(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第7914941号
(P7914941)
(45)発行日　令和8年9月3日(2026.9.3)　(24)登録日　令和8年8月26日(2026.8.26)

(51)Int.Cl.　F I
G06F 3/01 (2006.01)　G06F 3/01 560
G06F 3/01 514

請求項の数 19 (全 32 頁)

(21)出願番号　特願2022-141736(P2022-141736)
(22)出願日　令和4年9月6日(2022.9.6)
(65)公開番号　特開2024-37086(P2024-37086A)
(43)公開日　令和6年3月18日(2024.3.18)
審査請求日　令和7年7月10日(2025.7.10)

(73)特許権者　503360115
国立研究開発法人科学技術振興機構
埼玉県川口市本町四丁目１番８号
(74)代理人　100147485
弁理士　杉村　憲司
(74)代理人　230118913
弁護士　杉村　光嗣
(74)代理人　100202326
弁理士　橋本　大佑
(72)発明者　梶本　裕之
東京都調布市調布ケ丘１丁目５－１　国立大学法人電気通信大学内
(72)発明者　中山　翔太
東京都調布市調布ケ丘１丁目５－１　国立大学法人電気通信大学内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】力覚提示装置、力覚提示システム、及び力覚提示方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

指の先端の延在方向の側面に沿って複数の電極が配置され、刺激電極を有する第１電極部と、

前記第１電極部と対を成す第２電極部であって、前記第１電極部と前記第２電極部との間で前記指の先端の内部を介して電流が流れる位置に複数の電極が配置される前記第２電極部と、

前記指の先端の側面から内部への電流であって、前記指の先端の内部に位置する感覚受容器を刺激して前記指に対し力覚を生起させる電流を前記第１電極部と前記第２電極部との間に発生させる発生部と、

を備え、

前記第１電極部及び前記第２電極部のうち少なくとも前記第１電極部は、前記指の爪側面に沿って配置される、

力覚提示装置。

【請求項２】

請求項１に記載の力覚提示装置であって、

前記第２電極部は、前記指の先端の延在方向の側面に沿って配置される、

力覚提示装置。

【請求項３】

請求項２に記載の力覚提示装置であって、

前記第１電極部は、前記指の先端の一方側の側面に沿って配置され、
前記第２電極部は、前記指の先端の他方側の側面に沿って配置される、
力覚提示装置。
【請求項４】
請求項３に記載の力覚提示装置であって、
前記第１電極部と前記第２電極部とは互いに対向する、
力覚提示装置。
【請求項５】
請求項1乃至４のいずれか１項に記載の力覚提示装置であって、
前記第１電極部は、少なくとも１つの陰極を前記刺激電極として有し、
前記第２電極部は、少なくとも１つの陽極を前記刺激電極に対する不関電極として有する、
力覚提示装置。
【請求項６】
請求項５に記載の力覚提示装置であって、
前記第１電極部における前記陰極の数は、前記第２電極部における前記陽極の数よりも少ない、
力覚提示装置。
【請求項７】
請求項５に記載の力覚提示装置であって、
前記第１電極部は、互いに隣り合って連続する複数の前記陰極を有する、
力覚提示装置。
【請求項８】
請求項５に記載の力覚提示装置であって、
前記第２電極部は、互いに隣り合って連続する複数の前記陽極を有する、
力覚提示装置。
【請求項９】
請求項１乃至４のいずれか１項に記載の力覚提示装置であって、
電極の極性を切り替えることで、前記指に対し生起させる力覚の方向を反転させるように、前記第１電極部と前記第２電極部との間の位置関係を反転させる切替部を備える、
力覚提示装置。
【請求項１０】
請求項１乃至４のいずれか１項に記載の力覚提示装置と、
前記力覚提示装置を装着したユーザが遠隔で操作する操作対象と、
前記ユーザによって操作される前記操作対象の様子を視覚情報として前記ユーザに出力する出力インタフェースと、
を備え、
前記力覚提示装置は、前記ユーザによる前記操作対象の操作に基づく情報を取得し、前記情報に応じて前記ユーザの前記指に対し力覚を生起させる、
力覚提示システム。
【請求項１１】
請求項１０に記載の力覚提示システムであって、
前記操作対象はロボットアームの先端に形成されているロボットハンドを含み、
前記情報は、前記ロボットハンドに取り付けられている力覚及び触覚センサから出力される力覚及び触覚情報を含む、
力覚提示システム。
【請求項１２】
請求項１０に記載の力覚提示システムであって、
前記操作対象は仮想空間内のアバターの指を含み、
前記情報は、前記アバターの指の動作に対応するデジタル情報を含む、

力覚提示システム。
【請求項１３】
指の先端の延在方向の側面に沿って配置され、複数の刺激電極を有する第１電極部と、前記第１電極部と対を成す第２電極部と、の間で前記指の先端の内部を介して電流を流すステップを含み、
前記ステップにおいて、前記指の先端の側面から内部への電流であって、前記指の先端の内部に位置する感覚受容器を刺激して前記指に対し力覚を生起させる電流を前記第１電極部と前記第２電極部との間に発生させる、
力覚提示方法。
【請求項１４】
請求項１乃至４のいずれか１項に記載の力覚提示装置であって、
前記指に対し、力覚として特定の方向に疑似力を生起させる電流又は電極の切り替えを前記第１電極部及び前記第２電極部に対して行う切替部を備え、
前記発生部は、前記指に対し力覚として特定の方向に疑似力を生起させる電流を前記第１電極部と前記第２電極部との間に発生させる、
力覚提示装置。
【請求項１５】
請求項１乃至４のいずれか１項に記載の力覚提示装置であって、
前記第１電極部と前記第２電極部とは、前記指の延在方向において互いに同一の位置に配置される、
力覚提示装置。
【請求項１６】
請求項１に記載の力覚提示装置であって、
前記第２電極部は、前記指の少なくとも一部に巻かれて配置される、
力覚提示装置。
【請求項１７】
請求項１乃至４のいずれか１項に記載の力覚提示装置であって、
前記発生部により発生した前記電流により生起される力覚を、前記指の延在方向を１つの方向に含む、互いに直交する３軸方向の値として記録する、
力覚提示装置。
【請求項１８】
請求項１乃至４のいずれか１項に記載の力覚提示装置であって、
前記第１電極部は、少なくとも１つの陰極を有し、
前記第２電極部は、少なくとも１つの陽極を有し、
前記第１電極部及び前記第２電極部は、前記第２電極部の陽極から前記第１電極部の陰極に電流が流れるときに、前記第１電極部の近傍の電流密度が前記第２電極部の近傍の電流密度よりも高くなるように構成され、
前記第１電極部から前記第２電極部の方向に力覚を生起させる、
力覚提示装置。
【請求項１９】
請求項１４に記載の力覚提示装置であって、
前記切替部は、前記第１電極部と前記第２電極部との間の電気的な位置関係を反転させることで、前記指に対し反対方向の力覚を生起させる、
力覚提示装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、力覚提示装置、力覚提示システム、及び力覚提示方法に関する。
【背景技術】
【０００２】

従来、ユーザの指に対して所定の触覚を擬似的に発生させるための技術が知られている。例えば、特許文献１には、指先と道具との間にデバイスを介在させず、また、道具の操作上の違和感が発生せず、さらに、道具操作を阻害することもなく、指先に触覚を生起させるコンパクトな触覚提示技術が開示されている。例えば、非特許文献１には、指先に触覚を生起させるハプティックグローブに関する技術が開示されている。

【０００３】

特許文献１に記載の空間透明型触覚提示装置は、指の両側面を走る２本の求心性神経束の各々に沿って当接される２個の刺激電極と、２個の刺激電極よりも掌側に当接される１個のアース電極と、を有する。当該触覚提示装置は、刺激電極の各々に、刺激電極端子の各々に対応する波高と周波数の少なくとも一方を制御した所定の電気信号を与える電気信号発生部をさらに有する。当該触覚提示装置は、刺激電極の各々に電気信号を与えることにより、２本の求心性神経に電気刺激を発生させ、当該電気刺激により、指の末節位置に触覚を生起させる。非特許文献１に記載のハプティックグローブは、空気圧を利用して指先に圧力をかける手袋形状の装置である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２０１２－００５５９６号公報

【非特許文献】

【０００５】

【非特許文献１】Tech at Meta、[online]、[令和４年９月５日検索]、インターネット＜ＵＲＬ：https://tech.fb.com/ar-vr/2021/11/inside-reality-labs-meet-the-team-thats-bringing-touch-to-the-digital-world/＞

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、特許文献１に記載の従来技術では、触覚とは全く異なる力覚を指に対して生起させることについて十分に考慮されていなかった。非特許文献１に開示される装置では空気圧を得るために空気を送る必要があり、装置が大きくなる。

【０００７】

本開示は、簡単な構成により、指に対して力覚を生起させることが可能な力覚提示装置、力覚提示システム、及び力覚提示方法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】

【０００８】

本開示は、

（１）

指の側面に沿うような位置に配置され、刺激電極を有する第１電極部と、

前記第１電極部と対を成す第２電極部であって、前記第１電極部と前記第２電極部との間で前記指の内部を介して電流が流れるように配置される前記第２電極部と、

前記指の側面から内部への電流であって、前記指の感覚受容器を刺激して前記指に対し力覚を生起させる電流を前記第１電極部と前記第２電極部との間に発生させる発生部と、

を備える、

力覚提示装置、

である。

【０００９】

（２）

上記（１）に記載の力覚提示装置では、

前記第２電極部は、前記指の側面に沿うような位置に配置されてもよい。

【００１０】

（３）

上記（２）に記載の力覚提示装置では、
前記第１電極部は、前記指の一方側の側面に沿うような位置に配置され、
前記第２電極部は、前記指の他方側の側面に沿うような位置に配置されてもよい。
【００１１】
（４）
上記（３）に記載の力覚提示装置では、
前記第１電極部と前記第２電極部とは互いに対向してもよい。
【００１２】
（５）
上記（１）乃至（４）のいずれか１つに記載の力覚提示装置では、
前記第１電極部は、前記指の先端に配置されてもよい。
【００１３】
（６）
上記（１）乃至（５）のいずれか１つに記載の力覚提示装置では、
前記第１電極部は、少なくとも１つの陰極を前記刺激電極として有し、
前記第２電極部は、少なくとも１つの陽極を前記刺激電極に対する不関電極として有してもよい。
【００１４】
（７）
上記（６）に記載の力覚提示装置では、
前記第１電極部における前記陰極の数は、前記第２電極部における前記陽極の数よりも少なくてもよい。
【００１５】
（８）
上記（６）又は（７）に記載の力覚提示装置では、
前記第１電極部は、互いに隣り合って連続する複数の前記陰極を有してもよい。
【００１６】
（９）
上記（６）乃至（８）のいずれか１つに記載の力覚提示装置では、
前記第２電極部は、互いに隣り合って連続する複数の前記陽極を有してもよい。
【００１７】
（１０）
上記（１）乃至（９）のいずれか１つに記載の力覚提示装置は、
電極の極性を切り替えることで前記第１電極部と前記第２電極部との間の位置関係を反転させる切替部を備えてもよい。
【００１８】
本開示は、
（１１）
上記（１）乃至（１０）のいずれか１つに記載の力覚提示装置と、
前記力覚提示装置を装着したユーザが遠隔で操作する操作対象と、
前記ユーザによって操作される前記操作対象の様子を視覚情報として前記ユーザに出力する出力インタフェースと、
を備え、
前記力覚提示装置は、前記ユーザによる前記操作対象の操作に基づく情報を取得し、前記情報に応じて前記ユーザの前記指に対し力覚を生起させる、
力覚提示システム、
である。
【００１９】
（１２）
上記（１１）に記載の力覚提示システムでは、

前記操作対象はロボットアームの先端に形成されているロボットハンドを含み、
前記情報は、前記ロボットハンドに取り付けられている力覚及び触覚センサから出力される力覚及び触覚情報を含んでもよい。
【００２０】
（１３）
上記（１１）又は（１２）に記載の力覚提示システムでは、
前記操作対象は仮想空間内のアバターの指を含み、
前記情報は、前記アバターの指の動作に対応するデジタル情報を含んでもよい。
【００２１】
本開示は、
（１４）
指の側面に沿うような位置に配置され、刺激電極を有する第１電極部と、前記第１電極部と対を成す第２電極部と、の間で前記指の内部を介して電流を流すステップを含み、
前記ステップにおいて、前記指の側面から内部への電流であって、前記指の感覚受容器を刺激して前記指に対し力覚を生起させる電流を前記第１電極部と前記第２電極部との間に発生させる、
力覚提示方法、
である。
【発明の効果】
【００２２】
本開示の一実施形態に係る力覚提示装置、力覚提示システム、及び力覚提示方法によれば、簡単な構成により、指に対して力覚を生起させることが可能である。
【図面の簡単な説明】
【００２３】
【図１】本開示の一実施形態に係る力覚提示装置の構成の一例を示すブロック図である。
【図２】図１の力覚提示装置の取付部品の外観の一例を示す模式図である。
【図３】図２の取付部品をユーザの指の先端に取り付けたときの様子の一例を示す模式図である。
【図４】図３の第１電極部及び第２電極部をより簡略的に示した模式図である。
【図５】図１の力覚提示装置の構成の一部を具体的に示した模式図である。
【図６Ａ】第１電極部及び第２電極部の極性パターンの第１例を示す模式図である。
【図６Ｂ】第１電極部及び第２電極部の極性パターンの第２例を示す模式図である。
【図７】図１の力覚提示装置を含む力覚提示システムの構成の第１例を示す模式図である。
【図８】図７の力覚提示システムの概略構成を示すブロック図である。
【図９】図１の力覚提示装置を含む力覚提示システムの構成の第２例を示す模式図である。
【図１０】図９の力覚提示システムの概略構成を示すブロック図である。
【図１１】図１の力覚提示装置の第１変形例を示す模式図である。
【図１２】図１の力覚提示装置の第２変形例を示す模式図である。
【図１３】図１の力覚提示装置の第３変形例を示す模式図である。
【図１４】図１の力覚提示装置の第４変形例を示す模式図である。
【図１５】図１の力覚提示装置の第５変形例を示す模式図である。
【図１６】図１の力覚提示装置の第６変形例を示す模式図である。
【図１７】図１の力覚提示装置の第７変形例を示す模式図である。
【図１８】図１の力覚提示装置の第８変形例を示す模式図である。
【図１９】図１の力覚提示装置の第９変形例を示す模式図である。
【図２０】図１の力覚提示装置の第１０変形例を示す模式図である。
【図２１】図１の力覚提示装置の第１１変形例を示す模式図である。
【図２２】図１の力覚提示装置の第１２変形例を示す模式図である。

【図２３】図１の力覚提示装置の第１３変形例を示す模式図である。
【図２４】図１の力覚提示装置の第１４変形例を示す模式図である。
【図２５】図１の力覚提示装置の第１５変形例を示す模式図である。
【発明を実施するための形態】
【００２４】
以下では、添付図面を参照しながら本開示の一実施形態について主に説明する。
【００２５】
図１は、本開示の一実施形態に係る力覚提示装置１０の構成の一例を示すブロック図である。図１を参照しながら、一実施形態に係る力覚提示装置１０の構成の一例について概略的に説明する。
【００２６】
力覚提示装置１０は、ユーザの指の感覚受容器を刺激して当該指に対し力覚を生起させる。力覚提示装置１０は、大きく分けて、取付部品１１と、取付部品１１に接続されている制御回路１２と、を有する。
【００２７】
取付部品１１は、ユーザの指の先端に取り付けられる任意の部品を含む。取付部品１１は、少なくとも１つの電極を有する第１電極部１１１と、少なくとも１つの電極を有する第２電極部１１２と、を有する。第１電極部１１１と第２電極部１１２とは、互いに対を成す。第１電極部１１１及び第２電極部１１２は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間でユーザの指の内部を介して電流が流れるようにユーザの指の先端に配置される。取付部品１１は、制御回路１２から出力される電流を受けて、第１電極部１１１及び第２電極部１１２によりユーザの指の内部に電流を流す。
【００２８】
制御回路１２は、力覚提示装置１０の動作を制御するための任意の回路を含む。制御回路１２は、通信部１２１と、記憶部１２２と、発生部１２３と、切替部１２４と、制御部１２５と、を有する。通信部１２１及び記憶部１２２の各々と制御部１２５とは互いに接続されている。発生部１２３、切替部１２４、及び制御部１２５は互いに接続されている。
【００２９】
通信部１２１は、後述するネットワーク５０に接続する通信モジュールを含む。例えば、通信部１２１は、４Ｇ（4th Generation）及び５Ｇ（5th Generation）などの移動体通信規格又はインターネット規格に対応する通信モジュールを含む。一実施形態において、力覚提示装置１０は、通信部１２１を介してネットワーク５０に接続されている。通信部１２１は、ネットワーク５０を介して多様な情報を送信及び受信する。
【００３０】
記憶部１２２は、例えば半導体メモリ、磁気メモリ、又は光メモリなどであるが、これらに限定されない。記憶部１２２は、主記憶装置、補助記憶装置、又はキャッシュメモリとして機能する。記憶部１２２は、力覚提示装置１０の動作に用いられる任意の情報を記憶する。記憶部１２２は、システムプログラム、アプリケーションプログラム、及び通信部１２１により受信又は送信される各種情報などを記憶する。
【００３１】
発生部１２３は、任意の電流源を含む。発生部１２３は、例えば定電流源を含む。発生部１２３は、ユーザの指の内部に流れる電流を、取付部品１１における第１電極部１１１と第２電極部１１２との間に発生させる。発生部１２３は、切替部１２４を介して、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間に当該電流を発生させる。
【００３２】
切替部１２４は、第１電極部１１１及び第２電極部１１２並びに発生部１２３に接続されている任意のスイッチ回路を含む。切替部１２４は、制御部１２５によるオンオフ制御を受けて、第１電極部１１１及び第２電極部１１２と発生部１２３との間の電気的な接続を切り替える。

【００３３】
切替部１２４は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間を流れる電流のオンオフを切り替える。切替部１２４は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間を流れる電流の出力タイミングを切り替える。切替部１２４は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間を流れる電流の方向を切り替える。第１電極部１１１が後述のように複数の電極を含む場合には、切替部１２４は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間で電流を流すために使用する第１電極部１１１の電極を切り替える。第２電極部１１２が後述のように複数の電極を含む場合には、切替部１２４は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間で電流を流すために使用する第２電極部１１２の電極を切り替える。
【００３４】
切替部１２４が第１電極部１１１及び第２電極部１１２と発生部１２３との間の電気的な接続を常時維持することで、発生部１２３から切替部１２４に出力された電流は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間で定常電流として流れる。切替部１２４が第１電極部１１１及び第２電極部１１２と発生部１２３との間の電気的な接続を周期的に切り替えることで、発生部１２３から切替部１２４に出力された電流は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間でパルス電流として流れる。
【００３５】
制御部１２５は、１つ以上のプロセッサを含む。本開示において、「プロセッサ」は、例えば汎用のプロセッサ及び特定の処理に特化した専用のプロセッサなどを含む。制御部１２５は、力覚提示装置１０を構成する各構成部と通信可能に接続され、力覚提示装置１０全体の動作を制御する。制御部１２５は、例えば発生部１２３に制御信号を出力し、発生部１２３から出力される定電流のオンオフ及び強度などを制御する。制御部１２５は、例えば切替部１２４に制御信号を出力し、切替部１２４に含まれるスイッチ回路のオンオフ、そのタイミング、並びに第１電極部１１１が有する複数の電極の中で接続すべき電極の選択及び第２電極部１１２が有する複数の電極の中で接続すべき電極の選択などを制御する。
【００３６】
図２は、図１の力覚提示装置１０の取付部品１１の外観の一例を示す模式図である。図３は、図２の取付部品１１をユーザの指Ｆの先端に取り付けたときの様子の一例を示す模式図である。図２及び図３を参照しながら、図１の力覚提示装置１０の取付部品１１の構成について主に説明する。
【００３７】
取付部品１１は、ユーザの指Ｆの先端を挟み込むように当該指Ｆに取り付けられる一対の挟み片１１ａと、一対の挟み片１１ａの反対側に形成されている一対の把持片１１ｂと、により形成されている。取付部品１１は、ユーザが一対の把持片１１ｂを手で持って、一対の把持片１１ｂが互いに近接するように一対の把持片１１ｂを押し込むことで一対の挟み片１１ａの間隔を大きくすることができる。ユーザが一対の把持片１１ｂを強くつまむことで、一対の挟み片１１ａが大きく開く。一対の挟み片１１ａは、大きく開いた状態でユーザの指Ｆの先端に配置される。ユーザが一対の把持片１１ｂを離した際には一対の挟み片１１ａが互いに近接してユーザの指Ｆの先端を挟み込むように取付部品１１の内部に不図示の弾性部材が組み込まれている。
【００３８】
第１電極部１１１及び第２電極部１１２は、取付部品１１の一対の挟み片１１ａの側部を一対の挟み片１１ａの開き方向に沿って貫通するように一対の挟み片１１ａにそれぞれ取り付けられている。第１電極部１１１と第２電極部１１２とは互いに対向する。図２に示されるように、第１電極部１１１と第２電極部１１２とは、一対の挟み片１１ａが開いた状態で互いに離間する。第１電極部１１１と第２電極部１１２との間には、ユーザの指Ｆの先端を受け入れるための空間が形成される。
【００３９】
一例として、第１電極部１１１は、４つの電極を有する。第１電極部１１１が有する４

つの電極は、一対の挟み片１１ａの一方側の側部において縦方向に一列に配置されている。一例として、第２電極部１１２は、４つの電極を有する。第２電極部１１２が有する４つの電極は、一対の挟み片１１ａの他方側の側部において縦方向に一列に配置されている。

【００４０】

図４は、図３の第１電極部１１１及び第２電極部１１２をより簡略的に示した模式図である。図４では、ユーザの指Ｆの先端に対する第１電極部１１１及び第２電極部１１２の配置の一例がより簡略的に示されている。図３ではその図示を省略していたが、ユーザの指Ｆの先端と第１電極部１１１との間に導電性を有するゲルＧが配置されてもよい。同様に、ユーザの指Ｆの先端と第２電極部１１２との間にゲルＧが配置されてもよい。ゲルＧは、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間に流れる電流を分散させることでユーザの指Ｆに対する痛覚の生起を抑制するためのものである。例えば、ゲルＧを配置するために、ゲルＧが塗布されたシートを、各電極部に含まれる電極又は指Ｆに付着させてもよい。

【００４１】

第１電極部１１１は、ユーザの指Ｆの側面に沿うような位置に配置される。より具体的には、第１電極部１１１は、ユーザの指Ｆの一方側の側面Ａ１に沿うような位置に配置される。第１電極部１１１は、ユーザの指Ｆの先端に配置される。例えば、第１電極部１１１の４つの電極は、ユーザの指Ｆの先端における側面Ａ１に沿って指Ｆの延在方向に一列に配置される。

【００４２】

第２電極部１１２は、ユーザの指Ｆの側面に沿うような位置に配置される。より具体的には、第２電極部１１２は、ユーザの指Ｆの他方側の側面Ａ２に沿うような位置に配置される。第２電極部１１２は、ユーザの指Ｆの先端に配置される。例えば、第２電極部１１２の４つの電極は、ユーザの指Ｆの先端における側面Ａ２に沿って指Ｆの延在方向に一列に配置される。

【００４３】

図５は、図１の力覚提示装置１０の構成の一部を具体的に示した模式図である。図５を参照しながら、力覚提示装置１０の制御回路１２の構成及び動作についてより詳細に説明する。

【００４４】

制御回路１２の切替部１２４は、発生部１２３に含まれる定電流源の出力端子側に接続されている第１切替部１２４ａを有する。第１切替部１２４ａは、８つのスイッチＳ１１、Ｓ１２、Ｓ１３、Ｓ１４、Ｓ１５、Ｓ１６、Ｓ１７、及びＳ１８を図５の左側から順に有する。

【００４５】

図５における一例では、第１切替部１２４ａのスイッチＳ１１はオン状態にあり、第２電極部１１２の４つの電極のうち電極Ｅ２４と発生部１２３とを電気的に接続する。第１切替部１２４ａのスイッチＳ１３はオン状態にあり、第２電極部１１２の４つの電極のうち電極Ｅ２２と発生部１２３とを電気的に接続する。第１切替部１２４ａのスイッチＳ１２、Ｓ１４、Ｓ１５、Ｓ１６、Ｓ１７、及びＳ１８はオフ状態にあり、第２電極部１１２の４つの電極のうち電極Ｅ２１及びＥ２３と発生部１２３とを電気的に接続せず、第１電極部１１１の４つの電極Ｅ１１、Ｅ１２、Ｅ１３、及びＥ１４と発生部１２３とを電気的に接続しない。

【００４６】

制御回路１２の切替部１２４は、発生部１２３に含まれる定電流源の入力端子側に接続されている第２切替部１２４ｂを有する。第２切替部１２４ｂは、８つのスイッチＳ２１、Ｓ２２、Ｓ２３、Ｓ２４、Ｓ２５、Ｓ２６、Ｓ２７、及びＳ２８を図５の左側から順に有する。

【００４７】

図５における一例では、第２切替部１２４ｂのスイッチＳ２５はオン状態にあり、第１電極部１１１の４つの電極のうち電極Ｅ１１と発生部１２３とを電気的に接続する。第２切替部１２４ｂのスイッチＳ２８はオン状態にあり、第１電極部１１１の４つの電極のうち電極Ｅ１４と発生部１２３とを電気的に接続する。第２切替部１２４ｂのスイッチＳ２１、Ｓ２２、Ｓ２３、Ｓ２４、Ｓ２６、及びＳ２７はオフ状態にあり、第２電極部１１２の４つの電極Ｅ２１、Ｅ２２、Ｅ２３、及びＥ２４と発生部１２３とを電気的に接続せず、第１電極部１１１の４つの電極のうち電極Ｅ１２及びＥ１３と発生部１２３とを電気的に接続しない。

【００４８】

以上のような切替部１２４の動作の一例によれば、第１電極部１１１の電極Ｅ１１及びＥ１４が陰極として機能する。第１電極部１１１の電極Ｅ１２及びＥ１３は発生部１２３に対して無接続状態、すなわちハイインピーダンス状態である。第２電極部１１２の電極Ｅ２２及びＥ２４が陽極として機能する。第２電極部１１２の電極Ｅ２１及びＥ２３は発生部１２３に対して無接続状態である。

【００４９】

図６Ａは、第１電極部１１１及び第２電極部１１２の極性パターンの第１例を示す模式図である。図６Ｂは、第１電極部１１１及び第２電極部１１２の極性パターンの第２例を示す模式図である。図６Ａ及び図６Ｂでは、図４と異なりゲルＧの図示を省略している。図６Ａ及び図６Ｂを参照しながら、第１電極部１１１及び第２電極部１１２の極性パターンの一例について主に説明する。

【００５０】

図６Ａに示す第１例では、ユーザの指Ｆの一方側の側面Ａ１に沿うような位置に配置される第１電極部１１１では、電極Ｅ１１、Ｅ１２、Ｅ１３、及びＥ１４がユーザの指Ｆの先端側から指Ｆの延在方向に一列に順に配置される。電極Ｅ１１及びＥ１４が発生部１２３に対して無接続状態にあり、電極Ｅ１２及びＥ１３が陰極として機能する。

【００５１】

ユーザの指Ｆの他方側の側面Ａ２に沿うような位置に配置される第２電極部１１２では、電極Ｅ２１、Ｅ２２、Ｅ２３、及びＥ２４がユーザの指Ｆの先端側から指Ｆの延在方向に一列に順に配置される。電極Ｅ２１、Ｅ２２、Ｅ２３、及びＥ２４が全て陽極として機能する。

【００５２】

図６Ｂに示す第２例では、ユーザの指Ｆの一方側の側面Ａ１に沿うような位置に配置される第１電極部１１１では、電極Ｅ１１、Ｅ１２、Ｅ１３、及びＥ１４がユーザの指Ｆの先端側から指Ｆの延在方向に一列に順に配置される。電極Ｅ１１及びＥ１４が発生部１２３に対して無接続状態にあり、電極Ｅ１２及びＥ１３が陰極として機能する。

【００５３】

ユーザの指Ｆの他方側の側面Ａ２に沿うような位置に配置される第２電極部１１２では、電極Ｅ２１、Ｅ２２、Ｅ２３、及びＥ２４がユーザの指Ｆの先端側から指Ｆの延在方向に一列に順に配置される。電極Ｅ２１、Ｅ２２、Ｅ２３、及びＥ２４が全て陽極として機能する。

【００５４】

図６Ａの第１例及び図６Ｂの第２例に示す極性パターンは、切替部１２４による切替動作に基づいて互いに切り替え可能である。切替部１２４は、電極の極性を切り替えることで第１電極部１１１と第２電極部１１２との間の位置関係を反転させる。切替部１２４は、各電極に対して陰極、陽極、及び無接続のいずれかの状態への切り替えを可能にする。

【００５５】

図６Ａでは、第１電極部１１１がユーザの指Ｆの先端の左側に位置し、側面Ａ１がユーザの指Ｆの先端の左側面に対応する。第２電極部１１２がユーザの指Ｆの先端の右側に位置し、側面Ａ２がユーザの指Ｆの先端の右側面に対応する。一方で、図６Ｂでは、第１電極部１１１がユーザの指Ｆの先端の右側に位置し、側面Ａ１がユーザの指Ｆの先端の右側

面に対応する。第２電極部１１２がユーザの指Ｆの先端の左側に位置し、側面Ａ２がユーザの指Ｆの先端の左側面に対応する。

【００５６】

図６Ａ及び図６Ｂに示されるように、第１電極部１１１は、少なくとも１つの陰極を刺激電極として有する。一例として、第１電極部１１１は、２つの陰極を刺激電極として有する。第２電極部１１２は、少なくとも１つの陽極を刺激電極に対する不関電極として有する。一例として、第２電極部１１２は、４つの陽極を不関電極として有する。第１電極部１１１における陰極の数は、第２電極部１１２における陽極の数よりも少ない。

【００５７】

第１電極部１１１は、互いに隣り合って連続する複数の陰極を有する。一例として、第１電極部１１１は、互いに隣り合って連続する２つの陰極を有する。第１電極部１１１では、互いに隣り合って連続する２つの陰極が第１電極部１１１の中央部に位置する。当該２つの陰極の両側に、無接続状態にある電極Ｅ１１及びＥ１４がそれぞれ位置する。当該２つの陰極は、無接続状態にある電極Ｅ１１及びＥ１４により、指Ｆの延在方向に挟まれる。

【００５８】

第２電極部１１２は、互いに隣り合って連続する複数の陽極を有する。一例として、第２電極部１１２は、互いに隣り合って連続する４つの陽極を有する。第２電極部１１２は、互いに隣り合って連続する４つの陽極のみに基づいて構成される。

【００５９】

第１電極部１１１と第２電極部１１２とは、指Ｆの延在方向において互いに同一の位置にある。例えば、無接続状態にある電極Ｅ１１と陽極として機能する電極Ｅ２１とが指Ｆの延在方向において互いに同一の位置にある。陰極として機能する電極Ｅ１２と陽極として機能する電極Ｅ２２とが指Ｆの延在方向において互いに同一の位置にある。陰極として機能する電極Ｅ１３と陽極として機能する電極Ｅ２３とが指Ｆの延在方向において互いに同一の位置にある。無接続状態にある電極Ｅ１４と陽極として機能する電極Ｅ２４とが指Ｆの延在方向において互いに同一の位置にある。

【００６０】

発生部１２３は、ユーザの指Ｆの側面から内部への電流であって、当該指Ｆの感覚受容器を刺激して当該指Ｆに対し力覚を生起させる電流を第１電極部１１１と第２電極部１１２との間に発生させる。力覚提示装置１０は、ユーザの指Ｆの側面から電気刺激を発生させることで、指Ｆの側面の近傍に位置する感覚受容器を活動させ、力覚を疑似的に生起させる。このとき、力覚提示装置１０は、感覚受容器を電流により直接的に刺激してもよいし、感覚受容器とつながっている神経線維を介して間接的に感覚受容器を刺激してもよい。本開示において、「感覚受容器」は、例えばマイスナー小体、メルケル細胞、パチニ小体、及びルフィーニ終末のうち、力覚の生起に寄与するものを含む。

【００６１】

このような電流に関するパラメータは、ユーザの指Ｆに力覚提示装置１０が装着された最初の段階で行われる校正作業に基づきユーザごとに最適化される。本開示において、「電流に関するパラメータ」は、例えばパルス電流及び定常電流を含む電流のパターン、パルス電流における幅、周期、及びデューティー比、並びに電流の強度などを含む。電流に関するパラメータは、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間で指の内部を介して電流を流したときにユーザが痛みを感じない範囲で感覚受容器に対し最も強く刺激を与えることができる値に最適化される。

【００６２】

制御部１２５は、校正作業に基づきユーザごとに最適化された電流に関するパラメータを記憶部１２２に格納する。制御部１２５は、校正作業の後に当該ユーザが力覚提示装置１０を使用するときに、当該ユーザに対して最適化された電流に関するパラメータを記憶部１２２から読み出す。制御部１２５は、読み出した当該パラメータに基づいて発生部１２３及び切替部１２４を制御し、当該パラメータに対応する電流を第１電極部１１１と第

２電極部１１２との間に発生させる。

【００６３】

例えば、図６Ａでは、電流は、陽極を含む第２電極部１１２から陰極を含む第１電極部１１１に向けて右から左へと流れる。このとき、左側の側面Ａ１に沿うように位置する陰極の数が右側の側面Ａ２に沿うように位置する陽極の数よりも少ないため、左側の側面Ａ１側における電流密度は、右側の側面Ａ２側における電流密度よりも高くなる。これにより、左側の第１電極部１１１が有する刺激電極としての陰極の近傍で、指Ｆの先端の内部に位置する感覚受容器がより強く刺激され活発に活動する。

【００６４】

力覚提示装置１０は、図６Ａに示すような第１電極部１１１及び第２電極部１１２の配置により、ユーザの指Ｆの先端に対し例えば横方向の力覚を疑似的に生起させる。力覚提示装置１０は、例えば図６Ａにおいて矢印で示すとおり左から右に向けて力を受けているような力覚をユーザの指Ｆの先端に対し生起させる。

【００６５】

例えば、図６Ｂでは、電流は、陽極を含む第２電極部１１２から陰極を含む第１電極部１１１に向けて左から右へと流れる。このとき、右側の側面Ａ１に沿うように位置する陰極の数が左側の側面Ａ２に沿うように位置する陽極の数よりも少ないため、右側の側面Ａ１側における電流密度は、左側の側面Ａ２側における電流密度よりも高くなる。これにより、右側の第１電極部１１１が有する刺激電極としての陰極の近傍で、指Ｆの先端の内部に位置する感覚受容器がより強く刺激され活発に活動する。

【００６６】

力覚提示装置１０は、図６Ｂに示すような第１電極部１１１及び第２電極部１１２の配置により、ユーザの指Ｆの先端に対し例えば横方向の力覚を疑似的に生起させる。力覚提示装置１０は、例えば図６Ｂにおいて矢印で示すとおり右から左に向けて力を受けているような力覚をユーザの指Ｆの先端に対し生起させる。

【００６７】

図６Ａ及び図６Ｂに示すような力覚生起の効果を実証するために、複数の被験者に対して実証実験を行った。当該実証実験は、図６Ａ及び図６Ｂに示されるような電極配置を一例として有する取付部品１１により生起する疑似力覚の有無及びその方向などを検証することを目的とした。

【００６８】

例えば、被験者は、利き手の中指に取付部品１１を装着し、当該中指を空中正面へ突き出す。中指を実験対象とした理由は、予備的な試行の段階で、最も明瞭に疑似力覚を知覚しやすかったためである。力覚生起の方向を被験者に回答させるために当該中指に対してＸ、Ｙ、Ｚ直交軸が定められた。例えば、Ｚ軸は、中指の延在方向に沿った軸である。Ｙ軸は、中指の延在方向に直交する上下方向に沿った軸である。Ｘ軸は、中指の延在方向に直交する左右方向に沿った軸である。

【００６９】

力覚生起の方向の記録は、方向ベクトルの値を記録することで行われた。例えば、右方向へ向かう力覚であった場合、（Ｘ、Ｙ、Ｚ）＝（１、０、０）と記録し、ＸＹ平面における左斜め上方向へ向かう力覚であった場合（Ｘ、Ｙ、Ｚ）＝（－１、１、０）と記録した。

【００７０】

実験手順は、第１電極部１１１及び第２電極部１１２による刺激電流量を調整する第１ステップを含む。第１ステップでは、被験者に対して図３で示されるように取付部品１１を装着させ、図６Ａ及び図６Ｂの電極刺激パターンを含む複数の電極刺激パターンをランダムに１秒ずつ提示しながら徐々に刺激電流量を、痛覚が生起するまで上げた。その後、刺激電流量を痛覚が消失するまで下げることで、被験者が不快に感じない最大の刺激電流量を設定した。制御部１２５は、このときの電流に関するパラメータを記憶部１２２に格納した。以降のステップは、当該刺激電流量に基づいて行われた。

【００７１】
実験手順は、左右の電気刺激による皮膚感覚の有無を検証する第２ステップを含む。第２ステップでは、図６Ａ及び図６Ｂの電極刺激パターンを含む複数の電極刺激パターンを順に提示し、指の右側面及び左側面の各々について「電気刺激による皮膚感覚を生じているか」を被験者に回答させた。第２ステップは、図６Ａ及び図６Ｂの電極刺激パターンを含む複数の電極刺激パターンにおいて力覚を知覚する手掛かりである、陰極刺激の知覚の有無を確認するためのものである。
【００７２】
実験手順は、疑似力覚の生起の有無を検証する第３ステップを含む。第３ステップでは、図６Ａ及び図６Ｂの電極刺激パターンを含む複数の電極刺激パターンをランダムな順序で３回ずつ試行し、各試行で生じた疑似力覚の向きについて被験者に回答させた。疑似力覚が生起しなかった場合はその旨を被験者に報告させ、方向ベクトルの値を（Ｘ、Ｙ、Ｚ）＝（０、０、０）と記録した。
【００７３】
以上のような実証実験のもとで、被験者は様々な方向に疑似力覚を知覚していることが分かった。被験者は、例えば図６Ａ及び図６Ｂのいずれかの矢印で示した方向に疑似力覚を知覚していることが分かった。当該実証実験により、疑似力覚が生起していることが実証された。指の爪部分周辺の内部に位置する感覚受容器がより強く刺激され活発に活動することと、疑似力覚が生起していることとが互いに関連している。爪部分以外の指の他の部分に比して爪部分が変形しづらいことと、疑似力覚が生起していることとが互いに関連している。
【００７４】
図７は、図１の力覚提示装置１０を含む力覚提示システム１の構成の第１例を示す模式図である。図８は、図７の力覚提示システム１の概略構成を示すブロック図である。図７及び図８を参照しながら、図１の力覚提示装置１０を力覚提示システム１に応用したときの第１例について主に説明する。図７では、簡便な図示を目的として、力覚提示装置１０についてユーザの指の先端に取り付けられる取付部品１１のみを主に示し、制御回路１２の図示を省略する。加えて、本開示の一実施形態に係る力覚提示装置１０に主に着目するために、後述する操作対象２３を遠隔操作するために必要となる他の装置についても図示を省略する。
【００７５】
力覚提示システム１は、上記の力覚提示装置１０を有する。力覚提示装置１０は、取付部品１１がユーザの指に取り付けられた状態で使用される。力覚提示装置１０は、ユーザの１０本の指のうち、少なくとも１本に、あるいは全ての指に装着されていればよい。例えば、図７に示されるように、力覚提示装置１０は、ユーザの右手の親指及び人差し指、並びにユーザの左手の親指及び人差し指に装着される。
【００７６】
力覚提示システム１は、力覚提示装置１０に加えてロボット２０を有する。より具体的には、力覚提示システム１は、力覚提示装置１０を装着したユーザが遠隔で操作する操作対象２３を、ロボット２０の構成の一部として有する。力覚提示システム１は、ユーザによって操作される操作対象２３の様子を視覚情報としてユーザに出力する出力インタフェース３０を有する。力覚提示システム１は、力覚提示装置１０、操作対象２３を含むロボット２０、及び出力インタフェース３０に加えて、撮像装置４０をさらに有してもよい。
【００７７】
力覚提示装置１０、操作対象２３を含むロボット２０、出力インタフェース３０、及び撮像装置４０のそれぞれは、移動体通信網及びインターネットなどを含むネットワーク５０と通信可能に接続されている。
【００７８】
ロボット２０は、例えば医療用、家庭用、産業用、及び商業用などの任意の用途で用いられるものを含む。ロボット２０は、通信部２１と、記憶部２２と、操作対象２３と、制

御部２４と、を有する。
【００７９】
通信部２１は、ネットワーク５０に接続する通信モジュールを含む。例えば、通信部２１は、４Ｇ及び５Ｇなどの移動体通信規格又はインターネット規格に対応する通信モジュールを含む。一実施形態において、ロボット２０は、通信部２１を介してネットワーク５０に接続されている。通信部２１は、ネットワーク５０を介して多様な情報を送信及び受信する。
【００８０】
記憶部２２は、例えば半導体メモリ、磁気メモリ、又は光メモリなどであるが、これらに限定されない。記憶部２２は、主記憶装置、補助記憶装置、又はキャッシュメモリとして機能する。記憶部２２は、ロボット２０の動作に用いられる任意の情報を記憶する。記憶部２２は、システムプログラム、アプリケーションプログラム、及び通信部２１により受信又は送信される各種情報などを記憶する。
【００８１】
操作対象２３は、ロボットアームの先端に形成されているロボットハンドを含む。例えば、操作対象２３は、力覚提示装置１０を装着したユーザが位置する場所から遠隔に位置する任意のロボット２０のロボットアームの先端に形成されているロボットハンドを含む。ロボットアームは、少なくとも１本のアームを有し、各アームにロボットハンドを有する。ロボットハンドは、少なくとも１本の指を有する。例えば、ロボットアームは、図７に示されるように、人間と同様に左アーム及び右アームを有し、各アームのロボットハンドに５本の指が形成されているものであってもよいし、１本のアームのみを有し、当該アームのロボットハンドに２本の指のみが形成されているようなものであってもよい。
【００８２】
操作対象２３に含まれるロボットハンドは、指それぞれの先端に力覚及び触覚センサ２３ａを有する。力覚及び触覚センサ２３ａは、ロボットハンドの指が任意の対象物と接触したときの情報を力覚及び触覚情報として出力する。
【００８３】
制御部２４は、１つ以上のプロセッサを含む。制御部２４は、ロボット２０を構成する各構成部と通信可能に接続され、ロボット２０全体の動作を制御する。例えば、制御部２４は、力覚提示装置１０及び不図示の他の装置を装着しながら操作対象２３を遠隔操作するユーザの手及び指の動きに連動するように操作対象２３を制御する。
【００８４】
出力インタフェース３０は、情報を画像としてユーザに出力する１つ以上のインタフェースを含む。例えば、出力インタフェース３０は、情報を画像で出力する、ゴーグル型及び眼鏡型などのウェアラブルデバイス、並びに他の任意のディスプレイ装置などを含む。出力インタフェース３０は、通信部３１と、記憶部３２と、出力部３３と、制御部３４と、を有する。
【００８５】
通信部３１は、ネットワーク５０に接続する通信モジュールを含む。例えば、通信部３１は、４Ｇ及び５Ｇなどの移動体通信規格又はインターネット規格に対応する通信モジュールを含む。一実施形態において、出力インタフェース３０は、通信部３１を介してネットワーク５０に接続されている。通信部３１は、ネットワーク５０を介して多様な情報を送信及び受信する。
【００８６】
記憶部３２は、例えば半導体メモリ、磁気メモリ、又は光メモリなどであるが、これらに限定されない。記憶部３２は、主記憶装置、補助記憶装置、又はキャッシュメモリとして機能する。記憶部３２は、出力インタフェース３０の動作に用いられる任意の情報を記憶する。記憶部３２は、システムプログラム、アプリケーションプログラム、及び通信部３１により受信又は送信される各種情報などを記憶する。
【００８７】

出力部３３は、情報を画像としてユーザに出力する１つ以上のディスプレイを含む。例えば、出力部３３は、情報を映像で出力するディスプレイなどを含む。

【００８８】

制御部３４は、１つ以上のプロセッサを含む。制御部３４は、出力インタフェース３０を構成する各構成部と通信可能に接続され、出力インタフェース３０全体の動作を制御する。例えば、制御部３４は、撮像装置４０により生成された後述の視覚情報を、ネットワーク５０を介して通信部３１により取得し、出力部３３を制御しながらユーザに画像として表示する。

【００８９】

撮像装置４０は、操作対象２３の周囲に配置されている任意のカメラなどを含む。撮像装置４０は、通信部４１と、記憶部４２と、撮像部４３と、制御部４４と、を有する。

【００９０】

通信部４１は、ネットワーク５０に接続する通信モジュールを含む。例えば、通信部４１は、４Ｇ及び５Ｇなどの移動体通信規格又はインターネット規格に対応する通信モジュールを含む。一実施形態において、撮像装置４０は、通信部４１を介してネットワーク５０に接続されている。通信部４１は、ネットワーク５０を介して多様な情報を送信及び受信する。

【００９１】

記憶部４２は、例えば半導体メモリ、磁気メモリ、又は光メモリなどであるが、これらに限定されない。記憶部４２は、主記憶装置、補助記憶装置、又はキャッシュメモリとして機能する。記憶部４２は、撮像装置４０の動作に用いられる任意の情報を記憶する。記憶部４２は、システムプログラム、アプリケーションプログラム、及び通信部４１により受信又は送信される各種情報などを記憶する。

【００９２】

撮像部４３は、ＣＣＤ（Charge Coupled Device）及びＣＭＯＳ（Complementary Metal Oxide Semiconductor）などの任意の撮像素子を含む。

【００９３】

制御部４４は、１つ以上のプロセッサを含む。制御部４４は、撮像装置４０を構成する各構成部と通信可能に接続され、撮像装置４０全体の動作を制御する。例えば、制御部４４は、撮像部４３を用いて後述の視覚情報を生成し、通信部４１を制御しながらネットワーク５０を介して出力インタフェース３０に送信する。

【００９４】

ユーザは、力覚提示装置１０及び不図示の他の装置を装着しながら、操作対象２３を遠隔操作する。操作対象２３としてのロボットハンドは、ユーザの手及び指の動きに連動して、同様の動作を行う。例えば、図７に示されるように、ロボットハンドは、左アームのロボットハンドの主に親指及び人差し指で瓶を支えながら右アームのロボットハンドの親指及び人差し指で瓶の蓋を回す動作を行う。

【００９５】

このとき、力覚提示装置１０の制御部１２５は、ユーザによる操作対象２３の操作に基づく情報を取得し、当該情報に応じてユーザの指に対し力覚を生起させる。図７に示す第１例では、当該情報は、操作対象２３としてのロボットハンドに取り付けられている力覚及び触覚センサ２３ａから出力される力覚及び触覚情報を含む。かかる力覚は、力覚及び触覚センサ２３ａに加わる重さ情報を発生させる。力覚提示装置１０の制御部１２５は、ユーザによる操作対象２３の操作に基づく情報を、ネットワーク５０及び通信部１２１を介して操作対象２３を有するロボット２０から取得する。

【００９６】

力覚提示装置１０の制御部１２５は、ロボットハンドに取り付けられている力覚及び触覚センサ２３ａから出力される力覚及び触覚情報に対応する力を、ユーザが、装着した力覚提示装置１０を介して感じるように第１電極部１１１及び第２電極部１１２を介して刺激電流量を制御する。例えば、ユーザは、左手の親指及び人差し指で瓶の重力を疑似的に

感じながら瓶を支える感覚を疑似的に得る。ユーザは、右手の親指及び人差し指で瓶の蓋を回すときの摩擦力を疑似的に感じながら瓶の蓋を回す感覚を疑似的に得る。

【００９７】

このとき、操作対象２３の周囲に配置されている撮像装置４０の制御部４４は、ユーザによって操作される操作対象２３の様子を、撮像部４３を用いて撮像し、視覚情報を生成する。出力インタフェース３０の制御部３４は、撮像装置４０により生成された視覚情報を、ネットワーク５０及び通信部３１を介して取得し、出力部３３を用いてユーザに画像として表示する。ユーザは、出力インタフェース３０に表示される画像を視認しながら、自身が操作する操作対象２３の様子を視覚的に認識する。

【００９８】

以上のように、ユーザは、力覚提示装置１０及び出力インタフェース３０によりそれぞれ提示される力覚及び視覚を統合して感じながら操作対象２３を遠隔操作する。これにより、ユーザは、リアルな操作感を簡単な構成により得ることができる。

【００９９】

図９は、図１の力覚提示装置１０を含む力覚提示システム１の構成の第２例を示す模式図である。図１０は、図９の力覚提示システム１の概略構成を示すブロック図である。図９及び図１０を参照しながら、図１の力覚提示装置１０を力覚提示システム１に応用したときの第２例について主に説明する。図９では、簡便な図示を目的として、力覚提示装置１０についてユーザの指の先端に取り付けられる取付部品１１のみを主に示し、制御回路１２の図示を省略する。加えて、本開示の一実施形態に係る力覚提示装置１０に主に着目するために、後述する操作対象６３ａを遠隔操作するために必要となる他の装置についても図示を省略する。

【０１００】

力覚提示システム１は、上記の力覚提示装置１０を有する。力覚提示装置１０は、取付部品１１がユーザの指に取り付けられた状態で使用される。力覚提示装置１０は、ユーザの１０本の指のうち、少なくとも１本に、あるいは全ての指に装着されていればよい。例えば、図９に示されるように、力覚提示装置１０は、ユーザの右手の親指及び人差し指、並びにユーザの左手の親指及び人差し指に装着される。

【０１０１】

力覚提示システム１は、力覚提示装置１０に加えて情報処理装置６０を有する。より具体的には、力覚提示システム１は、情報処理装置６０により仮想空間上で生成されたアバターに含まれ、力覚提示装置１０を装着したユーザが遠隔で操作する操作対象６３ａを有する。力覚提示システム１は、ユーザによって操作される操作対象６３ａの様子を視覚情報としてユーザに出力する出力インタフェース３０を有する。

【０１０２】

力覚提示装置１０、操作対象６３ａを含むアバターを生成する情報処理装置６０、及び出力インタフェース３０のそれぞれは、移動体通信網及びインターネットなどを含むネットワーク５０と通信可能に接続されている。

【０１０３】

情報処理装置６０は、１つ又は互いに通信可能な複数のサーバ装置である。情報処理装置６０は、これらに限定されず、ＰＣ（Personal Computer）又はスマートフォンなどの任意の汎用の電子機器であってもよいし、力覚提示システム１に専用の他の電子機器であってもよい。情報処理装置６０は、通信部６１と、記憶部６２と、制御部６３と、を有する。

【０１０４】

通信部６１は、ネットワーク５０に接続する通信モジュールを含む。例えば、通信部６１は、４Ｇ及び５Ｇなどの移動体通信規格又はインターネット規格に対応する通信モジュールを含む。一実施形態において、情報処理装置６０は、通信部６１を介してネットワーク５０に接続されている。通信部６１は、ネットワーク５０を介して多様な情報を送信及び受信する。

【０１０５】
記憶部６２は、例えば半導体メモリ、磁気メモリ、又は光メモリなどであるが、これらに限定されない。記憶部６２は、主記憶装置、補助記憶装置、又はキャッシュメモリとして機能する。記憶部６２は、情報処理装置６０の動作に用いられる任意の情報を記憶する。記憶部６２は、システムプログラム、アプリケーションプログラム、及び通信部６１により受信又は送信される各種情報などを記憶する。
【０１０６】
制御部６３は、１つ以上のプロセッサを含む。制御部６３は、情報処理装置６０を構成する各構成部と通信可能に接続され、情報処理装置６０全体の動作を制御する。例えば、制御部６３は、力覚提示装置１０を装着したユーザが仮想空間上で操作する操作対象６３ａを含むアバターを任意の仮想空間内に生成する。
【０１０７】
操作対象６３ａは、仮想空間内のアバターの指を含む。例えば、操作対象６３ａは、力覚提示装置１０を装着したユーザが位置する現実空間とは異なる、コンピュータ及びコンピュータネットワークなどの中で構築された３次元の仮想空間内に位置する任意のアバターの指を含む。このようなアバターは、例えば人間、人間以外の動物、植物、ロボットなどの機械、及び物などをベースにしてキャラクタ化されたものであって、ユーザの手に対応する手が形成されているものを含む。アバターは、少なくとも１本の手を有し、各手に少なくとも１本の指を有する。例えば、アバターは、図９に示されるように、人間をベースにキャラクタ化され人間と同様に左腕及び右腕を有し、各腕の先端に形成されている手に５本の指を有するものであってもよい。
【０１０８】
出力インタフェース３０は、図７及び図８に記載の第１例と同一の構成を有する。例えば、制御部３４は、後述の視覚情報を、ネットワーク５０を介して通信部３１により情報処理装置６０から取得し、出力部３３を制御しながらユーザに画像として表示する。
【０１０９】
ユーザは、力覚提示装置１０及び不図示の他の装置を装着しながら、仮想空間内の操作対象６３ａを現実空間で操作する。操作対象６３ａとしての指を有するアバターは、ユーザの手及び指の動きに連動して、同様の動作を行う。例えば、図９に示されるように、アバターは、左手の主に親指及び人差し指で瓶を支えながら右手の親指及び人差し指で瓶の蓋を回す動作を行う。
【０１１０】
このとき、力覚提示装置１０の制御部１２５は、ユーザによる操作対象６３ａの操作に基づく情報を取得し、当該情報に応じてユーザの指に対し力覚を生起させる。図９に示す第２例では、当該情報は、操作対象６３ａとしてのアバターの指の動作に対応するデジタル情報を含む。より具体的には、当該デジタル情報は、力覚レンダリングに基づく演算により情報処理装置６０の制御部６３により生成された、アバターの指の動作に対応する感覚を提示するための力の情報を含む。力覚提示装置１０の制御部１２５は、ユーザによる操作対象６３ａの操作に基づく情報を、ネットワーク５０及び通信部１２１を介して、力覚レンダリングに基づく演算を行った情報処理装置６０から取得する。
【０１１１】
力覚提示装置１０の制御部１２５は、情報処理装置６０から取得されたデジタル情報に対応する力を、ユーザが、装着した力覚提示装置１０を介して感じるように第１電極部１１１及び第２電極部１１２を介して刺激電流量を制御する。例えば、ユーザは、左手の親指及び人差し指で瓶の重力を疑似的に感じながら瓶を支える感覚を疑似的に得る。ユーザは、右手の親指及び人差し指で瓶の蓋を回すときの摩擦力を疑似的に感じながら瓶の蓋を回す感覚を疑似的に得る。
【０１１２】
このとき、出力インタフェース３０の制御部３４は、操作対象６３ａを含むアバターが位置する仮想空間の視覚情報を、ネットワーク５０及び通信部３１を介して情報処理装置

６０から取得し、出力部３３を用いてユーザに画像として表示する。ユーザは、出力インタフェース３０に表示される画像を視認しながら、自身が操作する操作対象６３ａの様子を視覚的に認識する。

【０１１３】

以上のように、ユーザは、力覚提示装置１０及び出力インタフェース３０によりそれぞれ提示される力覚及び視覚を統合して感じながら操作対象６３ａを遠隔操作する。これにより、ユーザは、リアルな操作感を簡単な構成により得ることができる。

【０１１４】

以上のような一実施形態に係る力覚提示装置１０によれば、簡単な構成により、指に対して力覚を生起させることが可能である。力覚提示装置１０は、指の側面に沿うような位置に配置され、刺激電極を有する第１電極部１１１と、指の側面から内部への電流を第１電極部１１１と第２電極部１１２との間に発生させる発生部１２３と、を有する。これにより、力覚提示装置１０は、当該刺激電極の近傍で、指の内部に位置する感覚受容器を強く刺激して活発に活動させることが可能である。力覚提示装置１０は、ユーザの指の感覚受容器を刺激して指に対し力覚を生起させることが可能である。

【０１１５】

力覚提示装置１０は、第２電極部１１２が指の側面に沿うような位置に配置されることで、第２電極部１１２を第１電極部１１１と同様に指の側面に沿うように位置させて、第１電極部１１１により近付けることができる。これにより、力覚提示装置１０は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間で指の内部を介してより容易に電流を流すことができる。したがって、力覚提示装置１０は、ユーザの指の感覚受容器を刺激して指に対し力覚をより確実に生起させることが可能である。

【０１１６】

力覚提示装置１０は、第１電極部１１１が側面Ａ１に沿うような位置に配置され、第２電極部１１２が側面Ａ２に沿うような位置に配置されることで、指の側面から内部への電流を第１電極部１１１と第２電極部１１２との間でより確実に発生させることができる。このような電流は、互いに反対側に位置する側面Ａ１及びＡ２の間でユーザの指の内部をより確実に流れる。これにより、力覚提示装置１０は、ユーザの指の感覚受容器を刺激して指に対し力覚をより確実に生起させることが可能である。

【０１１７】

力覚提示装置１０は、第１電極部１１１と第２電極部１１２とが互いに対向することで、指の側面から内部への電流を第１電極部１１１と第２電極部１１２との間でより確実に発生させることができる。このような電流は、互いに対向するように位置する第１電極部１１１及び第２電極部１１２の間でユーザの指の内部をより確実に流れる。これにより、力覚提示装置１０は、ユーザの指の感覚受容器を刺激して指に対し力覚をより確実に生起させることが可能である。

【０１１８】

力覚提示装置１０は、第１電極部１１１と第２電極部１１２とが互いに対向し、かつ第１電極部１１１及び第２電極部１１２において小型の電極が用いられることで、装置の小型化を容易に実現可能である。

【０１１９】

力覚提示装置１０は、第１電極部１１１が指の先端に配置されることで、第１電極部１１１に含まれる刺激電極の近傍で、指の先端の内部に位置する感覚受容器をより強く刺激してより活発に活動させることが可能である。これにより、力覚提示装置１０は、ユーザの指の感覚受容器を刺激して指の先端に対し力覚をより確実に生起させることが可能である。

【０１２０】

力覚提示装置１０は、第１電極部１１１が少なくとも１つの陰極を刺激電極として有し、第２電極部１１２が少なくとも１つの陽極を刺激電極に対する不関電極として有することで、指の内部に位置する感覚受容器に対して刺激電極による刺激を容易に与えることが

できる。これにより、力覚提示装置１０は、感覚受容器を活発に活動させて、指に対し力覚をより確実に生起させることが可能である。

【０１２１】

力覚提示装置１０は、第１電極部１１１における陰極の数が第２電極部１１２における陽極の数よりも少ないことで、第１電極部１１１側における電流密度を第２電極部１１２側における電流密度よりも高くすることができる。これにより、力覚提示装置１０は、第１電極部１１１が有する刺激電極としての陰極の近傍で、指の内部に位置する感覚受容器をより強く刺激してより活発に活動させることが可能である。したがって、力覚提示装置１０は、ユーザの指の感覚受容器を刺激して指に対し力覚をより確実に生起させることが可能である。

【０１２２】

力覚提示装置１０は、第１電極部１１１が互いに隣り合って連続する複数の陰極を有することで、第１電極部１１１側における電流密度を第２電極部１１２側における電流密度よりもさらに高くすることができる。これにより、力覚提示装置１０は、第１電極部１１１が有する刺激電極としての陰極の近傍で、指の内部に位置する感覚受容器をより強く刺激してより活発に活動させることが可能である。したがって、力覚提示装置１０は、ユーザの指の感覚受容器を刺激して指に対し力覚をより確実に生起させることが可能である。

【０１２３】

力覚提示装置１０は、第２電極部１１２が互いに隣り合って連続する複数の陽極を有することで、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間で指の側面から内部を介してより容易に電流を流すことができる。したがって、力覚提示装置１０は、ユーザの指の感覚受容器を刺激して指に対し力覚をより確実に生起させることが可能である。

【０１２４】

力覚提示装置１０は、第１電極部１１１と第２電極部１１２との間の位置関係を反転させる切替部１２４を有することで、ユーザの指に対し異なる力覚を生起させることも可能である。例えば、力覚提示装置１０は、図６Ａ及び図６Ｂに示されるように、互いに反対方向を向く力をユーザに感じさせることも可能である。力覚提示装置１０は、切替部１２４が図６Ａ及び図６Ｂの一方から他方へと極性パターンを連続的に切り替えることで、ユーザの指に対し異なる力覚を連続的に生起させることも可能である。ユーザは、切替部１２４によるシームレスな動作によって異なる方向を向く力を連続的に感じることもできる。

【０１２５】

力覚提示システム１は、力覚提示装置１０に加えて、ユーザによって操作される操作対象の様子を視覚情報としてユーザに出力する出力インタフェース３０を有することで、力覚及び視覚を統合した状態でユーザによる操作対象の遠隔操作を可能にする。これにより、ユーザは、力覚提示装置１０によって指に生起される力覚では不足している実際の感覚との差分を視覚によって補うことができる。ユーザは、力覚及び視覚を統合しながら当該差分を補完し、実際の感覚に非常に近い感覚を疑似的に得ることができる。例えば、図７及び図９に示されるように、ユーザは、瓶を左手で持って右手で蓋を開けるときの両手の実際の感覚に非常に近い感覚を力覚提示装置１０及び出力インタフェース３０により疑似的に得ることができる。

【０１２６】

以上により、操作対象の実際の動作に関連する動きの感覚がユーザに正確に伝わりやすくなる。したがって、ユーザは、操作対象の遠隔操作をより精密に行うことができる。

【０１２７】

力覚提示システム１は、操作対象２３がロボットアームの先端に形成されているロボットハンドを含むことで、力覚及び視覚を統合した状態でユーザによるロボットハンドの遠隔操作を可能にする。ユーザは、力覚及び視覚を統合しながら実際の感覚との差分を補完し、ロボットハンドを遠隔操作しながら実際の感覚に非常に近い感覚を疑似的に得ることができる。例えば、図７に示されるように、ユーザは、瓶を左手で持って右手で蓋を開け

るときの両手の実際の感覚に非常に近い感覚を、ロボットハンドを遠隔操作しながら力覚提示装置１０及び出力インタフェース３０により疑似的に得ることができる。

【０１２８】

力覚提示システム１は、操作対象６３ａが仮想空間内のアバターの指を含むことで、力覚及び視覚を統合した状態でユーザによるアバターの指の遠隔操作を可能にする。ユーザは、力覚及び視覚を統合しながら実際の感覚との差分を補完し、アバターの指を遠隔操作しながら実際の感覚に非常に近い感覚を疑似的に得ることができる。例えば、図９に示されるように、ユーザは、瓶を左手で持って右手で蓋を開けるときの両手の実際の感覚に非常に近い感覚を、アバターの指を遠隔操作しながら力覚提示装置１０及び出力インタフェース３０により疑似的に得ることができる。

【０１２９】

本開示は、その精神又はその本質的な特徴から離れることなく、上述した実施形態以外の他の所定の形態で実現できることは当業者にとって明白である。したがって、先の記述は例示的であり、これに限定されない。開示の範囲は、先の記述によってではなく、付加した請求項によって定義される。あらゆる変更のうちその均等の範囲内にあるいくつかの変更は、その中に包含されるとする。

【０１３０】

例えば、上述した各構成部の形状、大きさ、配置、向き、及び個数などは、上記の説明及び図面における図示の内容に限定されない。各構成部の形状、大きさ、配置、向き、及び個数などは、その機能を実現できるのであれば、任意に構成されてもよい。

【０１３１】

図１１は、図１の力覚提示装置１０の第１変形例を示す模式図である。図１２は、図１の力覚提示装置１０の第２変形例を示す模式図である。図１３は、図１の力覚提示装置１０の第３変形例を示す模式図である。図１４は、図１の力覚提示装置１０の第４変形例を示す模式図である。

【０１３２】

上記実施形態では、第２電極部１１２は、指の側面に沿うような位置に配置されると説明したが、これに限定されない。第２電極部１１２は、指の側面に沿うような位置に配置されなくてもよい。第２電極部１１２は、第１電極部１１１との間で電流が流れて指に対し力覚を生起させることができれば、任意の位置に配置されてもよい。例えば、第２電極部１１２は、図１１に示されるように、指Ｆの関節部分などに巻かれるように配置されてもよい。例えば、第２電極部１１２は、図１２に示されるように、指Ｆの付け根部分などに巻かれるように配置されてもよい。例えば、第２電極部１１２は、図１３に示されるように、手の甲に配置されてもよい。例えば、第２電極部１１２は、図１４に示されるように、手のひらで握るように配置されてもよい。

【０１３３】

図１５は、図１の力覚提示装置１０の第５変形例を示す模式図である。上記実施形態では、第１電極部１１１は、指の一方側の側面Ａ１に沿うような位置に配置され、第２電極部１１２は、指の他方側の側面Ａ２に沿うような位置に配置されると説明したが、これに限定されない。第１電極部１１１と第２電極部１１２とは、互いに異なる側面に沿うような位置に配置されるのではなく、互いに同一の側面に沿うような位置に配置されてもよい。例えば、図１５に示されるように、第１電極部１１１と第２電極部１１２とは、互いに同一の側面Ａ１に沿うような位置に配置されてもよい。

【０１３４】

図１６は、図１の力覚提示装置１０の第６変形例を示す模式図である。上記実施形態では、第１電極部１１１と第２電極部１１２とは互いに対向すると説明したが、これに限定されない。第１電極部１１１と第２電極部１１２とは互いに対向しなくてもよい。すなわち、第１電極部１１１と第２電極部１１２とは、指の延在方向に沿って互いに異なる位置に配置されてもよい。例えば、図１６に示されるように、第１電極部１１１が指Ｆの延在方向に沿ってより先端側に位置し、第２電極部１１２が指Ｆの延在方向に沿ってより手の

甲側に位置してもよい。

【０１３５】

図１７は、図１の力覚提示装置１０の第７変形例を示す模式図である。上記実施形態では、第１電極部１１１は、指の先端に配置されると説明したが、これに限定されない。例えば、図１７に示されるように、第１電極部１１１は、指Ｆの先端よりも手の甲側に配置されてもよい。

【０１３６】

図１８は、図１の力覚提示装置１０の第８変形例を示す模式図である。上記実施形態では、図６Ａ及び図６Ｂに示されるように、第１電極部１１１は、少なくとも１つの陰極を刺激電極として有し、第２電極部１１２は、少なくとも１つの陽極を刺激電極に対する不関電極として有すると説明したが、これに限定されない。第１電極部１１１は、少なくとも１つの陽極を刺激電極として有してもよく、第２電極部１１２は、少なくとも１つの陰極を刺激電極に対する不関電極として有してもよい。

【０１３７】

例えば、図１８に示されるように、第１電極部１１１は、２つの陽極を刺激電極として有してもよい。第２電極部１１２は、４つの陰極を不関電極として有してもよい。第１電極部１１１における陽極の数は、第２電極部１１２における陰極の数よりも少ない。図１８に示されるような電極配置は、図５の切替部１２４に含まれる所定のスイッチのオンオフを図６Ａに示されるような電極配置での状態から切り替えることで得られる。所定のスイッチは、電極Ｅ１２、Ｅ１３、Ｅ２１、Ｅ２２、Ｅ２３、及びＥ２４に接続されている各スイッチを含む。

【０１３８】

図１９は、図１の力覚提示装置１０の第９変形例を示す模式図である。図２０は、図１の力覚提示装置１０の第１０変形例を示す模式図である。図２１は、図１の力覚提示装置１０の第１１変形例を示す模式図である。図２２は、図１の力覚提示装置１０の第１２変形例を示す模式図である。図２３は、図１の力覚提示装置１０の第１３変形例を示す模式図である。

【０１３９】

図２１乃至図２３に示されるような電極配置は、図５の切替部１２４に含まれる所定のスイッチのオンオフを図５に示されるような電極配置での状態から切り替えることで得られる。図２１の第１１変形例では、所定のスイッチは、電極Ｅ１１、Ｅ１２、Ｅ１４、Ｅ２１、Ｅ２３、及びＥ２４に接続されている各スイッチを含む。図２２の第１２変形例では、所定のスイッチは、電極Ｅ１２、Ｅ１３、Ｅ１４、Ｅ２１、Ｅ２３、及びＥ２４に接続されている各スイッチを含む。図２３の第１３変形例では、所定のスイッチは、電極Ｅ１１、Ｅ１２、Ｅ１３、Ｅ１４、Ｅ２１、及びＥ２３に接続されている各スイッチを含む。

【０１４０】

上記実施形態では、第１電極部１１１は４つの電極を有すると説明したが、これに限定されない。第１電極部１１１は、３つ以下の電極を有してもよいし、５つ以上の電極を有してもよい。例えば、第１電極部１１１は、図１９に示されるように、３つの電極を有してもよい。例えば、第１電極部１１１は、図２０に示されるように、５つの電極を有してもよい。

【０１４１】

上記実施形態では、第１電極部１１１では、４つの電極のうち２つの電極が陰極の状態にあると説明したが、これに限定されない。第１電極部１１１において陰極の状態にある電極の数は、１つであってもよいし、３つ以上であってもよい。例えば、図２１に示されるように、第１電極部１１１において陰極の状態にある電極の数は、１つであってもよい。例えば、図２２に示されるように、第１電極部１１１において陰極の状態にある電極の数は、３つであってもよい。

【０１４２】

上記実施形態では、第１電極部１１１は、全ての電極について陰極又は無接続の状態にあると説明したが、これに限定されない。第１電極部１１１は、陰極及び無接続に加えて陽極が混在するように構成されてもよい。例えば、図２３に示されるように、第１電極部１１１は、電極Ｅ１１が無接続、電極Ｅ１２が陰極、電極Ｅ１３が陰極、及び電極Ｅ１４が陽極の状態にあるように構成されてもよい。

【０１４３】

上記実施形態では、第２電極部１１２は４つの電極を有すると説明したが、これに限定されない。第２電極部１１２は、３つ以下の電極を有してもよいし、５つ以上の電極を有してもよい。例えば、第２電極部１１２は、図１９に示されるように、５つの電極を有してもよい。例えば、第２電極部１１２は、図２０に示されるように、３つの電極を有してもよい。

【０１４４】

上記実施形態では、第２電極部１１２では、４つの電極の全てが陽極の状態にあると説明したが、これに限定されない。第２電極部１１２において陽極の状態にある電極の数は、３つ以下であってもよい。例えば、図２１及び図２２に示されるように、第２電極部１１２において陽極の状態にある電極の数は、３つであってもよい。

【０１４５】

上記実施形態では、第２電極部１１２は、全ての電極について陽極の状態にあると説明したが、これに限定されない。第２電極部１１２は、陽極に加えて陰極及び無接続の少なくとも一方が混在するように構成されてもよい。例えば、図２１に示されるように、第２電極部１１２は、電極Ｅ２１が陽極、電極Ｅ２２が陽極、電極Ｅ２３が陽極、及び電極Ｅ２４が無接続の状態にあるように構成されてもよい。例えば、図２２に示されるように、第２電極部１１２は、電極Ｅ２１が陽極、電極Ｅ２２が陽極、電極Ｅ２３が陽極、及び電極Ｅ２４が陰極の状態にあるように構成されてもよい。

【０１４６】

図２４は、図１の力覚提示装置１０の第１４変形例を示す模式図である。図２５は、図１の力覚提示装置１０の第１５変形例を示す模式図である。

【０１４７】

上記実施形態では、第１電極部１１１が有する電極は、指の延在方向に沿って一列に配置されると説明したが、これに限定されない。第１電極部１１１が有する電極は、指の延在方向に沿って複数列に配置されてもよい。例えば、図２４に示されるように、第１電極部１１１が有する電極は、指Ｆの延在方向に沿って２列に配置されてもよい。

【０１４８】

上記実施形態では、第２電極部１１２が有する電極は、指の延在方向に沿って一列に配置されると説明したが、これに限定されない。第２電極部１１２が有する電極は、指の延在方向に沿って複数列に配置されてもよい。例えば、図２５に示されるように、第２電極部１１２が有する電極は、指Ｆの延在方向に沿って２列に配置されてもよい。

【０１４９】

上記実施形態では、第１電極部１１１と第２電極部１１２とは互いに同一数の電極を有すると説明したが、これに限定されない。例えば、図１９及び図２０に示されるように、第１電極部１１１と第２電極部１１２とは互いに異なる数の電極を有してもよい。

【０１５０】

上記実施形態では、第１電極部１１１における陰極の数は、第２電極部１１２における陽極の数よりも少ないと説明したが、これに限定されない。第１電極部１１１における陰極の数は、第２電極部１１２における陽極の数以上であってもよい。例えば、図５に示されるように、第１電極部１１１における陰極の数は、第２電極部１１２における陽極の数と同一であってもよい。

【０１５１】

上記実施形態では、第１電極部１１１は、互いに隣り合って連続する複数の陰極を有すると説明したが、これに限定されない。例えば、図５に示されるように、第１電極部１１

１における複数の陰極は、互いに隣り合って連続していなくてもよい。すなわち、第１電極部１１１において、陰極と陰極との間に陽極又は無接続状態の電極が配置されていてもよい。

【０１５２】

上記実施形態では、第２電極部１１２は、互いに隣り合って連続する複数の陽極を有すると説明したが、これに限定されない。例えば、図５に示されるように、第２電極部１１２における複数の陽極は、互いに隣り合って連続していなくてもよい。すなわち、第２電極部１１２において、陽極と陽極との間に陰極又は無接続状態の電極が配置されていてもよい。

【０１５３】

上記実施形態では、力覚提示装置１０は、電極の極性を切り替えることで第１電極部１１１と第２電極部１１２との間の位置関係を反転させる切替部１２４を有すると説明したが、これに限定されない。力覚提示装置１０は、このような切替部１２４を有さなくてもよい。

【０１５４】

上記実施形態では、例えば、図７に示されるように、力覚提示装置１０は、ユーザの右手の親指及び人差し指、並びにユーザの左手の親指及び人差し指に装着されると説明したが、これに限定されない。力覚提示装置１０は、図７のロボットハンドの指の本数及び配置に対応させてユーザの１０本の指全てに装着されてもよい。力覚提示装置１０は、任意のロボットハンドの指の本数及び配置に対応させてユーザの１０本の指のうちの適切な指に装着されてもよいし、任意のロボットハンドの指の本数及び配置に対応させずにユーザの１０本の指のうちの任意の指に装着されてもよい。

【０１５５】

上記実施形態では、例えば、図９に示されるように、力覚提示装置１０は、ユーザの右手の親指及び人差し指、並びにユーザの左手の親指及び人差し指に装着されると説明したが、これに限定されない。力覚提示装置１０は、図９のアバターの指の本数及び配置に対応させてユーザの１０本の指全てに装着されてもよい。力覚提示装置１０は、任意のアバターの指の本数及び配置に対応させてユーザの１０本の指のうちの適切な指に装着されてもよいし、任意のアバターの指の本数及び配置に対応させずにユーザの１０本の指のうちの任意の指に装着されてもよい。

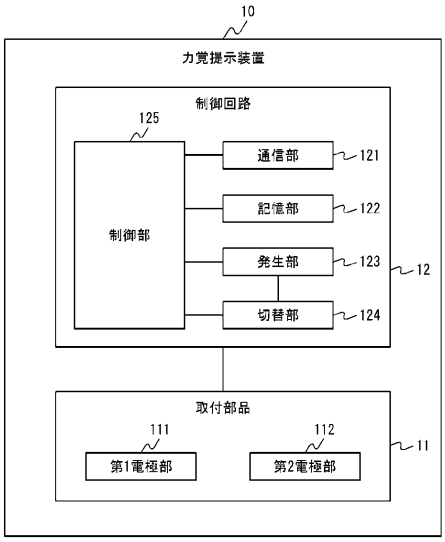
【符号の説明】

【０１５６】

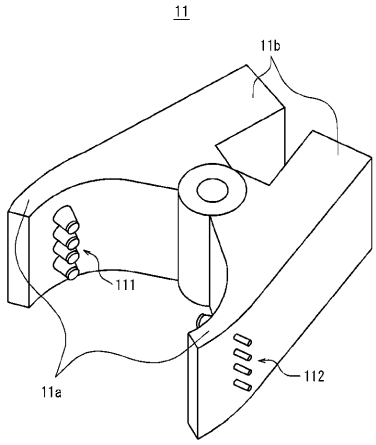
１　力覚提示システム
１０　力覚提示装置
１１　取付部品
１１１　第１電極部
１１２　第２電極部
１１ａ　挟み片
１１ｂ　把持片
１２　制御回路
１２１　通信部
１２２　記憶部
１２３　発生部
１２４　切替部
１２４ａ　第１切替部
１２４ｂ　第２切替部
１２５　制御部
２０　ロボット
２１　通信部
２２　記憶部

２３　操作対象
２３ａ　力覚及び触覚センサ
２４　制御部
３０　出力インタフェース
３１　通信部
３２　記憶部
３３　出力部
３４　制御部
４０　撮像装置
４１　通信部
４２　記憶部
４３　撮像部
４４　制御部
５０　ネットワーク
６０　情報処理装置
６１　通信部
６２　記憶部
６３　制御部
６３ａ　操作対象
Ａ１　側面
Ａ２　側面
Ｅ１１　電極
Ｅ１２　電極
Ｅ１３　電極
Ｅ１４　電極
Ｅ２１　電極
Ｅ２２　電極
Ｅ２３　電極
Ｅ２４　電極
Ｆ　指
Ｇ　ゲル
Ｓ１１　スイッチ
Ｓ１２　スイッチ
Ｓ１３　スイッチ
Ｓ１４　スイッチ
Ｓ１５　スイッチ
Ｓ１６　スイッチ
Ｓ１７　スイッチ
Ｓ１８　スイッチ
Ｓ２１　スイッチ
Ｓ２２　スイッチ
Ｓ２３　スイッチ
Ｓ２４　スイッチ
Ｓ２５　スイッチ
Ｓ２６　スイッチ
Ｓ２７　スイッチ
Ｓ２８　スイッチ

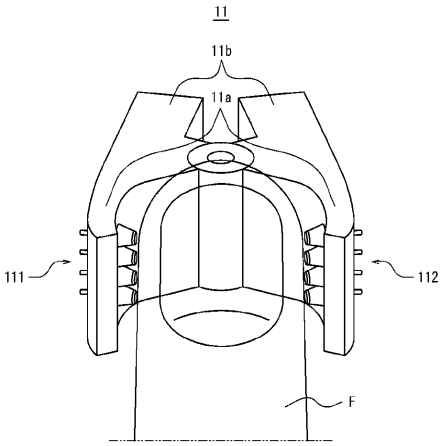
【図１】


10
力覚提示装置
制御回路
125
制御部
通信部
121
記憶部
122
発生部
123
切替部
124
12
取付部品
111
112
第1電極部
第2電極部
11

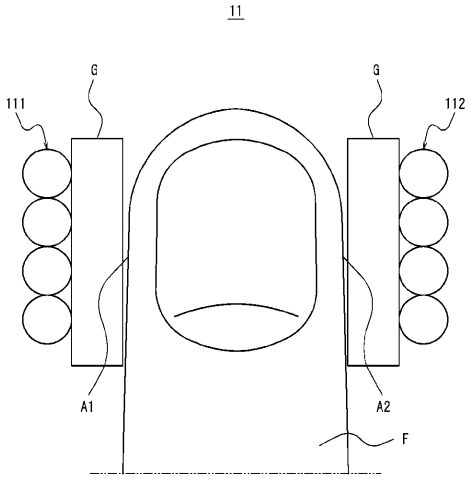
【図２】


11
11b
111
11a
112

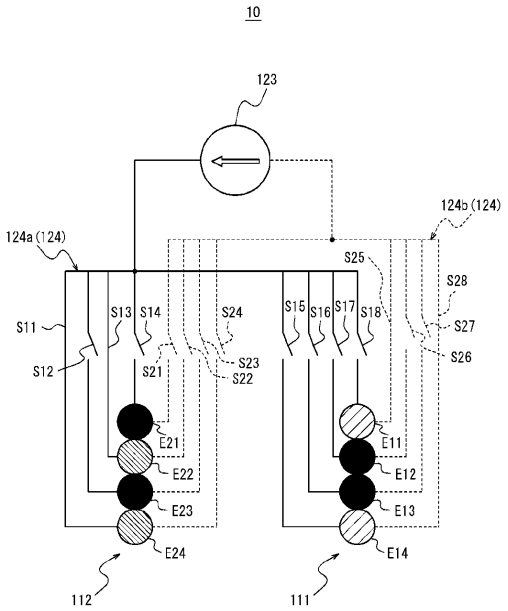
【図３】


11
11b
11a
111
112
F

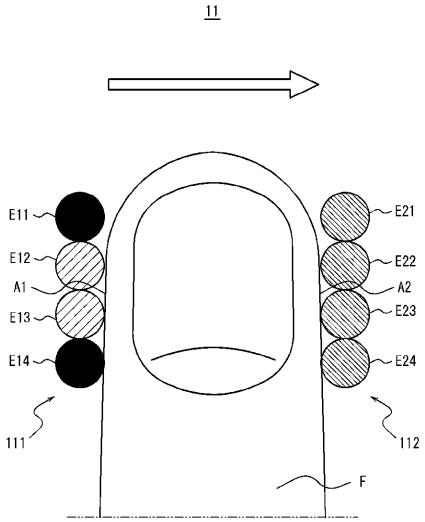
【図４】


11
G
G
111
112
A1
A2
F

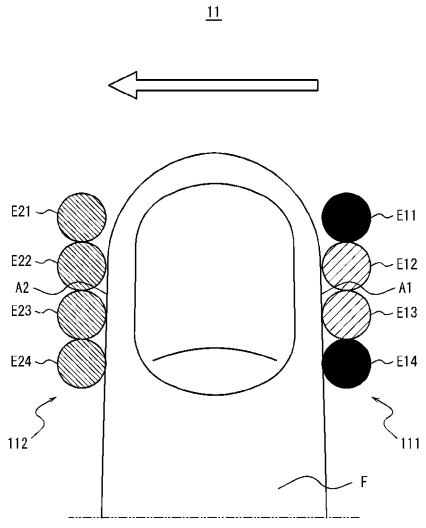
【図５】


10
123
124a(124)
124b(124)
S11
S12
S13
S14
S15
S16
S17
S18
S21
S22
S23
S24
S25
S26
S27
S28
E11
E12
E13
E14
E21
E22
E23
E24
111
112

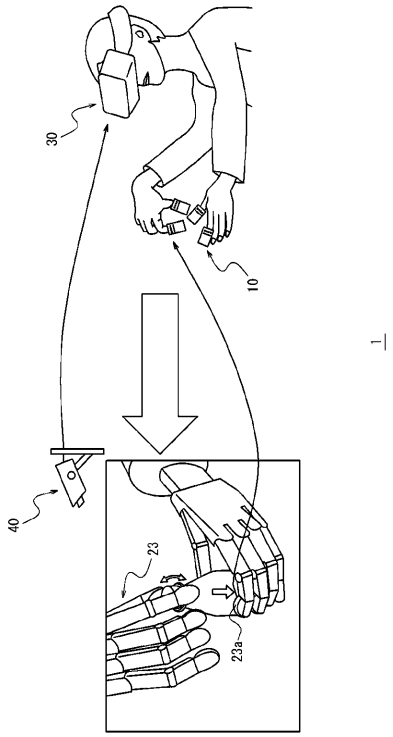
【図６Ａ】


11
E11
E12
A1
E13
E14
E21
E22
A2
E23
E24
111
112
F

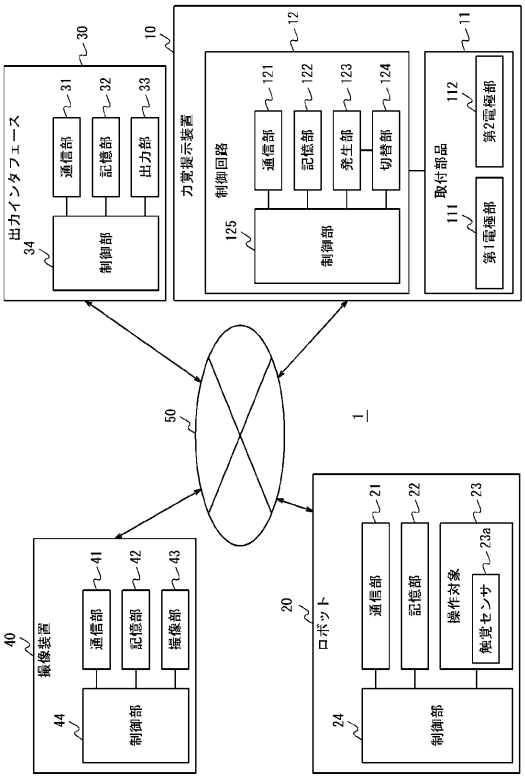
【図６Ｂ】


11
E21
E22
A2
E23
E24
E11
E12
A1
E13
E14
112
111
F

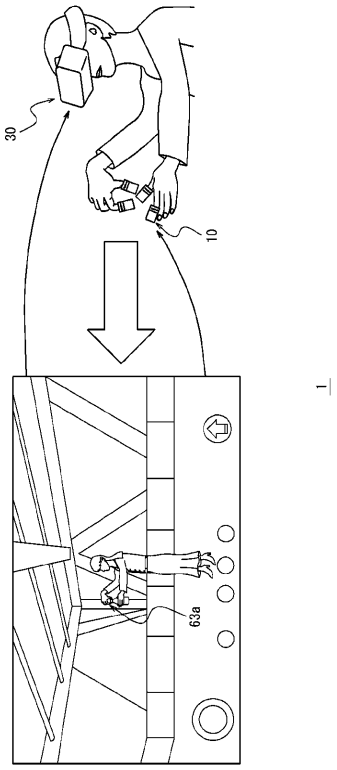
【図７】


30
10
40
23
23a

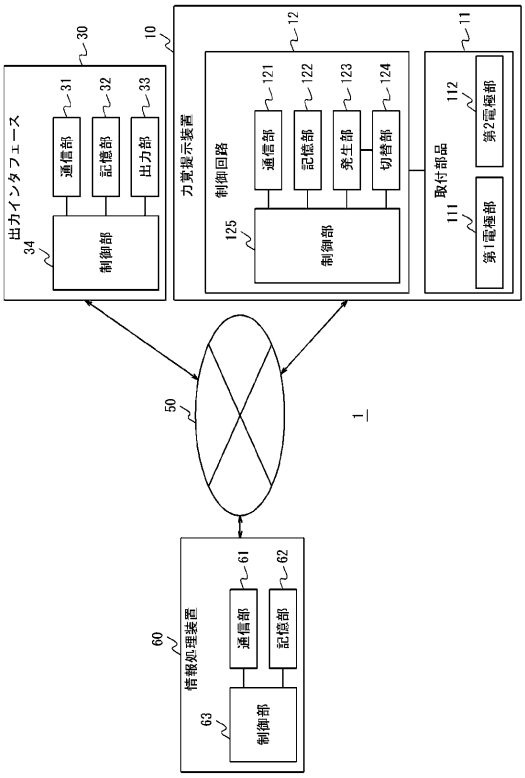
【図８】


出力インタフェース
30
通信部
31
記憶部
32
出力部
33
制御部
34
力覚提示装置
10
制御回路
12
通信部
121
記憶部
122
発生部
123
切替部
124
制御部
125
取付部品
11
第2電極部
112
第1電極部
111
50
1
撮像装置
40
通信部
41
記憶部
42
撮像部
43
制御部
44
ロボット
20
通信部
21
記憶部
22
操作対象
23
23a
触覚センサ
制御部
24

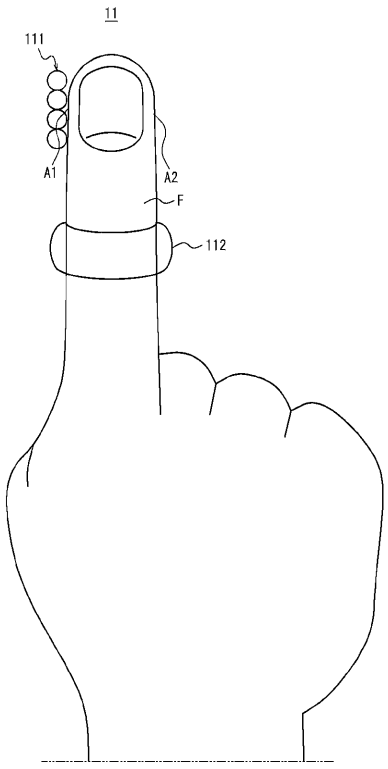
【図９】


30
10
63a
1

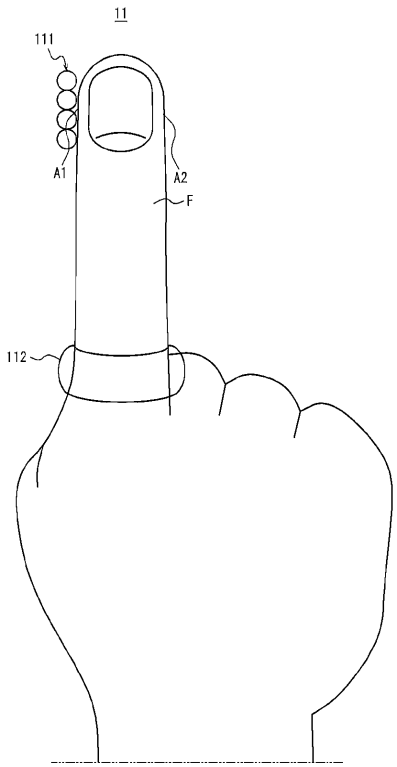
【図１０】


出力インタフェース
30
通信部
31
記憶部
32
出力部
33
制御部
34
力覚提示装置
10
制御回路
12
通信部
121
記憶部
122
発生部
123
切替部
124
制御部
125
取付部品
11
第2電極部
112
第1電極部
111
50
1
情報処理装置
60
通信部
61
記憶部
62
制御部
63

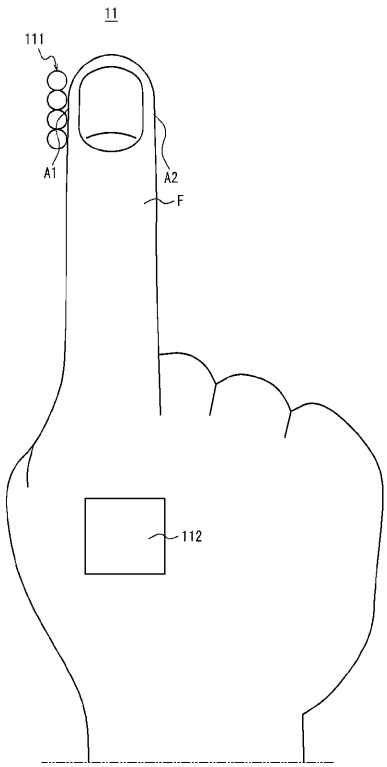
【図１１】


11
111
A1
A2
F
112

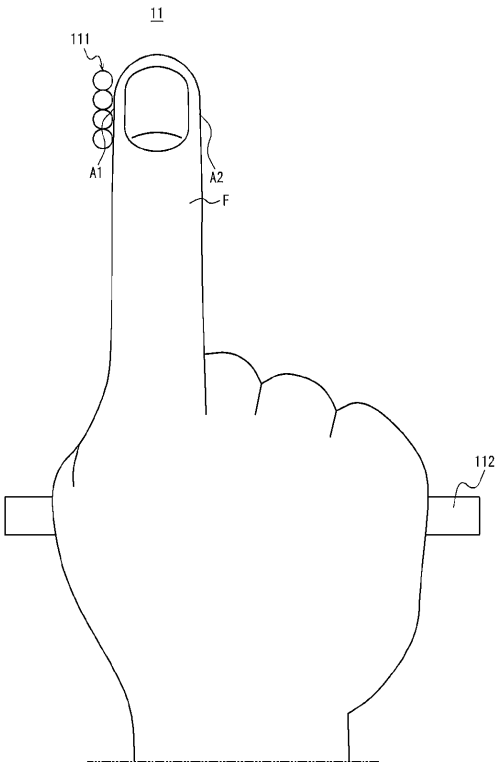
【図１２】



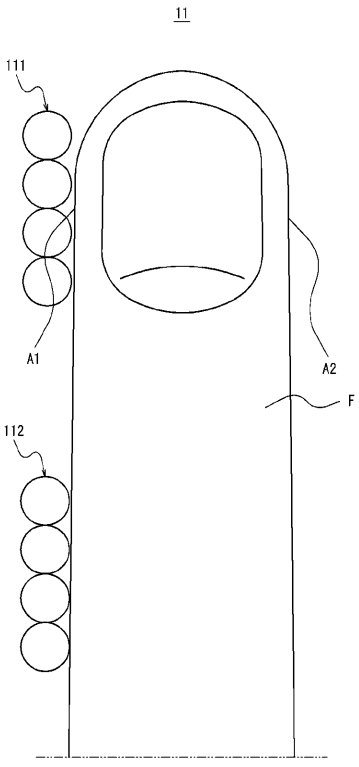
【図１３】



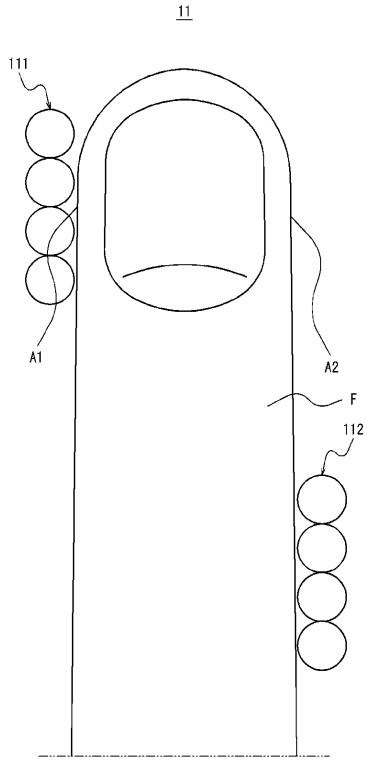
【図１４】



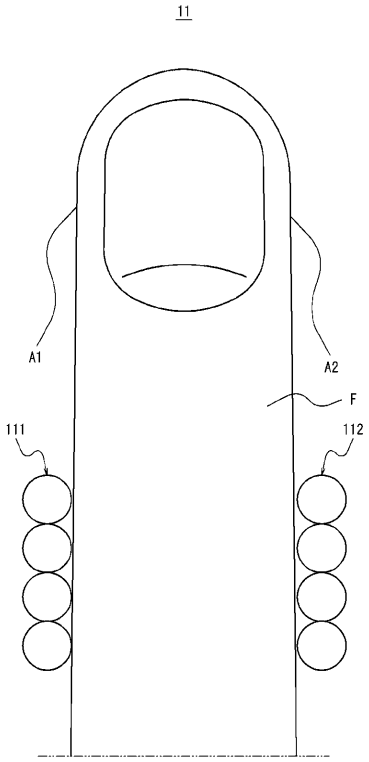
【図１５】



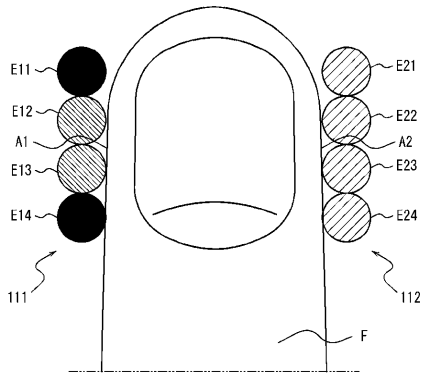
【図１６】



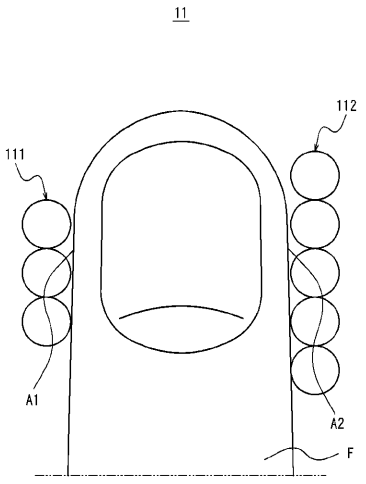
【図１７】



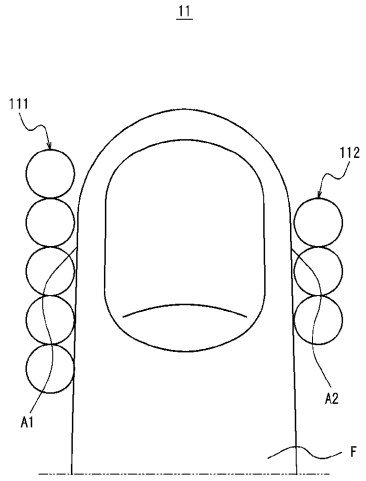
【図１８】



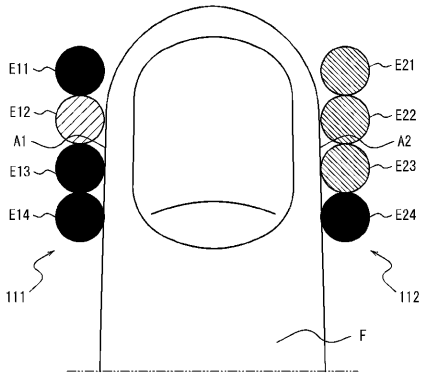
【図１９】



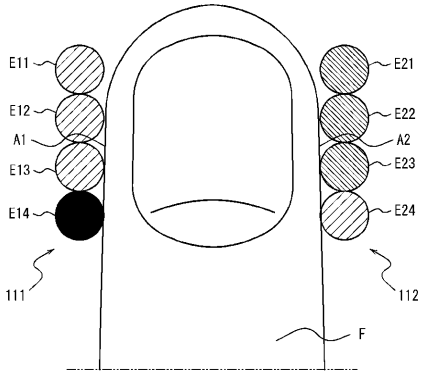
【図２０】



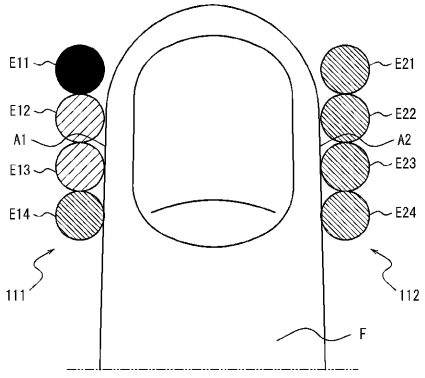
【図２１】



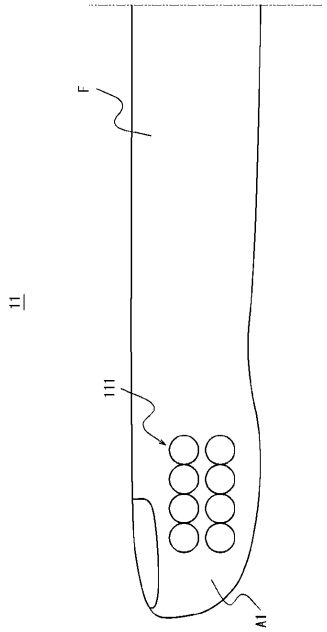
【図２２】



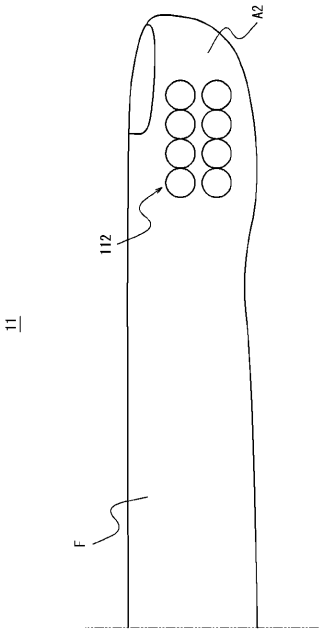
【図２３】



【図２４】



【図２５】



フロントページの続き

(72)発明者　真鍋　光希
東京都調布市調布ケ丘１丁目５－１　国立大学法人電気通信大学内
(72)発明者　牛山　奎悟
東京都調布市調布ケ丘１丁目５－１　国立大学法人電気通信大学内
(72)発明者　宮上　昌大
東京都調布市調布ケ丘１丁目５－１　国立大学法人電気通信大学内
(72)発明者　高橋　哲史
東京都調布市調布ケ丘１丁目５－１　国立大学法人電気通信大学内

審査官　冨永　昌彦

(56)参考文献　特開２０１２－００５５９６（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０２１／００８９１２６（ＵＳ，Ａ１）
米国特許第０４９８２４３２（ＵＳ，Ａ）
特開平０８－２１５２１１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０６Ｆ　　３／０１
Ｇ０６Ｆ　　３／０４８　－　３／０４８９５