

(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2018-8250

(P2018-8250A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.  
B06B 1/10 (2006.01)

F1  
B06B 1/10

テーマコード(参考)  
5D107

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2016-140593 (P2016-140593)  
(22) 出願日 平成28年7月15日 (2016.7.15)  
  
(出願人による申告)平成26年度、独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業(ACCEL)「触原色に立脚した身体性メディア技術の基盤構築と応用展開」、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 504133110  
国立大学法人電気通信大学  
東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1  
(74) 代理人 110000925  
特許業務法人信友国際特許事務所  
(72) 発明者 梶本 裕之  
東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内  
(72) 発明者 館 ▲すすむ▼  
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内  
(72) 発明者 南澤 孝太  
神奈川県横浜市港北区日吉4丁目1番1号 慶應義塾大学 日吉キャンパス内  
Fターム(参考) 5D107 AA12 AA13 BB08 DD20

(54) 【発明の名称】 力覚及び振動覚提示装置

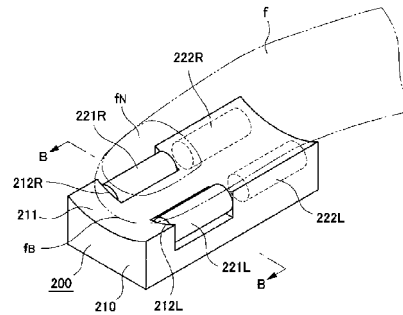
(57) 【要約】

【課題】リアリティのある高品位な感覚をユーザーに提示できる力覚及び振動覚提示装置を提供する。

【解決手段】ユーザーの所定箇所に装着される筐体210と、その筐体に取り付けられ所定箇所の近傍の皮膚に対して力覚を与える2つの回転部材221L, 221Rと、回転部材を回転させるモーター222L, 222Rと、モーター駆動部とを備える。

モーター駆動部は、皮膚に対して垂直方向の力覚を与えるとき、2つの回転部材221L, 221Rを相互に逆方向に回転させる。また、水平方向の力覚を与えるとき、2つの回転部材221L, 221Rを同じ方向に回転させる。さらに、皮膚に対して振動覚を与えるとき、駆動信号を所定の周波数で振動した信号とする。

【選択図】 図9



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ユーザーの所定箇所に装着される筐体と、  
前記筐体に取り付けられ、前記所定箇所の近傍の皮膚に対して垂直方向及び / 又は水平方向の力覚を与える少なくとも 2 つの回転部材と、  
前記回転部材を回転させるモーターと、  
前記皮膚に対して前記垂直方向の力覚を与える場合には、前記少なくとも 2 つの回転部材を相互に逆方向に回転させる駆動信号を前記モーターに供給し、前記皮膚に対して前記水平方向の力覚を与える場合には、前記少なくとも 2 つの回転部材を同じ方向に回転させる駆動信号を前記モーターに供給し、前記皮膚に対して前記垂直方向又は前記水平方向の前記力覚に加えて振動覚を与える場合には、前記駆動信号を所定の周波数で振動した信号を前記モーターに供給するモーター駆動部とを備える  
力覚及び振動覚提示装置。

10

**【請求項 2】**

前記少なくとも 2 つの回転部材は、平行に配置され、ベルトの一端及び他端が取り付けられた少なくとも 2 つのローラーであり、  
前記ベルトの一端と他端との間の箇所を前記皮膚と接触させた状態で、前記 2 つのローラーの回転及び振動による前記ベルトの移動及び振動により、前記皮膚に力覚及び振動覚を与える  
請求項 1 に記載の力覚及び振動覚提示装置。

20

**【請求項 3】**

前記少なくとも 2 つの回転部材は、平行に配置され、それぞれの回転面と前記皮膚とが直接接触する少なくとも 2 つのローラーであり、  
前記 2 つのローラーの回転及び振動により、前記皮膚に力覚及び振動覚を与える  
請求項 1 に記載の力覚及び振動覚提示装置。

**【請求項 4】**

前記少なくとも 2 つのローラーの近傍の前記皮膚と接する箇所に、電力の供給で冷却又は発熱を行う温度制御部材を配置し、  
前記少なくとも 2 つのローラーの回転及び振動により、前記皮膚に力覚及び振動覚を与える際に、前記温度制御部材により前記皮膚に与える温度を制御する  
請求項 3 に記載の力覚及び振動覚提示装置。

30

**【請求項 5】**

前記少なくとも 2 つのローラーの近傍の前記筐体に、前記皮膚から加わる押圧力又は押圧距離を検出する押圧検出部を配置した  
請求項 3 又は 4 に記載の力覚及び振動覚提示装置。

**【請求項 6】**

前記筐体は、映像に同期した力覚及び振動覚を指先に提示するコントローラーであり、  
前記押圧検出部が検出した押圧力又は押圧距離に基づいて、前記映像に関連した制御を行うようにした  
請求項 5 に記載の力覚及び振動覚提示装置。

40

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、装着したユーザーの指などの皮膚に、力の感覚（力覚）及び振動の感覚（振動覚）を提示する、力覚及び振動覚提示装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年、バーチャルリアリティ技術の進展により、ディスプレイ上に表示された映像を見ているユーザーに、その映像で提示された空間を現実のように知覚させることが行われている。例えば、映像として表示された物体に、ユーザーが触れるような手の動きを行った

50

とき、指に対して何らかの刺激を行う装置が、表示物体に触れた場合とほぼ同様な触感を与えることで、画面上に表示された物体が実在しているとユーザーに知覚させることができる。

#### 【0003】

このような刺激を指に与える装置の1つとして、図22に示すものが先に提案されている(非特許文献1参照)。この装置は、ユーザーの指 $f$ に装着するものである。すなわち、指 $f$ に、ローラー91, 92に接続されたベルト93を巻き付ける。ベルト93は、一端がローラー91に接続され、他端がローラー92に接続され、各ローラー91, 92をモーター(不図示)により回転駆動させる。このとき、指 $f$ の腹 $f_B$ (爪 $f_N$ と反対側)がベルト93と接するように装着する。

10

#### 【0004】

例えば図22Aに示すように、2つのローラー91, 92を逆方向に回転させて、ベルト93を巻き上げることで、指 $f$ の腹 $f_B$ が上方に持ち上がるような垂直方向の感覚を指 $f$ に与えることができる。

また、例えば図22Bに示すように、2つのローラー91, 92を同じ方向に回転させて、ベルト93を送るようにすることで、ベルト93の移動方向に対応して、指 $f$ の腹 $f_B$ が水平に動くような感覚を指 $f$ に与えることができる。

このように、2つのローラー91, 92の回転方向を適宜変更することにより、ユーザーの指 $f$ に対して垂直方向と水平方向の異なる2方向の力覚を与えることができる。例えば、グラスを指で掴むような映像に合わせて、ユーザーの指に垂直方向の力覚を与えると、ユーザーは、持っていないグラスを実際に持ったような感覚にすることができる。さらに、グラスが指から滑り落ちるような映像に合わせて、指に水平方向の力覚を与えると、ユーザーは、映像上で仮想的に持ったグラスが指から離れて行くような感覚になる。

20

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

【非特許文献1】「質量感覚を提示する指先装着型触覚ディスプレイ」日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2007(Robomec2007) 論文集、2P1-N06 2007年5月

#### 【発明の概要】

30

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

図22に示すようなベルトにより感覚を指に与える装置の場合、ベルトの巻き上げや移動によりユーザーの指に感覚を与えるため、上述したグラスを持つ場合のような、動きがそれ程速くない場合には、それなりの精度でユーザーに所定の感覚を与えることができる。しかしながら、図22に示すような装置では、例えば指が何らかの物体の表面を滑るといった動的に変化するような感覚をユーザーに提示することは困難であった。特に、表面が平滑でない物に触れた場合のざらざら感のような、微妙な感覚を与えることはできなかった。

#### 【0007】

40

また、図22に示すようなベルトを使った指に感覚を与える装置を用いて、より品位の高い動的な力覚をユーザーに与えるためには、例えばパイプレーターのような振動部材を装置に内蔵させて、単純な垂直力や水平力とは異なる感覚を発生させる必要がある。しかしながら、パイプレーターのような振動部材を装置に内蔵させると、それだけ装置が大型化すると共に構成が複雑化するという新たな問題が発生する。特に、図22に示すような指に力を与える装置は、手や指に装着して使用する装置であるから、装着時にユーザーが邪魔に感じないように、できるだけ小型で軽量にすることが好ましく、大型化や構成の複雑化は避ける必要があった。

#### 【0008】

本発明は、リアリティのある高品位な感覚をユーザーに提示できる力覚及び振動覚提示

50

装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の力覚及び振動覚提示装置は、ユーザーの所定箇所に装着される筐体と、筐体に取り付けられ所定箇所の近傍の皮膚に対して力覚を与える2つの回転部材と、回転部材を回転させるモーターと、モーター駆動部とを備える。

モーター駆動部は、皮膚に対して垂直方向の力覚を与えるとき、2つの回転部材を相互に逆方向に回転させる駆動信号をモーターに供給し、皮膚に対して水平方向の力覚を与えるとき、2つの回転部材を同じ方向に回転させる駆動信号をモーターに供給すると共に、皮膚に対して振動覚を与えるとき、駆動信号を所定の周波数で振動した信号とする。

10

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、皮膚にモーターを使って力覚を提示する際に、モーターに供給する駆動信号を処理することにより、同じモーターを使ってユーザーに対して、振動感を持たせた高品位の感覚を簡単に提示することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の第1の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置の例を示す斜視図である。

【図2】図1のA-A線に沿う断面図である。

20

【図3】本発明の第1の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置の内部構成例を示すブロック図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置が与える力覚及び振動覚の例を示し、垂直方向の力覚(A)、一方の水平方向の力覚(B)、他方の水平方向の力覚(C)、振動覚(D)を与えた例を示す説明図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態例によるモーターに供給する電圧及び力覚の例を示す特性図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態例による指の変位の測定例を示す構成図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態例による指と物体との衝突時における、皮膚変形(A)、モーターの駆動電圧(B)、提示される力(C)、提示される振動(D)の例を示す特性図である。

30

【図8】本発明の第1の実施の形態例によるスティックスリップ時における、皮膚変形(A)、左側モーター123Lの駆動電圧(B)、右側モーター123Rの駆動電圧(C)、提示される力(D)、提示される振動(E)の例を示す特性図である。

【図9】本発明の第2の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置の例を示す斜視図である。

【図10】図9のB-B線に沿う断面図である。

【図11】本発明の第2の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置の変形例1(ペルチェ素子を配置した例)を示す斜視図である。

【図12】図11のC-C線に沿う断面図である。

40

【図13】本発明の第2の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置の変形例2(スイッチを配置した例)を示す斜視図である。

【図14】図13のD-D線に沿う断面図である。

【図15】本発明の第2の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置の変形例3(ペルチェ素子とスイッチを配置した例)を示す斜視図である。

【図16】図15のE-E線に沿う断面図である。

【図17】本発明の第2の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置の内部構成例を示すブロック図である。

【図18】本発明の第2の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置が与える力覚及び振動覚の例を示す説明図である。

50

【図 19】本発明の第 2 の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置をコントローラーに適用した例（例 1：2 本の指で挟むタイプ）を示す断面図である。

【図 20】本発明の第 2 の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置をコントローラーに適用した例（例 2：3 本の指で挟むタイプ）を示す断面図である。

【図 21】本発明の第 2 の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置をコントローラーに適用した例（例 3：グリップタイプ）を示す断面図である。

【図 22】従来之力覚提示装置の例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

< 1. 第 1 の実施の形態例 >

以下、本発明の第 1 の実施の形態例を、図 1 ~ 図 8 を参照して説明する。

[ 1 - 1. 装置の構成 ]

図 1 は、第 1 の実施の形態例による、力覚及び振動覚提示装置 100 の全体構成を示す図である。図 2 は、図 1 の A - A 線に沿う断面図である。但し、図 2 では、力覚及び振動覚提示装置 100 のみを断面で示し、装置に装着した指 f は外形形状を示し、指 f の爪  $f_N$  の向きを仮想線で示す。他の断面図についても同様である。

【0013】

図 1 に示すように、力覚及び振動覚提示装置 100 は、ユーザーの指 f（仮想線）に装着される。力覚及び振動覚提示装置 100 は、指 f の上に載せられる小型の筐体 110 で構成され、筐体 110 の下面が指保持部 111 になっている。指保持部 111 は、湾曲した形状であり、指 f の上側（爪  $f_N$  が配置された側）が指保持部 111 と接触するようにして、指 f の上に筐体 110 を載せる。

【0014】

筐体 110 の上側には、回転部材である 2 本のローラー 121L, 121R が平行に配置されている。2 本のローラー 121L, 121R には、筐体 110 内に配置されたモーター 123L, 123R の回転軸（不図示）が連結され、モーター 123L, 123R による駆動で各ローラー 121L, 121R が回転する。2 本のローラー 121L, 121R の回転軸は、指 f の長手方向とほぼ平行とする。

【0015】

それぞれのローラー 121L, 121R には、ベルト 122 の一端及び他端が接続され、ローラー 121L, 121R によりベルト 122 が巻き取られる構成である。すなわち、左側のローラー 121L にベルト 122 の一端が接続され、右側のローラー 121R にベルト 122 の他端が接続される。なお、ここでの左側及び右側とは、力覚及び振動覚提示装置 100 を指 f に装着した状態で、手首側から指 f を見たときの方向である。

【0016】

2 本のローラー 121L, 121R の間に張り渡されたベルト 122 は、指保持部 111 から下側に垂れ下がるように配置される。そして、指 f に力覚及び振動覚提示装置 100 を装着する際には、図 1 に示すように、指保持部 111 とベルト 122 との間の空間に、指 f の先端が挿入される。指 f の先端が指保持部 111 とベルト 122 との間に挿入された状態では、図 2 に断面で示すように、指 f の腹  $f_B$  がベルト 122 と接するようになる。そして、2 本のローラー 121L, 121R の回転で、ベルト 122 を巻き上げることで、指 f の腹  $f_B$  に対して力が加わり、指 f に垂直方向（図 1 に示す y 軸方向）の力を加えることができる。また、2 本のローラー 121L, 121R の回転で、ベルト 122 を移動させると、指 f の腹  $f_B$  に対してずれる力が加わり、指 f に水平方向（図 1 に示す x 軸方向）の力を加えることができる。さらに、2 本のローラー 121L, 121R を駆動するモーター 123L, 123R に供給する駆動電圧に振動波形を重畳することで、ローラー 121L, 121R に接続されたベルト 122 が振動しながら動き、振動した感覚を指 f に与えることができる。これらの垂直方向と水平方向の力の加わり状況や振動状況の詳細については、後述する。

【0017】

10

20

30

40

50

なお、以下の説明において、ローラー 1 2 1 L , 1 2 1 R の正回転と称した場合、図 2 に示す断面でローラー 1 2 1 L , 1 2 1 R が時計回りに回転したことを示し、逆回転は正回転と逆方向の回転を示す。また、2つのローラー 1 2 1 L , 1 2 1 R が共に同じ方向に回転（正回転又は逆回転）するとき、同相での回転と称し、2つのローラー 1 2 1 L , 1 2 1 R の一方が正回転で他方が逆回転であるとき、逆相での回転と称する。

【 0 0 1 8 】

[ 1 - 2 . 装置の内部構成 ]

図 3 は、力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 の内部構成例を示す。

力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 は、通信ポート 1 3 1 を備え、この通信ポート 1 3 1 を通じて指に与える力などの指令を外部から受信する。通信ポート 1 3 1 が得た指令は、インターフェース部 1 3 2 で受信処理され、制御部 1 3 3 に供給される。なお、インターフェース部 1 3 2 は、無線信号の受信部とすることも可能である。

10

制御部 1 3 3 は、受信した指令に基づいて、指 f に与える力の方向や振動状況を判断し、その判断に基づいて、水平力指示部 1 3 4、垂直力指示部 1 3 5、及び振動指示部 1 4 0 に対して、それぞれの方向の力又は振動を与えることを指示する。また、力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 は、装着した指 f の動きを検出するモーションセンサー 1 4 1 を備えており、制御部 1 3 3 は、そのモーションセンサー 1 4 1 によって検出された動きのデータを利用して、各方向に力又は振動を加えることを指示することもできる。

【 0 0 1 9 】

水平力指示部 1 3 4 及び垂直力指示部 1 3 5 は、制御部 1 3 3 からの指示に基づいて、対応した力を発生させるデータを生成する。すなわち、水平力指示部 1 3 4 は、水平方向に提示したい力の程度を示すデータを出力し、垂直力指示部 1 3 5 は、垂直方向に提示したい力の程度を示すデータを出力する。それぞれの方向の力の程度を示すデータは、演算処理部 1 3 6 に供給される。

20

【 0 0 2 0 】

演算処理部 1 3 6 では、それぞれの方向の力のデータを線形演算処理して、各ローラー 1 2 1 L , 1 2 1 R を駆動するモーター 1 2 3 L , 1 2 3 R に供給する駆動データを得る。

例えば、水平方向 x に提示したい力を  $F_x$ 、垂直方向 y に提示したい力を  $F_y$  とし、左側モーター 1 2 3 L の駆動力を  $F_L$ 、右側モーター 1 2 3 R の駆動力を  $F_R$  としたとき、各方向の力  $F_x$  ,  $F_y$  は、次の [ 数 1 ] 式の行列式で示される。

30

【 0 0 2 1 】

【 数 1 】

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_R \\ F_L \end{bmatrix}$$

【 0 0 2 2 】

この [ 数 1 ] 式に現れる行列の逆行列から、各モーター 1 2 3 L , 1 2 3 R の駆動力  $F_L$  ,  $F_R$  の行列式が、次の [ 数 2 ] 式のようになる。

40

【 0 0 2 3 】

【 数 2 】

$$\begin{bmatrix} F_R \\ F_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 \\ -0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \end{bmatrix}$$

【 0 0 2 4 】

この [ 数 2 ] 式の行列演算が、演算処理部 1 3 6 で行われる。

演算処理部 1 3 6 で得た各モーター 1 2 3 L , 1 2 3 R の駆動データは、それぞれデジ

50

タル・アナログ変換器 137L, 137R でアナログ電圧信号に変換される。デジタル/アナログ変換器 137L, 137R で変換して得られたアナログ電圧信号は、それぞれ加算器 138L, 138R を介して増幅器 139L, 139R に供給される。増幅器 139L, 139R では、供給されるアナログ電圧信号をモーター 123L, 123R を駆動するために増幅し、増幅された電圧信号を各モーター 123L, 123R に供給する。

【0025】

また、制御部 133 から振動を与える指示が振動指示部 140 に与えられると、振動指示部 140 は、指示に基づいた周期及びレベルの振動波形電圧信号を生成し、生成した振動波形電圧信号を加算器 138L, 138R に供給する。そして、デジタル/アナログ変換器 137L, 137R から出力されたアナログ電圧信号と振動指示部 140 から出力された振動波形電圧信号が加算されて、増幅器 139L, 139R に供給される。

10

【0026】

なお、振動指示部 140 から 2 つの加算器 138L, 138R に供給される振動波形電圧信号は、同じ振動波形の電圧信号である場合と、2 つの加算器 138L, 138R に相互に逆相になる振動波形の電圧信号である場合とがある。あるいは、いずれか一方の加算器 138L 又は 138R にのみ振動波形電圧信号が供給され、他方の加算器には振動波形電圧信号が供給されない場合もある。

【0027】

このような電圧信号が供給されると、モーター 123L, 123R が回転して、更にモーター 123L, 123R に接続されたローラー 121L, 121R が回転する。そして、ローラー 121L, 121R に接続されたベルト 122 が巻き取り又は送り出される。

20

【0028】

[ 1 - 3 . ベルトが指に与える力覚及び振動覚の例 ]

図 4 は、力覚及び振動覚提示装置 100 が指 f に与える力覚及び振動覚の例を示す。

図 4 A ~ D は、いずれも力覚及び振動覚提示装置 100 を、図 2 と同じ断面図により示したものである。

【0029】

図 4 A は、ローラー 121L, 121R を逆相で回転させた例を示す。ここでの回転 11, 12 は、ベルト 122 を巻き取る方向での逆相回転になる。

このとき、ベルト 122 は指 f の腹  $f_B$  を締め上げるように作用し、指 f の腹  $f_B$  には上向きの垂直方向の力  $y_1$  が伝わる。また、各ローラー 121L, 121R を回転 11, 12 とは反対側に逆相で回転させることで、ベルト 122 が緩み、指 f の腹  $f_B$  には下向きの垂直方向の力  $y_2$  が伝わる。

30

【0030】

図 4 B は、ローラー 121L, 121R を同相で回転させた例を示す。ここでの同相の回転 21, 22 は、ベルト 122 を右から左に移動させる方向になる。

このとき、ベルト 122 は指 f の腹  $f_B$  を左に動かすように作用し、指 f の腹  $f_B$  には左向きの水平方向の力  $x_1$  が伝わる。

【0031】

図 4 C は、ローラー 121L, 121R を、図 4 B の例とは逆方向に同相で回転させた例を示す。ここでの同相の回転 31, 32 は、ベルト 122 を左から右に移動させる方向になる。

40

このとき、ベルト 122 は指 f の腹  $f_B$  を右に動かすように作用し、指 f の腹  $f_B$  には右向きの水平方向の力  $x_2$  が伝わる。

【0032】

図 4 D は、ローラー 121L, 121R に振動が加わったときの例を示す。図 4 D に示すように、ローラー 121L, 121R が、微少な幅(角度)での交互に回転 41, 42 を行うことで、ベルト 122 が微少な幅での左右の移動を繰り返し、振動した状態となって、指 f の腹  $f_B$  には振動  $q_1$  が伝わる。ここでの 2 つの回転 41, 42 は、同相での回転と逆相での回転のいずれでもよい。また、いずれか一方のローラー 121L 又

50

は 1 2 1 R のみが振動した状態であっても、ベルト 1 2 2 が振動し、指 f の腹  $f_B$  には振動  $q_1$  が伝わる。ここでの振動は、例えば 5 Hz 以上の高周波成分とする。

【 0 0 3 3 】

この図 4 D に示すローラー 1 2 1 L , 1 2 1 R の振動は、この振動のみを単独で行ってもよいが、図 4 A ~ C に示す各方向への力を与える処理と同時に行うこともできる。例えば図 4 A に示すように、ローラー 1 2 1 L , 1 2 1 R を逆相で回転させながら、その回転時に微少な振動を加えて、指 f に垂直方向の力  $y_1$  又は  $y_2$  と振動  $q_1$  とを同時に伝えることができる。また、図 4 B , C に示すように、ローラー 1 2 1 L , 1 2 1 R を同相で回転させながら、その回転時に微少な振動を加えて、指 f に水平方向の力  $x_1$  又は  $x_2$  と振動  $q_1$  とを同時に伝えることができる。

10

なお、図 4 に示すように、指 f に垂直方向又は水平方向に力  $y_1$  ,  $y_2$  ,  $x_1$  ,  $x_2$  を伝えることを、本明細書では、指 f に力覚を与えると称する。また、指 f に振動  $q_1$  を伝えることを、本明細書では、振動覚を与えると称する。

【 0 0 3 4 】

図 5 は、ローラー 1 2 1 L , 1 2 1 R が力覚と振動覚を同時に指 f に与える場合の、モーター 1 2 3 L , 1 2 3 R に供給する駆動電圧の例を示す。

図 5 の横軸は時間、縦軸は電圧を示し、この電圧が高い程、指 f に強い力覚を与えることに相当する。図 5 の縦軸の表示を「電圧(力)」としたのは、電圧に比例した力が指 f に与えられるからである。この図 5 の例は、図 5 に破線で示すように、徐々に強くなった後に低下する特性の力覚  $P_a$  が指 f に与えられるように指示されている例である。

20

ここで、実際に印加する電圧  $V_a$  として、力覚  $P_a$  に相当する電圧に、微少に変動する振動状態の電圧を加えた電圧とすることで、指 f に力覚  $P_a$  を与えながら、振動覚についても同時に与えることが可能となる。

【 0 0 3 5 】

[ 1 - 4 . 指の変位の測定例 ]

図 6 は、ユーザーの指 f が、特定の素材(接触素材)に触れた際に、指 f が変位する状態を測定する例を示している。この図 6 に示す構成にて測定した指 f の変位状態を、力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 (図 6 では不図示)が指 f に与えることで、素材に触れていない状態で、あたかも素材に触れたようなリアルな感覚を提示できるようになる。

【 0 0 3 6 】

図 6 の測定例の構成について説明すると、板 1 1 の上に、指 f が接触した際の変形具合を測定する素材 1 2 (以下、「接触素材 1 2」という)を配置し、この接触素材 1 2 の上に指 f の腹  $f_B$  を載せる。板 1 1 の下側には、6 軸力センサー 1 3 が配置されている。6 軸力センサー 1 3 は、直交する 3 軸(x 軸、y 軸、z 軸)の方向に作用する力成分と、各軸の周りに作用するトルクとを同時に検出することが可能なセンサーである。

30

【 0 0 3 7 】

また、指 f の外形形状の変形状態が、側面に配置した指変位センサー 1 4 によって検出されるようになっている。指変位センサー 1 4 としては、例えばレーザー変位計が使用される。そして、6 軸力センサー 1 3 で得た各軸の力やトルクと、指変位センサー 1 4 で検出した指 f の変位がコンピューター装置 2 0 に供給される。

40

指 f の変形具合を測定する際には、まず接触素材 1 2 の上の指 f を、接触した状態を維持して横方向 M に動かす。そして、そのときの 6 軸力センサー 1 3 での各軸の検出信号と指変位センサー 1 4 での変位の検出状況をコンピューター装置 2 0 に記録し、記録データから指 f に加わる力覚及び振動覚を得る。ここで、指 f を動かす横方向 M は、指 f に与える力覚の水平方向  $x$  と一致させる。また、横方向 M と直交する垂直方向を、指 f に与える力覚の垂直方向  $y$  と一致させる。

【 0 0 3 8 】

このようにして、コンピューター装置 2 0 は、指 f が接触素材 1 2 の表面を滑った際の指 f に加わる力覚(水平方向  $x$  及び垂直方向  $y$ )と、振動覚を検出する。なお、6 軸力センサー 1 3 の検出出力に基づいてコンピューター装置 2 0 が検出する振動覚は、5 Hz 以

50



上の高周波成分になる。このようにして得た水平方向  $x$  及び垂直方向  $y$  の力覚の変化状態を示すデータと、 $5\text{ Hz}$  以上の高周波成分の振動覚の変化状態を示すデータは、コンピュータ装置 20 に記録される。

【0039】

指  $f$  が接触する接触素材 12 の種類や、指  $f$  と接触素材 12 との接触方向によっては、振動覚 ( $5\text{ Hz}$  以上の高周波成分) を全く検出しない場合もあるが、通常、指  $f$  と接触素材 12 とが接触する際には、その接触素材 12 の材質 (表面の滑らかさ等) によって指  $f$  が振動するため、この指  $f$  の振動状態を正確に測定して記録することができる。

また、ガラスなどのように非常に滑らかな接触素材 12 であっても、皮膚から強い力で押されることで摩擦が非常に強い場合には、後述するようなスティックスリップと称される、指が殆ど動かない状態と、指が急激に動く状態とを繰り返す振動状態となる場合がある。このようなスティックスリップ状態での力覚と振動覚についても、図 6 の測定例で示す構成で正確に測定して記録することができる。

なお、計測時には、指  $f$  を  $M$  方向に動かす代わりに、指  $f$  の位置を固定して、接触素材 12 を水平方向や垂直方向に動かして、計測するようにしてもよい。

【0040】

力覚及び振動覚提示装置 100 は、このようにして計測して得た変位状態と同様の力覚及び振動覚を指  $f$  に対して与えることにより、指  $f$  が接触素材 12 の上を滑らせた場合の感覚を与えることができる。なお、図 6 に示すように計測時に指  $f$  を横方向  $M$  に動かすのは一例であり、例えば指  $f$  を垂直方向  $y$  に動かして、接触素材 12 と指  $f$  が衝突する際の力覚及び振動覚を、同様の構成で測定することもできる。

【0041】

[1-5. 指と物体との衝突時の提示例]

次に、図 7 を参照して、力覚及び振動覚提示装置 100 を使って、指  $f$  が何らかの物体 (図 6 に示す接触素材 12 など) に垂直方向に衝突した状態を再現する例について説明する。

図 7 A は、指  $f$  に物体が衝突した際の、実際の皮膚変形量  $a_1$  を示す。この皮膚変形量は、例えば図 6 に示す指変位センサー 14 で検出される。

図 7 B は、図 7 A に示すような物体が衝突した際の感覚を、力覚及び振動覚提示装置 100 が指  $f$  に提示する場合に、2つのモーター 123L, 123R に供給する駆動電圧  $V_b$  を示す。

【0042】

図 7 C は、物体に指  $f$  が衝突した際に、力覚及び振動覚提示装置 100 から指  $f$  に提示される力覚  $P_b$  (垂直方向の力又は水平方向の力) を示す。

図 7 D は、物体に指  $f$  が衝突した際に、力覚及び振動覚提示装置 100 から指  $f$  に提示される振動覚  $Q_a$  を示す。

これら図 7 A, B, C, D の縦軸は、皮膚変形量、駆動電圧、力覚、又は振動覚の値を示し、横軸は時間を示す。図 7 A ~ D において、期間  $T_1$  は、物体の皮膚への接触開始から最も強く衝突するまでを示し、期間  $T_2$  は、その強く衝突した状態が維持される期間を示し、期間  $T_3$  は、強く衝突した状態から物体が皮膚から離れるまでを示す。

【0043】

図 7 A に示すように、皮膚変形量  $a_1$  は、期間  $T_1$  で徐々に変形量が増大し、期間  $T_2$  でその変形状態が維持され、期間  $T_3$  で変形量が徐々に少なくなる。この皮膚変形が発生するとき、人間の皮膚に配置された受容体が接触圧力の変化と振動を感知する。例えば定常的な皮膚変形は、メルケル細胞と称される受容体が知覚し、時間的な皮膚変形や振動については、マイスナー小体やパチニ小体と称される受容体が知覚する。

【0044】

この図 7 A に示す接触時の皮膚変形を再現するために、モーター 123L, 123R に供給する電圧が、図 7 B に示す駆動電圧  $V_b$  である。ここで、2つのモーター 123L, 123R に加えられる電圧は、例えば垂直方向の力覚を提示する場合、逆相で2つのロー

10

20

30

40

50

ラー 1 2 1 L , 1 2 1 R が回転する極性の電圧になる。この図 7 B に示す駆動電圧 V b は、期間 T 1 では振動しながら初期値から徐々に一定電圧まで高くなり、期間 T 2 では、その一定電圧を維持した状態になる。さらに、期間 T 3 では、一定電圧から振動しながら初期値に戻る。

【 0 0 4 5 】

ここで、振動しながら電圧が高くなる期間 T 1 と、振動しながら電圧が低くなる期間 T 3 の電圧は、例えば 3 0 H z から 2 0 0 H z の間で選定した特定周波数の振動波形を重畳した電圧とする。期間 T 2 については、振動波形は重畳せず、一定電圧を維持して定常的な力覚のみを与える。

【 0 0 4 6 】

図 7 B に示す電圧をモーター 1 2 3 L , 1 2 3 R に供給したときに指 f に提示される力覚 P b は、図 7 C に示すように、モーター 1 2 3 L , 1 2 3 R に供給する電圧変化から若干遅れたものになる。これは、モーター 1 2 3 L , 1 2 3 R が一定の変位を生じるのに、電圧印加から時間がかかるためである。つまり、モーター 1 2 3 L , 1 2 3 R の駆動による力覚の提示については応答性がそれほど速くなく、例えば 1 0 0 m s 程度の遅延を生じる。このような遅延があるため、モーター 1 2 3 L , 1 2 3 R による駆動でベルト 1 2 2 の巻き上げや緩めなどを行っても、力覚だけでは、ユーザーは衝突感を明確には感じない。

【 0 0 4 7 】

ここで、本実施の形態例の場合には、図 7 B に示すように期間 T 1 の駆動電圧と期間 T 3 の駆動電圧には、振動波形を重畳しているため、この振動波形で図 7 D に示すように、期間 T 1 , T 3 での振動覚 Q a の提示が行われる。この振動覚 Q a の提示は、図 4 D に示す状態で行われる。

振動覚については、先に説明したマイスナー小体やパチニ小体と称される受容体が知覚するが、これらの受容体については振動覚の知覚時の応答性が良く、例えば 1 0 m s 以下の時間遅延で知覚することができる。

【 0 0 4 8 】

したがって、力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 は、図 7 C に示す力覚の提示と図 7 D に示す振動覚の提示の組み合わせで、図 7 A に示す皮膚変形とほぼ同様に、自然な衝突接触感、つまり、物体に皮膚が衝突し、そのまま物体に接触し続け、その後、皮膚から物体が離れるという感覚を、少ない遅延で良好にユーザーに提示できるようになる。

なお、与える力覚が水平方向であって、指 f が触れた物体の表面を滑るような動作を再現する場合には、その物体表面の粗さに対応して指 f が振動するため、その振動を再現するために、区間 T 2 の駆動電圧にも、物体表面の粗さに対応した振動波形を重畳するようにしてもよい。

【 0 0 4 9 】

[ 1 - 6 . スティックスリップ時の提示例 ]

次に、指 f で物体の表面を滑らせた際に発生する現象である、スティックスリップを力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 が再現する例について説明する。

スティックスリップは、ガラスのように平滑でかつ皮膚との摩擦が強い面を指 f がなぞる際に生じるものである。すなわち、指を水平方向に動かそうとしたとき、摩擦が強いために、最初の状態（スティック状態）では指 f が動かず皮膚変形のみが生じ、その後、指が急激に動く状態（スリップ状態）となり、スティック状態での皮膚変形が復元する状態になる。このようなスティック状態とスリップ状態とが繰り返されることをスティックスリップと称する。例えばガラスの表面を指で滑らせたときには、「キュキュ」という音が、スティック状態とスリップ状態の繰り返して発生する。

【 0 0 5 0 】

力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 は、このスティックスリップを再現することができる。

図 8 は、スティックスリップを再現する際の特性例を示す。

図 8 A は、スティックスリップ時の実際の皮膚変形量 a 2 を示す。

10

20

30

40

50

図 8 B は、図 8 A に示す皮膚変形量を再現するための、力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 の左側モーター 1 2 3 L に供給する駆動電圧  $V_c$  を示す。

図 8 C は、図 8 A に示す皮膚変形量を再現するための、力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 の右側モーター 1 2 3 R に供給する駆動電圧  $V_d$  を示す。

【 0 0 5 1 】

図 8 D は、力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 から指  $f$  に提示される力覚  $P_c$  を示す。

図 8 E は、力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 から指  $f$  に提示される振動覚  $Q_b$  を示す。

これら図 8 A, B, C, D, E の縦軸は、皮膚変形量、駆動電圧、力覚、又は振動覚の値を示し、横軸は時間を示す。図 8 A ~ E において、期間  $T_{11}$ ,  $T_{13}$  はスティック状態であり、期間  $T_{12}$ ,  $T_{14}$  はスリップ状態である。図 8 では 2 周期のスティックスリップを示すが、実際には指が移動している間、この周期が繰り返される。

10

【 0 0 5 2 】

図 8 A に示すように、スティックスリップ時には、スティック状態で皮膚変形量が直線状に増加し、スリップ状態で短時間にその皮膚変形量が元に戻る。この状態を再現するために、図 8 B に示すように、一方（左側）のモーター 1 2 3 L の駆動電圧  $V_c$  が、スティック状態の期間  $T_{11}$ ,  $T_{13}$  に直線的に増加し、スリップ状態の期間  $T_{12}$ ,  $T_{14}$  に急激に減少するようにする。そして、スリップ状態の期間  $T_{12}$ ,  $T_{14}$  には、一定の周波数の振動波形を重畳する。

また、他方（右側）のモーター 1 2 3 R の駆動電圧  $V_d$  が、スリップ状態の期間  $T_{12}$ ,  $T_{14}$  に、一定の周波数の振動波形とする。スティック状態の期間  $T_{11}$ ,  $T_{13}$  には、駆動電圧  $V_d$  は初期値のまま変化しない。

20

【 0 0 5 3 】

この図 8 B 及び図 8 C に示す電圧をモーター 1 2 3 L, 1 2 3 R に供給したときに指  $f$  に提示される力覚  $P_c$  は、図 8 D に示すように、モーター 1 2 3 L に供給する電圧変化にほぼ連動したものになる。但し、この場合にも、電圧  $V_c$  の変化から若干遅れて、力覚  $P_c$  が提示される。特に、各期間  $T_{12}$ ,  $T_{14}$  内での電圧変化が大きいスリップ状態は、比較的遅れて力覚  $P_c$  が提示されることになる。

【 0 0 5 4 】

一方、図 8 B に示すように、モーター 1 2 3 L への期間  $T_{12}$  の駆動電圧と期間  $T_{14}$  の駆動電圧  $V_c$ 、並びに図 8 C に示すように、モーター 1 2 3 R への期間  $T_{12}$  の駆動電圧と期間  $T_{14}$  の駆動電圧  $V_d$  には、振動波形を重畳したため、図 8 E に示すように、期間  $T_{12}$ ,  $T_{14}$  には、振動覚  $Q_b$  の提示が行われる。振動覚  $Q_b$  は、知覚時の応答性が良く、例えば 10 ms 以下の時間遅延で知覚することができる。

30

したがって、力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 を装着したユーザーは、図 8 A に示すスティックスリップ時の皮膚変形とほぼ同様なスティック及びスリップの感覚を得ることができ、スティックスリップ感を良好にユーザーに提示できるようになる。

【 0 0 5 5 】

< 2 . 第 2 の実施の形態例 >

以下、本発明の第 2 の実施の形態例を、図 9 ~ 図 2 1 を参照して説明する。第 2 の実施の形態例を説明する図 9 ~ 図 2 1 において、第 1 の実施の形態例で説明した図 1 ~ 図 8 に対応する箇所には同一符号を付す。

40

【 0 0 5 6 】

[ 2 - 1 . 装置の構成 ]

図 9 は、第 2 の実施の形態例による、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 の全体構成を示す図である。図 1 0 は、図 9 の B - B 線に沿う断面図である。図 1 0 では、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 のみを断面として示し、指  $f$  は外形形状を示す。

【 0 0 5 7 】

図 9 に示すように、第 2 の実施の形態例による力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 は、ユーザーの指  $f$ （仮想線）の腹  $f_b$  側に装着される。すなわち、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 は、指  $f$  が上に載せられる小型の筐体 2 1 0 で構成され、筐体 2 1 0 の上面が指保持部

50

211とされている。指保持部211は、指fの腹 $f_B$ （爪 $f_N$ が配置された側と反対側）と接触して保持する湾曲した形状になっている。

【0058】

筐体210の上側には、2本のローラー221L, 221Rが平行に配置されている。したがって、2本のローラー221L, 221Rの回転軸（不図示）は、指fの長手方向とほぼ平行になる。これら2本のローラー221L, 221Rには、筐体210内に配置されたモーター222L, 222Rの回転軸が連結され、モーター222L, 222Rによる駆動で各ローラー221L, 221Rが回転する。

それぞれのローラー221L, 221Rは、指保持部211に載せられた指fの腹 $f_B$ の左右の2カ所の接触位置 $f_{B1}$ ,  $f_{B2}$ で直接に接触されるように配置されており、各ローラー221L, 221Rの回転により、力覚が接触位置 $f_{B1}$ ,  $f_{B2}$ から直接に指fに伝えられる。

10

【0059】

例えば、2本のローラー221L, 221Rが逆相で回転したとき、垂直方向の力覚が与えられ、2本のローラー221L, 221Rが同相で回転したとき、水平方向の力覚が与えられる。さらに、それぞれの方向に回転する際に、モーター222L, 222Rの駆動電圧に振動波形を重畳することで、ローラー221L, 221Rが振動しながら回転し、振動覚が指fに与えられる。これらの各方向のp力の加わり状況や振動状況の詳細については、後述する。

【0060】

20

[2-2. 温度制御部材を取り付けた例]

第2の実施の形態例の力覚及び振動覚提示装置200の筐体210には、他の素子や機構部品を配置することができる。

図11及び図12に示す力覚及び振動覚提示装置200は、温度制御部材としてのペルチェ素子223を配置した例を示している。すなわち、図11の斜視図及び図12の断面図に示すように、力覚及び振動覚提示装置200の2本のローラー221L, 221Rの間の指保持部211に、ペルチェ素子223が配置されている。ペルチェ素子223は、電圧を供給することによってその表面が冷却される素子である。

【0061】

このようなペルチェ素子223を備えることで、ローラー221L, 221Rで力覚や振動覚を与える際に、ペルチェ素子223で冷たい感覚を指fの腹 $f_B$ に伝えることができる。したがって、例えば力覚や振動覚で何らかの物体に触れた感覚を与えると同時に、その力覚や振動覚を与えた箇所の近傍を冷たくして、冷たい物体に触れた感覚を指fに与えることが可能になる。この場合、2カ所の接触位置 $f_{B1}$ ,  $f_{B2}$ の間にペルチェ素子223が配置されるため、温度（冷たさ）を感じる箇所と、力覚や振動覚を感じる箇所が非常に近接する。このため、指fのほぼ同じ場所で、力覚や振動覚とともに温度感が与えられるので、例えば冷えたコップを触った感覚が得られ、より好ましいものとなる。

30

なお、温度制御部材としてペルチェ素子223を使用するのはあくまでも一例であり、例えば加熱する素子を配置して、暖かいものを触った感覚を指fに与えるようにすることもできる。

40

【0062】

[2-3. 押圧検出部材を取り付けた例]

図13及び図14に示す力覚及び振動覚提示装置200は、押圧検出部材としての押圧スイッチ224を配置した例を示す。すなわち、斜視図としての図13及び断面図としての図14に示すように、力覚及び振動覚提示装置200の2本のローラー221L, 221Rの間の指保持部211に、押圧スイッチ224が配置されている。この押圧スイッチ224は、指fから加わる力でオンとなるスイッチであり、メカニカルスイッチで構成してもよいし、感圧フィルムなどの力センサーで構成してもよい。例えば、押圧スイッチ224をメカニカルスイッチで構成した場合には、押圧スイッチ224は、3mmから10mm程度の間の動作ストロークを持ち、オン・オフの検出だけでなく、押圧力や押圧され

50

た距離についても検出することが可能になる。

【 0 0 6 3 】

押圧スイッチ 2 2 4 で得たオン・オフなどの検出データは、例えば制御部 1 3 3 ( 図 1 7 ) に供給され、力覚や振動覚を指示する外部機器に伝えられる。

この場合にも、2カ所の接触位置  $f_{B1}$  ,  $f_{B2}$  の間に押圧スイッチ 2 2 4 が配置されるため、力覚や振動覚を感じる箇所と、押圧操作を行う箇所が非常に近接し、力覚や振動覚とを感じながら、その力覚や振動覚を感じた箇所で押圧操作を行うことができる。

【 0 0 6 4 】

[ 2 - 4 . 温度制御部材と押圧検出部材を取り付けた例 ]

図 1 5 及び図 1 6 に示す力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 は、温度制御部材としてのペルチェ素子 2 2 3 と、押圧検出部材としての押圧スイッチ 2 2 4 とを配置した例を示している。

すなわち、図 1 5 の斜視図及び図 1 6 の断面図に示すように、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 の2本のローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R の間の指保持部 2 1 1 に、ペルチェ素子 2 2 3 が配置される。さらに、図 1 5 に示すように、筐体 2 1 0 の指保持部 2 1 1 の途中に切断部 2 1 3 が形成され、この切断部 2 1 3 よりも先端側、つまりローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R が配置された側の、筐体 2 1 0 の内部に押圧スイッチ 2 2 4 が設けられている。そして、この押圧スイッチ 2 2 4 により、切断部 2 1 3 よりも先端側の全体が押されたとき、その押圧力を検出することができるようになっている。

【 0 0 6 5 】

図 1 5 の例では、上述したようにペルチェ素子 2 2 3 などの温度制御部材と、押圧スイッチ 2 2 4 などの押圧力を検出する部材の両方を配置したことにより、指 f に対して冷たさ(又は暖かさ)の感覚を与えることができると共に、指 f による押圧力で外部に対して何らかの指示を与えることが可能になる。

なお、図 1 5 の例では、押圧スイッチ 2 2 4 は、切断部 2 1 3 よりも前側(指 f の先端側)に配置したが、筐体 2 1 0 の全体に配置して、指 f のどの箇所からの押圧についても検知できるようにしてもよい。

【 0 0 6 6 】

[ 2 - 5 . 装置の内部構成 ]

図 1 7 は、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 の内部構成例を示す。

図 1 7 に示す力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 の内部構成は、図 3 に示す力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 の内部構成とほぼ同じであり、制御部 1 3 3 の制御下で、水平力指示部 1 3 4 と垂直力指示部 1 3 5 と振動指示部 1 4 0 が、対応した力覚又は振動覚を与える指示を行う点では変わらないので、重複する説明は省略する。図 1 7 の場合には、増幅器 1 3 9 L , 1 3 9 R が出力する電圧信号により、各モーター 2 2 2 L , 2 2 2 R が駆動される。このように各モーター 2 2 2 L , 2 2 2 R を駆動することで、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 は、各モーター 2 2 2 L , 2 2 2 R に接続されたローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R の回転が、直接的に指 f に伝えられる。

【 0 0 6 7 】

図 1 7 に示すように、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 がペルチェ素子 2 2 3 を備える場合(図 1 1 及び図 1 5 参照)には、制御部 1 3 3 の制御下で、ペルチェ駆動部 2 2 5 は、ペルチェ素子駆動信号を生成し、この生成したペルチェ素子駆動信号がペルチェ素子 2 2 3 に供給される。

また、図 1 3 や図 1 5 に示すように、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 が押圧スイッチ 2 2 4 (又は 2 2 4 )を備える場合には、押圧スイッチ 2 2 4 (又は 2 2 4 )の検出データが制御部 1 3 3 に供給される。この押圧スイッチ 2 2 4 (又は 2 2 4 )の検出データは、例えば通信ポート 1 3 1 を介して外部機器に伝えられる。

力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 の内部のその他の箇所は、図 3 に示す力覚及び振動覚提示装置 1 0 0 と同様に構成されている。

【 0 0 6 8 】

10

20

30

40

50

[ 2 - 6 . ローラーが指に与える力覚及び振動覚の例 ]

図 1 8 は、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 が指 f に与える力覚及び振動覚の例を示す。

図 1 8 A ~ D は、いずれも力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 を、図 1 0 と同じ断面で示す。

【 0 0 6 9 】

図 1 8 A は、ローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R を逆相で回転させた例を示す。ここでの回転 5 1 , 5 2 は、ローラー 2 2 1 L が時計回りの回転、ローラー 2 2 1 R が反時計回りの回転になる。

このとき、指 f の腹  $f_B$  には、腹  $f_B$  の左右から中央側に寄せられるような力が伝わり、上向きの垂直方向の力  $y_{11}$  が生じたような感覚を与えることができる。

10

【 0 0 7 0 】

図 1 8 B は、ローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R を、図 1 8 A の例とは逆方向の逆相で回転させた例を示す。すなわち、ここでの回転 6 1 , 6 2 は、ローラー 2 2 1 L が反時計回りの回転、ローラー 2 2 1 R が時計回りの回転となる。

このとき、指 f の腹  $f_B$  には、腹  $f_B$  の中央側から左右に引っ張るような力が伝わり、下向きの垂直方向の力  $y_{12}$  が生じたような感覚を与えることができる。

【 0 0 7 1 】

図 1 8 C は、ローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R を同相で回転させた例を示す。ここでの同相の回転 7 1 , 7 2 は、いずれも時計回りの回転となる。

このとき、指 f の腹  $f_B$  には右向きの水平方向の力  $x_{11}$  が伝わり、指 f が力  $x_{11}$  と反対方向に移動したような感覚を与えることができる。

20

図示は省略するが、ローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R を回転 7 1 , 7 2 とは逆方向に同相で回転させた場合には、力  $x_{11}$  とは逆方向の力が伝わり、図 1 8 C の場合とは逆の方向に移動したような感覚を与えることができる。

【 0 0 7 2 】

図 1 8 D は、ローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R に振動が加わったときの例を示す。図 1 8 D に示すように、ローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R が、微少な幅 ( 角度 ) での交互に回転 8 1 , 8 2 を行うことで、振動した状態となり、指 f の腹  $f_B$  には振動  $q_{11}$  が伝わる。ここでの 2 つの回転 8 1 , 8 2 は、同相での回転と逆相での回転のいずれでもよい。また、いずれか一方のローラー 2 2 1 L 又は 2 2 1 R のみが振動した状態であっても、指 f の腹  $f_B$  には振動  $q_{11}$  が伝わる。ここでの振動は、例えば 5 H z 以上の高周波成分とする。

30

【 0 0 7 3 】

この図 1 8 D に示すローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R の振動は、この振動のみを単独で行ってもよいが、図 1 8 A ~ C に示す各方向への力を与える処理と同時に行うこともできる。例えば図 1 8 A , B に示すように、ローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R を逆相で回転させながら、その回転時に微少な振動を加えて、指 f に垂直方向の力  $y_{11}$  又は  $y_{12}$  と振動  $q_{11}$  とを同時に伝えることができる。また、図 4 C に示すように、ローラー 2 2 1 L , 2 2 1 R を同相で回転させながら、その回転時に微少な振動を加えて、指 f に水平方向の力  $x_{11}$  又は  $x_{12}$  と振動  $q_{11}$  とを同時に伝えることができる。

40

【 0 0 7 4 】

これらの力覚と振動覚とを同時に伝える処理は、第 1 の実施の形態例で説明したモーター 1 2 3 L , 1 2 3 R に供給する駆動電圧に、所定の周波数の振動波形を重畳する処理を、モーター 2 2 3 L , 2 2 3 R に駆動電圧を供給するモーター駆動部にも適用することで実現することができる。具体的な信号の重畳状態については、第 1 の実施の形態例で説明した処理と同様であり、ここでは説明を省略するが、例えば図 7 に示す指と物体との衝突時の感覚や、図 8 に示すスティックスリップ時の感覚を指 f に与えることができる。

【 0 0 7 5 】

そして、力覚及び振動覚提示装置 2 0 0 の場合には、第 1 の実施の形態例と異なりベルトを使用することなく直接、指保持部 2 1 1 の上に指 f を置くだけで装着が完了し、ユー

50

ザーは簡単に力覚及び振動覚提示装置 200 を装着することができる。また、指保持部 211 には、図 11 例のような温度制御部材（ペルチェ素子 223 など）や、図 13 例のような押圧検出部材（押圧スイッチ 224 など）を配置することができ、これらの部材と連携した高度な感覚の提示や、提示した感覚に基づいた高度な操作なども行うことができる。

#### 【0076】

[ 2 - 7 . 複数の指に同時に装着する例 ]

図 9 から図 16 に示される力覚及び振動覚提示装置 200 は、1本の指に装着する例として示したが、複数の指に同時に装着する装置として構成することもできる。

例えば図 19 に断面で示すように、力覚及び振動覚提示装置 300 として、2カ所の指保持部 311, 312 を備える構成としてもよい。図 19 例の場合には、2カ所の指保持部 311, 312 は、上下に背中合わせに配置される。すなわち、指保持部 311 の左右には、ローラー 321L, 321R が配置され、指保持部 312 の左右には、ローラー 322L, 322R が配置される。

10

#### 【0077】

そして、図 19 に示すように、2本の指 f1, f2 を指保持部 311, 312 に配置することで、力覚及び振動覚提示装置 300 が、この2本の指 f1, f2 で挟むようにして保持される。

そして、それぞれの指保持部 311, 312 に配置したローラー 321L, 321R, 322L, 322R が、各指 f1, f2 の腹 f<sub>B</sub> に個別に力覚及び振動覚を与える。力覚及び振動覚を与える処理は、図 18 に示す力覚及び振動覚提示装置 200 と同様の処理になる。

20

#### 【0078】

また、図 20 に断面図として示すように、力覚及び振動覚提示装置 400 として、3カ所の指保持部 411, 412, 413 を備える構成とすることもできる。図 20 例の場合には、3カ所の指保持部 411, 412, 413 は、約 120° 間隔でほぼ等間隔に配置される。すなわち、指保持部 411 の左右には、ローラー 421L, 421R が配置され、指保持部 412 の左右には、ローラー 422L, 422R が配置され、指保持部 413 の左右には、ローラー 423L, 423R が配置される。

30

#### 【0079】

そして、図 20 に示すように、3本の指 f1, f2, f3 を指保持部 411, 412, 413 に配置することで、力覚及び振動覚提示装置 400 が、3本の指 f1, f2, f3 で挟むようにして保持される。

そして、それぞれの指保持部 411, 412, 413 に配置したローラー 421L, 421R, 422L, 422R, 423L, 423R が、各指 f1, f2 の腹 f<sub>B</sub> に個別に力覚及び振動覚を与える。力覚及び振動覚を与える処理としては、図 18 に示す力覚及び振動覚提示装置 200 と同様の処理が行われ、それぞれの指 f1, f2, f3 に個別に力覚及び振動覚を与えることができる。

#### 【0080】

この図 19 に示す2本指用の力覚及び振動覚提示装置 300 や、図 20 に示す3本指用の力覚及び振動覚提示装置 400 とすることで、複数の指で装置を保持しながら、保持した指に対して力覚や振動覚を提示することができ、良好な力覚や振動覚の提示を行うことができる。なお、力覚及び振動覚提示装置 300 又は 400 として、図 11 例のような温度制御部材や図 13 例のような押圧部材を配置してもよいことは言うまでもない。

40

#### 【0081】

さらに、図 21 に示す力覚及び振動覚提示装置 500 は、5本の指 f1 ~ f5 で掴む形状とした例である。

すなわち、力覚及び振動覚提示装置 500 は、グリップ部 501 と人差し指保持部 502 と親指保持部 503 とを備える。そして、人差し指保持部 502 は、ローラー 511L, 511R を備えて、ローラー 511L, 511R が人差し指 f1 に力覚と振動覚を与え

50

る。また、親指保持部 503 は、ローラー 512L, 512R を備えて、ローラー 512L, 512R が親指 f2 に力覚と振動覚を与える。

図 21 の例では、グリップ部 501 を保持する 3 本の指 f3, f4, f5 にはローラーを配置しないが、これらの指 f3, f4, f5 と接する箇所にもローラーを配置して、力覚と振動覚を与えるようにしてもよい。また、力覚及び振動覚提示装置 500 についても、図 11 例のような温度制御部材や図 13 例のような押圧部材を、各指の配置箇所に設けるようにしてもよい。

#### 【0082】

このような 5 本の指で掴む形状として、その内の任意の数の指に力覚及び振動覚を提示する力覚及び振動覚提示装置 500 としたことで、例えばビデオゲーム用のコントローラーやロボットアームの操作装置などの各種操作装置に、力覚及び振動覚を各指に個別に提示する機能を組み込むことができる。したがって、力覚及び振動覚提示装置 500 は、映像や機器の操作状況に合わせて、ユーザーの各指に力覚と振動覚を良好に提示できるようになる。

10

#### 【0083】

< 3. その他の変形例 >

なお、図 11 や図 15 の例では、力覚及び振動覚提示装置 200 に、押圧スイッチ 224 (224) を配置して、指 f による押圧を検出するようにした。これに対して、ローラー 221L, 221R を回転させるモーター 223L, 223R によって、押圧を検出するようにしてもよい。この場合には、例えばモーター 223L, 223R の駆動電圧に 1 kHz 以上の振動波形を重畳し、その振動波形を重畳したモーター 223L, 223R の電流を測定して、各モーター 223L, 223R が自由回転している状態か、あるいは負荷がかかって回転が規制された状態かを判断する。そして、負荷がかかって回転が規制された状態のとき、指 f による押圧があると判断する。

20

このようにモーター 223L, 223R が押圧検出部材を兼ねることで、それだけ装置の構成を簡単にすることができる。

#### 【0084】

また、具体的なモーターの駆動電圧の例として説明した図 7 例 (物体との衝突時) や、図 8 例 (スティックスリップ時) は、それぞれ好適な例を示したものであり、モーター 123L, 123R や、モーター 223L, 223R には、その他の状態を再現する駆動信号を供給するようにしてもよい。

30

#### 【0085】

また、図 3 や図 17 に示すモーター 123L, 123R (223L, 223R) に駆動信号を供給する構成についても、あくまでも一例を示すものであり、その他の構成としてもよい。

例えば、図 3 では、モーター 123L, 123R は、モーター駆動部としての制御部 133 から増幅器 139L, 139R までの構成により駆動が制御される構成とし、水平力の指示データと垂直力の指示データとの演算処理を行い、かつ振動を行う信号の加算処理で 2 つのモーターの駆動信号を得るようにした。これに対して、モーター駆動部として、これらの演算処理や加算処理を省略して、それぞれの動作モード時に、予め記憶したデータに基づいて、同様の駆動信号を直接得るようにしてもよい。

40

#### 【0086】

また、力覚及び振動覚提示装置 100, 200 は、回転部材としてのローラーを 2 個ずつ備えるようにしたが、少なくとも 2 個の回転部材があればよく、より多くの数の回転部材を配置してもよい。例えば、力覚及び振動覚提示装置 200 が備えるローラー 221L, 221R を、それぞれ 2 つに分割して、合計で 4 本のローラーとして、指の先端部と中間部とを個別に力覚及び振動覚を提示できるようにしてもよい。

また、上述した各実施の形態例では、指の腹の皮膚に力覚及び振動覚を提示する装置とした。これに対して、本発明は、指以外の箇所の皮膚に力覚及び振動覚を提示する装置に

50



適用してもよい。

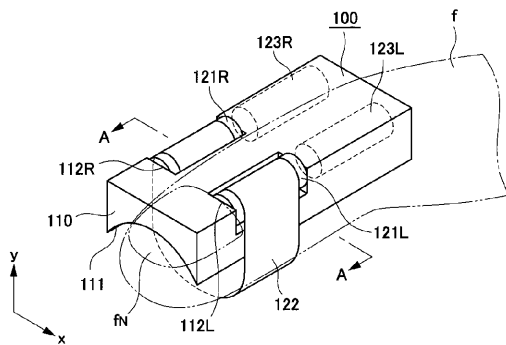
【符号の説明】

【0087】

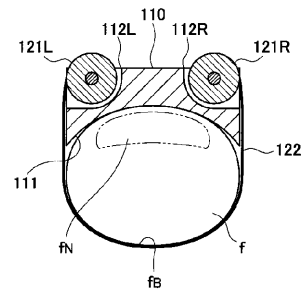
11...板、12...接触素材、13...6軸力センサー、14...指変位センサー、20...コンピュータ装置、91, 92...ローラー、93...ベルト、100...力覚及び振動覚提示装置、110...筐体、111...指保持部、112L, 112R...切欠部、121L, 121R...ローラー、122...ベルト、123L, 123R...モーター、131...通信ポート、132...インターフェース部、133, 133...制御部、134...水平力指示部、135...垂直力指示部、136...演算処理部、137L, 137R...デジタル/アナログ変換器、138L, 138R...加算器、139L, 139R...増幅器、140...振動指示部、141...モーションセンサー、200...力覚及び振動覚提示装置、210...筐体、211...指保持部、212L, 212R...切欠部、213...切断部、221L, 221R...ローラー、222L, 222R...モーター、223...ペルチェ素子、224, 224...押圧スイッチ、225...ペルチェ素子駆動部、300, 400, 500...力覚及び振動覚提示装置、311, 312, 411, 412, 413...指保持部、321L, 321R, 322L, 322R, 421L, 421R, 422L, 422R, 423L, 423R, 511L, 511R, 512L, 512R...ローラー、501...グリッブ部、502...人差し指保持部、503...親指保持部

10

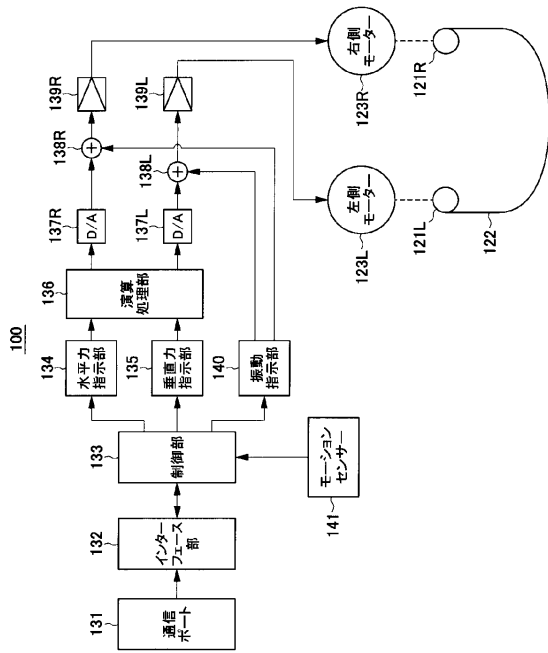
【図1】



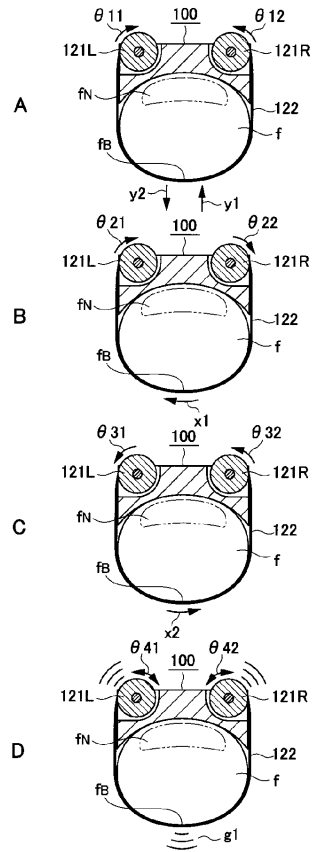
【図2】



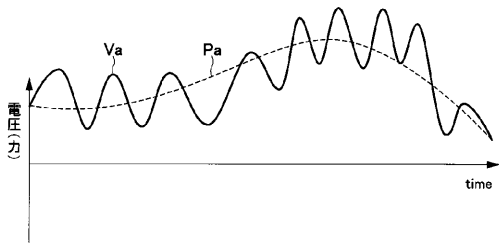
【 図 3 】



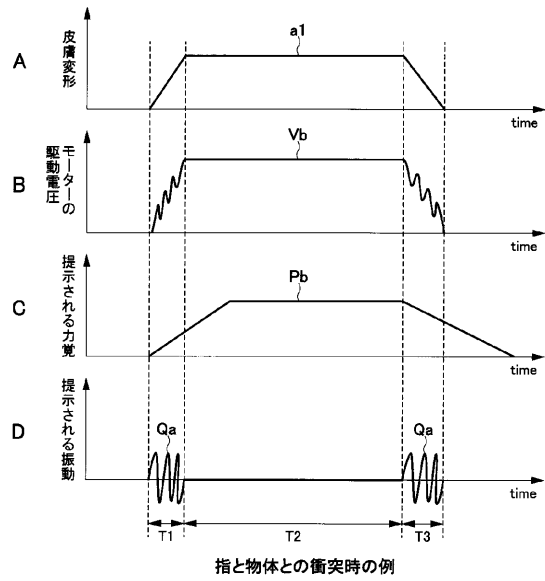
【 図 4 】



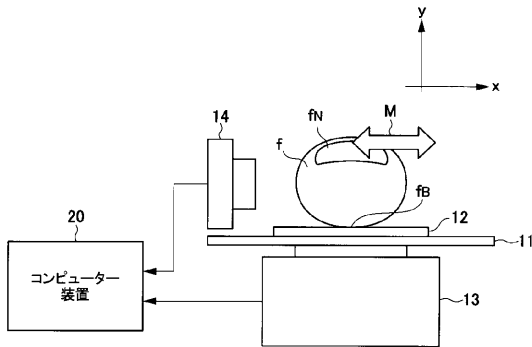
【 図 5 】



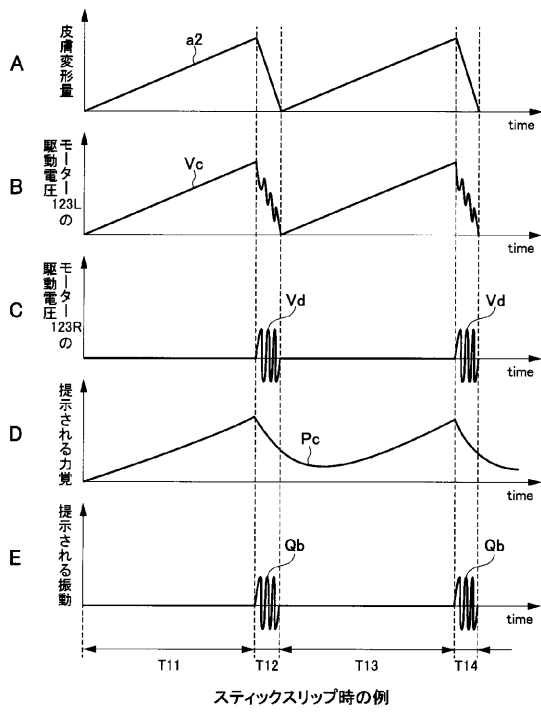
【 図 7 】



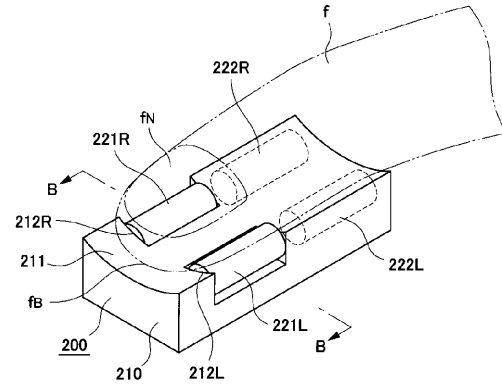
【 図 6 】



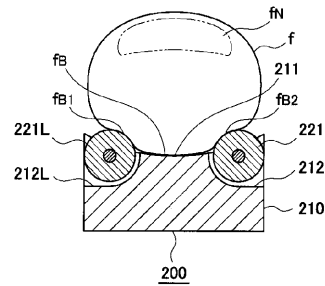
【 図 8 】



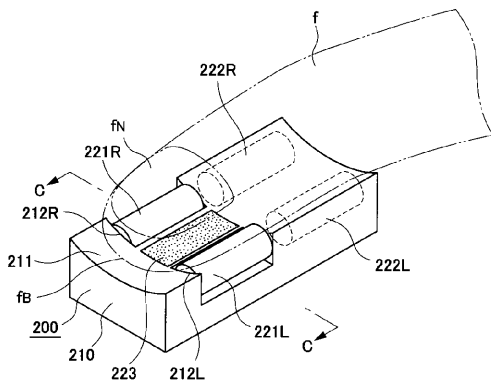
【 図 9 】



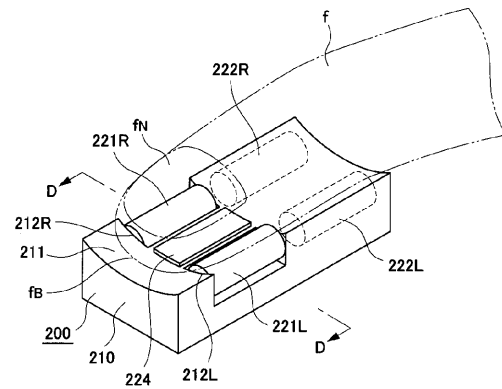
【 図 10 】



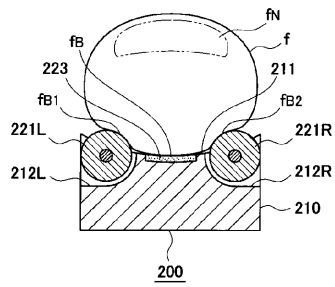
【 図 11 】



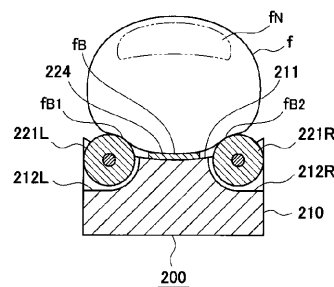
【 図 13 】



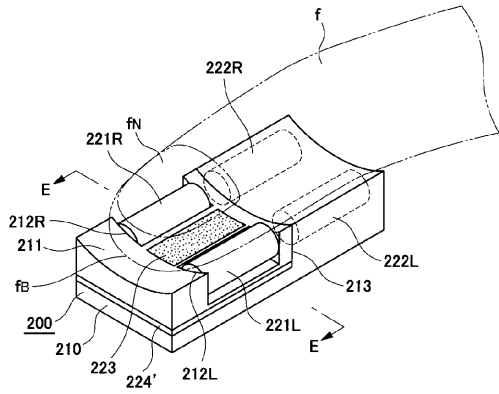
【 図 12 】



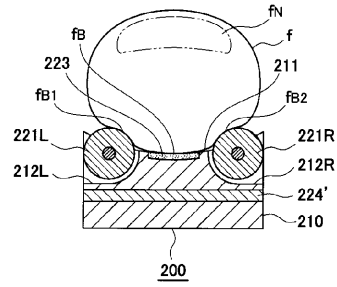
【 図 14 】



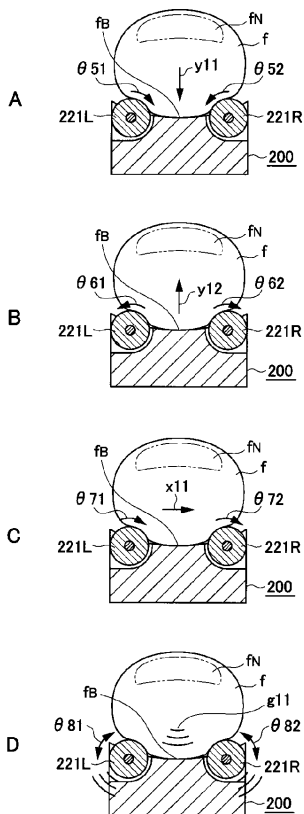
【図15】



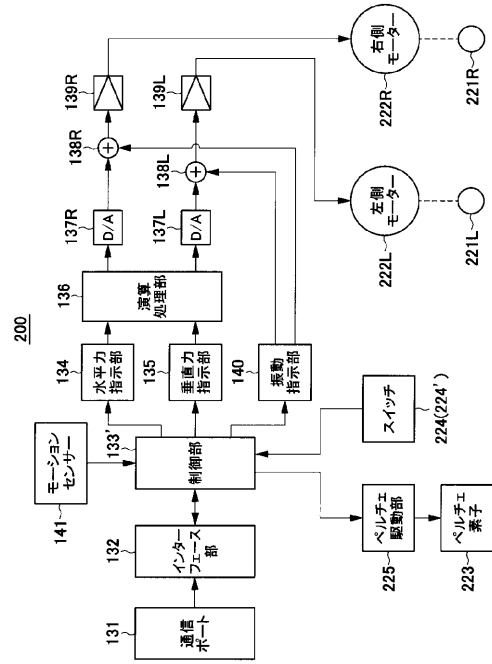
【図16】



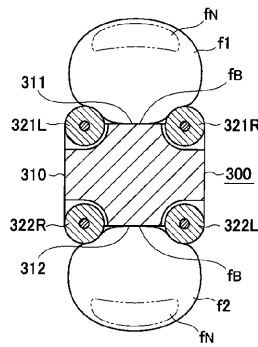
【図18】



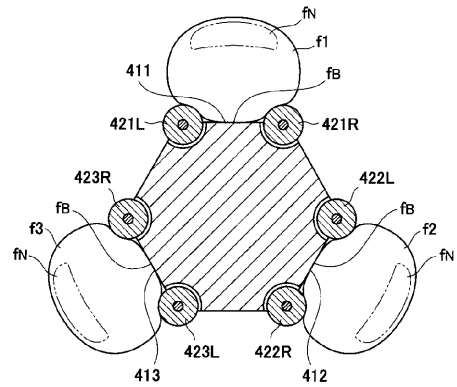
【図17】



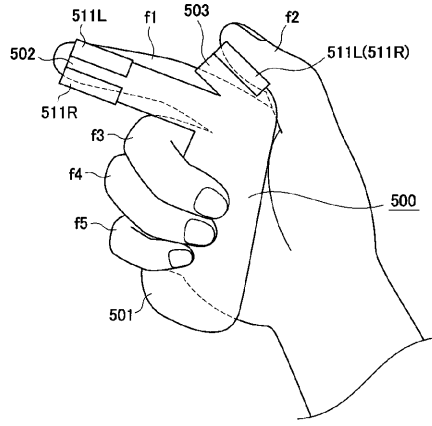
【図19】



【図20】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】

