

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2024-543907
(P2024-543907A)

(43)公表日 令和6年11月26日(2024.11.26)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 F 9/007(2006.01)	A 6 1 F 9/007 1 3 0	4 C 1 3 0
A 6 1 B 34/37 (2016.01)	A 6 1 F 9/007 1 3 0 H	
	A 6 1 B 34/37	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全39頁)

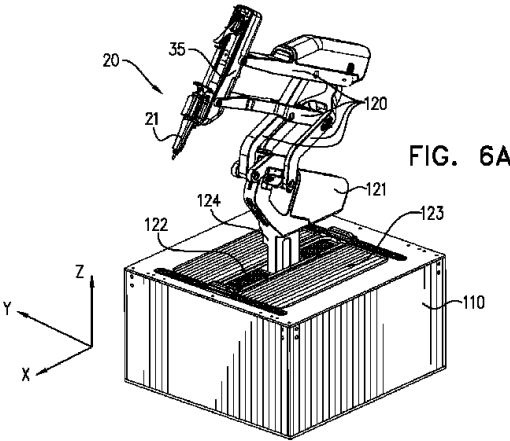
(21)出願番号	特願2024-531182(P2024-531182)	(71)出願人	522497490
(86)(22)出願日	令和4年12月1日(2022.12.1)		フォーサイト ロボティクス リミテッド
(85)翻訳文提出日	令和6年7月23日(2024.7.23)		イスラエル国, ヨークニーム イリット
(86)国際出願番号	PCT/IB2022/061635		2 0 6 9 2 0 5 ハツミチャ ストリート
(87)国際公開番号	WO2023/100125		1
(87)国際公開日	令和5年6月8日(2023.6.8)	(74)代理人	100079108
(31)優先権主張番号	63/285,218		弁理士 稲葉 良幸
(32)優先日	令和3年12月2日(2021.12.2)	(74)代理人	100109346
(33)優先権主張国・地域又は機関			弁理士 大貫 敏史
	米国(US)	(74)代理人	100117189
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA		弁理士 江口 昭彦
	,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(	(74)代理人	100134120
	AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A		弁理士 内藤 和彦
	T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR	(72)発明者	コーマン, タル
	,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,		イスラエル国, テル アビブ 6 9 3 6 0
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マイクロ手術処置のためのロボットユニット

(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】 エンドエフェクタ（35）と、ツール（21）をしっかりと保持するように構成されたツールマウント（34）と、を含むロボットユニット（20）を含む装置及び方法が記載される。ロボットアーム（120）は、ピッチ及びヨー回転によってツールを回転させる。XYZプラットフォーム（110）は、XY面内でX方向及びY方向に沿って、また、XY面に対して垂直なZ方向に沿って、ロボットユニット（20）を移動させる。XYZプラットフォーム（110）は、ロボットユニット（20）がX方向に沿って移動するとX方向に沿って摺動することによってXYZプラットフォーム（110）の内部を覆うように構成された第1の摺動可能シャッタ（122）と、ロボットユニット（20）がY方向に沿って移動するとY方向に沿って摺動することによってXYZプラットフォーム（110）の内部を覆うように構成された第2の摺動可能シャッタ（123）と、を含む。他の適用例も記載されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 つ以上のツールを用いて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、

少なくとも 1 つのロボットユニットであって、

エンドエフェクタと、

前記エンドエフェクタに結合され、前記 1 つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

前記エンドエフェクタに結合された 1 つ以上のロボットアームであって、前記 1 つ以上のロボットアームが動くことにより、ピッチ及びヨー回転によって前記 1 つ以上のツールを回転させるように構成された、1 つ以上のロボットアームと、
を備える少なくとも 1 つのロボットユニットと、

X Y 面内で X 方向及び Y 方向に沿って、また、前記 X Y 面に対して垂直な Z 方向に沿って前記ロボットユニットを移動させるように構成された、少なくとも 1 つの X Y Z プラットフォームと、

を備え、前記 X Y Z プラットフォームは、

前記ロボットユニットが前記 X 方向に沿って移動すると前記 X 方向に沿って摺動することによって前記 X Y Z プラットフォームの内部を覆うように構成された第 1 の摺動可能シャッタと、

前記ロボットユニットが前記 Y 方向に沿って移動すると前記 Y 方向に沿って摺動することによって前記 X Y Z プラットフォームの内部を覆うように構成された第 2 の摺動可能シャッタと、

を含む、装置。

【請求項 2】

前記第 1 の摺動可能シャッタは、前記第 2 の摺動可能シャッタの上に、かつ、前記第 2 の摺動可能シャッタに対して垂直に配置されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記 X Y Z プラットフォームは柱を備え、前記ロボットユニットは前記柱の上に支持され、前記柱は、前記ロボットユニットを前記 Z 方向に沿って移動させるために前記 Z 方向に沿って拡張及び収縮するよう構成されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記摺動可能シャッタの各々は、前記 X 及び Y 方向の各々で 100 mm より大きい運動範囲を前記ロボットユニットに与えるようなサイズである、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記少なくとも 1 つのロボットユニットは 2 つのロボットユニットを含み、

前記少なくとも 1 つの X Y Z プラットフォームは 2 つの X Y Z プラットフォームを含み、各ロボットユニットは前記 X Y Z プラットフォームの各々に配置され、

前記 X Y Z プラットフォーム及びロボットユニットのうち第 1 のものは前記患者の身体の前記一部の第 1 の側に配置されるように構成され、

前記 X Y Z プラットフォーム及びロボットユニットのうち第 2 のものは前記患者の身体の前記一部の第 2 の側に配置されるように構成されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記摺動可能シャッタの各々は、前記ロボットユニットが前記 X 又は Y 方向のいずれかでその運動範囲の末端にある場合であっても前記摺動可能シャッタが前記 X Y Z プラットフォームの前記内部を覆い続けるように構成されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記摺動可能シャッタの各々は、対応する方向に沿った前記ロボットユニットの運動範囲よりも大きい長さを有し、前記 X Y Z プラットフォームの内部へ流れ込むように構成された余分なシャッタ長を有する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

回転軸を更に備え、

前記XYZプラットフォームは、前記回転軸に回転可能に結合されると共に、

前記患者に対するアクセスをオペレータに与えるため、前記回転軸を中心として第1の位置から第2の位置へ自動的に回転し、

前記患者の身体の前記一部に前記ロボットによるマイクロ手術を行うため、前記回転軸を中心として前記第2の位置から前記第1の位置へ自動的に回転する、ように構成されている、請求項1から7のいずれか一項に記載の装置。

【請求項9】

前記少なくとも1つのロボットユニットは2つのロボットユニットを含み、

前記少なくとも1つのXYZプラットフォームは2つのXYZプラットフォームを含み、各ロボットユニットは前記XYZプラットフォームの各々に配置され、

前記XYZプラットフォーム及びロボットユニットのうち第1のものは前記患者の身体の前記一部の第1の側に配置されるように構成され、

前記XYZプラットフォーム及びロボットユニットのうち第2のものは前記患者の身体の前記一部の第2の側に配置され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XYZプラットフォームの各々は、

前記患者に対するアクセスをオペレータに与えるため、前記回転軸を中心として第1の位置から第2の位置へ自動的に回転し、

前記患者の身体の前記一部に前記ロボットによるマイクロ手術を行うため、前記回転軸を中心として前記第2の位置から前記第1の位置へ自動的に回転する、ように構成されている、請求項9に記載の装置。

【請求項11】

1つ以上のツールを用いて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、

エンドエフェクタと、

前記エンドエフェクタに結合され、前記1つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

前記エンドエフェクタに結合された一対の平行ロボットアームであって、前記一対の平行ロボットアームがピッチの変化を受けることにより、ピッチ角回転によって前記1つ以上のツールを回転させるように構成された、一対の平行ロボットアームと、

ピッチ回転機構であって、

前記一対の平行ロボットアームに結合されたウォーム歯車であって、前記ウォーム歯車の回転によって前記平行ロボットアームが前記ピッチの変化を受けるようになっている、ウォーム歯車と、

前記ウォーム歯車に係合し、前記ウォーム歯車を回転させるように構成されたウォームねじと、

前記ウォーム歯車の回転運動の変化に応じた前記平行ロボットアームのがたつきを軽減するため、前記一対の平行ロボットアームを所与の方向に付勢するよう構成されたばねと、

を含むピッチ回転機構と、

を備える装置。

【請求項12】

前記ピッチ回転機構は、前記1つ以上のツールのピッチ回転の全範囲にわたって、前記ウォームねじの回転と前記1つ以上のツールの角度ピッチ回転との関係が一定であ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】

前記ピッチ回転機構は、少なくとも60度のピッチ角回転によって前記1つ以上のツールを移動させ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】

10

20

30

40

50

前記平行アームは、前記エンドエフェクタの動きを抑制し、これによって前記ツールマウント内にあるツールの前記運動を抑制するように構成されて、前記ツールがピッチの変化を受ける際に前記ツールの遠隔運動中心が維持されるようになっている、請求項 11 から 13 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 15】

前記ツールは切開ポイントを介して前記患者の眼内へ挿入されるように構成され、前記平行アームは、前記エンドエフェクタの動きを抑制し、これによって前記ツールマウント内にある前記ツールの前記運動を抑制するように構成されて、前記ツールがピッチの変化を受ける際に前記ツールの前記遠隔運動中心が前記切開ポイント内に維持されるようになっている、請求項 14 に記載の装置。

10

【請求項 16】

前記ツールは切開ゾーンを介して前記患者の眼内へ挿入されるように構成され、前記平行アームは、前記エンドエフェクタの動きを抑制し、これによって前記ツールマウント内にある前記ツールの前記運動を抑制するように構成されて、前記ツールがピッチの変化を受ける際に前記ツールの前記遠隔運動中心が前記切開ゾーン内に維持されるようになっている、請求項 14 に記載の装置。

【請求項 17】

1 つ以上のツールを用いて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、

エンドエフェクタと、

20

前記エンドエフェクタに結合され、前記 1 つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

前記エンドエフェクタに結合された一对の平行ロボットアームであって、前記一对の平行ロボットアームがヨーの変化を受けることにより、ヨー角回転によって前記 1 つ以上のツールを回転させるように構成された、一对の平行ロボットアームと、

ヨー回転機構であって、

ヨー角回転によって前記平行ロボットアームを回転させるように構成されたヨーモータと、

中央ヨー回転位置から第 1 のヨー回転方向への前記一对の平行ロボットアームの回転に抵抗するように付勢された第 1 のばねと、

30

前記中央ヨー回転位置から第 2 のヨー回転方向への前記一对の平行ロボットアームの回転に抵抗するように付勢された第 2 のばねと、

を含むヨー回転機構と、

を備える装置。

【請求項 18】

前記第 1 及び第 2 のばねは、前記 1 つ以上のツールのヨー回転運動中のがたつきを軽減するように構成されている、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 19】

前記ヨー回転機構は、前記中央ヨー回転位置から ± 25 度のピッチ角回転によって前記 1 つ以上のツールを動かすように構成されている、請求項 17 に記載の装置。

40

【請求項 20】

前記第 1 及び第 2 のばねは、前記ヨーモータに加えられる静荷重が軽減され、これによって前記モータの偏向が軽減されるように、力のバランスを取るよう構成されている、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 21】

前記第 1 及び第 2 のばねは、前記平行ロボットアームが前記中央ヨー回転位置から前記各回転方向に回転する際、前記平行ロボットアームにかかる引力に対抗するように構成されている、請求項 17 に記載の装置。

【請求項 22】

前記第 1 及び第 2 のばねは、前記 1 つ以上のツールのヨー回転運動の全範囲にわたって

50

前記ヨーモータの回転と前記１つ以上のツールの角度ヨー回転との関係が一定であるように前記１つ以上のツールの前記ヨー回転運動を安定化するように構成されている、請求項１７に記載の装置。

【請求項２３】

前記ヨー回転機構は、前記エンドエフェクタの動きを抑制し、これによって前記ツールマウント内にあるツールの前記運動を抑制するように構成されて、前記ツールがヨーの変化を受ける際に前記ツールの遠隔運動中心が維持されるようになっている、請求項１７から２２のいずれか一項に記載の装置。

【請求項２４】

前記ツールは切開ポイントを介して前記患者の眼内へ挿入されるように構成され、前記ヨー回転機構は、前記エンドエフェクタの動きを抑制し、これによって前記ツールマウント内にある前記ツールの前記運動を抑制するように構成されて、前記ツールがヨーの変化を受ける際に前記ツールの前記遠隔運動中心が前記切開ポイント内に維持されるようになっている、請求項２３に記載の装置。

【請求項２５】

前記ツールは切開ゾーンを介して前記患者の眼内へ挿入されるように構成され、前記ヨー回転機構は、前記エンドエフェクタの動きを抑制し、これによって前記ツールマウント内にある前記ツールの前記運動を抑制するように構成されて、前記ツールがヨーの変化を受ける際に前記ツールの前記遠隔運動中心が前記切開ゾーン内に維持されるようになっている、請求項２３に記載の装置。

【請求項２６】

患者の眼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、
相互に異なる形状を有する複数のツールと、
エンドエフェクタと、
前記エンドエフェクタに結合され、前記１つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

前記エンドエフェクタに結合された１つ以上のロボットアームであって、前記１つ以上のロボットアームが前記エンドエフェクタを動かすことにより、前記ツールマウントで保持されている前記ツールの各々を動かすように構成された、１つ以上のロボットアームと、

コンピュータプロセッサであって、
切開領域を介して前記患者の眼内へ前記ツールを挿入するように前記ロボットアームを駆動し、
前記ツールマウントによってどのツールが保持されているかを示す入力を受信し、
前記ツールを前記患者の眼から後退させるべきであると示す別の入力を受信し、
前記ツールを前記患者の眼から後退させるべきであると示す前記別の入力の受信に応じて、前記切開領域を介して前記ツールを除去するように前記ツールを動かす、
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２７】

前記コンピュータプロセッサは、前記切開領域を介して前記ツールを除去するように前記ツールを動かす動きのパターンを決定し、前記決定された動きのパターンに従って前記ツールを後退させるように構成されている、請求項２６に記載の装置。

【請求項２８】

前記コンピュータプロセッサは更に、前記切開領域に対する前記ツールの位置及び／又は向きを決定し、前記切開領域を介して前記ツールを除去するため前記切開領域に対する前記ツールの前記位置及び／又は向きを考慮するように構成されている、請求項２６又は２７に記載の装置。

【請求項２９】

１つ以上のツールを用いて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、

少なくとも1つのロボットユニットであって、

エンドエフェクタと、

前記エンドエフェクタに結合され、前記1つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

前記エンドエフェクタに結合された1つ以上のロボットアームであって、前記1つ以上のロボットアームが動くことにより、ピッチ及びヨー回転によって前記1つ以上のツールを回転させるように構成された、1つ以上のロボットアームと、

を備える少なくとも1つのロボットユニットと、

X Y 面内でX方向及びY方向に沿って、また、前記X Y 面に対して垂直なZ方向に沿って前記1つ以上のロボットアームを移動させるように構成された、少なくとも1つのX Y Zプラットフォームと、

回転軸と、を備え、前記X Y Zプラットフォームは、前記回転軸に回転可能に結合されると共に、

前記ツールマウントに対するアクセスをオペレータに与えるため、前記回転軸を中心として第1の位置から第2の位置へ自動的に回転し、

前記患者の身体の前記一部に前記ロボットによるマイクロ手術を行うため、前記回転軸を中心として前記第2の位置から前記第1の位置へ自動的に回転する、ように構成されている、装置。

【請求項30】

前記少なくとも1つのロボットユニットは2つのロボットユニットを含み、

前記少なくとも1つのX Y Zプラットフォームは2つのX Y Zプラットフォームを含み、各ロボットユニットは前記X Y Zプラットフォームの各々に配置され、

前記X Y Zプラットフォーム及びロボットユニットのうち第1のものは前記患者の身体の前記一部の第1の側に配置されるように構成され、

前記X Y Zプラットフォーム及びロボットユニットのうち第2のものは前記患者の身体の前記一部の第2の側に配置され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X Y Zプラットフォームの各々は、

前記患者に対するアクセスをオペレータに与えるため、前記回転軸を中心として第1の位置から第2の位置へ自動的に回転し、

前記患者の身体の前記一部に前記ロボットによるマイクロ手術を行うため、前記回転軸を中心として前記第2の位置から前記第1の位置へ自動的に回転する、ように構成されている、請求項30に記載の装置。

【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Kormanの「Robotic unit for microsurgical procedures」と題する米国仮特許出願第63/285,218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

10

20

30

40

50

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。

10

【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碎され、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。

20

30

【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。

40

【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

50

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、トリパンプ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。

10

【0009】

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。

20

【0010】

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。

30

【0011】

通常、ロボットシステムは左側と右側のXYZプラットフォームを含み、各プラットフォームに各ロボットユニットが配置され、これらのプラットフォームは、例えば患者の眼など、操作が行われる患者の身体の部分の左側と右側にそれぞれ配置されるように構成されている。通常、左側と右側のXYZプラットフォームはスタンド上に配置され、XYZプラットフォームの各々はスタンドの回転軸に対して回転可能に結合されている。通常、回転軸はZ方向に沿って配置されている。いくつかの適用例では、各XYZプラットフォームは、回転軸を中心として第1の（閉鎖）位置から第2の（開放）位置へ回転する（例えば自動的に回転する）ように構成されている。

40

【0012】

通常、閉鎖位置では、XYZプラットフォームは患者の眼の比較的近くに配置される。いくつかの適用例では、この位置において、ロボットユニットは患者の眼に十分に近く配置されるので、患者の眼に対するロボットユニットの位置の更なる調整は、ロボットユニットがXYZプラットフォーム上で動くことによって、及び／又はロボットユニットのエ

50

ンドエフェクタが動くことによって、及び／又はエンドエフェクタに対してツールが動くことによって、達成可能である。従って閉鎖位置では、XYZプラットフォームは、ロボットユニットが患者の眼に対してロボットによるマイクロ手術を実行できるように位置決めされる。通常、XYZプラットフォームは、回転軸を中心として閉鎖位置から開放位置へ回転することによって患者の眼から遠ざけられる。

【0013】

通常、XYZプラットフォームは、臨床的な理由及び／又は安全上の理由で患者の眼から遠ざけられる。例えば、医師がロボットによって処置を進めることができない場合、XYZプラットフォームが回転して患者に対するアクセスを与える。このように、医師は患者を移動させる必要なく手動で処置を行うことができる。あるいは、例えば、患者が早急な対応（例えば蘇生）を必要とする場合、XYZプラットフォームが回転して患者に対する即時アクセスを与える。いくつかの適用例では、患者との接触によって発生し得る二次汚染を回避しながら、ロボットシステム上に滅菌ドレープを配置することを可能とするため、XYZプラットフォームを患者から遠ざける。同様に、いくつかの適用例では、ロボットシステムとの接触によって発生し得る二次汚染を回避しながら、患者にドレープをかけることを可能とするため、XYZプラットフォームを患者から遠ざける。いくつかの適用例では、患者が頭部をヘッドサポート内に載せることを可能とするため、XYZプラットフォームを患者の眼から遠ざける。

【0014】

いくつかの適用例では、ロボットユニットは、エンドエフェクタに結合されると共にロボットユニットベース上に配置された1つ以上のロボットアームを含む。ロボットアームは通常、1つ以上のロボットアームが以下で更に詳しく記載されるように動くことにより、ピッチ及びヨー回転によってエンドエフェクタに結合されたツールを回転させるように構成されている。いくつかの適用例では、ロボットユニットベースはXYZプラットフォーム上に配置され、XYZプラットフォームは、XY面内でX及びY方向に沿って、また、XY面に垂直なZ方向に沿って、ロボットユニットを移動させるように構成されている。

【0015】

いくつかの適用例では、XYZプラットフォームは、ロボットユニットがX方向に沿って移動するとX方向に沿って摺動することによってXYZプラットフォームの内部を覆うように構成された第1の摺動可能シャッタと、ロボットユニットがY方向に沿って移動するとY方向に沿って摺動することによってXYZプラットフォームの内部を覆うように構成された第2の摺動可能シャッタと、を含む。通常、シャッタのうち一方は、他方の上に、他方に対して垂直に配置されている。いくつかの適用例では、XYZプラットフォームは、典型的に伸縮式の柱である柱を含む。通常、ロボットユニットは柱の上に支持され、柱は、ロボットユニットをZ方向に沿って移動させるためにZ方向に沿って拡張及び収縮するよう構成されている。

【0016】

いくつかの適用例では、XYZプラットフォームに対するロボットユニットベースの移動は、ロボットユニットをオペレータに近付けるために利用される。例えば、マイクロ手術処置の1つの段階の実行中は、ロボットアームの移動によってエンドエフェクタ及びツールの移動を行い、及び／又はエンドエフェクタに対してツールの回転（rolling）を行いながら、XYZプラットフォームに対するロボットユニットベースの位置を一定に保つことができる。処置の段階と段階との間に、XYZプラットフォームに対するロボットユニットベースの移動によってロボットユニットベースをオペレータに近付けることができる。これは例えば、オペレータにツールマウントへのアクセスを与えて、オペレータがロボットユニット内にあるツールを交換すること及び／又はロボットユニットに別の調整を行うことを可能とするためである。

【0017】

ロボットユニットは通常、エンドエフェクタに結合されると共にロボットユニットベー

10

20

30

40

50

ス上に配置された1つ以上のロボットアームを含む。いくつかの適用例では、ロボットアームは、1つ以上のロボットアームが動くことにより、ピッチ及びヨー回転によってエンドエフェクタに結合されたツールを回転させるように構成されている。通常、ロボットユニットは、患者の眼内へツールを挿入するよう構成されており、患者の眼内へのツールの進入は切開ポイントを介して行われると共にツールの先端部は患者の眼内に配置されるようになっている。更に通常は、ロボットユニットは、患者の眼内へのツールの進入口（entry）を切開ポイント内に留まるよう制約するように、患者の眼内でツールの先端部を動かすよう構成されている。いくつかの適用例では、ロボットユニットは、ツールの遠隔運動中心（「RCM」）を規定するように構成されることによってこれを達成し、ツールのRCMは切開ポイントと一致させる。なお、いくつかの適用例では、ロボットユニットは、患者の眼内へのツールの進入口を切開ポイントでなく切開ゾーン内に留まるよう制約するように、患者の眼内でツールの先端部を動かすよう構成されている。これについては以下で更に詳しく記載する。そのような場合、切開ポイントに適用されるものとして記載される本出願の全ての態様は、必要な変更を加えて、切開ゾーンにも適用される。「切開領域」という用語は、本明細書で用いられる場合、切開ポイント又は切開ゾーンのいずれかを意味する。

10

【0018】

従って、本発明のいくつかの適用例によれば、1つ以上のツールを用いて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、

20

少なくとも1つのロボットユニットであって、

エンドエフェクタと、

エンドエフェクタに結合され、1つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

エンドエフェクタに結合された1つ以上のロボットアームであって、1つ以上のロボットアームが動くことにより、ピッチ及びヨー回転によって1つ以上のツールを回転させるように構成された、1つ以上のロボットアームと、
を含む少なくとも1つのロボットユニットと、

X Y面内でX方向及びY方向に沿って、また、X Y面に対して垂直なZ方向に沿ってロボットユニットを移動させるように構成された、少なくとも1つのX Y Zプラットフォームと、

30

を含み、X Y Zプラットフォームは、

ロボットユニットがX方向に沿って移動するとX方向に沿って摺動することによってX Y Zプラットフォームの内部を覆うように構成された第1の摺動可能シャッタと、

ロボットユニットがY方向に沿って移動するとY方向に沿って摺動することによってX Y Zプラットフォームの内部を覆うように構成された第2の摺動可能シャッタと、
を含む。

【0019】

いくつかの適用例において、第1の摺動可能シャッタは、第2の摺動可能シャッタの上に、かつ、第2の摺動可能シャッタに対して垂直に配置されている。

【0020】

40

いくつかの適用例において、X Y Zプラットフォームは柱を含み、ロボットユニットは柱の上に支持され、柱は、ロボットユニットをZ方向に沿って移動させるためにZ方向に沿って拡張及び収縮するよう構成されている。

【0021】

いくつかの適用例において、摺動可能シャッタの各々は、X及びY方向の各々で100 mmより大きい運動範囲をロボットユニットに与えるようなサイズである。

【0022】

いくつかの適用例において、

少なくとも1つのロボットユニットは2つのロボットユニットを含み、

少なくとも1つのX Y Zプラットフォームは2つのX Y Zプラットフォームを含み、各

50

ロボットユニットはX Y Zプラットフォームの各々に配置され、

X Y Zプラットフォーム及びロボットユニットのうち第1のものは患者の身体の一部の第1の側に配置されるように構成され、

X Y Zプラットフォーム及びロボットユニットのうち第2のものは患者の身体の一部の第2の側に配置されるように構成されている。

【0023】

いくつかの適用例において、摺動可能シャッタの各々は、ロボットユニットがX又はY方向のいずれかでその運動範囲の末端にある場合であっても摺動可能シャッタがX Y Zプラットフォームの内部を覆い続けるように構成されている。

【0024】

いくつかの適用例において、摺動可能シャッタの各々は、対応する方向に沿ったロボットユニットの運動範囲よりも大きい長さを有し、X Y Zプラットフォームの内部へ流れ込むように構成された余分なシャッタ長を有する。

【0025】

いくつかの適用例において、装置は回転軸を更に含み、

X Y Zプラットフォームは、回転軸に回転可能に結合されると共に、

患者に対するアクセスをオペレータに与えるため、回転軸を中心として第1の位置から第2の位置へ自動的に回転し、

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、回転軸を中心として第2の位置から第1の位置へ自動的に回転する、
ように構成されている。

【0026】

いくつかの適用例において、

少なくとも1つのロボットユニットは2つのロボットユニットを含み、

少なくとも1つのX Y Zプラットフォームは2つのX Y Zプラットフォームを含み、各ロボットユニットはX Y Zプラットフォームの各々に配置され、

X Y Zプラットフォーム及びロボットユニットのうち第1のものは患者の身体の一部の第1の側に配置されるように構成され、

X Y Zプラットフォーム及びロボットユニットのうち第2のものは患者の身体の一部の第2の側に配置されるように構成されている。

【0027】

いくつかの適用例において、X Y Zプラットフォームの各々は、

患者に対するアクセスをオペレータに与えるため、回転軸を中心として第1の位置から第2の位置へ自動的に回転し、

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、回転軸を中心として第2の位置から第1の位置へ自動的に回転する、
ように構成されている。

【0028】

更に、本発明のいくつかの適用例によれば、1つ以上のツールを用いて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、

エンドエフェクタと、

エンドエフェクタに結合され、1つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

エンドエフェクタに結合された一対の平行ロボットアームであって、一対の平行ロボットアームがピッチの変化を受けることにより、ピッチ角回転によって1つ以上のツールを回転させるように構成された、一対の平行ロボットアームと、

ピッチ回転機構であって、

一対の平行ロボットアームに結合されたウォーム歯車であって、ウォーム歯車の回転によって平行ロボットアームがピッチの変化を受けるようになっている、ウォーム歯車と、

10

20

30

40

50

ウォーム歯車に係合し、ウォーム歯車を回転させるように構成されたウォームねじと

、

ウォーム歯車の回転運動の変化に応じた平行ロボットアームのがたつきを軽減するため、一対の平行ロボットアームを所与の方向に付勢するよう構成されたばねと、を含むピッチ回転機構と、を含む。

【0029】

いくつかの適用例において、ピッチ回転機構は、1つ以上のツールのピッチ回転の全範囲にわたって、ウォームねじの回転と1つ以上のツールの角度ピッチ回転との関係が一定であるように構成されている。

【0030】

いくつかの適用例において、ピッチ回転機構は、少なくとも60度のピッチ角回転によって1つ以上のツールを移動させるように構成されている。

【0031】

いくつかの適用例において、平行アームは、エンドエフェクタの動きを抑制し、これによってツールマウント内にあるツールの運動を抑制するように構成されて、ツールがピッチの変化を受ける際にツールの遠隔運動中心が維持されるようになっている。

【0032】

いくつかの適用例において、ツールは切開ポイントを介して患者の眼内へ挿入されるように構成され、平行アームは、エンドエフェクタの動きを抑制し、これによってツールマウント内にあるツールの運動を抑制するように構成されて、ツールがピッチの変化を受ける際にツールの遠隔運動中心が切開ポイント内に維持されるようになっている。

【0033】

いくつかの適用例において、ツールは切開ゾーンを介して患者の眼内へ挿入されるように構成され、平行アームは、エンドエフェクタの動きを抑制し、これによってツールマウント内にあるツールの運動を抑制するように構成されて、ツールがピッチの変化を受ける際にツールの遠隔運動中心が切開ゾーン内に維持されるようになっている。

【0034】

更に、本発明のいくつかの適用例によれば、1つ以上のツールを用いて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、

エンドエフェクタと、

エンドエフェクタに結合され、1つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

エンドエフェクタに結合された一対の平行ロボットアームであって、一対の平行ロボットアームがヨーの変化を受けることにより、ヨー角回転によって1つ以上のツールを回転させるように構成された、一対の平行ロボットアームと、

ヨー回転機構であって、

ヨー角回転によって平行ロボットアームを回転させるように構成されたヨーモータと

、

中央ヨー回転位置から第1のヨー回転方向への一対の平行ロボットアームの回転に抵抗するように付勢された第1のばねと、

中央ヨー回転位置から第2のヨー回転方向への一対の平行ロボットアームの回転に抵抗するように付勢された第2のばねと、

を含むヨー回転機構と、

を含む。

【0035】

いくつかの適用例において、第1及び第2のばねは、1つ以上のツールのヨー回転運動中のがたつきを軽減するように構成されている。

【0036】

いくつかの適用例において、ヨー回転機構は、中央ヨー回転位置から±25度のピッチ

10

20

30

40

50

角回転によって1つ以上のツールを動かすように構成されている。

【0037】

いくつかの適用例において、第1及び第2のばねは、ヨーモータに加えられる静荷重が軽減され、これによってモータの偏向が軽減されるように、力のバランスを取るよう構成されている。

【0038】

いくつかの適用例において、第1及び第2のばねは、平行ロボットアームが中央ヨー回転位置から各回転方向に回転する際、平行ロボットアームにかかる引力に対抗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、第1及び第2のばねは、1つ以上のツールのヨー回転運動の全範囲にわたってヨーモータの回転と1つ以上のツールの角度ヨー回転との関係が一定であるように1つ以上のツールのヨー回転運動を安定化するように構成されている。

【0040】

いくつかの適用例において、ヨー回転機構は、エンドエフェクタの動きを抑制し、これによってツールマウント内にあるツールの運動を抑制するように構成されて、ツールがヨーの変化を受ける際にツールの遠隔運動中心が維持されるようになっている。

【0041】

いくつかの適用例において、ツールは切開ポイントを介して患者の眼内へ挿入されるように構成され、ヨー回転機構は、エンドエフェクタの動きを抑制し、これによってツールマウント内にあるツールの運動を抑制するように構成されて、ツールがヨーの変化を受ける際にツールの遠隔運動中心が切開ポイント内に維持されるようになっている。

【0042】

いくつかの適用例において、ツールは切開ゾーンを介して患者の眼内へ挿入されるように構成され、ヨー回転機構は、エンドエフェクタの動きを抑制し、これによってツールマウント内にあるツールの運動を抑制するように構成されて、ツールがヨーの変化を受ける際にツールの遠隔運動中心が切開ゾーン内に維持されるようになっている。

【0043】

更に、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の眼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、

相互に異なる形状を有する複数のツールと、

エンドエフェクタと、

エンドエフェクタに結合され、1つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

エンドエフェクタに結合された1つ以上のロボットアームであって、1つ以上のロボットアームがエンドエフェクタを動かすことにより、ツールマウントで保持されているツールの各々を動かすように構成された、1つ以上のロボットアームと、

コンピュータプロセッサであって、

切開領域を介して患者の眼内へツールを挿入するようにロボットアームを駆動し、

ツールマウントによってどのツールが保持されているかを示す入力を受信し、

ツールを患者の眼から後退させるべきであると示す別の入力を受信し、

ツールを患者の眼から後退させるべきであると示す別の入力の受信に応じて、切開領域を介してツールを除去するようにツールを動かす、
ように構成されたコンピュータプロセッサと、
を含む。

【0044】

いくつかの適用例において、コンピュータプロセッサは、切開領域を介してツールを除去するようにツールを動かす動きのパターンを決定し、決定された動きのパターンに従ってツールを後退させるように構成されている。

【0045】

10

20

30

40

50

いくつかの適用例において、コンピュータプロセッサは更に、切開領域に対するツールの位置及び／又は向きを決定し、切開領域を介してツールを除去するため切開領域に対するツールの位置及び／又は向きを考慮するように構成されている。

【0046】

更に、本発明のいくつかの適用例によれば、1つ以上のツールを用いて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、

少なくとも1つのロボットユニットであって、

エンドエフェクタと、

エンドエフェクタに結合され、1つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

エンドエフェクタに結合された1つ以上のロボットアームであって、1つ以上のロボットアームが動くことにより、ピッチ及びヨー回転によって1つ以上のツールを回転させるように構成された、1つ以上のロボットアームと、

を含む少なくとも1つのロボットユニットと、

X Y 面内でX方向及びY方向に沿って、また、X Y 面に対して垂直なZ方向に沿って1つ以上のロボットアームを移動させるように構成された、少なくとも1つのX Y Zプラットフォームと、

回転軸と、を含み、X Y Zプラットフォームは、回転軸に回転可能に結合されると共に、

ツールマウントに対するアクセスをオペレータに与えるため、回転軸を中心として第1の位置から第2の位置へ自動的に回転し、

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、回転軸を中心として第2の位置から第1の位置へ自動的に回転する、ように構成されている。

【0047】

いくつかの適用例において、

少なくとも1つのロボットユニットは2つのロボットユニットを含み、

少なくとも1つのX Y Zプラットフォームは2つのX Y Zプラットフォームを含み、各ロボットユニットはX Y Zプラットフォームの各々に配置され、

X Y Zプラットフォーム及びロボットユニットのうち第1のものは患者の身体の一部の第1の側に配置されるように構成され、

X Y Zプラットフォーム及びロボットユニットのうち第2のものは患者の身体の一部の第2の側に配置されるように構成されている。

【0048】

いくつかの適用例において、X Y Zプラットフォームの各々は、

患者に対するアクセスをオペレータに与えるため、回転軸を中心として第1の位置から第2の位置へ自動的に回転し、

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、回転軸を中心として第2の位置から第1の位置へ自動的に回転する、ように構成されている。

【0049】

更に、本発明のいくつかの適用例によれば、1つ以上のツールを用いて患者の眼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、

エンドエフェクタと、

エンドエフェクタに結合され、1つ以上のツールをしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

エンドエフェクタに結合され、1つ以上のツールのヨー及びピッチ角回転を制御するように構成された1つ以上のロボットアームであって、ツールマウントで保持されたツールの先端部が患者の眼内で所望のように動くようになっており、共に、患者の眼内へのツール進入位置は切開ゾーン内に維持される、1つ以上のロボットアームと、

ツールを所望のように動かすようにオペレータによって動かされるよう構成された制御コンポーネントと、

切開ゾーン内での患者の眼内へのツールの進入位置の位置を示すフィードバックをオペレータに与えるように構成された出力ユニットと、
を含む。

【0050】

いくつかの適用例において、切開ゾーンは、切開ゾーンを貫通するツールの最大断面の150パーセントよりも大きい。

【0051】

いくつかの適用例において、出力ユニットは、切開ゾーン及び切開ゾーン内のツールの進入位置を示すディスプレイを含む。

10

【0052】

いくつかの適用例において、出力ユニットは、患者の眼内へのツールの進入位置が切開ゾーンの縁部に近付くようにツールが移動されると警報を発生させるように構成された出力ユニットを含む。

【0053】

いくつかの適用例において、出力ユニットは、触覚フィードバックをオペレータに与えるように構成された制御コンポーネントの一部を含む。

【0054】

いくつかの適用例において、制御コンポーネントは、患者の眼内へのツールの進入位置が切開ゾーンの縁部に近付くと、制御コンポーネントの移動に対する抵抗を増大させるように構成されている。

20

【0055】

更に、本発明のいくつかの適用例によれば、患者の眼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、

ケラトーム刃と、

エンドエフェクタと、

エンドエフェクタに結合され、1つ以上のケラトーム刃をしっかりと保持するように構成されたツールマウントと、

エンドエフェクタに結合され、エンドエフェクタを動かすことによってケラトーム刃の動きを制御するように構成された1つ以上のロボットアームと、

30

患者の眼の角膜の方へケラトーム刃を動かすようにオペレータによって動かされるよう構成された制御コンポーネントと、

を含み、制御コンポーネントは、患者の角膜内に斜めに切開を行うため、オペレータからの入力を受信に応じてケラトーム刃を非線形方向に動かすようにロボットアームを駆動するよう構成された作動機構を含む。

【0056】

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】

40

【0057】

【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。

50

【図 3 C】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 4 A】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 4 B】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 4 C】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 4 D】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 5 A】本発明のいくつかの適用例に従った、ロボットシステムの左側と右側の X Y Z プラットフォームの閉鎖状態の概略斜視図である。

【図 5 B】本発明のいくつかの適用例に従った、ロボットシステムの左側と右側の X Y Z プラットフォームの開放状態の概略斜視図である。

【図 5 C】本発明のいくつかの適用例に従った、ロボットシステムの左側と右側の X Y Z プラットフォームの閉鎖状態の概略上面図である。

【図 5 D】本発明のいくつかの適用例に従った、ロボットシステムの左側と右側の X Y Z プラットフォームの開放状態の概略上面図である。

【図 6 A】本発明のいくつかの適用例に従った、X Y Z プラットフォーム上の各 X、Y、及び Z 位置におけるロボットシステムのロボットユニットの概略図である。

【図 6 B】本発明のいくつかの適用例に従った、X Y Z プラットフォーム上の各 X、Y、及び Z 位置におけるロボットシステムのロボットユニットの概略図である。

【図 6 C】本発明のいくつかの適用例に従った、X Y Z プラットフォーム上の各 X、Y、及び Z 位置におけるロボットシステムのロボットユニットの概略図である。

【図 6 D】本発明のいくつかの適用例に従った、X Y Z プラットフォーム上の各 X、Y、及び Z 位置におけるロボットシステムのロボットユニットの概略図である。

【図 7】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットユニットの概略断面図である。

【図 8 A】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットユニットのピッチ回転機構の概略断面図である。

【図 8 B】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットユニットのピッチ回転機構の概略断面図である。

【図 9】本発明のいくつかの適用例に従ったロボットユニットのヨー回転機構の概略図である。

【図 10 A】本発明のいくつかの適用例に従った、ケラトーム刃による患者の角膜の自動切開のステップの概略図である。

【図 10 B】本発明のいくつかの適用例に従った、ケラトーム刃による患者の角膜の自動切開のステップの概略図である。

【図 10 C】本発明のいくつかの適用例に従った、ケラトーム刃による患者の角膜の自動切開のステップの概略図である。

【図 11 A】本発明のいくつかの適用例に従った、患者の角膜の切開ポイントを介したツールの自動後退のステップの概略図である。

【図 11 B】本発明のいくつかの適用例に従った、患者の角膜の切開ポイントを介したツールの自動後退のステップの概略図である。

【図 11 C】本発明のいくつかの適用例に従った、患者の角膜の切開ポイントを介したツールの自動後退のステップの概略図である。

【図 12】本発明のいくつかの適用例に従った、患者の角膜を介して挿入されたツールの概略図であり、患者の眼内へのツールの進入位置を切開ゾーン内に維持しながら、ツールの先端部は患者の眼内で所望のように動かされる。

【発明を実施するための形態】

【0058】

10

20

30

40

50

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。

10

【0059】

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。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。

20

30

【0060】

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 つ以上の制御コンポーネント（例えばジョイスティック 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。

40

【0061】

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 4 A から図 4 D 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

50

、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、トリパンプ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 69を含み、このマーカー 69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 69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。

10

【0062】

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。

【0063】

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）。

20

【0064】

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を回転させるように歯車 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回転するよう駆動し、これによってツールを回転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。

30

40

【0065】

上記のように、ロボットユニット 20は通常、歯車 80を回転させるように歯車 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回転するよう駆動し、これによってツールを回転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、ツールの回転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

50

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と保持しながら、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。

【0066】

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 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。

【0067】

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 の左側と右側の XYZ プラットフォーム 110 の閉鎖状態及び開放状態の概略斜視図である図 5A 及び図 5B を参照する。また、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 の左側と右側の XYZ プラットフォーム 110 の閉鎖状態及び開放状態の概略上面図である図 5C 及び図 5D を参照する。更に、本発明のいくつかの適用例に従った、XYZ プラットフォーム 110 上の各 X、Y、及び Z 位置におけるロボットシステム 10 のロボットユニット 20 の概略図である図 6A、図 6B、図 6C、及び図 6D を参照する。

【0068】

通常、ロボットシステム 10 は左側と右側の XYZ プラットフォームを含み、各プラットフォームに各ロボットユニットが配置され、これらのプラットフォームは、例えば患者の眼など、操作が行われる患者の身体の部分の左側と右側にそれぞれ配置されるように構成されている。通常、左側と右側の XYZ プラットフォームはスタンド 112 上に配置され、XYZ プラットフォームの各々はスタンドの回転軸 114 に対して回転可能に結合されている。通常、回転軸は Z 方向に沿って配置されている。図 5A から図 5B への移行、及び図 5C から図 5D への移行で示されているように、いくつかの適用例では、各 XYZ プラットフォームは、回転軸を中心として第 1 の（閉鎖）位置から第 2 の（開放）位置へ回転する（例えば自動的に回転する）ように構成されている。

【0069】

通常、閉鎖位置では、XYZ プラットフォームは患者の眼の比較的近くに配置される。いくつかの適用例では、この位置において、ロボットユニットは患者の眼に十分に近く配置されるので、患者の眼に対するロボットユニットの位置の更なる調整は、ロボットユニットが XYZ プラットフォーム上で動くことによって（図 6A から図 6D で示されている）、及び／又はロボットユニットのエンドエフェクタが動くことによって、及び／又はエンドエフェクタに対してツールが動くことによって、達成可能である。従って閉鎖位置で

は、X Y Zプラットフォームは、ロボットユニットが患者の眼に対してロボットによるマイクロ手術を実行できるように位置決めされる。通常、X Y Zプラットフォームは、回転軸 1 1 4 を中心として閉鎖位置から開放位置へ回転することによって患者の眼から遠ざけられる。いくつかの適用例では、回転軸 1 1 4 を中心とする X Y Z プラットフォームの回転は、自動的に、例えばオペレータ 2 5 によるコンピュータプロセッサ 2 8 への入力に応じて行われる。通常、X Y Z プラットフォームの回転が自動的であるか又は手動であるかにかかわらず、ロボットシステムは、安全上の理由から、動作パラメータのセットが満足された場合に回転方向の一方又は双方で X Y Z プラットフォームを回転させるのを可能とするだけである。

【0070】

通常、X Y Z プラットフォームは、臨床的な理由及び／又は安全上の理由で、また、オペレータによる患者へのアクセスを提供するため、患者の眼から遠ざけられる。例えば、医師がロボットによって処置を進めることができない場合、X Y Z プラットフォームが回転して患者に対するアクセスを与える。このように、医師は患者を移動させる必要なく手動で処置を行うことができる。あるいは、例えば、患者が早急な対応（例えば蘇生）を必要とする場合、X Y Z プラットフォームが回転して患者に対する即時アクセスを与える。いくつかの適用例では、患者との接触によって発生し得る二次汚染を回避しながら、ロボットシステム上に滅菌ドレーブを配置することを可能とするため、X Y Z プラットフォームを患者から遠ざける。同様に、ロボットシステムとの接触によって発生し得る二次汚染を回避しながら、患者にドレーブをかけることを可能とするため、X Y Z プラットフォームを患者から遠ざける。いくつかの適用例では、患者が頭部をヘッドサポート 1 1 6 内に載せることを可能とするため、X Y Z プラットフォームを患者の眼から遠ざける。

【0071】

図 6 A から図 6 D を参照すると、いくつかの適用例では、ロボットユニット 2 0 は、エンドエフェクタ 3 5 に結合されると共にロボットユニットベース 1 2 1 上に配置された 1 つ以上のロボットアーム 1 2 0 を含む。ロボットアームは通常、1 つ以上のロボットアームが動くことにより、ピッチ及びヨー回転によってエンドエフェクタに結合されたツールを回転させるように構成されている。これについては以下で図 7 から図 9 を参照して更に詳しく記載する。いくつかの適用例では、ロボットユニットベースは X Y Z プラットフォーム 1 1 0 上に配置され、X Y Z プラットフォームは、X Y 面内で X 及び Y 方向に沿って、また、X Y 面に垂直な Z 方向に沿って、ロボットユニットを移動させるように構成されている。例えば、図 6 A から図 6 B への移行はロボットユニットが Y 軸に沿って移動したことを示し、図 6 A から図 6 C への移行はロボットユニットが X 軸に沿って移動したことを示し、図 6 A から図 6 D への移行はロボットユニットが Z 軸に沿って移動したことを示す。

【0072】

いくつかの適用例では、X Y Z プラットフォーム 1 1 0 は、ロボットユニットが X 方向に沿って移動すると X 方向に沿って摺動することによって X Y Z プラットフォームの内部を覆うように構成された第 1 の摺動可能シャッタ 1 2 2 と、ロボットユニットが Y 方向に沿って移動すると Y 方向に沿って摺動することによって X Y Z プラットフォームの内部を覆うように構成された第 2 の摺動可能シャッタ 1 2 3 と、を含む。通常、シャッタの一方は、他方の上に、他方に対して垂直に配置されている。例えば図示のように、第 1 の摺動可能シャッタ 1 2 2（ロボットユニットが X 方向に沿って移動すると X 方向に沿って摺動することによって X Y Z プラットフォームの内部を覆うように構成されている）は、第 2 の摺動可能シャッタ 1 2 3（ロボットユニットが Y 方向に沿って移動すると Y 方向に沿って摺動することによって X Y Z プラットフォームの内部を覆うように構成されている）の上に、これに対して垂直に配置されている。

【0073】

通常、各シャッタは、X 方向及び Y 方向の各々で、1 0 0 mm より大きい運動範囲、例えば 1 2 5 mm より大きい、1 4 0 mm より大きい、又は 1 5 0 mm より大きい運動範囲

をロボットユニットに与えるようなサイズである。更に通常は、シャッタは、ロボットユニットがX方向又はY方向のいずれかで運動範囲の末端にある場合であってもシャッタがXYZプラットフォームの内部を覆い続けるように構成されている。通常、これは、シャッタが上記の運動範囲よりも長いサイズであること（例えばシャッタは、180mmより大きい又は200mmより大きい長さとするればよい）、及び、余分なシャッタ長がXYZプラットフォームの内部へ流れ込むように構成されていることによって達成される。このように、ロボットユニットがX方向又はY方向のいずれかで運動範囲の末端にある場合、対応するシャッタの余分な長さは、ロボットユニットの位置に対してXYZプラットフォームの反対側の端部でXYZプラットフォームの内部を覆う。

【0074】

10

いくつかの適用例では、XYZプラットフォーム110は、典型的に伸縮式の柱である柱124を含む。通常、ロボットユニットは柱の上に支持され、図6Aから図6Dへの移行で示されているように、柱は、ロボットユニットをZ方向に沿って移動させるためZ方向に沿って拡張及び収縮するよう構成されている。

【0075】

いくつかの適用例では、XYZプラットフォームに対するロボットユニットベースの移動は、ロボットユニットをオペレータに近付けるために利用される。例えばマイクロ手術処置の1つの段階の実行中は、ロボットアームの移動によってエンドエフェクタ及びツールの移動を行い（例えば図7から図9を参照して以下で記載される）、及び／又はエンドエフェクタに対してツールの転動を行いながら（例えば図4Aから図4Dを参照して上述した）、XYZプラットフォームに対するロボットユニットベースの位置を一定に保つことができる。処置の段階と段階との間に、XYZプラットフォームに対するロボットユニットベースの移動によってロボットユニットベースをオペレータに近付けることができる。これは例えば、オペレータにツールマウント34へのアクセスを与えて、オペレータがロボットユニット内にあるツールを交換すること及び／又はロボットユニットに別の調整を行うことを可能とするためである。

20

【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ユニット20の概略断面図である図7を参照する。上述したように、ロボットユニット20は通常、エンドエフェクタ35に結合されると共にロボットユニットベース121上に配置された1つ以上のロボットアーム120を含む。いくつかの適用例では、ロボットアームは、1つ以上のロボットアームが動くことにより、ピッチ及びヨー回転によってエンドエフェクタに結合されたツールを回転させるように構成されている。

30

【0077】

通常、ロボットユニットは、患者の眼内へツール21を挿入するよう構成されており、患者の眼内へのツールの進入は切開ポイントを介して行われると共にツールの先端部は患者の眼内に配置されるようになっている。更に通常は、ロボットユニットは、患者の眼内へのツールの進入口を切開ポイント内に留まるよう制約するように、患者の眼内でツールの先端部を動かすように構成されている。いくつかの適用例では、ロボットユニットは、ツールの遠隔運動中心（「RCM」）を規定するように構成されることによってこれを達成し、ツールのRCMは切開ポイントと一致させる。なお、いくつかの適用例では、ロボットユニットは、患者の眼内へのツールの進入口を切開ポイントでなく切開ゾーン内に留まるよう制約するように、患者の眼内でツールの先端部を動かすよう構成されている。これについては以下で図12を参照して更に詳しく記載する。そのような場合、切開ポイントに適用されるものとして記載される本出願の全ての態様は、必要な変更を加えて、切開ゾーンにも適用される。「切開領域」という用語は、本明細書で用いられる場合、切開ポイント又は切開ゾーンのいずれかを意味する。

40

【0078】

通常、ロボットアームは、一対以上の平行アーム（例えば図示のように二対の平行アーム）を備えた平行四辺形構造を有する。通常、平行四辺形構造は、Z方向に沿って上下に

50

重ねて配置された一对の平行アーム 130 を含む（少なくとも、ロボットアームがヨー回転に対して中央方向に配置されている場合）。更に通常は、平行アームはエンドエフェクタの動きを制約し、これによってツール 21 の動きを制約するように機能して、ツールがピッチの変化を受ける際にツールの RCM が維持されるようになっている。いくつかの適用例では、ロボットアームは、軸 132 を中心として回転することにより、ヨー回転によってエンドエフェクタに結合されたツールを回転させるよう構成されている。通常、この結果として、仮想軸（軸 132 の外挿である）を中心としたツールの回転が生じる。更に通常は、仮想軸を中心としたツールの回転は、ツールがヨー角位置の変化を受ける際にツールの RCM が維持されるようなものである。

【0079】

これより、本発明のいくつかの適用例に従った、ロボットユニット 20 のピッチ回転機構 131 の概略図である図 8A 及び図 8B を参照する。図 8A は斜視図であり、図 8B は断面図である。いくつかの適用例では、一对の平行ロボットアーム 130 にウォーム歯車 134 が結合されて、ウォーム歯車が回転すると平行ロボットアームがピッチの変化を受けるようになっている。通常、ウォームねじ 136 がウォーム歯車に係合し、ウォーム歯車を回転させるように構成されている。更に通常は、ばね 138 が一对の平行ロボットアームを所与の方向に付勢するように構成され、歯車の回転運動の変化に応じた平行ロボットアームのがたつきを軽減するようになっている。上述したようにピッチ回転機構を構成することにより、通常、ピッチ回転の全範囲にわたって、ウォームねじの回転とツールの角度ピッチ回転との関係は一定であるのが一般的である。これは、例えば線形駆動機構を利用する他のピッチ回転機構において、線形駆動機構の動きとツールの角度ピッチ回転との関係がピッチ回転範囲内で変化するのは対照的である。

【0080】

いくつかの適用例では、ロボットユニットは、少なくとも 60 度のピッチ角回転によってツールマウントを移動させる（これによりツールを移動させる）ように構成されている。通常、ピッチ角回転によるツールマウントの移動は、x-y 面から約 20 度（例えば 15 度～25 度）の開始ピッチから開始して行われる。

【0081】

これより、本発明のいくつかの適用例に従ったロボットユニット 20 のヨー回転機構 140 の概略図である図 9 を参照する。通常、ロボットユニットは、平行アーム 130 が上下に重ねて配置された中央ヨー位置を規定する。上述のように、いくつかの適用例では、ロボットアームは、軸 132 を中心として回転することにより、ヨー回転によってエンドエフェクタに結合されたツールを回転させるように構成されている。通常、この結果として、仮想軸（軸 132 の外挿である）を中心としたツールの回転が生じる。通常、ヨー回転機構は、ヨー角回転によって平行ロボットアームを回転させるように構成されたヨーモータ 142 を含む。いくつかの適用例では、ヨー回転機構は更に、中央ヨー回転位置から第 1 のヨー回転方向（例えば軸 132 を中心とした時計回り方向）への平行ロボットアーム対の回転に抵抗するように付勢された第 1 のばね 144 と、中央ヨー回転位置から第 2 のヨー回転方向（例えば軸 132 を中心とした反時計回り方向）への平行ロボットアーム対の回転に抵抗するように付勢された第 2 のばね 146 と、を含む。

【0082】

通常、平行ロボットアームが中央ヨー回転位置から回転すると、重力が中央ヨー回転位置からアームを更に引っ張るように作用する。第 1 及び第 2 のばねは通常、アームが各方向に回転する際に、この引力に対抗するよう構成されている。これは通常、ヨー回転の全範囲にわたってヨーモータの回転とツールのヨー回転運動との関係が一定であるようにヨー回転運動を安定化する。更に通常は、第 1 及び第 2 のばねは、ヨー回転運動中のがたつきを軽減するように作用する。いくつかの適用例では、第 1 及び第 2 のばねは、モータに加えられる静荷重が軽減され、これによってその偏向（その有限剛性に起因する）が軽減されるように、力のバランスを取る。通常、この結果として、ばねが存在しない場合に比べてツールのヨー回転運動が円滑になる。

【0083】

いくつかの適用例では、ロボットユニットは、中央ヨー回転位置から±25度のヨー角回転によってツールマウントを移動させる（それによりツールを移動させる）ように構成されている。

【0084】

図1から図9の記載を要約すると、通常、ロボットシステム10はいくつかの異なるタイプの動きを提供するように構成され、それらの任意の組み合わせを本発明のいくつかの適用例に従って実施することができる。ロボットシステムにより与えられる動きのタイプは、以下のうち任意のもの又はその任意の組み合わせを含み得る。

- ・開放位置と閉鎖位置との間のXYZプラットフォームの動き。通常、XYZプラットフォームは、臨床的な理由又は安全上の理由で、また、オペレータによる患者へのアクセスを提供するため、患者の眼から遠ざけられる。例えば、医師がロボットによって処置を進めることができない場合、XYZプラットフォームが回転して患者に対するアクセスを与える。このように、医師は患者を移動させる必要なく手で処置を行うことができる。あるいは、例えば、患者が早急な対応（例えば蘇生）を必要とする場合、XYZプラットフォームが回転して患者に対する即時アクセスを与える。いくつかの適用例では、患者との接触によって発生し得る二次汚染を回避しながら、ロボットシステム上に滅菌ドレープを配置することを可能とするため、XYZプラットフォームを患者から遠ざける。同様に、ロボットシステムとの接触によって発生し得る二次汚染を回避しながら、患者にドレープをかけることを可能とするため、XYZプラットフォームを患者から遠ざける。いくつかの適用例では、患者が頭部をヘッドサポート116内に載せることを可能とするため、XYZプラットフォームを患者の眼から遠ざける。

- ・XYZプラットフォームに対するロボットユニットベースのX方向、Y方向、及びZ方向の動き。これは通常、オペレータにロボットユニットへのアクセスを与えるため、処置の段階と段階との間に実施される。例えばこれは、ロボットユニットを看護師に近付けるため（例えばツール変更を容易にするため）に実施され得る。

- ・エンドエフェクタのピッチ及びヨー角回転（並びに、これによるツールのピッチ及びヨー角回転）。通常、このような動きは、ツールを患者の眼に挿入するため、及び／又はツールの先端部を患者の眼内で動かすため、処置中に行われる。更に通常は、これらの動きは、ツールの先端部を患者の眼内で動かす間、患者の眼内へのツールの進入口が切開領域（例えば切開ポイント及び切開ゾーン）内に留まるよう制約されるように行われる。いくつかの適用例では、ロボットユニットは、ツールの遠隔運動中心（「RCM」）を規定するように構成されることによってこれを達成し、ツールのRCMは切開領域と一致させる。

- ・エンドエフェクタに対するツールの転動。

- ・線形ツール作動アーム100によってツールの一部を軸方向に押すことによるツールの一部の線形運動。例えばこの動きは、ツールを作動させて機能を実行するために行うことができる。代替的に又は追加的に、この動作は、患者の眼に対してツールの一部（例えばツールの先端部）を動かすために行うことができる。

【0085】

これより、本発明のいくつかの適用例に従った、ケラトーム刃40による患者の角膜150の自動切開の各ステップの概略図である図10A、図10B、及び図10Cを参照する。上述のように、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（図1に示されている）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。いくつかの適用例では、制御コンポーネント（例えばジョイスティック70及び／又は制御コンポーネントツール71）は、ケラトーム刃を角膜150に近付けるようにオペレータが移動させるよう構成されている。通常、制御コンポーネントは作動機構（例えばボタン又は感圧パッド）を含む。いくつかの適用例では、ケラトーム刃がツールマウント内に

配置された場合に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、患者の角膜内に斜めに切開を行うため、ケラトーム刃を非線形方向に動かすようにロボットアームを駆動するよう構成されている。図10Aから図10Bへの移行で見られるように、ケラトーム刃の先端部151は通常、患者の角膜の第1の部分152を切開するため第1の角度で挿入される。図10Bから図10Cへの移行で見られるように、ケラトーム刃の先端部の角度は、患者の角膜の第2の部分154を切開するため第2の角度に調整されて、切開の第2の部分が切開の第1の部分に対してある角度に配置されるようになっている。通常、この結果として、患者の角膜の自然な湾曲と一致する切開部が得られる。

【0086】

これより、本発明のいくつかの適用例に従った、患者の角膜の切開ポイントを介したツールの自動後退の各ステップの概略図である図11A、図11B、及び図11Cを参照する。図2を参照して上述したように、通常、ロボットユニット20は、相互に異なる形状を有する複数のツール21と共に用いられるように構成されている。通常、ロボットユニットは、患者の眼内へツール21を挿入するよう構成されており、患者の眼内へのツールの進入は切開領域160（例えば切開ポイント又は切開ゾーン）を介して行われると共にツールの先端部162は患者の眼内に配置されるようになっている。更に通常は、ロボットユニットは、患者の眼内へのツールの進入口を切開領域内に留まるよう制約するように、患者の眼内でツールの先端部を動かすよう構成されている。通常、患者の眼から切開領域を介してツールを後退させることが望ましい。しかしながら、場合によっては、患者の眼内にあるツールの部分は非線形の形状を有する。更に、ツールは相互に異なる形状及びサイズを有するので、患者の眼から切開領域を介して所与のツールを除去するためには、切開領域に対するツールの位置と向きに依存する特定パターンの動きが必要である。

【0087】

上記のことに鑑み、本発明のいくつかの適用例によれば、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69（図2で示されている））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。患者の眼からツールを後退させるべきであることを示す入力の受信に応じて、コンピュータプロセッサは、ツールが挿入された切開領域を介してツールを除去するようにツールを動かすようロボットユニットを駆動する。この一例が、非線形の形状を有するツール21の一部（図示されているこの例では先端部162）が切開領域160を介して除去されることを概略的に示す図11Aから図11Cに示されている。

【0088】

いくつかの適用例では、コンピュータプロセッサは更に、切開ポイントに対するツールの位置及び／又は向きを決定し、切開領域を介してツールを除去するためロボットユニットを駆動する際に、切開領域に対するツールの位置及び／又は向きを考慮に入れる。例えばコンピュータプロセッサは、画像内でツール識別コンポーネント（例えばマーカー69）及び切開領域を識別することによって、切開領域に対するツールの位置及び／又は向きを自動的に導出するように構成できる。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、ツール及び切開領域の画像を分析することによって、切開領域に対するツールの位置及び／又は向きを自動的に導出するように構成できる。

【0089】

これより、本発明のいくつかの適用例に従った、患者の角膜150を介して挿入された

ツール 21 の概略図である図 12 を参照する。患者の眼内へのツールの進入口を切開ゾーン 172 内に維持しながら、ツールの先端部 170 は患者の眼内で所望のように動かされる。上述のように、ロボットユニットは、患者の眼内へツール 21 を挿入するよう構成されており、患者の眼内へのツールの進入は切開ポイントを介して行われると共にツールの先端部は患者の眼内に配置されるようになっている。いくつかの適用例では、ロボットユニットは、患者の眼内へのツールの進入口を切開ポイント内に留まるよう制約するように、患者の眼内でツールの先端部を動かすように構成されている。あるいは、図 12 で示されているように、患者の眼内へのツール進入口を、切開ポイント（通常、切開ポイントを貫通するツールの最大断面よりもわずかに大きいだけである）内に留まるよう制約するのではなく、患者の眼内へのツール進入口は、切開ポイントよりも大きい切開ゾーン内に留まるように制約される。いくつかの適用例では、切開ゾーンの面積は、切開ゾーンを貫通するツールの最大断面の 150 パーセント超又は 200 パーセント超である。例えば、患者の眼内へのツール進入口は、 $2\text{ mm}^2 \sim 10\text{ mm}^2$ の面積を有する切開ゾーン内に留まるように制約され得る。通常、ロボットアーム 120 は、患者の眼内へのツール進入口を切開ゾーン内に維持しながら、ツールの先端部が患者の眼内で所望のように動かされるようにツールのヨー及びピッチ角回転を制御するよう構成されている。

10

【0090】

いくつかの適用例では、ロボットアーム 120 は、患者の眼内へのツールの進入口を切開部内で動かせるように構成され、コンピュータプロセッサは、出力ユニットを駆動して、切開ゾーン内での患者の眼内へのツールの進入位置を示すフィードバックをオペレータに与えるように構成されている。例えば、コンピュータプロセッサは、切開ゾーンと切開ゾーン内のツール進入位置とを示す出力を 1 又は複数のディスプレイ 24 上に発生させることができる。いくつかの適用例では、患者の眼内へのツール進入位置が切開ゾーンの縁部に近付くようにツールが移動されると、視覚又は音声による警報などの出力が発生される。

20

【0091】

上述のように、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（図 1 に示されている）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。いくつかの適用例では、コンピュータプロセッサは、制御コンポーネントユニットを駆動して、切開ゾーン内での患者の眼内へのツールの進入位置を示す触覚フィードバックをオペレータに与えるように構成されている。例えば、患者の眼内へのツール進入位置が切開ゾーンの縁部に近付くようにツールが移動されると、制御コンポーネントアームの移動に対する抵抗を増大させる、及び／又は制御コンポーネントユニットを振動させる、及び／又は異なる出力を発生させることができる。

30

【0092】

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。

40

【0093】

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

50

、I O L 交換、角膜表層切除、低侵襲緑内障手術（M I G S）、角膜輪部幹細胞移植、乱視角膜切除、角膜輪部減張切開（L R I）、羊膜移植（A M T）、緑内障手術（例えば、t r A B s、t u B e s、低侵襲緑内障手術）、自動化層状角膜移植（A L K）、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。

【0094】

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。

【0095】

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ク、ランダムアクセスメモリ（R A M）、読み取り専用メモリ（R O M）、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ー読み取り専用メモリ（C D - R O M）、コンパクトディスクーリード／ライト（C D - R / W）、D V D、及びU S Bドライブなどが挙げられる。

【0096】

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。

【0097】

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。

【0098】

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、J A v A、S M A l l t A l k、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。

【0099】

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。

【0100】

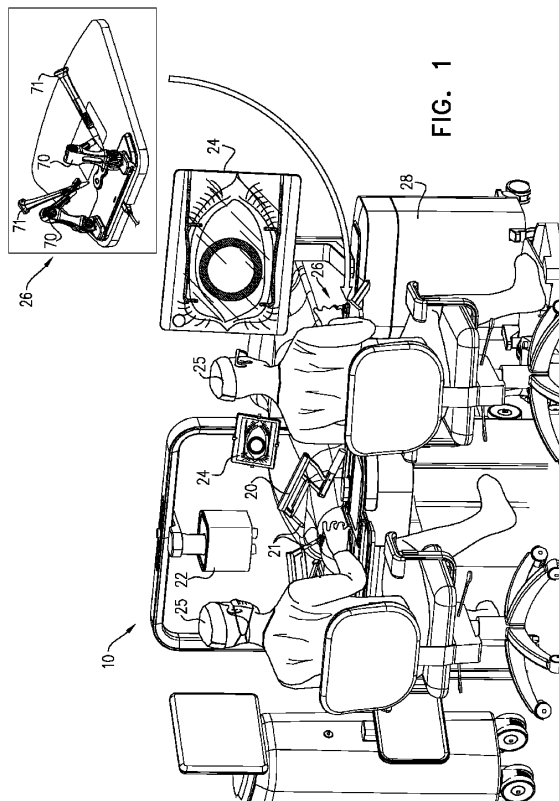
コンピュータプロセッサ28は通常、専用コンピュータを生成するようにコンピュータプログラム命令を用いてプログラムされたハードウェアデバイスである。例えば、図を参照して説明したアルゴリズムを実行するようにプログラムされた場合、コンピュータプロセッサ28は通常、専用のロボットシステムコンピュータプロセッサとして機能する。通常、コンピュータプロセッサ28により実行される本明細書に記載された動作は、実際の物理的物品であるメモリの物理的状态を変化させて、使用されるメモリの技術に応じて異なる磁気極性や電荷などをもたらす。いくつかの適用例では、コンピュータプロセッサにより実行されると記載されている動作が、互い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

【0101】

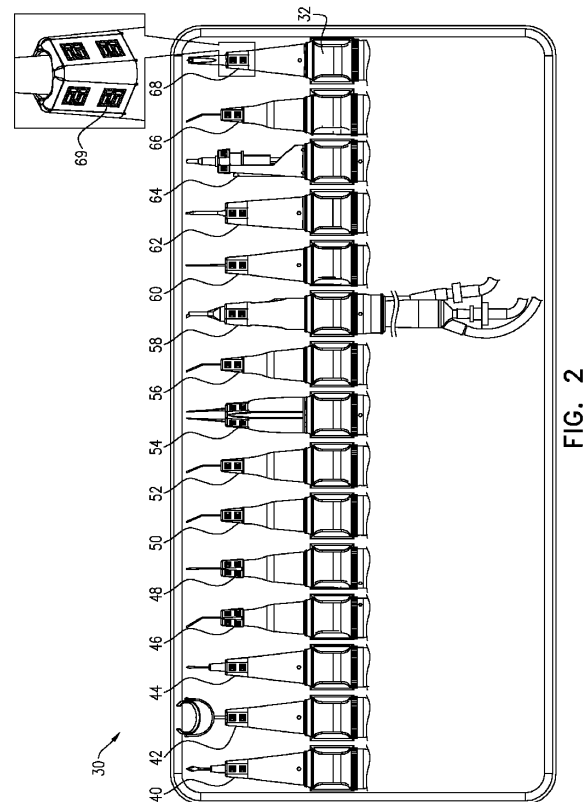
以上に具体的に示され説明されたものに本発明が限定されないことは当業者によって理解されるであろう。むしろ本発明の範囲は、上記の明細書で説明された様々な特徴の組み合わせ及びその部分的組み合わせの両方、並びに上述の説明を読むことで当業者に想到されるであろう、従来技術にはないそれらの変形例及び修正例を含む。

【図面】

【図1】



【図2】



10

20

30

40

50

【図 3 A】

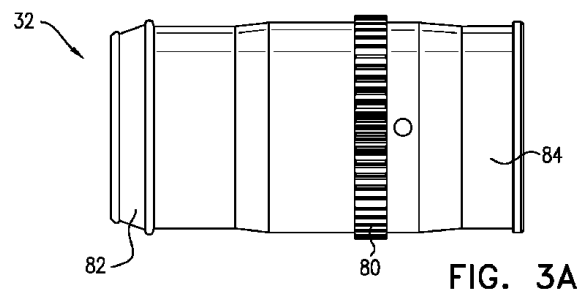


FIG. 3A

【図 3 B】

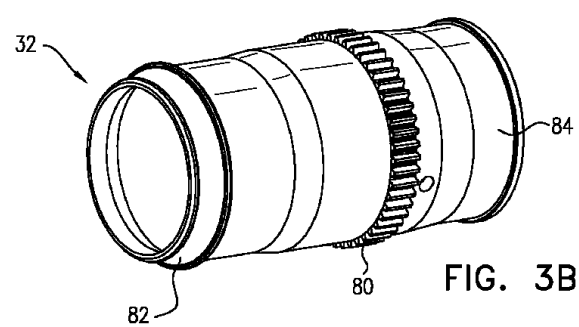


FIG. 3B

10

【図 3 C】

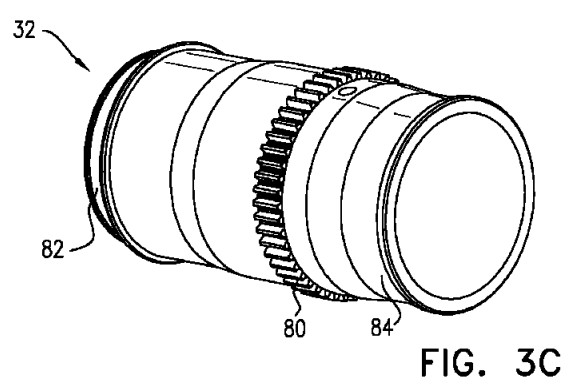


FIG. 3C

【図 4 A】

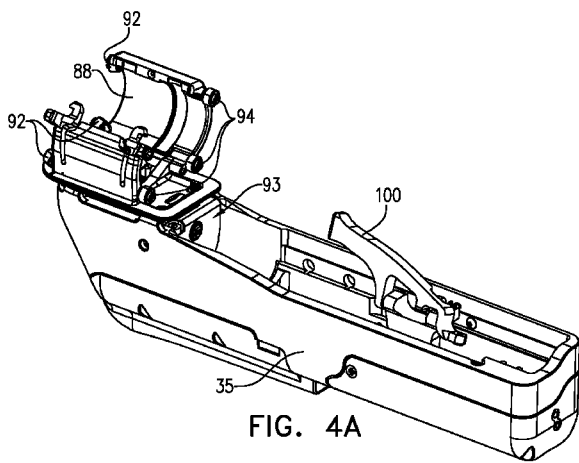


FIG. 4A

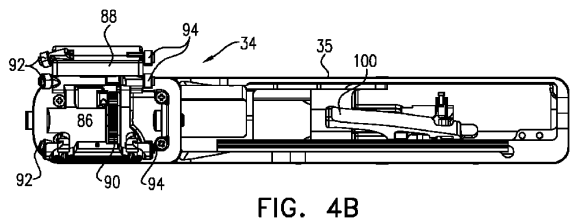
20

30

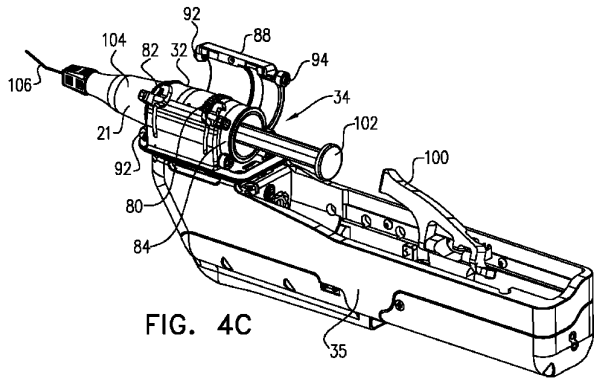
40

50

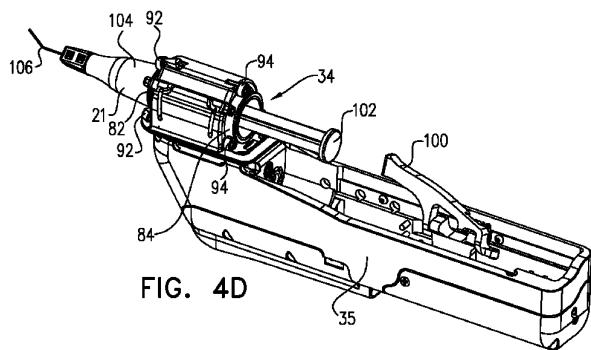
【図 4 B】



【図 4 C】



【図 4 D】



【図 5 A】

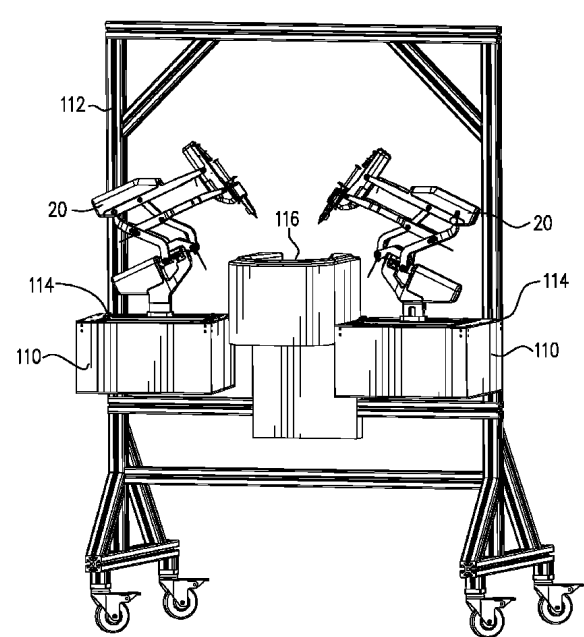


FIG. 5A

【図 5 B】

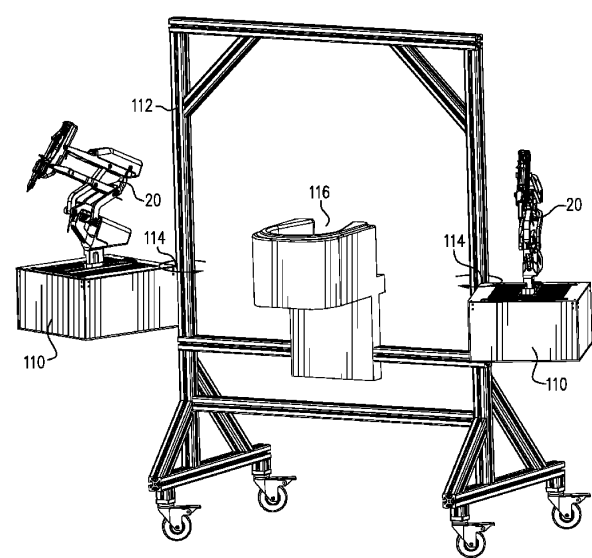


FIG. 5B

【図 5 C】

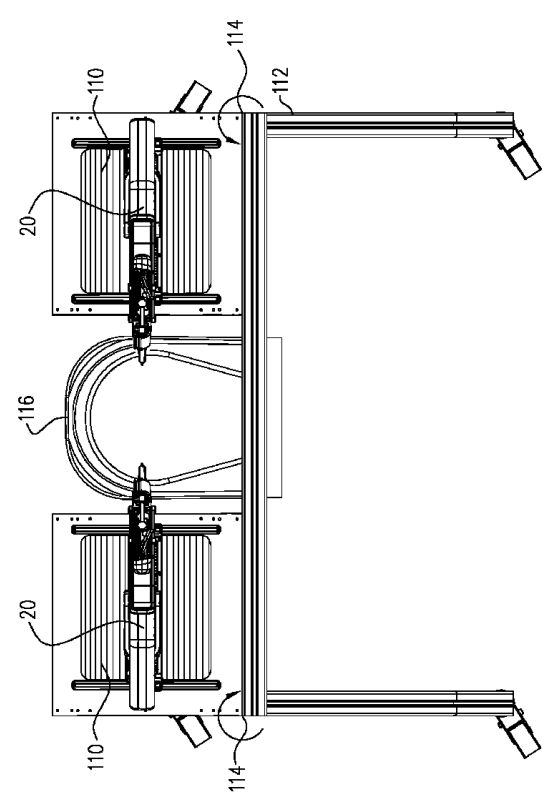


FIG. 5C

【図 5 D】

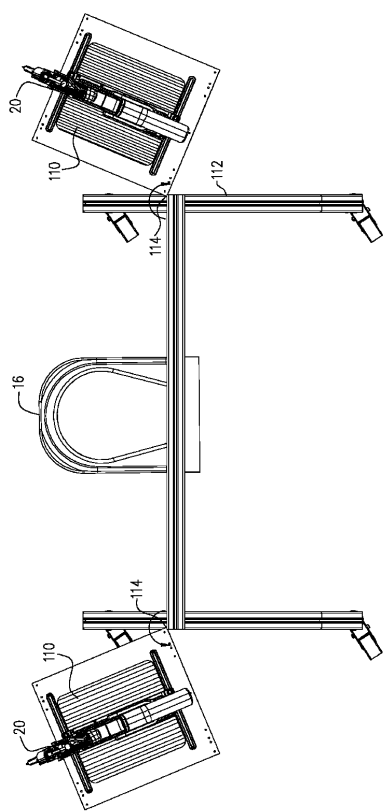


FIG. 5D

【図 6 A】

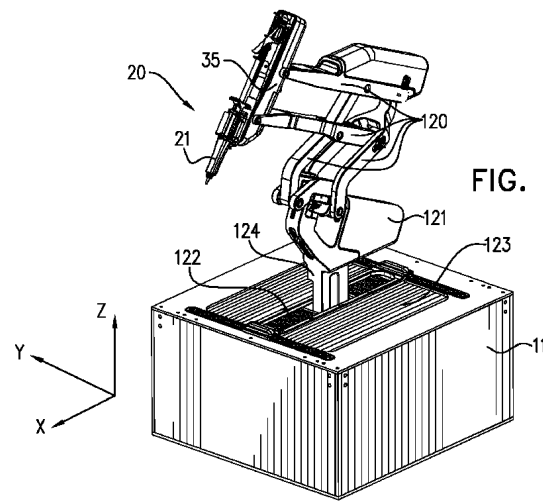


FIG. 6A

10

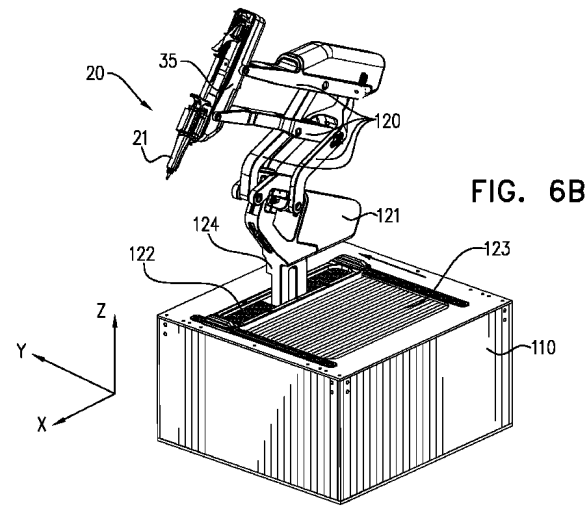
20

30

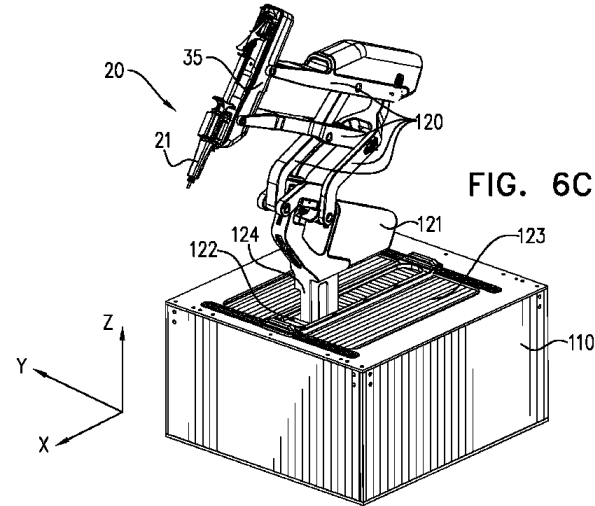
40

50

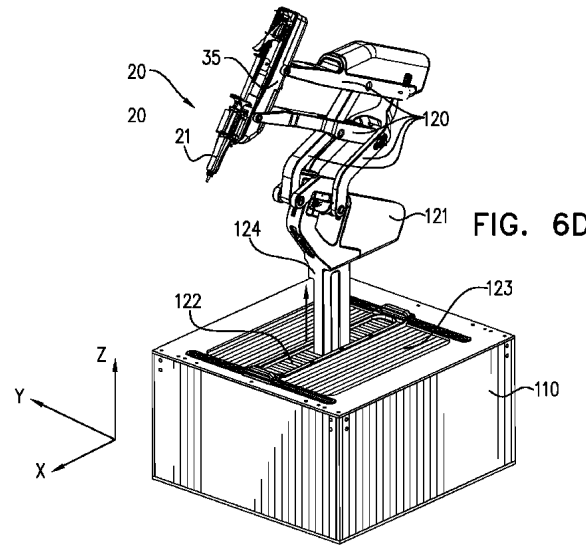
【図 6 B】



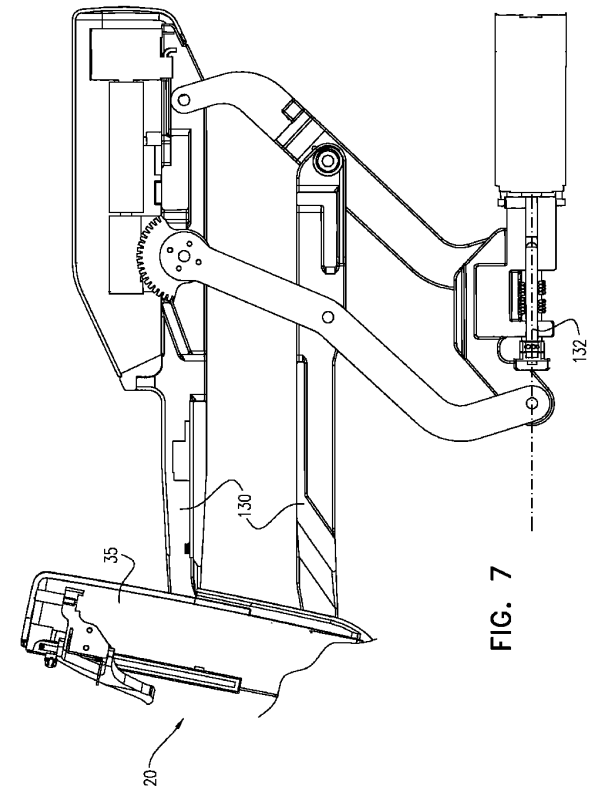
【図 6 C】



【図 6 D】



【図 7】



10

20

30

40

50

【図 8 A】

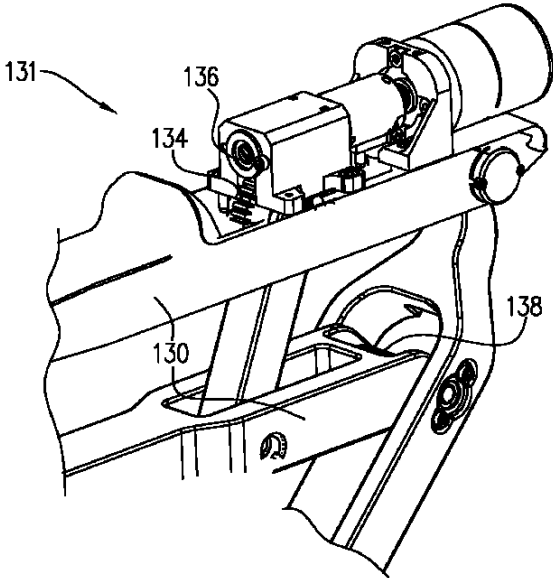


FIG. 8A

【図 8 B】

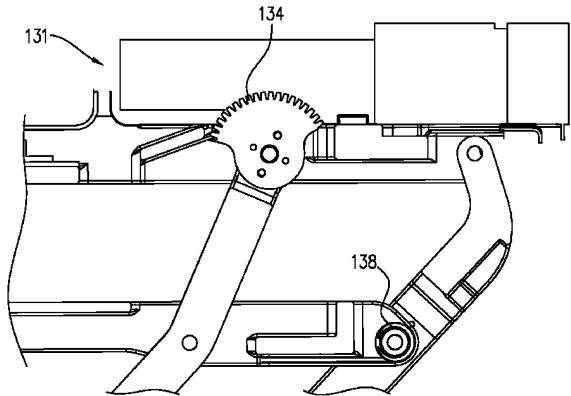


FIG. 8B

【図 9】

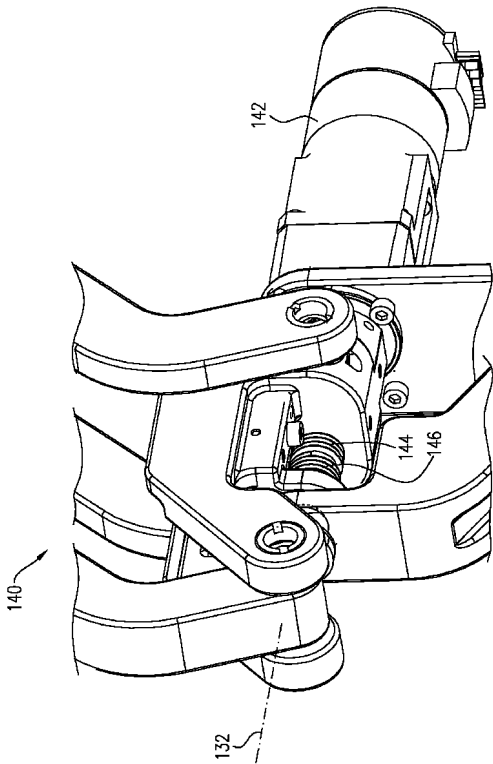


FIG. 9

【図 10 A】

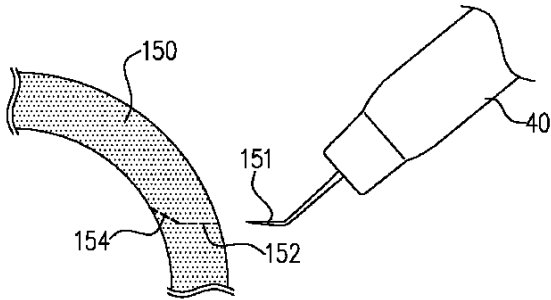


FIG. 10A

10

20

30

40

50

【図 10 B】

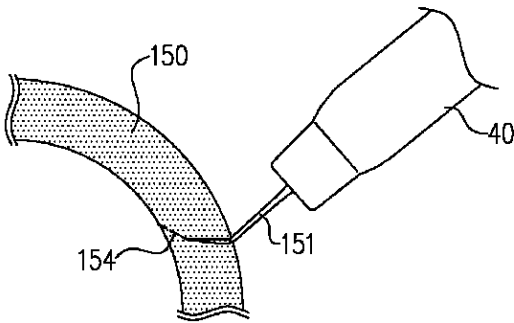


FIG. 10B

【図 10 C】

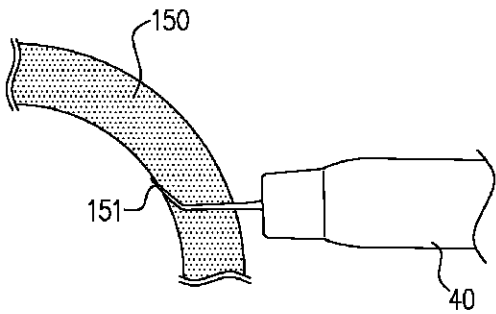


FIG. 10C

【図 11 A】

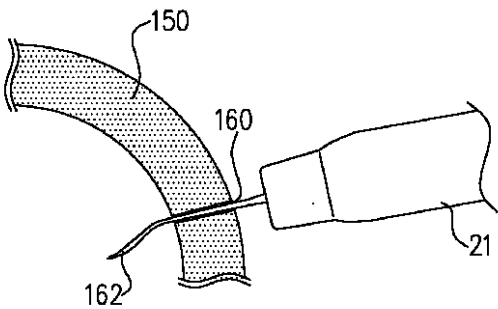


FIG. 11A

【図 11 B】

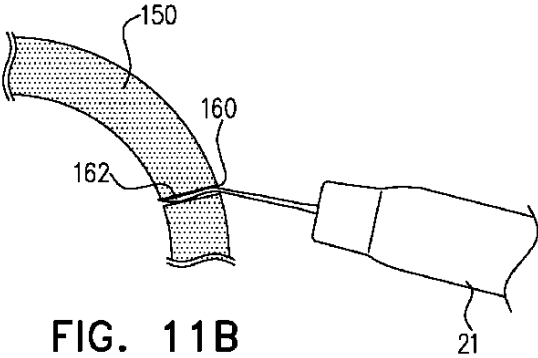


FIG. 11B

10

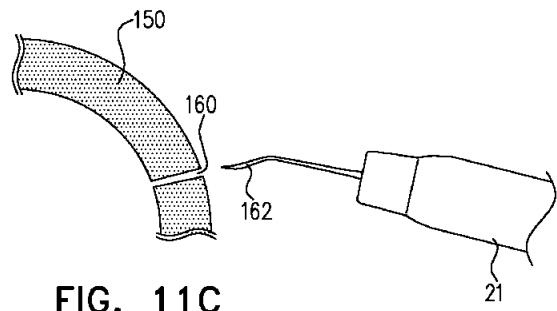
20

30

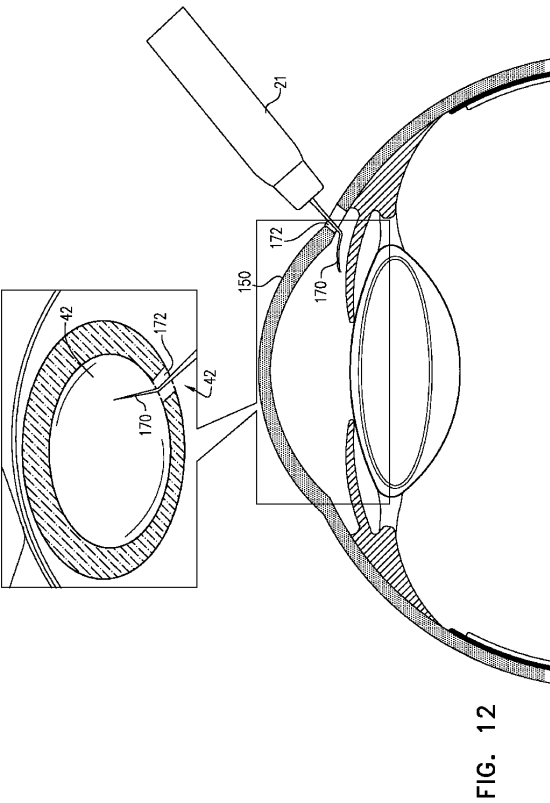
40

50

【図 11 C】



【図 12】



10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2022/061635

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. A61B34/30 A61F9/007

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

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.
Y	WO 2017/064306 A1 (MEDICAL MICROINSTRUMENTS S R L [IT]) 20 April 2017 (2017-04-20) figures 1C, 2A, 9B, 10-12, 14A, 15B	3, 5
A	-----	1, 2, 4, 6, 7
A	WO 2018/157078 A1 (UNIV CALIFORNIA [US]) 30 August 2018 (2018-08-30) paragraph [0022]; figure 1	1-7
X	-----	1, 2, 4, 6
X	WO 2021/105993 A1 (XACT ROBOTICS LTD [IL]) 3 June 2021 (2021-06-03) figures 2A, 2B, 3, 11A	3, 5, 7
Y	-----	7
Y	WO 2018/020251 A1 (CAMBRIDGE MEDICAL ROBOTICS LTD [GB]) 1 February 2018 (2018-02-01) figures 10A-10B	1-6
A	-----	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"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

14 February 2023

Date of mailing of the international search report

03/07/2023

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

Authorized officer

Seon, Jean-Antoine

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2022/061635

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

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

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
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. ☐ 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.:
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.:
1-7

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.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/IB2022/061635

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 robotic system having an end effector, one or more robotic arm configured to perform pitch and yaw motion of the instrument, and an XYZ platform equipped with shutter for translating the robotic arm.

2. claims: 11-16

Claims 11-16 relate to a robotic system having an end effector, a pair of parallel robotic arm connected to a pitch mechanism and a spring configured to reduce backlash during actuation.

3. claims: 17-25

Claims 17-25 relate to a robotic system having an end effector, a pair of parallel robotic arm connected to a yaw mechanism and two springs configured to reduce the backlash during actuation.

4. claims: 26-28

Claims 26-28 relate to a robotic system having an end effector, one or more robotic arm configured to manipulate the end effector, and a processor configured to drive the robotic arm and detect the tool mounted on the system.

5. claims: 8-10, 29-31

Claims 29-31 and 8-10 relate to a robotic system having an end effector, one or more robotic arm configured to perform pitch and yaw motion, an XYZ platform, an a rotation mechanism to rotate the platform

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2022/061635

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2017064306 A1	20-04-2017	AU 2016337031 A1	10-05-2018
		BR 112018007654 A2	06-11-2018
		CA 3001937 A1	20-04-2017
		CN 108366836 A	03-08-2018
		EP 3361982 A1	22-08-2018
		JP 6900048 B2	07-07-2021
		JP 7249051 B2	30-03-2023
		JP 7249052 B2	30-03-2023
		JP 2018532531 A	08-11-2018
		JP 2021166718 A	21-10-2021
		JP 2021166719 A	21-10-2021
		KR 20180074711 A	03-07-2018
		US 2018250085 A1	06-09-2018
		US 2020170726 A1	04-06-2020
		US 2020170727 A1	04-06-2020
		WO 2017064306 A1	20-04-2017
WO 2018157078 A1	30-08-2018	US 2019380795 A1	19-12-2019
		WO 2018157078 A1	30-08-2018
WO 2021105993 A1	03-06-2021	CN 114980835 A	30-08-2022
		EP 4065030 A1	05-10-2022
		US 2023010961 A1	12-01-2023
		WO 2021105993 A1	03-06-2021
WO 2018020251 A1	01-02-2018	CN 109561936 A	02-04-2019
		CN 109561937 A	02-04-2019
		CN 114533278 A	27-05-2022
		EP 3490484 A1	05-06-2019
		EP 3490485 A2	05-06-2019
		GB 2552540 A	31-01-2018
		GB 2552552 A	31-01-2018
		JP 7018053 B2	09-02-2022
		JP 7104685 B2	21-07-2022
		JP 2019523072 A	22-08-2019
		JP 2019524264 A	05-09-2019
		JP 2022064960 A	26-04-2022
		US 2019167365 A1	06-06-2019
		US 2020352669 A1	12-11-2020
		US 2022226053 A1	21-07-2022
		WO 2018020251 A1	01-02-2018
		WO 2018020252 A2	01-02-2018

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,N
E,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,I
T,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. J A V A

5 9 ザリツキー ストリート 3

(72)発明者 ギル, アリエル
イスラエル国, ハイファ 3 2 5 8 4 0 2 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 6 2 1 9 3 1 1 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 アーノルド, オファー
イスラエル国, マーレ ズヴィア 2 0 1 2 9 0 0 2 0 1 2 9 0 0 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 4 0 3 4 7 2 3 オデム ストリート 3 7 エー

Fターム (参考) 4C130 AA02 AA04 AA13 AB02 AC02 BA02

【要約の続き】

【選択図】 図 6 A