(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年1月18日(18.01.2018)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2018/011929 A1

(51) 国際特許分類:
B06B 1/04 (2006.01) *G06F 3/0346* (2013.01)
G06F 3/01 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2016/070746

(22) 国際出願日： 2016年7月13日(13.07.2016)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: 富士通株式会社(**FUJITSU LIMITED**) [JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 谷 中 聖 志 (**TANINAKA, Kiyoshi**); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 遠藤 康浩(**ENDO, Yasuhiro**); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外(**ITOH, Tadashige** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内 ＭＹ ＰＬＡＺＡ （明治安田生命ビル） １６階 Tokyo (JP).

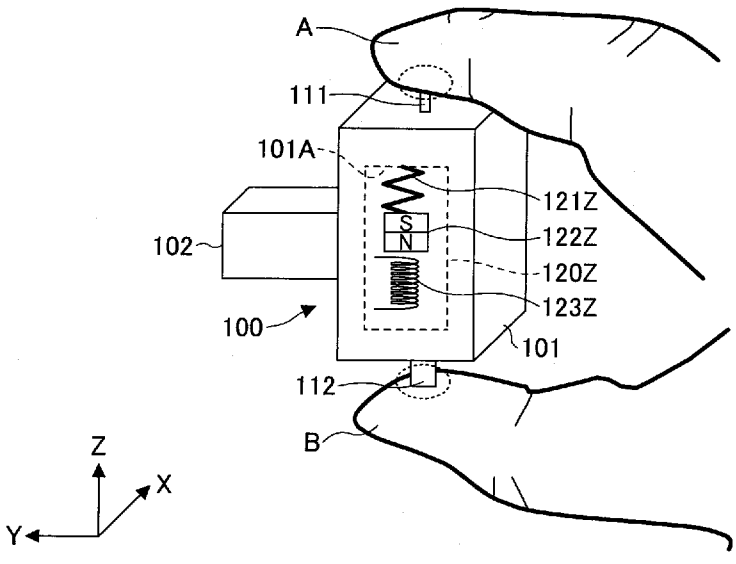
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,

WO 2018/011929 A1

(54) **Title:** TOUCH SENSATION PROVIDING DEVICE AND SIMULATION SYSTEM

(54) 発明の名称： 触感提供装置、及び、シミュレーションシステム

[図7]



(57) **Abstract:** Provided is a touch sensation providing device capable of providing a touch sensation in the direction of pressing the surface of the skin or providing a pulling sensation in the direction opposite to the pressing direction. This touch sensation providing device includes: a casing having a first side and a second side opposite the first side; a first attachment part attached to the first side of the casing; a first contactor located opposite the first attachment part and having a first contacting section to be brought into contact with a first portion of the skin; a second attachment part attached to the

[続葉有]

NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

second side of the casing; a second contactor located opposite the second attachment part and having a second contacting section to be brought into contact with a second portion of the skin; a first oscillator attached to the casing and oscillating the casing in the direction in which the first contactor and the second contactor are connected; and a first driving control unit which drives the first oscillator in response to a first driving signal which allows the first oscillator to reciprocate in the direction in which the first contactor and the second contactor are connected, wherein the speeds of oscillation in a first direction and a second direction opposite the first direction are different in the reciprocation.

(57) 要約:皮膚の表面を押圧する方向、又は、皮膚の表面を押圧する方向とは反対の方向に引っ張る触感を提供することができる触感提供装置を提供する。 触感提供装置は、第１の側と、第１の側とは反対の第２の側とを有する筐体と、筐体の第１の側に取り付けられる第１取り付け部と、第１取り付け部の反対に位置し、皮膚の第１部に接触する第１接触部とを有する第１接触子と、筐体の第２の側に取り付けられる第２取り付け部と、第２取り付け部の反対に位置し、皮膚の第２部に接触する第２接触部とを有する第２接触子と、筐体に取り付けられ、第１接触子と第２接触子とを結ぶ方向に沿って筐体を振動させる第１振動子と、第１振動子を第１接触子と第２接触子とを結ぶ方向に沿って往復運動させる第１駆動信号であって、往復運動における第１方向と、第１方向の逆の第２方向とに振動させる速度が異なる第１駆動信号で第１振動子を駆動する第１駆動制御部とを含む。

明　細　書

発明の名称 ： 触感提供装置、及び、シミュレーションシステム

技術分野

[0001] 本発明は、触感提供装置、及び、シミュレーションシステムに関する。

背景技術

[0002] 従来より、支持部と、前記支持部に一端が支持された弾性体と、前記弾性体の他端に支持され、前記支持部に対して周期的な加速度運動を行う運動部材と、流された電流に応じた加速度を前記運動部材に与えるコイルと、を有する加速度発生装置がある。

[0003] 前記運動部材に所望の方向の加速度を与える向きの電流を前記コイルに流す第１の期間と、それ以外の第２の期間と、を周期的に繰り返し、周期に占める前記第１の期間の割合が前記第２の期間の割合と異なり、前記周期的な加速度運動の周波数は８０Ｈｚまたは８０Ｈｚ近傍の周波数成分を含む（例えば、特許文献１及び非特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１５－２２３５６３号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Distinct Pseudo-Attraction Force Sensation by a Thumb-Sized Vibrator that Oscillates Asymmetrically, In Proc. of Eurohaptics 2014, pp.88-95, Versailles, France, June 2014.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、従来の加速度発生装置は、振動する方向が指先の皮膚の表面と平行な方向であり、皮膚を押圧する方向に振動していない。これは、主に、指先の皮膚にある受容器が皮膚に平行な方向の剪断力を感じ取りやすいため、指先の皮膚の表面に平行な方向に引っ張る触感を提供するためである。

[0007] このような受容器は指先の腹の部分（指紋がある部分）に多く存在するが、指先の腹の部分以外の皮膚にも存在するため、指先の腹の部分以外の皮膚が従来の加速度発生装置に触れた場合にも、皮膚の表面に平行な方向に引っ張る触感が提供される。

[0008] このため、従来の加速度発生装置は、皮膚の表面に平行な方向に引っ張る触感を提供することができるが、皮膚の表面を押圧する触感を提供することができない。

[0009] そこで、皮膚の表面を押圧する触感を提供することができる触感提供装置、及び、シミュレーションシステム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

[0010] 本発明の実施の形態の触感提供装置は、第１の側と、前記第１の側とは反対の第２の側とを有する筐体と、前記筐体の前記第１の側に取り付けられる第１取り付け部と、前記第１取り付け部の反対に位置し、皮膚の第１部に接触する第１接触部とを有する第１接触子と、前記筐体の前記第２の側に取り付けられる第２取り付け部と、前記第２取り付け部の反対に位置し、皮膚の第２部に接触する第２接触部とを有する第２接触子と、前記筐体に取り付けられ、前記第１接触子と前記第２接触子とを結ぶ方向に沿って前記筐体を振動させる第１振動子と、前記第１振動子を前記第１接触子と前記第２接触子とを結ぶ方向に沿って往復運動させる第１駆動信号であって、前記往復運動における第１方向と、前記第１方向の逆の第２方向とに振動させる速度が異なる第１駆動信号で前記第１振動子を駆動する第１駆動制御部とを含む。

発明の効果

[0011] 皮膚の表面を押圧する触感を提供することができる触感提供装置、及び、シミュレーションシステムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態の触感提供装置１００を示す斜視図である。

[図2]触感提供装置１００の内部構成の一部を透過的に示す図である。

[図3]触感提供装置１００の内部構成の一部を透過的に示す図である。

[図4]触感提供装置１００の内部構成の一部を透過的に示す図である。

[図5]触感提供装置１００の内部構成の一部を透過的に示す図である。

[図6]触感提供装置１００の使用形態の一例を示す図である。

[図7]触感提供装置１００によって利用者の皮膚に提供される触感を説明する図である。

[図8]触感提供装置１００によって利用者の皮膚に提供される触感を説明する図である。

[図9]触感提供装置１００によって利用者の皮膚に提供される触感を説明する図である。

[図10]触感提供装置１００によって利用者の皮膚に提供される触感を説明する図である。

[図11]触感提供装置１００によって利用者の皮膚に提供される触感を説明する図である。

[図12]振動子１２０Ｚの駆動回路と駆動パターンを示す図である。

[図13]触感提供装置１００の内部構成を示す図である。

[図14]実施の形態１のシミュレーションシステム２００を示す図である。

[図15]実施の形態１の処理装置２２０が適用されるコンピュータシステムの斜視図である。

[図16]コンピュータシステム１０の本体部１１内の要部の構成を説明するブロック図である。

[図17]物品データを示す図である。

[図18]物品の画像の一例を示す図である。

[図19]反力Ｆと振幅値とを関連付けたテーブル形式のデータを示す図である。

[図20]実施の形態１の処理装置２２０が実行する処理を示すフローチャートである。

[図21]触感提供装置１００の駆動制御部１４０が振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚを駆動する際に実行する処理を示すフローチャートである。

[図22]実施の形態の変形例の触感提供装置１００Ａ、１００Ｂ、及び１００Ｃを示す図である。

[図23]実施の形態の変形例の触感提供装置１００Ａ、１００Ｂ、及び１００Ｃを示す図である。

[図24]実施の形態の変形例の触感提供装置１００Ａ、１００Ｂ、及び１００Ｃを示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の触感提供装置、及び、シミュレーションシステムを適用した実施の形態について説明する。

[0014] ＜実施の形態＞

図１は、実施の形態の触感提供装置１００を示す斜視図である。図２乃至図５は、触感提供装置１００の内部構成の一部を透過的に示す図である。図６は、触感提供装置１００の使用形態の一例を示す図である。なお、図１乃至図６では、共通のＸＹＺ座標系を用いる。

[0015] 図１に示すように、触感提供装置１００は、筐体１０１、１０２、１０３、接触子１１１、１１２、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚ、及びマーカ１３０を含む。触感提供装置１００は、この他に、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚの駆動制御を行う駆動制御部等を含むが、ここでは図示を省略する。なお、図２乃至図５では、マーカ１３０を省略する。

[0016] 筐体１０１、１０２、１０３は、触感提供装置１００の本体になる部分であり、Ｚ軸方向に延在する筐体１０１から筐体１０２及び１０３がＸ軸負方向及びＹ軸正方向に分岐するように設けられている。

[0017] 筐体１０１、１０２、１０３は、例えば、樹脂等の絶縁体製又は金属製であり、一体的に成型されていてもよいし、筐体１０１に対して筐体１０２及び１０３を取り付けた構成であってもよい。

[0018] 筐体１０１、１０２、１０３の内部には、それぞれ、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚが設けられている。また、筐体１０１のＺ軸正方向側の端部には、接触子１１１が設けられ、筐体１０１のＺ軸負方向側の端部には、

接触子１１２が設けられている。接触子１１１、１１２は、筐体１０１と一体的に成型されていてもよいし、筐体１０１に対して取り付けられていてもよい。

[0019] 筐体１０１、１０２、１０３は、振動子１２０ＺがＺ軸方向に往復運動すると、Ｚ軸方向に往復的に振動する。筐体１０１、１０２、１０３は、振動子１２０ＸがＸ軸方向に往復運動すると、Ｘ軸方向に往復的に振動する。筐体１０１、１０２、１０３は、振動子１２０ＹがＹ軸方向に往復運動すると、Ｙ軸方向に往復的に振動する。

[0020] このため、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚのうちの少なくともいずれか２つを往復運動させれば、二次元的な振動が得られる。また、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚのすべてを往復運動させれば、三次元的な振動が得られる。

[0021] 接触子１１１、１１２は、円柱状の部材である。接触子１１１、１１２は、それぞれ、筐体１０１のＺ軸正方向側の端部と、Ｚ軸負方向側の端部とに設けられている。接触子１１１、１１２は、一例として、筐体１０１のＺ軸正方向側の端面の中央と、Ｚ軸負方向側の端面の中央とに設けられている。

[0022] 接触子１１１は、第１接触子の一例であり、接触子１１２は、第２接触子の一例である。接触子１１１が筐体１０１に取り付けられる部分は、第１取り付け部の一例であり、接触子１１１の先端は、第１接触部の一例である。接触子１１２が筐体１０１に取り付けられる部分は、第２取り付け部の一例であり、接触子１１２の先端は、第２接触部の一例である。

[0023] 接触子１１１、１１２は、例えば、樹脂等の絶縁体製又は金属製であり、筐体１０１と一体的に成型されていてもよいし、筐体１０１に対して取り付けられていてもよい。

[0024] 接触子１１１、１１２は、例えば、図６に示すように、触感提供装置１００の利用者の人差し指Ａと親指Ｂとによって把持される。このように、人差し指Ａと親指Ｂとによって接触子１１１、１１２が把持されることによって、触感提供装置１００は、利用者によって保持される。

[0025] 触感提供装置１００は、接触子１１１が鉛直方向における上方に位置し、接触子１１２が鉛直方向における下方に位置するように、利用者によって保持される使用形態が前提になっている。ここで、触感提供装置１００の使用形態において、接触子１１１と１１２を結ぶ方向は、鉛直方向に並行である必要はない。接触子１１１が接触子１１２に対して、相対的に上方に位置していればよい。

[0026] 接触子１１１のＺ軸正方向側の端部の面積は、接触子１１２のＺ軸負方向側の端部の面積よりも小さくされている。これは、次のような理由によるものである。触感提供装置１００の使用形態において、利用者は、接触子１１１が接触子１１２よりも上方に位置するように、触感提供装置１００を保持する。

[0027] このため、接触子１１１と接触子１１２を結ぶ方向が鉛直方向に平行な場合には、触感提供装置１００の自重は、接触子１１２に掛かることになる。また、接触子１１１と接触子１１２を結ぶ方向が鉛直方向に平行ではない場合には、触感提供装置１００の自重は、接触子１１１よりも接触子１１２に多く掛かることになる。

[0028] 触感提供装置１００は、振動子１２０Ｚを振動させることによって、利用者の人差し指Ａと親指Ｂの指先の腹（指紋がある部分）において、皮膚を押圧する方向に触感を与える。このため、皮膚を押圧する方向において、自重の影響を抑制するために、接触子１１１のＺ軸正方向側の端部の面積を、接触子１１２のＺ軸負方向側の端部の面積よりも小さくしている。

[0029] 一例として、接触子１１１のＺ軸正方向側の端部の面積と、接触子１１２のＺ軸負方向側の端部の面積とは、接触子１１１と接触子１１２を結ぶ方向が鉛直方向に平行になるように利用者が触感提供装置１００を保持した場合に、利用者が人差し指Ａと親指Ｂで受ける面圧が等しくなるように、設定されている。人差し指Ａと親指Ｂで受ける面圧が等しくなれば、人差し指Ａと親指Ｂで受ける触感の強度が等しくなるからである。

[0030] ここで、接触子１１１、１１２の端部に掛かる力について、より具体的に

説明する。接触子１１１のＺ軸正方向側の端部の面積をS_a、円柱状の接触子１１１のＺ軸正方向側の端部の外周の長さをL_aとする。接触子１１２のＺ軸負方向側の端部の面積をS_b、円柱状の接触子１１２のＺ軸負方向側の端部の外周の長さをL_bとする。

[0031] また、図６に示すように、人差し指Ａと親指Ｂで接触子１１１、１１２を把持する際に、人差し指Ａと親指Ｂから接触子１１１、１１２にＺ軸方向に掛かる把持力をF_0（Ｎ）とし、触感提供装置１００の自重Ｍによって生じる重力（Ｚ軸負方向向き）をＭｇ（Ｎ）とする。

[0032] 人差し指Ａと親指Ｂの皮膚に掛かる面圧σ_a、σ_bは、次式（１）で表される。

[0033] [数1]

$$\sigma_a = \frac{F_0}{S_a},\ \sigma_b = \frac{F_0 + Mg}{S_b} \qquad (1)$$

また、円柱状の接触子１１１、１１２の端部から、人差し指Ａと親指Ｂの皮膚が受ける力は、主に、円柱状の接触子１１１、１１２の端部の外周（長さL_a、L_b）に沿って生じる。人差し指Ａと親指Ｂの皮膚が接触子１１１、１１２の端部の外周から受ける力σ_a、σ_bは、次式（２）で表される。力σ_a、σ_bは、それぞれ、長さL_a、L_bで割った、長さL_a、L_bあたりの力（Ｎ／ｍ）である。

[0034] [数2]

$$\tau_a = \frac{F_0}{l_a},\ \tau_b = \frac{F_0 + Mg}{l_b} \qquad (2)$$

人差し指Ａと親指Ｂの皮膚に掛かる面圧が等しければ、利用者が触感提供装置１００の自重Ｍの影響を感じ取りにくくなると考えられる。$\sigma_a = \sigma_b$を実現するには、式（１）から式（３）を導き出すことができる。

[0035] [数3]

$$\frac{S_a}{S_b} = \frac{F_0}{Mg + F_0} \qquad (3)$$

従って、式（３）が成立するように、触感提供装置１００の自重Ｍ、接触子１１１のＺ軸正方向側の端部の面積S_a、接触子１１２のＺ軸負方向側の端部の面積S_bを設定すればよい。

[0036] なお、ここでは、接触子１１１、１１２が円柱状の部材である形態について説明するが、接触子１１１、１１２は、円柱状以外の形状の部材であってもよい。円柱状の部材ではない場合であっても、接触子１１１のＺ軸正方向側の端部の面積は、接触子１１２のＺ軸負方向側の端部の面積よりも小さくされていればよい。例えば、接触子１１１のＺ軸正方向側の端部に、Ｚ軸負方向に凹む凹部を設けることによって、接触子１１１と１１２の面積の関係を保持するようにしてもよい。

[0037] また、接触子１１１のＺ軸正方向側の端部と、接触子１１２のＺ軸負方向側の端部とは、端面を有するように、側面との間にある程度の角があるような形状であることが好ましい。より良好な触感を提供するためである。

[0038] なお、接触子１１２のＺ軸負方向側の端部の面積は、親指で把持することを想定して、親指のひら（腹）の面積よりも小さいか、あるいは、等しいサイズに設定される。一例として、直径が２３．４ｍｍの円よりも小さいか、あるいは、等しいサイズに設定される。また、親指以外の指で把持することを想定する場合には、接触子１１２のＺ軸負方向側の端部の面積を想定される指のサイズに合わせればよい。

[0039] 振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚは、それぞれ、筐体１０１、１０２、１０３の内部に設けられている。上述したように、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚは、筐体１０１、１０２、１０３の全体を、それぞれ、Ｘ軸方向、Ｙ軸方向、Ｚ軸方向に往復運動させるために設けられている。振動子１２０Ｚは、第１振動子の一例であり、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙは、第２振動子の一例である。

[0040] 振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚは、互いに同様の構成を有するため、ここでは、振動子１２０Ｚの構成について説明する。図２に示すように、振動子１２０Ｚは、ばね１２１Ｚ、永久磁石１２２Ｚ、及び電磁コイル１２３Ｚを有する。

[0041] ばね１２１Ｚは、筐体１０１のＺ軸正方向側の内壁１０１Ａに、Ｚ軸負方向に向かって延在するように固定されている。バネ１２１Ｚの内壁１０１Ａに固定される端部は固定端であり、反対側の永久磁石１２２Ｚに固定される端部は自由端である。

[0042] 永久磁石１２２Ｚは、ばね１２１ＺのＺ軸負方向側の端部（自由端）に取り付けられている。一例として、Ｓ極がＺ軸正方向側に位置し、Ｎ極がＺ軸負方向側に位置する。永久磁石１２２ＺのＮ極のＺ軸負方向側には、電磁コイル１２３Ｚが設けられている。

[0043] 電磁コイル１２３Ｚは、図示しない駆動制御部から電流が供給されると、永久磁石１２２ＺをＺ軸負方向に吸引する。この状態で、ばね１２１Ｚは、Ｚ軸負方向に引き延ばされる。電磁コイル１２３Ｚに電流が供給されない状態では、永久磁石１２２Ｚは、ばね１２１Ｚの収縮力によってＺ軸正方向に引き戻される。このため、電磁コイル１２３Ｚに所定の周波数で断続的に電流を流すことにより、永久磁石１２２ＺをＺ軸方向に往復運動させることができる。

[0044] ここで、永久磁石１２２ＺをＺ軸方向に往復運動させる際には、Ｚ軸正方向に移動させる速度と、Ｚ軸負方向に移動させる速度とが異なるように振動子１２０Ｚの駆動制御を行う。このような振動子１２０Ｚの駆動制御につい

ては後述する。

[0045] マーカ１３０は、筐体１０１に取り付けられている。マーカ１３０は、複数の球体を有し、後述するシミュレーションシステムにおいて赤外線が照射されると、赤外線を様々な方向に反射する。マーカ１３０は、シミュレーションシステムの処理装置が触感提供装置１００の位置を検出する際に用いられる。

[0046] 図７乃至図１１は、触感提供装置１００によって利用者の皮膚に提供される触感を説明する図である。なお、図１０及び図１１では、触感提供装置１００を簡略化して示す。

[0047] 図７に示すように、利用者が人差し指Ａと親指Ｂとによって接触子１１１、１１２を把持すると、図８に示すように接触子１１１の上端は人差し指Ａの皮膚を押圧してめり込み、図９に示すように接触子１１２の下端は親指Ｂの皮膚を押圧してめり込む。

[0048] そして、このような状態で振動子１２０Ｚを駆動してＺ軸方向に往復運動させると、図１０に示すように接触子１１１の上端は、人差し指Ａの皮膚をＺ軸正方向に押圧する動作と、Ｚ軸負方向に戻る動作とを繰り返す。また、図１０に示すように接触子１１２の下端は、親指Ｂの皮膚をＺ軸負方向に押圧する動作と、Ｚ軸正方向に戻る動作とを繰り返す。

[0049] ここで、人間の皮膚のマイスナー小体は、皮膚に剪断方向（皮膚の表面に平行な方向）の往復振動が与えられる際に、往方向の振動の速度が、復方向の振動の速度よりも高いと、往方向に引っ張られている触感を感じ取る。また、復方向の振動の速度が、往方向の振動の速度よりも高いと、復方向に引っ張られている触感を感じ取る。

[0050] また、利用者が人差し指Ａと親指Ｂとによって接触子１１１、１１２を把持しているときに、振動子１２０Ｚを駆動してＺ軸方向に往復運動させると、人差し指Ａと親指Ｂの皮膚の剪断方向は、Ｚ軸方向になる。

[0051] これは、図１０に示すように、接触子１１１の上端が人差し指Ａの皮膚を押圧してめり込み、接触子１１２の下端が親指Ｂの皮膚を押圧してめり込ん

でいる状態で振動子１２０Ｚを駆動してＺ軸方向に往復運動させると、主に円柱状の接触子１１１、１１２の角が皮膚と擦れるため、図１０に両矢印で示すように、Ｚ軸方向に剪断方向が生じるからである。

[0052] このため、振動子１２０ＺをＺ軸方向に往復運動させる際に、Ｚ軸正方向に振動する速度がＺ軸負方向に振動する速度よりも高い駆動パターンで振動子１２０Ｚを駆動すると、利用者は、人差し指ＡがＺ軸正方向に押される触感を得る。また、親指Ｂについては、触感提供装置１００の自重によるＺ軸負方向の押圧が軽減される触感を得る。

[0053] また、これとは逆に、振動子１２０ＺをＺ軸方向に往復運動させる際に、Ｚ軸負方向に振動する速度がＺ軸正方向に振動する速度よりも高い駆動パターンで振動子１２０Ｚを駆動すると、利用者は、親指ＢがＺ軸負方向に押される触感を得る。また、人差し指Ａについては、人差し指Ａから離れる方向（Ｚ軸負方向）であるため、この駆動パターンでは人差し指Ａには触感は殆ど提供されない。

[0054] また、図１１に示すように、振動子１２０Ｘを駆動してＸ軸方向に往復運動させると、円柱状の接触子１１１の上面と接触子１１２の下面が皮膚と擦れるため、図１１に両矢印で示すように、Ｘ軸方向に剪断方向が生じる。

[0055] このため、振動子１２０ＸをＸ軸方向に往復運動させる際に、Ｘ軸正方向に振動する速度がＸ軸負方向に振動する速度よりも高い駆動パターンで振動子１２０Ｘを駆動すると、利用者は、人差し指ＡがＸ軸正方向に押圧される触感を得る。

[0056] また、これとは逆に、Ｘ軸負方向に振動する速度がＸ軸正方向に振動する速度よりも高い駆動パターンで振動子１２０Ｘを駆動すると、利用者は、親指ＢがＸ軸負方向に押圧される触感を得る。なお、これは、振動子１２０Ｙを駆動して触感提供装置１００をＹ軸方向に往復運動させる際も同様である。

[0057] 図１２は、振動子１２０Ｚの駆動回路と駆動パターンを示す図である。図１２では、触感提供装置１００を簡略化し、接触子１１１、１１２、振動子

１２０Ｚ、駆動制御部１４０、ＤＡ（Digital Analog）コンバータ１５０、及びアンプ１６０を示す。

[0058] 駆動制御部１４０は、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚの駆動制御を行い、マイクロコンピュータによって実現される。駆動制御部１４０は、ＣＰＵ（Central Processing Unit：中央演算処理装置）を含む。駆動制御部１４０は、第１駆動制御部及び第２駆動制御部の一例である。

[0059] 図１２では、駆動制御部１４０によって生成される振動子１２０Ｚの駆動パターンの波形を示す。駆動パターンは、駆動制御部１４０が出力する駆動信号を信号波形で表したものである。

[0060] 駆動制御部１４０は、ＤＡコンバータ１５０とアンプ１６０を介して振動子１２０Ｚに接続されている。ＤＡコンバータ１５０は、駆動制御部１４０から出力されるデジタルの駆動信号をアナログ信号に変換する。アンプ１６０は、ＤＡコンバータ１５０によってアナログ変換された駆動信号の信号レベルを調整して、振動子１２０Ｚに入力する。

[0061] 駆動制御部１４０が出力する駆動信号は、大きく分けて２つの種類に分類される。図１２に示す駆動パターンは、横軸が時間軸であり、縦軸が電圧（振動の振幅）である。（Ａ）、（Ｂ）に示す２つの駆動パターンは、鋸波状の駆動パターンであり、電圧値（振幅）が立ち上がる速度と、立ち下がる速度とが異なる。

[0062] ここで、立ち上がる動作とは、鋸波の振幅が最小の点から最大の点に向かう動作であり、立ち下がる動作とは、鋸波の振幅が最大の点から最小の点に向かう動作である。立ち上がる際には、振動子１２０ＺはＺ軸正方向に振動し、立ち下がる際には、振動子１２０ＺはＺ軸負方向に振動する。

[0063] 人差し指ＡをＺ軸正方向に押す触感を提供する場合には、駆動制御部１４０は、（Ａ）に示すように、立ち上がりが立ち下がりよりも速い駆動パターンを用いる。一方、親指ＢをＺ軸負方向に押す触感を提供する場合には、駆動制御部１４０は、（Ｂ）に示すように、立ち下がりが立ち上がりよりも速い駆動パターンを用いる。

[0064] このような押す触感は、一例として、後述するシミュレーションシステムにおいて、スクリーンに表示されるポインタを触感提供装置１００で操作する際に、スクリーンに表示される物品にポインタが接触したときの反力を表す触感として利用される。

[0065] また、図１２に示す２つの駆動パターンは、一例に過ぎず、立ち上がる速度と、立ち下がる速度とが異なる駆動パターンであれば、どのような波形の駆動パターンであってもよい。ただし、駆動パターンの周波数は、一例として、４０Ｈｚ～１００Ｈｚ程度の範囲に収まる周波数であることが好ましい。これは、人体の筋紡錘の感度がこの周波数帯域にあるからである。

[0066] 上述のような駆動パターンを表すデータ（駆動信号のデータ）は、駆動制御部１４０によって生成される。駆動パターンを表すデータは、立ち上がる速度と、立ち下がる速度とを表す速度データを含むデータであればよい。速度データは、速度が線形的に増大又は低下する形態に限らず、非線形的に増大又は低下してもよい。

[0067] また、駆動パターンを表すデータは、速度データの代わりに、電圧値（振幅）が増大又は低下する加速度を表す加速度データを含むデータであってもよい。波形が立ち上がる際の加速度と、波形が立ち下がる際の加速度が異なることによって、立ち上がる速度と、立ち下がる速度とが異なるように設定された駆動パターンを用いてもよい。

[0068] 駆動信号の振幅（電圧値）は、上述した反力を表す触感の大きさに対応する。駆動信号の振幅が大きくなれば、反力を表す触感は大きくなり、駆動信号の振幅が小さくなれば、反力を表す触感は小さくなる。

[0069] 駆動信号の振幅を設定するには、例えば、次のようにして行えばよい。ばねを手で引く際に手で受ける反力（１）と、触感提供装置１００の振動子１２０Ｚをある振幅（電圧値）の駆動信号で駆動したときに押圧する触感による反力（２）とを実験者が比較する。反力（１）と反力（２）がつり合うときの反力（１）の測定値と、反力（２）を生成する振幅（電圧値）とを関連付ける。

[0070] このような作業を様々な大きさの反力（１）について行うことにより、反力（１）の測定値と、反力（２）とを関連付けたテーブル形式のデータを生成する。このようなテーブル形式のデータを用いて、触感提供装置１００の利用者の手に提供すべき反力（２）の大きさに応じて、駆動信号の振幅を設定すればよい。

[0071] 図１３は、触感提供装置１００の内部構成を示す図である。

[0072] 触感提供装置１００は、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚ、駆動制御部１４０、ＤＡコンバータ１５０、アンプ１６０、通信部１７０、及びメモリ１８０を含む。ここでは、主に通信部１７０について説明する。

[0073] 通信部１７０は、例えば、Bluetooth（登録商標）又はWiFi等の規格でシミュレーションシステムの処理装置と無線通信を行う。通信部１７０は、駆動制御部１４０に接続されており、シミュレーションシステムの処理装置から駆動指令を受信すると、駆動指令を駆動制御部１４０に出力する。この結果、駆動制御部１４０によって振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚのうちの少なくとも１つ以上が駆動される。振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚのいずれをどのような振幅で駆動するかは、反力のＸ軸方向、Ｙ軸方向、Ｚ軸方向の成分の大きさによって決まる。

[0074] メモリ１８０は、駆動制御部１４０が生成する駆動信号の元になるデータを格納する。ここで、駆動信号が鋸波状の信号である場合には、メモリ１８０には、鋸波を表すデータが格納される。鋸波を表すデータは、鋸波の周波数と、立ち上がりの速さと立ち下がりとの速さの比とが決められており、駆動制御部１４０が振幅を設定すると、図１２に示すような駆動信号を生成することができる。

[0075] 駆動制御部１４０は、後述するシミュレーションシステムの処理装置から、振幅を表すデータを受信すると、振幅によって特定される鋸波状の駆動信号を生成する。なお、振幅の値は、上述したように、反力の大きさによって決まる。

[0076] 図１４は、実施の形態１のシミュレーションシステム２００を示す図であ

る。

[0077] シミュレーションシステム２００は、触感提供装置１００、スクリーン２１０Ａ、投影装置２１０Ｂ、３Ｄ(3 Dimension)眼鏡２１０Ｃ、処理装置２２０、及び位置計測装置２４０を含む。

[0078] 実施の形態１シミュレーションシステム２００は、例えば、組み立て作業性を仮想空間において把握するため組立支援システムに適用することができる。組立支援システムでは、例えば、ＣＰＵ(Central Processing Unit：中央演算処理装置)モジュール、メモリモジュール、通信モジュール、又はコネクタ等の電子部品をマザーボード等に組み付ける作業を仮想空間で模擬的に行うことができる。

[0079] しかしながら、実施の形態１のシミュレーションシステム２００は、組立支援システムに限らず、三次元空間での作業性を確認する様々なシステムに適用することができる。

[0080] スクリーン２１０Ａは、例えば、プロジェクタ用スクリーンを用いることができる。スクリーン２１０Ａのサイズは、用途に応じて適宜設定すればよい。スクリーン２１０Ａには、投影装置２１０Ｂによって投影される画像が表示される。ここでは、物品２１１及び２１２の画像がスクリーン２１０Ａに表示されていることとする。

[0081] 投影装置２１０Ｂは、スクリーン２１０Ａに画像を投影できる装置であればよく、例えば、プロジェクタを用いることができる。投影装置２１０Ｂは、ケーブル２１０Ｂ１によって処理装置２２０に接続されており、処理装置２２０から入力される画像をスクリーン２１０Ａに投影する。ここでは、投影装置２１０Ｂは、３Ｄ画像（立体視の画像）をスクリーン２１０Ａに投影できるタイプのものである。

[0082] なお、スクリーン２１０Ａと投影装置２１０Ｂは、表示部の一例である。

[0083] ３Ｄ眼鏡２１０Ｃは、シミュレーションシステム２００を利用する利用者が装着する。３Ｄ眼鏡２１０Ｃは、投影装置２１０Ｂによってスクリーン２１０Ａに投影される画像を３Ｄ画像に変換できる眼鏡であればよく、例えば

、入射光を偏光する偏光眼鏡、又は、液晶シャッターを有する液晶シャッター眼鏡を用いることができる。

[0084] なお、スクリーン２１０Ａ及び投影装置２１０Ｂの代わりに、例えば、液晶ディスプレイパネルを用いてもよい。また、３Ｄ眼鏡２１０Ｃが不要な場合は、３Ｄ眼鏡２１０Ｃを用いなくてもよい。また、スクリーン２１０Ａ及び投影装置２１０Ｂの代わりに、ヘッドマウントディスプレイを用いてもよい。

[0085] 処理装置２２０は、位置検出部２２１、接触判定部２２２、映像出力部２２３、データ保持部２２４、駆動制御部２２５、及び通信部２２６を有する。処理装置２２０は、例えば、メモリを有するコンピュータによって実現される。

[0086] 位置検出部２２１は、位置計測装置２４０から入力される画像データに対してパターンマッチング等の画像処理を行い、触感提供装置１００のマーカ１３０の位置と姿勢を検出する。触感提供装置１００の位置は、３次元座標における座標値で表され、姿勢は、３次元座標の３軸方向に対する角度で表される。

[0087] 位置検出部２２１は、３次元座標における座標値をスクリーン２１０Ａに投影される画像の中の座標に変換し、ポインタ２３０Ａの位置を表す座標として出力する。位置検出部２２１は、第２検出部の一例である。すなわち、ポインタ２３０Ａの位置は、触感提供装置１００の位置によって決まる。スクリーン２１０Ａに投影されるポインタ２３０Ａを移動させるには、実空間で触感提供装置１００を移動させればよい。触感提供装置１００をポインタ２３０Ａの操作端末機として捉えてもよい。

[0088] なお、触感提供装置１００の位置と姿勢の検出は、位置計測装置２４０で行ってもよい。

[0089] 接触判定部２２２は、スクリーン２１０Ａに投影される物品２１１又は２１２の画像と、スクリーン２１０Ａに表示されるポインタ２３０Ａとが接触したかどうかを判定する。

[0090] 接触判定部２２２は、スクリーン２１０Ａに投影される物品２１１又は２１２の形状及び位置を表すデータと、ポインタ２３０Ａの位置を表すデータとを用いて、物品２１１又は２１２の画像と、ポインタ２３０Ａとが接触したかどうかを判定する。接触判定部２２２は、判定部の一例である。

[0091] 映像出力部２２３の出力端子は、ケーブル２１０Ｂ１によって投影装置２１０Ｂに接続されている。映像出力部２２３は、データ保持部２２４に保持される物品２１１及び２１２の物品データによって特定される画像を投影装置２１０Ｂに出力し、スクリーン２１０Ａに表示させる。

[0092] また、映像出力部２２３は、投影装置２１０Ｂにポインタ２３０Ａを表示させる。スクリーン２１０Ａに表示される画像内におけるポインタ２３０Ａの位置は、位置検出部２２１で検出される触感提供装置１００の位置と姿勢によって決まる。

[0093] データ保持部２２４は、物品２１１及び２１２の座標と形状を表す物品データ、及び、ポインタ２３０Ａの画像データ等のデータを保持する。データ保持部２２４は、メモリによって実現され、データ格納部の一例である。

[0094] 駆動制御部２２５は、接触判定部２２２によって物品２１１又は２１２の画像と、ポインタ２３０Ａとが接触したと判定されると、ポインタ２３０Ａが物品２１１又は２１２に接触した方向に応じて、反力を表す振動パターンの駆動信号を出力する。この駆動信号は、触感提供装置１００の振動子を駆動する信号である。

[0095] 通信部２２６は、触感提供装置１００と無線通信を行う通信部であり、例えば、Bluetooth又はWiFi(Wireless Fidelity)等の規格で無線通信を行うことができる。通信部２２６は、駆動制御部２２５によって生成される駆動信号を触感提供装置１００に送信する。なお、通信部２２６は、触感提供装置１００と有線通信を行う通信部であってもよい。

[0096] 位置計測装置２４０は、赤外線カメラ２４０Ａ及び２４０Ｂを有し、それぞれ、ケーブル２４１Ａ及び２４１Ｂによって位置検出部２２１に接続されている。赤外線カメラ２４０Ａ及び２４０Ｂは、赤外線を触感提供装置１０

０に照射し、マーカ１３０で反射された反射光を撮影する。位置計測装置２４０は、赤外線カメラ２４０Ａ及び２４０Ｂが出力する画像データを位置検出部２２１に転送する。位置計測装置２４０は、第１検出部の一例である。

[0097] 図１５は、実施の形態１の処理装置２２０が適用されるコンピュータシステムの斜視図である。図１５に示すコンピュータシステム１０は、本体部１１、ディスプレイ１２、キーボード１３、マウス１４、及びモデム１５を含む。

[0098] 本体部１１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit：中央演算装置）、ＨＤＤ（Hard Disk Drive：ハードディスクドライブ）、及びディスクドライブ等を内蔵する。ディスプレイ１２は、本体部１１からの指示により画面１２Ａ上に解析結果等を表示する。ディスプレイ１２は、例えば、液晶モニタであればよい。キーボード１３は、コンピュータシステム１０に種々の情報を入力するための入力部である。マウス１４は、ディスプレイ１２の画面１２Ａ上の任意の位置を指定する入力部である。モデム１５は、外部のデータベース等にアクセスして他のコンピュータシステムに記憶されているプログラム等をダウンロードする。

[0099] コンピュータシステム１０に処理装置２２０としての機能を持たせるプログラムは、ディスク１７等の可搬型記録媒体に格納されるか、モデム１５等の通信装置を使って他のコンピュータシステムの記録媒体１６からダウンロードされ、コンピュータシステム１０に入力されてコンパイルされる。

[0100] コンピュータシステム１０に処理装置２２０としての機能を持たせるプログラムは、コンピュータシステム１０を処理装置２２０として動作させる。このプログラムは、例えばディスク１７等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納されていてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体は、ディスク１７、ＩＣカードメモリ、フロッピー（登録商標）ディスク等の磁気ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、ＵＳＢ(Universal Serial Bus)メモリ等の可搬型記録媒体に限定されるものではない。コンピュータ読み取り可能な記録媒体は、モデム１５又はＬＡＮ等の通信装置を介して接続され

るコンピュータシステムでアクセス可能な各種記録媒体を含む。

[0101] 図１６は、コンピュータシステム１０の本体部１１内の要部の構成を説明するブロック図である。本体部１１は、バス２０によって接続されたＣＰＵ２１、ＲＡＭ又はＲＯＭ等を含むメモリ部２２、ディスク１７用のディスクドライブ２３、及びハードディスクドライブ（ＨＤＤ）２４を含む。実施の形態１では、ディスプレイ１２、キーボード１３、及びマウス１４は、バス２０を介してＣＰＵ２１に接続されているが、これらはＣＰＵ２１に直接的に接続されていてもよい。また、ディスプレイ１２は、入出力画像データの処理を行う周知のグラフィックインタフェース（図示せず）を介してＣＰＵ２１に接続されていてもよい。

[0102] コンピュータシステム１０において、キーボード１３及びマウス１４は、処理装置２２０の入力部である。ディスプレイ１２は、処理装置２２０に対する入力内容等を画面１２Ａ上に表示する表示部である。

[0103] なお、コンピュータシステム１０は、図１５及び図１６に示す構成のものに限定されず、各種周知の要素を付加してもよく、又は代替的に用いてもよい。

[0104] 図１７は、物品データを示す図である。

[0105] 物品データは、スクリーン２１０Ａに表示する物品の座標と形状を表すデータである。物品データは、物品ＩＤ、形状タイプ、基準座標、サイズ、回転角度、及び反力係数ｋを有する。

[0106] 形状タイプは、物品の外形を表す。図１７では、一例として、形状タイプがCuboid(直方体)とCylinder(円柱体)を示す。

[0107] 基準座標は、物品の全体を表す座標の基準になる点の座標値を示す。座標値の単位はメートル（ｍ）である。なお、座標系としては、ＸＹＺ座標系を用いる。

[0108] サイズは、物品のＸ軸方向の長さ、Ｙ軸方向の長さ、Ｚ軸方向の長さを表す。単位はメートル（ｍ）である。一例として、Ｘ軸方向の長さは縦の長さを表し、Ｙ軸方向の長さは高さを表し、Ｚ軸方向の長さは奥行き（横方向の

長さ）を表す。

[0109] 回転角度は、Ｘ軸方向、Ｙ軸方向、Ｚ軸方向に対する回転角度θｘ、θｙ、θｚで表される。単位は度(deg.)である。回転角度θｘは、Ｘ軸を回転軸として物品を回転させる角度である。同様に、回転角度θｙ及びθｚは、それぞれ、Ｙ軸及びＺ軸を回転軸として物品を回転させる角度である。回転角度θｘ、θｙ、θｚの正方向は、予め決めておけばよい。

[0110] 反力係数ｋは、スクリーン２１０Ａに表示する物品に対応する実空間における物品の硬さである。反力係数は、実空間における物品が硬いほど高くなる係数であり、単位はＮ／ｍｍである。また、反力係数ｋとして、ヤング率等の他の物理量を用いてもよい。一例として、物品ＩＤが００１、００２、００３の物品の反力係数ｋは、それぞれ、０．０５、０．０３、０．０１に設定されている。例えば、物品ＩＤが００１の物品は金属製であり、物品ＩＤが００２の物品は樹脂製であり、物品ＩＤが００３の物品はゴム製である。

[0111] 反力Ｆは、次式（４）で表され、反力係数ｋに、食い込み量ΔＬと法線ベクトルｎを乗じることで得られる。反力Ｆはベクトルで表される。

[0112] [数4]

$$\vec{F} = k\Delta L\vec{n} \qquad (4)$$

式（４）において、ΔＬは、ポインタ２３０Ａがスクリーン２１０Ａに表示される物品に食い込んだ量（食い込み量）である。食い込み量は、物品とポインタ２３０Ａが接触した点から、物品の内側にポインタ２３０Ａが食い込んだ量を表す。

[0113] また、ベクトルｎは、ポインタ２３０Ａがスクリーン２１０Ａに表示される物品に接触した点の法線ベクトルである。反力Ｆのベクトルは、式（４）

に示すように、反力係数ｋに、法線ベクトルｎを乗じることによって求められる。スクリーン２１０Ａに表示される物品の法線ベクトルｎは、図１７に示す物品データを用いると、ポインタ２３０Ａが接触した面の向きが分かるため、物品データから導き出せばよい。

[0114] また、このような物品データを用いれば、ＣＡＤデータによって表示される物品の画像と同様に、物品データによって特定される画像を表すことができる。

[0115] なお、物品データは、処理装置２２０のデータ保持部２２４に格納されている。

[0116] 図１８は、物品の画像の一例を示す図である。

[0117] 図１８には、図１７の物品データによって表される３つの物品を示す。

[0118] 物品ＩＤが001の物品は、形状タイプがCuboid(直方体)で、基準座標（Ｘ，Ｙ，Ｚ）が（０．０，０．０，０．０）であり、サイズが（０．８，０．２，０．４）であり、回転角度θｘ、θｙ、θｚが（０．０，０．０，０．０）である。

[0119] 基準座標（Ｘ，Ｙ，Ｚ）が（０．０，０．０，０．０）であるため、物品ＩＤが001の物品の１つの頂点は、ＸＹＺ座標系の原点Ｏと一致している。

[0120] 物品ＩＤが002の物品は、形状タイプがCuboid(直方体)で、基準座標（Ｘ，Ｙ，Ｚ）が（０．６，０．２，０．０）であり、サイズが（０．２，０．２，０．１）であり、回転角度θｘ、θｙ、θｚが（０．０，０．０，０．０）である。

[0121] このため、物品ＩＤが002の物品は、物品ＩＤが001の物品の上に配置されている。

[0122] 物品ＩＤが003の物品は、形状タイプがCylinder(円柱体)で、基準座標（Ｘ，Ｙ，Ｚ）が（０．８，０．３，０．１）であり、サイズが（０．２，１．０，０．３）であり、回転角度θｘ、θｙ、θｚが（０．０，０．０，９０．０）である。

[0123] このため、物品ＩＤが003の物品は、Ｚ軸を回転軸として９０度回転させた

状態で、物品ＩＤが002の物品のＸ軸正方向側に接続されている。

[0124] なお、上述のように、実施の形態１では、図１７に示す物品ＩＤ、形状タイプ、基準座標、サイズ、及び回転角度を有する物品データを用いて、スクリーン２１０Ａに投影される画像の中における物品の座標と形状を規定する。

[0125] 例えば、形状タイプがCuboid(直方体)の場合に、８つの頂点の座標は、基準座標に対して、サイズで表される物品のＸ軸方向の長さ、Ｙ軸方向の長さ、Ｚ軸方向の長さを加算又は減算することによって求めることができる。８つの頂点の座標は、形状タイプがCuboid(直方体)の物品のCorner(角)の座標を表す。

[0126] ８つの頂点の座標を求めれば、１２本の辺を表す式を求めることができる。１２本の辺を表す式は、形状タイプがCuboid(直方体)の物品のEdge(辺)の座標を表す式である。

[0127] また、８つの頂点の座標、及び／又は、１２本の辺を表す式を求めれば、形状タイプがCuboid(直方体)の物品の６つの表面を表す式が求まり、Surface(面)の座標を求めることができる。

[0128] また、形状タイプがCylinder(円柱体)の場合には、サイズで表される物品のＸ軸方向の長さ、Ｙ軸方向の長さ、Ｚ軸方向の長さに基づいて、円柱の両端にある円（又は楕円）を表す式を求めることができる。また、両端の円（又は楕円）を表す式と基準座標とを用いれば、両端の円（又は楕円）の座標を表す式を求めることができる。円柱体の側面の座標は、両端の円（又は楕円）の座標を表す式を用いることよって求めることができる。

[0129] ここでは、形状タイプがCuboid(直方体)とCylinder(円柱体)の物品について説明したが、球体、三角錐、凹部を有する直方体等の様々な形状の物品についても、同様にスクリーン２１０Ａに投影される画像の中における座標と形状を求めることができる。

[0130] 図１９は、反力Ｆと振幅値とを関連付けたテーブル形式のデータを示す図である。

[0131] 反力Ｆのベクトルは、Ｘ、Ｙ、Ｚ成分（Ｆｘ、Ｆｙ、Ｆｚ）として表されている。また、振幅値は、Ｘ、Ｙ、Ｚ成分（Ａｐｘ、Ａｐｙ、Ａｐｚ）として表されている。反力ＦのＸ、Ｙ、Ｚ成分（Ｆｘ、Ｆｙ、Ｆｚ）は、それぞれ、振幅値のＸ、Ｙ、Ｚ成分（Ａｐｘ、Ａｐｙ、Ａｐｚ）と関連付けられている。

[0132] 従って、反力ＦのＸ、Ｙ、Ｚ成分（Ｆｘ、Ｆｙ、Ｆｚ）の値が求まれば、振幅値のＸ、Ｙ、Ｚ成分（Ａｐｘ、Ａｐｙ、Ａｐｚ）の値が求まる。例えば、反力ＦのＸ、Ｙ、Ｚ成分が（Ｆｘ１、Ｆｙ１、Ｆｚ１）である場合には、振幅値のＸ、Ｙ、Ｚ成分は（Ａｐｘ１、Ａｐｙ１、Ａｐｚ１）になる。

[0133] 図２０は、実施の形態１の処理装置２２０が実行する処理を示すフローチャートである。ここでは、一例として、図１４に示すように、スクリーン２１０Ａに物品２１１及び２１２の画像を表示させる場合について説明する。

[0134] 処理装置２２０は、電源投入後に処理を開始する（スタート）。

[0135] 処理装置２２０は、データ保持部２２４から物品データを取得する（ステップＳ１）。

[0136] 処理装置２２０は、物品データを用いて映像信号を生成し、投影装置２１０Ｂに画像を投影させる（ステップＳ２）。これにより、スクリーン２１０Ａに物品２１１及び２１２の立体視のモデルの画像が表示される。スクリーン２１０Ａに表示される物品２１１及び２１２の画像は、仮想空間に存在する仮想物体を表す。

[0137] なお、ステップＳ１及びＳ２の処理は、映像出力部２２３によって行われる。

[0138] 処理装置２２０は、触感提供装置１００の現実空間における位置と姿勢を検出する（ステップＳ３）。ステップＳ３の処理は、位置検出部２２１によって行われる。

[0139] 処理装置２２０は、仮想空間におけるポインタ２３０Ａの座標を検出する（ステップＳ４）。ポインタ２３０Ａの座標は、位置検出部２２１によって検出される。ポインタ２３０Ａの座標データは、接触判定部２２２及び映像

出力部２２３に入力される。

[0140] 処理装置２２０は、ステップＳ４で得られたポインタ２３０Ａの座標に基づき、投影装置２１０Ｂにポインタ２３０Ａをスクリーン２１０Ａに表示させる（ステップＳ５）。触感提供装置１００は、ポインタ２３０Ａを指示する方向が予め決められており、ポインタ２３０Ａは、例えば、触感提供装置１００の位置及び予め決められた方向によって定まる直線と、スクリーン２１０Ａとの交点に表示される。

[0141] これにより、物品２１１及び２１２の立体視の画像が表示されているスクリーン２１０Ａにポインタ２３０Ａが表示される。

[0142] また、ステップＳ５では、ポインタ２３０Ａを表す画像データを用いてポインタ２３０Ａを表示すればよい。ポインタ２３０Ａについても、物品２１１及び２１２の物品データに相当するデータを用意しておき、ポインタ２３０Ａの立体視のモデルの画像を表示すればよい。ただし、特にポインタ２３０Ａの画像データを用いなくてもポインタ２３０Ａを表示できる場合は、ポインタ２３０Ａの画像データをデータ保持部２２４に保持しておかなくてもよい。

[0143] なお、ステップＳ５の処理は、映像出力部２２３によって行われる。なお、ステップＳ３～Ｓ５の処理は、ステップＳ１～Ｓ２の処理と平行して行われる。

[0144] 処理装置２２０は、物品２１１又は２１２とポインタ２３０Ａが接触したかどうかを判定する（ステップＳ６）。ステップＳ６の処理は、接触判定部２２２によって行われる。接触判定部２２２は、物品２１１及び２１２の物品データと、ステップＳ４で得られたポインタ２３０Ａの座標データとに基づき、物品２１１又は２１２とポインタ２３０Ａとが接触したかどうかを判定する。

[0145] 物品２１１又は２１２とポインタ２３０Ａとが接触したかどうかは、物品２１１又は２１２の物品データが表す角、辺、又は面と、ポインタ２３０Ａの座標データが表す位置との交点があるかどうかで判定すればよい。

[0146] また、物品２１１又は２１２とポインタ２３０Ａとが接触したかどうかは、ポインタ２３０Ａの座標データと、座標データに最も近い物品データに含まれる座標との位置の差が所定値以下であるかどうかで判定してもよい。例えば、座標データに最も近い物品データに含まれる位置と、座標データが表す位置との差が所定値以下になった場合に接触したと判定する方が、シミュレーションシステム２００における触感提供装置１００の操作性が良好である場合には、このような設定にすればよい。

[0147] 次に説明するステップＳ７では、一例として、物品２１１とポインタ２３０Ａが接触したこととする。なお、物品２１２とポインタ２３０Ａが接触した場合でも、同様の処理が行われる。

[0148] 処理装置２２０は、物品２１１とポインタ２３０Ａが接触した（Ｓ６：ＹＥＳ）と判定すると、物品２１１とポインタ２３０Ａの接触点の座標に基づいて、式（４）を用いて反力Ｆを求める（ステップＳ７）。なお、ステップＳ７の処理は、接触判定部２２２によって行われる。

[0149] 接触判定部２２２は、ポインタ２３０Ａの座標と、物品２１１の物品データとに基づいて食い込み量ΔＬを求めるとともに、接触点における物品２１１の法線ベクトルｎを求め、式（４）に従って、反力Ｆのベクトルを求める。

[0150] 駆動制御部２２５は、反力Ｆと振幅値とを関連付けたテーブル形式のデータ（図１９参照）に基づいて、ステップＳ７で求めた反力Ｆから振幅値（Ａｐｘ、Ａｐｙ、Ａｐｚ）を求め、触感提供装置１００に送信する（ステップＳ８）。この結果、触感提供装置１００の振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚが駆動される。

[0151] 以上で、一連の処理が終了する（エンド）。図２０に示す処理は、所定の制御周期で繰り返し実行される。このため、ポインタ２３０Ａがスクリーン２１０Ａに表示される物品と接触している間は、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚが駆動される。

[0152] なお、ステップＳ６で物品２１１又は２１２とポインタ２３０Ａが接触し

ていない（Ｓ６：ＮＯ）と判定した場合は、フローをステップＳ１及びＳ３にリターンする。

[0153] 図２１は、触感提供装置１００の駆動制御部１４０が振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚを駆動する際に実行する処理を示すフローチャートである。

[0154] 駆動制御部１４０は、触感提供装置１００の電源が投入されると、処理を開始する（スタート）。

[0155] 駆動制御部１４０は、通信部１７０を介して処理装置２２０から駆動信号を受信する（ステップＳ２１）。

[0156] 駆動制御部１４０は、反力信号から駆動信号を生成する（ステップＳ２２）。

[0157] 駆動制御部１４０は、駆動信号を用いて振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚを駆動する（ステップＳ２３）。

[0158] 以上で、一連の処理が終了する（エンド）。

[0159] 以上のように、実施の形態１のシミュレーションシステム２００によれば、触感提供装置１００で操作するポインタ２３０Ａが、スクリーン２１０Ａに投影される画像の中で、物品２１１又は２１２のような物品と接触した場合に、接触した物品のヤング率に応じた反力を提供するように振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚを振動させる振動パターンを変える。

[0160] このため、物品のヤング率に応じた反力を表す触感を利用者に提供することができる。利用者は、反力の触感だけで物品への接触を認識することができる。

[0161] また、実施の形態１のシミュレーションシステム２００は、触感提供装置１００を利用することによって、触感提供装置１００が接触した物品のヤング率に応じた反力を表す触感を利用者に提供している。

[0162] 触感提供装置１００は、図６に示すように、利用者が人差し指Ａと親指Ｂとによって接触子１１１、１１２を把持して保持した場合に、接触子１１１、１１２をＺ軸方向に往復運動させて、人差し指ＡがＺ軸正方向に押される

触感と、親指ＢがＺ軸負方向に押される触感とを実現することができる。

[0163] 従って、実施の形態１によれば、皮膚の表面を押圧する触感を提供することができる触感提供装置１００を提供することができる。

[0164] なお、以上では、マーカ１３０と位置計測装置２４０（赤外線カメラ２４０Ａ及び２４０Ｂ）とを用いて触感提供装置１００の位置と姿勢を検出する形態について説明した。しかしながら、マーカ１３０が不要な赤外線深度センサ、磁気センサ、ステレオカメラ、加速度センサ、又は、角速度センサのうち、少なくとも１つ以上を用いて触感提供装置１００の位置と姿勢を検出してもよい。

[0165] また、以上では、触感提供装置１００に取り付けたマーカ１３０の位置を位置計測装置２４０で検出する形態について説明したが、位置計測装置２４０として、例えば、赤外線レーザを被写体に向けて照射し、反射光を受光するまでの時間に基づいて、画像に含まれる点までの距離（深度）を算出する装置を用いてもよい。このような位置計測装置２４０を用いれば、触感提供装置１００にマーカ１３０を取り付けなくても、スクリーン２１０Ａに向かって指示動作を行う利用者の画像を取得し、利用者の姿勢、及び／又は、ゼスチャー等に基づいて、ポインタ１３０Ａの位置を決定することができる。

[0166] 図２２、図２３、及び図２４は、実施の形態の変形例の触感提供装置１００Ａ、１００Ｂ、及び１００Ｃを示す図である。

[0167] 図２２に示す触感提供装置１００Ａは、１つの円錐台形の接触子１１１Ａと、複数の円錐台形の接触子１１２Ａを有する。接触子１１２Ａは、例えば、９個設けられている。なお、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚ、及び、駆動制御部１４０等は内蔵されている。また、マーカ１３０は省略する。

[0168] 接触子１１１Ａが人差し指Ａに触れるのは接触子１１１Ａの先端であり、９個の接触子１１２Ａが親指Ｂに触れるのは接触子１１２Ａの先端である。このため、接触子１１１Ａが人差し指Ａに触れる面積は、９個の接触子１１２Ａが親指Ｂに触れる面積よりも小さい。このように小型化した触感提供装置１００Ａを用いてもよい。

[0169] 図２３に示す触感提供装置１００Ｂは、人差し指Ａ１、中指Ａ２、薬指Ａ４、小指Ａ４によって把持される接触子１１１Ｂ１、１１１Ｂ２、１１１Ｂ３、１１１Ｂ４と、親指Ｂによって把持される接触子１１２Ｂとを有する。触感提供装置１００Ｂは、接触子１１１Ｂ１、１１１Ｂ２、１１１Ｂ３、１１１Ｂ４、１１２Ｂを保持する中心部の部材１０５を模式的に表している。中心部の部材１０５の内部には、振動子１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚが設けられている。

[0170] 接触子１１１Ｂ１、１１１Ｂ２、１１１Ｂ３、１１１Ｂ４は、人差し指Ａ１、中指Ａ２、薬指Ａ４、小指Ａ４の配置に合わせて、互いに角度を有するように設けられている。このため、接触子１１２Ｂは、円柱形状の中心軸を鉛直軸に合わせると、接触子１１１Ｂ１、１１１Ｂ２、１１１Ｂ３、１１１Ｂ４のうちの少なくとも３つは、鉛直軸に対して角度を有するように配置されている。

[0171] ここで、鉛直上向きの単位ベクトルをｐとし、接触子１１１Ｂ１、１１１Ｂ２、１１１Ｂ３、１１１Ｂ４の上端の面積をS_{a1}、S_{a2}、S_{a3}、S_{a4}とする。また、円柱状の接触子１１１Ｂ１、１１１Ｂ２、１１１Ｂ３、１１１Ｂ４の中心軸を通る上端向きのベクトルをn_{a1}、n_{a2}、n_{a3}、n_{a4}とする。

[0172] また、円柱状の接触子１１２Ｂの下端の面積をS_bとする。接触子１１２Ｂの中心軸を通る下端向きのベクトルをn_{b1}とする。

[0173] S_{a1}、S_{a2}、S_{a3}、S_{a4}とn_{a1}、n_{a2}、n_{a3}、n_{a4}をS_{ai}、n_{ai}（ｉ＝１～４）で表し、S_{b1}とn_{b1}をS_{bi}、n_{bi}（ｉ＝１～４）で表すと、次式（５）が成り立つように、接触子１１１Ｂ１、１１１Ｂ２、１１１Ｂ３、１１１Ｂ４と、接触子１１２Ｂとを設計すればよい。

[0174]

[数5]

$$\sum S_{ai}\vec{n}_{ai}\cdot\vec{p}+\sum S_{bi}\vec{n}_{bi}\cdot\vec{p}<0 \qquad (5)$$

式（５）の左辺の第１項は、鉛直上向きの単位ベクトルをｐと、端向きのベクトルをn_{a1}、n_{a2}、n_{a3}、n_{a4}との内積に、面積S_{a1}、S_{a2}、S_{a3}、S_{a4}を乗じて得る４つの値の合計を表している。これは、面積S_{a1}、S_{a2}、S_{a3}、S_{a4}の水平面への投影面積の合計を求めていることを表す。

[0175] 式（５）の左辺の第２項は、鉛直上向きの単位ベクトルをｐと、端向きのベクトルをn_{b1}との内積に、面積S_{b1}を乗じている。これは、面積S_{b1}の水平面への投影面積を求めていることを表す。

[0176] 従って、式（５）は、面積S_{a1}、S_{a2}、S_{a3}、S_{a4}の水平面への投影面積の合計値よりも、面積S_{b1}の水平面への投影面積が大きいことを表す。

[0177] 図２４に示す触感提供装置１００Ｃは、円環状のホルダ１９０の内部に振動子１２０Ｚを設け、振動子１２０Ｚの上に接触子１１１Ｃを設け、人差し指Ａを挿入した状態で人差し指Ａの腹が接触子１１１Ｃに触れるようになっている。このように指に嵌める形態の触感提供装置１００Ｃを用いてもよい。

[0178] 以上、本発明の例示的な実施の形態の触感提供装置、及び、シミュレーションシステムについて説明したが、本発明は、具体的に開示された実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更が可能である。

符号の説明

[0179] １００　触感提供装置

１０１、１０２、１０３　筐体

１１１、１１２　接触子

１２０Ｘ、１２０Ｙ、１２０Ｚ　振動子

１３０　マーカ

１４０　駆動制御部

１５０　ＤＡコンバータ

１６０　アンプ

１７０　通信部

１８０　メモリ

２００　シミュレーションシステム

２１０Ａ　スクリーン

２１０Ｂ　投影装置

２１０Ｃ　３Ｄ眼鏡

２２０　処理装置

２２１　位置検出部

２２２　接触判定部

２２３　映像出力部

２２４　データ保持部

２２５　駆動制御部

２２６　通信部

２４０　位置計測装置

２４０Ａ、２４０Ｂ　赤外線カメラ

請求の範囲

[請求項1] 第１の側と、前記第１の側とは反対の第２の側とを有する筐体と、

前記筐体の前記第１の側に取り付けられる第１取り付け部と、前記第１取り付け部の反対に位置し、皮膚の第１部に接触する第１接触部とを有する第１接触子と、

前記筐体の前記第２の側に取り付けられる第２取り付け部と、前記第２取り付け部の反対に位置し、皮膚の第２部に接触する第２接触部とを有する第２接触子と、

前記筐体に取り付けられ、前記第１接触子と前記第２接触子とを結ぶ方向に沿って前記筐体を振動させる第１振動子と、

前記第１振動子を前記第１接触子と前記第２接触子とを結ぶ方向に沿って往復運動させる第１駆動信号であって、前記往復運動における第１方向と、前記第１方向の逆の第２方向とに振動させる速度が異なる第１駆動信号で前記第１振動子を駆動する第１駆動制御部と

を含む、触感提供装置。

[請求項2] 前記第１駆動信号は、前記第１振動子を前記第１方向に振動させる第１速度が、前記第１振動子を前記第２方向に振動させる第２速度よりも高い第１駆動信号であり、前記皮膚の前記第１部及び前記第２部に、前記第１方向に引っ張られる触感を提供する第１駆動信号である、請求項１記載の触感提供装置。

[請求項3] 前記第１駆動信号は、前記第１振動子を前記第１方向に振動させる第１加速度が、前記第１振動子を前記第２方向に振動させる第２加速度よりも大きく設定されることにより、前記第１速度が前記第２速度よりも高く設定される第１駆動信号である、請求項２記載の触感提供装置。

[請求項4] 前記触感提供装置は、前記第１接触子よりも前記第２接触子の方が鉛直方向における下側に位置するように、利用者の前記皮膚の前記第１部及び前記第２部を有する手によって保持される触感提供装置であ

り、

前記第１接触子が前記皮膚の前記第１部に当接する第１当接面は、前記第２接触子が前記皮膚の前記第２部に当接する第２当接面よりも小さい、請求項１乃至３のいずれか一項記載の触感提供装置。

[請求項5] 前記第１接触子を複数含み、前記第１当接面は、前記複数の第１接触子が前記皮膚の複数の前記第１部に当接する面の合計の面である、又は、

前記第２接触子を複数含み、前記第２当接面は、前記複数の第２接触子が前記皮膚の複数の前記第２部に当接する面の合計の面である、請求項４記載の触感提供装置。

[請求項6] 前記筐体に取り付けられ、前記第１振動子が振動する方向とは異なる方向に振動する第２振動子と、

前記第２振動子を前記異なる方向に往復運動させる第２駆動信号であって、前記異なる方向での往復運動における第３方向と、前記第３方向の逆の第４方向とに振動させる速度が異なる第２駆動信号で前記第２振動子を駆動する第２駆動制御部と

をさらに含む、請求項１乃至５のいずれか一項記載の触感提供装置。

[請求項7] 前記第１駆動信号は、表示部に物品とポインタを表示し、利用者の動作を検出し、前記検出した利用者の動作に応じて前記ポインタを移動させるシミュレーションシステムにおいて、前記表示部に表示される前記物品に前記ポインタが接触したときに、前記第１振動子を前記第１方向及び前記第２方向に往復運動させる駆動信号である、請求項１乃至５のいずれか一項記載の触感提供装置。

[請求項8] 物品の形状と座標を表す物品データに基づいて前記物品の画像を表示する表示部と、

利用者が手に持ちながら移動させることによって前記表示部に表示されるポインタの位置を操作する触感提供装置と、

前記触感提供装置の位置及び姿勢を検出する第１検出部と、

前記第１検出部によって検出される前記位置及び姿勢に基づき、前記表示部に表示される前記ポインタの座標を検出する第２検出部と、

前記物品データに含まれる座標と、前記第２検出部によって検出される前記ポインタの座標とに基づき、前記表示部に表示される前記物品に、前記ポインタが接触したかどうかを判定する判定部と

を含み、

前記触感提供装置は、

第１の側と、前記第１の側とは反対の第２の側とを有する筐体と、

前記筐体の前記第１の側に取り付けられる第１取り付け部と、前記第１取り付け部の反対に位置し、皮膚の第１部に接触する第１接触部とを有する第１接触子と、

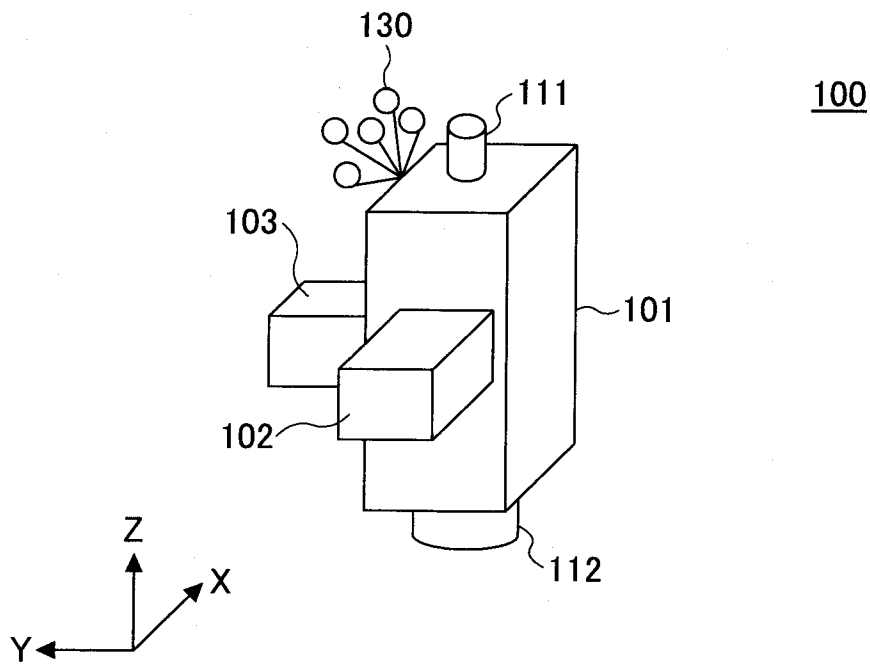
前記筐体の前記第２の側に取り付けられる第２取り付け部と、前記第２取り付け部の反対に位置し、皮膚の第２部に接触する第２接触部とを有する第２接触子と、

前記筐体に取り付けられ、前記第１接触子と前記第２接触子とを結ぶ方向に沿って前記筐体を振動させる第１振動子と、

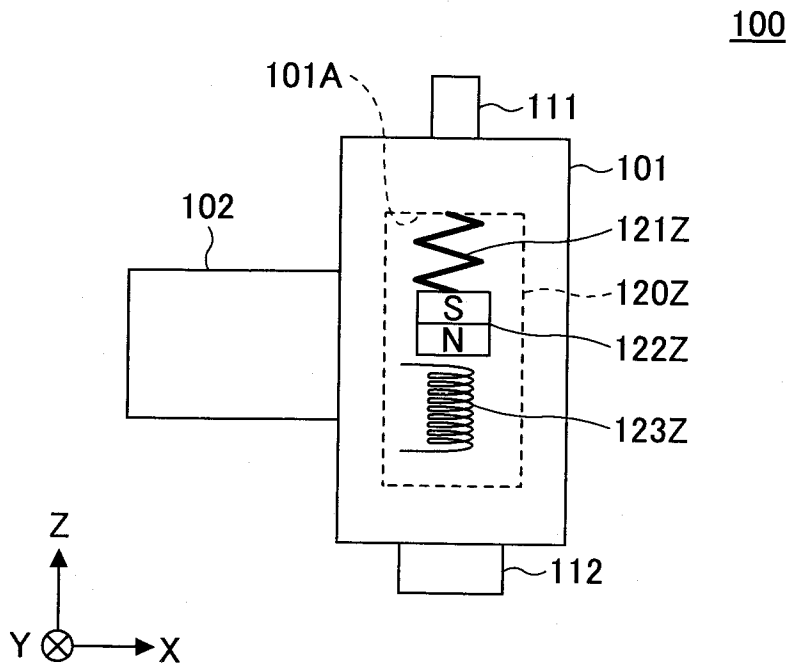
前記判定部によって前記ポインタが前記物品に接触したと判定されると、前記第１振動子を前記第１接触子と前記第２接触子とを結ぶ方向に沿って往復運動させる第１駆動信号であって、前記往復運動における第１方向と、前記第１方向の逆の第２方向とに振動させる速度が異なる第１駆動信号で前記第１振動子を駆動する第１駆動制御部と

を有する、シミュレーションシステム。

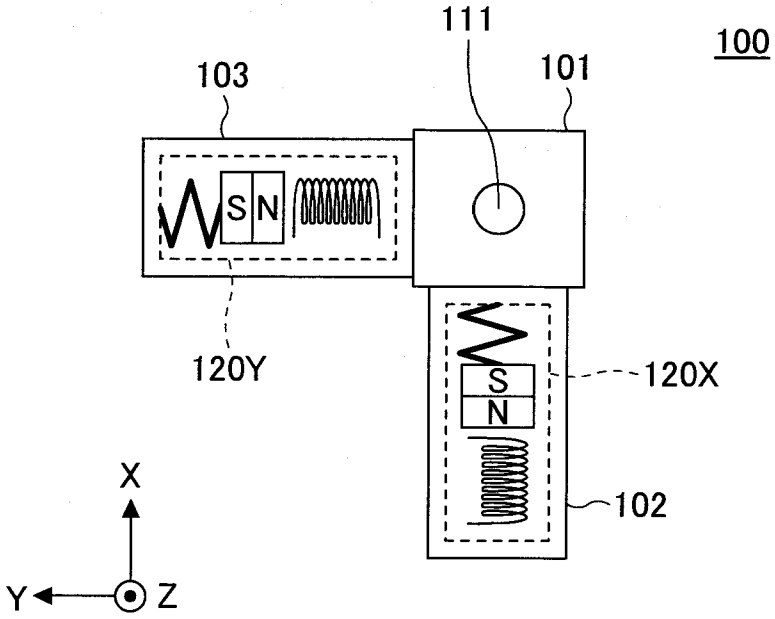
[図1]


130
111
100
103
101
102
112
Z
X
Y

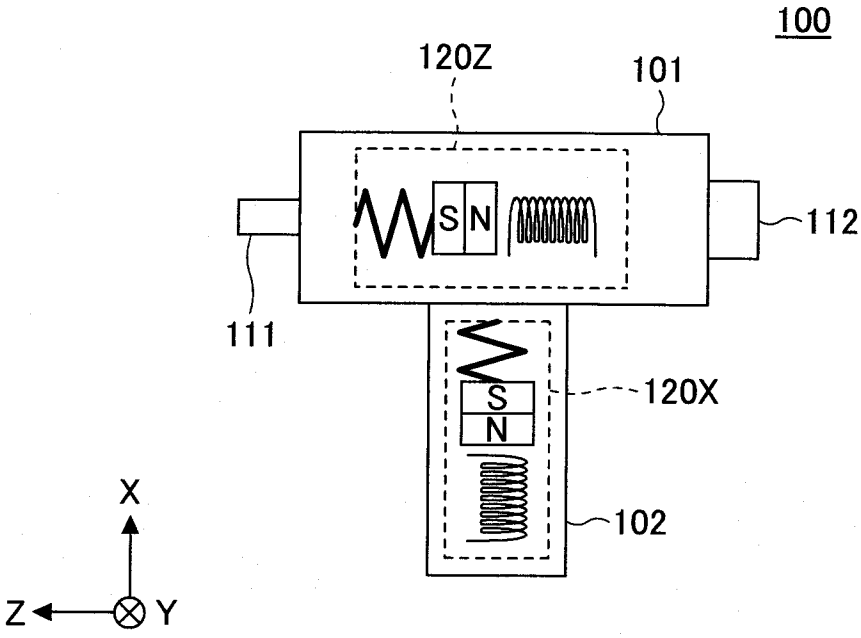
[図2]


100
101A
111
101
102
121Z
120Z
S
N
122Z
123Z
112
Z
Y
X

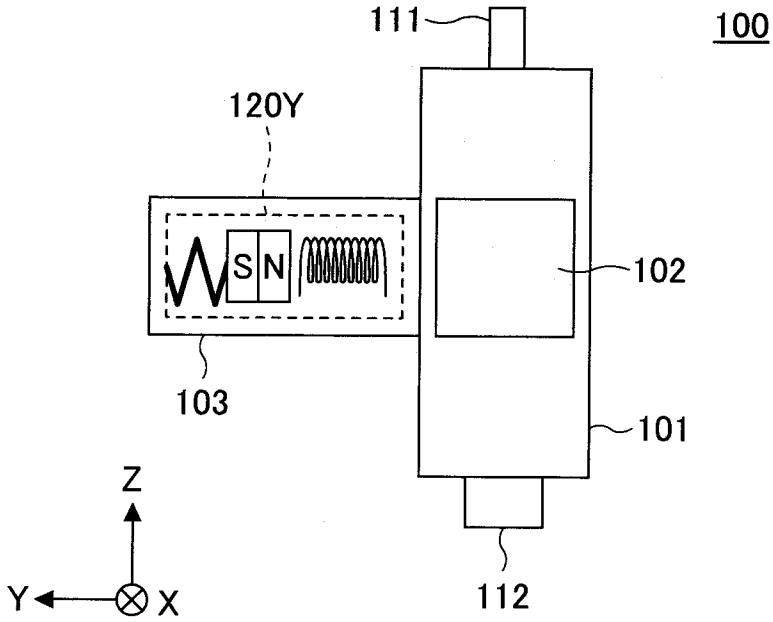
[図3]


111
100
103
101
S
N
120Y
120X
S
N
102
X
Y
Z

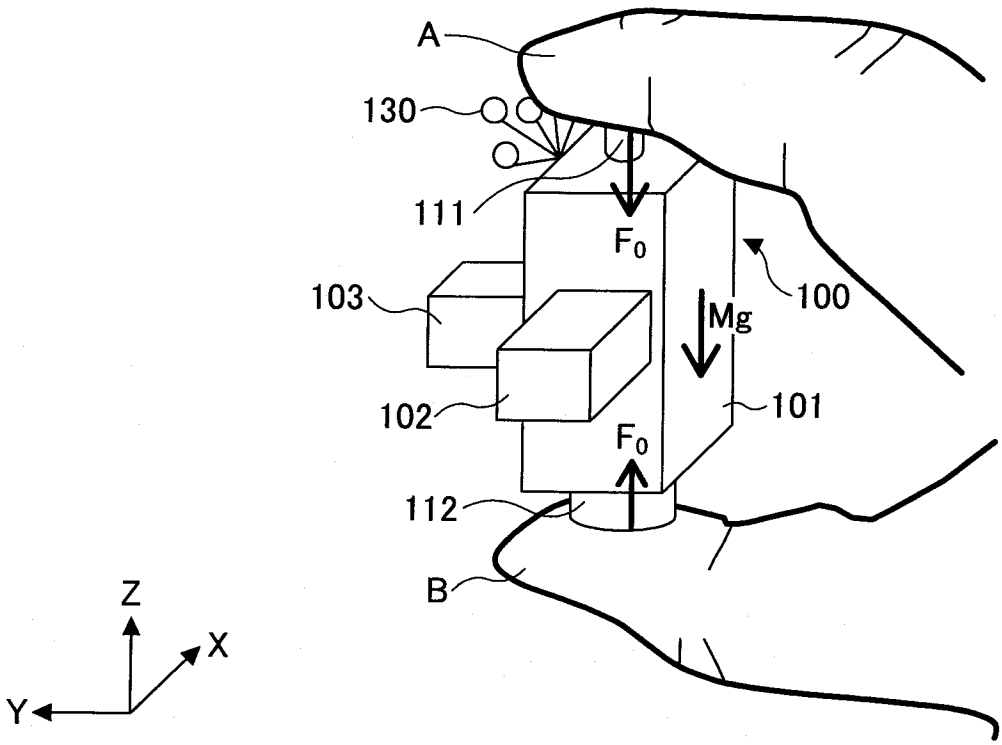
[図4]


100
120Z
101
S
N
112
111
120X
S
N
102
X
Z
Y

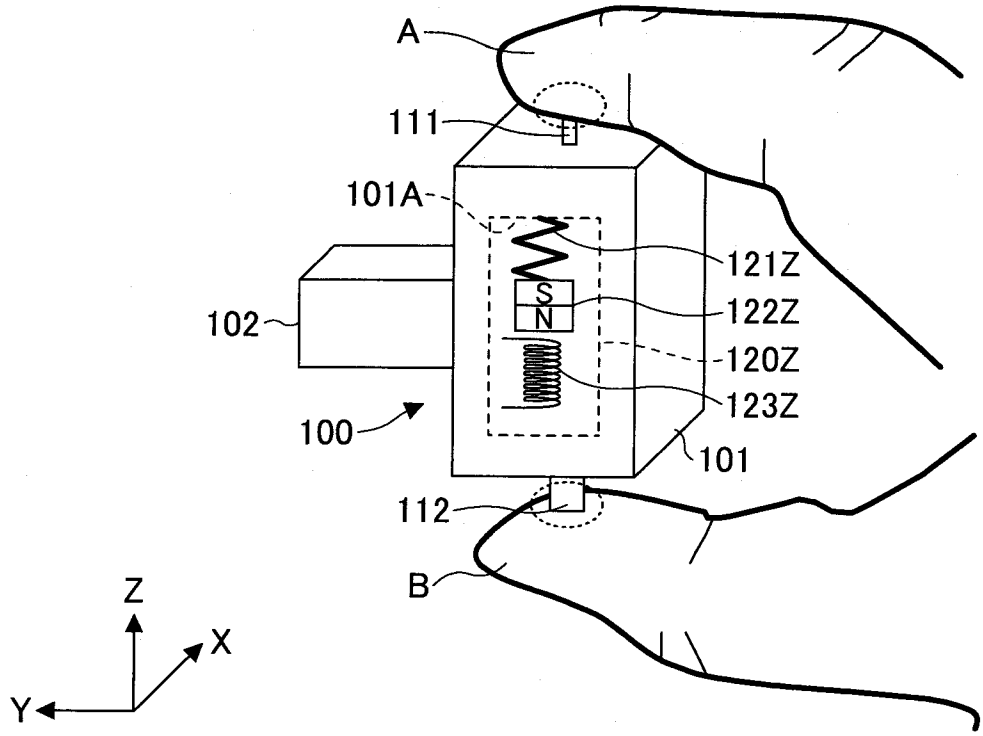
[図5]


111
100
120Y
S
N
102
103
101
Z
Y
X
112

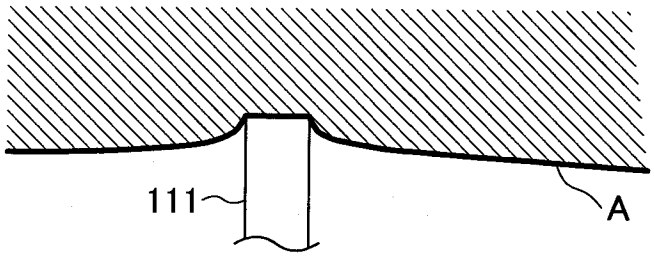
[図6]


A
130
111
F_0
103
Mg
100
102
101
F_0
112
B
Z
X
Y

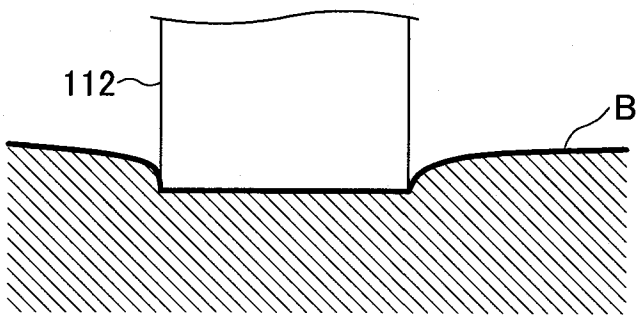
[図7]



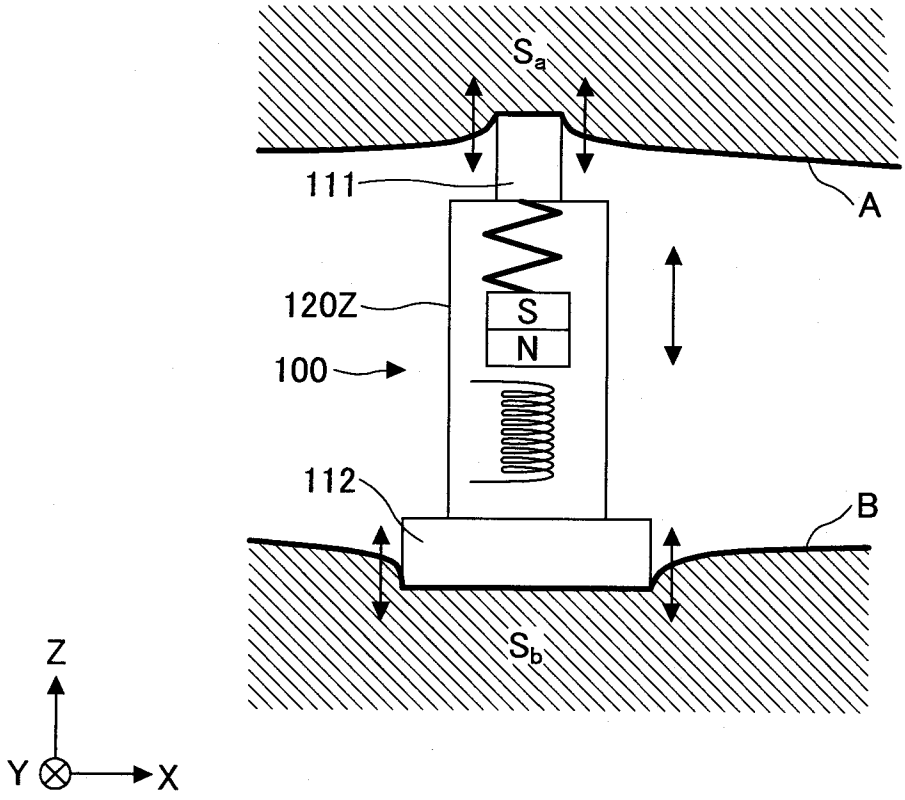
[図8]



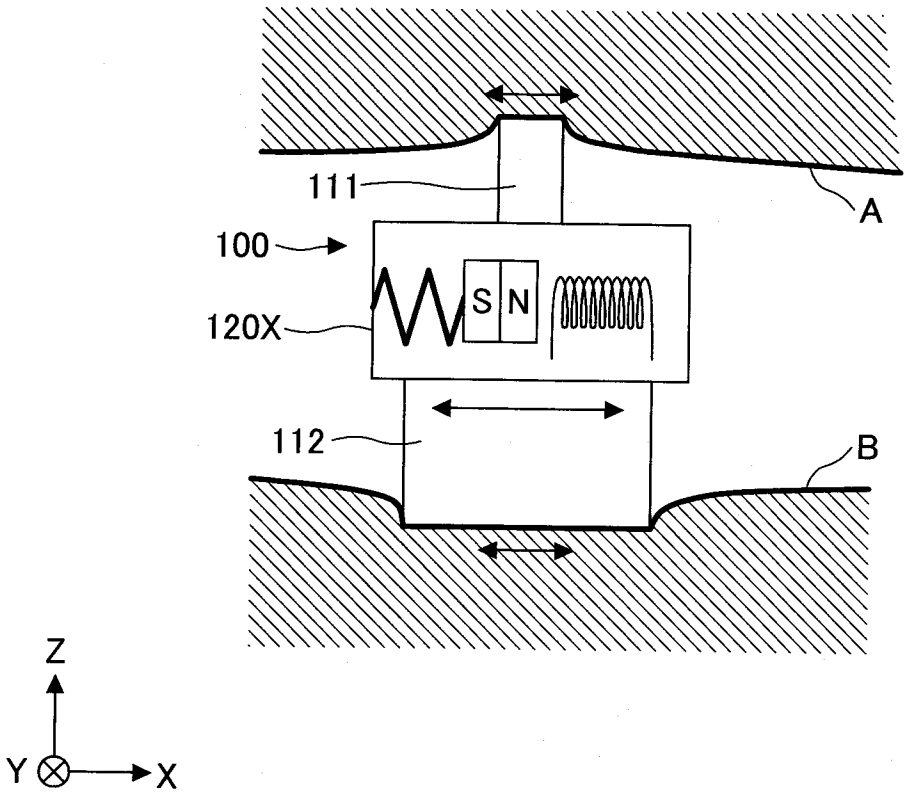
[図9]



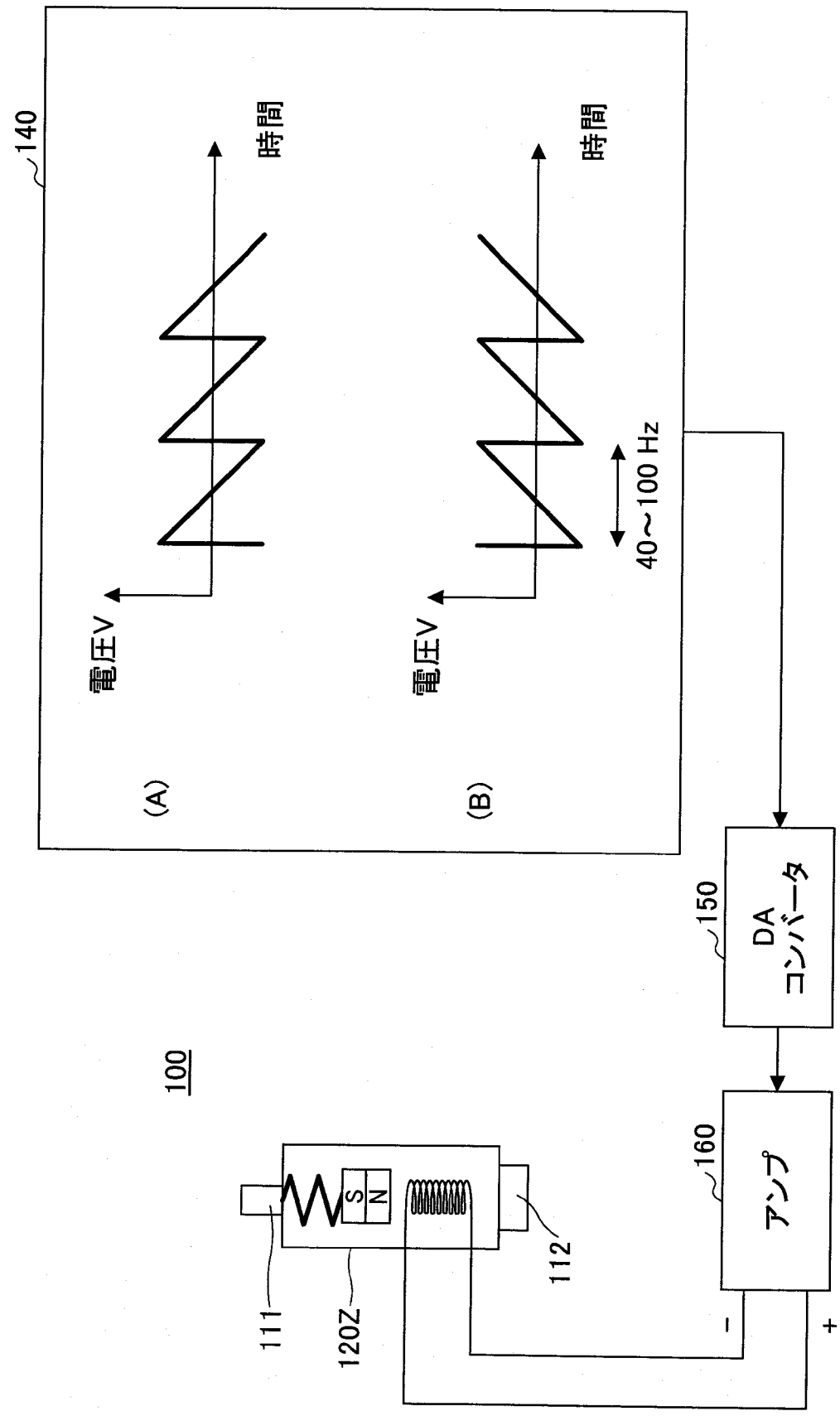
[図10]



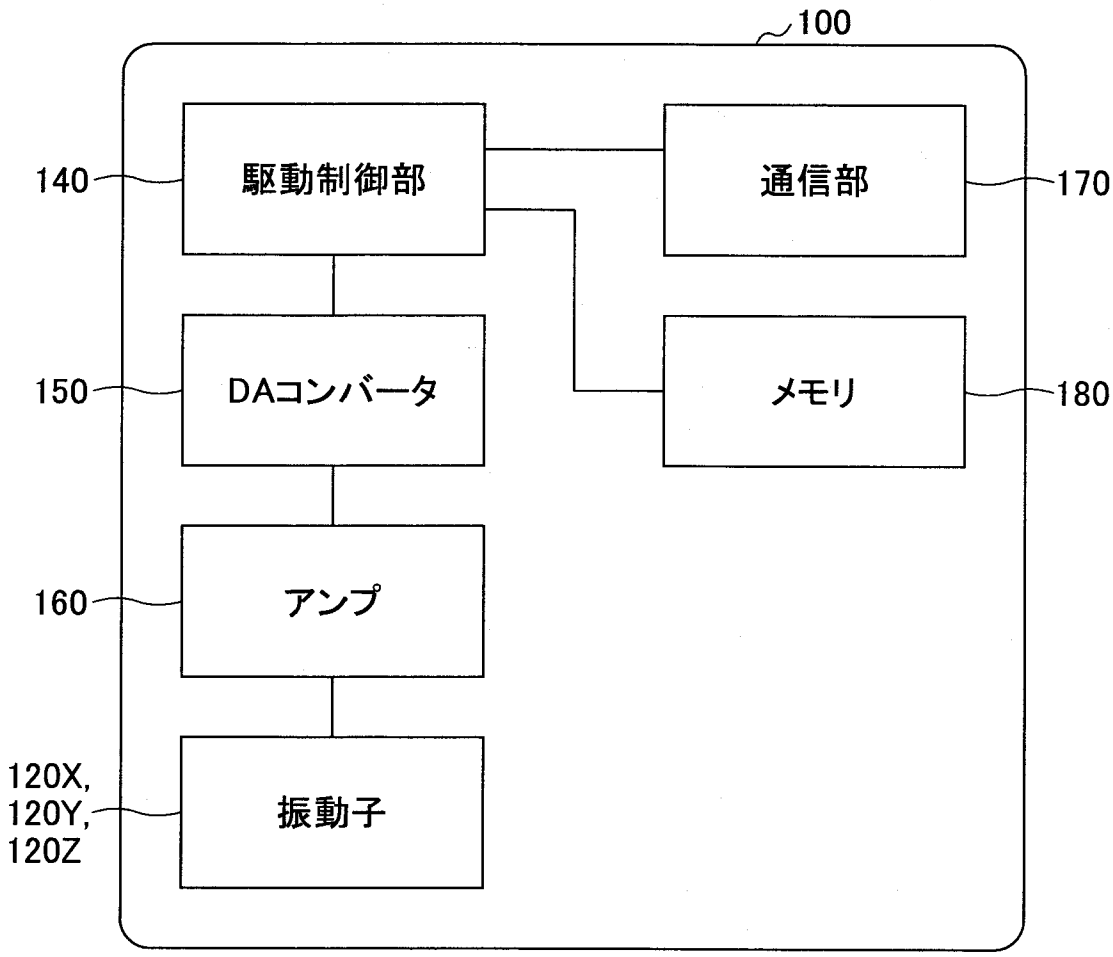
[図11]



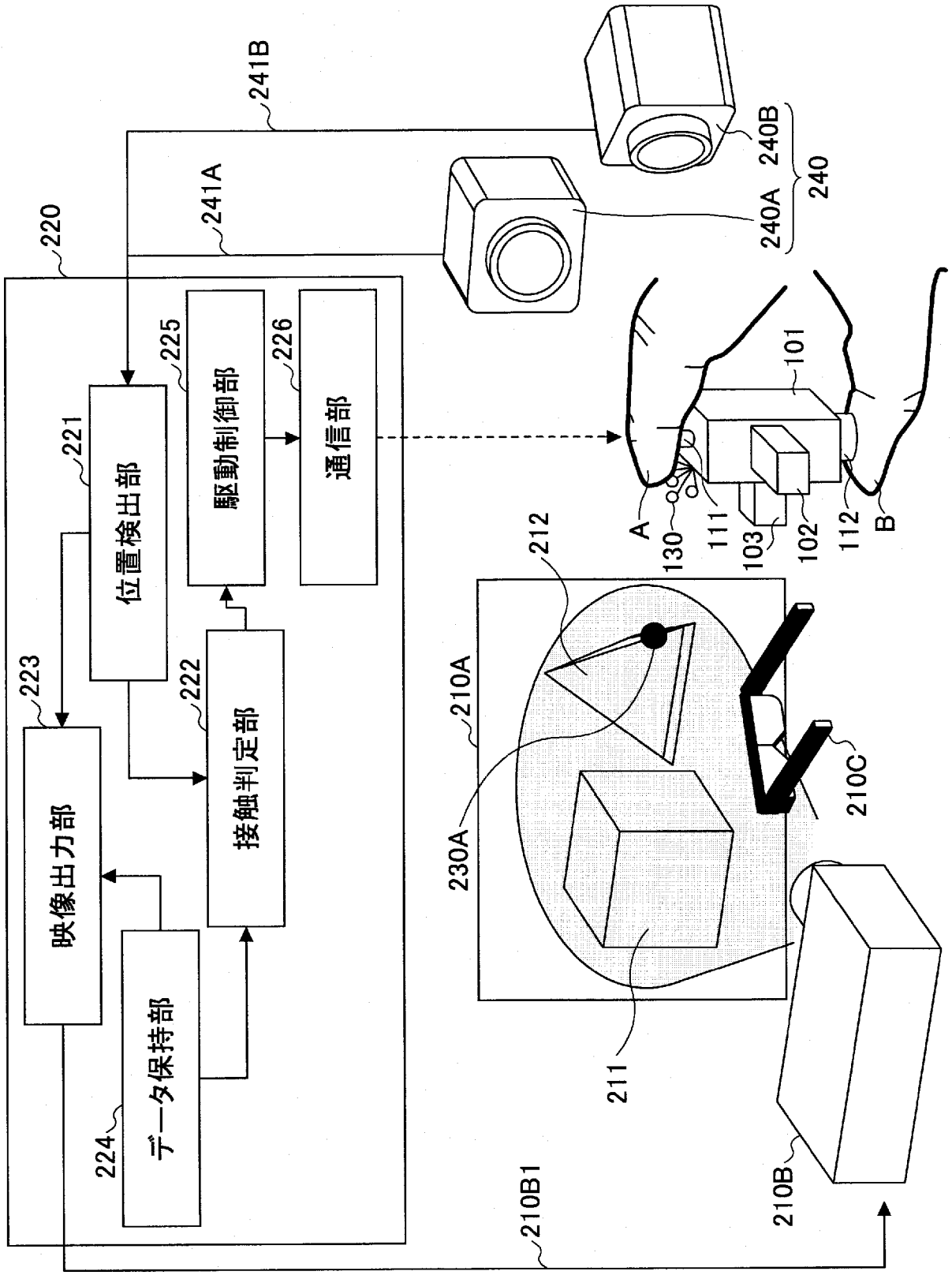
[図12]


140
時間
電圧V
(A)
時間
電圧V
(B)
40～100 Hz
100
150
DA
コンバータ
160
アンプ
S
N
111
120Z
112
−
+

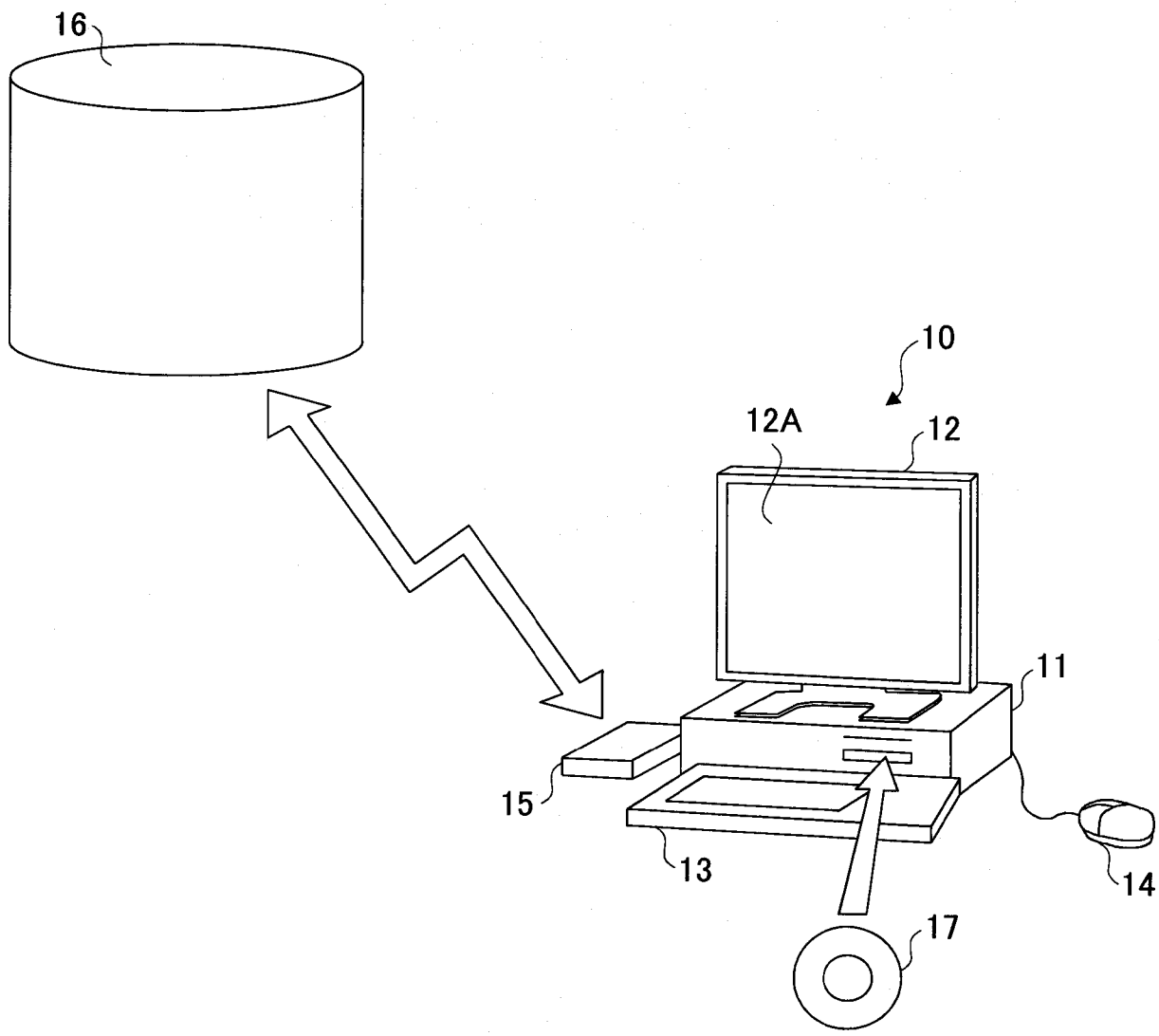
[図13]


100
140
駆動制御部
通信部
170
150
DAコンバータ
メモリ
180
160
アンプ
120X,
120Y,
120Z
振動子

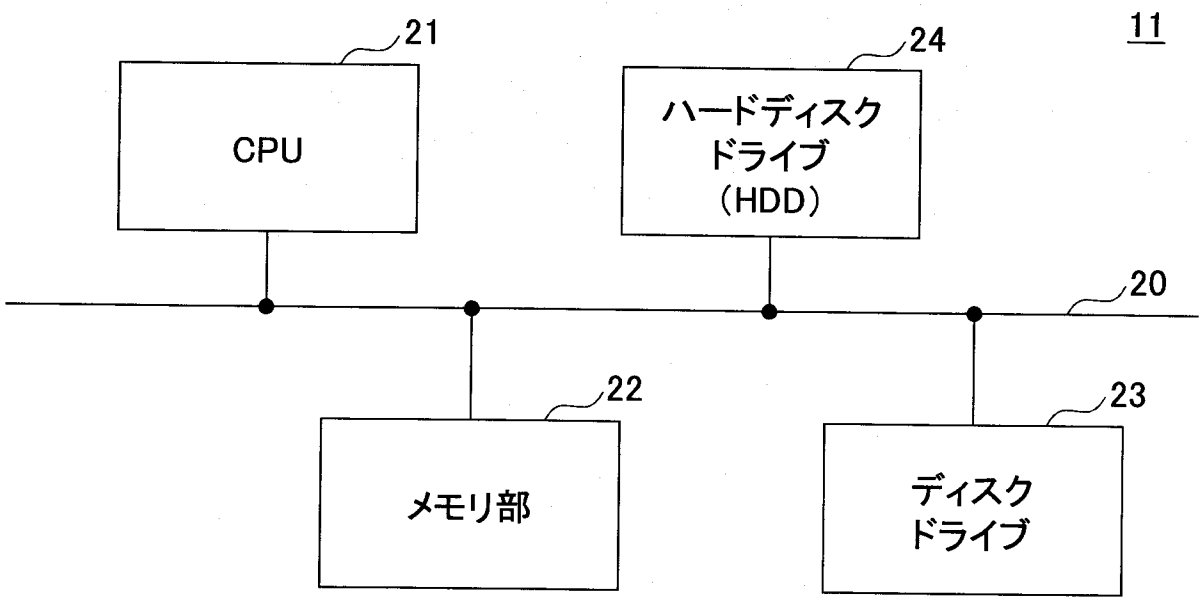
[図14]


220
221
位置検出部
222
接触判定部
223
映像出力部
224
データ保持部
225
駆動制御部
226
通信部
241A
241B
240A
240B
240
101
A
130
111
103
102
112
B
212
210A
230A
210C
211
210B
210B1

[図15]



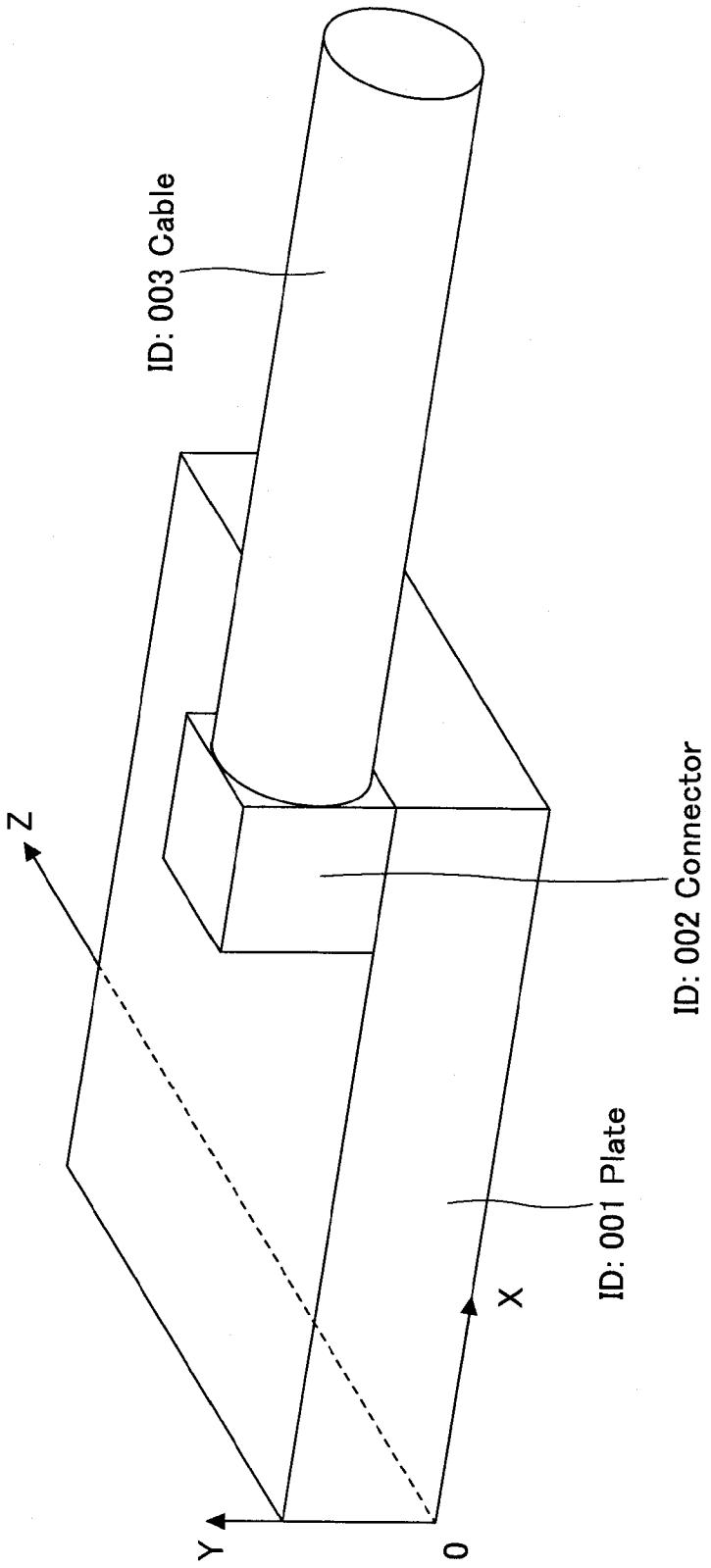
[図16]



[図17]

物品ID	形状タイプ	基準座標 [m] (X, Y, Z)	サイズ [m] (X, Y, Z)	回転角度 [deg.] (θx, θy, θz)	反力係数k
001	Cube	(0.0, 0.0, 0.0)	(0.8, 0.2, 0.4)	(0.0, 0.0, 0.0)	0.05
002	Cube	(0.6, 0.2, 0.0)	(0.2, 0.2, 0.2)	(0.0, 0.0, 0.0)	0.03
003	Cylinder	(0.8, 0.3, 0.1)	(0.2, 1.0, 0.2)	(0.0, 0.0, 90.0)	0.01
...	...	...	...	...	...

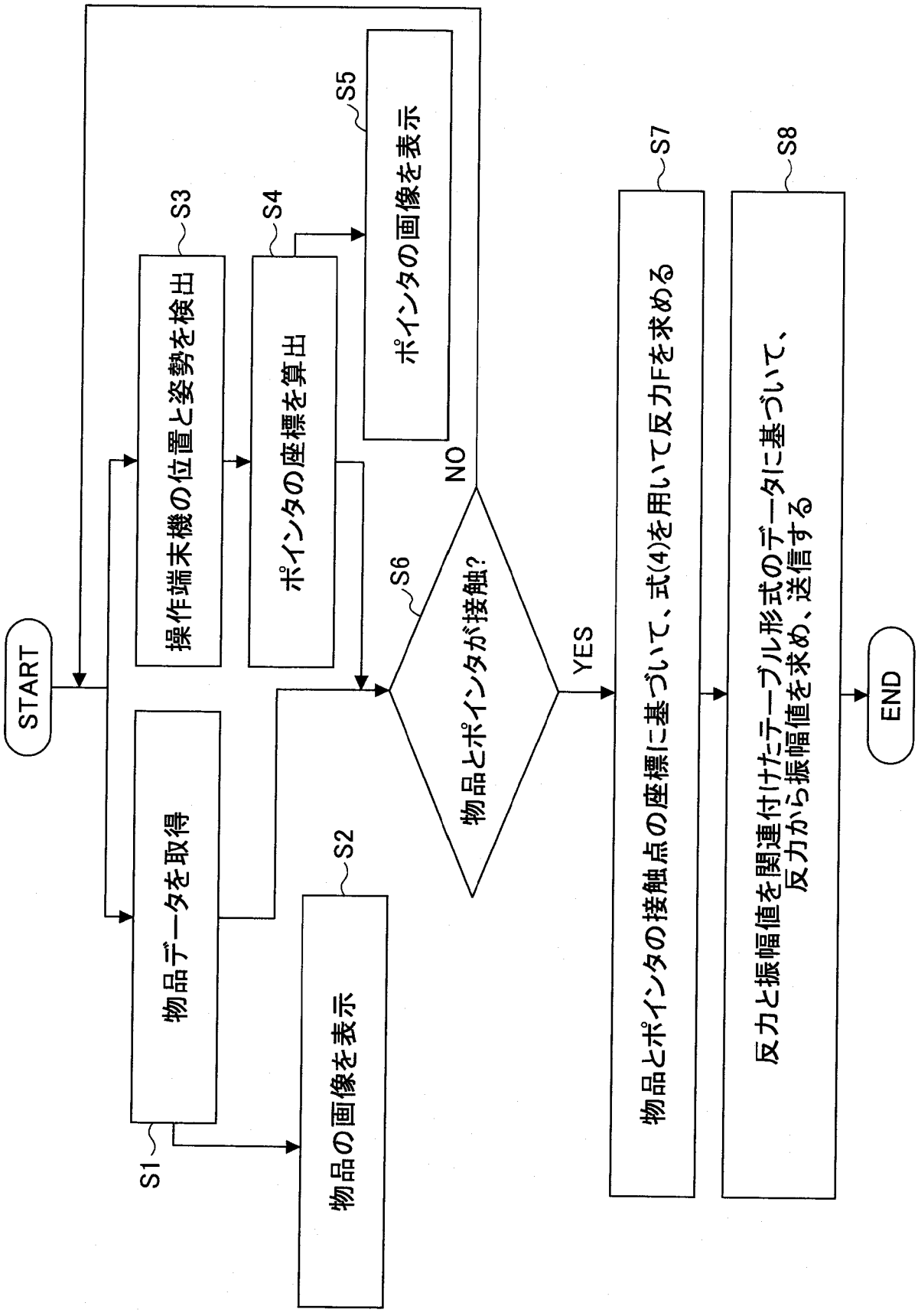
[図18]



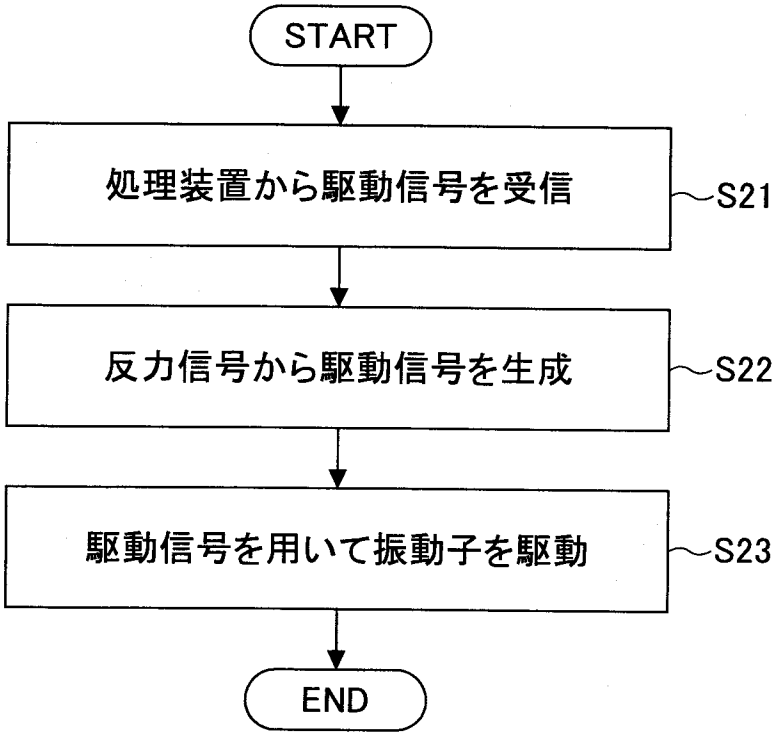
[図19]

反力Fx	振幅値Apx
Fx1	Apx1
Fx2	Apx2
Fx3	Apx3
反力Fy	振幅値Apy
Fy1	Apy1
Fy2	Apy2
Fy3	Apy3
反力Fz	振幅値Apz
Fz1	Apz1
Fz2	Apz2
Fz3	Apz3

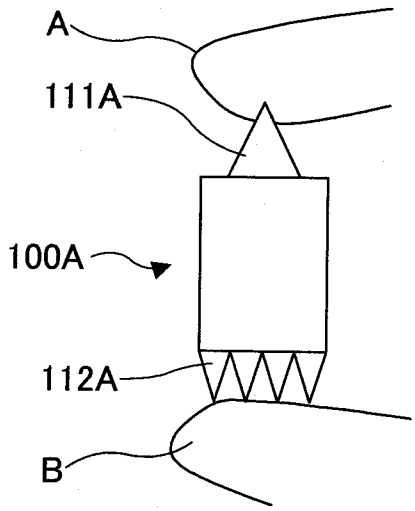
[図20]


START
操作端末機の位置と姿勢を検出
S3
ポインタの座標を算出
S4
ポインタの画像を表示
S5
物品データを取得
S1
物品の画像を表示
S2
物品とポインタが接触?
S6
NO
YES
物品とポインタの接触点の座標に基づいて、式(4)を用いて反力Fを求める
S7
反力と振幅値を関連付けたテーブル形式のデータに基づいて、
反力から振幅値を求め、送信する
S8
END

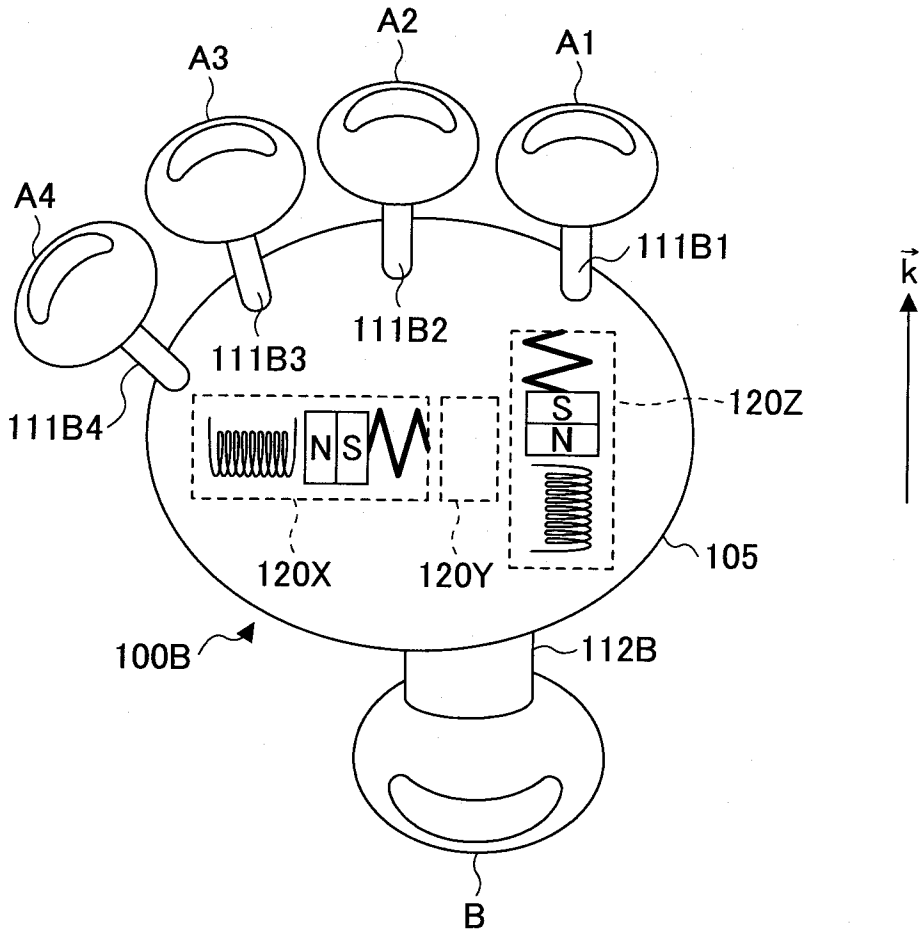
[図21]


START
処理装置から駆動信号を受信
S21
反力信号から駆動信号を生成
S22
駆動信号を用いて振動子を駆動
S23
END

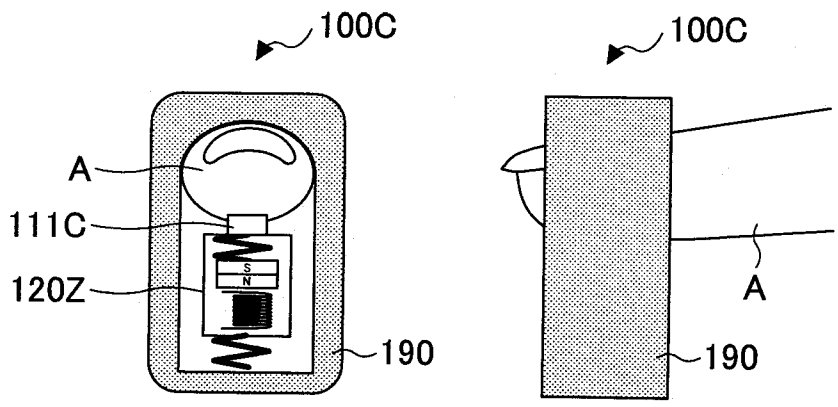
[図22]


A
111A
100A
112A
B

[図23]


A2
A3
A1
A4
111B1
111B2
111B3
111B4
120Z
S
N
N
S
120X
120Y
105
100B
112B
B
k

[図24]


100C
100C
A
111C
120Z
S
N
190
A
190

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/070746

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B06B1/04(2006.01)i, *G06F3/01*(2006.01)i, *G06F3/0346*(2013.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B06B1/04, G06F3/01, G06F3/0346

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2015-225521 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 14 December 2015 (14.12.2015), paragraphs [0009] to [0011], [0013] to [0025], [0029] to [0030]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1 2-3,6-8 4-5
Y A	JP 2012-34561 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 16 February 2012 (16.02.2012), paragraphs [0014] to [0024], [0036] to [0039]; fig. 1 to 5 (Family: none)	2-3,6-8 4-5
Y	JP 2011-183374 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 22 September 2011 (22.09.2011), paragraphs [0012] to [0026]; fig. 1 to 8 & WO 2011/099554 A1	6-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 October 2016 (07.10.16)	18 October 2016 (18.10.16)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/070746

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-175777 A (Canon Inc.), 06 August 2009 (06.08.2009), paragraphs [0009] to [0027], [0048] to [0054]; fig. 1 to 7 (Family: none)	7-8
A	Tomohiro AMEMIYA et al., "Communication Kagaku no Shintenkai Yubi de Tsumamu to Hipparareru Kankaku o Umidasu Sochi 'Burunabi 3'", NTT Gijutsu Journal, 01 September 2014 (01.09.2014), vol.26, no.9, pages 23 to 26, ISSN 0915-2318	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０７０７４６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B06B1/04(2006.01)i, G06F3/01(2006.01)i, G06F3/0346(2013.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B06B1/04, G06F3/01, G06F3/0346

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y A	JP 2015-225521 A（日本電信電話株式会社）2015.12.14, 段落[0009]-[0011],[0013]-[0025],[0029]-[0030],図1-10（ファミリーなし）	1 2-3,6-8 4-5
Y A	JP 2012-34561 A（三洋電機株式会社）2012.02.16, 段落[0014]-[0024],[0036]-[0039],図1-5（ファミリーなし）	2-3,6-8 4-5

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０７．１０．２０１６	１８．１０．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｖ　９１５０
安池　一貴
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５７

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2011-183374 A（三洋電機株式会社）2011.09.22，段落[0012]-[0026],図 1-8 & WO 2011/099554 A1	6-7
Y	JP 2009-175777 A（キヤノン株式会社）2009.08.06，段落[0009]-[0027],[0048]-[0054],図 1-7（ファミリーなし）	7-8
A	雨宮　智浩　ほか AMEMIYA, Tomohiro et al.，コミュニケーション科学の新展開　指でつまむと引っ張られる感覚を生み出す装置「ぶるなび３」，ＮＴＴ技術ジャーナル，2014.09.01，第 26 巻第 9 号，pp. 23-26，ISSN 0915-2318	1-8