

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6092183号
(P6092183)

(45) 発行日 平成29年3月8日(2017.3.8)

(24) 登録日 平成29年2月17日(2017.2.17)

(51) Int. Cl.	F I		
B 2 5 J 15/08 (2006.01)	B 2 5 J 15/08	J	
	B 2 5 J 15/08	K	

請求項の数 30 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2014-501195 (P2014-501195)	(73) 特許権者	501228071
(86) (22) 出願日	平成24年3月21日 (2012. 3. 21)		エスアールアイ インターナショナル
(65) 公表番号	特表2014-508659 (P2014-508659A)		SRI International
(43) 公表日	平成26年4月10日 (2014. 4. 10)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/029860		025 メンロパーク レイベンスウッド
(87) 国際公開番号	W02012/129254		アベニュー 333
(87) 国際公開日	平成24年9月27日 (2012. 9. 27)		333 Ravenswood Avenue, Menlo Park, Cal
審査請求日	平成27年3月18日 (2015. 3. 18)		ifornia 94025, U. S.
(31) 優先権主張番号	61/454, 945	(74) 代理人	100136630
(32) 優先日	平成23年3月21日 (2011. 3. 21)		弁理士 水野 祐啓
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/454, 948		
(32) 優先日	平成23年3月21日 (2011. 3. 21)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可動式ロボットマニピュレーターシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

劣駆動型ロボット指アッセンブリであって、
遠位関節と、中間関節と、近位関節とを含む多数の関節を備えた指スケルトンと、
前記関節それぞれと連通したブレーキサブシステムであって、前記関節を個別かつ選択的にロックしロック解除するよう適合されたブレーキサブシステムとを含み、
前記ブレーキサブシステムは、各関節に組み込まれた多層電気積層複合構造体を含み、
前記多層電気積層複合構造体は、電気信号に応答して前記関節を個別に剛性化させるために、前記指スケルトンの長さ方向に複数の区分を含み、隣接する区分の前記多層電気積層複合構造体の層が各関節で重なり合うことを特徴とするアッセンブリ。

【請求項 2】

前記関節それぞれを周回して前記指スケルトン内を通過する腱をさらに含み、前記腱が前記関節を曲げるアクチュエータを実現する、請求項 1 に記載のアッセンブリ。

【請求項 3】

前記関節それぞれに結合され、前記関節を付勢して延伸させるスプリングリターンをさらに含む、請求項 2 に記載のアッセンブリ。

【請求項 4】

前記ブレーキサブシステムは、2つ以上の関節をグループとしてロックし、ロック解除できる、請求項 1 に記載のアッセンブリ。

【請求項 5】

10

20

前記指スケルトンの上に、電気付着パッドを備えた皮膚層をさらに含む、請求項1に記載のアセンブリ。

【請求項6】

前記指スケルトンの上に電気制御可能な皮膚層をさらに含む、請求項1に記載のアセンブリ。

【請求項7】

前記指スケルトンの上に皮膚層をさらに含み、前記皮膚層は、前記指スケルトンの各指節骨および各関節まで延伸する屈曲回路基板に組み込まれたセンサを備えた、請求項1に記載のアセンブリ。

【請求項8】

前記センサは、前記指スケルトンの各指節骨用の圧力センサを含む、請求項7に記載のアセンブリ。

【請求項9】

前記センサは、前記指スケルトンの各関節用の位置センサを含む、請求項8に記載のアセンブリ。

【請求項10】

各関節は、その関節の現在位置を検出するための埋込型位置センサを含む、請求項1に記載のアセンブリ。

【請求項11】

加速度計を備えた指先をさらに含む、請求項1に記載のアセンブリ。

【請求項12】

ロボット指モジュールであって、
 アクチュエータモジュールと、
 前記アクチュエータモジュールに取り付けられた劣駆動型指アセンブリであって、
 遠位関節と、中間関節と、近位関節とを含む多数の関節を備えた指スケルトンと、
 前記関節それぞれと連通したブレーキサブシステムであって、前記関節を個別かつ選択的にロックしロック解除するよう適合されたブレーキサブシステムとを含む劣駆動型指アセンブリとを含み、

前記ブレーキサブシステムは、各関節に組み込まれた多層電気積層複合構造体を含み、前記多層電気積層複合構造体は、電気信号にตอบสนองして前記関節を個別に剛性化させるために、前記指スケルトンの長さ方向に複数の区分を含み、隣接する区分の前記多層電気積層複合構造体の層が各関節で重なり合うことを特徴とするモジュール。

【請求項13】

前記アクチュエータモジュールは、捻り紐ケーブルに接続されたモータを含み、前記ケーブルは、前記関節を屈曲させるアクチュエータに動作可能に結合される、請求項12に記載のモジュール。

【請求項14】

前記指アセンブリは、前記関節それぞれを周回して前記指スケルトン内を通過する腱をさらに含み、前記腱は、前記関節を曲げる前記アクチュエータを実現する、請求項13に記載のモジュール。

【請求項15】

前記指アセンブリは、前記関節それぞれに結合されたスプリングリターンであって、前記関節を付勢して延伸させるスプリングリターンをさらに含む、請求項14に記載のモジュール。

【請求項16】

前記アクチュエータモジュールは、バックドライブ可能な伝達装置を含む、請求項12に記載のモジュール。

【請求項17】

前記ブレーキサブシステムは、2つ以上の関節をグループとしてロックし、ロック解除できる、請求項12に記載のモジュール。

10

20

30

40

50

【請求項 18】

前記指アッセムブリは、電気付着パッドを備えた皮膚層をさらに含む、請求項 12に記載のモジュール。

【請求項 19】

前記指アッセムブリは、電気制御可能な皮膚層をさらに含む、請求項 12に記載のモジュール。

【請求項 20】

前記指アッセムブリは、前記指の各指節骨および各関節まで延伸する屈曲回路基板に組み込まれたセンサを備えた皮膚層をさらに含む、請求項 12に記載のモジュール。

【請求項 21】

前記センサは、前記指スケルトンの各指節骨用の圧力センサを含む、請求項 20に記載のモジュール。

【請求項 22】

前記センサは、前記指スケルトンの各関節用の位置センサを含む、請求項 21に記載のモジュール。

【請求項 23】

各関節は、当該関節の現在位置を検出するための埋込型位置センサを含む、請求項 12に記載のモジュール。

【請求項 24】

前記指アッセムブリは、加速度計を備えた指先をさらに含む、請求項 12に記載のモジュール。

【請求項 25】

ロボットマニピュレーターシステムであって、
手掌アッセムブリと、
前記手掌アッセムブリに結合された1つまたは複数の指モジュールとを含み、各指モジュールが、

アクチュエータモジュールと、

前記アクチュエータモジュールに取り付けられた劣駆動型指アッセムブリを含み、前記劣駆動型指アッセムブリが、

遠位関節と、中間関節と、近位関節とを含む多数の関節を備えた指スケルトンと、

前記関節それぞれと連通したブレーキサブシステムであって、前記関節を個別かつ選択的にロックしロック解除するよう適合されたブレーキサブシステムとを含み、

前記ブレーキサブシステムは、各関節に組み込まれた多層電気積層複合構造体を含み、前記多層電気積層複合構造体は、電気信号に応答して前記関節を個別に剛性化させるために、前記指スケルトンの長さ方向に複数の区分を含み、隣接する区分の前記多層電気積層複合構造体の層が各関節で重なり合うことを特徴とするロボットマニピュレーターシステム。

【請求項 26】

前記1つまたは複数の指モジュールが、前記手掌アッセムブリの対向側部から互いに対向する2つの指モジュールを含む、請求項 25に記載のロボットマニピュレーターシステム。

【請求項 27】

前記2つの指モジュールの一方が、前記手掌アッセムブリの前記対向側部の一方に固定され、前記2つの指モジュールの他方が、前記手掌アッセムブリの前記対向側部の他方に動作可能に結合される、請求項 26に記載のロボットマニピュレーターシステム。

【請求項 28】

複数の関節を備えた劣駆動型指を具備したロボットハンドを動かすための方法であって、
前記関節の1つまたは複数がロックされる一方で、前記関節の1つまたは複数がロック解

10

20

30

40

50

除されるように、ブレーキサブシステムを用いて前記関節を個別かつ選択的にロックする段階と、

前記関節のいずれがロックされ、前記関節のいずれがロック解除されているかによって定まる状態で前記劣駆動型指を屈曲させるために、前記関節に結合された腱を駆動する段階とを含み、

前記ブレーキサブシステムは、各関節に組み込まれた多層電気積層複合構造体を含み、前記多層電気積層複合構造体は、電気信号にตอบสนองして前記関節を個別に剛性化させるために、前記劣駆動型指の長さ方向に複数の区分を含み、隣接する区分の前記多層電気積層複合構造体の層が各関節で重なり合うことを特徴とする方法。

【請求項 29】

前記関節が同時に動きかつ制御されているように見えるように、前記関節を個別かつ選択的に連続してロックしロック解除する段階をさらに含む、請求項 28に記載の方法。

【請求項 30】

遠位関節および近位関節を備えた劣駆動型指を具備したロボットハンドを用いて物体を把持するための方法であって、

前記劣駆動型指が物体に接触するまで、前記遠位関節および近位関節をブレーキサブシステムによりロック解除した状態で、前記劣駆動型指を動かす段階と、

前記物体との接触にตอบสนองして、前記遠位関節をロック解除したまま、前記近位関節を前記ブレーキサブシステムによりロックする段階とを含み、

前記ブレーキサブシステムは、前記遠位関節および近位関節に組み込まれた多層電気積層複合構造体を含み、前記多層電気積層複合構造体は、電気信号にตอบสนองして前記遠位関節および近位関節を個別に剛性化させるために、前記劣駆動型指の長さ方向に複数の区分を含み、隣接する区分の前記多層電気積層複合構造体の層が各関節で重なり合うことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連技術

本願は、2011年3月21日付けで提出された「改良型捻り紐アクチュエータ-I (Improved Twisted String Actuator

- I)」と題した米国仮出願61/454,945号と、2011年3月21日付けで提出された「モジュラーロボット付加物 - 「指」(A Modular Robotic Appendage - "A Finger")」と題した米国仮出願第61/454,948号と、2011年3月23日付けで提出された「改良型捻り紐アクチュエータ-II (Improved Twisted String

Actuator - II)」と題した米国仮出願第61/466,900号と、2011年3月23日付けで提出された「可動式ロボットマニピュレーターシステム(A Mobile Robotic Manipulator System)」と題した米国仮出願第61/466,902号の優先権ならびに利益を主張し、それらの全体をここに引用して援用する。

【0002】

本発明に関わる政府の権利

本発明は、米国陸軍により与えられた契約番号W91-CRB-10-C-0139号に基づく政府支援を受けてなされた。米国政府は、本発明に一定の権利を有する。

【0003】

技術分野

本発明は、概して、ロボットマニピュレーターシステムに関する。より詳細には、本発明はロボット付加物に関する。

【背景技術】

【0004】

数多くの用途が、様々な物体を操作するなどの人間様の仕事を実行可能な高機能ロボットハンドを使用することで恩恵を受けることができる。こうした融通性を達成するために

10

20

30

40

50

は、劣駆動型指が物体、特に未知の物体に巻き付くよう自己適応できるので、こうしたロボットハンドの開発では劣駆動型指が採用されることとなった。劣駆動はパワー式把持に関しては効果的だが、指先の位置を正確に制御する必要がありかつ接触点が遠位リンクに限られている高精度把持では、劣駆動は不十分にしか動作しないことがある。

【発明の概要】

【0005】

幾つかの様態で、本発明は、ロボットハンド、指モジュール、および劣駆動型指アセンブリに関し、指アセンブリは、遠位関節と、中間関節と、近位関節とを含む多数の関節を備えた指スケルトンを含む。前記指アセンブリは、前記関節それぞれと連通したブレーキサブシステムであって、前記関節を個別かつ選択的にロックしロック解除するよう適合されたブレーキサブシステムとをさらに含む。

10

【0006】

別の様態では、本発明は、複数の関節を備えた劣駆動型指を具備したロボットハンドを動かすための方法に関する。前記方法は、前記関節の1つまたは複数がロックされる一方で、前記関節の1つまたは複数がロック解除されるように、前記関節を個別かつ選択的にロックする段階と、前記関節のいずれがロックされ、前記関節のいずれがロック解除されているかによって定まる様態で前記劣駆動型指を屈曲させるために、前記関節に結合された腱を駆動する段階とを含む。

【0007】

さらに別の様態では、本発明は、遠位関節と近位関節とを備えた劣駆動型指を具備したロボットハンドを用いて物体を把持するための方法に関する。前記方法は、前記劣駆動型指を、その遠位および近位関節をロック解除した状態で、前記指が物体に接触するまで動かす段階と、前記遠位関節はロック解除を維持する一方で、前記物体との接触に反応して前記近位関節をロックする段階とを含む。

20

【図面の簡単な説明】

【0008】

本発明の上記及びその他の利点は、添付の図面と共に次の説明を参照すればより良く理解できるはずである。幾つかの図面では、類似の参照番号は類似の構造的要素及び特徴を示す。これら図面は必ずしも一定の縮尺ではなく、本発明の原理を図示することにむしろ重点が置かれている。

30

【図1】4つの指モジュールを備えたロボットマニピュレーター(すなわちハンド)の一実施形態の図である。

【図2】ロボットマニピュレーターの一実施形態の側面図である。

【図3】図2のロボットマニピュレーターの実施形態の正面図である。

【図4】指モジュールが対向配置されたロボットマニピュレーターの一実施形態の図である。

【図5】指モジュールが球形配置されたロボットマニピュレーターの一実施形態の図である。

【図6】指モジュールが組合せ配置されたロボットマニピュレーターの一実施形態の図である。

40

【図7】劣駆動型指が物体を把持したロボットマニピュレーターの一実施形態の図である。

【図8】劣駆動型指が懐中電灯を把持したロボットマニピュレーターの一実施形態の図である。

【図9】指が球体を把持したロボットマニピュレーターの図である。

【図10】指が高精度把持を用いて鍵を挟持したロボットマニピュレーターの一実施形態の図である。

【図11】指が高精度把持を用いて鉛筆を保持したロボットマニピュレーターの一実施形態の図である。

【図12】(A)~(B) 指が物体を把持する動作の例示的な方式の図である。

50

【図13】対向する2つの指の関節の選択的ロックを用いた、球体の高精度把持を示す図である。

【図14】対向する2つの指の関節の選択的ロックを用いた、平坦な物体の高精度把持を示す図である。

【図15】(A)～(B) 対向する2つの指の関節の選択的ロックを用いた、物体の保持、操作、および再把持を示す図である。

【図16】4つの指モジュールおよび手掌モジュールを含むロボットマニピュレーターの一実施形態の分解組立図である。

【図17】アクチュエータモジュールに取り付けられた指アセンブリを含む指モジュールの一実施形態の側面図である。

10

【図18】図17のアクチュエータモジュールの一実施形態の図である。

【図19】指アセンブリおよびアクチュエータモジュールを含む指モジュールの一実施形態の分解組立図である。

【図20】指アセンブリの回転コンプライアンスの例示的な程度を示す図である。

【図21】指アセンブリの横方向コンプライアンスの例示的な程度を示す図である。

【図22】～

【図23】指アセンブリの一実施形態における対向側の図を示す。

【図24】図22および図23の指アセンブリの実施形態の底面図である。

【図25】指アセンブリの一実施形態の分解組立図である。

【図26】指アセンブリの内部構造の一実施形態の等角投影図である。

20

【図27】指アセンブリの内部構造の縁部の図である。

【図28】遠位関節を詳細に示した指アセンブリの一実施形態の側面図である。

【図29】多層電気積層構造体の一実施形態の概略図である。

【図30】指アセンブリのブレーキサブシステムを組み立てる工程の一実施形態のフローチャートである。

【図31】(A)-(G) 図30に示した組み立て工程の代表的ステップの写真説明である。

【図32】指アセンブリの指節骨を覆う多層皮膚の概略図である。

【図33】電気付着パッドおよび埋込型電極からなる皮膚層の一実施形態の図である。

【図34】単一の屈曲回路基板に組み込まれたセンサアセンブリの一実施形態の画像である。

30

【図35】従来の捻り紐アクチュエータを示す図である。

【図36】ピンまたはプーリーを備えた捻り紐アクチュエータを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本明細書に記載されたロボットマニピュレーター(または単にロボットハンド)の実施形態は、選択的な劣駆動、コンプライアンス性を有する力制御(compliant force control)、ならびに多モード触覚、位置、および力感知を使用する。劣駆動とは、機械的装置に適用された場合、当該装置のアクチュエータの数が自由度より少ないことを意味する。制御可能な選択的劣駆動では、後述するように、ロボットハンドはパワー式把持を用いて未知の物体を把持し、次に、指先の位置および力の繊細な制御を必要とする動作を実行するため、高精度把持に切り換え可能となる。一般に、パワー式把持は、物体を手でしっかりと保持するため手のひらと指とを組み合わせることを伴うが、高精度把持は、物体の姿勢を正確に制御するために指先領域を使用することを伴う。制御可能な選択的劣駆動を用いることで、ロボットハンドは、パワー式把持と高精度把持とを組み合わせることで物体を保持し、操作し、再位置決めできる。この工程は再把持と呼ばれる。

40

【0010】

このロボットハンドの機能は、個々の劣駆動型指に設計により作り込まれた機能から得られる。概略的に述べると、それぞれの劣駆動型指の関節は、電気信号にตอบสนองして個別にロックし、ロック解除できる。関節のこの選択的ロックにより、単一のアクチュエータが指の複数関節の屈曲を多重化(multiplex)できる。例えば、それぞれの劣駆動型指は、

50

パワー式把持において協働するため未知の物体に受動的に巻き付くことができ、次に、指の選択した関節をロックして高精度把持を実行するため鉗子として協働できる。それぞれの劣駆動型指に一体化伝達装置は、バックドライブ可能(backdriveable)であり、弾力性が組み込まれているため、衝撃および過荷重に対する抵抗性をこのロボットハンドに与えている。

【0011】

指の把持表面(すなわち皮膚)には電気付着パッドを取り付けることで、物体を押しつぶしたり損傷させたりしかねない把持力を用いる必要もなく、滑りを克服しかつ手の把持機能を向上させる付着を制御し摩擦力を生み出すことができる。皮膚は耐摩耗性および制御可能なコンプライアンス性を備えている。すなわち、指は未知の形状および構造の物体と接触する際には「柔らかく」、接触した後は精度を正確に制御するため堅固になりうる。皮膚に組み込まれたセンサアセンブリは、接触圧力、滑り、および振動を感知できる。指は、接触点、把持および挟み付け力、物体の安定性、ならびに滑りを検出できる。これらの機能により、指先と指先との間で物体を転がしたり摺動させたりすることで物体を操作し、把持し直すことができる。他のセンサ装置をこれら指に組み込んで、例えば温度や圧力など他の種類のパラメータを感知してもよい。

10

【0012】

図1は、手掌アセンブリ14に結合された4つの指モジュール12-1、12-2、12-3、12-4(概して12)を備えたロボットハンド10の一実施形態の図である。それぞれの指モジュール12は、近位関節18-1と、中間関節18-2と、遠位関節18-3とを備えた指アセンブリ(あるいは単に指)16を含む。近位関節18-1は近位指節骨20-1を指取付部24に結合し、中間関節18-2は中間指節骨20-2を近位指節骨20-1に結合し、遠位関節18-3は遠位指節骨20-3(指先とも呼ぶ)を中間指節骨20-2に接続する。指取付部24は、後に詳述するアクチュエータモジュールの一部である。それぞれの指16は多層皮膚22を備えている。手掌アセンブリ14も、物体を把持するために適合された「皮膚」で覆ってもよい。

20

【0013】

それぞれの指16は、任意の関節で前方または後方に屈曲でき、3つの自由度(DOF)を備えているが、指は特定の用途に応じて、これより少ないまたは多いDOFを備えていてもよい。後に詳述するように、単一のアクチュエータがこれら指の3つの自由度を制御するが、関節の選択的な固定により、この単一アクチュエータが個別の関節または関節グループの屈曲を多重化できる。関節をすばやく連続してロックしロック解除することで、関節が同時に動きかつ制御されているように見える。

30

【0014】

この実施形態では、指モジュール12-1、12-2は手掌アセンブリ14の一方の側部に動作可能に結合され、他の指モジュール12-3、12-4は手掌アセンブリ14の対向側部に固定されている。指モジュール12-1、12-2は一緒にまたは別々に動くことができる。他の指モジュール12-3、12-4の位置を固定することでそれらの位置を知りかつ予測可能となり、これが対向する指モジュール(例えば12-1および12-4)による挟み付けを伴う高精度把持には有利となる。

【0015】

本明細書では4つの指を備えたロボットハンドを参照しつつ説明するが、動作原理は、4つより少ないまたは多くの指を備えた実施形態にも適用できる。

40

【0016】

図2および図3は、前腕30から延伸するロボットハンド10のそれぞれ側面図および正面図である。それぞれの指16は、その指先に保護爪32を備えている。対向する指の爪を用いて小さな縁部を把持できる。

【0017】

図4、図5、および図6は、ロボットハンド10を3つの異なる配置で示す。図4では、指16-1、16-2は、指16-3、16-4とまっすぐに対向している(指16-1が指16-4にまっすぐ対向し、指16-2が指16-3にまっすぐ対向している)。この配置では、指モジュール12-1、12-2は、

50

手掌アッセンブリ14の側部に沿った概ね中間位置で、互いに隣接して合わさっている。指16は曲げられていて、指16-1および16-4の遠位指節骨20-3および中間指節骨20-2が互いに平行となり、指16-2および16-3の遠位指節骨20-3および中間指節骨20-2も同様である。指モジュール12-1、12-2は軌道40に取り付けられており、それに沿って指モジュール12-1、12-2が手掌アッセンブリ14の側部に沿って横方向に移動できる。指モジュール12-1、12-2のこの横方向移動機能により、ロボットハンド10の解剖学的構造は動的に再配置可能である。

【0018】

図5では、指16-1、16-2は、互いから空間的に離間しかつ他の指16-3、16-4に向かって弓形をなし、指16-3、16-4は指16-1、16-2に向かって弓形を成している。この構成が、これら指16で球形姿勢を形成している。図6では、指16-1、16-2は、軌道40の対向端部において互いから空間的に離間し、前方に曲がっている。他の指16-3および16-4は、手掌アッセンブリ14の対向側部の所定位置で固定されており、同様に前方に曲がり、曲がった指16-1および16-2の反対方向に延伸し、それら指の間に入ることで、指16を組み合わせた配置としている。

【0019】

図7ないし図11は、ロボットハンド10が実行可能な幾つかのさまざまな把持を示す。ここに示した様々な把持は例示的なものにすぎず、これ以外にも多くの種類の把持が可能である。図7では、劣駆動型指は不規則な形状の物体50に対してパワー式把持を行っている。図8は、懐中電灯52を把持した組合せ配置の劣駆動型指を示す。図9は、球体54を把持した球形配置の指を示す。これら指のうち2つは、パワー式把持を用いて図10に示した鍵56を挟み付ける一方、図11では、2つの指が高精度把持を用いて鉛筆58を挟み付けている。

【0020】

図12Aおよび図12Bは、対向する2つの指16-1および16-4の関節の選択的ロックを用いた、物体60の把持のし直しを示す。図12Aでは、すべての関節18-1、18-2、18-3(概して18)をロック解除した状態で、指が物体60の形状に一致し、ロボットハンド10がパワー式把持を実行する。まず、いずれかの指が物体との軽い接触を検出するまで、これら指16は物体の周囲に接近できる。いずれかの指が接触を検出したら、その近位関節18-3をロックでき、他方でその指の残りの中間および遠位関節はロック解除した状態を維持する。中間および遠位関節は、物体に掛かる接触力を増大させることなく屈曲し続けることが可能である。従って、この物体との接触は、物体に最小限の外乱しか与えない。続いて、例えば接触が中間指節骨20-2で検出された後に、中間関節18-2をロック可能であり、その一方で遠位関節18-3はロック解除した状態を維持する。近位および中間関節18-1、18-2をロックすることで、遠位関節18-3に力を伝達でき、こうして、指16は3つの自由度の劣駆動状態から単一の自由度を備えた状態まで変化する。図12Bに示したように、それぞれの指が物体を十分把持するほど接触したら、すべての関節をロックして把持を強めてよい。

【0021】

図13は、対向する2つの指16-1および16-4の関節の選択的ロックを用いた、指先と指先との間に保持された球体62の高精度把持を示す。この把持の実行時に、両方の指の近位関節18-1はロック解除され、その一方で両方の指16-1、16-4の中間関節18-2および遠位関節18-3はロックされ、これでそれらの遠位指節骨20-3は効果的にロックされる。

【0022】

図14は、対向する2つの指16-1および16-4の関節の選択的ロックを用いた、平坦な物体64の高精度把持を示す。対向する指の遠位指節骨20-3は、平坦な把持部を形成するよう最大延伸でき、これにより小型の物体を把持する単純な方法が実現する。この物体の保持では、すべての関節をロック解除できる。

【0023】

図15Aおよび図15Bは、対向する2つの指16-1および16-4の関節の選択的ロックを用いた、物体66の保持、操作、および再把持を示す。図15Aにおいて、ロボットハンドは物体を高精度把持しており、両方の指の近位関節18-1および中間関節18-2をロック解除した状態

10

20

30

40

50

であり、その一方で両方の指の遠位関節18-3はロックされている。図15Bに示したように、物体66の回転を試みる場合は、指16-1の遠位指節骨20-3は、物体66に対して上方向に押し上げ、その中間関節18-2をロックし、この現在位置に指16-1を一時的に保持して、他方の指16-4はさらに回転させるための次の動作を行うことができる。指の屈曲、ロック、ロック解除、およびそれらの組合せの漸進的な動作を多重化することによって、指は協働してハンド10の指16に保持された物体を操作し、再把持できる。

【0024】

図15Aおよび図15Bは、ロボットハンド10が物体を再把持できる方法の一例にすぎない。例えば、3つの指を使って物体をパワー式把持する一方で、4番目の指がパワー式把持された物体を動かすなど、これ以外に多数の技法が可能である。例えば、ロボットハンド10は3つの指を用いて懐中電灯を保持し、4番目の指を使ってそのオン/オフボタンをさがし、押し下げるため回転させることも可能である。

【0025】

図16は、4つの指モジュール12-1、12-2、12-3、12-4と手掌アッセンブリ14とを含むロボットハンド10の一実施形態の分解組立図を示す。すべての指モジュール12はモジュール構成となっている。すなわち、これらは互いに交換可能であって、手掌アッセンブリ14に固定または動作可能に結合できる。一実施形態では、手掌アッセンブリ14は、手掌68と、モータおよびハンドコントローラPCB(プリント回路基板)スタック70と、分割器72と、指拡張モータ74と、指拡張アクチュエータ76と、2つの指拡張ブロック78と、指モジュール取付台80と、高圧電子機器回路82と、ベースハウジング84と、アームアダプタ86とを含む。

【0026】

アームアダプタ86は、ロボットハンド10を、GFE Barrettアーム(図示しない)などのロボット前腕に結合する。ベースハウジング84はアームアダプタ86の隆起面に取り付けられる。高圧電子機器回路82はベースハウジング84内に収容され、電力を指モジュール12と、モータおよびハンドコントローラスタック70と、指拡張モータ74とに配電する。具体的には、高圧電子機器回路82は、後に詳述するように、関節18を選択的にロックしロック解除するのに使用する高圧(±1kV)の多重切替可能チャンネルを含む。

【0027】

指拡張アクチュエータ76は、指モジュール取付台80の開放側に取り付けられ、指モジュール取付台80は、ベースハウジング84の上面に接続される。指拡張モータ74は、指モジュール取付台80の側壁と指拡張アクチュエータ76とに画定される区画室内に配置されている。指拡張モータ74は、指拡張アクチュエータ76を動かせるよう動作可能に結合されている。指モジュール12-3、12-4は、指モジュール取付台80の側壁の外側に取り付けられる。それぞれの指拡張ブロック78は、他の指モジュール12-1、12-2の一方を指拡張アクチュエータ76に結合する。

【0028】

手掌68は、モータおよびハンドコントローラスタック70を収容し、指モジュール取付台80の上部に取り付けられ、分割器72は、手掌68と指モジュール取付台80との間のガスキットの役目をする。モータおよびハンドコントローラスタック70は、制御コマンドにตอบสนองして指拡張モータ74の動作を制御し、指モジュール12および高圧電子機器回路82のインターフェースとなる。モータおよびハンドコントローラスタック70から高圧電子機器回路82に送られる制御信号は、指の皮膚における電気付着の使用を制御し、指関節18を選択的にロックしかつロック解除するのに使用する電気積層(electrolaminate)ブレーキ間で高圧を切り換える(例えば、+1kV、-1kV)。

【0029】

図17は、アクチュエータモジュール90に取り付けられた指アッセンブリ16を含む指モジュール12の一実施形態を示す。アクチュエータモジュール90は、組込コンプライアンスおよび低バックラッシュ性能を備えたバックドライブ可能な捻り紐伝達装置となる。アクチュエータモジュール90の捻り紐伝達装置は、指モジュール12に一体化されているように示

10

20

30

40

50

したが、他の実施形態では、ロボットハンド10の前腕に実装したり、そのハンドに取り付けたりしてもよい。

【0030】

アクチュエータモジュール90は、モータ92と、切削スプリング94と、モータエンコーダ96と、捻り紐98と、ホール効果センサ100と、コントローラ(例えば、80 MIPS DSP)付きのセンサ回路基板102とを収容している。モータ92は、一実施形態では、ギヤ比が高い(すなわち50:1を上回る)ブラシレスDCモータ(たとえば15W)である。モータエンコーダ96は、モータ92の位置を追跡する。捻り紐98は、指取付部24(図によって駆動腱130に結合されている。捻り紐98はケブラー(KEVLAR)、スペクトラ(Spectra)、またはベクトラン(Vectran)ケーブルでよい。ホール効果センサ100は、カフィードバック信号を与えるため捻り紐98の圧縮度を測定し、コントローラおよびセンサ板102は、アクチュエータのトルクを測定できる力/電流センサを含む。

10

【0031】

概略的に述べると、アクチュエータモジュール90は、モータ92の回転運動を、指内で腱130(図22)の直線運動に変換する。モータ92は捻り紐98を捻る。一方向への捻り動作によって、捻り紐98の長さが縮まり、これが指を通る腱130の引っ張りを引き起こし、指を動作させる。指16は、どの関節がロックされどの関節がロック解除されているかに従って屈曲する。他方の方向への捻りが捻り紐98への圧縮を解放し、スプリングリターン140(図24)が、現時点でどの関節がロックされ、どの関節がロック解除されているかに従った状態で指16を付勢して伸展させる。

20

【0032】

バックドライブ可能な伝達装置により、アクチュエータモジュール90は外乱に応答し、指に掛かる力を一定レベル未満に維持できる。能動的な力制御を用いて伝達装置をバックドライブする場合は、センサが指16に掛かる外力を測定し、フィードバックを与える。このフィードバックに応答して、アクチュエータモジュール90は、外力が指を押圧しているかのような状態で能動的にモータ92に指を動かせる。従って、指は外力に完全に抗するのではなく、外力とともに動く。代替的に、この伝達装置は、低ギヤ比(1:50未満)を用いかつ高効率を備えることで、センサあるいは閉フィードバックループを用いずに受動的にバックドライブ可能としてもよい。

【0033】

図18は、図17のアクチュエータモジュール90の一実施形態を示す。アクチュエータモジュール90は、指アッセンブリ16のプレートと交互配置されかつそれらプレートに結合される円盤状プレート104を含み、指アッセンブリ16の近位関節18-1(図1)を形成する。アクチュエータモジュール90の一方の側部は、手掌アッセンブリ14の一方の側部に(指モジュール取付台80(図16)の側壁のレールまたは指拡張ブロック78(図16)に)取り付けられるよう適合されたノッチ106を備えている。

30

【0034】

図19は、指アッセンブリ16とアクチュエータモジュール90(プラスチックハウジング90A、ノッチ106を備えた手掌アッセンブリ取付部90B、およびカバー90Cの3つの部分に分解されている)を含む指モジュール12の一実施形態の分解組立図を示す。さらに、モータ92と、切削スプリング94と、モータエンコーダ96と、センサ板102と、フォースセンサ(forced-sensor)アッセンブリ110と、捻り紐98を備えた捻り紐アッセンブリ112とを図示した。また、平坦な屈曲電気回路114が、アクチュエータモジュール90から近位関節18-1まで延伸している。屈曲回路114は、指内の位置および触覚センサに関する通信バスを備えている。

40

【0035】

図20および図21は、指アッセンブリ16のアクチュエータモジュール90への接続に用いられる指取付部24が実現する機械的コンプライアンスの例を示す。図20は、アクチュエータモジュール90に対して指アッセンブリ16をどの程度捻ることができるかを示す。この例では、指モジュール12は、軸120に対する±15度の捻りが設計されている。図21は、アクチ

50

ユーエータモジュール90に対する指アッセンブリ16の横方向コンプライアンスの程度を示す。軸122に対して測定した場合、指アッセンブリは±15度傾くことができる。指アッセンブリ16の基部における指取付部24の近位関節18-1の屈曲特性は、回転方向のコンプライアンスをもたらす。物体が複数の指に把持されているとき、指の回転方向および横方向コンプライアンスにより、物体に掛かる法線力を指が受動的に整合させ、釣り合わせる。

【0036】

図22および図23は、指アッセンブリ16の一実施形態における対向側の図を示す。図22では、指アッセンブリ16は、この指アッセンブリ全長にわたり延伸する単一のケーブル(腱と呼ぶ)130を含んでいる。腱130は、指取付部24(図示しない)から延伸し、それぞれの関節18-1、18-2、18-3の周りを通り、それぞれの指節骨20-1、20-2、20-3を通過し、腱130が固定される引留点132において指先32の近傍で終端している。関節18および指節骨20の周囲を通り指16内部を通過する腱130の経路は、プーリー表面の接線方向に伸び、弓状チャンネル134を通過している。すなわち、この経路は鋭い曲がり角がなく滑らかである。指16を曲げるには、腱130に対して力を矢印134で示す方向に掛ける。印加された力に応答して指16がとる形状は、どの関節18がロックされ、どの関節18がロック解除されているか(および現在把持されている物体と)に依存する。図23は、腱130に対向する指16の側面を示す。図23では、指16は、屈曲できるようにアコーディオン様の折り目を備えた薄い保護外層136を具備している。

【0037】

図24は、指取付部24から遠位指節骨20-3まで延伸するスプリングリターン140を備えた指アッセンブリ16の実施形態の底面図を示す。スプリングリターン140は、指取付部24と、指節骨20-1と、指節骨20-2と、引留点132において指節骨20-3とに結合している。スプリングリターン140は概ね腱130に対向し、指16が延伸する(まっすぐに伸びる)ように指を付勢している。指を曲げるために単一の腱を用い、スプリングリターン140が指16を付勢して延伸位置に復帰するようにしているが、他の実施形態では、スプリングリターンを省略して、単一の腱を、プーリーを周回するループ形状で用いるか、複数の腱を用いてもよい。

【0038】

図25は、指アッセンブリ16における様々な構成要素の一実施形態の分解組立図を示す。これら構成要素は、打ち抜き板金スケルトン150と、スケルトン150に予め固着された屈曲回路152と、射出成形されたケーブルプーリー154-1、154-2、および154-3(概して154)と、射出成形心材156の第1部分と、ブレーキサブシステム158と、中空ピン162を備えた打ち抜き板金スケルトン160と、腱130が予め挿入された射出成形心材164の第2部分と、弾性スプリングリターン140と、リベット166とを含む。

【0039】

指16が完全に組み立てられると、屈曲回路152は、それぞれの指節骨20の周りに折り曲げられる。腱130はケーブルプーリー154に掛けられた状態となる。射出成形心材156、164の2つの部分は、互いに接合して腱130を収容する。スプリングリターン140は、射出成形心材164の第2部分の外面上における引留点142に取り付けられる。

【0040】

ブレーキサブシステム158は、関節をロックし、ロック解除する機能を実現する。ブレーキサブシステム158は、ここでは組立済みユニットとして示した。代替的には、ブレーキサブシステム158はスケルトンに組み付けることも可能である。中空ピン162は、ブレーキサブシステム158の開口部と、プーリー154と、スケルトン150とを貫通している。中空ピン162の端部は、このアッセンブリを固定するためフレア形状となっている。リベット166は、スケルトン160をブレーキサブシステム158に固定している。

【0041】

図26は等角投影図を示し、図27は、組立後の指アッセンブリ16の内部構造の端面図を示す。この多層内部構造は、2つの打ち抜き板金スケルトン150、160の間に挟まれたブレーキサブシステム158を含む。ブレーキサブシステム158の複数区分は、遮蔽層170で覆われ

ている。遮蔽層170は、センサ(すなわち、屈曲回路152)を、関節18の高圧ロックおよびロック解除動作からの干渉から遮蔽する。

【0042】

図28は、指アッセンブリ16の一例を示し、その遠位関節18-3を詳細に示した。遠位関節18-3は、ケーブルプリー154-3と、電気積層材料からなる多層複合構造体180とを含む。一般に、電気積層体は、静電締付(electrostatic clamping)を用いてこの多層複合構造体内の異なる材料間の結合度を制御することで、コンプライアンス性を備えかつバネ様の状態から実質的に剛性状態に変化する。この電気積層構造体は、圧力下で滑りに抗することができる。複合電気積層構造体180が耐えうる最大の力は、締付表面の特性、印加電圧、および総締付面積の関数である。典型的な最大締付圧は、約0.4 Mpa (70 psi)である。

10

【0043】

多層複合電気積層構造体180は、ロック可能な各関節(または複数関節の組)への個々の取付点を備えた一体構造シート190(図31A)として作製できる。多層複合電気積層構造体180は、アクチュエータの腱130に抗するように動作しかつ各関節18に延伸力を与える受動的(電圧オフ)コンプライアンス性要素を含む。多層複合電気積層構造体180は、接地面を最外側電極に配置するか、導電性エラストマー外装でこの電気積層構造体180を取り囲むことで遮蔽可能である。

【0044】

図29は、関節18の剛性化(stiffen)動作を示す多層電気積層構造体180の図解表現を示す。多層電気積層構造体180は、スペーサー層184と交互配置された複数のブレーキ層182を含む。関節18は、軸186を中心として回転する。この関節18をロックするための電気信号(すなわち、高電圧)に応答して、多層構造体180における圧力分配は、矢印188で示したように構造体の両面に発生する。多層電気積層構造体180の区分を縦に並べて連結するのではなく、多層電気積層構造体180は、関節18で重なり合わせて個々の関節をロックできる。多層電気積層構造体180のそれぞれの区分は独立して駆動できる。すなわち、ロックを遠位関節のみに、中間関節のみに、近位関節のみに、任意の2つの関節に、またはすべての関節に同時に適用できる。

20

【0045】

多層電気積層構造体180は、静電気を介して圧力を発生し、高いロックトルクを発生できる(例えば、5層、直径0.25~0.50インチ、合計厚さ0.25インチ、重さ2.5gを備えた電気積層補強材に関して概ね4~12ポンド・インチ)。消費電力は、1ワットの10分の1未満(例えば、0.06)となりうる。すべての力は内部的である。従って、ブレーキサブシステム158は、制動力を印加するために外部剛性構造体を必要としない。印加電圧を除去した後は、多層電気積層構造体180は、概ね10ミリ秒~500ミリ秒で把持力を解放する。この解放時間が、指16の関節18でどれだけ迅速にロックとロック解除を多重化できるかを決定しうる。

30

【0046】

図30は、指アッセンブリ16のブレーキサブシステム158を組み立てる工程200の一実施形態のフローチャートを示す。工程200の説明では、工程200のステップの幾つかを図で説明するため、図31A~31Gも参照する。ステップ202で、電気積層シート190(図31A)は、アコーディオンパターン192に予め折り畳まれる(図31B)。遮蔽層170(図31C)をこれら電気積層体に巻き付ける(ステップ204)。ロッド194(図31D)を指スケルトン160の取付部196に位置合わせした状態で、アコーディオンパターン192がロッド194に取り付けられる(ステップ206)。ブレーキ層182はそれぞれの関節18で交互配置され(ステップ208)、アコーディオンパターン192はスケルトンまで降ろされる(ステップ210)。電気積層体は、スケルトン150の反対側で固定される(ステップ212)。高圧線198が電気積層体に接続され(ステップ214)、それぞれの関節18に、その関節の対応する多層電気積層構造体を剛性化させる程度の電圧を与える。

40

【0047】

図32は、指アッセンブリ16の指節骨20を覆う多層皮膚220を示す図である。多層皮膚220

50

は、外層222と、電気付着層224と、遮蔽コンプライアンス性層226と、センサ層228とを含む。保護外層222は指16に巻き付けられており、埃、湿気、および化学物質などの異物からその内部構成要素を保護する。保護外層222は、例えば、ポリウレタンまたはラテックスなどのコンプライアンス性と耐摩耗性を有する材料製である。この材料は、高い耐摩耗性、引裂き抵抗、伸縮性、および全体的な耐久性を実現する。保護外層222は、使用により摩耗した場合は交換可能である。

【0048】

電気付着(EA)層224は、多くの材料表面に付着できる電気制御可能な皮膚層であり、可変表面摩擦の作用をもたらす。この摩擦は物体把持の補助となり、滑りを克服しかつ把持能力を向上させる。EA層224は、牽引力および摺動を制御することで、より低い把持力で様々な大きさの物体を把持可能である。EA層224は、ガラス、木材、金属、コンクリート、乾式壁体、煉瓦、および花崗岩を含むが、それらに限定されない多くの種類の材料をクランプ可能である。締付力は材料により変化する。さらに、EA層224は、ほとんど電力を消費しない(例えば、支持重量の0.02 mW/N)。EA層224は、指の機械的把持能力に影響することなく取り外し可能である。この取り外し性能により、EA層224が与えられた作業に適しているときは、EA層224はいつでも使用可能となる。

【0049】

一実施形態では、EA層224は、埋込型電極232(図33)を備えた電気付着パッド230(図33)で実装できる。EA層224は、スプレーパターニングなどの付着技法を用いてポリマーで作製できる。この電極パターンは、シリコンまたは加硫ゴムから作製できる。薄い層の耐摩耗性ポリマーがパターン電極を覆うように付着され、これらの電極を埋め込む。図33には指の指節骨および手掌に実装するよう示したが、EA層224は関節に折り込んでよい。

【0050】

これら電極に掛けられる高電圧(低電流)は皮膚表面で静電荷を発生させ、これが物体表面に沿った滑り防止力をもたらす。こうした滑り止め力(すなわち剪断力または牽引力)は法線力からは分離されていて、法線力および剪断力を独立して制御可能としている。この独立制御は、物体を再把持するには特に有利である。表面摩擦の選択的調節および向上(大きな把持力および許容差を必要としない)は、物体操作と組合せて使用できる。電気付着は米国特許第7,553,363号、米国特許出願第12/830,239号、および米国特許出願第12/762,260号に詳細に記載されており、ここに引用してその内容全体を援用する。

【0051】

遮蔽コンプライアンス性層226は、EA層224の一方の側面に一体化された導電層であり、EA層224の動作による触覚センサ層228の様々なセンサへの干渉を軽減する。

【0052】

センサ層228は、指先における接触圧、滑り、および振動を感知するための触覚圧力センサ、振動触覚センサ、および指関節位置センサのセンサアセンブリからなる。剪断力センサおよび温度センサを含むがそれらに限定されない他の種類のセンサを、このセンサ層に組み込んでよい。一実施形態では、センサ層は、指16の把持表面に形状適合する単一の屈曲回路基板(例えば、図25の屈曲回路152)と一体化されている。接触および摺動を感知するために、指先32は加速度計を備えている。

【0053】

図34は、単一の屈曲回路基板152'に組み込まれたセンサアセンブリの一実施形態を示す(このダッシュ「'」は、図25に示した屈曲回路152の代替的な実施形態であることを示している)。それぞれの指16は、屈曲回路基板152'を備え、この基板は、すべての指関節18および指節骨20に延伸している。位置センサ240および触覚(圧力)センサ242は、屈曲回路基板152上に印刷されている。位置センサ240は関節18に埋め込まれ、触覚センサ242は指節骨20に設けられる。位置センサの種類としては、静電容量センサ、ホール効果センサ、誘導形センサ、およびポテンシオメータを含むがそれらに限定されない。好適には、位置センサ240は、図34に示したように内蔵型遮蔽層246を備えた回転静電容量センサアレ

10

20

30

40

50

イ244を含む。遮蔽層246は、ブレーキサブシステム158の動作からの位置センサ240の動作への干渉を軽減する。

【0054】

屈曲回路基板152'は、センサアレイ250と内蔵遮蔽材252とを備えた位置センサ248も含むことができる。センサ248は、それぞれの関節の位置を知らせる。

【0055】

図35は、従来の捻り紐アクチュエータ260を概略的に説明する図を示し、このアクチュエータでは、2つのコード262が互いにまたは芯の周りに撚り合わさって、入力(モータ)の回転とともに短くなる螺旋区間を形成する。この一对のコード262の一端には入力回転シャフト(モータからの)が取り付けられ、他端はこの他端が捻れるのを防止する摺動機構264に接続されている。そして、この摺動構成要素264は、例えば腱または他の類似の線形出力であるアクチュエータ260の出力266に取り付けられている。捻り区間の摺動端と回転端との間のコード262の長さは固定され、設計者により定められている。

【0056】

図36では、摺動構成要素264は省略して、その代わりに固定ピン270またはプーリーが使用されている。回転入力シャフト(モータの)とピン270との間の距離は一定で、設計者により固定されている。アクチュエータ入力(モータ)260が回転すると、アクチュエータ入力260と固定ピン270との間のコード262が捻られ、固定ピンまたはプーリーの先の付加的な捻れていない糸を短くし、捻り領域へと引き込む。こうすることで、捻られた糸の長さは固定されなくなり、アクチュエータ入力シャフトの回転と共にむしろ増大する。コードのより大きな長さを捻ることが可能となるので、限界ねじれ角の限度を超えるまでにより多くの捻り数をサポートできる。これは次で与えられる。

【0057】

すなわち、アルファ・マックス=逆タンジェント(コードの数 x コードの半径/パイ x 螺旋の半径)であり、これを超えると結節ができる。2本コードアクチュエータに関しては、この限界ねじれ角は約32.5度であり、90度のねじれ角は、ねじれていないアクチュエータを記述する。ピン270(またはプーリー)の使用はアクチュエータの有効行程を増加させ、コード262が、その限界に達する前に、固定長コードの46%と比べその元々の長さより86%短縮される。最大ねじれ角であるアルファマックスにおけるアクチュエータの長さは次の通り。

【0058】

$$L_{init}/\cos(\text{パイ}-\text{アルファマックス}) - L_{init}$$

【0059】

ここで L_{init} は、固定ピンまたはプーリーと回転入力との間の距離である。従って、短縮率は次の通り。

【0060】

(数1)

$$(L_{init}/\cos(\text{パイ}-\text{アルファマックス}) - L_{init})/L_{init}$$

$$= 0.86$$

【0061】

さらに、図35の従来の捻り紐アクチュエータ260では、出力266は非線形である。さらに、例えばレバーまたはアームを回転軸または関節を中心として移動させるために、一对の捻り紐アクチュエータを拮抗する状態で使用する場合、片方のアクチュエータが長くなる一方で、反対側のものが短くなり、それぞれが非線形に変化する。従って、これら捻り紐アクチュエータに接続された2つの腱を用いてロボット関節を駆動し、これをその関節において円形プーリーにそれら腱を掛けておこなう場合、そうした腱の張力は関節が動くときに変化する。関節の位置によっては腱がゆるみ、関節の位置を知ることができず、制御できなくなる。

【0062】

一对の対向しかつ拮抗した捻り紐アクチュエータの出力動作を線形化するためには、非

10

20

30

40

50

円形プーリーを使用できる。それぞれの鍵は非円形カムに固定し、こうしたカムは共通回転軸を共有する。このカムの具体的な形状は代数的に求められる。こうすることで、このアクチュエータシステムがその設計された動作範囲を通過する過程で、両方の鍵が適切な張力を維持する。

【0063】

明細書中における「一実施形態」または「一つの実施形態」という記載は、当該実施形態に関連して記載された特性、特徴、構造物、または特色が、本教示の少なくとも一つの実施形態に含まれていることを意味する。明細書における特定の実施形態への言及は、必ずしも同じ実施形態に言及しているわけではない。本明細書で使用する用語は、特定の実施形態を記述するためのものであり、限定的に考慮されるべきではない。

10

【0064】

当業者であれば理解できるように、本発明の諸側面は、システム、方法、およびコンピュータプログラム製品として実施できる。従って、本発明の諸側面は、完全にハードウェアもしくは完全にソフトウェア(ファームウェア、プログラムコード、常駐ソフトウェア、マイクロコードを含むがそれらに限定されない)で、またはソフトウェアとハードウェアの組み合わせで実施できる。こうした実施形態すべては、本明細書では概して回路、モジュール、またはシステムと呼ばれる。さらに、本発明の諸側面は、コンピュータ可読プログラムコードが実装された1つまたは複数のコンピュータ可読媒体で実施されたコンピュータプログラム製品の形式としてもよい。

【0065】

20

1つまたは複数のコンピュータ可読媒体の任意組合せを利用してもよい。このコンピュータ可読媒体は、コンピュータ可読信号媒体またはコンピュータ可読記憶媒体でよい。コンピュータ可読記憶媒体は、例えば、電子、磁気、光学、電磁、赤外線、若しくは半導体システム、装置、デバイス、または上記の任意適切な組合せを含むことができるが、それらに限定されない。

このコンピュータ可読記憶媒体のより具体的な例(すべてを網羅するリストではない)は、1つまたは複数の電線を備えた電気接続部、携帯用コンピュータディスク、ハードディスク、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読み出し専用メモリ(ROM)、消去可能なプログラマブル読み出し専用メモリ(EEPROMまたはフラッシュメモリ)、光ファイバ、コンパクトディスク読み出し専用メモリ(CD-ROM)、光記憶装置、磁気記憶装置、または上記の任意組合せを含む。本明細書の文脈では、コンピュータ可読記憶媒体は、命令実行システム、装置、もしくはデバイスによって使用されるもしくはそれらと組み合わせて使用されるプログラムを保持または格納できる任意の有形媒体でよい。

30

【0066】

コンピュータ可読信号媒体は、例えば、ベースバンドにおいてまたは搬送波の一部として実施されたコンピュータ可読プログラムコードを備えた伝搬データ信号を含むことができる。そうした伝搬信号は、電磁、光学、または任意適切なそれらの組合せを含むがそれらには限定されない様々な形式のうち任意形式を取ることができる。コンピュータ可読信号媒体は、コンピュータ可読記憶媒体でない任意のコンピュータ可読媒体であって、命令実行システム、装置、もしくはデバイスによって使用される若しくはそれらと組み合わせて使用されるプログラムを伝達、伝搬、または伝送できる任意のコンピュータ可読媒体でよい。

40

【0067】

コンピュータ可読媒体上で実施されているプログラムコードは、ワイヤレス、配線、光ファイバケーブル、無線周波数(RF)等またはそれらの任意適切な組合せを含むことができるが、それらに限定されない任意適切な媒体を用いて伝送できる。

【0068】

本発明の諸様態を実行するためのコンピュータ・プログラムコードは、JAVA(登録商標)、Smalltalk、C++、Visual C++などのオブジェクト指向プログラミング言語ならびにCおよびPascalプログラミング言語または類似のプログラミング言語のような従来の手続き

50

型プログラミング言語を含む1つまたは複数のプログラミング言語の任意組合せで書けばよい。

【0069】

本発明の諸様態は、本発明の実施形態による方法、装置(システム)、およびコンピュータプログラム製品のフローチャートならびに/またはブロックダイアグラムを参照して説明できる。これらフローチャートおよび/またはブロックダイアグラムの各ブロックならびにフローチャートおよび/またはブロックダイアグラムのブロックの組合せは、コンピュータプログラム命令によって実装できることは理解されるはずである。これらコンピュータプログラム命令は、汎用コンピュータもしくは専用コンピュータまたは他のプログラム可能データ処理装置のプロセッサに与えることができ、こうしたコンピュータまたはプログラム可能データ処理装置のプロセッサを介して実行されるこれら命令が、フローチャートおよび/またはブロックダイアグラムの単数もしくは複数のブロックで指定されている機能/動作を実装する手段を生成する。

10

【0070】

これらコンピュータプログラム命令は、コンピュータ、他のプログラム可能データ処理装置、または他の装置に特定の様態で機能するよう指示できるコンピュータ可読媒体に格納してもよく、このコンピュータ可読媒体に格納された命令は、フローチャートおよび/またはブロックダイアグラムの単数もしくは複数のブロックで指定されている機能/動作を実装する命令を含む製品をもたらす。

【0071】

20

これらコンピュータプログラム命令は、コンピュータ、他のプログラム可能データ処理装置、または他の装置にロードして、こうしたコンピュータ、他のプログラム可能装置、または他の装置で一連の動作ステップを実行させてコンピュータ実装処理を実現し、コンピュータまたは他のプログラム可能装置上で実行するこれら命令が、フローチャートおよび/またはブロックダイアグラムの単数もしくは複数のブロックで指定されている機能/動作を実施する処理をもたらす。

【0072】

図中のフローチャートおよびブロックダイアグラムは、本発明の様々な実施形態によるシステム、方法、およびコンピュータプログラム製品の可能な実装例のアーキテクチャ、機能、および動作を示す。この意味では、このフローチャートまたはブロックダイアグラムの各ブロックは、コードのモジュール、セグメント、または一部を表し、これは指定された論理機能を実装する1つまたは複数の実行可能命令を含む。さらに、幾つかの代替的な実装例では、ブロックに示された機能は、図に示された順番で実行されない場合があることにも注意すべきである。例えば、それに関わる機能によっては、連続して示した2つのブロックは、実際には概ね同時に実行してもよいし、これらブロックを反対の順番で実行してもよい。これらブロックダイアグラムおよび/またはフローチャートの各ブロックならびにブロックダイアグラムおよび/またはフローチャートのブロックの組合せは、指定された機能もしくは動作を実行する専用ハードウェアベースシステムまたは専用ハードウェアおよびコンピュータ命令の組合せによって実装できることは理解されるはずである。

30

40

【0073】

上述した発明の態様は、半導体製造工程で製造される1つまたは複数の集積回路(IC)チップで実装される。こうしたICチップのメーカーは、これらを、ベアダイとして生ウェハ(複数の未実装チップを供えた単一のウェハ)の状態または実装状態で流通させることができる。実装されている場合、これらICチップは、例えば、マザーボードもしくは他のより高レベルのキャリアにリード線が接続されたプラスチックキャリアなどの単一のチップパッケージに取り付けられるか、表面および/または埋込型相互接続部を備えたセラミックキャリアなどの多チップパッケージに搭載される。こうしたICチップは、次に、マザーボードなどの中間製品または最終製品の一部として、他のチップ、ディスクリート回路素子、および/または他の信号処理デバイスに集積される。この最終製品は、電子ゲーミン

50

グシステムおよび他の低価格応用例ならびに表示装置、入力装置、および中央処理装置を備えた高度コンピュータ製品などのICチップを供えた任意製品とすることができる。

【0074】

特定の好適な実施形態を参照しつつ本発明を図示しかつ説明してきたが、通常の技能を備えた当業者であれば、形式および細部は、次の特許請求の範囲に定義された本発明の精神および範囲から逸脱することなく様々に変更できることは理解するはずである。

【0075】

特許請求の範囲は次の通りである。

【図1】

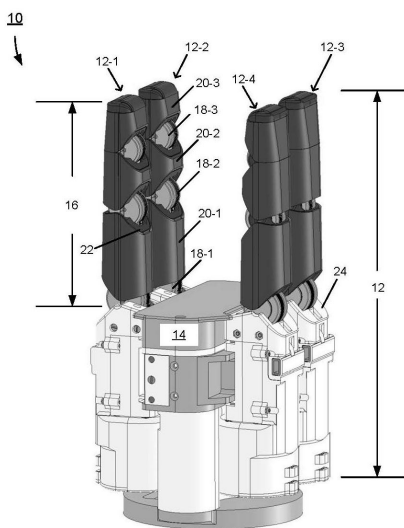


FIG. 1

【図2】

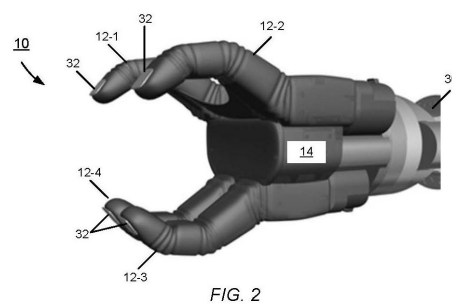


FIG. 2

【図3】

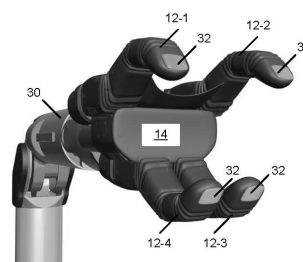


FIG. 3

【 図 4 】

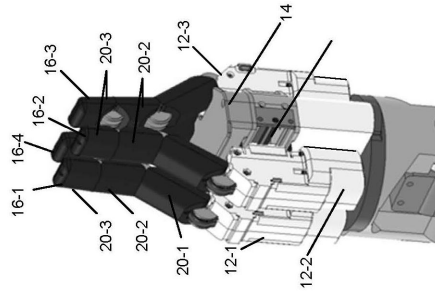


FIG. 4

【 図 5 】

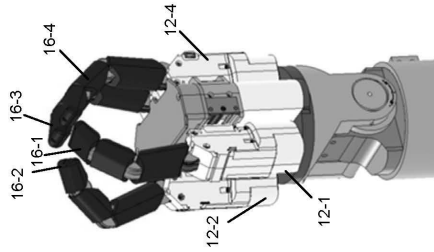


FIG. 5

【 図 6 】

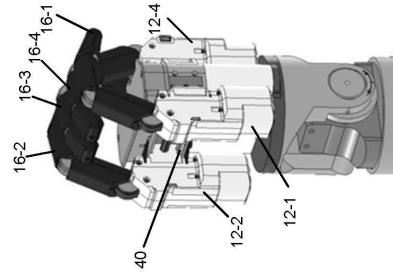


FIG. 6

【 図 7 】



FIG. 7

【 図 8 】

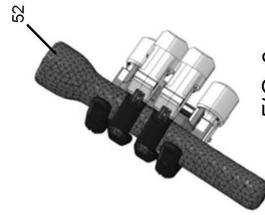


FIG. 8

【 図 9 】

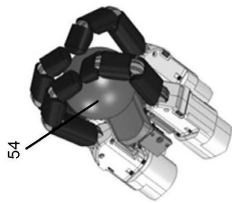


FIG. 9

【 図 10 】

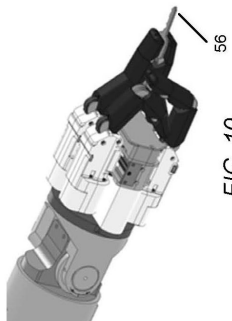


FIG. 10

【 図 11 】

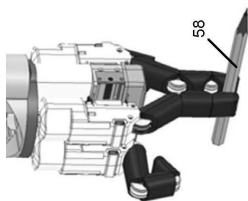


FIG. 11

【 図 12 A 】

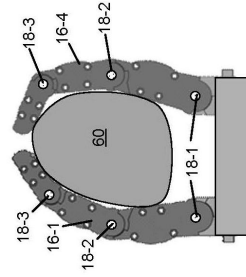


FIG. 12A

【 図 12 B 】

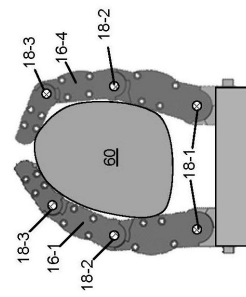


FIG. 12B

【 13 】

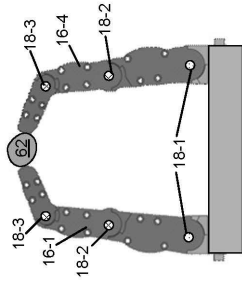


FIG. 13

【 14 】

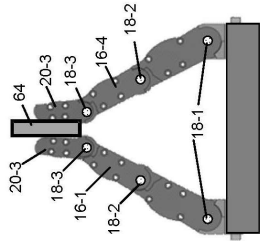


FIG. 14

【 16 】

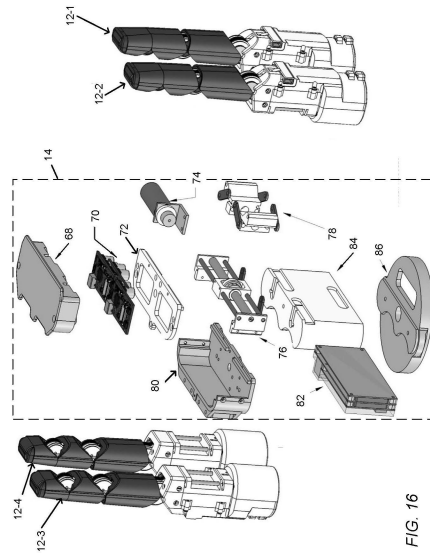


FIG. 16

【 15 A 】

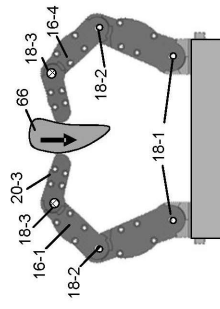


FIG. 15A

【 15 B 】

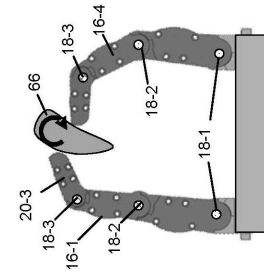


FIG. 15B

【 17 】

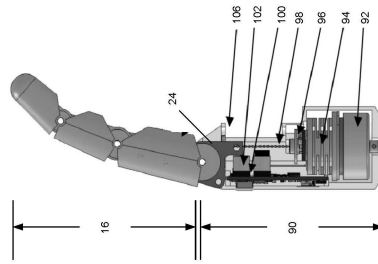


FIG. 17

【 18 】

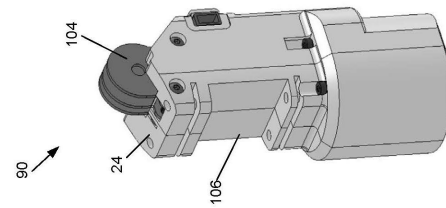
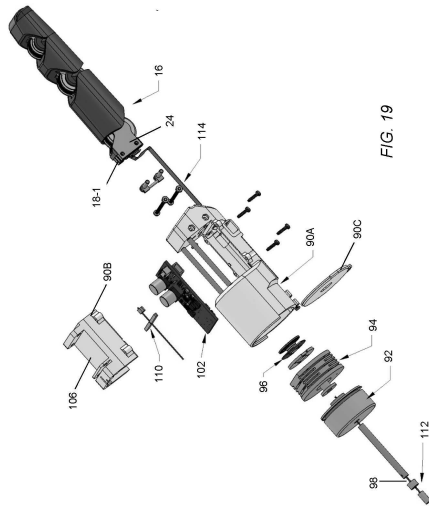


FIG. 18

【 図 19 】



【 図 20 】

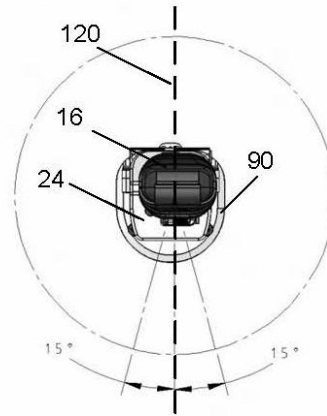


FIG. 20

【 図 21 】

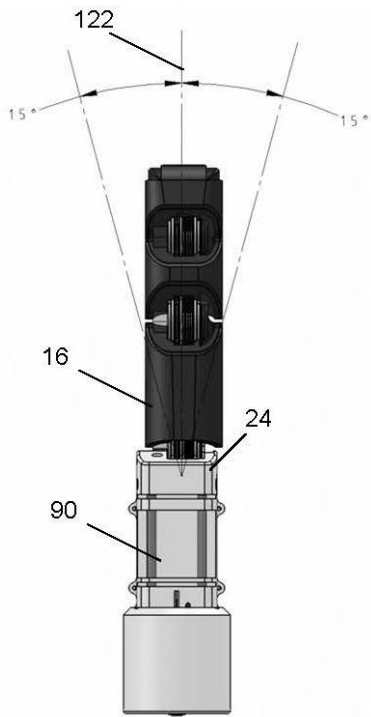


FIG. 21

【 図 22 】

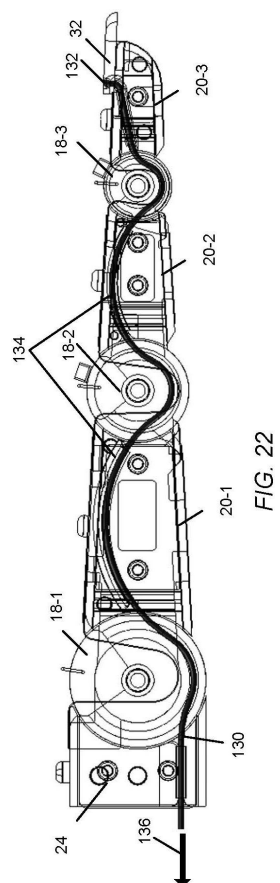
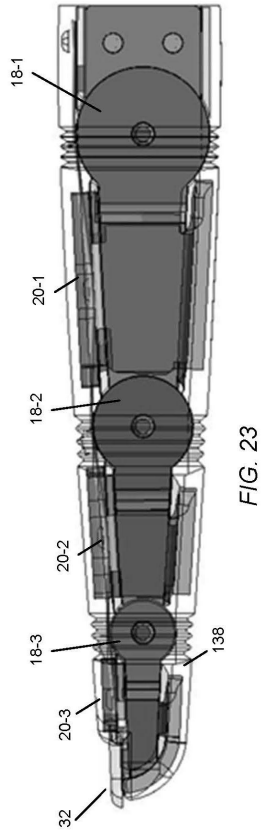


FIG. 22

【 2 3 】



【 2 4 】

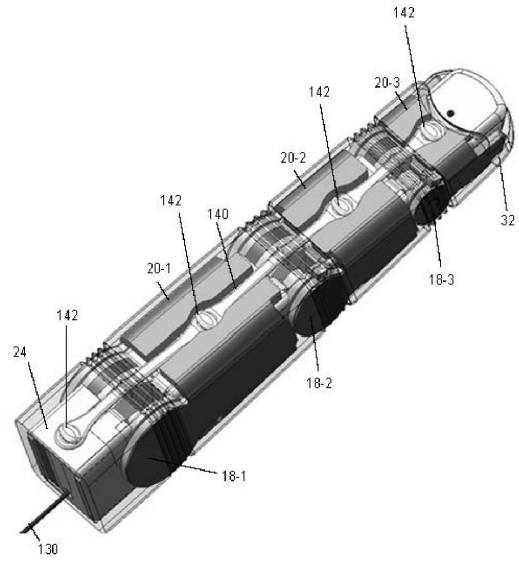


FIG. 24

【 2 5 】

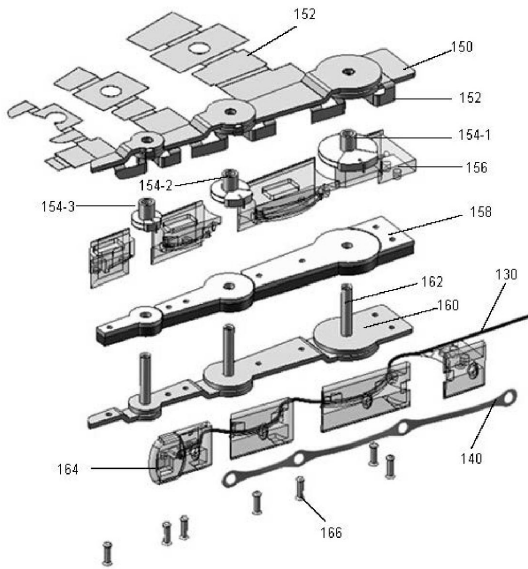


FIG. 25

【 2 6 】

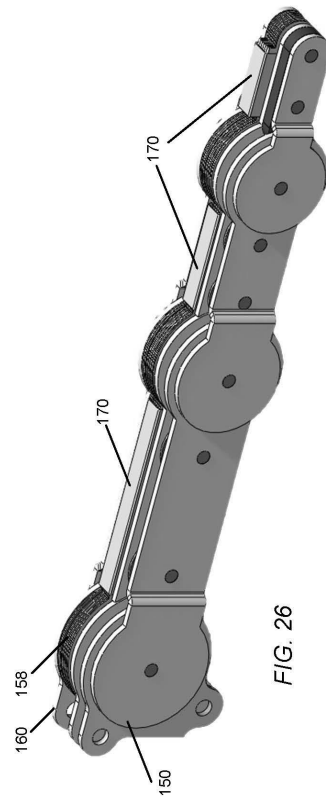


FIG. 26

【図27】

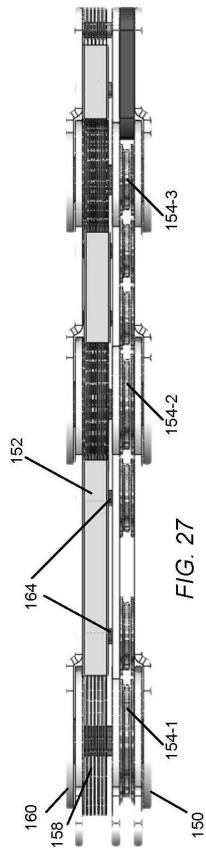


FIG. 27

【図28】

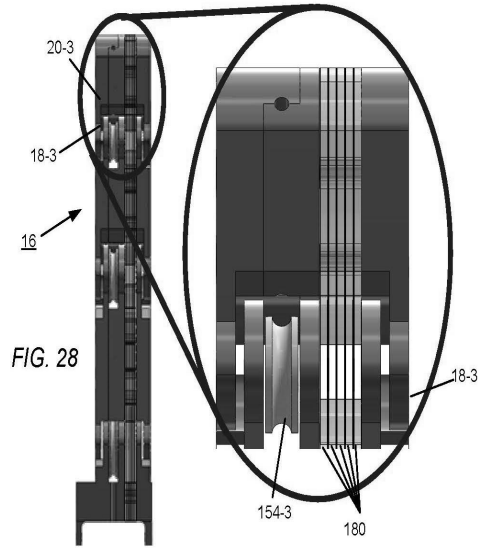


FIG. 28

【図29】

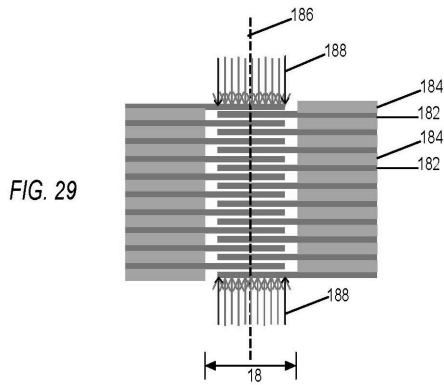


FIG. 29

【図30】

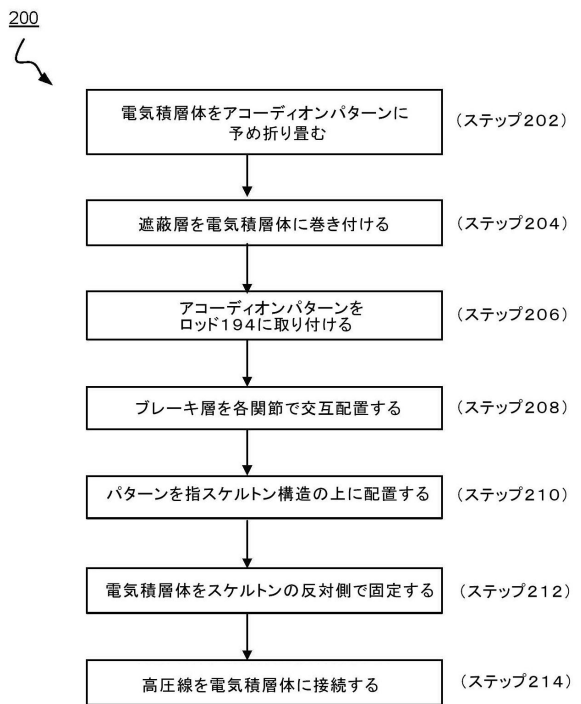


FIG. 30

【図 3 1 A】

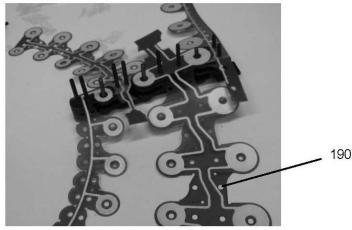


FIG. 31A

【図 3 1 C】

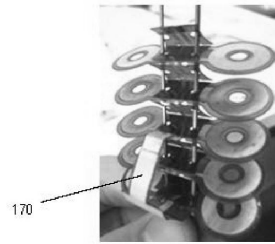


FIG. 31C

【図 3 1 B】

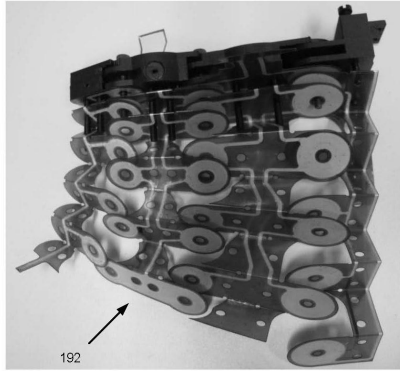


FIG. 31B

【図 3 1 D】

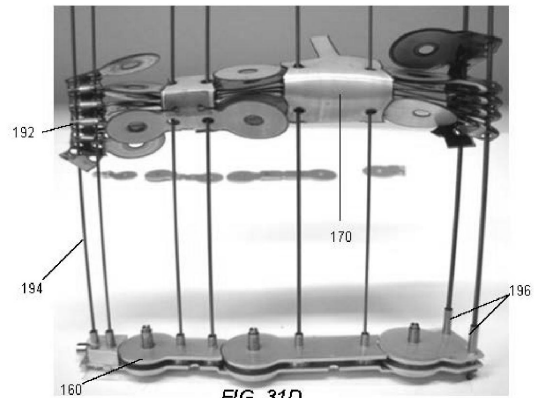


FIG. 31D

【図 3 1 E】

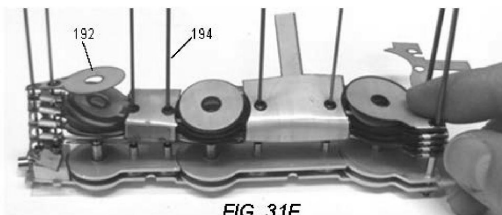


FIG. 31E

【図 3 2】



FIG. 32

【図 3 1 F】

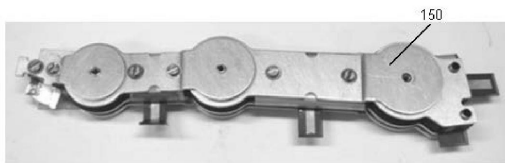


FIG. 31F

【図 3 3】

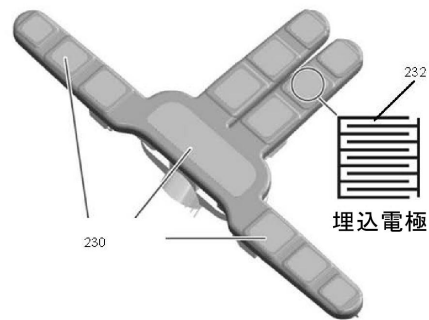


FIG. 33

【図 3 1 G】

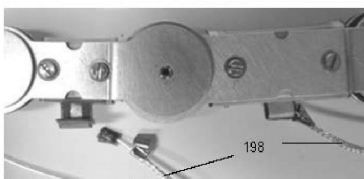


FIG. 31G

【 3 4 】

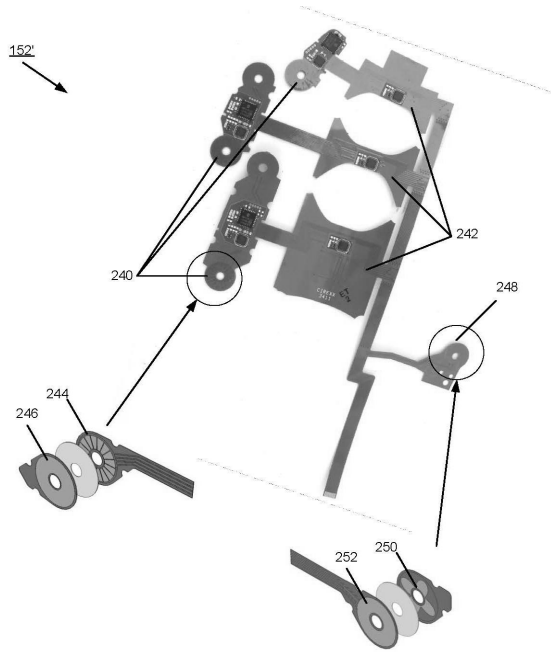


FIG. 34

【 3 5 】

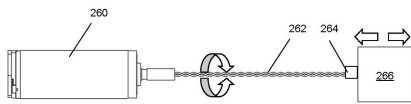


FIG. 35

【 3 6 】

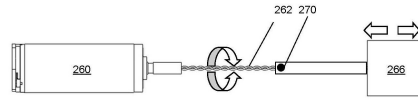


FIG. 36

フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 61/466,900
 (32)優先日 平成23年3月23日(2011.3.23)
 (33)優先権主張国 米国(US)
 (31)優先権主張番号 61/466,902
 (32)優先日 平成23年3月23日(2011.3.23)
 (33)優先権主張国 米国(US)

前置審査

- (72)発明者 ガルシア, パブロ, イー.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 5 メンロー パーク ベイ ロード 4 1 5
 (72)発明者 ロウ, トーマス, ピー.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 0 2 ベルモント リオン アベニュー 2 0 3 5
 (72)発明者 プララド, ハルシャ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 1 4 クパチーノ ステンドホール レーン 7 9 9
 (72)発明者 オークス, ダニエル
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 6 3 レッドウッド シティ マーシュ ロード 1
 1 7 7
 (72)発明者 キム, スーザン
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 5 メンロー パーク パークレー アベニュー
 1 1 3 4
 (72)発明者 コーンブルー, ロイ, ディー.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 3 0 1 パロ アルト パロ アルト アベニュー 2
 6 0

審査官 中田 善邦

- (56)参考文献 特開平11-267987(JP,A)
 特開昭60-081527(JP,A)
 特開平06-126661(JP,A)
 特開2001-054891(JP,A)
 特開平01-316193(JP,A)
 特開2008-089175(JP,A)
 特開平09-131687(JP,A)
 特開2001-287182(JP,A)
 特開2009-034742(JP,A)
 特表2007-516854(JP,A)
 米国特許第04946380(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J1/00-21/02