

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7654678号
(P7654678)

(45)発行日 令和7年4月1日(2025.4.1)

(24)登録日 令和7年3月24日(2025.3.24)

(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 34/30 (2016.01) A 6 1 B 34/30

請求項の数 4 (全23頁)

(21)出願番号	特願2022-547935(P2022-547935)	(73)特許権者	514046806 メドス・インターナショナル・エスエイ アールエル Medos International SARL スイス国、シーエイチ - 2400 ル・ ロクル、シェミン - ブランク 38 Chemin - Blanc 38, CH - 2400 Le Locle, Swi tzerland
(86)(22)出願日	令和3年2月5日(2021.2.5)	(74)代理人	100130384 弁理士 大島 孝文
(65)公表番号	特表2023-513205(P2023-513205 A)	(72)発明者	リヒター・イエレン スイス国、4436 オーベルドルフ、 アイマツストラッセ 3、シンセス・ 最終頁に続く
(43)公表日	令和5年3月30日(2023.3.30)		
(86)国際出願番号	PCT/EP2021/052871		
(87)国際公開番号	WO2021/156479		
(87)国際公開日	令和3年8月12日(2021.8.12)		
審査請求日	令和5年12月28日(2023.12.28)		
(31)優先権主張番号	16/784,488		
(32)優先日	令和2年2月7日(2020.2.7)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 ロボットアームと共に使用するためのナビゲーションアレイ及び関連する方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

外科用ロボットシステムであって、
外科用ロボットアームに結合された器具装着体であって、前記器具装着体が、近位端、遠位端、及びそれらの間に延在するルーメンを有する、器具装着体と、
器具であって、器具本体と、前記器具の遠位先端の近位の場所で前記器具本体上に形成されたカラーと、を有する、器具と、
前記外科用ロボットアームの遠位部分の位置を突き止めるように構成された第1のアレイ構成要素と、
前記器具装着体の前記ルーメン内に受容された管状本体を有する第2のアレイ構成要素
であって、前記第2のアレイ構成要素が、前記器具の前記カラーが前記第2のアレイ構成要素の近位部分に接触すると、前記器具と共に遠位に進進するように構成されている、第2のアレイ構成要素と、を含み、
前記第2のアレイ構成要素と前記器具装着体との間に延在するばねを更に含み、それにより、前記第2のアレイ構成要素の長手方向移動と共に、前記ばねが圧縮及び拡張する、システム。

10

【請求項2】

前記ばねが、前記器具装着体から離れるように付勢されている、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

20

前記器具が、ドリル、タップ、針、スタイラス、及びプローブのうちのいずれかである、請求項 1 又は 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記第 2 のアレイ構成要素の近位端と前記器具装着体の遠位端との距離が、前記器具本体上に形成された前記カラーと前記器具の前記遠位先端との距離に実質的に等しい、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

例えば、ロボット手術又はロボット支援手術に関連して器具の位置を突き止め、トラッキングし、及び/又はナビゲートするために、ナビゲーションアレイ及び関連する方法が、本明細書に開示される。

10

【背景技術】

【0002】

多くの異なる外科手術は、手術中に患者の解剖学的構造の一部に対して外科用器具の位置を突き止めるのを補助するために、何らかの形態の外科的ナビゲーション又はトラッキングを利用する。1つのそのようなタイプの手術は、ロボット外科手術又はロボット支援外科手術であり、外科的ナビゲーションは、患者に対してロボット制御又はロボット支援された外科用器具の位置を正しく突き止めるために重要であり得る。

【0003】

20

既知の外科的ナビゲーション技術では、ナビゲーションアレイ又はトラックが、器具の位置を識別するために、ロボットアームによって受容及び/又は制御される器具上に装着され得る。いくつかの例では、ナビゲーションアレイ又はトラックは、器具自体と一体的に形成され得る。しかしながら、器具からアレイを分離するか、又はアレイを他の器具に結合する能力が欠如しているため、このような解決策は不便である可能性がある。更に、器具と一体的に形成されたナビゲーションアレイを有する配置は、標準使用及びナビゲーション使用のための別個の器具を必要とし、それにより、機器のコストを上昇させ得る。他の例では、ナビゲーションアレイは、器具に取り外し可能に取り付けられ得、外科手術の過程にわたって複数の器具の位置をトラッキングするために使用され得る。しかしながら、この手法は、異なる器具が使用されるたびに、各特定の器具に関してアレイの装着解除及び再装着を必要とする。これらの工程は、時間がかかる可能性があり、必要とされる機器の取扱いの増加に起因して、器具、アレイ、ロボットアームなどの外科的構成要素を損傷するリスクを高める可能性があり、外科手術の流れを乱し及び/又は中断させる可能性がある。更に、アレイを新しい器具に再装着する際に、不正な較正のリスクが増大する可能性がある。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

そのため、ロボット外科手術又はロボット支援外科手術の過程に、ロボット外科手術アームに関連付けられた器具の位置を精密で、より効率的で、かつ中断の少ない様式で突き止めるための改善されたシステム、方法、及び装置が必要とされている。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

外科手術の流れを中断しないか、又は器具の過剰な取扱いを必要としない様式で、ロボットアーム及びロボットアームに関連付けられた器具の絶対配置を正確かつ精密に識別するため、被ナビゲート器具ガイドシステムが本明細書に開示される。器具ガイドシステムのナビゲーションアレイユニットは、ロボットアームの遠位端の位置を突き止めるように構成された主アレイと、器具ガイドシステム内に受容された器具の遠位先端、より詳細には、器具の遠位先端の深さ位置を突き止めるように構成された装着アレイと、を含み得る。いくつかの実施形態では、ロボットアームの遠位端の位置を突き止めることは、既知の

50

様式でロボットアームの遠位端に結合され得る器具ガイドシステム（例えば、器具装着体）の絶対位置を識別することを含み得る。他の実施形態では、ロボットアームの遠位端の位置を突き止めることは、器具ガイドシステムの長手方向軸の位置を識別することを含み得、この長手方向軸に沿って器具が受容され得る。主アレイは、ロボットアームの遠位端に結合され得、装着アレイは、装着アレイが主アレイに対して並進し得るように、主アレイ上に装着され得る。装着アレイは、ルーメンを含み得、このルーメンを通して器具は被ナビゲート器具ガイドシステムの器具装着体に挿入され得る。装着アレイは、器具装着体内の器具の長手方向移動と連動して、主アレイ及び器具装着体に対して長手方向に移動することができる。そのため、装着アレイの移動がトラッキングされ得、器具の遠位先端の深さ位置を識別又は突き止めることができる。

10

【 0 0 0 6 】

一態様では、外科用アセンブリは、外科用ロボットアームに結合され、アームの遠位部分の位置を突き止めるように構成された第1のアレイ、器具装着体、及び第2のアレイを含み得る。器具装着体は、ロボットアームに結合され得、近位端、遠位端、及びそれらの間に延在するルーメンを有することができる。第2のアレイは、器具が器具装着体のルーメンを通過する際に器具装着体及び第1のアレイに対して移動するように構成され得、第1のアレイによって画定された経路に沿って移動するように構成され得る。

【 0 0 0 7 】

本明細書で説明する装置及び方法は、多くの追加の特徴及び/又は変形形態を有することが可能であり、それらのすべては、本開示の範囲に含まれる。いくつかの実施形態では、例えば、第1のアレイは、器具装着体の長手方向軸の位置を突き止めるように構成され得る。第2のアレイは、第1のアレイ内に形成されたスロットに沿って動くように構成され得る。いくつかのそのような実施形態では、第2のアレイはまた、器具装着体の長手方向軸に沿って並進するように構成され得る。第1のアレイは、ロボットアームの遠位部分に対して静止し得、第2のアレイは、器具装着体のルーメン内に受容された器具の長手方向移動と共に、第1のアレイ及び器具装着体に対して長手方向に移動するように構成され得る。

20

【 0 0 0 8 】

第2のアレイは、アレイフレーム、延在部、及び管状本体を含み得る。第2のアレイの管状本体は、近位端、遠位端、及びそれらの間に延在するルーメンを有することができる。管状本体のルーメンは、それを通して器具を受容するように構成され得る。いくつかのそのような実施形態では、第2のアレイのルーメンは、器具装着体のルーメンと同軸であり得る。第2のアレイは、複数のトラッキング要素を含み得る。いくつかの実施形態では、第1のアレイは、第2のアレイよりも多い数のトラッキング要素を含み得る。

30

【 0 0 0 9 】

外科用アセンブリは、第2のアレイを器具装着体に対して近位に仕向けるように構成された付勢要素を更に含み得る。いくつかの実施形態では、付勢要素は、器具装着体の内側ルーメン内に配設され得る。他の実施形態では、付勢要素は、器具装着体の近位に配設され得る。

【 0 0 1 0 】

別の態様では、外科用ロボットシステムは、器具装着体、器具、第1のアレイ構成要素、及び第2のアレイ構成要素を含み得る。器具装着体は、外科用ロボットアームに結合され得、近位端、遠位端、及びそれらの間に延在するルーメンを有することができる。器具は、器具の遠位先端の近位の場所で器具本体上に形成されたカラーを有する器具本体を有することができる。第1のアレイ構成要素は、外科用ロボットアームの遠位部分の位置を突き止めるように構成され得る。第2のアレイ構成要素は、器具装着体のルーメン内に受容された管状本体を有することができる。第2のアレイは、器具のカラーが第2のアレイ構成要素の近位部分に接触すると、器具と共に遠位に前進するように構成され得る。

40

【 0 0 1 1 】

外科用ロボットシステムは、第2のアレイ構成要素と器具装着体との間に延在するばね

50

を更に含み得、それにより、第 2 のアレイ構成要素の長手方向移動と共に、ばねが圧縮及び拡張することができる。いくつかのそのような実施形態では、ばねは、器具装着体から離れるように付勢され得る。器具は、ドリル、タップ、針、スタイラス、及びプローブのうちのいずれかであり得る。器具のカラーの遠位向き表面が、第 2 のアレイ構成要素の近位向き表面に接触するように構成され得、それにより、器具の遠位移動は、第 2 のアレイ構成要素の遠位移動を引き起こすことができる。第 2 のアレイ構成要素の近位端と器具装着体の遠位端との距離は、器具本体上に形成されたカラーと器具の遠位先端との距離に実質的に等しくなり得る。

【 0 0 1 2 】

更に別の態様では、外科的方法は、被ナビゲート器具ガイドに挿入するために器具を位置決めすることを含み得、被ナビゲート器具ガイドは、主アレイ、装着アレイ、及び器具装着体を有することができる。本方法は、器具が、装着アレイのルーメン及び器具装着体のルーメンを通して延在するように、被ナビゲート器具ガイドに器具を挿入することと、器具が装着アレイに接触して、主アレイによって画定された経路に沿って装着アレイを遠位に移動させるように、被ナビゲート器具ガイドを通して器具を遠位に移動させることと、装着アレイの位置に基づいて、器具の遠位先端をトラッキングすることと、を含み得る。

10

【 0 0 1 3 】

いくつかの実施形態では、器具装着体は、患者の身体から離れた距離にあり得る。器具は、その上に形成されたカラーを含み得、カラーは、器具が器具装着体を通して遠位に前進させられるときに、装着アレイに接触し、装着アレイを遠位に引きずる。装着アレイは、器具が器具装着体を通して遠位に前進させられるときに、主アレイ及び器具装着体に対して遠位に移動することができる。

20

【 0 0 1 4 】

更に、いくつかの実施形態では、器具の遠位先端をトラッキングすることは、装着アレイの位置と、器具上に形成されたカラーと器具の遠位先端との間の固定距離と、に基づき得る。

【 0 0 1 5 】

上述した特徴又は変形例のいずれも、いくつかの異なる組み合わせで、本開示の任意の特定の態様又は実施形態に適用することができる。任意の特定の組み合わせの明確な記述はないが、それは単に本概要での重複を回避するためである。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 6 】

【 図 1 】 本開示による、被ナビゲート器具ガイドシステムの一実施形態を含む、外科用ロボットシステムの実施形態を示す。

【 図 2 A 】 本開示による、ロボットアームに関連付けられた器具の深さを識別する方法の実施形態における工程を例示する。

【 図 2 B 】 本開示による、ロボットアームに関連付けられた器具の深さを識別する方法の実施形態における別の工程を例示する。

【 図 2 C 】 本開示による、ロボットアームに関連付けられた器具の深さを識別する方法の更に別の工程を例示する。

40

【 図 2 D 】 本開示による、ロボットアームに関連付けられた器具の深さを識別する方法の更に別の工程を例示する。

【 図 3 A 】 図 1 に示される被ナビゲート器具ガイドシステムの分解図を示す。

【 図 3 B 】 本開示の被ナビゲート器具ガイドシステムのアダプタの一実施形態を示す。

【 図 4 】 図 1 に示される被ナビゲート器具ガイドシステムの斜視図であり、器具がその中に受容されている。

【 図 5 】 図 1 に示される被ナビゲート器具ガイドシステムの主アレイの正面図である。

【 図 6 】 図 5 の主アレイの斜視図である。

【 図 7 】 図 1 に示される被ナビゲート器具ガイドシステムの装着アレイの斜視図である。

【 図 8 】 図 1 に示される被ナビゲート器具ガイドシステムの器具装着体の斜視図である。

50

【図 9】図 8 に示される器具装着体の分解図であり、器具ガイド及びアダプタを示す。

【図 10】本開示の被ナビゲート器具ガイドシステムに関連して使用され得る器具の一実施形態の正面図である。

【図 11】図 1 の被ナビゲート器具ガイドシステムの詳細斜視図であり、器具がその中に受容されている。

【図 12】図 1 に示される被ナビゲート器具ガイドシステムの別の斜視図であり、器具がその中に受容されている。

【図 13】図 1 に示される被ナビゲート器具ガイドシステムの側面図である。

【図 14】本開示による被ナビゲート器具ガイドシステムの別の実施形態を示す。

【図 15】図 14 の被ナビゲート器具ガイドシステムの分解図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0017】

例えば、外科手術の過程にわたって、ロボットアーム及び関連する器具（すなわち、周囲環境と相互作用するように構成されたロボットアームの遠位端で受容される器具、装置、ツールなど）の絶対配置を識別し、視覚化し、及び/又はトラッキングするための、被ナビゲート器具システム及び関連する方法が、本明細書に開示される。本開示の被ナビゲート器具システムは、主アレイ（第 1 のアレイとも称される）及び装着アレイ（第 2 のアレイとも称される）を有するナビゲーションアレイユニットを含み得る。ナビゲーションアレイユニットは、ナビゲーションアレイユニットと複数の器具のうちのいずれかとを機械的に取り付けることなく、外科手術の過程にわたって複数の器具の場所を識別し得る。主アレイは、外科用ロボットアームに結合され得、三次元空間におけるロボットアームの絶対位置を突き止めるように構成され得る。装着アレイは、主アレイに装着され得、装着アレイの位置に基づいて受容された器具の位置を突き止めるように構成され得る。より詳細には、装着アレイは、被ナビゲート器具システムの器具装着体に挿入された器具の一部を受容するように構成され得、器具の長手方向の移動と共に、主アレイ及び器具装着体に対して移動することができる。このようにして、装着アレイは、装着アレイと器具自体とを機械的に接続又は締結することなく、器具の遠位端の深さの位置決めを識別し、トラッキングすることができる。こうして、外科手術を通して使用される各器具にアレイを取り付ける必要性が排除され得る。それにより、本開示のナビゲーションアレイは、外科的流れを中断することなく、又は器具の過度の取扱いを必要とすることなく、効果的かつ効率的な様式で、外科手術の過程にわたってロボットアーム及び関連する器具の絶対配置を突き止めることができる。

【0018】

本願で開示する装置、システム、及び方法の構造、機能、製造、及び使用の原理が総括的に理解されるように、特定の例示的实施形態について、これから説明する。これらの実施形態の 1 つ又は 2 つ以上の実施例が、添付の図面に例示されている。本明細書に具体的に記載され、添付の図面に例示される装置、システム、及び方法は、非限定的な実施形態である。一実施形態に関連して示され又は記載される特徴は、他の実施形態の特徴と組み合わせられてもよい。そのような修正及び変形例は、本開示の範囲内に含まれるものとする。

【0019】

更に、直線又は円形の寸法が、開示される装置及び方法の説明で使用される限りにおいて、そのような寸法は、そのような装置及び方法と共に使用され得る形状のタイプを限定することを意図しない。そのような線形及び円形の寸法に対する等価物は、異なる幾何学的形状に対して決定され得る。更に、本開示において、実施形態の同様の番号が付された構成要素は、概して類似する特徴を有する。なお更に、装置のサイズ及び形状、並びにその構成要素は、装置が使用される主体の解剖学的形態、装置がともに使用される物体のサイズ及び形状、並びに装置が使用される方法及び手術に少なくとも依存することができる。

【0020】

図 1 は、外科用ロボットアーム 120 に結合された本開示の被ナビゲート器具システム 101 の一実施形態を含むロボット外科用システム 100 の実施形態を例示している。被

10

20

30

40

50

ナビゲート器具システム101は、ナビゲーションアレイユニット110及び器具装着体116を含み得る。ナビゲーションアレイユニット110及び器具装着体116は、その中に器具130を受容するように構成され得、絶対空間における器具130及びロボットアーム120の位置決めを識別し得る(すなわち、図1に示される座標系102などの三次元座標系のすべての自由度に対して器具130及びロボットアーム120の位置を識別又は位置を突き止めることができる)。器具130及びロボットアーム120の位置を識別することは、器具130の深さ位置を識別することを含み得る。本明細書で使用される場合、「深さ」という用語は、器具装着体116の長手方向軸に平行に延びる軸に沿った位置を指し得る。図1に示される座標系102では、深さ位置は、z軸104に沿った位置を指し得る。ナビゲーションアレイユニット110は、主アレイ112及び装着アレイ114を含み得る。主アレイ112は、ロボットアーム120の遠位端122の位置を識別することができる。いくつかの実施形態では、ロボットアーム120の遠位端122の位置を識別することは、既知の様式でロボットアーム120の遠位端に結合され得る器具装着体116の絶対位置を識別することを含み得る。他の実施形態では、ロボットアーム120の遠位端122の位置を識別することは、器具装着体116の長手方向軸Lの位置を識別することを含み得る。例えば、図1に示すように、長手方向軸Lは、例示されたZ軸に平行に延在する。長手方向軸Lの位置を識別することは、x軸及びy軸に沿って長手方向軸の位置を突き止めることを含み得る。装着アレイ114は、器具装着体116内に受容された器具130の深さの位置決めを識別することができる。このようにして、ナビゲーションアレイユニット110は、ロボットアーム120の絶対位置及びそれに関連付けられた器具130の深さ位置を識別することによって、完全な位置決め情報をユーザー(例えば、外科用ロボットシステム、外科医、看護師、開業医など)に提供することができる。

10

20

【0021】

そのために、主アレイ112及び装着アレイ114は、それぞれ1つ又は2つ以上のマーカ113及び115を含み得る。ナビゲーションシステムカメラ125は、1つ又は2つ以上のマーカ113及び115の場所を取り込み得る。主アレイ112は、ロボットアーム120の遠位端122に既知の精密な関係で結合され得る。いくつかの実施形態では、以下で詳細に考察されるように、主アレイ112は、器具装着体116に結合され得、同様に、ロボットアーム120の遠位端122に結合され得る。主アレイ112は、ロボットアームの遠位端122に結合され得るため、主アレイとロボットアームの遠位端との間の相対移動が制限される。言い換えれば、主アレイ112は、ロボットアームの遠位端122に対して静止することができる。主アレイのマーカ113から取り込まれた場所情報は、これにより、ロボットアーム120の遠位端122と主アレイ112との間の既知の精密な関係を与えられれば、三次元空間におけるロボットアームの場所を識別することができる。

30

【0022】

装着アレイ114は、器具130が器具装着体116内に受容されると、器具130の遠位先端130dの深さを突き止めるように構成され得る。装着アレイ114は、器具130に機械的に接続又は締結されることなく、器具130の深さ位置を識別するように構成され得る。以下に詳細に記載されるように、器具130は、装着アレイ114のルーメンを通過することができ、装着アレイ114を、器具の遠位並進と共に遠位に引きずること又は移動させることができる。装着アレイ114及びマーカ115は、器具130の並進と共に絶対的かつ直線的に移動することができる。これにより、装着アレイ114の位置及び/又は移動は、マーカ115及びナビゲーションシステムカメラ125によって取り込まれながら、器具130の深さ位置を識別し、トラッキングし得る。

40

【0023】

図2A~図2Dは、ロボット外科用アーム120に関連付けられた器具130の絶対配置を識別するためにナビゲーションアレイユニット110を使用する例示的な方法を例示している。図2Aでは、器具130は、器具装着体116に挿入され得る。器具130は

50

、近位端 130p 及び遠位端（図 2A では視認されない）並びにその上に形成されたカラー 132 を有する器具本体を有し得る。器具 130 は、器具の遠位端が、器具ガイドの遠位端 116d を越えて延在することなく器具ガイド 116 のルーメン内に位置し得、器具 130 のカラー 132 が、装着アレイ 114 の近位に位置決めされ得るように挿入され得る。より詳細には、カラー 132 は、装着アレイ 114 の近位端 114p の近位にあり得る。既知の長さ C は、装着アレイ 114 の近位端 114p と器具装着体 116 の遠位端 116d との距離を画定することができる。図 2A の挿入位置では（すなわち、器具 130 のカラー 132 が装着アレイ 114 の近位端 114p の近位にある状態では）、装着アレイ 114 は、主アレイ 112 に対して第 1 の最近位位置に位置することができる。この最近位位置では、装着アレイ 114 は、主アレイ 112 のスロット 124 の近位端に位置することができる。装着アレイ 114 は、主アレイ 112 のスロット 124 によって画定された経路に沿って長手方向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、スロット 124 は、装着アレイがスロット 124 によって画定される経路に沿って並進するとき、装着アレイと主アレイ 112 との接触又は緊密な公差を通して装着アレイ 114 に構造的完全性を提供することができる。付勢要素 126 は、装着アレイ 114 と器具装着体 116 との間の非圧縮位置に延在し得、装着アレイを器具装着体に対して近位に付勢することができる。

【0024】

図 2B に示されるように、器具 130 を遠位に移動させて、器具を器具装着体 116 内で、器具のカラー 132 が装着アレイ 114 の近位端 114p に接触する時点まで前進させ得る。より詳細には、カラー 132 の遠位向き表面は、装着アレイ 114 の近位端 114p の近位向き表面に接触することができる。この構成（すなわち、器具 130 のカラー 132 が装着アレイ 114 の近位端 114p に最初に接触する点）では、装着アレイ 114 は、図 2A の最近位位置を維持することができる。以下に記載されるように、器具 130 のカラー 132 と器具 130 の遠位端との距離 D は、装着アレイ 114 の近位端 114p と器具装着体 116 の遠位端 116d との距離 C と実質的に等しくなり得る。そのため、図 2B に示される構成では、器具 130 の遠位端及び器具装着体 116 の遠位端 116d は、位置合わせされ得、距離 C は、カラー 132 と器具 130 の遠位端との距離を表すことができる。他の実施形態では、器具装着体 116 の遠位端 116d と器具 130 の遠位端との間の追加の既知のセットバック距離又はバッファ距離が存在し得るため、器具の遠位先端は、図 2B の位置にあるときに、セットバック量又はバッファ量だけ遠位端 116d の近位にある。このセットバック距離又はバッファ距離が既知であるため、器具 130 の遠位端の位置を判定する際に考慮され得る。

【0025】

図 2C に示されるように、器具 130 のカラー 132 が装着アレイ 114 の近位端 114p と接触している状態で、器具は、器具の遠位端 130d が器具装着体 116 の遠位端 116d を越えて遠位に延在し得るように、器具装着体 116 内で更に遠位に前進させられ得る。カラー 132 が装着アレイ 114 の近位端 114p に接触し得る位置（すなわち、図 2B の位置）を越えて器具 130 が遠位に移動するとき、カラー 132 の遠位移動は、装着アレイ 114 を遠位に引きずるか又は移動させ得る。装着アレイ 114 が遠位に引きずられると、装着アレイは、主アレイ 112 のスロット 124 によって画定された経路に沿って遠位に並進することができる。そのため、装着アレイ 114 は、器具 130 の遠位移動と共に直線的に移動し得る。付勢要素 126 は、器具 130 が遠位に移動するとき、カラー 132 の遠位力によって器具装着体 116 に向かって遠位に圧縮され得る。付勢要素 126 は、装着アレイ 114 の位置を器具装着体 116 及び主アレイ 112 に対して最近位位置に半剛性的に維持し得る所望の抗力を付与し得、一方で、例えば、器具のカラー 132 が装着アレイに接触するとき、ユーザー（すなわち、ロボット又はヒト）が器具 130 の遠位並進による抗力に打ち勝つ場合、装着アレイの長手方向移動を可能にし続ける。いくつかの実施形態では、付勢要素 126 によって付与される所望の抗力は、器具装着体 116 に対してドリル又は他の器具 130 を着座させるのを補助することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

器具の遠位端 1 3 0 d は、器具装着体 1 1 6 の遠位端 1 1 6 d を越えて距離 D 1 だけ延在することができる。距離 D 1 は、装着アレイが器具 1 3 0 によって器具装着体 1 1 6 の軸（すなわち、z 軸 1 0 4）に沿って引きずられるときに、装着アレイ 1 1 4 が動いた距離 D 1' に等しくなり得る。装着アレイ 1 1 4 が動いた距離 D 1' は、装着アレイの 1 つ又は 2 つ以上のマーカ 1 1 5（図 1 を参照）のトラッキングによって判定され得る。例えば、ナビゲーションシステムカメラ 1 2 4（図 1 を参照）は、マーカ 1 1 5 をトラッキングし、装着アレイ 1 1 4 が動いた距離 D 1' を計算することができる。装着アレイ 1 1 4 の近位端 1 1 4 p と器具の遠位先端 1 3 0 d との距離は、カラー 1 3 2 が装着アレイの近位端に接触するとき一定のままであるため、装着アレイ 1 1 4 が動いた距離 D 1' は、器具 1 3 0 の遠位端の深さ位置を識別するために使用され得る。更に、既知のセットバック又はバッファが使用される実施形態では、装着アレイ 1 1 4 が動いた距離 D 1' は、装着アレイが動いた距離 D 1' から既知のセットバック又はバッファを減算することによって、器具 1 3 0 の遠位端が器具装着体 1 1 6 から延在する距離 D 1 に等しくなり得る。

10

【 0 0 2 7 】

図 2 D は、器具装着体 1 1 6 内に完全に挿入された位置にある器具 1 3 0 を例示している。この位置では、付勢部材 1 2 6 は、器具装着体 1 1 6 に対する器具 1 3 0 の更なる遠位並進が可能ではないように、完全に圧縮され得る。器具 1 3 0 の遠位端 1 3 0 d が器具装着体 1 1 6 の遠位端 1 1 6 d を越えて延在する距離 D 1 は、図 2 C に示されるものよりも大きくなり得る。装着アレイ 1 1 4 が器具 1 3 0 のカラー 1 3 2 の遠位移動と共に遠位に引きずられ続け得るため、完全に挿入された位置における距離 D 1' 及びそれに応じた器具の遠位端 1 3 0 d の深さ位置は、装着アレイ 1 1 4 によって判定され得る。装着アレイ 1 1 4 は、器具 1 3 0 が器具装着体 1 1 6 内に完全に挿入されると、主アレイ 1 1 2 のスロット 1 2 4 内の最遠位位置にあり得る。いくつかの実施形態では、器具 1 3 0 の深さは、器具 1 3 0 の遠位先端 1 3 0 d が作業表面又は手術部位から離れた距離に位置する（すなわち、接触していない）ときに識別され得る。

20

【 0 0 2 8 】

ここで、図 1 に示されるような被ナビゲート器具システム 1 0 1 が、図 3 A、図 3 B、及び図 4 を参照してより詳細に記載される。図 3 A は、被ナビゲート器具システム 1 0 1 及びその中に受容されるように構成された器具 1 3 0 の分解図を例示している。この図では、主アレイ 1 1 2、装着アレイ 1 1 4、付勢要素 1 2 6、器具装着体 1 1 6、及び器具 1 3 0 が視認される。いくつかの実施形態では、器具装着体 1 1 6 は、器具ガイド 1 1 7 及びアダプタ 1 1 9 を含み得る。器具ガイド 1 1 7 は、器具ガイドの遠位端 1 1 7 d がアダプタ 1 1 9 の遠位端 1 1 9 d を越えて延在するように、アダプタ 1 1 9 のルーメン内に受容されるように構成され得る。他の実施形態では、器具装着体 1 1 6 は、単一の管状部材であり得る。

30

【 0 0 2 9 】

器具装着体 1 1 6 は、ロボットアーム 1 2 0（図 1 を参照）に確実に結合するように構成され得、そこを通して器具を受容するように構成され得る。より詳細には、いくつかの実施形態では、アダプタ 1 1 9 は、ロボットアーム 1 2 0 に確実に取り付けられ得る。非限定的な例として、図 3 B は、接続機構 1 2 1 によってロボットアーム 1 2 0 の遠位端に取り付けられ得るアダプタ 1 1 9 の実施形態を示している。アダプタ 1 1 9 の他の構成は、アダプタ 1 1 9 が、その中に外科用器具を受容するように構成され得、かつロボットアーム 1 2 0 への確実かつ精密な接続を維持し得る限り、本開示の範囲内である。いくつかの実施形態では、器具装着体 1 1 6 は、器具装着体がアダプタ 1 1 9 の長手方向軸 L に対して摺動又は並進し得るように、アダプタ 1 1 9 内に摺動可能に受容され得る。そのような実施形態では、器具装着体は、長手方向軸 L に沿った所望の位置決め調整され得、器具装着体がロボットアーム 1 2 0 に対して確実かつ既知の位置に維持され得るよう確実にロックされ得る。

40

【 0 0 3 0 】

50

主アレイ 1 1 2 が既知の精密な様式で器具装着体 1 1 6 に結合され得るため、主アレイ 1 1 2 を使用して、器具装着体 1 1 6 の位置、したがってロボットアーム 1 2 0 の遠位端を識別及びトラッキングすることができる。装着アレイ 1 1 4 は、装着アレイの一部分 3 1 2 が主アレイ 1 1 2 のスロット 1 2 4 内に摺動可能に受容され得るように構成され得る一方で、装着アレイの別の部分 3 1 0 は器具装着体 1 1 6 のルーメン内に摺動可能に受容され得る。例示される実施形態では、装着アレイ 1 1 4 の一部分 3 1 0 は、器具ガイド 1 1 7 のルーメン内に摺動可能に受容され得る。以下で詳細に記載されるように、装着アレイ 1 1 4 は、装着アレイのフレームが主アレイのフレームの平面に平行な平面内にあり得るように、主アレイ 1 1 2 内に摺動可能に受容され得る。使用中、主アレイ 1 1 2 及び装着アレイ 1 1 4 は、両方のアレイがナビゲーションカメラ 1 2 5 に面し、作業領域への外科医のアクセスを妨げないように位置決めされ得る。

10

【 0 0 3 1 】

付勢要素 1 2 6 は、例えば、コイル又は他の圧縮ばねであり得るが、装着アレイ 1 1 4 の表面に当接するように構成された近位端 1 2 6 p、及び器具装着体 1 1 6 の表面に当接するように構成された遠位端 1 2 6 d を有することができる。上記で考察されたように、付勢要素 1 2 6 は、器具装着体 1 1 6 及び主アレイ 1 1 2 に対して近位位置に装着アレイ 1 1 4 の位置を半剛性的に維持し得る所望の抗力を付与し得る一方で、例えば、器具のカラー 1 3 2 が装着アレイに接触するときに、ユーザー（すなわち、ロボット又はヒト）が器具 1 3 0 の遠位並進による抗力に打ち勝つ場合、ドラッグアレイの長手方向移動を可能にし続ける。例示される実施形態では、付勢要素 1 2 6 の遠位端 1 2 6 d は、器具ガイド 1 1 7 の表面に当接するように構成され得る。

20

【 0 0 3 2 】

また、図 3 A には、外科手術中に器具装着体 1 1 6 内に受容されるように構成された器具 1 3 0 が視認される。器具 1 3 0 は、装着アレイ 1 1 4 のルーメン内に挿入され得、器具の遠位端 1 3 0 d が器具装着体 1 1 6 の遠位端を越えて延在し得るように、器具ガイド 1 1 7 のルーメンを通して遠位に延在することができる。以下の図 4 に関して詳細に記載されるが、組み立てられた被ナビゲート器具システム 1 0 1 から明らかになるように、いくつかの実施形態では、器具装着体 1 1 6 の遠位端 1 1 6 d は、器具ガイド 1 1 7 の遠位端 1 1 7 d であり得る。

【 0 0 3 3 】

ここで図 4 を参照すると、被ナビゲート器具エンドエフェクタ 1 0 1 が、その中に器具 1 3 0 が受容された状態のその組み立てられた構成で示されている。主アレイ 1 1 2 は、器具装着体 1 1 6 に確実に結合され得る。装着アレイ 1 1 4 が主アレイ 1 1 2 及び器具装着体 1 1 6 のスロット 1 2 4 内に受容され得るため、装着アレイ 1 1 4 は、器具 1 3 0 の並進と共に主アレイ及び器具装着体に対して長手方向に並進することができる。図 4 に示されるように、付勢要素 1 2 6 は、装着アレイ 1 1 4 の近位端 1 1 4 p と器具装着体 1 1 6 の近位向き表面との間で少なくとも部分的に圧縮された状態にあり得る。器具 1 3 0 は、カラー 1 3 2 が装着アレイの近位端 1 1 4 p に当接するように器具装着体 1 1 6 内に受容され得、装着アレイ 1 1 4 を引きずる又は遠位に移動させるように構成され得る。

30

【 0 0 3 4 】

ここで、図 5 ~ 図 9 を参照して、被ナビゲート器具システム 1 0 1 の構成要素が記載される。主アレイ 1 1 2 が、図 5 及び図 6 に示されている。上記で紹介されたように、主アレイ 1 1 2 は、ロボットアーム 1 2 0 に結合され、ロボットアーム 1 2 0 の位置を突き止めるように構成され得る。このようにして、主アレイ 1 1 2 の 1 つ又は 2 つ以上のマーカからの位置情報は、三次元空間におけるロボットアーム 1 2 0 の位置を識別するために使用され得る。主アレイ 1 1 2 がロボットアーム 1 2 0 に結合され得るため、主アレイは、最初にロボットアーム 1 2 0 及びそれに関連する構成要素に対する潜在的な位置決め誤差の連鎖の中の最初であり得る。そのため、主アレイ 1 1 2 は、大きなアレイ、すなわち、装着アレイ 1 1 4 よりも大きいサイズであり得、これにより、主アレイから取得される位置決め情報の正確度及び精度を改善し得る。ただし、主アレイ 1 1 2 のサイズ決めは、主

40

50

アレイが外科医、看護師、及び/又はロボット構成要素の邪魔にならないように、手術空間及び手術室内の主アレイの操作性とバランスを取り得、ナビゲーションカメラ125が傾き又は歪みなしに主アレイの視点を取り込み得るように位置することができる。

【0035】

主アレイ112は、1つ又は2つ以上の分岐204を有するフレーム202を含み得る。スロット124は、フレーム202によって形成され得る。スロット124は、主アレイ112の長手方向軸に沿って近位端124pから遠位端124dまで延在し得、装着アレイがスロット124内で長手方向に並進し得るように、装着アレイ114を受容するように構成され得る。主アレイ112の各分岐204は、ナビゲーションシステムと共に使用するための球形の基準点又は他のマーカ113を受容し得る取付機構206を有することができる。取付機構(複数可)206は、互いに対して及び/又はフレーム202に対して、所定の位置及び向きに配列され得る。取付機構206は、使用時に、それに取り付けられた1つ又は2つ以上のマーカ113がナビゲーションシステムの視野内に配置され得、かつナビゲーションシステムによって(例えば、ナビゲーションシステムカメラ124によって)取り込まれる画像内で識別され得るように、位置決めされ得る。非限定的な例として、1つ又は2つ以上のマーカ113は、赤外線反射体、LEDなどを含み得る。分岐204及び/又は取付機構206は、例示される主アレイのものとは異なる位置及び/又は向きで主アレイ112上に配列され得る。例えば、主アレイ112は、4つの分岐204を有し、各分岐は単一の取付機構206を有するが、主アレイは、より多い又はより少ない数の分岐及び/又は取付機構を有することができる。主アレイ112の設計は、分岐204及び/又はマーカ206の数、位置決め、及び向きを含め、製造制約及びコスト、アレイ安定性、アレイ重量などの要因を考慮に入れ得る。主アレイ112は、慣性測定ユニット(IMU)、加速度計、ジャイロスコープ、磁力計、他のセンサ、又はそれらの組み合わせを含み得る。いくつかの実施形態では、センサは、位置及び/又は向き情報をナビゲーションシステムに、例えば、ナビゲーションシステムの処理ユニット及び/又はロボット外科用システムの処理ユニットに送信することができる。主アレイ112の1つ又は2つ以上のマーカ113は、主アレイが結合されるか、又は既知の位置関係がある構成要素(複数可)のすべての自由度で(すなわち、座標系102のx軸、y軸、及びz軸に沿って)位置情報を伝達することができる。言い換えれば、ナビゲーションシステムによって主アレイの1つ又は2つ以上のマーカ113から取り込まれた位置情報は、x方向、y方向、及びz方向におけるロボットアーム120及び/又は器具装着体116の遠位端の位置を識別することができる。

【0036】

主アレイ112は、既知の精密な位置及び向きで主アレイ112をロボットアーム120に確実に結合するように構成され得る結合リング208を含み得る。いくつかの実施形態では、結合リング208は、主アレイ112を器具装着体116にクランプするか、又は別様に結合し得、同様に、ロボットアーム120に確実に結合され得る。他の実施形態では、主アレイ112は、ロボットアーム120に沿って直接取り付けられ得る。結合リング208は、解放メカニズム、例えばタブ210を含み得、タブ210は、ロボット及び/又はヒトのユーザーによって作動され得、結合リング208のクランプ力又は他の結合メカニズムを解放することができる。結合リング208の非限定的な実施形態の追加の詳細は、2017年5月31日に出願され、Wehrliらによる「Coupling Devices for Surgical Instruments and Related Methods」と題された米国特許出願公開第2018/0344301号に見出すことができ、当該特許出願の全体が参照により本明細書に組み込まれる。いくつかの実施形態では、結合リング208は、主アレイ112と一体的に形成され得る。例えば、ポスト212は、主アレイ112の後向き側面から結合リング208まで延在することができる。他の実施形態では、主アレイ112は、例えば、2019年11月26日に出願され、Philippe Lindenmannらによる「Instrument Coupling Interfaces and Related Methods」と題さ

10

20

30

40

50

れ、本願と共通の所有及び譲渡を受ける米国特許出願第 1 6 / 6 9 6 , 1 2 6 号に開示されている接続アセンブリなどの固定結合アセンブリによって結合リング 2 0 8 に取り付けられ得、当該特許出願の全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【 0 0 3 7 】

図 7 は、装着アレイ 1 1 4 の斜視図を示している。上述のように、装着アレイ 1 1 4 は、ロボットアーム 1 2 0 の被ナビゲート器具システム 1 0 1 内に受容された器具（例えば、器具 1 3 0）の深さ位置を識別し、トラッキングするように構成され得る。装着アレイ 1 1 4 は、1 つ又は 2 つ以上の分岐 3 0 4 を有するアレイフレーム 3 0 2 を含み得る。装着アレイ 1 1 4 の各分岐 3 0 4 は、主アレイ 1 1 2 に関して上述したように、球形の基準点又は他のマーカ 1 1 5 を受容し得る取付機構 3 0 6 を有することができる。装着アレイ 1 1 4 の基準点（複数可）又は他のマーカ（複数可） 1 1 5 は、主アレイ 1 1 2 に関して上述した様式で機能することができる。そのため、簡潔にするために、そのような機能の記載は、ここでは省略されている。以下で更に詳細に記載されるように、装着アレイフレーム 3 0 2 は、装着アレイフレーム 2 0 2 よりも小さく、場合によっては、著しく小さくし得、それにより、装着アレイフレーム 3 0 2 及び任意の関連する基準点（複数可）/マーカ（複数可） 1 1 5 は、主アレイ 1 1 2 のマーカ 1 1 3 によって画定されるフットプリント又は外周内に全体に受容され得る。

10

【 0 0 3 8 】

延在部 3 0 8 は、フレーム 3 0 2 から装着アレイ 1 1 4 の管状本体 3 1 0 まで延在することができる。いくつかの実施形態では、接続部分 3 1 2 は、フレーム 3 0 2 と延在部 3 0 8 との間に延在することができる。より詳細には、接続部分 3 1 2 は、フレーム 3 0 2 の後向き側面 3 0 2 b から延在し得、フレームの後向き側面は、前向き側面 3 0 2 f の反対側である。接続部分 3 1 2 は、主アレイ 1 1 2 のスロット 1 2 4 内に受容されるように構成され得る。そのために、接続部分 3 1 2 は、スロット 1 2 4 のサイズ及び寸法に相補的なサイズ及び寸法を有し得、それにより、接続部分は、スロット 1 2 4 内で長手方向に並進することができる。いくつかの実施形態では、接続部分 3 1 2 は、スロット 1 2 4 の断面に一致するように、略矩形の断面を有することができる。接続部分 3 1 2 及びスロット 1 2 4 の他の幾何学的形状は、接続部分 3 1 2 がスロット 1 2 4 内に受容され得、装着アレイ 1 1 4 が主アレイ 1 1 2 に対してスロットの長手方向軸に沿って並進することを可能にし得る限り、本開示の範囲内であり得る。延在部材 3 0 8 は、接続部分 3 1 2 における第 1 の端部 3 0 7 から管状本体 3 1 0 の第 2 の端部 3 0 9 まで延在することができる。延在部は、近位向き表面 3 0 8 p 及び遠位向き表面 3 0 8 d を有することができる。装着アレイ 1 1 4 の近位端 1 1 4 p は、第 2 の端部 3 0 9 における延在部 3 0 8 の近位向き表面 3 0 8 p によって画定され得、管状本体 3 1 0 の近位端 3 1 0 p の外周面を形成し得る。

20

30

【 0 0 3 9 】

管状本体 3 1 0 は、管状本体の近位端 3 1 0 p から管状本体の遠位端 3 1 0 d まで延在するルーメン 3 1 4 を有することができる。ルーメン 3 1 4 は、器具が器具装着体 1 1 6 内に挿入され受容されるときに、器具（例えば、器具 1 3 0）を受容するように構成され得る。以下に詳細に記載されるように、管状本体 3 1 0 は、器具装着体 1 1 6 内に摺動可能に受容されるように構成され得る。より詳細には、管状本体 3 1 0 の遠位端 3 1 0 d は、器具装着体 1 1 6 のルーメン内に受容され得る。管状本体 3 1 0 は、器具装着体 1 1 6 に対してルーメンの長手方向軸に沿って並進するように構成され得る。延在部の第 2 の端部 3 0 9 は、管状本体 3 1 0 が管状本体の近位端 3 1 0 p を越えて器具装着体 1 1 6 のルーメン内で遠位に並進し得ないように、停止部を形成することができる。延在部 3 0 8 の第 2 の端部 3 0 9 の遠位向き表面 3 0 8 d は、器具装着体 1 1 6 の近位向き表面に当接し得、管状本体 3 1 0 の遠位並進を防止することができる。延在部 3 0 8 の第 2 の端部 3 0 9 の遠位向き表面 3 0 8 d はまた、付勢要素 1 2 6 の近位接触点として機能することができる。

40

【 0 0 4 0 】

次に、器具装着体 1 1 6 について、図 8 及び図 9 に関して記載されるが、図 8 及び図 9

50

はそれぞれ器具装着体の組立図及び分解図を示している。器具装着体 116 は、ロボットアーム 120 に取り付けられ得、器具 130 及び装着アレイ 114 の管状本体 310 をその中に受容するように構成され得る。外科手術の過程にわたって、複数の器具が、器具装着体 116 内に受容され得る。例えば、単一の外科手術中に、第 1 の器具が、器具装着体 116 に挿入され得、第 1 の器具が、後で取り外され得、第 2 の器具が、器具装着体に挿入され得る。上述のように、器具装着体 116 は、アダプタ 119 のルーメン内に受容された器具ガイド 117 を含み得る。より詳細には、アダプタ 119 は、近位端 119 p 及び遠位端 119 d を有し、それらの間にルーメン 402 が延在する管状本体であり得る。近位端 119 p は、既知の確実で精密な様式で主アレイ 112 に結合するように構成され得る。近位端 119 p は、主アレイ 112 の結合リング 208 の機構に相補的である 1 つ又は 2 つ以上の外側表面機構で形成され得る。いくつかの実施形態では、近位端 119 p は、フランジ 404 を含み得る。フランジ 404 の近位向き表面 404 p は、結合リング 208 の遠位向き表面に当接するように構成され得る。そのような構造は、主アレイ 112 が、意図された既知の位置において、器具装着体 116 によってロボットアーム 120 に結合され得ることを確実にするのに役立つ。アダプタ 119 のルーメン 402 は、器具ガイド 117 をその中に受容するように構成され得る。

10

【0041】

器具ガイド 117 は、近位端 117 p 及び遠位端 117 d を有し、それらの間にルーメン 406 が延在する管状本体であり得る。いくつかの場合には、器具ガイド 117 は、特定の器具と共に使用するように構成され得、使用中の特定の器具に応じて、外科手術の過程で別の器具ガイドに交換され得る。例えば、特定の器具ガイド 117 は、ルーメン 406 が外科手術において使用される器具の外径を収容し得るように、ルーメン 406 の内径に基づいて選択され得る。ルーメン 406 は、装着アレイ 114 の管状本体 310 及び器具 130 を受容するように構成され得る。器具ガイド 117 の近位端 117 p は、フランジ 408 を含み得る。フランジ 408 の近位向き表面 408 p は、付勢要素 126 の遠位端 126 d の停止部として機能することができる。フランジ 408 は、ユーザーによる器具ガイド 117 の把持又は他の操作（例えば、回転又は旋回）を容易にし得る、隆起部 410 などの機構を含み得る。器具ガイド 117 の拡張部分 412 は、拡張部分 412 がアダプタ 119 のルーメン 402 内に受容されるときに、器具ガイド 117 とアダプタ 119 との間に摩擦嵌合を形成するように構成され得る。摩擦嵌合は、器具ガイド 117 のアダプタ 119 との結合を固定することができる。このようにして、器具 130 及び装着アレイ 114 は、既知の向きで器具ガイド 117 のルーメン 406 内に受容され得る。いくつかの実施形態では、拡張部分 412 は、アダプタ 119 の近位部分 119 p の内面上に形成された雌ねじに相補的であり得る雄ねじを含み得る。拡張部分 412 の雄ねじは、器具ガイド 117 とアダプタとの間にねじ接続を形成するように、アダプタ 119 の近位部分 119 p の雌ねじと係合することができる。いくつかの実施形態では、器具ガイドの遠位端 117 d は、テーパ状であり得る。テーパ状の遠位端 117 d により、器具ガイド 117 を挿入し、アダプタ 119 のルーメン 404 を通過し得る容易さを改善し得、器具ガイド 117 の遠位端 117 d を患者に挿入する際に軟部組織の拡張を補助することができる。

20

30

40

【0042】

図 10 は、本開示の被ナビゲート器具システムと共に使用され得る器具の一実施形態を例示している。いくつかの実施形態では、器具 130 は、ドリルであり得る。器具 130 は、管状本体 502 からドリルビット 506 に切り替わるテーパ状部分 504 を有する略管状本体 502 を有することができる。駆動機構 508 は、器具 130 の遠位端 130 d に位置することができる。カラー 132 は、管状本体 502 上に一体的に形成され得る。カラー 132 は、管状本体 502 から半径方向に延在し得、カラーが装着アレイの近位端 114 p に当接し得るようにサイズ決定され得る。いくつかの実施形態では、カラー 132 は、器具 130 とは別個に製造され得、それに確実かつ精密に取り付けられ得る一方で、他の実施形態では、カラー 132 は、器具 130 と一体的に形成され得る。カラー 13

50

2は、器具の遠位端130dから固定距離Dに位置決めされ得る。より詳細には、固定距離Dは、カラー132の遠位向き表面132dから器具130の遠位端130dの遠位向き表面まで測定され得る。図10に示される実施形態では、器具130の遠位端130dの遠位向き表面は、駆動機構508の遠位向き表面であり得る。カラー132と器具130の遠位端130dとの間の距離Dは、上述のように、装着アレイ114の近位端114pと器具装着体116の遠位先端116dとの距離Cと実質的に等しくあり得る。セットバック又はバッファが採用される実施形態では、距離Cは、距離Dにセットバック距離又はバッファ距離を加えたものに実質的に等しくなり得る。器具130は、カラー132から器具の遠位端130dまでの距離Dが精密かつ正確に知られ得るように製造され得る。いくつかの実施形態では、器具130は、距離Dがミリメートルの10分の1まで精密かつ正確に知られ得るように製造され得る。既知の距離Dの精度及び正確度は、装着アレイ114によって器具130の遠位先端130dの深さ位置を識別する精度及び正確度にとって重要であり得る。本明細書に提供される器具130の記載は、図に示されるドリルを参照するが、本開示はまた、例えば、タップ、ドライバ、針、スタイラス、プローブなどのうちのいずれかなど、器具装着体116内に受容されるように構成された他の外科用ツール又は器具と共に使用するために企図される。

10

【0043】

ここで、記載される被ナビゲート器具システム101の構成要素を用いて、図11～図13は、被ナビゲート器具システムの追加の図を示している。図11は、被ナビゲート器具システム101及び器具130の部分斜視図を例示し、より詳細には、ナビゲーションアレイユニット110及び器具装着体116の近位端のアセンブリ及び構成を示し、装着アレイ114が器具130によって遠位に引きずられている。図12は、器具130を有する被ナビゲート器具システム101の後面の別の斜視図を示している。図13は、被ナビゲート器具システム101を側面図で示す。

20

【0044】

図11～図13に示されるように、装着アレイ114は、主アレイ112の外周又はフットプリント内に全体的に位置することができる。言い換えれば、装着アレイ114の1つ又は2つ以上のマーカ115は、常に、主アレイ112の1つ又は2つ以上のマーカ113によって形成された外周内に位置することができる。そのような配列は、ナビゲーションシステムが主アレイ112のマーカ113と被ナビゲートアレイ114のマーカ115との間で信号を交差させるリスクを大幅に低減するように機能することができる。光学ナビゲーションシステムは、特に1つのマーカが別のマーカのそばを通過するとき、又は近傍を通過するときマーカを混同し得、特定のマーカがどのアレイが関連付けられているかを誤認し得る。本開示のナビゲーションアレイユニット110は、マーカ115が主アレイ112に対して移動し得る場合であっても、主アレイ112のマーカ113を装着アレイ114のマーカ115から孤立させることによって、不適切なナビゲーションマーカ関連付けのリスクを実質的に低減することができる。示されるように、装着アレイ114は、3つのマーカ115を含み得る。これら3つのマーカ115の各々は、互いに対して及び装着アレイ114に対して、一定の距離及び位置を維持することができる。このような3スター型アレイを用いて、ナビゲーションシステムは、装着アレイ114と、それに応じて、器具130のz軸又は深さ軸とに関連付けられたマーカ115を明確に識別することができる。ナビゲーションシステムによるマーカ115の誤認は、3つ未満のマーカを有するアレイと比較して、3つのマーカを有するアレイにおいて大幅に低減され得る。他の実施形態では、装着アレイ114は、より多い又はより少ない数のマーカ115を有することができる。

30

40

【0045】

本開示による被ナビゲート器具システム1000の代替的な実施形態が、図14及び図15に例示されている。被ナビゲート器具システム1000は、図14に組み立てられた構成で示され、図15に分解図で示されている。以下で示される場合を除いて、この実施形態の構造、動作、及び使用は、上述の被ナビゲート器具システム101のものに類似す

50

るか又は同一である。したがって、当該構造、動作、及び使用の詳細な説明は、簡潔にするために、ここでは省略する。被ナビゲート器具システム1000は、装着アレイ1002、器具装着体1004、及び器具装着体内に配置された付勢要素1006を含み得る。上述の被ナビゲート器具システム101と同様に、器具装着体1004は、ロボットアーム（図示せず）の遠位端に確実に取り付けられるように構成され得る。非限定的な例として、器具装着体1004は、図3Bに示されるアダプタ119などのアダプタを用いてロボットアームに確実に取り付けられるか又は結合され得る。更に、上述のように、主アレイ（図示せず）は、器具装着体1004に確実に取り付けられ得、ロボットアーム及びエンドエフェクタ1000の位置を識別するように構成され得る。装着アレイ1002は、主アレイのスロット内に受容され得、器具装着体1004内に受容された器具の長手方向並進と共にスロットに沿って長手方向に並進するように構成され得る。そのため、装着アレイ1002は、上記のものと同様の様式で、器具装着体1004内に受容された器具の深さ位置を判定するように構成され得る。

10

【0046】

装着アレイ1002は、アレイフレーム（図示せず）、接続部材1008、延在部材1010、及び管状本体1012を含み得る。接続部材1008は、アレイフレームから延在し得、主アレイのスロット内で長手方向に並進するように構成され得る。管状本体1012は、近位端1012p及び遠位端1012dを有し得、ルーメンが管状本体を通して延在する。管状本体1012のルーメンは、被ナビゲート器具システム101に関して上述したように、器具（例えば、器具130）を受容するように構成され得る。管状本体1012の少なくとも一部分は、器具装着体1004のルーメン内に受容され得る。より詳細には、管状本体の遠位端1012dは、器具装着体のルーメン内に受容され得、それにより、管状本体1012は、器具装着体の長手方向軸に沿って並進することができる。上述のように、装着アレイ1002のルーメン内に受容された器具のカラーは、装着アレイを器具装着体1004及び主アレイに対して遠位に引きずるように構成され得る。

20

【0047】

いくつかの実施形態では、付勢要素1006は、管状本体1012の遠位端1012dに当接し得る。付勢要素1006は、管状本体1012を器具装着体1006の近位端1006pに向かって付勢することができる。付勢要素1006は、器具装着体1004及び主アレイに対して近位に付勢された位置に装着アレイ1002の位置を半剛性的に維持し得る所望の抗力を付与し得る一方で、例えば、カラーが装着アレイの近位部分1012pに接触するとき、ユーザー（すなわち、ロボット又はヒト）が器具（例えば、器具130）の遠位並進による抗力に打ち勝つ場合、装着アレイの長手方向移動を可能にし続ける。

30

【0048】

前述の実施形態と類似するが、管状本体1012の近位端1012pの近位向き表面と器具装着体1116の遠位端1116dとの距離 C' は、正確かつ精密な測定値として知られ得る。更に、いくつかの実施形態では、図10を参照して上述したように、距離 C' と、器具のカラーと器具の遠位先端との距離 D とは、実質的に等しくあり得る。そのため、上述のように、装着アレイ1002は、器具が器具装着体1004内で遠位に並進するときに、器具のカラーから遠位方向の抗力を印加することにより、既知の距離（すなわち、装着アレイのマーカ（複数可）によってトラッキングされた距離）を並進させ得る。装着アレイ1002の1つ又は2つ以上のトラックが、装着アレイが遠位に並進する距離をトラッキング及び測定するために使用され得る。装着アレイ1002が動いたトラッキングされた距離は、器具の遠位先端の深さ位置を識別するために使用され得る。いくつかの実施形態では、管状本体1012はまた、管状本体の外側表面に沿って1つ又は2つ以上の視覚的深さインジケータ1014を含み得、それにより、ユーザーは、装着アレイ1002が器具装着体1004のルーメン内で並進する距離を視覚的に確認又は推定することができる。

40

【0049】

50

器具装着体 1004 は、略管状本体 1016 を有し得、器具装着体のルーメンは、管状本体の近位端 1004 p から遠位端 1004 d まで延在する。器具装着体 1004 のルーメンは、遠位開口 1018 において器具装着体の遠位端 1004 d を通って延在することができる。いくつかの実施形態では、管状本体 1012 の遠位端 1004 d は、遠位開口 1018 に向かって先細りになり得る。上述のように、装着アレイ 1002 の管状本体 1012 は、器具装着体 1004 のルーメンの近位端に挿入され得る。停止機構 1020 は、器具装着体 1004 の近位端 1004 p に形成され得る。停止機構 1020 の幾何学的形状（すなわち、停止機構の断面）は、装着アレイ 1002 の延在部 1010 の幾何学的形状に相補的であり得る。停止機構 1020 は、管状本体 1012 が器具装着体 1004 のルーメン内で遠位に移動するとき、延在部 1010 を受容するように構成され得る。そのため、延在部 1010 が停止機構 1020 内に完全に受容されると装着アレイ 1002 の遠位移動が防止され得る。1つ又は2つ以上の把持増強機構 1022 は、器具装着体 1004 の近位部分 1004 p の外側表面上に形成され得る。いくつかの実施形態では、把持増強機構 1022 は、主アレイ（図示せず）と器具装着体 1004 との間の結合を固定することができる。非限定的な例として、把持増強機構 1022 は、器具装着体 1004 の外側表面上に形成された1つ又は2つ以上のベローズを含み得、ベローズは、主アレイの結合リングの相補的な機構と係合することができる。

【0050】

器具装着体 1004 と装着アレイ 1002 との位置合わせは、1つ又は2つ以上の位置合わせ機構で維持され得る。より詳細には、器具装着体 1004 は、器具装着体の管状本体を通して延在し得る1つ又は2つ以上の位置合わせ穴 1024 を有することができる。器具装着体 1004 の1つ又は2つ以上の位置合わせ穴 1024 の各々は、装着アレイ 1002 の管状本体 1012 の位置合わせ溝 1026 と位置合わせすることができる。各位置合わせ溝 1026 は、管状本体 1012 の少なくとも一部分に沿って長手方向に延在することができる。いくつかの実施形態では、位置合わせ溝 1026 は、内側ルーメン内に延在することなく、管状本体 1012 の外側表面から管状本体のルーメンに向かって延在することができる。位置合わせ部材（図示せず）、例えば、ピンは、位置合わせ穴 1024 を通って位置合わせ溝 1026 に挿入され得る。このようにして、器具装着体 1004 に対する管状本体 1012 の回転が防止され得る。位置合わせ部材はまた、付勢要素 1006 を取り込み、例えば、管状本体 1012 が手術中に取り外される場合、器具装着体 1016 からのその不注意な除去を防止するように機能することができる。単一の位置合わせ穴 1024 及び位置合わせ溝 1026 が図14及び図15に示されているが、追加の位置合わせ穴及び位置合わせ溝が、装着アレイ 1002 の器具装着体 1004 及び管状本体 1012 にそれぞれ形成され得る。器具装着体 1004 と装着アレイ 1002 の管状本体 1012 との間の既知の精密な位置合わせを維持することは、装着アレイ 1002 のマーカからロボットシステム又はナビゲーションシステムに正確かつ精密な場所情報を伝達するのを補助することができる。

【0051】

特定の実施形態が上記に記載されているが、記載された概念の精神及び範囲内で変更がなされ得る。例えば、ナビゲーションアレイユニット 110 は、2つ又はそれ以上の装着アレイ 114 を含み得、これにより、2つ又はそれ以上の器具 130 の深度又は前進が監視され得る。いくつかのそのような実施形態では、主アレイ 112 は、2つ又はそれ以上のスロット 124 を有し得、各装着アレイ 114 がそれぞれのスロット 124 に沿って動くことができる。他の実施形態では、2つ又はそれ以上の装着アレイ 114 は、単一のスロット 124 内に受容され、それに沿って動き得るが、2つ又はそれ以上の装着アレイ 114 が互いに接触しないように配置され得る。そのため、本開示は記載される実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の文言によって定義される完範囲を有するものであることが意図される。上記の実施形態は、ナビゲーションアレイを器具又は器具アダプタに結合することを記載している。これは1つの企図される使用方法であるが、本開示の方法及び装置は、他の物体との使用に同等に適合させることができる。したがって、本明

10

20

30

40

50

細書に記載の装置及び構成要素は、様々な用途における使用に適した様々なサイズ及び材料で形成することができる。本明細書で引用されるすべての刊行物及び参考文献は、参照によりその全体が本明細書に明示的に組み込まれる。

【 0 0 5 2 】

〔実施の態様〕

(1) 外科用アセンブリであって、

外科用ロボットアームに結合され、かつ前記アームの遠位部分の位置を突き止めるように構成された第 1 のアレイと、

前記ロボットアームに結合された器具装着体であって、前記器具装着体が、近位端、遠位端、及びそれらの間に延在するルーメンを有する、器具装着体と、

器具が前記器具装着体の前記ルーメンを通過する際に前記器具装着体及び前記第 1 のアレイに対して移動するように構成された第 2 のアレイと、を含み、

前記第 2 のアレイが、前記第 1 のアレイによって画定された経路に沿って移動するように構成されている、アセンブリ。

(2) 前記アームの前記遠位部分の前記位置を突き止めるように構成された前記第 1 のアレイが、前記器具装着体の長手方向軸の位置を突き止めるように構成されている、実施態様 1 に記載のアセンブリ。

(3) 前記第 2 のアレイが、前記第 1 のアレイ内に形成されたスロットに沿って動くように構成されている、実施態様 1 又は 2 に記載のアセンブリ。

(4) 前記第 2 のアレイが、前記器具装着体の長手方向軸に沿って並進するように構成されている、実施態様 3 に記載のアセンブリ。

(5) 前記第 1 のアレイが、前記ロボットアームの遠位部分に対して静止しており、前記第 2 のアレイが、前記器具装着体の前記ルーメン内に受容された器具の長手方向移動と共に、前記第 1 のアレイ及び前記器具装着体に対して長手方向に移動するように構成されている、実施態様 1 ~ 4 のいずれかに記載のアセンブリ。

【 0 0 5 3 】

(6) 前記第 2 のアレイが、アレイフレーム、延在部、及び管状本体を含み、前記管状本体が、近位端、遠位端、及びそれらの間に延在するルーメンを有し、前記ルーメンが、それを通して器具を受容するように構成されている、実施態様 1 ~ 5 のいずれかに記載のアセンブリ。

(7) 前記第 2 のアレイの前記ルーメンが、前記器具装着体の前記ルーメンと同軸である、実施態様 6 に記載のアセンブリ。

(8) 前記第 2 のアレイを前記器具装着体に対して近位に仕向けるように構成された付勢要素を更に含む、実施態様 1 ~ 7 のいずれかに記載のアセンブリ。

(9) 前記付勢要素が、前記器具装着体の内側ルーメン内に配設されている、実施態様 8 に記載のアセンブリ。

(1 0) 前記付勢要素が、前記器具装着体の近位に配設されている、実施態様 8 又は 9 に記載のアセンブリ。

【 0 0 5 4 】

(1 1) 前記第 2 のアレイが、複数のトラッキング要素を含む、実施態様 1 ~ 1 0 のいずれかに記載のアセンブリ。

(1 2) 前記第 1 のアレイが、前記第 2 のアレイよりも多い数のトラッキング要素を含む、実施態様 1 1 に記載のアセンブリ。

(1 3) 外科用ロボットシステムであって、

外科用ロボットアームに結合された器具装着体であって、前記器具装着体が、近位端、遠位端、及びそれらの間に延在するルーメンを有する、器具装着体と、

器具であって、器具本体と、前記器具の遠位先端の近位の場所で前記器具本体上に形成されたカラーと、を有する、器具と、

前記外科用ロボットアームの遠位部分の位置を突き止めるように構成された第 1 のアレイ構成要素と、

10

20

30

40

50

前記器具装着体の前記ルーメン内に受容された管状本体を有する第２のアレイ構成要素であって、前記第２のアレイ構成要素が、前記器具の前記カラーが前記第２のアレイ構成要素の近位部分に接触すると、前記器具と共に遠位に前進するように構成されている、第２のアレイ構成要素と、を含む、システム。

(1 4) 前記第２のアレイ構成要素と前記器具装着体との間に延在するばねを更に含み、それにより、前記第２のアレイ構成要素の長手方向移動と共に、前記ばねが圧縮及び拡張する、実施態様 1 3 に記載のシステム。

(1 5) 前記ばねが、前記器具装着体から離れるように付勢されている、実施態様 1 4 に記載のシステム。

【 0 0 5 5 】

(1 6) 前記器具が、ドリル、タップ、針、スタイラス、及びプローブのうちのいずれかである、実施態様 1 3 ~ 1 5 のいずれかに記載のシステム。

(1 7) 前記第２のアレイ構成要素の近位端と前記器具装着体の遠位端との距離が、前記器具本体上に形成された前記カラーと前記器具の前記遠位先端との距離に実質的に等しい、実施態様 1 3 ~ 1 6 のいずれかに記載のシステム。

(1 8) 外科的方法であって、

被ナビゲート器具ガイドに挿入するために器具を位置決めすることであって、前記被ナビゲート器具ガイドが、主アレイ、装着アレイ、及び器具装着体を有する、位置決めすることと、

前記器具が前記装着アレイのルーメン及び前記器具装着体のルーメンを通して延在するように、前記器具を前記被ナビゲート器具ガイドに挿入することと、

前記器具が前記装着アレイに接触して、前記主アレイによって画定された経路に沿って前記装着アレイを遠位に移動させるように、前記被ナビゲート器具ガイドを通して遠位に前記器具を移動させることと、

前記装着アレイの位置に基づいて、前記器具の遠位先端をトラッキングすることと、を含む、方法。

(1 9) 前記器具装着体が、患者の身体から離れた距離にある、実施態様 1 8 に記載の方法。

(2 0) 前記器具の前記遠位先端をトラッキングすることが、前記装着アレイの前記位置、及び前記器具上に形成されたカラーと前記器具の遠位先端との間の固定距離に基づく、実施態様 1 8 又は 1 9 に記載の方法。

【 0 0 5 6 】

(2 1) 前記装着アレイが、前記器具が前記器具装着体を通して遠位に前進させられるときに、前記主アレイ及び前記器具装着体に対して遠位に移動する、実施態様 1 8 ~ 2 0 のいずれかに記載の方法。

(2 2) 前記器具が、その上に形成されたカラーを含み、前記カラーが、前記器具が前記器具装着体を通して遠位に前進させられるときに、前記装着アレイに接触し、前記装着アレイを遠位に引きずる、実施態様 1 8 ~ 2 1 のいずれかに記載の方法。

10

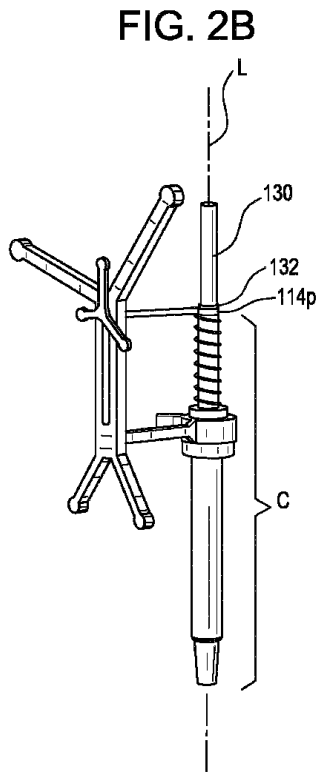
20

30

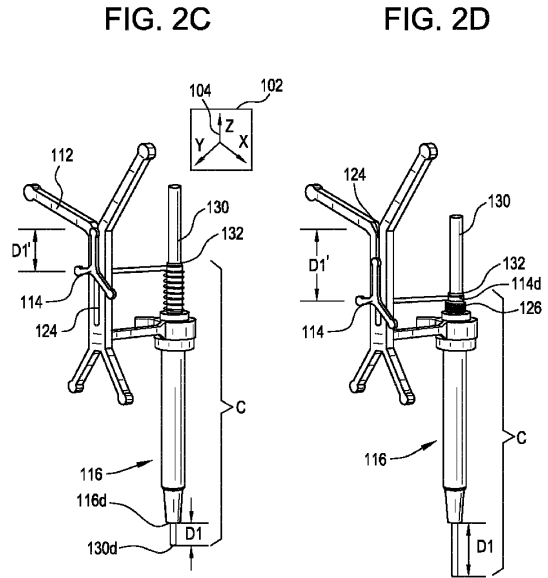
40

50

【 図 2 B 】



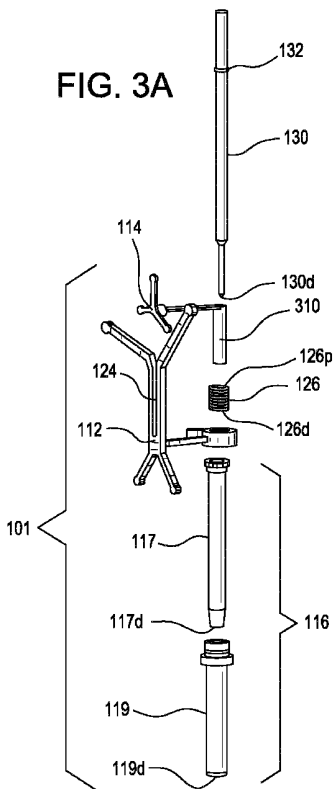
【 図 2 C - 2 D 】



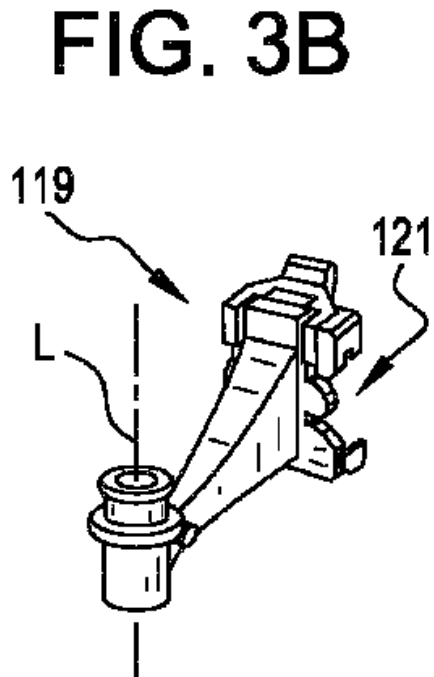
10

20

【 図 3 A 】



【 図 3 B 】

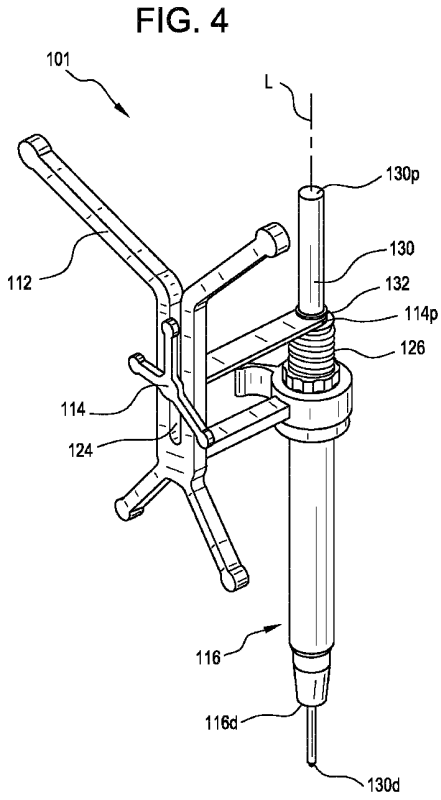


30

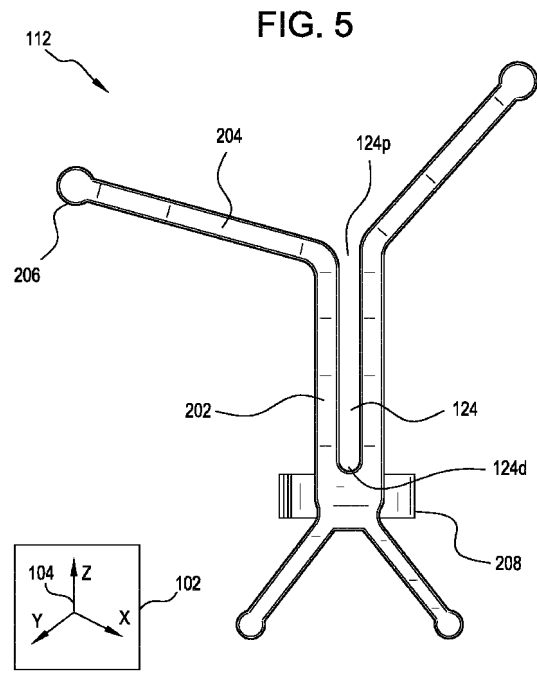
40

50

【 図 4 】



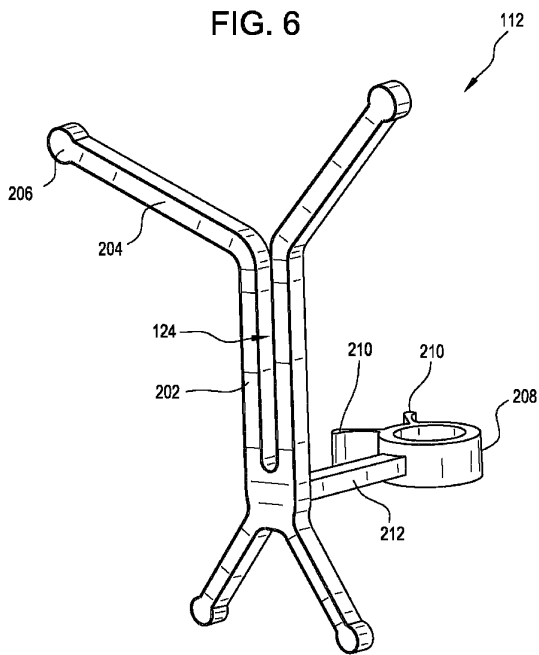
【 図 5 】



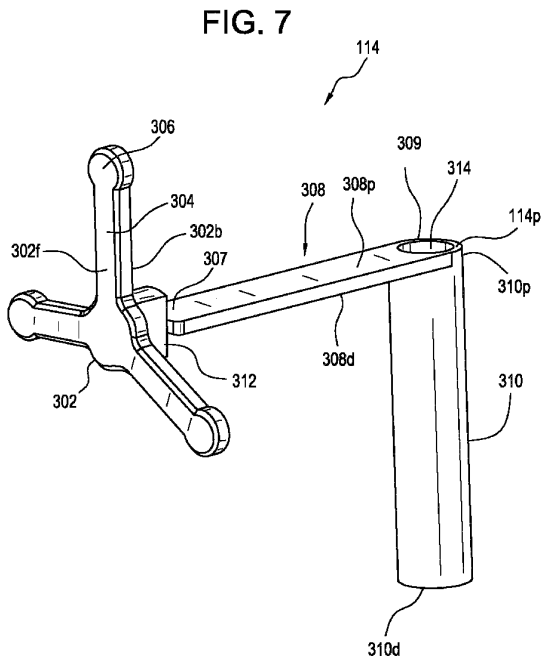
10

20

【 図 6 】



【 図 7 】

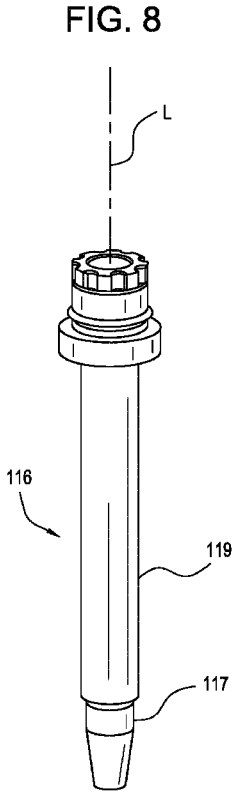


30

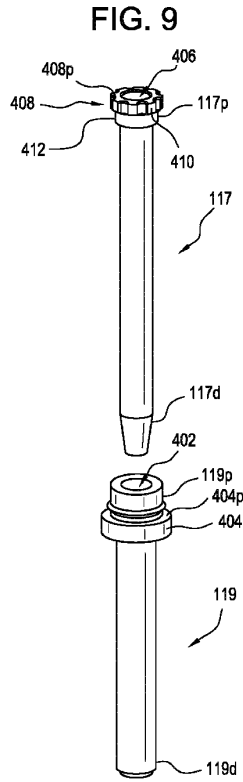
40

50

【 図 8 】



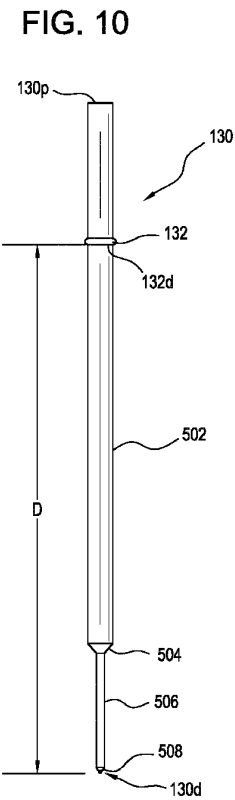
【 図 9 】



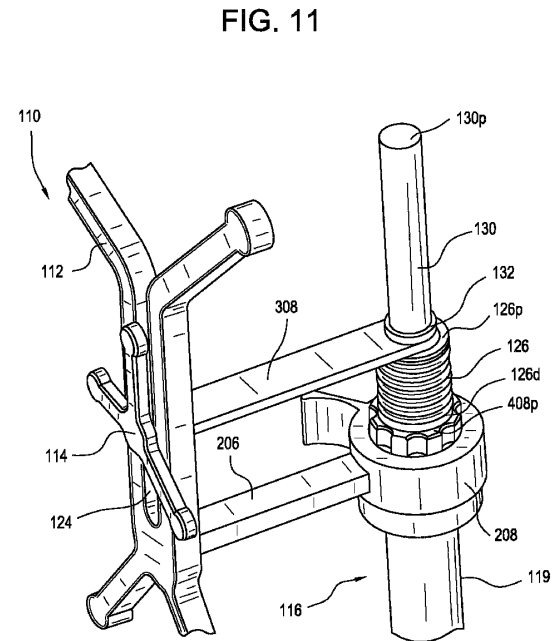
10

20

【 図 10 】



【 図 11 】



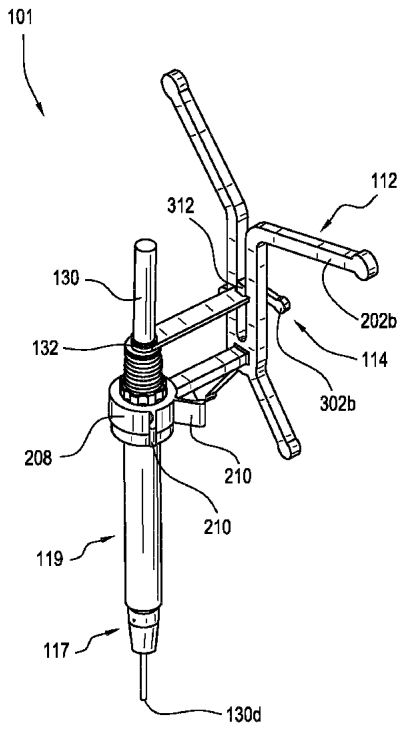
30

40

50

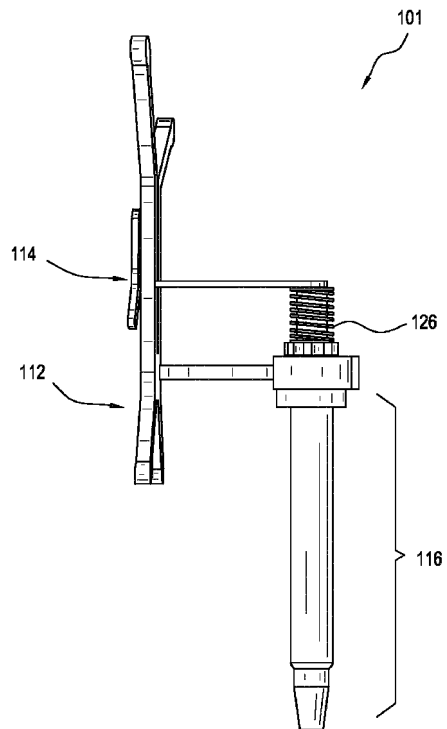
【 図 1 2 】

FIG. 12



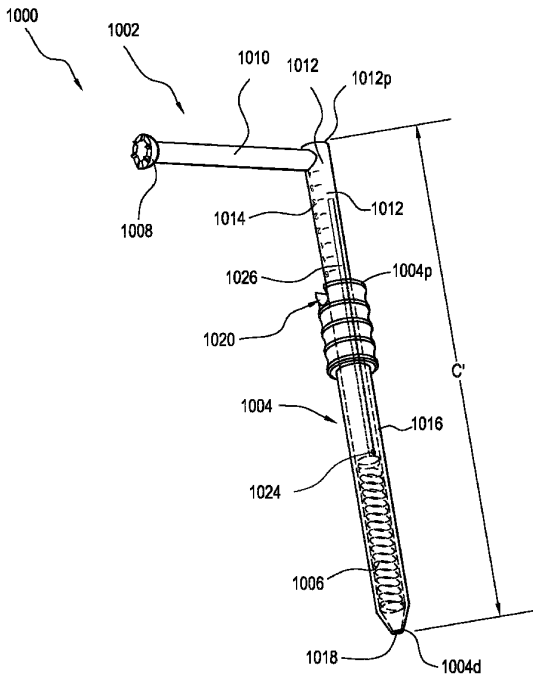
【 図 1 3 】

FIG. 13



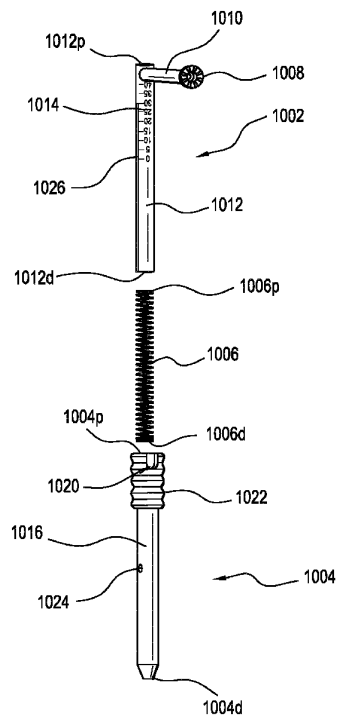
【 図 1 4 】

FIG. 14



【 図 1 5 】

FIG. 15



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- ゲーエムベーハー 気付け
(72)発明者 アッシュマン・フィリックス
スイス国、4 4 3 6 オーベルドルフ、アイマツトラッセ 3、シンセス・ゲーエムベーハー
気付け
- (72)発明者 ゲトリン・マイケル
スイス国、4 4 3 6 オーベルドルフ、アイマツトラッセ 3、シンセス・ゲーエムベーハー
気付け
- 審査官 和田 将彦
- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 0 1 4 8 9 0 (U S , A 1)
国際公開第 2 0 1 9 / 1 3 0 3 1 4 (W O , A 1)
特表 2 0 1 6 - 5 3 9 6 8 1 (J P , A)
特表 2 0 0 9 - 5 0 9 6 5 3 (J P , A)
- (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 0