(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6689832号
(P6689832)

(45)発行日　令和2年4月28日(2020.4.28)　(24)登録日　令和2年4月10日(2020.4.10)

(51)Int.Cl.		F I		
A61B 34/35	(2016.01)	A61B	34/35	
B25J 13/00	(2006.01)	B25J	13/00	Z

請求項の数 29　(全 77 頁)

(21)出願番号　特願2017-518139(P2017-518139)	(73)特許権者　517110081
(86)(22)出願日　平成27年9月30日(2015.9.30)	オーリス　ヘルス　インコーポレイテッド
(65)公表番号　特表2018-500054(P2018-500054A)	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
(43)公表日　平成30年1月11日(2018.1.11)	(74)代理人　100102978
(86)国際出願番号　PCT/US2015/053306	弁理士　清水　初志
(87)国際公開番号　WO2016/054256	(74)代理人　100102118
(87)国際公開日　平成28年4月7日(2016.4.7)	弁理士　春名　雅夫
審査請求日　平成30年9月13日(2018.9.13)	(74)代理人　100160923
(31)優先権主張番号　62/211,135	弁理士　山口　裕孝
(32)優先日　平成27年8月28日(2015.8.28)	(74)代理人　100119507
(33)優先権主張国・地域又は機関　米国(US)	弁理士　刑部　俊
(31)優先権主張番号　62/057,936	(74)代理人　100142929
(32)優先日　平成26年9月30日(2014.9.30)	弁理士　井上　隆一
(33)優先権主張国・地域又は機関　米国(US)	

最終頁に続く

(54)【発明の名称】仮軌道および可撓性内視鏡を有する構成可能なロボット手術システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第一のツールの第一のツールベースに結合され、かつ該第一のツールの該第一のツールベースを位置決めするように構成された第一のロボットアームであって、第一のロボットアームに加えられた力を検出するように構成された力センサを含む第一のロボットアーム；

第二のツールの第二のツールベースに結合され、かつ該第一および第二のツールベースが互いに対して所定の分離距離および配向にあって該第一および第二のツールの挿入を支援する仮軌道を形成すべく、該第二のツールの該第二のツールベースを位置決めするように構成された第二のロボットアーム；ならびに

該第一および第二のロボットアームに結合された制御装置であって、該第一および第二のツールベースの間の所定の分離距離および配向が維持されるよう、（ｉ）検出された力に応答して該第一のツールベースを該第一のロボットアームによって第一の動きベクトルで自動的に動かし、（ｉｉ）該検出された力に応答して該第二のツールベースを該第二のロボットアームによって第二の動きベクトルで自動的に動かすように構成された制御装置を含む、ロボットアームのシステム。

【請求項２】

第一および第二のツールベースの間の所定の距離および配向が該第一および第二のツールベースの間の線形整列を含む、請求項1記載のシステム。

【請求項３】

線形整列が該第一および第二のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含む、請求項1または2記載のシステム。
【請求項４】
制御装置が、第一および第二のツールベースを、該第一および第二のツールベースを通って延びる線上の点を中心に枢動させるように構成されている、請求項1～3のいずれか一項記載のシステム。
【請求項５】
前記線上の点が第一および第二のツールベースの間にある、請求項1～4のいずれか一項記載のシステム。
【請求項６】
前記線上の点が第一および第二のツールベースを越える、請求項1～4のいずれか一項記載のシステム。
【請求項７】
制御装置が、第一および第二のロボットアームをX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動させるように構成されている、請求項1～6のいずれか一項記載のシステム。
【請求項８】
第一の動きベクトルと第二の動きベクトルとが同じである、請求項1～7のいずれか一項記載のシステム。
【請求項９】
第一の動きベクトルと第二の動きベクトルとが異なる、請求項1～7のいずれか一項記載のシステム。
【請求項１０】
第三のツールベースを位置決めするように構成された第三のロボットアームをさらに含み、第一、第二および第三のツールベースが互いに対して所定の分離距離および配向にある、請求項1～9のいずれか一項記載のシステム。
【請求項１１】
制御装置が、検出された力に応答して、第一、第二および第三のツールベースの間の所定の分離距離および配向が維持されるよう、第三のロボットアームを第三の動きベクトルで自動的に動かすように構成されている、請求項1～10のいずれか一項記載のシステム。
【請求項１２】
第一、第二および第三のツールベースの間の所定の距離および配向が該第一、第二および第三のツールベースの間の線形整列を含む、請求項1～11のいずれか一項記載のシステム。
【請求項１３】
線形整列が該第一、第二および第三のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含む、請求項1～12のいずれか一項記載のシステム。
【請求項１４】
制御装置が、第一、第二および第三のツールベースを、該第一、第二および第三のツールベースを通って延びる線上の点を中心に枢動させるように構成されている、請求項1～13のいずれか一項記載のシステム。
【請求項１５】
前記線上の点が第一、第二または第三のツールベースの二つ以上の間にある、請求項1～14のいずれか一項記載のシステム。
【請求項１６】
前記線上の点が第一、第二または第三のツールベースの二つ以上を越える、請求項1～15のいずれか一項記載のシステム。
【請求項１７】
制御装置が、第一、第二および第三のロボットアームをX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動させるように構成されている、請求項1～16のいずれか一

項記載のシステム。
【請求項１８】
　第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上が同じである、請求項1～17のいずれか一項記載のシステム。
【請求項１９】
　第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上が異なる、請求項1～18のいずれか一項記載のシステム。
【請求項２０】
　第一のロボットアームが少なくとも一つのジョイントおよび少なくとも一つのリンクを含み、該第一のロボットアームの力センサが、該少なくとも一つのジョイントに結合されたトルクセンサを含む、請求項1～19のいずれか一項記載のシステム。
【請求項２１】
　第一のロボットアームが少なくとも一つのジョイントおよび少なくとも一つのリンクを含み、該第一のロボットアームの力センサが、該少なくとも一つのリンクに結合された触覚センサを含む、請求項1～20のいずれか一項記載のシステム。
【請求項２２】
　制御装置が、検出された力に応答してロボットアームのシステムの動きモードを動作可能にするように構成されている、請求項1～21のいずれか一項記載のシステム。
【請求項２３】
　ロボットアームのシステムの動きモードがアドミタンスモードまたはインピーダンスモードの一つまたは複数を含む、請求項1～22のいずれか一項記載のシステム。
【請求項２４】
　制御装置が、第一および第二のロボットアームが動いたのち、システムの動きモードを動作不可とするように構成されている、請求項1～23のいずれか一項記載のシステム。
【請求項２５】
　第一のツールの第一のツールベースに結合され、かつ該第一のツールの該第一のツールベースを位置決めするように構成された第一のロボットアーム；
　第二のツールの第二のツールベースに結合され、かつ該第一および第二のツールベースが互いに対して所定の分離距離および配向にあって該第一および第二のツールの挿入を支援する仮軌道を形成すべく、該第二のツールの該第二のツールベースを位置決めするように構成された第二のロボットアーム；ならびに
　該第一および第二のロボットアームに結合された制御装置であって、該第一および第二のツールベースの間の該所定の配向が維持されるよう、また、任意で、該第一および第二のツールベースの間の該所定の分離距離が維持されるよう、（ｉ）該第一のロボットアームに対する検出された力に応答して該第一のツールベースを該第一のロボットアームによって第一の動きベクトルで自動的に動かし、（ｉｉ）該検出された力に応答して該第二のツールベースを該第二のロボットアームによって第二の動きベクトルで自動的に動かすように構成された制御装置
を含む、ロボットアームのシステム。
【請求項２６】
　制御装置が、第一および第二のツールベースを自動的に動かす前にシステムをアドミタンスモードに入らせるユーザ入力を決定するようにさらに構成されている、請求項1～25のいずれか一項記載のシステム。
【請求項２７】
　制御装置が、ボタンまたはスイッチがアクティブ化されたことを決定することによってユーザ入力を決定する、請求項26記載のシステム。
【請求項２８】
　制御装置が、アドミタンスモードにあるときに、
　　検出された力に基づいて力フィードバック信号を受け取り；
　　該力フィードバック信号に基づいて第一の動きベクトルを決定し；

第一のロボットアームに対して、第一のツールベースを該第一の動きベクトルに沿って動かす第一のコマンドを提供し；

第二のロボットアームに対して、第二のツールベースを第一のツールベースと同時に第二の動きベクトルに沿って第一および第二のツールベースの間の所定の距離および配向を維持するように動かす第二のコマンドを提供する

ように構成されている、請求項26または27記載のシステム。

【請求項２９】

第一および第二のツールベースの間の所定の分離距離および配向が、第一および第二のツールベースの間に仮軌道を形成する、請求項1～28のいずれか一項記載のシステム。

【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、2014年9月30日に出願された米国特許仮出願第62/057,936号（ドケット番号41633-716.101）、2014年12月24日に出願された米国特許仮出願第62/096,825号（ドケット番号41663-717.101）および2015年8月28日に出願された米国特許仮出願第62/211,135号（ドケット番号41663-732.101）の恩典を主張する。これらの出願は参照により本明細書に組み入れられる。

【０００２】

本出願の主題は以下の同時係属中の特許出願の主題に関連する。仮出願第62/096,825号（ドケット番号41663-717.101）；仮出願第62/057,936号（ドケット番号41663-716.101）；仮出願第61/940,180号（ドケット番号41663-714.101）；出願第14/523,760号（ドケット番号41663-712.201）；出願第14/542,373号（ドケット番号41663-712.301号）；出願第14/542,387号（ドケット番号41663-712.302）；出願第14/542,403号（ドケット番号41663-712.303）および出願第14/542,429号（ドケット番号41663-712.304）。これらは参照により本明細書に組み入れられる。

【０００３】

発明の分野

本出願の分野は医療装置に関する。より具体的には、本発明の分野は、ロボット支援手術のためのカテーテルおよび内視鏡のための機械ツールおよび製造技術ならびにロボット支援管腔内手術または他の手術のためのシステムおよびツールに関する。

【背景技術】

【０００４】

内視鏡検査は、画像撮影および人体内の解剖学的位置への治療薬送達の両方に広く使用されている非常に侵襲性の低い技術である。一般に、処置が実施される体内の手術部位にツールを送達するために（たとえば、小さな切開部または体の自然な開口部（鼻、肛門、膣、尿道、喉など）を通して）可撓性（flexible）内視鏡が使用される。内視鏡は、非直線の管腔または経路のナビゲーションを可能にする可撓性シャフトの末端で、画像撮影、照明および操舵能力を有し得る。

【０００５】

腔内外科的適用は、内視鏡を所望の解剖学的位置へ位置づけ、駆動することを含む。腔内ナビゲーションを支援するために、内視鏡は、多くの場合、小さな末端曲げ部分を屈曲（articulate）させるための手段を有する。今日の内視鏡装置は一般に、様々な機能のための数多くのレバー、ダイヤルおよびボタンを有するハンドヘルド型装置であるが、屈曲（articulation）の点では限られた性能しか提供しない。制御のために、医師は、内視鏡のシャフトのねじりと協調させながらレバーまたはダイヤルを操作することによって内視鏡の位置および進行を制御する。これらの技術は、医師が、装置を使用して内視鏡を所望の位置に送達するとき、手および腕をねじることを要求する。その結果、腕の動きおよび位置は医師にとってやっかいであり、また、そのような位置を維持することは身体的に負担が大きい可能性がある。したがって、曲げ部分の手動アクチュエーションは、多くの場

合、低いアクチュエーション力および不十分なエルゴノミクスによって束縛される。
【０００６】
　今日の内視鏡はまた、医師が所望の位置を維持する間に、内視鏡から手術、診断または治療装置を送達し、操作し、かつ取り除くためのサポート要員を必要とする。今日の内視鏡はまた、カーブアライメントおよびマッスリングによる問題を引き起こすプルワイヤを利用する。一部の処置は、所望の位置へのナビゲーションを支援するために、特に小さな管腔のナビゲーションの場合、蛍光透視法または分割型CTスキャンを必要とする。
【０００７】
　したがって、改善されたエルゴノミクス、使用性能およびナビゲーションを提供する、管腔内ロボット処置のためのシステムおよびツールを有することは有益であろう。これらの技術の適用はまた、他の外科的処置、たとえば血管手術にも適用され得る。また、カテーテルおよび内視鏡が制御された曲りを有し、曲り動作中に中立軸が一定にとどまるための、改善された制御を有することが有益であろう。加えて、そのようなカテーテルおよび内視鏡、すなわち、解剖学的構造および空間内での使用中に起こる曲り、延伸および屈曲にもかかわらず中立軸を維持する内視鏡およびカテーテルを製造するための改善された方法を有することが有益であろう。
【発明の概要】
【０００８】
　本発明の態様は、少なくとも3のDOF、しかし好ましくは6以上のDOFを有する第一のロボットアームに取り付けられる制御可能かつ屈曲可能な末端を有する、中を通過するルーメンを有するシースを提供する。この態様はまた、制御可能かつ屈曲可能な末端と、その末端の光源・画像取り込みユニットと、その中を通って延びる少なくとも一つの作業チャネルとを有する可撓性内視鏡を含む。可撓性内視鏡は、シースのルーメン内にスライド式に配置され、少なくとも3のDOF、しかし好ましくは6以上のDOFを有する第二のロボットアームに取り付けられる。さらに、シースおよび可撓性内視鏡の基端にそれぞれ動作的に結合された第一および第二のモジュールが含まれる。モジュールは第一および第二のロボットアームに取り付けられ、それにより、シースおよび可撓性内視鏡をそれぞれ第一および第二のロボットアームに取り付ける。モジュールは、シースおよび可撓性内視鏡を操舵し、動かすための機構を提供し、ロボットアームからパワーおよび他のユーティリティを受ける。ロボットアームは、第一のモジュールが第二のモジュールに対して末端側にあり、シースの基端が可撓性内視鏡の基端に対して末端側にあるように配置される。第一および第二のロボットアームの、互いおよび患者に対する動きが、可撓性内視鏡に対するシースの動きおよび患者に対するそれら両方の動きを生じさせる。
【０００９】
　一つの態様において、ロボットは、シースおよび可撓性内視鏡が第一および第二のロボットアームの間で実質的にまっすぐ（たとえば約180°）同軸方向に整列する配置になり、ロボットアーム間に「仮軌道」を形成するように互いに対して配置される。仮軌道は90～180°の範囲の角度をとり得ることが留意される。ロボットアームの、互いに対する動きが、ロボットアーム間に仮軌道を維持しながら、シースおよび可撓性内視鏡の、互いおよび患者に対する軸方向動を提供する。
【００１０】
　第一および第二のロボットアームは、別々の可動カート上にあってもよいし、同じ可動カート上にあってもよい。可動カートは、必要な機器および患者ビードをより良く収容するために、処置室間のアームの輸送または処置室内での移動を可能にする。または、それほど好ましくはないが、ロボットアームは床またはベッドに固定されることもできる。
【００１１】
　または、本発明は、様々な処置のための複数のモジュールを提供し、その場合、ロボットアームが、処置室内に位置する保管場所、たとえばモジュール交換台またはスタンドから所望のモジュールを回収する。各モジュールまたはモジュール対は特定のタイプの処置のために設計されている。

【００１２】

シースと可撓性内視鏡との組み合わせを有するモジュールは、人体内の狭い管腔（たとえば、とりわけ気管支および他の肺気道、血管、尿路）中をナビゲートすることができる。さらなるモジュールは、腹腔鏡（シングルまたはデュアルポート）、顕微手術モジュール（同じくシースおよび可撓性内視鏡構造を有し得るが、眼または他の顕微手術部位に適切なサイズである）を含み得る。または、顕微手術モジュールは、手術のスケールに適切なサイズの硬質の器具を保持するように構成されてもよい。

【００１３】

本発明の態様において、基端、末端および制御可能な曲り部分を有するシャフトを含み、好ましくは、制御可能な曲り部分が末端曲り部分である、シースおよび可撓性内視鏡。少なくとも一つの腱導管、好ましくは四つの腱導管がシャフト壁の壁を通って基端から制御可能な曲り部分の末端部分、好ましく末端まで延びる。好ましくは、シャフトは概ね円形または楕円形の断面を有する。少なくとも一つの腱、好ましくは四つの腱が少なくとも一つの腱導管それぞれを通って延びる。腱導管は、シャフト壁を通ってシャフトの中心軸に対して概ね平行にシャフトの基端かららせん部分まで延び、そのらせん部分で、腱導管はシャフト壁を通って中心軸に対してらせんまたは渦巻きパターンで制御可能な曲り部分の基端部分まで延び、腱導管はシャフト壁を通って中心軸に対して概ね平行に制御可能な曲り部分の末端部分まで延びる。好ましくは、制御可能な曲り部分はシャフトの末端にある。少なくとも一つの腱は制御可能な曲り部分の末端部分に固定されて、少なくとも一つの腱の張りが制御可能な曲り部分を屈曲させる。

【００１４】

ロボット支援内視鏡手術のためのシステム、装置および方法が開示される。例示的なロボット手術システムは、第一および第二のロボットアームならびにロボットアームを作動させるための制御装置を含み得る。第一および第二のロボットアームは、内視鏡ツールに結合されることができる第一および第二の装置マニピュレータをそれぞれ含み得る。第一および第二の装置マニピュレータは、内視鏡ツールを作動させるための仮軌道を形成するために整列するように構成され得る。第一および／または第二のロボットアームは、仮軌道整列を保持するやり方で移動可能であり、それにより、内視鏡ツールの正しい整列および／または所望の整列を維持し得る。制御装置は、仮軌道整列を維持するやり方で第一および第二の装置マニピュレータを動かすように構成され得る。第一または第二のロボットアームの一つまたは複数は、ユーザによってそれに加えられた力に反応し得、ロボットアームの一つに加えられた力は、仮軌道整列が維持されるように両アームを互いに協調させながら動かし得る。第一および第二のロボットアームまたは装置マニピュレータによって形成される仮軌道は、X軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に（すなわち、水平方向および／または垂直方向に）平行移動（translate）し得る。仮軌道はまた、第一および第二のロボットアームまたは装置マニピュレータによって形成される仮想線沿いの任意の点、たとえば装置マニピュレータの一つの中心点、第一および第二の装置マニピュレータの間の点または第一および第二の装置マニピュレータによって形成される線分を越えた点を中心に枢動し得る。いくつかの態様において、システムはさらに、制御装置によって動かされ得、第一および第二のロボットアームとで仮軌道を形成するように構成され得る第三のロボットアームを含み得る。システムはさらに、制御装置によって動かされることができ、仮軌道を形成するように構成されたさらなるロボットアームを含み得る。

【００１５】

また、ロボット手術システムのユーザ操作のためのシステム、装置および方法が開示される。ロボットアームは、ユーザからそれに加えられた力からの多様な異なる入力に応答し得る。ユーザは、いくつか挙げるならば、たたくこと、押すこと、引くこと、二回たたくこともしくは複数回たたくこと、つかむことまたは振ることのような力をロボットアームに加え得る。ロボット力は、加えられた力を検出し、検出された力の特性に基づいてユーザの意図を決定し得る。そのような特性は、加えられた力の場所、大きさ、方向およびタイミングを含み得る。決定されたユーザ意図に基づいて、ロボットアームは所定のパタ

ーンで動き得る。

【００１６】

本開示の局面は、ロボットアームのシステムを動かす方法を提供する。ロボットアームのシステムが提供され得る。システムは、第一のロボットアームおよび第二のロボットアームを含み得る。第一および第二のロボットアームは互いに対して所定の距離および配向にあり得る。第一のロボットアームは、それに加えられた力を検出し得る。第一のロボットアームは、検出された力に応答して自動的に動き得る。第一のロボットアームは第一の動きベクトルで動き得る。第二のロボットアームは、検出された力に応答して、第一および第二のロボットアームの間の所定の距離および配向が維持されるよう、自動的に動き得る。第二のロボットアームは第二の動きベクトルで動き得る。

【００１７】

第一および第二のロボットアームの間の所定の距離および配向は、第一および第二のロボットアームの間の線形整列、たとえば第一および第二のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含み得る。第一のロボットアームを自動的に動かすとき、第一のロボットアームのインタフェース端部は、第一および第二のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動し得る。第二のロボットアームを自動的に動かすとき、第二のロボットアームのインタフェース端部は、第一および第二のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動し得る。線上の点は、第一および第二のロボットアームのインタフェース端部の間にあってもよいし、第一および第二のロボットアームのインタフェース端部を越えてもよい。

【００１８】

検出された力に応答して、第一および第二のロボットアームの間の所定の距離および配向が維持されるよう、第二のロボットアームを自動的に動かすとき、第一および第二のロボットアームはX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動し得る。いくつかの態様において、第一の動きベクトルと第二の動きベクトルとは同じである。他の態様において、第一の動きベクトルと第二の動きベクトルとは異なる。

【００１９】

ロボットアームのシステムはさらに、第三のロボットアームを含み得る。第一、第二および第三のロボットアームは互いに対して所定の距離および配向にあり得る。第三のロボットアームは、検出された力に応答して、第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の距離および配向が維持されるよう、自動的に動き得る。第三のロボットアームは第三の動きベクトルで動き得る。第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の距離および配向は、第一、第二および第三のロボットアームの間の線形整列、たとえば第一、第二および第三のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含み得る。

【００２０】

第一のロボットアームを自動的に動かすとき、第一のロボットアームのインタフェース端部は、第一、第二および第三のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動し得る。第二のロボットアームを自動的に動かすとき、第二のロボットアームのインタフェース端部は、第一、第二および第三のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動し得る。第三のロボットアームを自動的に動かすとき、第三のロボットアームのインタフェース端部は、第一、第二および第三のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動し得る。線上の点は、第一、第二または第三のロボットアームのインタフェース端部の二つ以上の間にあってもよいし、第一、第二または第三のロボットアームのインタフェース端部の二つ以上を越えてもよい。検出された力に応答して、第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の距離および配向が維持されるよう、第三のロボットアームを自動的に動かすとき、第一、第二および第三のロボットアームはX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動し得る。いくつかの態様において、第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上は同じである。他の態様において、第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上は異なる。

【００２１】

いくつかの態様において、第一のロボットアームは、第一のロボットアームのジョイントに加えられたトルクを検出することにより、第一のロボットアームに加えられた力を検出し得る。第一のロボットアームに加えられた力は患者の手術中に検出され得る。

【００２２】

いくつかの態様において、ロボットアームのシステムの動きモードは、検出された力に応答して動作可能にされ得る。ロボットアームのシステムの動きモードはアドミタンスモードまたはインピーダンスモードの一つまたは複数を含み得る。システムの動きモードは、第一および第二のロボットアームが動いたのち、動作不可とされ得る。

【００２３】

本開示の局面はロボットアームのシステムを提供する。例示的なシステムは、第一のロボットアーム、第二のロボットアームおよび制御装置を含み得る。第一のロボットアームは、第一のロボットアームに加えられた力を検出するように構成された力センサを含み得る。第一および第二のロボットアームは互いに対して所定の距離および配向にあり得る。制御装置は第一および第二のロボットアームに結合され得る。制御装置は、第一および第二のロボットアームの間の所定の距離および配向が維持されるよう、（ｉ）検出された力に応答して第一のロボットアームを第一の動きベクトルで自動的に動かし、（ｉｉ）検出された力に応答して第二のロボットアームを第二の動きベクトルで自動的に動かすように構成され得る。

【００２４】

第一および第二のロボットアームの間の所定の距離および配向は、第一および第二のロボットアームの間の線形整列、たとえば第一および第二のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含み得る。制御装置は、第一および第二のロボットアームのインタフェース端部を、第一および第二のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動させるように構成され得る。線上の点は、第一および第二のロボットアームのインタフェース端部の間にあってもよいし、第一および第二のロボットアームのインタフェース端部を越えてもよい。

【００２５】

制御装置は、第一および第二のロボットアームをX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動させるように構成され得る。いくつかの態様において、第一の動きベクトルと第二の動きベクトルとは同じである。他の態様において、第一の動きベクトルと第二の動きとは異なる。

【００２６】

システムはさらに、第三のロボットアームを含み得る。第一、第二および第三のロボットアームは互いに対して所定の距離および配向にあり得る。制御装置は、検出された力に応答して、第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の距離および配向が維持されるよう、第三のロボットアームを第三の動きベクトルで自動的に動かすように構成され得る。第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の距離および配向は、第一、第二および第三のロボットアームの間の線形整列、たとえば第一、第二および第三のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含み得る。

【００２７】

制御装置は、第一、第二および第三のロボットアームのインタフェース端部を、第一、第二および第三のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動させるように構成され得る。線上の点は、第一、第二または第三のロボットアームのインタフェース端部の二つ以上の間にあってもよいし、第一、第二または第三のロボットアームのインタフェース端部の二つ以上を越えてもよい。制御装置は、第一、第二および第三のロボットアームをX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動させるように構成され得る。いくつかの態様において、第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上は同じである。他の態様において、第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上は異なる。

【００２８】
第一のロボットアームは少なくとも一つのジョイントおよび少なくとも一つのリンクを含み得る。第一のロボットアームの力センサは、少なくとも一つのジョイントに結合されたトルクセンサを含み得る。第一のロボットアームは少なくとも一つのジョイントおよび少なくとも一つのリンクを含み得る。第一のロボットアームの力センサは、少なくとも一つのリンクに結合された触覚センサを含み得る。

【００２９】
制御装置は、検出された力に応答してロボットアームのシステムの動きモードを動作可能にするように構成され得る。ロボットアームのシステムの動きモードはアドミタンスモードまたはインピーダンスモードの一つまたは複数を含み得る。制御装置は、第一および第二のロボットアームが動いたのち、システムの動きモードを動作不可とするように構成され得る。

【００３０】
本開示の局面は、ロボットアームを動かす方法を提供する。

【００３１】
ロボットアームに加えられた力が検出され得る。加えられた力は力ベクトルおよびタイミング特性を含み得る。加えられた力の力ベクトルおよびタイミング特性に基づいてユーザ意図が決定され得る。ロボットアームは、決定されたユーザ意図に応答して自動的に動かされ得る。ロボットアームに加えられた力の検出は、力がロボットアームのジョイントに加えられたのか、リンクに加えられたのか、インタフェース端部に加えられたのかを検出することを含んでもよいし、ロボットアームのジョイントに結合されたトルクセンサによって力を検出すること、またはロボットアームのリンクに結合された触覚センサによって力を検出することの一つまたは複数を含んでもよい。ユーザ意図の決定は、加えられた力が、ロボットアームの少なくとも一部分をつかむこと、押すこと、引くこと、たたくこと、複数回たたくこと、回すことまたは振ることの一つまたは複数であるかどうかを決定することを含み得る。

【００３２】
ロボットアームの動きモードは、ロボットアームを自動的に動かす前に動作可能にされ得る。ロボットアームの動きモードは、ロボットアームを自動的に動かしたのち、動作不可とされ得る。動きモードを動作可能にするために、いくつか例を挙げるならば、ロボットアームと連絡したフットペダル、ロボットアームと連絡したジョイスティック、音声コマンド、検出された光またはロボットアームと連絡したコンピューティング装置から命令を受け得る。動きモードはインピーダンスモードまたはアドミタンスモードの一つまたは複数を含み得る。

【００３３】
ユーザ意図を決定するために、ユーザのしぐさタイプが検出され得る。ユーザ意図の決定は、ロボットアームに加えられた力がロボットアームのジョイントに対する少なくとも一回たたくことを含むと決定することを含み得、ロボットアームのジョイントは、少なくとも一回たたくことに応答して、アームの少なくとも一つの他のジョイントまたはインタフェース端部の位置を維持しながら自動的に動かされ得る。ユーザ意図の決定は、ロボットアームに加えられた力が、ロボットアームのジョイントの位置が維持されるときロボットアームのインタフェース端部に対する引くことを含むと決定することを含み得、ロボットアームのインタフェース端部が回され得る。ユーザ意図の決定は、ロボットアームに加えられた力がロボットアームのインタフェース端部に対する押すことまたは引くことを含むと決定することを含み得、ロボットアームのインタフェース端部は、インタフェース端部に対する押すことまたは引くことに応答して自動的に動かされ得、ロボットアーム全体は、インタフェース端部の動きを追うように自動的に動かされ得る。

【００３４】
いくつかの態様においては、ロボットアームを動かす前にロボットアームの初期位置が記憶され得る。ロボットアームは、決定されたユーザ意図に応答してロボットアームを動

かしたのち、初期位置に戻され得る。

【００３５】

本開示の局面はロボットアームシステムを提供し得る。例示的なロボットアームシステムはロボットアームおよび制御装置を含み得る。ロボットアームは、ロボットアームに加えられた力を検出するように構成された力センサを含み得る。加えられた力は力ベクトルおよびタイミング特性を含み得る。制御装置はロボットアームに結合され得る。制御装置は、（ｉ）検出された力の力ベクトルおよびタイミング特性に基づいてユーザ意図を決定し、（ｉｉ）決定されたユーザ意図に応答してロボットアームを自動的に動かすように構成され得る。

【００３６】

力センサは、力がロボットアームのジョイントに加えられたのか、リンクに加えられたのか、インタフェース端部に加えられたのかを検出するように構成され得る。力センサは、ロボットアームのジョイントに結合されたトルクセンサまたはロボットアームのリンクに結合された触覚センサの一つまたは複数を含み得る。

【００３７】

制御装置は、加えられた力が、ロボットアームの少なくとも一部分をつかむこと、押すこと、引くこと、たたくこと、複数回たたくこと、回すことまたは振ることの一つまたは複数であるかどうかを決定することにより、ユーザ意図を決定するように構成され得る。制御装置は、ロボットアームを自動的に動かす前にロボットアームの動きモードを動作可能にするように構成され得る。制御装置は、ロボットアームを自動的に動かしたのち、ロボットアームの動きモードを動作不可とするように構成され得る。

【００３８】

システムはさらに、動きモードを動作可能にするために、制御装置と連絡した外部制御ユニットを含み得る。外部制御ユニットは、フットペダル、ジョイスティック、マイクロホン、光検出器またはコンピューティング装置の一つまたは複数を含み得る。動きモードはインピーダンスモードまたはアドミタンスモードの一つまたは複数を含み得る。

【００３９】

ロボットアームはジョイント、リンクおよびインタフェース端部を含み得る。

【００４０】

制御装置は、たとえばしぐさ感知を通してユーザ意図を多くの方法で決定するように構成され得る。制御装置は、ロボットアームに加えられた力がジョイントに対する少なくとも一回たたくことを含むと決定することによってユーザ意図を決定し、少なくとも一回たたくことに応答して、アームの少なくとも一つの他のジョイントまたはインタフェース端部の位置を維持しながらロボットアームのジョイントを自動的に動かすことによってロボットアームを自動的に動かすように構成され得る。制御装置は、ロボットアームに加えられた力が、ロボットアームのジョイントの位置が維持されるときロボットアームのインタフェース端部に対する引くことを含むと決定することによってユーザ意図を決定し、ロボットアームのインタフェース端部を回転させることによってロボットアームを自動的に動かすように構成され得る。制御装置は、ロボットアームに加えられた力がロボットアームのインタフェース端部に対する押すことまたは引くことを含むと決定することによってユーザ意図を決定し、インタフェース端部に対する押すことまたは引くことに応答してロボットアームのインタフェース端部を自動的に動かし、ロボットアーム全体を自動的に動かしてインタフェース端部の動きを追わせることによってロボットアームを自動的に動かすように構成され得る。

【００４１】

制御装置は、ロボットアームを動かす前にロボットアームの初期位置を記憶するように構成され得る。制御装置は、決定されたユーザ意図に応答してロボットアームを動かしたのち、ロボットアームを初期位置に戻すように構成され得る。

[本発明1001]

互いに対して所定の分離距離および配向にある第一のロボットアームおよび第二のロボ

ットアームを含むロボットアームのシステムを提供する工程；
該第一のロボットアームに加えられた力を該第一のロボットアームによって検出する工程；
検出された力に応答して、該第一のロボットアームを第一の動きベクトルで自動的に動かす工程；ならびに
検出された力に応答して、該第一および第二のロボットアームの間の該所定の分離距離および配向が維持されるよう、該第二のロボットアームを第二の動きベクトルで自動的に動かす工程
を含む、ロボットアームのシステムを動かす方法。
[本発明1002]
第一および第二のロボットアームの間の所定の分離距離および配向が、該第一および第二のロボットアームの間の線形整列を含む、本発明1001の方法。
[本発明1003]
第一および第二のロボットアームの間の線形整列が、該第一および第二のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含む、本発明1001～1002のいずれかの方法。
[本発明1004]
第一のロボットアームを自動的に動かす工程が、該第一のロボットアームのインタフェース端部を、該第一および第二のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動させる工程を含み、該第二のロボットアームを自動的に動かす工程が、該第二のロボットアームのインタフェース端部を、該第一および第二のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動させる工程を含む、本発明1001～1003のいずれかの方法。
[本発明1005]
線上の点が第一および第二のロボットアームのインタフェース端部の間にある、本発明1001～1004のいずれかの方法。
[本発明1006]
線上の点が第一および第二のロボットアームのインタフェース端部を越える、本発明1001～1005のいずれかの方法。
[本発明1007]
検出された力に応答して、第一および第二のロボットアームの間の所定の分離距離および配向が維持されるよう、該第二のロボットアームを自動的に動かす工程が、該第一および第二のロボットアームをX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動させる工程を含む、本発明1001～1006のいずれかの方法。
[本発明1008]
第一の動きベクトルと第二の動きベクトルとが同じである、本発明1001～1007のいずれかの方法。
[本発明1009]
第一の動きベクトルと第二の動きベクトルとが異なる、本発明1001～1008のいずれかの方法。
[本発明1010]
ロボットアームのシステムがさらに第三のロボットアームを含み、第一、第二および第三のロボットアームが互いに対して所定の分離距離および配向にある、本発明1001～1009のいずれかの方法。
[本発明1011]
検出された力に応答して、第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の分離距離および配向が維持されるよう、該第三のロボットアームを第三の動きベクトルで自動的に動かす工程をさらに含む、本発明1001～1010のいずれかの方法。
[本発明1012]
第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の分離距離および配向が、該第一、第二および第三のロボットアームの間の線形整列を含む、本発明1001～1011のいずれかの方法。

[本発明1013]
第一、第二および第三のロボットアームの間の線形整列が、該第一、第二および第三のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含む、本発明1001～1012のいずれかの方法。
[本発明1014]
第一のロボットアームを自動的に動かす工程が、該第一のロボットアームのインタフェース端部を、該第一、第二および第三のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動させる工程を含み、該第二のロボットアームを自動的に動かす工程が、該第二のロボットアームのインタフェース端部を、該第一、第二および第三のロボットアームによって形成される線上の前記点を中心に枢動させる工程を含み、該第三のロボットアームを自動的に動かす工程が、該第三のロボットアームのインタフェース端部を、該第一、第二および第三のロボットアームによって形成される線上の前記点を中心に枢動させる工程を含む、本発明1001～1013のいずれかの方法。
[本発明1015]
前記線上の点が第一、第二または第三のロボットアームのインタフェース端部の二つ以上の間にある、本発明1001～1014のいずれかの方法。
[本発明1016]
前記線上の点が第一、第二または第三のロボットアームのインタフェース端部の二つ以上を越える、本発明1001～1015のいずれかの方法。
[本発明1017]
検出された力に応答して、第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の距離および配向が維持されるよう、該第三のロボットアームを自動的に動かす工程が、該第一、第二および第三のロボットアームをX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動させる工程を含む、本発明1001～1016のいずれかの方法。
[本発明1018]
第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上が同じである、本発明1001～1017のいずれかの方法。
[本発明1019]
第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上が異なる、本発明1001～1018のいずれかの方法。
[本発明1020]
第一のロボットアームに加えられた力を該第一のロボットアームによって検出する工程が、該第一のロボットアームのジョイントに加えられたトルクを検出する工程を含む、本発明1001～1019のいずれかの方法。
[本発明1021]
第一のロボットアームに加えられた力が患者の手術中に検出される、本発明1001～1020のいずれかの方法。
[本発明1022]
検出された力に応答して、ロボットアームのシステムの動きモードを動作可能にする工程をさらに含む、本発明1001～1021のいずれかの方法。
[本発明1023]
ロボットアームのシステムの動きモードがアドミタンスモードまたはインピーダンスモードの一つまたは複数を含む、本発明1001～1022のいずれかの方法。
[本発明1024]
第一および第二のロボットアームが動いたのち、システムの動きモードを動作不可とする工程をさらに含む、本発明1001～1023のいずれかの方法。
[本発明1025]
互いに対して所定の分離距離および所定の配向にある第一のロボットアームおよび第二のロボットアームを含むロボットアームのシステムを提供する工程；
該第一のロボットアームに対する検出された力に応答して、該第一のロボットアームを

第一の動きベクトルで自動的に動かす工程；ならびに
　検出された力に応答して、該第一および第二のロボットアームの間の所定の配向が維持されるよう、また、任意で、該第一および第二のロボットアームの間の所定の分離距離が維持されるよう、該第二のロボットアームを第二の動きベクトルで自動的に動かす工程
を含む、ロボットアームのシステムを動かす方法。
[本発明1026]
　第一のロボットアームに加えられた力を検出するように構成された力センサを含む第一のロボットアーム；
　第二のロボットアームであって、該第一および第二のロボットアームは互いに対して所定の分離距離および配向にある、第二のロボットアーム；ならびに
　該第一および第二のロボットアームに結合された制御装置であって、該第一および第二のロボットアームの間の所定の分離距離および配向が維持されるよう、（i）検出された力に応答して該第一のロボットアームを第一の動きベクトルで自動的に動かし、（ii）該検出された力に応答して該第二のロボットアームを第二の動きベクトルで自動的に動かすように構成された制御装置
を含む、ロボットアームのシステム。
[本発明1027]
　第一および第二のロボットアームの間の所定の距離および配向が該第一および第二のロボットアームの間の線形整列を含む、本発明1026のシステム。
[本発明1028]
　第一および第二のロボットアームの間の線形整列が該第一および第二のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含む、本発明1026～1027のいずれかのシステム。
[本発明1029]
　制御装置が、第一および第二のロボットアームのインタフェース端部を、該第一および第二のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動させるように構成されている、本発明1026～1028のいずれかのシステム。
[本発明1030]
　前記線上の点が第一および第二のロボットアームのインタフェース端部の間にある、本発明1026～1029のいずれかのシステム。
[本発明1031]
　前記線上の点が第一および第二のロボットアームのインタフェース端部を越える、本発明1026～1030のいずれかのシステム。
[本発明1032]
　制御装置が、第一および第二のロボットアームをX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動させるように構成されている、本発明1026～1031のいずれかのシステム。
[本発明1033]
　第一の動きベクトルと第二の動きベクトルとが同じである、本発明1026～1032のいずれかのシステム。
[本発明1034]
　第一の動きベクトルと第二の動きベクトルとが異なる、本発明1026～1033のいずれかのシステム。
[本発明1035]
　第三のロボットアームをさらに含み、第一、第二および第三のロボットアームが互いに対して所定の分離距離および配向にある、本発明1026～1034のいずれかのシステム。
[本発明1036]
　制御装置が、検出された力に応答して、第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の分離距離および配向が維持されるよう、第三のロボットアームを第三の動きベクトルで自動的に動かすように構成されている、本発明1026～1035のいずれかのシステム。
[本発明1037]

　第一、第二および第三のロボットアームの間の所定の距離および配向が該第一、第二および第三のロボットアームの間の線形整列を含む、本発明1026～1036のいずれかのシステム。
[本発明1038]
　第一、第二および第三のロボットアームの間の線形整列が該第一、第二および第三のロボットアームのインタフェース端部の間の線形整列を含む、本発明1026～1037のいずれかのシステム。
[本発明1039]
　制御装置が、第一、第二および第三のロボットアームのインタフェース端部を、該第一、第二および第三のロボットアームによって形成される線上の点を中心に枢動させるように構成されている、本発明1026～1038のいずれかのシステム。
[本発明1040]
　前記線上の点が第一、第二または第三のロボットアームのインタフェース端部の二つ以上の間にある、本発明1026～1039のいずれかのシステム。
[本発明1041]
　前記線上の点が第一、第二または第三のロボットアームのインタフェース端部の二つ以上を越える、本発明1026～1040のいずれかのシステム。
[本発明1042]
　制御装置が、第一、第二および第三のロボットアームをX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って一斉に平行移動させるように構成されている、本発明1026～1041のいずれかのシステム。
[本発明1043]
　第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上が同じである、本発明1026～1042のいずれかのシステム。
[本発明1044]
　第一の動きベクトル、第二の動きベクトルおよび第三の動きベクトルの二つ以上が異なる、本発明1026～1043のいずれかのシステム。
[本発明1045]
　第一のロボットアームが少なくとも一つのジョイントおよび少なくとも一つのリンクを含み、該第一のロボットアームの力センサが、該少なくとも一つのジョイントに結合されたトルクセンサを含む、本発明1026～1044のいずれかのシステム。
[本発明1046]
　第一のロボットアームが少なくとも一つのジョイントおよび少なくとも一つのリンクを含み、該第一のロボットアームの力センサが、該少なくとも一つのリンクに結合された触覚センサを含む、本発明1026～1045のいずれかのシステム。
[本発明1047]
　制御装置が、検出された力に応答してロボットアームのシステムの動きモードを動作可能にするように構成されている、本発明1026～1046のいずれかのシステム。
[本発明1048]
　ロボットアームのシステムの動きモードがアドミタンスモードまたはインピーダンスモードの一つまたは複数を含む、本発明1026～1047のいずれかのシステム。
[本発明1049]
　制御装置が、第一および第二のロボットアームが動いたのち、システムの動きモードを動作不可とするように構成されている、本発明1026～1048のいずれかのシステム。
[本発明1050]
　第一のロボットアーム；
　第二のロボットアームであって、該第一および第二のロボットアームは互いに対して所定の分離距離および配向にある、第二のロボットアーム；ならびに
　該第一および第二のロボットアームに結合された制御装置であって、該第一および第二のロボットアームの間の該所定の配向が維持されるよう、また、任意で、該第一および第

二のロボットアームの間の該所定の分離距離が維持されるよう、（i）該第一のロボットアームに対する検出された力に応答して該第一のロボットアームを第一の動きベクトルで自動的に動かし、（ii）該検出された力に応答して該第二のロボットアームを第二の動きベクトルで自動的に動かすように構成された制御装置
を含む、ロボットアームのシステム。
[本発明1051]
　本発明1026～1050のいずれかのロボットアームのシステムを提供する工程を含む方法。
[本発明1052]
　力ベクトルおよびタイミング特性を含む、ロボットアームに加えられた力を検出する工程；
　検出された力の該力ベクトルおよびタイミング特性に基づいてユーザ意図を決定する工程；ならびに
　決定されたユーザ意図に応答して該ロボットアームを自動的に動かす工程
を含む、ロボットアームを動かす方法。
[本発明1053]
　ロボットアームに加えられた力を検出する工程が、該力が該ロボットアームのジョイントに加えられたのか、リンクに加えられたのか、インタフェース端部に加えられたのかを検出する工程を含む、本発明1052の方法。
[本発明1054]
　ロボットアームに加えられた力を検出する工程が、該ロボットアームのジョイントに結合されたトルクセンサによって該力を検出する工程または該ロボットアームのリンクに結合された触覚センサによって該力を検出する工程の一つまたは複数を含む、本発明1052～1053のいずれかの方法。
[本発明1055]
　ユーザ意図を決定する工程が、加えられた力が、ロボットアームの少なくとも一部分をつかむこと、押すこと、引くこと、たたくこと、複数回たたくこと、回すことまたは振ることの一つまたは複数であるかどうかを決定する工程を含む、本発明1052～1054のいずれかの方法。
[本発明1056]
　ロボットアームを自動的に動かす前に該ロボットアームの動きモードを動作可能にする工程をさらに含む、本発明1052～1055のいずれかの方法。
[本発明1057]
　ロボットアームを自動的に動かしたのち、該ロボットアームの動きモードを動作不可とする工程をさらに含む、本発明1052～1056のいずれかの方法。
[本発明1058]
　動きモードを動作可能にする工程が、ロボットアームと連絡したフットペダル、該ロボットアームと連絡したジョイスティック、音声コマンド、検出された光または該ロボットアームと連絡したコンピューティング装置から命令を受ける工程を含む、本発明1052～1057のいずれかの方法。
[本発明1059]
　動きモードがインピーダンスモードまたはアドミタンスモードの一つまたは複数を含む、本発明1052～1058のいずれかの方法。
[本発明1060]
　ユーザ意図を決定する工程が、ロボットアームに加えられた力が該ロボットアームのジョイントに対する少なくとも一回たたくことを含むと決定する工程を含み、該ロボットアームを自動的に動かす工程が、該少なくとも一回たたくことに応答して、該アームの少なくとも一つの他のジョイントまたはインタフェース端部の位置を維持しながら該ロボットアームの該ジョイントを自動的に動かす工程を含む、本発明1052～1059のいずれかの方法。
[本発明1061]

ユーザ意図を決定する工程が、ロボットアームに加えられた力が、該ロボットアームのジョイントの位置が維持されるとき該ロボットアームのインタフェース端部に対する引くことを含むと決定する工程を含み、該ロボットアームを自動的に動かす工程が、該ロボットアームの該インタフェース端部を回転させる工程を含む、本発明1052～1060のいずれかの方法。

[本発明1062]

ユーザ意図を決定する工程が、ロボットアームに加えられた力が該ロボットアームのインタフェース端部に対する押すことまたは引くことを含むと決定する工程を含み、該ロボットアームを自動的に動かす工程が、該インタフェース端部に対する該押すことまたは引くことに応答して該ロボットアームの該インタフェース端部を自動的に動かし、該ロボットアーム全体を自動的に動かして該インタフェース端部の動きを追わせる工程を含む、本発明1052～1061のいずれかの方法。

[本発明1063]

ロボットアームを動かす前に該ロボットアームの初期位置を記憶する工程をさらに含む、本発明1052～1062のいずれかの方法。

[本発明1064]

決定されたユーザ意図に応答してロボットアームを動かしたのち、該ロボットアームを初期位置に戻す工程をさらに含む、本発明1052～1063のいずれかの方法。

[本発明1065]

ロボットアームに加えられた検出された力に基づいてユーザ意図を決定する工程；および

決定されたユーザ意図に応答して該ロボットアームを自動的に動かす工程

を含む、ロボットアームを動かす方法。

[本発明1066]

力ベクトルおよびタイミング特性を含む、ロボットアームに加えられた力を検出するように構成された力センサを含むロボットアーム；ならびに

該ロボットアームに結合された制御装置であって、（ｉ）検出された力の該力ベクトルおよびタイミング特性に基づいてユーザ意図を決定し、（ｉｉ）決定されたユーザ意図に応答して該ロボットアームを自動的に動かすように構成された制御装置

を含むロボットアームシステム。

[本発明1067]

力センサが、力がロボットアームのジョイントに加えられたのか、リンクに加えられたのか、インタフェース端部に加えられたのかを検出するように構成されている、本発明1066のシステム。

[本発明1068]

力センサが、ロボットアームのジョイントに結合されたトルクセンサまたは該ロボットアームのリンクに結合された触覚センサの一つまたは複数を含む、本発明1066～1067のいずれかのシステム。

[本発明1069]

制御装置が、加えられた力がロボットアームの少なくとも一部分をつかむこと、押すこと、引くこと、たたくこと、複数回たたくこと、回すことまたは振ることの一つまたは複数であるかどうかを決定することにより、ユーザ意図を決定するように構成されている、本発明1066～1068のいずれかのシステム。

[本発明1070]

制御装置が、ロボットアームを自動的に動かす前に該ロボットアームの動きモードを動作可能にするように構成されている、本発明1066～1069のいずれかのシステム。

[本発明1071]

制御装置が、ロボットアームを自動的に動かしたのち、該ロボットアームの動きモードを動作不可とするように構成されている、本発明1066～1070のいずれかのシステム。

[本発明1072]

動きモードを動作可能にするために、制御装置と連絡した外部制御ユニットをさらに含む、本発明1066～1071のいずれかのシステム。
[本発明1073]
外部制御ユニットが、フットペダル、ジョイスティック、マイクロホン、光検出器またはコンピューティング装置の一つまたは複数を含む、本発明1066～1072のいずれかのシステム。
[本発明1074]
動きモードがインピーダンスモードまたはアドミタンスモードの一つまたは複数を含む、本発明1066～1073のいずれかのシステム。
[本発明1075]
ロボットアームがジョイント、リンクおよびインタフェース端部を含む、本発明1066～1074のいずれかのシステム。
[本発明1076]
制御装置が、ロボットアームに加えられた力がジョイントに対する少なくとも一回たたくことを含むと決定することによってユーザ意図を決定し、該少なくとも一回たたくことに応答して、該アームの少なくとも一つの他のジョイントまたはインタフェース端部の位置を維持しながら該ロボットアームの該ジョイントを自動的に動かすことによって該ロボットアームを自動的に動かすように構成されている、本発明1066～1075のいずれかのシステム。
[本発明1077]
制御装置が、ロボットアームに加えられた力が、該ロボットアームのジョイントの位置が維持されるとき該ロボットアームのインタフェース端部に対する引くことを含むと決定することによってユーザ意図を決定し、該ロボットアームの該インタフェース端部を回転させることによって該ロボットアームを自動的に動かすように構成されている、本発明1066～1076のいずれかのシステム。
[本発明1078]
制御装置が、ロボットアームに加えられた力が該ロボットアームのインタフェース端部に対する押すことまたは引くことを含むと決定することによってユーザ意図を決定し、該インタフェース端部に対する該押すことまたは引くことに応答して該ロボットアームの該インタフェース端部を自動的に動かし、該ロボットアーム全体を自動的に動かして該インタフェース端部の該動きを追わせることによって該ロボットアームを自動的に動かすように構成されている、本発明1066～1077のいずれかのシステム。
[本発明1079]
制御装置が、ロボットアームを動かす前に該ロボットアームの初期位置を記憶するように構成されている、本発明1066～1078のいずれかのシステム。
[本発明1080]
制御装置が、決定されたユーザ意図に応答してロボットアームを動かしたのち、該ロボットアームを初期位置に戻すように構成されている、本発明1066～1079のいずれかのシステム。
[本発明1081]
本発明1066～1080のいずれかのロボットアームシステムを提供する工程を含む方法。
【図面の簡単な説明】
【００４２】
【図１】多くの態様のロボット内視鏡システムを示す。
【図２Ａ】多くの態様のロボット手術システムを示す。
【図２Ｂ】多くの態様の、患者の頭部近くに麻酔カートが提供されている、図2Aのシステムのオーバヘッド図を示す。
【図２Ｃ】図2Aのシステムの図を示す。
【図２Ｄ】多くの態様の、図2Aのロボット手術システムの多用性を示す、図2Aのシステムのアーム202および204の代替配置を示す。

【図２Ｅ】多くの態様の、図2Aのロボット手術システムの多用性を示す、図2Aのシステムのアーム202および204の代替配置を示す。
【図３Ａ】多くの態様の、複数の仮軌道を有するシステムのオーバヘッド図を示す。
【図３Ｂ】多くの態様の、さらなるロボットアーム、対応するツールベースおよびツールを有する図3Aのロボット手術システムの使用を示す。
【図４Ａ】本発明の態様のモジュール性を示す。
【図４Ｂ】本発明の態様のモジュール性を示す。
【図５Ａ】本発明の態様の、ロボットシステムのメカニカルアームに結合された機構交換インタフェースの態様を示す。
【図５Ｂ】図5Aのオス型機構交換インタフェース502の代替図を示す。
【図５Ｃ】図5Aおよび5Bのオス型機構交換インタフェース502と接続するための、器具装置マニピュレータに結合された反対側のメス型機構交換インタフェースを示す。
【図５Ｄ】図5Cのメス型機構交換インタフェース508の代替図を示す。
【図６】本発明のロボット手術システムのためのモジュールの代替態様を示す。
【図７】本発明のロボット手術システムのためのモジュールの代替態様を示す。
【図８Ａ】本発明のロボット手術システムのためのモジュールの代替態様を示す。
【図８Ｂ】本発明のロボット手術システムのためのモジュールの代替態様を示す。
【図９】本発明の態様にしたがって図1のロボットシステム100とともに使用され得るロボットカテーテルの図である。
【図１０Ａ】本発明の態様の可撓性内視鏡装置のシースの構造を示す。
【図１０Ｂ】本発明の態様の可撓性内視鏡装置のシースの構造を示す。
【図１０Ｃ】本発明の態様の可撓性内視鏡装置のシースの構造を示す。
【図１１Ａ】本発明の態様の可撓性内視鏡装置の構造を示す。
【図１１Ｂ】本発明の態様の可撓性内視鏡装置の構造を示す。
【図１２】従来の可撓性器具に見られるマッスリングおよびカーブアライメント現象ならびに本発明の態様によって示される改善を示す。
【図１３】本発明の態様の、ルーメン内に軸方向に剛性の管を有する可撓性内視鏡装置の構造を示す。
【図１４】本発明の態様の、可撓性内視鏡装置のルーメン内のらせんパターンの構造を示す。
【図１５Ａ】本発明の態様の、ロボットカテーテルシステムのロボットカテーテルを示す。
【図１５Ｂ】図15Aのロボットカテーテル1500の代替図を示す。
【図１６】本発明の態様のロボットカテーテルの末端を示す。
【図１７Ａ】本発明の独立駆動機構を示す。
【図１７Ｂ】本発明の独立駆動機構を示す。
【図１８】図17Aおよび17Bの独立駆動機構の代替図を示し、本発明の態様の、張り感知装置を有する可撓性内視鏡装置のシースの構造を示す。
【図１９Ａ】図17A、17Bおよび18の独立駆動機構を別の角度から見た切欠き図を示す。
【図１９Ｂ】本発明の態様の、ロボットカテーテルと組み合わされた前記独立駆動機構の切欠き図を示す。
【図２０】本発明の態様の、ロボットカテーテルからのプルワイヤを有する前記独立駆動機構の代替図を示す。
【図２１】本発明の態様にしたがって、水平方向の力に対して垂直に向けられたひずみゲージによって水平方向の力を計測し得る方法を示す概念図を示す。
【図２２】本発明の態様にしたがって、らせんルーメンを有するカテーテル装置を構成する方法のフローチャートを示す。
【図２３】本発明の態様にしたがって可撓性内視鏡装置を製造するための専用ノーズコーンを示す。
【図２４】本発明の態様の、可撓性内視鏡装置を製造するためのシステムを示す。

【図２５】本発明の態様の、プルルーメンが装置の周囲に対称に配置されている可撓性内視鏡装置の断面図を示す。
【図２６Ａ】本発明の態様の、プルルーメンが装置の周囲に対称に配置されていない可撓性内視鏡装置の断面図を示す。
【図２６Ｂ】本発明の態様の、図26Aの可撓性内視鏡装置の等角図を示す。
【図２７】本発明の態様にしたがって図26Aおよび26Bの可撓性内視鏡装置を製造する方法の流れ図を示す。
【図２８Ａ】中心線座標、直径計測および解剖学的空間の間の関係を示す。
【図２８Ｂ】中心線座標、直径計測および解剖学的空間の間の関係を示す。
【図２９】本発明の態様の、解剖学的空間を表すコンピュータ生成三次元モデルを示す。
【図３０】本発明の態様の、電磁場発生器と組み合わされた電磁トラッカを利用するロボットカテーテルシステムを示す。
【図３１】本発明の態様の位置合わせ工程の流れ図を示す。
【図３２Ａ】本発明の態様の、解剖学的管腔内のロボットカテーテルの末端を示す。
【図３２Ｂ】本発明の態様の、解剖学的管腔内の手術部位で使用中の図32Aのロボットカテーテルを示す。
【図３２Ｃ】本発明の態様の、解剖学的管腔内の手術部位で使用中の図32Bのロボットカテーテルを示す。
【図３３Ａ】本発明の態様の、解剖学的管腔内で末端撓み部分に結合されたロボットカテーテルを示す。
【図３３Ｂ】本発明の態様の、解剖学的管腔内の手術部位で使用中の鉗子ツールを有する図33Aのロボットカテーテルを示す。
【図３３Ｃ】本発明の態様の、解剖学的管腔内の手術部位で使用中のレーザ装置を有する図33Aのロボットカテーテルを示す。
【図３４】本発明の態様のロボット手術システムのコマンドコンソールを示す。
【図３５Ａ】本発明の態様のロボットカテーテルシステムの異なる図を示す。
【図３５Ｂ】本発明の態様のロボットカテーテルシステムの異なる図を示す。
【図３６】本発明の態様の、仮軌道の角度が大きく増したロボットカテーテルシステムの等角図を示す。
【図３７】本発明の態様にしたがって、メカニカルアームの使用がカテーテル座屈および無駄な長さを減らす血管処置の一連の平面図を示す。
【図３８Ａ】本発明の態様にしたがってロボットカテーテルを頸動脈に挿入し得る血管処置を示す。
【図３８Ｂ】本発明の態様にしたがってロボットカテーテルを頸動脈に挿入し得る血管処置を示す。
【図３９】本発明の態様にしたがってロボットカテーテルを上腕動脈に挿入し得る血管処置を示す。
【図４０Ａ】本発明の態様にしたがってロボットカテーテルを橈骨動脈に挿入し得る血管処置を示す。
【図４０Ｂ】本発明の態様にしたがってロボットカテーテルを橈骨動脈に挿入し得る血管処置を示す。
【図４１】多くの態様にしたがってロボット手術システムのアームを整列させる方法を示すフローチャートを示す。
【図４２Ａ】多くの態様にしたがって三つまでの次元で平行移動するロボット手術システムの整列したアームの略図を示す。
【図４２Ｂ】多くの態様にしたがってロボットアームの装置マニピュレータの一つを中心に枢動するロボット手術システムの整列したアームの略図を示す。
【図４２Ｃ】多くの態様にしたがってロボットアームの装置マニピュレータの二つの間の点を中心に枢動するロボット手術システムの整列したアームの略図を示す。
【図４２Ｄ】多くの態様にしたがってロボットアームの装置マニピュレータの二つを越え

る点を中心に枢動するロボット手術システムの整列したアームの略図を示す。
【図４３】多くの態様にしたがってロボット手術システムのロボットアームを操作する方法を示すフローチャートを示す。
【発明を実施するための形態】
【００４３】
詳細な説明
特定の好ましい態様および例が以下に開示されるが、本発明の主題は、具体的に開示される態様を超えて他の代替態様および／または使用ならびにそれらの変形および均等物に及ぶ。したがって、明細書に付随する特許請求の範囲は、以下に記す特定の態様のいずれによっても限定されない。たとえば、本明細書に開示される任意の方法またはプロセスにおいて、方法またはプロセスの行為または動作は、任意の適当な順序で実施され得、必ずしも、開示される任意の特定の順序に限定されない。他方、特定の態様の理解に役立ち得るようなやり方で様々な動作が複数の別々の動作として記載されることもあるが、記載の順序は、それらの動作が順序依存性であることを暗示するものと解釈されるべきではない。加えて、本明細書に記載される構造、システムおよび／または装置は、統合された部品として具現化されてもよいし、または別々の部品として具現化されてもよい。
【００４４】
様々な態様を比較するために、これらの態様の特定の局面および利点を記載する。必ずしもそのような局面または利点のすべてが任意の特定の態様によって達成されるわけではない。したがって、たとえば、本明細書に教示される一つの利点または利点の群を達成または最適化し、同じく本明細書に教示または暗示され得るような他の局面または利点を必ずしも達成しないようなやり方で様々な態様が実施されてもよい。
【００４５】
概観
管腔内外科手術ロボットシステムは、やっかいな腕の動きおよび位置を要することなく、エルゴノミクス的な位置に着座し、ロボット内視鏡ツールを患者内の所望の解剖学的位置に制御する能力を外科医に提供する。
【００４６】
ロボット内視鏡ツールは、その長径沿いの少なくとも二つの地点で複数の自由度を提供することにより、人体内の管腔中で容易にナビゲートする能力を有する。ツールの制御点は、人体内の曲がりくねった経路をナビゲートするとき、有意に、より本能的な装置の制御を外科医に提供する。また、ツールの先端は、全360°の旋回（roll）角の場合で0～90°の屈曲が可能である。
【００４７】
外科手術ロボットシステムは、患者内の所望の解剖学的位置への誘導に関して医師を支援するために、外部センサベースのナビゲーション技術および内部視覚ベースのナビゲーション技術の両方を組み込み得る。ナビゲーション情報は二次元表示手段または三次元表示手段で運ばれ得る。
【００４８】
システム部品
図1は、本発明の態様のロボット内視鏡システムである。図1に示すように、ロボットシステム100は、少なくとも一つのメカニカルアーム、たとえばアーム102を有するシステムカート101を含み得る。システムカート101は、遠隔に位置するコマンドコンソール（図示せず）と通信状態にあり得る。実際、システムカート101は、医師がコマンドコンソールから快適にシステム100を制御し得る間、患者へのアクセスを提供するように配置され得る。いくつかの態様において、システム100は、安定性および患者へのアクセスのために、手術台またはベッドに統合されてもよい。
【００４９】
システム100内で、アーム102は、いくつかの態様においては制御電子部品、電源および光学ソースを含む多様なサポートシステムを含むシステムカート101に固く結合され得る

。アーム102は、患者の手術部位へのアクセスを可能にするために複数のリンケージ110およびジョイント111から形成され得る。システムカート101は、電源112、空気圧113および制御・センサ電子部品114（中央処理ユニット、データバス、制御回路およびメモリのような部品を含む）ならびにアーム102のようなアームを駆動し得る関連するアクチュエータまたはモータを含み得る。パワーが、当業者には公知の多様な手段、たとえば電気配線、ギヤヘッド、エアチャンバを使用して、システムカート101からアーム102に運ばれ得る。システムカート101中の電子部品114はまた、コマンドコンソールから送られた制御信号を処理し、送信し得る。

【００５０】

システムカート101はまた、車輪115によって示すように、可動性であってもよい。いくつかの態様において、システムカートは、患者の近くの所望の場所まで動かし得る。システムカート101は、空間の必要性を受け入れ、患者に対するモジュールおよび器具の適切な配置および移動を容易にするために、手術室中の様々な場所に配置され得る。この能力が、患者、医師、麻酔科医または選択された処置に求められる任意の外科的支援器具に干渉しない位置にアームを配置することを可能にする。処置中、器具を有するアームは、触覚デバイス、ジョイスティックまたはカスタマイズされたペンダントを有するコマンドコンソールを含み得る別々の制御装置を介するユーザ制御により、共同的に作動する。

【００５１】

メカニカルアーム

アーム102の基端はカート101に固く取付けまたは結合され得る。メカニカルアーム102は、アーム一つあたり少なくとも一つのジョイント、たとえばジョイント111によって接続された複数のリンケージ110を含む。メカニカルアーム102がロボットアームであるならば、ジョイント111は、少なくとも1の自由度の動きに作用するために、一つまたは複数のアクチュエータを含み得る。アーム102は、全体として、好ましくは、3よりも多い自由度を有する。ワイヤおよび回路の組み合わせを通して、各アームはまた、パワーおよび制御信号をシステムカート101からアームの末端に位置する器具へと運び得る。

【００５２】

いくつかの態様において、アームは、患者を載せた手術台に固く結合されてもよい。いくつかの態様において、アームは、手術台のベースに結合され、患者にアクセスするためにぐるりと延びてもよい。

【００５３】

いくつかの態様において、メカニカルアームはロボット駆動でなくてもよい。そのような態様において、メカニカルアームは、ブレーキとカウンタバランスとの組み合わせを使用してアームの位置を保持するリンケージおよびセットアップジョイントで構成される。いくつかの態様において、カウンタバランスは、ガスばねまたはコイルばねから構成され得る。フェースセーフブレーキのようなブレーキは機械的または電気機械的であり得る。いくつかの態様において、アームは、重力支援パッシブサポートアームであってもよい。

【００５４】

末端側で、各アームは、機構交換インタフェース（MCI）、たとえば116を介して、器具装置マニピュレータ（IDM）、たとえば117に結合され得る。好ましい態様において、MCI116は、空気圧、電力、電気信号および光学信号をアームからIDM117に通すためのコネクタを含み得る。いくつかの態様において、MCI116は、止めねじまたはベースプレート接続のような簡単なものであってもよい。

【００５５】

IDM117は、ダイレクトドライブ、ハーモニックドライブ、ギヤドライブ、ベルト・プーリまたは磁気ドライブを含む、外科器具を操作するための多様な手段を有し得る。当業者は、器具装置に対してアクチュエータを制御するための多様な方法を使用し得ることを理解するであろう。

【００５６】

いくつかの態様において、IDMは着脱可能でありうる。ロボットシステム内で、MCI、た

とえば116は、多様な処置特異的IDM、たとえば117と交換可能であり得る。この態様において、IDMの交換可能性は、ロボットシステム100が様々な処置を実施することを可能にする。
【００５７】
好ましい態様は、末端にリストを有するジョイントレベルトルク感知を有するロボットアーム、たとえばKuka AGのLBR5を使用し得る。これらの態様は、七つのジョイントを有するロボットアームを有するが、実行中の処置を妨害しないようにリストを同じ姿勢に維持しながらも、患者、他のロボットアーム、手術台、医療関係者または手術の場に近い器具との潜在的なアーム衝突を回避するために余分なジョイントが提供されている。当業者は、少なくとも3の自由度、より好ましくは6以上の自由度を有するロボットアームが本明細書に記載される発明の概念に入ることを理解し、さらに、一つより多いアームがさらなるモジュールを提供され得、各アームが共通または別々に、カート、複数のカート、または手術ベッドもしくは台のいずれかに取り付けられ得ることを理解するであろう。
【００５８】
仮軌道構造
システム100中のアーム102は、多様な処置に使用するために多様な姿勢に配置され得る。たとえば、システム100のアーム102は、少なくとも一つのロボットアームを有する別のロボットシステムと組み合わせて、末端側に取り付けられたIDMを整合させ、内視鏡ツール118の挿入および操作を容易にする「仮軌道」を形成するように配置され得る。他の処置の場合、アームは異なるふうに配置され得る。したがって、システム100中のアームの使用は、特定の医療処置と直に結び付く設計を有するロボットシステムには見られない融通性を提供する。システム100のアームは、潜在的にはるかに大きい行程および積荷能力を提供する。複数のアームが手術ベッド／台プラットフォームに連結される他の態様において、仮軌道配置の多重性を、多様な異なる処置のために構成しうる。
【００５９】
図2Aは本発明の態様のロボット外科手術システム200を示す。システム200は、内視鏡ツールベース206および208をそれぞれ保持する第一のアーム202および第二のアーム204を共同して含む二つのシステムカートを含む。ツールベース206は、それに機能的に接続された制御可能な内視鏡シース210を有する。ツールベース208は、それに機能的に接続された可撓性内視鏡リーダ212を有する。いくつかの態様において、ツールベースは、先に開示したように、IDMおよび／またはMCIを介してアーム202および204に連結されうる。
【００６０】
アーム202および204は、シース210の基端216がリーダ212の基端222よりも末端方向にあり、リーダ212が二つのアームの間で約180°の角度でシース210と軸方向に整合した状態でとどまって、シース210およびリーダ212を含む軌道がほぼまっすぐ、すなわち180°である「仮軌道」を生じさせるように、ツールベース206および208を整合させる。後で説明するように、仮軌道は90～180°の角度を有し得る。一つの態様において、シース210は、リーダ212がその中にスライド式に配置された状態で、たとえば、挿入およびナビゲーション中に絶えず仮軌道を維持しながら、患者の口中の気管内チューブ（図示せず）および患者211の中、そして最終的には患者の気管支系の中にロボット的に挿入される。アームは、コンソール203（図2B）の前にいる医師（図示せず）の管理下、シース210および内視鏡212を互いに対して軸方向かつ患者211の中または外に移動させ得る。別の態様において、シース210は、リーダ212をその中にスライド式に配置した状態で、患者の尿道へ、そして最終的には患者の尿路へ、ロボット的に挿入されうる。
【００６１】
ナビゲーションは、たとえば、シース210をリーダ212に沿って患者211の中に進めることによって達成され、その後、リーダ212をシースの末端213よりも先に進めたのち、所望の目的地に達するまでシース210をリーダ212と均等に配し得る。他のナビゲーションモード、たとえば非限定的に、リーダ212の作業チャネルを通過するガイドワイヤを使用するモードを使用してもよい。医師は、ナビゲーションを支援し、医療処置を実施するための

任意の数の視覚誘導様式またはそれらの組み合わせ、たとえば蛍光透視法、ビデオ、CT、MRなどを使用してもよい。さらに、いくつかの態様において、末端カメラおよびレンズなどのイメージング手段をリーダ212の末端に取り付けうる。そして、リーダ212の末端220を手術部位にナビゲートし得、リーダ212内の縦方向に整合した作業チャネルを通してツールを展開して所望の処置を実施する。仮軌道は、ナビゲーション処置および任意の後続の手術処置の間、維持されてもよい。当業者が理解するように、シースの中をスライドする可撓性内視鏡を使用して、ツールを要し得る、またはツールを全く要しない任意の数の代替処置を実施することができる。

【００６２】

図2Bは、麻酔カート201が患者の頭部近くに提供されているシステム200のオーバヘッド図を示す。加えて、シース210、内視鏡リーダ212ならびに関連するアーム202および204ならびにツールベース206および208（図2Aを参照）を制御するために、ユーザインタフェースを有する制御コンソール203が提供されている。

【００６３】

図2Cは、図2Aのシステム200の斜視図を示す。ツールモジュール206および208が、対応するシース210およびリーダ212とともに、アーム202および204に取り付けられ、180°の仮軌道中に配置されている。アームは一つのカート上に示され、それがさらなるコンパクトさおよび易動性を提供している。ツールベース206および208は、シース210およびリーダ212中で腱を引っ張ってそれぞれの末端を操舵するためにプーリシステムまたは他のアクチュエーションシステムを有する。ツールベース206および208は、シースおよび内視鏡のための他の所望のユーティリティ、たとえば空気圧、電気的データ通信（たとえば視覚用）、機械的アクチュエーション（たとえばモータ駆動軸）などを提供し得る。これらのユーティリティは、別個の供給源または両供給源の組み合わせからアームを介してツールベースに提供され得る。

【００６４】

図2Dおよび2Eは、本発明の態様のロボット外科手術システムの多用性を示すアーム202および204の代替配置を示す。図2D中、アーム202および204は、180°の仮軌道を維持しながらも器具（シース210およびリーダ212を含む）を水平から75°の角度で患者211の口の中に配置するように延び得る。これは、必要ならば、室内の空間要件を受け入れるために、処置中に実施されてもよい。75°の角度は、限定としてではなく、実例による説明のために選択されたものである。

【００６５】

図2Eは、本発明の態様の、ツールベース206および208が整合して角度90°の仮軌道を形成しているアーム202および204の代替配置を示す。この態様において、器具（シース210およびリーダ212を含む）は、水平から75°の角度で患者213の口に入る。ツールベース206および208は、リーダ212が患者213の口に入る前にツールベース206で90°曲がるように整合している。リーダ212の曲がりを容易にするために、硬質または半硬質の患者インターフェース、たとえば管を使用して、シース210内のリーダ212の滑らかな伸縮を保証してもよい。いくつかの態様において、追加的な機械的またはロボットアームを用いて、患者インターフェースを患者に対して固定位置に保持しうる。

【００６６】

シース210内のリーダ212の伸縮は、リーダ212が追跡する線形経路に沿ってツールベース208をツールベース206に近づける、またはツールベース206から遠ざけることのいずれかによって制御され得る。シース210の伸縮は、シース210が追跡する線形経路に沿ってツールベース206を患者213に近づける、または患者213から遠ざけることによって制御され得る。シース210を伸縮させるときリーダ212の意図しない伸縮を避けるために、ツールベース208もまた、シース210に対して平行な線形経路に沿って動かしてもよい。

【００６７】

仮軌道は、硬質器具および可撓性器具の両方を駆動するのに有用であり、特に、伸縮動の要件がある場合に有用である。仮軌道の使用は一つの軌道に限定されず、複数の仮軌道

からなることもでき、その場合、アームが協調して作動して、一つまたは複数の処置の実施中に個々の仮軌道を維持する。

【００６８】

図3Aは、本発明の態様の、複数の仮軌道を有するシステムのオーバーヘッド図を示す。図3A中、ロボットアーム302、304および306はそれぞれツールベース308、310および312を保持する。ツールベース308および310は可撓性ツール314および316に機能的に結合され得る。ツール314およびツール316は遠隔ロボット制御可撓性内視鏡器具であり得る。ツールベース312はデュアルルーメンシース318に機能的に結合され得、このシース中、各ルーメンがツール314および316を受ける。アーム302および304はそれぞれ、ロボットアーム306とともに仮軌道を維持し得、三つすべてのアームの動きは、仮軌道を維持し、ツール314、316およびシース318を互いにおよび患者に対して動かすように協調され得る。

【００６９】

図3Bは、さらなるロボットアーム320ならびに対応するツールベース322およびツール324を有する図3Aのロボット外科手術システムの使用を示す。この態様において、シース325は三つのルーメンを有し得る。または、シース325は、ツール314、316および324へのアクセスを提供するために一つよりも多いシースを含み得る。理解されるように、アームの数を対応するモジュールおよび器具の数とともに増減させる能力は、大きな数および融通性の外科的構成を可能にし、それが他方で、高価なアームの他への転用および複数の相対的に安価なモジュールの使用を可能して、費用を減らしながらも大きな多用性を達成する。

【００７０】

仮軌道を形成するためには、複数のアームおよび／またはプラットフォームを利用し得る。各プラットフォーム／アームは、その他のものに対して位置合わせされなければならず、それは、視覚、レーザ、機械、磁気または固着を含む複数の様式によって達成することができる。一つの態様において、位置合わせは、一つのベースを有するマルチアーム型装置により、機械的位置合わせを使用して達成され得る。機械的位置合わせにおいて、態様は、アーム／プラットフォームの配置、位置および配向を、一つのベースに対するそれらの位置、配向および配置に基づいて位置合わせし得る。もう一つの態様において、位置合わせは、複数のベースを有するシステムにより、個々のベース位置合わせおよび複数のロボットアーム間の「ハンドシェイク」を使用して達成され得る。複数のベースを有する態様において、位置合わせは、異なるベースから一斉にアームに触れ、（ｉ）物理的接触、および（ｉｉ）これらのベースの相対位置に基づいて、位置、配向および配置を計算することによって達成され得る。いくつかの態様においては、位置合わせ目標を使用して、アームの位置および配向を互いに対して合致させてもよい。そのような位置合わせを通して、アームおよび器具駆動機構を互いに対して空間的に計算し得る。当業者は、ロボットプラットフォームを位置合わせするために、多くの異なる方法を用いることができる。

【００７１】

システムのモジュール性および融通性

図1に戻ると、ロボット外科手術システム100は、たとえばIDM117およびツール118（エンドエフェクタとも知られる）を交換することによって複数の外科手術システム構成を提供するようなやり方で構成され得る。システムは、手術室中の様々な場所または好都合な近場に設置された一つまたは複数の可動ロボットプラットフォームを含み得る。各プラットフォームは、プラットフォームに結合されるロボットアームのためのパワー、空気圧、照明光源、データ通信ケーブルおよび制御電子部品のいくつかまたはすべてを提供し得、モジュールもまた、これらのユーティリティから供給を受け得る。または、システム100は、一つまたは複数の可動カート101に取り付けられた複数のアーム102を有してもよいし、またはアームは、複数の外科手術構成を提供するために、フロアに取り付けられてもよい。

【００７２】

複数のアームおよびプラットフォームに加えて、本発明の特定の態様は、複数のモジュールまたはエンドエフェクタ機構の間で容易に交換するように設計されている。様々な外

科手術処置または処置内の工程が、様々なモジュールおよび対応する器具セットの使用、たとえば異なるサイズのシースおよび内視鏡の組み合わせの間で交換することを要する場合もある。交換可能性は、様々な臨床処置および外科的手法の調節のためにシステムが再構成することを可能にする。

【００７３】

図4Aは、交換可能なモジュールおよび器具と適合性である態様を示す。先に示し、説明したような手術システム400は、一つまたは複数のロボットアーム401を有し、このロボットアームに、IDMまたはモジュール402がツールまたは器具403とともに取り付けられている。モジュール402'および402''ならびに対応する器具403'および403''は、ロボットアーム401上で交換されることもできるし、異なるロボットアーム（図示せず）によってピックアップされて別のモジュールとともに単独で使用されることもできる。各モジュールは、指定された処置のための様々なタイプの器具を駆動するために使用される専用の電気機械的システムである。器具を駆動するために、各IDMまたはモジュールは、モータを含み得る独立駆動システムを含み得る。IDMまたはモジュールは、校正およびアプリケーション関連情報を記録するセンサ（たとえばRFID）またはメモリチップを含み得る。新たな機構がロボットアームに接続されたのちシステム校正チェックが求められることもある。いくつかの態様において、モジュールは、対応するシース、カテーテルリーダまたは可撓性内視鏡を制御し得る。

【００７４】

図4A中、システム400は、グローバル登録およびセンサの使用を通してIDM402をIDM402'および402''と自ら交換し得る。いくつかの態様において、IDM402''および403''は、システムカート404上の、識別および近接センサで構成されている所定の「ドッキングステーション」に格納される。これらのステーションにおけるセンサは、どのIDMがドッキングステーションに「ドッキング」されているのか登録し、識別するために、RFID、光学スキャナ（たとえばバーコード）、EEPROMおよび物理的近接センサのような技術を利用し得る。ロボットアーム401およびIDMドッキングステーションはシステムカート404上にあるため、識別および近接センサは、ドッキングステーションにあるIDMをロボットアームに対して登録することを可能にする。同様に、一つのシステムカート上に複数のアームを有する態様においては、複数のアームが、上述の登録システムおよびセンサの組み合わせを使用して、ドッキングステーション上のIDMにアクセスし得る。

【００７５】

図4Bは、モジュール402を交換し、ロボットアーム401に取り付けるために使用され得る交換機構404および405の二つの異なる斜視図を示す。交換機構404および405は、図4Aのモジュール402のようなモジュールと、図4Aのロボットアーム401のようなロボットアームとの間の接続を提供する。いくつかの態様において、機構404は、ロボットアーム上のインタフェースであり得る機構405への接続のための、モジュール上のインタフェース、たとえば器具駆動機構であり得る。機構404は、フランジ407を機構405のリング408の中に接続するための機構インタフェース411を提供し得る。同様に、インタフェースは、パワー伝達（409）、光ファイバ、データ通信、空気接続（410、411）、ツール、たとえばシースおよび可撓性内視鏡を制御するためのプーリシステムを駆動するためのモータを提供し得る。シースおよび可撓性内視鏡態様に関して記載したように、シースおよび可撓性内視鏡は交換機構に動作的に結合されるであろう。

【００７６】

図5A～5Dは、本発明の態様のロボットシステムにおける機構交換インタフェースを示す。図5Aは、本発明の態様の、ロボットシステム中のロボットアームに結合された機構交換インタフェースの実施形態を具体的に示す。図5Aに示すように、ロボットアーム500の末端部分は、「オス型」機構交換インタフェース502に結合された関節型ジョイント501を含む。関節型ジョイント501は、ロボットアーム500に結合するように構成されている器具装置機構（図示せず）の操作に関してさらなる自由度を提供する。オス型機構交換インタフェース502は、IDM上の反対側のメス型レセプタクルコネクタインタフェース（図示せず）

への強い物理的接続を提供するオス型コネクタインタフェース503を提供する。オス型コネクタインタフェース503上の球形の凹みが、IDM上のメス型レセプタクルインタフェース上の反対側の凹みに物理的に結合する。球形の凹みは、空気圧がロボットアーム500に沿ってオス型機構交換インタフェース502の中に運ばれると、延び得る。オス型機構交換インタフェース502はまた、空気圧をIDMに伝達するための接続504を提供する。加えて、機構交換インタフェースのこの態様は、オス型機構交換インタフェース502とその反対側のメス型インタフェースとが正しく整合していることを保証する整合センサ505を提供する。

【００７７】

図5Bは、ロボットアーム500から切り離されたオス型機構交換インタフェース502の代替図を示す。図5Aに関して説明したように、オス型機構交換インタフェース502は、フランジ様のオス型コネクタインタフェース503、空気コネクタ504および整合センサ505を提供する。加えて、電気信号をIDM上の反対側のインタフェース（図示せず）に接続するための電気インタフェース506。

【００７８】

図5Cは、図5Aおよび5Bのオス型機構交換インタフェース502と接続するための、器具装置マニピュレータに結合された反対側のメス型機構交換インタフェースを示す。図5Cに示すように、器具装置マニピュレータ507が、ロボットアーム500上のオス型機構交換インタフェース502に接続するように構成されているメス型機構交換インタフェース508に結合されている。メス型機構交換インタフェース508は、オス型機構交換インタフェース502のフランジ様オス型コネクタインタフェース503に結合するように設計されているメス型レセプタクルインタフェース509を提供する。メス型レセプタクルインタフェース509はまた、オス型コネクタインタフェース503上の球形の凹みをつかむための溝を提供する。空気圧が加えられると、オス型コネクタ503上の球形の凹みは延び、オス型コネクタインタフェース503およびレセプタクルインタフェース509はIDM507をロボットアーム500に確実に結合する。また、反対側のメス型機構交換インタフェース508は、コネクタ504から運ばれた空気圧を受けるための空気圧コネクタ510を提供する。

【００７９】

図5Dは、図5Cのメス型機構交換インタフェース508の代替図を示す。前記のように、反対側の機構交換インタフェース508は、レセプタクルインタフェース509、ロボットアーム500上の機構交換インタフェース502とインタフェースするための空気コネクタ510を含む。加えて、機構交換インタフェース508はまた、電気信号（パワー、制御、センサ）を機構交換インタフェース502中のモジュール506に送信するための電気モジュール511を提供する。

【００８０】

図6～9Bは、図4のシステム400を使用して操作され得る追加的な交換可能なモジュールを示す。図6は、患者605の腹部604に向けられている、一つのロボットアーム603上の器具インタフェース602を介して接続されたシングルポート腹腔鏡器具601を使用する本発明の態様を示す。

【００８１】

図7は、それぞれが一対のロボットアーム702、703および705、706を有する2セットのロボットサブシステム701および704を有する本発明の態様を示す。各ロボットアームの末端の器具インタフェースを介して腹腔鏡器具707、708、709、710がそれぞれ接続され、すべての器具がいっしょに作動して一人の患者711における処置を実施する。

【００８２】

図8Aは、一つのロボットアーム802を有し、そのロボットアーム802に器具インタフェース803を介して顕微鏡ツール804が接続されている、サブシステム801を有する本発明の態様を示す。いくつかの態様において、顕微鏡ツール804は、患者807の手術区域の視覚化を支援するために医師806によって使用される第二の顕微鏡ツール805とともに使用されてもよい。

【００８３】
図8Bは、図8Aのサブシステム801を、顕微手術を実施するためのサブシステム808とともに使用し得る本発明の態様を示す。サブシステム808はロボットアーム809および810を提供し、各アームは、各それぞれのアーム上の器具インタフェースを介して接続された顕微手術ツール811および812を有する。いくつかの態様において、一つまたは複数のロボットアームは、ロボットアームの到達範囲内の台または他の適当な保持機構、たとえばドッキングステーションで工具をピックアップし、交換することができる。図8Aに、ロボットアームが取り付けられているカートの脇に収容された、交換可能なモジュールを示す。
【００８４】
ロボットカテーテル設計
好ましい態様において、図1のロボットシステム100は、多様な外科処置のためにカスタマイズされたツール、たとえばロボットカテーテル118を駆動し得る。図9は、本発明の態様の、図1のロボットシステム100とともに使用され得るロボットカテーテルの図である。ロボットカテーテル900は、「シース」および「リーダ」と呼ばれる、入れ子式に収容された縦方向に整合した管状ボディの周囲に配置され得る。外径が大きいほうの管状ツールであるシース901は、基端シース部分902、末端シース部分903および中央シースルーメン（図示せず）で構成され得る。シースベース904に受けられた信号により、末端シース部分903を術者の所望の方向に屈曲させ得る。シース901内には、外径が小さいほうのリーダ905が入れ子式に収容されている。リーダ905は、基端リーダ部分906および末端リーダ部分907および中央作業チャネルを含み得る。シースベース904と同様に、リーダベース908は、多くの場合、IDM（たとえば図1の117）からリーダベース908に送られる制御信号に基づいて末端リーダ部分907の屈曲を制御する。
【００８５】
シースベース904およびリーダベース908は、いずれも類似した駆動機構を有し得、それらの駆動機構に、シース901およびリーダ905内の制御腱が固着されている。たとえば、シースベース904の操作は、シース901中の腱に引張り荷重をかけて、その中で、末端シース部分903の撓みを制御されたやり方で生じさせ得る。同様に、リーダベース908の操作は、リーダ905中の腱に引張り荷重をかけて、末端リーダ部分907の撓みを生じさせ得る。シースベース904およびリーダベース908の両方はまた、空気圧、電力、電気信号または光学信号をIDMからシース901およびリーダ904に送るためのカップリングを含み得る。
【００８６】
シース901およびリーダ905内の制御腱は、屈曲部分を通過して屈曲部分から遠い位置に配置されたアンカに送られ得る。好ましい態様において、シース901およびリーダ905内の腱は、ステンレス鋼コイル、たとえばコイルパイプに通して送られるステンレス鋼制御腱からなり得る。当業者は、腱のために他の材料、たとえばKevlar、タングステンおよび炭素繊維を使用し得ることを理解するであろう。これらの腱への加重がシース901およびリーダ905の末端部分を制御可能なやり方で撓ませる。シース901およびリーダ905内の腱の長径に沿うコイルパイプの包含が軸方向圧縮を加重源に戻し得る。
【００８７】
複数の腱を使用して、ロボットカテーテル900は、複数の自由度（それぞれが個別の腱に対応する）制御をその長径沿いの2点（末端シース部分903および末端リーダ部分907）で提供することにより、人体内の管腔中で容易にナビゲートする能力を有する。いくつかの態様においては、シース901および／またはリーダ905のいずれでも四つまでの腱を使用して、合わせて8までの自由度を提供し得る。他の態様においては、三つまでの腱を使用して、6までの自由度を提供し得る。
【００８８】
いくつかの態様において、シース901およびリーダ905は360°旋回し、さらに多くのツール柔軟性を提供し得る。旋回角、複数の屈曲度および複数の屈曲点の組み合わせが、人体内の曲がりくねった経路をナビゲートするとき、本能的な装置の制御に対する有意な改善を医師に提供する。

【００８９】
シースおよび内視鏡構造
図10A、10B、10C、11Aおよび11Bは、本発明の態様にしたがう、シース（上記シース210と同様の）および可撓性内視鏡（上記可撓性内視鏡212と同様の）の詳細を提供する。図10Aは、末端1001および基端1002ならびに二端の間に延びるルーメン1003を有するシース1000を示す。ルーメン1003は好ましくは、可撓性内視鏡（たとえば図11Aおよび11Bの内視鏡1100）をスライド式に受けるようにサイズ決めされる。シース1000は壁1004を有し、腱1005および1006がシース1000の壁1004の長手の内側で延びている。腱1005および1006は、壁1004中の導管1007および1008をスライド式に通過し、末端1001で終端する。いくつかの態様において、腱は鋼から形成され得る。腱1005の適切な引張りが末端1001を導管1007に向けて圧縮しながらも、らせん部分1010の曲げを最小限にする。同様に、腱1006の適切な引張りが末端1001を導管1008に向けて圧縮する。いくつかの態様において、ルーメン1003はシース1000と同心でなくてもよい。
【００９０】
図10Aのシース1000からの腱1005および1006ならびに対応する導管1007および1008は、好ましくは、シース1000の長手にまっすぐには延びず、らせん部分1010に沿ってらせん状に延び、次いで末端部分1009に沿って縦方向にまっすぐに（すなわち中立軸に対してほぼ平行に）延びる。らせん部分1010は、シース1010から基端方向に延びる、末端部分1009の基端から始まり、任意の所望または可変性のピッチで任意の所望の長さで終端し得ることが理解されよう。らせん部分1010の長さおよびピッチは、シャフトの所望の可撓性およびらせん部分1010における摩擦の増大を考慮しながらシース1000の所望の性質に基づいて決定される。腱1005および1006は、らせん部分、たとえば内視鏡1000の基端部分にないとき、シース1000の中心軸1011に対してほぼ平行に延び得る。
【００９１】
いくつかの態様において、腱導管は互いに対して90°（たとえば3時、6時、9時および12時の方向）であってもよい。いくつかの態様において、腱は、たとえば全部で三つある場合、互いから120°離間していてもよい。いくつかの態様において、腱は等間隔でなくてもよい。いくつかの態様において、腱は中央ルーメンの片側にあってもよい。いくつかの態様において、腱の数は三つまたは四つとは違ってもよい。
【００９２】
図10Bは、非らせん部分1009と可変ピッチのらせん部分1010との相違を明瞭に示すために一つの腱しか有しないシース1000の態様の三次元図を示す。一つの腱を使用し得るが、複数の腱を使用することが好ましい。図10Cは、末端部分1009、らせん部分1010に沿ってらせん部分1010の基部に延びる四つの腱を有するシース1000の態様の三次元図を示す。
【００９３】
図11Aは、図10A～10Cのシース1000内にスライド式に入るようにサイズ決めされ得る、末端1101および基端1102を有する可撓性内視鏡1100を示す。内視鏡1100は、それを通過する少なくとも一つの作業チャネル1103を含み得る。シース1000の基端1002およびリーダ1100の基端1102はそれぞれ図2のモジュール206および208に機能的に接続されている。腱1104および1105は、それぞれ壁1108中の導管1106および1107をスライド式に通過し、末端1101で終端する。
【００９４】
図11Bは、画像撮影1109（たとえばCCDまたはCMOSカメラ、画像撮影繊維束の末端など）、光源1110（たとえばLED、光ファイバなど）を有し、かつ少なくとも一つの作業チャネル開口1103を含み得る、例示的態様である、可撓性内視鏡1100の末端1101を示す。様々な公知の能力、たとえばカメラへの配線、通気、吸引、電気、光ファイバ、超音波トランスデューサ、EM感知およびOCT感知を末端で提供するための他のチャネルまたは作動電子部品1106が可撓性内視鏡1100に沿って提供されてもよい。
【００９５】
いくつかの態様において、可撓性内視鏡1100の末端1101は、先に開示したようなツール

を挿入するための「ポケット」を含み得る。いくつかの態様において、ポケットは、ツールを制御するためのインタフェースを含んでもよい。いくつかの態様においては、インタフェースと通信するために、電気または光学ケーブルのようなケーブルが内視鏡に存在してもよい。

【００９６】

いくつかの態様において、図10Aのシース1000および図11Aの可撓性内視鏡1100はいずれも好ましくは、ロボット制御される操舵可能な末端を有し得る。この制御を可能にするシース1000および可撓性内視鏡1100の構造はしたがって両方について実質的に同じであり、したがって、シース1000の構造の説明は、同じ原理が可撓性内視鏡1100の構造にも当てはまるという理解のうえ、シース1000の構造に限定される。

【００９７】

したがって、図11Aの内視鏡1100からの腱1104および1105ならびに対応する導管1106および1107は、内視鏡1100の長径に沿って縦方向にまっすぐに（すなわち中立軸に対してほぼ平行に）延びず、内視鏡1100の様々な部分に沿ってらせんに延びる。シース1000中のらせん状の腱および導管と同じく、内視鏡1100のらせん部分は、シャフトの所望の可撓性およびらせん部分における摩擦の増大を考慮しながら、内視鏡の所望の性質に基づいて決定され得る。腱1104および1105は、らせん部分にないとき、内視鏡1000の中心軸に対してほぼ平行に延びる。

【００９８】

以下さらに詳細に説明するらせん部分の目的は、曲げを末端部分に限定するのに役立ちながらも、末端部分に近いシャフトに沿って起こる曲げを最小限にすることである。本発明のいくつかの態様において、シース1000および内視鏡1100中の導管のらせんピッチは、らせん部分の長径に沿って変化してもよく、それが、以下さらに詳細に説明するように、シャフトの剛性／剛さを変化させる。

【００９９】

シース1000および内視鏡1100中のらせん導管およびらせん腱の使用は、特に解剖学的構造中の非直線経路をナビゲートするとき、らせん導管を有しない従来の可撓性器具に対して有意な利点を提示する。カーブした経路をナビゲートするとき、シース1000および内視鏡1100がその長径の大部分にわたって可撓性のまま、制御可能に操舵可能な末端部分を有しながらも、末端曲げ部分に近い器具の二次的曲げを最小限にすることが好ましい。従来の可撓性器具において、末端を屈曲させるための腱の引張りは、可撓性器具の全長に沿って望まれない曲げおよびねじれ（それぞれ「マッスリング」および「カーブアラインメント」と呼ばれることもある）を生じさせた。

【０１００】

図12A～12Cは、腱が引かれたとき、従来の可撓性器具が望ましくない「マッスリング」現象を示す様子を示す。図12A中、従来の可撓性器具1200は、器具1200の長径に沿って、中立軸1201に対してほぼ並行に延びる四つの腱または制御ワイヤを有し得る。シャフト壁中の導管1204および1205（制御ルーメンとも知られる）中を延びる腱1202および1203だけが断面で示され、そのそれぞれが、器具1200の末端の制御リング1206に固定されて接続されている。器具1200は、曲げ部分1207およびシャフト1208を有するように意図的に設計される。いくつかの可撓性器具において、シャフト1208は、補剛材のような、より剛性の材料を組み込んでもよい。

【０１０１】

図12Bは、理想とされる曲げ部分1207の屈曲を示す。腱1203を引く、またはそれに引張りを加えることにより、末端曲げ部分1207だけの屈曲は、φによって示される量を生じさせる。腱1202および1203の基端における長さの差はｆ（φ）となる。対照的に、シャフト1208は中立軸1201に沿ってまっすぐなままである。これは、末端領域1207よりも有意に高い剛性の基端領域1208を有することによって達成される。

【０１０２】

図12Cは、腱1203を引っ張ることから生じる現実的な結果を示す。図12Cに示すように、

腱1203を引くと、引張りは非局所的であるため、シャフトの全長に沿って圧縮力が生じる。理想的な状況において、腱1203が中立軸1201に沿うならば、圧縮荷重全体が中心軸に沿って等しく伝わり、大部分またはすべての曲げが曲げ部分1207で起こるであろう。しかし、たとえば器具1200におけるように、腱1203がシャフト1208の周囲に沿って延びるならば、軸荷重は、中立軸の同じ半径方向配向で中立軸1201からずれて伝達され、それが中立軸に沿って蓄積的な動きを生じさせる。これがシャフト1208を曲がらせ（θとして示す）、シャフト1208の曲がりは曲げ部分1207の曲がりと同じ方向になる。器具1200および末端曲げ部分1207が曲がるとき、導管1204および導管1205に沿う長さは変化しなければならない。腱1203は短縮しなければならず、腱1202は伸長しなければならないため、腱1202および1203が基端から延びる量はf（φ、θ）である。腱1203を引くことによってシャフト1207および末端曲げ部分1208が曲がるこの現象は「マッスリング」と呼ばれる。

【０１０３】

図12Dは、マッスリングに寄与する力を三次元で示す。図12Dによって示すように、器具1200に沿って腱1203を引っ張ると、器具の片側に向かって指向的に力1212が加わる。力1212の方向は、腱1203の引張りが腱をして末端曲げ部分1207の先端からシャフト1208のベースまでまっすぐな線をたどらせること、すなわち、図12E中の点線1213によって示されるような最低エネルギー状態を反映する。理解されるように、シャフト1208が硬質である（すなわち、適用可能な力の下で曲げを起こさない）ならば、末端曲げ部分1207だけが曲がる。しかし、多くの用途において、マッスリング現象を十分に最小化するのに十分なほどシャフトの剛性を末端の剛性から異ならせることは望ましくない。

【０１０４】

図12F～12Iは、従来の可撓性器具が非直線経路における使用中にカーブアラインメント現象をこうむる様子を示す。図12Fは、器具1200のシャフト1208に沿って曲がりτを有することによって表された、非直線経路内で静止状態にある従来の可撓性器具1200を示す。たとえば、これは、器具が気管支管腔中の曲がりを通過するようにナビゲートすることから生じ得る。非直線の曲がりのせいで、器具1200中の腱1202および1203は、非直線の曲がりを受け入れるための長さ（F（τ）によって表される）だけ基端で伸長または短縮しなければならない。曲がりの上下では、矢印1209（伸長力）および1210（圧縮力）によってそれぞれ示すように、伸長および圧縮力がルーメン／導管上に存在する。これらの力は、曲がりの上側沿いの距離が中立軸よりも長く、曲がりの内側沿いの距離が中立軸よりも短いため、存在する。

【０１０５】

図12Gは、腱1203を引くとき、器具1200の末端曲げ部分1207を曲がりτと同じ方向に屈曲させる機構を示す。これは、可撓性器具の長径に沿って圧縮力を生じさせ（前記のように）、また、腱1203が、それが通過する非直線導管に対して下向きの力を加え、それが、解剖学的な曲がりくねりによってすでに圧縮されているシャフト1208にさらなる圧縮を加える。これらの圧縮リードは付加的であるため、シャフト1208は末端曲げ部分1207と同じ方向にさらに曲がる。非直線導管沿いのさらなる圧縮力は非常に望ましくない。その理由は、（ｉ）可撓性器具を身体構造に押し当てるために損傷の危険性がある；（ｉｉ）損傷の危険性のため、術者は、身体構造が器具シャフトの輪郭を決定していると「想定」することができるべきであるとき、シャフトが実行していることを絶えずモニタしなければならないため、術者の気が逸れる；（ｉｉｉ）器具を曲げるのに非効率的な方法である、（ｉｖ）予測性および制御性を支援するために曲げを末端部分に限定することが望ましい（すなわち、理想的な器具は、指示どおりに曲がり、かつ解剖学的な非直線経路の関数ではない曲げ部分を有する）、および（ｖ）ユーザが予測不可能な追加的長さ（φ＋θ＋τ）だけ腱1103を引くことを強要する、からである。

【０１０６】

図12Hは、腱1202を引くことを要求する、曲がりτとは反対に末端を屈曲させることを望むシナリオを示す。腱1202を引くと、カーブの頂部に沿って圧縮荷重1211が加わり、それは、図12Dに示すような静止状態の曲がりの場合の伸長荷重とは対照的である。腱1202

は、その最低エネルギー状態、すなわち圧縮荷重1211が曲がりτの内側にかかる状態に戻ろうとし、腱1202が曲がりτの内側に載るようにシャフト1208を矢印1212の方向に回転させる。図12Iに示すように、腱1202に対する引張りによる回転1212が圧縮荷重1211を動かして曲がりの内側に戻し、末端曲げ部分1207を曲がりτの方向に逆にカールさせて、所期の屈曲とは反対の屈曲を生じさせる。腱1202にかかる引張りおよびその結果として生じる回転1212が、実際に、器具1200を図12Gと同じ状態に戻す。末端の屈曲が曲がりτに向かって逆にカーブする現象は「カーブアラインメント」として知られている。カーブアラインメントは、マッスリングを生じさせる力と同じ力から生じ、これらの力が、マッスリングの場合には望ましくない側方運動を生じさせ、カーブアラインメントの場合には望ましくない回転運動を生じさせるということが理解されよう。マッスリングおよびカーブアラインメントの理論の説明は、実例として提供されるものであり、本発明の態様がこの説明によっていかなるふうにも限定されることはないことが理解されよう。

【０１０７】

図10および11に開示する好ましい態様は、1010のようならせん部分の提供によってマッスリングおよびカーブアラインメント現象を実質的に解消する。図12Jに示すように、図10BおよびCのらせん部分1010におけるように制御ルーメンを器具1200の周囲にらせんに延ばすことが、圧縮荷重1214を器具1200の周囲の一つの腱1215から半径方向に分散させる。引っ張られた腱1215は圧縮荷重1214を中性軸を中心に複数の方向に対称に伝達するため、シャフトに加わる曲げモーメントもまた、シャフトの縦軸を中心に対称に分散し、それが、対抗する圧縮力と引張り力とを釣り合わせ、相殺する。曲げモーメントの分散は、最小限の正味曲げ力および回転力しか生じさせず、点線1216によって表されるような、中立軸に対して縦方向に平行である最低エネルギー状態を生じさせる。これが、マッスリングおよびカーブアラインメント現象を解消する、または実質的に減らす。

【０１０８】

いくつかの態様において、らせんのピッチは、摩擦およびらせん部分の剛性に影響するように変化させることができる。たとえば、らせん部分1010は、より大きな非らせん部分1009を許して、より大きな屈曲部分およびおそらくはより少ない摩擦を生じさせるために、より短くてもよい。

【０１０９】

しかし、らせん制御ルーメンはいくつかの代償を生じさせる。らせん制御ルーメンはやはり、腱の引張りによる座屈を阻止しない。加えて、マッスリングは大きく減少するが、「スパイラリング」（腱の引張りによる、渦巻きばね様パターンへのシャフトのカーブ）が非常に一般的である。そのうえ、らせん制御ルーメンは、腱がルーメン中でより長い距離を移動するとき、さらなる摩擦力に関する補正を要する。

【０１１０】

図13は、本発明の態様の、ルーメン内に軸方向に剛性の管を有する可撓性内視鏡装置の構造を示す。図13中、内視鏡装置の一部分が一つのルーメン1301を有し、プルワイヤ1302がシャフト1300の周囲にらせんパターンに巻かれている。ルーメンの内では、軸方向に剛性の管1303がプルワイヤ1302の周囲かつルーメン1301内で「浮いた」状態にある。浮く管1303は、シャフト1300のらせん部分の始端および終端で固着された状態で、プルワイヤ1302の引張りおよび外部ねじ曲がりに応答して伸縮して、ルーメン1301の壁から伸縮力を軽減する。いくつかの態様において、管1303は、ルーメンの始端および終端で制御リングによって固着されてもよい。または、管1303は、はんだ付け、溶接、接着、結合または融着法を使用してルーメンの始端および終端に固着されてもよい。いくつかの態様においては、幾何学的係合、たとえばフレア形状を使用して管1303を固着してもよい。様々な態様において、管1303は、皮下管、コイルパイプ、ボーデンケーブル、トルク管、ステンレス鋼管またはニチノール管から形成され得る。

【０１１１】

図13の態様は、管を末端ピースおよび基端ピースに固着し、いずれかまたは両方のエンドピースの端を回転させることによって管をいっしょにねじることによって構成され得る

。この態様においては、エンドピースの回転が、管が同じピッチ、やり方および配向でらせんに巻かれることを保証する。回転ののち、エンドピースをルーメンに固着すると、さらなる回転を防ぎ、らせんのピッチの変化を制限し得る。

【０１１２】

図14は、本発明の態様の、可撓性内視鏡装置のルーメン内のらせんパターンの構造を示す。図14中、ルーメン1400は、その壁に沿ってらせんまたはスパイラルパターンを形成する構造1401および1402を含む。好ましい態様において、構造は、軸方向に剛性である管形状の材料から形成される。いくつかの態様において、構造は、皮下管（「ハイポチューブ」）、コイルパイプまたはトルク管から形成されてもよい。構造1401および1402によって示すように、構造は、ルーメン1400の壁に沿って異なる出発点を有し得る。また、構造1401および1402の材料、組成および特性は、所望の剛性および長さのために選択され、構成され得る。構造1401および1402によって形成されるらせんパターンのピッチもまた、ルーメン1400の所望の剛性および可撓性のために構成され得る。いくつかの態様において、ルーメン1400は、可撓性内視鏡の主中央ルーメン、たとえば図11の内視鏡1100であってもよい。

【０１１３】

ロボットカテーテルシステム

図15Aは、本発明の態様の、ロボットカテーテルシステムのロボットカテーテルを示す。ロボットカテーテル1500は、支持ベース（図示せず）に近い可撓性シャフト部分1501と、末端1503に結合された可撓性屈曲部分1502とを含み得る。リーダ1505と同様に、ロボットカテーテル1500は、シャフト内の腱に引張り加重をかけることによって屈曲させ得る。

【０１１４】

図15Bは、図15Aのロボットカテーテル1500の代替図を示す。図15Bに示すように、末端1503は、作業チャネル1504、四つの発光ダイオード1505およびデジタルカメラ1506を含み得る。デジタルカメラ1506は、LED1505と関連して、たとえば、解剖学的管腔内でのナビゲーションを支援するためにリアルタイムビデオを取り込むために使用され得る。いくつかの態様において、末端1503は、デジタル画像撮影手段および照明手段を収容する統合カメラアセンブリを含んでもよい。

【０１１５】

作業チャネル1504は、術中器具、たとえば手術部位での正確な屈曲のための曲げ撓みの通過のために使用され得る。他の態様において、作業チャネルは、洗い流し、吸引、照明またはレーザエネルギーのようなさらなる能力を提供するために組み込まれ得る。作業チャネルはまた、制御腱アセンブリおよび前述のさらなる能力のために必要な他のルーメンの送りを容易にし得る。ロボットカテーテルの作業チャネルはまた、多様な他の治療物質を送達するように構成され得る。そのような物質は、アブレーション、放射または幹細胞のために極低温であり得る。これらの物質は、本発明のロボットカテーテルの挿入、屈曲および能力を使用して標的部位に正確に送達され得る。いくつかの態様において、作業チャネルは直径1.2ミリメートルの小ささであり得る。

【０１１６】

いくつかの態様においては、位置確認を支援するために電磁（EM）トラッカが末端1503に組み込まれてもよい。後で説明するように、静的電磁場においては、生成器を使用してEMトラッカの位置、ひいては末端1503の位置をリアルタイムで決定し得る。

【０１１７】

カメラ1506からの画像は、解剖学的空間内をナビゲートするのに理想的であり得る。したがって、ナビゲーション中、粘液のような内部体液によるカメラ1506の不明瞭化が問題を引き起こし得る。したがって、ロボットカテーテル1500の末端1503はまた、カメラ1506を洗浄するための手段、たとえばカメラレンズに水を注ぎ、水を吸い取るための手段を含んでもよい。いくつかの態様において、作業チャネルは、カメラレンズの周囲で流体を用いて膨らませ、レンズがきれいになったならば吸引され得るバルーンを含んでもよい。

【０１１８】

ロボットカテーテル1500は、小さな解剖学的空間内で小さな器具の送達および操作を可能にする。好ましい態様において、末端は、管腔内処置を実施するために、3ミリメートル（すなわち9フレンチ（French））以下の外径を維持するように小型化されてもよい。
【０１１９】
図16は、本発明の態様のロボットカテーテルの末端を示す。図15Aにおけるように、ロボットカテーテル1600は、外部ケーシング1602を有する末端1601を同様に含む。ケーシング1602は、ステンレス鋼およびポリエーテルエーテルケトン（PEEK）を含むいくつかの材料から構成され得る。末端1601は、ツールアクセスおよび制御をスライド式に提供するための作業チャネル1603を詰められ得る。末端1601はまた、カメラ1605を使用する場合の照明のための発光ダイオード1604のアレイを提供し得る。いくつかの態様において、カメラは、一つまたは複数のコンピュータプロセッサ、プリント回路板およびメモリを含むより大きなセンサアセンブリの一部であってもよい。いくつかの態様において、センサアセンブリはまた、ジャイロスコープおよび加速度計（用法は以下に説明する）のような他の電子センサを含んでもよい。
【０１２０】
器具装置マニピュレータ（IDM）
いくつかの態様において、機構交換インタフェースは、対応するIDMを固定するための簡単なねじであり得る。他の態様において、機構交換インタフェースは、電気コネクタを有するボルトプレートであり得る。
【０１２１】
図17Aは、本発明の態様の、マニピュレータを含むロボット医療システムの一部分を示す。システム1700は、ロボットアーム1701、屈曲（articulating）インタフェース1702、器具装置マニピュレータ（「IDM」）1703およびロボットカテーテル1704の部分図を含む。いくつかの態様において、ロボットアーム1701は、単に、複数のジョイントおよびリンケージを有するより大きなロボットアーム中のリンケージであってもよい。屈曲インタフェース1702はIDM1703をロボットアーム1701に結合する。結合に加えて、屈曲インタフェース1702はまた、空気圧、パワー信号、制御信号およびフィードバック信号をアーム1701およびIDM1703との間で伝達し得る。
【０１２２】
IDM1703はロボットカテーテル1704を駆動し、制御する。いくつかの態様において、IDM1703は、ロボットカテーテル1704を制御するために、出力シャフトを介して伝達される角運動を使用する。後述するように、IDM1703は、ギヤヘッド、モータ、回転エンコーダ、パワー回路、制御回路を含み得る。
【０１２３】
ロボットカテーテル1704は、末端および基端を有するシャフト1709を含み得る。IDM1703から制御信号および駆動を受けるためのツールベース1710がシャフト1709の基端に結合され得る。ツールベース1710によって受けられる信号により、ロボットカテーテル1704のシャフト1709は、出力シャフト1705、1706、1707および1708（図17Bを参照）を介してロボットカテーテル1704のツールベース1710に伝達される角運動に基づいて制御、操作および指向され得る。
【０１２４】
図17Bは、図17Aに開示されたロボット医療システムの代替図を示す。図17B中、出力シャフト1705、1706、1707および1708を見せるため、ロボットカテーテル1704はIDM1703から取り外されている。加えて、IDM1703の外殻／シェルの除去がIDMトップカバー1711の下の部品を見せている。
【０１２５】
図18は、本発明の態様の、張り感知装置を有する図17A、17Bの独立駆動機構の代替図を示す。IDM1703の切欠き図1800中、平行駆動ユニット1801、1802、1803および1804がIDM1703中の構造的に最大の部品である。いくつかの態様において、駆動ユニット1801は、基端から末端まで、回転エンコーダ1806、モータ1805およびギヤヘッド1807で構成され得る。

駆動ユニット1802、1803および1804は同様に構成され得、トップカバー1711の下にモータ、エンコーダおよびギヤヘッドを含む。いくつかの態様において、駆動ユニットに使用されるモータはブラシレスモータである。他の態様において、モータは直流サーボモータであってもよい。

【０１２６】

回転エンコーダ1806は、モータ1805のドライブシャフトの角速度をモニタし、計測する。いくつかの態様において、回転エンコーダ1806は冗長系回転エンコーダであり得る。適切な冗長系エンコーダの構造、能力および使用が、2014年8月14日に出願された米国特許仮出願第62/037,520号に開示されている。この出願の全内容が参照により本明細書に組み入れられる。

【０１２７】

モータ1805によって生成されたトルクは、モータ1805のロータに結合されたシャフトを介してギヤヘッド1807に伝達され得る。いくつかの態様においては、回転速度を犠牲にしてモータ出力のトルクを増すために、ギヤヘッド1807がモータ1805に取り付けられてもよい。ギヤヘッド1807によって生成された増大したトルクはギヤヘッドシャフト1808の中に伝達され得る。同様に、駆動ユニット1802、1803および1804がギヤヘッドシャフト1706、1707および1708を介してそれぞれのトルクを外に伝達する。

【０１２８】

各個の駆動ユニットは、その末端でモータマウントに結合され、その基端近くでひずみゲートマウントに結合され得る。たとえば、駆動ユニット1801の末端はモータマウント1809およびひずみゲージマウント1810に固定され得る。同様に、駆動ユニット1802はモータマウント1811に固定され、それら両方がひずみゲージマウント1810に固定されてもよい。いくつかの態様において、モータマウントは、重量を減らすためにアルミニウムから構成されている。いくつかの態様において、ひずみゲージマウントは駆動ユニットの側面に接着されてもよい。いくつかの態様において、ひずみゲージマウントは、重量を減らすためにアルミニウムから構成されてもよい。

【０１２９】

電気ひずみゲージ1812および1813が、ひずみゲージマウント1810に注封され、はんだ付けされ、ねじを使用してモータマウント1809および1811にそれぞれ取り付けられている。同様に、駆動ユニット1803および1804に近い一対のひずみゲージ（図示せず）が、ひずみゲージマウント1814に注封され、はんだ付けされ、ねじを使用してモータマウント1815および1816にそれぞれ取り付けられている。いくつかの態様において、電気ひずみゲージは、横ねじを使用して、それぞれのモータマウントに対して定位置に保持され得る。たとえば、横ねじ1819をモータマウント1809に挿入して、ひずみゲージ1812を定位置に保持し得る。いくつかの態様において、電気ひずみゲージ中のゲージ配線は垂直方向に配置されて、ひずみゲージマウント（1810）に対するモータマウント（1809、1811）の水平変位として計測され得る駆動ユニット中の任意の垂直方向ひずみまたは撓みを検出し得る。

【０１３０】

ひずみゲージ配線はひずみゲージマウント上の回路へと送られ得る。たとえば、ひずみゲージ1812は、ひずみゲージマウント1810に取り付けられ得る回路板1817へと送られ得る。同様に、ひずみゲージ1813は、同じくひずみゲージマウント1810に取り付けられ得る回路板1818へと送られ得る。いくつかの態様において、回路板1817および1818は、それぞれひずみゲージ1812および1813からの信号を処理または増幅し得る。ひずみゲージ1812および1813への回路板1817および1818の近接が、信号雑音比を下げてより正確な読みを得るのに役立つ。

【０１３１】

図19Aは、図17A、17Bおよび18の独立駆動機構を別の角度から見た切欠き図を示す。図19Aに示すように、外殻／外皮1901の一部が切欠きされてIDM1703の内部を見せている。前記のように、駆動ユニット1801は、モータ1805、回転エンコーダ1806およびギヤヘッド1807を含む。駆動ユニット1801は、モータマウント1809に結合され得、トップカバー1711を

通過し、このトップカバーを通して出力シャフト1705を所望の角速度およびトルクで駆動し得る。モータマウント1809は、横ねじを使用して、垂直に整列されたひずみゲージ1812に結合され得る。ひずみゲージ1812は、モータマウント1809に結合することに加えて、ひずみゲージマウント1810の中に注封されてもよい。いくつかの態様において、出力シャフト1705は、ギヤヘッドシャフトの上にラビリンスシールを含む。

【０１３２】

図19Bは、本発明の態様の、ロボットカテーテルと組み合わされた前記独立駆動機構の切欠き図を示す。図19Bに示すように、IDM1703に取り付けられたロボットカテーテル1704は、IDM1703の出力シャフトと縦方向に整列したプーリ、たとえば出力シャフト1705と同心であり得るプーリ1902を含む。プーリ1902は、ツールベース1710内の精密切断チャンバ1903内に、チャンバ1903内に固着され得ず、むしろチャンバ1903の空間内で「浮く」ように収容され得る。

【０１３３】

プーリ1902のスプラインは、出力シャフト1705上のスプラインと整列し、ロックするように設計されている。いくつかの態様において、スプラインは、ロボットカテーテルがIDM1703と整列するための配向が一つしかあり得ないように設計されている。スプラインは、プーリ1902が出力シャフト1705と同心的に整列することを保証するが、プーリ1902はまた、浮動するプーリ1902を出力シャフト1705と整列した状態に配置し、軸方向に保持するための磁石1904の使用を組み込み得る。整列状態にロックされると、出力シャフト1705およびプーリ1902の回転がロボットカテーテル1704内のプルワイヤを引っ張って、シャフト1709の屈曲を生じさせる。

【０１３４】

図20は、本発明の態様にしたがって、ロボットカテーテルからのプルワイヤを有する前記独立駆動機構の代替図を示す。いくつかの態様において、ロボットカテーテルは、シャフトを屈曲させ、制御するためにプルワイヤを使用し得る。これらの態様において、これらのプルワイヤ2001、2002、2003および2004は、それぞれIDM1703の出力シャフト1705、1706、1707および1708によって張られ、緩められ得る。したがって、プルワイヤはIDM1703中の制御回路を介してロボット制御され得る。

【０１３５】

出力シャフト1705、1706、1707および1708が角運動を介して力をプルワイヤ2001、2002、2003および2004へ伝達するのと同じように、プルワイヤ2001、2002、2003および2004は力を出力シャフト、ひいてはモータマウントおよび駆動ユニットに戻す。たとえば、出力シャフトから離れる方向のプルワイヤの引張りは、モータマウント1809および1811を引く力を生じさせる。この力はひずみゲージ、たとえば1812および1813によって計測され得る。理由は、ひずみゲージはいずれもモータマウント1809および1811に結合され、ひずみゲージマウント1810中に注封されているからである。

【０１３６】

図21は、本発明の態様にしたがって、水平方向の力に対して垂直に向けられたひずみゲージによって水平方向の力を計測し得る方法を示す概念図を示す。線図2100に示すように、力2101は、出力シャフト2102から離れる方向に向けられ得る。出力シャフト2102はモータマウント2103に結合されているため、力2101はモータマウント2103の水平方向変位を生じさせる。したがって、モータマウント2103および地面2105の両方に結合されたひずみゲージ2104は、モータマウント2103が力2101の方向にひずみゲージ2104を撓ませる（ひずみを生じさせる）とき、ひずみを経験し得る。ひずみの量は、ひずみゲージ2104の水平方向全幅に対するひずみゲージ2104の先端の水平方向変位の比として計測され得る。したがって、ひずみゲージ2104は、最終的に、出力シャフト2102に加えられた力2101を計測し得る。

【０１３７】

いくつかの態様において、アセンブリは、器具装置マニピュレータ1703の配向を計測するための装置、たとえば伏角計または加速度計を組み込み得る。ひずみゲージは、地面に

対するその配向から生じる重力荷重効果に敏感であり得るため、ひずみゲージと組み合わせて、装置からの計測を使用してひずみゲージからの読みを校正し得る。たとえば、器具装置マニピュレータ1703がその側面で配向されているならば、ひずみは出力シャフト上のひずみから生じ得ないとしても、駆動ユニットの重量がモータマウント上にひずみを生じさせ得、そのひずみがひずみゲージに伝達され得る。

【０１３８】

いくつかの態様において、ひずみゲージ回路板からの出力信号は、制御信号を処理するための別の回路板に結合され得る。いくつかの態様において、パワー信号は、制御信号を処理するための回路板とは別の回路板上の駆動ユニットへと送られる。

【０１３９】

前記のように、駆動ユニット1801、1802、1803および1804中のモータは、最終的に、出力シャフト、たとえば出力シャフト1705、1706、1707および1708を駆動する。いくつかの態様において、出力シャフトは、器具装置マニピュレータ1703への流体進入を防ぐ無菌バリヤを使用して増強されてもよい。いくつかの態様において、バリヤは、流体進入を防ぐために出力シャフトの周囲にラビリンスシール（図19Aの1905）を利用してもよい。いくつかの態様においては、トルクをツールに伝達するために、ギヤヘッドシャフトの末端が出力シャフトで覆われてもよい。いくつかの態様においては、磁気コンダクタンスを減らすために、出力シャフトがスチールキャップに被覆されてもよい。いくつかの態様においては、トルクの伝達を支援するために、出力シャフトがギヤヘッドシャフトに固定されてもよい。

【０１４０】

器具装置機構1703はまた、外殻または外皮、たとえば外殻／外皮1901で覆われてもよい。外殻は、美観的に好ましいことに加えて、手術中、たとえば医療処置中に流体進入防護を提供する。いくつかの態様において、外殻は、電磁遮蔽、電磁両立性および静電気放電防護のために注型ウレタンを使用して構成され得る。

【０１４１】

本発明の態様において、個々に引張り状態にあるこれらの出力シャフトそれぞれは、操舵可能なカテーテル技術を利用するロボットカテーテル中のワイヤを引き得る。プルワイヤの引張り力が、出力シャフト1705、1706、1707および1708、さらにはモータマウント、たとえばモータマウント1809および1811に伝達され得る。

【０１４２】

シースおよび内視鏡製造

好ましい態様において、シースおよび内視鏡装置は、操舵可能なカテーテル構成技術を使用して構成される。旧来、操舵可能なカテーテルは、プルルーメンを組機、すなわち編組機に入れ、ポリマージャケットを編組ワイヤ上に適用した状態で、ワイヤまたは繊維、すなわち編組ワイヤをプロセスマンドレルの周囲に編組することによって製造されてきた。製造中、プロセスマンドレルは一般に、編組コーンサポートチューブおよび編組コーンホルダに結合された編組機のフィードチューブに挿入されるであろう。トレッドを有するプーラを使用して、プロセスマンドレルをフィードチューブの中に前進させるであろう。プロセスマンドレルが進むと、それは最終的にノーズコーン中のセンターホールを通って出るであろう。ノーズコーンは丸い滑らかな形状を提供し、編組プロセス中、その上を、包囲するホーンギヤからの編組ワイヤがマンドレルの周囲で容易にスライドし得る。ノーズコーンは一般に、編組コーンホルダにキー締めされた止めねじを使用して編組コーンホルダに対して軸方向かつ半径方向に固定された位置に保持された。プロセスマンドレルがノーズコーンを通して引かれるとき、ホーンギヤは平行移動し、マンドレルの周囲で回転して、編組ワイヤをマンドレルの周囲に所定のパターンおよび密度で編んでゆく。

【０１４３】

図22は、本発明の態様にしたがって、らせんルーメンを有するカテーテルを構成する方法のフローチャートを示す。まず、工程2201で、作業チャネルとして使用され得る中央ルーメンのための空洞をカテーテル中に形成するための主プロセスマンドレルを選択し得る

。制御（プル）ルーメンとして使用するための空洞をカテーテルの壁に形成するための補助マンドレルが選択されてもよい。作業チャネルとプルルーメンとの間の相対サイズ差を反映するために、主プロセスマンドレルは補助マンドレルよりも大きな外径（OD）を示し得る。補助マンドレルは、PTFEのような平滑なコーティングでコートされてもされなくてもよい金属または熱硬化性ポリマーで構成され得る。

【０１４４】

工程2202で、主プロセスマンドレルを、固定された編組コーンサポートチューブおよび編組コーンホルダに対して回転する編組機のフィードチューブに挿入し得る。同様に、補助マンドレルも、主プロセスマンドレルに対して平行にフィードチューブに挿入し得る。旧来のカテーテル構成においては、より小さな補助マンドレルが編組のためのホーンギヤの中心に通される。

【０１４５】

工程2203で、トレッドを有するプーラを使用して、主プロセスマンドレルをフィードチューブに通して前進させ得る。主プロセスマンドレルが進むと、それは最終的にノーズコーン中のセンターホールを通って出る。

【０１４６】

同様に、補助マンドレルを進ませて、同じくノーズコーン中の外側ホールを通って出させる。これは、補助マンドレルが一般に別々のフィードチューブに通して進められてホーンギヤの中心から出る旧来のカテーテル構成とは対照的である。

【０１４７】

工程2204で、主プロセスマンドレルおよび補助マンドレルがノーズコーンから出るとき、編組ワイヤを使用してそれらをいっしょに編組する。ノーズコーンは丸い滑らかな形状を提供し、編組プロセス中、その上を、包囲するホーンギヤからの編組ワイヤが主プロセスマンドレルの周囲で容易にスライドし得る。主プロセスマンドレルおよび補助マンドレルがノーズコーンから出るとき、ノーズコーンは回転して、外側ホール中の補助マンドレルが主プロセスマンドレルの周囲に渦巻き状に編組されることを保証する。主プロセスマンドレルおよび補助マンドレルがいっしょに編組されるとき、ホーンギヤは平行移動し、回転して、編組ワイヤを主プロセスマンドレルおよび補助マンドレル両方の周囲に所定のパターンおよび密度で重ねてゆく。

【０１４８】

この編組法は、ノーズコーンが一般に、編組コーンホルダにキー締めされた止めねじを使用して編組コーンホルダに対して半径方向に固定された位置に保持される、旧来のカテーテル構成法とは有意に異なる。したがって、らせん状の制御ルーメンを有するカテーテルを製造するためには、編組プロセスのために専用ハードウェアが必要である。

【０１４９】

工程2205で、編組プロセスが完了すると、ポリマーコーティングまたはジャケットを適用し、加熱し、編組複合材に接着し得る。ポリマーコーティングはまた、オーバー押出しまたはフィルム流延法で適用されてもよい。工程2206で、接着ののち、マンドレルを編組複合材から取り出して、カメラおよび光ツールのための中央ルーメンまたは作業チャネル（主プロセスマンドレル）ならびに操舵制御のためのいくつかの制御ルーメン（補助マンドレル）を形成し得る。マンドレルを取り出したならば、編組複合材を仕上げ処理して完成させ得る（2207）。

【０１５０】

旧来の操舵性カテーテル構成においては、より小さな補助マンドレルが、主プロセスマンドレル上への編組のためにホーンギヤの中心に通される。Teflonコートされたポリイミドから構成されていることもある補助マンドレルは、ノーズコーンに通して引かれるとき、主プロセスマンドレル上に編組され得る。または、補助マンドレルを、センターホールを包囲するノーズコーンの小さな穴に通してもよいことが当技術分野において公知である。主プロセスマンドレルがノーズコーンに通して引かれるとき、より小さな補助マンドレルは、ノーズコーンから引き出されながら主プロセスマンドレル上に編組され得る。

【０１５１】
補助マンドレルを定位置に保持するために、一般に、補助マンドレルを適用したのち、編組ワイヤの第二の層が主プロセスマンドレルの上に重ねられる。編組プロセスが完了すると、ポリマーコーティングまたはジャケットを適用し、加熱し、編組複合材に接着し得る。接着ののち、一般にマンドレルを編組複合材から取り出して、カメラおよび光ツールのための中央ルーメン（主プロセスマンドレル）ならびに操舵制御のためのいくつかの制御ルーメン（補助マンドレル）を形成する。この製造法は、中立軸に対して縦方向に平行である制御ルーメンを有する内視鏡を生じさせる。前記のように、縦方向に平行なルーメン中の腱に張りを有するカテーテル様内視鏡はマッスリングおよびカーブアライメント現象を示す。

【０１５２】
したがって、らせん状の制御ルーメンを有するカテーテル様内視鏡を製造するためには、編組プロセスのための専用ハードウェアが必要である。一つのそのようなハードウェアは、回転するフィードチューブまたはいくつかの態様においては「ハイポチューブ」に固着される専用の回転ノーズコーンである。図23は、本発明の態様にしたがって可撓性シース、カテーテルおよび／または内視鏡中のらせんルーメンを製造するための専用ノーズコーンを示す。主プロセスマンドレル2301をノーズコーン2300に通して引くのと同時にノーズコーン2300を回転させると、ホーンギヤが編組ワイヤを主プロセスマンドレル2301の周囲に編組する方法と同様に、補助マンドレル2302、2303および2304を、センターホール2308を包囲する補助ホール2305、2306および2307それぞれに通してマンドレル2301の周囲にらせんパターンで適用することができる。

【０１５３】
図24は、本発明の態様の、可撓性シースおよび内視鏡を製造するためのシステムを示す。システム2400中、ノーズコーン2401は、ノーズコーン2401をフィードチューブ2402に対して固定位置に保持する止めねじを使用して、回転するフィードチューブ2402に固く結合され得る。したがって、フィードチューブ2402が回転するときノーズコーン2401は回転する。対照的に、旧来のシステムは一般に、止めねじを使用して、ノーズコーン2401を、回転しない編組コーンサポートホルダ2405に固く結合する。主プロセスマンドレル2404を両構造に通して滑らかに引くために、ノーズコーン2401のセンターホール2403は回転フィードチューブ2402と整列し得る。対照的に、旧来のシステムは、止めねじを使用してノーズコーン2401を編組コーンサポートホルダ2405に固く結合するものであった。いくつかの態様において、回転フィードチューブ2402は、マンドレルガイドチューブとも知られる編組コーンサポートチューブ2406の内径よりも小さい外径と、ノーズコーン2401のセンターホール2403の円周方向空間よりも大きい内径とを有する。回転フィードチューブ2402は概して、主プロセスマンドレル2404および補助マンドレルがもつれることなくノーズコーン2401まで通過するのに十分な大きさであり得る。いくつかの態様において、回転フィードチューブ2402は、編組機のホーンギヤの中心を通過するのに十分な長さである。いくつかの態様において、回転フィードチューブ2402は、フィードチューブ2402に通してノーズコーン2401の周囲の補助ホールまで通される補助マンドレルのための材料のボビンを保持し得る機構に取り付けられてもよい。

【０１５４】
いくつかの態様において、フィードチューブ2402は、フィードチューブ2402の回転速度、ひいてはノーズコーン2401の回転を制御する駆動機構に取り付けられてもよい。いくつかの態様において、駆動機構は回転ギヤ2407であってもよい。編組機が編組ワイヤ2408を主プロセスマンドレル2404の周囲に編組するとき、駆動機構は、編組機そのものに連動するか、あるいは、回転フィードチューブ2402の回転速度、ひいてはノーズコーン2401の回転速度を変化させるか、または一定に保持するように独立して制御されるかのいずれかである。回転速度および編組の速度が主プロセスマンドレル2404上の補助マンドレルのピッチを決定する。先に説明したように、これは、装置の可撓性、剛性および「押しやすさ」に影響し得る。

【０１５５】
もう一つの態様において、プルルーメンの円周方向配向を変化させると、内視鏡のらせん部分の剛性を変化させ得る。製造中、これは、スパイラルに動く補助マンドレルのピッチを変化させることによって達成される。マンドレルのピッチ（すなわち、縦軸からの角度）が低下すると、編組複合材の曲げ剛性は増す。逆に、補助マンドレルのピッチが増大すると、曲げ剛性は減少する。図10Bに示すように、いくつかの態様において、補助マンドレルのピッチはらせん部分（1010）内で変化し得る。これらの態様において、編組複合材の曲げ剛性はらせん部分内でさえ変化し得る。
【０１５６】
編組プロセス中、編組機を停止させて、編組複合材に変更を加えてもよい。いくつかの態様において、一つの変更はまっすぐなワイヤまたは補強ロッドの追加であり得る。補強ロッドは、編組積層複合材の座屈、軸剛性および曲げ剛性を有意に増加させ得る。補強ロッドは、患者に挿入し得るよう、装置の座屈を減らすために特別な座屈防止構造または手の支援を要し得る長めの内視鏡の場合に特に役立ち得る。いくつかの態様において、編組機は、ノーズコーン中のホールからプロセスマンドレル上に引かれ得る補強ロッドを選択的に編組するように構成され得、補強ロッドは編組ワイヤによって捕らえられ、定位置に保持される。得られる内視鏡の末端領域中の補強ロッドの非存在が、末端における装置の可撓性を保存しながらも基端領域における剛性を増す。この性質の組み合わせが、医師にとって、得られた内視鏡を患者の管腔内空洞中にガイドし、挿入し、押し込みやすくする。
【０１５７】
回転ノーズコーン中のホールを使用して補助マンドレルを主プロセスマンドレルに適用することはいくつかの製造利点を提供する。ノーズコーン中のホールを使用することにより、マンドレルはホーンギヤから押されない。同じく編組ワイヤを織る役割を担う個々のホーンギヤの中心からマンドレルを押す結果、マンドレルは編組ワイヤと絡み合い、それが、得られる編組基材を縦方向の定位置にロックする。「０°構成」として知られるこの構成形態は、望ましい可撓性またはフープ強度のために製造者が編組基材を調節する能力を制限する。０°構成において、補助マンドレルは必然的に編組物によって「上下的」に閉じ込められて、その結果、右回りに編組されるすべての編組ワイヤが補助マンドレルの「上」に織られ、一方で、左回りに編組されるすべての編組ワイヤが補助マンドレルの「下」に織られる。０°構成は補助マンドレルを半径方向の定位置にロックするため、補助マンドレルのピッチを主プロセスマンドレルに沿って変化させることが求められる場合、望ましくない。
【０１５８】
加えて、補助マンドレルのための通路のとしてのホーンギヤの使用は、主プロセスマンドレルに適用し得る補助マンドレルの数を制限する。たとえば、16キャリア編組機は八つまでのマンドレルを適用することができ、24キャリア編組機は12までのマンドレルしか有することができない。対照的に、ノーズコーン中のホールの使用は、任意の数のマンドレルを主プロセスマンドレルまで通すことを可能にする。
【０１５９】
いくつかの態様において、補助マンドレルは、編組ワイヤの第二の外側層の恩典なしで主プロセスマンドレルに適用され得る。代わりに、補助マンドレルは編組ワイヤなしで適用され得る。これらの態様において、接着／融着されたポリマージャケットがマンドレル、ひいてはルーメンを定位置に保持し得る。または、いくつかの態様において、マンドレルは、編組複合材の周囲のキャスティングを使用して定位置に保持され得る。外側編組層は製造内視鏡装置には存在しないため、装置断面の直径および円周は減少する。または、補助マンドレルは、プロセスマンドレル上にポリマージャケットを付けることによって定位置に保持され得る。いくつかの態様において、キャスティングは、内視鏡装置の外部材料と同じ材料である。
【０１６０】

いくつかの態様において、補助マンドレルは、編組ワイヤのように主プロセスマンドレルに編組されてもよい。たとえば、いくつかの態様において、補助マンドレルは、偶数個のホーンギヤを使用して編組され、一方で、奇数個のホーンギヤを使用して編組された編組ワイヤによって定位置に保持されてもよい。このようにして、補助マンドレル、ひいてはルーメンは中央ルーメンの壁に織り込まれ得る。また、さらなる恩典として、この手段を使用して製造された態様は小さめの周囲面積を有する傾向にある。

【０１６１】

または、いくつかの態様において、らせんルーメン構造は、押出し型を使用して製造されてもよい。これらの型は、PTFE、ペバックス、ポリウレタンおよびナイロンからジャケットを形成するためのらせんルーメン構造を生成し得る。いくつかの態様において、押出し構造は、編組マンドレルの周囲に型を使用して形成されてもよい。

【０１６２】

いくつかの態様において、らせんルーメン構成は、主プロセスマンドレルを編組機に通して延伸しながら回転させることによって実施され得る。ノーズコーンではなく主プロセスマンドレルを回転させることにより、編組プロセス中、補助マンドレルを固定ノーズコーンまたはホーンギヤの中心のいずれかに通して延伸し得る。この態様において、ノーズコーンはノーズコーンホルダに固く結合され得、主プロセスマンドレルは、ノーズコーンに通して延伸されながら回転される。

【０１６３】

図10A、10Bおよび10Cのシース1000ならびに図11Aおよび11Bの可撓性内視鏡1100の構成は実質的に同じである。したがって、当業者は、同じ原理が両ツールに当てはまることを理解するであろう。

【０１６４】

いくつかの態様において、らせん状ルーメンは互いから等距離に配置され得る。図25は、本発明の態様の、プルルーメンが装置の周囲に対称に配置されている可撓性内視鏡装置の断面図を示す。図25に示すように、装置2500は、中央の作業チャネル2501と、作業チャネル2501の周囲かつ外側ジャケット2506内に対称に配置された四つのプルルーメン（2502、2503、2504および2505）とを有する。

【０１６５】

いくつかの態様において、ルーメンおよびプルワイヤは、らせん状であるが、シースおよび／または可撓性内視鏡の周囲に均等または互いから等距離に分散されなくてもよい。いくつかの用途において、シースおよび内視鏡の同じ側または半球領域（たとえば上または下半球）へのすべてのルーメンおよびプルワイヤの一群化は、より小さな外径を可能にする。

【０１６６】

図26Aは、本発明の態様の、プルルーメンが装置の周囲に対称に配置されていない可撓性内視鏡装置の断面図を示す。図25の装置2500と同様に、装置2600は、作業チャネル2601、四つのプルルーメン2602、2603、2604および2605ならびに外側ジャケット2606を有する。いくつかの態様において、作業チャネルは、ニチノールのような可撓性合金から作られた中空管によって形成され得る。

【０１６７】

しかし、プルルーメン2602、2603、2604および2605は、互いから等距離に配置されるのではなく、外側ジャケット2606の周囲によって示されるような装置の外径を減らすために一群化されている。プルルーメンは、作業チャネル2601の周囲で互いから等距離ではないが、それでも、装置2600に示す構成においてプルルーメンをらせん状にすることは、らせん状にする利点、たとえばマッスリングおよびカーブアライメント現象を回避する利点を示す。装置2600のプルルーメンは作業チャネル2601の周囲で互いに隣接して配設されているが、他の態様は、異なるパターンで、たとえば同じ半球内で離間させて、密集させて、または別の配置で配設されてもよい。ジャケット2606は、プラスチックまたは装置2600の製造中に延伸、接着または融解され得る任意の他の材料から形成され得る。

【０１６８】
図26Bは、本発明の態様の、図26Aに開示された可撓性内視鏡装置2600の等角図を示す。図26Bの等角図に示すように、プルルーメン2602、2603、2604および2605は作業チャネル2601の周囲にらせん状に延びる。いくつかの態様において、らせん状のプルルーメンのピッチは、装置2600から所望の性質、たとえば剛性および可撓性を得るために、変えられ得る。
【０１６９】
図27は、本発明の態様にしたがって装置2600を製造する方法の流れ図を示す。工程2701に示すように、製造過程2700は、ワークピースのためのバックボーンを選択することから始まる。いくつかの態様において、バックボーンは、中空管、たとえば皮下「ハイポ」チューブまたはニチノール管であり得る。管構造は軸剛性と低い曲げ剛性とを同時に示すため、当業者は、管材料が好まれ得ることを認識するであろう。加えて、管は、有用なツールおよびケーブル、たとえば、光学素子、吸引、潅注および制御を挿入し得る作業チャネルを提供する。いくつかの態様において、バックボーンは、たとえば屈曲可能なガイドワイヤとして使用するための固い棒であり得る。
【０１７０】
バックボーンの選択ののち、工程2702で、プロセスマンドレル（一つまたは複数）をバックボーンの周囲に所望のピッチで渦状に巻き得る。いくつかの態様において、プロセスマンドレルは、工程2705中の容易な取り出しのために、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）でコートされてもよい。渦巻きマンドレルのピッチは、固定されてもよいし変動してもよく、用途に依存して異なる曲げ特性および剛性を可能にする。ピッチが小さくなる、すなわちバックボーンの中立軸に対して縦方向に平行になればなるほど、張力下、軸方向圧縮は小さくなり、また、増大したマッスリングおよびカーブアライメント現象を示す。より高いピッチの渦巻きは、概して、張力下の増大した軸方向圧縮を犠牲にして、減少したマッスリングおよびカーブアライメント現象を示す。
【０１７１】
次いで、工程2703で、バックボーンおよび少なくとも一つの渦巻きマンドレルを含む得られたワークピースを「ジャケット」で覆う、または被覆し得る。いくつかの態様において、ジャケットは簡単な押出し管またはシースである。被覆手段の選択は重要であり得る。被覆は、バックボーンの周囲のプロセスマンドレルのピッチを意図せずに変化させ得る。いくつかの態様において、「被覆」プロセスは、流延、析出、オーバー押出しまたは当技術分野において公知である任意の他の手段によって達成され得る。
【０１７２】
工程2704で、被覆プロセスからすでに接着されていないならば、ジャケットをワークピースに接着し得る。これは、当業者に公知の任意の数のプロセスを使用してワークピースに融解、成形または接着することを含み得る。ひとたび接着すると、ジャケットはプロセスマンドレルを定位置に保持し得る。
【０１７３】
工程2705で、ひとたび接着プロセスが完了したならば、渦巻きプロセスマンドレルを取り出して、ワークピースの長径に沿って縦方向に延びるらせん状のプルルーメン空洞、すなわちルーメンを形成し得る。工程2706で、マンドレルの取り出しののち、プルワイヤを残る空洞に通し得る。次いで、手術中、プルワイヤを使用して、プルワイヤが内視鏡装置を屈曲させることを容易にし得る。
【０１７４】
方法2700は編組を利用しないため、方法は、小さな器具を要する区域に達する場合、たとえば顕微手術用途に適切であり得る相対的に小さな外径のワークピースおよび装置の構成を提供する。前記製造方法は様々なサイズおよび外径の装置に適用され得るが、好ましい態様は概して2㎜未満の外径を有する。
【０１７５】
内視鏡装置への得られたワークピースの組み込みは、ワークピースジャケットを他の部

品、たとえば撓みまたはツールチップの外側ジャケットに融解、成形、接着および流延することによって達成され得る。いくつかの態様において、バックボーンは、隣接する顕微手術用撓みツールのための構造、たとえば増大した曲げ半径のためのリブならびにツールおよび制御ワイヤのための縦方向に整列した空洞を含み得る。

【０１７６】

管腔内ナビゲーション

本発明の態様において、解剖学的管腔中のロボットカテーテルのナビゲーションは、低線量コンピュータ断層撮影（CT）スキャンによって生成された二次元画像の収集に基づくコンピュータ生成三次元マップの使用を含み得る。術前処置中に患者の内部構造の断面をそれぞれが表す二次元CTスキャンを収集し得る。これらのスキャンを解析して、患者内の空洞および解剖学的空間、たとえば肺の気管支または尿道の経路を決定し得る。

【０１７７】

患者内の適切な解剖学的空間を決定するよう解析された後の空間は、三次元空間中の中心線座標、すなわち管腔の中心を表す座標を有する管腔として表現し得る。これらの空洞の容積は、各中心線座標における直径距離の特定の計測値として表され得る。中心線および対応する直径距離計測値を追跡することにより、三次元管腔のコンピュータ生成モデルを生成し得る。したがって、グリッド座標データを使用して、患者の身体構造を表す三次元空間および空洞を表現し得る。

【０１７８】

図28Aおよび28Bは、中心線座標、直径計測値および解剖学的空間の間の関係を示す。図28A中、解剖学的管腔2800は、中心線座標2801、2802、2803、2804、2805および2806によって縦方向におおよそ追跡され得、各中心線座標は管腔の中心をおおよそ近似する。「中心線」2807によって示されるこれらの座標を接続することにより、管腔を視覚化し得る。各中心線座標における管腔の直径を計測することによって管腔の容積をさらに視覚化してもよい。したがって、2808、2809、2810、2811、2812および2813は、座標2801、2802、2803、2804、2805および2806における管腔2800の計測値を表す。

【０１７９】

図28B中、管腔2800は、まず、中心線2807に基づいて三次元空間中の中心線座標2801、2802、2803、2804、2805および2806を位置決めすることにより、三次元空間中に視覚化され得る。各中心線座標において、直径2808、2809、2810、2811、2812および2813を有する二次元円形空間として管腔直径を視覚化し得る。これらの二次元円形空間を三次元で接続することにより、管腔2800を三次元モデル2814として近似し得る。より正確な近似は、中心線座標および計測の分解能を増すことによって、すなわち、所与の管腔または小部分に関する中心線座標および計測の密度を増すことによって決定され得る。中心線座標はまた、病変を含む、医師にとって対象の点を示すためのマーカを含み得る。

【０１８０】

解剖学的空間の三次元モデルを表現し、次いで生成したならば、術前ソフトウェアパッケージを使用して、生成されたモジュールに基づいて最適なナビゲーション経路を解析し、導出し得る。たとえば、ソフトウェアパッケージは、一つの病変（中心線座標によってマークされた）またはいくつかの病変への最短経路を導出し得る。この経路を、術者の好みに依存して二次元または三次元のいずれかで手術中に術者に提示し得る。

【０１８１】

図29は、本発明の態様の、解剖学的空間を表すコンピュータ生成三次元モデルを示す。先に述べたように、モデル2900は、術前に実施されたCTスキャンをレビューすることによって得られた中心線2901を使用して生成され得る。いくつかの態様においては、コンピュータソフトウェアが、モデル2900内、ひいては対応する解剖学的空間内でカテーテルシステムが手術部位2903にアクセスするのに最適な経路2902をマッピングし得る。いくつかの態様においては、手術部位2903を個々の中心線座標2904にリンクさせて、コンピュータアルゴリズムがカテーテルシステムのための最適経路2902を求めてモデル2900の中心線を局所解剖学的に探索することを許してもよい。

【０１８２】
患者の身体構造内でロボットカテーテルの末端を追跡し、コンピュータモデル内に配置するための位置をマッピングすると、カテーテルシステムのナビゲーション能力が高まる。ロボットカテーテルの作業末端を追跡する、すなわち作業末端を「位置確認」するためには、いくつかの手法が個別に、または組み合わせてのいずれかで用いられ得る。

【０１８３】
センサベースの位置確認手法においては、ロボットカテーテルの進行のリアルタイム指示を提供するために、電磁（EM）トラッカのようなセンサをロボットカテーテルの作業末端に結合し得る。EMベースの追跡においては、ロボットカテーテルに埋め込まれたEMトラッカが、一つまたは複数の固定EMトランスミッタによって生成される電磁場の変動を計測する。トランスミッタ（または電磁場発生器）は、低強度磁場を発生させるために患者の近くに配置され得る。これがEMトラッカ中のセンサコイル中に小さな電流を誘発し、その電流はセンサと発生器との間の距離および角度に相関する。そして、電気信号はインタフェースユニット（オンチップまたはPCB）によってデジタル化され、ケーブル／配線を介してシステムカートに送り返され、さらにコマンドモジュールに送られ得る。そして、データを処理して、電流データを解釈し、トランスミッタに対するセンサの正確な位置および配向を計算し得る。これらの部品の個々の位置を計算するために、複数のセンサがカテーテル中の様々な位置で、たとえばリーダおよびシース中で使用されてもよい。したがって、EMトラッカは、人工的に生成された電磁場からの読みに基づき、患者の身体構造中を移動しながら電磁場強度の変化を検出し得る。

【０１８４】
図30は、本発明の態様の、電磁場発生器と組み合わされた電磁トラッカを利用するロボットカテーテルシステムを示す。ロボットシステム3000がロボット駆動カテーテル3001を患者3002の中に駆動するとき、ロボットカテーテル3001の末端の電磁（EM）トラッカ3003が、電磁場発生器3004によって生成された電磁場を検出し得る。EMトラッカ3003のEM読みは、解釈および解析のために、ロボットカテーテル3001のシャフトを通してシステムカート3005およびコマンドモジュール3006（これには関連するソフトウェアモジュール、中央処理ユニット、データバスおよびメモリが含まれる）に伝達される。EMトラッカ3003からの読みを使用して、表示モジュール3007が、術者3008によるレビューのために事前に生成された三次元モデル内でのEMトラッカの相対位置を表示し得る。態様はまた、光ファイバ形センサのような他のタイプのセンサの使用に備える。追跡のために多様なセンサが使用され得るが、センサの選択は、本質的に、（ｉ）ロボットカテーテル内のセンサのサイズ、および（ｉｉ）センサを製造し、ロボットカテーテル内に統合するコストに基づいて限定され得る。

【０１８５】
患者の身体構造中でセンサを追跡する前に、追跡システムは、異なる座標系の間で単一の物体を整合させる幾何学的変換を見いだす「位置合わせ」として知られるプロセスを要し得る。たとえば、患者における特定の解剖学的部位は、CTモデル座標中とEMセンサ座標中とでは二つの異なる表現を有する。これらの座標系の間で一貫性および共通言語を確立するために、システムは、これら二つの表現をリンクする変換を見いだすこと、すなわち位置合わせをしなければならない。換言するならば、電磁場発生器の位置に対するEMトラッカの位置を三次元座標系にマッピングして、対応する三次元モデル中の位置を特定し得る。

【０１８６】
いくつかの態様において、位置合わせはいくつかの工程で実施され得る。図31は、本発明の態様の位置合わせプロセスの流れ図を示す。まず、工程3101で、術者は、ロボットカテーテルの作業端を公知の出発位置に配置しなければならない。これは、カテーテルカメラからのビデオ画像データを使用して出発位置を確認することを含み得る。初期位置決めは、カテーテルの作業端に位置するカメラを通して解剖学的特徴を識別することによって達成され得る。たとえば、気管支鏡検査において、位置合わせは、左右の肺の二つの主要

な気管支を位置決めすることによって区別される、気管の基部を位置決めすることによって実施され得る。この位置は、カテーテルの末端のカメラによって受けられたビデオ画像を使用して確認され得る。いくつかの態様において、ビデオデータは、事前に生成された患者の身体構造のコンピュータモデルの様々な断面図と比較され得る。システムは、断面図を選別することにより、最小量の差、すなわち「誤差」で断面と対応する位置を識別して「マッチ」を見いだし得る。

【０１８７】

工程3102で、術者は、ロボットカテーテルを、すでにマッピングされている唯一の解剖学的空間の中に「駆動」または「延ばし」得る。たとえば、気管支鏡検査において、術者は、カテーテルを気管の基部から唯一の気管支経路に駆動し得る。気管の基部は二つの気管支に分かれるため、術者は、ロボットカテーテルを一方の気管支に駆動し、EMトラッカを使用してロボットカテーテルの作業端を追跡し得る。

【０１８８】

ステップ3103で、術者はロボットカテーテルの相対移動をモニタする。ロボットカテーテルのモニタリングは、EMトラッカまたは蛍光透視法のいずれかを利用して、ロボットカテーテルの相対移動を決定し得る。ロボットカテーテルの作業端の相対変位の評価を、術前CTスキャンデータから生成されたコンピュータモデルと比較し得る。いくつかの態様においては、相対移動をコンピュータモデル中の中心線とマッチさせ得、変換マトリックスが最小誤差をもたらすところが正しい位置合わせである。いくつかの態様において、システムおよび術者は、加速度計および／またはジャイロスコープからの挿入データ（以下に説明する）および配向データ（以下に説明する）を追跡し得る。

【０１８９】

工程3104において、術者は、位置データを比較し、解析する前に、より多くの解剖学的空間に駆動すること（3102）、より多くの位置情報を収集すること（3103）を決定し得る。たとえば、気管支鏡検査において、術者は、カテーテルを一つの気管支から引き抜いて気管に戻し、別の気管支に駆動して、より多くの位置データを収集する。満足したならば、術者は駆動（3102）および位置データのモニタリング（3103）を止め、データの処理に進み得る。

【０１９０】

工程3105において、システムは、収集した位置データを解析し、そのデータを、事前に生成されたコンピュータモデルと比較して、患者の身体構造内のカテーテルの変位をモデルと位置合わせし得る。したがって、システムは、患者の身体構造の動きを患者の身体構造の三次元モデルと比較することにより、両空間（三次元コンピュータモデルおよび患者解剖学的空間）に対してトラッカを位置合わせし得る。解析後、位置合わせプロセスは完了し得る（3106）。

【０１９１】

いくつかの場合、ロボットカテーテルの配向を確認するために「旋回位置合わせ」を実施する必要があり得る。これは、位置合わせされていない解剖学的空間に駆動する前、工程3101において特に重要であり得る。気管支鏡検査においては、正しい垂直配向が、術者が左右の気管支を区別し得ることを保証する。たとえば、気管基部内では、カメラが0°に向けられているのか、または180°に向けられているのかにかかわらず、左右の気管支の画像が非常に類似して見える場合がある。また、患者内での曲がりくねったナビゲーション中、ロボットカテーテルの運動が一般にわずかな回転を生じさせるため、旋回位置合わせは重要であり得る。

【０１９２】

作業チャネルがセンサによって占有され得る場合、旋回位置合わせは手術部位で重要であり得る。たとえば、一つの作業チャネルしか有しない態様において、手術部位に到達すると、医師は、別のツール、たとえばグラスパまたは鉗子を使用するために、EMトラッカをロボットカテーテルから取り出す必要があり得る。しかし、取り出すと、システムは、EMトラッカなしでその位置確認能力を失い得る。したがって、手術部位から離れる準備が

できたとき、EMトラッカの挿入は、正しい配向を保証するために旋回位置合わせが再び実施されることを要求し得る。

【０１９３】

いくつかの態様において、ロボットカテーテルの回転は、装置の作業末端内に取り付けられた加速度計を使用して追跡され得る。カテーテルにかかる重力を検出するための加速度計の使用は、地面に対するロボットカテーテルの位置に関する情報を提供する。カテーテルに対する地面の位置を使用して、特定のあいまいさを解消し得る。気管支鏡検査においては、たとえば、カテーテルの末端カメラの配向（0または180°）を知ることは、はじめに適切な気管支を決定するのに役立つであろう。また、ナビゲーション中、重力の方向、ひいては配向を追跡するための加速度計からのデータを使用して、制御コンソールに表示されるカメラ画像を自動修正して、表示画像が常に垂直に向いていることを保証し得る。

【０１９４】

好ましい態様においては、加速度計を有する3軸MEMSベースのセンサチップがデジタルカメラと同じプリント回路板上でカテーテルの先端近くに結合されてもよい。加速度計は、三つの異なる軸沿いの線加速を計測して、カテーテル先端の速度および方向を計算する。加速度計はまた、重力の方向を計測し、それにより、カテーテルの配向に関する絶対的情報を提供する。加速度計の読みは、I2Cのような通信プロトコルを介してデジタルまたはアナログ信号を使用して送信される。信号は、配線によってカテーテルの基端に送信されたのち、そこから、処理のためにシステムカートおよびコマンドモジュールへと送信され得る。

【０１９５】

3軸センサにおいて、加速度計は、カテーテルに対する地面の位置を決定することができる。カテーテルが90°まで旋回または屈曲しないならば、2軸加速度計もまた、有用であることもできる。または、加速度計の軸が重力の方向に対して垂直、すなわち地面に対して垂直なままであるならば、1軸センサが有用であり得る。または、ジャイロスコープを使用して回転速度を計測したのち、それを使用してカテーテルの屈曲を計算してもよい。

【０１９６】

いくつかの態様は、加速度計からの任意の配向読みを補足するために、EMトラッカを加速度計と組み合わせて利用する。また、いくつかの態様においては、ロボットカテーテルを追跡するための蛍光透視法の使用が位置合わせプロセスを補足し得る。当技術分野において公知であるように、蛍光透視法とは、フルオロスコープの使用により、X線を使用して患者の内部構造のリアルタイム動画を得る画像撮影技術である。蛍光透視法によって生成された二次元スキャンが、特定の状況で、たとえば適切な気管支を識別する状況で、位置確認を支援し得る。

【０１９７】

蛍光透視法を使用する追跡は、カテーテル上の多数の放射線不透過性マーカを使用して実施され得る。カテーテルの多くの特徴は、当然、カメラヘッド、制御リングおよびプルワイヤを含め、X線不透過性である。したがって、マーカ位置をカテーテルの金属部品とともに使用して三次元変換マトリックスを取得し得る。位置合わせが達成されたならば、気管支位置を検出する視覚画像を三次元モデルに正確に相関させ得る。加えて、気管支全長および気管支位置を3Dで計測し、マップ中で強調することができる。

【０１９８】

センサベースの手法とは対照的に、視覚ベースの追跡は、末端に取り付けられたカメラによって生成された画像を使用してロボットカテーテルの位置を決定することを含む。たとえば、気管支鏡検査においては、特徴追跡アルゴリズムを使用して、気管支経路に対応する円形状を識別し、それらの形状の変化を画像間で追跡し得る。それらの特徴が画像から画像へと動くときそれらの特徴の方向を追跡することにより、システムは、どの気管支が選択されたのか、ならびにカメラの相対回転運動および並進運動を決定し得る。気管支

経路の局所解剖学的マップの使用が視覚ベースのアルゴリズムをさらに増強し得る。

【０１９９】

特徴ベースの追跡に加えて、オプティカルフローのような画像処理技術を使用して、気管支鏡検査において気道局所構造中の気管支を識別してもよい。オプティカルフローとは、ビデオシーケンス中での一つの画像から次の画像への画素の変位である。気管支鏡検査に関して、オプティカルフローは、気管支鏡の先端で受けられたカメラ画像の変化に基づいて気管支鏡の先端の動きを推定するために使用され得る。具体的には、一連のビデオフレームにおいて、各フレームを解析して、一つのフレームから次のフレームへの画素の並進運動を検出し得る。たとえば、所与のフレーム中の画素が次のフレームで左に並進するように見えるならば、アルゴリズムは、カメラ、ひいては気管支鏡の先端が右に動いたと推測する。多くのフレームを何度も繰り返し比較することにより、気管支鏡の動き（ひいては位置）を決定し得る。

【０２００】

また、立体的な画像取り込み（単眼的な画像取り込みではなく）が利用可能である場合、オプティカルフロー技術は、解剖学的領域の既存の三次元モデルを補足するためにも使用され得る。立体的画像取り込みを使用すると、二次元取り込み画像中の画素の深さを決定して、カメラビュー中の物体の三次元マップを構築し得る。この技術は、解剖学的管腔内を移動するように補外することにより、システムが、患者の身体構造内をナビゲートしながらカテーテルを取り囲む部位の三次元マップを展開することを可能にする。これらのマップは、所定の三次元コンピュータモデルを、そのモデルがデータを欠く、または低品質であるのいずれかである場合、拡張するために使用され得る。立体カメラ装置に加えて、深さセンサまたは特定の照明構造および画像取り込み技術、たとえばRGB-Dセンサまたは構造照明を使用しなければならない場合もある。

【０２０１】

追跡法にかかわらず（センサベースであるのか、視覚ベースであるのかのいずれか）、追跡は、ロボットカテーテルそのものからのデータを使用することによって改善され得る。たとえば、図2Aのロボットカテーテル200中、シース201およびリーダ205の相対挿入長さは気管内の既知の出発位置から計測され得る（気管支鏡検査の場合）。システムは、ロボットカテーテルが気管支中に位置するかどうか、およびその気管支に沿って移動した距離を決定したのち、相対挿入長さおよび患者の気管支紋理の三次元モデルの中心線を使用して、作業端の位置のおおまかな推定を与え得る。また、ロボットカテーテルからの他の制御情報、たとえばカテーテル装置の屈曲、旋回またはピッチおよびヨーを使用してもよい。

【０２０２】

様々な画像様式に基づくリアルタイム画像撮影が、特に手術部位におけるナビゲーションをさらに増強するであろう。追跡は、手術部位へのおおよそのナビゲーションを支援し得るが、より正確な取り扱いが必要である場合、たとえば病変から生検材料を採取しようとする場合、さらなる様式が有用である場合もある。蛍光画像撮影、近赤外線画像撮影、酸素センサ、分子バイオマーカ画像および造影剤画像撮影のような画像撮影ツールが、コンピュータモデル中の病変の正確な座標を正確に指し示すのに役立ち、ひいては、手術部位における生検針の操作を支援し得る。正確な位置の非存在においては、ロボットカテーテルを使用して手術部位の領域全体から公知の深さで生検材料を採取し、それにより、病変からの組織が採取されることを保証してもよい。

【０２０３】

いくつかの場合、分割型CTスキャン、ひいては得られるコンピュータモデルは肺の末梢の気管支を示さない（気管支鏡検査の場合）。これは、スキャン中の気道の不十分な膨張のせいであるか、または気管支のサイズがCTスキャンの解像度（一般には1ミリメートル程度）未満である理由で起こり得る。実際には、ロボットシステムが、処置中、マッピングされていない気管支の位置ならびに配置および配向を記録することによってコンピュータモデルを増強し得る。いくつかの態様においては、局所解剖学的構造が、医師がそれら

の位置をマークし、末梢気管支を検査するためにその同じ位置に戻ることを許し得る。いくつかの態様において、カテーテルカメラは、取り込み画像に基づいて気管支の直径および形状を計測して、配置および配向に基づいてそれらの気管支をマッピングすることを可能にし得る。

【０２０４】

管腔内処置

図32Aは、本発明の態様の、解剖学的管腔内のロボットカテーテルの末端を示す。図32A中、シャフト3201を含むロボットカテーテル3200が、手術部位3203に向かって解剖学的管腔3202中をナビゲートしている状態で示されている。ナビゲーション中、シャフト3201は非屈曲状態であり得る。

【０２０５】

図32Bは、解剖学的管腔内の手術部位で使用中の図32Aのロボットカテーテルを示す。手術部位3203に到達したところで、シャフトと3201縦方向に整合した末端リーダ部分3204を、シャフト3201から、矢印3205によってマークされる方向に伸長させ得る。また、末端リーダ部分3204は、ツールを手術部位3203に向けるために屈曲させ得る。

【０２０６】

図32Cは、解剖学的管腔内の手術部位で使用中の図32Bのロボットカテーテルを示す。手術部位が生検のための病変を含む場合、末端リーダ部分3204は、吸引針3207を手術部位3203の病変を標的に運ぶために、矢印3206によってマークされる方向に屈曲し得る。いくつかの態様において、末端リーダ部分3204は、術中評価のために解剖学的組織の試料を取り出すために生検鉗子を向けるように屈曲させ得る。ロボットカテーテル3200は、そのエンドエフェクタのアクティブ化のために、生検鉗子に機能的に結合された腱を含み得る。

【０２０７】

図33Aは、本発明の態様の、解剖学的管腔内で末端撓み部分に結合されたロボットカテーテルを示す。図33A中、シャフト3301、撓み部分3302および鉗子3303を含むロボットカテーテル3300が、手術部位に向かって解剖学的管腔3304中をナビゲートしている状態で示されている。図33Aに示すように、ナビゲーション中、シャフト3301および末端撓み部分3302はいずれも非屈曲状態であり得る。いくつかの態様において、撓み部分3302はシャフト3301内に引っ込められてもよい。撓み部分3302の構造、組成、能力および使用は、2014年3月7日に出願された米国特許出願第14/201,610号および2014年9月5日に出願された米国特許出願第14/479,095号に開示されている。これらの全内容は参照により本明細書に組み入れられる。

【０２０８】

いくつかの態様において、撓み3302はシャフト3301と縦方向に整合し得る。いくつかの態様において、撓み3302は、シャフト3301の軸外し（中立軸）である作業チャネルを通して展開されて、撓み3302が、シャフト3301の末端に位置するカメラを覆い隠すことなく作動することを可能にし得る。この配置は、シャフト3301が静止したままであるとき、術者が、カメラを使用して撓み3302を屈曲させることを可能にする。

【０２０９】

他の態様と同様に、撓み部分3302の末端で使用するための鉗子3303のような様々なツールを撓み部分3302の作業チャネルを通して展開し得る。他のシナリオにおいては、グラスパ、メス、針およびプローブのような外科ツールが撓み部分3302の末端に配置されてもよい。ロボットカテーテル3300において、他の態様におけるように、曲げ部分の末端のツールは、一つの処置の中で複数の治療を実施するために、術中に交換され得る。

【０２１０】

図33Bは、本発明の態様の、解剖学的管腔内の手術部位で使用中の鉗子ツールを有する図33Aのロボットカテーテルを示す。解剖学的管腔3304を通過するロボットカテーテル3300のナビゲーションは、任意の数の上述した様々なナビゲーション技術によって誘導され得る。ロボットカテーテル3300が手術部位3306におけるその所望の位置に達したならば、撓み部分3302が矢印3305の方向に屈曲して鉗子3303を手術部位3306に向け得る。ロボット

カテーテル3300は、鉗子3303を使用して、手術部位3306の組織の生検試料を採取し得る。
【０２１１】
図33Cは、本発明の態様の、解剖学的管腔内の手術部位で使用中のレーザ装置を有する図33Aのロボットカテーテルを示す。手術部位3306に達すると、ロボットカテーテル3300の撓み部分3302を屈曲させ、シャフト3301の作業チャネルおよび撓み部分3302を通してレーザツール3307を展開させ得る。レーザツール3307は、展開したならば、組織アブレーション、穿孔、切断、穿刺、壊死組織切除、切断または非表在組織へのアクセスのために、手術部位3306に向けてレーザ放射3308を放出させ得る。
【０２１２】
コマンドコンソール
図1のシステム100に関して説明したように、コマンドコンソールの態様が、術者、すなわち医師がロボットカテーテルシステムをエルゴノミクス的位置から遠隔制御することを可能にする。好ましい態様において、コマンドコンソールは、（ｉ）術者がロボットカテーテルを制御することを可能にし、かつ（ｉｉ）エルゴノミクス的位置からナビゲーション環境を表示する、ユーザインタフェースを利用する。
【０２１３】
図34は、本発明の態様のロボットカテーテルシステムのコマンドコンソールを示す。図34に示すように、コマンドコンソール3400は、ベース3401、表示モジュール、たとえばモニタ3402ならびに制御モジュール、たとえばキーボード3403およびジョイスティック3404を含み得る。いくつかの態様において、コマンドモジュール機能は、メカニカルアームを有するシステムカート、たとえば図1のシステム100のシステムカート101に統合されてもよい。
【０２１４】
ベース3401は、ロボットカテーテルからの信号、たとえばカメラ画像および追跡データを解釈し、処理する役割を担う中央処理ユニット、メモリユニット、データバスおよび関連するデータ通信ポートを含み得る。他の態様において、信号の解釈および処理の負担は、関連するシステムカートとコマンドコンソール3400との間で分散されてもよい。ベース3401はまた、制御モジュール、たとえば3403および3404を通して術者3405からのコマンドおよび命令を解釈し、処理する役割を担ってもよい。
【０２１５】
制御モジュールは、術者3405のコマンドを捕らえる役割を担う。制御モジュールは、図34のキーボード3403およびジョイスティック3404に加えて、当技術分野において公知の他の制御機構、たとえば非限定的に、コンピュータマウス、トラックパッド、トラックボール、制御パッドおよびビデオゲームコントローラを含んでもよい。いくつかの態様においては、手の動きおよび指の動きを捕らえて制御信号をシステムに送達してもよい。
【０２１６】
いくつかの態様においては、多様な制御手段があってもよい。たとえば、ロボットカテーテルの制御は「速度モード」または「位置制御モード」のいずれかで実行され得る。「速度モード」は、直接的な手動制御に基づいて、たとえばジョイスティック3404を介してロボットカテーテルの末端のピッチおよびヨー挙動を直接制御することからなる。たとえば、ジョイスティック3404における右左の動きがロボットカテーテルの末端のヨーおよびピッチの動きにマッピングされてもよい。また、ジョイスティックにおける触覚フィードバックを使用して「速度モード」の制御を増強してもよい。たとえば、ロボットカテーテルが特定の方向にさらに屈曲または旋回することができないことを伝えるために振動がジョイスティック3404に送り返されてもよい。または、ロボットカテーテルが最大屈曲または旋回に達したことを伝えるためにポップアップメッセージおよび／または音声フィードバック（たとえば警告音）が使用されてもよい。
【０２１７】
「位置制御モード」は、患者の三次元マップ中で位置を識別し、システムに依存して、所定のコンピュータモデルに基づいてカテーテルをその識別された位置にロボット的に操

舵することからなる。患者の三次元マッピングへのその依存のせいで、位置制御モードは患者の身体構造の正確なマッピングを要求する。

【０２１８】

システムはまた、コマンドモジュール3401を使用することなく、術者によって手動で直接操作されてもよい。たとえば、システムセットアップ中、医師および助手がメカニカルアームおよびロボットカテーテルを移動させて、器具を患者および手術室の周囲に配置してもよい。直接操作中、システムは、人間オペレータからの力フィードバックおよび慣性制御に依存して適切な器具配向を決定し得る。

【０２１９】

表示モジュール3402は、モニタ、バーチャルリアリティ視聴装置、たとえばゴーグルもしくはめがねまたはシステムに関する視覚情報およびロボットカテーテル中のカメラ（あるならば）からの視覚情報を表示するための他の手段を含み得る。いくつかの態様において、制御モジュールと表示モジュールとは、たとえば、タブレットまたはコンピュータ装置中のタッチスクリーン中に組み合わされてもよい。複合モジュールにおいて、術者3405は、コマンドをロボットシステムに入力することができるだけでなく、視覚データを見ることができる。

【０２２０】

もう一つの態様において、表示モジュールは、立体映像装置、たとえばバイザまたはゴーグル装置を使用して三次元画像を表示し得る。三次元画像を使用すると、術者は、患者の身体構造の三次元コンピュータ生成モデルの内部の仮想環境である、コンピュータモデルの「Endo View」を見て、患者内の装置の予想位置を近似し得る。「Endo View」を実際のカメラ画像と比較することにより、医師は、頭の中で自らを指向させ、ロボットカテーテルが患者内の正しい位置にあることを確認し得る。これは、ロボットカテーテルの末端の周囲の解剖学的構造のよりよい感覚を術者に与え得る。

【０２２１】

好ましい態様において、表示モジュール3402は、事前に生成された三次元モデルと、モデル中の所定の最適ナビゲーション経路と、ロボットカテーテルの末端の現在位置における身体構造のCTスキャンとを同時に表示し得る。いくつかの態様においては、処置の状態をさらに明らかにするために、ロボットカテーテルのモデルが患者の身体構造の三次元モデルとともに表示されてもよい。たとえば、生検が必要であり得るところの病変がCTスキャンで識別されていてもよい。

【０２２２】

手術中、ロボットカテーテルの末端のカメラ手段および照明手段が術者のために表示モジュール中に基準画像を生成し得る。したがって、ロボットカテーテルの末端の屈曲および旋回を生じさせるジョイスティック3404の方向が、末端の真正面にある解剖学的特徴の画像を生じさせる。ジョイスティック3404を上に差し向けると、カメラを有するロボットカテーテルの末端のピッチを増し得、一方で、ジョイスティック3404を下に差し向けると、ピッチを減らし得る。

【０２２３】

表示モジュール3402は、術者の設定および特定の処置に依存して、ロボットカテーテルの様々なビューを自動的に表示し得る。たとえば、望むならば、最終ナビゲーション工程中、手術領域に接近したとき、カテーテルのオーバヘッド蛍光透視図を表示し得る。

【０２２４】

血管処置のための仮軌道

図35Aは、本発明の態様のロボットカテーテルシステムの等角図を示す。図35Aに示すように、システム3500は、手術台3505に動作的に結合されている三つのメカニカルアーム（3502、3503および3504）を使用してカテーテル装置3501を送達する。システム3500は、患者3506の大腿動脈および血管系の残部にアクセスするために、メカニカルアーム3502、3503および3504を大腿動脈の挿入点3507に対して斜めに整列させながら、カテーテル装置3501を仮軌道へと構成し得る。大腿動脈の中から、可撓性カテーテル装置を屈曲させ、患者

の血管系の残部に通してたとえば患者の心臓まで「駆動」し得る。

【０２２５】

図35Bは、本発明の態様のロボットカテーテルシステム3500の平面図を示す。図35Aに示すように、メカニカルアーム3502、3503および3504を使用して、患者3506の左脚の上方にカテーテル装置3501のための仮軌道を形成し得る。したがって、メカニカルアームシステムの可撓性が挿入点3507へのアクセスを可能にする。

【０２２６】

図36は、本発明の態様の、仮軌道の角度が大きく増したロボットカテーテルシステムの等角図を示す。メカニカルアームの使用のおかげで、本発明は、用途、処置および術者の要望に依存して、より大きな挿入角を可能にする。図36に示すように、システム3600は、患者3606を載せた手術台3605に動作的に結合された三つのメカニカルアーム3602、3603および3604を含み得る。カテーテル3601は仮軌道中に整列されて患者の右脚3607の大腿動脈の中へ送られる。この配置において、装置3601と患者の脚3607との間の角度は45°を超え得る。

【０２２７】

また、ロボット制御の支援を受けて、挿入軌道が開始から終了までで異なり得るように術中に角度を変化させ得る。挿入軌道を術中に変化させると、より柔軟な手術室配置を許し得る。たとえば、これは、小さい初期挿入角の場合に好都合であり得る。しかし、処置が進むにつれ、患者とロボットシステムとの間にさらなる隙間を提供するために術者が角度を増す場合により好都合であり得る。

【０２２８】

複数の軌道構成に加えて、メカニカルアームのシステムの使用はさらなる恩典を提供する。現在の可撓性カテーテル技術において、可撓性カテーテルは、カテーテルの挿入時、抵抗を受けることが多い。この抵抗が、カテーテルの曲げ性と合わさって、挿入中にカテーテルを患者の体の中へと「押す」せいで、患者に対して外部にあるカテーテルの望ましくない曲り、すなわち「座屈」を生じさせる。この「座屈」現象は一般に、カテーテルを挿入点の中に手で通すことにより、術者にとってさらなる労を生じさせながら解決され得る。そのうえ、「座屈」現象から生じる、カテーテルの支持されない外側部分は望ましくない。トルク感知アルゴリズムおよび機構を使用して、外力入力に加えて座屈の事例を識別し得る。理由は、そのような力計測は特有のシグネチャを有し得るからである。

【０２２９】

図37A～37Dは、本発明の態様にしたがって、メカニカルアームの使用がカテーテル座屈および無駄な長さを減少させる血管処置の一連の平面図を示す。図37A中、システム3700は、患者3707を載せた手術台3706に動作的に結合された四つのメカニカルアーム3702、3703、3704および3705の使用を組み入れる。図37Aに示すように、アームを使用して、カテーテル装置3701を、仮軌道中、患者3707の右脚の大腿動脈の挿入点3708と整列させ得る。

【０２３０】

システム3700中の異なるアームが、カテーテル3701を操作するための異なる目的を果たす。アーム3702および3703は、カテーテル3701のツールベース3709および3710を駆動することにより、カテーテル装置3701を駆動し得る。ツールベース3709および3710は、以下に述べる直結駆動法を含む任意の数の手段を使用して「駆動」され得る。アーム3704および3705のフランジ点における機構を使用してカテーテル装置3701を支持して座屈を減らし、無駄な長さを減らし得る。フランジ点3711および3712は、受動的または直結駆動手段によってカテーテル3707を支持し得る。受動的支持において、フランジ点3711および3712は、簡単なループ、溝、方向転換面または受動的回転面（すなわちホイールまたはローラ）を使用し得る。図37Aに示す態様において、フランジ点3711および3712は、受動的「座屈防止」支持をカテーテル3701に提供する。受動的支持において、アーム3704および3705は、カテーテル装置がもっとも曲がりやすいところでカテーテル装置3701を支持するためにバーチャルに沿って動き得る。たとえば、いくつかの態様において、アーム3704および3705は、患者の体およびツールベースから等しい距離を常に維持するように構成されている。

【０２３１】

図37Bは、本発明の態様にしたがってシステム3700を使用する図37Aの血管処置の平面図を示す。図37Bに示すように、カテーテル3701が患者3707の大腿動脈にさらに挿入されるとき、支持アーム3705を引っ込めて、カテーテル3701を患者の中に挿入するための隙間を提供し得る。したがって、アーム3705は、はじめにカテーテル3701が挿入されるとき「座屈防止」支持を提供し、カテーテル3701の延伸が必要であるとき引っ込められ得る。この柔軟さが、カテーテル3701に対する改善された制御を提供し、カテーテル3701沿いの「無駄な長さ」を減らす。

【０２３２】

図37Cは、本発明の態様にしたがってシステム3700を使用する図37Bの血管処置のさらなる平面図を示す。図37Cに示すように、カテーテル3701が再び挿入点3708を通って患者の大腿動脈にさらに挿入されるときにも、支持アーム3704を引っ込めて、カテーテル3701を患者3707の中に挿入するための隙間を提供し得る。支持アーム3705と同じく、アーム3705は、必要なときには「座屈防止」支持を提供し得、カテーテル3701をさらに延ばすときには引っ込められ得る。

【０２３３】

能動的支持において、メカニカルアーム3704および3705上のフランジ点は、電動式または機械化駆動システム、たとえばグラスパまたは能動的回転面（すなわちホイールまたはローラ）であり得る。いくつかの態様において、フランジ点は、受動的支持の場合に常に調節されるのとは反対に、固定されたままであり得る。

【０２３４】

図37Dは、本発明の態様にしたがってメカニカルアームがアームのフランジ点における電動式ローラの使用によって能動的駆動支持を提供する血管処置の平面図を示す。具体的には、図37Dは、フランジ点3711および3712における受動的支持システムが能動的駆動機構、たとえばローラ3713および3714によって代わられている図37A～37Cのシステム3700の使用を示す。図37D中、能動的駆動機構3713および3714は、座屈防止を防ぐための機械化支持を提供する。いくつかの態様において、ローラの角速度は、正しい挿入速度および制御を保証するために、ツールベース3709および3710に対する駆動制御と同期化され得る。加えて、医師の押す動作を再現するために、能動的駆動機構3713および3714はできるだけ挿入点の近くに配置される。カテーテル3701が患者の中へと延ばされるとき、カテーテル3701の最大延伸長さを得るために、アーム3703および3704は必要に応じて引っ込められ得る。

【０２３５】

大腿動脈へのアクセスに関して態様が説明されたが、大腿静脈および伏在静脈へのアクセスを得るために、非常に類似したメカニカルアームの配置が構成されてもよい。

【０２３６】

本発明の柔軟さは、患者の血管系中の様々な点へのアクセスを要する多様な血管処置を可能にする。図38Aおよび38Bは、本発明の態様にしたがってロボットカテーテルを頸動脈に挿入し得る血管処置を示す。具体的には、図38Aは、カテーテルを頸動脈に挿入し得る血管処置の等角図を示す。図38Aに示すように、システム3800は、手術台3804に動作的に結合されている二つのメカニカルアーム（3802および3803）を使用してカテーテル3801を送達する。メカニカルアーム3801および3802は、カテーテル3801を仮軌道中に整列させて、頸動脈の挿入点3805および患者3806の血管系の残部にアクセスし得る。

【０２３７】

図38Bは、本発明の態様の血管システム3800の平面図を示す。図38Bに示すように、メカニカルアーム3802および3803を使用して、患者3806の肩の上方にカテーテル3801のための仮軌道を形成し得る。したがって、メカニカルアーム3802および3803の可撓性が頸動脈の挿入点3805へのアクセスを可能にする。

【０２３８】

図39は、本発明の態様にしたがってロボットカテーテルを上腕動脈に挿入し得る血管処

置を示す。図39中、システム3900は、手術台3904に動作的に結合されている二つのメカニカルアーム（3902および3903）を使用してカテーテル3901を送達する。手術台3904は、挿入点3905へのアクセスを受け入れるために、左延長部3906および右延長部3907を具備し得、それらはいずれも、アーム3902および3903が延長部にスライド式にアクセスすることを許すための軌道を含む。そして、メカニカルアーム3902および3903は、カテーテル3901を仮軌道中に整列させて、上腕動脈の挿入点3905および患者3908の血管系の残部にアクセスし得る。

【０２３９】

図40Aおよび40Bは、本発明の態様にしたがってロボットカテーテルを橈骨動脈に挿入し得る血管処置を示す。具体的には、図40Aは、カテーテルを橈骨動脈に挿入し得る血管処置の等角図を示す。図40Aに示すように、システム4000は、手術台4004に動作的に結合されている二つのメカニカルアーム（4002および4003）を使用してカテーテル4001を送達する。メカニカルアーム4002および4003は、カテーテル4001を仮軌道中に整列させて、橈骨動脈の挿入点4005および患者4006の血管系の残部にアクセスし得る。

【０２４０】

図40Bは、本発明の態様の血管システム4000の平面図を示す。図40Bに示すように、メカニカルアーム4002および4003を使用して、患者4006の手首の上方にカテーテル4001のための仮軌道を形成し得る。したがって、メカニカルアーム4002および4003の可撓性が橈骨動脈の挿入点4005へのアクセスを可能にする。

【０２４１】

したがって、複数のアームおよび／またはプラットフォームを利用して「仮軌道」を形成して、多様な患者アクセス点を必要とする多様な処置を可能にし得る。手術中、各プラットフォーム／アームは他のプラットフォーム／アームに対して位置合わせされなければならず、それは、視覚、レーザ、機械、磁気または固着を含む複数の様式によって達成することができる。一つの態様において、位置合わせは、一つのベースを有するマルチアーム型装置により、機械的位置合わせを使用して達成され得る。機械的位置合わせにおいて、態様は、アーム／プラットフォームの配置、位置および配向を、一つのベースに対するそれらの位置、配向および配置に基づいて位置合わせし得る。もう一つの態様において、位置合わせは、複数のベースを有するカートベースのシステムにより、個々のベース位置合わせおよび複数のロボットアーム間の「ハンドシェイク」を使用して達成され得る。複数のベースを有するカートベースの態様において、位置合わせは、異なるベースから一斉にアームに触れ、（ｉ）物理的接触、および（ｉｉ）これらのベースの相対位置に基づいて位置、配向および配置を計算することによって達成され得る。ベッドまたは台ベースのシステムにおける位置合わせ技術は異なり得る。いくつかの態様において、位置合わせ目標を使用して、アームの位置および配向を互いに対して合致させてもよい。そのような位置合わせを通して、アームおよび器具駆動機構を互いに対して空間的に計算し得る。

【０２４２】

仮軌道整列の方法

図41は、ロボット手術システムのアームを整列させる方法4100を示すフローチャートを示す。ロボット手術システムのアームは、患者に対する手術の前、最中または後で、方法4100にしたがって整列され得る。いくつかの態様において、アーム整列法は、カーブした経路またはつながれた経路（たとえばY字形）を含む構成を受け入れるためのオフセットの使用を組み入れ得る。

【０２４３】

工程4110で、システムの第一および第二のロボットアームを互いに位置合わせし得る。いくつかの態様において、システムは、互いと位置合わせされ得る第三のロボットアームまたはさらなるロボットアームを含み得る。

【０２４４】

工程4120で、第一および第二のロボットアーム、一般にはそれらのツールベースを、仮軌道配置になるように整列し得る。一般に、ロボットアームのエンドエフェクタ、インタ

フェース端部、装置マニピュレータまたはツールベースを仮軌道中にロボット的に整列させ得る。いくつかの態様においては、第三のロボットアームまたはさらなるロボットアームを仮軌道配置になるように整列させてもよい。いくつかの態様において、第三のロボットアームは、患者インタフェース装置を患者アクセス点に配置するために使用され得る。いくつかの態様において、第三のロボットアームは、内視鏡装置の作業チャネル中で使用するためのガイドワイヤまたはツールマニピュレータを配置するために使用され得る。

【０２４５】

工程4130で、ロボット手術システムのアドミタンス／インピーダンスモードを動作可能にし得る。アドミタンス／インピーダンスモードは、任意の数の方法、たとえば音声制御、ジョイスティック制御、ペダル制御、コンピュータ装置制御などで動作可能にされ得る。ロボット部品のためのアドミタンスモードは概して、ロボットが、感知された力を速度または加速度コマンドに変換する制御アルゴリズムである。ロボットアーム上のトルクセンサまたは触覚センサが、外力、たとえば人がアームの端を押していることを感知し、力ベクトルを、ロボットを動かすためのコマンドとして使用する。しかし、アドミタンスモードが動作可能にされるならば、意図しない外力、たとえば非意図的な衝突がロボットを動かし得る。ボタンまたはトグルスイッチの使用は、アドミタンスモードを動作可能／不可とすることができるが、人が複数のアームと相互作用する場合には困難になる可能性がある。

【０２４６】

また、いくつかの態様においては、アームへの直接的な物理的入力、たとえばアームを「たたくこと」または「押すこと」の使用を用いてアドミタンスモードを動作可能にすることもできる。これは、人－ロボット相互作用を簡単にし、それをより直感的にし得る。たとえば、ある態様において、アドミタンスモードが動作不可とされると、トルクセンサが連続的に入力を読み、入力を待つ間、ロボットは位置を保持する。アームに対して二回たたく動作が実施されると、タップシグネチャがアルゴリズムによって識別され、ロボットをアドミタンスモードに切り替える。

【０２４７】

言い方を変えるならば、アドミタンス制御は、ロボットからその環境への動的相互作用の制御の手法である。アドミタンス制御において、ロボットは、力を入力として受け取り、得られる速度または加速度をその出力として計算する。アドミタンスモードのロボットが外力、たとえば押すことを与えられるならば、制御装置は、力が最小化されるまで、ロボットを反対方向に移動させるように駆動する。質量、ばねおよび減衰のような仮想パラメータをアドミタンス制御においてチューニングして、力と位置との関係を変化させることができる。

【０２４８】

対照的に、インピーダンスモードはアドミタンスモードの逆である。インピーダンスモード中、ロボット部品は、力出力を生じさせる位置入力を有する。制御ループが位置計測を使用して、外力を出力するかどうかを決定する。たとえば、インピーダンスモードのロボットは、壁に触れるまで前方（入力）に動き、5ニュートン（力）の定力で壁に触れるように命令され得る。インピーダンスモードのロボットは、従うべき力プロフィールを与えられると、その力プロフィールを維持するように動く。平易なことばで言うと、ロボット部品は、アドミタンスモードでは、加えられた外力を避けるように離れ、インピーダンスモードでは、加えられた外力を維持するように動く。

【０２４９】

工程4140で、第一のロボットアームが、第一のロボットアームに対するユーザ作用力を検出し得る。第一のロボットアームは、一つまたは複数のリンクおよびジョイントを含み得；第一のロボットアームは、ジョイントに結合されたトルクセンサ、またはリンクに結合された、たとえばリンクの外面に配置された、触覚および／もしくは力センサを含み得る。たとえば、ロボットアームは、リンクによってその間に保持された一連のアクチュエータを含み得、7アクチュエータ型シリアルチェーンアームを含み得；ロボットアームは

、各ジョイントにおけるトルクを感知し得、および／またはロボットアームに沿って触覚感知を有し得る。代替的に、または組み合わさって、力センサが第一のロボットアームのツールベース、装置マニピュレータまたはインタフェース端部に結合されてもよい。第二またはさらなるロボットアームは第一のロボットアームに似たものであり得る。

【０２５０】

ロボットアームは、外力が起こったところを計算するためのアルゴリズムを実現する制御装置に結合され得る。触覚センサを使用するとき、アクティブ化されるセンサが、外力の場所を直に示し得る。ジョイントにおけるトルク感知の場合、アルゴリズムは、アーム上で入力が起こり得るところを計算するための推定を実施し得る。アルゴリズムは、与えられた入力のタイプを、たとえば入力がゆっくりと押すことであるのか、素早くたたくことであるのか、振ることであるのか、引くことであるのかを読み得る。

【０２５１】

工程4150で、第一のロボットアームは、決定されたユーザ作用力ベクトルに基づいて、一般には自動的に動き得る。

【０２５２】

工程4160で、第二のロボットアームが、第一のロボットアームとの仮軌道整列を維持するために、一般には自動的かつ同時並行的に動き得る。いくつかの態様においては、第三のロボットアームまたはさらなるロボットアームが、第一および第二のロボットアームとの仮軌道整列を維持するために、一般には自動的かつ同時並行的に動き得る。

【０２５３】

第一、第二および任意でさらなるロボットアームは、以下および本明細書に記載される多くの方法で、たとえばX軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数に沿って動き得（その場合、ロボットアームは同じ動きベクトルを有し得る）または仮軌道線上の点を中心に枢動または回転し得る（その場合、ロボットアームは異なる動きベクトルおよび大きさを有し得る）。たとえば、医師のようなユーザが、エンドエフェクタの一つをつかみ、動かし、仮軌道整列にとどまるエンドエフェクタの全セットを動かし得る。他の例において、ロボットアームは、内視鏡装置またはツールが手術中の患者に導入される点（部位）を中心に枢動し得る。

【０２５４】

いくつかの態様において、システムは、第三またはさらなるロボットアームを含み得、ロボットアームの全セットが、仮軌道整列を維持するやり方で動かされるよう、ロボットアームのサブセット（たとえばロボットアームの二つ）に加えられた力が検出され得る。たとえば、医師のようなユーザが、エンドエフェクタの二つをつかみ、X軸、Y軸またはZ軸の一つまたは複数においてそれぞれに実質的に類似した動きベクトルでそれらを平行移動させると、残りのエンドエフェクタは、仮軌道整列を維持するやり方で自動的に動かされ得る。他の例においては、医師のようなユーザが、エンドエフェクタの二つをつかみ、それぞれに異なる動きベクトルでそれらを平行移動させると、残りのエンドエフェクタは、仮軌道整列を維持し、仮軌道線上の点を中心にエンドエフェクタを回転させるやり方で自動的に動かされ得る。さらに他の例において、エンドエフェクタはつかまれ、回されて、エンドエフェクタの仮軌道を、つかまれ、回されたエンドエフェクタを中心に回転させ得る。ロボットアームおよびエンドエフェクタの動きは、たとえばシステムがエンドエフェクタの一つがつかまれたことを検出したときには、平行移動の動きであり得、たとえばシステムがエンドエフェクタの二つ以上がつかまれ、平行移動させられたことを検出したときには、またはもう一つの例として一つのエンドエフェクタが回されたときには、回転の動きであり得る。

【０２５５】

工程4170で、ロボット手術システムのアドミタンス／インピーダンスモードを動作不可とし得る。アドミタンス／インピーダンスモードは、任意の数の方法で、たとえば音声制御、ジョイスティック制御、ペダル制御、コンピュータ装置制御、センサ読み、タイムアウトなどで動作不可とされ得る。他の態様において、アドミタンス／インピーダンスモー

ドは、加えられる外力の非存在を検出したとき、動作不可とされ得る。いくつかの態様において、両モードは、力しきい値の有意な上昇によって効果的に動作不可とされ得る。

【０２５６】

上記工程は、多くの態様にしたがってロボット手術システムのアームを整列させる方法4100を示すが、当業者は、本明細書に記載される教示に基づく多くの変形を認識するであろう。工程は異なる順序で完了されてもよい。工程が追加されても削除されてもよい。工程のいくつかがサブステップを含んでもよい。工程の多くは、望みどおり、または有利であるように何度も繰り返されてもよい。

【０２５７】

方法4100の工程の一つまたは複数は、本明細書に記載されるような回路によって、たとえばプロセッサまたは論理回路、たとえばプログラマブルアレイ論理またはフィールドプログラマブルゲートアレイの一つまたは複数によって実施され得る。回路は、本明細書に記載される制御コンソールまたは制御コンピューティングユニットの部品であり得る。回路は、方法4100の工程の一つまたは複数を提供するようにプログラムされ得、プログラムは、たとえばコンピュータ読み取り可能なメモリに記憶されたプログラム命令または論理回路、たとえばプログラマブルアレイ論理もしくはフィールドプログラマブルゲートアレイのプログラムされた工程を含み得る。

【０２５８】

図42Aを参照すると、第一のロボットアームツールベース4208および第二のロボットアームツールベース4210を整列させて仮軌道4209を形成し得る。図42Aに示すように、第一および第二のロボットアームツールベース4208、4210は、仮軌道4209を維持しながらX軸、X、Y軸、YまたはZ軸、Zの一つまたは複数に同時並行的に平行移動させ得る。一般に、第一および第二のロボットアームツールベース4208、4210の間の軸方向距離は任意の動き中に一定にとどまり得る。そのような動き中、第一および第二のロボットアームの動きベクトルは同じである。いくつかの場合、軸方向距離は動き中に増減し得る。

【０２５９】

第一および第二のロボットアームツールベース4208、4210はまた、仮軌道4209の枢動を模倣するために、異なる動きベクトルで動かされ得る。図42Bに示すように、仮軌道4209は、ツールベースの一つ、たとえば第一のロボットアームツールベース4208を中心に枢動し得る。そのような場合、第二のロボットアームツールベース4210の動きベクトルは、最小限であり得る第一のロボットアームツールベース4210の動きベクトルよりも実質的に大きくてもよい。または、第一のロボットアームツールベース4208もまた、第二のロボットアームツールベース4210を中心に枢動してもよい。

【０２６０】

図42Cに示すように、仮軌道4209は、仮軌道線上、第一および第二のロボットアームツールベース4208、4210の間の枢動点4213を中心に枢動し得る。そのような場合、二つのロボットアームツールベース4208、4210の動きベクトルは、大きさが似ているが、方向が反対であり得る。

【０２６１】

図42Dに示すように、仮軌道4209は、第一および第二のロボットアームツールベース4208、4210を越える仮軌道線上の枢動点4215を中心に枢動し得る。そのような場合、第二のロボットツールベース4210の動きベクトルは第一のロボットアームツールベース4208の動きベクトルよりも実質的に大きくなり得る。図42Dに示すように、枢動点4215は、仮軌道線上、第一のロボットアームツールベース4208の「左側」に位置する。または、枢動点4215は、仮軌道線上、第二のロボットアームツールベース4208の「右側」に位置してもよい。

【０２６２】

図42B～42Dは、仮軌道の左回り約30°の枢動を示すが、このような枢動の方向および角度は例示のためだけに示されている。仮軌道は、右回りに0～360°の任意の角度で枢動させてもよい。

【０２６３】
アドミタンス／インピーダンスモード
医師および助手が手術作業を実施する手術室中、一般には助手が医師のために器具を保持している。この器具（たとえばカメラまたはレトラクタ）は、多くの場合、定期的に再配置される必要があり、したがって、硬い固定具によって保持することはできない。ロボットの使用は人間の助手の必要性を減らすこともできるが、ジョイスティックまたはトグルボタンによる多くのロボットの制御は直感的ではない。同様に、新たな患者ごとのロボットシステムのセットアップは、一部にはロボットへの制御インタフェースの不都合のせいで、手間がかかる。本開示は、センサ、しぐさ認識およびアドミタンス／インピーダンス制御を使用して、直感的かつ容易である人－ロボット相互作用モードを形成するシステム、装置および方法を提供する。
【０２６４】
本開示は、アームに対する自然な人的入力、たとえばたたくこと、押すことまたは引くことを受けて、予測される動きを命令するためのロボットの感知および制御を提供する。たとえば、アームの「肘」（たとえばロボットアームのジョイント）を二回たたくことは、人が、「手首」の位置を維持し、その肘だけを動かすことを望むことを意味することができる。もう一つの例においては、「前腕」（たとえばロボットアームのリンク）が固く保持され、「手首」（たとえばロボットアームのツールベース、インタフェース端部または装置マニピュレータ）が引かれるならば、それは、人が、腕の位置を維持し、「手首」だけを回転させることを望むことを意味することができる。第三の例においては、「手首」が単独で押されるならば、それは、人が、腕全体が「手首」の新たな位置を追うことを望むことを意味することができる。ロボットは、人が腕へのタッチ入力をどこでどのように加えるのかを感知することにより、これを実施し、その入力（たたくこと、二回たたくこと、引っ張り、振動など）を使用して、ロボットが力入力を動き命令として受け取る制御スキームであるアドミタンスモードを可能にする。アドミタンスモードの挙動、たとえばどのジョイントを動作可能にすることができるか、または動きに対する仮想制限は、加えられる人入力のタイプによって決定される。
【０２６５】
自然な人入力の使用は、仮軌道の操作以外の例にも及び得る。一つの態様において、アームが枢動モードにあるならば、おおよその方向への強い引きが、アドミタンスモードをトグリングし、枢動点を通過する直線に沿って軌道を引き込み得る。もう一つの態様において、エンドエフェクタ上にツールが存在しないならば、医師によって加えられる大きな下向きの力がロボットを格納シーケンスにセットしてアームを収納させ得る。他の態様において、システムは、アームを格納する前に確認を要求し得る。
【０２６６】
いくつかの態様において、アドミタンスモードは通常は動作不可とされ得る。本開示は、ロボットアームの正確な制御を提供し、意図され得ない外乱を補償することができる。触れるしぐさまたは入力が与えられると、アルゴリズムはユーザの意図を理解し、アドミタンスモードがその意図された動きに合致することを可能にする。これは、アドミタンスモードをトグリングするための他のモードに代わり得る。外力が除かれると、アルゴリズムは入力がなくなったことを感知し、アドミタンスモードを即座に、所与の待機時間後に、または徐々に（仮想減衰および剛性を増すことにより）動作不可とする。
【０２６７】
図43は、ロボット手術システムのロボットアームを操作する方法4300を示すフローチャートを示す。ロボット手術システムのアームは、患者に対する手術の前、最中または後で、方法4300にしたがって操作され得る。
【０２６８】
工程4310で、ロボット手術システムのアドミタンス／インピーダンスモードを動作可能にし得る。アドミタンス／インピーダンスモードは、上記および本明細書に記載されるように、ユーザがロボットアームに力を加える（すなわち触れ、接する）ことによって動作

可能にされ得る。代替的に、または組み合わさって、アドミタンス／インピーダンスモードは、いくつか例を挙げるならば、ロボットアームと連絡したフットペダル、ロボットアームと連絡したジョイスティック、音声コマンド、検出された光またはロボットアームと連絡したコンピューティング装置から受けられるユーザ命令によって動作可能にされ得る。いくつかの態様においては、ロボットアームの初期位置が記憶され得る。いくつかの態様において、ロボットアームは、ユーザによって決定されたいくつかの位置を記憶することができるように構成され得る。

【０２６９】

工程4320で、ロボットアームは、ユーザがロボットアームに加える力、たとえば触れること、つかむこと、たたくこと、押すこと、引くことなどを検出し得る。ロボットアームは、一つまたは複数のリンクおよびジョイントを含み得；ロボットアームは、ジョイントに結合されたトルクセンサまたはリンクに結合された、たとえばリンクの外面に配置された触覚センサを含み得る。たとえば、ロボットアームは、リンクによってその間に保持された一連のアクチュエータを含み得、7アクチュエータ型シリアルチェーンアームを含み得；ロボットアームは、各ジョイントにおけるトルクを感知し得、および／またはロボットアームに沿って触覚感知を有し得る。代替的に、または組み合わさって、力センサがロボットアームのツールベース、装置マニピュレータまたはインタフェース端部に結合されてもよい。

【０２７０】

いくつかの態様においては、触覚センサおよび／またはトルクセンサがロボットと環境との物理的相互作用を記録してもよい。たとえば、センサは、医師からの非意図的な力（たとえば衝突）を捕捉し、それを分析して臨床およびロボット作業空間をより良く決定し、画定し得る。

【０２７１】

工程4330で、検出された力に基づいてユーザ意図を決定し得る。たとえば、ロボット手術システムは、加えられた力が、ロボットアームの少なくとも一部分をつかむこと、押すこと、引くこと、たたくこと、複数回たたくこと、回すことまたは振ることの一つまたは複数であるかどうかを決定し得る。いくつかの態様において、検出された力は、アドミタンスモードをオンまたはオフにトグリングすることを示し得る。

【０２７２】

ロボットアームは、外力が起こったところを計算することができるアルゴリズムを実現する制御装置に結合され得る。触覚センサを使用するとき、アクティブ化されるセンサが外力の場所を直に示し得る。ジョイントにおけるトルク感知の場合、アルゴリズムは、アーム上で入力が起こり得るところを計算するための推定を実施し得る。アルゴリズムは、与えられた入力のタイプを、たとえば入力がゆっくりと押すことであるのか、素早くたたくことであるのか、振ることであるのか、引くことであるのかを読み得る。アルゴリズムは、事例のライブラリを使用して、異なるアドミタンスモードの間でトグリングすることができる。このライブラリは、プリセットされることもできるし、適応学習されることもできる。いくつかの態様において、ロボットアームは、タッチコマンドに加えて、またはその代わりに、音声または他のコマンドに応答し得る。

【０２７３】

工程4340で、ロボットアームは、決定されたユーザ意図に基づいて動かされ得る。いくつかの態様において、アドミタンス／インピーダンスモードは、検出された力に基づいて、すなわち、加えられた力が、アドミタンス／インピーダンスモードを動作可能にするためのパターンにマッチするならば、動作可能にされ得る。ロボットアームはまた、それに加えられる力の特性に基づいて多様なパターンで動き得る。たとえば、ロボットアームに加えられた力が、ロボットアームのジョイントに対する少なくとも一回たたくことを含むと決定され得、ロボットアームのジョイントは、アームの少なくとも一つの他のジョイントまたはインタフェース端部の位置を維持しながら自動的に動かされ得る。もう一つの例において、ロボットアームに加えられた力は、ロボットアームのジョイントの位置が維持

されるときロボットアームのインタフェース端部に対する引くことを含むと決定され得、ロボットアームのインタフェース端部は単に回され得る。さらに別の例において、ロボットアームに加えられた力は、ロボットアームのインタフェース端部に対する押すことまたは引くことを含むとを決定され得、ロボットアームのインタフェース端部は、インタフェース端部に対する押すことまたは引くことに応答して自動的に動かされ得、ロボットアーム全体が、インタフェース端部の動きを追うように自動的に動かされ得る。

【０２７４】

いくつかの態様においては、ユーザ作用力またはタッチに応答してロボット手術システムの別の部分の挙動が変化し得る。たとえば、ロボットのベースに対する二回たたくことがポンプを動作可能にし得る。一つの態様においては、大きな力または突然の力が、ロボットを、外力またはタッチによってコマンドが発動され得ない「セーフ」状態にセットし得る。もう一つの態様において、「マスタ／スレーブ」または「ミラーリング」モードが、手術台の片側のアームからの力およびトルクの読みを利用して、手術台の他方の側のアームに対して動きを命令し得る。

【０２７５】

工程4350で、ロボット手術システムのアドミタンス／インピーダンスモードを動作不可とし得る。いくつかの態様において、ロボットアームは、それが記憶してある初期位置に戻り得る。いくつかの態様において、ロボットアームは、以前に記憶されたプリセット位置のいずれかに戻るように命令され得る。ロボットアームは、本明細書に記載された制御スキームのいずれかによって命令され得る。いくつかの態様において、ロボット手術システムのアドミタンス／インピーダンスモードは、動いたのち、術者がそれを命令するまで、動作不可とされ得ない。

【０２７６】

上記工程は、多くの態様にしたがってロボット手術システムのロボットアームを操作する方法4300を示すが、当業者は、本明細書に記載された教示に基づく多くの変形を認識するであろう。工程は異なる順序で完了されてもよい。工程が追加されても削除されてもよい。工程のいくつかがサブステップを含んでもよい。工程の多くは、望みどおり、または有利であるように何度も繰り返されてもよい。

【０２７７】

方法4300の工程の一つまたは複数は、本明細書に記載されるような回路によって、たとえばプロセッサまたは論理回路、たとえばプログラマブルアレイ論理またはフィールドプログラマブルゲートアレイの一つまたは複数によって実施され得る。回路は、本明細書に記載される制御コンソールまたは制御コンピューティングユニットの部品であり得る。回路は、方法4300の工程の一つまたは複数を提供するようにプログラムされ得、プログラムは、コンピュータ読み取り可能なメモリに記憶されたプログラム命令または論理回路、たとえばプログラマブルアレイ論理もしくはフィールドプログラマブルゲートアレイのプログラムされた工程を含み得る。

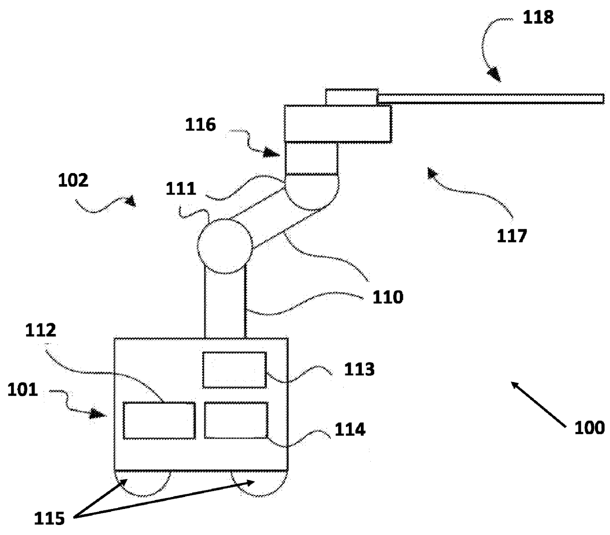
【０２７８】

様々な態様を比較するために、これらの態様の特定の局面および利点が記載されている。必ずしもそのような局面または利点のすべてが任意の特定の態様によって達成されるわけではない。したがって、たとえば、本明細書に教示される一つの利点または利点の群を達成または最適化し、同じく本明細書に教示または暗示され得るような他の局面または利点を必ずしも達成しないようなやり方で様々な態様が実施されてもよい。

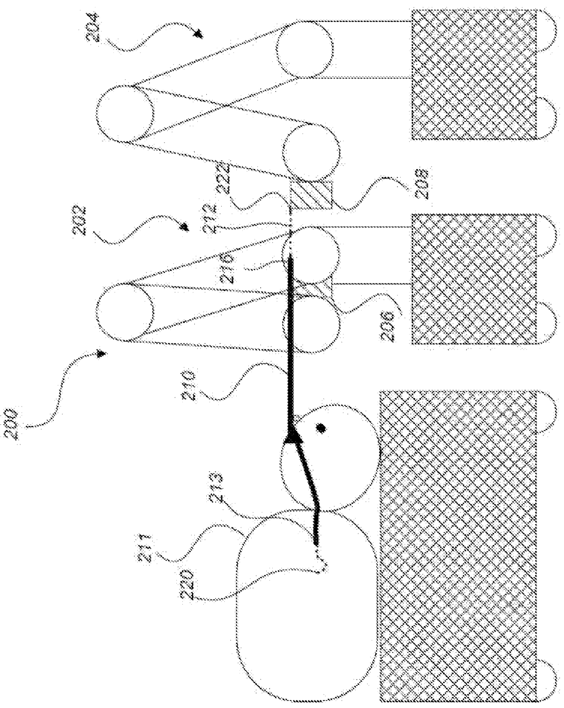
【０２７９】

本明細書における任意の態様とともに示された要素または部品は、特定の態様の場合に例示的であり、本明細書に開示される他の態様と組み合わせて使用されてもよい。本発明は様々な変形および代替形態を受け入れることができるが、その具体例が図面に示され、本明細書で詳細に説明されている。しかし、本発明は、開示される特定の形態または方法に限定されず、それどころか、そのすべての変形、均等物および代替を包含する。

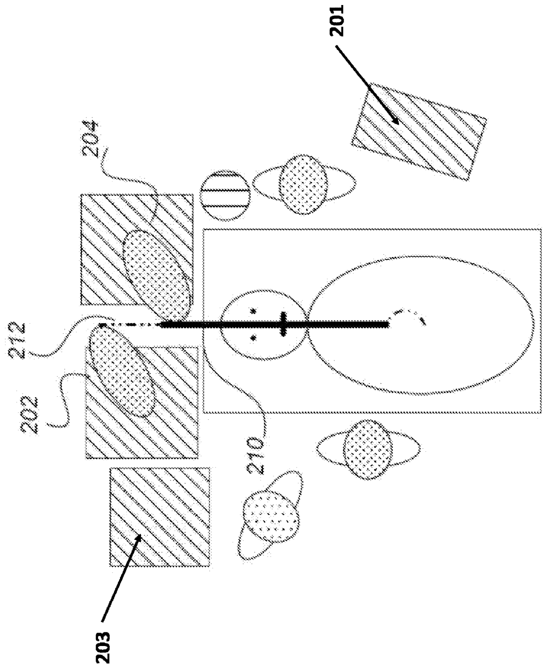
【図１】



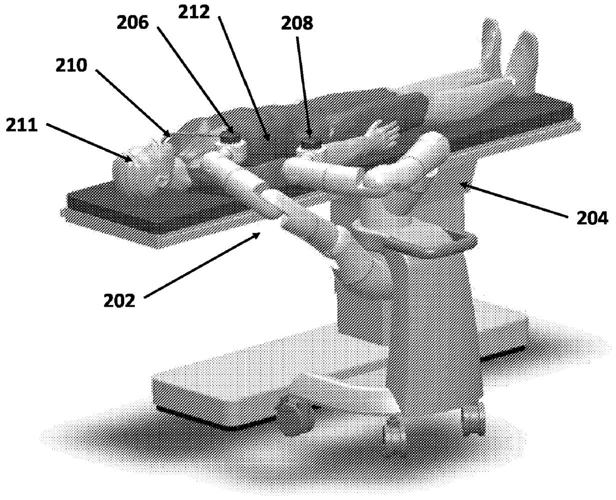
【図２Ａ】



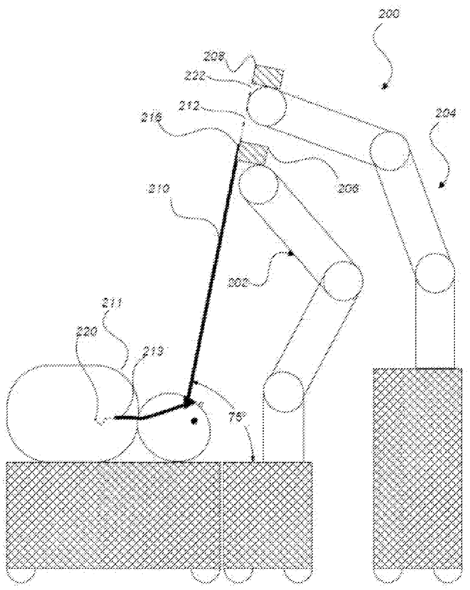
【図２Ｂ】



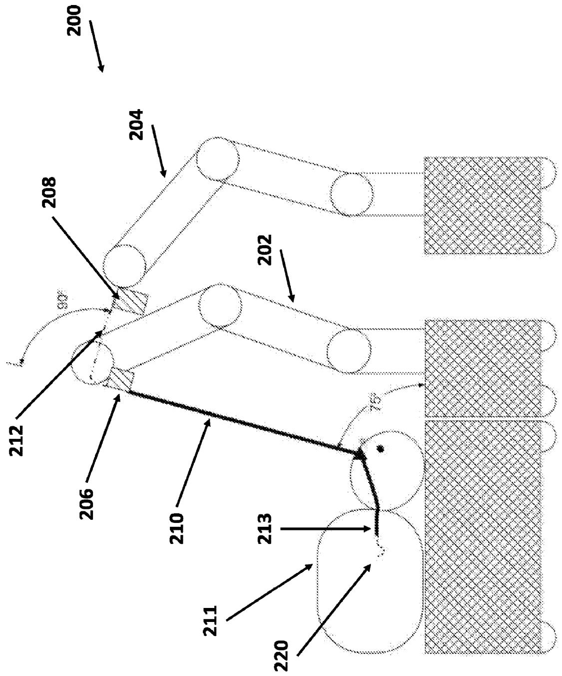
【図２Ｃ】



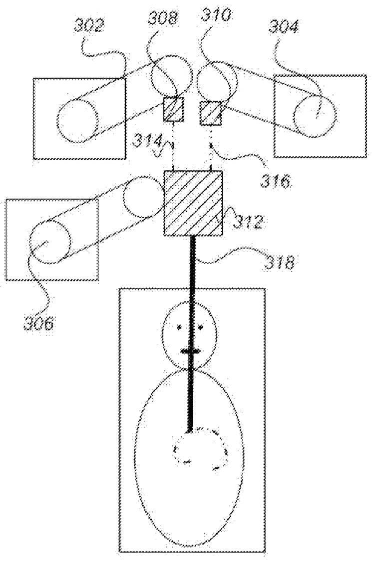
【図２Ｄ】



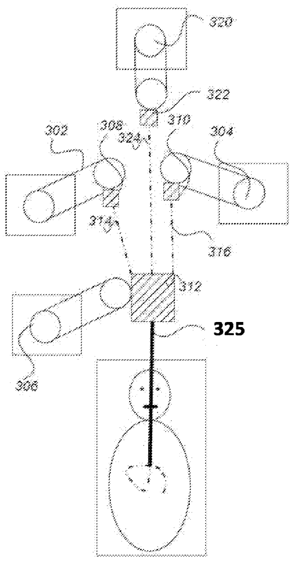
【図２Ｅ】



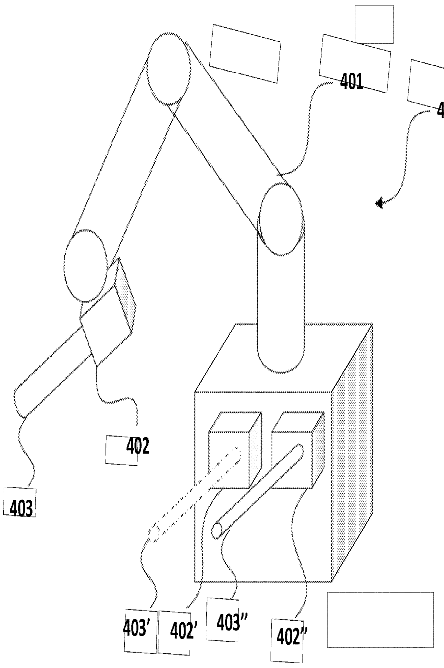
【図３Ａ】



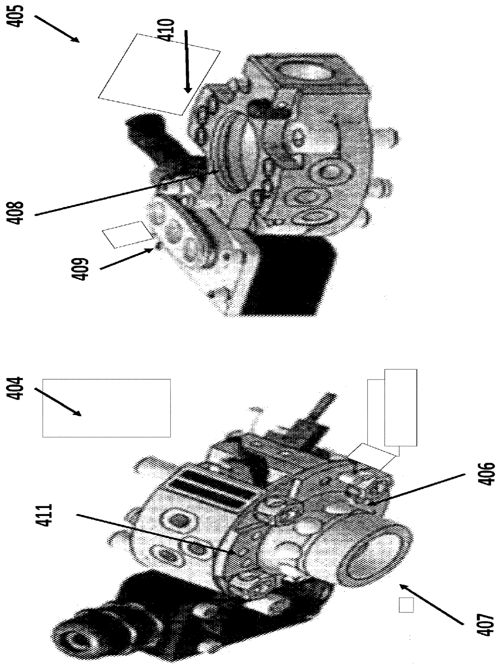
【図３Ｂ】



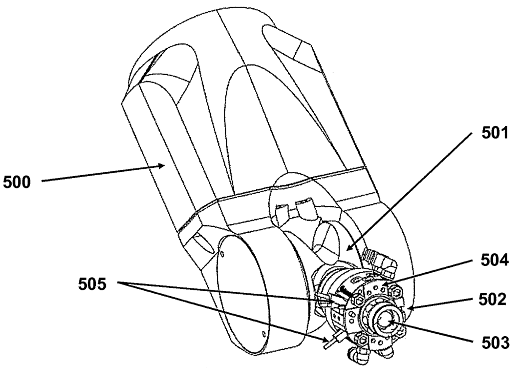
【図４Ａ】



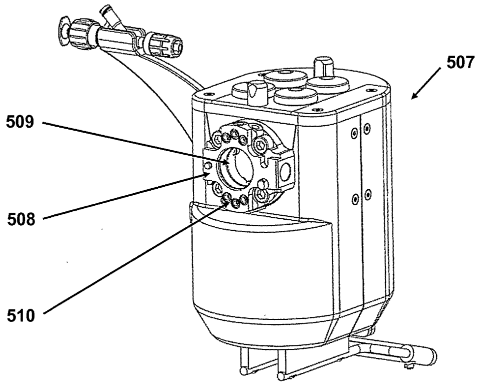
【図４Ｂ】



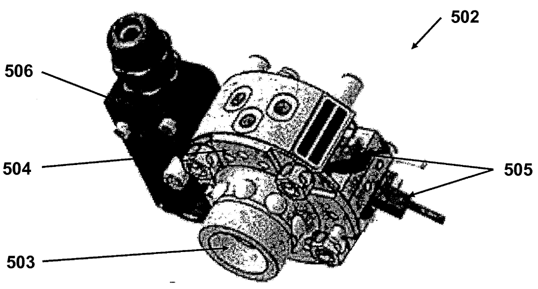
【図５Ａ】



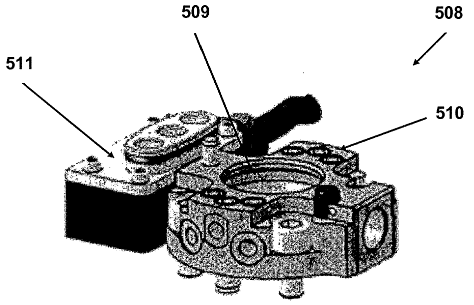
【図５Ｃ】



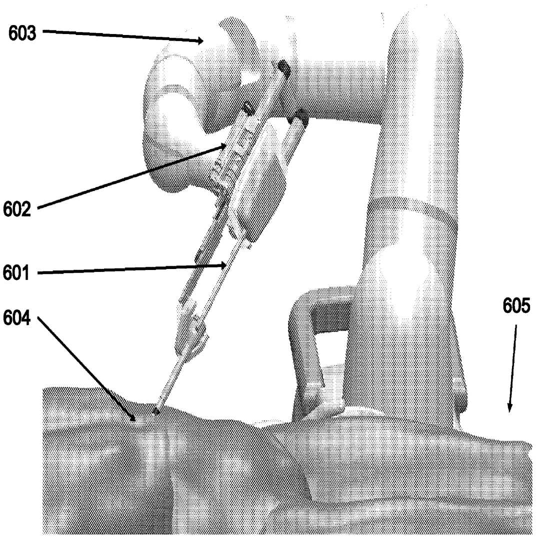
【図５Ｂ】



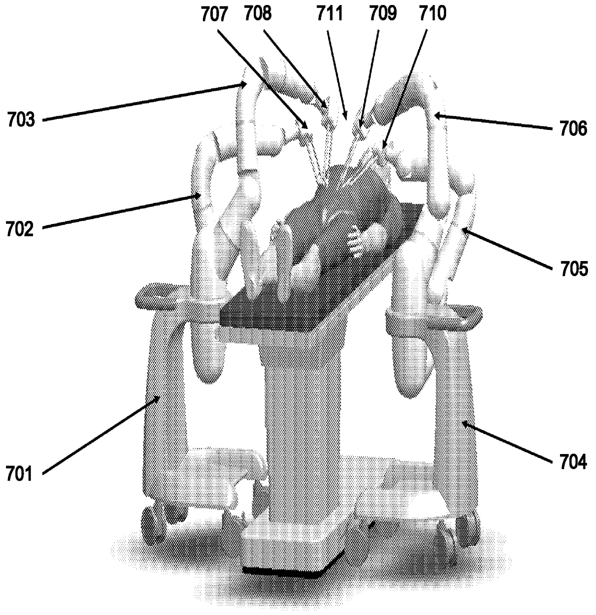
【図５Ｄ】



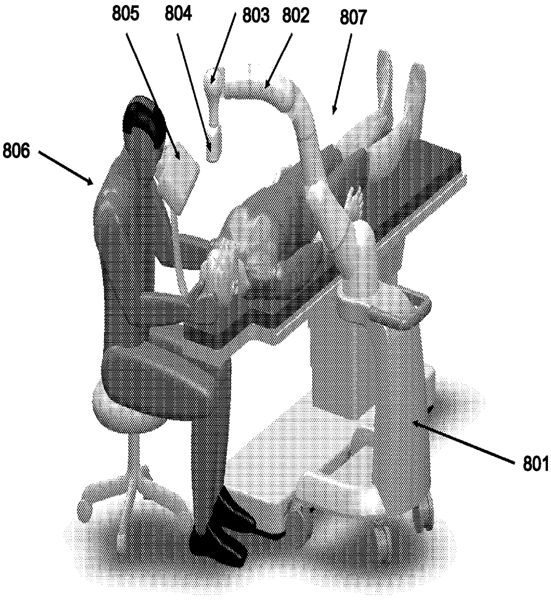
【図６】


603
602
601
604
605

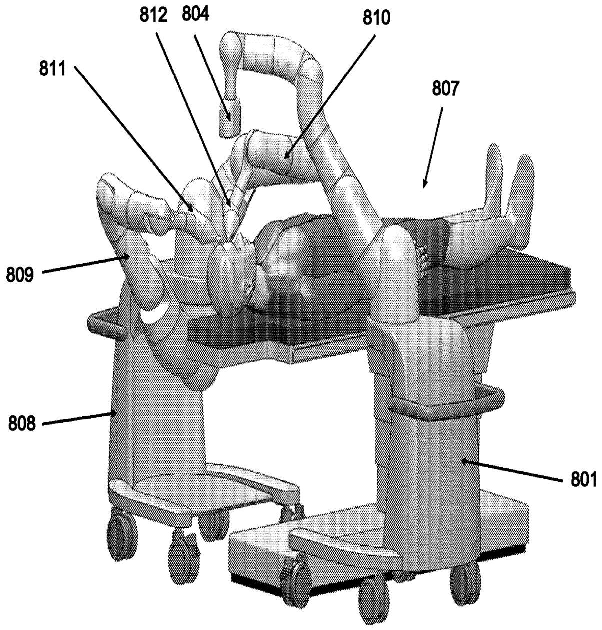
【図７】


707 708 711 709 710
703
706
702
705
701
704

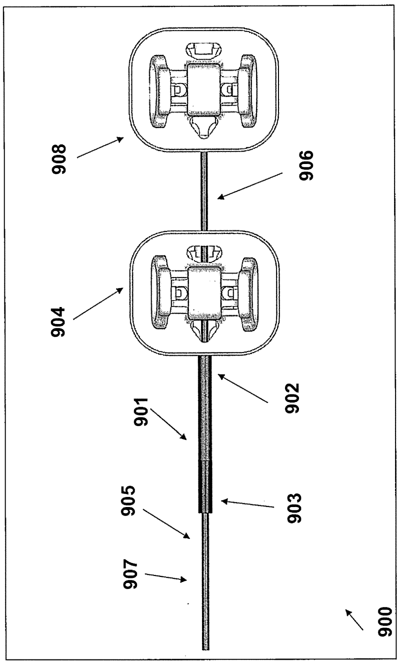
【図８Ａ】


805 804 803 802 807
806
801

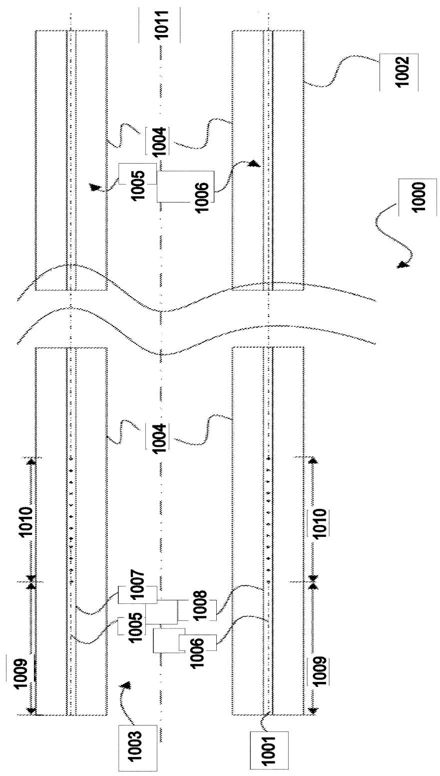
【図８Ｂ】


812 804 810
811
807
809
808
801

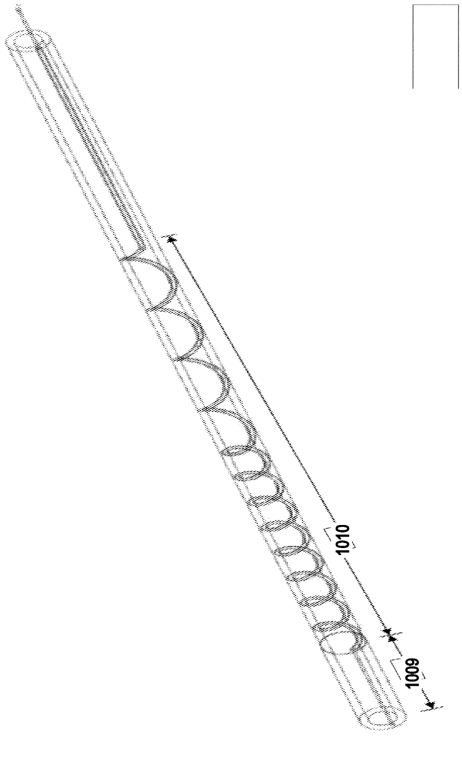
【図９】



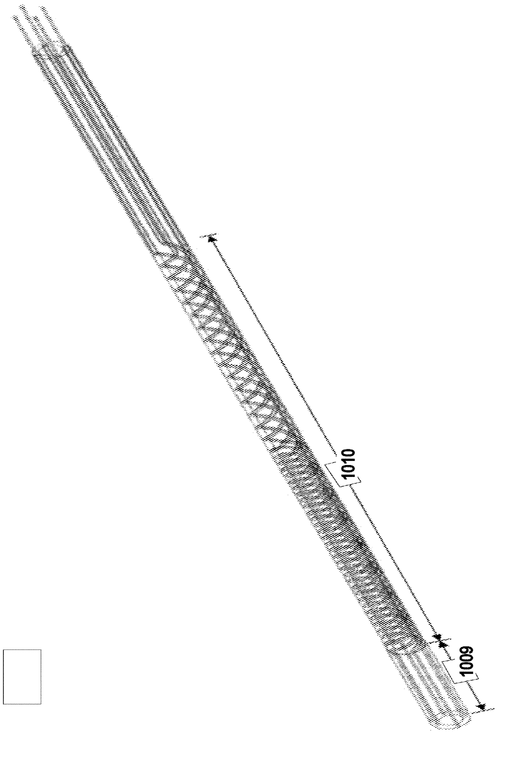
【図１０Ａ】



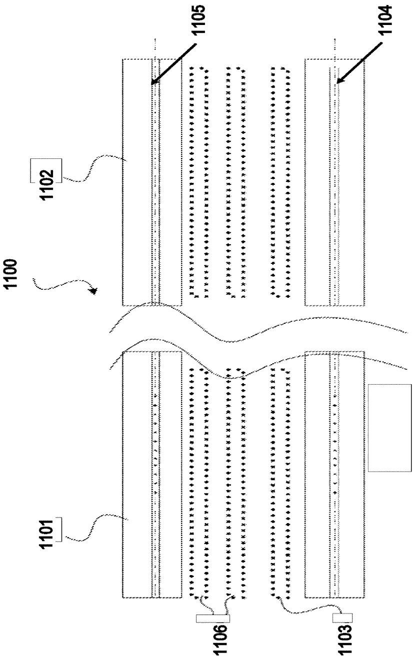
【図１０Ｂ】



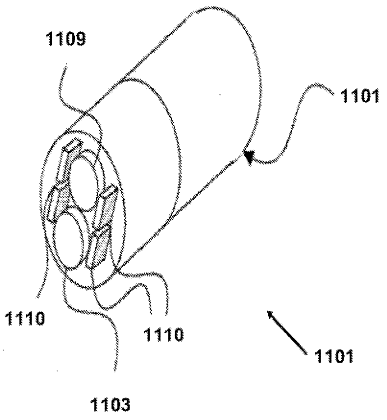
【図１０Ｃ】



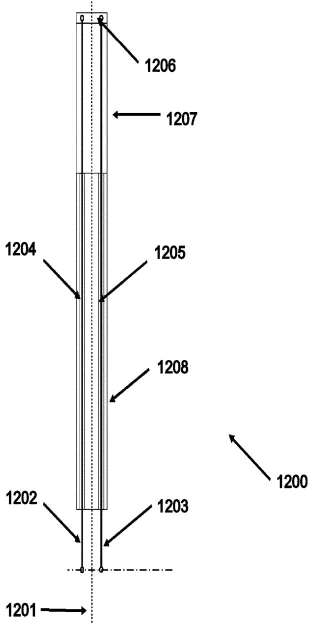
【図１１Ａ】



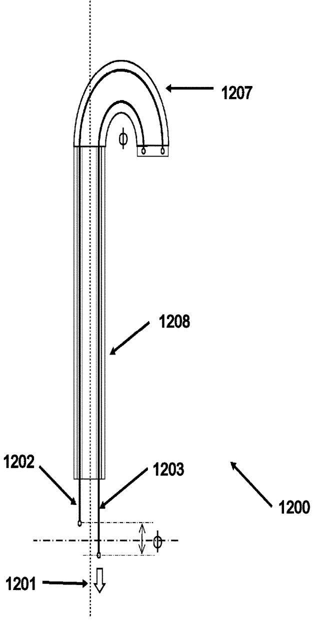
【図１１Ｂ】



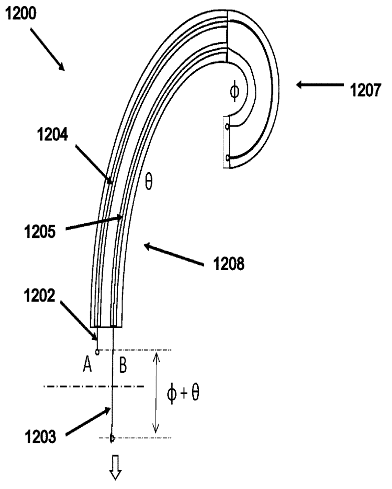
【図１２Ａ】



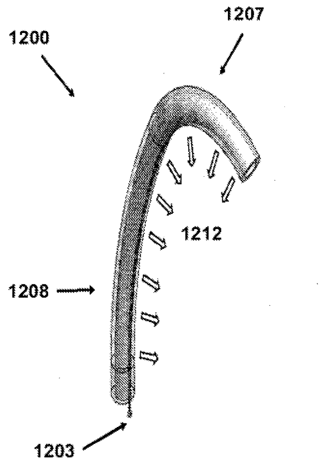
【図１２Ｂ】



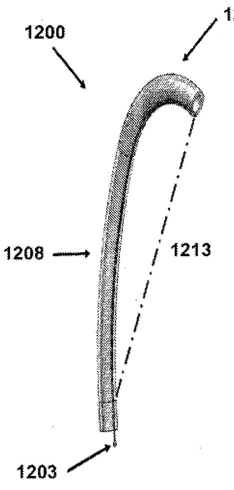
【図１２Ｃ】



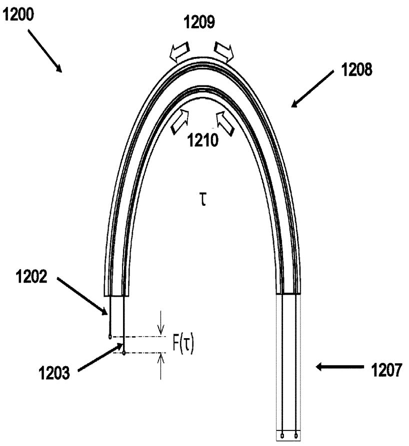
【図１２Ｄ】



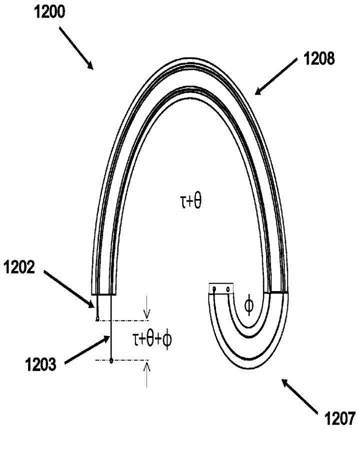
【図１２Ｅ】



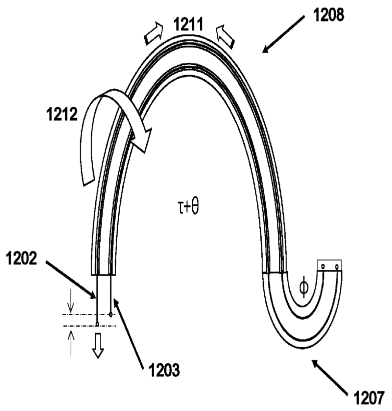
【図１２Ｆ】



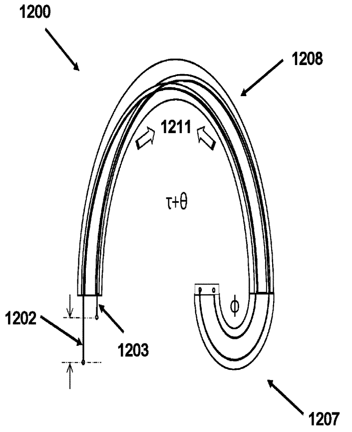
【図１２Ｇ】



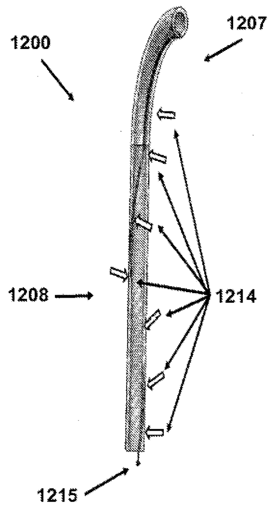
【図１２Ｈ】



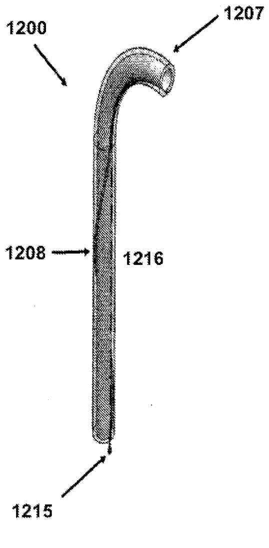
【図１２Ｉ】



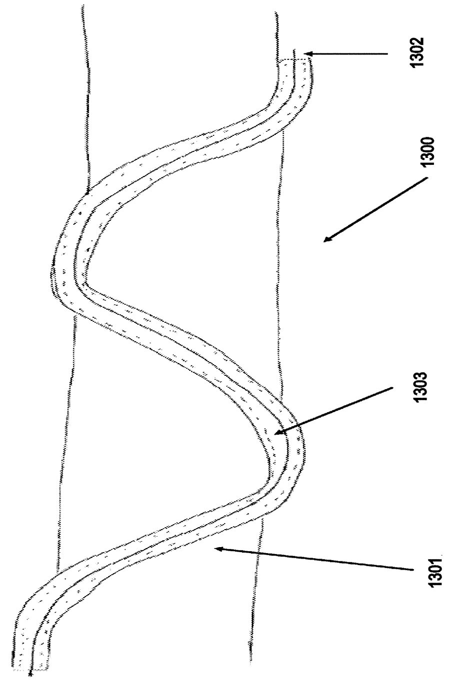
【図１２Ｊ】



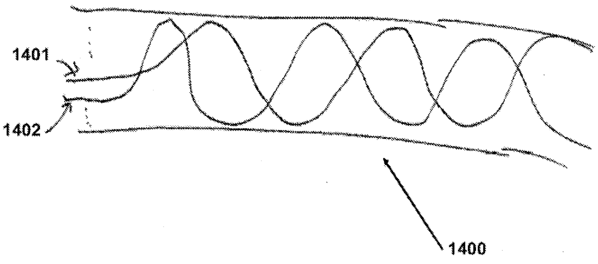
【図１２Ｋ】



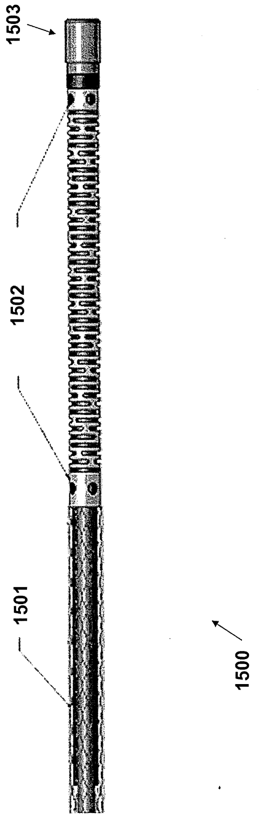
【図１３】



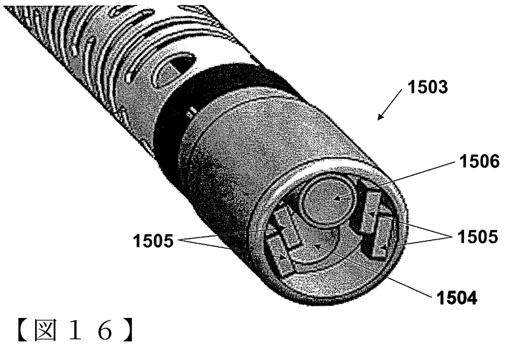
【図１４】



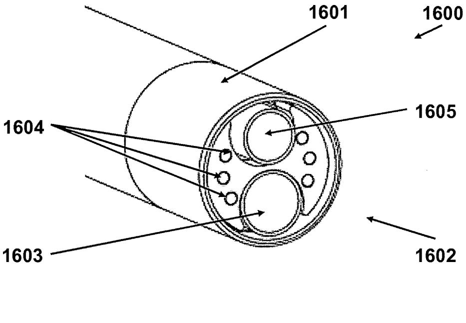
【図１５Ａ】



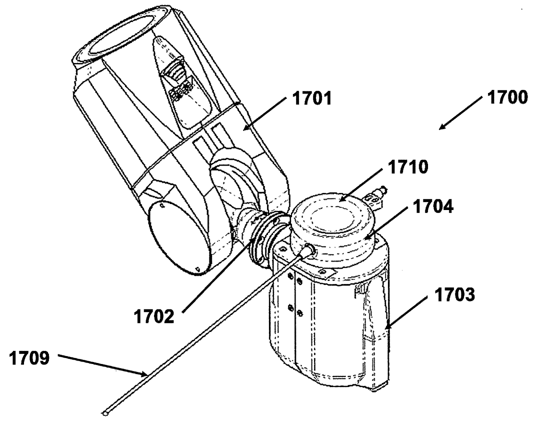
【図１５Ｂ】



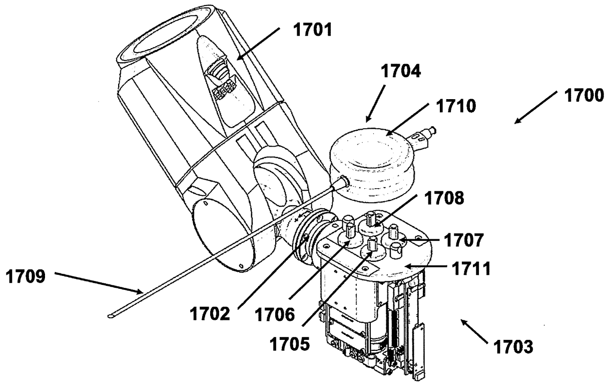
【図１６】



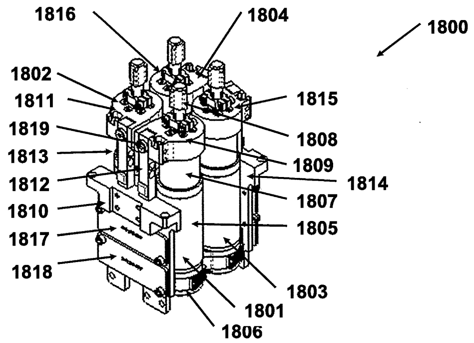
【図１７Ａ】



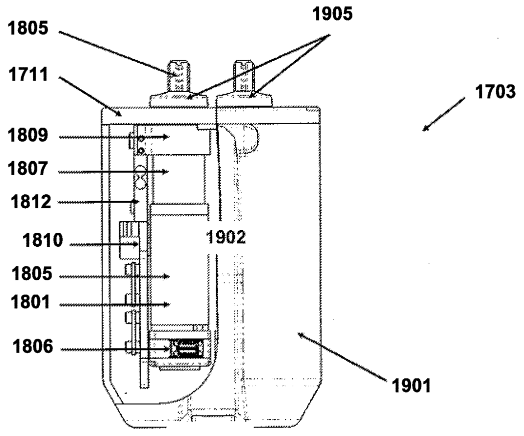
【図１７Ｂ】



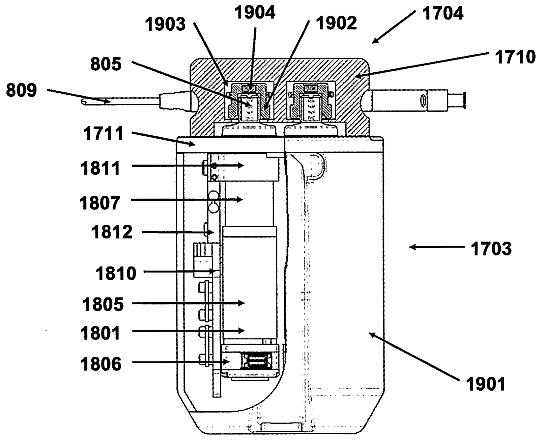
【図１８】



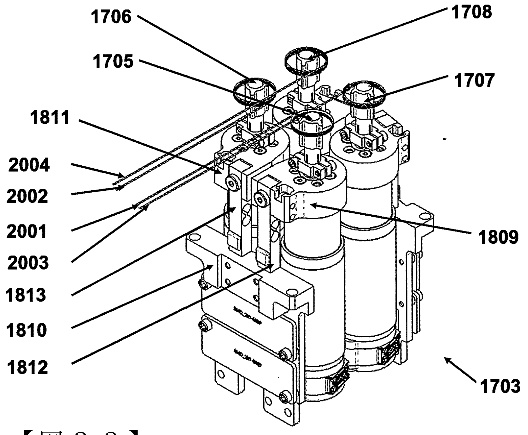
【図１９Ａ】



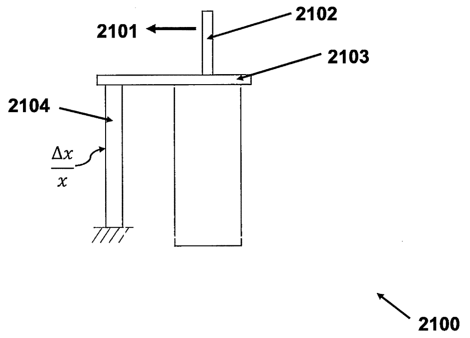
【図１９Ｂ】



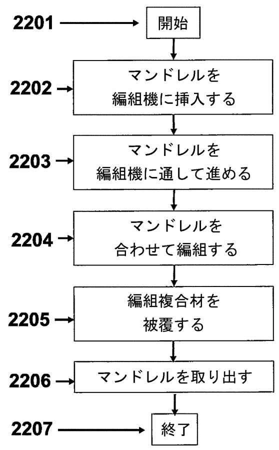
【図２０】



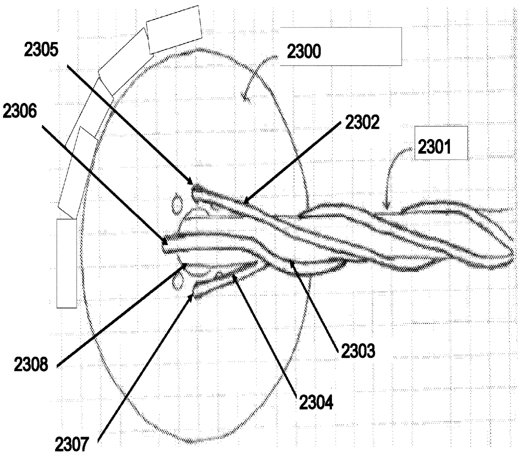
【図２１】



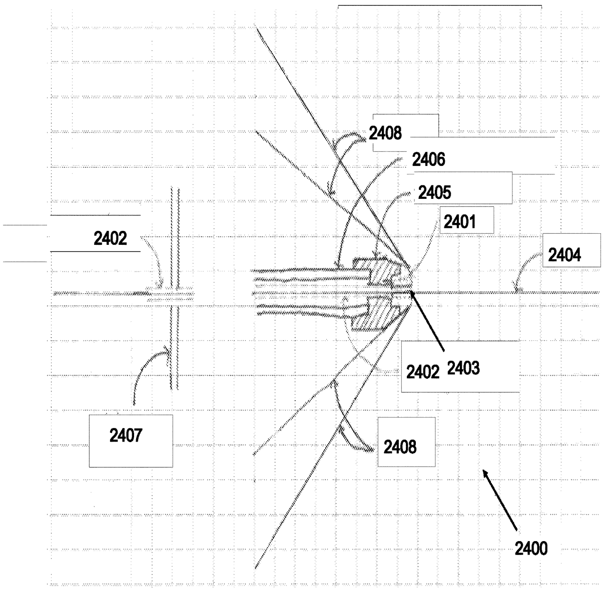
【図２２】



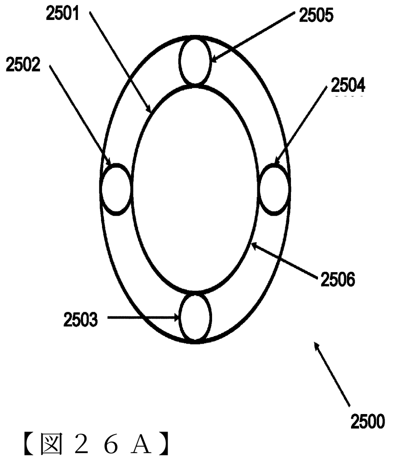
【図２３】



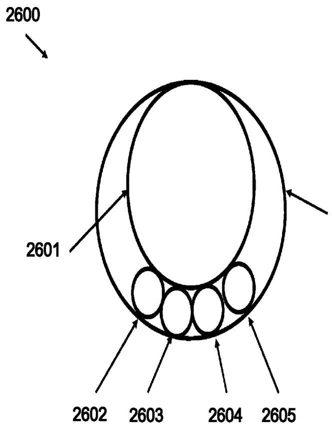
【図２４】



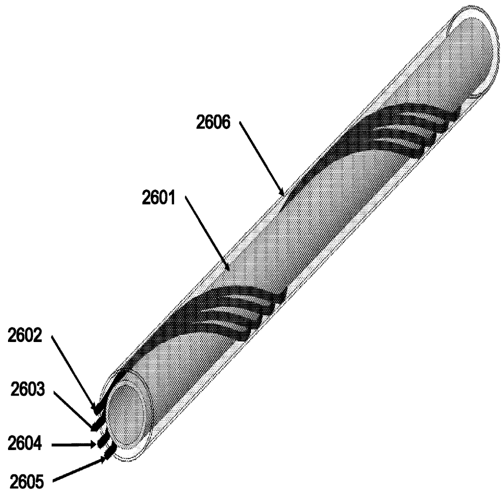
【図２５】



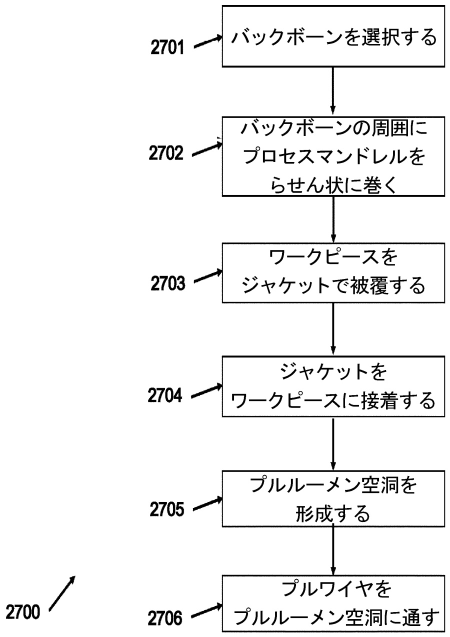
【図２６Ａ】



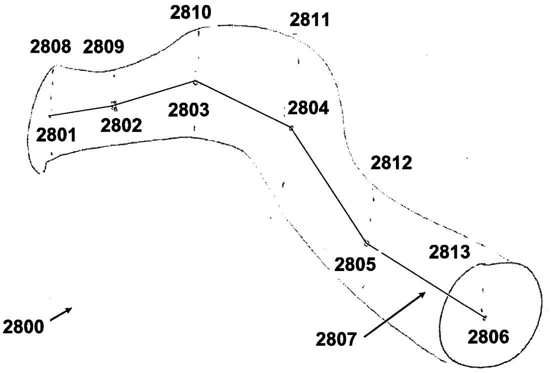
【図２６Ｂ】



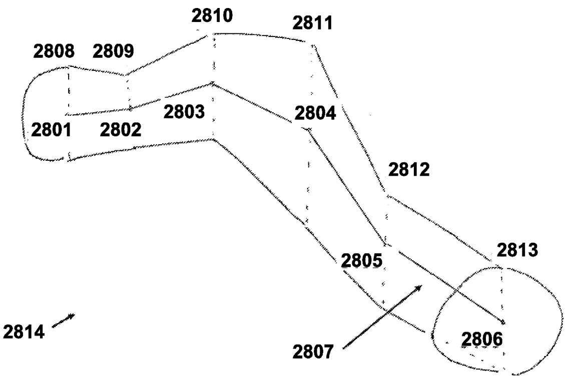
【図２７】



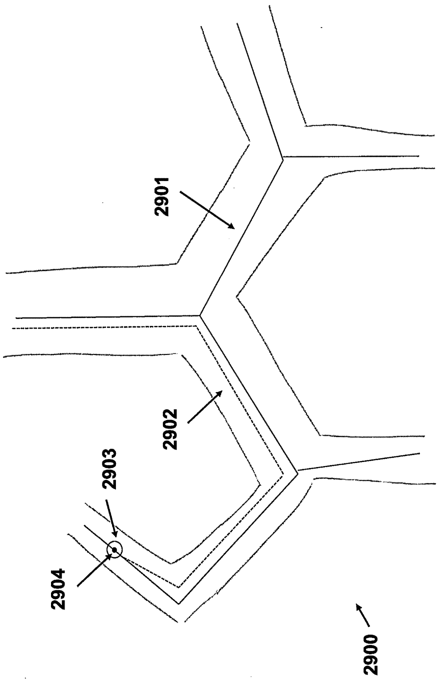
【図２８Ａ】



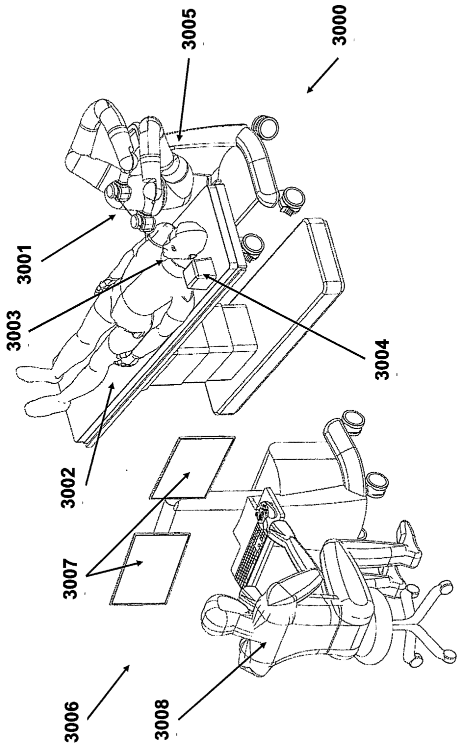
【図２８Ｂ】



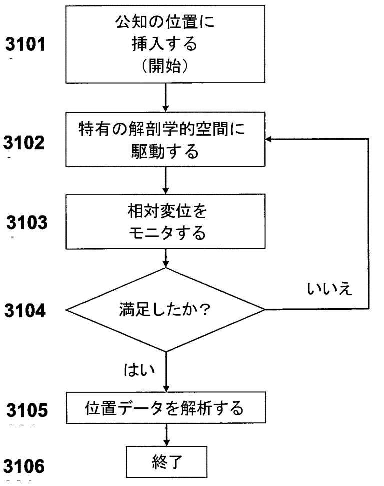
【図２９】



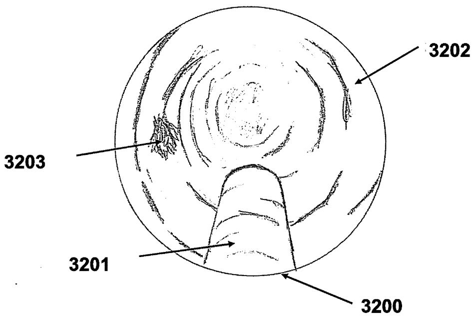
【図３０】



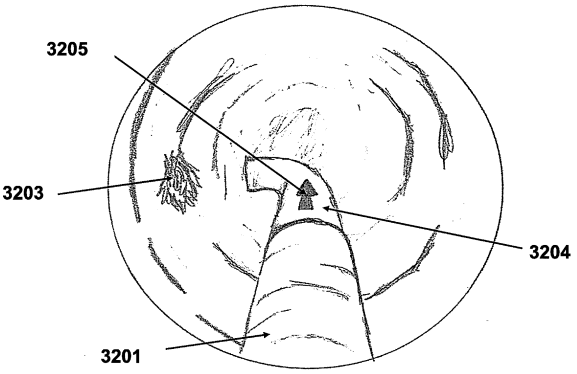
【図３１】



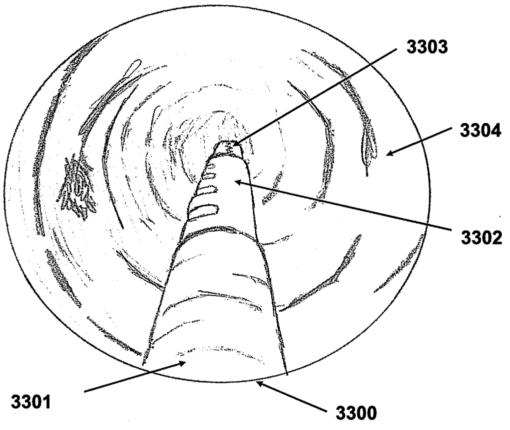
【図３２Ａ】



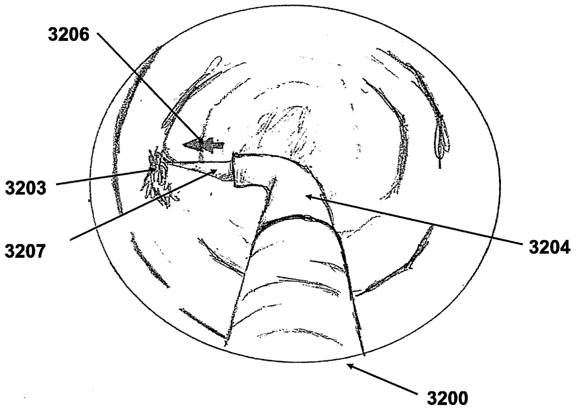
【図３２Ｂ】



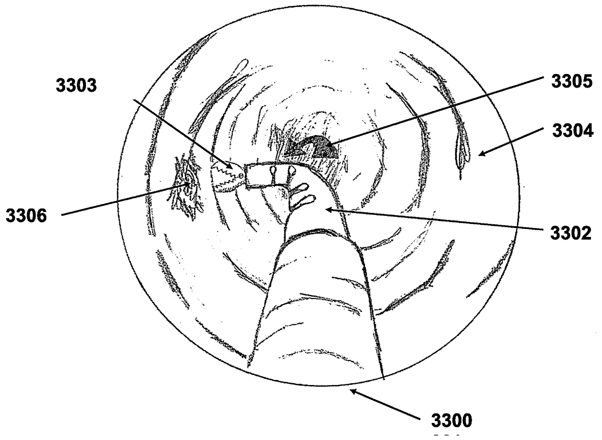
【図３３Ａ】



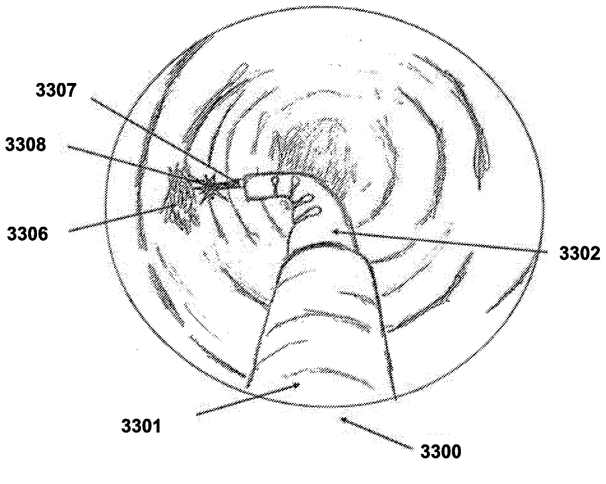
【図３２Ｃ】



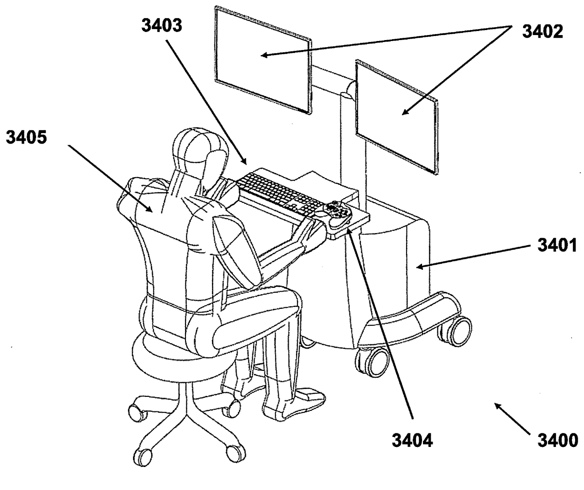
【図３３Ｂ】



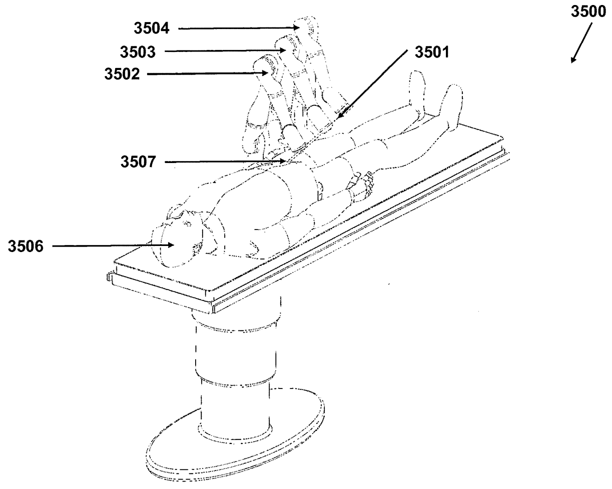
【図３３Ｃ】



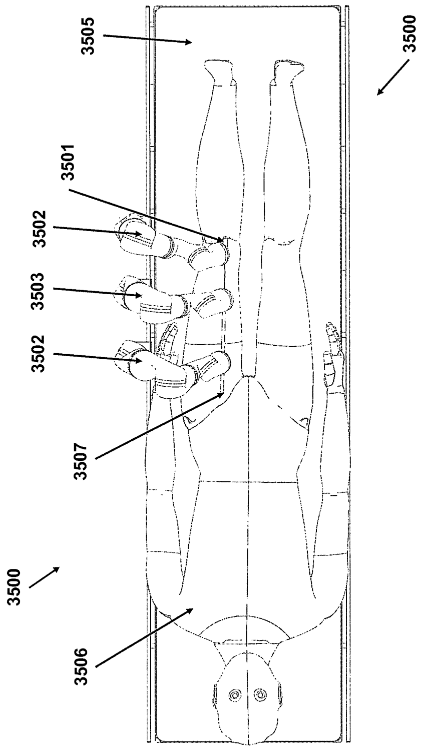
【図３４】



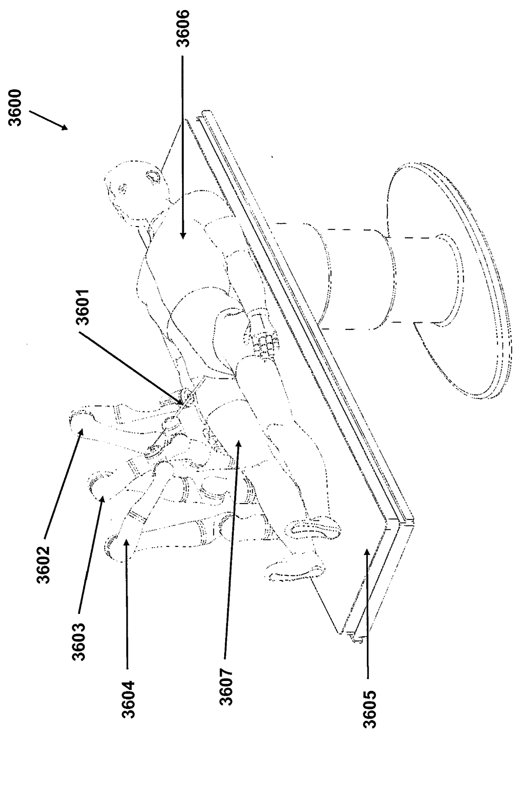
【図３５Ａ】



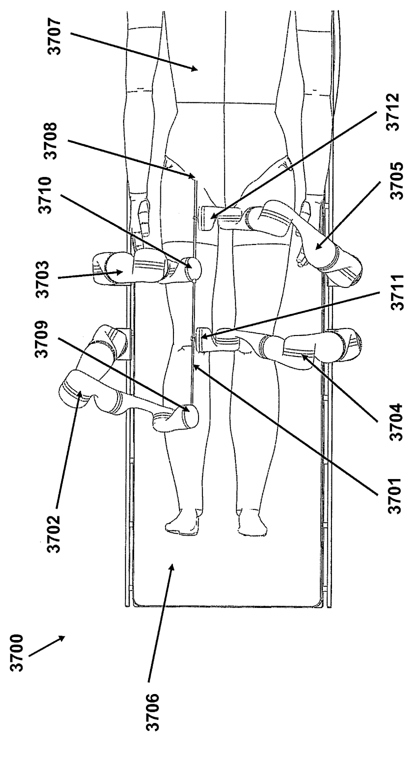
【図３５Ｂ】



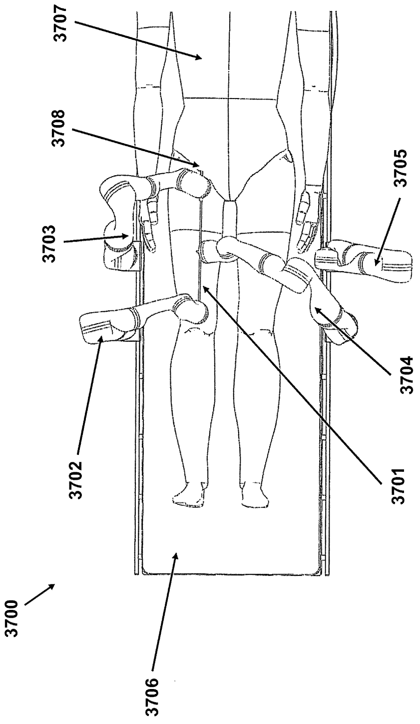
【図３６】



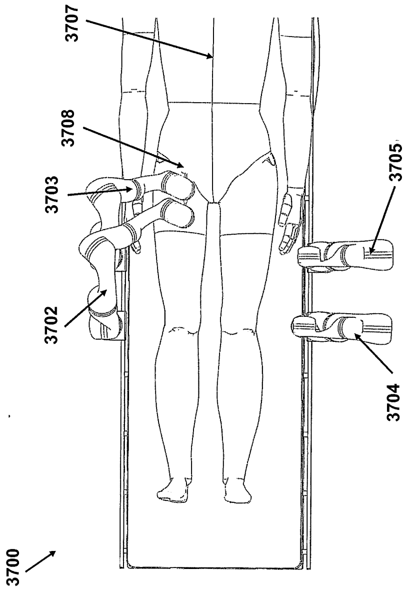
【図３７Ａ】



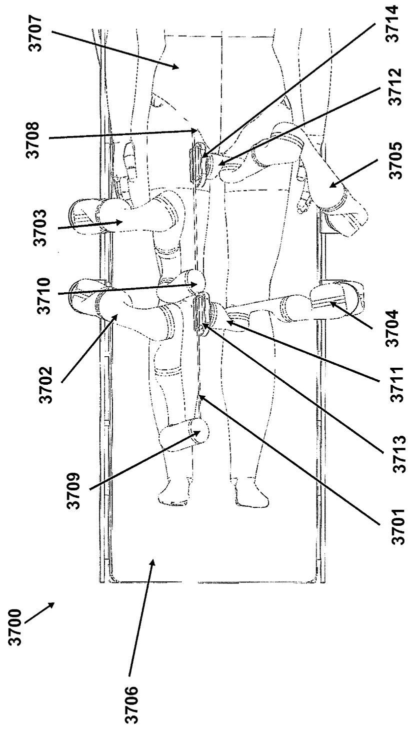
【図３７Ｂ】



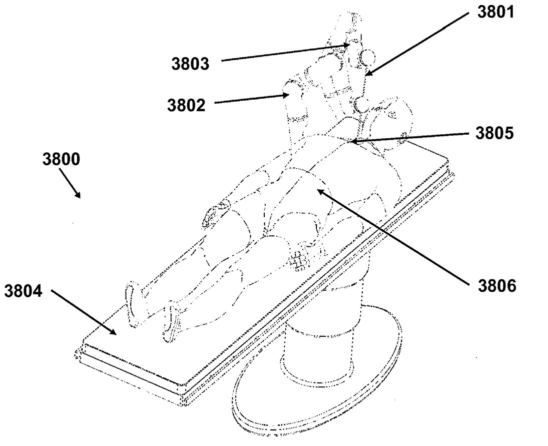
【図３７Ｃ】



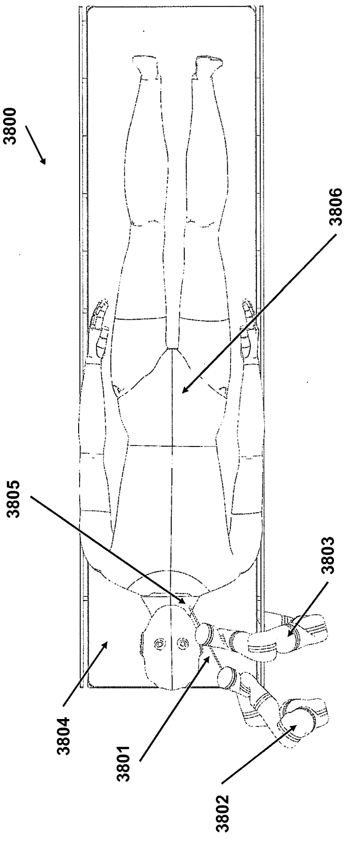
【図３７Ｄ】



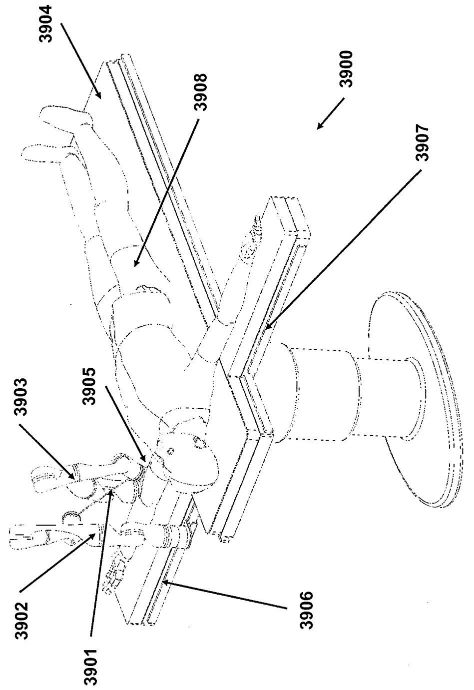
【図３８Ａ】



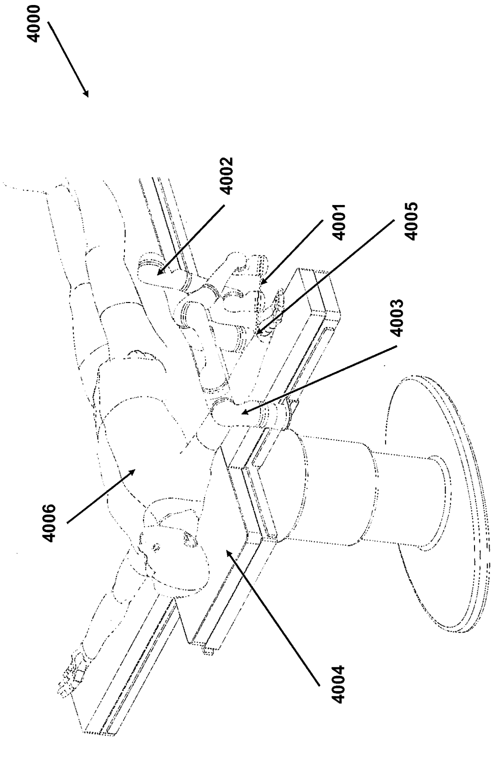
【図３８Ｂ】



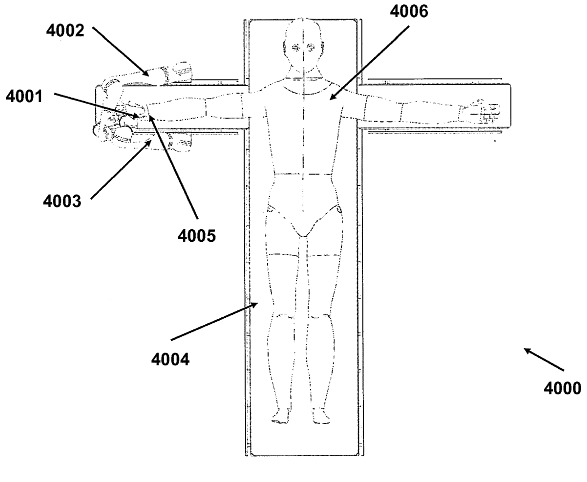
【図３９】



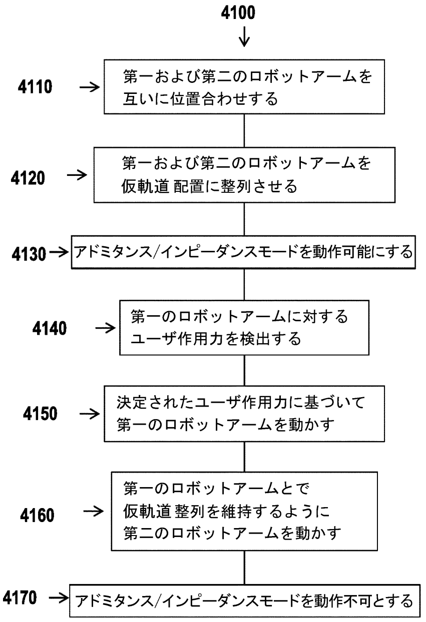
【図４０Ａ】



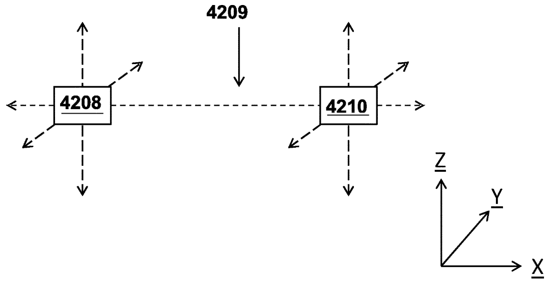
【図４０Ｂ】



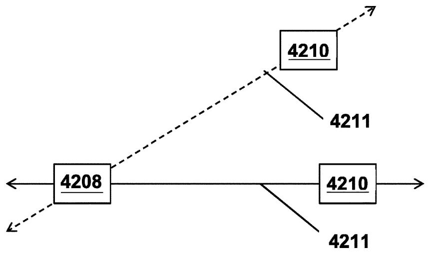
【図４１】



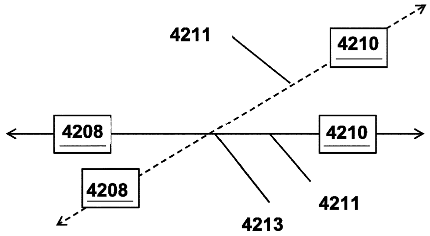
【図４２Ａ】



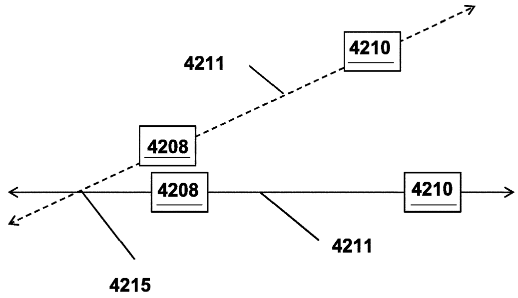
【図４２Ｂ】



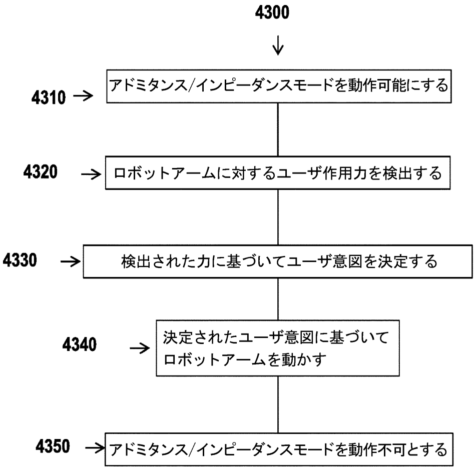
【図４２Ｃ】



【図４２Ｄ】



【図４３】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 62/096,825
(32)優先日 平成26年12月24日(2014.12.24)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(74)代理人 100148699
弁理士 佐藤 利光
(74)代理人 100128048
弁理士 新見 浩一
(74)代理人 100129506
弁理士 小林 智彦
(74)代理人 100205707
弁理士 小寺 秀紀
(74)代理人 100114340
弁理士 大関 雅人
(74)代理人 100114889
弁理士 五十嵐 義弘
(74)代理人 100121072
弁理士 川本 和弥
(72)発明者 オリ シッダールタ
カナダ ジェイ7イー 3ケイ8 ケベック州 セント テレーズ リュ ウォッデル 58 ビー
(72)発明者 ラウン マーク
アメリカ合衆国 94587 カリフォルニア州 ユニオン シティ プラネット サークル 4336
(72)発明者 モル フレデリック エイチ.
アメリカ合衆国 94118 カリフォルニア州 サンフランシスコ クレイ ストリート 3764
(72)発明者 ロモ エンリケ
アメリカ合衆国 94568 カリフォルニア州 ダブリン ハンセン ドライブ 7265
(72)発明者 ミンツ デイビッド エス.
アメリカ合衆国 94040 カリフォルニア州 マウンテン ビュー トゥレーン コート 868
(72)発明者 チャン アレン
アメリカ合衆国 94359 カリフォルニア州 フレモント ラ プリッシマ プレイス 1197

審査官 山口 賢一

(56)参考文献 特表２０１３－５１０６７３（ＪＰ，Ａ）
特表２０１３－５１０６６２（ＪＰ，Ａ）
特表２００８－５２８１３０（ＪＰ，Ａ）
特表２００９－５２４５３０（ＪＰ，Ａ）
特表２００９－５０９６５４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－０８８２６０（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００４／０２５７０２１（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ａ６１Ｂ　３４／３５
Ａ６１Ｂ　３４／３０
Ａ６１Ｂ　３４／３７
Ｂ２５Ｊ　　３／００
Ｂ２５Ｊ　１３／００

patsnap

专利名称(译)	具有临时轨迹和柔性内窥镜的可配置机器人手术系统		
公开(公告)号	JP6689832B2	公开(公告)日	2020-04-28
申请号	JP2017518139	申请日	2015-09-30
[标]申请(专利权)人(译)	AURIS手术机器人技术		
申请(专利权)人(译)	耳外科手术机器人技术公司		
[标]发明人	オリシッダールタ ラウンマーク モルフレデリックエイチ ロモエンリケ ミンツデイビッドエス チャンアレン		
发明人	オリ シッダールタ ラウン マーク モル フレデリック エイチ. ロモ エンリケ ミンツ デイビッド エス. チャン アレン		
IPC分类号	A61B34/35 B25J13/00		
CPC分类号	A61B10/04 A61B34/30 A61B34/32 A61B34/37 A61B2017/00477 A61B2034/301 A61B2034/305 A61B2090/064 Y10S901/09 Y10S901/46 B25J9/1676 B25J9/1694 B25J13/085 G01L5/0052 B25J9/1682 G05B2219/39109 G05B2219/39319		
FI分类号	A61B34/35 B25J13/00.Z		
代理人(译)	清水初衷 井上隆一 佐藤俊光 小林智彦 正人大关 五十岚弘		
审查员(译)	山口健一		
优先权	62/211135 2015-08-28 US 62/057936 2014-09-30 US 62/096825 2014-12-24 US		
其他公开文献	JP2018500054A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供了用于移动或操纵机械臂的系统和方法。 一组机械臂被配置为在机械臂的末端执行器之间形成虚拟轨道或线。 机械臂对诸如来自用户的外力作出响应。 当用户移动单个机械臂时，其他机械臂将自动移动以维持虚拟轨道对齐。 机械臂末端执行器的虚拟导轨可以转换为三个维度中的一个或多个。 虚拟轨道可以绕虚拟轨道线上的点旋转。 机械臂可以检测来自用户的接触的性质并相应地移动。 握住，摇动，敲击，推动，拉动和旋转机械臂的不同部分会从机械臂的不同部分引起不同的运动响应。

(19) **日本国特許庁(JP)**　(12) **特　許　公　報(B2)**　(11) 特許番号 **特許第6689832号** **(P6689832)**

(45) 発行日　**令和2年4月28日(2020.4.28)**　(24) 登録日　令和2年4月10日(2020.4.10)

(51) Int.Cl.			F I		
Ａ６１Ｂ	***34/35***	***(2016.01)***	Ａ６１Ｂ	34/35	
Ｂ２５Ｊ	***13/00***	***(2006.01)***	Ｂ２５Ｊ	13/00	Ｚ

請求項の数 29　（全 77 頁）

(21) 出願番号	特願2017-518139 (P2017-518139)	(73) 特許権者	517110081 オーリス　ヘルス　インコーポレイテッド 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
(86) (22) 出願日	平成27年9月30日 (2015.9.30)	(74) 代理人	100102978 弁理士　清水　初志
(65) 公表番号	特表2018-500054 (P2018-500054A)	(74) 代理人	100102118 弁理士　春名　雅夫
(43) 公表日	平成30年1月11日 (2018.1.11)	(74) 代理人	100160923 弁理士　山口　裕孝
(86) 国際出願番号	PCT/US2015/053306	(74) 代理人	100119507 弁理士　刑部　俊
(87) 国際公開番号	WO2016/054256	(74) 代理人	100142929 弁理士　井上　隆一
(87) 国際公開日	平成28年4月7日 (2016.4.7)		
審査請求日	平成30年9月13日 (2018.9.13)		
(31) 優先権主張番号	62/211,135		
(32) 優先日	平成27年8月28日 (2015.8.28)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	62/057,936		
(32) 優先日	平成26年9月30日 (2014.9.30)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 仮軌道および可撓性内視鏡を有する構成可能なロボット手術システム