

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-209781

(P2017-209781A)

(43) 公開日 平成29年11月30日(2017.11.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 5 J 3/00 (2006.01)	B 2 5 J 3/00	3 C 7 0 7
	B 2 5 J 3/00	D

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2017-96558 (P2017-96558)	(71) 出願人	516302395
(22) 出願日	平成29年5月15日 (2017. 5. 15)		クリオン、インコーポレイテッド
(31) 優先権主張番号	62/337, 066		アメリカ合衆国 9 2 6 1 4 カリフォル
(32) 優先日	平成28年5月16日 (2016. 5. 16)		ニア、アーバイン、メイン ストリート
(33) 優先権主張国	米国 (US)		2 0 2 0、スイート 3 0 0
(31) 優先権主張番号	15/591, 978	(74) 代理人	100107456
(32) 優先日	平成29年5月10日 (2017. 5. 10)		弁理士 池田 成人
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100162352
			弁理士 酒巻 順一郎
		(74) 代理人	100123995
			弁理士 野田 雅一
		(74) 代理人	100148596
			弁理士 山口 和弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットマニピュレータシステムのためのシステムおよび方法

(57) 【要約】

【課題】 ロボットマニピュレータアームの展開および制御システムのための新規なシステムおよび方法を提供する。

【解決手段】 このシステムは、少なくとも垂直マストと、少なくとも2つのカムを備えるマスト展開システムと、肘と、アームがツールを展開するように動作可能なアームと、非接触センサを含む1つまたは複数のセンサと動的測定ユニットとを備える。カムにより、垂直マストおよびアームは、作業空間への展開中に垂直に維持される。非接触センサを、極座標で作業空間内の物体に対する範囲および方位を測定するために使用することができる。動的測定ユニットは、加速度計およびレートセンサを備え、直交座標系で動作する6自由度3軸センサとして構成される。システムは、センサから極座標および直交座標を受け取り、それらを直交座標系に変換するように動作可能なコントローラをさらに備える。

【選択図】 図1

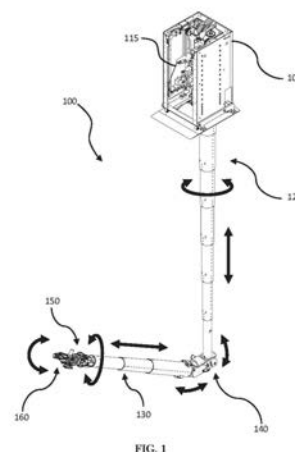


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロボットアームの展開および制御システムであって、

肘によって連結された少なくとも 2 つのセグメントを含むロボットアームであって、第 1 のセグメントが垂直マストとして動作可能に構成され、第 2 のセグメントが作業端部からツールを展開するように動作可能に構成された、ロボットアームと、

少なくとも 2 つのカムを備えるマスト展開システムであって、前記少なくとも 2 つのカムが、作業空間への展開中に前記第 1 のセグメントおよび前記第 2 のセグメントを垂直に維持させる、マスト展開システムと、

前記作業空間内に含まれる物体に対する範囲および方位を極座標で測定するために前記第 1 のセグメントに取り付けられた非接触センサと、 10

少なくとも 3 つの加速度計と 3 つのレートセンサとを備える動的測定ユニットであって、直交座標系で動作するように構成された 6 自由度 3 軸センサとして動作可能に構成された動的測定ユニットと、

前記非接触センサからの前記極座標および前記動的測定ユニットからの直交座標を受信し、

前記非接触センサおよび前記動的測定ユニットの直交座標位置に基づいて前記極座標を直交座標に変換する

ように動作可能に構成された、コントローラと、

を備える、ロボットアームの展開および制御システム。 20

【請求項 2】

極座標から直交座標への前記変換中に、非バイアス項が変換における誤差を軽減するために使用される、請求項 1 に記載のロボットアームの展開および制御システム。

【請求項 3】

前記コントローラが、前記作業空間の 3 次元マップを作成するようにさらに動作可能に構成されている、請求項 1 に記載のロボットアームの展開および制御システム。

【請求項 4】

前記第 1 のセグメントおよび前記第 2 のセグメントのうちの少なくとも 1 つが、伸長可能である、請求項 1 に記載のロボットアームの展開および制御システム。

【請求項 5】

前記第 2 のセグメントが垂直から 180 度上方に曲がる、請求項 1 に記載のロボットアームの展開および制御システム。 30

【請求項 6】

前記第 1 のセグメントが 360 度回転する、請求項 1 に記載のロボットアームの展開および制御システム。

【請求項 7】

前記非接触センサが、前記第 2 のセグメントの前記作業端部に取り付けられている、請求項 1 に記載のロボットアームの展開および制御システム。

【請求項 8】

1 つの加速度計および 1 つのレートセンサが、前記直交座標系の各軸線に沿った方向に向けられている、請求項 1 に記載のロボットアームの展開および制御システム。 40

【請求項 9】

前記非接触センサおよび前記動的測定ユニットが、前記直交座標系の 3 つのすべての軸線上に動作可能に整列している、請求項 1 に記載のロボットアームの展開および制御システム。

【請求項 10】

前記動的測定ユニットが、前記非接触センサと一緒に配置されている、請求項 1 に記載のロボットアームの展開および制御システム。

【請求項 11】

前記コントローラが、前記作業空間内の 1 つまたは複数の表面からオフセットされた第 50

1の仮想障壁を確立するようにさらに構成され、前記第1の仮想障壁が前記ロボットアームの動きを制限する、請求項1に記載のロボットアームの展開および制御システム。

【請求項12】

前記コントローラが、前記第1の仮想障壁からオフセットされた第2の仮想障壁を確立するようにさらに構成され、前記第2の仮想障壁が、前記ロボットアームが接近したとき、警告および触覚フィードバックのうちの少なくとも1つをオペレータに送信し、前記触覚フィードバックが抵抗の形態であり、前記ロボットアームが前記第1の仮想障壁に近づくにつれて前記抵抗が増加する、請求項11に記載のロボットアームの展開および制御システム。

【請求項13】

ロボットアーム制御システムであって、
1つまたは複数のツールを作業空間に展開するように構成されたロボットアームと、
前記ロボットアーム上の既知の位置に取り付けられた1つまたは複数のセンサと、
前記作業空間を前記1つまたは複数のセンサで走査し、
前記1つまたは複数のセンサから受信したデータを結合し、
前記結合されたデータを使用して前記作業空間の3次元マップを生成し、
前記作業空間内の1つまたは複数の表面からオフセットされた不透過性仮想障壁を確立し、

前記不透過性仮想障壁からオフセットされた透過性仮想障壁を確立するように動作可能に構成された、制御システムと、
を備える、ロボットアーム制御システム。

【請求項14】

前記不透過性仮想障壁のオフセットが、作業が実行され得る最小許容距離である、請求項13に記載のロボットアーム制御システム。

【請求項15】

前記不透過性仮想障壁が、前記ロボットアームが前記不透過性仮想障壁を超えて前進することを防止する、請求項13に記載のロボットアーム制御システム。

【請求項16】

前記透過性仮想障壁が、遭遇したときに、オペレータへの警告および触覚フィードバックのうちの少なくとも1つを生成する、請求項13に記載のロボットアーム制御システム。

【請求項17】

前記触覚フィードバックが抵抗の形態である、請求項16に記載のロボットアーム制御システム。

【請求項18】

前記ロボットアームが前記不透過性仮想障壁に近づくにつれて前記抵抗が増加する、請求項17に記載のロボットアーム制御システム。

【請求項19】

前記マスタコントローラが、オペレータが前記ロボットアームを遠隔制御することを可能にする、請求項13に記載のロボットアーム制御システム。

【請求項20】

前記不透過性仮想障壁の前記オフセットが、非一様であるかまたは一様である、請求項13に記載のロボットアーム制御システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 著作権表示

本明細書には、著作権保護の対象となる事項が含まれている。著作権者は、米国特許商標庁の特許ファイルまたは記録に記載されているように、特許文書または特許開示のファクシミリ複製に異論を唱えないが、著作権のすべての権利を保有する。以下の表示は、以

10

20

30

40

50

下に記載されているソフトウェア、スクリーンショット、およびデータ、ならびに以下の図面および無断転用禁止 (All Rights Reserved) に適用される。

【0002】

[0002] 関連出願

以下の出願は、2016年5月16日に出願された米国仮特許出願第62/337066号に対する優先権を主張し、その全体が参照により組み込まれる。

【0003】

[0003] 本開示は、危険な空間および／またはアクセス困難な空間で作業を実行するように設計されたロボットシステムに関する。

【背景技術】

10

【0004】

[0004] ある種の産業プロジェクト環境は人体に有害であり、一般的に労働者が保護服と呼吸装置を着用して作業場に入り、作業する必要がある。また、特定のプロジェクトの空間や領域は人間の動きを念頭に置いて設計されていないことが多いため、スペースが小さすぎたり、暑すぎたり、寒すぎたり、人間が歩行することが一般的に困難または不可能な場合がある。一部の産業プロジェクト領域は非常に危険であり、アクセスすることが困難であるため、人間の進入や修復が実行不可能である。そのような領域にアクセスし、危険な状態に人間を晒すことを減らすために、遠隔ロボットマニピュレータが必要である。

【0005】

[0005] 現行では、ほとんどの既製の遠隔マニピュレータは、特定のニーズに合わせて構築されており、機能と汎用性に限界がある。したがって、アクセスが困難な空間および／または危険な空間で作業を実行するための能力、汎用性、および信頼性が向上したオールインワンマニピュレータが必要とされている。

20

【0006】

[0006] 詳細な明細書の複雑さおよび長さを低減するために、本出願の出願人は、以下の各段落で特定される以下の資料を参照により明示的に組み込む。組み込まれた資料は、必ずしも「先行技術」であるとは限らず、出願人は、組み込まれた資料の刊行日に遅れて宣誓する権利を明示的に留保する。

【0007】

[0007] 2016年5月16日に出願された、米国特許出願第62/337066号明細書の「System and Method for a Robotic Manipulator Arm」は、その全体が参照により本明細書に組み込まれ、これに対し本出願は優先権を主張する。

30

【0008】

[0008] 2016年5月2日に出願された米国特許出願第62/330330号明細書の「Tank Cleaning System」は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0009】

[0009] 2015年12月18日に出願され、2014年12月19日の優先日を有する、米国特許出願第14/975544号明細書の「Systems and Methods for Chain Joint Cable Routing」は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

40

【0010】

[0010] 2016年11月2日に出願され、2015年11月3日の優先日を有する、米国特許出願第15/341985号明細書の「System and Method for Inspection and Maintenance of Hazardous Spaces」は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0011】

[0011] 2016年10月10日に出願された米国特許出願第62/406209号明細書の「Rollatube Deployment Mechanism」は、その全体が

50

参照により本明細書に組み込まれる。

【0012】

[0012]出願人は、上記に組み込まれた資料は、発明の背景を示す目的で、または最先端技術を示す目的で参照されるため、米国特許規則（37 C F R 1. 57）に従って「非本質的」と考えている。ただし、審査官が、上記のいずれかの資料が米国特許規則（37 C F R 1. 57（c）（1）～（3））の意味において「本質的資料」を構成すると考える場合、出願人は、本明細書を補正し、該当する規則で許可されているように、参照により組み込まれる本質的資料を明示的に示す。

【0013】

[0013]本明細書で提示される態様および用途は、図面および詳細な説明において以下に説明される。特に明記しない限り、明細書および特許請求の範囲における単語および句には、適用可能な技術分野における当業者にとって、明白で普通の慣用の意味が与えられることが意図される。本発明者らは、必要に応じて、独自の辞書編集者であり得ることを十分に認識している。発明者らは、独自の辞書編集者として、そうでないと明示的に述べていない限り、明細書および特許請求の範囲内の用語の明白で普通の意味のみを使用するように明確に選出し、さらにその用語の「特別な」定義を明示し、それが明白で普通の意味とどのように異なるかを説明する。「特別な」定義を適用するような明確な意図の記述がない場合、発明者は、明細書および特許請求の範囲の解釈に用語の単純で平易な普通の意味が適用されることを意図し、要望する。

【0014】

[0014]発明者らはまた、英語の文法の通常の教えを認識している。したがって、名詞、用語、または句が何らかの形でさらに特徴づけられ、指定され、または絞り込まれることを意図されている場合、そのような名詞、用語、または句には、英語の文法の通常の教えに従って、付加的な形容詞、記述的用語、または他の修飾語が明示的に含まれる。そのような形容詞、記述的用語、または修飾語の使用が無い場合、そのような名詞、用語、または句には、上記のような適用可能な技術分野の当業者にとって、明白で普通の英語の意味が与えられることを意図している。

【0015】

[0015]さらに、本発明者らは、米国特許法第112条第6項の特別規定の基準および適用について十分に理解している。したがって、詳細な説明または図面または特許請求の範囲の説明における「機能（function）」、「手段（means）」または「ステップ（step）」という言葉の使用は、本明細書に開示されたシステム、方法、プロセス、および／または装置を定義するために、米国特許法第112条第6項の特別規定を適用する要望を何らかの方法で示すことを意図したものではない。逆に、米国特許法第112条第6項の規定が、実施形態を定義するために適用されることが求められている場合、請求項は、具体的かつ明示的に、「ための手段（means for）」または「ためのステップ（step for）」とそのままの句で記述し、さらに用語「機能（function）」を示し（すなわち、「...の機能を実行するための手段」と記載する）、機能をサポートする何らかの構造、材料または動作をこのような句で記載することはない。したがって、請求項が「...の機能を実行するための手段」または「...の機能を実行するためのステップ」を示している場合であっても、請求項がその手段またはステップをサポートする何らかの構造、材料または動作を示す場合、または示された機能を実行する何らかの構造、材料または動作を示す場合、発明者らは米国特許法第112条第6項の規定を適用しないことを明確に意図している。さらに、特許請求された実施形態を定義するために米国特許法第112条第6項の規定が適用されたとしても、実施形態は、好ましい実施形態に記載された特定の構造、材料または動作にのみ限定されるものではなく、さらに、代替の実施形態または形態で説明されているような特許請求された機能を実行する任意のおよびすべての構造、材料または動作、または特許請求された機能を実行するための周知の現行の、もしくは後に開発される均等な構造、材料または動作を含む。

【0016】

[0016] 本明細書に開示されたシステム、方法、プロセス、および／または装置のより完全な理解が、以下の例示的な図面に関連して考慮されるとき、詳細な説明を参照することによって得ることができる。図面において、同様の参照符号は図面全体にわたって同様の要素または動作を指す。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】 展開されたロボットマニピュレータアーム（RMA）の一実施形態の等角図である。

【図2A】 展開されていないRMAの一実施形態の等角図である。

【図2B】 図2Aの展開されていないRMAの実施形態の内部構成要素の側面図である。

10

【図3A】 展開手順の開始時におけるRMAの一実施形態の等角図である。

【図3B】 キャリッジが約15°上方に持ち上げられ、前腕がアクセスポイントに入るときの、図3Aの実施形態を示す図である。

【図3C】 キャリッジが約45°上方に持ち上げられ、前腕がアクセスポイント内にさらに伸長するときの、図3Aの実施形態を示す図である。

【図3D】 キャリッジがフレームのベースに下降されるとき、図3Aの実施形態を示す図である。

【図3E】 キャリッジがフレームのベースに到達して90°に達するときの、図3Aの実施形態を示す図である。

【図3F】 キャリッジが約120°上方に持ち上げられるとき、図3Aの実施形態を示す図である。

20

【図3G】 キャリッジが元の位置に対して180°に近づき、肘がアクセスポイントに入ったとき、図3Aの実施形態を示す図である。

【図4A】 マストが格納された状態のRMAの一実施形態を示す図である。

【図4B】 マストが伸長された状態の図4Aの実施形態を示す図である。

【図5】 肘の一実施形態を示す図である。

【図6A】 RMA肘が垂直方向下向きであり、マストと前腕の両方が完全に伸長されている一実施形態の等角図である。

【図6B】 前腕を水平位置まで持ち上げる、90度のマスト - 肘旋回作動を伴う、図6Aの実施形態の等角図である。

30

【図6C】 前腕を鉛直上向きの位置に持ち上げる、90度の前腕 - 肘旋回作動を伴う、図6Aの実施形態の等角図である。

【図7A】 伸長可能なRMA前腕が格納されたときの一実施形態を示す図である。

【図7B】 前腕が伸長されたとき、図7Aの実施形態を示す図である。

【図8A】 0°の手首関節の一実施形態の等角図である。

【図8B】 図8Aの手首関節の実施形態を-90°で示す図である。

【図8C】 図8Aの手首関節の実施形態を+90°で示す図である。

【図9A】 エンドエフェクタを前腕に連結するためのエンドエフェクタ連結機構の一実施形態を示す図である。

【図9B】 図9Aのエンドエフェクタ連結機構の実施形態に対応する、前腕の一実施形態における手首連結機構の一実施形態を示す図である。

40

【図9C】 連結され、手首が90°下方に曲げられたとき、図9Aおよび図9Bの連結機構の実施形態を示す図である。

【図9D】 連結され、手首が90°上方に曲げられたとき、図9Aおよび図9Bの連結機構の実施形態を示す図である。

【図10A】 グリップエンドエフェクタの一実施形態の等角図である。

【図10B】 図10Aの実施形態の背面図である。

【図11A】 RMAエンドエフェクタの変化の等角図である。

【図11B】 エンドエフェクタのRMAへの挿入を示す図である。

【図11C】 エンドエフェクタの実施形態に接続するために伸長しているRMAの前腕を

50

示す図である。

【図 1 2】RMA に連結されたエンドエフェクタの実施形態を示す図である。

【図 1 3】ウォータージェットツールと連結されたエンドエフェクタの実施形態の等角図である。

【図 1 4】作業空間内の仮想障壁を示す例示的な実施形態を示す図である。

【図 1 5】制御システムの一実施形態を示す図である。

【図 1 6】センサを備えた前腕の一実施形態を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

図面の要素および動作は、簡略化のために示されており、必ずしも特定のシーケンスまたは実施形態に従って表現されたものではない。

【0019】

[0053] 以下の説明において、および説明の目的のために、例示的な実施形態のさまざまな態様の完全な理解を提供するために、多くの特定の詳細、プロセス期間、および／または特定の式値が示される。しかしながら、当業者であれば、本明細書の装置、システム、および方法は、これらの具体的な詳細、プロセス期間、および／または特定の式値なしに実施され得ることが理解されよう。本明細書の装置、システム、および方法の範囲から逸脱することなく、他の実施形態を利用することができ、構造的および機能的変更を行うことができることを理解されたい。他の例では、例示的な実施形態を不明瞭にすることを避けるために、既知の構造およびデバイスがより一般的に示されまたは論議される。多くの場合、動作の説明は、特に動作がソフトウェアで実施されるときに、さまざまな形式を実施できるようにするのに十分である。開示された実施形態が適用され得る多くの異なる代替の構成、デバイス、および技術が存在することに留意されたい。実施形態の全範囲は、以下に説明する例に限定されない。

【0020】

[0054] 図示された実施形態の以下の例では、本明細書の一部をなし、本明細書に開示されたシステム、方法、プロセス、および／または装置が実施され得るさまざまな実施形態を例示として示す添付図面を参照する。本発明の範囲から逸脱することなく、他の実施形態を利用することができ、構造的および機能的変更を行うことができることを理解されたい。

【0021】

[0055] 作業者が危険な環境や、空間に到達することが制限されているか困難である環境に入る必要性を回避するために、遠隔操作可能なロボットマニピュレータアーム（RMA）が開示されている。RMA は、人間の直接的なやりとりがほとんどまたはまったく必要なく、多様な形状、サイズ、技術的制約のあるアクセス困難および／または危険な空間を遠隔から検査し、保守し、清掃するために使用され得る。RMA は汎用性、耐久性、再利用性があり、作業リスクを低減し、オペレータの安全性を向上させる。いくつかの実施形態では、RMA は、放射線耐性、耐温性、耐凍結性、耐湿性、耐薬品性、および耐震性／耐風性／耐候性などのうちの 1 つまたは複数を持し得る。

【0022】

[0056] いくつかの実施形態における RMA は、既存のインフラストラクチャに影響を与えずに、または重機を必要とすることなく、現存の場所に運搬および設置できるように設計され構成されている。いくつかの実施形態では、RMA は、きわめて狭い範囲内に設置され作業に適した状態に配備、展開（deploy：「展開」という）されてもよい。いくつかの実施形態では、RMA の展開は、高価なまたは特殊なツールを必要としない。展開中および初期状態に戻す（retrieval：「復帰」という）間、いくつかの実施形態における RMA キャリッジは、マニピュレータがアクセスポイントを通して上下に垂直に移動することを可能にする特定のカム経路に従うことができる。いくつかの実施形態における手動展開は、迅速かつ効率的に実行されることができ、作業者を作業領域に晒すことを制限する。RMA が作業を完了した後、RMA は、サイトにて洗われ、作業スペースから復帰され

、設置されたのと逆の順序でサイトから除去されてもよい。RMAは、同じサイトまたは他のサイトにて再展開されてもよい。

【0023】

[0057]「サイト」、「タンク」、「コンパートメント」、「危険な空間」、「作業スペース」、「作業領域」、「限定空間」などの用語は、システムが作業を実行することができる空間を参照するためだけに使用され、制限を意図するものではない。

【0024】

[0058]いくつかの実施形態における作業スペースは、イオン交換樹脂、スラッジ、廃液、有毒廃棄物、ならびに他の潜在的に危険なおよび／または除去が困難な材料の1つまたは複数をさまざまに含む場合がある。いくつかの実施形態では、RMAの目的は、作業スペースを検査し、残っている材料を除去し、作業スペースを清掃し、スペースにデバイスを設置または撤去するために、または他の作業のために必要な作業を容易にすることである。RMAは、さまざまな異なる作業を実行するために作業スペース内で操作することができるさまざまな標準および／またはカスタマイズされたツールの取り付けを可能にすることができる。例示的な実施形態では、RMAは、廃液中に完全に沈められている間に、吸引ツールを使用してバルクイオン交換材料および砂を除去することができる。

10

【0025】

[0059]システムの概要

図1は、部分的に伸長されたロボットマニピュレータアーム(RMA)100の一実施形態の等角図を示している。いくつかの実施形態では、RMA100は、アクセスが困難な環境および／または危険な環境で検査、保守、修理、および清掃作業を実行するように動作可能である。図示の実施形態におけるRMA100は、支持フレーム10、キャリッジ115、マスト120、前腕130、肘140、手首150、およびエンドエフェクタ160を備える。いくつかの実施形態は、追加の構成要素、または図示された1つまたは複数の構成要素を、1つより多く含んでもよい。いくつかの実施形態では、マストおよび前腕の少なくとも1つは、入れ子式などの手段によって伸長可能である。図示された実施形態の自由度は、垂直マストの伸長／格納、マストの回転、肘の旋回、前腕の伸長／格納、手首のピッチ、および手首のロールである。いくつかの実施形態では、用途およびプロジェクト要件に応じて、追加のツールおよびカートを使用してもよい。

20

【0026】

[0060]いくつかの実施形態では、RMA100は、運搬可能となるように寸法決めされ構成されている。いくつかの実施形態では、RMA100は、限られた頭上スペース、出入り口へのアクセス、現存の機器およびインフラストラクチャ、ならびにアクセスポイントを含む制約を考慮して、現存の部屋およびドアを通して容易に操作できるように設計される。RMA100を、意図された用途に拡大縮小することができる。一実施形態では、RMA100は、完全に伸長したときに32フィートの垂直距離と15フィートの水平距離を有する。RMAが意図された用途にどのように拡大縮小されるかに応じて、垂直および水平距離の他のバージョンも可能である。

30

【0027】

[0061]いくつかの実施形態では、炭素繊維と他の軽量材料の一体化により、高い有効荷重を維持しながらRMA100の全体重量を最小にする。いくつかの実施形態では、RMA100の有効荷重は全範囲で100ポンドまでであり、特定の向きで150ポンドまでである。RMA100は、異なる作業および環境に対して拡大縮小可能であり、したがって、広範囲の有効荷重が可能である。

40

【0028】

[0062]支持フレーム

図2は、支持フレーム10に収容されたRMA100の一実施形態を示している。いくつかの実施形態では、RMA100は、完全に折り畳まれたときに支持フレーム10内に完全に収まり、展開および復帰中のシステムの操作性を高め、保管設置面積を減少させる。いくつかの実施形態では、支持フレーム10は、運搬および位置決めを容易にするため

50

の車輪またはその他のそのような機構を備えていてもよい。いくつかの実施形態では、支持フレーム 10 は、位置決めされると、マニピュレータアームの展開中のシステムの安定性を高めるために、外部支持体 105 に取り付けることができる。いくつかの実施形態では、支持フレーム 10 は、作業、洗浄、および運搬の少なくとも 1 つのための格納容器を提供することができる。

【0029】

[0063] キャリッジ

図 2 A および図 2 B に示される実施形態のようないくつかの実施形態では、作業中に RMA 100 を支持フレーム 10 に連結するためにキャリッジ 115 を使用することができる。いくつかの実施形態では、キャリッジ 115 は、RMA 100 が展開されるときに RMA 100 の整列を制御するために、カム経路 112 および／またはロータリアクチュエータを一体化することができる。いくつかの実施形態では、ロータリアクチュエータは液圧式である。いくつかの実施形態では、キャリッジ 115 は、電気ワイヤロープウインチ、位置フィードバック、およびマストの伸長および／または回転のためのモータなどの RMA 100 の動作および制御のための制御構成要素を備えてもよい。いくつかの実施形態では、キャリッジ 115 は、ケーブル管理の目的にさらに役立つ。

10

【0030】

[0064] 展開／復帰

図 3 A ～図 3 H は、RMA 100 展開プロセスの一実施形態を示している。

【0031】

20

[0065] 図 3 A は、マニピュレータアームの作業端部がアクセスポイントに挿入されている状態の展開の開始時における RMA 100 を示している。図示の実施形態では、アクセスポイントは RMA 100 の下にある。いくつかの実施形態では、RMA 100 は、壁、天井、または他の構造内にあるアクセスポイントを通して展開するように構成されてもよいことは明らかである。いくつかの実施形態では、RMA 100 は、開放環境で展開されてもよい。

【0032】

[0066] 図 3 B ～図 3 E は、前腕 130 がアクセスポイントに入るときの RMA 100 を示している。いくつかの実施形態では、RMA 100 がアクセスポイントに展開される角度を制御するために、カムおよびカム経路を使用することができる。図示された実施形態では、マニピュレータがその下のアクセスポイントに入るとき、マニピュレータを垂直に保つために、カムおよびカム経路が使用される。図示された実施形態では、前腕 130 がアクセスポイント内に展開されるにつれて、カム機構を使用してキャリッジ 115 が上に回転される。図示された実施形態では、マストは最初に 90° 上向きに回転され（図 3 B および図 3 C）、次にフレーム 10 の底部に下降する（図 3 D および図 3 E）。

30

【0033】

[0067] 図 3 F および図 3 G は、肘 140 がアクセスポイントに入ろうとしており、キャリッジ 115 がさらに 90° 上方に回転しているときの RMA 100 を示している。図示の実施形態では、キャリッジ 115 は、展開プロセス中に 180° 回転する。キャリッジ 115 がその最初の位置から 180° になると、マストは、図 4 A および図 4 B に示すように、アクセスポイントを通して展開され得る。

40

【0034】

[0068] いくつかの実施形態では、RMA 100 は、運搬および／または設置を容易にするためにカートを利用する。カートは、RMA 100 をその側面を下にして（水平に）置くことを可能にすることができ、RMA 100 を水平方向から垂直方向に、またはその逆に動かすことを助けるために、棒リンク機構または他のそのような機構を任意に含んでもよい。オプションの棒リンク機構が所定の位置に設けられると、棒リンク機構は、作動して、1 つまたは複数の搭載液圧シリンダに動力を供給することができる。フレームが直立（垂直）位置にあり、作業スペース上に位置するとき、カートを除去することができる。

【0035】

50

[0069]いくつかの実施形態では、RMA 100のフレームは、RMA 100を運搬して位置決めすることを可能にするために、いくつかの車輪、および／または1つまたは複数の他の移動容易化機構を組み込んでいる。RMA 100を、手動で位置決めまたは遠隔制御を使用して位置決めすることができる。いくつかの実施形態では、設置カートは、適切な位置決めのためにカートが遠隔動作することを可能にする1つまたは複数の駆動機構を備えてもよい。

【0036】

[0070]いくつかの実施形態では、マニピュレータの展開中の安定性を高めるために、既存のインフラストラクチャまたは他の支持体にRMA 100を取り付けることができる。いくつかの実施形態では、RMA 100は、既存のインフラストラクチャに固定することができ、取り付けプレートを備える。例えば、取り付けプレートは、荷重経路がフレームではなく取り付けプレートを通じて床に向けられるように、床アクセスポイント用の床に固定されてもよい。

【0037】

[0071]展開のために、いくつかの実施形態におけるマニピュレータは、オーバーヘッドAフレームガントリビームおよびチェーンフォールまたは他のリフト機構を使用してもよい。RMA 100は、電力が供給されている間、または電力が供給されていない間に、アクセスポイントに展開されてもよい。いくつかの実施形態は、困難なアクセスポイントに対する展開動作を制御するためのカムおよびカム経路を含む。いくつかの実施形態では、展開中、RMA 100のキャリッジは、マニピュレータがアクセスポイントに直線的に移動することを可能にする特定のカム経路に従うことができる。

【0038】

[0072]マスト

図4Aは、格納位置にあるマスト120の一実施形態を示している。いくつかの実施形態では、マスト120は、1つまたは複数の入れ子式管を備えることができる。いくつかの実施形態におけるマスト120は、図4Bに示されるように、所望の深さ／高さに応じて伸長または格納されることができる。いくつかの実施形態では、炭素繊維などの軽い材料から1つまたは複数の管が形成される。いくつかの実施形態では、1つまたは複数の管は、ステンレス鋼などの金属で構成される。マスト120の回転を可能にするために、最も外側の管は、いくつかの実施形態では、モータによって駆動され得るギヤまたは旋回リングに連結されてもよい。マスト120は、最も外側の管に連結された取り付けリングおよび軸受によって、キャリッジ115にしっかりと取り付けられてもよい。いくつかの実施形態では、マスト120は360°回転することができる。いくつかの実施形態では、最も内側の管は、肘機構を形成するかまたは肘機構に連結することができる液圧シリンダを備えてもよい。図示の実施形態では、液圧シリンダは複動式である。

【0039】

[0073]肘

図5は、マスト120を前腕130に連結するために使用され得る肘140の一実施形態を示している。いくつかの実施形態では、肘140は2段階作動式である。いくつかの実施形態では、肘140は、垂直下方向から合計-10°～+180°の運動を可能にする。いくつかの実施形態では、肘のマスト-肘旋回軸141は、90°の運動を可能にして、肘リンク機構を下方または水平に向けさせる。いくつかの実施形態では、前腕-肘旋回軸142は、100°の運動、例えば-10°～+90°の作動を可能にする。

【0040】

[0074]図6Aは、真下に向けられた肘140の一実施形態を示している。図6Bは、前腕130を水平位置に持ち上げる、マスト-肘旋回軸141の90°の作動を示している。図6Cは、前腕130を垂直位置まで持ち上げる、前腕-肘旋回軸142の90°の作動の一例を示している。これらの作動の組み合わせにより、RMA 100が作業スペースの全範囲に達することを可能にすることができる。いくつかの実施形態では、各段階は単一の液圧シリンダを使用して作動され、各旋回ピンは位置フィードバック用のレゾルバを

組み込む。いくつかの実施形態では、段階作動は複数の液圧シリンダを必要とすることがある。

【0041】

[0075]いくつかの実施形態では、複動式の液圧シリンダが、内部マスト120内に取り付けられ、第1の肘関節141に対して旋回運動を提供する。液圧シリンダアセンブリは、ステンレス鋼のロッドおよびシリンダ溶接部を備えることができる。いくつかの実施形態では、液圧シリンダを、ピンによってマスト120の端部に取り付けることができる。

【0042】

[0076]RMA100は、1つまたは複数の関節を備えることができる。いくつかの実施形態では、すべての関節が同じ平面内で作動する。いくつかの実施形態における関節は、異なる平面で、または互いに対して異なる角度で作動するようにオフセットされてもよい。ボールジョイントやチェーンジョイントなど、異なる動作範囲を有する異なる関節タイプが実装されてもよい。チェーンジョイントは、その全体が参照により本明細書に組み込まれる、2015年12月18日に出願された、2014年12月19日の優先日を有する“Systems and Methods for Chain Joint Cable Routing”と題する同時係属中の米国特許出願第14/975544号明細書に記載されている。いくつかの実施形態では、1つまたは複数の関節は、液圧で作動されてもよい。

【0043】

[0077]前腕

いくつかの実施形態では、前腕130は、設計においてマストと同様である。いくつかの実施形態では、前腕130は、1つまたは複数の入れ子式管を備える。いくつかの実施形態では、1つまたは複数の管は、炭素繊維から構成されてもよい。いくつかの実施形態では、1つまたは複数の管は、ステンレス鋼などの金属で構成される。図7Aは、前腕130を格納位置に示し、図7Bは、前腕130を伸長位置に示している。入れ子式の前腕130は、いくつかの実施形態では、同時に動かすことができるように一緒に移動可能な1つまたは複数の液圧シリンダを使用して伸長および格納することができる。シリンダロッドは、前腕130を通るために必要な液圧ラインの数を最小にするために中空であってもよい。いくつかの実施形態では、前腕旋回作動は、1つまたは複数の肘によって提供される。

【0044】

[0078]いくつかの入れ子式の実施形態では、マストおよび／または前腕の管の互いの回転を防止するためにブッシングを利用することができる。いくつかの実施形態では、管は、各部分が独立して回転しないようにするために、ブッシング内にデュアルキーおよび組み合わせられるキースロットを備えることができる。いくつかの実施形態では、ブッシングは、洗浄水が流れることを可能にするために、機械加工されたスロットを有することができる。過度の伸長または過度の格納を防止するために、1つまたは複数の管に硬質ストッパを組み込むことができる。いくつかの実施形態では、硬質格納ストッパは、各キー溝の上部にねじ込まれる。いくつかの実施形態では、入れ子式ツールと他の構成要素との間の1つまたは複数のインタフェースが、動きを容易にするために低摩擦材料でコーティングまたは構成され得る。

【0045】

[0079]いくつかの実施形態では、入れ子式マストおよび／または前腕は、重力を使用して伸長することができる。いくつかの実施形態では、マストおよび／または前腕は、ロープ、テザー、またはウインチもしくはホイスト機構に接続され得る他の可撓性アタッチメントを使用して格納され得る。いくつかの実施形態では、1つまたは複数の電動ワイヤロープホイストを使用して格納を行うことができる。いくつかの実施形態におけるマストおよび／または前腕は、障害回復のための1つまたは複数の冗長なワイヤロープホイストを含む。各ホイストは、別のものが故障した場合にそれ自体で格納させることができる。ワイヤロープホイストは、オペレータが望むように、ストロークに沿ってマストおよび／ま

たは前腕を位置決めすることができる。

【0046】

[0080]手首

いくつかの実施形態では、RMA 100は、前腕130の作業端部に手首関節150を備える。図8A～図8Cは、手首150の例示的な動作範囲を示している。いくつかの実施形態における手首150は、手首ピッチおよび手首ロールを含む1つまたは複数の作動が可能であり得る。いくつかの実施形態では、手首150は、手首ロールおよび手首ピッチを可能にする1つまたは複数のロータリアクチュエータを備えることができる。手首ピッチを、いくつかの実施形態では、垂直平面内の+90°の運動のために液圧ロータリアクチュエータを使用して作動させることができる。手首ロールは、いくつかの実施形態では、液圧ロータリアクチュエータを利用することができ、180°の回転が可能である。いくつかの実施形態では、手首150の各関節は180°までの回転が可能である。いくつかの実施形態では、手首150は、マスタツールチェンジャアセンブリを備える。いくつかの実施形態では、手首150は、さまざまなツールおよび／またはエンドエフェクタの展開を可能にする汎用グリップまたは他の機構を備えることができる。

10

【0047】

[0081]エンドエフェクタ

いくつかの実施形態では、複数のエンドエフェクタを異なる向きに収容するために、エンドエフェクタ、前腕、または手首とツールまたは他のエンドエフェクタとの間に整合インタフェースがある。いくつかの実施形態は、さまざまなツールおよび／またはエンドエフェクタとRMAの作業端部との間に汎用連結機構を組み込むことができる。いくつかの実施形態では、連結機構を、エンドエフェクタ交換用に構成することができる。図9Aは、エンドエフェクタを前腕130に接続して固定するために使用することができるエンドエフェクタ連結機構165の一実施形態を備えるグリップ160の一実施形態の背面等角図を示している。図9Bは、エンドエフェクタ160を前腕130に連結して固定する前腕連結機構155の一実施形態を備える前腕130の正面等角図を示している。いくつかの実施形態では、連結機構は、迅速なエンドエフェクタの切り替えを可能にするために、迅速な取り付けおよび解除に適合される。いくつかの実施形態では、連結機構は、機械的、電氣的、および液圧的接続の1つまたは複数であることができる。いくつかの実施形態では、連結機構は、作業スペースへの管材料などの材料の出し入れのための手段を備えることができる。いくつかの実施形態では、連結機構は、さまざまな異なるエンドエフェクタに電力、制御、および材料伝達能力を提供するように適合される。

20

30

【0048】

[0082]図9Cは、連結され、手首が90°下方に曲げられたときの、図10Aおよび図10Bの連結機構の実施形態を示している。図9Dは、連結され、手首が90°上方に曲げられたときの、図10Aおよび図10Bの連結機構の実施形態を示している。

【0049】

[0083]いくつかの実施形態では、前腕130の作業端部に、1つまたは複数のセンサおよび／またはグリップもしくはツールなどのエンドエフェクタを装備することができる。図10Aおよび図10Bは、グリップ160の一実施形態の正面および背面の等角図を示している。グリップ160は、物体を把持し、さまざまなツールを展開することができる。いくつかの実施形態では、ジョー161をリンク機構162に連結して、それらが開閉中に平行に保たれるようにすることができる。いくつかの実施形態では、液圧故障の場合、グリップ160は「そのままの」位置で故障する可能性がある。圧力が失われた場合、ジョー161は柔軟になり、所定の荷重がジョー161に加えられた場合に移動することができる。いくつかの実施形態では、グリップ160が所定の限界よりも大きなサイズに開くことを防止するために、より小さいアクセスポイントのためにストロークを低減したピストンが使用される。

40

【0050】

[0084]グリップ160は、異なる用途で使用され得る多種多様なツールを使用すること

50

ができる。いくつかの実施形態では、グリッパ160は、別のツール、エンドエフェクタ、および／または1つまたは複数のセンサと組み合わせて使用されてもよい。これは、グリッパ160を使用してインフラストラクチャを把握し、ツールまたは他のエンドエフェクタに安定性を提供する例において有用であり得る。いくつかの実施形態は、所望の作業のために必要とされる他のツール／エンドエフェクタ／センサ構成を含むことができる。

【0051】

[0085]いくつかの用途では、エンドエフェクタは特定のツールであり得る。いくつかの実施形態では、エンドエフェクタは、機械式、電気機械式、液圧式、電気液圧式、空気式、磁気式、圧電式、およびリニアモータ式のアクチュエータの1つまたは複数によって作動される。

10

【0052】

[0086]いくつかの実施形態では、各ツールまたはエンドエフェクタは、1つまたは複数の異なる向きでグリッパ160によって把持されることを可能にする取り付けインタフェースを備える。1つのこのようなインタフェースは、その全体が参照により本明細書に組み込まれる、2016年11月2日に出願され、2015年11月3日の優先日を有する“System and Method for Inspection and Maintenance of Hazardous Spaces”と題する同時係属中の米国特許出願第15／341985号明細書に示され記載されている。

【0053】

[0087]ツール

20

RMA100は、さまざまな異なるツールおよびエンドエフェクタを展開することによって、多くの異なる作業を実行することができる。RMA100によって展開されるツールは、いくつかの実施形態では、遠隔展開のために修正され得る既製のツールを含むことができる。RMA100は、ウォータジェットツール、膨張式バッグツール、グラウトツール、シアツール、エダクタバルク復帰ツール、ジェットウォッシュツール、スクープ／スクレーパツール、スワビングツール、ガンモニタ、および他のツール、エンドエフェクタ、ならびに検査、保守、修理、および清掃のうちの1つまたは複数を実行するためのセンサのうちの任意の1つまたは複数を含むことができる。レーキ、こて、シャベルなどの単純なツールを含む複数の他のツールが可能である。

【0054】

30

[0088]図11A～図11Cは、ツール交換プロセスの一実施形態を示している。エンドエフェクタ160は、ツールハンドリングシステム210を使用してRMA100の下に挿入される。この実施形態では、エンドエフェクタ160は、格納された前腕130と一列に配置される。マスト120および／または前腕130が伸長されると、手首連結機構155は、エンドエフェクタ連結機構165に係合され、エンドエフェクタ160を前腕130に固定する。図12は、エンドエフェクタ160に連結されたRMA100の一実施形態を示している。図13は、ウォータジェットツール180に連結されたエンドエフェクタ160および前腕130の等角図を示している。

【0055】

[0089]いくつかの実施形態では、ツールを、主アクセスポイントからオフセットされ得る別々のアクセスポイントを通して作業スペースに展開することができる。いくつかの実施形態では、追加のツールまたはエンドエフェクタをRMAが入る前に作業スペースに配置することができる。いくつかの実施形態では、ツールおよびエンドエフェクタを、作業スペースの外側で変更することができる。

40

【0056】

[0090]いくつかの実施形態では、ホイストおよび／またはプーリシステムを使用して、ツールおよびエンドエフェクタを作業スペース内に下げることができる。いくつかの実施形態では、ワイヤロープまたは他のそのようなコネクタを使用してツールまたはエンドエフェクタがRMA100に固定されると、必要に応じてRMA100によって引っ張られ、格納されることができる。ワイヤロープ、または他のそのようなコネクタを使用して、

50

エンドエフェクタを復帰してもよい。ワイヤロープ、または他のそのようなコネクタは、電動および／または手動であり得るばね付勢のスプールに巻かれてもよい。さまざまなツールまたはエンドエフェクタの重量に適合するために、いくつかの張力範囲にばねリールを設けてもよい。

【0057】

[0091] 液圧パワーユニット

いくつかの実施形態では、RMAは、1つまたは複数の液圧アクチュエータに動力を供給するための1つまたは複数の液圧パワーユニット（HPU）を備える。いくつかの実施形態では、液圧アクチュエータは、特に、肘旋回、前腕伸長、手首ピッチ、手首ロール、およびグリッパ開閉のうちの1つまたは複数を含む。

10

【0058】

[0092] いくつかの実施形態では、作業中にHPUを制御システムによって自動的に制御することができる。制御システムは、いくつかの実施形態では、液圧供給要求時に液圧供給部を自動的に起動し、液圧流体温度によってHPU冷却システムを自動的に制御することができる。HPUには、必要に応じて柔軟な制御を行うために、自動制御に加えて基本的な手動制御が含まれていてもよい。いくつかの実施形態では、HPUのローカル手動制御を提供して、制御システムの故障の場合の回復を可能にすることができる。

【0059】

[0093] 例示的な実施形態では、HPUは、2.9 k s iの最大圧力および毎分3.96ガロンの最大流量ですべての液圧アクチュエータに作動油を供給する。他の圧力および流速も可能である。いくつかの実施形態では、液圧流体レベルを監視して漏れを検出することができる。

20

【0060】

[0094] 洗浄

いくつかの実施形態では、RMAは、RMAから汚染物質を除去するように設計された統合された洗浄システムを備える。いくつかの実施形態では、RMAが作業スペースから格納され、作業スペース内の汚染物質を捕捉する際に洗浄が起こる。いくつかの実施形態では、洗浄システムは、加圧された水がRMA表面に噴霧されることを可能にする、RMA内に配置された1つまたは複数の別個の洗浄リングを備えることができる。いくつかの実施形態は、マストの上部に1つ、マストの底部に1つ、および前腕の内部に1つが配置されている3つの洗浄リングを組み込んでいる。復帰中、いくつかの実施形態では、各洗浄リングを一連のステップで加圧して、すべての構成要素の完全な清掃を保証することができる。いくつかの実施形態では、洗浄システムを作動させるために高圧水供給を使用することができる。

30

【0061】

[0095] いくつかの実施形態では、作業スペース内のオーバスプレーおよび液体から保護するために、電気部品の少なくとも一部を保護等級（IP）64以上に保持する場合がある。いくつかの実施形態では、すべてのオーバスプレーおよびオーバフローは、支持フレーム格納カバーによって捕捉され得、洗浄パンの底部から作業スペースに排出され得る。排水閉塞の場合、いくつかの実施形態では、浮遊物が、洗浄水を自動的に止める場合がある。

40

【0062】

[0096] ケーブル管理

ケーブルは、RMAの内部および外部の少なくとも1つに延びることができる。「ケーブル」という用語は、電気配線、液圧ホース、空気ホース、光ファイバケーブル、通信ケーブル、または任意の他のケーブル、ワイヤもしくはライン、ならびにそれらの束を含むことを意図している。ケーブルを、システムまたはシステムに取り付けられた任意の伸長部の検知および／または制御に関するデータを転送／送信するために使用することができる。さらに、作業スペースへの材料の出し入れのためのケーブルが含まれていてもよい。

【0063】

50

[0097]いくつかの実施形態では、1つまたは複数の供給部は、マスト、肘、および前腕のうちの1つまたは複数を経過的に通ってもよい。いくつかの実施形態では、ケーブル管理を、外部張力リールシステム、滑車システム、および内部ケーブルチェーンのうちの1つまたは複数を使用して達成することができる。滑車システムは、いくつかの実施形態では、一定力の気体ばねのようなシステムを使用して一定の張力下にすることができる。いくつかの実施形態では、別個の電源もしくは制御システムまたは追加のセンサもしくは信号ケーブルを必要とするツールに、追加のアンビリカルケーブルを含めることができる。ケーブル管理システムは、いくつかの実施形態では、伸長中および格納中にケーブルがマストから出し入れされることを可能にすることができる。これを、いくつかの実施形態では、空気圧シリンダで張力をかけられ得る一組のプーリを使用して達成することができる。いくつかの実施形態は、作動中にラインおよびケーブルが挟まれることを防止するために、1つまたは複数のケーブルシュラウドを含んでもよい。

10

【0064】

[0098]RMAのためのケーブル管理システムの一実施形態は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる、2016年11月2日に出願され、2015年11月3日の優先日を有する、“System and Method for Inspection and Maintenance of Hazardous Spaces”と題する同時係属中の米国特許出願第15/341985号明細書に開示された展開／復帰ツールと類似の、RMAの近くのテザーに取り付けられたRolla Tube（登録商標）を組み込むことができる。いくつかの実施形態は、供給部および複数の部分間に材料移送ラインを含むテザーを含み、テザーを支持することができる。これにより、テザーの移動に必要な力が軽減され得、作業スペース内の内部インフラストラクチャとの絡み合いが防止され得る。

20

【0065】

[0099]いくつかの実施形態では、1つまたは複数のセンサまたは他のデバイスが、近距離通信（NFC）およびBluetooth（登録商標）などの無線通信技術を利用することができる。ワイヤレスセンサおよび他のデバイスは、必要とされるケーブルの量を減らすことができ、これによりシステムの範囲、能力、および移動性を高める。

【0066】

[0100]検知と制御

RMAの制御は、制御システムによって開始される。制御システムを、RMAおよび作業空間に対するローカル制御システムおよび遠隔制御システムの一つとすることができる。監視および制御動作は、ローカル、遠隔で実行されてもよく、および／またはモバイルであってもよい。モバイル監視および制御は、スマートフォン、ラップトップ、可動デスクトップコンピュータワークステーション、タブレット、およびウェアラブルコンピューティングデバイスなどの1つまたは複数のモバイルデバイスを使用して実施され得る。いくつかの実施形態では、1人または複数のオペレータが、オペレータにフィードバックを提供する1つまたは複数のウェアラブルデバイスまたは他のモバイルデバイスを装備することができる。例えば、振動および／または可聴アラートを使用して、オペレータに警告を提供することができる。

30

40

【0067】

[0101]いくつかの実施形態では、「マン・イン・ザ・ループ（man-in-the-loop）」システムを含むマスタスレーブ操作システムにより制御に影響を及ぼすことができる。そのような実施形態では、オペレータは、作業スペースに対して遠隔のマスタシステムを制御することができる。オペレータが移動してマスタシステムを制御するとき、スレーブシステム（RMA）は即座かつ正確に応答することができる。作業スペースおよびRMAの少なくとも1つに配置された1つまたは複数のセンサが、オペレータにフィードバックを提供することができる。いくつかの実施形態では、RMAに設けられた1つまたは複数のセンサは、RMAに作用する任意の抵抗または他の力をシミュレートするために、触覚および他のフィードバックをオペレータに提供することができる。いくつかの

50

実施形態では、RMAは、マスタが、不可能なタスク、またはRMAもしくは作業スペースを損傷するタスクを実行するように指示する場合に、応答しない場合がある。例えば、マスタがRMAの動作範囲外または作業スペースの範囲外に移動するようにRMAに指示した場合、RMAは動作範囲または作業スペースの範囲に移動し、それ以上は移動できない。いくつかの実施形態は、マスタがあまりにも速く動かされた場合、スレーブが応答しないなどの追加の安全機構を組み込むことができる。いくつかの実施形態では、マスタシステムは、サイズを拡大縮小することができるスレーブシステムの正確なレプリカである。いくつかの実施形態では、マスタシステムは、例えばオペレータの腕に着用可能である。

【0068】

[0102]いくつかの実施形態では、他の作業を行う前に予備検査が実行される。予備検査は、自動的に作業を実行するようにRMAを事前にプログラムするために使用され得るデータを生成することができる。いくつかの実施形態では、オペレータは、自動的に作業を実行するためにRMAに他の所定のデータセットをプログラムすることができる。いくつかの実施形態では、品質管理または他の目的のための作業の後に作業スペースを検査することができる。エンドエフェクタおよび／またはツールの制御を、RMAおよび／またはスタンドアロンの制御に統合することができる。

【0069】

[0103] 仮想障壁

いくつかの実施形態では、作業空間の電子3次元マップを生成するために使用され得るデータを収集する動作の前に、1つまたは複数のセンサを使用して作業空間を走査することができる。2つ以上のセンサが作業空間の幾何形状に関するデータを収集するために使用される場合、データを、当技術分野で知られているセンサ融合技術を使用して組み合わせることができる。あるいは、またはさらに、作業空間の3次元マップは、空間の幾何形状に関する既知の情報を使用して手動で生成されてもよい。いくつかの実施形態では、3次元マップは、ユーザインタフェース上でオペレータが見ることができ、および／またはメモリに格納することができる。オペレータは、グローバル座標系およびその空間内の1つまたは複数のローカル座標系を設定することができる。作業空間の3次元マップの目的は、空間内のRMAの動作範囲を制限し得る、作業空間と空間内の任意のインフラストラクチャまたは物体との境界を画定することである。作業空間の幾何形状の知識は、空間内で自動的に作業を実行するようにRMAを事前にプログラムし、作業を手動で実行するときに空間内の物体への影響を避けるために使用され得る。

【0070】

[0104]1つまたは複数の仮想障壁を生成して、機器が作業空間内の表面および／または物体に接触することを防止し、RMAおよび作業空間の両方の完全性を保護することができる。作業空間の3次元マップは、作業空間の実際の物理的境界を画定する。仮想障壁は、物理的境界からオフセットされた1つまたは複数の仮想動作領域を画定し、この領域では、空間やRMAに損傷を与えずに作業空間内で安全に作業を実行できる。仮想障壁は、所定のオフセット値を使用して制御システムによって自動的に生成される、および／またはオペレータによって手動でプログラムもしくは編集される目に見えない「壁」である。仮想障壁のオフセットを、CNCマシンの作業領域をプログラムするのと同様の方法でプログラムすることができる。

【0071】

[0105]例示的な仮想障壁の実施形態を図14に示す。いくつかの実施形態では、不透過性仮想障壁905は、作業空間950内の表面900a、900bの1つまたは複数からオフセットされることができ、RMAが1つまたは複数の表面900a、900bに近づくことを防止するように働くことができる。いくつかの実施形態では、不透過性仮想障壁905は、作業が安全に実行され得る、1つまたは複数の表面900a、900bからの最小許容距離に設定され得る。図示の実施形態では、仮想障壁は、作業空間950内の壁900aおよび物体900bからオフセットされている。いくつかの実施形態では、透過

10

20

30

40

50

性仮想障壁 915 は、不透過性仮想障壁 905 または作業空間 950 内の 1 つまたは複数の表面 900 a, 900 b からオフセットされることができ、遭遇したときに触覚フィードバックおよび／または警告をオペレータに提供するように働くことができる。警告は、触覚、聴覚、および／または視覚のうちの 1 つであってもよい。いくつかの実施形態では、RMA が透過性仮想障壁 915 内にさらに進むにつれて、警告を強くしてもよい。

【0072】

[0106]いくつかの実施形態では、触覚フィードバックは抵抗の形態であってもよい。例えば、RMA が透過性仮想障壁 915 を横断するとき、RMA が不透過性仮想障壁 905 に遭遇するか抵抗を乗り越えられなくなるまで、抵抗は増加し得る。いくつかの実施形態では、1 つまたは複数の仮想障壁は、所定の値を使用して自動的に生成されてもよく、お

10

【0073】

[0107]インタフェース

制御システム 1000 の一実施形態を図 15 に示す。RMA 100 は、1 つまたは複数のセンサ 1700、1 つまたは複数のアクチュエータ 1730、1 つまたは複数のトランシーバ 1745、および制御システム 1000 を構成することができる。制御システム 1000 は、1 つまたは複数のプロセッサ 1710、1 つまたは複数のユーザインタフェース 1720、1 つまたは複数のトランシーバ 1740、1 つまたは複数のプログラマブルコントローラ 1750、メモリ 1760、および 1 つまたは複数の遠隔制御ステーション 1770 を備えることができる。プログラマブルコントローラ 1750 は、RMA 100 および／またはツールの柔軟な操作手段を提供して、機器に最適な制御ソリューションを可能にする。1 つまたは複数の遠隔制御ステーション 1770 は、カスタムオペレータインタフェースを提供することができる。1 つまたは複数のインタフェース 1720 は、機器制御のためのディスプレイ、タッチスクリーン、ジョイスティック、ボタン、トグル、スイッチ、および音声入力の中の 1 つまたは複数

20

30

【0074】

[0108]可能な制御システムおよびアクチュエータの実施形態の更なる詳細は、その全体が参照により本明細書に組み込まれる、2015 年 12 月 18 日に出願された、2014 年 12 月 19 日の優先日を有する“Systems and Methods for Chain Joint Cable Routing”と題する米国特許出願第 14 / 975544 号明細書に記載されている。

【0075】

[0109]いくつかの実施形態では、制御システムは、機能するためにオペレータからの 1 つまたは複数の形式の認証を必要とすることがある。いくつかの実施形態では、制御システムが、所定の期間内にタスクを与えられないなど、オペレータが適切に認証されたという確信を失った場合、オペレータに再認証を要求することができる。

40

【0076】

[0110]動作モード

いくつかの実施形態では、制御方法は、関節ごとの作動および逆運動学的作動の中の 1 つまたは複数を含むことができる。逆運動学は、オペレータがグリッパ／ツールの位置を制御することを可能にし、制御システムは、その位置を達成するために関節の動きを決定する。いくつかの実施形態では、制御は、オペレータが開始する個々の可変速度関節制御である。いくつかの実施形態では、関節制御を、実行される動作に応じてプッシュアンドホールドのタイプまたはバンプタイムベースのタイプのいずれかとする

50

【0077】

[0111]いくつかの実施形態では、制御システム1000は、柔軟で頑強な制御インタフェースを備えることができる。インタフェースは、機器のさまざまな正常動作および潜在的な非正常動作を適切に制御する2つ以上の制御モードを備えることができる。制御システム1000がさまざまな高レベル機能を潜在的に実行する能力を提供する主要な設計約は、RMA軸線上の統合位置フィードバックであり得る。RMA構成の情報を用いて、制御システムは、逆運動学および運動学計算を実行することができる。制御システムの2つの基本動作モードは、関節制御モードと逆運動学制御モードである。

【0078】

[0112]いくつかの実施形態では、関節制御モードは、単一軸線に対する開ループ制御を提供することができる。オペレータは、制御インタフェース上で制御するために所望の軸線を選択することができる。選択された軸線の制御は、ジョイスティック、または他の入力デバイスおよび／またはインタフェースによって提供されてもよい。関節制御モードは、逆運動学制御がタスクを実行するオペレータの能力を妨げる、回復動作中、較正動作中、および非正常動作中に使用され得る。開ループ関節制御モードでは、位置センサの故障時にRMAを取り外すことができる。

10

【0079】

[0113]いくつかの実施形態では、閉ループ逆運動学制御モードは、ツール／エンドエフェクタのx／y／z制御をオペレータに同時に提供することができる。逆運動学制御は、オペレータが床または作業スペース内の他の固定インフラストラクチャに対するツール／エンドエフェクタの向きを制御することを可能にし、オペレータが作業スペース内でツール／エンドエフェクタの位置（直交座標フレーム）を制御することを可能にする。

20

【0080】

[0114]RMAおよびツールを、手動または自動で操作できる。いくつかの実施形態では、一部の機能は自動であり、一部は手動である。いくつかの実施形態では、RMAは、調整可能な最大速度全体にわたって、各関節に対して可変速度制御を提供することができる。

【0081】

[0115]インタロック

いくつかの実施形態では、RMAは、効率的で、適切で、安全な機器動作を保証するために、1つまたは複数のインタロックを備えてもよい。いくつかの実施形態では、これらのインタロックは、深刻さとオペレータに示される認識が異なる。いくつかの実施形態では、アラーム、警告、および動作可能を含む3つのタイプのインタロックがある。

30

【0082】

[0116]いくつかの実施形態では、アラームは、機器の健全性を危険にさらす可能性のあるシステム動作を停止させることができ、一般に何らかの種類の表示、触覚、および／または聴覚フィードバックをオペレータに引き起こすことができる。制御システムのアラーム状態は、いくつかの実施形態では、提供されたシステムアラームのインタフェースおよびステータスに視覚的に表示され得る。いくつかの実施形態では、システムが再び動作可能になり得る前に、アラームがオペレータの確認および解決を必要とすることがある。いくつかの実施形態では、現存のアラーム状態がアクティブである場合、アラームはアクティブのままであり、リセット不可能であり得る。

40

【0083】

[0117]いくつかの実施形態では、警告は、オペレータへの表示、触覚、および／または聴覚フィードバックを含むことができるが、RMAに動作を中断させることはできない。通常の動作中に適切な機器の健全性を確保するために、制御システムによって動作インタロックを実行することができる。いくつかの実施形態では、動作インタロックはオペレータに識別され得ず、典型的にはバックグラウンドで実行される。例えば、液圧パワーユニットは、流体温度に応じてファンを作動／停止させる冷却インタロックを組み込むことができる。このインタロックは、システムの通常の動作ロジックで発生する可能性がある。

【0084】

50

[0118]制御システムは、機器の健全性および動作性を改善するために、（所望の制御オプションおよび機器フィードバックを考慮して）必要に応じて機器インタロックを提供することができる。いくつかの実施形態では、制御システムのインタロックを、3つの主要なレベルに分離することができる：

- ・機器有効インタロック - すべての動作（例えば、非常停止）の正常な動作のためのインタロック
- ・機器通常動作インタロック - 通常動作のためのインタロックであるが、非通常動作（例えば、液圧レベルが低い）には必要ない可能性があるインタロック
- ・機器動作特定インタロック - 特定のサブ動作（例えば、展開中にグリッパを閉位置にロックする初期展開動作中）のためのインタロック

10

【0085】

[0119]いくつかの実施形態では、制御システムは、いったん作動された機器からすべての動力を除去する緊急停止システムを含むことができる。いくつかの実施形態では、緊急停止システムは、制御および監視機器から電力を除去しない。いくつかの実施形態では、緊急停止システムは、緊急停止状態の間の動作フィードバックを可能にすることができる。緊急停止後、オペレータがシステムをリセットして機能させる必要がある場合がある。機器が停止またはシャットダウンすることがあるが、制御システムは、いくつかの実施形態では動作可能状態を維持することができ、アラートの発生、およびトラブルシューティング動作を可能にする。いくつかの実施形態における制御システム設計は、機器分離を可能にするために電気供給入力ポイントに電気切断スイッチを提供する。制御システムは、機器の安全性を確保するために電気規格を満たし、供給ロス時に、電気、液圧、および機械部品のフェイルセーフが得られるようにすることができる。

20

【0086】

[0120]センサ

いくつかの実施形態では、RMA100は、1つまたは複数のセンサを備えることができる。1つまたは複数のセンサは、接触センサ、非接触センサ、容量センサ、誘導センサ、3D撮像装置、カメラ、熱画像装置、温度計、圧力センサ、加速度計、慣性計測ユニット（IMU）、ロータリエンコーダ、レゾルバ、ストリングエンコーダ、放射線検出器、LIDAR、マイクロフォン、力センサ、荷重センサ、歪みセンサなどのうちの1つまたは複数のセンサを備えてもよい。いくつかの実施形態では、作業中に展開されたツールの位置を決定するために、1つまたは複数のセンサを使用することができる。いくつかの実施形態では、破局故障を防止するための安全機構として、システム内の1つまたは複数の位置での歪み、トルク、圧力、および環境条件のうちの少なくとも1つを監視するために、1つまたは複数のセンサを使用することができる。

30

【0087】

[0121]いくつかの実施形態では、RMA100は、1つまたは複数の撮像センサを含むことができる。1つまたは複数の撮像センサは、3D撮像装置、2D距離センサ、カメラ、熱画像装置、および放射線検出器などの1つまたは複数のセンサを備えてもよい。1つまたは複数の撮像センサを使用して、遠隔オペレータに検査および監視機能を提供することができる。1つまたは複数の撮像センサからの信号をリアルタイムで表示し、後でレビューするために記録し、および／または作業記録のために記録することができる。いくつかの実施形態では、作業のクローズアップ表示を可能にするために、1つまたは複数の撮像装置をエンドエフェクタに、またはエンドエフェクタに近接して取り付けることができる。いくつかの実施形態では、1つまたは複数の撮像装置を作業スペースに取り付けることができる。任意の1つまたは複数の撮像装置は、固定タイプまたはパンチルトズームタイプのうちの1つであってもよい。任意の1つまたは複数の撮像装置は、入力された動きパターンまたは規則に従うように、オペレータによって遠隔制御されるか、またはプリセットされてもよい。

40

【0088】

[0122]オペレータは、パン、チルト、ズーム（PTZ）、フォーカス、およびライトな

50

どの関連する制御機能で撮像装置を制御しながら、作業のための所望の撮像装置表示を選択し管理することができる。いくつかの実施形態では、1つまたは複数の撮像装置が、作業スペース内の作業の完全な視覚的カバレッジを提供することができる。1つまたは複数の撮像装置を、作業中の視覚的衝突回避のために使用することができる。オペレータへの聴覚フィードバックは、作業スペース内の任意の1つまたは複数の位置および／またはRMA100上の1つまたは複数の位置から提供されてもよい。

【0089】

[0123]インフラストラクチャおよび／または作業スペース内の他の表面との接触を検出するために、1つまたは複数のセンサをRMA100に含めることができる。いくつかの実施形態では、1つまたは複数のセンサは、影響の方向および大きさをオペレータおよび／または他の人員に伝えることができる6軸センサであってもよい。いくつかの実施形態では、1つまたは複数のセンサは、インフラストラクチャおよび／または作業スペース内の他の表面との接触を防止する近接警告システムとして機能することができる。いくつかの実施形態では、制御システムは、機器または作業スペースに損傷を与える可能性のある入力を処理しない場合がある。

10

【0090】

[0124]いくつかの実施形態では、前腕および／またはマストなどのシステム内の伸長可能な構成要素の伸長および／または速度を、1つまたは複数のストリングポテンシオメータを使用して測定することができる。マスト回転は、いくつかの実施形態では、ターンテーブル軸受に取り付けられた電気ギヤ付きモータによって動作することができ、位置フィードバックのためにレゾルバを使用することができる。いくつかの実施形態では、照明を、作業スペース内の1つまたは複数の位置および／または各撮像装置位置に設けることができる。

20

【0091】

[0125]図16に示す実施形態などのいくつかの実施形態では、RMA100は動的測定ユニット1010を備え、動的測定ユニット1010は、1つまたは複数の加速度計および1つまたは複数のレートセンサを備える。いくつかの実施形態では、RMA100は、前腕130、マスト、および肘のうちの少なくとも1つに取り付けられた1つまたは複数の非接触センサを備える。図示された実施形態では、非接触センサは、前腕130上の動的測定ユニット1010と一緒に配置される。動的測定ユニット1010は、直交座標系で動作するように構成された6自由度3軸センサとして構成され得る。いくつかの実施形態では、動的測定ユニット1010は、3つの加速度計と3つのレートセンサとを備え、加速度計とレートセンサが対になっており、各対は直交座標系の各軸線に沿った方向に向けられている。

30

【0092】

[0126]いくつかの実施形態では、前腕130、マスト、および肘の少なくとも1つに取り付けられた1つまたは複数の非接触センサ（図示せず）が、極基準座標フレーム内の作業空間における、範囲ならびに物体および／もしくは表面に対する方位角または方位などの物体測定値を報告する。いくつかの実施形態では、制御システム1000は、x、y、zの直交基準座標フレーム内の作業空間内の物体および／または表面を計算して表示する。これは、オペレータが作業空間をより直感的に3次元で表示できるように行われ、理解および視覚化が容易になる。このように、いくつかの実施形態では、非接触センサデータは、それが使用される前に直交基準座標フレームに変換されることになる。

40

【0093】

[0127]極基準座標フレームから直交基準座標フレームへの標準的な変換は、

$$x_m = r_m \cos \theta_m \text{ および } y_m = r_m \sin \theta_m, \quad (1)$$

であり、ここで、 r_m と θ_m は、それぞれ極基準座標フレームにおけるセンサターゲットの範囲と方位であり、 x_m と y_m は、それぞれ変換された直交座標フレームの降下範囲および交差範囲の座標である。ただし、測定値、平均および分散の統計値を扱う場合、極座標フレームから直交座標フレームへ直接変換するために上記の式を使用することはでき

50

ない。

【 0 0 9 4 】

[0128]しかし、範囲および方位の測定値における分散に関して測定値の不確実性が懸念される場合は、変換に追加の手順を検討する必要がある。変換中の分散の場合、標準変換は完全な楕円の誤差包絡線を生成しない。そうするために、(式1)から差し引かれて、範囲および方位測定値のより良好な値を得ることができる非バイアス補正項が存在してもよい。

【 0 0 9 5 】

[0129]標準的な変換のバイアスを取り除くことは、一般的に当該技術分野において十分に理解されており、十分に公表され、説明されている。以下の式は、極座標フレームから直交座標フレームへの非バイアス変換を与える：

【数 1】

$$x^{dc} = r_m \cos \theta_m - E[\tilde{x} | r_m, \theta_m], \quad (2)$$

$$y^{dc} = r_m \sin \theta_m - E[\tilde{y} | r_m, \theta_m], \quad (3)$$

ここで、 x^{dc} と y^{dc} は、最終的な降下範囲および交差範囲のセンサターゲットの非バイアス変換座標であり、

【数 2】

$$E[\tilde{x} | r_m, \theta_m] = r_m \cos \theta_m (e^{-\sigma_\theta^2} - e^{-\sigma_\theta^2/2}), \quad (4)$$

$$E[\tilde{y} | r_m, \theta_m] = r_m \sin \theta_m (e^{-\sigma_\theta^2} - e^{-\sigma_\theta^2/2}). \quad (5)$$

【 0 0 9 6 】

[0130]降下範囲および交差範囲の座標についての共分散行列 R_a は、

【数 3】

$$R_a^{11} = \text{var}(\tilde{x} | r_m, \theta_m) = r_m^2 e^{-2\sigma_\theta^2} [\cos^2 \theta_m (\cosh 2\sigma_\theta^2 - \cosh \sigma_\theta^2) + \sin^2 \theta_m (\sinh 2\sigma_\theta^2 - \sinh \sigma_\theta^2)] +$$

$$\sigma_r^2 e^{-2\sigma_\theta^2} [\cos^2 \theta_m (2 \cosh 2\sigma_\theta^2 - \cosh \sigma_\theta^2) + \sin^2 \theta_m (2 \sinh 2\sigma_\theta^2 - \sinh \sigma_\theta^2)], \quad (6)$$

$$R_a^{22} = \text{var}(\tilde{y} | r_m, \theta_m) = r_m^2 e^{-2\sigma_\theta^2} [\sin^2 \theta_m (\cosh 2\sigma_\theta^2 - \cosh \sigma_\theta^2) + \cos^2 \theta_m (\sinh 2\sigma_\theta^2 - \sinh \sigma_\theta^2)] +$$

$$\sigma_r^2 e^{-2\sigma_\theta^2} [\sin^2 \theta_m (2 \cosh 2\sigma_\theta^2 - \cosh \sigma_\theta^2) + \cos^2 \theta_m (2 \sinh 2\sigma_\theta^2 - \sinh \sigma_\theta^2)], \quad (7)$$

$$R_a^{12} = \text{cov}(\tilde{x}, \tilde{y} | r_m, \theta_m) = \sin \theta_m \cos \theta_m e^{-4\sigma_\theta^2} [\sigma_r^2 + (r_m^2 + \sigma_r^2)(1 - e^{\sigma_\theta^2})], \quad (8)$$

であり、ここで、 σ_r^2 と σ_θ^2 は、それぞれセンサの極基準座標フレームにおける範囲および方位の分散である。

【 0 0 9 7 】

[0131]機器の起動

電気供給時に、制御システムは、いくつかの実施形態では、機器起動安全状態で起動することができる。電気が供給されると、機器制御の始動は、オペレータインタフェースにおける、オペレータの開始または緊急停止システムのリセットおよびアラームリセットを必要とすることがある。オペレータがシステムを開始することにより、作業の前に機器のステータスおよび状態を要員が認識することが保証され得る。

【0098】

[0132] 機器のシャットダウン

いくつかの実施形態では、制御システムは、非常停止回路のトリガによって起動安全状態で機器をシャットダウンすることができる。いくつかの実施形態における制御システムの設計は、非常停止回路による動力の除去または電気供給の除去時に、機器が安全な状態で停止することを確実にする。無電力供給時のフェイルセーフ設計により、電氣的切断や絶縁などのハード機器のシャットダウンが可能である。

【0099】

[0133] 回復

いくつかの実施形態では、制御システムは、故障の場合に回復動作のために通常動作モードをオフにすることができる。ユーザインタフェースを介した機器の回復は、動作領域へのアクセスが困難な場合の機器回復の一次的なモードとすることができる。ユーザインタフェースを介して機器を回復することができない場合（例えば、プログラマブルコントローラが故障した場合）、オペレータは、回復のために液圧式または手動式の機械的手段を提供することができる。

【0100】

[0134] 非一時的なコンピュータ可読媒体

[0135] 上記の方法のさまざまな動作は、さまざまなハードウェアおよび／またはソフトウェアコンポーネント、回路、および／またはモジュールなど、動作を実行することができる任意の適切な手段によって実行され得る。一般に、図に示された任意の動作を、動作を実行することができる対応する機能的手段によって実行することができる。

【0101】

[0136] 本開示で説明されるさまざまな例示的な論理ブロック、モジュール、および回路は、汎用プロセッサ、デジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ信号（FPGA）または他のプログラマブルロジックデバイス（PLD）、ディスクリートゲートまたはトランジスタロジック、ディスクリートハードウェアコンポーネント、または本明細書に記載の機能を実行するように設計されたそれらの任意の組み合わせで実装または実行され得る。汎用プロセッサは、マイクロプロセッサであってもよいが、代替として、プロセッサは、市販されている任意のプロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ、または状態マシンであってもよい。プロセッサは、2つのコンピューティングコンポーネントの組み合わせ、例えば、DSPとマイクロプロセッサとの組み合わせ、複数のマイクロプロセッサ、DSPコアと組み合わせた1つまたは複数のマイクロプロセッサ、または他の任意のそのような構成として実装されてもよい。

【0102】

[0137] 1つまたは複数の態様では、説明された機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはそれらの任意の組み合わせで実装されてもよい。ソフトウェアに実装される場合、機能は、コンピュータ可読媒体上に1つまたは複数の命令またはコードとして記憶され、または伝送されてもよい。コンピュータ可読媒体は、コンピュータ記憶媒体と、ある場所から別の場所へのコンピュータプログラムの転送を容易にする任意の媒体を含む通信媒体の両方を含む。記憶媒体は、コンピュータによってアクセス可能な任意の利用可能な媒体であってもよい。限定ではなく例として、そのようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMもしくは他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置もしくは他の磁気記憶装置、または、所望のプログラムコードを命令もしくはデータ構造の形で実行するか記憶するために使用することができ、コンピュータによってアクセスすることができる任意の他の媒体を含むことができる。また、任意の接続は、コンピュータ可読媒体と適切に呼ばれる。例えば、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、デジタル加入者線（DSL）、または赤外線、無線、およびマイクロ波などの無線技術を使用して、ソフトウェアがウェブサイト、サーバ、または他の遠隔ソースから送信される場合、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、D

10

20

30

40

50

S L、または赤外線、無線、およびマイクロ波などの無線技術は、媒体の定義に含まれている。本明細書で使用するディスク (disk) およびディスク (disc) は、コンパクトディスク (compact disc、CD)、レーザディスク (laser disc)、光ディスク (optical disc)、DVD (digital versatile disc)、フロッピーディスク (floppy (登録商標) disk) およびブルーレイディスク (Blu-ray (登録商標) disc) を含み、ディスク (disk) は通常、データを磁氣的に再生し、ディスク (disc) はレーザで光学的にデータを再生する。したがって、いくつかの点で、コンピュータ可読媒体は、非一時的なコンピュータ可読媒体 (例えば、有形媒体) を含むことができる。さらに、いくつかの態様では、コンピュータ可読媒体は、一時的なコンピュータ可読媒体 (例えば、信号) を含むことができる。上記の組み合わせもまた、コンピュータ可読媒体の範囲内に含まれるべきである。

10

【0103】

[0138] 本明細書で開示される方法は、記載された方法を達成するための1つまたは複数のステップまたは動作を含む。方法のステップおよび／または動作は、特許請求の範囲から逸脱することなく、相互に交換され得る。換言すれば、ステップまたは動作の特定の順序が指定されない限り、特定のステップおよび／または動作の順序および／または使用は、特許請求の範囲から逸脱することなく変更され得る。一実装形態で説明されたプロセスまたはステップを、他の説明された実装形態のステップと適切に組み合わせることができる。

20

【0104】

[0139] 説明された機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはそれらの任意の組み合わせで実装されてもよい。ソフトウェアに実装される場合、機能は、コンピュータ可読媒体上に1つまたは複数の命令として格納されてもよい。記憶媒体は、コンピュータによってアクセス可能な任意の利用可能な媒体であってもよい。限定ではなく例として、そのようなコンピュータ可読媒体は、RAM、ROM、EEPROM、CD-ROMもしくは他の光ディスク記憶装置、磁気ディスク記憶装置もしくは他の磁気記憶装置、または、所望のプログラムコードを命令もしくはデータ構造の形で実行するか記憶するために使用することができ、コンピュータによってアクセスすることができる任意の他の媒体を含むことができる。本明細書で使用するディスク (disk) およびディスク (disc) は、コンパクトディスク (compact disc、CD)、レーザディスク (laser disc)、光ディスク (optical disc)、DVD (digital versatile disc)、フロッピーディスク (floppy disk) およびブルーレイ (登録商標) ディスク (Blu-ray (登録商標) disc) を含み、ディスクは通常、データを磁氣的に再生し、ディスクはレーザで光学的にデータを再生する。

30

【0105】

[0140] したがって、特定の態様は、本明細書に提示される動作を実行するためのコンピュータプログラム製品を含むことができる。例えば、このようなコンピュータプログラム製品は、格納した (および／または符号化した) 命令を有するコンピュータ可読媒体を含むことができ、命令は、本明細書に記載の動作を実行するために1つまたは複数のプロセッサによって実行可能である。特定の態様では、コンピュータプログラム製品は、包装材料を含むことができる。

40

【0106】

[0141] ソフトウェアまたは命令は、伝送媒体を介して伝送されてもよい。例えば、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、デジタル加入者線 (DSL)、または赤外線、無線、およびマイクロ波などの無線技術を使用して、ソフトウェアがウェブサイト、サーバ、または他の遠隔ソースから伝送される場合、同軸ケーブル、光ファイバケーブル、ツイストペア、DSL、または赤外線、無線、およびマイクロ波などの無線技術は、伝送媒体の定義に含まれている。

50

【0107】

[0142]さらに、本明細書で説明される方法および技術を実行するためのモジュールおよび／または他の適切な手段は、適用可能な場合にユーザ端末および／または基地局によってダウンロードおよび／または取得され得ることを理解されたい。例えば、そのようなデバイスを、本明細書に記載の方法を実行するための手段の転送を容易にするためにサーバに連結することができる。あるいは、本明細書に記載されたさまざまな方法は、ユーザ端末および／または基地局が、記憶手段をデバイスに連結または提供する際にさまざまな方法を得ることができるように、記憶手段（例えば、RAM、ROM、CD（コンパクトディスク）またはフロッピーディスクなどの物理記憶媒体、等）を介して提供され得る。

【0108】

[0143]特許請求の範囲は、上述した正確な構成および構成要素に限定されないことを理解されたい。特許請求の範囲から逸脱することなく、上述した方法および装置の配置、動作および詳細に、さまざまな修正、変更および変形を加えることができる。

【0109】

[0144]便宜上、動作は、さまざまな相互接続された機能ブロックまたは別個のソフトウェアモジュールとして説明される。ただし、これは必ずしも必要ではなく、これらの機能ブロックまたはモジュールが等価的に集約されて不明瞭な境界を有する単一の論理デバイス、プログラムまたはオペレーションになる場合がある。いずれにしても、機能ブロックおよびソフトウェアモジュールまたは記載された特徴を、それ自体で、またはハードウェアもしくはソフトウェアのいずれかの他のオペレーションと組み合わせて実装することができる。

【0110】

[0145]本明細書に開示されたシステム、方法、プロセス、および／または装置の原理をその好ましい実施形態で記載し例示したが、そのような原理から逸脱することなく、システム、方法、プロセス、および／または装置を構成および詳細において変更することができることは明らかである。請求項は、添付の特許請求の範囲の趣旨および範囲内に含まれるすべての修正および変形を対象とする。

【符号の説明】

【0111】

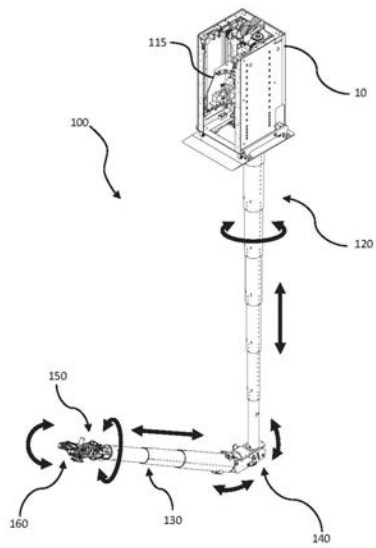
10…支持フレーム、100…RMA、105…外部支持体、112…カム経路、115…キャリッジ、120…マスト、130…前腕、140…肘、141…マスト-肘旋回軸、142…前腕-肘旋回軸、150…手首、155…前腕連結機構、手首連結機構、160…エンドエフェクタ、グリッパ、161…ジョー、162…リンク機構、165…エンドエフェクタ連結機構、180…ウォータジェットツール、210…ツールハンドリングシステム、900a…表面、900b…表面、905…不透過性仮想障壁、915…透過性仮想障壁、950…作業空間、1000…制御システム、1010…動的測定ユニット、1700…センサ、1710…プロセッサ、1720…ユーザインタフェース、1730…アクチュエータ、1740…トランシーバ、1745…トランシーバ、1750…プログラマブルコントローラ、1760…メモリ、1770…遠隔制御ステーション

10

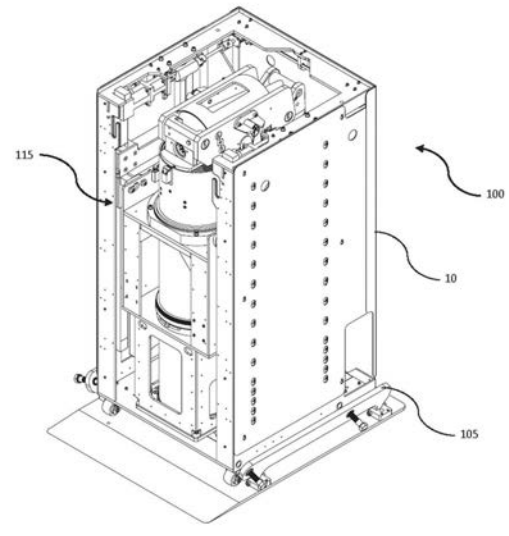
20

30

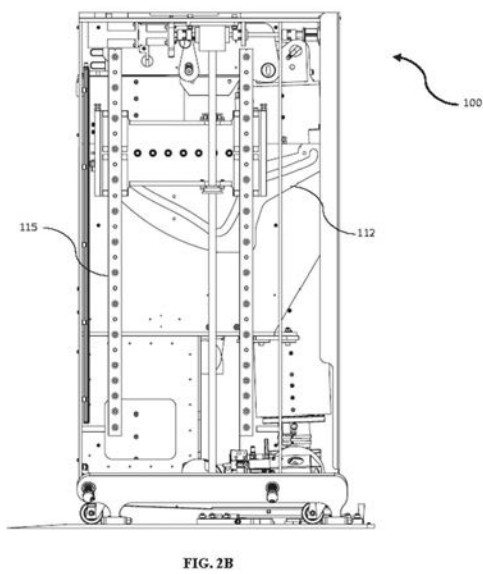
【図 1】



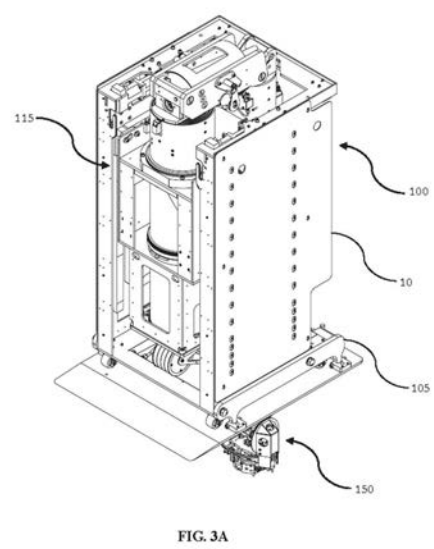
【図 2 A】



【図 2 B】



【図 3 A】



【図 3 B】

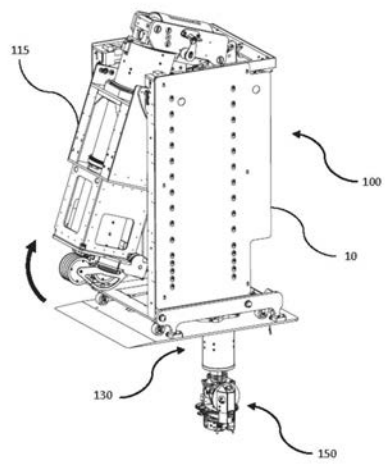


FIG. 3B

【図 3 C】

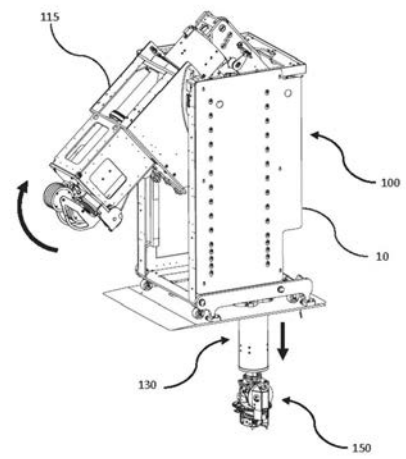


FIG. 3C

【図 3 D】

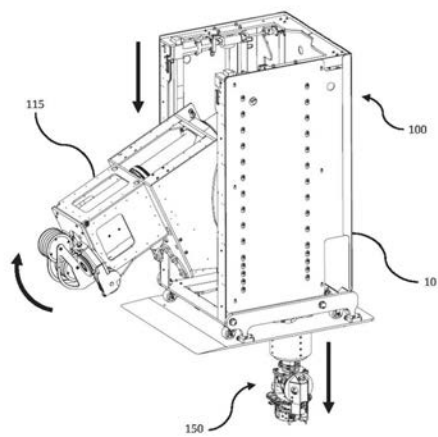


FIG. 3D

【図 3 E】

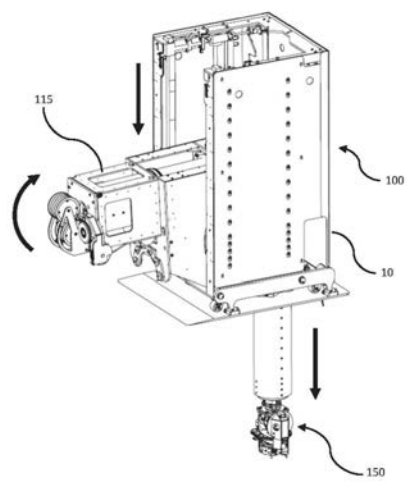


FIG. 3E

【図 3 F】

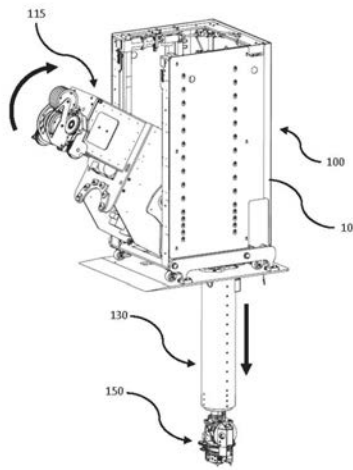


FIG. 3F

【図 3 G】

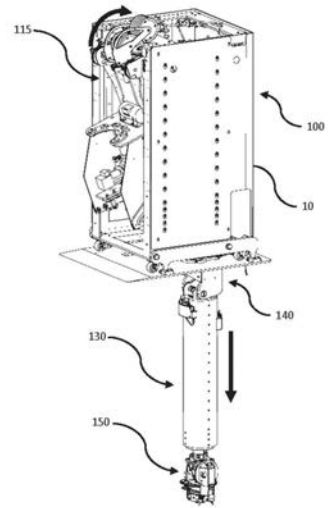


FIG. 3G

【図 4 A】

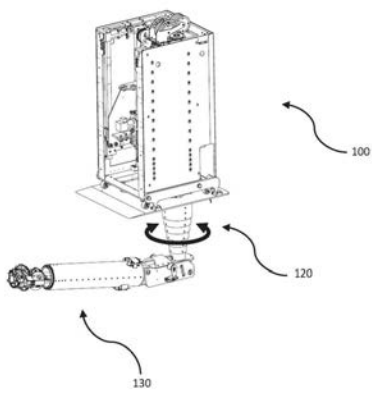


FIG. 4A

【図 4 B】

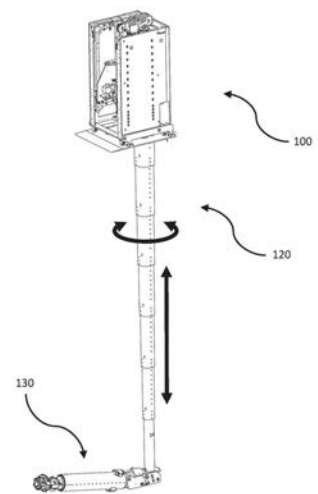


FIG. 4B

【図 5】

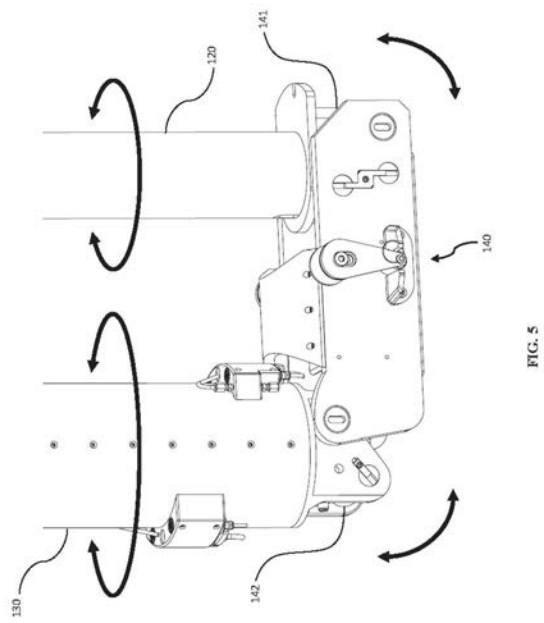


FIG. 5

【図 6 A】

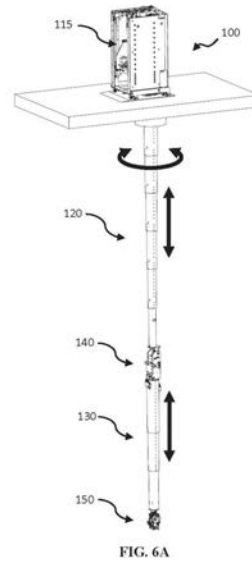


FIG. 6A

【図 6 B】

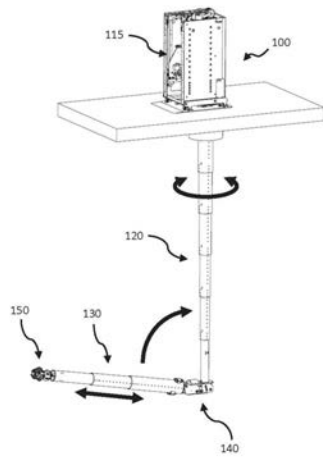


FIG. 6B

【図 6 C】

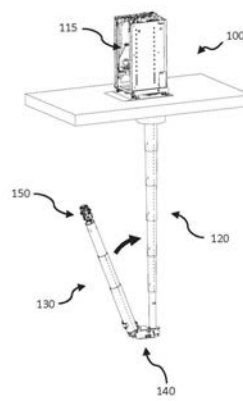


FIG. 6C

【図 7 A】

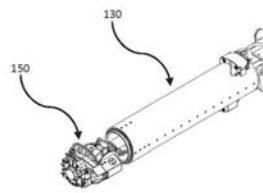


FIG. 7A

【図 7 B】

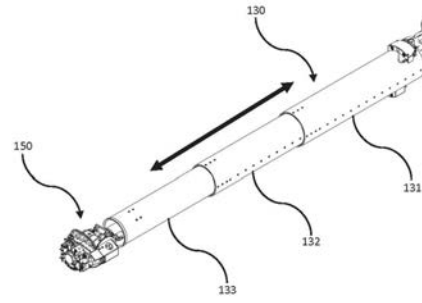


FIG. 7B

【図 8 A】

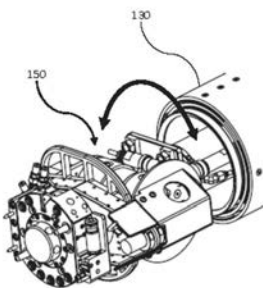


FIG. 8A

【図 8 B】

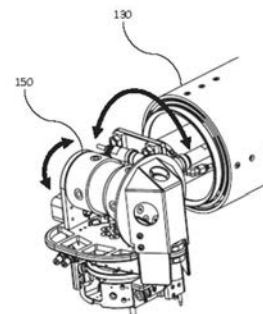
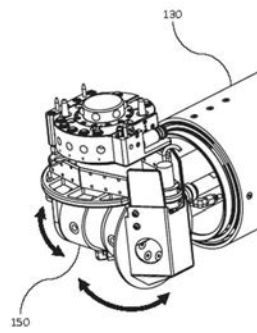
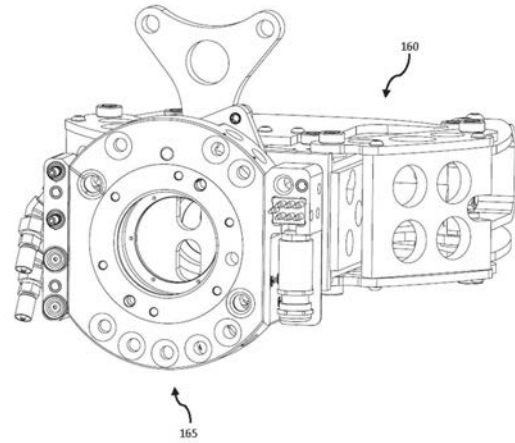


FIG. 8B

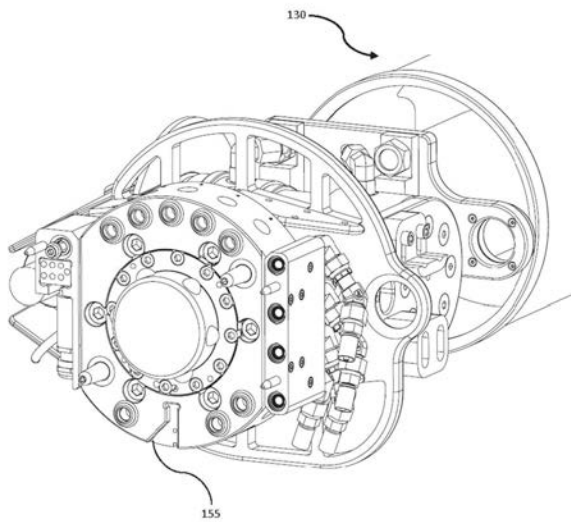
【図 8 C】



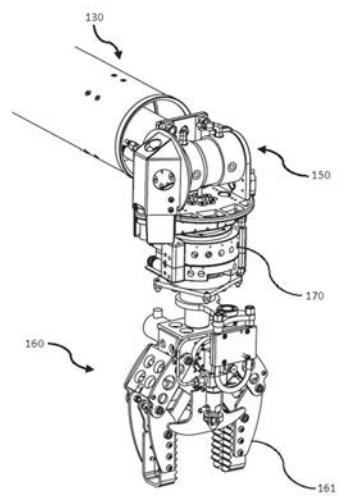
【図 9 A】



【図 9 B】



【図 9 C】



【図 9 D】

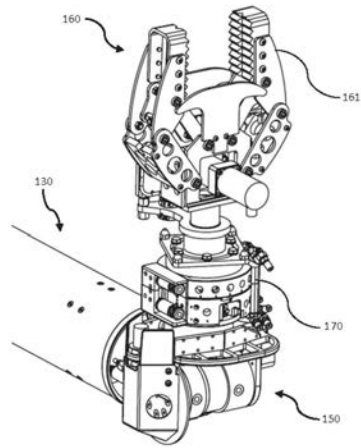


FIG. 9D

【図 1 0 A】

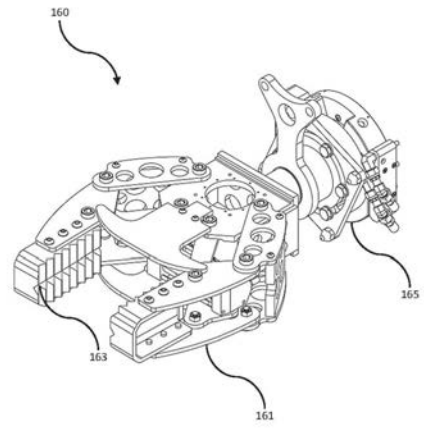


FIG. 10A

【図 1 0 B】

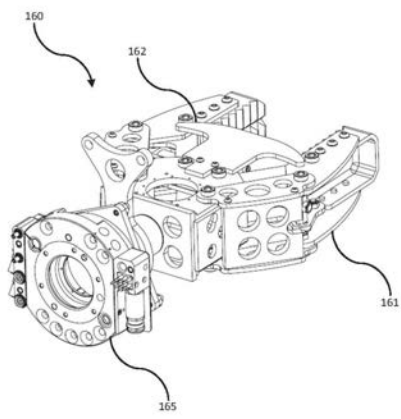


FIG. 10B

【図 1 1 A】

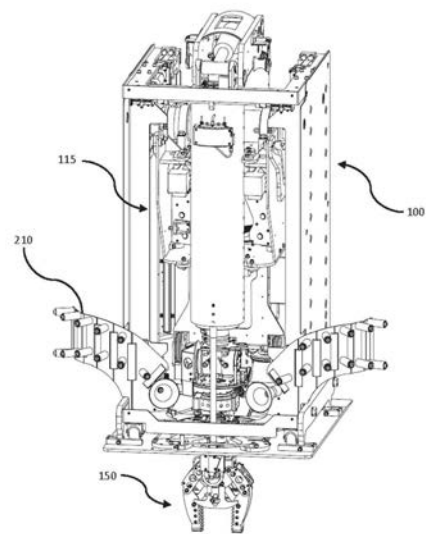


FIG. 11A

【図 1 1 B】

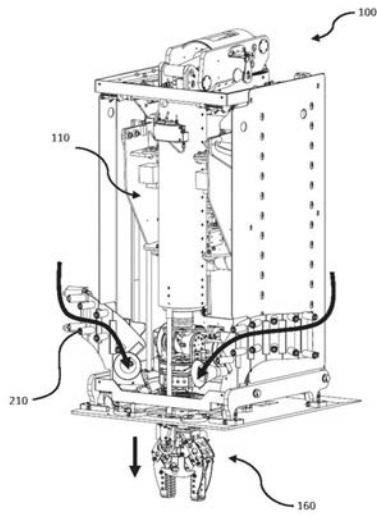


FIG. 11B

【図 1 1 C】

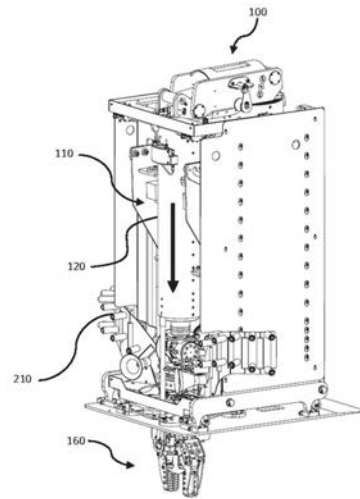


FIG. 11C

【図 1 2】

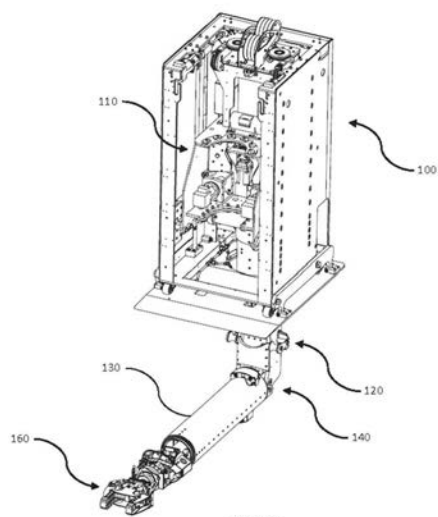


FIG. 12

【図 1 3】

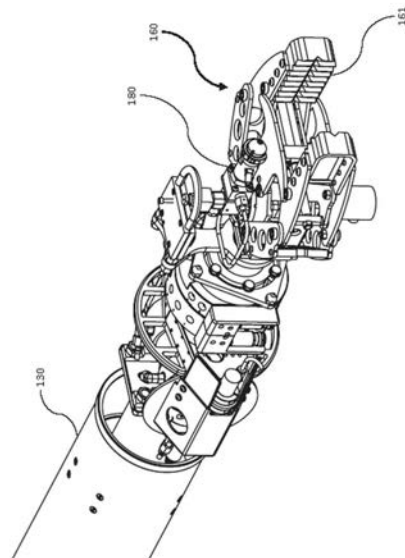
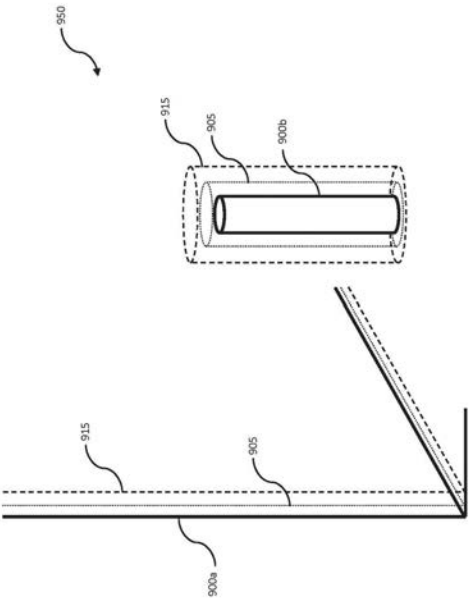
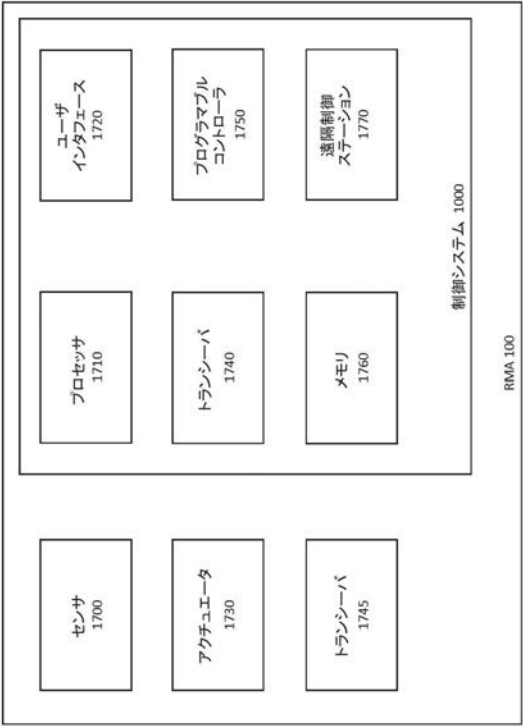


FIG. 13

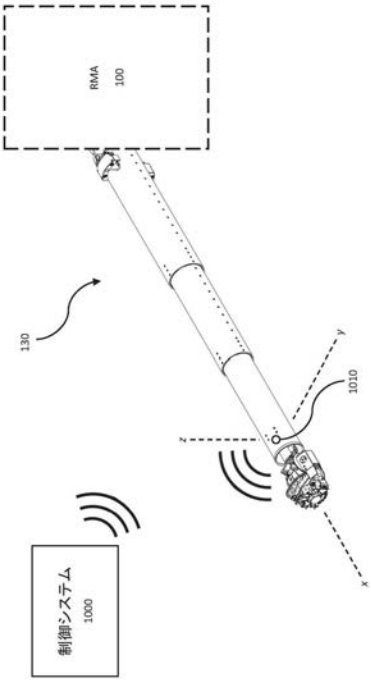
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



フロントページの続き

- (72)発明者 スコット マーティン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, アーヴァイン, メイン ストリート 2020, ス
イート ナンバー300
- (72)発明者 ポール リンバー
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, アーヴァイン, メイン ストリート 2020, ス
イート ナンバー300
- (72)発明者 マーク ルード
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, アーヴァイン, メイン ストリート 2020, ス
イート ナンバー300
- (72)発明者 マット デンバー コール
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, アーヴァイン, メイン ストリート 2020, ス
イート ナンバー300

Fターム(参考) 3C707 BS07 BT05 CU03 CV02 CV10 CW02 CW07 CW08 CW10 JT04
JT05 KS23 KX05 LV19 MS09 MS10

【外国語明細書】
2017209781000001.pdf