

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

手指の背側に配置され、前記手指の根元側から指先側に沿って延びるガイドと、
前記ガイドに移動可能に取り付けられた移動体と、
前記移動体に設けられ、前記手指の腹側に接触する接触部と、
前記接触部を介して前記手指に力覚及び触覚の少なくとも一方を付与する感覚付与機構と、

前記移動体を前記ガイドに沿って移動させることにより前記接触部を移動させ、前記接触部が前記手指に接触する接触位置を変更可能な駆動部と、
を備えた感覚提示装置。

10

【請求項 2】

前記ガイドは、前記手指が曲がる曲方向に指先側が湾曲しており、
前記駆動部は、前記移動体を前記ガイドに沿って移動させることにより前記接触部を移動させ、前記接触部が前記手指に接触する接触方向及び前記接触位置を変更可能である請求項 1 に記載の感覚提示装置。

【請求項 3】

前記ガイドは、前記手指としての人差し指の根元から、前記人差し指の指先、前記手指としての親指の指先、前記親指の根元の順に沿って延び、
前記接触部は、前記人差し指と前記親指とにそれぞれ配置され、それぞれが前記人差し指と前記親指とに接触し、

20

前記移動体は、前記人差し指と前記親指とにそれぞれ配置され、それぞれに前記接触部の各々が設けられている請求項 2 に記載の感覚提示装置。

【請求項 4】

前記手指の根元側に配置され、前記ガイドの基端部を支持する支持部材と、
前記手指が曲がる曲方向に前記ガイドの先端部を移動可能に前記ガイドの基端部と前記支持部材とを連結する連結部と、

前記ガイドの先端部を前記曲方向へ移動させることにより前記手指に接触する接触方向を変更可能な第 2 駆動部と、

を備えた請求項 1 又は請求項 2 に記載の感覚提示装置。

【請求項 5】

前記手指としての親指の手根中手関節を支点とした前記親指の移動の軌道に沿って前記ガイドを移動させる移動機構を備えた請求項 4 に記載の感覚提示装置。

30

【請求項 6】

前記ガイド、前記移動体、前記接触部、前記感覚付与機構及び前記駆動部を有する力覚提示装置本体と、

前記手指を有する手の手首周りに回転可能に前記力覚提示装置本体を支持する本体支持体と、

前記手の手首周りに前記力覚提示装置本体を回転させる回転機構と、

を備える請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の感覚提示装置。

【請求項 7】

前記回転機構による前記力覚提示装置本体の回転を制動するブレーキを備える請求項 6 に記載の感覚提示装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、手指に力覚及び触覚の少なくとも一方を提示する感覚提示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

手指に力覚及び触覚の少なくとも一方を提示する感覚提示装置としては、力を与える装置が外部に固定されたものが実用化されている。ひとは、ロボット機構を用いて把持部

50

に力覚や触覚を生成するものが提案されている（例えば、特許文献1参照）。他は、外部固定の駆動源にワイヤをつけて人間への提示箇所を位置変動させるもの（例えば、特許文献2参照）である。

【0003】

また、力覚を付与する装置が外部に固定されないものとしては、3個の回転制御モータに慣性モーメントの大きいディスクをつけ、回転角速度を変化させて力を生成する方法（例えば、特許文献3参照）、ジンバルを用いてジャイロモーメント生成して力を生成する方法、慣性モーメントの大きなディスクを回転させておいて、そのディスクをブレーキにより回転角速度を変化させて力を生成する方法（例えば、非特許文献1参照）などがある。

10

【0004】

また、指に力覚を生成するものとしては、ブレーキを用いた方法（例えば、特許文献4参照）、指サックを用いた方法（例えば、特許文献5参照）、指の提示位置を固定しているCyberGrasp（例えば、非特許文献2参照）などが開示されている。

【0005】

また、指に接触する接触位置を変更するアイデアが提案されている（例えば、非特許文献3、4参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特表2007-510232号公報

【特許文献2】特開2003-172662号公報

【特許文献3】特開2004-177360号公報

【特許文献4】特開2000-99240号公報

【特許文献5】特開2002-182817号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】安藤英由樹，尾花和俊，渡邊淳司，杉本麻樹、前田太郎，「回転モーメントを利用した機械ブレーキ式力覚提示装置の開発」ヒューマンインタフェース論文誌，p181-188，Vol.5 No.2，2003.

30

【非特許文献2】CyberGrasp catalog, Immersion Corp.

【非特許文献3】K. J. Kuchenbecker, W. R. Provancher, G. Niemeyer, M. R. Cutkosky: "Haptic Display of Contact Location", Proceedings of the 12th International Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2004.

【非特許文献4】横小路泰義，村守宣彦，吉川恒夫，“多指遭遇型ハプティックデバイスの設計”，日本バーチャルリアリティ学会第7回大会論文集，pp. 69-72，2002.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記の従来装置において、把持部が固定されるものは、力覚及び触覚を提示する位置が変更できず、提示できる力覚及び触覚の自由度が低かった。また、力覚及び触覚を提示する位置を変更できる装置であっても、複雑な構成となっていた。

40

【0009】

本発明は、手指に力覚及び触覚の少なくとも一方を提示する感覚提示装置において、簡易な構成で、提示できる力覚及び触覚の自由度を高めることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の請求項1に係る力覚提示装置は、手指の背側に配置され、前記手指の根元側から指先側に沿って延びるガイドと、前記ガイドに移動可能に取り付けられた移動体と、前

50

記移動体に設けられ、前記手指の腹側に接触する接触部と、前記接触部を介して前記手指に力覚及び触覚の少なくとも一方を付与する感覚付与機構と、前記移動体を前記ガイドに沿って移動させることにより前記接触部を移動させ、前記接触部が前記手指に接触する接触位置を変更可能な駆動部とを備えている。

【0011】

この構成によれば、接触部が手指の腹側に接触し、この接触部を介して、感覚付与機構が手指に力覚及び触覚の少なくとも一方を付与する。

【0012】

また、接触部が設けられた移動体が、手指の背側に配置されると共に手指の根元側から指先側に沿って延びるガイドに沿って移動することにより、接触部が移動し、接触部が手指に接触する接触位置が変更される。

【0013】

これにより、接触位置が変更しない構成に比して、手指に付与できる力覚及び触覚が多様となり、提示できる力覚及び触覚の自由度を高めることができる。

【0014】

また、請求項1では、手指の背側に配置されると共に手指の根元側から指先側に沿って延びるガイドに沿って移動体を移動させて接触位置を変更するので、従来の構成に比して簡易な構成で、提示できる力覚及び触覚の自由度を高めることができる。

【0015】

本発明の請求項2に係る力覚提示装置は、請求項1の構成において、前記ガイドは、前記手指が曲がる曲方向に指先側が湾曲しており、前記駆動部は、前記移動体を前記ガイドに沿って移動させることにより前記接触部を移動させ、前記接触部が前記手指に接触する接触方向及び前記接触位置を変更可能である。

【0016】

この構成によれば、接触部が設けられた移動体が、手指が曲がる曲方向に指先側が湾曲しているガイドに沿って移動することにより、接触部が移動し、接触部が手指に接触する接触方向及び接触位置が変更できる。

【0017】

このように接触方向も変更できるので、接触方向が変更しない構成に比して、簡易な構成で、提示できる力覚及び触覚の自由度を高めることができる。

【0018】

本発明の請求項3に係る力覚提示装置は、請求項2の構成において、前記ガイドは、前記手指としての人差し指の根元から、前記人差し指の指先、前記手指としての親指の指先、前記親指の根元の順に沿って延び、前記接触部は、前記人差し指と前記親指とにそれぞれ配置され、それぞれが前記人差し指と前記親指とに接触し、前記移動体は、前記人差し指と前記親指とにそれぞれ配置され、それぞれに前記接触部の各々が設けられている。

【0019】

この構成によれば、1つのガイドにより、親指及び人差し指に配置された接触部を移動させられるので、部品点数が低減でき、簡易な構成で接触位置を変更できる。

【0020】

本発明の請求項4に係る力覚提示装置は、請求項1又は請求項2の構成において、前記手指の根元側に配置され、前記ガイドの基端部を支持する支持部材と、前記手指が曲がる曲方向に前記ガイドの先端部を移動可能に前記ガイドの基端部と前記支持部材とを連結する連結部と、前記ガイドの先端部を前記曲方向へ移動させることにより前記手指に接触する接触方向を変更可能な第2駆動部とを備えている。

【0021】

この構成によれば、第2駆動部が、ガイドの先端部を曲方向へ移動させることにより手指に接触する接触方向を変更できる。

【0022】

このように接触方向も変更できるので、接触方向が変更しない構成に比して、簡易な構

10

20

30

40

50

成で、提示できる力覚及び触覚の自由度を高めることができる。

【0023】

本発明の請求項5に係る力覚提示装置は、請求項4の構成において、前記手指としての親指の手根中手関節を支点とした前記親指の移動の軌道に沿って前記ガイドを移動させる移動機構を備えている。

【0024】

この構成によれば、動きの自由度が高い親指に追従してガイドを移動できるので、提示できる力覚及び触覚の自由度を高めることができる。

【0025】

本発明の請求項6に係る力覚提示装置は、請求項1～5のいずれか1項に記載の構成において、前記ガイド、前記移動体、前記接触部、前記感覚付与機構及び前記駆動部を有する力覚提示装置本体と、前記手指を有する手の手首周りに回転可能に前記力覚提示装置本体を支持する本体支持体と、前記手の手首周りに前記力覚提示装置本体を回転させる回転機構と、を備える。

10

【0026】

この構成によれば、手の手首周りに力覚提示装置本体を回転させることができるので、手首の回転動作に対して力覚を提示することができる。

【0027】

本発明の請求項7に係る力覚提示装置は、請求項6の構成において、前記回転機構による前記力覚提示装置本体の回転を制動するブレーキを備える。

20

【0028】

この構成によれば、トルクを急激に変化させることができるので、手首の回転動作に対して、より大きな力覚を提示することができる。

【発明の効果】

【0029】

本発明は、上記構成としたので、手指に力覚及び触覚の少なくとも一方を提示する感覚提示装置において、簡易な構成で、提示できる力覚及び触覚の自由度を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

30

【図1】図1は、本実施形態に係る力覚提示装置10の構成を示す概略斜視図である。

【図2】図2は、本実施形態に係る力覚提示装置本体13の構成を示す概略斜視図である。

。

【図3】図3は、本実施形態に係る力覚提示装置本体13の構成を示す概略側面図である。

。

【図4】図4は、本実施形態に係る移動体40の構成を示す概略斜視図である。

【図5】図5は、図4の5-5線断面図である。

【図6】図6(A)は、ガイド42に移動可能に取り付けられた移動体40の取り付け構造を示す概略側面図であり、図6(B)は、図6(A)の6B-6B線断面図である。

【図7】図7は、力覚提示装置10を制御する制御システムを示す図である。

40

【図8】図8は、変形例に係る力覚提示装置本体113の構成を示す概略斜視図である。

【図9】図9は、変形例に係る力覚提示装置200の構成を示す概略斜視図である。

【図10】図10は、変形例に係る力覚提示装置200における本体支持体202、回転機構210及びブレーキ220の構成を示す概略斜視図である。

【図11】図11(A)は、変形例に係る力覚提示装置200における回転機構210及びブレーキ220の構成を示す概略断面図であり、図11(B)(C)は、図11(A)の矢印A方向から見た図であり、(B)は接触位置にあるカム222を示し、(C)は非接触位置にあるカム222を示す。

【発明を実施するための形態】

【0031】

50

以下に、本発明に係る実施形態の一例を図面に基づき説明する。

本実施形態では、手指に力覚及び触覚の少なくとも一方を提示する感覚提示装置として、手指に力覚を提示する力覚提示装置を説明する。

【0032】

感覚提示装置としては、力覚に加えて触覚を手指に提示する力覚提示装置であってもよく、手指に触覚のみを提示する触覚提示装置であってもよい。

【0033】

なお、力覚は、接触している物体から反力を受ける感覚をいい、触覚は、物体に接触した時の表面のザラザラ感などの皮膚感覚をいう。この力覚は、例えば、手指を押圧したり、手指に当接して手指の移動を規制したりすることにより、作用させることができる。また、触覚は、手指に接触する接触部に振動を与えるなどすることにより、作用させることができる。

【0034】

(本実施形態に係る力覚提示装置10の構成)

まず、本実施形態に係る力覚提示装置10の構成を説明する。図1は、本実施形態に係る力覚提示装置10の構成を示す概略斜視図である。図2は、本実施形態に係る力覚提示装置本体13の構成を示す概略斜視図である。図3は、本実施形態に係る力覚提示装置本体13の構成を示す概略側面図である。図4は、本実施形態に係る移動体40の構成を示す概略斜視図である。図5は、図4の5-5線断面図である。図6(A)は、ガイド42に移動可能に取り付けられた移動体40の取り付け構造を示す概略側面図であり、図6(B)は、図6(A)の6B-6B線断面図である。

【0035】

力覚提示装置10は、例えば、仮想空間にある仮想の対象をあたかも現実の対象であるかのように感じると共に操作することができる仮想物体操作システムに用いられる。

【0036】

仮想空間は、例えば、コンピュータ上にデータとして構築され、コンピュータグラフィックスなどの手法を用いて映像化され、ディスプレイ等に表示される。

【0037】

この映像化された仮想空間には、操作対象となる仮想物体と、その仮想物体を操作する操作者の仮想の手指とが表示される。

【0038】

力覚提示装置10は、操作者の現実の手指に装着され、現実の手指の実空間における位置と仮想の手指の仮想空間における位置との対応をとることができるようになっている。

【0039】

これにより、力覚提示装置10が装着された手指を動かすことで仮想の手指を動かし、仮想物体を操作することが可能となる。

【0040】

操作としては、例えば、仮想物体に接触すること、仮想物体を把持すること及び仮想物体を把持したままその物体を動かすことが可能である。

【0041】

力覚提示装置10は、操作者が、視覚的に仮想物体を操作していると感じるだけでなく、あたかも仮想物体を触ったり、把持したりしているような感覚を得られるように、操作者の手指に力覚を提示する。

【0042】

なお、力覚提示装置10は、組み立てや手術などの作業をスムーズに行うためのナビゲーションに用いたり、組み立てや手術などの作業を習熟するための訓練等に用いたりすることが可能である。以下、力覚提示装置10の具体的構成を示す。

【0043】

力覚提示装置10は、図1に示すように、力覚提示装置本体13と、力覚提示装置本体13を支持する支持機構70とを備えている。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

力覚提示装置本体 1 3 は、図 1、図 2 及び図 3 に示すように、手指の背側に配置されると共に手指の根元側から指先側に沿って延びるガイド 4 2 , 4 3 と、ガイド 4 2 に移動可能に取り付けられた移動体 4 0 , 4 1 と、ガイド 4 3 に移動可能に取り付けられた移動体 4 5 と、手指の根元側に配置されると共にガイド 4 2 , 4 3 を支持する支持体 6 0 とを備えている。

【 0 0 4 5 】

ガイド 4 2 , 4 3 及び移動体 4 0 , 4 1 , 4 5 は、例えば、炭素繊維強化プラスチック (CFRP)、アルミニウム・マグネシウム素材で形成されている。支持体 6 0 は、例えば、炭素繊維強化プラスチック (CFRP) やアルミニウム素材で形成されている。

10

【 0 0 4 6 】

なお、ガイド 4 2 , 4 3、移動体 4 0 , 4 1 , 4 5 及び支持体 6 0 は、軽量で剛性がある材料として、上記の材料を用いるのが好ましいが、上記の材料に限定されるものではなく、種々の材料を用いることができる。

【 0 0 4 7 】

また、支持体 6 0 は、図 2 に示すように、環状 (円筒状) に形成されており、手指 (手) が差し入れられる中空部 6 0 A が形成されている。支持体 6 0 の内周面には、ガイド 4 2 の一端部及び他端部と、ガイド 4 3 の一端部及び他端部とが取り付けられており、ガイド 4 2 , 4 3 が支持体 6 0 に固定されている。図 3 に示すように、支持体 6 0 の中空部 6 0 A に手指 (手) が差し入れられることにより、側面視にて、ガイド 4 2 と支持体 6 0 に

20

【 0 0 4 8 】

ガイド 4 2 は、手指としての人差し指 f の根元から、人差し指 f の指先、手指としての親指 t の指先、親指 t の根元の順に沿って延びており、一部が円弧状をした U 字状に形成されている。これにより、ガイド 4 2 は、人差し指 f の指先側に配置された部位 4 2 C が、人差し指 f が曲がる曲方向 A に湾曲しており、親指 t の指先側に配置された部位 4 2 D が、親指 t が曲がる曲方向 B に湾曲している。なお、手指が曲がる曲方向とは、具体的には、手指の根元側の部位に対して指先側の部位が動く方向である。

【 0 0 4 9 】

また、ガイド 4 2 は、断面 T 字状に形成されている (図 6 (B) 参照)。ガイド 4 2 は、T 字の横棒をなす横板 4 2 A と、その横棒の中央から延びる T 字の縦棒をなす縦板 4 2 B と、を備えて構成されている。

30

【 0 0 5 0 】

ガイド 4 3 は、ガイド 4 2 と同様に、手指としての中指の根元から中指の指先に沿って延びており、一部が円弧状をした U 字状に形成されている。これにより、ガイド 4 3 は、中指の指先側に配置された部位が、中指が曲がる曲方向に湾曲している。また、ガイド 4 3 は、ガイド 4 2 と同様に、断面 T 字状に形成されている (図 6 (B) 参照)。ガイド 4 3 は、T 字の横棒をなす横板 4 3 A と、その横棒の中央から延びる T 字の縦棒をなす縦板 4 3 B と、を備えて構成されている。

40

【 0 0 5 1 】

移動体 4 0 は、図 2 及び図 4 に示すように、ガイド 4 2 を間において、ガイド 4 2 の横方向の両側からガイド 4 2 を挟む一对の側板 4 0 A , 4 0 B を備えている。側板 4 0 A , 4 0 B は、矩形状に形成されており、4 つの隅部が軸部 3 2 で固定されている。

【 0 0 5 2 】

側板 4 0 A , 4 0 B には、縦板 4 2 B に接触する回転体 4 6 A , 4 6 B が、それぞれ回転可能に設けられており、移動体 4 0 は計 4 つの回転体を有している。回転体 4 6 A , 4 6 B は、具体的には、側板 4 0 A , 4 0 B に設けられた取付部 (取付板) 4 7 に取り付けられている

回転体 4 6 A , 4 6 B は、円盤状に形成されており、その外周面がそれぞれ縦板 4 2 B

50

に接触している。側板 40 A に設けられた回転体 46 A , 46 B と、側板 40 B に設けられた回転体 46 A , 46 B とが、それぞれ縦板 42 B を介して対向配置されており、対向配置された 2 つの回転体 46 A と対向配置された 2 つの回転体 46 B とは、それぞれ縦板 42 B を挟持している (図 6 (B) 参照) 。

【 0053 】

この回転体 46 A , 46 B がガイド 42 の縦板 42 B の表面を転がることにより、移動体 40 がガイド 42 に沿って移動した際に移動体 40 とガイド 42 との摩擦抵抗 (移動抵抗) が低減される。

【 0054 】

また、側板 40 A , 40 B には、横板 42 A に接触する回転体 48 A , 48 B が、それぞれ回転可能に設けられている。

10

【 0055 】

回転体 48 A , 48 B は、円盤状に形成されており、横板 42 A の一方の表面 (縦板 42 B が延出した側の面であって、手指配置側の内周面) に接触している。

【 0056 】

また、側板 40 A , 40 B には、横板 42 A に接触する回転体 49 A , 49 B が、それぞれ回転可能に設けられている。

【 0057 】

回転体 49 A , 49 B は、円盤状に形成されており、横板 42 A の他方の表面に接触している。回転体 49 A , 49 B は、それぞれ横板 42 A を介して回転体 48 A , 48 B と

20

対向配置されており、回転体 48 A , 48 B とで横板 42 A を挟持している
この回転体 49 A , 49 B と回転体 48 A , 48 B とが、ガイド 42 の横板 42 A の表面を転がることにより、移動体 40 がガイド 42 に沿って移動した際に移動体 40 とガイド 42 との摩擦抵抗 (移動抵抗) が低減される。

【 0058 】

横板 42 A の他方の表面には、図 3 に示すように、ラック 50 , 51 が形成されている。このラック 50 と噛み合うピニオン 52 が、移動体 40 を移動させるための駆動力を移動体 40 に付与する駆動部の一例としての駆動モータ 44 の駆動軸に取り付けられている。

【 0059 】

駆動モータ 44 は、側板 40 B に固定されている。なお、ラック 50 は、図 2 において図示を省略している。

30

【 0060 】

以上のように、回転体 46 A , 46 B でガイド 42 の縦板 42 B を挟持すると共に、回転体 48 A , 48 B と回転体 49 A , 49 B とでガイド 42 の横板 42 A を挟持することにより、移動体 40 は、ガイド 42 に移動可能に支持されている。

【 0061 】

そして、駆動モータ 44 が回転駆動することにより、ピニオン 52 が回転する。これにより、ピニオン 52 がラック 50 と噛み合って移動し、移動体 40 がガイド 42 に沿って図 3 における X 方向へ移動するようになっている。移動体 40 は、具体的には、人差し指 f (手指) の根元から指先に沿って延びる移動軌道であって人差し指 f が曲がる曲方向 A に湾曲する移動軌道に沿って移動する。これにより、接触部 12 が手指に接触する接触位置及び接触部 12 が手指に接触する接触方向が変更される。

40

【 0062 】

また、移動体 40 の側板 40 A には、手指側に延びる棒状のガイド 22 が設けられている。ガイド 22 は、側板 40 A に一体的に形成されている。

【 0063 】

ガイド 22 には、人間の手指の腹側に接触する接触部 12 が移動可能に設けられている。なお、手指の腹側とは、手指で物体の把持した場合に物体が接触しうる接触面であり、爪のある指の背中側とは反対側の部分である。

50

【 0 0 6 4 】

接触部 1 2 は、図 4 に示すように、L 字状に屈曲する板体で形成されている。L 字の一方の辺をなす板片 1 2 A の表面に手指が置かれる。L 字の他方の辺をなす板片 1 2 B は、ガイド 2 2 の長手方向 Y へ移動可能にガイド 2 2 に取り付けられている。

【 0 0 6 5 】

また、移動体 4 0 には、接触部を介して手指に力覚及び触覚の少なくとも一方を付与する感覚付与機構の一例として、接触部 1 2 を介して力覚を付与する力覚付与機構 2 0 が設けられている。力覚付与機構 2 0 は、上記のガイド 2 2 と、接触部 1 2 に駆動力を付与する駆動部の一例としての駆動モータ 2 4 と、駆動モータ 2 4 の駆動力を接触部 1 2 に伝達する伝達機構 2 6 と、を備えて構成されている。

10

【 0 0 6 6 】

伝達機構 2 6 は、接触部 1 2 が固定された環状のワイヤ 2 8 と、ワイヤ 2 8 が巻き掛けられた一对のプーリ 3 0、3 3 と、を備えて構成されている。

【 0 0 6 7 】

駆動モータ 2 4 は、側板 4 0 B に支持されており、駆動モータ 2 4 の駆動軸には、一方のプーリ 3 0 が取り付けられている。

【 0 0 6 8 】

他方のプーリ 3 3 は、ガイド 2 2 の先端部に回転可能に取り付けられている。ワイヤ 2 8 は、固定部 2 8 A により、接触部 1 2 の板片 1 2 B に固定されている。

【 0 0 6 9 】

駆動モータ 2 4 が回転駆動することにより、プーリ 3 0 が回転し、ワイヤ 2 8 が回転（循環）する。接触部 1 2 は、ワイヤ 2 8 に固定された接触部 1 2 は、ワイヤ 2 8 が回転（循環）することにより、ガイド 2 2 に沿ってガイド 2 2 の長手方向 Y へスライド移動する。これにより、人差し指 f に当接したり、人差し指 f を押圧したりすることにより、人差し指 f に力覚を付与することができる。

20

【 0 0 7 0 】

なお、手指に触覚を提示する構成の場合には、力覚付与機構 2 0 に加えて（力覚付与機構 2 0 に替えて）触覚付与機構が設けられる。触覚付与機構は、例えば、接触部 1 2 を振動させるように制御される駆動モータ 2 4 により構成することが可能である。駆動モータ 2 4 は、必要な周波数で ON / OFF を繰り返しことで、ワイヤ 2 8 を通じて接触部 1 2 に振動を付与する。

30

【 0 0 7 1 】

また、触覚付与機構としては、ワイヤ 2 8 に引っ張り力を変化させることによって、接触部 1 2 を振動させる構成とすることもできる。

【 0 0 7 2 】

さらに、触覚付与機構としては、例えば、接触部 1 2 を振動させるパイプレータ等で構成され、手指に振動を与えることにより触覚を付与する構成とすることができる。

【 0 0 7 3 】

ここで、移動体 4 1・移動体 4 5 及びその移動体 4 1・移動体 4 5 に設けられた各部材は、移動体 4 0 とその移動体 4 0 に設けられた各部材と同様に構成されているので、同様の機能を有する部分は、説明を省略し、主に異なる部分を説明する。

40

【 0 0 7 4 】

移動体 4 1 は、移動体 4 0 の側板 4 0 A と同様に構成された側板 4 1 A と、移動体 4 0 の側板 4 0 B と同様に構成された側板 4 1 B を備えている。

【 0 0 7 5 】

移動体 4 1 では、側板 4 1 B にある駆動モータ 4 4 の駆動軸に取り付けられたピニオン 5 2 は、ラック 5 1 と噛み合うようになっている。また、移動体 4 1 では、接触部 1 2 が移動可能に取り付けられたガイド 2 2 は、側板 4 1 A ではなく、側板 4 1 B に一体的に形成されている。

【 0 0 7 6 】

50

また、移動体 4 1 は、手指として親指に配置され、移動体 4 1 には親指が接触する接触部 1 2 が設けられている。

【 0 0 7 7 】

移動体 4 5 は、移動体 4 0 の側板 4 0 A と同様に構成された側板 4 5 A と、移動体 4 0 の側板 4 0 B と同様に構成された側板 4 5 B を備えている。

【 0 0 7 8 】

移動体 4 5 では、側板 4 5 B にある駆動モータ 4 4 の駆動軸に取り付けられたピニオン 5 2 は、ガイド 4 3 に形成されたラックと噛み合うようになっている。また、移動体 4 5 では、接触部 1 2 が移動可能に取り付けられたガイド 2 2 は、側板 4 5 A ではなく、側板 4 5 B に一体的に形成されている。

10

【 0 0 7 9 】

また、移動体 4 5 は、ガイド 4 2 と同様に構成されたガイド 4 3 に取り付けられており、移動体 4 0 及びその移動体 4 0 に設けられた各部材が、ガイド 4 2 に作用するのと同様に、移動体 4 5 及びその移動体 4 5 に設けられた各部材が、ガイド 4 3 に作用する。

【 0 0 8 0 】

また、移動体 4 5 は、手指として中指に配置され、移動体 4 5 には中指が接触する接触部 1 2 が設けられている。これにより、各手指（親指 t、人差し指 f、中指）に独立して力覚を付与することができる。

【 0 0 8 1 】

各移動体 4 0 , 4 1 , 4 5 の接触部 1 2 に各手指が接触することにより、力覚提示装置本体 1 3 が手指に装着される。

20

【 0 0 8 2 】

支持機構 7 0 は、図 1 に示すように、支持フレーム 7 2 と、支持フレーム 7 2 に回転可能に取り付けられた巻き掛けロール 7 3 と、巻き掛けロール 7 3 を回転駆動する駆動モータ 7 4 と、一端部が巻き掛けロール 7 3 に巻き掛けられたと共に他端部が力覚提示装置本体 1 3 に取り付けられたワイヤ 7 6 とを備えて構成されている。なお、支持機構 7 0 としては、多軸のロボット機構を用いることもできる。

【 0 0 8 3 】

支持フレーム 7 2 は、直方体に骨組みされている。巻き掛けロール 7 3 は、支持フレーム 7 2 の 8 つの隅部にそれぞれ配置されている。

30

【 0 0 8 4 】

各ワイヤ 7 6 は、一端部が力覚提示装置本体 1 3 に固定され、巻き掛けロール 7 3 に巻き掛けられている。駆動モータ 7 4 が巻き掛けロール 7 3 を一方に回転駆動することにより、巻き掛けロール 7 3 にワイヤ 7 6 が巻き付けられ、駆動モータ 7 4 が巻き掛けロール 7 3 を他方の回転駆動することにより、巻き掛けロール 7 3 からワイヤ 7 6 が巻き出される。

【 0 0 8 5 】

これにより、力覚提示装置本体 1 3（手及び手指）の姿勢制御をすること、及び力覚提示装置本体 1 3 の全体に力を作用させることが可能となり、外部から手指全体にかかる力覚を提示できる。外部から手指全体にかかる力覚としては、例えば、物体の重力、慣性力がある。

40

【 0 0 8 6 】

下方にある巻き掛けロール 7 3 にワイヤ 7 6 を巻き付けて力覚提示装置本体 1 3 を下方へ引っ張ることにより、重力を作用させることができる。仮想物体が重量の重い場合には、重量が軽い場合に比して、力覚提示装置本体 1 3 を引っ張る量を増加させる。

【 0 0 8 7 】

また、把持した仮想物体を動かしたときに発生する慣性力は、物体を動かした方向にある巻き掛けロール 7 3 にワイヤ 7 6 を巻き付けて力覚提示装置本体 1 3 を引っ張ることにより、作用させることができる。仮想物体を速く動かした場合には、遅く動かした場合に比して、力覚提示装置本体 1 3 を引っ張る量を増加させる。

50

【 0 0 8 8 】

なお、力覚提示装置本体 1 3 においては、力覚を提示していないときには、各部は自由状態となっており、力覚提示装置本体 1 3 が装着された手指は自由に動かすことができるようになっている。また、各駆動モータ 2 4、4 4、7 4 には、エンコーダが取り付けられており、その回転量を測定することにより手指の移動量を測定し、現実の手指の実空間における現在位置を把握できるようになっている。

【 0 0 8 9 】

上記のように、本実施形態では、力覚等を提示するために駆動する駆動部としての各駆動モータ 2 4、4 4、7 4 に設けられたエンコーダから、直接的に手指の位置を計測できるようになっており、外部から手指の位置を測定・推測して手指の位置を把握する方法とは異なる。

10

【 0 0 9 0 】

また、移動体 4 0、4 1、4 5 を移動させるための駆動部、接触部 1 2 を移動させるための駆動部、力覚提示装置本体 1 3 を移動させるための駆動部は、種々の機構、機械要素を用いることができ、例えば、電磁気やボールねじを利用したりニアアクチュエータや、導電性高分子・イオン性高分子を用いたソフトアクチュエータを活用することも可能である。

【 0 0 9 1 】

次に、力覚提示装置 1 0 を制御する制御システムを説明する。図 7 は、力覚提示装置 1 0 を制御する制御システムを示す図である。

20

【 0 0 9 2 】

力覚提示装置 1 0 を制御する制御システム 8 0 は、コンピュータグラフィックスを活用して、仮想の手指やその手指で操作する仮想物体の 3 次元モデルを管理するシーン管理部 8 2 と、仮想の手指と仮想物体との干渉状態を計算する干渉判定部 8 4 と、仮想物体の重量や拘束などの静的条件（例えば、仮想物体にかかる重力）や動的な特性（例えば、移動する物体に作用する慣性力）を計算する物理シミュレーション部 8 6 と、を備えている。

【 0 0 9 3 】

シーン管理部 8 2 は、予め設定される仮想物体の形状・大きさ、予め設定される手指（手）の形状・大きさ、予め設定される仮想物体の把持の仕方等の種々の条件に基づき、仮想の手指及び仮想物体の形状・大きさや初期状態における仮想物体と仮想の手指との位置関係等を決定する。また、シーン管理部 8 2 は、駆動モータ 2 4、4 4、7 4 のエンコーダにより現実の手指の実空間における現在位置を把握し、現実の手指の実空間における位置と仮想の手指の仮想空間における位置とを対応させるようになっており、現実の手指が移動するのに伴って仮想の手指を移動させる。

30

【 0 0 9 4 】

干渉判定部 8 4 は、仮想物体を把持する仮想の手指と、その仮想物体との干渉状態を計算する。

【 0 0 9 5 】

制御システム 8 0 は、図 1 に示す支持機構 7 0 のワイヤ 7 6 の巻き付け量及び巻き出し量を計算する支持機構計算部 8 8 と、支持機構 7 0 の駆動モータ 7 4 を駆動制御する支持機構コントローラ 9 0 とを備えている。

40

【 0 0 9 6 】

支持機構計算部 8 8 は、干渉判定部 8 4 で計算された干渉状態及び物理シミュレーション部 8 6 で計算された静的条件及び動的な特性に基づき、力覚提示装置本体 1 3 に負荷する荷重を計算し、ワイヤ 7 6 の巻き付け量及び巻き出し量を計算する。支持機構コントローラ 9 0 は、支持機構計算部 8 8 が計算したワイヤ 7 6 の巻き付け量及び巻き出し量に基づき、駆動モータ 7 4 を駆動制御する。

【 0 0 9 7 】

また、制御システム 8 0 は、手指に提示する力覚を計算する力覚計算部 9 2 を備えている。この力覚計算部 9 2 は、接触部 1 2 が手指に接触する接触位置（力覚を提示する提示

50

位置)を計算する接触位置計算部94と、手指に提示する力覚の強度を計算する力覚強度計算部96とを備えている。

【0098】

さらに、制御システム80は、接触位置コントローラ98と、力覚強度コントローラ99とを備えている。

【0099】

接触位置計算部94は、予め設定される仮想物体の形状・大きさ、予め設定される手指(手)の形状・大きさ、予め設定される仮想物体の把持の仕方等の種々の条件に基づき、手指に接触する接触部12の接触位置が計算される。

【0100】

接触位置コントローラ98は、接触位置計算部94が計算した接触部12の接触位置に基づき、移動体40, 41, 45を移動させるための駆動モータ44を駆動制御する。

【0101】

力覚強度計算部96は、干渉判定部84で計算された干渉状態及び物理シミュレーション部86で計算された静的条件及び動的な特性に基づき、接触部12を介して力覚付与機構20によって手指に付与する力覚の強度を計算する。

【0102】

力覚強度コントローラ99は、力覚強度計算部96が計算した手指に付与する力覚の強度に基づき、駆動モータ24を駆動制御する。

【0103】

(本実施形態に係る力覚提示装置10の作用)
次に、実施形態に係る力覚提示装置10の作用を説明する。

【0104】

本実施形態に係る力覚提示装置10によれば、接触位置コントローラ98によって駆動モータ44の駆動が制御されると、ラック50と噛み合うピニオン52が回転して、移動体40がガイド42に沿って移動する。また、ラック51と噛み合うピニオン52が回転して、移動体41がガイド42に沿って移動する。また、ガイド43のラックと噛み合うピニオン52が回転して、移動体45がガイド43に沿って移動する。

【0105】

これにより、接触部12が所望の位置に移動し、接触部12が手指に接触する接触位置が変更される。

【0106】

また、本実施形態に係る力覚提示装置10では、移動体40, 41, 45は、手指が曲がる曲方向に指先側が湾曲しているガイド42, 43に沿って移動するので、接触部12が手指に接触する接触方向が変更できる。

【0107】

このように、接触位置及び接触方向が変更できるので、手指に付与できる力覚が多様となり、提示できる力覚の自由度を高めることができる。

【0108】

また、本実施形態に係る力覚提示装置10では、手指の背側に配置されると共に手指の根元側から指先側に沿って延びるガイド42, 43に沿って移動体40, 41, 45を移動させて接触位置を変更するので、従来の構成に比して簡易な構成で、提示できる力覚及び触覚の自由度を高めることができる。

【0109】

また、本実施形態に係る力覚提示装置10では、1つのガイド42により、親指及び人差し指に配置された接触部12を移動させられるので、部品点数が低減でき、簡易な構成で接触位置を変更できる。

【0110】

(本実施形態に係る力覚提示装置本体13の変形例)
次に、変形例に係る力覚提示装置本体13の構成を説明する。図8は、変形例に係る力覚

10

20

30

40

50

提示装置本体 1 1 3 の構成を示す概略斜視図である。なお、上記の力覚提示装置本体 1 3 と同様に構成された部分については、同一符号を付してその説明を省略する。

【0 1 1 1】

変形例に係る力覚提示装置本体 1 1 3 は、力覚提示装置本体 1 3 のガイド 4 2 , 4 3 を変形したものであり、力覚提示装置本体 1 3 のガイド 4 2 , 4 3 に替えて、ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 を備えている。

【0 1 1 2】

ガイド 1 4 1 は、親指の背側に配置されると共に親指の根元側から指先側に沿って延びている。ガイド 1 4 1 には、移動体 4 1 が移動可能に取り付けられている。また、ガイド 1 4 1 には、ガイド 4 2 , 4 3 のラック 5 0 と同様のラックが形成されており、駆動モータ 4 4 でピニオン 5 2 を回転されることにより、移動体 4 1 をガイド 1 4 1 に沿って移動させられる。

10

【0 1 1 3】

ガイド 1 4 2 は、人差し指の背側に配置されると共に人差し指の根元側から指先側に沿って延びている。ガイド 1 4 2 には、移動体 4 0 が移動可能に取り付けられている。また、ガイド 1 4 2 には、ガイド 4 2 , 4 3 のラック 5 0 と同様のラックが形成されており、駆動モータ 4 4 でピニオン 5 2 を回転されることにより、移動体 4 0 をガイド 1 4 2 に沿って移動させられる。

【0 1 1 4】

ガイド 1 4 3 は、中指の背側に配置されると共に中指の根元側から指先側に沿って延びている。ガイド 1 4 3 には、移動体 4 5 が移動可能に取り付けられている。また、ガイド 1 4 3 には、ガイド 4 2 , 4 3 のラック 5 0 と同様のラックが形成されており、駆動モータ 4 4 でピニオン 5 2 を回転されることにより、移動体 4 5 をガイド 1 4 3 に沿って移動させられる。

20

【0 1 1 5】

ガイド 4 2 , 4 3 では、手指の指先側に配置された部位が、手指が曲がる曲方向に湾曲していたが、ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 は直線状に形成されている。なお、ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 は、手指の指先側に配置された部位が、手指が曲がる曲方向に湾曲していてもよい。

【0 1 1 6】

ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 は、それぞれ、基端部（支持端部）が、支持体 6 0 に取り付けられた支持部材 1 4 8 に支持されている。ガイド 1 4 2 , 1 4 3 を支持する支持部材 1 4 8 は、支持体 6 0 に固定されており、ガイド 1 4 1 を支持する支持部材 1 4 8 は、移動可能に支持体 6 0 に取り付けられている。

30

【0 1 1 7】

ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 の基端部と支持部材 1 4 8 との間には、ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 の基端部と支持部材 1 4 8 を連結する連結部の一例としてのヒンジ 1 5 0 が配置されている。

【0 1 1 8】

ヒンジ 1 5 0 は、手指が曲がる曲方向及びその反対方向 X 1 にガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 の先端部を移動可能に連結している。

40

【0 1 1 9】

ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 と支持部材 1 4 8 との間には、それぞれ、ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 の先端部を手指が曲がる曲方向及びその反対方向 X 1 へ移動させる第 2 駆動部としてのリニアアクチュエータ 1 5 2 が配置されている。

【0 1 2 0】

リニアアクチュエータ 1 5 2 の一端部は、ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 にそれぞれに取り付けられており、他端部は、支持部材 1 4 8 に取り付けられている。具体的には、リニアアクチュエータ 1 5 2 の本体が支持部材 1 4 8 に固定され、リニアアクチュエータ 1 5 2 の伸縮可能なロッド 1 5 2 A の先端部が、ガイド 1 4 1 , 1 4 2 , 1 4 3 に固定され

50

ている。ロッド 152A が縮むことによりガイド 141, 142, 143 の先端部が曲方向に移動し、ロッド 152A が伸びることによりガイド 141, 142, 143 の先端部が曲方向の反対方向へ移動する。なお、リニアアクチュエータ 152 としては、例えば、電磁気やボールねじを利用したものや、導電性高分子・イオン性高分子を用いたソフトアクチュエータを活用することも可能である。

【0121】

以上の構成により、移動体 40, 41, 45 の接触部 12 が手指に接触する接触位置及び接触方向が変更可能となる。

【0122】

なお、図 8 においては、移動体 40, 41, 45 をそれぞれ概略的に記載している。また、ガイド 141 に移動体 41 が取り付けられ、ガイド 142 に移動体 40 が取り付けられ、ガイド 143 に移動体 45 が取り付けられていたが、ガイド 141, 142, 143 には、適宜、移動体 40, 41, 45 のいずれかを用いることができる。

【0123】

ところで、親指は、手根中手関節を支点として、手のひらに直面する位置と手のひらの側方位置との間を横方向へ動くため、親指の移動の自由度が高い。そこで、変形例に係る力覚提示装置本体 113 では、親指の手根中手関節を支点とした親指の移動の軌道に沿って、ガイド 141 を移動させる移動機構 160 を備えている。

【0124】

移動機構 160 は、支持部材 148 を支持体 60 に沿って移動可能に支持体 60 に取り付けられる取付部 162 と、支持体 60 の外周面に形成されたラック 164 と、ラック 164 に噛み合うピニオン 166 と、ピニオン 166 を回転駆動する駆動モータ 168 とを備えている。

【0125】

この構成では、駆動モータ 168 がピニオン 166 を回転駆動することにより、取付部 162、支持部材 148、ヒンジ 150、ガイド 141 が一体に、支持体 60 に沿って円弧状に移動する。これにより、ガイド 141 が親指の手根中手関節を支点とした親指の移動の軌道に沿って移動する。

【0126】

この構成によれば、ガイド 141, 142, 143 の先端部の向きを変えることにより、移動体 40, 41, 45 の接触部 12 の接触位置に加えて、接触方向も変更できるので、提示できる力覚の自由度を高めることができる。

【0127】

また、動きの自由度が高い親指に追従してガイド 141 を移動できるので、提示できる力覚の自由度を高めることができる。

【0128】

なお、ガイド 141 を支持体 60 に沿って移動させるための駆動部は、種々の機構、機械要素を用いることができ、例えば、電磁気やボールねじを利用したりリニアアクチュエータや、導電性高分子・イオン性高分子を用いたソフトアクチュエータを活用することも可能である。

【0129】

(変形例に係る力覚提示装置 200 の構成)

次に、変形例に係る力覚提示装置 200 の構成を説明する。図 9 ~ 図 11 は、変形例に係る力覚提示装置 200 の構成を示す概略図である。なお、変形例に係る力覚提示装置 200 における力覚提示装置本体 13 及び支持機構 70 は、上記と同様の構成であるので、同一符号を付してその説明を省略する。

【0130】

変形例に係る力覚提示装置 200 は、図 9 及び図 10 に示すように、手指を有する手の手首周り(手首の軸周り)に回転可能に力覚提示装置本体 13 を支持する本体支持体 202 と、手首周りに力覚提示装置本体 13 を回転させる回転機構 210 と、を備えている。

【0131】

本体支持体202は、内径が、力覚提示装置本体13の支持体60の外径よりも大径とされた環状(円筒状)の第1支持部材204と、外径が第1支持部材204の内径よりも小径とされた環状(円筒状)の第2支持部材206と、を備えている。

【0132】

第1支持部材204及び第2支持部材206は、力覚提示装置本体13が装着される手の手首周りに沿って配置される。また、第2支持部材206は、図10及び図11(A)に示すように、第1支持部材204の内周側に配置されている。

【0133】

また、第1支持部材204には、図9に示すように、一端部が巻き掛けロール73に巻き掛けられた各ワイヤ76の他端部が取り付けられており、第1支持部材204は、支持機構70によって支持されている。このように、力覚提示装置200では、本体支持体202を介して力覚提示装置本体13が支持機構70に支持されている。

10

【0134】

第2支持部材206は、自らの軸周りに回転可能に第1支持部材204に支持されている。第2支持部材206は、例えば、ボールベアリングのように、第1支持部材204と第2支持部材206との間に介装された球状のボールによって回転可能に支持される。なお、第2支持部材206を回転可能に支持する構成としては、種々の構成とすることが可能である。

20

【0135】

第2支持部材206には、力覚提示装置本体13の支持体60が固定されており、第2支持部材206と力覚提示装置本体13とは一体に回転するようになっている。これにより、力覚提示装置本体13は、力覚提示装置本体13が手指に装着された状態においては、手首の軸周りに回転することになる。

【0136】

なお、本体支持体202としては、第1支持部材204及び第2支持部材206が環状に形成されたものに限られず、例えば、一部が切り欠けられていてもよく、種々の形状とすることが可能である。また、本体支持体202は、第1支持部材204のみで構成されていてもよい。この場合は、力覚提示装置本体13が直接、第1支持部材204に支持される。

30

【0137】

回転機構210は、図10及び図11(A)に示すように、第2支持部材206の外周面に形成されたラック212と、このラック212と噛み合うピニオン214と、ピニオン214を回転駆動するための駆動モータ216とを備えている。ピニオン214は、第1支持部材204に非接触とされた状態で、第2支持部材206と第1支持部材204との間に配置されると共に、駆動モータ216の駆動軸216Aに固定されている。駆動モータ216は、ブラケット218を介して第1支持部材204に固定されている。

【0138】

この構成によれば、駆動モータ216がピニオン214を回転駆動することにより、ラック212が形成された第2支持部材206を回転させる。これにより、力覚提示装置本体13が、手首の軸周りに回転し、手首の回転動作に対して、力覚を提示することができる。

40

【0139】

なお、回転機構210としては、上記構成に限られず、例えば、ワイヤやベルトなどの他の機械要素を用いた構成としてもよく、種々の構成とすることが可能である。

【0140】

また、力覚提示装置200においては、力覚を提示していないときには、第2支持部材206は第1支持部材204に対して回転自在とされており、力覚提示装置本体13が装着された手の手首は自由に動かすことができるようになっている。また、駆動モータ216には、エンコーダが取り付けられており、その回転量を測定することにより手首の回転

50

量を測定し、現実の手首の実空間における回転位置を把握できるようになっている。

【0141】

変形例に係る力覚提示装置200は、回転機構210による力覚提示装置本体13の回転を止めるブレーキ220を備えている。このブレーキ220は、図10及び図11(A)に示すように、第2支持部材206の回転軸方向に沿った回転軸を有するカム222と、カム222の回転角を制御する駆動モータ224とを備えている。

【0142】

カム222は、第1支持部材204と第2支持部材206との間に配置されると共に、駆動モータ224の駆動軸224Aに固定されている。駆動モータ224は、ブラケット226を介して第1支持部材204に固定されている。

10

【0143】

また、カム222は、回転軸から距離が一定ではない外周を有しており、外周が第1支持部材204及び第2支持部材206に接触する接触位置(図11(B))と、外周が少なくとも第2支持部材206に接触しない非接触位置(図11(C))との間を回転するようになっている。

【0144】

これにより、駆動モータ224によりカム222を非接触位置に回転させることで、第2支持部材206が回転する際の回転負荷が生じないようにすることができる。

また、駆動モータ224によりカム222を接触位置に回転させることで、カム222の外周を第1支持部材204及び第2支持部材206に接触させて、力覚提示装置本体13の回転が制動される。これにより、トルクを急激に変化させることができるので、力覚提示装置本体13が装着された手の手首の回転動作に対して、より大きな力覚を提示することが可能となる。

20

【0145】

なお、カム222は回転角によって第2支持部材206との接触面積が変化するように構成されていてもよい。これにより、回転する第2支持部材206の制動力を調整でき、提示される力覚を調整可能となる。また、カム222の表面に、摩擦力を高めるための摩擦材を貼り付けて、制動効率を向上させるように構成してもよい。また、ブレーキ220としては、上記の構成に限られず、種々の構成を用いることが可能である。

【0146】

また、変形例に係る力覚提示装置200は、力覚提示装置本体13を備える構成であったが、力覚提示装置本体13に替えて、上述した力覚提示装置本体113を備える構成であっても良い。

30

【0147】

本発明は、上記の実施形態に限るものではなく、種々の変形、変更、改良が可能である。

【符号の説明】

【0148】

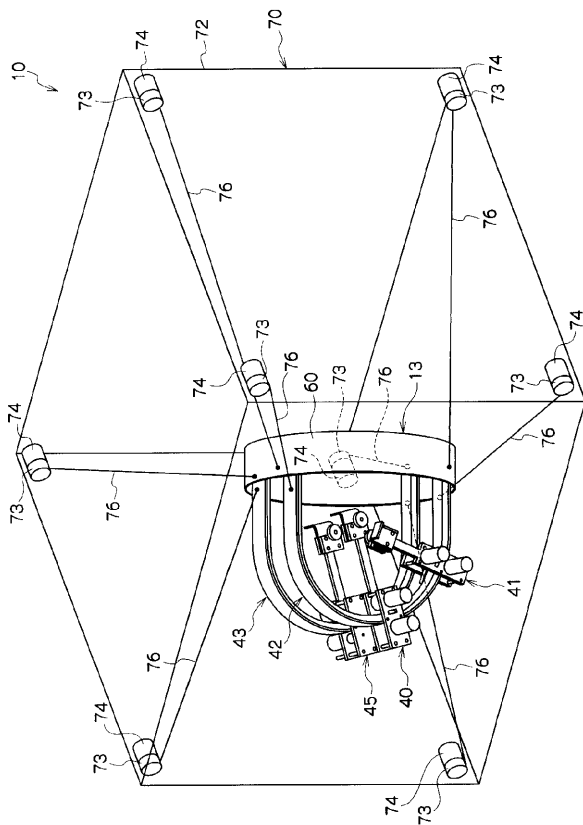
- 10 力覚提示装置(感覚提示装置)
- 12 接触部
- 13 力覚提示装置本体
- 20 力覚付与機構(感覚付与機構)
- 40 移動体
- 41 移動体
- 42 ガイド
- 43 ガイド
- 44 駆動モータ(駆動部)
- 45 移動体
- 113 力覚提示装置本体
- 141 ガイド

40

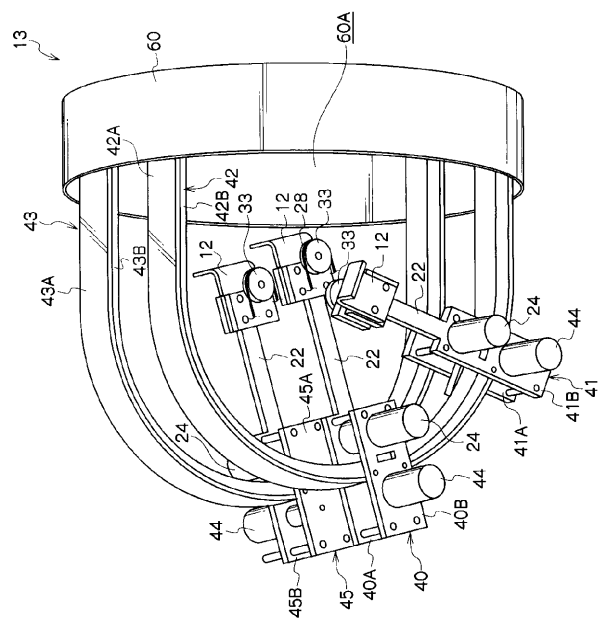
50

- 1 4 2 ガイド
- 1 4 3 ガイド
- 1 4 8 支持部材
- 1 5 0 ヒンジ（連結部）
- 1 5 2 リニアアクチュエータ（第 2 駆動部）
- 1 6 0 移動機構
- 2 0 2 本体支持体
- 2 1 0 回転機構
- 2 2 0 ブレーキ

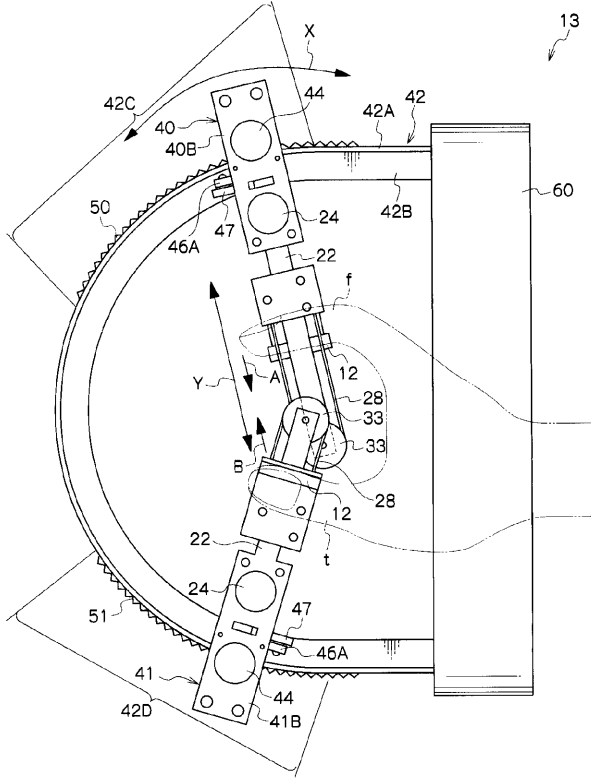
【 図 1 】



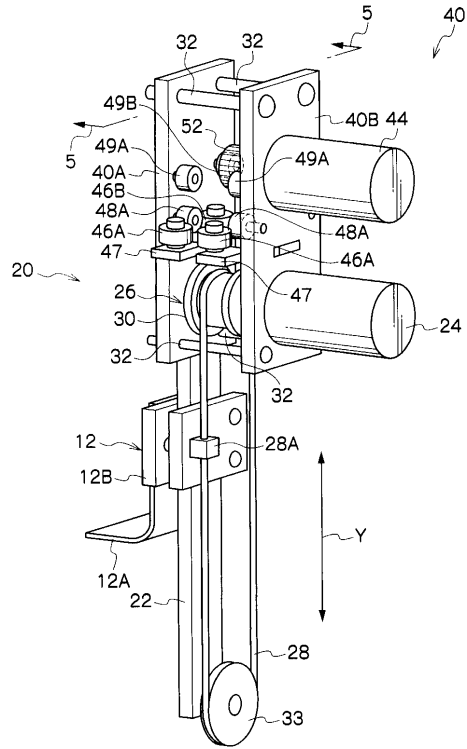
【 図 2 】



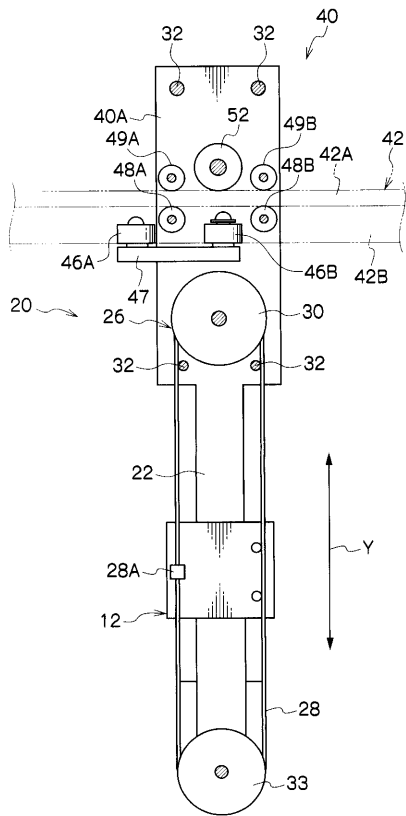
【 図 3 】



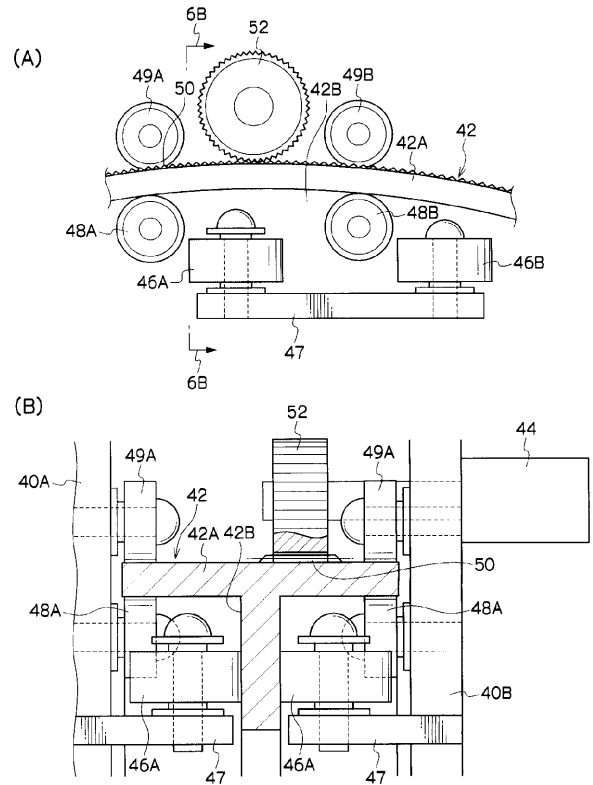
【 図 4 】



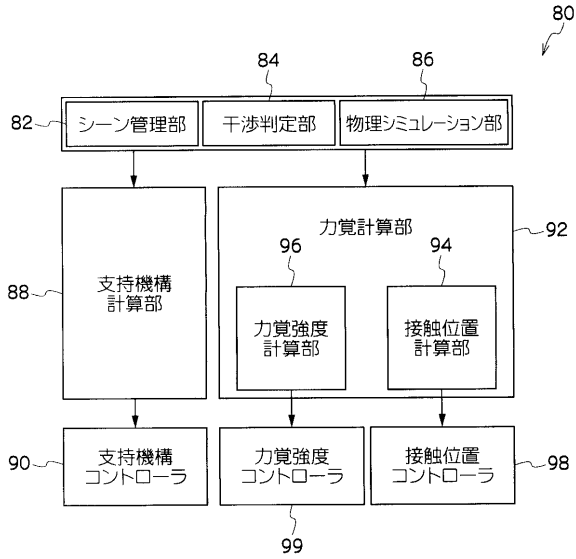
【 図 5 】



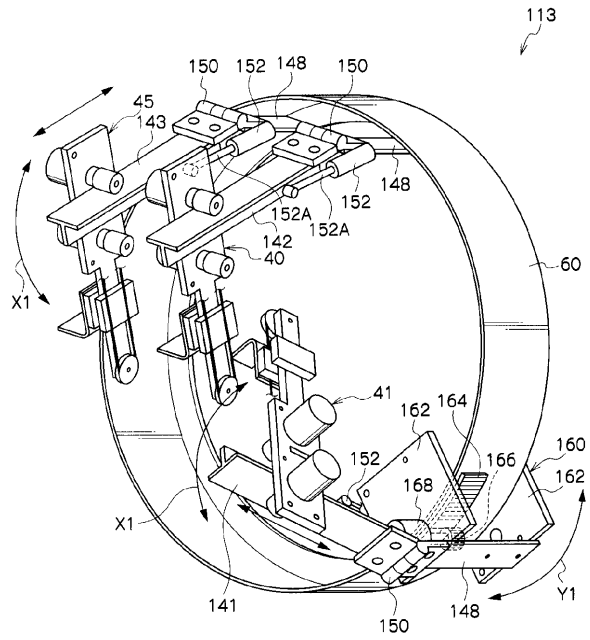
【 図 6 】



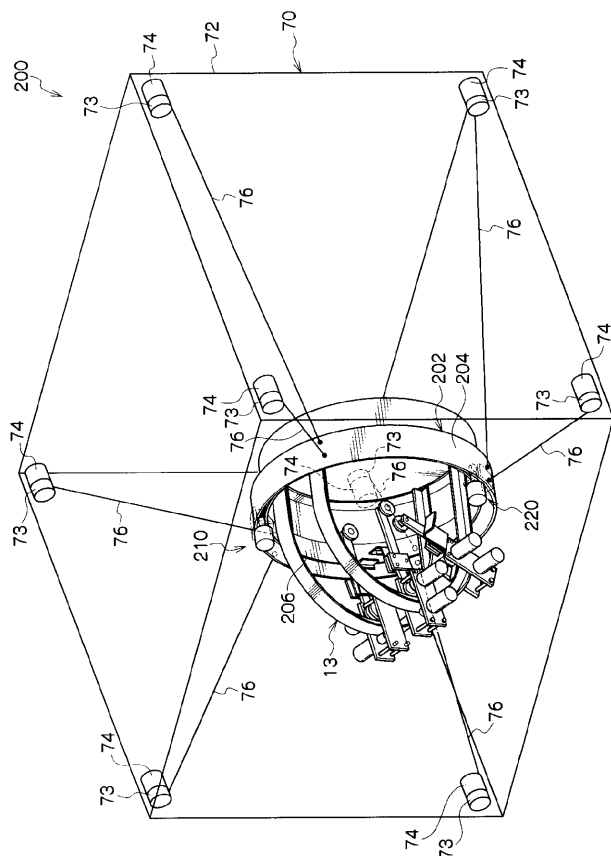
【 図 7 】



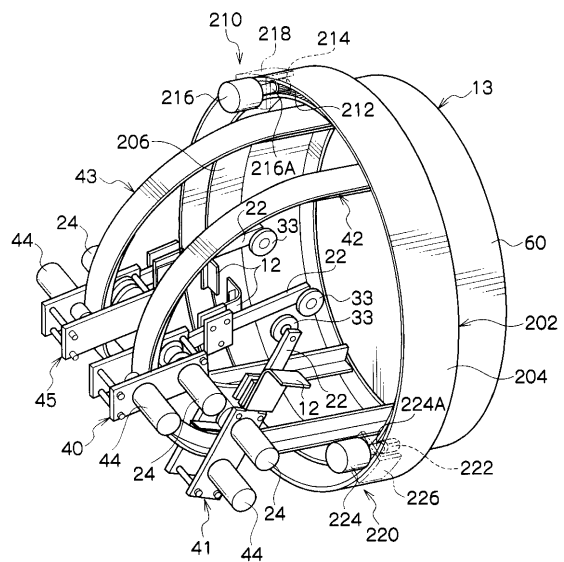
【 図 8 】



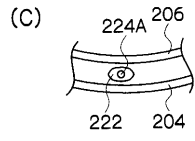
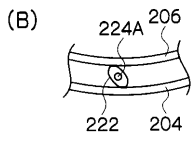
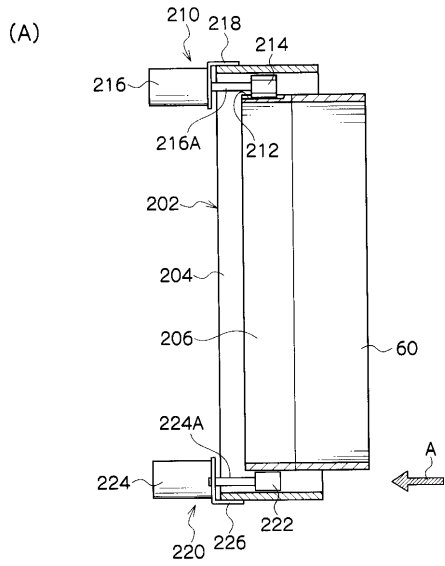
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 曾根 順治
神奈川県厚木市飯山 1 5 8 3 学校法人東京工芸大学内