視野を見て、視野内に配置された特定のマーカを識別するように構成／使用されてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、撮像源９９は、赤外線（ＩＲ）又は他の周波数電磁放射を放出し、及び／又はそのような放射の反射を検出して、そのような放射を反射する表面を含むマーカを識別することができる。そのような光学偏向は、特定の光学モダリティに関連付けられたマーカの位置及び／又は向きを示すことができる。システム１００は、それぞれの位置決めモダリティに関連付けられた１つ以上の基準／座標フレーム／空間において検出可能／位置決め可能であり得る特定のマーカ／基準６５、６７を有することができる。

【００２５】

図２は、１つ又は２つ以上の実施形態による、診断及び／又は治療的気管支鏡検査のために配列されたカートベースのロボットシステム１０１を図示する。気管支鏡検査の間、ロボットシステム１０のアーム１２は、診断及び／又は治療ツールを送達するために、自然開口アクセス点（例えば、本実施例において、台１５上に位置決めされた患者７の口）を通して、気管支鏡検査のための処置特有気管支鏡であり得る操縦可能な内視鏡などの医療用器具シャフト４０を駆動するように構成され得る。図示するように、ロボットシステム１０（例えば、カート）は、アクセスポイントへのアクセスを提供するために、患者の上部胴体に近接して位置決めされ得る。図２の配置はまた、胃鏡を用いて胃腸（ＧＩ）処置を実行するときに利用されてもよい。

【００２６】

図１のシステム１００と同様に、器具／スコープ４０は、アクセスシースを通して標的解剖学的構造にアクセスしてもよい。外科的気管支鏡検査の場合、内視鏡４０は、標的手術部位に到達するまで、ロボットシステム１０からの正確なコマンドを使用して挿入後に患者の気管及び肺の下流に方向付けられ得る。例えば、内視鏡５２は、患者の肺内の病巣又は小結節などの標的に生検針を送達するように方向付けられ得る。システム１０１は、光学／カメラベースの位置決め／撮像源９０を含むことができる。

【００２７】

図３は、本開示の１つ以上の実施形態による、台ベースのロボットシステム１０２を図示する。システム１０２は、ロボット構成要素１０５を台／プラットフォーム１１５に組み込んでおり、それによって、いくつかのカートベースのロボットシステムと比較して、手術室内の資本設備の量の低減を可能にする。システム１０２のようなテーブル統合ロボットシステムは、いくつかの事例において、患者へのより多くのアクセスを可能にすることができる。カートベースのシステム１０１、１０２と同様に、システム１０２のロボットアーム１１２と関連付けられた器具デバイスマニピュレータアセンブリは、概して、カテーテル４０などの細長い医療用器具／シャフトを操作するように設計された器具及び／又は器具フィーダを備え得る。

【００２８】

図示するように、ロボット対応台システム１０４は、１つ以上のキャリッジ１４１（例えば、リング形状の可動構造体）に結合されたカラム１４４を含むことができ、そこから１つ以上のロボットアーム１１２が発出し得る。キャリッジ１４１は、コラム１４４の長さの少なくとも一部を通る垂直コラムインターフェースに沿って並進して、そこからロボットアーム１１２を配置することができる異なる視点を提供することができる。いくつかの実施形態では、キャリッジ１４１は、ロボットアーム１１２がテーブル１０４の複数の側面にアクセスできるように、コラム１４４の周りを回転することができる。キャリッジ１４１の回転及び／又は並進は、システム１０２が内視鏡及びカテーテルなどの医療用器具を患者の異なるアクセス点に位置合わせさせることを可能にすることができる。

【００２９】

図１～３のシステムのうちのいずれかでは、患者内でロボットによって前進させられる器具類の位置の追跡は、例えば、蛍光透視法、ＥＭ場感知、光学撮像、ロボット姿勢推定、超音波等を含む、複数の位置決めモダリティの使用によって促進されることができる。本明細書で詳細に説明するように、複数のモダリティを互いに位置合わせすることにより、１つのモダリティにおいて決定された位置を追跡し、かつ／又は別のモダリティに関連付けられた画像フィールドに重ね合わせることが可能になる。マーカは、そのようなマーカ／器具が、関連する位置決めモダリティのそれぞれの位置決め／画像空間内で検出され、位置特定されることを可能にするために、追跡される器具上に配置されるか、又は別様にそれと統合されてもよい。患者内の標的解剖学的構造の追跡に関して、内視鏡又は他の器具が、標的解剖学的構造の場所を「マーク」するための基準を送達／示すために使用されてもよい。

【００３０】

図１～図３及び図１～図３のいずれかのサブシステムの例示的な実施形態の構成要素を

示す図４を参照すると、制御システム５０は、医療処置の実行を支援するための様々な機能を提供するように構成することができる。例えば、制御システム５０は、（例えば、ロボットシステム１０を制御するために）無線又は有線接続を介してロボットシステム１０と通信することができる。いくつかの実施形態では、制御システム５０は、ロボットシステム１０と通信して、スコープ４０の遠位端又は他の器具類の位置に関する位置データをロボットシステムから受信することができる。そのような位置決めデータは、それぞれの器具類と関連付けられる１つ以上のマーカ（例えば、電磁センサ、放射線不透過性マーカ等）を使用して、及び／又はロボットシステムデータ（例えば、アーム位置／姿勢データ、種々のシステム構成要素の既知のパラメータ又は寸法等）に少なくとも部分的に基づいて、導出されてもよい。いくつかの実施形態では、制御システム５０は、ＥＭ場発生器８０／８５と通信して、患者７の周囲及び／又は追跡される器具類の周囲の領域におけるＥＭ場の生成を制御することができる。

【００３１】

図４は、図１～図３のいずれかのロボットシステム１０の例示的な実施形態を更に示す。ロボットシステム１０は、１つ以上のロボットアーム１２を含むことができ、ロボットアーム１２の各々は、複数の運動／自由度を提供することができる関節２４に結合された複数のアームセグメント２３を含むことができる。ロボットシステム１０が適切に位置決めされると、スコープ４０は、ロボットアーム１２を使用してロボットで、医師５によって手動で、又はそれらの組み合わせで、患者７に挿入され得る。アーム１１２の一方は、スコープ４０の前進及び動作を容易にするように構成された器具結合／マニピュレータ３１と関連付けられてもよい。

【００３２】

ロボットシステム１０は、制御システム５０、テーブル１５、ＥＭ場発生器８０／８５、スコープ４０、蛍光透視法システム７０、及び／又は任意のタイプの経皮アクセス器具（例えば、針、カテーテル、腎鏡など）などの医療システムの任意の構成要素に物理的及び／又は通信可能に結合することができる。ロボットシステム１０は、制御システム５０から制御信号を受信して、特定の様式で１つ以上のロボットアーム１２を位置決めする、スコープ４０を操作するなど特定の動作を実施するように構成され得る。それに応答して、ロボットシステム１０は、特定の制御回路２１１、アクチュエータ２１７、及び／又はロボットシステム１０の他の構成要素を使用して、動作を実行するように制御することができる。例えば、制御回路２１１は、ロボットアーム１２及び／又はアーム支持体１７の様々な関節に関連付けられた様々なモータ／アクチュエータを制御してもよい。いくつかの実施形態において、ロボットシステム１０及び／又は制御システム５０は、患者７の内部解剖学的構造、及び／又はアクセスシース若しくは他のデバイス構成要素の部分を表す画像及び／又は画像データをスコープ４０から受信するように構成されている。

【００３３】

ロボットシステム１０は、概して、細長い支持構造体１４（「カラム」とも称される）、ロボットシステム基部２５、及びカラム１４の上部におけるコンソール１３を含む。カラム１４は、１つ又は２つ以上のロボットアーム１２（図１には３つが示されている）の展開を支持するための１つ又は２つ以上のアーム支持体１７（「キャリッジ」とも称される）を含み得る。アーム支持体１７は、カラム１４に沿って垂直に並進するように構成され得る。いくつかの実施形態では、アーム支持体１７は、アーム支持体１７の垂直方向の並進を誘導するためにカラム１４の両側に位置決めされる、スロット２０を通してカラム１４に接続することができる。スロット２０は、ロボットシステム基部２５に対して様々な垂直方向の高さにおいてアーム支持体１７を位置決めし、保持するための垂直方向の並進インターフェースを収容する。基部２５は、床の上のカラム１４、アーム支持体１７、及びアーム１２の重量の平衡を保つ。

【００３４】

ロボットアーム１２は、概して、各関節が１つ以上の独立したアクチュエータ２１７を備える、一連の関節２４によって接続される一連の連結アームセグメント２３によって分

離されたロボットアーム基部２１及びエンドエフェクタ６を備え得る。各アクチュエータは、独立して制御可能なモータを備え得る。各独立して制御可能な関節２４は、ロボットアームに利用可能な独立した自由度を提供するか、又は表すことができる。いくつかの実施形態では、アーム１２の各々は、７つの関節を有し、したがって、「冗長」自由度を含む７つの自由度を提供する。冗長自由度により、ロボットアーム１２が、異なる連結機構位置及び関節角度を使用して、空間において特定の位置、向き、及び軌道で、そのそれぞれのエンドエフェクタ６を位置決めすることが可能になる。これにより、システムが、空間において所望の点から医療器具を位置決めし、方向付けることが可能になる一方、医師がアーム関節を患者から離れる臨床上有利な位置に移動させて、アームの衝突を回避しながらより大きいアクセスを引き起こすことを可能にする。カラム１４の上端に位置決めされると、コンソール１３は、ユーザ入力を受信するためのユーザインターフェース並びに術前及び術中データの両方を医師／ユーザに提供するためのディスプレイ画面５６（又は、例えば、タッチスクリーンなどの二重目的デバイス）の両方を提供することができる。ロボットカート１０は、ハンドル２７、並びに１つ以上の車輪２８を更に含むことができる。

【００３５】

ロボットアーム１２の各々のエンドエフェクタ６は、器具デバイスマニピュレータ（ＩＤＭ；例えばスコープハンドル３１）を備えていてもよいし、又は、器具デバイスマニピュレータ（ＩＤＭ）と結合されるように構成されていてもよく、いくつかの例では滅菌アダプタ構成要素を使用して取り付けられてもよい。エンドエフェクタ６及び関連するＩＤＭの組み合わせ、並びに任意の介在する技巧又は結合器（例えば、滅菌アダプタ）は、マニピュレータアセンブリ１１１と称され得る。ＩＤＭは、電力及び制御インターフェースを提供することができる。例えば、インターフェースは、空気圧、電力、電気信号、及び／又は光信号をロボットアーム１２からＩＤＭに伝達するためのコネクタを含むことができる。ＩＤＭ２９は、例えば、直接駆動、高調波駆動、ギア駆動、ベルト及びプーリ、磁気駆動、及び同等物を含む技法を使用して、スコープ４０などの医療用器具（例えば、外科用ツール／器具）を操作するように構成され得る。

【００３６】

上で言及されるように、システム１００は、ロボットシステム１０の制御回路２１１及び制御システム５０の制御回路２５１を含む、本明細書に記載の特定の機能を実行するように構成された、特定の制御回路を含むことができる。すなわち、システム１００、１０１、１０２の制御回路は、ロボットシステム１０、制御システム５０、又はそれらのいくつかの組み合わせの一部であり得る。したがって、本明細書における制御回路への全ての言及は、それぞれ、ロボットシステム、制御システム、又は図１～図３に示す医療システム１００、１０１、及び１０２などの医療システムの任意の他の構成要素に具現化された回路を指し得る。「制御回路」という用語は、その広義かつ通常の意味に従って本明細書で使用され、プロセッサ、処理回路、処理モジュール／ユニット、チップ、ダイ（例えば、１つ若しくは２つ以上の能動及び／又は受動デバイス及び／又は接続性回路を含む、半導体ダイ）、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、デジタル信号プロセッサ、マイクロコンピュータ、中央処理ユニット、フィールドプログラマブルゲートアレイ、プログラマブル論理デバイス、状態機械（例えば、ハードウェア状態機械）、論理回路、アナログ回路、デジタル回路、及び／又は回路のハードコーディング並びに／あるいは動作命令に基づいて信号（アナログ及び／又はデジタル）を操作する任意のデバイスの任意の集合を指し得る。本明細書で言及される制御回路は、１つ若しくは２つ以上の回路基板（例えば、プリント回路基板）、導電性トレース及びビア、並びに／又は搭載パッド、コネクタ、並びに／又は構成要素を更に含み得る。本明細書で言及される制御回路は、単一のメモリデバイス、複数のメモリデバイス、及び／又はデバイスの埋め込まれた回路で具現化され得る、１つ若しくは２つ以上の記憶デバイスを更に備え得る。そのようなデータ記憶装置は、読み取り専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、スタティックメモリ、ダイナミックメモリ、フラッシュメモリ、キャッシュメモリ、デ

ータ記憶レジスタ、及び／又はデジタル情報を記憶する任意のデバイスを備え得る。制御回路が、ハードウェア及び／又はソフトウェア状態機械、アナログ回路、デジタル回路、並びに／若しくは論理回路を備える、実施形態では、任意の関連動作命令を記憶するデータ記憶デバイス／レジスタは、状態機械、アナログ回路、デジタル回路、及び／又は論理回路を備える回路内に埋め込まれるか、又はその外部にあり得ることに留意されたい。

【００３７】

制御回路２１１、２５１は、本図のうちの１つ若しくは２つ以上に例解され、かつ／又は本明細書に記載されたステップ及び／又は機能のうちの少なくともいくつかに対応する、ハードコード化及び／又は動作命令を記憶する、及び／又はそれらを記憶するように構成されたコンピュータ可読媒体を備え得る。そのようなコンピュータ可読媒体は、いくつかの事例では、製造物品に含めることができる。制御回路２１１／２５１は、完全にローカルに維持／配設され得るか、又は少なくとも部分的に遠隔に位置し得る（例えば、ローカルエリアネットワーク及び／又はワイドネットワークを介して間接的に通信可能に結合されている）。制御回路２１１、２５１のいずれかは、本明細書で開示される様々なプロセスの任意の態様（複数可）を実行するように構成され得る。

【００３８】

図４を更に参照すると、制御システム５０は、医療処置の実行時に医師５又は他者を支援するように構成された様々なＩ／Ｏ構成要素２５８を含むことができる。例えば、入力／出力（input/output、Ｉ／Ｏ）構成要素２５８は、ユーザ入力が、患者７内でスコープ４０及び／又はバスケットシステムを制御／ナビゲートすることを可能にするように構成することができる。いくつかの実施形態では、例えば、医師５は、制御システム５０及び／又はロボットシステム１０に入力を提供することができ、そのような入力に応答して、ロボットシステム１０に制御信号を送信してスコープ４０及び／又は他のロボット制御器具類を操作することができる。

【００３９】

制御システム５０及び／又はロボットシステム１０は、１つ若しくは２つ以上のボタン、キー、ジョイスティック、ハンドヘルドコントローラ（例えば、ビデオゲーム型コントローラ）、コンピュータマウス、トラックパッド、トラックボール、制御パッド、並びに／又は手のジェスチャ及び指のジェスチャを捕捉するセンサ（例えば、モーションセンサ若しくはカメラ）など任意のタイプのユーザ入力（及び／又は出力）デバイス若しくはデバイスインターフェース、タッチスクリーン、並びに／又はそのためのインターフェース／コネクタを備え得る、特定のユーザ制御（例えば、制御５５）を含むことができる。そのようなユーザ制御は、それぞれの制御回路に通信可能に及び／又は物理的に結合される。制御システムは、構造タワー５１、並びにタワー５１を支持する１つ以上の車輪５８を含むことができる。制御システム５０は、特定の通信インターフェース２５４及び／又は電源インターフェース２５９を更に含むことができる。

【００４０】

いくつかの実施形態では、内視鏡アセンブリ３０は、内視鏡シャフト４０（本明細書の特定の文脈において、単に「内視鏡」又は「スコープ」と称される）に結合されるハンドル又は基部３１を含む。例えば、内視鏡４０は、１つ以上のライト４９及び１つ以上のカメラ又は他の撮像デバイス４８を含む、細長いシャフトを含むことができる。スコープ４０は、スコープ４０の長さにわたり得る、１つ又は２つ以上の作業チャネル４４を更に含むことができる。

【００４１】

スコープアセンブリ３０は、１つ以上の位置決めマーカ及び／又はセンサ６３を更に備えることができ、これらは、電磁場内のマーカ（複数可）／センサ（複数可）６３の位置を示す信号を生成するように構成され得る。そのようなマーカ６３は、例えば、１つ以上の導電性コイル（又はアンテナの他の実施形態）を備えてもよく、それは、位置決定に関して複数の自由度の決定を可能にするために、互いに対して既知の固定された向きで配置されてもよい。マーカ６３は、センサ位置データを生成及び／又は別のデバイスに送信し

、及び／又は電磁場内で検出可能な歪み又はシグネチャを生成するように構成することができる。センサ／マーカ位置データは、医療用器具４０（例えば、その遠位端４２）の位置及び／若しくは向きを示すことができ、かつ／又は医療用器具の位置／向きを決定／推定するために使用することができる。

【００４２】

スコープ４０は、スコープ４０がヒトの解剖学的構造内で操縦され得るように、スコープ４０の少なくとも遠位部分４２に対してなど、関節運動可能な場合がある。いくつかの実施形態において、スコープ４０は、例えば、ＸＹＺ座標移動、並びにピッチ、ヨー、及びロールを含む、６自由度で関節運動されるように構成されている。スコープ４０の特定の位置センサ（例えば、電磁センサ）は、実装される場合、それらが生成／提供する位置情報に関して同様の自由度を有し得る。

【００４３】

ロボット実装形態の場合、ロボットシステムのロボットアームは、スコープ４０を操作するように構成される／構成可能であり得る。例えば、器具デバイスマニピュレータ（例えば、スコープハンドル）は、ロボットアームのエンドエフェクタに結合されることができ、細長い移動部材を使用してスコープ４０を操作することができる。細長い移動部材は、１つ若しくは２つ以上のプルワイヤ（例えば、プル若しくはプッシュワイヤ）、ケーブル、ファイバ、及び／又は可撓性シャフを含み得る。例えば、ロボットアームは、スコープ４０に結合された複数のプルワイヤ（図示せず）を作動させて、スコープ４０の先端４２を偏向させるように構成され得る。

【００４４】

種々の実施形態では、スコープ４０又は他の器具が位置特定され得る（すなわち、スコープ／器具の位置が決定／推定される）解剖学的空間は、患者の血管系、気管気管支気道、尿路、胃腸管、又はそのような管腔を介してアクセスされる任意の器官若しくは空間の３次元部分である。解剖学的空間の画像／表現を提供するために、様々な位置決め／撮像モダリティを実装することができる。適切な画像化サブシステムとしては、例えば、Ｘ線、蛍光透視法、ＣＴ、ＰＥＴ、ＰＥＴ－ＣＴ、ＣＴ血管造影法、コーンビームＣＴ、３ＤＲＡ、単一光子放出コンピュータ断層撮影（ＳＰＥＣＴ）、ＭＲＩ、光コヒーレンス断層撮影（ＯＣＴ）、及び超音波が挙げられる。処置前画像及び処置中画像の一方又は両方が取得され得る。いくつかの実施形態では、処置前画像及び／又は処置中画像は、Ｃアーム蛍光透視鏡を使用して取得される。いくつかの実施形態に関連して、特定の位置決め及び撮像システム／モダリティが説明される。そのような説明は、任意のタイプの位置決めシステム／モダリティに関連し得ることを理解されたい。

【００４５】

図５は、１つ以上の実施形態による複数の位置決めシステム／モダリティの配置を図示する。特に、図５のシステムは、第１の位置決めシステム／モダリティ３５０と第２の位置決めシステム／モダリティ３８０とを含む。位置決めシステム３５０、３８０の各々は、カメラ、電磁場発生器、高周波放射線発生器、電離放射線発生器（例えば、Ｘ線／蛍光透視法）等の発生器／源デバイスを含む。モダリティ／システムの各々は、それぞれのマーカ又はマーカ３６５、３６７のセットを検出／識別して、その位置を決定するように構成されている。図５に示されるモダリティ／システムは、任意のタイプの撮像又は位置決めシステムであり得ることを理解されたい。したがって、システム５００のいくつかの態様は、特定のモダリティ／システムのコンテキストにおいて以下で説明されるが、そのような例示的なモダリティ／システムは便宜上説明され、その説明は他のタイプのモダリティ／システムにも関係することを理解されたい。

【００４６】

例示的システムでは、第１のモダリティ３５０は、光学カメラベースのシステム等の撮像モダリティであってもよく、源３５０は、視野３５３に関連付けられた１つ以上のカメラを備える。特定のマーカの視野内への配置は、カメラ（複数可）によって捕捉された画像（複数可）の処理によって視野内のマーカの位置決め／位置特定を可能にし得る。いく

つかの実装形態では、撮像源３５０は、３次元（３Ｄ）位置決めを導出することができる情報を含む画像を提供するように、互いに対して相対角度オフセットで設定された複数のカメラを備える。

【００４７】

いくつかの実施形態では、位置決めシステム３５０は、蛍光透視システム又は他の撮像システムである。例えば、図１～３に示されるように、蛍光透視システムは、Ｃアーム又は他の構造支持構成要素を含むことができる。いくつかの実装形態では、生成された画像から３Ｄ位置決めを導出することを可能にする異なる角度で複数の画像を取得するために、撮像源３５０を物理的に移動及び／又は再向きすることが必要又は望ましい場合がある。

【００４８】

別の例として、第２のモダリティ／システム３８０は、本明細書で詳細に説明されるように、電磁（ＥＭ）場発生器システムであってもよい。場発生器３８０は、画定された領域内に電磁場３８３を発するように構成された１つ以上のアンテナを備えることができ、電磁場３８３内に配置された導電性コイルなどのいくつかのセンサ３６３は、電磁場に起因してそこに誘導される電流により検出可能である。

【００４９】

ＥＭ位置決めシステム３８０は、内視鏡などの医療器具を追跡するために使用することができる。例えば、センサ／マーカ３６３は、ＥＭシステム３８０を使用してスコープの位置特定を可能にするために、内視鏡の遠位端と一体化されてもよい。本明細書で使用される場合、位置決めシステムは、追跡システム、形状追跡システム、又は位置特定サブシステムと呼ばれることもある。「位置特定」という用語は、本明細書では、その広く通常の意味に従って使用され、基準座標系における医療器具又はツールなどの物体の位置（すなわち、場所及び／又は向き）を決定及び／又は監視するためのシステム及び方法を指すことがある。「位置特定された」という用語は、同様に、本明細書では、その広く通常の意味に従って使用され、検出／感知されたマーカを指すことがあり、その位置及び／又は向きは、特定の座標系／フレームに対して識別されている。基準座標系は、例えば、患者の画像又は患者の解剖学的構造の一部であってもよい。

【００５０】

関連システムの制御回路は、１つ以上のマーカ／センサ３６７を検出し、及び／又は１つ以上のマーカ／センサ３６７からデータを受信するために利用されてもよい。いくつかの実施形態では、位置決めシステム３８０は、光ファイバ追跡システム又は他の位置決め／位置特定システムである。いくつかの位置決めシステム／構成要素は、各実施形態について多数のセンサを列挙することを避けるために、本明細書ではＥＭセンサシステム／構成要素と呼ばれるが、光ファイバセンサシステムを含む任意の位置決めシステムが使用され得ることが強調されるべきである。

【００５１】

位置決めシステム／源３５０、３８０の各々は、それぞれのシステムの視野内で検出可能なマーカが位置特定され得る別個の基準フレームを画定し得る。本開示は、１つの位置決めシステム（例えば、ＥＭ位置決めシステム）の座標系／フレームを別の位置決めシステム（例えば、蛍光透視システム）の別の座標系／フレームに関連付けること（すなわち、「位置合わせすること」）に関する。システム（複数可）に関連付けられた制御回路は、異なるモダリティを互いに位置合わせするために様々な位置合わせ技法を使用することができる。

【００５２】

ＥＭ対蛍光透視（又は他の位置決めシステム）位置合わせに関して、ＥＭセンサマーカ３６７が、追跡される器具（例えば、スコープ）に統合され、位置特定され、解剖学的構造の画像空間（例えば、蛍光透視画像）に位置合わせされて、器具の位置が解剖学的画像空間に対して決定されるようになり、器具の位置的に正確な表現が、解剖学的画像の座標フレームにおいて提供され得る。器具が患者を通って移動するとき、マーカの追跡情報は

、器具の表現が解剖学的画像においてリアルタイムで移動して表示され得るように、解剖学的構造／画像に対する器具の位置を更新するために使用され得る。加えて、器具及び解剖学的画像が同じ基準フレーム内に提供された状態で、標的解剖学的構造は、複数の画像（例えば、蛍光透視ビュー）内で識別されて、器具に対する３次元（３Ｄ）空間内の標的の位置を特定することができる。

【００５３】

いくつかの実施形態では、追跡される器具又は較正構造体は、２つの５自由度（ＤＯＦ）ＥＭセンサ／マーカを装備しており、それらは、特定の既知の相対位置／向きに位置付けられたときに、位置（ｘ，ｙ，ｚ）、機首方位（ピッチ及びヨー）、及びロール向き情報を含む６自由度を集合的に提供することができる。例えば、２つの５－ＤＯＦコイルは、既知のセンサ位置を有する医療器具又は較正構造体内の剛性アセンブリに組み合わせられることができ、２つのコイルは、それらの対称軸の異なる向きを有するように構成されている。

【００５４】

上記で参照されるように、位置合わせは、第１の位置決めシステム／モダリティ（例えば、ＥＭ位置決めシステム）の基準フレームを第２の位置決めシステム／モダリティ（例えば、蛍光透視法、光学／カメラ、又は他の撮像システム）の基準フレームに関連付けることを伴うプロセスである。２つ以上の物体の位置が同じ基準フレーム内で知られている（すなわち、同じ座標系にマッピングされている）場合、各物体の互いに対する実際の位置を確認することができる。したがって、この情報を用いて、ユーザは、物体の一方を他方の物体に対して駆動又は操作することができる。

【００５５】

様々な実施形態では、ＥＭ場基準フレーム（例えば、フレーム３８８）は、蛍光透視基準フレーム（例えば、フレーム３５８）に位置合わせされる。例えば、いくつかの実施形態では、ＥＭ基準フレームは、蛍光透視システム基準フレームに対して測定される。例えば、いくつかの実施形態では、感知プローブ／構造体３６９が使用され、これは、ＥＭセンサと、プローブ上の同じ物理的場所及び／又はＥＭセンサに対して固定された位置に位置する蛍光透視下で可視の放射線不透過性マーカとを有する。感知プローブ／構造体は、ＥＭ場発生器及び蛍光透視源の視野内に配置されることができる。プローブ／構造体の２次元位置は、２つの異なるＣアームロール角で取得された画像において蛍光透視視野内でユーザによって指定され得る。いくつかの実装形態では、プローブの位置は、２つ以上の異なる場所においてユーザによって指定される。これらの測定値を使用して、センサ位置測定値を選択された蛍光透視位置と同期させることができる。このようにして、ＥＭ座標系を蛍光透視座標系に位置合わせすることができる。

【００５６】

図５は、第１の位置決めシステム３５０（例えば、蛍光透視法）の視野３５３内で検出可能な第１のマーカ３６５と、第２の位置決めシステム３８０の視野３８３内で検出可能な第２のマーカ３６７とを示す。いくつかの実装形態では、位置決めシステム／モダリティのいずれか又は両方に関連付けられたマーカ（複数可）は、手術環境内のロボットアーム又は他の構造体に結合された固定具／プローブなどの固定具３６９に機械的に固定され得る。マーカ３６５、３６７が共通の構造体に機械的に固定されていない状況では、マーカ間の物理的変換「Ｘ」は、一般に、基準フレーム３５８、３８８の位置合わせに影響を及ぼす。

【００５７】

異なる位置決めモダリティ／システムを互いに位置合わせするために、源３５０、３８０及び／又はそれぞれのマーカ３６４、３６３の物理的位置及び／又は向きの差を表す１つ以上の変換を実行する必要がある場合がある。例えば、モダリティ３５０、３８０の一方が、オペレータに視覚的支援を提供する術野の特定の画像を提供する場合、共通の位置決め基準フレームにおいて両方のモダリティによって提供される情報をマージする手段として、モダリティ３５０、３８０の他方に関連付けられた検出マーカがそのような画像／

画像空間内のどこに存在するかを決定することが必要又は望ましい場合がある。電磁感知、蛍光透視法、超音波などの複数の位置決めモダリティを位置合わせすることは、それぞれのモダリティの位置決め空間をまとめることを可能にし、それによって、異なるモダリティ／システムからの情報の抽出、並びにナビゲーション及び／又は他のプロセス中に使用するためのそのようなシステムの融合を可能にすることができる。

【００５８】

一般に、モダリティ３５０、３８０の互いに対する位置合わせは、図示される図に示されるように、源「Ｙ」及び／又はマーカ「Ｘ」間の物理的位置／向き変換に基づいてもよい。具体的には、モダリティ３８０、３５０の位置合わせは、以下の式／関係に少なくとも部分的に基づくことができる。

ＡＸ＝ＹＢ　　（１）

ここで、「Ａ」は、源３８０と位置決めシステム３５０のセンサ／マーカ３６７との間の物理的変換／関係を表し、「Ｂ」は、源３５０と位置決めシステム３８０のセンサ／マーカ３６５との間の物理的変換／関係を表す。したがって、モダリティ３５０、３８０の間の位置合わせを決定するために、他の位置決めシステム／モダリティの座標空間内にマーカの決定された位置を配置するために、物理的変換「Ｘ」、「Ｙ」のうちの少なくとも１つを決定する必要があり得る。そのような変換の計算は、望ましくないほど複雑であり、時間がかかり、及び／又はリソース集約的であり得る。本開示の実施形態は、簡略化された位置合わせソリューションを提供し、物理的変換「Ｘ」、「Ｙ」のいずれか又は両方を計算する必要性は、源３５０、３８０及び／又はマーカ３６５、３６７の間の機械的連結機構の使用を通して除去される。

【００５９】

「位置合わせ」という用語は、本明細書では、その広義で通常の意味に従って使用され、２つの別個の座標／基準フレーム間の座標変換を見つけるための手段、プロセス、及び／又は機構を指すことがある。同様に、「較正」という用語は、本明細書では、その広い通常の意味に従って使用され、座標／基準フレームの画定における誤差を補正及び／又は補償するための手段、プロセス、及び／又は機構を指すことがある。

【００６０】

本開示の実施形態による外部較正は、別の基準／座標フレームに対して撮像センサのフレームを較正することを含むことができる。そのような較正は、フレームを互いに位置合わせすることによって行うことができる。したがって、位置合わせ及び外部較正は、撮像源（例えば、カメラベース、光学ベース、蛍光透視ベースのシステム）のための同じプロセスの一部と見なされることができる。「位置合わせ」は、本明細書では、外部較正よりも一般的な用語として使用することができ、任意の２つの座標フレーム間の変換の決定を記述する。本明細書で説明される様々な実施形態及び図に関して、「位置合わせ」は、本明細書で詳細に説明される変換「Ｙ」を表し得る。いくつかのコンテキストでは、位置合わせプロセスを実行することは、外部較正と呼ばれることがある。

【００６１】

上記で参照した外部較正に加えて、位置決めシステムの１つ（例えば、システム３５０）が光学撮像システムなどの撮像モダリティである場合、例えば、製造仕様と実際の条件（例えば、実際の焦点距離）との間の焦点距離及び／又は他のパラメータに関する歪み及び任意の不一致を補償するために、内部較正が更に必要であり得ることを理解されたい。撮像モダリティの固有較正は、画像フレーム内のピクセル座標及びカメラ座標の較正を伴うことができる。本開示の実施形態は、機械的連結機構を使用して、例えば、源及び／又は感知モダリティのマーカ間の相対位置／姿勢の決定に関する、外因性較正の態様を簡略化又は未然に防ぐためのソリューションを提供する。マーカ３６５、３６７及び／又は位置決めシステム源３５０、３８０のいずれも、位置決めデバイスと見なすことができる。すなわち、本開示の実施形態の位置決めデバイスは、単独又は組み合わせのいずれかで、位置決めマーカ若しくは源、及び／又はそれに関連付けられた構造体であり得る。

【００６２】

機械的連結機構に基づく位置合わせソリューション

本開示の態様によれば、複数の位置決めモダリティ間の位置合わせは、異なる位置決め源及び／又はマーカ間の機械的連結機構を実装することによって容易にされ得る。例えば、２つの異なるモダリティ／システムの源及び／又は２つの異なるモダリティ／システムのマーカ間の固定／既知の物理的関係を実装することによって、図５に示されるような変換「Ｘ」及び「Ｙ」のいずれか又は両方が、更なる計算を伴わずに決定されてもよく、それによって、位置合わせ方程式ＡＸ＝ＹＢを簡略化する。すなわち、方程式ＡＸ＝ＹＢに関して、源３５０、３８０及び／又はマーカ３６３、３６４の間の既知の／固定された物理的関係を実装することによって、パラメータ「Ｘ」、「Ｙ」のいずれか又は両方は、既知の定数（例えば、値、ベクトル、行列等）に設定され得る。例えば、「Ｘ」の値は、１の値に等しくすることができ（すなわち、恒等変換）、したがって、源及び／又はマーカが、共通の物理的位置及び／又は共通の中心及び／又は座標フレームを有する位置に共位置特定される実装形態では、計算の目的で無視される。したがって、本開示の実施形態は、アルゴリズム的位置合わせソリューションを機械的な既知の／直接計算で置き換えることを可能にすることができる。

【００６３】

位置特定マーカ統合

上述したように、本明細書のいくつかの文脈において「基準」と呼ばれる特定のマーカ又はセンサは、特定の位置決めモダリティに関連付けられた座標フレーム内の位置特定のために使用され得る。例えば、そのようなマーカは、それぞれのモダリティに関して可視である特定の特性／特徴の存在に起因して、視野（例えば、電磁場、カメラ画像視野、蛍光透視Ｘ線視野）内で可視／識別可能であり得る。特定の位置決め空間内で十分な精度で検出可能／識別可能なマーカは、特定の処置を完了するために、及び／又は１つ以上のモダリティの精度を評価するために有用であり得る。そのようなマーカは、コンピュータ断層撮影（ＣＴ）、光学カメラ空間、超音波、又は同等物等の単一画像空間内に基準点（例えば、位置及び／又は向きに関して）を作成するために使用されることができる。本開示の実施形態は、ＣＴ／蛍光透視空間及びＥＭ空間等の１つ以上の画像空間内に基準点を確立するために使用されることができる、マルチモーダルマーカ／基準を提供する。

【００６４】

２つの別個の位置決めモダリティ／システムに関連付けられた画像空間内でマルチモーダルマーカが使用される場合、１つの画像空間を別の画像空間に位置合わせするための一般式を提供するものとして上述した位置合わせ方程式ＡＸ＝ＹＢ、２つの別個のモダリティによって検出可能なマーカ間の物理的変換を表す変換「Ｘ」（図５参照）は、既知の定数に設定されるか、又は同一性に等しいものとして方程式から除去され、方程式ＡＸ＝ＢＹを単一の未知の変数／変換「Ｙ」のみを含むものとして残すことができる。

【００６５】

本開示の実施形態は、複数のモダリティ（例えば、ＣＴ／蛍光透視法、及びＥＭ）のための共位置特定された中心点又は他の基準点を有するマーカを提供することによって、１つ以上の画像空間（すなわち、２つの別個の位置決めモダリティの画像空間）において基準点を提示又は示すマーカを提供する。複数のモダリティに対するマーカの中心を物理的に位置付けることは、複数のモダリティに対する検出可能マーカ間の変換を簡略化することができる。そのような対応（図５の変換「Ｘ」）が知られている場合、「Ｘ」変換は、恒等変換として扱うことができる。

【００６６】

単一のマーカ構造体／デバイスにおいて複数のモダリティのマーカを組み合わせて、そのようなマーカ間の一意の既知の対応を提供することは、各マーカ／基準に対して一意のサイズ及び／又は形状を実装することによって達成されることができる。例えば、異なる視野角から異なる視野形状を提供する非対称な視点を有する楕円体又は他の形状を使用して、そのようなマーカから導出可能な位置情報の量を増加させることができる。

【００６７】

図６は、統合マーカ６６５、６６７に関連付けられた複数の位置決めシステム６５０、６８０の配置を含むシステム６００を示す。システム６００は、１つ以上のモダリティにおいて基準点を提供する機械部品／構成要素を備える統合マーカ６６０を含む。例えば、統合マーカ６６０は、第１のフィールド／空間６５０及び第２のフィールド／空間６８０の両方に関連付けられた画像空間内で可視であり得る。例えば、第１のモダリティ６５０は、カメラ撮像システム、蛍光透視Ｘ線撮像システム、又はコンピュータ断層撮影（ＣＴ）システムを備えてもよいが、第２のモダリティ６８０は、本明細書で詳細に説明されるように、電磁場発生器位置決めシステムを備えてもよい。位置決めシステム６５０は、座標フレーム６５８に関連付けられ得るが、位置決めシステム６８０は、異なる座標フレーム６８８ｂに関連付けられ得る。

【００６８】

システム６００において、マーカフレーム６６５、６６７の中心６０１は、共通マーカ／フレーム６６０を提供するために共位置特定される。統合マーカ６６０の機械的設計は、複数のモダリティにおける可視性を提供し、そのような可視性は、複数のモダリティにおける共通中心点を示す。統合マーカ６６０は、両方のモダリティに対して共通の中心及び／又は基準フレームを有するものとして示されているが、いくつかの実装形態では、統合マーカは、同一ではないが、変換「Ｘ」が２つの間で既知の定数であるように、既知の距離及び／又は向きだけ互いにオフセットされた中心点及び向きを有することを理解されたい。マーカ６６５、６６７は、いくつかの物理的連結構造体又は形態によって組み合わせられ、それは、複数のマーカの座標中心を３次元空間において重複させ得る。例えば、物理的インク付け構造体は、マーカ６６５、６６７を固定関係で互いに／一緒に固定することができる。

【００６９】

本明細書では、モダリティの任意の組み合わせで見えるマーカ要素を組み合わせる統合マーカである。例えば、図７は、統合された物理的形態のマーカ７１５の様々な組み合わせを示す。参照のために、図７は、各々が単一の画像空間において可視である例示的な非統合マーカ７０５を更に示す。例えば、マーカ７６１は、互いに対して相対的に角度付けられた向きに位置決めされた複数の導電性コイル７６２、７６３を含むＥＭ可視マーカの一実施形態を表し、そのようなコイルは、ＥＭ場発生器システムによって生成された電磁（ＥＭ）場内で検出可能であり、そこから導出可能な位置情報が３つ又は５つを超える自由度を提供するような向き情報を提供することができる。例えば、コイル７６２、７６３の直角向きは、場合によっては６つの自由度を提供し得る。

【００７０】

例示的なマーカ７６４は、特定の撮像モダリティ空間において可視であり得る幾何学的形状／形態（例えば、球形ビーズ）を含む。例えば、形態／ビーズ７６４は、ＣＴ又は蛍光透視法（例えば、Ｘ線）等の放射線ベースの撮像モダリティ下で可視であるように、放射線不透過性であってもよく、又は特定の音波信号に対して反射性であってもよく、したがって、超音波検査下で可視であってもよい。あるいは、形態／ビーズ７６４は、カメラベースの画像処理モダリティを使用して認識可能な形状であってもよい。例えば、ビーズ７６４は、その位置決めを可能にするように赤外線（ＩＲ）放射／光を反射することができる。いくつかの実施形態では、幾何学的形態／形状７６４の中心は、特定の画像空間において分解可能である。

【００７１】

図７は更に、ＥＭ位置決め等の任意の位置決めモダリティにおいて可視であり得る、別の例示的マーカ７６５を示し、マーカ７６５は、患者、手術台、又は他の構造体上等の較正のために画像フィールド内に配置され得る、パッチ又は他の固定具を備える。電磁パッチセンサ７６５は、６自由度を提供する座標フレーム内に配置されてもよい。パッチセンサ７６５は、電磁パッチセンサとして説明されているが、光学系画像空間において検出可能な光学マーカであってもよい。光学的可視マーカは、システムの関連するエミッタによって放出された赤外光／放射が、反射の位置に関して検出可能であるようにマーカの表面

から反射するように構成されてもよい。いくつかの実施形態では、光学撮像源は、立体視カメラを含む。

【００７２】

図７は、中心又はその付近に電磁可視導電性コイル７０３が配置された、組み合わされたＥＭ可視及びＣＴ、蛍光透視、及び／又はカメラ可視幾何学的形態７０１を含む、様々な例示的な統合マーカ７１５を更に示す。幾何学的形態７０４内に一体化された追加の電磁センサコイル７０３を用いて、電磁センサと幾何学的形状の中心とを共位置特定することができる。幾何学的形態７０４は、例えば、球形又は楕円形であってもよい。異なるマーカに対して異なる形状を使用することは、そのようなマーカが画像（例えば、カメラ、蛍光透視法、ＣＴ等）において一意に識別可能であることを可能にする役割を果たすことができる。更に、マーカの形状選択は、ＥＭセンサと、特定の実施形態においてそれらが組み合わされる形態／ビーズとの間の一意の一致を示すことができる。例えば、位置決めのために複数のＥＭセンサコイルを利用するシステムでは、各コイルは、異なる形状を有する画像可視形態／ビーズに埋め込まれるか、又は他の方法で組み込まれ、それによって追加の位置対応情報を提供することができる。画像可視マーカを一意に識別するための他の例は、マーカ表面上の異なるエッチング／パターンを使用すること、及び／又は一意の識別を可能にする異なる材料特性を備えるマーカを使用することを含むことができる。

【００７３】

ＥＭセンサ７０３及び可視形態７０４の分解可能な中心が共位置特定され、既知である場合、基準点は、複数のモダリティにおいて導出され得る。すなわち、マーカ７０１の中心は、ＥＭ空間及び光学又は他の撮像空間の両方において導出可能／検出可能であり得る。場合によっては、統合マーカ７１５は、２つ以上の画像空間において可視であってもよい。例えば、形態７０４の形状は、光学空間において識別可能であってもよく、センサコイル７０３は、ＥＭ空間において識別可能であってもよい。加えて、又は代替として、マーカ７０１は、マーカの中心を示す１つ以上の放射線不透過性マーキング／表面を備えてもよく、そのようなマーキングは、放射線ベースの撮像システム（例えば、蛍光透視法、ＣＴ）及び／又は音波撮像システム（例えば、超音波）において識別可能である。複数のモダリティのためのマーカの共位置は、上記で詳細に説明されるように、そのようなモダリティ間の位置合わせを簡略化することができる。したがって、１つの空間内の識別されたマーカは、別個のモダリティに関連付けられた別の空間内の位置に単純に変換され得る。したがって、２つの撮像空間の間の対応関係は、機械的に及び／又は即座に決定することができるが、他のソリューションは、追加の較正／位置合わせステップを必要とする場合がある。

【００７４】

組み合わされた光学空間及びＥＭ空間マーカは、実装される統合マーカのタイプに応じて、ＥＭ測定値を光学又は他の撮像測定値と比較することによって、歪みを受けるＥＭ場体積内の面積を識別するために使用されることができる。すなわち、光学撮像は、生成された電磁場内の歪みの潜在的な存在に起因して、場合によってはＥＭ位置決めよりも正確であり得る。そのような歪みは、例えば、生成された場の近傍に蛍光透視Ｃアーム又は他の金属構造体が存在することによって引き起こされ得る。統合されたＥＭ及び光学マーカは、ＥＭ及び光学重複フィールド体積内に配置されてもよく、マーカの運動は、ＥＭ空間及び光学空間の両方において追跡され、電磁歪曲を示すものとして、光学空間及びＥＭ空間における導出された位置間の偏差の面積を識別してもよい。そのような歪みは、いったん知られると、関連する位置特定計算において説明及び／又は相殺され得る。いくつかの実装形態では、統合マーカ７０１は、幾何学的形態７０４に穴又はチャネルを穿孔し、幾何学的形態の中心がＥＭセンサの検出可能基準と共位置特定されるような位置にＥＭセンサ７０３をその中に配置することによって構築され得る。本開示の態様に従って複数のモダリティのためのマーカを共位置特定することは、複数のモダリティのためのマーカ間の座標フレーム変換を構築する必要性を取り除くことができ、それによって、モダリティの互いの位置合わせを簡略化する。

【００７５】
図７は、放射線不透過性表面７５７を有する光学的可視幾何学的形態７５１を含む統合マーカ７５０を更に示すため、マーカ７５０は、光学的画像空間並びに放射線ベースの画像空間（例えば、蛍光透視法、ＣＴ）において可視である。
【００７６】
別の例として、統合マーカ７０２は、座標フレームを画定するＥＭ可視構造体を提供し、座標フレームの各分岐／軸の終点又は他の部分は、マーカ７０２がＥＭ及び光学（又は、例えば、Ｘ線）撮像空間の両方における較正のために使用されることができるように、光学可視（又は、Ｘ線可視）ビーズ／形状７０９を含む。
【００７７】
２つの位置決めモダリティ／システムを互いに位置合わせすることに関して、本開示の実施形態は、概して、検出された／可視マーカに関する３次元位置情報を提供する位置決めモダリティ／システムの文脈において本明細書で説明される。例えば、光学位置決めモダリティの場合、カメラベースの撮像源は、交互の角度からの複数の画像が捕捉され、そこから３次元位置情報が導出可能であるように、互いに対して角度オフセットされた複数のカメラを含んでもよい。電磁場発生器モダリティは、同様に、センサ／マーカが電磁場体積内で検出されるとき、いくつかのソリューションに従って３次元位置情報を決定することができる。すなわち、いくつかのモダリティでは、３次元位置情報は、単一の源位置／向きから導出可能である。しかしながら、いくつかの撮像モダリティに関して、３次元位置情報は、単一の角度から導出可能でない場合がある。例えば、単一カメラ光学システム及び／又はＸ線／蛍光透視システムは、撮像源（例えば、カメラ、Ｘ線エミッタ）の所与の位置／向きから２次元位置情報のみを生成するように構成されてもよい。
【００７８】
図８は、１つ以上の実施形態による、統合マーカ８６０に関連付けられた電磁（ＥＭ）８９及び蛍光透視７４位置決めシステムを示し、蛍光透視源７４の再位置決めは、蛍光透視撮像空間内の統合／共位置特定マーカ８６０の３次元位置情報を生成する手段として実装され得る。例えば、蛍光透視法を使用して、３次元空間において可視マーカ（例えば、放射線不透過性基準）を三角測量するために十分なデータを提供するために、２つ以上の蛍光透視法／Ｘ線画像を取得することが必要であり得る。
【００７９】
図８は、蛍光透視源７４の第１の位置７０－１を示し、源の第１の位置７０－１からのマーカ８６０の撮像は、検出されたマーカ８６０の第１の画像及び撮像視野を取得するために実装され得る。続いて、Ｃアーム７１は、マーカ８６０を含む撮像フィールドを生成するように構成された向きに、軸を中心に回転されるか、又は他の方法で移動されてもよく、Ｃアーム７１の調整された位置７０－２は、以前の位置７０－１に向けられ、以前の位置７０－１から角度オフセットθされる。第２の位置７０－２から追加の画像を生成して、複数の角度／向きからのマーカ８６０の複数の蛍光透視画像を提供することができる。蛍光透視源７４の第１の位置７０－１と第２の位置７０－２との間の角度分離は、任意の角度分離とすることができる。いくつかの実装形態では、３次元位置情報を導出することができる情報を提供するために、少なくとも１５°（θ）の分離が実装される。いくつかの実装では、９０°の角度回転／移動が、直交画像を提供するために実装され、それは、有利には、３次元位置付けのための最大データを提供し得る。
【００８０】
２つのモダリティのための共通の又は既知の変換「Ｘ」で識別可能な統合マーカ８６０を用いて、位置決めシステム／源７４、８９間の変換「Ｙ」は、複数の蛍光透視画像／位置に基づく蛍光透視画像空間における３次元位置決定「Ｆ」、並びにＥＭ場発生器８９の単一の位置から生成されたＥＭ場におけるマーカ８６０の検出に基づくＥＭ空間における３次元位置決定「Ｅ」に基づいて決定され得る。
【００８１】
図９は、１つ以上の実施形態による、統合マーカ（複数可）に関連付けられた電磁（Ｅ

Ｍ）９８９及びロボット９１０位置決めシステムを示す。ロボットシステム９１０はまた、ロボットアーム９１２を含む。図９は、ロボットアーム９１２及び関連する構成要素の２つの例示的な位置９１２ａ、９１２ｂを示す。以下の説明は、いずれかの位置に関するものと理解することができる。

【００８２】

ロボットアーム９１２の遠位端９２２は、本明細書に詳細に説明されるように、特定のロボット器具類を操作するように構成され得る、エンドエフェクタ構成要素９２２を備えてもよい。ロボットアーム９１２の遠位端９２２の位置決めは、特定のモータ又は他のアクチュエータを作動させて、ロボットアーム９１２及び／又はそれに関連付けられたキャリッジの様々な関節及び連結機構を所望の位置／姿勢に移動及び／又は関節運動させることによって実装され得る。すなわち、ロボットシステム９１０の様々なモータ／アクチュエータ構成要素の現在の構成／位置を示すロボットデータは、エンドエフェクタ９２２及び／又はロボットアーム／システムの他の部分（複数可）の位置を示すことができる。したがって、ロボットシステム９１０の座標フレーム／空間は、座標フレーム９６６を画定することができ、エンドエフェクタ９２２及び／又はロボットシステムの他の部分（複数可）は、例えばロボットシステムの基部に対して位置決めされる。

【００８３】

ロボットデータに基づく位置情報を、本明細書に開示されるＥＭ場発生器空間又は他の位置決め／撮像モダリティ等の二次モダリティに関連付けられた座標フレーム空間に、及び／又はその逆に変換するために、ロボット空間と二次モダリティとの間の位置合わせが必要であり得、そのような位置合わせは、上記で説明されるような撮像／位置決めモダリティ間の位置合わせに概念的に類似し得る。例えば、エンドエフェクタ及び／又はその上の点（及び／又はロボットシステムの他の部分（複数可））の位置がロボットデータ（図９の位置変換「Ａ」によって表される）に基づく場合、位置「Ａ」が基づく「マーカ」は、エンドエフェクタ９２２及び／又はロボットデータによって示される他の位置と見なされ得る。二次モダリティ（例えば、ＥＭ位置センサ）に関連付けられたマーカ／基準に関して、位置ベクトル「Ｂ」は、図示されるように、場発生器９８９に対する関連ＥＭセンサ／マーカ９６０の位置であり得る。すなわち、電磁センサ９６０は、場発生器９８９の画像空間内で見えるマーカを表す。

【００８４】

複数の位置決めシステム／フレームのマーカ／基準９２２、９６０間の物理的関係を固定することによって位置合わせプロセスを簡略化するために、本明細書に開示される他の実施形態と同様に、ロボットアーム（例えば、エンドエフェクタ９２２）の追跡される部分とのＥＭセンサ９６０の物理的連結又は共位置は、２つのシステムのマーカ間の変換「Ｘ」を既知の定数変換及び／又は恒等変換（例えば、マーカの共位置）に設定するように実装されてもよい。したがって、本開示の実施形態は、マーカ９６０がエンドエフェクタ９２２と共位置特定（又は固定された関係で）され、それによってロボット空間とＥＭ画像空間との間の位置合わせを簡略化するように、ロボットエンドエフェクタ９２２上の又はそれに結合された撮像モダリティに関連付けられたＥＭセンサ又は他のマーカの位置決めを提供することができる。例えば、ＥＭセンサ９６０は、その中心がロボットデータを使用して追跡可能な位置／点と共位置特定されるように、ロボットアーム９１２のエンドエフェクタ又は他の部分の上又は中の特定の位置に物理的に配置されてもよい。代替として、固定具９４０又は他の剛性構造体が、センサ９６０をエンドエフェクタ９２２又はロボットシステムの他の部分に結合してもよく、それにより、一定の固定位置変換が、センサ９６０をロボットマーカ９２２に結合する。固定具９４０は、較正プロセスの一部としてマーカ配置のために利用され得る。

【００８５】

上述したように、図５を参照して、２つのモダリティの位置合わせは、関係ＡＸ＝ＹＢに基づくことができる。上記の説明は、複数の位置決めモダリティに関連付けられたマーカ間の固定された物理的連結機構／関係を生成することによって、変換「Ｘ」を計算する

必要性を排除することによって、モダリティ間の位置合わせを単純化できることを実証する。上に開示された実施形態は、視野内のマーカの検出を含む別個の位置決め／撮像モダリティを位置合わせする文脈で提示されているが、それに関連する開示されたソリューション及び概念は、ロボット姿勢データに基づいて視野位置決め／撮像モダリティをロボット位置決め空間に位置合わせする文脈で実装することができる。ロボット空間と電磁（ＥＭ）場空間（又は他の位置決め／撮像空間）との間の変換を機械的に画定することによって、視野位置決め／撮像（例えば、ＥＭ位置決め）を通して検出されるマーカは、関連システムの基準／マーカ間の変換「Ｘ」を決定するために、追加の位置合わせステップ及び／又は追加のワークフローステップを必要とせずに、ロボット空間と相関させることができる。

【００８６】

位置決めシステム源の固定

固有の及び撮像システムは、位置合わせ目的のために特徴付けられてもよい。例えば、蛍光透視撮像を図１～３のロボットシステム等のロボットシステムに統合するために、蛍光透視システムを較正するために蛍光透視システムの画像空間内に配置される基準固定具／プローブを使用すること等によって、蛍光透視システムの初期固有較正が実装されてもよい。例えば、チェッカーボード又は他のパターンが固定具上に印刷されてもよく、蛍光透視システムを使用する固定具の撮像が、歪み及び／又は焦点距離を補償するために使用されてもよい。基準固定具／構造体のパターンにおける歪みは、放射場における歪みを示し得る。アーチファクトの歪みを補正するための蛍光透視画像較正は、いくつかの蛍光透視環境において存在し得るピンクッション及び／又は他の歪み効果を考慮するために実装され得る。関連する電界の偏差の実験的測定を行うことは、蛍光透視システムの金属Ｃアームの電磁場発生器への近接によって引き起こされる歪みを説明することができる。

【００８７】

図５に戻って参照すると、複数の位置決めシステム間の位置合わせは、関係ＡＸ＝ＹＢに基づくことができ、ここで、「Ｘ」は、それぞれのモダリティの追跡されたマーカ／基準間の物理的関係を表すが、変換「Ｙ」は、それぞれの画像空間／モダリティの源間の関係を表す。上記で開示された実施形態は、複数のモダリティのマーカ／基準点間の機械的連結機構が、それぞれの座標フレーム間の位置合わせをどのように簡略化することができるかを実証する。同様に、本明細書で説明されるように、異なるモダリティの源間の機械的連結機構は、マルチモダリティ位置合わせを簡略化するために実装されることができる。すなわち、図５に図示され、本明細書で詳細に説明されるパラダイムに関して、変換「Ｙ」を機械的に固定することができ、それによって、変換「Ｙ」を、撮像源の特定の機械的固定に基づいて知られている一定の変換に設定する。撮像モダリティ（例えば、カメラベース、光学ベース、蛍光透視ベースのシステム）が利用されるとき、「Ｙ」変換を固定することは、別のモダリティの基準フレームから撮像モダリティ基準フレームに情報又はデータを変換するために、単独では不十分であり得る。例えば、基準フレーム間の変換を実装するための正しいピクセル座標を得るために、撮像モダリティの固有較正を実装することが更に必要であるか、又は望ましい場合がある。

【００８８】

図１０は、１つ以上の実施形態による、機械的に固定された源を有する複数の位置決めシステム１７０、１８９を示す。図１０は、電磁（ＥＭ）場発生器１８９の蛍光透視取り付けアーム１７１又は源１７４を保持／支持する他の構造体（例えば、金属缶構造体）への固定を示すが、図１０に関連して開示される概念は、任意のタイプの位置決め／撮像モダリティの源の固定に適用可能であり、図１０に示される特定の実施形態は、それに関連する本発明の概念を実証するために便宜的に提示されることを理解されたい。

【００８９】

図５に戻って参照すると、２つのモダリティの基準フレームを互いに位置合わせすることに関連する共通の問題は、第１のモダリティ／システムの源の位置／向きと第２のモダリティ／システムの源の位置／向きとの間の物理的相対位置／変換（図５において変換「

Ｙ」として識別される）の決定である。図１０のシステムでは、ＥＭ場発生器１８９は、剛性（例えば、調節不可能／曲げ可能）取り付けアーム／構造体１５０を介して、蛍光透視源／受信器１７４及び／又はＣアーム構造体１７１に機械的に固定される。Ｃアーム構造体１７１への別の例示的な固定取り付けは、剛性取り付けアーム１５１を介してＣアーム１７１の中間部分６０６に取り付けられた場発生器１８７として示されている。

【００９０】

図示された実施形態では、場発生器１８９は、蛍光透視源／システム１７０の構造体に堅く取り付けられ、それによって、２つの撮像システムの源１８９、１７４間の物理的関係を機械的に画定する。Ｃアーム及びそれらが生成するために使用される蛍光透視画像は、術中処置に適した視覚化モダリティを提供する。ＥＭベースのデバイス／ツールもまた、そのような設定において使用されることができる。これらの２つのモダリティを実用的な方法で位置合わせすることは困難である可能性があり、本明細書で開示される実施形態は、そのような位置合わせを簡略化することができる。蛍光透視画像空間及びＥＭ画像空間が位置合わせされると、ＥＭ検出可能ツール／マーカ１７８を蛍光透視画像にマッピングすることができる。更に、いったん位置合わせされると、外科用器具類を方向付けるように実装されたナビゲーションアルゴリズムは、オペレータガイダンス及び／又はアルゴリズムプロセス等を通して、位置合わせを利用することができる。

【００９１】

いくつかの実施形態では、比較的小さい形態因子を有するＥＭ場発生器は、ＥＭ場発生器を蛍光透視構造体１７１に実際に取り付けるための手段として実装されてもよい。すなわち、場発生器１８９は、図１に示す場発生器６７の例示的な実施形態よりもサイズが小さい小型の場発生器を含むことができる。場発生器１８９と蛍光透視システムの構造体１７１との間の厳密な接続により、ＥＭシステムと蛍光透視システムとの位置合わせを簡単にすることができる。

【００９２】

ＥＭ場発生器１８９と蛍光透視エミッタ１７５及び／又は受信器１７４との間の物理的関係を確立することは、両方のユニット／デバイスを同じ支持構造体（例えば、Ｃアーム１７１）に取り付けることによって達成されることができる。ＥＭ場６０２と蛍光透視場６０１との間に画定された関係「Ｙ」を用いて、少なくとも２つの蛍光透視画像を生成して、蛍光透視画像空間内の３次元位置データを提供し、２つのモダリティ間で位置合わせを完了することを可能にすることができる。電磁場位置データは、場発生器１８９の単一の物理的位置から、又は２つの蛍光透視画像に関連付けられた２つの位置から依拠されてもよい。すなわち、場発生器１８９と蛍光透視システム１７４との物理的位置／向きの間の変換が既知であるため、蛍光透視システムが、３次元位置決定のために複数の画像を取得するように移動されるとき、追加の位置情報が、ＥＭ場発生器システムのために同様に利用されてもよく、それは、電磁場空間における位置決定のための追加のデータ点を提供してもよい。

【００９３】

場発生器１８９をＣアーム１７１に物理的に取り付けることは、そのような源の間の物理的近接性及び／又は金属構造体１７１への近接性に起因して、蛍光透視場６０１及び／又は電磁場６０２の歪みをもたらし得る。いくつかの実装形態では、較正は、構造体１７１の導電率及び／又は他の特性に対する、電磁場６０２上のアーム１７１の物理的位置から生じる決定された静的歪みを補償するために実行され得る。いくつかの実施形態では、取り付け構造体／アーム１５０は、構成要素が互いに近接していることによる問題となる歪みのリスクを回避するのに十分な長さであってもよい。例えば、望ましくない放射は、構造体１７１がＥＭ場発生器１８９の８インチ又は１０インチ内に配置されるときに、構造アーム１７１が場発生器１８９の電磁場６０２に干渉することによって引き起こされ得る。したがって、場発生器１８９を蛍光透視源１７４及び／又は構造支持アーム１７１から少なくともそのような距離だけ離して配置するように、剛性取り付け／結合アーム１５０を構築することが望ましい場合がある。そのような場合、アーム１７１による干渉から

結果として生じる歪みは、そのような歪みがシステム制御回路によって補償され得るように、比較的最小限であり得る。更に、いくつかの実装では、システムは、ＥＭ場６０２に対する蛍光透視場６０１の歪みプロファイルを補償するように構成されてもよい。

【００９４】

上述のようなマルチモーダル基準／マーカが利用されない場合、２つの位置決めシステム／モダリティの基準／マーカの基準／マーカ間の変換「Ｘ」の推定は、位置決めモダリティの源の位置を調整することによって実行することができる。例えば、位置決めデータは、Ｃアーム１７１及び固定ＥＭ場発生器１８９、１８７の第１の位置から生成することができ、その後、Ｃアーム１７１は、第１の位置とは異なる向きに角度付けされ得る第２の位置に位置決めすることができる（例えば、２０°の横方向再位置決め）。次に、ＥＭデータを収集しながら別の蛍光透視画像を生成することができる。位置決め源間の固定された機械的関係に対する２つの位置での読み取り／感知の差を使用して、マーカ／基準の相対位置を導出することができる。２つの別個の蛍光透視画像及び関連するＥＭデータが収集されるような１回の再位置決めは、位置合わせに十分であり得る。しかしながら、より高い忠実度の位置合わせを得るために、より固有のＣアーム位置において蛍光透視画像及び関連する電磁センサデータを生成することが望ましい場合があるが、そのような追加の処理はワークフロー時間の増加をもたらす場合がある。

【００９５】

蛍光透視画像は、蛍光透視画像空間内の各放射線不透過性マーカ及びそれらのそれぞれの位置／向きを識別するために、システム制御回路によって特定の処理を受けてもよい。２つのシステムのマーカ／基準点間の相対的変換「Ｘ」は、ハンドアイ較正、点群特異値分解（ＳＶＤ）、又は他のプロセスを使用して、プロセスデータから解決され得る。場発生器１８９がＣアーム１７０に取り付けられた状態で、場発生器１８９と蛍光透視源１７４との間の変換は機械的に画定され、したがって、検出された器具の３次元姿勢は、点群位置合わせ又は他の位置合わせプロセスを実行することなく、蛍光透視画像上に直接重ね合わせることができる。

【００９６】

蛍光透視法及びＥＭ場位置決めモダリティが図１０に示されるが、同様の位置合わせ概念が、蛍光透視法を光学視覚システムに位置合わせするために実装されてもよく、又は光学視覚システムが、電磁センサシステムに位置合わせされてもよい。例えば、ＥＭ場発生器１８９と光学カメラ撮像源に関連付けられた構造体との間の厳密な物理的結合が、そのようなモダリティ間の変換「Ｙ」を固定するために使用され得る。いくつかのカメラシステムでは、３次元位置情報を導出するために複数の位置／角度から複数の画像を取得する必要がない場合がある。例えば、立体視カメラ撮像システムは、源デバイスの単一の物理的位置／向きから３次元位置情報を決定するように構成され得る。

【００９７】

図１１は、１つ以上の実施形態による、固定位置決めシステム源に関連付けられた電磁（ＥＭ）７８９及びロボット７１０位置決めシステムを示す。上述のように、図５を参照すると、２つのモダリティの位置合わせは、方程式ＡＸ＝ＹＢに基づくことができ、ここで、「Ｂ」は、第１の位置決め源（例えば、ＥＭ場発生器）と、第１の位置決め源の基準フレーム内で検出／位置特定されたマーカとの間の決定された相対位置を表す。「Ａ」は、第２の位置決めシステム源（例えば、蛍光透視検出器、ロボットシステムベースなど）と第２の位置決め源の基準フレーム内で検出／位置特定されたマーカとの間の決定された相対位置を表す。「Ｘ」は、第１のシステムのマーカと第２のシステムのマーカとの間の物理的変換を表し、「Ｙ」は、第１のシステムの源と第２のシステムの源との間の物理的変換を表す。

【００９８】

上記の説明は、複数の位置決めモダリティに関連する位置決めシステム源間の固定された物理的連結機構／関係を生成することによって、変換「Ｙ」を計算する必要性を排除することによって、モダリティ間の位置合わせを単純化できることを実証している。上に開

示された実施形態は、視野内のマーカの検出を含む別個の位置決め／撮像モダリティを位置合わせする文脈で提示されているが、それに関連する開示されたソリューション及び概念は、ロボット姿勢データに基づいて視野位置決め／撮像モダリティをロボット位置決め空間に位置合わせする文脈で実装することができる。ロボット空間と電磁（ＥＭ）場空間（又は他の位置決め／撮像空間）との間の変換を機械的に画定することによって、視野位置決め／撮像（例えば、ＥＭ位置決め）を通して検出されるマーカは、関連システムの源間の変換「Ｙ」を決定するために、追加の位置合わせステップ及び／又は追加のワークフローステップを必要とせずに、ロボット空間と相関させることができる。

【００９９】

図１１は、ロボットアーム７１２を含むロボットシステム７１０を示す。ロボットアーム７１２の遠位端７２２は、本明細書に詳細に説明されるように、特定のロボット器具類を操作するように構成され得る、エンドエフェクタ構成要素７２２を備えてもよい。ロボットアーム７１２の遠位端７２２の位置決めは、特定のモータ又は他のアクチュエータを作動させて、ロボットアーム７１２及び／又はそれに関連付けられたキャリッジの様々な関節及び連結機構を所望の位置／姿勢に移動及び／又は関節運動させることによって実装され得る。すなわち、ロボットシステム７１０の様々なモータ／アクチュエータ構成要素の現在の構成／位置を示すロボットデータは、エンドエフェクタ７２２及び／又はロボットアーム／システムの他の部分（複数可）の位置を示すことができる。したがって、ロボットシステム７１０の撮像空間は、座標フレーム７６６を画定することができ、エンドエフェクタ７２２及び／又はロボットシステムの他の部分（複数可）は、例えばロボットシステムの基部に対して位置決めされる。一般に、絶対位置ではなく、ロボットデータに基づいて決定／制御されるエンドエフェクタ７２２の識別された位置は、ロボットシステム７１０の物理的位置決めに対する位置空間内にあってもよく、これは、いくつかの事例では歩行型であってもよい。

【０１００】

ロボットデータに基づく位置情報を、本明細書に開示されるＥＭ場発生器空間又は他の位置決め／撮像モダリティ等の二次モダリティに関連付けられた画像空間に、及び／又はその逆に変換するために、ロボット空間と二次モダリティとの間の位置合わせが必要であり得、そのような位置合わせは、上記で説明されるような撮像／位置決めモダリティ間の位置合わせに概念的に類似し得る。例えば、エンドエフェクタ７２２（及び／又はロボットシステム７１０の他の部分（複数可））の位置がロボットデータ（図１１の位置変換「Ａ」によって表される）に基づく場合、位置「Ｂ」が基づく「マーカ」は、エンドエフェクタ７２２及び／又はロボットデータによって示されるロボットアーム７１２の他の部分と見なされ得る。二次モダリティ（例えば、ＥＭ位置センサ）に関連付けられたマーカ／基準に関して、位置ベクトル「Ｂ」は、図示されるように、場発生器７８９に対する関連ＥＭセンサ／マーカ７６０の位置であり得る。すなわち、電磁センサ７６０は、場発生器７８９の画像空間内で見えるマーカを表す。

【０１０１】

参照されるように、ロボットエンドエフェクタ７２２は、ロボットシステム７１０のための関連する基準／マーカと見なされてもよく、その位置「Ａ」は、ロボット基部７１０に対するロボットデータ（例えば、順運動学データ）を使用して測定されることができる。複数の位置決めシステム／フレームの源７８９、７１０間の物理的関係を部分的に固定することによって位置合わせプロセスを簡略化するために、本明細書で開示される他の実施形態と同様に、ＥＭ場発生器７８９とロボットシステム７１０との間の物理的連結を実装して、２つのシステム間の変換「Ｙ」を、ロボット空間７６６内の器具類７２２の位置を示すロボットデータに従って決定することができる位置「Ａ」に対する既知の一定変換に等しくなるように決定することができる。例えば、ＥＭ源７８９は、源７８９がロボットアーム７１２の基準点７２２に対して相対位置変換「Ｖ」で固定されるように、ロボットアーム７１２に固定することができる。したがって、２つの位置決めシステム源７８９、７１０の間の変換「Ｙ」は、組み合わされたベクトル「Ｂ」及び「Ｖ」に等しいと考え

ることができる。すなわち、図示される変換「Ｖ」は機械的に画定されるので、「Ｙ」（すなわち、ＥＭ座標フレームとロボット座標フレームとの間の位置合わせ）は、関係／方程式Ｙ＝ＡＶに従って、ロボット（例えば、運動学）データと既知の関係「Ｖ」とを融合することによって知ることができる。したがって、別個の位置合わせステップは必要とされず、ＥＭセンサ空間をロボット空間に直接変換／平行移動することができる。図１１の実装形態では、場発生器７８９は、ロボット基部７１０に直接ではなく、エンドエフェクタ７２２に対して固定されることに留意されたい。「Ｙ」は、厳密に機械的に決定されるのではなく、機械的連結機構「Ｖ」に基づいて決定／既知である。

【０１０２】

固定関係／変換「Ｖ」は、ロボットアーム７１２に結合された固定具／ツール７４０にＥＭ場発生器７８９を取り付けることによって達成され得る。固定結合「Ｖ」を実装することによって、本開示の実施形態は、ロボット空間とＥＭ画像空間との間の位置合わせの簡略化を提供し得る。固定具７４０は、外科的処置の前又は間に基準フレームを互いに位置合わせするための較正プロセスの一部として利用されてもよい。

【０１０３】

図１１の構成が実装されると、２つのシステムのマーカ／基準７６０、７２２の位置間の「Ｘ」変換関係も、追加のプロセスステップなしで知る／決定することができる。例えば、図１１において識別されたベクトル変換に関して、変換「Ｘ」は、機械的に固定されたベクトル「Ｖ」と組み合わされたＥＭ場空間内の位置「Ａ」に等しいと見なされ得る。

【０１０４】

上述したように、図５を参照して、２つのモダリティの位置合わせは、式ＡＸ＝ＹＢに基づくことができる。上記の議論は、複数の位置決めモダリティに関連付けられた源間の固定された物理的連結機構／関係を生成することによって、２つのモダリティのマーカ／基準間の関係を決定することが、変換「Ｙ」を計算する必要性を回避することによって単純化されることを実証する。上記で参照されるように、変換「Ｙ」は、固定された物理的変換「Ｖ」に基づくことができる。しかしながら、エンドエフェクタ７２２とＥＭ場発生器７８９との間に正確な固定された変換「Ｖ」を作成することは、場合によっては、実装することが重要かつ／又は困難であり得る。例えば、図１１に図示する例では、変形「Ｖ」は、エンドエフェクタ７２２に結合された固定具７４０を使用して機械的に固定される。しかしながら、固定具又は他の連結構造体を使用して精密な固定された機械的関係「Ｖ」を達成するプロセスは、比較的面倒であり、及び／又は場合によっては誤差を生じやすい可能性がある。例えば、関連する構成要素／アセンブリの既知の物理的仕様が、取り付けられたときに正確に正確でない場合、変換「Ｖ」の予想される機械的画定は、（例えば、製造ばらつき、機械的スロップ／クリアランスなどに起因して）ある量だけずれている可能性がある。したがって、ＥＭ－ロボット空間位置合わせに関して変換「Ｘ」を決定するプロセスを簡略化するための代替手段を実装することが望ましい場合がある。

【０１０５】

例えば、図１１を更に参照すると、未知の変換「Ｘ」及び「Ｙ」は、２つ以上の姿勢におけるロボットアームの移動（すなわち、変化する「Ａ」）に基づいて、簡略化された様式で推定されることができる。第１の位置７１２ａは、初期位置を表すと理解されてもよいが、位置７１２ｂは、アーム７１２の動きの後の後続位置を表すと理解されてもよい。

【０１０６】

図１１のシステムの構成に関して、姿勢推定は、ロボットアーム基準点の位置の変化B_{Δ}と、結果として生じるＥＭセンサ７６０の位置の変化A_{Δ}とに基づいて、ロボットシステム７１０について決定され得る。例えば、以下のアルゴリズムが、姿勢推定を行うために実装されてもよく、ロボットシステム基準７２２に対するＥＭセンサ７６０の姿勢／位置の較正／推定は、以下の通りである。

【０１０７】

【数１】

$$A_1VB_1^{-1} = A_2VB_2^{-1} \quad (2)$$

$$A_2^{-1}A_1VB_1^{-1} = VB_2^{-1} \quad (3)$$

$$(A_2^{-1}A_1)V = V(B_2^{-1}B_1) \quad (4)$$

$$A_\Delta V = VB_\Delta \quad (5)$$

$$argmin_V \sum_{i=1}^{n} \|A_\Delta V - VB_\Delta\| \quad (6)$$

【０１０８】

図１２は、１つ以上の実施形態による、２次元画像２９５上の器具表現２９１の３次元位置オーバーレイを示す。図１２は、電磁（ＥＭ）センサを使用して医療器具を追跡し、本明細書で詳細に説明するような固定された機械的連結機構を活用する位置合わせプロセスを使用してそれらを基準画像に対して位置特定できる方法の例示的な実証を提供する。すなわち、本開示の実施形態は、有利には、ＥＭ場位置決め空間、光学空間などの１つの画像空間において既知の又は識別された物体姿勢を２次元蛍光透視／Ｘ線空間上に投影するための機構を提供する。

【０１０９】

図１２は、画像内に特定の器具類２９２（例えば、スコープ、針等）を含む、生成された蛍光透視画像２９５を示す。捕捉された蛍光透視画像上に器具（複数可）２９１をオーバーレイするために、オーバーレイプロセスを実行することができる。システム制御回路は、画像２９５内に描写される患者の解剖学的構造に対する器具２９１の位置を特定し、表示するために利用されることができる。

【０１１０】

追跡される器具２９１は、それを３次元コンピュータグラフィックスでレンダリングし、それを蛍光透視画像２９５上に表示、オーバーレイ、又は重畳することによってシミュレートされることができる。追跡センサ／マーカの現在の場所及び向きは、本明細書で説明されるような機械的連結機構によって容易にされるＥＭ空間との位置合わせに基づいて、蛍光透視画像空間に対して既知である。器具２９１は、ＥＭ空間から蛍光透視空間への位置合わせを可能にする１つ以上のＥＭセンサ／マーカを含む。これらの既知のデータ点から、仮想器具９２１が、表現のために描画／生成され得る。器具２９１を制御するために使用されるロボットエンドエフェクタ／システムに関するロボットデータも追跡することができ、この動きを使用して、センサ位置間の器具形状を外挿することができる。器具２９１の回転向きはまた、器具の全体的な３次元再構成を提供するために、上述のようにセンサから決定されてもよい。

【０１１１】

更なる実施形態

実施形態に応じて、本明細書に記載のアルゴリズム又はプロセスのうちのいずれかの特定の行為、事象、又は機能は、異なる順序で行うことができ、追加し、マージし、又は完全に除外してもよい。したがって、ある特定の実施形態では、説明した行為又は事象の全てがプロセスの実行にとって必要なわけではない。

【０１１２】

とりわけ、「することができる（can）」、「することができる（could）」、「し得る（might）」、「し得る（may）」、「例えば（e.g.）」、及び同等物などの本明細書で使用される条件的文言は、別途具体的に記述されない限り、又は使用される文脈内で別途理解されない限り、その通常の意味で意図され、全般的に、ある特定の実施形態が、ある特定の特徴、要素、及び／又はステップを含むが、他の実施形態が含まないことを伝達することを意図している。したがって、そのような条件的文言は、一般的に、特徴、要素、及び／又はステップが、１つ以上の実施形態のために任意の方法で必要とされること、又は１つ以上の実施形態が、オーサ入力若しくはプロンプティングの有無を問わず、これらの特徴、要素、及び／若しくはステップが任意の特定の実施形態に含まれるか、又は

実施されるかどうかを決定するための論理を必ず含むことを含意することを意図しない。「備える（comprising）」、「含む（including）」、「有する（having）」などの用語は、同意語であり、それらの通常の意味で使用され、非限定的な様式で包括的に使用され、更なる要素、特徴、行為、動作などを除外しない。また、「又は」という用語は、使用される場合、例えば、要素の列挙を接続するために、「又は」という用語は、列挙された要素のうちの１つ、いくつか、又は全てを意味するように、その包含的な意味で（かつその排他的な意味ではなく）使用される。別途具体的に記述されない限り、「Ｘ、Ｙ及びＺのうちの少なくとも１つ」という句などの接続的文言は、アイテム、用語、要素などがＸ、Ｙ、又はＺのいずれかであり得ることを伝えるために、一般的に使用されるような文脈で理解される。したがって、そのような接続的文言は、一般に、ある特定の実施形態が、Ｘのうちの少なくとも１つ、Ｙのうちの少なくとも１つ、及びＺのうちの少なくとも１つが、各々存在することを要求することを含意することを意図しない。

【０１１３】

実施形態の上記の説明では、様々な特徴は、時として、本開示を合理化し、様々な発明の態様のうちの１つ以上の理解を補助する目的で、単一の実施形態、図、又はその説明においてグループ化されることを理解されたい。しかしながら、本開示の方法は、任意の請求項がその請求項に明示的に記載されているよりも多くの特徴を必要とするという意図を反映すると解釈されるべきではない。更に、本明細書の特定の実施形態に例解及び／又は記載される任意の構成要素、特徴、又はステップは、任意の他の実施形態に適用されるか、又はそれと共に使用することができる。更に、いずれの構成要素、特徴、ステップ、又は構成要素、特徴、若しくはステップの群も、各実施形態のために必要又は不可欠ではない。したがって、本明細書で開示され、以下に特許請求される本発明の範囲は、上記の特定の実施形態によって限定されるべきではなく、以下の特許請求の範囲を公正に読むことによってのみ判定されるべきであることが意図される。

【０１１４】

特定の序数用語（例えば、「第１」又は「第２」）が参照を容易にするために提供される場合があり、必ずしも物理的特性又は順序付けを含意するわけではないことを理解されたい。したがって、本明細書で使用される場合、構造体、構成要素、動作などの要素を修正するために使用される序数用語（例えば、「第１」、「第２」、「第３」など）は、必ずしも任意の他の要素に関して要素の優先順位又は順序を示すわけではなく、むしろ、全般的に、要素を（序数用語の使用を別として）同様又は同一の名称を有する別の要素と区別し得る。加えて、本明細書で使用される場合、不定冠詞（「ａ」及び「ａｎ」）は、「１つ」ではなく「１つ以上」を示し得る。更に、条件又は事象に「基づいて」実施される動作はまた、明示的に列挙されていない１つ以上の他の条件又は事象に基づいて実施され得る。

【０１１５】

別途定義されない限り、本明細書で使用されている全ての用語（技術的及び科学的用語を含む）は、実施形態例が属する分野の当業者によって一般的に理解されるものと同じ意味を有している。一般的に使用される辞書で定義されているものなどの用語は、関連技術の文脈におけるそれらの意味と一致する意味を有するものとして解釈されるべきであり、本明細書で明示的にそのように定義されない限り、理想的な意味又は過度に形式的な意味で解釈されるべきではないことを更に理解されたい。

【０１１６】

「外側」、「内側」、「上側」、「下側」、「下方」、「上方」、「垂直」、「水平」という空間的に相対的な用語、及び同様の用語は、図面に例解されるような１つの要素又は構成要素と別の要素又は構成要素との間の関係を説明するための説明を容易にするために、本明細書で使用され得る。空間的に相対的な用語は、図面に描写される配向に加えて、使用又は動作時のデバイスの異なる配向を包含することを意図していると理解されたい。例えば、図面に示すデバイスが反転される場合、別のデバイスの「下方」又は「下に」位置決めされたデバイスは、別のデバイスに「上方」に配置され得る。したがって、「下

方」という例解的用語は、下側及び上側位置の両方を含み得る。デバイスはまた、他の方向に配向される場合があり、したがって、空間的に相対的な用語は、配向に応じて異なって解釈され得る。

【０１１７】

別途明記されない限り、「より少ない」、「より多い」、「より大きい」などの比較及び／又は定量的用語は、平等の概念を包含することを意図している。例えば、「より少ない」は、厳密な数学的意味での「より少ない」だけでなく、「以下」も意味することができる。

【０１１８】

〔実施の態様〕

（１）　位置決めシステムであって、

一群の位置決めデバイスであって、

第１の位置決めモダリティに関連付けられた第１の位置決め源を備える第１のデバイスであって、前記第１の位置決め源は、第１のフィールドを見るように構成されている、第１のデバイスと、

前記第１の位置決めモダリティとは異なるタイプである第２の位置決めモダリティに関連付けられた第２の位置決め源を備える第２のデバイスであって、前記第２の位置決め源が第２のフィールドを見るように構成されている、第２のデバイスと、

前記第１の位置決めモダリティを使用して前記第１のフィールド内で検出可能な１つ以上の第１のマーカを備える第３のデバイスと、

前記第２の位置決めモダリティを使用して前記第２のフィールド内で検出可能な１つ以上の第２のマーカを備える第４のデバイスと、を含む、一群の位置決めデバイスと、

前記一群の位置決めデバイスのうちの２つを、固定された厳密な相対位置及び向きで互いに物理的に連結する連結構造体と、を含む、位置決めシステム。

（２）　前記連結構造体は、前記第２のデバイスを前記第１のデバイスに取り付ける剛性取り付けアームを備える、実施態様１に記載の位置決めシステム。

（３）　前記第１のデバイスは可動Ｃアームを備え、

前記第１の位置決め源は、Ｘ線発生器又はＸ線検出器のうちの少なくとも１つを含む、実施態様２に記載の位置決めシステム。

（４）　前記取り付けアームは、前記第２のデバイスを前記第１のデバイスの前記Ｃアームに取り付ける、実施態様３に記載の位置決めシステム。

（５）　前記取り付けアームは、前記第２のデバイスを前記第１の位置決め源の構造体に取り付ける、実施態様３に記載の位置決めシステム。

【０１１９】

（６）　前記第２のデバイスは、電磁場発生器を備える、実施態様３～５のいずれかに記載の位置決めシステム。

（７）　前記連結構造体は、前記電磁場発生器を前記可動Ｃアーム及び前記第１の位置決め源から少なくとも２０．３２ｃｍ（８インチ）離して保持するように、前記第２のデバイスを前記第１のデバイスに取り付ける、実施態様６に記載の位置決めシステム。

（８）　前記第１の位置決め源及び前記第２の位置決め源の各々は、カメラデバイス、Ｘ線エミッタ、Ｘ線検出器、超音波エミッタ、超音波検出器、及び電磁場発生器からなる群のうちの１つである、実施態様１に記載の位置決めシステム。

（９）　前記連結構造体は、前記第３のデバイスを前記第４のデバイスに固定する、実施態様１～５、７、又は８のいずれかに記載の位置決めシステム。

（１０）　前記１つ以上の第１のマーカは、前記連結構造体によって、前記１つ以上の第２のマーカによって画定される第２の中心位置と共局在位置に保持される第１の中心位置を画定する、実施態様９に記載の位置決めシステム。

【０１２０】

（１１）　前記第１のフィールドは、前記第２のフィールドと少なくとも部分的に重複する、実施態様１に記載の位置決めシステム。

（１２）　位置決めマーカアセンブリであって、
　第１の位置決めモダリティを使用して検出されるように構成された１つ以上の第１のマーカと、
　第２のモダリティを使用して検出されるように構成された１つ以上の第２のマーカと、
　前記１つ以上の第１のマーカ及び前記１つ以上の第２のマーカを固定された相対位置及び向きで固定する物理的連結構造体と、を含む、位置決めマーカアセンブリ。
（１３）　前記物理的連結構造体は、前記１つ以上の第１のマーカ及び前記１つ以上の第２のマーカを共局在化構成で固定する、実施態様１２に記載の位置決めマーカアセンブリ。
（１４）　前記共局在化構成において、前記１つ以上の第１のマーカは、前記１つ以上の第２のマーカによって画定される第２の座標中心と実質的に重複する第１の座標中心を画定する、実施態様１３に記載の位置決めマーカアセンブリ。
（１５）　前記１つ以上の第１のマーカは、１つ以上の導電性コイルを備え、
　前記１つ以上の第２のマーカは、１つ以上の放射線不透過性表面を含む、実施態様１２に記載の位置決めマーカアセンブリ。
【０１２１】
（１６）　前記第１の位置決めモダリティは、光学、超音波、又はＸ線撮像モダリティであり、
　前記１つ以上の第１のマーカは、前記第１の位置決めモダリティを使用して可視であるビーズ形態を含み、
　前記１つ以上の第２のマーカは、前記１つ以上の第１のマーカの前記ビーズ形態内に少なくとも部分的に埋め込まれた１つ以上の導電性コイルを含む、実施態様１２～１５のいずれかに記載の位置決めマーカアセンブリ。
（１７）　位置決めシステムであって、
　第１の位置決めモダリティに関連付けられた第１のエミッタと、
　前記第１の位置決めモダリティとは異なるタイプの第２の位置決めモダリティに関連付けられた第２のエミッタと、
　前記第１のエミッタを、前記第２のエミッタに対して固定された厳密な相対位置及び向きで物理的に保持する剛性連結アームと、を含む、位置決めシステム。
（１８）　前記第１のエミッタは電磁場エミッタであり、
　前記第２のエミッタは、Ｘ線エミッタである、実施態様１７に記載の位置決めシステム。
（１９）　前記第２のエミッタを支持するように構成されたＣアームを更に備える、実施態様１８に記載の位置決めシステム。
（２０）　前記連結アームは、前記第１のエミッタを前記Ｃアームに物理的に結合する、実施態様１９に記載の位置決めシステム。
【０１２２】
（２１）　前記連結アームが、前記Ｃアームの中間部分に結合される、実施態様１９に記載の位置決めシステム。
（２２）　前記連結アームは、前記第１のエミッタを前記第２のエミッタに関連付けられた構造体に物理的に結合する、実施態様１７～２１のいずれかに記載の位置決めシステム。

【図面】

【図１】

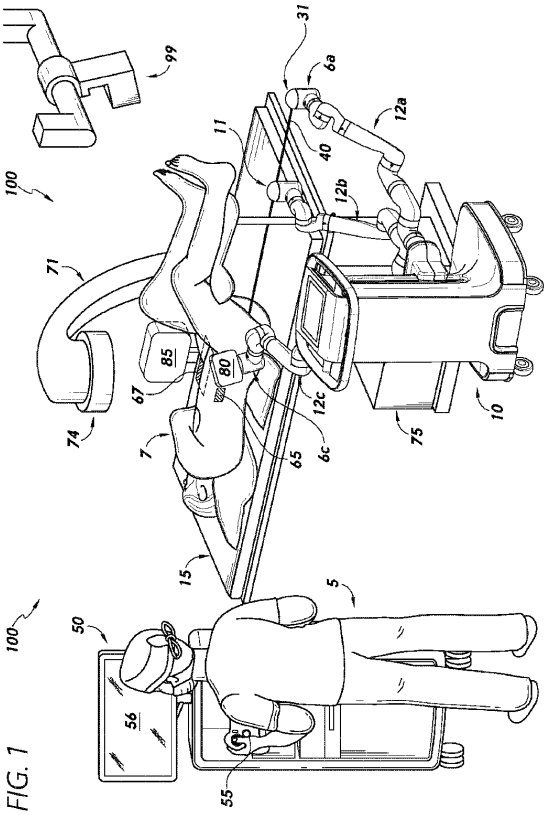


FIG. 1

【図２】

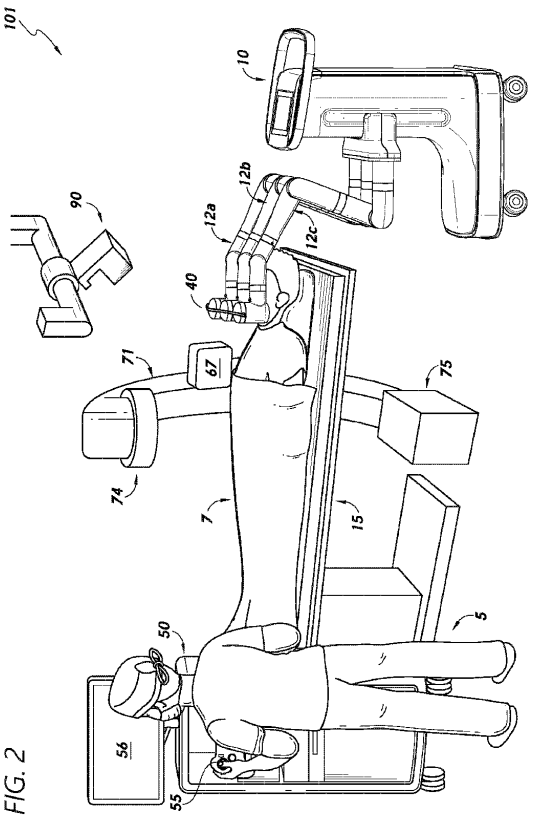


FIG. 2

【図３】

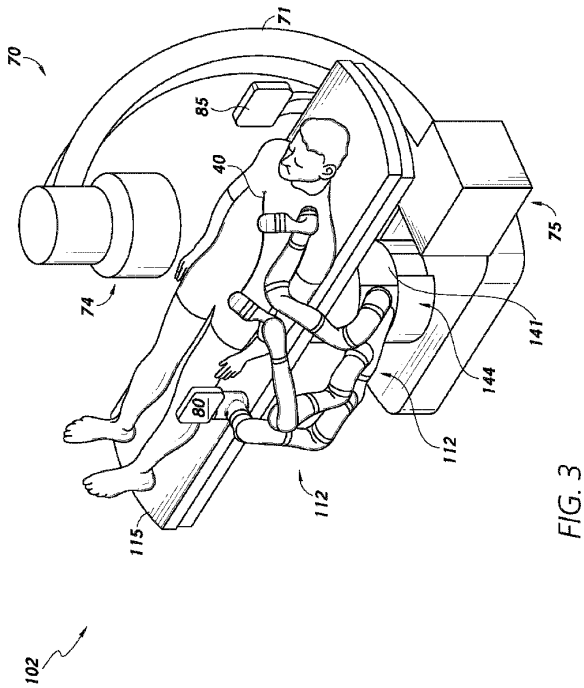
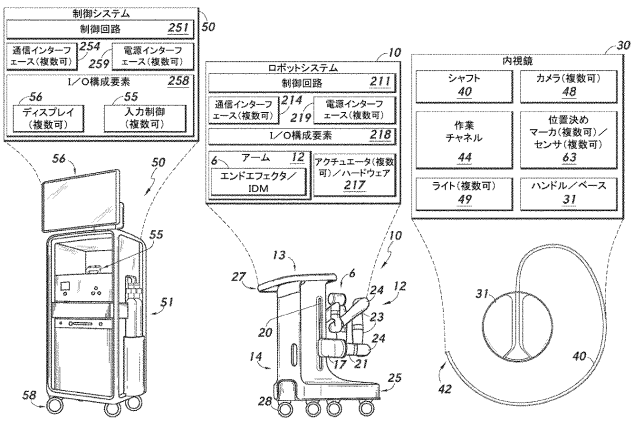


FIG. 3

【図４】



【図５】

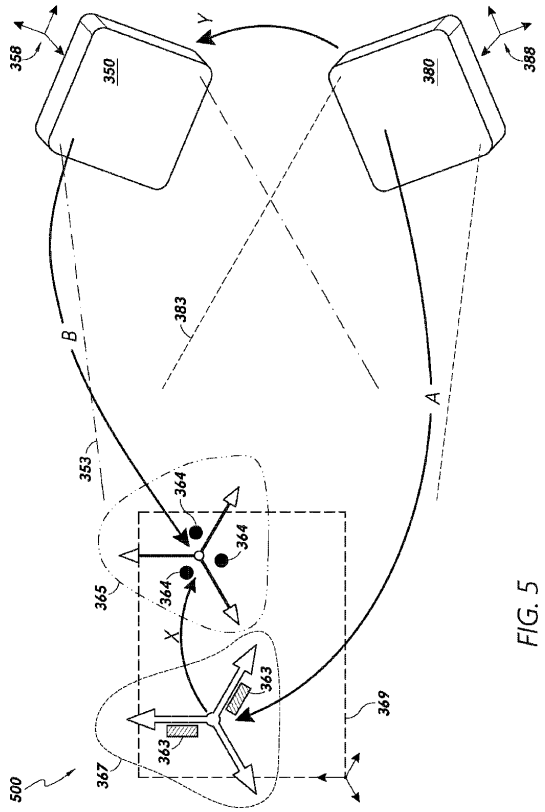


FIG. 5

【図６】

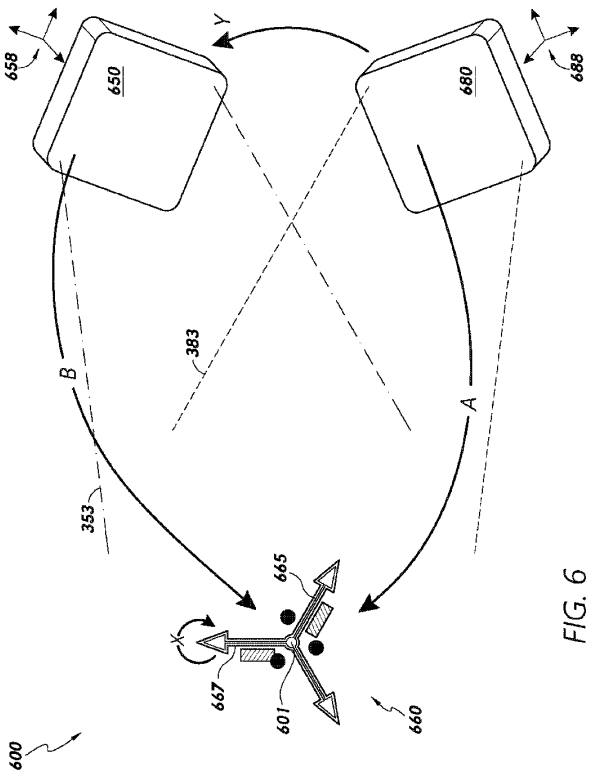


FIG. 6

【図７】

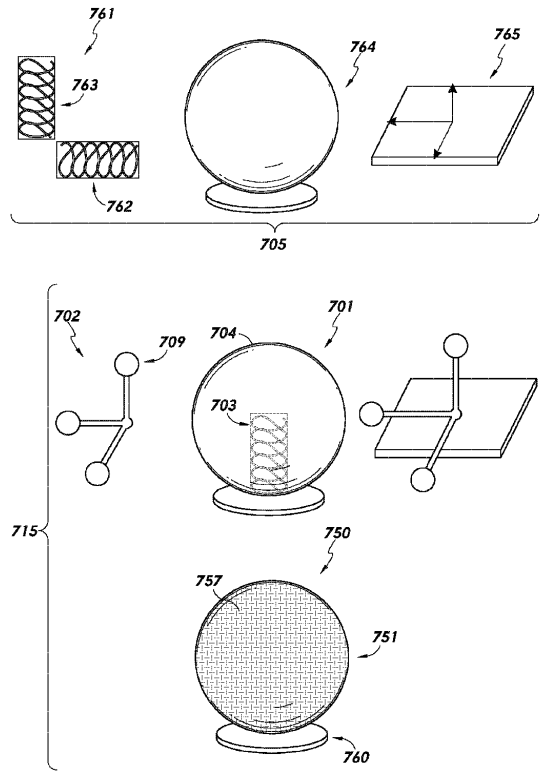


FIG. 7

【図８】

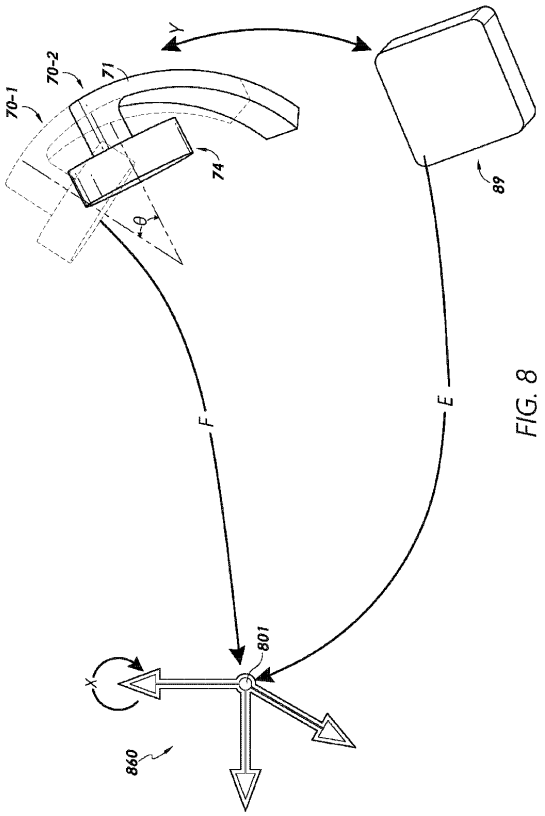


FIG. 8

【図９】

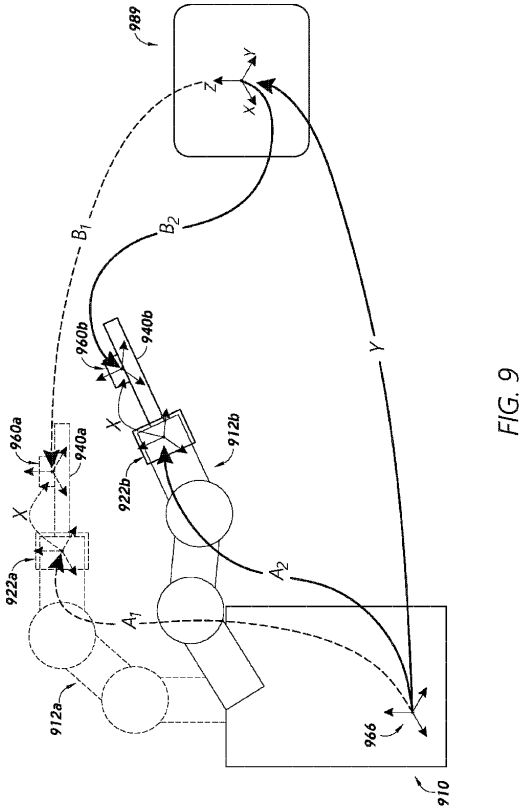
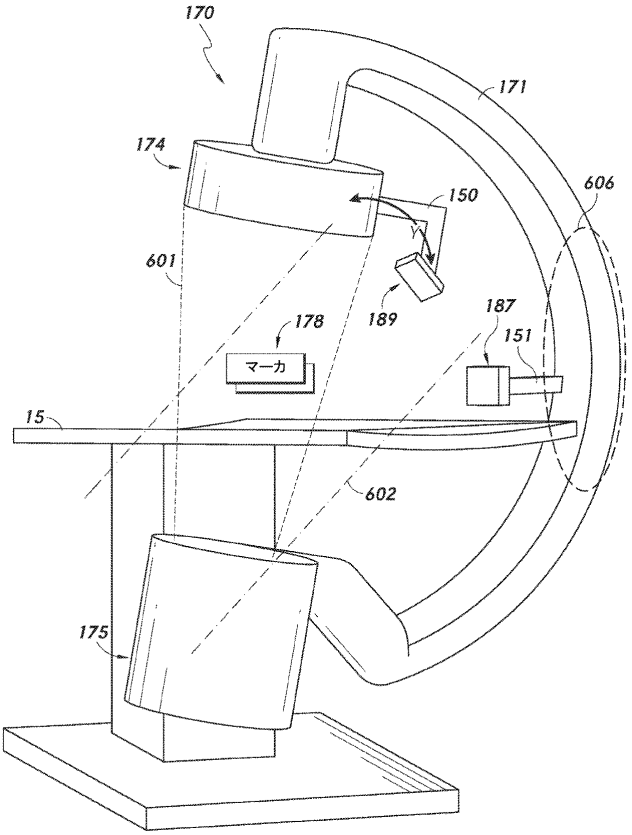


FIG. 9

【図１０】



【図１１】

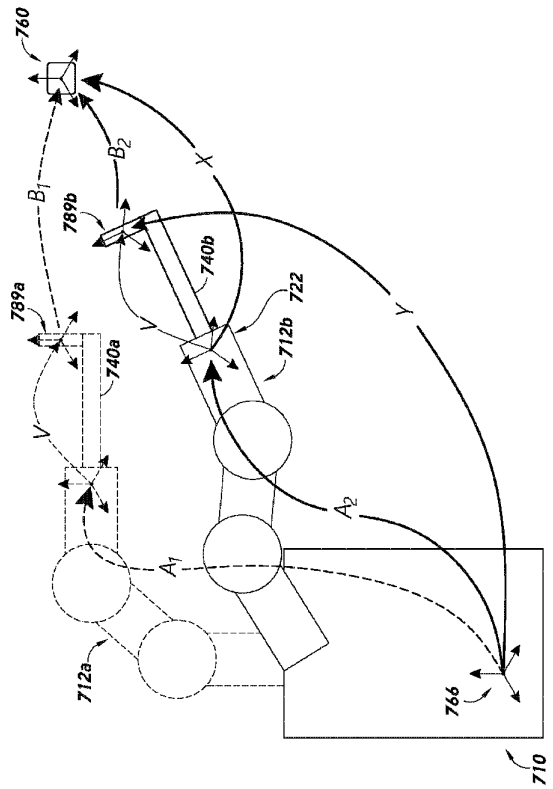


FIG. 11

【図１２】

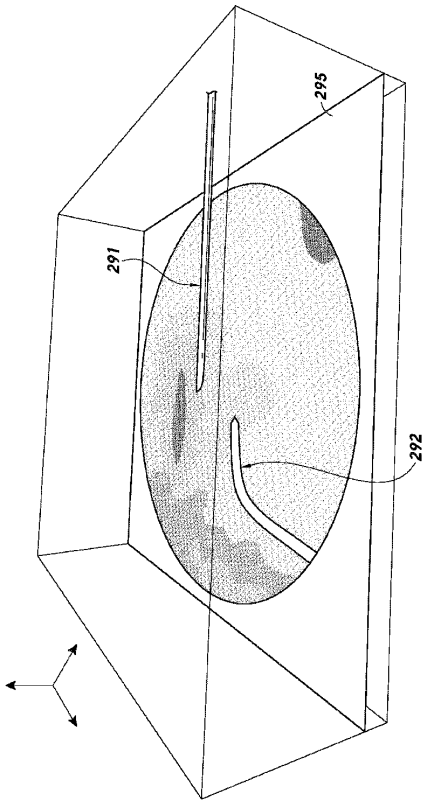


FIG. 12

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2022/062385

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 34/20(2016.01)i; **A61B 34/30**(2016.01)i; **A61B 90/00**(2016.01)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)

A61B 34/20(2016.01); A61B 1/00(2006.01); A61B 19/00(2006.01); A61B 6/00(2006.01); G06T 7/73(2017.01); H05G 1/64(2006.01)

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

Korean utility models and applications for utility models
Japanese utility models and applications for utility models

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

eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: positioning system, positioning modality, X-ray generator, electromagnetic field generator, marker, linking structure

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2012-0289821 A1 (GRAUMANN, R. et al.) 15 November 2012 (2012-11-15) claim 1	1-8,11-22
Y	US 10028788 B2 (MAKO SURGICAL CORP.) 24 July 2018 (2018-07-24) claims 21, 28-29	1-8,11-22
A	US 7826889 B2 (DAVID, G. B. et al.) 02 November 2010 (2010-11-02) whole document	1-8,11-22
A	US 2018-0256008 A1 (OLYMPUS CORPORATION) 13 September 2018 (2018-09-13) whole document	1-8,11-22
A	US 2021-0353362 A1 (KONINKLIJKE PHILIPS N.V.) 18 November 2021 (2021-11-18) whole document	1-8,11-22

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
30 March 2023	**31 March 2023**
Name and mailing address of the ISA/KR **Korean Intellectual Property Office** **189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon** **35208, Republic of Korea** Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Authorized officer **HEO, Joo Hyung** Telephone No. **+82-42-481-5373**

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2022/062385

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☑ Claims Nos.: **10**
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

Claim 10 is unclear, because this refers to a multiple dependent claim which does not comply with PCT Rule 6.4(a).

3. ☑ Claims Nos.: **9**
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/IB2022/062385

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2012-0289821	A1	15 November 2012	None			
US	10028788	B2	24 July 2018	CA	2896873	A1	03 July 2014
				US	11083530	B2	10 August 2021
				US	11419688	B2	23 August 2022
				US	2014-0188132	A1	03 July 2014
				US	2018-0318021	A1	08 November 2018
				US	2021-0275262	A1	09 September 2021
				US	2022-0354601	A1	10 November 2022
				WO	2014-106262	A1	03 July 2014
US	7826889	B2	02 November 2010	US	2005-0055174	A1	10 March 2005
				US	8489176	B1	16 July 2013
US	2018-0256008	A1	13 September 2018	EP	3415071	A1	19 December 2018
				EP	3415071	A4	20 November 2019
				US	10638915	B2	05 May 2020
				WO	2017-138208	A1	17 August 2017
US	2021-0353362	A1	18 November 2021	EP	3570756	A1	27 November 2019
				EP	3570756	B1	17 March 2021
				JP	2020-506749	A	05 March 2020
				WO	2018-134138	A1	26 July 2018

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2022)

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(72)発明者　スラメック・クリストファー・ケイ
アメリカ合衆国、９４０６５　カリフォルニア州、レッドウッド・シティ、ショアライン・ドライブ　１５０