

(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
2019年8月8日(08.08.2019)



(10) 国際公開番号

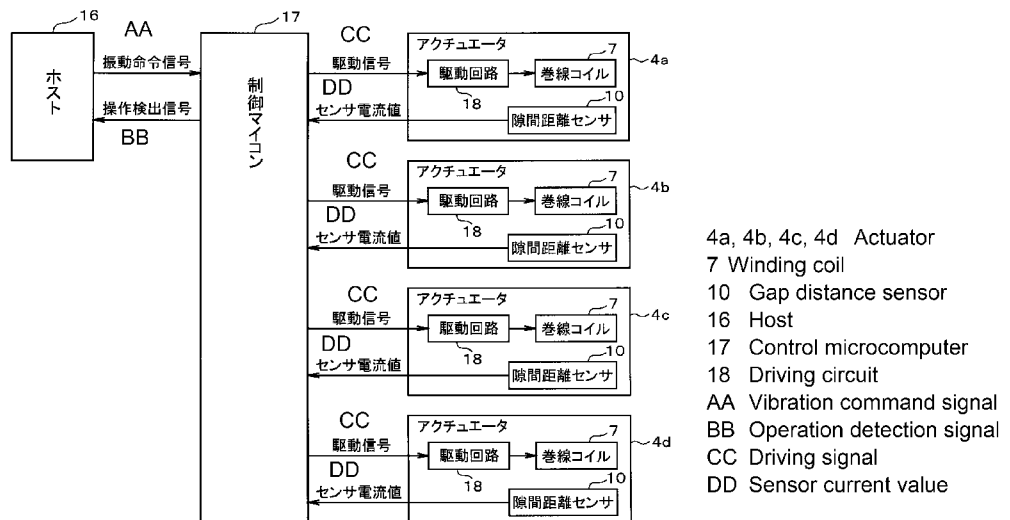
WO 2019/150737 A1

- (51) 国際特許分類:
G06F 3/041 (2006.01) *H02K 33/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/044002
- (22) 国際出願日: 2018年11月29日(29.11.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-018327 2018年2月5日(05.02.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 佐橋 義英 (SAHASHI, Yoshihide); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 サトー国際特許事務所 (SATO INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄四丁目6番15号 フォーティーンヒルズセンタービル Aichi (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: TACTILE PRESENTATION SYSTEM, COMPUTER PROGRAM AND STORAGE MEDIUM

(54) 発明の名称: 触覚呈示システム、コンピュータプログラム及び記憶媒体

[図4]



(57) Abstract: This tactile presentation system (1) is provided with: a vibration target (3) having a touch surface (3a) that can be pressed by a user; a tactile presentation device (4) having a movable yoke (11) connected to the vibration target via an elastic member (12) and a fixed yoke (6) that suctions the movable yoke; and a control unit (17) that presents a tactile sensation by vibrating the vibration target by generating a suctioning force by supplying drive current to the tactile presentation device. The control unit controls the current value and duration of the drive current separately for each tactile presentation device.

[続葉有]

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, 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：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：触覚呈示システム(1)は、ユーザが押圧可能なタッチ面(3a)を有する振動対象(3)と、振動対象に対して弾性部材(12)を介して接続されている可動ヨーク(11)及び可動ヨークを吸引する固定ヨーク(6)を有する触覚呈示装置(4)と、駆動電流を触覚呈示装置に供給して吸引力を発生させることで、振動対象を振動させて触覚を呈示する制御部(17)と、を備える。制御部は、駆動電流の電流値又は通電時間を触覚呈示装置毎に個別に制御する。

明 細 書

発明の名称：

触覚呈示システム、コンピュータプログラム及び記憶媒体

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2018年2月5日に出願された日本出願番号2018-018327号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、触覚呈示システム、コンピュータプログラム及び記憶媒体に関する。

背景技術

[0003] ユーザがタッチパネルのタッチ面に触れたときに触覚を呈示する構成が供されている。触覚を呈示する構成において人が触覚を検出しやすい周波数は数十Hz程度である。数十Hz程度の振動を発生させる構成として、振動させる対象である振動対象の下方に振動体を配置し、振動体の振動を振動対象に伝搬させ、振動対象を間接的に振動させる構成が開示されている（例えば特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第6078935号公報

発明の概要

[0005] 上記した特許文献1の構成では、共振を利用して振動対象を間接的に振動させる構成であるので、急峻な振動の立ち上がり特性を実現することができず、触覚を適切に呈示することができない問題がある。急峻な振動の立ち上がり特性を実現するには、共振を利用せずに振動対象を直接的に振動させる必要がある。振動対象を直接的に振動させる構成としては、アクチュエータを用いて振動対象を振動させる構成が考えられる。具体的には、タッチパネルを振動対象とする構成であれば、タッチパネルを板バネにより懸架して可

動ヨークに接続し、固定ヨークに電磁力を発生させ、可動ヨークを吸引する構成が考えられる。

[0006] このような構成では、可動ヨークを吸引するアクチュエータ吸引力が、固定ヨークと可動ヨークとの間の吸引方向の隙間距離であるヨーク隙間距離の影響を顕著に受けるので、ヨーク隙間距離の影響を軽減する必要がある。タッチパネルをアクチュエータにより複数箇所では板バネにより懸架する構成では、組み付け時に個体差によるヨーク隙間距離のばらつきが生じる。又、使用期間が長くなると経年変化による板バネのへたりによりヨーク隙間距離のばらつきが生じる可能性もある。

[0007] タッチパネルをアクチュエータにより支持する構成では、各アクチュエータのヨーク隙間距離はユーザがタッチ面に触れたときの押圧力と押圧位置に依存する。この場合、各ヨーク隙間距離に応じて個別に補正を行わないと、各アクチュエータに供給する駆動電流の電流値が同じであっても、ヨーク隙間距離が相対的に小さければアクチュエータ吸引力は相対的に大きくなり、ヨーク隙間距離が相対的に大きければアクチュエータ吸引力は相対的に小さくなる。そのため、各アクチュエータの可動ヨークの位置変位及び加速度が不均一になり、タッチパネルがアクチュエータにより不均一に引っ張られ、タッチパネルが傾いてしまう。ユーザがタッチ面に触れたときに触覚を適切に呈示するには、ユーザがタッチ面に触れた押圧位置及びヨーク隙間距離のばらつきによらず、可動ヨークの位置変位及び加速度を一定にする仕組みが必要である。

[0008] 本開示は、ユーザがタッチ面に触れた押圧位置及びヨーク隙間距離のばらつきの影響を軽減することで、可動ヨークの位置変位及び加速度を一定にすることができ、安定した触覚を適切に呈示することができる触覚呈示システム、コンピュータプログラム及び記憶媒体を提供することを目的とする。

[0009] 本開示の一態様によれば、振動対象は、ユーザが押圧可能なタッチ面を有する。触覚呈示装置は、振動対象に対して弾性部材を介して接続されている可動ヨーク及び可動ヨークを吸引する固定ヨークを有する。制御部は、駆動

電流を触覚呈示装置に供給して吸引力を発生させることで、振動対象を振動させて触覚を呈示する。制御部は、駆動電流の電流値又は通電時間を触覚呈示装置毎に個別に制御する。

- [0010] 駆動電流の電流値又は通電時間を触覚呈示装置毎に個別に制御することで、触覚呈示装置が発生する吸引力を触覚呈示装置毎に個別に制御することができる。これにより、ユーザがタッチ面に触れた押圧位置及びヨーク隙間距離のばらつきの影響を軽減することで、可動ヨークの位置変位及び加速度を一定にすることができ、安定した触覚を適切に呈示することができる。

図面の簡単な説明

- [0011] 本開示についての上記目的及びその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
- [図1]図1は、一実施形態の全体構成を模式的に示す斜視図であり、
- [図2]図2は、アクチュエータの構成を示す縦断側面図であり、
- [図3]図3は、アクチュエータの構成部品を示す分解斜視図であり、
- [図4]図4は、機能ブロック図であり、
- [図5]図5は、アクチュエータ吸引力及びバネ反力とヨーク隙間距離との関係を示す図であり、
- [図6]図6は、可動ヨークの動きを示す図であり、
- [図7]図7は、触覚呈示処理を示すフローチャート（その1）であり、
- [図8]図8は、触覚呈示処理を示すフローチャート（その2）である。

発明を実施するための形態

- [0012] 以下、一実施形態について図面を参照して説明する。図1に示すように、触覚呈示システム1は、四角形の表示面2aを有する表示器2と、表示面2aの全体をカバーするタッチパネル3（振動対象に相当する）と、表示器2の4隅の下方に配置されている4個のアクチュエータ4a～4d（触覚呈示装置に相当する）とを有する。タッチパネル3は、表示器2の4隅において4個のアクチュエータ4a～4dにより支持されている。タッチパネル3は、表示面2aに表示されるアイコン等をユーザが視認可能となるように透明

素材から構成されており、その表面部がタッチ面 3 a とされている。

[0013] 本実施形態では、アクチュエータの個数が「4」の構成を例示しているが、表示面 2 a やタッチ面 3 a の面積が大きい場合や表示器 2 やタッチパネル 3 の重量が大きい場合等では、アクチュエータの個数を増やしても良い。即ち、表示器 2 及びタッチパネル 3 を均等に支持する構成であれば、アクチュエータの個数をどのように設計しても良い。4 個のアクチュエータ 4 a ~ 4 d は同じ構成であり、アクチュエータ 4 a を代表して説明する。

[0014] アクチュエータ 4 a は、図 2 及び図 3 に示すように、ケース 5 と、ケース 5 に固定状態で配置されている固定ヨーク 6 と、巻線コイル 7 が巻回されているボビン 8 と、センサ回路基板 9 と、センサ回路基板 9 に実装されている隙間距離センサ 10 と、固定ヨーク 6 の上方に配置されている可動ヨーク 11 と、板バネ 12（弾性部材に相当する）とを有する。板バネ 12 は、その一端側がケース 5 に対してボルト 13 及びナット 14 より固定されており、その他端側では可動ヨーク 11 がカシメ固定されて一体化されている。表示器 2 の下面部の 4 隅と可動ヨーク 11 の他端側とはステー 15 を介して接続されている。即ち、表示器 2 の下面部の 4 隅が板バネ 12 により懸架されており、タッチパネル 3 に対して板バネ 12 を介して可動ヨーク 11 が接続されている。

[0015] 巻線コイル 7 に駆動電流が流れ、駆動電流が固定ヨーク 6 に供給されると、巻線コイル 7 の周辺に磁界が発生して固定ヨーク 6 に電磁力が発生し、アクチュエータ吸引力が発生する。アクチュエータ吸引力が発生すると、可動ヨーク 11 が吸引され、可動ヨーク 11 と一体化されている板バネ 12 が変位する。巻線コイル 7 への駆動電流が止まり、駆動電流が固定ヨーク 6 に供給されなくなると、アクチュエータ吸引力が消滅する。アクチュエータ吸引力が消滅すると、板バネ 12 が元の位置、即ち、アクチュエータ吸引力が発生する前の位置に戻ろうとする。このとき、板バネ 12 がステー 15 を介して表示器 2 に接続されているので、表示器 2 及びタッチパネル 3 が一体的に上下方向に振動し、ユーザがタッチパネル 3 のタッチ面 3 a に触れている状

態では、その上下方向の振動が触覚として呈示される。

[0016] 隙間距離センサ 10 は、可動ヨーク 11 の下方に配置されており、赤外線光を可動ヨーク 11 の下面部に向けて発光する発光部と、発光された赤外線光が可動ヨーク 11 の下面部で反射した反射光を受光する受光部とを有する。受光部は例えばフォトランジスタである。隙間距離センサ 10 は、反射光を受光部により受光すると、その受光した反射光の光量を測定して電流値に変換し、その電流値をセンサ電流値として出力する。隙間距離センサ 10 と可動ヨーク 11 の下面部との間の上下方向の隙間距離であるセンサ隙間距離（図 2 中「X a」）は、固定ヨーク 6 と可動ヨーク 11 との間の吸引方向の隙間距離であるヨーク隙間距離（図 2 中「X b」）よりも広く、センサ隙間距離とヨーク隙間距離との間には以下の関係が成立する。

センサ隙間距離＝ヨーク隙間距離＋オフセット距離

[0017] 触覚呈示システム 1 は、電氣的な構成としては、図 4 に示す機能ブロックを有する。触覚呈示システム 1 は、ホスト 16 と、制御マイコン 17 と、上記した 4 個のアクチュエータ 4 a～4 d とを有する。制御マイコン 17 は、CPU（Central Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）及び I/O（Input/Output）を有し、非遷移的実体的記憶媒体に格納されているコンピュータプログラムを実行することで、コンピュータプログラムに対応する処理を実行し、触覚呈示システム 1 の動作全般を制御する。

[0018] アクチュエータ 4 a～4 d は、それぞれ巻線コイル 7 に駆動電流を流す駆動回路 18 と、隙間距離センサ 10 とを有する。ユーザがタッチ面 3 a に触れると、隙間距離センサ 10 は、そのユーザの操作に応じた反射光の光量を測定して電流値に変換し、その電流値をセンサ電流値として制御マイコン 17 に出力する。制御マイコン 17 は、アクチュエータ 4 a～4 d を ID により識別しており、隙間距離センサ 10 からセンサ電流値を入力すると、ユーザがタッチ面 3 a に触れたことを特定し、アクチュエータ 4 a～4 d のセンサ電流値から特定した隙間距離の出力元を特定可能な操作検出信号をホスト

16に出力する。

[0019] ホスト16は、制御マイコン17から操作検出信号を入力すると、ユーザがタッチ面3aに触れている押圧位置を図示しないタッチパネルコントローラにより特定し、その特定した押圧位置と表示オブジェクトとを関係付け、どのような触覚を呈示するかを決定する。本実施形態では、表示器2の4隅の下方にアクチュエータ4a～4dが配置されているので、タッチパネルコントローラは、それぞれの隙間距離センサ10から出力されるセンサ電流値から特定した隙間距離の変位を、アクチュエータ4a～4dの配置に応じて比例配分することでユーザがタッチ面3aに触れている押圧位置を特定可能となる。ホスト16は、ユーザに呈示すべき触覚を決定すると、その決定した触覚に基づいて触覚の呈示を定義するデータを特定可能な振動命令信号を制御マイコン17に出力する。

[0020] 制御マイコン17は、ホスト16から振動命令信号を入力すると、その入力した振動命令信号から触覚の呈示を定義するデータを特定する。制御マイコン17は、隙間距離センサ10から入力するセンサ電流値から特定した隙間距離の変位によりユーザがタッチ面3aに触れたことで当該タッチ面3aに加わる押圧力に対応する押圧検出値を特定し、その特定した押圧検出値が閾値に対して所定の関係になると、その特定したデータに応じた駆動信号を駆動回路18に出力する。即ち、制御マイコン17は、例えばタッチパネル3に表示されるボタンスイッチの領域毎に閾値を設けておき、押圧検出値が閾値を超えると、駆動信号を駆動回路18に出力する。この場合、閾値とは、ユーザがタッチ面3aを軽く短時間に亘って押す、軽く長時間に亘って押す、深く短時間に亘って押す、深く長時間に亘って押す等の操作を区別するための閾値である。尚、制御マイコン17が駆動回路18に出力する駆動信号はPWM信号である。又、押圧検出値はそれぞれの隙間距離センサ10において押圧力が付与されていない状態からの出力変化量に機械的構造から決まる定数を乗じた値の合計値である。

[0021] 駆動回路18は、制御マイコン17から駆動信号を入力すると、その入力

した駆動信号により特定される駆動電流を巻線コイル7に出力し、巻線コイル7の周辺に磁界を発生させて固定ヨーク6に電磁力を発生させ、アクチュエータ吸引力を発生させる。

[0022] ここで、上記したヨーク隙間距離と、アクチュエータ吸引力との関係について説明する。ヨーク隙間距離はアクチュエータ吸引力を有効に使うために1mm以下であることが望ましい。アクチュエータ吸引力が大きくなると、可動ヨーク11の移動距離が長くなり、可動ヨーク11が固定ヨーク6に衝突すると、衝突音が発生する。衝突音が発生するとユーザに不快感を与えてしまうので、制御マイコン17は、可動ヨーク11が固定ヨーク6に衝突しないようにアクチュエータ吸引力を制御する必要がある。即ち、制御マイコン17は、ヨーク隙間距離を測定し、その測定したヨーク隙間距離を用い、巻線コイル7に流す駆動電流をフィードバック制御し、アクチュエータ吸引力を制御する必要がある。

[0023] アクチュエータ吸引力及びバネ反力（弾性力と同等）とヨーク隙間距離との関係は図5に示すような特性を示す。図5において、実線はアクチュエータ吸引力とヨーク隙間距離との関係を示し、破線はバネ反力とヨーク隙間距離との関係を示す。バネ反力とは板バネ12が中立状態からの位置変位に伴って発生する弾性力であり、中立状態とはアクチュエータ吸引力が発生していない状態である。

[0024] アクチュエータ吸引力は、ヨーク隙間距離に反比例し、電磁石の磁気飽和が発生しない範囲において巻線コイル7に流れる電流の2乗に比例する。アクチュエータ吸引力を「 F_{coil} 」とし、磁石定数（電磁力生成係数と同等）を「 M 」とし、巻線コイル7に流れる駆動電流の電流値を「 i 」とし、ヨーク隙間距離を「 L 」とすると、以下の関係が成立する。

$$F_{coil} = M \times i^2 / L \quad (\wedge \text{はべき乗を示す})$$

[0025] 一方、バネ反力は、板バネ12の中立状態からの位置変位に比例する。バネ反力を「 F_k 」とし、バネ定数（弾性係数と同等）を「 K 」とし、変位量を「 ΔL 」とすると、以下の関係が成立する。

$$F_k = -K \times \Delta L$$

アクチュエータ吸引力とバネ反力とが釣り合い、板バネ 12 が停止している状態では、以下の関係が成立する。

$$F_{coil} + F_k = 0$$

[0026] 図 5 において、実線 A 1 を巻線コイル 7 に流れる駆動電流の電流値が「 i_1 」であるときの特性、実線 A 2 を巻線コイル 7 に流れる駆動電流の電流値が「 i_2 」であるときの特性、実線 A 3 を巻線コイル 7 に流れる駆動電流の電流値が「 i_3 」であるときの特性とすると、以下の関係が成立する。

$$i_1 < i_2 < i_3$$

[0027] この場合、駆動電流が電流値「 i_3 」未満では、可動ヨーク 11 が固定ヨーク 6 に衝突しないが、駆動電流が電流値「 i_3 」以上では、可動ヨーク 11 が固定ヨーク 6 に衝突する。即ち、可動ヨーク 11 が固定ヨーク 6 に衝突しない駆動電流の最大電流値は電流値「 i_3 」となる。

[0028] 次に、隙間距離センサ 10 について説明する。隙間距離センサ 10 は、上記したように、反射光を受光部により受光すると、その受光した反射光の光量を測定して電流値に変換し、その電流値をセンサ電流値として制御マイコン 17 に出力する。制御マイコン 17 は、隙間距離センサ 10 からセンサ電流値を入力すると、その入力したセンサ電流値を距離に換算し、隙間距離センサ 10 と可動ヨーク 11 の下面部との間の上下方向の隙間距離をセンサ隙間距離として特定する。この場合、センサ隙間距離とヨーク隙間距離との間では上記したように以下の関係が成立する。

$$\text{センサ隙間距離} = \text{ヨーク隙間距離} + \text{オフセット距離}$$

[0029] 即ち、本実施形態では、センサ隙間距離を特定し、その特定したセンサ隙間距離からオフセット距離を減算することで、ヨーク隙間距離を特定することが可能である。

[0030] タッチパネル 3 をアクチュエータ 4a～4d により支持する構成では、それぞれのヨーク隙間距離はユーザがタッチ面 3a に触れたときの押圧力と押圧位置に依存する。即ち、ユーザがタッチ面 3a の中央付近を押圧した場合

であれば、各アクチュエータ 4 a ~ 4 d が受ける力は均等となるが、ユーザがタッチ面 3 a の隅を押圧した場合であれば、そのユーザが押圧した箇所から相対的に近いアクチュエータでは可動ヨーク 1 1 が下向きに撓み、そのユーザが押圧した箇所から相対的に遠いアクチュエータでは可動ヨーク 1 1 が上向きに撓む。この状態で、駆動電流を各アクチュエータ 4 a ~ 4 d に供給すると、各アクチュエータ 4 a ~ 4 d から発生されるアクチュエータ吸引力がヨーク隙間距離に応じて異なることになり、可動ヨーク 1 1 の位置変位及び加速度が不均一になる。本実施形態は、このような不具合を、駆動電流の電流値をアクチュエータ 4 a ~ 4 d 毎に個別に制御することで解決する。

[0031] 最初に、触覚を呈示しているときのヨーク隙間距離について説明する。触覚を呈示しているときの可動ヨーク 1 1 の動きは、図 6 に示すような特性を示す。図 6 において、ユーザがタッチ面 3 a に触れると (t 1)、そのユーザからの押圧力によりヨーク隙間距離は小さくなり、その後、駆動電流の供給が開始されると (t 2)、アクチュエータ吸引力が発生し、ヨーク隙間距離は更に小さくなる。駆動電流の供給が終了されると (t 3)、アクチュエータ吸引力が消滅し、板バネ 1 2 のバネ定数と可動ヨーク 1 1 の質量により決まる周波数にしたがって可動ヨーク 1 1 が減衰振動を開始する。図 6 では、ユーザがタッチ面 3 a に触れた直後にアクチュエータ駆動期間を 1 回だけ設けた場合を例示しているが、可動ヨーク 1 1 の減衰振動が開始した後もアクチュエータ駆動期間を設けることで、可動ヨーク 1 1 の減衰振動を速めたり遅めたりすることができる。尚、アクチュエータ駆動期間とは、駆動電流を供給している期間である。

[0032] アクチュエータ駆動期間で可動ヨーク 1 1 の位置をフィードバック制御すれば、ヨーク隙間距離のばらつきを軽減することができる。即ち、アクチュエータ駆動期間において、ヨーク隙間距離を逐次特定し、アクチュエータ吸引力がヨーク隙間距離に反比例することを利用し、その逐次特定したヨーク隙間距離に応じて駆動電流を補正すれば、ユーザがタッチ面 3 a に触れた押圧位置及びヨーク隙間距離のばらつきの影響を軽減することができる。

[0033] しかしながら、実際には、アクチュエータ駆動期間に対して電磁石の応答時間が発生するので、アクチュエータ駆動期間において、ヨーク隙間距離を逐次特定して駆動電流を補正することは難しい。可動ヨーク 11 の質量、バネ定数、駆動電流指令値、磁石定数、中立状態におけるヨーク隙間距離を用いて記述した動作モデルを使い、アクチュエータ駆動期間の電流波形データからヨーク隙間距離を予め特定する。そして、中立状態のヨーク隙間距離と基準値とを比較し、中立状態のヨーク隙間距離が基準値と異なる場合に、駆動電流の電流値を指令する駆動電流指令値を、実際のヨーク隙間距離と基準値との差に応じて補正して補正駆動電流指令値を特定し、その特定した補正駆動電流指令値にしたがってアクチュエータ 4 a ~ 4 d を駆動することで、ユーザがタッチ面 3 a に触れた押圧位置及びヨーク隙間距離のばらつきの影響を軽減することができる。

[0034] 上記した方法では、初期のヨーク隙間距離が中立状態のヨーク隙間距離であるときの駆動電流指令値、アクチュエータ吸引力、バネ反力、可動ヨーク 11 の質量の関係を表した状態方程式を解き、補正駆動電流指令値を特定し、駆動電流を補正すれば良い。

[0035] 次に、上記した構成の作用について図 7 及び図 8 を参照して説明する。図 7 及び図 8 はそれぞれ制御マイコン 17 が実行する触覚呈示処理を示している。制御マイコン 17 が駆動電流の電流指令値を補正する方法としては第 1 の補正方法と第 2 の補正方法との 2 通りの方法がある。以下、それぞれの方法について説明する。

[0036] (1) 第 1 の補正方法

第 1 の補正方法では、以下のように定義する。

中立状態のヨーク隙間距離 = 標準値 D_1 + 押込み量

可動ヨーク 11 の加速度 = (磁石定数 $M \times$ 駆動電流指令値 $I^2 /$ ヨーク隙間距離 - バネ定数 $K \times$ (ヨーク隙間距離 - 標準値 D_1)) / 可動ヨーク 11 の質量 M_{ass} ($\wedge$ はべき乗を示す)

押込み量 = ユーザがタッチ面 3 a に触れてからアクチュエータが駆動する

までの凹み量

[0037] ユーザがタッチ面 3 a に触れていない初期状態の $t = 0$ では、押込み量 = 0 であるので、中立状態のヨーク隙間距離 = 標準値 D_1 となり、可動ヨーク 1 1 の加速度 = 0 となる。

尚、ユーザがタッチ面 3 a に触れることで発生する押込み力は可動ヨーク 1 1 の位置変化の影響を受け難いので、一定のバネ変位を常に発生していると考えられ、上記した演算式には表れない。

[0038] Δt 秒後の可動ヨーク 1 1 の速度 $V(D_1, t)$ は、前回の速度 + 可動ヨーク 1 1 の加速度 $\times \Delta t$ から特定することができる。

Δt 秒後の可動ヨーク 1 1 の位置 $P(D_1, t)$ は、前回の位置 + 可動ヨーク 1 1 の速度 $\times \Delta t$ から特定することができる。

中立状態のヨーク隙間距離 = 標準値 D_2 + 押込み量

であるときには、ユーザがタッチ面 3 a に触れていない初期状態の $t = 0$ では、押込み量 = 0 であるので、中立状態のヨーク隙間距離 = 標準値 D_2 となり、時刻 t における駆動電流は、 $P(D_2, t) / P(D_1, t)$ 倍となる。これ以降、以下のように定義する。

[0039] $A(D, T)$ = 中立状態の隙間距離 D 、時刻 T における可動ヨーク 1 1 の加速度

$V(D, T)$ = 中立状態の隙間距離 D 、時刻 T における可動ヨーク 1 1 の速度

$P(D, T)$ = 中立状態の隙間距離 D 、時刻 T における可動ヨーク 1 1 の位置（基準位置は可動ヨーク 1 1 と固定ヨーク 6 とが接触した位置である）

アクチュエータ吸引力の発生に応じて可動ヨーク 1 1 に作用する力 = 磁石定数 $M \times$ 駆動電流指令値 $\wedge^2 / P(D, t)$ ($\wedge$ はべき乗を示す)

板バネ 1 2 の変形に応じて可動ヨーク 1 1 に作用する力 = -バネ定数 $K \times (P(D, t) - D)$

[0040] 組み付け時の公差等の影響により中立状態における設計時のヨーク隙間距離の中心値に対し、中立状態における実測のヨーク隙間距離が異なるので、

上記した標準値 D_1 、 D_2 を以下のように定義する。

標準値 D_1 = 中立状態における設計時のヨーク隙間距離の中心値－押込み量

標準値 D_2 = 中立状態における実測のヨーク隙間距離－押込み量

制御マイコン 17 は、触覚呈示処理を開始すると、可動ヨーク 11 の軌道計算に必要な初期状態を以下のように設定する (S1)。

$$A(D_1, 0) = 0, V(D_1, 0) = 0, P(D_1, 0) = D_1$$

$$A(D_2, 0) = 0, V(D_2, 0) = 0, P(D_2, 0) = D_2$$

[0041] 次に、制御マイコン 17 は、駆動波形データに格納されている駆動電流指令値の読み出し位置を先頭に設定する (S2)。

次に、制御マイコン 17 は、その設定した読み出し位置にしたがって駆動波形データに格納されている駆動電流指令値を読み出す (S3)。

[0042] 次に、制御マイコン 17 は、 Δt 秒後の可動ヨーク 11 の加速度、速度、位置を以下のように定義する (S4)。

$$A(D_1, t + \Delta t) = (M \times \text{駆動電流指令値}^2 / P(D_1, t) - K \times (P(D_1, t) - D_1) / \text{Mass}) \quad (\wedge \text{はべき乗を示す})$$

$$V(D_1, t + \Delta t) = V(D_1, t) + A(D_1, t) \times \Delta t$$

$$P(D_1, t + \Delta t) = P(D_1, t) + V(D_1, t) \times \Delta t$$

$$A(D_2, t + \Delta t) = (M \times \text{補正駆動電流指令値}^2 / P(D_2, t) - K \times (P(D_2, t) - D_2) / \text{Mass}) \quad (\wedge \text{はべき乗を示す})$$

$$V(D_2, t + \Delta t) = V(D_2, t) + A(D_2, t) \times \Delta t$$

$$P(D_2, t + \Delta t) = P(D_2, t) + V(D_2, t) \times \Delta t$$

[0043] 次に、制御マイコン 17 は、その定義した Δt 秒後の可動ヨーク 11 の加速度、速度、位置を用い、次の時刻で使用する補正駆動電流指令値を以下のように特定する (S5)。

$$\text{補正駆動電流指令値} = P(D_2, t) / P(D_1, t) \times \text{駆動電流指令値}$$

[0044] 次に、制御マイコン 17 は、駆動電流指令値の読み出しを最後まで終了したか否かを判定する (S6)。制御マイコン 17 は、駆動電流指令値の読み

出しを最後まで終了していないと判定すると（S 6 : N O）、駆動波形データに格納されている駆動電流指令値の読み出し位置を更新し（S 7）、上記したステップS 3に戻り、ステップS 3以降を繰り返して行う。制御マイコン17は、駆動電流指令値の読み出しを最後まで終了したと判定すると（S 6 : Y E S）、触覚呈示処理を終了する。

[0045] 以上に説明した処理を行うことで、各アクチュエータ4 a～4 dに供給する駆動電流をヨーク隙間距離に応じて制御することで、各アクチュエータ4 a～4 dにおけるアクチュエータ吸引力の均衡を図ることができる。

[0046] （2）第2の補正方法

第2の補正方法は、アクチュエータ駆動期間において可動ヨーク11が中心位置にあるときのアクチュエータ吸引力と、標準隙間距離、即ち、組み付け等のばらつきがない標準状態にあるときのアクチュエータ吸引力とが同じになるように補正駆動電流指令値を特定する。

この場合は、上記した標準値D 1、D 2を以下のように定義する。

標準値D 1＝中立状態における隙間距離設計値－標準押込み量

標準値D 2＝中立状態における隙間距離推定値－標準押込み量

標準押込み量は、振動波形を生成したときの押圧を検出する隙間変化量である。

制御マイコン17は、触覚呈示処理を開始すると、アクチュエータ駆動期間の最大変位V Aを特定する（S 11）。

[0047] 次に、制御マイコン17は、駆動波形データに格納されている駆動電流指令値の読み出し位置を先頭に設定する（S 12）。

次に、制御マイコン17は、その設定した読み出し位置にしたがって駆動波形データに格納されている駆動電流指令値を読み出す（S 13）。

[0048] 次に、制御マイコン17は、次の時刻で使用する補正駆動電流指令値を以下のように特定する（S 14）。

補正駆動電流指令値

＝駆動電流指令値×（（D 2－V A／2）／（D 1－V A／2））∧0.5

＝駆動電流指令値×（触覚開始時の推定隙間距離－ $V_A/2$ ）／（ $D_1 - V_A/2$ ）） $\wedge 0.5$ （ $\wedge$ はべき乗を示す）

[0049] 次に、制御マイコン17は、駆動電流指令値の読み出しを最後まで終了したか否かを判定する（S15）。制御マイコン17は、駆動電流指令値の読み出しを最後まで終了していないと判定すると（S15：NO）、駆動波形データに格納されている駆動電流指令値の読み出し位置を更新し（S16）、上記したステップS3に戻り、ステップS3以降を繰り返して行う。制御マイコン17は、駆動電流指令値の読み出しを最後まで終了したと判定すると（S15：YES）、触覚呈示処理を終了する。

[0050] 第1の補正方法は計算が複雑であり、駆動波形データが複雑であると、摩擦等による軌道誤差を考慮することが困難となる問題がある。簡易的な方法として第2の補正方法を採用することができる。

[0051] 以上に説明した処理を行うことで、各アクチュエータ4a～4dに供給する駆動電流を可動ヨーク11の中心位置に応じて制御することで、第1の補正方法と同様に、各アクチュエータ4a～4dにおけるアクチュエータ吸引力の均衡を図ることができる。尚、第1の補正方法のステップS1～S7、第2の補正方法のステップS11～S16は、制御手順に相当する。

[0052] 尚、以上は、駆動電流の電流値を調整してアクチュエータ吸引力の均衡を図る構成であるが、駆動回路18の駆動能力が不足しており、補正駆動電流指令値が大きいと、その補正駆動電流指令値により指令された電流値の駆動電流をアクチュエータ4a～4dに供給することができない虞がある。その場合は、駆動電流を供給する時間幅である通電時間を調整してアクチュエータ吸引力の均衡を図れば良い。即ち、アクチュエータ4a～4dに供給する駆動電流の電流値が補正駆動電流指令値により指令された電流値の X （ $X < 1$ ）倍であると、そのときのアクチュエータ吸引力は $X \wedge 2$ 倍（ $\wedge$ はべき乗を示す）となるので、通電時間を $1/X \wedge 2$ 倍とすれば良い。制御マイコン17は、計算上は Δt とするが、通電時間を調整する際には、 $\Delta t/X \wedge 2$ として計算すれば良い。

[0053] 又、以上は、ユーザがタッチ面 3 a に触れた後に駆動電流の供給を開始し、ユーザがタッチ面 3 a に触れた押圧位置の影響を軽減すると共に、ヨーク隙間距離のばらつきの影響を軽減する構成であるが、ユーザがタッチ面 3 a に触れる前から駆動電流の供給を開始し、ヨーク隙間距離のばらつきの影響を軽減し、ユーザがタッチ面 3 a に触れた後にユーザがタッチ面 3 a に触れた押圧位置の影響を軽減しても良い。即ち、ユーザがタッチ面 3 a に触れる前のアクチュエータ吸引力を触覚呈示前のオフセット力として発生させ、そのオフセット力によりヨーク隙間距離のばらつきの影響を軽減する。その状態で、ユーザがタッチ面 3 a に触れた後に駆動電流の駆動電流指令値を変更し、ユーザがタッチ面 3 a に触れた押圧位置の影響を軽減する。ユーザがタッチ面 3 a に触れる前のオフセット力を、ユーザがタッチ面 3 a に触れた後も継続して発生させ続ける。

[0054] 以上に説明したように本実施形態によれば、次に示す効果を得ることができる。

触覚呈示システム 1 において、駆動電流の電流値又は通電時間をアクチュエータ 4 a ～ 4 d 毎に個別に制御するようにした。アクチュエータ吸引力をアクチュエータ 4 a ～ 4 d 毎に個別に制御することで、ユーザがタッチ面 3 a に触れた押圧位置及びヨーク隙間距離のばらつきの影響を軽減し、可動ヨーク 1 1 の位置変位及び加速度を一定にすることができ、安定した触覚を適切に呈示することができる。

[0055] 可動ヨーク 1 1 の軌跡を特定し、その特定した可動ヨーク 1 1 の軌跡を用いて駆動電流の電流値又は通電時間を制御するようにした。可動ヨーク 1 1 の軌跡を用いて安定した触覚を適切に呈示することができる。

第 1 の補正方法では、駆動期間におけるヨーク隙間距離を逐次特定し、その特定したヨーク隙間距離にしたがって駆動電流の電流値又は通電時間を制御するようにした。ヨーク隙間距離を逐次特定することで、精度を高めることができる。

第 2 の補正方法では、駆動期間における可動ヨーク 1 1 の中央位置を特定

し、その特定した可動ヨークの中央位置にしたがって駆動電流の電流値又は通電時間を制御するようにした。ヨーク隙間距離を逐次特定する処理を省き、駆動期間における可動ヨーク 11 の中央位置を用いることで、計算を簡素化することができる。

[0056] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、更には、それらに一要素のみ、それ以上、或いはそれ以下を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

[0057] 車載に適用する構成に限らず、他の用途に適用する構成でも良い。

制御マイコン 17 が行う処理をホスト 16 が行っても良いし、ホスト 16 が行う処理を制御マイコン 17 が行っても良く、ホスト 16 が行う処理と制御マイコン 17 が行う処理とをどのように分散しても良い。

タッチパネル 3 が複数のアクチュエータ 4 a ~ 4 d により支持されており、各アクチュエータに供給する駆動電流の電流値又は通電時間を個別に制御する構成を例示したが、制御する対象が 1 個であっても良い。即ち、振動対象が 1 個のアクチュエータにより支持されている構成に適用しても良い。

請求の範囲

- [請求項1] ユーザが押圧可能なタッチ面（3 a）を有する振動対象（3）と、
前記振動対象に対して弾性部材（1 2）を介して接続されている可動ヨーク（1 1）及び前記可動ヨークを吸引する固定ヨーク（6）を有する触覚呈示装置（4）と、
駆動電流を前記触覚呈示装置に供給して吸引力を発生させることで、前記振動対象を振動させて触覚を呈示する制御部（1 7）と、を備えた触覚呈示システム（1）であって、
前記制御部は、駆動電流の電流値又は通電時間を前記触覚呈示装置毎に個別に制御する触覚呈示システム。
- [請求項2] 前記制御部は、ユーザが前記タッチ面に触れた後に駆動電流の供給を開始し、駆動電流の電流値又は通電時間を前記触覚呈示装置毎に個別に制御する請求項1に記載した触覚呈示システム。
- [請求項3] 前記制御部は、ユーザが前記タッチ面に触れた後の前記可動ヨークの軌跡を特定し、その特定した前記可動ヨークの軌跡を用いて駆動電流の電流値又は通電時間を前記触覚呈示装置毎に個別に制御する請求項2に記載した触覚呈示システム。
- [請求項4] 前記制御部は、前記可動ヨークの軌跡を用いて駆動期間における前記固定ヨークと前記可動ヨークとの間の吸引方向の隙間距離であるヨーク隙間距離を逐次特定し、その特定したヨーク隙間距離にしたがって駆動電流の電流値又は通電時間を前記触覚呈示装置毎に個別に制御する請求項3に記載した触覚呈示システム。
- [請求項5] 前記制御部は、前記可動ヨークの軌跡を用いて駆動期間における前記可動ヨークの中央位置を特定し、その特定した前記可動ヨークの中央位置にしたがって駆動電流の電流値又は通電時間を前記触覚呈示装置毎に個別に制御する請求項3に記載した触覚呈示システム。
- [請求項6] 前記制御部は、ユーザが前記タッチ面に触れる前から駆動電流の供給を開始し、駆動電流の電流値又は通電時間を前記触覚呈示装置毎に

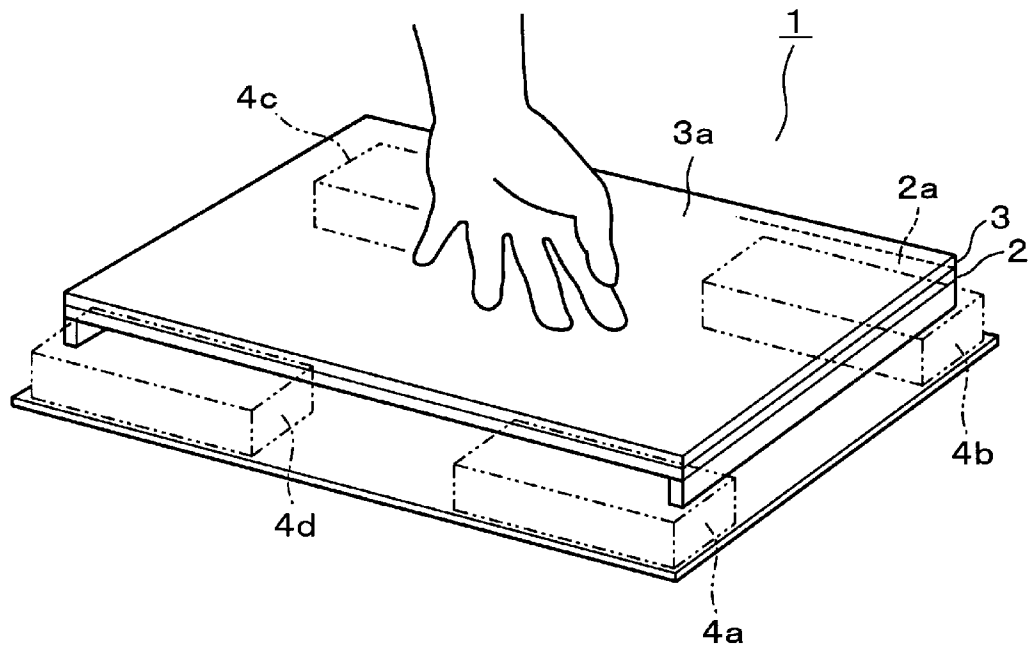
個別に制御する請求項 1 に記載した触覚呈示システム。

[請求項7] ユーザが押圧可能なタッチ面（3 a）を有する振動対象（3）と、前記振動対象に対して弾性部材（1 2）を介して接続されている可動ヨーク（1 1）及び前記可動ヨークを吸引する固定ヨーク（6）を有する触覚呈示装置（4）と、駆動電流を前記触覚呈示装置に供給して吸引力を発生させることで、前記振動対象を振動させて触覚を呈示する制御部（1 7）と、を備えた触覚呈示システム（1）の前記制御部に、

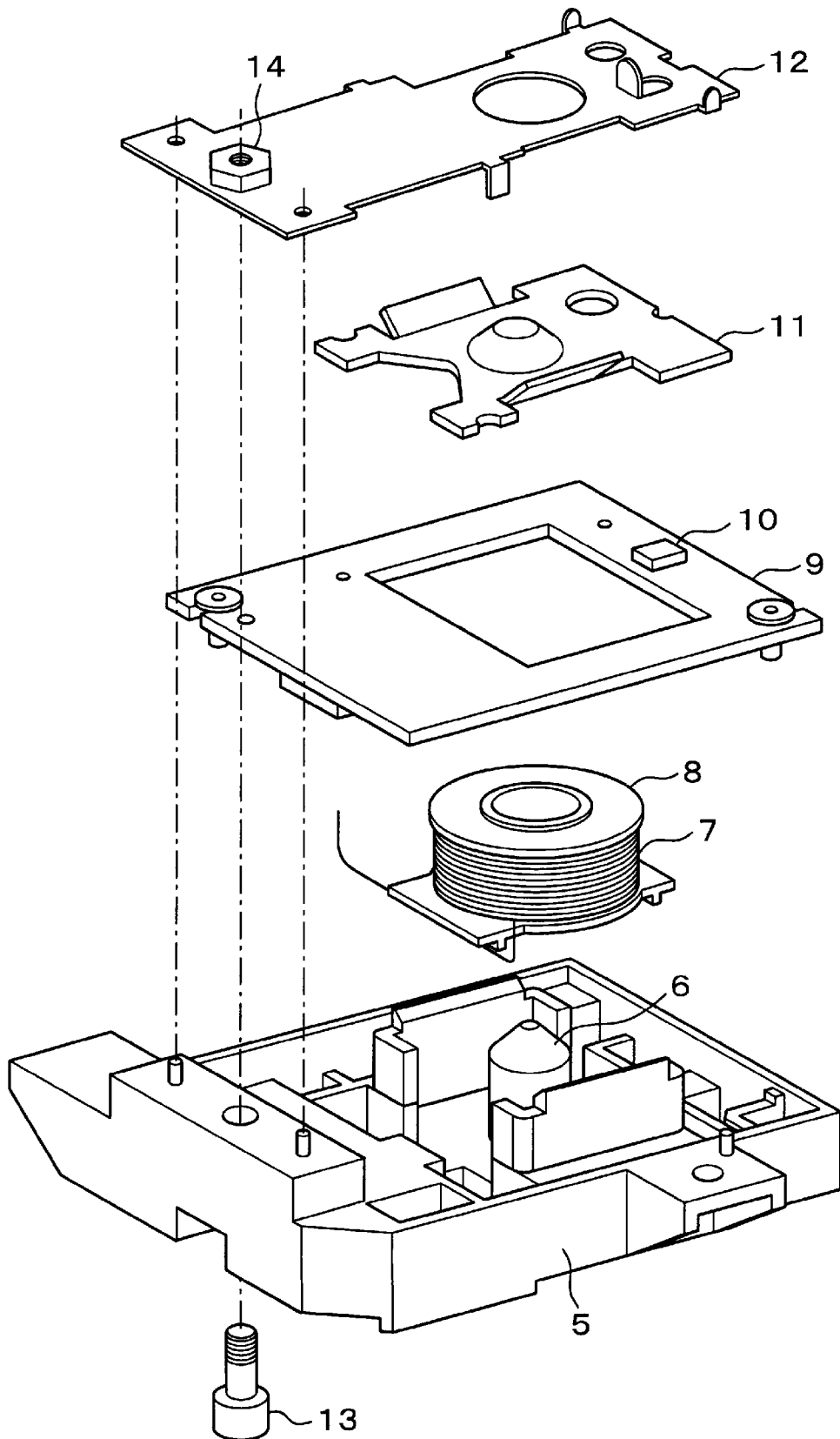
駆動電流の電流値又は通電時間を前記触覚呈示装置毎に個別に制御する制御手順を実行させるコンピュータプログラム。

[請求項8] 請求項 7 に記載したコンピュータプログラムを記憶するコンピュータ読み取り可能な非一時的な記憶媒体。

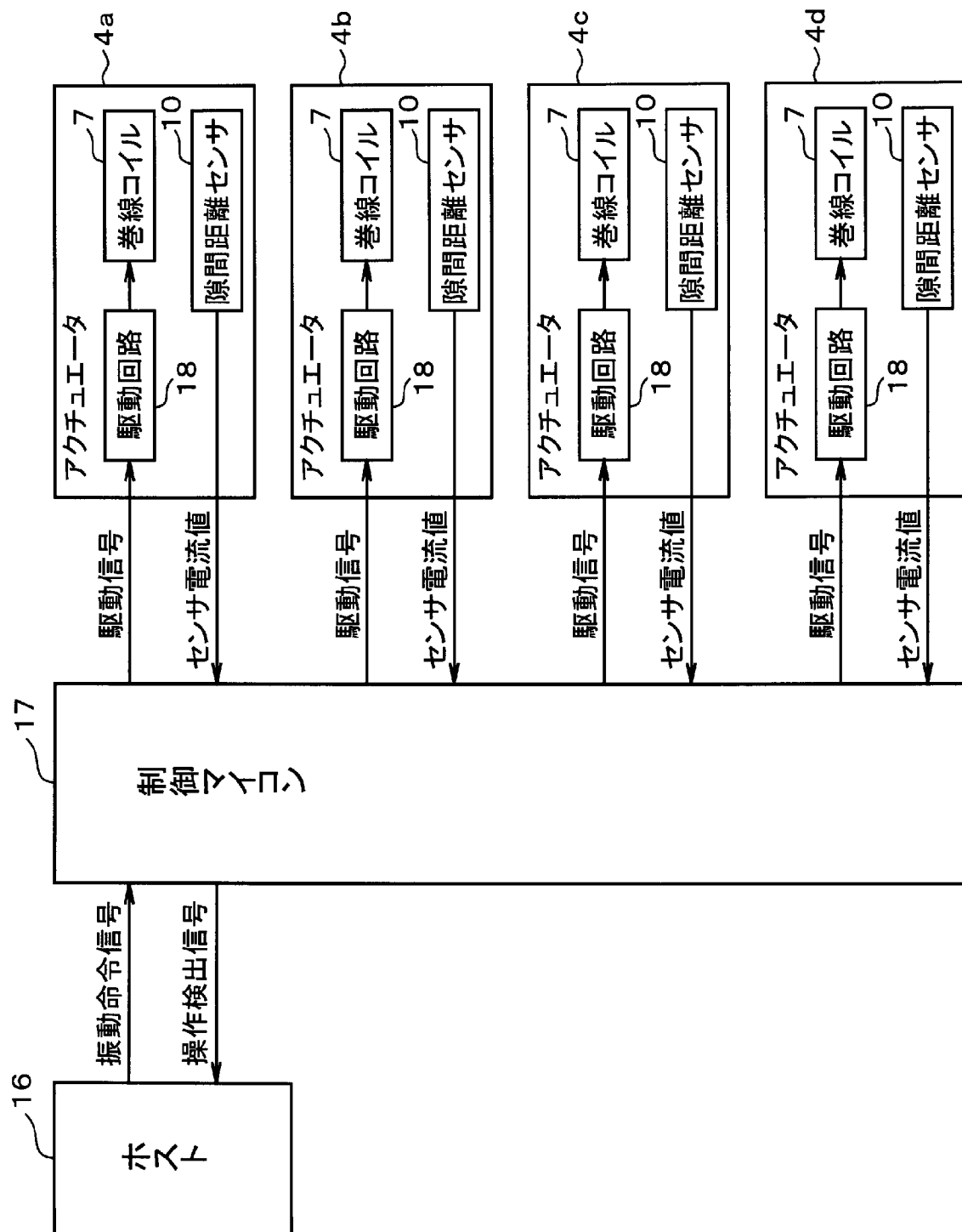
[図1]



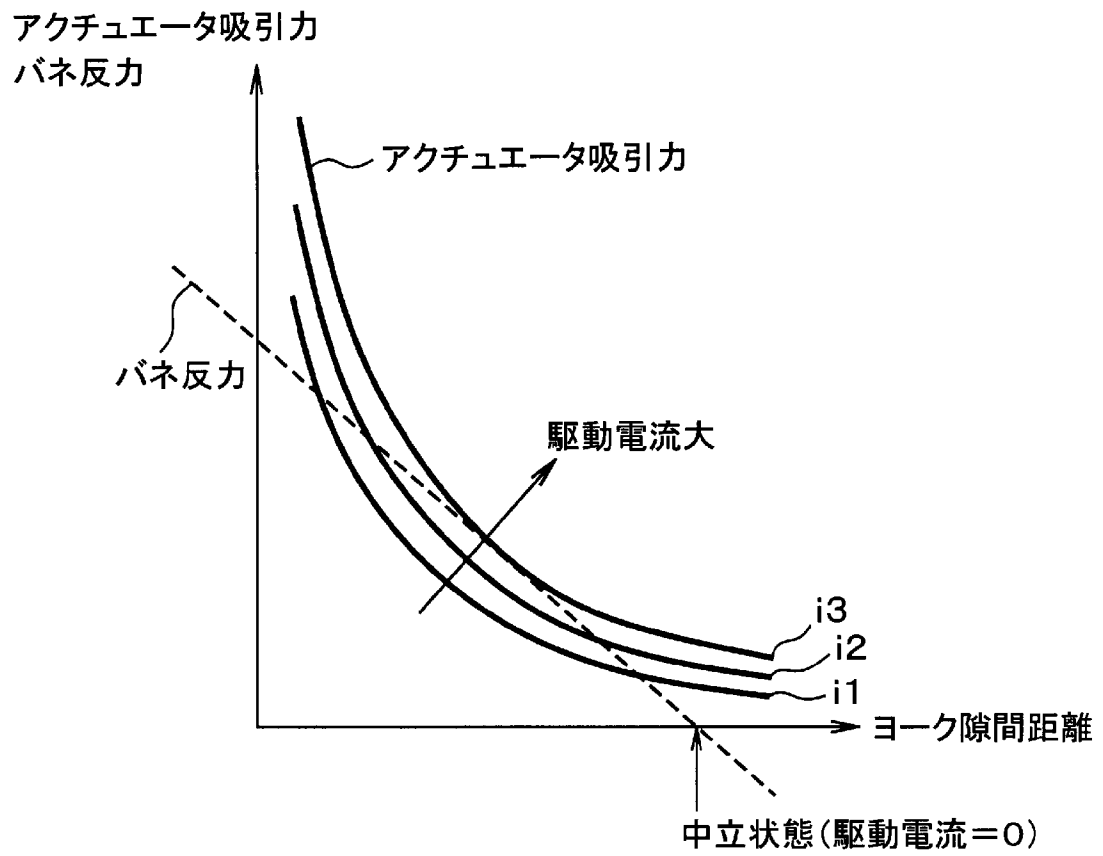
[図3]



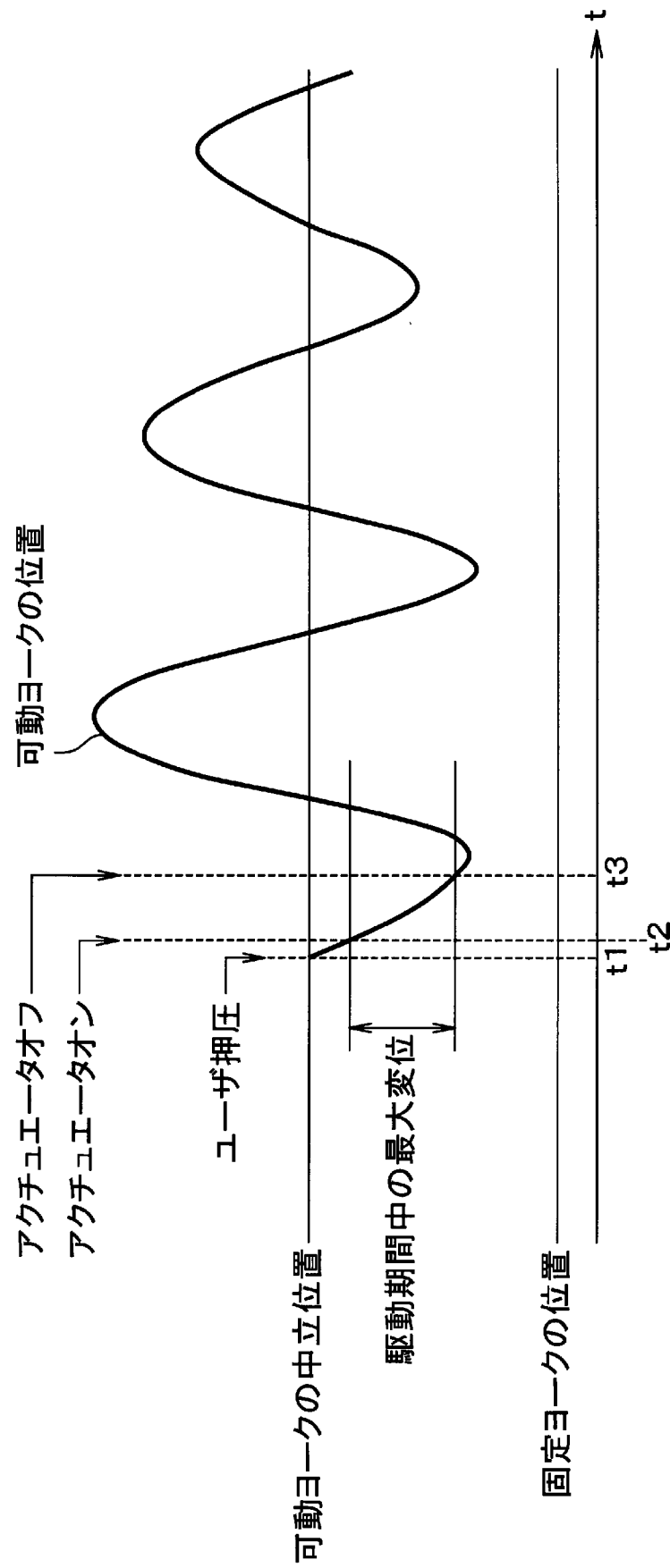
[図4]



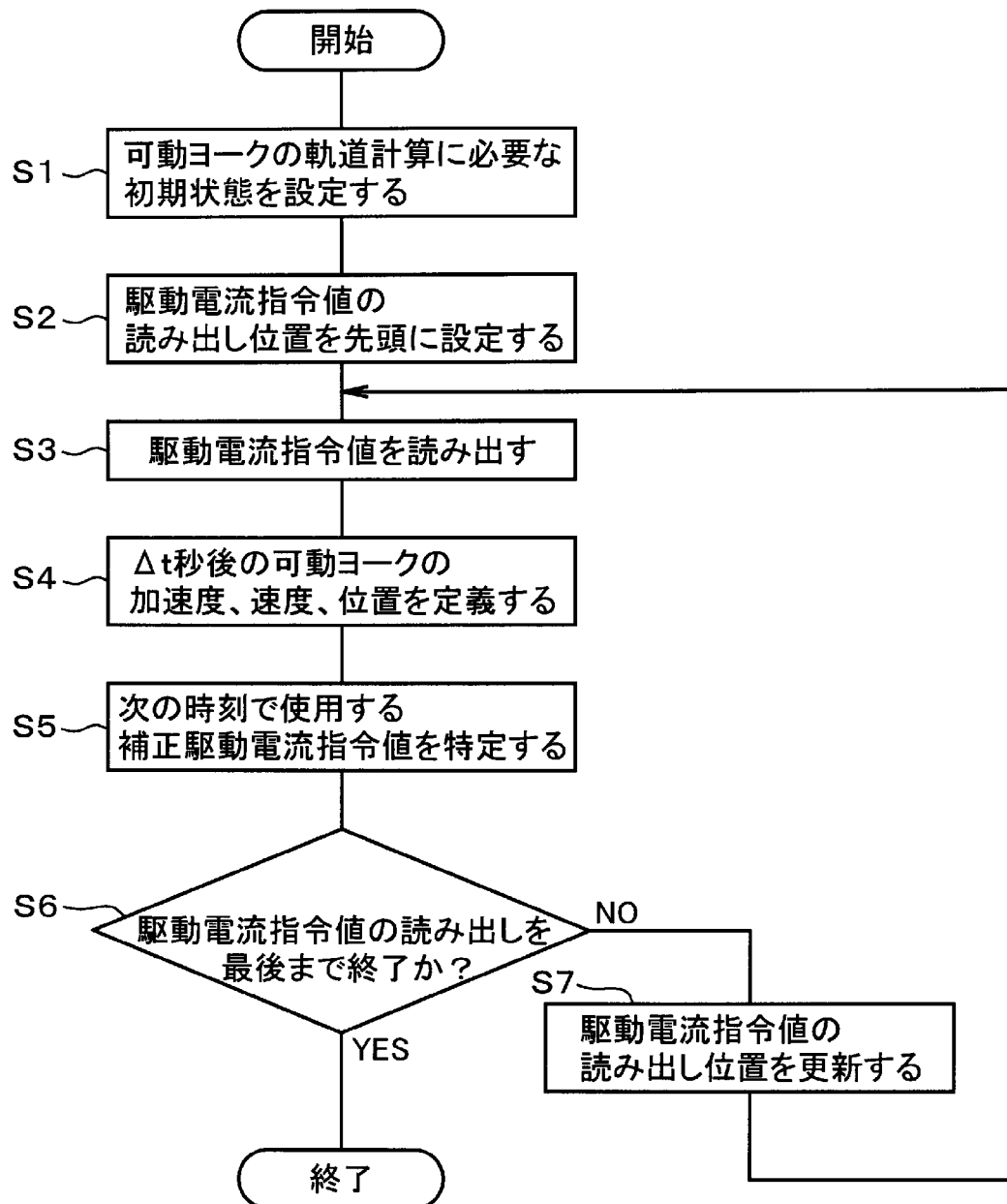
[図5]



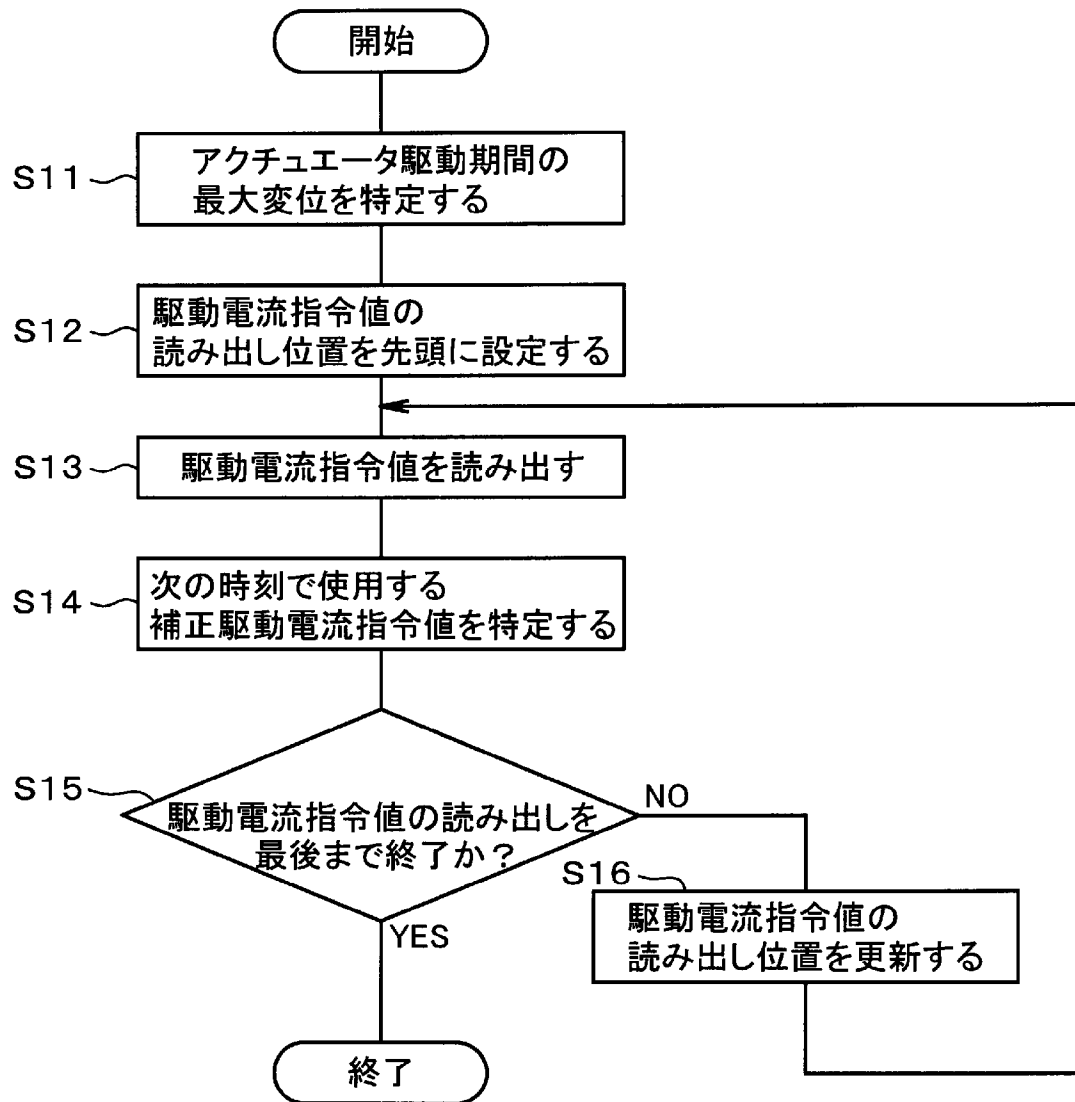
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/044002

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G06F3/041 (2006.01) i, H02K33/02 (2006.01) 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)

Int.Cl. G06F3/01, G06F3/041, H02K33/02

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
Y A	JP 2015-203893 A (NIPPON SOKEN INC.) 16 November 2015, paragraphs [0010]-[0028], fig. 1-7 (Family: none)	1-2, 6-8 3-5
Y A	JP 2013-50920 A (MINEBEA CO., LTD.) 14 March 2013, paragraphs [0011]-[0036], fig. 1-4 (Family: none)	1-2, 6-8 3-5



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

26.12.2018

Date of mailing of the international search report

15.01.2019

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/044002

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2018-5903 A (APPLE INC.) 11 January 2018, paragraphs [0055]-[0058], fig. 1-3 & US 2017/0364158 A1, paragraphs [0090]-[0093], fig. 1-3 & CN 107526435 A & KR 10-2017-0142942 A	1-2, 6-8 3-5
Y A	JP 2015-158912 A (IMMERSION CORP.) 03 September 2015, paragraphs [0009]-[0026], fig. 1-3 & US 2015/0054768 A1, paragraphs [0011]-[0028], fig. 1-3 & KR 10-2009-0074063 A	6 1-5, 7-8
Y A	JP 2017-111462 A (KYOCERA CORPORATION) 22 June 2017, paragraphs [0011]-[0071], fig. 1-4 & EP 3382516 A1, paragraphs [0008]-[0068], fig. 1-4	6 1-5, 7-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G06F3/041(2006.01)i, H02K33/02(2006.01)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 (I P C))

Int.Cl. G06F3/01, G06F3/041, H02K33/02

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で利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
Y A	JP 2015-203893 A (株式会社日本自動車部品総合研究所) 2015.11.16, 段落[0010]-[0028], 図 1-7 (ファミリーなし)	1-2, 6-8 3-5
Y A	JP 2013-50920 A (ミネベア株式会社) 2013.03.14, 段落[0011]-[0036], 図 1-4 (ファミリーなし)	1-2, 6-8 3-5

☒ 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

26.12.2018

国際調査報告の発送日

15.01.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A/J P)
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)

岩橋 龍太郎

5 E

1205

電話番号 03-3581-1101 内線 3521

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 A	JP 2018-5903 A (アップル インコーポレイテッド) 2018.01.11, 段落[0055]-[0058], 図 1-3 & US 2017/0364158 A1, 段落[0090]-[0093], 図 1-3 & CN 107526435 A & KR 10-2017-0142942 A	1-2, 6-8 3-5
Y A	JP 2015-158912 A (イマージョン コーポレーション) 2015.09.03, 段落[0009]-[0026], 図 1-3 & US 2015/0054768 A1, 段落[0011]-[0028], 図 1-3 & KR 10-2009-0074063 A	6 1-5, 7-8
Y A	JP 2017-111462 A (京セラ株式会社) 2017.06.22, 段落[0011]-[0071], 図 1-4 & EP 3382516 A1, 段落[0008]-[0068], 図 1-4	6 1-5, 7-8