

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4921113号
(P4921113)

(45) 発行日 平成24年4月25日 (2012. 4. 25)

(24) 登録日 平成24年2月10日 (2012. 2. 10)

(51) Int. Cl.

F I

G 0 6 F 3/01 (2006.01)

G 0 6 F 3/01 3 1 0 A

G 0 6 T 19/00 (2011.01)

G 0 6 T 17/40 C

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2006-290085 (P2006-290085)
 (22) 出願日 平成18年10月25日 (2006. 10. 25)
 (65) 公開番号 特開2008-108054 (P2008-108054A)
 (43) 公開日 平成20年5月8日 (2008. 5. 8)
 審査請求日 平成21年10月23日 (2009. 10. 23)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100126240
 弁理士 阿部 琢磨
 (74) 代理人 100124442
 弁理士 黒岩 創吾
 (72) 発明者 野上 敦史
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内
 (72) 発明者 西村 直樹
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 接触提示装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ユーザに複数の面を有する仮想物体との接触を知覚させる接触提示装置であって、
 前記ユーザに装着され、前記ユーザに対する刺激を発生する複数の刺激発生手段と、
 前記ユーザと前記複数の面の内の第一の面とが接触した場合、前記複数の刺激発生手段
 の内の第一の刺激発生手段で第一の刺激を発生させ、

前記ユーザと前記複数の面の内の前記第一の面および前記第二の面とが接触した場合、
 前記複数の刺激発生手段の内の前記第一の刺激発生手段で前記第一の刺激と異なる第二の
 刺激を発生させ、前記複数の刺激発生手段の内の前記第二の刺激発生手段で第三の刺激を
 発生させる制御部を備えることを特徴とする接触提示装置。

10

【請求項 2】

前記制御部は、前記複数の面の内、前記ユーザと接触した面に応じて、前記刺激発生手
 段で発生する刺激のパターン、周波数、強度のうち、少なくとも一つを異ならせることを
 特徴とする請求項 1 に記載の接触提示装置。

【請求項 3】

前記複数の面は、前記仮想物体の表面を分割して定義されることを特徴とする請求項 1
 に記載の接触提示装置。

【請求項 4】

前記複数の面は、前記仮想物体中の異なるポリゴンにより規定されることを特徴とする
 請求項 1 に記載の接触提示装置。

20

【請求項 5】

ユーザに複数の面を有する仮想物体との接触を知覚させる接触提示方法であって、
検出手段が、前記ユーザと前記仮想物体の接触を検出する検出工程と、

前記検出手段により、前記ユーザと前記複数の面の内の第一の面との接触が検出された場合、制御手段が、前記複数の刺激発生手段の内の第一の刺激発生手段で第一の刺激を発生させ、前記検出手段により、前記ユーザと前記複数の面の内の前記第一の面および前記第二の面との接触が検出された場合、前記制御手段が、前記複数の刺激発生手段の内の前記第一の刺激発生手段で前記第一の刺激と異なる第二の刺激を発生させ、前記複数の刺激発生手段の内の前記第二の刺激発生手段で第三の刺激を発生させる制御を行う制御工程を備えることを特徴とする接触提示方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は接触提示装置及び方法に関し、特に、仮想空間における仮想物体との接触をユーザに知覚させるための接触提示装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

バーチャルリアリティの分野では、ユーザが仮想物体に触れたり、操作したりするために触覚ディスプレイの検討が行われている。触覚ディスプレイは大きく分類して、人体に物体からの反力を提示する力覚ディスプレイ（フォース・フィードバック・ディスプレイ）と、物体の手触り感を提示するタクトイルディスプレイに分類される。

20

【0003】

しかしながら、従来の力覚ディスプレイは、大型で可搬性に乏しい物が多く、また、構成が複雑で高価になりやすい。タクトイルディスプレイについても装置の構成が複雑になりやすく、また、現状の技術では十分に手触り感を提示するまでに至っていない。

【0004】

そこで、仮想物体からの十分な反力や、物体表面の正確な手触り感を提示するのではなく、単純に仮想物体に「接触したかどうか」を提示する接触提示装置が検討されている。

【0005】

この方法では、振動モータを人体に複数装着し、仮想物体と触れた時に適当な位置の振動モータを振動させ、物体との接触をユーザに知覚させる。振動モータの振動により、ユーザは身体のだどの部分が物体に触れているかを知覚することができる。また、振動モータは小型、安価、軽量であることから、人体の全体に装着することも比較的容易で、移動自由度の高いバーチャルリアリティシステムでの仮想物体とのインタラクションには特に有効である。

30

【0006】

振動モータを用いた従来の接触提示装置には、次のようなものがある。

【0007】

特許文献1は、指先の位置を取得するためのデータグローブに振動モータを設置し、指先に振動を与えることで、指先と仮想物体の接触をユーザに知覚させるものである。また、非特許文献1は、全身に計12個の振動モータを装着し、仮想壁との接触時に振動モータを振動させることで、ユーザに壁を認知させる装置を提案している。この研究での振動モータ装着位置は、人体感覚図から判断し、頭、手の甲、肘、胴回り（3個）、膝、足首に装着している。また、非特許文献2では、腕4カ所、脚4カ所に振動モータを装着し、振動モータの振動を変化させて、異なる質感の物体への接触を提示している。また、非特許文献3では、戦場シミュレータ用に、振動モータを人体に装着した装置を開発している。この例では、振動モータ制御を無線で行うことが特徴である。

40

【0008】

振動モータを使用した従来の接触提示装置の構成例を図16に示す。

【0009】

50

図16では、複数の振動モータ301を人体に装着している。また、ユーザは、仮想物体を見るためにヘッドマウントディスプレイ300を装着している。また、仮想物体との接触を検知するため、人体の各部位に位置検出用のマーカ302とマーカ読み取りのためのカメラ6を設置し、人体の位置情報を取得している。マーカは、従来の手法では光学マーカや画像マーカが使われている。また、マーカ以外の手法で人体の位置や形状を求める方法では、磁気センサによる位置検出や、光ファイバなどを用いたデータグローブなどが用いられている。

【0010】

情報処理装置310には、カメラ6の情報を処理し人体の位置を求める位置検出部303と、仮想物体の形状・位置などを記録している記録装置304と、ヘッドマウントディスプレイ300に映像を送信するための画像出力部307と、仮想物体と人体位置の関係を求める位置判定部305と、仮想物体と人体位置の関係から振動モータ301を制御する制御部306を備える。

10

【0011】

これらの構成により、ユーザの位置姿勢を検出し、仮想物体との接触を判定した後に、接触部位に最も近い部位に装着している振動モータ301を振動させる。ユーザは振動した部分が、仮想物体と接触していることを知覚する。

【0012】

例えば、図17のように仮想物体と手及び腕が接触する場合を考える。図17では、人体1に刺激発生手段として振動モータ301を複数備え、仮想物体2と接触した状態を示している。振動モータ301は、図に示すように、手の周り、腕の周りに円周上に配置するものとする。人体1は異なる面方向を有する仮想物体2に接触する。

20

【0013】

図18では、図17の状態を人体1の断面方向で説明する図である。楕円で示した人体1は、図17の振動モータ301を装着した前腕部の断面図であり、この部位で仮想物体2と接触している状態である。また、振動モータ311～314の4つを前腕部の円周方向に装着している。図18では、図中の左側の仮想物体に接触しており、その方向に装着している振動モータ313を振動させ、人体に刺激21を与える。接触提示装置のユーザは、振動モータ313の刺激21により、その部位で仮想物体2と接触していることを知覚する。

30

【0014】

次に、図19には図中の左側と下側の仮想物体2に同時に接触した場合を示している。この場合、仮想物体2と接触している部位の振動モータ312及び313を動作させて人体に刺激21を与え、仮想物体2との接触をユーザに知覚させる。しかし、図19では同じ刺激21を人体に与えているため、仮想物体2と接触している部分は判断できるが、その形状が正確に判別できない。

【0015】

すなわち、振動モータ312と振動モータ313の刺激が同じであることにより、図19の接触で受ける刺激と、図20のように傾いた面に埋没した場合の刺激は同じになる。

【特許文献1】特表2000-501033号公報

40

【非特許文献1】矢野 博明，小木 哲朗，廣瀬 通孝：“振動モータを用いた全身触覚提示デバイスの開発”，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol. 3，No. 3，1998

【非特許文献2】Jonghyun Ryu, Gerard Jounghyun Kim: “Using a Vibro-tactile Display for Enhanced Collision Perception and Presence”, VRST '04, November 10 - 12, 2004, Hong Kong

【非特許文献3】R. W. Lindeman, Y. Yanagida, H. Noma, K. Hosaka, K. Kuwabara: “Towards Full-Body Haptic Feedback: The Design and Deployment

50

of a Spatialized Vibrotactile Feedback System" VRST '04, November 10 - 12, 2004, Hong Kong

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

しかし、上記従来技術では、振動モータという力覚を伴わない簡単な刺激により接触をユーザに知覚させているため、詳細な接触の方向性が判断できないという問題があった。

【0017】

例えば、ユーザは触覚のみでは接触部分周囲の形状が図19のように2面で構成されているのか、図20のように傾いた面に埋没しているのかを知ることができない。このような場合、視覚情報に頼って物体形状を把握するしかなく、視覚情報が得られない仮想物体部位の形状を知覚することができなかった。

【0018】

以上の課題は、振動モータのような単純な刺激方法やタクトイルディスプレイを人体に複数装着して、仮想物体との接触を知覚させる場合に発生する。一方、複数の力覚ディスプレイを備える装置の場合、複数の面に接触したことは、それぞれの接触点で与えられる仮想物体からの反力の方向から判断することができる。タクトイルディスプレイの刺激は皮膚刺激のみであるため、力覚ディスプレイで発生する反力とは異なり方向性を持たず、ユーザは接触方向が判断できない。

【0019】

本発明の目的は、簡単な構成で接触した仮想物体との接触状態を提示することができるようにすることにある。

【0020】

また、本発明の他の目的は、力覚提示能力が無く、皮膚刺激のみの刺激発生手段により構成される接触提示装置において、物体や空間の形状を判断することができるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0021】

上記課題を解決するために、本発明の接触提示装置は、ユーザに複数の面を有する仮想物体との接触を知覚させる接触提示装置であって、前記ユーザに装着され、前記ユーザに対する刺激を発生する複数の刺激発生手段と、前記ユーザと前記複数の面の内の第一の面とが接触した場合、前記複数の刺激発生手段の内の第一の刺激発生手段で第一の刺激を発生させ、前記ユーザと前記複数の面の内の前記第一の面および前記第二の面とが接触した場合、前記複数の刺激発生手段の内の前記第一の刺激発生手段で前記第一の刺激と異なる第二の刺激を発生させ、前記複数の刺激発生手段の内の前記第二の刺激発生手段で第三の刺激を発生させる制御部を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0025】

本発明によると、ユーザに対して接触した仮想物体の面の数を精度よく提示することができる接触提示装置及び方法を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明の一実施の形態を、図面を用いて詳細に説明する。

【0027】

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る接触提示装置の構成を示す図である。

【0028】

図1に示す接触提示装置は、刺激発生部10を複数備える。刺激発生部10は、人体に装着部材4により装着されている。装着部材4は、例えばゴムバンドのような着脱容易な

10

20

30

40

50

ものであるが、刺激発生部を適切に装着できるものであれば、何を用いても良い。

【0029】

実施の形態1では、腕周りに等間隔に4つ、手のひら周りに等間隔に4つの刺激発生部10を装着している。装着の部位や個数はこれに限らず、指先や胴回りや脚など人体のどの部位に装着しても良い。

【0030】

刺激発生部としては、例えば周知の振動モータが、小型・軽量で複数個を装着することが比較的容易であり、さらに人体が知覚するために十分な刺激を発生するため好ましい。また、刺激発生部は振動モータに限らず、刺激の内容についても、振動刺激を始めとする機械的刺激の他に、電氣的刺激や温度刺激など皮膚感覚に刺激を与えるものであれば何を用いても良い。

10

【0031】

皮膚感覚に刺激を与える手段として機械的刺激では、ボイスコイルを用いたもの、圧電素子や高分子アクチュエータなどのアクチュエータにより人体に接触したピンを動作させて刺激を与えるもの、空気圧力により皮膚表面を圧迫するもの、などがある。また、電氣的刺激では、微小電極アレイを用いて刺激を与えるものなどがあり、温度刺激では、熱電素子を用いるものなどがある。

【0032】

また、情報処理装置100は、一般的なパーソナルコンピュータで構成され、CPU、メモリ(ROM、RAM)、外部インターフェース等を備える。このメモリに記憶されたプログラムを実行することにより、位置検出部110、位置判定部130、画像出力部150として機能する。更に、情報処理装置100内には、刺激発生部の駆動を制御する制御部140を備える。

20

【0033】

画像出力150から外部のディスプレイに画像が出力され、ディスプレイに視覚的に表示された仮想物体をユーザが見ながら使用することが好適である。ディスプレイには、液晶やプラズマ、CRT、プロジェクター、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)などを用いることができる。

【0034】

更に、人体位置を検出する方法と合わせて、実際の人体位置と仮想物体の位置関係に応じて、物体表面に触れた感覚を提示しても良い。人体位置の検出方法としては、マーカとカメラを用いる方法や、カメラで撮影した映像を画像処理することで人体形状や位置を得る方法、磁気センサや加速度・角速度センサや地磁気センサなどを用いた手法などがあり、何れの方法を用いても良い。

30

【0035】

図1では、例としてカメラ6と、カメラ6により撮影された画像を画像処理することにより人体の位置と形状を求める方法を示している。

【0036】

情報処理装置100内には、位置検出用のカメラ6の情報を処理する位置検出部110を備える。位置検出部110では、予め用意した人体モデル(人体アバタ)に、カメラ6で撮影した画像に基づく人体位置計測結果を合わせることで、仮想空間中での人体の位置を検出する(図15のステップS151)。

40

【0037】

また、記録装置120には、仮想物体の位置や外観、形状の情報が記録されている。

【0038】

位置判定部130では、位置検出部120により出力される人体の位置と、記録装置120に記録している仮想物体との位置関係を判定する(図15のステップS152)。これにより、人体と仮想物体との距離や、接触の有無を判定する。なお、これらは公知の技術を用いればよいのでその詳細については省略する。

【0039】

50

そして、制御部 140 は、位置判定部 130 の接触判定結果に基づいて、刺激発生部の駆動制御を行い、ユーザに仮想物体との接触を知覚させる（図 15 のステップ S 153）。以上のステップ S 151 ~ S 153 を繰り返す。

【0040】

以下、制御部 140 で行うユーザと仮想物体との接触に伴う刺激を与えるための駆動制御について、詳細に説明する。

【0041】

まず、図 2 に、人体 1 と仮想物体 2 が 1 力所で接触している状態を説明するための図を示す。説明のため、図 2 では、人体と仮想物体の接触を 2 次元の断面図で示している。楕円で示した人体 1 は、図 1 の前腕部の円周方向に装着した振動モータ 10 の部位の断面図であり、この部位で仮想物体 2 と接触している状態を示している。図 2 では、人体 1 と仮想物体 2 の接触位置にある刺激発生部 11（振動モータ 10）を動作させて刺激 20 を人体 1 に与える。ユーザは刺激 20 により、刺激発生部 11 の位置で、仮想物体 2 と接触していることを知覚する。以上の図 2 を用いて説明した制御は、従来行われていたものと同じで処理である。

【0042】

なお、仮想物体 2 と人体 1 の接触は、刺激発生部を装着した部位で発生するとは限らない。仮想物体 2 との接触位置に刺激発生部が存在しない場合には、複数備える刺激発生部の内、接触位置に最も近い刺激発生手段部を動作させるようにすれば良い。この方法により、ユーザは、近似的に仮想物体との接触位置を判断することができるようになる。効果的に接触位置を知覚させるためには、高密度で刺激発生部を配置することが好ましい。ただし、刺激発生部の数を増やすと、装着やキャリブレーション及び制御が困難になるので、実際に使用できる数には限りがある。

【0043】

次に、図 3 に、人体 1 が仮想物体 2 の異なる面 61、62 に同時に接触している状態を説明するための図を示す。図 3 では、人体 1 と仮想物体 2 の接触位置にある刺激発生部 11 と刺激発生部 12 を動作させて刺激を人体 1 に与える。ここで、刺激発生部 11 で発生する刺激 21 と刺激発生部 12 で発生する刺激 22 を異なる刺激にすることで、ユーザは異なる面に接触していることを知覚することができるようになる。なお、予めユーザには、異なる面に接触した場合には、異なる刺激が発生することを教示しておくことが好ましい。

【0044】

図 3 では 90°異なる方向を向いた面に人体が接触した場合を示したが、これに限らず 0°や 180°以外の角度の 2 つの面に対して接触した場合にも、同様に異なる刺激を発生させる。刺激の変化は、2 つの面の角度に応じて変化させると好ましく、例えば、2 つの面の角度が 90°の場合には大きな刺激変化とし、180°に近づけば、相対的に小さな刺激変化とする制御を行う。

【0045】

次に、接触する面によって変化させる刺激について、機械的な振動刺激を変化させる例を説明する。図 4 は、人体 1 と仮想物体 2 の接触状態と、各々の接触状態における刺激発生部の振動状態について説明する図である。

【0046】

図 4 では、接触面によって、振動のパターンを変化させることにより異なる刺激を発生させる例を示している。以下、図 4 について詳細に説明する。

【0047】

図 4 (A) では、人体 1 と仮想物体 2 は一つの面で接触している。よって、刺激発生部 11 で発生する刺激 21 は他の刺激発生部での刺激を考慮する必要はなく、単純に連続的な刺激を人体に与える。ここで、図 4 においては、横軸は時間を表し、縦軸は刺激発生部（振動モータ）が発生する振動を示している。

【0048】

10

20

30

40

50

次に、図4(B)では、人体1が仮想物体2の二つの面に同時に接触している状態を示している。ここで、2つの異なる面に接触していることをユーザに知覚させるため、刺激発生部11と刺激発生部12では異なる刺激を発生させる。図4(B)に示すように、刺激発生部11の刺激21と刺激発生部12の刺激22を、それぞれの振動時間が重ならないように調整する。このように異なるタイミングで刺激を人体1に与えるようにした刺激パターンにより、ユーザは異なる刺激を受け、異なる面に接触していることを知覚できるようになる。

【0049】

さらに、図4(C)では、同時に仮想物体2の3つの面に対して人体1が接触している状態を示している。この場合でも、図4(B)と同様に、3つの刺激発生部で発生する刺激が異なるように、刺激のタイミングを変更する。

10

【0050】

図4を用いた振動変化の例では、各々の刺激発生部の振動時間が重ならないように、接触面が増えるごとに振動時間を調整する例を示したが、振動の変化はこれに限定しない。例えば、接触面が増えるごとに刺激を調整するのではなく、予め複数の刺激パターンを用意しておき、接触面の数に応じて刺激を選択するようにしても良い。各々の刺激発生部で発生する刺激が異なるものであることをユーザが知覚できれば、どのような種類の振動パターンを用いても良い。このような場合の振動パターンの例を図5に示す。図5では、図4(C)で、刺激発生部11、12、13に入力する振動パターンの例を示しており、それぞれ振動の繰り返し、開始時間が異なっている。図5のように、ユーザがそれぞれ異なる刺激と判断できれば、各刺激発生部の振動時間に重なりがあっても良い。

20

【0051】

以上では、人体と仮想物体の接触状態によって、刺激を動的に変化させる場合について示したが、後述するように、仮想物体に予め異なる面を設定し、各々の面に予め特定の刺激パターンを関連づけても良い。

【0052】

また、以上では、人体が同時に異なる面に接触した場合について、それぞれの面で異なる刺激を発生させる例について説明したが、異なる刺激を発生させる制御は同時に仮想物体の異なる面に接触した場合に限らない。ユーザが異なる刺激により異なる面を感じる作用は、異なる面への接触が時間的にずれていても効果があるので、常に面ごとに異なる刺激を発生させるように制御を行っても良い。この場合、仮想物体の異なる面ごとに面に予め特定の刺激を設定しても良いし、人体の近傍にあり接触が予想される仮想物体の複数の面に、それぞれ異なる刺激を動的に割り当てても良い。

30

【0053】

また、2つ以上の刺激発生部で仮想物体の同じ面への接触を表現する場合には、同じ刺激を発生させれば良い。この場合の例を図6に示す。本実施の形態で用いる刺激発生部は、仮想物体からの反力を返さないのので、人体が仮想物体中に入り込んでしまうケースがある。図6では、そのような状態を示しており、仮想物体2に人体1の一部が入り込んでいる。図6の状態では、仮想物体2との接触を知覚させるために、刺激発生部11と刺激発生部12を動作させれば良い。また、二つの刺激発生部で表現する接触面が同一の面であるため、図6の下部に示すように同一の刺激パターンを発生させる。この制御方法は2つ以上の刺激発生部の場合でも同様で、例えば、図6で人体が仮想物体2に完全に埋没した場合には、刺激発生部11～14全てで同一の刺激を発生させると良い。

40

【0054】

以上の同一平面を表現する刺激発生の制御と、前述した複数面との接触を表現するために異なる刺激を発生させる制御を用いることにより、ユーザは仮想物体の形状、接触状態を知覚することができるようになる。

【0055】

また、異なる面との接触を知覚させるための、異なる刺激は上記の刺激のパターンのみならず、刺激の周波数や、刺激の強度などを変化させて用いても良い。

50

【 0 0 5 6 】

図 7 に、接触面に応じて、振動刺激の周波数を変化させた例を示す。具体的には、刺激発生部 1 1 では周期 f_1 の振動刺激を発生させ、刺激発生部 1 2 では周期 f_2 の振動刺激を発生させている。

【 0 0 5 7 】

また、図 8 には、接触面に応じて、振動刺激の振幅（強度）を変化させた例を示している。具体的には、刺激発生部 1 1 では振幅 I_1 の振動刺激を発生させ、刺激発生部 1 2 では振幅 I_2 の振動刺激を発生させている。

【 0 0 5 8 】

変化させる刺激について、刺激のパターン、周波数、強度について個別に説明したが、これらを組み合わせて異なる刺激を発生させても良い。これにより、ユーザが知覚する接触状態を数を増やすことができる。

【 0 0 5 9 】

以上では、振動パターン、振動強度、振動周波数を変化させて異なる刺激を発生させる方法を示したが、異なる刺激はこれらに限定されることはない。

【 0 0 6 0 】

例えば、各刺激発生部に異なる刺激発生方法を備え、接触した面に応じて異なる刺激を人体に与えるようにしても良い。具体的な例を、図 9 を用いて説明する。図 9 では、電氣的刺激発生部 3 5 と機械的刺激発生部 3 6 を備える刺激発生部 3 1 ~ 3 4 を人体に装着した状態で、仮想物体 2 の 2 つの面に接触している。電氣的刺激発生部 3 5 は、例えば突起状の電極であり、機械的刺激発生部 3 6 は、例えば振動モータである。ここで、刺激発生部 3 1 では電氣的刺激発生部 3 5 を動作させ電氣的刺激 2 4 を、刺激発生部 3 2 では機械的刺激発生部 3 6 を動作させ機械的刺激 2 5 を人体 1 に与える。ユーザは機械的刺激と電氣的刺激という異なる刺激を受けることで、異なる面への接触を知覚することができるようになる。

【 0 0 6 1 】

次に、異なる刺激を与える面の定義について説明する。上述の図面では、 90° 異なる方向を向いた面を異なる面として、異なる面に接触した場合に異なる刺激を与えるとしていた。

【 0 0 6 2 】

このような、異なる刺激を与える面は、予め設定しておくことが簡便である。異なる刺激を与える面を予め設定した例を図 1 0 に示す。図 1 0 は、ポリゴンで構成された仮想物体であり、台座の上に円柱が乗っている形状である。図 1 0 では、図面の見える範囲においては面 2 0 1 ~ 2 0 6 の 6 つの面が予め設定されており、これらの面の内、複数の面に同時に接触があった場合に、異なる刺激を与えるようにする。

【 0 0 6 3 】

また、図中の面 2 0 3、2 0 4 に示すように、円柱の側面の部分（曲面）でも所定の面に分割した扱いにすることで、厳密な意味で正確ではないが曲面形状をユーザに知覚させることができるようになる。曲面を分割して複数の面として扱う場合には、可能な限り細かく分割して面を設定した方が正確に曲面をユーザに知覚させることができるようになる。

【 0 0 6 4 】

また、異なる刺激を与える面の定義は、上記のように、予め面を設定するだけでなく、異なる複数のポリゴンに接触したときに、異なる刺激を与える制御を行っても良い。

【 0 0 6 5 】

図 1 1 にポリゴンで構成された仮想物体を示す。図 1 1 の仮想物体に複数点で接触し、その接触点のポリゴンが異なる場合、各接触点で異なる刺激を発生させるように制御を行う。このような、ポリゴンの違いを異なる面との接触と定義する方法は、曲面を持つ仮想物体との接触を扱う場合や、ポリゴン数が少なく粗い形状の仮想物体との接触を扱うときに用いると好適である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 6 】

また、前述の予め異なる刺激を与える面を定義する方法と、ポリゴンごとに異なる刺激を与える方法を組み合わせて使用しても良い。例えば、連続的な平面部分や曲率の小さな部分は予め同一平面と定義し、定義した面に従って同じ刺激または異なる刺激を与えることを決定する。一方、曲率の大きな部分については、異なるポリゴンに接触した場合に異なる刺激を与えるように制御する。

【 0 0 6 7 】

(実施の形態 2)

実施の形態 1 では、異なる面との接触を判定する方法として、予め面を設定しておく場合と、接触するポリゴンの違いを用いる場合を説明した。

10

【 0 0 6 8 】

実施の形態 2 では、異なる面の定義として、人体と仮想物体が接触した点で仮想物体表面の法線方向を算出し、法線方向が異なる場合に異なる刺激を与えるように制御する場合について説明する。

【 0 0 6 9 】

図 1 2 は、実施の形態 1 の説明で用いた図 3 及び図 6 に、法線方向により異なる面を定義する場合を説明するための図である。図 1 2 (A) 及び (B) では、刺激発生部 1 1、1 2 の人体部位で仮想物体 2 と接触しており、刺激発生部 1 1、1 2 を動作させて人体 1 に仮想物体 2 と接触があることを知覚させる。

【 0 0 7 0 】

20

ここで、それぞれの接触点での仮想物体表面の法線方向を求める。まず、図 1 2 (A) の接触点での法線方向は、方向 4 1 と 4 2 である。図 1 2 (A) の例では、法線方向の角度が 90° 異なっており、異なる角度であると判定し、刺激発生部 1 1 と 1 2 にそれぞれ異なる刺激を発生するように制御する。一方、図 1 2 (B) では、接触点の仮想物体表面の法線方向 4 3、4 4 は同じ角度であるため、同一の平面と判定し、刺激発生部 1 1 と 1 2 には同じ刺激を発生するように制御する。仮想物体表面の法線方向の角度を比較する場合には、法線方向が完全に同じ場合にのみ、同じ刺激を発生するように制御を行えばよい。または、予め所定の角度を設定し、所定の角度よりも異なる場合には、それぞれの位置の刺激発生部で異なる刺激を発生し、所定の角度以下の差異であれば、同じ刺激を発生するようにしてもよい。

30

【 0 0 7 1 】

このように、仮想物体表面の法線方向に基づいて、異なる刺激を発生させるかどうかを判断することにより、予め異なる刺激を発生させるための面を定義する必要がなくなり、事前の準備が簡便になる。また、特に曲面への接触を扱う場合には好適である。

【 0 0 7 2 】

図 1 3 は曲面への接触と法線方向による刺激の決定について説明するための図である。図 1 3 (A) では、曲面状の凹形状を有する仮想物体 2 と、刺激発生部 1 5 ~ 1 9 を指先に装着した人体 1 の接触を表す図である。これまでの説明では、腕や手のひら周りに装着した刺激発生部の制御について説明してきたが、前述したように刺激発生部は人体のどの部位に装着しても良い。また、異なる刺激を発生させる刺激発生部は、図 1 3 の様に各指のように離れた部分でも良い。

40

【 0 0 7 3 】

図 1 3 (B) は、図 1 3 (A) の状態を説明のため断面図として示したものである。人体 1 0 1 ~ 1 0 4 は図 1 3 (A) に対応してそれぞれ、人差し指 1 0 1、中指 1 0 2、薬指 1 0 3、小指 1 0 4 を示している。各指には刺激発生部 1 5 ~ 1 8 をそれぞれ装着している。各指の仮想物体 2 との接触点での法線方向を方向 4 5 ~ 4 8 として、図中に示している。各指での仮想物体との接触点の法線方向を比較して、刺激発生部 1 5 ~ 1 8 のそれぞれの刺激を決定する。ここでは所定の角度差以上の場合に、異なる刺激を発生させる方法により制御を行う。

【 0 0 7 4 】

50

例えば、図 13 の例では、人差し指 101 と中指 102 での法線方向 45、46 は予め定めた所定の角度差以内であるとして、刺激発生部 15、16 には同じ刺激を発生させる。また、薬指 103 の仮想物体 2 との接触の法線方向 47 は、人差し指 101 と中指 102 での法線方向 45、46 と比較して、所定の角度よりも差があるので、刺激発生部 17 には、刺激発生部 15、16 とは異なる刺激を発生させる。

【0075】

またさらに、小指 104 の仮想物体 2 との接触点の法線方向 48 は、前述の法線方向 45、46、47 と異なるので、小指 104 に装着した刺激発生部 18 では、刺激発生部 15、16、17 とは異なる刺激を発生させる。

【0076】

以上のような制御を行うことで、図 13 の仮想物体 2 の曲面をユーザに知覚させることができるようになる。

【0077】

人体の接触点における仮想物体表面の法線方向は、例えば、接触点でのポリゴンの法線ベクトルから定義すればよい。また、複数のポリゴンに接触している場合には、それぞれのポリゴンの法線方向の平均値を用いても良く、複数の法線方向の内の代表値を用いても良い。

【0078】

また、さらに、NURBS (NON - UNIFORM RATIONAL B - SPLINE : 非一様有理 B - spline 面) などの自由曲面を用いて仮想物体を表現し、人体と仮想物体との接触を判定している場合には、接触点での法線方向を自由曲面から直接求めるようにしても良い。

【0079】

また、Bounding Box を用いるタイプの干渉判定を行っている場合には、接触点の Bounding Box 表面の法線方向を用いても良い。

【0080】

なお、各刺激発生部での異なる刺激については、実施の形態 1 と同様に、刺激パターンや、刺激の強度、刺激の周波数などを変化させることにより実現することができる。また、特定の方向には特定の刺激を予め関連づけておくようにしても良い。

【0081】

また、法線方向により異なる面を定義することについて説明したが、方向のみでなく接触の深度の情報を合わせた情報を使うことにより、接触面の方向と接触深さも提示できるようになる。

【0082】

図 14 を用いて具体的に説明を行う。図 14 では、図 3 などと同様に、人体 1 の円周方向に刺激発生部 11 ~ 14 を装着し、仮想物体 2 と 2 箇所接触した状態を示している。また、本実施の形態で用いる刺激発生部は力覚 (仮想物体からの反力) を発生させないので、人体 1 が仮想物体 2 中に侵入する場合がある。図 14 では、刺激発生部 11 付近の人体 1 が、仮想物体 2 中に侵入している。

【0083】

一方、刺激発生部 12 の部分では、人体 1 は仮想物体 2 とわずかに接触しているのみの状態である。各接触点での仮想物体表面での法線方向を求めると共に、人体と仮想物体の干渉深度を求める。

【0084】

図 14 には、接触点の法線方向と干渉深度を合わせたベクトルを表しており、刺激発生部 11 の人体部位でのベクトル 51 は、刺激発生部 12 の人体部位でのベクトル 52 よりも大きなスカラー量を持つ。人体の仮想物体への侵入量と、スカラー量の大きさの関係は、ばねモデルなどで算出すればよい。

$$F = -k \cdot x \quad (1)$$

F : スカラー量の大きさ (反力の大きさ)

10

20

30

40

50

k : ばね定数

x : 人体の物体への侵入量

物体への侵入量に対して、ばねモデルで力を算出する方法は、一般にペナルティ法と呼ばれており、反力計算では公知の技術である。

【0085】

上記のスカラー量の大きさの算出には、ペナルティ法を含む公知の技術を用いれば良く、詳細な説明は割愛する。

【0086】

以上のように求められた、法線方向と干渉深度からなるベクトルにより、刺激発生部を駆動する。

【0087】

まず、法線方向が異なる接触点がある場合には、それぞれの刺激発生部で異なる刺激を発生させる。また、さらに、干渉深度の度合いに応じて、異なる刺激を発生させる。

【0088】

より具体的には、法線方向が異なる接触では、刺激のパターンまたは周波数を異なるものにして、干渉深度については干渉の深さによって刺激の強度を増加させるようにする。図14の例では、刺激発生部11と刺激発生部12において、刺激パターンが異なり、刺激発生部11の方が強い刺激を発生するように各刺激発生部を制御すればよい。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図1】実施の形態1に係る接触提示装置の構成を示す図である。

【図2】人体と仮想物体が1つの面でのみ接触している状態を説明するための図である。

【図3】人体と仮想物体が異なる面で接触している状態を説明するための図である。

【図4】人体と仮想物体が異なる面で接触した場合に、刺激発生部で発生させる刺激の概念を示す図である。

【図5】異なる刺激について説明するための図である。

【図6】複数の刺激発生部で同一面への接触を表現する場合について説明するための図である。

【図7】異なる刺激の一例を説明するための図である。

【図8】異なる刺激の一例を説明するための図である。

【図9】異なる刺激を発生するために、電気的刺激と機械的刺激を用いる例を説明するための図である。

【図10】予め設定する面について説明するための図である。

【図11】ポリゴンによる仮想物体を説明するための図である。

【図12】仮想物体表面の法線方向により刺激制御を行うことを説明するための図である。

【図13】仮想物体の曲面に触れた場合を説明するための図である。

【図14】接触深度の情報を使用する場合について説明するための図である。

【図15】情報処理装置の動作フロー図である。

【図16】振動モータを使用した一般的な接触提示装置について説明するための図である。

【図17】仮想物体と人体について説明するための図である。

【図18】人体と仮想物体が1つの面でのみ接触している場合を示す図である。

【図19】人体と仮想物体が2つの面で接触している場合を示す図である。

【図20】人体と仮想物体が1つの面でのみ接触している場合を示す図である。

【符号の説明】

【0090】

1 人体

2 仮想物体

10 ~ 19 刺激発生部

10

20

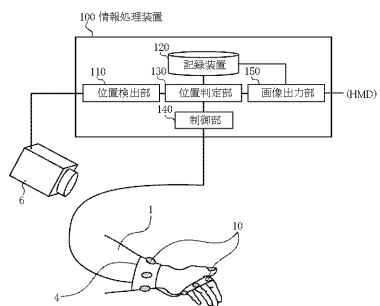
30

40

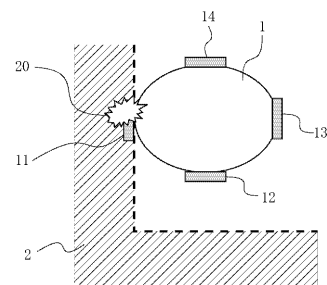
50

- 1 0 0 情報処理装置
- 1 1 0 位置検出部
- 1 2 0 記憶装置
- 1 3 0 位置判定部
- 1 4 0 制御部
- 1 5 0 画像出力部

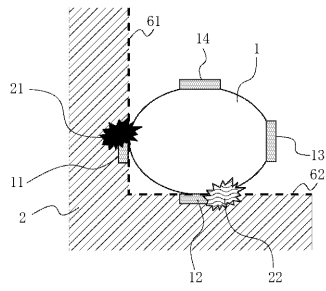
【図 1】



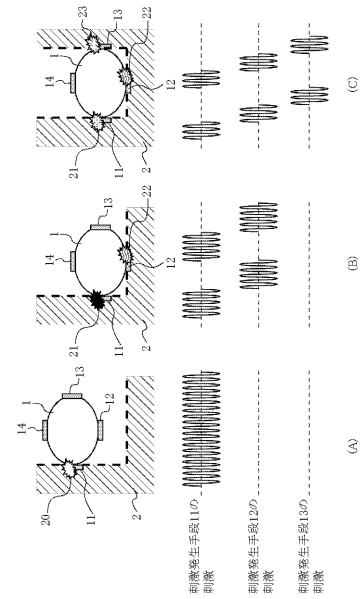
【図 2】



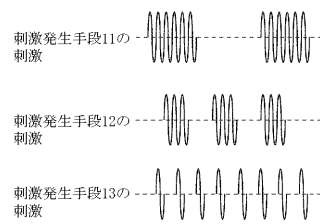
【図 3】



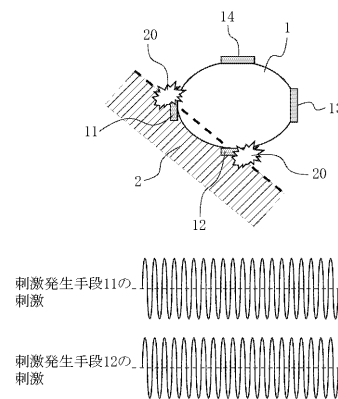
【図 4】



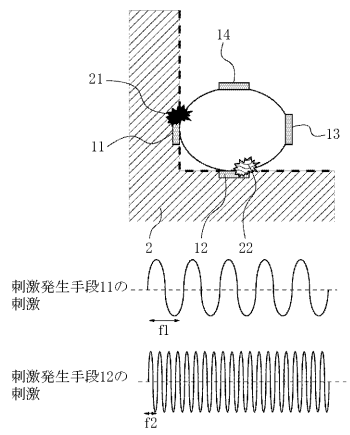
【図 5】



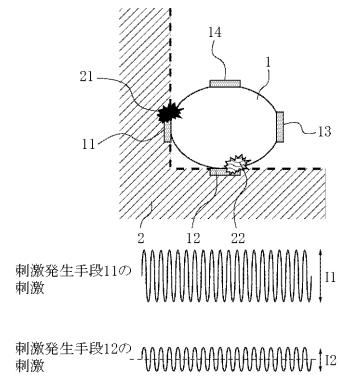
【図 6】



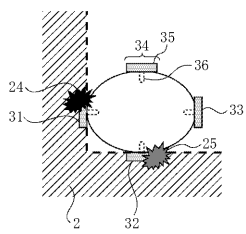
【図 7】



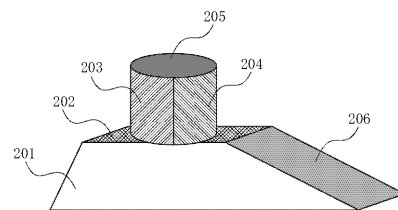
【図 8】



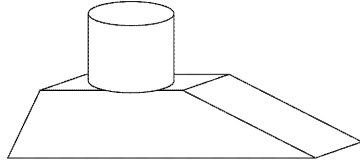
【図 9】



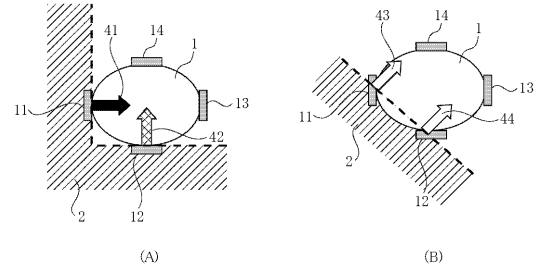
【図 10】



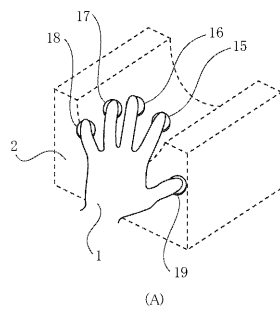
【図 1 1】



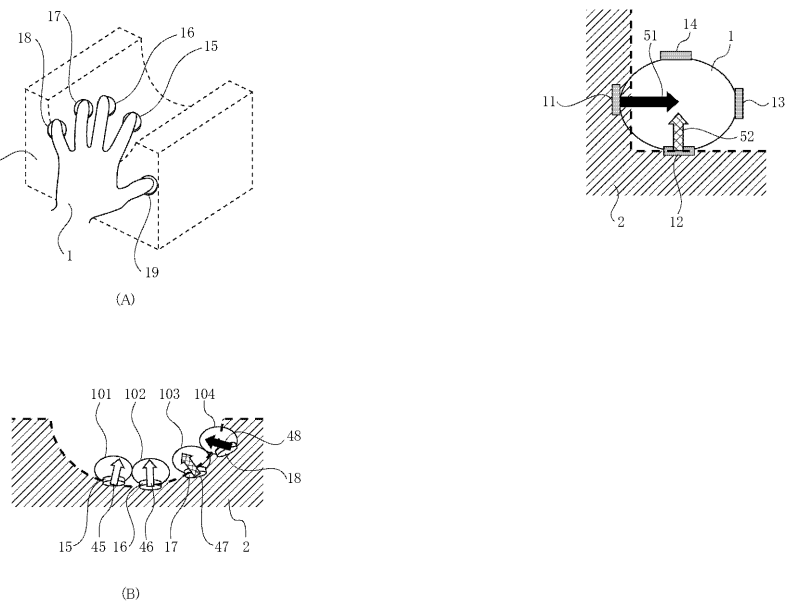
【図 1 2】



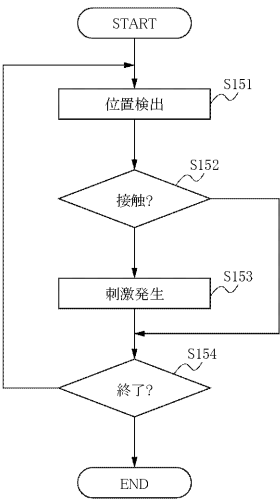
【図 1 3】



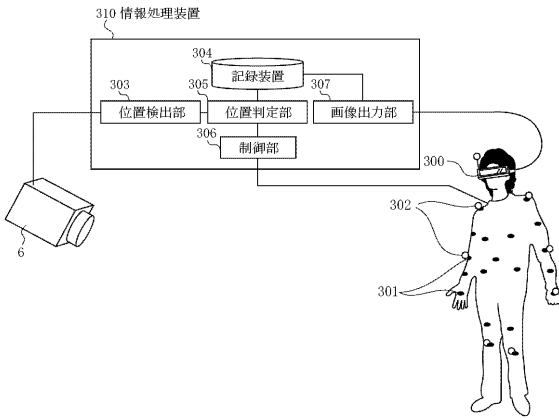
【図 1 4】



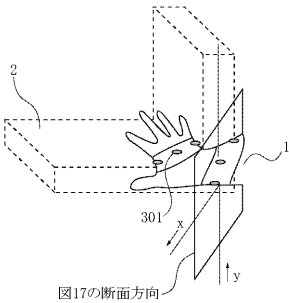
【図 15】



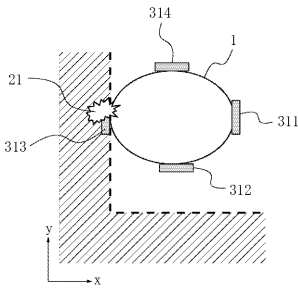
【図 16】



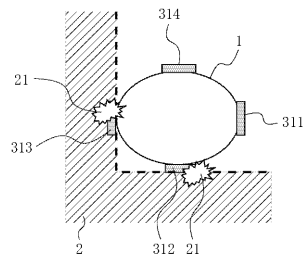
【図 17】



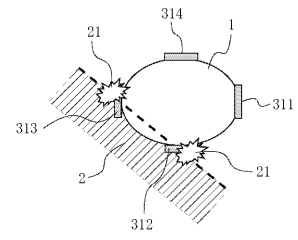
【図 18】



【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

- (72)発明者 時田 俊伸
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内
- (72)発明者 岩瀬 好彦
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

審査官 森田 充功

- (56)参考文献 特開平06-155344(JP,A)
特開平08-257947(JP,A)
特開平11-272157(JP,A)
特開2000-047567(JP,A)
特表2000-501033(JP,A)
特開2001-166676(JP,A)
特開2004-081715(JP,A)
特開2008-134990(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 3/01