

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6719756号
(P6719756)

(45) 発行日 令和2年7月8日 (2020.7.8)

(24) 登録日 令和2年6月19日 (2020.6.19)

(51) Int.Cl.
GO 1 L 5/169 (2020.01)

F I
GO 1 L 5/169

請求項の数 4 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2017-9422 (P2017-9422)	(73) 特許権者	899000068
(22) 出願日	平成29年1月23日 (2017.1.23)		学校法人早稲田大学
(65) 公開番号	特開2018-119801 (P2018-119801A)		東京都新宿区戸塚町 1 丁目 1 〇 4 番地
(43) 公開日	平成30年8月2日 (2018.8.2)	(74) 代理人	100114524
審査請求日	令和1年10月17日 (2019.10.17)		弁理士 榎本 英俊
		(72) 発明者	シュミッツ アレクサンダー
			東京都新宿区戸塚町 1 丁目 1 〇 4 番地 学
			校法人早稲田大学内
		(72) 発明者	クリスタント ハリス
			東京都新宿区戸塚町 1 丁目 1 〇 4 番地 学
			校法人早稲田大学内
		(72) 発明者	ソムロア ソフォン
			東京都新宿区戸塚町 1 丁目 1 〇 4 番地 学
			校法人早稲田大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 身体部位接触力センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象者の身体の部位が所定の物体に接触するときに前記部位の接触部分に作用する接触力を測定する身体部位接触力センサにおいて、

前記接触力によって前記接触部分の周辺部分が変形したときの状態を検知するセンサ本体と、当該センサ本体での検知結果に基づいて前記接触力を求める処理手段とを備え、

前記センサ本体は、前記周辺部分に接触可能に配置されて当該周辺部分の変形に伴い押圧される接触部材と、当該接触部材に作用する直交 3 軸方向の各成分それぞれの押圧力の大きさを計測するための力計測手段とを備え、

前記処理手段では、前記力計測手段での計測結果から、前記接触部材に作用する各押圧力の前記各成分を用い、前記接触力の大きさを前記成分毎に演算で求めることを特徴とする身体部位接触力センサ。

【請求項 2】

前記接触部材は、前記周辺部分の少なくとも 2 箇所に配置され、

前記力計測手段では、前記各接触部材に作用する直交 3 軸方向の各成分それぞれの押圧力の大きさが計測されることを特徴とする請求項 1 記載の身体部位接触力センサ。

【請求項 3】

前記接触部材は、前記物体に接触する指の幅方向両側となる指側面で接触可能に配置され、

前記処理手段では、前記接触部材毎に指の幅方向の前記押圧力と指の厚み方向の前記押

10

20

圧力とを所定のゲインを乗じた上で加算して、当該加算値を前記接触部材単位で相殺することで、前記幅方向の前記接触力が求められ、前記接触部材毎に算出された前記加算値を総合計することで、前記厚み方向の前記接触力が求められ、指の長さ方向の前記各押圧力に所定のゲインを乗じた上で総合計することで、当該長さ方向の前記接触力が求められることを特徴とする請求項 2 記載の身体部位接触力センサ。

【請求項 4】

前記処理手段では、前記長さ方向の前記各押圧力に所定のゲインを乗じた上で、当該各押圧力を相殺することにより、指を横回転する方向のモーメントが求められることを特徴とする請求項 3 記載の身体部位接触力センサ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定対象者の指等の身体の部位が所定の物体に直接接触した状態で、当該接触部分に作用する接触力を測定する身体部位接触力センサに関する。

【背景技術】

【0002】

人間の手指を模したロボットハンドに対し、柔らかい物体を掴んで運ぶ動作やボトルキャップを回して開け閉めする動作等、人間の手指の動作と同様の作業をさせる場合に、ロボットハンドに人間の手指の動きを記憶させるティーチングが予め必要になる。このティーチングに際しては、例えば、物体を破壊しないように物体を把持する力加減をロボットに設定するために、人間が同様の作業を行った際の力加減を正確なデータとして取得する必要がある。更に、例えば、衣服の質感等を自動検出する機器を開発する際に、指先で衣服の表面上を動かしたとき等の人間の感覚と、衣服の質感に対応して指先に作用する接触力のデータとを対応させたデータベースを構築する必要があり、この際においても、人間の指が衣服に接触した際の接触力の正確なデータを取得する必要がある。その他、人間とロボットとの共存を考慮した様々な装置開発には、人間の指のみならず、他の身体部位が物体に接触する場合の接触力の正確な検出も必要となる。

20

【0003】

従来、人間が物体を把持しながら所定の動作をする際に、人間の指に作用する力を測定するための力センサが種々提案されている。この力センサとしては、特許文献 1 で提案されている指サック型の力覚センサが挙げられる。この力覚センサは、筒状の指力バーの内部に存在する指サックに指先を挿入した状態で、当該指サックに作用した力が測定される。しかしながら、この力覚センサでは、指先の表面全面が、指力バーと指サックの 2 種の部材で覆われた状態となっており、使用者は、指力バー及び指サックを介して物体に接触することになり、指先を直接物体に接触させることができない。従って、指先が物体に直接接触する感覚が得られず、指先の接触面を物体に直接接触させた状態で、当該接触面に作用する接触力を測定するニーズがある場合には、使用することができない。

30

【0004】

ここで、特許文献 2 には、指先の腹の接触面が物体と直接接触した状態で、接触面に作用する接触力を検出可能に指先に装着される接触力検出センサが開示されている。この接触力検出センサは、指先を跨ぐように装着されるアームに歪センサが取り付けられており、物体に対する指先の接触時における指先の変形に対応する歪センサの検出値に基づき、前記接触力を検出するようになっている。すなわち、この接触力検出センサでは、指で物体を押圧した際に接触面が変位すると、それに伴って指先側面が変位することを利用し、当該指先側面の幅方向の変位量を歪センサで計測することで、予め設定された当該変位量と接触力との関係から、接触面が物体に直接接触した状態で接触力を導出可能になっている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

50

【特許文献 1】特開 2 0 0 8 - 3 2 5 1 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 3 - 3 7 8 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、前記特許文献 2 の接触力検出センサにあっては、物体に対する指先の接触力が、指先側面における変位量の計測から導出されるため、指先の接触面に作用する力の状態を正確に検出することができない。すなわち、接触力は、指先側面における指の幅方向の変位量から一義的に定まる訳ではなく、種々の条件を加味しなければ、正確な値を求めることができない。例えば、物体を指先で単純に押圧したときのように、接触面に対して垂直方向の反力となる接触力が作用した場合と、物体を指先で撫で回したときのように、接触面に沿う剪断力となる接触力が作用した場合との間等のように、接触力の大きさや作用方向が異なっている場合でも、指先側面の指の幅方向の変位量が同一になることも考えられる。従って、ここでの例で言えば、どちらの場合かを指定しなければ、接触力を正確に測定することができない。また、使用前には、予め記憶される変位量と接触力との関係のデータを使用者毎に補正するキャリブレーションが必要となり、手間がかかることになる。

10

【 0 0 0 7 】

本発明は、このような課題に着目して案出されたものであり、その目的は、測定対象者の指等の身体部位が所定の物体に直接接触した状態で、その接触部分に作用する接触力を正確且つ簡単に測定することができる身体部位接触力センサを提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

前記目的を達成するため、本発明は、主として、測定対象者の身体の一部が所定の物体に接触するときに前記部位の接触部分に作用する接触力を測定する身体部位接触力センサにおいて、前記接触力によって前記接触部分の周辺部分が変形したときの状態を検知するセンサ本体と、当該センサ本体での検知結果に基づいて前記接触力を求める処理手段とを備え、前記センサ本体は、前記周辺部分に接触可能に配置されて当該周辺部分の変形に伴い押圧される接触部材と、当該接触部材に作用する直交 3 軸方向の各成分それぞれの押圧力の大きさを計測するための力計測手段とを備え、前記処理手段では、前記力計測手段での計測結果から、前記接触部材に作用する各押圧力の前記各成分を用い、前記接触力の大きさを前記成分毎に演算で求める、という構成を採っている。

30

【 0 0 0 9 】

なお、本特許請求の範囲及び本明細書において、位置若しくは方向を示す際の「左」、「右」、「上」、「下」、「前」、「後」は、特に明示しない限り、図 2 の向きを基準とした指先の位置若しくは方向を意味する。すなわち、「左」、「右」は、指の幅方向両側となる図 2 中の「左」、「右」を意味し、「上」、「下」は、指の厚み方向両側となる図 2 中の「上」、「下」を意味し、「前」、「後」は、指の長さ方向すなわち図 2 の紙面直交方向の両側である「前」、「後」を意味し、同図中手前側を「前」とする。

【発明の効果】

40

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、身体部位の接触部分を除くその周辺部分に接触可能に配置された接触部材に作用する直交 3 軸方向の押圧力の測定に基づいて、当該方向の各成分の力を総合して直交 3 軸方向の接触力の大きさを求めるため、当該接触力の大きさを正確に求めることができる。また、接触部材に作用した力から、力学的な演算のみで、直交 3 軸方向の接触力が求められるため、データ間の対応関係を構築するための前記特許文献 2 のような事前のキャリブレーションが不要になり、センサ本体を指先に装着するだけで、指先の前記接触力を簡単に求めることができる。このように直交 3 軸方向の成分毎に接触力の大きさが判明すれば、物体に対する接触動作の種類が把握可能になり、また、指を物体に接触したまま横回転したとき等におけるモーメントも簡単に求めることができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態に係る身体部位接触力センサの概略構成図。

【図2】センサ本体の概略断面正面図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0013】

図1には、本実施形態に係る身体部位接触力センサの概略構成図が示されている。この図において、前記身体部位接触力センサ10は、測定対象者の指先が所定の物体に接触するときに、指先の接触部分に作用する接触力を測定するセンサである。具体的には、指先の腹の部分に接触部分とし、当該接触部分を除くその近傍の周辺部分である指の側面（以下、単に「指側面」と称する）の変形状態に基づいて接触力を求めるようになっている。

10

【0014】

この指先接触力センサ10は、接触力の作用による指側面の変形状態を検知するセンサ本体11と、センサ本体11での検知結果に基づいて接触力を求める処理手段12とを備えている。

【0015】

前記センサ本体11は、図2に示されるように、指Tの接触部分T1を除く爪T2側の領域を囲むように指先に装着される。このセンサ本体11は、正面視でほぼ逆U字状をなすホルダ14と、ホルダ14の内面2箇所に取り付けられ、左右両側の指側面に接触可能に配置される接触部材15と、指側面の変形によって接触部材15に作用する押圧力を計測する力計測手段16とを備えている。

20

【0016】

前記ホルダ14は、弾性変形しながらセンサ本体11が指Tに対して脱着可能となるように形成されており、センサ本体11が指Tに装着された際に、左右両側の接触部材15が指側面にそれぞれ当接するようにサイズ設計されている。

【0017】

前記接触部材15は、当接する指側面が接触部分T1の接触力の作用によって外側に膨出するように変形した際に弾性変形可能となる弾性体によって形成されており、特に限定されるものではないが、後述する磁気センサ19での磁界の変化の検知を阻止しない材料、例えば、ウレタン材やシリコン材等からなる。

30

【0018】

前記力計測手段16は、接触部材15の内部に埋設された磁性体18と、磁性体18に対向するように固定配置され、磁性体18との間の磁界の変化を検知する磁気センサ19とにより構成されている。

【0019】

前記磁性体18は、永久磁石によって形成されているが、磁気センサ19との間に所定の大きさの磁界を発生させる限りにおいて、種々の磁性体や磁界発生装置を用いることもできる。この磁性体18は、接触部材15の内部に固定された状態となっており、接触部材15の弾性変形に伴って変位する。

40

【0020】

前記磁気センサ19は、図示省略しているが、ホール素子や磁気抵抗素子等からなる磁気検出用素子と、磁気検出用素子が電気的に接続された基板とを含む公知の構成のものが採用されており、接触部材15を介した磁性体18との間の磁界の大きさに対応する電気信号に変換する構造となっている。なお、前記磁気検出用素子は、指側面の変形によって接触部材15に作用した直交3軸方向（図2中x、y、z軸方向）の押圧力の大きさをそれぞれ検出可能にするため、3つ1セットで設けられており、図2においては、それらをまとめて1つの直方体で簡略的に図示している点、了承されたい。

【0021】

50

以上の構成のセンサ本体 11 では、次のようにして、指側面の左右両側の変形状態が検知される。すなわち、指先の腹の接触部分 T1 が所定の物体 B に接触した際に、当該接触に伴って指側面が外側に膨出するように変形する。これにより、当該指側面の左右 2 箇所それぞれにそれぞれ接触する接触部材 15 が押圧され、接触部材 15 が弾性変形する。これにより、接触部材 15 に一体化された磁性体 18 が変位し、固定配置された磁気センサ 19 と磁性体 18 との間の相対位置関係が変化する。これにより、磁気センサ 19 で検知される磁界の大きさが変化し、指側面から各接触部材 15 への押圧力に対応した磁気センサ 19 での電気信号が生成されることになる。

【0022】

なお、前記力計測手段 16 としては、接触部材 15 に作用する直交 3 軸方向の押圧力を検出可能であれば、前述の構成に限定されず、他のセンサ等を用いることもできる。

10

【0023】

前記処理手段 12 は、コンピュータに組み込まれた 1 機能であり、当該コンピュータを含む機器は、磁気センサ 19 に対して有線若しくは無線によって電氣的に接続されている。この機器は、特に限定されるものではないが、例えば、測定対象者の手首等の身体の一部に装着可能に設けられている。なお、携帯端末のコンピュータに処理手段 12 の機能を持たせ、測定対象者が携行可能な態様としても良い。

【0024】

この処理手段 12 は、図 1 に示されるように、磁気センサ 19 からの電気信号に基づいて、左右両側の接触部材 15 に作用した押圧力の大きさをそれぞれ検出する力検出部 21 と、力検出部 21 によって検出された左右両側の押圧力の検出値から、指先の接触部分 T1 における接触力を演算によって求める接触力演算部 22 とにより構成されている。

20

【0025】

前記力検出部 21 では、磁気センサ 19 からの電気信号の変換により、左右 2 箇所の指側面における押圧力が、直交 3 軸方向の成分毎にそれぞれ導出されるようになっている。

【0026】

前記接触力演算部 22 では、次式に示されるように、力処理手段 21 で検出された左右の指側面の押圧力の直交 3 軸方向の各成分を総合して、当該各成分の接触力と、指先 F を物体 B に接触したまま横回転したときのモーメントとが求められる。

【0027】

30

【数 1】

$$F_x = (k_1 S1_x + k_2 S1_y) - (k_3 S2_x + k_4 S2_y)$$

$$F_y = (k_5 S1_x + k_6 S1_y) + (k_7 S2_x + k_8 S2_y)$$

$$F_z = k_9 S1_z + k_{10} S2_z$$

$$M_y = k_{11} S2_z - k_{12} S1_z$$

40

【0028】

なお、上式において、 F_x 、 F_y 、 F_z は、指の幅方向となる図 2 中の第 1 座標系 C1 における x 軸方向、指の厚み方向となる同座標系 y 軸方向、指の長さ方向となる同座標系 z 軸方向の接触力を表し、 M_y は、前記横回転となる同座標系 y 軸回りのモーメントを表す。

また、 $S1_x$ 、 $S1_y$ 、 $S1_z$ は、図 2 中右側の力計測手段 16 (S1) で計測された同図中の第 2 座標系 C2 における x 軸方向、同 y 軸方向、z 同軸方向の押圧力を表す。

$S2_x$ 、 $S2_y$ 、 $S2_z$ は、図 2 中左側の力計測手段 16 (S2) で計測された同図中

50

の第3座標系C3におけるx軸方向、同y軸方向、同z軸方向の押圧力を表す。

更に、 $k_1 \sim k_{12}$ は、予め設定されたゲインを表し、0以外の正の値を採る。

【0029】

ここで、本実施例では、第1～第3座標系C1～C3が図2に表示するように設定されており、各成分の押圧力及び接触力の方向は次の通りとなる。全ての座標系において、y成分は図2中上方が正の値を採り、z成分は、同図中前方が正の値を採る。一方、x成分においては、第1及び第2座標系C1、C2と第3座標系C3との間で、正の値を採る方向が相反している。すなわち、第1及び第2座標系C1、C2では、図2中右方が正の値を採り、第3座標系C3では、同図中左方が正の値を採る。換言すれば、指の幅方向における押圧力は、指Tの接触によって指側面が膨出する方向である接触部材を圧縮する方向が正の値となる。

10

【0030】

上式によれば、指の幅方向となるx軸方向の接触力 F_x は、右側の接触部材15への押圧力におけるx、y成分(S_{1x} 、 S_{1y})にそれぞれ所定のゲインを乗じた上で加算し、左側の接触部材15への押圧力におけるx、y成分(S_{2x} 、 S_{2y})にそれぞれ所定のゲインを乗じた上で加算し、各加算値を接触部材15単位で相殺することで求められる。

【0031】

また、指の厚み方向となるy軸方向の接触力 F_y は、右側の接触部材15への押圧力におけるx、y成分(S_{1x} 、 S_{1y})にそれぞれ所定のゲインを乗じた上で加算し、左側の接触部材15への押圧力におけるx、y成分(S_{2x} 、 S_{2y})にそれぞれ所定のゲインを乗じた上で加算し、各加算値を総合計することで求められる。

20

【0032】

更に、指の長さ方向となるz軸方向の接触力 F_z は、右側の接触部材15への押圧力におけるz成分 S_{1z} と、左側の接触部材15への押圧力におけるz成分 S_{2z} とにそれぞれ所定へのゲインを乗じ、それらを総合計することで求められる。

【0033】

また、指を横回転する方向のy軸回りのモーメント M_y は、右側の接触部材15への押圧力におけるz成分 S_{1z} と、左側の接触部材15への押圧力におけるz成分 S_{2z} とにそれぞれ所定へのゲインを乗じ、それらを相殺することで求められる。

30

【0034】

なお、前記実施形態における身体部位接触力センサ10では、指先にセンサ本体11を装着して当該指先の接触力を求めるようになっているが、本発明はこれに限らず、センサ本体11を、指先以外の指の部分等、その他の身体部分に装着可能な構成とし、当該身体部分の接触力を求める態様を採ることもできる。

【0035】

また、前記実施形態では、2箇所接触部材15に作用した押圧力から前記接触力を求めているが、接触力を測定する身体部位等に応じて、接触部材15を1箇所若しくは3箇所以上に配置し、前述と同様に、前記周辺部分の変形により各接触部材15に作用する押圧力を力計測手段16で計測し、当該計測結果を用いて演算により前記接触力を求めるようにしても良い。

40

【0036】

その他、本発明における装置各部の構成は図示構成例に限定されるものではなく、実質的に同様の作用を奏する限りにおいて、種々の変更が可能である。

【符号の説明】

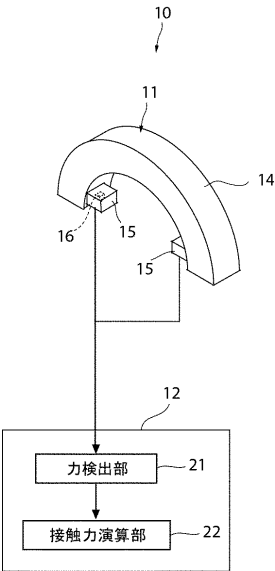
【0037】

- 10 身体部位接触力センサ
- 11 センサ本体
- 12 処理手段
- 15 接触部材

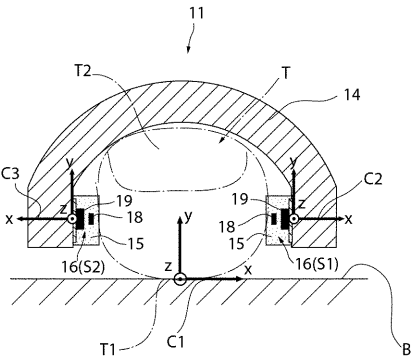
50

1 6 力計測手段
B 物体
T 指（身体部位）
T 1 接触部分

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 トモ ティト ブラドノ
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 黄 振善
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内
- (72)発明者 菅野 重樹
東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学校法人早稲田大学内

審査官 公文代 康祐

- (56)参考文献 特開2014-142206(JP,A)
特開昭48-003586(JP,A)
特開2011-232165(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0027297(US,A1)
特開2014-126496(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L	5/00
G01L	5/16 - 5/173
G01L	5/22
G06F	3/033