

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-511707

(P2017-511707A)

(43) 公表日 平成29年4月27日(2017.4.27)

(51) Int.Cl.	F 1		テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/12 (2006.01)	A 6 1 B 8/12		3 C 7 0 7
B 2 5 J 13/08 (2006.01)	B 2 5 J 13/08	Z	4 C 6 0 1
A 6 1 B 8/14 (2006.01)	A 6 1 B 8/14		
A 6 1 B 34/35 (2016.01)	A 6 1 B 34/35		

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2016-547081 (P2016-547081)
(86) (22) 出願日	平成27年1月15日 (2015.1.15)
(85) 翻訳文提出日	平成28年7月15日 (2016.7.15)
(86) 國際出願番号	PCT/IB2015/050302
(87) 國際公開番号	W02015/110937
(87) 國際公開日	平成27年7月30日 (2015.7.30)
(31) 優先権主張番号	61/931,203
(32) 優先日	平成26年1月24日 (2014.1.24)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(71) 出願人 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーネー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhoven
 (74) 代理人 100122769
 弁理士 笛田 秀仙

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】経食道心エコーブロープ用のセンサレス力制御

(57) 【要約】

ケーブル駆動される遠位端（例えば、プローブ、ステア可能なカテーテル、ガイドワイヤ及び結腸内視鏡）を有する介入ツール14のセンサレス力制御のためのロボットアクチュエーションシステムが提供される。システムは、1又は複数のモータ駆動ギアに、介入ツール14のケーブル駆動を操作させるロボットアクチュエータ30を用いる。システムは更に、介入ツール14のアクチュエーション位置及び接触力の同時制御のためのモータコマンドを生成するために、ロボットワークステーション20を用いる。モータコマンドは、アクチュエーション位置測定、及び介入ツール14の所望のアクチュエーション位置のための少なくとも1つのモータ駆動ギアのモータ電流測定の関数である。

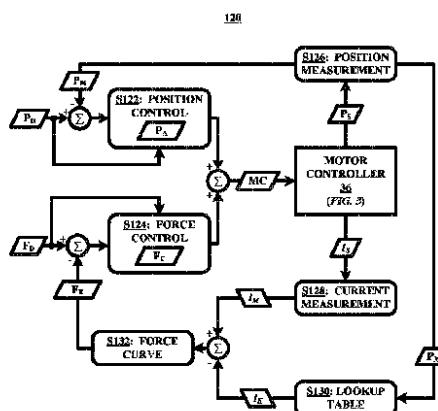


FIG. 13

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ケーブル駆動される遠位端を有する介入ツールのセンサレス力制御のためのロボットアクチュエーションシステムであって、

アクチュエーション位置のレンジにおいて前記介入ツールを制御するロボットアクチュエータであって、前記介入ツールのケーブル駆動を操作する少なくとも1つのモータ駆動ギアを有する、ロボットアクチュエータと、

前記少なくとも1つのモータ駆動ギアに接続され、前記介入ツールのアクチュエーション位置及び接触力を同時に制御するためのモータコマンドを生成するロボットワークステーションであって、アクチュエーション位置測定、及び前記介入ツールの所望のアクチュエーション位置についての前記少なくとも1つのモータ駆動ギアのモータ電流測定の関数として、前記モータコマンドを生成する、ロボットワークステーションと、
を有するロボットアクチュエーションシステム。

【請求項 2】

前記ロボットワークステーションは、前記介入ツールの所望のアクチュエーション位置に関連付けられる少なくとも1つの各モータ駆動ギアの所望のモータ位置に対する、少なくとも1つの各モータ駆動ギアの測定されたモータ位置の比較の関数として、モータ位置誤差を生成する、請求項1に記載のロボットアクチュエーションシステム。

【請求項 3】

前記ロボットワークステーションは、前記モータ駆動ギアの所望のモータ電流に対する、前記モータ駆動ギアの期待されるモータ電流の比較の関数として、接触力誤差を生成する、請求項1に記載のロボットアクチュエーションシステム。

【請求項 4】

前記ロボットワークステーションは、前記介入ツールの所望のアクチュエーション位置に関連付けられる少なくとも1つの各モータ駆動ギアの所望のモータ位置に対する、少なくとも1つの各モータ駆動の測定されたモータ位置の比較の関数として、モータ位置誤差を生成し、

前記ロボットワークステーションは、前記モータ駆動ギアの所望のモータ電流に対する、前記モータ駆動ギアの期待されるモータ電流の比較の関数として、接触力誤差を生成し、

前記モータコマンドが、前記モータ位置誤差及び前記接触力誤差を最小限にするために前記ロボットワークステーションによって生成される、請求項1に記載のロボットアクチュエーションシステム。

【請求項 5】

前記ロボットワークステーションは、少なくとも1つの各モータ駆動ギアの測定されたモータ位置について期待されるモータ電流を含む較正ルックアップテーブルを有し、

前記ロボットワークステーションは、前記介入ツールの力対モータ電流曲線を含む較正曲線を有し、

前記ロボットワークステーションは、前記較正ルックアップテーブル及び前記較正曲線から、前記介入ツールの期待される接触力を導き出す、請求項3に記載のロボットアクチュエーションシステム。

【請求項 6】

前記ロボットワークステーションは、少なくとも1つの期待されるモータ電流を出力するために、前記較正ルックアップテーブルに、少なくとも1つの各モータ駆動ギアの測定されたモータ位置を入力する、請求項5に記載のロボットアクチュエーションシステム。

【請求項 7】

前記ロボットワークステーションは、前記介入ツールの前記期待される接触力を出力するために、前記較正曲線に少なくとも1つの各モータ駆動ギアの前記少なくとも1つの期待されるモータ電流及び測定されたモータ電流を適用する、請求項6に記載のロボットアクチュエーションシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

前記介入ツールが、プローブ、ステア可能なカテーテル、ガイドワイヤ及び結腸内視鏡を含むケーブル駆動される介入ツールのグループのうちの 1 つである、請求項 1 に記載のロボットアクチュエーションシステム。

【請求項 9】

前記ロボットアクチュエータは更に、前記介入ツールのハンドルに前記少なくとも 1 つのモータ駆動ギアを係合したものを収容するためのアクチュエーションチャンバを規定するために、ハンドルベース及びハンドルカバーの結合を有する、請求項 1 に記載のロボットアクチュエーションシステム。

【請求項 10】

ケーブル駆動の遠位端を有する介入ツールのセンサレス力制御のためのロボットワークステーションであって、

前記介入ツールと係合する少なくとも 1 つの各モータ駆動ギアの測定されたモータ位置について期待されるモータ電流を含む較正ルックアップテーブルを生成するアクチュエーション位置較正器と、

前記介入ツールのための力対モータ電流曲線を含む較正曲線を生成する力制御較正器と、

前記アクチュエーション位置較正器及び前記力制御較正器に接続され、前記較正ルックアップテーブル及び前記較正曲線から導き出される前記介入ツールのアクチュエーション位置及び接触力の同時制御のためのモータコマンドを生成するアクチュエーションコントローラと、

を有し、前記ロボットワークステーションは、アクチュエーション位置測定及び前記介入ツールの所望のアクチュエーション位置のための少なくとも 1 つのモータ駆動ギアのモータ電流測定の関数として、前記モータコマンドを生成する、ロボットワークステーション。

【請求項 11】

前記アクチュエーションコントローラは、前記介入ツールの所望のアクチュエーション位置に関連付けられる少なくとも 1 つの各モータ駆動ギアの所望のモータ位置に対する、少なくとも 1 つの各モータ駆動ギアの測定されたモータ位置の比較の関数として、モータ位置誤差を生成し、

前記ロボットワークステーションは、前記モータ駆動ギアの所望のモータ電流に対する、前記モータ駆動ギアの期待されるモータ電流の比較の関数として、接触力誤差を生成し、

前記モータコマンドは、前記モータ位置誤差及び前記接触力誤差を最小限にするために前記アクチュエータコントローラによって生成される、請求項 10 に記載のロボットワークステーション。

【請求項 12】

前記アクチュエーションコントローラは、前記較正ルックアップテーブル及び前記較正曲線から、前記介入ツールの期待される接触力を導き出す、請求項 11 に記載のロボットワークステーション。

【請求項 13】

前記アクチュエーションコントローラは、少なくとも 1 つの期待されるモータ電流を出力するために、前記較正ルックアップテーブルに、少なくとも 1 つの各モータ駆動ギアの測定されたモータ位置を入力する、請求項 12 に記載のロボットワークステーション。

【請求項 14】

前記アクチュエーションコントローラは、前記介入ツールの期待される接触力を出力するために、前記較正曲線に、少なくとも 1 つの各モータ駆動ギアの少なくとも 1 つの期待されるモータ電流及び測定されたモータ電流を適用する、請求項 14 に記載のロボットワークステーション。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

前記介入ツールは、プローブ、ステア可能なカテーテル、ガイドワイヤ及び結腸内視鏡を含むケーブル駆動される介入ツールのグループのうちの1つである、請求項14に記載のロボットワークステーション。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、経食道心エコー（「TEE」）プローブに関する。本発明は、特に、介入プロシージャ中のTEEプローブのセンサレスな力制御に関する。

【背景技術】

【0002】

経食道心エコー法は、構造心臓疾患（「SHD」）の処置の間、心臓の解剖学的構造及び介入デバイスを視覚化するために一般に使用されている。図1は、超音波ワークステーション11及びX線スキャナを有する検査室10内の現場スタッフの典型的な配置を示しており、X線スキャナのCアーム12が図示されている。SHD手術の間、心エコー検査技師13は、TEEプローブ14を保持し、TEEプローブ14は、患者16の心臓を視覚化するために、患者16の口を通じて食道に通される。心臓専門医15は、X線Cアーム12及び手術テーブル17の向こう側に位置する。心臓専門医15は、さまざまな異なる診断又は治療プロシージャを実施するために、TEEプローブ14を介するX線ガイダンス及び超音波ガイダンス下、動脈切開部から心臓に介入デバイス（図示せず）（例えばカテーテル及びガイドワイヤ）をナビゲートする。例えば僧帽弁クリップ配置又は経カテーテル大動脈弁置換術（「TAVR」）のようなプロシージャは、時間がかかることがある、複雑でありうる。更に、プロシージャの間、ターゲット解剖学的構造の適当な視覚化を確実にすることは、心エコー検査技師13の責任であり、心エコー検査技師は、プロシージャの持続中、TEEプローブ14の先端の位置に対する一定の小さい調整を行わなければならない。

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

実際、図1の手術条件は、いくつかの課題を示す。第1の課題は、疲労及び貧弱な視覚化である。具体的には、適当な視覚化は、適切な解剖学的構造が視野内にあること、及び適切な音響結合を達成するためにトランスデューサヘッドと食道壁との間に必要な接触力が達成されること、の両方を確実にすることを含む。この目的で、TEEプローブ14のヘッドの位置及び向きは、ターゲット構造の適当な視覚化を維持するために、プロシージャの持続中一定の微小な調整を必要とする。これは、長いプロシージャの間の心エコー検査技師13による疲労及び貧弱な視覚化につながりうる。

【0004】

第2の課題は、X線曝露である。具体的には、長さをもつTEEプローブ14は、介入X線システムの線源のすぐ近くに心エコー検査技師13を位置させ、こうして、プロシージャの最中、心エコー検査技師13のX線曝露を最大にする。

【0005】

第3の課題は、コミュニケーション及び視覚化である。プロシージャの特定のフェーズの間、心臓専門医15は、どの構造を視覚化すべきかを心エコー検査技師13に指示するので、心臓専門医15及び心エコー検査技師13は、常にコミュニケーションをとらなければならない。3D超音波ボリュームを解釈する難しさと、X線システム及び超音波システムによって表示される異なる座標系が提供される場合、心エコー検査技師13は、心臓専門医15の意図を理解することは困難でありうる。

【0006】

本発明は、これらの課題に対処するために、ロボットアクチュエーションシステムを提供する。概して、図2に示すように、ロボットアクチュエータシステムを用いるロボットアクチュエータシステムを有する検査室10b内の現場スタッフの新しい配置は、TEE

プローブ 14 の超音波イメージングボリュームを調整する TEE プローブ 14 の 2 自由度と 4 自由度との間の遠隔制御のために、ロボットワークステーション 20 及びロボットアクチュエータ 30 を用いる。更に、ここに記述されるように、ロボットアクチュエータ 30 は、既存の及びさまざまなタイプの TEE プローブ 14 に組み込まれる能力を有することができるとともに、心エコー検査技師 13 が何らかの理由で TEE プローブ 14 の手動動作に戻ることを決める場合に、TEE プローブ 14 から迅速に取り外される能力を有することができる。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、TEE プローブ 14 のロボット制御から生じる潜在的な問題は安全性である。特に、TEE プローブ 14 のダイヤルが、心エコー検査技師 13 の手ではなく、ロータアクチュエータ 30 によって移動されるので、触覚フィードバックがない（すなわち、プローブ 14 が患者 16 の食道上の過剰な力を及ぼしているかどうかを心エコー検査技師 13 が感じることができない）。

10

【 0 0 0 8 】

ロボットの力制御は、例えば研摩又は組立てのようなアプリケーションの技術において知られている。これら的方法は、ロボットエンドエフェクタ上又はロボット関節における力又はトルクを検出するために、力センサを使用する。同様に、プローブ - 組織接触力は、当技術分野において知られている力センサによって測定ができる。しかしながら、力センサによりプローブ - 組織接触力を測定することに関するいくつかの問題がある。

20

【 0 0 0 9 】

第 1 に、TEE プローブ 14 は、複数の力センサを有するように変更される必要がある。患者 16 の安全性及び快適さのために、TEE プローブ 14 のサイズは、可能な限り小さくなければならない。逆に、ガイダンス及び診断目的のために、TEE プローブ 14 のイメージング素子は、視野を増大するために可能な限り大きくされるべきである。これらの制約に関して、TEE プローブ 14 のヘッドに新しいエレクトロニクスを加えることは、TEE プローブ 14 の主な機能、すなわち、超音波画像の取得に支障を来すことがある。

【 0 0 1 0 】

第 2 に、センサは、TEE プローブ 14 の離散的なロケーションにのみ配置されることができ、他方、患者 16 に対する外傷が、全体の TEE プローブ 14 の長さに沿ったいかなるポイントでも発生しうる。

30

【 0 0 1 1 】

第 3 に、直接的な力センシングが使われる場合、力センサベースの制御システムは、専ら新しく製造されるプローブとのみ使用されることができる。しかしながら、当分野すでに展開されている TEE プローブ 14 と共に力制御システムを使用することが有利である。

【 0 0 1 2 】

センサレス力制御は、力が、システムの他のパラメータから導出される技術（最も一般にはモータの電流）においても知られている。従来のロボットアプリケーションにおいて、力及び位置は、切り離される。これらのアプリケーションにおいて、制御スキームは、経路制御及び力制御を組み合わせる。例えば、経路制御ループは、不適合モードにおいてプロセスを制御することができ、力制御ループは、適合モードにおいてシステムを制御することができる。これらのデュアルループは、同時に動作することができる。更に、従来のロボットアプリケーションにおいて、エンドエフェクタのモータの電流は、ロボット全体の位置に依存せず、これはセンサレス力制御を簡略化する。

40

【 0 0 1 3 】

TEE プローブ 14 の力制御の問題は、全体のアクチュエーションが TEE プローブ 14 の近位端部で行われるという理由で、ケーブル駆動される類の装置（例えば TEE 超音波プローブ及びカテーテル）にユニークであり、結果的に幾つかの問題にいたる。まず、

50

ロボットアクチュエータ30の各モータにおいてセンスされる又は測定される力は、TEEプローブ14が組織に及ぼしている力及びTEEプローブ14の全長の形状に依存する。第2に、ロボットアクチュエータ30のモータにおいてセンスされる又は測定される力は、ケーブルを引っ張るのに必要とされる力を含む。この力は、TEEプローブ14のヘッドの位置に依存して変わる。

【0014】

本発明は、ロボットアクチュエータ30からのTEEプローブ14の先端位置／力の同時の算出を処理するロボットワークステーション20によって、TEEプローブ14のセンサレス力制御を提供する。これはTEEプローブ14の安全な遠隔操作を可能にし、それによって、患者16の食道に対する外傷のリスクを低減し、更に、ロボットワークステーション20及びロボットアクチュエータ30が、当分野においてすでに展開されているプローブと共に利用されることを可能にする。

10

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の1つの形態は、ケーブル駆動される遠位端を有する介入ツール（例えば、プローブ、ステア可能なカテーテル、ガイドワイヤ及び結腸内視鏡）のセンサレス力制御のためのロボットアクチュエーションシステムである。システムは、1又は複数のモータ駆動ギアに介入ツールのケーブル駆動を操作させるロボットアクチュエータを用いる。システムは、介入ツールのアクチュエーション位置及び接触力を同時に制御するためのモータコマンドを生成するために、ロボットワークステーションを更に用いる。モータコマンドは、介入ツールの所望のアクチュエーション位置について、少なくとも1つのモータ駆動ギアのモータ電流測定及びアクチュエーション位置測定の関数である。

20

【0016】

本発明の上述の形態及び他の形態並びに本発明のさまざまな特徴及び効果は、添付の図面に関連して読まれる本発明のさまざまな実施形態の以下の詳細な説明から一層明らかになる。詳細な説明及び図面は、本発明を単に説明するものであって、制限するものではなく、本発明の範囲は、添付の請求項及びそれらと等価のものによって規定される。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】当分野において知られているTEEプローブの例示的な手動アクチュエーションを示す図。

30

【図2】本発明によるTEEプローブの遠隔制御されるアクチュエーションの例示的な実施形態を示す図。

【図3】当分野において知られている例示のTEEプローブを示す図。

【図4A】図3に示されるTEEプローブのアクチュエーションダイヤル及び本発明によるモータ駆動ギアの例示の係合を示す図。

【図4B】図3に示されるTEEプローブのアクチュエーションダイヤル及び本発明によるモータ駆動ギアの例示の係合を示す図。

【図5】本発明によるロボットアクチュエータの例示の実施形態を示す図。

【図6A】本発明によるプローブハンドルベースの例示の実施形態を示す図。

40

【図6B】本発明によるプローブハンドルカバーの例示の実施形態を示す図。

【図7】本発明による図6A及び図6Bに示されるプローブハンドルベース及びプローブハンドルカバーの概略的な実施形態を示す図。

【図8A】本発明によるアクチュエータプラットホームの例示の実施形態を示す図。

【図8B】本発明によるアクチュエータプラットホームの例示の実施形態を示す図。

【図9A】図8A及び図8Bに示されるアクチュエータプラットホームの動作を示す図。

【図9B】図8A及び図8Bに示されるアクチュエータプラットホームの動作を示す図。

【図9C】図8A及び図8Bに示されるアクチュエータプラットホームの動作を示す図。

【図9D】図8A及び図8Bに示されるアクチュエータプラットホームの動作を示す図。

【図10】本発明によるロボットワークステーションの例示の実施形態を示す図。

50

【図11】本発明によるアクチュエーション位置較正方法の例示の実施形態を示すフローチャート。

【図12】本発明による接触力較正方法の例示の実施形態を示すフローチャート。

【図13】本発明によるセンサレス力制御の例示の実施形態を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明の理解を容易にするために、本発明のロボットアクチュエーションシステム及びさまざまなコンポーネントの例示の実施形態は、図3に示すようにTEEプローブの遠隔制御アクチュエーションの状況において記述される。これらの記述から、当業者は、任意のタイプのプロシージャのための適切な設計の超音波プローブ及び他の腱駆動可撓性デバイス（例えば結腸内視鏡、胃カメラ、その他）に、本発明のロボットアクチュエーションシステムの原理を適用する方法を理解する。

【0019】

図3を参照して、当分野において知られているTEEプローブ40は、ハンドル41と、ハンドル41に取り付けられる近位端部42p及び超音波トランスデューサ43を有する遠位ヘッド端部42dを有する細長いプローブと、を用いる。TEEプローブ40は、プローブヘッド42dのヨー自由度を調整するヨーアクチュエーションダイヤル43と、プローブヘッド42のピッチ自由度を調整するピッチアクチュエーションダイヤル44とを用いる。

【0020】

本発明は、ヨーアクチュエーションダイヤル43及びピッチアクチュエーションダイヤル44のアクチュエーションを制御するモータ駆動ギアを提供する。例えば、図4Aに示すように、本発明の摩擦ギア31は、ヨーアクチュエーションダイヤル43の回転を制御するための十分なトルクを伝達するためにヨーアクチュエーションダイヤル43と摩擦係合するように設計される。図4Bに示すように他の例によれば、本発明のクラウンギア32は、ピッチアクチュエーションダイヤル44の回転を制御するために、ヨーアクチュエーションダイヤル43と接触せずにピッチアクチュエーションダイヤル44と機械的に係合するように設計される。

【0021】

実際、ロボットアクチュエータ30（図2）のギアの設計は、係合されることが意図されるプローブの対応するアクチュエーションダイヤルの設計に依存するが、ロボットアクチュエータ30の実施形態は、ギア31及び32の状況においてここに記述される。

【0022】

図5を参照して、ロボットアクチュエータ30の一実施形態は、1又は複数の磁気カップラ37を通じて磁気的に結合されるときにアクチュエーションチャンバを規定するために、凹形内側表面33aを有するプローブハンドルカバー33と、凹形内側表面33bを有するプローブハンドルベース34を用いる。動作中、チャンバはプローブのアクチュエーションダイヤルを収容し、特に手術環境がプローブの手動制御を指図する場合、磁気結合は、所望のプローブの容易な除去を容易にする利点を提供する。

【0023】

ロボットアクチュエータ30は、各々のギア31及び32用のモータ35及びモータコントローラ36（「M C O N T R O L」）を更に用い、ロボットワークステーション20のモータコントローラ36への電気結合を通じて、ロボットワークステーション20（図2）によって制御可能なモータ駆動ギアを与える。動作中、モータ駆動ギアは、プローブのアクチュエーションダイヤルを係合し回転させるのに十分であり、これは、プローブハンドルカバー33の軽量設計を容易にする。

【0024】

更に、ロボットアクチュエータ30が作動される環境（例えば手術室）に依存して、当分野において知られているプローブハンドルベース34及び/又はアクチュエータプラットホーム38が、環境内の座標系にロボットアクチュエータ30を固定するために利用さ

10

20

30

40

50

れることができる。例えば、プローブハンドルベース 3 4 及び / 又はアクチュエータプラットホーム 3 8 は、手術室内的座標系にロボットアクチュエータ 3 0 を固定するために、固定具、手術テーブル、手術機器又は他のやり方で任意の対象に、取り付けられることがある。

【 0 0 2 5 】

図 6 A 及び図 6 B を参照して、ロボットアクチュエータ 3 0 の概略的な実施形態は、プローブ（例えば表示されるプローブハンドル 4 1）のアクチュエーションダイヤルを制御するために、プローブハンドルベース 5 0 及びプローブハンドルカバー 6 0 を用いる。具体的には、プローブハンドルカバー 5 0 は、凹形内側表面 5 1 を有し、プローブハンドルベース 6 0 は、凹形内側表面 6 1 を有し、これらは、プローブハンドルベース 5 0 の磁気手段 5 2 a 及びプローブハンドルカバー 6 0 のスチールロケータピン 6 2 b を通じて磁気的に結合されるときにアクチュエーションチャンバを規定する。

10

【 0 0 2 6 】

プローブハンドルベース 5 0 は、ロボットワークステーション 2 0（図 2）に電気的に接続されるモータ制御盤 5 3 を用い、プローブハンドルカバー 6 0 は、モータ 6 4（例えば 2 つのスパーギヤを介するブラシ DC モータ）に電気的に接続されるモータ制御盤 6 3 を用いる。モータ制御盤 5 3 及び 6 3 は、モータコントローラを形成するために、プローブハンドルベース 5 0 及びプローブハンドルカバー 6 0 の磁気結合に応じて係合される電気接点（図示せず）（例えばバネ接触）を有する。モータコントローラ 5 3 a / 6 3 a は、クラウンギア 6 5 に対するモータ 6 4 a の電流制御を実現し、それによりクラウンギア 6 5 の回転を制御する。同様に、モータコントローラ 5 3 b / 6 3 b は、クラウンギア 6 5 と同心の摩擦ギア 6 6 に対するモータ 6 4 b の電流制御を実施し、それにより摩擦ギア 6 6 の回転を制御する。

20

【 0 0 2 7 】

図 7 は、プローブハンドル 1 4 1 のアクチュエーションダイヤル（図示せず）を収容し制御するために、プローブハンドルベース 1 5 0 及びプローブハンドルカバー 1 6 0 の磁気結合を有するロボットアクチュエータ 1 3 0 の審美的な実際のビューを示す。

【 0 0 2 8 】

図 8 A 及び図 8 B は、一対のレール 7 1、一対のスライダ 7 2、一対の回転モータ 7 3 及びクランク軸 7 5 を用いるアクチュエータプラットホーム 3 8（図 5）の一実施形態 7 0 を示す。当技術分野において知られている技法によって、スライダ 7 2 は、レール 7 1 に摺動可能に結合されるとともに回転モータ 7 3 に固定され、クランク軸 7 5 は、回転モータ 7 3 に回転可能に結合される。動作中、プラットホームコントローラ 7 6 は、スライダ 7 2 の移動の従来の制御を通じて、矢印方向の一方においてレール 7 1 に沿ってクランクシャフト 7 5 を横方向に移動させるために、及び回転モータ 7 3 の制御を通じて回転軸 RA を中心にクランク軸 7 5 を回転させるために（例えば、図 8 B に示される 180° の回転）、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア及び / 又は回路を用いる。実際、回転モータ 7 3 は、プローブハンドル、プローブ自体及び / 又はプローブの配線の一部を支持するためのグローブ 7 4 を有することができる。

30

【 0 0 2 9 】

クランクシャフト 7 5 の重要性は、クランクシャフト 7 5 が、図 9 A 及び図 9 B の矢印によって例示的に示されるように横方向に移動され、又は図 9 C 及び図 9 D に示されるように回転軸 RA を中心にされるとき、プローブハンドルの回転軸 RA との回転アライメントを維持することである。具体的には、クランクシャフト 7 5 は、プローブハンドル（「PH」）ベース 5 0 を通って延び、プローブハンドルベース 5 0 とプローブハンドルカバー 6 0 との間に位置するプローブハンドル 4 1 は、回転方向において回転軸 RA にアラインされる。

40

【 0 0 3 0 】

従って、レール 7 1 上を横方向に摺動するスライダ 7 2 の制御を介したクランクシャフト 7 5 の横方向の移動は、図 9 A 及び図 9 B に例示的に示されるように、回転方向における

50

る回転軸 R Aとのアライメントを保ちつつプローブハンドル 4 0を横方向に移動させる。更に、回転モータ 7 3の制御を介した回転軸 R Aを中心とするクランクシャフト 7 5の回転運動は、図 9 C及び図 9 Dに示されるように、回転軸 R Aを中心にプローブハンドル 4 0を回転させる。

【0031】

実際に、図 7に示すアクチュエータプラットホーム 7 0は、プローブ 4 0の遠位ヘッド 4 2 dのピッティング及び／又はヨーイングを可能にするために、横方向運動及び回転運動の付加の 2 度の自由度を提供する。

【0032】

図 1に戻って、ロボットワークステーション 2 0は、ユーザ入力部を介してロボットアクチュエータ 3 0のモータ駆動ギアに対するモータコマンドを生成するための技法を実行するための、当技術分野において知られているハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア及び／又は回路によって構造的に構成される。実際、ロボットワークステーション 2 0は、被検体プローブの特定のアクチュエーションスキームのためのモータコマンドを生成するために、任意の知られている技法を実現することができる。特に TEE プローブ 1 4に関して、ロボットワークステーション 2 0は、プローブ 1 4の遠位ヘッドのピッチ自由度及びヨー自由度を制御するためにモータコマンドを生成する知られている技法を実行する。更に、アクチュエータプラットホーム 7 0又は任意の他のアクチュエータプラットホームが、プローブ 1 4の遠位ヘッドの横方向運動及び回転運動を容易にする場合、アクチュエータプラットホームのコントローラは、ロボットワークステーション 2 0に結合される又はロボットワークステーション 2 0内に組み込まれるスタンドアロンのコントローラでありうる。アクチュエータプラットホームのコントローラが、ロボットワークステーション 2 0内に結合され又は組み込まれる場合、ロボットワークステーション 2 0は、ユーザ入力部を介してアクチュエータプラットホームのコントローラに対する運動コマンドを生成する知られている技法を実行するための、当分野において知られているハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア及び／又は回路によって構造的に構成される。

【0033】

更に実際に、ロボットワークステーション 2 0は、ロボットアクチュエーションシステムの 1 又は複数のユーザとインタフェースするための知られているコンポーネント及びスキームを実現することができる。特に図 1を参照して、直接制御スキームにおいて、ロボットワークステーション 2 0は、心エコー検査技師 1 3による TEE プローブ 1 4のヘッドの直接制御を容易にするために、適当なユーザインタフェース（図示せず）（例えばジョイスティック、マウス、タッチスクリーン、その他）を用いる。共同制御スキームにおいて、ロボットワークステーション 2 0は、心エコー検査技師 1 3及び心臓専門医 1 5による TEE プローブ 1 4のヘッドの共有される制御を容易にするために適当なユーザインタフェース（図示せず）（例えばジョイスティック、マウス、タッチスクリーン、その他）を用いる。

【0034】

図 1 0を参照して、ロボットワークステーション 2 0は、TEE プローブ 1 4（図 2）のアクチュエーションを制御するために、本発明に従ってロボットアクチュエータ 3 0（図 2）に対しモータコマンドを生成するハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア及び／又は回路によって構造的に構成される。実際、ロボットワークステーション 2 0は、このようなモータコマンドの生成に適した任意の技法を実行することができる。

【0035】

一実施形態において、ロボットワークステーション 3 0は、（1）TEE プローブ 1 4のヘッドの位置／形状とロボットアクチュエータ 3 0のモータ電流との間の動作関係を確立するプローブ較正方法と、（2）TEE プローブ 1 4のアクチュエーション位置及び接触力の同時制御と、を含む本発明のセンサレス力制御スキームを組み込むためにその中に搭載されるモジュール 2 2 - 2 4 のネットワーク 2 1を用いる。図 4 A及び図 4 Bに示されるように個々のアクチュエーションダイヤル 4 2 及び 4 3 の角度位置に対するギア 3 1

10

20

30

40

50

及び 3 2 の角度位置の 1 対 1 の対応が重要である。

【 0 0 3 6 】

図 1 1 を参照して、フローチャート 8 0 は、アクチュエーション位置較正器 2 2 (図 1 0) によって実行される本発明のアクチュエーション位置較正方法を表す。フローチャート 8 0 のステージ S 8 2 は、ロボットアクチュエータ 3 0 による T E E プローブ 1 4 のプローブアクチュエーションサイクルを起動する較正器 2 2 を含み、フローチャート 8 0 のステージ S 8 4 は、較正器 2 2 に通信されるロボットアクチュエータ 3 0 によるモータ電流の測定を含む。

【 0 0 3 7 】

具体的には、ステージ S 8 2 について、T E E プローブ 1 4 は、複数の配置に位置付けられることができ、それらのうち 2 つの可能性がある形状配置 9 0 及び 9 1 が図示されている。具体的には、配置 9 0 は、T E E プローブ 1 4 が手術テーブル (図示せず) と平行に載置されることを必要とし、又は、配置 9 1 は、T E E プローブ 1 4 が手術テーブルに対し垂直に載置されることを必要とする。いずれの配置においても、T E E プローブ 1 4 は、自由に動かされることを可能にされ、それにより、T E E プローブ 1 4 のヘッドに及ぼされる付加の力がなく、T E E プローブ 1 4 はヘッドをまっすぐに保持したままにする。

【 0 0 3 8 】

プローブ較正サイクルは、ロボットアクチュエータ 3 0 が、指定された程度のサンプルレートで、第 2 の自由度の複数の角度において第 1 の自由度の完全な角度レンジにわたって T E E プローブ 1 4 のヘッドを移動させることを含む。T E E プローブ 1 4 に関するよう、ロボットアクチュエータ 3 0 は、ピッチアクチュエーションダイヤルの多数の角度位置について、ヨーアクチュエーションダイヤルをそのフルレンジの角度位置にわたって、指定されたサンプルレートで回転させる。例えば、5 度ごと及び - 9 0 度から 9 0 度までのフルレンジのサンプリングレートで、ロボットアクチュエータ 3 0 は、ピッチアクチュエーションダイヤルの角度位置の 5 度ごとに、ヨーアクチュエーションダイヤルをフルレンジにわたって 5 度ずつ回転させる。

【 0 0 3 9 】

各サンプリングは、ロボットアクチュエータ 3 0 の各モータのモータ電流の測定及び記憶を含む。センサレス力制御を容易にするために、ステージ S 8 4 は、測定されたモータ電流のルックアップテーブルの生成を伴うことができる。以下の表は、(動きレンジ) ^2 / (サンプリングレート) ^2 + 1 エレメント数から導き出される 6 4 9 のエントリのための例示的なルックアップテーブルである (選択された 1 0 のエントリのみが示されていることを注意されたい) :

10

20

30

ヨーダイヤル (度)	ピッチ ダイヤル (度)	ヨーモータ電流 (mA)	ピッチモータ電流 (mA)
-90	-90	256	195
...
0	0	0	0
5	0	87	0
10	0	96	0
...
0	5	0	43
0	10	0	65
...
5	5	93	55
10	5	108	59
...
90	85	254	202
90	90	259	203

10

20

30

40

50

【0040】

較正器22は、プローブアクチュエーションサイクルの終了までステージS82/S84をループする。

【0041】

図12を参照して、フローチャート100は、接触力較正器23(図8)によって実行される本発明の接触力較正方法を表す。フローチャート100のステージS102は、フローチャート80(図11)のステージS82について上述したように、ロボットアクチュエータ30によるTEEプローブ14のプローブアクチュエーションサイクルを起動する較正器23を含み、フローチャート100のステージS104は、較正器23に通信される力センサによる力の測定を含み、これは、力/モータ電流比を生成する。

【0042】

具体的には、ステージS102について、TEEプローブ14のヘッドは、知られている機械特性をもつ2つのばねにより2つの力センサに取り付けられる。1つの力センサは、プローブヘッドに対して垂直に取り付けられ、力センサ102は、例えば図10に示すようにTEEプローブ14のヘッドに対し垂直に取り付けられる。他方の力センサ(図示せず)は、プローブヘッドと同じ面に取り付けられる。プローブヘッドが直線的な配置110を有する場合には力がゼロであるように、及びプローブヘッドが曲がった配置(例えば曲がった配置111)を有する場合は力がゼロ以外であるように、バネが構成される。

【0043】

モータ電流及び力の値は、ステージS104の間に記録される。電流及び力の値は、各々の自由度についてヒステリシス曲線を形成することが期待され、これは、以下に説明さ

れるように接触力制御を容易にするために正確な1つの力／モータ電流比があることを確実にするよう、ラインがこれらの値にフィットされることを可能にする。

【0044】

較正器23は、プローブアクチュエーションサイクルの終了までステージS102/S104をループする。

【0045】

図13を参照して、アクチュエーションコントローラ24(図8)は、アクチュエーション位置及び接触力を同時に制御する制御スキーム120を実現する。基本的に、TEEプローブ14のヘッドの所望のアクチュエーション位置 P_D は、位置制御のためジョイスティック、キーボード又は任意の他の入力装置を介してロボットワークステーション20のユーザによってコントローラ24に通信され、それに応じて、コントローラ24は、位置制御ステージS122の間、ギア／アクチュエーションダイヤルの対応する角度位置によって達成されるTEEプローブ14のヘッドの特定のピッチ及びヨーに関してTEEプローブ14のアクチュエーション位置 P_A を生成する。更に、組織との接触を維持し音響結合を保証するように一般にゼロより大きい定数値であるTEEプローブ14の所望の力 F_D が、力制御ステージS124の間、コントローラ24に通信され、それにより、コントローラ24は、TEEプローブ14のアクチュエーション位置 P_A について接触力補正 F_C を生成する。

10

【0046】

モータコマンド M_C の生成は、アクチュエーション位置 P_A と測定されたモータ位置 P_M との間の位置誤差及び接触力補正 F_C と期待される接触力 F_E との間で接触力誤差を最小限にするという観点で、アクチュエーション位置 P_A に対する接触力補正 F_C の適用を含む。

20

【0047】

具体的には、ロボットアクチュエータ40のモータコントローラ36(図5)は、スキーム120の個々のステージS126及びS128の間、センスされたモータ位置 P_S 及びセンスされたモータ電流 I_S をコントローラ24に連続的に通信する。それに応じて、コントローラ24は、センスされたモータ位置 P_S を周期的に測定し、測定されたモータ位置 P_M を、TEEプローブ14のヘッドの所望のアクチュエーション位置 P_D に関連付けられるモータ位置と比較し、結果的に得られる位置誤差は、位置誤差を最小限にするように設計される位置制御ステージS122への入力となる。実際に、コントローラ24は、位置誤差を最小限にするための当技術分野において知られている任意の制御技法(例えばPID制御)を実行することができる。

30

【0048】

コントローラ24は、センスされたモータ電流 I_S を周期的に同期して測定し、センスされ測定されたモータ電流 I_S を、期待されるモータ電流 I_E に組み合わせ、期待されるモータ電流 I_E は、較正器22(図11)によって生成されるステージS130のルックアップテーブルに、測定されたモータ位置 P_M を入力することによって計算される。ルックアップテーブルは、2つのダイヤルの位置の2つの入力を取得し、各々の自由度に2つの期待される電流値 I_E を返す。ステージS132の間、期待される電流値 I_E 及び測定されたモータ電流値 I_M は、TEEプローブ14のヘッド上の期待される接触力 F_E を算出するために、較正器23(図12)によって計算される供給される電流対力曲線(C_F)に供給される。

40

【0049】

力制御ステージS124は、所望の接触力 F_D 及び期待される接触力 F_E の比較から、接触力補正 F_C を受け取り、TEEプローブ14のヘッドによって及ぼされる力を制限するために、位置制御ステージS122によって生成される経路を調整する。1つの実施形態において、この運動をモデル化する直接的な方法は、接触表面が理想ばねとして振る舞うことを仮定する：

$$\Delta f = K(x - x_0)$$

上式で、 f は、力誤差信号であり、 x は接触点の位置であり、 x_0 は、障害物がない場合の TEE プローブ 14 の位置であり、 K は、患者の食道の弾性定数（文献において知られている値が使用されることができる）である。 x_0 は、TEE プローブ 14 の運動モデルから知られることができ、直接的なリンクがモータコマンドと力との間にある。位置制御値と同様に：

$$x = \frac{\Delta f}{K} + x_0$$

10

【0050】

コントローラ 24 は、プロシージャの間、スキーム 120 のステージをループする。

【0051】

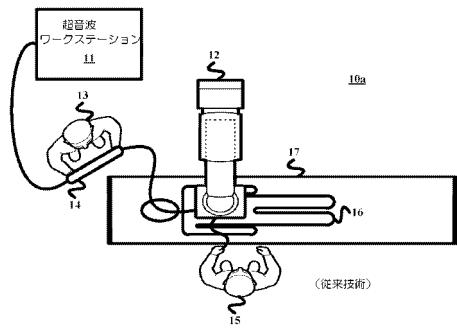
図 1 - 図 11 を参照して、当業者であれば、ケーブル駆動の介入ツール（例えば、TEE プローブ、ステア可能なカテーテル、ガイドワイヤ、結腸内視鏡、その他）を含む任意のプロシージャのためのセンサレス力制御を非限定期的な例として含む本発明の多数の利点を理解する。

20

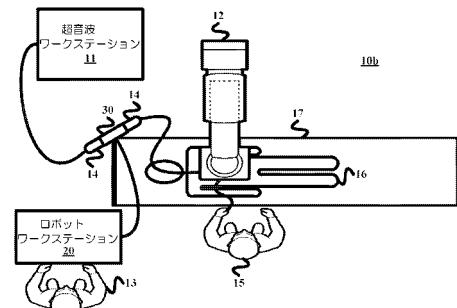
【0052】

本発明の各種実施形態が図示され記述されているが、当業者により、ここに記述される本発明の実施形態は説明的であり、さまざまな変形及び変更は実施されることができ、等価なものは、本発明の真の範囲を逸脱しない範囲でそれらの素子と置き換えられることができることが理解される。更に、多くの変更が、その中心の範囲を逸脱することなく本発明の教示を適応させるために行われることができる。従って、本発明は、本発明を実施するために企図される最良の形態として開示される特定の実施形態に制限されず、本発明は、添付の請求項の範囲内にあるすべての実施形態を含むことが意図される。

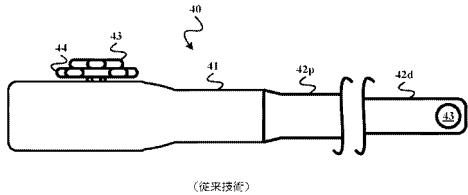
【図1】



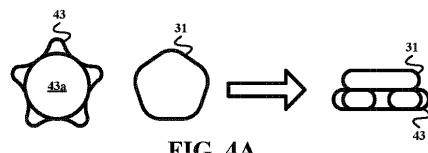
【図2】



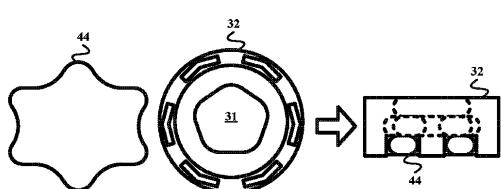
【図3】



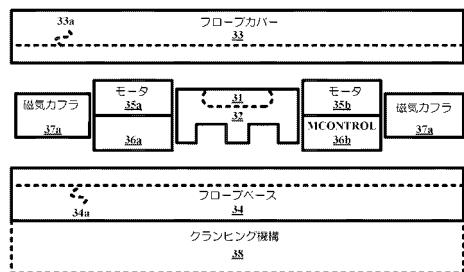
【図4A】



【図4B】



【図5】



【図6A】

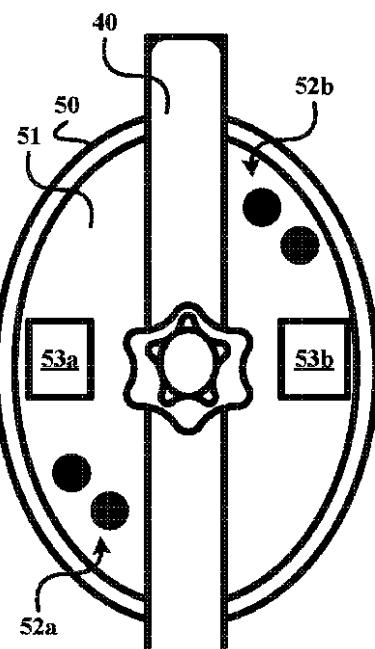


FIG. 6A

【図 6 B】

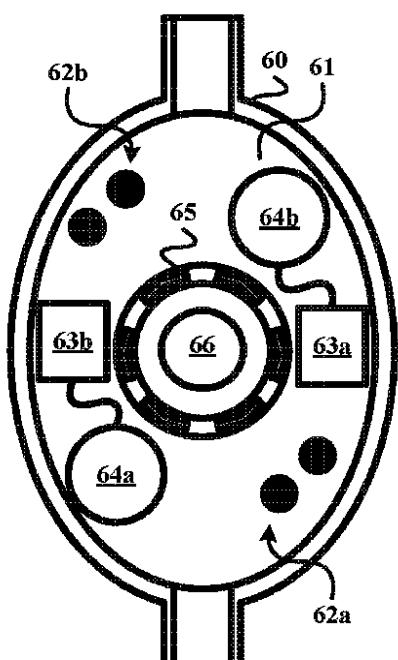


FIG. 6B

【図 7】

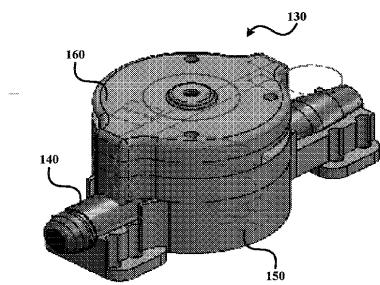
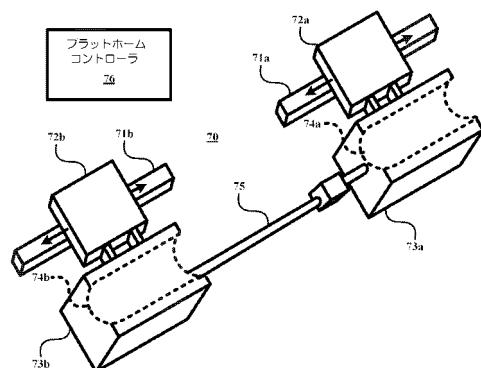


FIG. 7

【図 8 A】



【図 8 B】

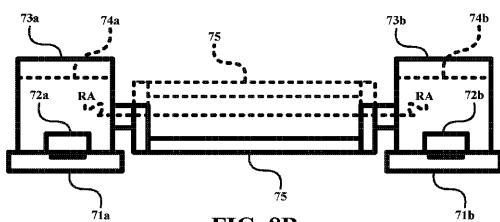
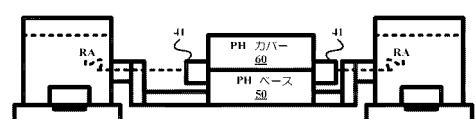
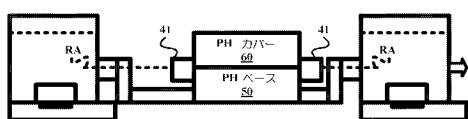


FIG. 8B

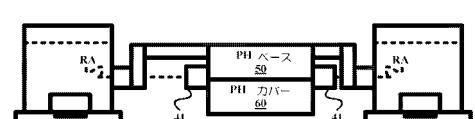
【図 9 C】



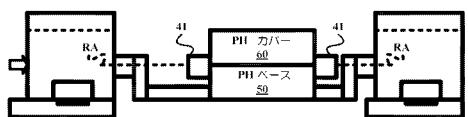
【図 9 A】



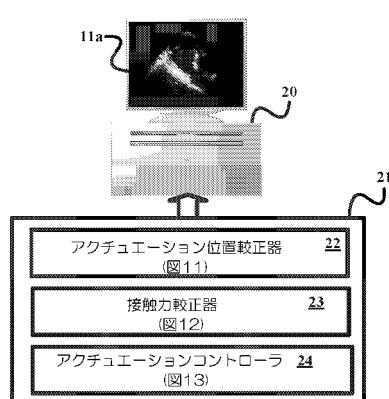
【図 9 D】



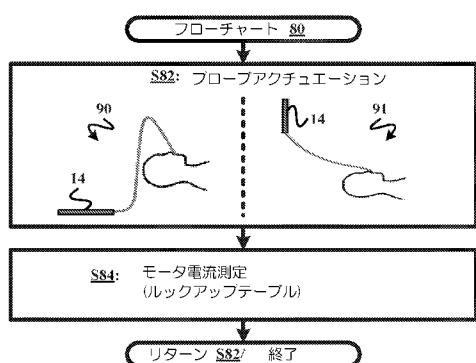
【図 9 B】



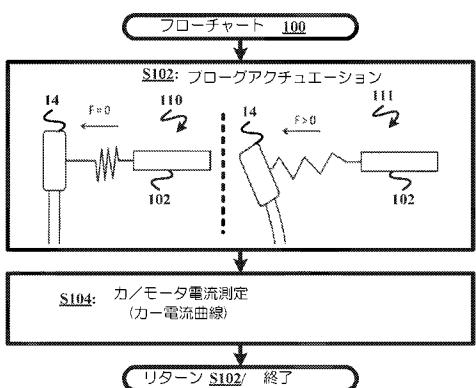
【図 10】



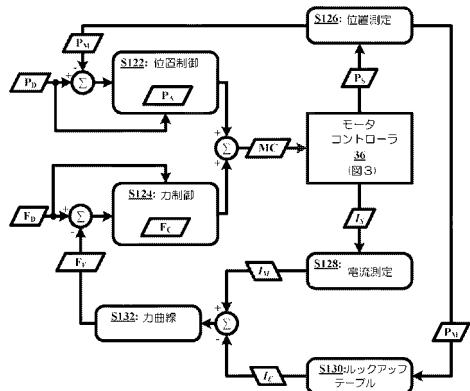
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2015/050302

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61B1/00
ADD. A61B1/005

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

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2010/268031 A1 (KOYAMA REIJI [JP]) 21 October 2010 (2010-10-21) paragraphs [0044], [0046], [0048], [0052], [0055], [0087], [0097], [0100] figure 28 -----	1-9
Y	US 5 469 840 A (TANII YOSHIYUKI [JP] ET AL) 28 November 1995 (1995-11-28) column 20, paragraphs 5, 7 figure 15 column 21, paragraph 1 -----	1-9

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

Date of mailing of the international search report

8 May 2015

31/07/2015

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

Hemb, Björn

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2015/050302

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.:

1-9

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/ IB2015/ 050302

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

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

1. claims: 1-9

How to establish torque transition to the interventional tool.

2. claims: 10-15

How to generate an operational relationship between input and the position and contact force of the interventional tool.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/IB2015/050302

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010268031 A1	21-10-2010	US 2010268031 A1 WO 2010047223 A1	21-10-2010 29-04-2010
US 5469840 A	28-11-1995	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,R0,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,D0,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,JP,KE,KG,KN,KP,KR,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,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US

(72)発明者 ポポヴィック アレクサンドラ

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 ノーナン ダフィト パウル

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

F ターム(参考) 3C707 AS35 HS27 HT04 KS37 LU09 LV20
4C601 DD15 EE11 EE16 FE01 LL33 LL35