

(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2018-10582

(P2018-10582A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G06F 3/01 (2006.01) G06F 3/01 560 5E555

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-140594 (P2016-140594)</p> <p>(22) 出願日 平成28年7月15日 (2016.7.15)</p> <p>(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</p>	<p>(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</p> <p>(74) 代理人 110000925 特許業務法人信友国際特許事務所</p> <p>(72) 発明者 ヤエム ヴィボル 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</p> <p>(72) 発明者 岡崎 龍太 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</p> <p>(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</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

最終頁に続く

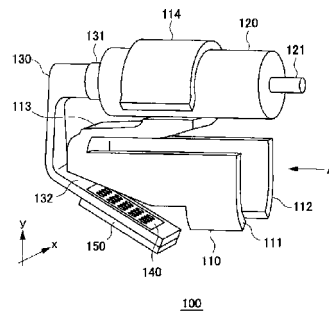
(54) 【発明の名称】 触覚提示装置

(57) 【要約】

【課題】リアリティのある触覚をユーザーに提示する。

【解決手段】ユーザーの指などの所定箇所の皮膚と接した状態で装着される装着部110と、装着部110に取り付けられ皮膚に接触する電極部140と、電極部140の皮膚との接触位置をシフトさせるシフト部材120と、電極部140及びシフト部材120を制御する制御部とを備える。制御部は、電極部140に印加するパルス電圧により、特定の空間解像度の圧覚および特定の周波数の振動感覚を提示し、シフト部材120による電極部140の皮膚との接触位置のシフトにより、特定の空間解像度よりも低い空間解像度の皮膚ずれ感覚および特定の周波数よりも高周波の振動感覚を提示する。

【選択図】 図1



100

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ユーザーの所定箇所の皮膚と接した状態で装着される装着部と、
前記装着部に取り付けられ、前記所定箇所の皮膚に接触する電極部と、
前記電極部の前記皮膚との接触位置をシフトさせるシフト部材と、
前記電極部に印加するパルス電圧により、前記所定箇所の皮膚に、特定の空間解像度の
圧覚および特定の周波数の振動感覚を提示し、前記シフト部材による前記電極部の前記皮
膚との接触位置のシフトにより、前記所定箇所の皮膚に、前記特定の空間解像度よりも低
い空間解像度の皮膚ずれ感覚および前記特定の周波数よりも高周波の振動感覚を提示する
制御部とを備える

10

触覚提示装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記電極部に印加するパルス電圧の極性の設定により、メルケル細胞を
ターゲットにしたパルス電圧の印加による圧覚の提示と、マイスナー小体をターゲットに
したパルス電圧の印加による前記特定の周波数の振動感覚の提示とを選択的に行うように
した

請求項 1 に記載の触覚提示装置。

【請求項 3】

前記制御部は、前記シフト部材による前記電極部の一方のシフトと他方のシフトを組み
合わせた振動を行うことで、パチニ小体をターゲットにした刺激による前記高周波の振動
感覚の提示を行い、前記振動による刺激時よりも前記電極部を大きくシフトさせることで
、ルフィニ終末をターゲットにした刺激による皮膚ずれ感覚の提示を行う

20

請求項 1 又は 2 に記載の触覚提示装置。

【請求項 4】

前記シフト部材はモーターであり、

前記制御部は、前記モーターに対して一方の極性のパルス電圧と他方の極性のパルス電
圧とを与えて前記電極部を振動させて、前記パチニ小体をターゲットにした刺激を行うと
共に、前記モーターに対して一方の極性の電圧を与えて前記電極部を大きくシフトさせる

請求項 3 に記載の触覚提示装置。

【請求項 5】

30

前記電極部は、皮膚と接触する箇所に、所定間隔で配置した複数の電極素子を備え、

前記制御部は、前記パルス電圧を、前記複数の電極素子に順に供給する

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の触覚提示装置。

【請求項 6】

前記所定箇所は指であり、前記電極部は、指の腹の皮膚と接触するようにして、指の腹
に対して触覚を提示する

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の触覚提示装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

40

本発明は、装着したユーザーの指などの皮膚に触覚を提示する触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
とき、指に対して刺激を行う装置が、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】

従来、このような刺激を指などに行う装置は種々提案されており、例えば指先全体に振

50

動を与えるもの、多数のピンをマトリクス状に配置して、各ピンを駆動して刺激を与えるもの、静電気力などにより皮膚せん断変形を与えるもの等が知られている。

例えば特許文献1には、振動による触感の刺激を皮膚に提示する触感提示装置の一例についての記載がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-308152号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

ところで、指先などの皮膚で得る感覚は、皮膚内の4つの受容器で得ることが知られている。すなわち、指先などの皮膚内には、メルケル細胞、マイスナー小体、パチニ小体、ルフィニ終末と称される4つの受容器がある。メルケル細胞は、皮膚が押された感覚（圧覚）に反応する受容器であり、マイスナー小体は皮膚に伝わる低周波の振動（低周波振動覚）に反応する受容器である。また、パチニ小体は皮膚に伝わる高周波の振動（高周波振動覚）に反応する受容器であり、ルフィニ終末は、皮膚を大きく変形させるような力（皮膚せん断変形覚）に反応する受容器である。人は、これらの4つの受容器で得た感覚を合わせることによって、指先で物体に触れたり、物を掴むような感覚を得ているということである。

20

【0006】

しかしながら、従来から提案されている触覚などの提示装置は、上記4つの受容器すべてで感覚を得るようなものはなく、表現しうる触覚の種類が限定されていた。このため、実際の物体に触れた場合を再現するリアリティのある触覚を提示することは難しいという問題があった。

例えば、特許文献1に記載されているように、振動部材を配置して触覚を提示する場合には、振動に反応するマイスナー小体又はパチニ小体を利用して触覚を提示することになり、他の受容器（メルケル細胞、ルフィニ終末）はほとんど刺激されない。これでは実際に物体に触れた場合の感覚とは異なった感覚を指に与えてしまうことになり、リアリティが得られない。例えば、指でグラスを掴むような映像に合わせて、指先を短時間振動させると、その振動による感覚に惑わされて人はグラスを掴んだという感覚を得るのであるが、これ自体リアリティのある触覚の提示がされたとはいいがたいものであった。

30

したがって、実際に指が物体に触れた場合に近い、よりリアリティのある触覚を提示するためには、上述した4つの受容器全てを、実際に指を動かした場合と同じように刺激する必要がある。しかし、従来から提案されている触覚提示装置では、4つの受容器全てを適切に刺激できるものは存在しなかった。

【0007】

本発明は、リアリティのある触覚をユーザーに提示できる触覚提示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】

40

【0008】

本発明の触覚提示装置は、ユーザーの所定箇所の皮膚と接した状態で装着される装着部と、装着部に取り付けられ所定箇所の皮膚に接触する電極部と、電極部の皮膚との接触位置をシフトさせるシフト部材と、電極部及びシフト部材を制御する制御部とを備える。

制御部は、電極部に印加するパルス電圧により、所定箇所の皮膚に、特定の空間解像度の圧覚および特定の周波数の振動感覚を提示し、内の第1の受容器を刺激し、シフト部材による電極部の皮膚との接触位置のシフトにより、所定箇所の皮膚に、特定の空間解像度よりも低い空間解像度の皮膚ずれ感覚および特定の周波数よりも高周波の振動感覚を提示する。

【発明の効果】

50

【 0 0 0 9 】

本発明によると、電極部を使ってパルス電圧を皮膚に印加することによる刺激と、シフト部材により皮膚と接触した電極部そのものをシフトさせる刺激とを組み合わせることで、種々の受容器を適切に刺激できるようになり、リアリティのある刺激を提示できるようになる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】 本発明の一実施の形態例による触覚提示装置の例を示す斜視図である。

【 図 2 】 図 1 の A 方向から見た正面図である。

【 図 3 】 本発明の一実施の形態例による触覚提示装置を指に装着した例を示す斜視図である。

10

【 図 4 】 本発明の一実施の形態例による触覚提示装置の電極部の構成例を示す平面図である。

【 図 5 】 本発明の一実施の形態例による触覚提示装置の内部構成例を示すブロック図である。

【 図 6 】 皮膚中の受容器の例を示す説明図である。

【 図 7 】 各受容器の空間分解能と周波数分解能の分布範囲の例を示す特性図である。

【 図 8 】 本発明の一実施の形態例による触覚提示装置の各モードでの刺激状態を示す説明図である。

【 図 9 】 本発明の一実施の形態例による触覚提示装置が物体表面を滑らせる動作に対応した感覚を提示する例を示す説明図である。

20

【 図 1 0 】 本発明の一実施の形態例による触覚提示装置が斜め方向から受ける力覚を示す説明図である。

【 図 1 1 】 本発明の一実施の形態例による物体衝突時の刺激提示状況の例を示す説明図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の一実施の形態例を、添付図面を参照して説明する。

[1 . 装置の構成]

図 1 は、本発明の一実施の形態例による触覚提示装置 1 0 0 の全体構成を示す斜視図である。図 2 は、図 1 の触覚提示装置 1 0 0 を、矢印 A の方向から見た正面図である。また、図 3 は、図 1 に示す触覚提示装置 1 0 0 に指 f を装着した状態を示す斜視図である。

30

なお、図 2 の正面図において、水平方向（左右方向）を x 軸として示し、垂直方向（上下方向）を y 軸として示す。図 1 及び図 3 において示す x 軸及び y 軸も図 2 と同じものである。

【 0 0 1 2 】

触覚提示装置 1 0 0 は、ユーザーの指 f の先端が装着される装着部 1 1 0 を備える。装着部 1 1 0 の左側面 1 1 1 と右側面 1 1 2 との間の空間には、図 3 に示すように指 f の先端が挿入される。

装着部 1 1 0 の上部には、連結部 1 1 3 を介してモーター保持部 1 1 4 が接続され、モーター保持部 1 1 4 に、円筒形状のモーター 1 2 0 が保持されている。ここで使用されるモーター 1 2 0 は、直流モーターであり、この回転軸 1 2 1 は、装着部 1 1 0 に装着される指 f の長手方向とほぼ平行に配置されている。

40

【 0 0 1 3 】

また、モーター 1 2 0 の回転軸 1 2 1 には、電極部 1 4 0 を保持する電極保持部 1 3 0 が接続されている。すなわち、電極保持部 1 3 0 は、回転軸連結部 1 3 1 を介してモーター 1 2 0 の回転軸 1 2 1 に接続されており、モーター 1 2 0 の回転により、指 f の先端が装着される装着部 1 1 0 に対して回転可能になっている。但し、本例の場合には、電極部 1 4 0 の回転は、微少な角度（数°程度）の回転、つまり振動やわずかな動きを与えるための回転のみに制限される。

50

【0014】

電極保持部130は、電極配置部132を備え、電極配置部132に電極部140が配置されている。電極部140には、図2に示すように、多数の電極素子141-1~141-20と接地電極142とが設けられている。そして、図3に示すように、装着部110に装着したユーザーの指の腹 f_B （指の爪 f_N とは反対側）が、電極部140内の各電極素子141-1~141-20及び接地電極142と接触するようになっている。

指の腹 f_B と電極部140とが接触する位置は、モーター120の回転により、水平方向（x方向）にシフトする。

【0015】

また、電極保持部130の電極部140の裏面側には、回路配置部150が取り付けられている。なお、回路配置部150の構成については、図5で詳述するが、図1に示す回路配置部150の配置位置は一例であり、その他の位置に取り付けてもよい。例えば、回路配置部150は、装着部110の連結部113に取り付けるようにしてもよい。また、触覚提示装置100本体には回路配置部150を設けなくて、モーター120や電極部140に接続される不図示のケーブルを、触覚提示装置100から外部の装置に引き出し、外部の装置側に回路配置部150のような回路部品を配置するようにしてもよい。

10

【0016】

図4は、電極部140の電極素子141-1~141-20と接地電極142の配置例を示す。

ここでは電極部140は、20個の電極素子141-1~141-20を備え、水平方向に4個、垂直方向に5個のマトリクス状に配置されている。ここで、各電極素子141-1~141-20は、例えば直径1.4mmの円形形状であり、水平方向及び垂直方向に2.0mm間隔で配置される。

20

【0017】

接地電極142は、マトリクス状に配置された電極素子141-1~141-20の周囲を囲むように配置される。なお、接地電極142は、基本的には接地電位であるが、使用状態によっては、接地電極142に接地電位とは異なる刺激用の電位を与える場合もある。

【0018】

[2.装置の内部構成]

図5は、触覚提示装置100の回路配置部150を構成する回路の例を示している。

触覚提示装置100は、通信ポート151を備え、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151が受信した指令は、インターフェース部152で受信処理されて、制御部153に伝えられる。なお、インターフェース部152としては、無線信号用の受信部としてもよい。

30

【0019】

制御部153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、モーター120を駆動して指に刺激を与える処理を行うとともに、電極部140にパルス電圧を印加して、指に刺激を与える処理とを実行する。また、触覚提示装置100は、この装置に加わる3軸方向の動きを検出するモーションセンサー154を備え、このモーションセンサー154によって、触覚提示装置100を装着した指 f の動きが検出される。

40

そして、モーションセンサー154が検出した動きのデータについても考慮して、制御部153は、力又は振動を加えるように電極駆動部160に指示する。但し、モーションセンサー154の検出データは考慮しなくてもよい。

【0020】

なお、このモーションセンサー154は省略してもよい。その場合には、制御部153は、外部から受信した指令のみにより、電極駆動部160を経由して電極部140を制御する処理を行うことになる。

モーター120の駆動により指に刺激を与える処理と、電極部140へのパルス電圧の

50

印加により指に刺激を与える処理との組み合わせ状況の詳細については後述する。

【0021】

モーター120を駆動させる駆動データは、制御部153からデジタル/アナログ変換器155に供給される。デジタル/アナログ変換器155は、駆動データをアナログ電圧信号に変換して、モーター駆動部156に供給する。そして、モーター駆動部156は、このアナログ電圧(モーター駆動電圧)をモーター120に供給する。ここでモーター駆動部156によるモーター120の駆動電圧の印加は、モーター120の回転軸121が比較的小さな角度だけ回転するように、比較的短時間だけ行われる。

また、モーター駆動部156からモーター120に印加する駆動電圧(直流電圧)の極性を短時間で変化させて、モーター120を微小な角度で双方向に交互に回転させて、電極部140を左右に振動させるようにしてもよい。

10

【0022】

また、上述したように、制御部153は、電極駆動部160に対して電極部140内の各電極素子141-1~141-20に刺激用のパルス電圧を与える指示を行う。この刺激用のパルス電圧は、電源装置161から供給されるパルス電圧から生成されるものであり、例えば300Vのような比較的高い電圧であって、しかも、5mA程度の非常に低い電流のパルスである。なお、この刺激用のパルス電圧の印加時間幅は、20 μ s~200 μ s程度の非常に短い時間とされる。

また、制御部153は、電極駆動部160から電極素子141-1~141-20にパルス電圧を供給する場合に、パルス電圧の極性を切り替えて陽極刺激と陰極刺激を交互に行うようにすることもできる。

20

【0023】

電極駆動部160が電極素子141-1~141-20にパルス電圧を印加する際には、例えば、20個の電極素子141-1~141-20に順番にパルス電圧が供給される。例えば、パルス幅が約100 μ sであれば、20個の電極素子141-1~141-20全てにパルス電圧を印加する処理が、約2ms程度で完了する。一方、上述した陽極刺激と陰極刺激の双方の極性のパルス電圧を印加する場合には、全ての電極素子141-1~141-20にパルス電圧を供給するのに、約2msの2倍の時間である約4ms程度を必要とする。

但し、このように20個の電極素子141-1~141-20に順番にパルス電圧を供給するのは一例であり、例えば指の腹 f_B の特定の1カ所に刺激を与える場合には、電極素子141-1~141-20から選択した特定の1個(又は複数個)の電極素子だけにパルス電圧を供給するようにしてもよい。

30

【0024】

[3. 触覚提示装置が刺激する受容器]

次に、触覚提示装置100によって刺激される皮膚の受容器について説明する。

上述したように、指などの皮膚内には、触覚、圧覚、温度覚などを得る受容器として、複数種類の受容器が存在している。

図6は、皮膚の内部の受容器の配置状況を示す断面図である。図6に示すように、皮膚10内には、触覚や圧覚などの機械的変形に应答する受容器として、マイスナー小体11、メルケル細胞12、ルフィニ終末13、パチニ小体14が存在する。

40

【0025】

既に説明したように、これら4種類の受容器の役割は、マイスナー小体11が低周波振動覚に应答し、メルケル細胞12が圧覚に应答し、ルフィニ終末13が皮膚せん断変形覚に应答し、パチニ小体14が高周波振動覚に应答する。また、これら4種類の受容器は、空間分解能(受容野サイズ)が異なり、特にルフィニ終末13とパチニ小体14は、他の2つの受容器に比べて空間分解能が低い(受容野サイズが大きい)ことが知られている。

【0026】

図7は、各受容器の周波数分解能と空間分解能の分布範囲を示す特性図である。周波数分解能は、各受容器が感知する周波数の範囲である。空間分解能は、各受容器が感知する

50

際の感知位置の感度を示す。例えば、空間分解能が高いときには、力覚又は振動覚が加わった位置がほぼ正確に感知でき、逆に空間分解能が低いときには、どの位置に力覚又は振動覚が加わったのかが、分かりにくい状況になることを意味している。

【0027】

マイスナー小体11の検出範囲aは、比較的低い周波数（例えば5Hzから90Hz付近まで範囲）の振動に应答し、比較的高い空間分解能を有する。

メルケル細胞12の検出範囲bは、マイスナー小体11よりもさらに低周波の振動に应答し、比較的高い空間分解能を有する。

ルフィニ終末13の検出範囲cは、メルケル細胞12の検出範囲bと周波数分解能はほぼ同じであるが、空間分解能がメルケル細胞12の検出範囲bよりも低くなっている（劣っている）。

パチニ小体14の検出範囲dは、高い周波数（例えば60Hzから800Hz付近まで範囲）の振動に应答するが、空間分解能は低い（劣る）。

【0028】

実際に、人間が物体に指などの皮膚が触れて触覚を感じる際には、これら4つの受容器での应答の組み合わせから、物体に触れた感覚を得る。本実施の形態例の触覚提示装置100では、モーター120の回転によって、電極部140の水平方向の移動による指への刺激と、電極部140でのパルス電圧の印加を選択的に行うことによって、4つの受容器を個別に刺激するモードが用意されている。そして、これら4つの刺激モードの組み合わせにより、触覚提示装置100は、リアリティのある触覚を提示することができるようになっている。

【0029】

[4. 各受容器を刺激するモードの例]

次に、図8を参照して、4つの受容器（マイスナー小体、メルケル細胞、ルフィニ終末、パチニ小体）を個別に刺激する4つの刺激モードの処理について説明する。この4つの刺激モードは、制御部153（図5参照）が、外部からの指示などに基づいて、指fに与える触覚（力覚、振動覚など）を判断して設定する。図8に示す各受容器の検出範囲a, b, c, dは、図7に示す各受容器の検出範囲a, b, c, dと同じである。また、図8に示す電極素子141tは、電極素子141-1~141-20の中で、パルス電圧を印加するターゲットとなる電極（以下、「ターゲット電極」と称する。）である。なお、図8では、電極部140とモーター120とを接続する構成は簡易化されて示されている。

【0030】

・マイスナー小体刺激モード

マイスナー小体11（検出範囲a）に対して触覚提示装置100が刺激を与える場合には、ターゲット電極141tに対して陽極刺激となる極性のパルス電圧を印加する。このときのパルス電圧の印加周波数は、例えば15Hz~60Hzの範囲内の周波数（例えば30Hz）に設定する。なお、陽極刺激が行われるターゲット電極141tの周辺の他の電極素子は、例えば接地電位とする。電極素子141-1~141-20の周囲の接地電極142についても接地電位とする。

【0031】

・メルケル細胞刺激モード

メルケル細胞12（検出範囲b）に対して触覚提示装置100が刺激を与える場合には、ターゲット電極141tに対して陰極刺激となる極性のパルス電圧を印加する。このときのパルス電圧の印加周波数は、例えば15Hz以下の低周波数に設定する。なお、陰極刺激が行われるターゲット電極141tの周辺の他の電極素子は、例えば接地電位とする。電極素子141-1~141-20の周囲の接地電極142についても接地電位とする。

【0032】

・ルフィニ終末刺激モード

ルフィニ終末13（検出範囲c）に対して触覚提示装置100が刺激を与える場合には

10

20

30

40

50

、モーター 120 を回転させて、電極部 140 を水平方向 x_1 にシフトさせる。このモードでは、電極部 140 を使った電圧パルスの印加は行わない。

【0033】

・パチニ小体刺激モード

パチニ小体 14 (検出範囲 d) に対して触覚提示装置 100 が刺激を与える場合には、モーター 120 を交互に微少に回転させて、電極部 140 が左右に振動した状態とする。このモードでは、電極部 140 を使った電圧パルスの印加は行わない。

なお、ルフィニ終末刺激モードとパチニ小体刺激モードとで、電極部 140 による電圧パルスの印加を行わないのは、それぞれのモードを単独で使用する場合であり、他のモードと組み合わせて刺激を行う際には、電極部 140 を使った電圧パルスを印加する場合もある。具体的に刺激を行う例については後述する。

10

【0034】

[5. 具体的な駆動例]

次に、上述した各モードを組み合わせ、実際に指が物体に触れる動作を再現する刺激を触覚提示装置 100 が行う例について説明する。

図 9 は、指 f が特定の素材 21 の表面を滑らせた状態を再現する例である。すなわち、図 9 A に示すように、特定の材質感 (例えば凹凸感) を持った素材 21 の表面に、指 f の腹 f_B が接触した状態で、素材 21 を水平方向 (M_1 方向) に移動させる。

ここで、素材 21 の表面 (テクスチャ面) に細かな凹凸があるとすると、その細かな凹凸に対応して、指 f の腹 f_B に対して垂直方向に振動する力覚が加わりながら、水平移動に対応した水平方向の力覚が生じる。

20

【0035】

触覚提示装置 100 が、このような素材 21 の表面を滑らせた状態と同様の刺激を指 f に与える場合には、図 9 B に示すように、モーター 120 により電極部 140 を回転させて、水平方向 m_1 にシフトさせる。この電極部 140 の水平方向 m_1 のシフトにより、電極部 140 と接触した指 f の腹 f_B に対して、水平方向の力覚が与えられる。このモーター 120 の回転による水平方向の力覚を与える処理は、上述したルフィニ終末刺激モードでの刺激に相当する。

【0036】

さらに、水平方向の力覚を与えながら、指 f が滑る際の凹凸に対応した指 f の腹 f_B の垂直方向の振動を再現するために、図 9 B に示すように、電極部 140 のターゲット電極 141 t に対してパルス電圧を印加する。このパルス電圧を印加する処理は、上述したマイスナー小体刺激モード又はメルケル細胞刺激モードでの刺激に相当する。

30

印加するパルス電圧の周波数は、素材 21 の表面の凹凸の間隔と、指 f が移動する速度により決まる。例えば、素材 21 の表面の凹凸が 1 mm 間隔で、指が 60 mm/s の速度で動くとき、指 f が上下に振動する周波数の中心周波数は約 60 Hz になる。この場合、60 Hz の周波数でターゲット電極 141 t にパルス電圧を印加することで、素材 21 の表面を滑らせた場合と同様の感覚を指 f に与えることができる。

【0037】

なお、図 9 の例では、素材 21 の表面の凹凸を再現するために、マイスナー小体刺激モード又はメルケル細胞刺激モードで刺激するようにしたが、凹凸を再現する周波数範囲が図 7 に示すパチニ小体検出範囲 d である場合には、パチニ小体刺激モードでの、モーター 120 を交互に微少に回転させる処理を行う。具体的には、5 Hz から 90 Hz 付近がマイスナー小体検出範囲であり、60 Hz から 800 Hz 付近までがパチニ小体検出範囲であり、60 Hz 以上の周波数での刺激を与える際には、モーター 120 を使った電極部 140 の振動処理を適用することができる。なお、60 Hz から 90 Hz までの範囲は、マイスナー小体検出範囲 c でもあるため、2つのモードで刺激を与える処理を同時に行うようにしてもよい。

40

【0038】

図 10 は、指 f が、大きな凹凸がある素材 22 の表面に接している状態を示す。

50

図 10 A に示すように、凹凸形状を持った素材 22 に指 f が接しているとき、指 f には水平方向の力と垂直方向の力とを合成した力 P 1 が生じる。

この力 P 1 を触覚提示装置 100 が表現するために、力 P 1 を水平成分と垂直成分に分解する。そして、分解した 2 成分の内の水平成分については、図 10 B に示すように、ルフィニ終末刺激モードでモーター 120 を回転させることで、指 f に力覚が与えられる。また、垂直成分については、図 10 B に示すように、ターゲット電極 141 t へのパルス電圧の印加で、マイスナー小体刺激モード又はメルケル細胞刺激モードにより、指 f に圧覚が与えられる。

【0039】

このような指 f への刺激を行ったとき、人間は、指 f の皮膚と素材 22 との接触位置も、触覚により本来は認識しているはずである。ここで、電極部 140 を使った刺激を行う場合には、1カ所のターゲット電極 141 からの刺激であるため、パルス電圧を印加した電極の選択によってのみで、接触位置が提示されることになる。

これに対して、水平成分の力覚は、モーター 120 の回転によって指 f の腹 f_B の広い面積に対して与えるため、電極使用時のような高い空間分解能を与えることはできないが、高い空間分解能を持たない受容器であるルフィニ終末によって、皮膚の横ずれが検知されるため、特に問題になることはない。

【0040】

なお、人間の指における触覚の空間分解能は、指の末端で 1.5 mm 程度、指の腹で約 3 mm 程度である。本実施の形態例の電極部 140 は、既に説明したように 2 mm 間隔で電極素子 141-1 ~ 141-20 をマトリクス状に配置したため、人間の分解能に合わせた接触位置の提示が可能になる。

【0041】

図 11 は、指 f が物体に接触して、その接触状態がある程度の時間維持され、その後、指 f が物体から離れる動作に相当する刺激を、触覚提示装置 100 が指 f に与える場合の例を示している。図 11 A ~ F の横軸は時間である。

図 11 A は、実際に指 f が物体に接触する際の皮膚変形量（縦軸）を示す。ここでは、期間 T 11 は、指 f が物体への接触を開始して、徐々に皮膚変形量が増える期間である。期間 T 12 は、指 f が物体に接触した状態が維持され、皮膚変形量が一定の期間である。期間 T 13 は、指 f が物体から離れだして、徐々に皮膚変形量が低下して、指 f が物体から離れて皮膚変形がなくなる期間である。

【0042】

この図 11 A に示す皮膚変形は、メルケル細胞とマイスナー小体とパチニ小体によって知覚される。具体的には、図 11 B に示すように、定常的な圧力を検出するメルケル細胞は、皮膚が変形している間（ここでは期間 T 11, T 12, T 13 全ての間）、常に活動する。

また、図 11 C に示すように、低周波振動又は速度を検出するマイスナー小体は、皮膚変形の速度が一定閾値を超えている間（ここでは期間 T 11 と期間 T 13 の間）、活動する。

さらに、図 11 D に示すように、高周波振動又は加速度を検出するパチニ小体は、皮膚変形の加速度が一定閾値を超えたとき（ここでは期間 T 11 の最初と最後、及び期間 T 13 の最初と最後）、活動する。

人間は、これら図 11 B, C, D に示す活動により得た感覚を合成することで、物体との接触感を持つことができる。なお、図 11 の例は、皮膚の接触に関する刺激を行う例のため、ルフィニ終末への刺激は行っていないが、ルフィニ終末への刺激を行うためのモーター電圧の印加を同時に組み合わせるようにしてもよい。

【0043】

以上説明したような、物体接触時と同様の感覚を触覚提示装置 100 が指 f に与えるためには、制御部 153（図 5 参照）は、図 11 E に示すパルス電圧を電極部 140 へ印加するように電極駆動部 160 に指示する必要がある。また、図 11 F に示すような印加電

10

20

30

40

50

圧をモーター 120 に供給するようにモーター駆動部 156 に指示する必要がある。

具体的には、図 11E に示すように、メルケル細胞の活動期間（図 11B）に対応して、期間 T11, T12, T13 の全ての期間に、一定間隔で陰極刺激を行うパルス電圧が電極部 140 に供給され、メルケル細胞刺激モードによる刺激が行われる。また、マイスナー小体の活動期間（図 11C）に対応して、期間 T11 及び期間 T13 に、一定間隔で陽極刺激を行うパルス電圧が、電極部 140 に供給されて、マイスナー小体刺激モードによる刺激がなされる。

メルケル細胞刺激モードで刺激を行う期間と、マイスナー小体刺激モードで刺激を行う期間は混在しているため、電極駆動部 160 では、モードの切り替えに対応して、パルス電圧の極性を切り替える処理が行われる。なお、図 11 の例では、メルケル細胞刺激モードで刺激を行うタイミングと、マイスナー小体刺激モードで刺激を行うタイミングは、パルス電圧を印加する時間が多少ずれており（例えば 0.2 ms から 10 ms 程度のずれが発生）、完全な同時刺激ではないが、この程度の時間のずれが生じて、人間の感覚上は同時に刺激があると感じる。

【0044】

なお、図 11E に示す 1 つのパルスは、図 4 に示す全ての電極素子 141-1 ~ 141-20 にパルス電圧を印加することを意味する。例えば、1 つの電極素子に 100 μ s 程度のパルス電圧を印加する場合、約 2 ms 程度の時間で、20 個の電極素子 141-1 ~ 141-20 から順にパルス電圧を印加することができる。したがって、図 11E に示す 1 つのパルスは、この約 2 ms 程度の時間で、全ての電極素子 141-1 ~ 141-20 から指 f にパルス電圧が印加されることを示している。

【0045】

また、図 11F に示すように、パチニ小体の活動期間（図 11D）に対応して、モーター 120 に非常に短い期間のパルス電圧が印加される。このとき、図 11F に示すように、正の極性のパルス電圧と負の極性のパルス電圧が組み合わせられて連続して印加される。例えば、2.5 ms の正極性のパルス電圧と、2.5 ms の負極性のパルス電圧が 5 ms の期間の両極性パルス電圧として順に印加される。これにより、パチニ小体の共振周波数に近い 200 Hz の成分を持った振動がモーター 120 により発生するため、パチニ小体の活動による感覚を再現することができる。

【0046】

以上説明したように、本発明の実施形態の触覚提示装置 100 によれば、複数のモードを組み合わせることで各受容器への刺激を適切なタイミングで行うことで、実際に物体と衝突してから離れるまでの感覚と同様の感覚を指に与えることができ、非常にリアリティのある刺激を提示することができる。特に、空間分解能（空間解像度）が高い受容器への刺激については、刺激位置を細かく制御できる電極を使用し、空間分解能が低い受容器への刺激については、モーター 120 による電極部 140 全体の動きで与えるようにしたので、それぞれの受容器の特性に合わせた適切な刺激の提示ができる。

また、触覚提示装置 100 は、指 f の腹 f_B と接触する電極部 140 と、その電極部 140 を水平方向に移動や振動させるモーター 120 だけの比較的簡単な構成で、4 種類のモードの刺激を行うことができる。

【0047】

[6. 変形例]

なお、図 1 に示す触覚提示装置 100 では、電極部 140 を水平方向にシフトさせるシフト部材の一例として、モーター 120 を使用した例を示した。これに対して、モーター以外のシフト部材を使用して、電極部 140 を水平方向に移動させたり、振動させるようにしてもよい。

また、図 1 に示す触覚提示装置 100 の各部の構成（指の装着部 110 の形状や、モーター 120 の配置位置など）についても、一例を示すものであり、その他の構成としてもよい。

さらに、図 4 に示す電極素子 141-1 ~ 141-20 の数や配置状態についても、一

10

20

30

40

50

例を示すものであり、その他の配置状態としてもよい。

また、上述した実施の形態例では、指の腹の皮膚に触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触覚を提示する装置に適用してもよい。

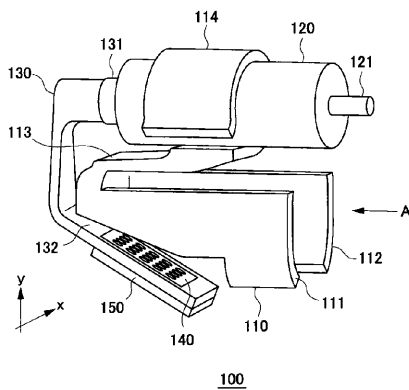
【符号の説明】

【0048】

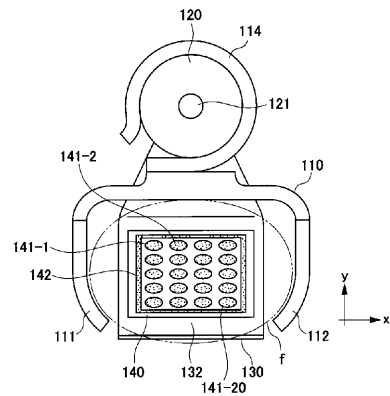
10 ... 皮膚、 11 ... マイスナー小体、 12 ... メルケル細胞、 13 ... ルフィニ終末、 14 ... パチニ小体、 21, 22 ... 素材、 100 ... 触覚提示装置、 110 ... 装着部、 111 ... 左側面、 112 ... 右側面、 113 ... 連結部、 114 ... モーター保持部、 120 ... モーター、 121 ... 回転軸、 130 ... 電極保持部、 131 ... 回転軸連結部、 132 ... 電極配置部、 140 ... 電極部、 141 - 1 ~ 141 - 20 ... 電極素子、 141 t ... ターゲット電極、 142 ... 接地電極、 150 ... 回路配置部、 151 ... 通信ポート、 152 ... インターフェース部、 153 ... 制御部、 154 ... モーションセンサー、 155 ... デジタル/アナログ変換器、 156 ... モーター駆動部、 160 ... 電極駆動部、 161 ... 電源装置

10

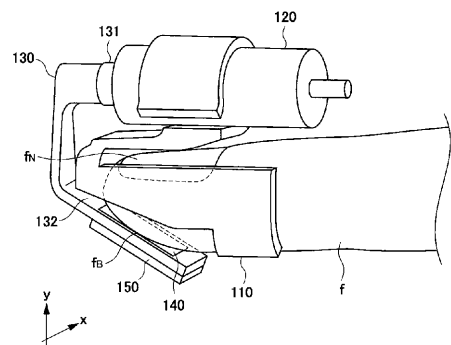
【図1】



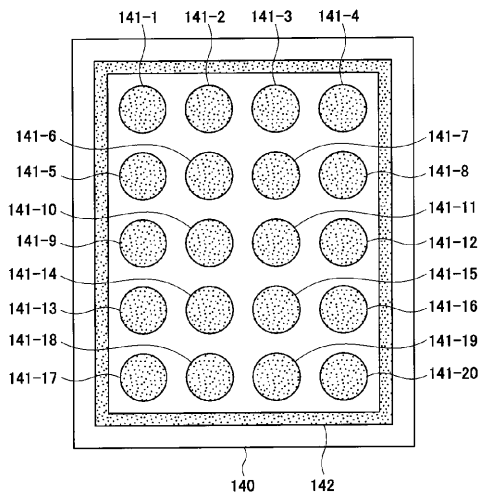
【図2】



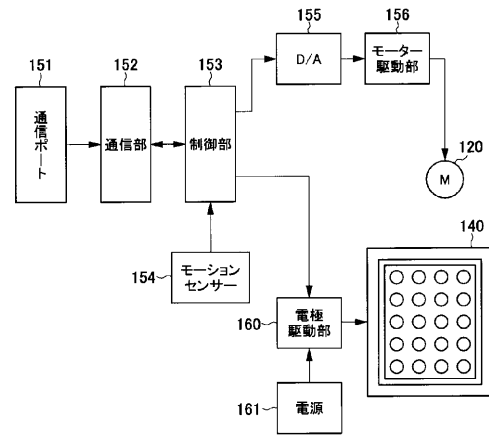
【図3】



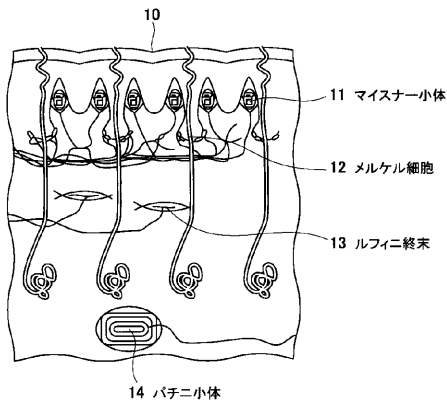
【 図 4 】



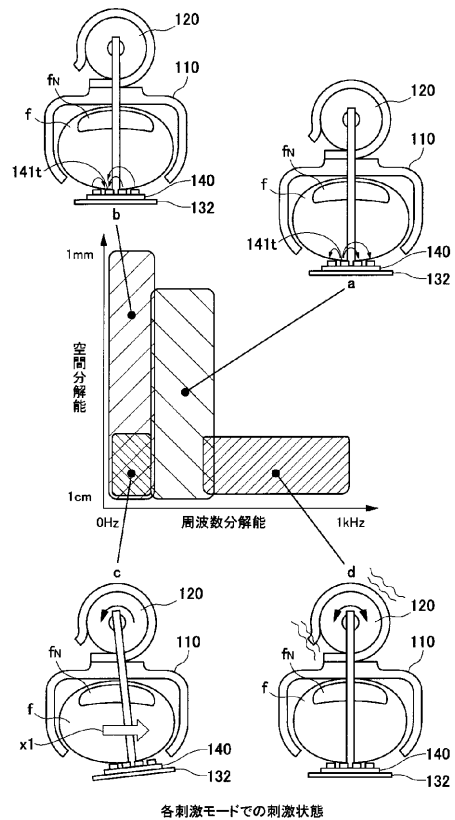
【 図 5 】



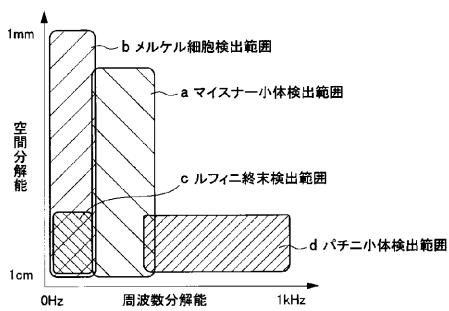
【 図 6 】



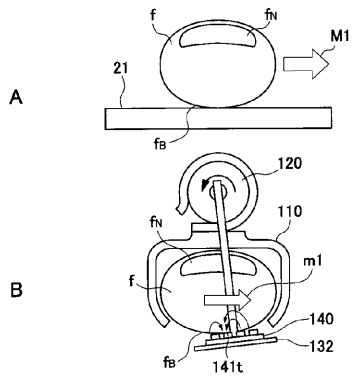
【 図 8 】



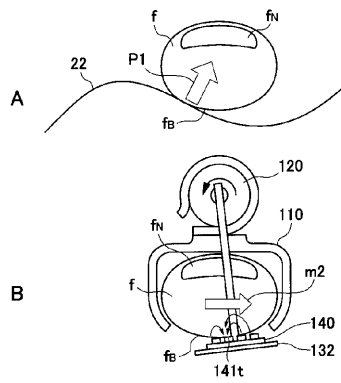
【 図 7 】



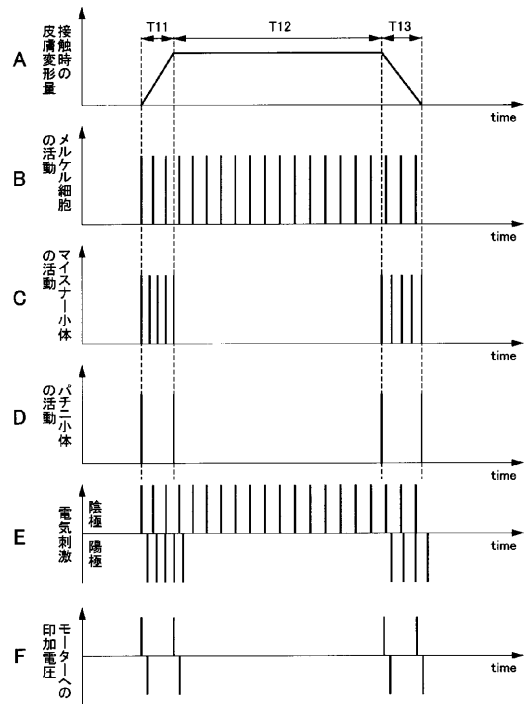
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5E555 AA76 BA02 BB02 BC04 BE17 CA44 CB66 DA24 DD06 EA07
EA14 FA00