(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-543895
(P2024-543895A)
(43)公表日　令和6年11月26日(2024.11.26)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
A61B	*34/30 (2016.01)*	A61B	34/30		4C066
A61M	*5/178(2006.01)*	A61M	5/178		4C130
A61F	*9/007(2006.01)*	A61F	9/007	130D	4C160
A61B	*17/29 (2006.01)*	A61B	17/29		

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全34頁）

(21)出願番号　特願2024-531056(P2024-531056)
(86)(22)出願日　令和4年12月1日(2022.12.1)
(85)翻訳文提出日　令和6年7月23日(2024.7.23)
(86)国際出願番号　PCT/IB2022/061633
(87)国際公開番号　WO2023/100123
(87)国際公開日　令和5年6月8日(2023.6.8)
(31)優先権主張番号　63/285,147
(32)優先日　令和3年12月2日(2021.12.2)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　522497490
フォーサイト ロボティクス リミテッド
イスラエル国，ヨークニーム イリット ２０６９２０５ ハツミチャ ストリート １
(74)代理人　100079108
弁理士　稲葉 良幸
(74)代理人　100109346
弁理士　大貫 敏史
(74)代理人　100117189
弁理士　江口 昭彦
(74)代理人　100134120
弁理士　内藤 和彦
(72)発明者　ギル，アリエル
イスラエル国，ハイファ ３２５８４０２
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　マイクロ手術処置のためのツール

(57)【要約】
【課題】 マイクロ手術処置を行うための装置及び方法を提供することである。
【解決手段】 患者の身体にロボットによるマイクロ手術を行うための装置及び方法が記載される。２つ以上のツール（２１）はそれぞれ、前部くぼみ（８２）及び後部くぼみ（８４）を規定するマウント係合部（３２）を含む。ツールマウント（３４）は、１つ以上のツールをしっかり固定するツール受容ソケット（８６）を規定する。ツールマウント（３４）は、後部くぼみ（８４）内に配置されるように構成された後部ローラセット（９４）と、前部くぼみ（８２）内に配置されるように構成された前部ローラセット（９２）と、を含む。ツール受容ソケット（８６）にヒンジで結合されたツール固定カバーは、ツール受容ソケット（８６）内にツール（２１）を固定するように構成されている。モータ（９３）は、ツールマウント（３４）内にツール（２１）がしっかり固定されている間にツールマウント（３４）に対してツール（２１）を転動させる。他の適用例も記載されている。

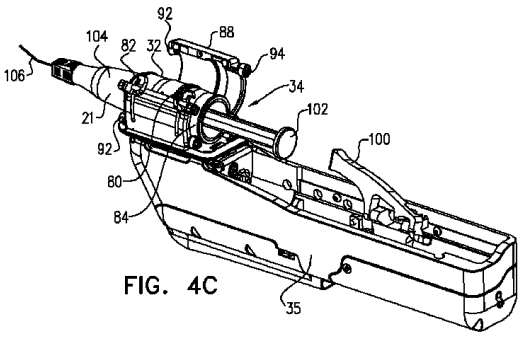


FIG. 4C

【特許請求の範囲】
【請求項１】
患者の身体の一部にロボットによるマイクロ手術を行うための装置であって、
２つ以上のツールであって、各ツールは前部くぼみ及び後部くぼみを規定するマウント係合部を含む、２つ以上のツールと、
前記１つ以上のツールをしっかり固定するように構成され、前記ツールを受容するように構成されたツール受容ソケットを規定するツールマウントであって、
前記マウント係合部の前記後部くぼみ内に配置されるように構成された後部ローラセットと、
前記マウント係合部の前記前部くぼみ内に配置されるように構成された前部ローラセットと、
前記ツール受容ソケットにヒンジで結合され、前記ツール受容ソケット内に前記ツールを固定するように構成されたツール固定カバーであって、前記後部ローラセットの少なくとも一部及び前記前部ローラセットの少なくとも一部が前記ツール固定カバー上に配置されている、ツール固定カバーと、
前記ツールマウントに関連付けられ、前記ツールマウント内に前記ツールがしっかり固定されている間に前記ツールマウントに対して前記ツールを転動させるように構成された１つ以上のモータと、
を含むツールマウントと、
を備える装置。
【請求項２】
前記マウント係合部は第１の歯車を含み、前記ツールマウントは前記１つ以上のモータによって転動されるよう構成された第２の歯車を含み、前記マウント係合部は、前記ツールが前記ツール受容ソケット内で固定された場合に前記第１の歯車が前記第２の歯車と係合するよう位置決めされるようなサイズである、請求項１に記載の装置。
【請求項３】
前記前部くぼみは円錐台形の形状を有し、前記前部ローラセットは、前記ツールの軸に対してある角度に配置されるよう構成されて、前記ツールが前記ツールマウント内でしっかり保持された場合に前記円錐台形のくぼみの前記形状と一致するようになっている、請求項１又は２に記載の装置。
【請求項４】
前記後部くぼみは円錐台形の形状を有し、前記後部ローラセットは、前記ツールの軸に対してある角度に配置されるよう構成されて、前記ツールが前記ツールマウント内でしっかり保持された場合に前記円錐台形のくぼみの前記形状と一致するようになっている、請求項１から３のいずれか一項に記載の装置。
【請求項５】
前記ツールマウントは、前記前部くぼみへの前記前部ローラの挿入及び前記後部くぼみへの前記後部ローラの挿入によって、前記ツールマウントに対して半径方向及び軸方向の双方で適所に前記ツールをしっかり保持しながら前記ツールマウントに対する前記ツールの転動を可能とするように構成されている、請求項１から４のいずれか一項に記載の装置。
【請求項６】
前記ツールマウントは、前記前部くぼみへの前記前部ローラの挿入及び前記後部くぼみへの前記後部ローラの挿入によって、前記ツールの転動中に前記前部ローラ及び前記後部ローラがラジアル軸受として作用するように構成されている、請求項１から５のいずれか一項に記載の装置。
【請求項７】
前記マウント係合部は、前記ツールの各々の前記外側の周りに配置されたスリーブを含む、請求項１から６のいずれか一項に記載の装置。
【請求項８】

患者の身体の一部にロボットによるマイクロ手術を行うための装置であって、
相互に異なる機能を有する複数のツールであって、各ツールは共通の形状を有するマウント係合部を規定する、複数のツールと、
前記ツールの各々の前記マウント係合部と係合することによって、前記複数のツールの各々をしっかり固定するように構成されたツールマウントを含むエンドエフェクタと、
を備え、前記エンドエフェクタは、線形に動くことにより前記ツールを作動させるように構成された線形ツール作動アームを含み、
前記ツールのうち少なくとも１つは、前記線形運動を、前記ツールを作動させるような異なる機械的運動に変換するための運動変換機構を含む、装置。
【請求項９】
前記線形ツール作動アームは、より大きいツールに対応するため、ツールマウントから所与の距離に後退したことに応じて自動的に移動するように構成されている、請求項８に記載の装置。
【請求項１０】
前記線形ツール作動アームは、ばね機構を含み、前記ばね機構が活性化されることによって、ツールマウントから所与の距離に後退したことに応じて自動的に折り畳まれるように構成されている、請求項９に記載の装置。
【請求項１１】
前記ツールのうち少なくとも１つは、先端部と、前記線形運動を、前記先端部を相互に近付けるような前記先端部の横方向運動に変換するための運動変換機構と、を含む鉗子を含む、請求項８に記載の装置。
【請求項１２】
前記運動変換機構は、前記先端部の前記近位端の周りに配置されたヒンジスリーブと、鉗子の軸に平行でない斜面と、を含み、前記ヒンジスリーブが前進して前記斜面を通り過ぎると、前記ヒンジスリーブは横方向で内側へ押され、これにより前記先端部を相互に近付けるように構成されている、請求項１１に記載の装置。
【請求項１３】
前記運動変換機構は、斜面と、前記先端部の近位部の周りに配置されたローラと、を含み、前記ローラが前進して前記斜面を通り過ぎると、前記ローラは横方向で内側へ押され、これにより前記先端部を相互に近付けるように構成されている、請求項１１に記載の装置。
【請求項１４】
前記ツールのうち少なくとも１つは、操縦可能先端部と、前記線形運動を前記操縦可能先端部の非線形運動に変換するための運動変換機構と、を含むツールを含む、請求項８に記載の装置。
【請求項１５】
前記操縦可能先端部はヒンジ式であり、
前記運動変換機構はプッシャ及び操縦ワイヤを含み、
前記プッシャの線形運動は前記操縦ワイヤに伝達され、これによって前記ヒンジ先端部を曲げる、請求項１４に記載の装置。
【請求項１６】
患者の身体の一部に処置を行うための装置であって、
相互に異なる機能を有する複数のツールと、
前記複数のツールの各々に結合可能であると共に前記複数のツールの各々を移動させるように構成されたエンドエフェクタを含むロボットユニットと、
を備え、前記エンドエフェクタは、前記複数のツールを作動させてそれらの各機能を実行するように構成された１つ以上の作動コンポーネントを含み、
前記装置は更に、オペレータによって動かされるように構成され、これに対応して、前記エンドエフェクタに結合されたツールを前記エンドエフェクタが動かすように構成された制御ジョイスティックを備え、

前記制御ジョイスティックは、前記ジョイスティックの先端部の近くに配置された作動機構を含み、前記オペレータが手で前記ジョイスティックを動かした後に前記手を動かす必要なく前記作動機構を作動できるようになっており、
前記装置は更に、コンピュータプロセッサであって、
前記エンドエフェクタに結合されたツールを示す入力を受信し、
前記オペレータが前記作動機構を作動させたことに応じて、前記エンドエフェクタに結合された前記ツールを作動させてその機能を実行するように前記１つ以上の作動コンポーネントを制御する、
ように構成されたコンピュータプロセッサと、
を備える装置。
【請求項１７】
前記制御ジョイスティックは制御コンポーネントツールを含み、前記ジョイスティックの前記先端部は前記制御コンポーネントツールの前記先端部を含み、前記コンピュータプロセッサは、前記制御コンポーネントツールの前記先端部のＸＹＺ位置及び向きを決定し、それに対応して前記エンドエフェクタに結合された前記ツールの先端部を動かすように前記エンドエフェクタを駆動するよう構成されている、請求項１６に記載の装置。
【請求項１８】
前記作動機構は、前記オペレータが圧迫動作を行うことにより作動されるように構成されている、請求項１６に記載の装置。
【請求項１９】
前記コンピュータプロセッサは、前記ツールの画像を分析することによって、前記エンドエフェクタに結合されている前記ツールを示す前記入力を受信するように構成されている、請求項１６から１８のいずれか一項に記載の装置。
【請求項２０】
前記ツールの各々はツール識別コンポーネントを含み、前記コンピュータプロセッサは、前記ツールの前記画像内の前記ツール識別コンポーネントを識別することによって、前記エンドエフェクタに結合されている前記ツールを示す前記入力を受信するように構成されている、請求項１９に記載の装置。
【請求項２１】
患者の身体の一部に複数の異なる物質を注入するための装置であって、
カニューレ及び円筒部を含む注射器と、
前記注射器に結合可能なエンドエフェクタを含むロボットユニットと、
複数の管腔であって、前記管腔の各々は前記物質のそれぞれに流体的に結合され、前記注射器の前記円筒部に可逆的に流体結合可能である、複数の管腔と、
を備え、前記ロボットユニットは、
前記物質のうち所与のものを前記患者の身体の前記一部に注入するべきであるという入力を受信し、これに応じて、
前記所与の物質に流体的に結合されている前記管腔を前記注射器の前記円筒部に流体的に結合し、
前記円筒部から前記カニューレを介して前記患者の身体の前記一部へ前記所与の物質を注入する、
ように構成されている、装置。
【請求項２２】
前記注射器は機械的プランジャを含み、前記ロボットユニットは、前記円筒部内で前記機械的プランジャを前進させることによって、前記円筒部から前記カニューレを介して前記患者の身体の前記一部へ前記所与の物質を注入するように構成されている、請求項２１に記載の装置。
【請求項２３】
前記注射器は、空気圧プランジャ、油圧プランジャから成る群から選択されたプランジャを含み、前記ロボットユニットは、前記選択されたプランジャを前進させることによっ

て、前記円筒部から前記患者の身体の前記一部へ前記所与の物質を注入するように構成されている、請求項２１に記載の装置。
【請求項２４】
前記複数の管腔は前記円筒部の長さに沿ってマニホルド構成で配置されている、請求項２１から２３のいずれか一項に記載の装置。
【請求項２５】
前記注射器は流体選択プランジャを含み、前記ロボットユニットは、各管腔を前記円筒部と流体連通して配置するように前記流体選択プランジャを移動させるように構成されている、請求項２４に記載の装置。
【請求項２６】
前記複数の管腔は相互に平行に配置され、前記管腔の各々は前記円筒部に到達する、請求項２１から２３のいずれか一項に記載の装置。
【請求項２７】
前記注射器は回転チャンバを含み、前記ロボットユニットは、前記回転チャンバの回転位置に応じて各管腔が前記円筒部と流体連通して配置されるように前記回転チャンバを回転させるよう構成されている、請求項２６に記載の装置。
【請求項２８】
患者の身体の一部に複数の異なる物質を注入するための方法であって、
ロボットユニットのエンドエフェクタを、カニューレと、円筒部と、複数の管腔と、を含む注射器に結合することであって、前記管腔の各々は前記物質のそれぞれに流体的に結合され、前記注射器の前記円筒部に可逆的に流体結合可能である、結合することと、
前記物質のうち所与のものを前記患者の身体の前記一部に注入するべきであるという入力を前記ロボットユニットに与え、これにより、前記所与の物質に流体的に結合されている前記管腔を前記注射器の前記円筒部に流体的に結合するように前記ロボットユニットを駆動することと、
前記円筒部から前記カニューレを介して前記患者の身体の前記一部へ前記所与の物質を注入するように前記ロボットユニットを駆動することと、
を含む方法。
【請求項２９】
患者の身体の一部にロボットによるマイクロ手術を行うための装置であって、
先端部及びマウント係合部を含む鉗子と、
前記鉗子の前記マウント係合部と係合することによって、前記鉗子をしっかり保持するように構成されたツールマウントを含むエンドエフェクタと、
を備え、前記エンドエフェクタは、前記鉗子の前記マウント係合部に対して遠位方向に前記鉗子の一部を押すように構成された線形ツール作動アームを含み、
前記鉗子は、前記鉗子の前記一部の前記遠位方向の運動を、前記先端部を相互に近付けるような前記先端部の横方向運動に変換するための運動変換機構を含む、装置。
【請求項３０】
前記運動変換機構は、前記先端部の前記近位端の周りに配置されたヒンジスリーブと、鉗子の軸に平行でない斜面と、を含み、前記ヒンジスリーブが前進して前記斜面を通り過ぎると、前記ヒンジスリーブは横方向で内側へ押され、これにより前記先端部を相互に近付けるように構成されている、請求項２９に記載の装置。
【請求項３１】
前記運動変換機構は、斜面と、前記先端部の近位部の周りに配置されたローラと、を含み、前記ローラが前進して前記斜面を通り過ぎると、前記ローラは横方向で内側へ押され、これにより前記先端部を相互に近付けるように構成されている、請求項２９に記載の装置。
【請求項３２】
前記線形ツール作動アームは、より大きいツールに対応するため、ツールマウントから所与の距離に後退したことに応じて自動的に移動するように構成されている、請求項２９

から３１のいずれか一項に記載の装置。
【請求項３３】
前記線形ツール作動アームは、ばね機構を含み、前記ばね機構が活性化されることによって、ツールマウントから所与の距離に後退したことに応じて自動的に折り畳まれるように構成されている、請求項３２に記載の装置。
【請求項３４】
前記鉗子はボタンを含み、前記線形ツール作動アームはボタンを遠位方向に押すように構成され、前記運動変換機構は、前記鉗子アームの遠位端部が相互の方へ枢動することによって前記鉗子の前記先端部を相互に近付けるように構成されたヒンジ接合部を含む、請求項２９から３１のいずれか一項に記載の装置。
【請求項３５】
前記鉗子は鉗子アームを含み、前記ヒンジ接合部は接合部アーム及び中央部を含み、前記ヒンジ接合部は、前記ボタンが押されると前記ヒンジ接合部の前記中央部が線形に押され、これにより前記接合部アームが前記鉗子アームの前記近位端を押して、前記鉗子アームの前記近位端が相互に対して外側へ枢動し、これによって、前記鉗子アームの遠位端が相互に近付く方へ枢動することにより前記鉗子の前記先端部を相互に近付けるように構成されている、請求項３４に記載の装置。
【請求項３６】
患者の身体の一部にロボットによるマイクロ手術を行うための方法であって、
エンドエフェクタのツールマウント内に鉗子を配置して、前記ツールマウントが前記鉗子の前記マウント係合部と係合することによって前記鉗子をしっかり保持するようにすることと、
前記エンドエフェクタの線形ツール作動アームを活性化して、前記鉗子の前記マウント係合部に対して遠位方向に前記鉗子の一部を押すことと、
を含み、前記鉗子の運動変換機構は、前記鉗子の前記一部の前記遠位方向の運動を、前記鉗子の前記先端部を相互に近付けるような前記先端部の横方向運動に変換するようになっている、方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
（関連出願の相互参照）
本出願は、２０２１年１２月２日に出願されたＧｉｌの「Ｔｏｏｌｓ　ｆｏｒ　ｍｉｃｒｏｓｕｒｇｉｃａｌ　ｐｒｏｃｅｄｕｒｅｓ」と題する米国仮特許出願第６３／２８５，１４７号の優先権を主張する。これは援用により本願に含まれる。
【０００２】
本発明のいくつかの適用例は概ね医用装置及び方法に関する。具体的には、本発明のいくつかの適用例は、ロボットによりマイクロ手術処置を行うための装置及び方法に関する。
【背景技術】
【０００３】
白内障手術は、混濁（白内障として知られている）を発症した眼の自然のレンズを除去すること、及びこれを眼内レンズと交換することからなる。かかる手術は通常、順次行われる複数の標準的なステップを伴う。
【０００４】
最初のステップにおいて、患者の顔の眼の周りが（通常、ヨード溶液で）消毒され、顔が滅菌ドレープで覆われて眼だけが露出される。消毒及びドレーピングが完了すると、通常は点眼液の形態で投与される局部麻酔薬を使用して眼に麻酔がかけられる。次いで眼球が上下の眼瞼を開いたままに保つ開瞼器を使用して露出される。眼の角膜に１回以上の切開（通常、２又は３回の切開）が行われる。切開は通常、ケラトーム刃と呼ばれる専用刃を使用して行われる。この段階において、眼に更に麻酔をかけるために、通常、眼の前眼

房にリドカインが注入される。このステップに続いて、角膜切開によって粘弾性物質注入が施される。粘弾性物質注入を行うのは、前眼房を安定させるため、及び処置の残り時間の間眼圧を維持するのを助けるため、更に水晶体嚢を拡張するためである。

【０００５】

嚢切開として知られている後段階において、前水晶体嚢の一部が除去される。レーザを利用した嚢切開、（精密ナノパルス技術を利用する）ｚｅｐｔｏを使用した切開、及びマーカーを利用した嚢切開（嚢開放に望ましいサイズを示すために、角膜に規定のマーカーを使用して印が付けられる）などの様々な強化技術が、嚢切開を行うために開発されている。

【０００６】

その後、ハイドロダイセクションとして知られているステップにおいて、白内障の外皮層を切り裂くために、角膜切開によって流体波を注入することが一般的である。ハイドロデリニエーションとして知られている後続のステップにおいて、水晶体の外側のより柔らかいエピ核は、流体波の注入によって内側のより硬いエンド核から分離される。次のステップでは、水晶体乳化吸引として知られているプロセスにおいて水晶体の超音波乳化が行われる。水晶体の核は初めにチョッパーを使用して破砕され、その後に通常は超音波水晶体乳化吸引プローブを使用して、水晶体の外側断片が破壊及び除去される。更に通常は、水晶体乳化吸引中に吸引を行うために別個のツールが使用される。水晶体乳化吸引が完了すると、残っている水晶体皮質（すなわち水晶体の外層）物質が水晶体嚢から吸引される。水晶体乳化吸引及び吸引の間、吸引された流体が通常、前眼房内の流体圧力を維持するために、平衡塩類溶液の灌流によって補われる。いくつかの例では、必要と見なされれば水晶体嚢は研磨される。その後、眼内レンズ（ＩＯＬ）が水晶体嚢に挿入される。ＩＯＬは通常、折り畳み可能であり、折り畳まれた状態で挿入された後、水晶体嚢内部で展開される。この段階において、粘弾性物質は通常、以前に流体を水晶体嚢から吸引するのに使用された吸引デバイスを使用して除去される。必要であれば、眼球内の圧力を高めることによって切開部を塞ぎ、切開部の内部組織を外部組織に押し当てることによって強制的に切開部を閉じる。

【発明の概要】

【０００７】

本発明のいくつかの適用例によれば、ロボットシステムは、眼内手術などのマイクロ手術処置で用いるために構成されている。通常、眼内手術で用いられる場合、ロボットシステムは、撮像システム、１つ以上のディスプレイ、及び制御コンポーネントユニット（例えば、ジョイスティックなどの一対の制御コンポーネントを含む制御コンポーネントユニット）に加えて、１つ以上のロボットユニット（ツールを保持するように構成されている）を含み、制御コンポーネントユニットを介して、１人以上のオペレータ（例えば医師及び／又は看護師などの医療専門家）がロボットユニットを制御することができる。通常、ロボットシステムは１つ以上のコンピュータプロセッサを含み、これを介して、システムのコンポーネントとオペレータは相互に動作可能に相互作用する。本出願の範囲は、相互に異なる様々な位置のいずれかに１つ以上のロボットユニットを搭載することを含む。

【０００８】

いくつかの適用例では、本発明のいくつかの適用例に従って、ツールのセットが提供され、各ツールは、ロボットユニットのエンドエフェクタのツールマウントに係合するための汎用マウント係合部を含む。いくつかの適用例では、ツールのセットは、ロボットユニットで用いられる汎用ツールキットを備え、この汎用ツールキットは、白内障処置、異なる眼科処置、及び／又は異なるマイクロ手術処置で通常用いられる全てのツールを含む。例えば、ツールのセットは通常、以下のツール、すなわち、ケラトーム刃、眼の固定器、穿刺ナイフ、分散型眼科用粘弾性デバイス（ＯＶＤ）注射器、凝集型眼科用粘弾性デバイス（ＯＶＤ）注射器、染色用注射器（例えば、トリパンブルー眼科液などの染料によって前水晶体を染色するため）、リドカイン注射器、鉗子、ハイドロダイセクション注射器、水晶体乳化吸引プローブ、チョッパー、灌流／吸引プローブ、眼内レンズ注入器、抗生物

質注射器、及び／又は角膜輪部減張切開（ＬＲＩ）ナイフのうち１つ以上を含む。いくつかの適用例では、各ツールは１つ以上のマーカーを含み、このマーカーを用いて、ツールを識別すること及び／又はツールの位置及び／又は向きを決定することができる。

【０００９】

通常、ツールのマウント係合部は、各ツールの外側の周りに配置されたスリーブを含む。スリーブは、歯車、前部くぼみ、及び後部くぼみを含む。いくつかの適用例では、前部及び後部のくぼみのうち少なくとも一方は円錐台形の形状を有する。通常、ツールマウントは、ツールを受容するためのソケットと、ツール受容ソケットにヒンジで結合されると共にツール受容ソケット内にツールを固定するよう構成されたツール固定カバーと、を含む。通常、ツールマウント内にツールを配置するため、ツール固定カバーは開いている。ソケット内にツールが配置され、その後、ツール受容ソケット内にツールを固定するようにツール固定カバーを閉じる。

【００１０】

いくつかの適用例では、ツールは、エンドエフェクタ上に配置されると共にツールの一部を軸方向に押すように構成された線形ツール作動アームを介して作動されて機能を実行するように構成されている。例えば、線形ツール作動アームは、注射器のプランジャを軸方向に前方へ押すように構成され得る。いくつかの適用例では、線形ツール作動アームがツールの一部を軸方向に押すことにより、ツールの一部は患者の眼に対して移動するように構成されている。上述したように、通常、相互に異なる機能を有する複数の異なるタイプのツールの各々は、汎用マウント係合部を含む。このため、各ツールは、ツールマウントに対するツールの転動を可能とするように、ツールマウントに対して結合可能である。いくつかの適用例では、複数のツールの各々を用いたロボットユニットの使用を容易にする追加の特徴は、線形ツール作動アームが、より大きいツール（水晶体乳化吸引プローブなど）に対応するため自動的にスライドする及び／又は折り畳まれるように構成されていることである。

【００１１】

いくつかの適用例では、複数のツールの各々を用いたロボットユニットの使用を容易にする別の特徴は、ツールの多くが、線形ツール作動アームを用いてそれぞれの機能を実行するように作動されることである。いくつかの適用例では、線形ツール作動アームを用いてツールのうち１つ以上を作動させるため、ツールは、線形運動（線形ツール作動アームによってツールの一部に加えられる）を、ツールを作動させるような異なる機械的運動に変換するための運動変換機構を含む。

【００１２】

通常、ロボットユニットの移動（及び／又はロボットシステムの他の態様の制御）は、少なくとも部分的に、１人以上のオペレータによって制御される。例えばオペレータは、ディスプレイによって、患者の眼及びロボットユニット及び／又はそこに配置されたツールの画像を受信することができる。受信画像に基づいて、通常、オペレータは処置のステップを実行する。いくつかの適用例では、オペレータは制御コンポーネントユニットを介してロボットユニットにコマンドを与える。通常、そのようなコマンドは、ロボットユニット内に配置されているツールの位置及び／又は向きを制御するコマンド、及び／又はツールによって実行される動作を制御するコマンドを含む。例えばコマンドは、刃、水晶体乳化吸引ツール（例えば水晶体乳化吸引ツールの動作モード及び／又は吸引力）、及び／又は注入器ツール（例えば、どの流体（例えば粘弾性流体、生理食塩水など）を注入すべきか、及び／又はどのくらいの流量で注入すべきか）を制御することができる。代替的に又は追加的に、オペレータは、撮像システム（例えば撮像システムのズーム、焦点、及び／又はｘ－ｙ位置決め）を制御するコマンドを入力できる。いくつかの適用例では、コマンドは、例えば眼の中で眼内レンズを精密に位置決めするため眼の中の眼内レンズを操作するように眼内レンズマニピュレータツールを制御することを含む。

【００１３】

通常、制御コンポーネントユニットは、ロボットシステムの各ロボットユニットに対応

するよう構成された１つ以上のジョイスティックを含む。例えば、システムは第１及び第２のロボットユニットを含み、制御コンポーネントユニットは、オペレータの右手及び左手で操作される第１及び第２のジョイスティックを含むことができる。いくつかの適用例では、制御コンポーネントジョイスティックは、（ロボットユニットを再現するために）各制御コンポーネントツールを含む。通常、コンピュータプロセッサは、制御コンポーネントツールの先端部のＸＹＺ位置及び向きを決定し、処置を実行するために使用されている実際のツールの先端部が制御コンポーネントツールの先端部の動きを追うようにロボットユニットを駆動する。

【００１４】

いくつかの適用例では、ジョイスティックは作動機構を含む。通常、作動機構は制御コンポーネントツールの先端部の近くに配置されて、オペレータが制御コンポーネントツールを動かした後に手を動かす必要なく作動機構を作動できるようになっている。更に通常は、作動機構はオペレータが圧迫動作（ｓｑｕｅｅｚｉｎｇ　ａｃｔｉｏｎ）を行うことにより作動される。例えば作動機構は、ボタン又は感圧パッドとすることができる。いくつかの適用例では、コンピュータプロセッサは、エンドエフェクタに結合されたツールを示す入力を受信する。例えばオペレータは、コンピュータプロセッサにツールの指示を入力することができる。代替的に又は追加的に、各ツールはツール識別コンポーネント（例えばマーカー）を有することができ、コンピュータプロセッサは、ツールの画像内のツール識別コンポーネントを識別することによって、どのツールがエンドエフェクタに現在結合されているかを自動的に導出するように構成できる。更に代替的に又は追加的に、コンピュータプロセッサは、ツール識別コンポーネントを用いることなく、ツールの画像を分析することによって、どのツールがエンドエフェクタに現在結合されているかを自動的に導出するように構成できる。

【００１５】

通常、オペレータが作動機構を作動させたことに応じて、コンピュータプロセッサは、エンドエフェクタに結合されたツールを作動させてその機能を実行するように、ロボットユニットの１つ以上の作動コンポーネントを動作させる。例えば、特定のタイプの注射器がエンドエフェクタに現在結合されていることの検出に応じて、コンピュータプロセッサは、注射器のプランジャを所与の距離だけ前進させるように線形ツール作動アームを駆動できる。あるいは、ケラトーム刃が現在エンドエフェクタに結合されていることの検出に応じて、コンピュータプロセッサは、患者の眼の前嚢に切開を行うようにケラトーム刃を動かすよう駆動することができる。

【００１６】

従って、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の身体の一部にロボットによるマイクロ手術を行うための装置が提供される。この装置は、

２つ以上のツールであって、各ツールは前部くぼみ及び後部くぼみを規定するマウント係合部を含む、２つ以上のツールと、

１つ以上のツールをしっかり固定するように構成され、ツールを受容するように構成されたツール受容ソケットを規定するツールマウントであって、

マウント係合部の後部くぼみ内に配置されるように構成された後部ローラセットと、

マウント係合部の前部くぼみ内に配置されるように構成された前部ローラセットと、

ツール受容ソケットにヒンジで結合され、ツール受容ソケット内にツールを固定するように構成されたツール固定カバーであって、後部ローラセットの少なくとも一部及び前部ローラセットの少なくとも一部がツール固定カバー上に配置されている、ツール固定カバーと、

ツールマウントに関連付けられ、ツールマウント内にツールがしっかり固定されている間にツールマウントに対してツールを転動させるように構成された１つ以上のモータと、

を含むツールマウントと、

を含む。

【００１７】
いくつかの適用例において、マウント係合部は第１の歯車を含み、ツールマウントは１つ以上のモータによって転動されるよう構成された第２の歯車を含み、マウント係合部は、ツールがツール受容ソケット内で固定された場合に第１の歯車が第２の歯車と係合するよう位置決めされるようなサイズである。
【００１８】
いくつかの適用例において、前部くぼみは円錐台形の形状を有し、前部ローラセットは、ツールの軸に対してある角度に配置されるよう構成されて、ツールがツールマウント内でしっかり保持された場合に円錐台形のくぼみの形状と一致するようになっている。
【００１９】
いくつかの適用例において、後部くぼみは円錐台形の形状を有し、後部ローラセットは、ツールの軸に対してある角度に配置されるよう構成されて、ツールがツールマウント内でしっかり保持された場合に円錐台形のくぼみの形状と一致するようになっている。
【００２０】
いくつかの適用例において、ツールマウントは、前部くぼみへの前部ローラの挿入及び後部くぼみへの後部ローラの挿入によって、ツールマウントに対して半径方向及び軸方向の双方で適所にツールをしっかり保持しながらツールマウントに対するツールの転動を可能とするように構成されている。
【００２１】
いくつかの適用例において、ツールマウントは、前部くぼみへの前部ローラの挿入及び後部くぼみへの後部ローラの挿入によって、ツールの転動中に前部ローラ及び後部ローラがラジアル軸受として作用するように構成されている。
【００２２】
いくつかの適用例において、マウント係合部は、ツールの各々の外側の周りに配置されたスリーブを含む。
【００２３】
更に、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の身体の一部にロボットによるマイクロ手術を行うための装置が提供される。この装置は、
相互に異なる機能を有する複数のツールであって、各ツールは共通の形状を有するマウント係合部を規定する、複数のツールと、
ツールの各々のマウント係合部と係合することによって、複数のツールの各々をしっかり固定するように構成されたツールマウントを含むエンドエフェクタと、
を含み、エンドエフェクタは、線形に動くことによりツールを作動させるように構成された線形ツール作動アームを含み、
ツールのうち少なくとも１つは、線形運動を、ツールを作動させるような異なる機械的運動に変換するための運動変換機構を含む。
【００２４】
いくつかの適用例において、線形ツール作動アームは、より大きいツールに対応するため、ツールマウントから所与の距離に後退したことに応じて自動的に移動するように構成されている。
【００２５】
いくつかの適用例において、線形ツール作動アームは、ばね機構を含み、ばね機構が活性化されることによって、ツールマウントから所与の距離に後退したことに応じて自動的に折り畳まれるように構成されている。
【００２６】
いくつかの適用例において、ツールのうち少なくとも１つは、先端部と、線形運動を、先端部を相互に近付けるような先端部の横方向運動に変換するための運動変換機構と、を含む鉗子を含む。
【００２７】
いくつかの適用例において、運動変換機構は、先端部の近位端の周りに配置されたヒン

ジスリーブと、鉗子の軸に平行でない斜面と、を含み、ヒンジスリーブが前進して斜面を通り過ぎると、ヒンジスリーブは横方向で内側へ押され、これにより先端部を相互に近付けるように構成されている。

【００２８】

いくつかの適用例において、運動変換機構は、斜面と、先端部の近位部の周りに配置されたローラと、を含み、ローラが前進して斜面を通り過ぎると、ローラは横方向で内側へ押され、これにより先端部を相互に近付けるように構成されている。

【００２９】

いくつかの適用例において、ツールのうち少なくとも１つは、操縦可能先端部と、線形運動を操縦可能先端部の非線形運動に変換するための運動変換機構と、を含むツールを含む。

【００３０】

いくつかの適用例において、

操縦可能先端部はヒンジ式であり、

運動変換機構はプッシャ及び操縦ワイヤを含み、

プッシャの線形運動は操縦ワイヤに伝達され、これによってヒンジ先端部を曲げる。

【００３１】

更に、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の身体の一部に処置を行うための装置が提供される。この装置は、

相互に異なる機能を有する複数のツールと、

複数のツールの各々に結合可能であると共に複数のツールの各々を移動させるように構成されたエンドエフェクタを含むロボットユニットと、

を含み、エンドエフェクタは、複数のツールを作動させてそれらの各機能を実行するように構成された１つ以上の作動コンポーネントを含み、

装置は更に、オペレータによって動かされるように構成され、これに対応して、エンドエフェクタに結合されたツールをエンドエフェクタが動かすように構成された制御ジョイスティックを含み、

制御ジョイスティックは、ジョイスティックの先端部の近くに配置された作動機構を含み、オペレータが手でジョイスティックを動かした後に手を動かす必要なく作動機構を作動できるようになっており、

装置は更に、コンピュータプロセッサであって、

エンドエフェクタに結合されたツールを示す入力を受信し、

オペレータが作動機構を作動させたことに応じて、エンドエフェクタに結合されたツールを作動させてその機能を実行するように１つ以上の作動コンポーネントを制御する、

ように構成されたコンピュータプロセッサと、

を含む。

【００３２】

いくつかの適用例において、制御ジョイスティックは制御コンポーネントツールを含み、ジョイスティックの先端部は制御コンポーネントツールの先端部を含み、コンピュータプロセッサは、制御コンポーネントツールの先端部のＸＹＺ位置及び向きを決定し、それに対応してエンドエフェクタに結合されたツールの先端部を動かすようにエンドエフェクタを駆動するよう構成されている。

【００３３】

いくつかの適用例において、作動機構は、オペレータが圧迫動作を行うことにより作動されるように構成されている。

【００３４】

いくつかの適用例において、コンピュータプロセッサは、ツールの画像を分析することによって、エンドエフェクタに結合されているツールを示す入力を受信するように構成されている。

【００３５】

いくつかの適用例において、ツールの各々はツール識別コンポーネントを含み、コンピュータプロセッサは、ツールの画像内のツール識別コンポーネントを識別することによって、エンドエフェクタに結合されているツールを示す入力を受信するように構成されている。

【００３６】

更に、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の身体の一部に複数の異なる物質を注入するための装置が提供される。この装置は、

カニューレ及び円筒部を含む注射器と、

注射器に結合可能なエンドエフェクタを含むロボットユニットと、

複数の管腔であって、管腔の各々は物質のそれぞれに流体的に結合され、注射器の円筒部に可逆的に流体結合可能である、複数の管腔と、

を含み、ロボットユニットは、

物質のうち所与のものを患者の身体の一部に注入するべきであるという入力を受信し、これに応じて、

所与の物質に流体的に結合されている管腔を注射器の円筒部に流体的に結合し、

円筒部からカニューレを介して患者の身体の一部へ所与の物質を注入する、

ように構成されている。

【００３７】

いくつかの適用例において、注射器は機械的プランジャを含み、ロボットユニットは、円筒部内で機械的プランジャを前進させることによって、円筒部からカニューレを介して患者の身体の一部へ所与の物質を注入するように構成されている。

【００３８】

いくつかの適用例において、注射器は、空気圧プランジャ、油圧プランジャから成る群から選択されたプランジャを含み、ロボットユニットは、選択されたプランジャを前進させることによって、円筒部から患者の身体の一部へ所与の物質を注入するように構成されている。

【００３９】

いくつかの適用例において、複数の管腔は円筒部の長さに沿ってマニホルド構成で配置されている。

【００４０】

いくつかの適用例において、注射器は流体選択プランジャを含み、ロボットユニットは、各管腔を円筒部と流体連通して配置するように流体選択プランジャを移動させるように構成されている。

【００４１】

いくつかの適用例において、複数の管腔は相互に平行に配置され、管腔の各々は円筒部に到達する。

【００４２】

いくつかの適用例において、注射器は回転チャンバを含み、ロボットユニットは、回転チャンバの回転位置に応じて各管腔が円筒部と流体連通して配置されるように回転チャンバを回転させるよう構成されている。

【００４３】

更に、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の身体の一部に複数の異なる物質を注入するための方法が提供される。この方法は、

ロボットユニットのエンドエフェクタを、カニューレと、円筒部と、複数の管腔と、を含む注射器に結合することであって、管腔の各々は物質のそれぞれに流体的に結合され、注射器の円筒部に可逆的に流体結合可能である、結合することと、

物質のうち所与のものを患者の身体の一部に注入するべきであるという入力をロボットユニットに与え、これにより、所与の物質に流体的に結合されている管腔を注射器の円筒部に流体的に結合するようにロボットユニットを駆動することと、

円筒部からカニューレを介して患者の身体の一部へ所与の物質を注入するようにロボッ

トユニットを駆動することと、
を含む。
【００４４】
更に、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の身体の一部にロボットによるマイクロ手術を行うための装置が提供される。この装置は、
先端部及びマウント係合部を含む鉗子と、
鉗子のマウント係合部と係合することによって、鉗子をしっかり保持するように構成されたツールマウントを含むエンドエフェクタと、
を含み、エンドエフェクタは、鉗子のマウント係合部に対して遠位方向に鉗子の一部を押すように構成された線形ツール作動アームを含み、
鉗子は、鉗子の一部の遠位方向の運動を、先端部を相互に近付けるような先端部の横方向運動に変換するための運動変換機構を含む。
【００４５】
いくつかの適用例において、運動変換機構は、先端部の近位端の周りに配置されたヒンジスリーブと、鉗子の軸に平行でない斜面と、を含み、ヒンジスリーブが前進して斜面を通り過ぎると、ヒンジスリーブは横方向で内側へ押され、これにより先端部を相互に近付けるように構成されている。
【００４６】
いくつかの適用例において、運動変換機構は、斜面と、先端部の近位部の周りに配置されたローラと、を含み、ローラが前進して斜面を通り過ぎると、ローラは横方向で内側へ押され、これにより先端部を相互に近付けるように構成されている。
【００４７】
いくつかの適用例において、線形ツール作動アームは、より大きいツールに対応するため、ツールマウントから所与の距離に後退したことに応じて自動的に移動するように構成されている。
【００４８】
いくつかの適用例において、線形ツール作動アームは、ばね機構を含み、ばね機構が活性化されることによって、ツールマウントから所与の距離に後退したことに応じて自動的に折り畳まれるように構成されている。
【００４９】
いくつかの適用例において、鉗子はボタンを含み、線形ツール作動アームはボタンを遠位方向に押すように構成され、運動変換機構は、鉗子アームの遠位端部が相互の方へ枢動することによって鉗子の先端部を相互に近付けるように構成されたヒンジ接合部を含む。
【００５０】
いくつかの適用例において、鉗子は鉗子アームを含み、ヒンジ接合部は接合部アーム及び中央部を含み、ヒンジ接合部は、ボタンが押されるとヒンジ接合部の中央部が線形に押され、これにより接合部アームが鉗子アームの近位端を押して、鉗子アームの近位端が相互に対して外側へ枢動し、これによって、鉗子アームの遠位端が相互に近付く方へ枢動することにより鉗子の先端部を相互に近付けるように構成されている。
【００５１】
更に、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の身体の一部にロボットによるマイクロ手術を行うための方法が提供される。この方法は、
エンドエフェクタのツールマウント内に鉗子を配置して、ツールマウントが鉗子のマウント係合部と係合することによって鉗子をしっかり保持するようにすることと、
エンドエフェクタの線形ツール作動アームを活性化して、鉗子のマウント係合部に対して遠位方向に鉗子の一部を押すことと、
を含み、鉗子の運動変換機構は、鉗子の一部の遠位方向の運動を、鉗子の先端部を相互に近付けるような先端部の横方向運動に変換するようになっている。
【００５２】
更に、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の身体の一部にロボットによるマイク

口手術を行うための装置が提供される。この装置は、
操縦可能先端部を含むツールと、
ツールに結合可能であると共にツールを移動させるように構成されているエンドエフェクタを含むロボットユニットと、
を含み、エンドエフェクタは、ツールの一部に線形運動を加えることにより、操縦可能先端部を非線形に移動させるように駆動するよう構成された線形作動アームを含む、装置。
【００５３】
いくつかの適用例において、
操縦可能先端部はヒンジ式であり、
ツールはプッシャ及び操縦ワイヤを含み、プッシャの線形運動は操縦ワイヤに伝達され、これによってヒンジ先端部を曲げる。
【００５４】
本発明は、図面と共に以下の実施形態の詳細な説明を検討することによって、更に充分に理解されるであろう。
【図面の簡単な説明】
【００５５】
【図１】本発明のいくつかの適用例に従った、眼内手術などのマイクロ手術処置で用いるために構成されたロボットシステムの概略図である。
【図２】本発明のいくつかの適用例に従ったツールのセットの概略図であり、各ツールは、ロボットユニットのエンドエフェクタのツールマウントに係合するための汎用マウント係合部を含む。
【図３Ａ】本発明のいくつかの適用例に従ったツールの汎用マウント係合部の概略図である。
【図３Ｂ】本発明のいくつかの適用例に従ったツールの汎用マウント係合部の概略図である。
【図３Ｃ】本発明のいくつかの適用例に従ったツールの汎用マウント係合部の概略図である。
【図４Ａ】本発明のいくつかの適用例に従った開放状態のツールマウントの概略図である。
【図４Ｂ】本発明のいくつかの適用例に従った開放状態のツールマウントの概略図である。
【図４Ｃ】本発明のいくつかの適用例に従った開放状態のツールマウント内に配置されたツールの概略図である。
【図４Ｄ】本発明のいくつかの適用例に従った閉鎖状態のツールマウント内に配置されたツールの概略図である。
【図５Ａ】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットシステムで用いられる注射器の概略図であり、注射器は、被験者の身体の一部に複数の異なる物質を注入するように構成されている。
【図５Ｂ】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットシステムで用いられる注射器の概略図であり、注射器は、被験者の身体の一部に複数の異なる物質を注入するように構成されている。
【図６Ａ】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットシステムで用いられる鉗子の概略図である。
【図６Ｂ】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットシステムで用いられる鉗子の概略図である。
【図７Ａ】本発明のいくつかの代替的な適用例に従ったロボットシステムで用いられる鉗子の概略図である。
【図７Ｂ】本発明のいくつかの代替的な適用例に従ったロボットシステムで用いられる鉗子の概略図である。
【図８Ａ】本発明のいくつかの更に代替的な適用例に従ったロボットシステムで用いられ

る鉗子の概略図である。
【図８Ｂ】本発明のいくつかの更に代替的な適用例に従ったロボットシステムで用いられる鉗子の概略図である。
【図９】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットシステムで用いられる操縦可能先端部を有するツールの概略図である。
【図１０】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットシステムで用いられる制御ジョイスティックの概略図である。
【発明を実施するための形態】
【００５６】
これより、本発明のいくつかの適用例に従った、眼内手術などのマイクロ手術処置で用いるために構成されたロボットシステム１０の概略図である図１を参照する。通常、眼内手術に用いられる場合、ロボットシステム１０は、撮像システム２２、１つ以上のディスプレイ２４、及び制御コンポーネントユニット２６（例えば、図１の拡大部分に示されているジョイスティック７０などの一対の制御コンポーネントを含む制御コンポーネントユニット）に加えて、１つ以上のロボットユニット２０（ツール２１を保持するように構成されている）を含み、制御コンポーネントユニットを介して、１人以上のオペレータ２５（例えば医師及び／又は看護師などの医療専門家）がロボットユニット２０を制御することができる。通常、ロボットシステム１０は１つ以上のコンピュータプロセッサ２８を含み、これを介して、システムのコンポーネントと１人以上のオペレータ２５は相互に動作可能に相互作用する。本出願の範囲は、相互に異なる様々な位置のいずれかに１つ以上のロボットユニットを搭載することを含む。
【００５７】
通常、ロボットユニットの移動（及び／又はロボットシステムの他の態様の制御）は、少なくとも部分的に、１人以上のオペレータ２５（例えば医師及び／又は看護師などの医療専門家）によって制御される。例えばオペレータは、ディスプレイ２４によって、患者の眼及びロボットユニット及び／又はそこに配置されたツールの画像を受信することができる。通常、そのような画像は撮像システム２２によって捕捉される。通常、撮像システムは、１つ以上のカメラ及び／又は１つ以上の顕微鏡を含む。いくつかの適用例では、撮像システム２２は立体撮像デバイスであり、ディスプレイ２４は立体画像ディスプレイである。受信画像に基づいて、通常、オペレータは処置のステップを実行する。いくつかの適用例では、オペレータは制御コンポーネントユニット２６を介してロボットユニットにコマンドを与える。通常、そのようなコマンドは、ロボットユニット内に配置されているツールの位置及び／又は向きを制御するコマンド、及び／又はツールによって実行される動作を制御するコマンドを含む。例えばコマンドは、刃、水晶体乳化吸引ツール（例えば水晶体乳化吸引ツールの動作モード及び／又は吸引力）、及び／又は注入器ツール（例えば、どの流体（例えば粘弾性流体、生理食塩水など）を注入すべきか、及び／又はどのくらいの流量で注入すべきか）を制御することができる。代替的に又は追加的に、オペレータは、撮像システム（例えば撮像システムのズーム、焦点、及び／又はｘ－ｙ位置決め）を制御するコマンドを入力できる。いくつかの適用例では、コマンドは、例えば眼の中で眼内レンズを精密に位置決めするため眼の中の眼内レンズを操作するように眼内レンズマニピュレータツールを制御することを含む。
【００５８】
通常、制御コンポーネントユニットは、ロボットシステムの各ロボットユニット２０に対応するよう構成された１つ以上のジョイスティック７０を含む。例えば、図示のように、システムは第１及び第２のロボットユニットを含み、図示のように、制御コンポーネントユニットは第１及び第２のジョイスティックを含むことができる。いくつかの適用例では、図１で示されているように、制御コンポーネントジョイスティックは、（ロボットユニットを再現するために）各制御コンポーネントツール７１を含む。通常、コンピュータプロセッサは、制御コンポーネントツール７１の先端部のＸＹＺ位置及び向きを決定し、処置を実行するために使用されている実際のツール２１の先端部が制御コンポーネントツ

ールの先端部の動きを追うようにロボットユニットを駆動する。

【００５９】

これより、本発明のいくつかの適用例に従った、ツールのセット３０の概略図である図２を参照する。各ツールは、ロボットユニット２０のエンドエフェクタ３５のツールマウント３４（図４Ａから図４Ｄに示されているツールマウント及びエンドエフェクタ）に係合するための汎用マウント係合部３２を含む。いくつかの適用例では、ツール２１のセット３０は、ロボットユニット２０で用いられる汎用ツールキットを備え、この汎用ツールキットは、白内障処置、異なる眼科処置、及び／又は異なるマイクロ手術処置で通常用いられる全てのツールを含む。例えば、図２で示されているように、ツールのセットは通常、以下のツール、すなわち、ケラトーム刃４０、眼の固定４２、穿刺ナイフ４４、分散型眼科用粘弾性デバイス（ＯＶＤ）注射器４６、凝集型眼科用粘弾性デバイス（ＯＶＤ）注射器４８、染色用注射器５０（例えば、トリパンブルー眼科液などの染料によって前水晶体を染色するため）、リドカイン注射器５２、鉗子５４、ハイドロダイセクション注射器５６、水晶体乳化吸引プローブ５８、チョッパー６０、灌流／吸引プローブ６２、眼内レンズ注入器６４、抗生物質注射器６６、及び／又は角膜輪部減張切開（ＬＲＩ）ナイフ６８のうち１つ以上を含む。いくつかの適用例では、各ツールは１つ以上のマーカー１５４を含み、このマーカー１５４を用いて、ツールを識別すること及び／又はツールの位置及び／又は向きを決定することができる。マーカー１５４のいくつかの機能については以下で更に詳しく記載する。

【００６０】

これより、本発明のいくつかの適用例に従った、ツール２１の汎用マウント係合部３２の各概略図である図３Ａから図３Ｃを参照する。また、本発明のいくつかの適用例に従った、エンドエフェクタ３５のツールマウント３４の開放状態の各概略図である図４Ａ及び図４Ｂ、並びに、それぞれ開放状態と閉鎖状態であるツールマウント内に配置されたツール２１の概略図である図４Ｃ及び図４Ｄも参照する。ツールマウント３４は通常、ロボットユニットのエンドエフェクタに３５に結合されるか又はエンドエフェクタ３５と一体的に形成されている。

【００６１】

通常、ツール２１のマウント係合部３２は、各ツールの外側の周りに配置されたスリーブを含む。スリーブは、歯車８０、前部くぼみ８２、及び後部くぼみ８４を含む。いくつかの適用例では、前部及び後部のくぼみのうち少なくとも一方は円錐台形の形状を有する。例えば、図示のように、前部くぼみ８２は円錐台形の形状を有する。通常、ツールマウント３４は、ツールを受容するためのソケット８６（図４Ｂに示されている）と、ツール受容ソケットにヒンジで結合されると共にツール受容ソケット内にツールを固定するよう構成されたツール固定カバー８８と、を含む。通常、ツールマウント内にツールを配置するため、ツール固定カバーは開いている（図４Ａから図４Ｂに示されている）。ソケット８６内にツールが配置され（図４Ｃに示されている）、その後、ツール受容ソケット内にツールを固定するようにツール固定カバー８８を閉じる（図４Ｄに示されている）。

【００６２】

通常、マウント係合部３２は、（以下で更に詳しく記載するように）ツールがツール受容ソケット内に固定された場合、マウント係合部の歯車８０がツールマウントの歯車９０と係合するように位置決めされるようなサイズである。ロボットユニット２０のモータ９３は通常、歯車８０を転動させるように歯車９０を駆動することによって、ツールをツールマウントに対して転動するよう駆動し、これによってツールを転動させるよう構成されている。いくつかの適用例では、前部くぼみ８２内に前部ローラ９２が配置されると共に後部くぼみ８４内に後部ローラ９４が配置されることにより、ツール受容ソケット内にツールが固定される。（なお、くぼみ内にローラを配置するため、ツールに対してローラを移動させることの代わりに又はそれに加えて、ローラに対してツールを移動させてもよい。）上記のように、いくつかの適用例では、前部及び後部のくぼみのうち少なくとも一方は円錐台形の形状を有する。通常、そのような適用例では、円錐台形のくぼみ内に配置さ

れるように構成されたローラは、ツールの軸に対してある角度に配置される。例えば図示のように、前部くぼみ８２は円錐台形を有し、前部ローラ９２は、円錐台形のくぼみの形状に一致するように、ツールの軸に対してある角度に配置される。

【００６３】

上記のように、ロボットユニット２０は通常、歯車８０を転動させるように歯車９０を駆動することによって、ツールをツールマウントに対して転動するように駆動し、これによってツールを転動させるよう構成されている。通常、前部くぼみ８２への前部ローラ９２の挿入及び後部くぼみ８４への後部ローラ９４の挿入は、ツールの転動中にこれらのローラがラジアル軸受として作用するようになっている。更に通常は、前部くぼみ８２への前部ローラ９２の挿入及び後部くぼみ８４への後部ローラ９４の挿入は、ツールマウントに対して半径方向と軸方向の双方で適切な位置にツールをしっかり保持しながら、ツールマウントに対するツールの転動を可能とするようになっている。

【００６４】

いくつかの適用例では、ツール２１は、エンドエフェクタ３５上に配置されると共にツールの一部を軸方向に押すように構成された線形ツール作動アーム１００を介して作動されて機能を実行するように構成されている。通常、線形ツール作動アームは、ツールマウント及びマウント係合部に対して遠位にツールの一部を押す（すなわち、ツールの一部がツールマウント及びマウント係合部に対して遠位に移動するように。例えば図４Ｃから図４Ｄで示されているように、ツールマウント内に配置されているツールは注射器である（例えば、分散型眼科用粘弾性デバイス（ＯＶＤ）注射器４６、凝集型眼科用粘弾性デバイス（ＯＶＤ）注射器４８、染色用注射器５０、リドカイン注射器５２、ハイドロダイセクション注射器５６、眼内レンズ注入器６４、及び／又は抗生物質注射器６６）。通常、注射器は、プランジャ１０２、円筒部１０４、及びカニューレ１０６（例えば、図５Ａから図５Ｂに示されている円筒部及びカニューレ）を含む。このような場合、線形ツール作動アームは、注射器のプランジャ１０２を軸方向に前方へ押すように構成されている。いくつかの適用例では、線形ツール作動アーム１００がツールの一部を軸方向に押すことにより、ツールの一部は患者の眼に対して移動するように構成されている。上述したように、いくつかの適用例では、前部くぼみ８２は円錐台形の形状を有し、前部ローラ９２はツールの軸に対してある角度に配置される。通常、このように構成されることにより、前部ローラは、そうでなければツールマウントに対してツール全体を軸方向に前方へ押すはずであった力に逆らうように構成されている。例えば、線形ツール作動アームが注射器のプランジャを軸方向に前方へ押した場合、前部ローラは通常、注射器に反対の力を加えて、ツールマウントに対して注射器の円筒部１０４が軸方向に前方へ押されるのを防止する。更に一般的には、円錐台形の形状を有するくぼみは通常、くぼみがツールの軸と同軸である場合に比べて、ツールに追加の軸方向安定性を与える。

【００６５】

これより、本発明のいくつかの適用例に従った、ロボットシステムで用いられる注射器１１０の概略図である図５Ａ及び図５Ｂを参照する。注射器は、被験者の身体の一部に複数の異なる物質を注入するように構成されている。（図２を参照して）上述したように、通常、複数の異なる注射器が白内障処置などの眼科処置に用いられる。分散型眼科用粘弾性デバイス（ＯＶＤ）注射器４６、凝集型眼科用粘弾性デバイス（ＯＶＤ）注射器４８、染色用注射器５０（例えば、トリパンブルー眼科液などの染料によって前水晶体を染色するため）、リドカイン注射器５２、ハイドロダイセクション注射器５６、眼内レンズ注入器６４、抗生物質注射器６６は全て、通常用いられる注射器の例である。いくつかの適用例では、複数の異なる物質を注入するように構成された多目的注射器が用いられる。

【００６６】

上述のように、通常、注射器は円筒部１０４及びカニューレ１０６を含む。通常、注射器は、エンドエフェクタ３５に結合されるようにツールマウント３４上に搭載される。いくつかの適用例では、注射器１１０は複数の管腔１１２を含み、各管腔は、注入される物質のそれぞれに流体的に結合され、注射器の円筒部１０４に対して可逆的に流体結合可能

である。

【００６７】

いくつかの適用例では、例えば図５Ａで示されているように、管腔１１２は、円筒部１０４の長さに沿ってマニホルド構成で配置されている。各管腔の他端は通常、注入される物質のそれぞれに流体的に結合されている。いくつかの適用例では、管腔のうち少なくともいくつかは、各物質を収容するカプセル１１３に流体的に結合されている。カプセルは、図示のように、任意選択的に円筒部１０４の横に配置されている。いくつかの適用例では、注射器は、各管腔を円筒部と流体連通した状態に配置するように移動するよう構成された流体選択プランジャ１１５を含む。上述のように、通常、注射器１１０は、選択された物質を被験者に注入するよう構成された機械的プランジャであるプランジャを含む。あるいは、いくつかの適用例において、注射器は、空気圧を用いて選択された流体を被験者に注入するよう構成された、図示のような空気圧プランジャ１１７を含む。代替的に又は追加的に、注射器は、例えば油圧プランジャのような異なる種類のプランジャを含む。

【００６８】

いくつかの適用例では、例えば図５Ｂで示されているように、管腔１１２は相互に平行に配置され、各管腔は円筒部に到達する。各管腔の他端は通常、注入される物質のそれぞれに流体的に結合されている。いくつかの適用例では、管腔のうち少なくともいくつかは、各物質を収容するカプセル１１３に流体的に結合されている。いくつかの適用例では、各管腔は、回転チャンバ１１９を回転させることによって円筒部１０４と流体連通するように配置される。回転チャンバ１１９は、回転チャンバの回転位置に応じて各管腔が円筒部１０４と流体連通するように構成されている。いくつかの適用例では、回転チャンバは、ラチェット機構（図示せず）を用いて各回転位置に回転させる。

【００６９】

通常、ロボットユニットは、物質のうち所与のものを患者の身体の一部に注入するべきであるという入力を受信する。例えばオペレータ２５は、所与の物質を注入するべきであることを示す入力をコンピュータプロセッサ２８に与えることができる（オペレータ２５及びコンピュータプロセッサ２８は図１に示されている）。これに応じて、ロボットユニットは、所与の物質に流体的に結合されている管腔を注射器の円筒部に流体的に結合する（例えば、上述した機構のうち１つを用いて）。この後、ロボットユニットは、円筒部内でプランジャを前進させることによって（及び／又は、例えば空気圧及び／又は油圧プランジャのような異なるタイプのプランジャを用いて）円筒部からカニューレを介して患者の眼へ所与の物質を注入する。例えば、コンピュータプロセッサは、円筒部内でプランジャを前進させるように線形ツール作動アーム１００を駆動することができる。

【００７０】

上述のように、通常、相互に異なる機能を有する複数の異なるタイプのツール２１の各々は、汎用マウント係合部３２を含む。このため、各ツールは、ツールマウントに対するツールの転動を可能とするように、ツールマウント３４に対して結合可能である。いくつかの適用例では、複数のツールの各々を用いたロボットユニット２０の使用を容易にする追加の特徴は、線形ツール作動アーム１００が、より大きいツール（水晶体乳化吸引プローブ５８など）に対応するため自動的にスライドする及び／又は折り畳まれるように構成されていることである。いくつかの適用例では、ツール作動アームは、ツールマウント３４から所与の距離に後退したことに応じて自動的に折り畳まれるように構成されている。このように、ツール作動アームは、水晶体乳化吸引プローブなどの大きいツールがツールマウントに挿入されたことに対応するため、ツール作動アームの除去及び／又は手動による折り畳みを必要とすることなく、自動的に折り畳むことができる。通常、ツール作動アームは、ばね機構を活性化することによって自動的に折り畳まれるように構成される。更に通常は、ツール作動アームがツールマウントに近付いたことに応じて、ツール作動アームは（例えばばね機構の活性化によって）折り畳まれた状態から自動的に広がるように構成されている。いくつかの適用例では、アームは、自動的に折り畳まれるのではなく、水晶体乳化吸引プローブなどの大きいツールがツールマウントに挿入されたことに対応する

ため、ツール作動アームの除去及び／又は手動による移動を必要とすることなく、異なるやり方で動かされるように構成される。例えばアームは、例えば電気機械アクチュエータ、ばね機構などを用いて、自動的に後退させるように構成できる。

【００７１】

いくつかの適用例では、複数のツールの各々を用いたロボットユニット２０の使用を容易にする別の特徴は、ツールの多くが、線形ツール作動アーム１００を用いてそれぞれの機能を実行するように作動されることである。いくつかの適用例では、線形ツール作動アーム１００を用いてツールのうち１つ以上を作動させるため、ツールは、線形運動（線形ツール作動アーム１００によってツールの一部に加えられる）を、ツールを作動させるような異なる機械的運動に変換するための運動変換機構を含む。これの例が、図６Ａから図６Ｂ、図７Ａから図７Ｂ、図８Ａから図８Ｂ、及び図９を参照して与えられる。

【００７２】

これより、本発明のいくつかの適用例に従ったロボットシステムで用いられる鉗子５４の概略図である図６Ａ及び図６Ｂを参照する。いくつかの適用例では、鉗子は、線形ツール作動アーム１００によって鉗子のハンドル１２０に線形運動が加えられたことに応じて（矢印１２１及び図６Ａから図６Ｂへの移行で示されている）、運動変換機構１２２が横方向に動くことにより、鉗子の先端部１２４を相互に近付けるよう構成されている。いくつかの適用例では、運動変換機構は、先端部の近位端の周りに配置されたヒンジスリーブ１２６と、鉗子の軸に平行でない斜面１２８（例えば湾曲面又は傾斜面）と、を含む。ヒンジスリーブが前進して斜面１２８を通り過ぎると、ヒンジスリーブは横方向で内側へ押され、これにより先端部は相互に近付く。

【００７３】

これより、本発明のいくつかの代替的な適用例に従った、ロボットシステムで用いられる鉗子５４の概略図である図７Ａ及び図７Ｂを参照する。図６Ａから図６Ｂで示されている鉗子５４を参照して上述したように、鉗子は、線形ツール作動アーム１００によって鉗子のハンドル１２０に線形運動が加えられたことに応じて（矢印１２１で示されている）、運動変換機構１２２が横方向に動くことにより鉗子の先端部１２４を相互に近付けるよう構成されている。いくつかの適用例では、運動変換機構は、斜面１２８（例えば湾曲面又は傾斜面）と、先端部の近位部の周りに配置されたローラ１２９と、を含む。ローラが前進して斜面を通り過ぎると、ローラは横方向で内側へ押され、これにより先端部は相互に近付く。

【００７４】

これより、本発明のいくつかの代替的な適用例に従った、ロボットシステムで用いられる鉗子５４の概略図である図８Ａ及び図８Ｂを参照する。鉗子は、線形ツール作動アーム１００によって鉗子のボタン１２３に線形運動が加えられたことに応じて（矢印１２１で示されている）、運動変換機構１２２が２つの鉗子アーム１３３を、ヒンジ接合部１３１を中心として枢動させるように構成されている。鉗子の先端部は各鉗子アームの端部に結合されている。いくつかの適用例では、ヒンジ接合部は、ボタン１２３が押されるとヒンジ接合部の中央部が線形に押され、これによりヒンジ接合部のアーム１３５が鉗子アーム１３３の近位端を押して、鉗子アーム１３３が相互に対して外側へ枢動するように構成されている。次いでこれにより、図８Ａから図８Ｂへの移行で示されているように、鉗子アームの遠位端が相互に近付く方へ枢動することによって、鉗子の先端部は相互に近付く。

【００７５】

これより、本発明のいくつかの適用例に従った、ロボットシステム１０で用いられる操縦可能先端部を有するツール１３０の概略図である図９を参照する。いくつかの適用例では、ツール１３０は操縦可能先端部１３２を含む。通常、線形ツール作動アーム１００（図４Ａから図４Ｄに示されている）は、ツールの一部に線形運動を加えることによって操縦可能先端部を非線形に動かすように駆動するよう構成されている。例えばツールは、運動変換機構に結合されたプッシャ１３４を含み、運動変換機構は、プッシャの線形運動を操縦可能先端部の非線形運動に変換するように構成されている。いくつかの適用例では、

先端部はヒンジ式であり、操縦ワイヤ１３８（例えばニチノール操縦ワイヤ）に結合されている。いくつかの適用例では、プッシャは、ラックピニオン式機構１４２（及び、任意選択的に、１つ以上の減速ギア１４４）を介して操縦ワイヤに結合されている。プッシャの線形の動きは、ラックピニオン機構１４２（及び、任意選択的に、減速ギア１４４）を介して操縦ワイヤに伝達され、これによりヒンジ先端部が曲げる。

【００７６】

これより、本発明のいくつかの適用例に従った、ロボットシステムで用いられる制御ジョイスティックの概略図である図１０を参照する。図１を参照して上述したように、通常、ロボットユニットの移動（及び／又はロボットシステムの他の態様の制御）は、少なくとも部分的に、１人以上のオペレータ２５（例えば医師及び／又は看護師などの医療専門家）によって制御される。例えばオペレータは、ディスプレイ２４によって、患者の眼及びロボットユニット、及び／又はそこに配置されたツールの画像を受信することができる。受信画像に基づいて、通常、オペレータは処置のステップを実行する。いくつかの適用例では、オペレータは制御コンポーネントユニット２６を介してロボットユニットにコマンドを与える。通常、そのようなコマンドは、ロボットユニット内に配置されているツールの位置及び／又は向きを制御するコマンド、及び／又はツールによって実行される動作を制御するコマンドを含む。例えばコマンドは、刃、水晶体乳化吸引ツール（例えば水晶体乳化吸引ツールの動作モード及び／又は吸引力）、及び／又は注入器ツール（例えば、どの流体（例えば粘弾性流体、生理食塩水など）を注入すべきか、及び／又はどのくらいの流量で注入すべきか）を制御することができる。代替的に又は追加的に、オペレータは、撮像システム（例えば撮像システムのズーム、焦点、及び／又はｘ－ｙ位置決め）を制御するコマンドを入力できる。いくつかの適用例では、コマンドは、例えば眼の中で眼内レンズを精密に位置決めするため眼の中の眼内レンズを操作するように眼内レンズマニピュレータツールを制御することを含む。

【００７７】

通常、制御コンポーネントユニットは、ロボットシステムの各ロボットユニット２０に対応するよう構成された１つ以上のジョイスティック７０を含む。例えば図示のように、システムは第１及び第２のロボットユニットを含み、制御コンポーネントユニットは、図示のようにオペレータの右手及び左手で操作される第１及び第２のジョイスティックを含むことができる。いくつかの適用例では、図１で示されているように、制御コンポーネントジョイスティックは、（ロボットユニットを再現するために）各制御コンポーネントツール７１を含む。通常、コンピュータプロセッサは、制御コンポーネントツール７１の先端部１５０のＸＹＺ位置及び向きを決定し、処置を実行するために使用されている実際のツール２１の先端部が制御コンポーネントツールの先端部の動きを追うようにロボットユニットを駆動する。

【００７８】

いくつかの適用例では、ジョイスティック７０は作動機構１５２を含む。通常、作動機構は制御コンポーネントツール７１の先端部の近くに配置されて、オペレータが制御コンポーネントツール７１を動かした後に手を動かす必要なく作動機構を作動できるようになっている。更に通常は、作動機構はオペレータが圧迫動作を行うことにより作動される。例えば作動機構は、ボタン又は感圧パッドとすることができる。いくつかの適用例では、コンピュータプロセッサ２８は、エンドエフェクタに結合されたツールを示す入力を受信する。例えばオペレータは、コンピュータプロセッサにツールの指示を入力することができる。代替的に又は追加的に、各ツールはツール識別コンポーネント（例えばマーカー１５４（図２に示されている））を有することができ、コンピュータプロセッサは、ツールの画像内のツール識別コンポーネントを識別することによって、どのツールがエンドエフェクタに現在結合されているかを自動的に導出するように構成できる。更に代替的に又は追加的に、コンピュータプロセッサは、ツール識別コンポーネントを用いることなく、ツールの画像を分析することによって、どのツールがエンドエフェクタに現在結合されているかを自動的に導出するように構成できる。

【００７９】
通常、オペレータが作動機構を作動させたことに応じて、コンピュータプロセッサは、エンドエフェクタに結合されたツールを作動させてその機能を実行するように、ロボットユニット２０の１つ以上の作動コンポーネントを動作させる。例えば、特定のタイプの注射器がエンドエフェクタに現在結合されていることの検出に応じて、コンピュータプロセッサは、注射器のプランジャを所与の距離だけ前進させるように線形ツール作動アームを駆動できる。あるいは、ケラトーム刃が現在エンドエフェクタに結合されていることの検出に応じて、コンピュータプロセッサは、患者の眼の前嚢に切開を行うようにケラトーム刃を動かすよう駆動することができる。
【００８０】
本発明のいくつかの適用例が白内障手術について記載されているが、本出願の範囲には、本明細書に記載の装置及び方法を他の医療処置に準用することが含まれる。具体的には、他の医療処置に対する本明細書に記載の装置及び方法は、マイクロ手術技術を用いて行われる一般外科、整形外科、婦人科、耳鼻咽喉科、神経外科、口腔顎顔面外科、形成外科、足病外科、血管外科、及び／又は小児外科などの他のマイクロ手術処置に適用されることがある。そのようないくつかの適用例では、撮像システムは１つ以上の顕微鏡撮像ユニットを含む。
【００８１】
本出願の範囲には、本明細書に記載の装置及び方法を白内障手術以外の眼内処置に準用することが含まれることに留意されたい。かかる処置には、コラーゲン架橋結合、内皮角膜移植（例えばＤＳＥＫ、ＤＭＥＫ、及び／又はＰＤＥＫ）、ＤＳＯ（移植なしのデスメ膜剥離）、レーザを利用した角膜移植、角膜移植、ＬＡＳＩＫ／ＰＲＫ、ＳＭＩＬＥ、翼状片、眼表面癌治療、二次的ＩＯＬ配置（縫合、経結膜など）、虹彩修復、ＩＯＬ再配置、ＩＯＬ交換、角膜表層切除、低侵襲緑内障手術（ＭＩＧＳ）、角膜輪部幹細胞移植、乱視角膜切除、角膜輪部減張切開（ＬＲＩ）、羊膜移植（ＡＭＴ）、緑内障手術（例えば、ｔｒＡＢｓ、ｔｕＢｅｓ、低侵襲緑内障手術）、自動化層状角膜移植（ＡＬＫ）、前部硝子体切除、及び／又は経扁平部前部硝子体切除が含まれることがある。
【００８２】
本明細書に記載される本発明の適用例は、コンピュータプロセッサ２８などの、コンピュータ又は任意の命令実行システムによる又は関連する使用のためのプログラムコードを提供するコンピュータ使用可能又はコンピュータ可読媒体（例えば、非一時的コンピュータ可読媒体）からアクセス可能なコンピュータプログラム製品の形態をとることができる。この説明の目的のために、コンピュータ使用可能又はコンピュータ可読媒体は、命令実行システム、装置、もしくはデバイスによる又は関連する使用のためのプログラムを含む、記憶する、伝達する、伝搬する、又は搬送することができる任意の装置である可能性がある。この媒体は、電子、磁気、光、電磁、赤外線、又は半導体システム（又は装置もしくはデバイス）又は伝搬媒体である可能性がある。通常、コンピュータ使用可能又はコンピュータ可読媒体は非一時的コンピュータ使用可能又はコンピュータ可読媒体である。
【００８３】
コンピュータ可読媒体の例としては、半導体又はソリッドステートメモリ、磁気テープ、取り外し可能コンピュータディスケット、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、読み取り専用メモリ（ＲＯＭ）、硬質磁気ディスク及び光学ディスクが挙げられる。現在の光学ディスクの例としては、コンパクトディスク－読み取り専用メモリ（ＣＤ－ＲＯＭ）、コンパクトディスク－リード／ライト（ＣＤ－Ｒ／Ｗ）、ＤＶＤ、及びＵＳＢドライブなどが挙げられる。
【００８４】
プログラムコードを記憶及び／又は実行するのに適したデータ処理システムが、システムバスを介してメモリ要素に直接的又は間接的に結合された少なくとも１つのプロセッサ（例えば、コンピュータプロセッサ２８）を含むことになる。メモリ要素は、プログラムコードの実際の実行中に使用されるローカルメモリ、バルクストレージ、及び、実行中に

バルクストレージからコードを取り出さなければならない回数を減らすために、少なくともいくつかのプログラムコードの一時的記憶を行うキャッシュメモリを含む可能性がある。システムは、プログラムストレージデバイス上の本発明に係る命令を読み出し、これらの命令に従って本発明の実施形態の方法を実行することができる。

【００８５】

ネットワークアダプタをプロセッサに結合して、プロセッサを介在プライベートネットワーク又はパブリックネットワークを介して他のプロセッサ、リモートプリンタ、又はストレージデバイスに結合可能にすることがある。モデム、ケーブルモデム及びイーサネットカードは、現在利用可能なネットワークアダプタの種類のほんの一部である。

【００８６】

本発明の動作を実行するためのコンピュータプログラムコードは、Ｊａｖａ、Ｓｍａｌｌｔａｌｋ、Ｃ＋＋などのオブジェクト指向プログラミング言語、及びＣプログラミング言語又は同様のプログラミング言語などの従来の手続き型プログラミング言語を含む、１つ以上のプログラミング言語の任意の組み合わせで書かれることがある。

【００８７】

本明細書に記載されているアルゴリズムがコンピュータプログラム命令によって実施され得ることが理解されるであろう。これらのコンピュータプログラム命令は、汎用コンピュータ、専用コンピュータ、又は他のプログラマブルデータ処理装置のプロセッサに提供されてマシンを生成し、これによってコンピュータのプロセッサ（例えばコンピュータプロセッサ２８）又は他のプログラマブルデータ処理装置によって実行される命令が、本出願に記載のアルゴリズムに規定された機能／作用を実施するための手段を生成することがある。また、これらのコンピュータプログラム命令はコンピュータ可読媒体（例えば非一時的コンピュータ可読媒体）に記憶されることがあり、コンピュータ又は他のプログラマブルデータ処理装置に特定の方法で機能するように指示できることによって、コンピュータ可読媒体に記憶されている命令は、アルゴリズムに規定された機能／作用を実施する命令手段を含む製造品を生成する。また、コンピュータプログラム命令を、コンピュータ又は他のプログラマブルデータ処理装置にロードして、そのコンピュータ又は他のプログラマブル装置上で一連の動作ステップを実行させてコンピュータ実施プロセスを生成することができ、これによってコンピュータ又は他のプログラマブル装置上で実行する命令は、本出願に記載のアルゴリズムに規定された機能／作用を実施するためのプロセスを提供する。

【００８８】

コンピュータプロセッサ２８は通常、専用コンピュータを生成するようにコンピュータプログラム命令を用いてプログラムされたハードウェアデバイスである。例えば、図を参照して説明したアルゴリズムを実行するようにプログラムされた場合、コンピュータプロセッサ２８は通常、専用のロボットシステムコンピュータプロセッサとして機能する。通常、コンピュータプロセッサ２８により実行される本明細書に記載された動作は、実際の物理的物品であるメモリの物理的状態を変化させて、使用されるメモリの技術に応じて異なる磁気極性や電荷などをもたらす。いくつかの適用例では、コンピュータプロセッサにより実行されると記載されている動作が、互いに組み合わせられる複数のコンピュータプロセッサによって実行される。

【００８９】

以上に具体的に示され説明されたものに本発明が限定されないことは当業者によって理解されるであろう。むしろ本発明の範囲は、上記の明細書で説明された様々な特徴の組み合わせ及びその部分的組み合わせの両方、並びに上述の説明を読むことで当業者に想到されるであろう、従来技術にはないそれらの変形例及び修正例を含む。

【図面】

【図１】

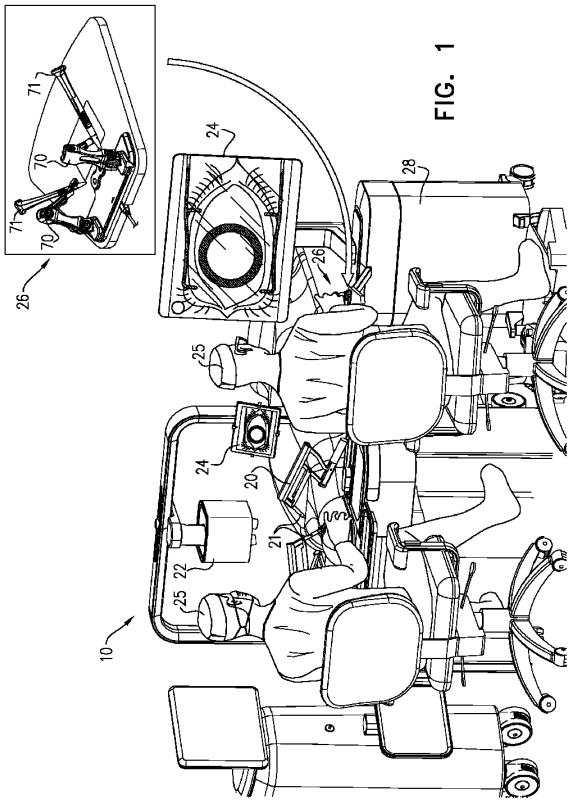


FIG. 1

【図２】

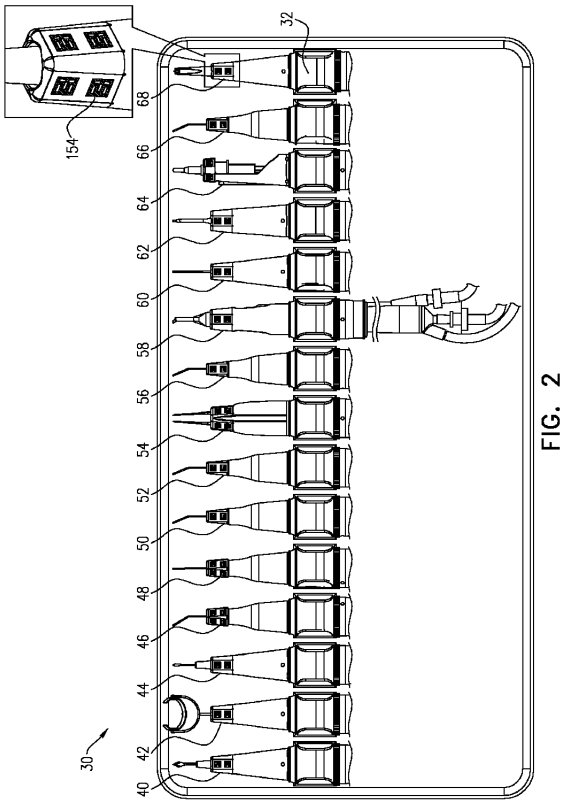


FIG. 2

【図３Ａ】

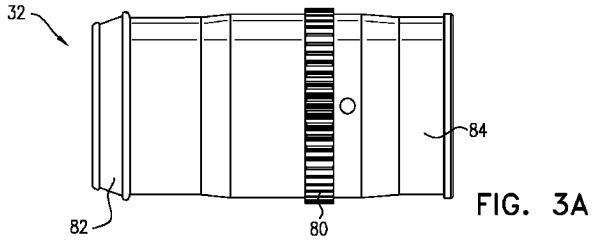


FIG. 3A

【図３Ｂ】

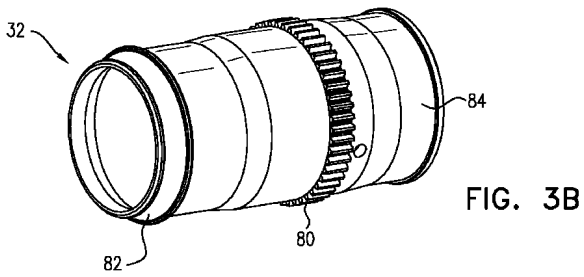


FIG. 3B

【図３Ｃ】

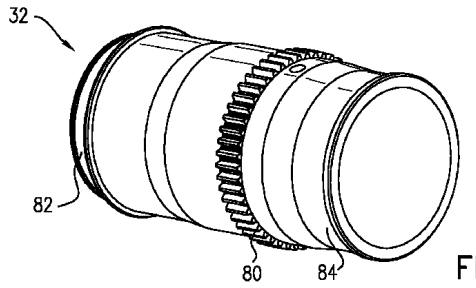


FIG. 3C

【図４Ａ】

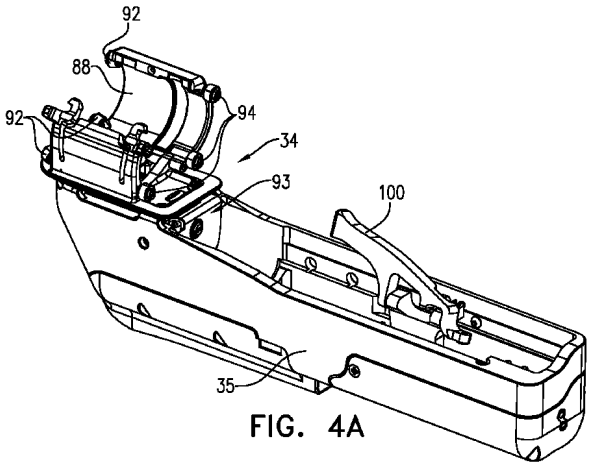


FIG. 4A

【図４Ｂ】

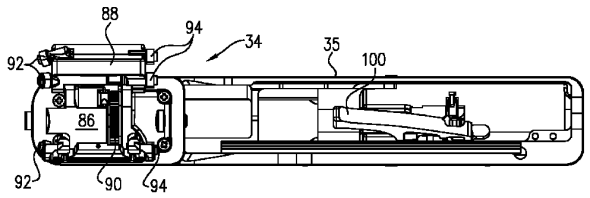


FIG. 4B

【図４Ｃ】

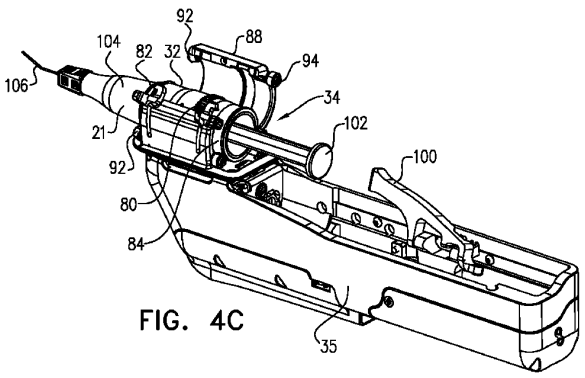


FIG. 4C

【図４Ｄ】

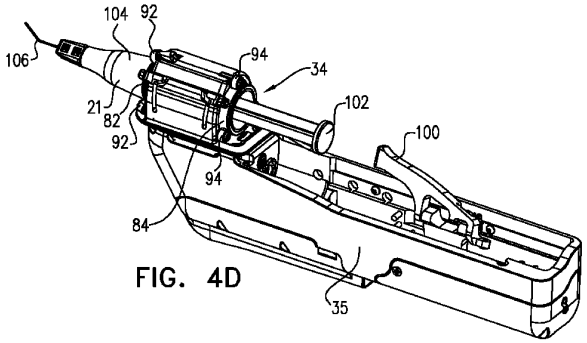


FIG. 4D

【図５Ａ】

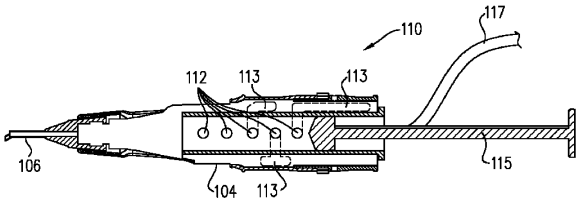


FIG. 5A

【図５Ｂ】

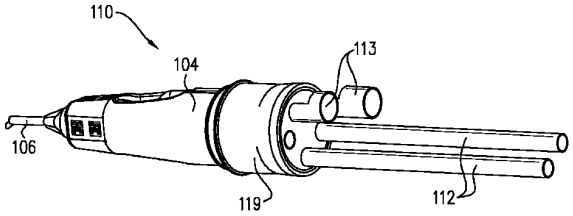


FIG. 5B

【図６Ａ】

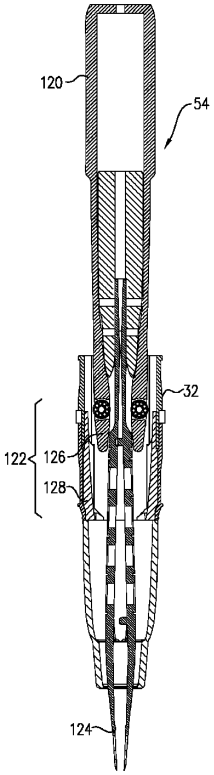


FIG. 6A

【図６Ｂ】

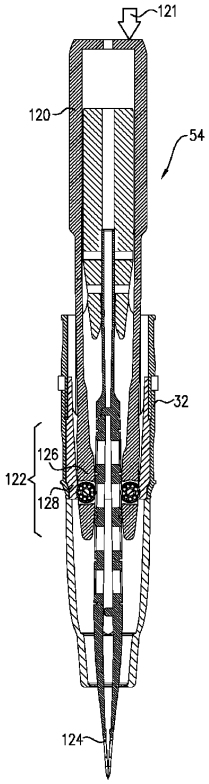


FIG. 6B

【図７Ａ】

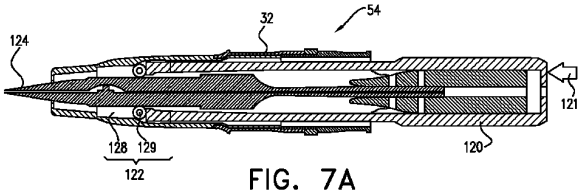


FIG. 7A

【図７Ｂ】

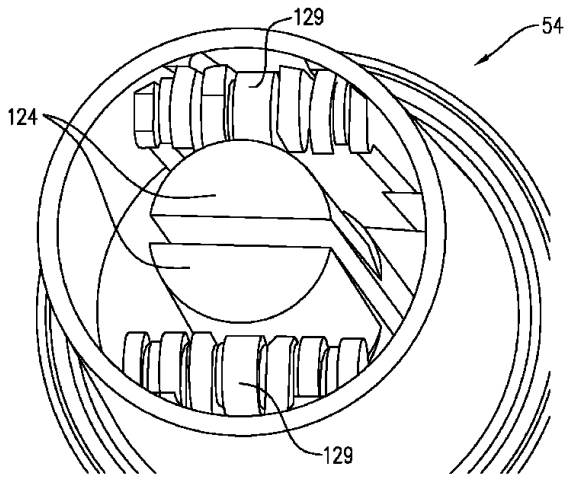


FIG. 7B

【図８Ａ】

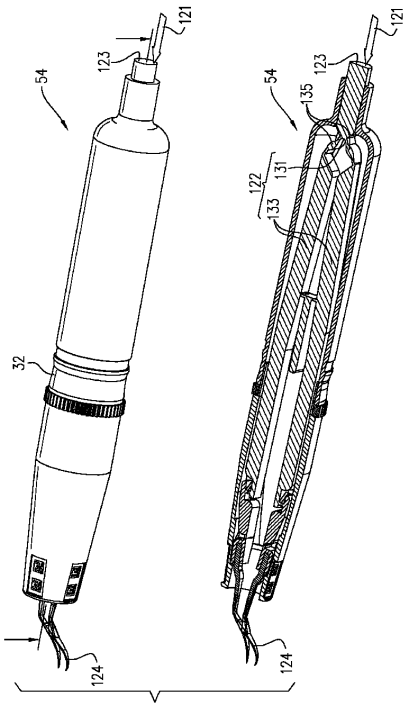


FIG. 8A

【図８Ｂ】

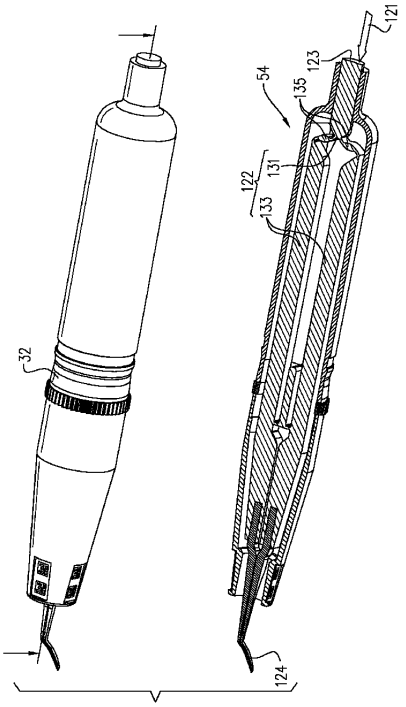


FIG. 8B

【図９】

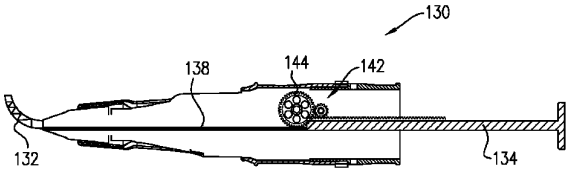


FIG. 9

【図１０】

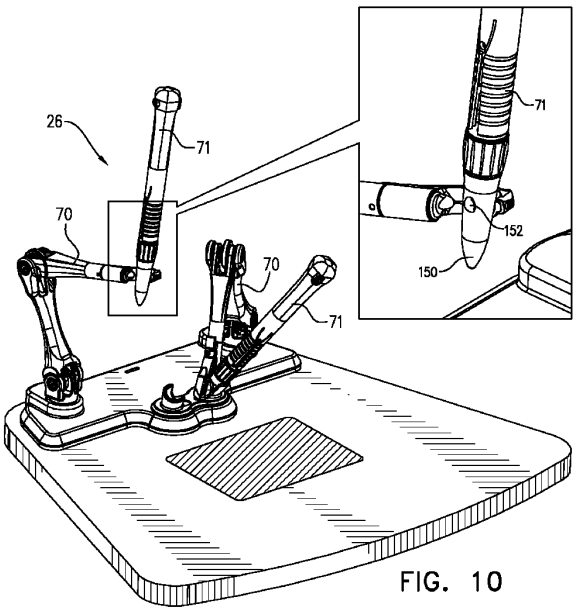


FIG. 10

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2022/061633

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61B34/30 A61B34/00 A61F9/007 A61B34/37 A61M5/178
A61B17/29 A61B90/90 A61B17/30
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61B A61F A61M

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2016/346060 A1 (NAWRAT ZBIGNIEW [PL] ET AL) 1 December 2016 (2016-12-01) paragraphs [0005], [0049], [0054] - [0056]; figures 1-10	1-7
A	US 2018/104013 A1 (HAMAMOTO MASAKI [JP] ET AL) 19 April 2018 (2018-04-19) figure 3	1-7
A	WO 2014/197889 A1 (UNIV JOHNS HOPKINS [US]) 11 December 2014 (2014-12-11) figures 4A-B	1-7
A	WO 2013/101269 A1 (ST JUDE MEDICAL ATRIAL FIBRILL [US]; KIRSCHENMAN MARK B [US]) 4 July 2013 (2013-07-04) figures 2,8,11	1-7

-/--

[x] Further documents are listed in the continuation of Box C. [x] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
29 March 2023	06/04/2023

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Seon, Jean-Antoine

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2022/061633

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/299427 A1 (YEUNG BENNY H B [CA] ET AL) 27 December 2007 (2007-12-27) figures 16e,22-27 paragraphs [0206], [0222]	8-15
X	WO 2009/120945 A1 (ST JUDE MEDICAL ATRIAL FIBRILL [US]; KIRSCHENMAN MARK [US] ET AL.) 1 October 2009 (2009-10-01) paragraphs [0086], [0103], [0121]; figures 11a-c	8,11,14, 15
X	WO 2009/120948 A2 (ST JUDE MEDICAL ATRIAL FIBRILL [US]; KIRSCHENMAN MARK [US]) 1 October 2009 (2009-10-01) paragraphs [0027] - [0035]; figures 1,2	16-20
X	US 2021/000558 A1 (PENNY MATTHEW ROBERT [US] ET AL) 7 January 2021 (2021-01-07) paragraphs [0024], [0027], [0038]; figure 1	16-20

2

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2022/061633

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

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

1. [X] Claims Nos.: 28, 36
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210

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

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

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. [ ] As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. [ ] As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. [X] As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
1-20

4. [ ] No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims;; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

[ ] The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

[ ] The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

[X] No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/IB2022/061633

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. claims: 1-7

claims 1-7 relate to a an apparatus for holding surgical instruments having a mechanism to roll the instrument.

---

2. claims: 8-15

claims 8-15 relate to an apparatus for holding surgical instruments having a linear tool-actuation arm configured to actuate the tool.

---

3. claims: 16-20

claims 16-20 relate to a teleoperated surgical system having a joystick.

---

4. claims: 21-27

claims 21-27 relate to a robotically driven syringe

---

5. claims: 29-35

claims 29-35 relate to an actuated forceps coupled to a robotic drive

---

International Application No. PCT/IB2022/061633

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box II.1

Claims Nos.: 28, 36

The subject matter of claims 28 and 36 relates to a surgical method. According to Rule 39.1 (iv) PCT the international search authority is not required to search subject matter falling under this category. The reasons are the following: The method of claim 28 and 36 relates to the motion control of a surgical tool used on a portion of a patient, and therefore the whole method is considered surgical.

Continuation of Box II.2

The subject matter of claims 28 and 36 relates to a surgical method. According to Rule 39.1 (iv) PCT the international search authority is not required to search subject matter falling under this category. The reasons are the following:
The method of claim 28 and 36 relates to the motion control of a surgical tool used on a portion of a patient, and therefore the whole method is considered surgical.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/IB2022/061633

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2016346060 A1	01-12-2016	EP 3097839 A1	30-11-2016
		PL 3097839 T3	30-04-2018
		US 2016346060 A1	01-12-2016
US 2018104013 A1	19-04-2018	JP 6565104 B2	28-08-2019
		JP WO2016185943 A1	08-02-2018
		US 2018104013 A1	19-04-2018
		WO 2016185943 A1	24-11-2016
WO 2014197889 A1	11-12-2014	US 2014360305 A1	11-12-2014
		WO 2014197889 A1	11-12-2014
WO 2013101269 A1	04-07-2013	EP 2797659 A1	05-11-2014
		US 2013172713 A1	04-07-2013
		US 2017027653 A1	02-02-2017
		WO 2013101269 A1	04-07-2013
US 2007299427 A1	27-12-2007	CA 2655431 A1	21-12-2007
		CA 2860487 A1	21-12-2007
		EP 2040635 A1	01-04-2009
		JP 2009539509 A	19-11-2009
		KR 20090051029 A	20-05-2009
		US 2007299427 A1	27-12-2007
		WO 2007143859 A1	21-12-2007
WO 2009120945 A1	01-10-2009	CN 102046235 A	04-05-2011
		EP 2195064 A1	16-06-2010
		JP 6025328 B2	16-11-2016
		JP 2011517421 A	09-06-2011
		US 2009247943 A1	01-10-2009
		US 2014276942 A1	18-09-2014
		US 2018132950 A1	17-05-2018
		WO 2009120945 A1	01-10-2009
WO 2009120948 A2	01-10-2009	EP 2249736 A2	17-11-2010
		US 2009248042 A1	01-10-2009
		WO 2009120948 A2	01-10-2009
US 2021000558 A1	07-01-2021	US 2021000558 A1	07-01-2021
		US 2022117687 A1	21-04-2022
		US 2022117688 A1	21-04-2022
		US 2023050243 A1	16-02-2023

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

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

（特許庁注：以下のものは登録商標）

１．ＪＡＶＡ

ライブ シモニー ストリート ３ アパートメント ６
(72)発明者 ゴラン，ヨアブ
イスラエル国，テル アビブ ６２１９３１１ コハンシュタム ストリート １１ アパートメント ５
(72)発明者 コーマン，タル
イスラエル国，テル アビブ ６９３６０５９ ザリツキー ストリート ３
(72)発明者 アーノルド，オファー
イスラエル国，マーレ ズヴィア ２０１２９００ ２０１２９００ ハエラ ストリート １
(72)発明者 グロズマン，ダニエル
イスラエル国，クファー ヨナ ４０３４７２３ オデム ストリート ３７エー
(72)発明者 ソーン，ゼブ
イスラエル国，カルネイ ショムロン ４４８５５００ ハハダス ストリート １８

Ｆターム（参考） 4C066 AA10 BB01 CC01 DD08 EE14 FF05 HH12
4C130 AA02 AA13 AA18 AA34 AA44 AB02 AC14 AD02 BA02
4C160 GG08 MM22

【要約の続き】

【選択図】 図４Ｃ