

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7371895号  
(P7371895)

(45)発行日 令和5年10月31日(2023.10.31)

(24)登録日 令和5年10月23日(2023.10.23)

(51)国際特許分類

F I

B 0 6 B 1/04 (2006.01)

B 0 6 B 1/04 A

G 0 6 F 3/041(2006.01)

G 0 6 F 3/041 4 8 0

G 0 6 F 3/01 (2006.01)

G 0 6 F 3/01 5 6 0

請求項の数 7 (全30頁)

(21)出願番号	特願2019-185840(P2019-185840)	(73)特許権者	000114215
(22)出願日	令和1年10月9日(2019.10.9)		ミネベアミツミ株式会社
(65)公開番号	特開2021-58863(P2021-58863A)		長野県北佐久郡御代田町大字御代田 4 1
(43)公開日	令和3年4月15日(2021.4.15)		0 6 - 7 3
審査請求日	令和4年9月27日(2022.9.27)	(74)代理人	110002952
			弁理士法人鷲田国際特許事務所
		(72)発明者	石谷 智也
			東京都多摩市鶴牧 2 丁目 1 1 番地 2 ミ
			ツミ電機株式会社内
		(72)発明者	高橋 勇樹
			東京都多摩市鶴牧 2 丁目 1 1 番地 2 ミ
			ツミ電機株式会社内
		審査官	中島 亮

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 アクチュエーター

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コアにコイルが巻回されたコア組立体と、前記コア組立体と対向配置され前記コイルを囲う形状のヨークと、前記コア組立体と前記ヨークとを接続する弾性部と、を有するアクチュエーター本体と、

弾性振動可能に支持された操作機器の接触操作に応じて、いずれも前記操作機器をその振動方向の一方向に駆動する駆動電流パルスである主駆動電流パルス及び副駆動電流パルスを、前記コイルに供給する電流パルス供給部として機能し、前記主駆動電流パルスは前記弾性振動を始動可能であり、前記副駆動電流パルスは前記弾性振動の減衰期間を調整可能である、制御回路を有する、制御装置と、

を備える、

アクチュエーター。

【請求項 2】

前記電流パルス供給部は、前記主駆動電流パルスをオフにした後の前記弾性振動の際に、前記副駆動電流パルスを供給する、

請求項 1 に記載のアクチュエーター。

【請求項 3】

前記電流パルス供給部は、前記主駆動電流パルスをオフにしてから n ( n は自然数 ) 周期目の前記弾性振動の際に、前記副駆動電流パルスを供給し、

前記副駆動電流パルスの供給タイミングは、前記弾性振動において、可動部の質量を m

、前記弾性部のばね定数を  $K_s$ 、振動周期を  $T = 2 \sqrt{m / K_s}$  (m /  $K_s$ ) とすると、  
前記主駆動電流パルスをおフにしてから  $T(n-1) \sim T(n-1) + 1/2 T$  の範囲である、

請求項 1 に記載の アクチュエーター。

【請求項 4】

前記電流パルス供給部は、前記主駆動電流パルスをおフにしてから  $n$  ( $n$  は自然数) 周期目の前記弾性振動の際に、前記副駆動電流パルスを供給し、

前記副駆動電流パルスの供給タイミングは、前記弾性振動において、可動部の質量を  $m$ 、前記弾性部のばね定数を  $K_s$ 、振動周期を  $T = 2 \sqrt{m / K_s}$  (m /  $K_s$ ) とすると、

前記主駆動電流パルスをおフにしてから  $T(n-1) + 1/2 T \sim T(n-1) + T$  の範囲である、

請求項 1 に記載の アクチュエーター。

【請求項 5】

前記副駆動電流パルスのパルス幅は、 $1/2 T$  以下である、

請求項 3 または 4 に記載の アクチュエーター。

【請求項 6】

前記副駆動電流パルスの供給タイミングは、

前記主駆動電流パルスをおフにした後で所定の遅延時間が経過してから  $T(n-1) \sim T(n-1) + 1/2 T$  の範囲である、

請求項 3 に記載の アクチュエーター。

【請求項 7】

前記副駆動電流パルスの供給タイミングは、

前記主駆動電流パルスをおフにした後で所定の遅延時間が経過してから  $T(n-1) + 1/2 T \sim T(n-1) + T$  の範囲である、

請求項 4 に記載の アクチュエーター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アクチュエーターに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、感知パネルであるタッチパネルの操作の際に、タッチパネルに表示された表示画面に接触した操作者の指腹等に対し、接触操作感（接触して操作する感覚）として、振動アクチュエーターにより振動を付与する構成が知られている（特許文献 1 及び特許文献 2 参照）。

【0003】

特許文献 1 には、タッチパネルの裏面に、振動伝達部を介して振動アクチュエーターが取り付けられた携帯端末装置が開示されている。この振動アクチュエーターは、振動伝達部に固定されるハウジング内に、可動子が、タッチパネルに対して垂直に配置されたガイドシャフトに沿って往復移動可能に配置されている。この振動アクチュエーターでは、タッチパネルへの操作に対応して可動子をハウジングに衝突させることで、振動伝達部を介してタッチパネルに接触する指腹に振動を付与する。

【0004】

また、特許文献 2 では、タッチパネルへの操作に対応して振動を付与する振動呈示装置が開示されている。この振動呈示装置では、振動を呈示する振動部である振動パネルと、振動パネルを支持する筐体との間に、振動を発生させるボイスコイルモータと、振動パネルと配置されて所定の力で圧縮される支持部と、振動部の振動に制動作用を付与するダンパと、支持部及びダンパに圧縮力を付与するばねと、が並行して介設されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【文献】特開 2 0 1 5 - 0 7 0 7 2 9 号公報

【文献】特開 2 0 1 6 - 1 6 3 8 5 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、振動呈示装置においては、操作機器の用途や使用状況に応じて、様々な接触操作感となる振動を表現することが望まれている。

【 0 0 0 7 】

本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、様々な接触操作感の振動を表現可能なアクチュエーターを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明のアクチュエーターは、  
コアにコイルが巻回されたコア組立体と、前記コア組立体と対向配置され前記コイルを  
囲う形状のヨークと、前記コア組立体と前記ヨークとを接続する弾性部と、を有するアク  
チュエーター本体と、

弾性振動可能に支持された操作機器の接触操作に応じて、いずれも前記操作機器をその  
振動方向の一方向に駆動する駆動電流パルスである主駆動電流パルス及び副駆動電流パ  
ルスを、前記コイルに供給する電流パルス供給部として機能し、前記主駆動電流パルスは前  
記弾性振動を始動可能であり、前記副駆動電流パルスは前記弾性振動の減衰期間を調整可  
能である、制御回路を有する、制御装置と、  
を備える。

20

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、様々な接触操作感の振動を表現することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の実施の形態に係る制御装置を有する振動呈示装置を示す側面図である。

【図 2】本発明の実施の形態に係る制御装置が駆動制御する一例としての電磁アクチュエーターの平面側外観斜視図である。

30

【図 3】同電磁アクチュエーターの底面側外観斜視図である。

【図 4】同電磁アクチュエーターの平面図である。

【図 5】図 4 の A A 線矢視断面図である。

【図 6】同電磁アクチュエーターの分解斜視図である。

【図 7】同電磁アクチュエーターにセンサを設けた状態を示す断面図である。

【図 8】同電磁アクチュエーターの磁気回路構成を示す図である。

【図 9】同電磁アクチュエーターの動作の説明に供する図である。

【図 1 0】本発明の実施の形態に係る制御装置の説明に供する図である。

【図 1 1】電磁アクチュエーターに主電流パルスを供給した際の可動体の変位の説明に供する図である。

40

【図 1 2】本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図である。

【図 1 3】本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図である。

【図 1 4】本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図である。

【図 1 5】本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図である。

【図 1 6】本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁

50

アクチュエーター駆動信号の一例を示す図である。

【図 1 7】本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図である。

【図 1 8】副駆動パルスの供給タイミングの説明に供する図である。

【図 1 9】本発明の実施の形態に係る制御装置により電磁アクチュエーターを駆動する動作の一例を示すフローチャートである。

【図 2 0】本発明の実施の形態に係る制御装置により電磁アクチュエーターを駆動する動作の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0012】

本実施の形態では、直交座標系（ $X$ ， $Y$ ， $Z$ ）を使用して説明する。後述する図においても共通の直交座標系（ $X$ ， $Y$ ， $Z$ ）で示している。以下において、制御装置 1 を有する振動呈示装置 200 の幅、奥行き、高さは、それぞれ、 $X$  方向、 $Y$  方向、 $Z$  方向の長さであり、電磁アクチュエーター 10 の幅、奥行き、高さもそれぞれ対応して、 $X$  方向、 $Y$  方向、 $Z$  方向の長さとする。また、 $Z$  方向プラス側は、操作者に振動フィードバックを付与する方向であり、「上側」とし、 $Z$  方向マイナス側は、操作者が操作する際に押圧する方向であり、「下側」として説明する。

【0013】

（制御装置 1 を用いた振動呈示装置 200 の基本構成）

図 1 に示す振動呈示装置 200 は、制御装置 1、制御装置 1 により駆動制御する電磁アクチュエーター 10、及び、操作者が接触操作する操作機器（タッチパネル 2）を有する。振動呈示装置 200 では、操作者の操作機器への接触操作に対応して、操作機器に振動を付与する。つまり、操作機器を介して、操作機器を接触して操作する操作者に接触操作感（「触感」ともいう）を付与する。本実施の形態では、操作機器は、画面を表示し、画面に接触することにより操作されるタッチパネル 2 である。タッチパネル 2 は、静電式、抵抗膜式、光学式などのタッチパネルである。タッチパネル 2 は、操作者の接触位置を検知する。タッチパネル 2 は、制御装置 1 により制御される。制御装置 1 は、図示しないタッチパネル制御部を介してユーザのタッチ位置の情報を得ることができる。また、タッチ

【0014】

振動呈示装置 200 は、例えば、電子機器として、カーナビゲーションシステムのタッチパネル装置として用いられる。振動呈示装置 200 は、タッチパネル 2 の画面 2a に接触して操作する操作者に振動を呈示する装置として機能する。このとき、振動呈示装置 200 としては、振動対象に接触する操作者に対して振動を提示することにより操作者に触感を付与する電子機器であれば、どのようなものでもよい。例えば、振動呈示装置 200 は、スマートフォン、タブレット型コンピュータ、テレビ等の画像表示装置、タッチパネル付きゲーム機或いはタッチパネル付きゲームコントローラ等であってもよい。

【0015】

本実施の形態では、振動呈示装置 200 では、タッチパネル 2 の画面 2a に操作者の指腹等が接触されて操作される際に、これに対応して制御装置 1 が、電磁アクチュエーター 10 を駆動して振動させる。この振動により、操作者には触感が付与される。本実施の形態の制御装置 1 は、操作者が操作する表示画像に対応して様々な種類の触感を付与する。制御装置 1 は、例えば、タクトイルスイッチ、オルタネイト型スイッチ、モーメンタリスイッチ、トグルスイッチ、スライドスイッチ、ロータリースwitch、DIP スwitch、ロツカースイッチ等の機械式スイッチとしての触感を付与する。また、プッシュ式のスイッチにおいては、押し込み度合いが異なるスイッチの触感も付与できる。

## 【 0 0 1 6 】

なお、振動呈示装置 2 0 0 では、操作機器としてのタッチパネル 2 に変えて、表示機能がなく、単に操作者が触れて操作可能な操作機器としてもよい。

## 【 0 0 1 7 】

図 1 に示す振動呈示装置 2 0 0 では、電磁アクチュエーター 1 0 は、タッチパネル 2 と、タッチパネル 2 の裏面側に配置される装置裏面部としての基台 3 と、の間に配置される。制御装置 1 は、電磁アクチュエーター 1 0 自体に設けられてもよく基台 3 に設けられてもよい。

## 【 0 0 1 8 】

タッチパネル 2 は、裏面側で、電磁アクチュエーター 1 0 の可動体 4 0 ( 図 2 参照 ) の面部固定部 4 4 に固定されている。また、基台 3 は、タッチパネル 2 と対向して配置されており、電磁アクチュエーター 1 0 の固定体 3 0 は、基台 3 に支柱部 3 a を介して固定されている。このように、電磁アクチュエーター 1 0 は、タッチパネル 2 と基台 3 の中央部のそれぞれの間で、互いを接続するように配置されている。

## 【 0 0 1 9 】

タッチパネル 2 自体は、電磁アクチュエーター 1 0 の可動体 4 0 と一体に駆動する。操作者がタッチパネル 2 の画面を押圧して操作を行う際に、操作者の指等が画面に接触する方向、例えば、タッチパネル 2 の画面に対して垂直に押圧する方向は、電磁アクチュエーター 1 0 における可動体 4 0 の振動方向である Z 方向と同じ方向である。

## 【 0 0 2 0 】

このように、制御装置 1、タッチパネル 2、電磁アクチュエーター 1 0 を実装した振動呈示装置 2 0 0 によれば、タッチパネル 2 を直接動作させる、つまり可動体 4 0 とともにタッチパネル 2 を指の接触方向と同方向で駆動させるため、タッチパネル 2 を直接振動できる。

## 【 0 0 2 1 】

よって、タッチパネル 2 に表示される機械式スイッチ等の画像に接触して操作する際に、可動体 4 0 を可動して、画像に応じた操作感、例えば実際の機械式スイッチを操作する際の操作感と同様の接触操作感となる振動を付与できる。これにより、使い心地の良い操作を表現することができる。

## 【 0 0 2 2 】

< 電磁アクチュエーター 1 0 の全体構成 >

図 2 は、本発明の実施の形態に係る制御装置が駆動制御する一例としての電磁アクチュエーター 1 0 の平面側外観斜視図であり、図 3 は、同電磁アクチュエーター 1 0 の底面側外観斜視図であり、図 4 は、同電磁アクチュエーターの平面図である。また、図 5 は、図 4 の A - A 線矢視断面図であり、図 6 は、本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーター 1 0 の分解斜視図である。また、図 7 は、同電磁アクチュエーターにセンサを設けた状態を示す断面図である。

## 【 0 0 2 3 】

図 2 ~ 図 7 に示す電磁アクチュエーター 1 0 は、本実施の形態では、制御装置 1 を適用した電子機器に実装されて、操作機器の一例であるタッチパネル 2 ( 図 1 参照 ) の振動発生源として機能する。

## 【 0 0 2 4 】

電磁アクチュエーター 1 0 は、可動体 4 0 を一方向に駆動させ、付勢力を発生する部材 ( 板状弾性部 5 0 ) の付勢力により可動体 4 0 を一方向とは反対の方向に移動させることで、可動体 4 0 を直線往復移動 ( 振動 ) させる振動アクチュエータとして機能する。

## 【 0 0 2 5 】

タッチパネル 2 の画面 2 a 上における操作者による接触操作に対応して、振動を操作者に伝達して体感させることで、タッチパネル 2 を触れた操作者に直感的な操作を可能とする。なお、タッチパネル 2 は、タッチパネル 2 上における操作者による接触操作を受け付けて、その接触位置を出力する接触位置出力部を有する。接触位置出力部により出力され

10

20

30

40

50

る接触位置情報、及び駆動タイミングに基づいて制御装置 1 は、接触操作に対応する振動が発生するように、電磁アクチュエーター 10 に、アクチュエーター駆動信号を出力して駆動電流を供給する。制御装置 1 から供給される駆動電流を受けた電磁アクチュエーター 10 は、タッチパネル 2 から出力された接触位置に対応した振動を発生し、タッチパネル 2 に伝達して、タッチパネル 2 を直接振動させる。このように、タッチパネル 2 で受けた操作者の操作を受け付けて、それに対応して電磁アクチュエーター 10 は駆動する。

【0026】

電磁アクチュエーター 10 は、制御装置 1 を介してアクチュエーター駆動信号が入力されることにより、可動体 40 を付勢力に抗して一方向（例えば Z 方向マイナス側）に移動させる。また、この電磁アクチュエーター 10 へのアクチュエーター駆動信号の入力が停止されることにより、付勢力を開放し、可動体 40 を、付勢力により他方向側（Z 方向プラス側）に移動させる。電磁アクチュエーター 10 は、アクチュエーター駆動信号の入力と停止により可動体 40 及び操作機器を振動させる。電磁アクチュエーター 10 は、マグネットを用いずに可動体 40 を駆動して、操作機器を振動させている。

10

【0027】

なお、アクチュエーター駆動信号は、本実施の形態では、可動体 40 及び操作機器を駆動する駆動電流としてコイル 22 に供給される複数の駆動電流パルス（「電流パルス」とも称する）列に相当する。電磁アクチュエーター 10 では、電流パルスがコイル 22 に供給されると、可動体 40 は一方向に移動する。

【0028】

20

電磁アクチュエーター 10 は、コア 24 にコイル 22 が巻回されてなるコア組立体 20 と、ベース部 32 とを有する固定体 30 と、磁性体のヨーク 41 を有する可動体 40 と、固定体 30 に対して可動体 40 を振動方向に可動可能に弾性支持する板状弾性部（弾性支持部）50（50-1、50-2）と、を有する。

【0029】

電磁アクチュエーター 10 は、板状弾性部 50 で移動可能に支持される可動体 40 を、固定体 30 に対して、一方向に移動するように駆動する。また、可動体 40 の一方向と逆方向への移動は、板状弾性部 50 の付勢力により行われる。

【0030】

具体的には、電磁アクチュエーター 10 は、コア組立体 20 により、可動体 40 のヨーク 41 を振動させる。具体的には、通電されるコイル 22 および通電されるコイル 22 により励磁されるコア 24 の吸着力と、板状弾性部 50（50-1、50-2）による付勢力とにより、可動体 40 を振動させる。

30

【0031】

電磁アクチュエーター 10 は、Z 方向を厚み方向とした扁平形状に構成される。電磁アクチュエーター 10 は、可動体 40 を、固定体 30 に対して、Z 方向、つまり、厚み方向を振動方向として振動させ、電磁アクチュエーター 10 自体の厚み方向で離れて配置される表裏面のうちの一方の面を他方の面に対して Z 方向に接近、離間させる。

【0032】

電磁アクチュエーター 10 は、本実施の形態では、コア 24 の吸着力により可動体 40 を、一方向としての Z 方向マイナス側に移動し、板状弾性部 50（50-1、50-2）による付勢力により、可動体 40 を Z 方向プラス側に移動する。

40

【0033】

本実施の形態の電磁アクチュエーター 10 では、可動体 40 は、可動体 40 の可動中心に対して点対称の位置で、Z 方向と直交する方向に沿って複数配置された板状弾性部 50（50-1、50-2）により弾性支持されているが、この構成に限らない。

【0034】

板状弾性部 50 は、可動体 40 と固定体 30 との間に固定され、且つ、弾性変形する蛇腹形状部を有し固定体 30 に対して可動体 40 を、少なくともコア 24 の両端部（磁極部 242、244）のうちの一方の端部と対向する方向で移動自在に弾性支持する構成であ

50

れば、どのように設けられてもよい。例えば、板状弾性部 50 は、固定体 30（コア組立体 20）に対して可動体 40 を、コア 24 の一方の端部（磁極部 242 或いは磁極部 244）と対向する方向で移動自在に弾性支持するようにしてもよい。また、板状弾性部 50 - 1、50 - 2 は、可動体 40 の中心に対し、線対称で配置されてもよく、2 つ以上の複数の板状弾性部 50 を用いてもよい。それぞれの板状弾性部 50 - 1、50 - 2 は、一端側で固定体 30 に固定され、他端側で可動体 40 に固定され、可動体 40 を固定体 30 に対して振動方向（Z 方向であり、ここでは上下方向）に移動可能に支持している。

#### 【0035】

<固定体 30>

固定体 30 は、図 5 から図 9 に示すように、コイル 22 及びコア 24 を有するコア組立体 20 と、ベース部 32 とを有する。

10

#### 【0036】

ベース部 32 は、コア組立体 20 が固定され、板状弾性部 50（50 - 1、50 - 2）を介して可動体 40 を振動方向に可動自在に支持する。ベース部 32 は、扁平形状の部材であり、電磁アクチュエーター 10 の底面を形成する。ベース部 32 は、コア組立体 20 を挟むように、板状弾性部 50（50 - 1、50 - 2）の一端部が固定される取付部 32a を有する。取付部 32a は、それぞれコア組立体 20 から同じ間隔を空けて配置される。なお、この間隔は板状弾性部 50（50 - 1、50 - 2）の変形領域となる間隔である。

#### 【0037】

取付部 32a は、板状弾性部 50（50 - 1、50 - 2）を固定する固定孔 321 と、ベース部 32 を、基台 3（図 1 参照）に固定するための固定孔 322 とを有する。固定孔 322 は、固定孔 321 を挟むように、取付部 32a の両端部に設けられている。これにより、ベース部 32 は、基台 3（図 1 参照）に対して全面的に安定して固定される。

20

#### 【0038】

ベース部 32 は、本実施の形態では、板金を加工して、取付部 32a である一辺部と他辺部とが底面部 32b を挟み、奥行き方向で離れて位置するよう構成されている。取付部 32a 間には、取付部 32a よりも高さの低い底面部 32b を有する凹状部が設けられている。凹状部内、つまり底面部 32b の表面側の空間は、板状弾性部 50（50 - 1、50 - 2）の弾性変形領域を確保するものであり、板状弾性部 50（50 - 1、50 - 2）により支持される可動体 40 の可動領域を確保するための空間である。

30

#### 【0039】

底面部 32b は矩形形状であり、その中央部には、開口部 36 が形成され、この開口部 36 内にコア組立体 20 が配置されている。

#### 【0040】

開口部 36 は、コア組立体 20 の形状に対応した形状である。開口部 36 は、本実施の形態では、正方形形状に形成されている。これにより、コア組立体 20 と可動体 40 とを電磁アクチュエーター 10 の中央部に配置させて、電磁アクチュエーター 10 全体を平面視して略正方形形状にすることができる。なお、開口部 36 は、矩形形状（正方形形状を含む）であってもよい。

#### 【0041】

40

開口部 36 内には、コア組立体 20 の下側のボビン 26 の分割体 26b 及びコイル 22 の下側部分が挿入され、側面視して底面部 32b 上にコア 24 が位置するように固定される。これにより、底面部 32b 上にコア組立体 20 が取り付けられる構成と比較して、Z 方向の長さ（厚み）が薄くなっている。また、コア組立体 20 の一部、ここでは底面側の一部が開口部 36 内に嵌まり込んだ状態で固定されるので、コア組立体 20 は底面部 32b から外れにくい状態で強固に固定される。

#### 【0042】

コア組立体 20 は、コア 24 の外周にボビン 26 を介してコイル 22 が巻回されることにより構成されている。

#### 【0043】

50

コア組立体 20 は、コイル 22 に通電されると、板状弾性部 50 (50 - 1、50 - 2) との協働により、可動体 40 のヨーク 41 を振動 (Z 方向に往復直線移動) する。

【0044】

コア組立体 20 は、本実施の形態では、矩形板状に形成されている。矩形板状の長手方向で離間する両辺部分に磁極部 242、244 が配置されている。

【0045】

これら磁極部 242、244 は、X 方向でギャップをあけて可動体 40 の被吸着面部 46、47 と対向可能に配置されている。本実施の形態では、上面である対向面 (対向面部) 20a、20b が、可動体 40 の振動方向 (Z 方向) で、ヨーク 41 の被吸着面部 46、47 の下面とはす向かいで近接する。

【0046】

図 2 に示すように、コイル 22 の巻回軸を、ベース部 32 において離間する取付部 32a どちらの対向方向 (振動方向と直交する X 方向) に向けて、ベース部 32 に固定されている。コア組立体 20 は、本実施の形態では、ベース部 32 の中央部、具体的には底面部 32b の中央部に配置されている。コア組立体 20 は、図 3 ~ 図 9 に示すように、コア 24 が底面部 32b と平行に、底面上に開口部 36 を跨いで位置するように、底面部 32b に固定されている。コア組立体 20 は、コイル 22 及びコイル 22 に巻回される部位 (コア本体 241) をベース部 32 の開口部 36 内に位置させた状態で、固定されている。具体的には、コア組立体 20 は、底面部 32b に対して、コイル 22 を開口部 36 内に配置した状態で、ねじ 68 を固定孔 28 と底面部 32b の止着孔 33 (図 6 参照) とを通して締結することで固定されている。コア組立体 20 と底面部 32b とは、Y 方向で離間する開口部 36 の両辺部と磁極部 242、244 とで、止着部材であるねじ 68 により、コイル 22 を挟み、コイル 22 の軸心上の二箇所 で接合された状態となっている。

【0047】

コイル 22 は、電磁アクチュエーター 10 の駆動時に通電されて、磁界を発生するソレノイドである。コイル 22 は、コア 24 及び可動体 40 とともに、可動体 40 を吸い寄せて移動させる磁気回路 (磁路) を構成する。なお、コイル 22 には、制御装置 1 を介して、外部電源から電力供給される。例えば、制御装置 1 から駆動電流が電磁アクチュエーター 10 に供給されることでコイル 22 に電力を供給して電磁アクチュエーター 10 を駆動する。

【0048】

コア 24 は、コイル 22 が巻回されるコア本体 241 と、コア本体 241 の両端部に設けられ、コイル 22 を通電することにより励磁する磁極部 242、244 とを有する。コア 24 は、コイル 22 の通電により両端部が磁極部 242、244 となる長さを有する構造であれば、どのような構造でもよい。例えば、ストレート型 (I 型) 平板状に形成されてもよいが、本実施の形態のコア 24 は、平面視 H 型の平板状に形成されている。

【0049】

I 型のコアとした場合、I 型コアの両端部 (磁極部) において、エアギャップ G を空けて対向する被吸着面部 46、47 側の面 (エアギャップ側面) の面積が狭くなる。これにより、磁気回路における磁気抵抗が高まり、変換効率が低下する恐れがある。また、コアにボピンを取り付ける際に、コアの長手方向におけるボピンの位置決めが無くなるまたは小さくなるので、別途設ける必要が生じる。これに対し、コア 24 は、H 型であるので、コア本体 241 の両端部でエアギャップ側面を、コイル 22 が巻回されるコア本体 241 の幅よりも長く前後方向 (Y 方向) に拡大することができ、磁気抵抗を低下させて、磁気回路の効率の改善を図ることができる。また、磁極部 242、244 においてコア本体 241 から張り出した部位の間に、ボピン 26 を嵌め込むだけでコイル 22 の位置決めを行うことができ、コア 24 に対するボピン 26 の位置決め部材を別途設ける必要が無い。

【0050】

コア 24 は、コイル 22 が巻回される板状のコア本体 241 の両端部のそれぞれに、磁極部 242、244 が、コイル 22 の巻回軸と直交する方向に突出して設けられている。

10

20

30

40

50

コア 2 4 は、軟磁性材料等からなる磁性体であり、例えば、ケイ素鋼板、パーマロイ、フェライト等により形成される。また、コア 2 4 は、電磁ステンレス、焼結材、M I M (メタルインジェクションモールド) 材、積層鋼板、電気亜鉛メッキ鋼板 (S E C C) 等により構成されてもよい。

#### 【 0 0 5 1 】

磁極部 2 4 2、2 4 4 は、コイル 2 2 への通電により励磁されて、振動方向 (Z 方向) で離間する可動体 4 0 のヨーク 4 1 を吸引し、移動する。具体的には、磁極部 2 4 2、2 4 4 は、発生する磁束により、ギャップ G を介して対向配置された可動体 4 0 の被吸着面部 4 6、4 7 を吸着する。

#### 【 0 0 5 2 】

本実施の形態では、X 方向に延在するコア本体 2 4 1 に対して垂直方向である Y 方向に延在する板状体である。磁極部 2 4 2、2 4 4 は、Y 方向に長いため、コア本体 2 4 1 の両端部に形成される構成よりも、ヨーク 4 1 に対向する対向面 2 0 a、2 0 b の面積が広い。

#### 【 0 0 5 3 】

ボビン 2 6 は、コア 2 4 のコア本体 2 4 1 を振動方向と直交する方向で囲むように配置されている。ボビン 2 6 は、例えば、樹脂材料により形成される。これにより、金属製の他の部材 (例えば、コア 2 4) との電氣的絶縁を確保することができるので、電気回路としての信頼性が向上する。樹脂材料には、高流動の樹脂を用いることにより成形性が良くなり、ボビン 2 6 の強度を確保しつつ肉厚を薄くすることができる。なお、ボビン 2 6 は、コア本体 2 4 1 を挟むように分割体 2 6 a、2 6 b を組み付けることにより、コア本体 2 4 1 の周囲を覆う筒状体に形成されている。ボビン 2 6 には、筒状体の両端部にフランジが設けられ、コイル 2 2 がコア本体 2 4 1 の外周上に位置するように規定している。

#### 【 0 0 5 4 】

< 可動体 4 0 >

可動体 4 0 は、コア組立体 2 0 に振動方向 (Z 方向) と直交する方向でギャップを空けて、対向するように配置される。可動体 4 0 は、コア組立体 2 0 に対して、振動方向に往復移動自在に設けられている。

#### 【 0 0 5 5 】

可動体 4 0 は、ヨーク 4 1 を有し、ヨーク 4 1 に固定される板状弾性部 5 0 - 1、5 0 - 2 の可動体側固定部 5 4 を含む。

#### 【 0 0 5 6 】

可動体 4 0 は、板状弾性部 5 0 (5 0 - 1、5 0 - 2) を介して、底面部 3 2 b に対して接離方向 (Z 方向) に移動可能に、略平行に離間して吊られた状態 (基準常態位置) で配置されている。

#### 【 0 0 5 7 】

ヨーク 4 1 は、コイル 2 2 に通電した際に発生する磁束の磁路であり、電磁ステンレス、焼結材、M I M (メタルインジェクションモールド) 材、積層鋼板、電気亜鉛メッキ鋼板 (S E C C) 等の磁性体から構成される板状体である。ヨーク 4 1 は本実施の形態では、S E C C 板を加工して形成されている。

#### 【 0 0 5 8 】

ヨーク 4 1 は、X 方向で離間する被吸着面部 4 6、4 7 のそれぞれに固定される板状弾性部 5 0 (5 0 - 1、5 0 - 2) により、コア組立体 2 0 に対して、振動方向 (Z 方向) にギャップ G (図 7 参照) を空けて対向する様に吊設されている。

#### 【 0 0 5 9 】

ヨーク 4 1 は、操作機器 (図 1 に示すタッチパネル 2 参照) を取り付け面部固定部 4 4 と、磁極部 2 4 2、2 4 4 に対向配置される被吸着面部 4 6、4 7 とを有する。

#### 【 0 0 6 0 】

ヨーク 4 1 は、中央部に開口部 4 8 を有する矩形枠状に形成され、開口部 4 8 を囲む面部固定部 4 4 と被吸着面部 4 6、4 7 を有する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 1 】

開口部 4 8 は、コイル 2 2 と対向する。本実施の形態では、開口部 4 8 は、コイル 2 2 の真上に位置し、開口部 4 8 の開口形状は、ヨーク 4 1 が底面部 3 2 b 側に移動した際に、コア組立体 2 0 のコイル 2 2 部分が挿入可能な形状に形成されている。

## 【 0 0 6 2 】

ヨーク 4 1 は開口部 4 8 を有する構成にすることより、開口部 4 8 が無い場合と比較して、電磁アクチュエーター全体の厚みを薄くできる。

## 【 0 0 6 3 】

また、開口部 4 8 内に、コア組立体 2 0 を位置させるため、コイル 2 2 近傍にヨーク 4 1 が配置されることがなく、コイル 2 2 から漏れる漏えい磁束による変換効率の低下を抑制でき、高出力を図ることができる。

## 【 0 0 6 4 】

面部固定部 4 4 は、操作機器の一例であるタッチパネル 2 を面接触して固定する固定面 4 4 a を有する。固定面 4 4 a は平面視台形状をなしており、面部固定孔 4 2 に挿入されるねじ等の止着部材を介して面部固定部 4 4 に固定されるタッチパネル 2 と面接触する。

## 【 0 0 6 5 】

被吸着面部 4 6、4 7 には、それぞれ、板状弾性部 5 0 - 1、5 0 - 2 の可動体側固定部 5 4 が積層された状態で固定される。被吸着面部 4 6、4 7 には、底面部 3 2 b 側に移動した際に、コア組立体 2 0 のねじ 6 4 の頭部を逃げる切欠部 4 9 が設けられている。

これにより、可動体 4 0 が底面部 3 2 b 側に移動して、被吸着面部 4 6、4 7 が磁極部 2 4 2、2 4 4 に接近しても、磁極部 2 4 2、2 4 4 を底面部 3 2 b に固定するねじ 6 8 に接触することがなく、その分の Z 方向のヨーク 4 1 の可動領域を確保できる。

## 【 0 0 6 6 】

< 板状弾性部 5 0 ( 5 0 - 1、5 0 - 2 ) >

板状弾性部 5 0 ( 5 0 - 1、5 0 - 2 ) は、固定体 3 0 に対して可動体 4 0 を可動自在に支持する。板状弾性部 5 0 ( 5 0 - 1、5 0 - 2 ) は、可動体 4 0 の上面を、コア組立体 2 0 の上面と同じ高さ、もしくは、固定体 3 0 の上面（本実施の形態では、コア組立体 2 0 の上面）よりも下面側で、互いに平行となるように支持する。なお、板状弾性部 5 0 - 1、5 0 - 2 は、可動体 4 0 の中心に対して対称の形状を有し、本実施の形態では、同様に形成された部材である。

## 【 0 0 6 7 】

板状弾性部 5 0 は、ヨーク 4 1 を、コア組立体 2 0 のコア 2 4 の磁極部 2 4 2、2 4 4 に対してギャップ G を空けて対向するように、略平行に配置される。板状弾性部 5 0 は、可動体 4 0 の下面をコア組立体 2 0 の上面の高さレベルと略同じレベルよりも、底面部 3 2 b 側の位置で、振動方向に移動自在に支持する。

## 【 0 0 6 8 】

板状弾性部 5 0 は、板バネであり、固定体側固定部 5 2、可動体側固定部 5 4、固定体側固定部 5 2 と可動体側固定部 5 4 とを連絡する蛇腹状弾性アーム部 5 6 を有する。

## 【 0 0 6 9 】

板状弾性部 5 0 は、取付部 3 2 a の表面に固定体側固定部 5 2 を取り付け、ヨーク 4 1 の被吸着面部 4 6、4 7 の表面に、可動体側固定部 5 4 を取り付けて、蛇腹状弾性アーム部 5 6 を底面部 3 2 b と平行にして、可動体 4 0 を取り付ける。

## 【 0 0 7 0 】

固定体側固定部 5 2 は、取付部 3 2 a に面接触してねじ 6 2 により接合して固定され、可動体側固定部 5 4 は、被吸着面部 4 6、4 7 に面接触してねじ 6 4 により接合して固定されている。

## 【 0 0 7 1 】

蛇腹状弾性アーム部 5 6 は、蛇腹形状部を有するアーム部である。蛇腹状弾性アーム部 5 6 は、本実施の形態では、固定体側固定部 5 2 と可動体側固定部 5 4 との対向方向に伸びて折り返された形状を有する。蛇腹状弾性アーム部 5 6 において、固定体側固定部 5 2

10

20

30

40

50

と可動体側固定部 54 とにそれぞれ接合される端部は、Y 方向でずれた位置に形成されている。蛇腹状弾性アーム部 56 は、可動体 40 の中心に対して、点対称或いは線対称の位置に配置されている。

【0072】

これにより、可動体 40 は、蛇腹形状のばねを有する蛇腹状弾性アーム部 56 により両側方で支持されるため、弾性変形する際の応力分散が可能となる。すなわち、板状弾性部 50 は、可動体 40 を、コア組立体 20 に対して傾斜することなく、振動方向（Z 方向）に移動させることができ、振動状態の信頼性の向上を図ることができる。

【0073】

板状弾性部 50 は、それぞれ、少なくとも 2 つ以上の蛇腹状弾性アーム部 56 を有して

10

いる。これにより、板状弾性部 50 は、蛇腹状弾性アーム部をそれぞれ一つずつ有する場合と比較して、弾性変形する際の応力が分散され、信頼性の向上を図ることができるとともに、可動体 40 に対する支持のバランスが良くなり、安定性の改善を図ることができる。

【0074】

板状弾性部 50 は、本実施の形態では、磁性体からなる。また、板状弾性部 50 の可動体側固定部 54 は、コアの両端部（磁極部 242、244）とのコイル巻回軸方向で対向する位置ないしその上側に配置され、磁路となる。本実施の形態では、可動体側固定部 54 は被吸着面部 46、47 の上側に積層した状態で固定されている。これによりコア組立体の磁極部 242、244 に対向する被吸着面部 46、47 の厚み（Z 方向、振動方向の長さ）H（図 7 参照）を磁性体の厚みとして大きくできる。板状弾性部 50 の厚みと、ヨーク 41 の厚みとが同じであるので、磁極部 242、244 に対向する磁性体の部位の断面積を 2 倍にできる。これにより、板ばねが非磁性の場合と比較して、磁気回路の磁路を拡張して、磁気回路における磁気飽和による特性の低下を緩和し、出力向上を図ることができる。

20

【0075】

なお、本実施の形態の電磁アクチュエーター 10 では、面部固定部 44 で固定される操作面部が操作された際の可動体 40 の押し込み量を検知する検出部を設けてもよい。本実施の形態では、例えば、図 6 から図 7 に示すように、検出部として、板状弾性部 50 の歪みを検出する歪み検出センサ 70 が設けていてもよい。

【0076】

歪み検出センサ 70 は、面部固定部 44 が、底面部 32b 側に押し込まれた際に変形する板状弾性部 50 の歪みを検出する。検出した歪みは、制御装置等に出力されて、この歪みに対応した可動体 40 の移動量となるように、コイル 22 が通電され、ヨーク 41 を吸引して移動させる。

30

【0077】

本実施の形態では、制御装置 1 は、操作される操作機器の移動量を判定しなくても、操作機器への操作者の接触が検出できれば、接触に対する振動フィードバックは実現できる。加えて、実際の操作機器の移動量に対応した移動量で、板状弾性部 50 に対する押し込み量を検出できれば、この検出結果を用いて、より自然な感触の表現を実現できる。

【0078】

また、歪み検出センサ 70 を用いて、操作者の接触操作、つまり、可動体 40 の押し込み量を検出するセンサの検出結果に基づいて、制御装置 1 の電流パルス供給部による駆動電流パルスを供給した際の可動体 40（操作機器であるタッチパネル 2）の振動周期を調整してもよい。また、歪み検出センサ 70 とは別に、タッチパネル 2 において検知した操作者の接触位置の表示形態に連動して、その表示形態に対応する振動を発生するように、制御装置 1 に操作状態を示す操作信号を出力し、それに応じて制御装置 1 が制御するようにしてもよい。

40

【0079】

なお、歪み検出センサ 70 は、板状弾性部 50 の蛇腹状弾性アーム部 56 において、歪みの大きい付け根付近に取り付けられており、また、他部材の邪魔にならない領域である

50

、所謂、デットスペースに配置されている。なお、歪み検出センサ 70 に代えて、板状弾性部 50 の下方で、板状弾性部 50 の変形部分と対向する底面部 32b 上に、押し込まれて変位する板状弾性部 50 との間の距離を測定する静電容量センサ等の押し込み検出用の検出部を配置してもよい。

#### 【0080】

図 8 は、電磁アクチュエーター 10 の磁気回路を示す図である。なお、図 8 は、図 4 の A - A 線で切断した電磁アクチュエーター 10 の斜視図であり、磁気回路は、図示しない部分も図示された部分と同様の磁束の流れ M を有する。また、図 9 は、磁気回路による可動体の移動を模式的に示す断面図である。詳細には、図 9A は板状弾性部 50 により、可動体 40 が、コア組立体 20 から離間した位置に保持されている状態の図であり、図 9B は、磁気回路による起磁力によりコア組立体 20 側に吸引されて移動した可動体 40 を示す。

10

#### 【0081】

具体的には、コイル 22 を通電すると、コア 24 が励磁されて磁場が発生し、コア 24 の両端部が磁極となる。例えば、図 8 では、コア 24 において、磁極部 242 が N 極となり、磁極部 244 が S 極となっている。すると、コア組立体 20 とヨーク 41 との間には、磁束の流れ M で示す磁気回路が形成される。この磁気回路における磁束の流れ M は、磁極部 242 から対向するヨーク 41 の被吸着面部 46 に流れ、ヨーク 41 の面部固定部 44 を通り、被吸着面部 47 から、被吸着面部 47 に対向する磁極部 244 に至る。本実施の形態では、板状弾性部 50 も磁性体である。よって、被吸着面部 46 に流れた磁束（磁束の流れ M で示す）は、ヨーク 41 の被吸着面部 46 及び可動体側固定部 54 を通り、被吸着面部 46 の両端から、面部固定部 44 を介して被吸着面部 46 及び、板状弾性部 50 - 2 の可動体側固定部 54 の両端に至る。

20

#### 【0082】

これにより、電磁ソレノイドの原理により、コア組立体 20 の磁極部 242、244 は、ヨーク 41 の被吸着面部 46、47 を吸着する吸引力 F を発生する。すると、ヨーク 41 の被吸着面部 46、47 は、コア組立体 20 の磁極部 242、244 の双方で引き寄せられる。これにより、ヨーク 41 の開口部 48 内に、コイル 22 が挿入されて、ヨーク 41 を含む可動体 40 は、板状弾性部 50 の付勢力に抗して、F 方向に移動する（図 9A 及び図 9B 参照）。

30

#### 【0083】

また、コイル 22 への通電を解除すると、磁界は消滅し、コア組立体 20 による可動体 40 の吸引力 F は無くなり、板状弾性部 50 の付勢力により、元の位置に移動（-F 方向に移動）する。

#### 【0084】

これを繰り返すことで、電磁アクチュエーター 10 は、可動体 40 を往復直線移動して振動方向（Z 方向）の振動を発生することができる。

#### 【0085】

可動体 40 を往復直線移動させることにより、可動体 40 が固定される操作機器であるタッチパネル 2 も、可動体 40 に追従して Z 方向に変位する。本実施の形態では、駆動による可動体 40 の変位、つまり、タッチパネル 2 の変位量 G1（図 1 参照）は、0.03 mm ~ 0.3 mm の範囲としている。この変位量の範囲は、操作機器であるタッチパネル 2 の画面 2a において、操作者が押圧した表示に対応する振動を付与できる範囲である。例えば、画面 2a において操作者の押圧対象となる表示が、機械式のボタン或いは各種スイッチである場合、これら機械式のボタン或いは各種スイッチを実際に押圧した際と同じ触感を付与できる振幅の範囲である。この範囲は、可動体 40 の振幅の変位が小さいと触感が不十分となったり、また、大きいと不快に感じたりすることに設定される。

40

#### 【0086】

電磁アクチュエーター 10 では、コア組立体 20 の磁極部 242、244 に、ヨーク 41 の被吸着面部 46、47 を近接設置することで、磁気回路効率を上げ、高出力を図るこ

50

とができる。また、電磁アクチュエーター 10 では、マグネットを用いることがないので、低コストの構造となる。板状弾性部 50 ( 50 - 1、50 - 2 ) である蛇腹形状のばねにより、応力分散が可能となり、信頼性の向上を図ることができる。特に、複数の板状弾性部 50 ( 50 - 1、50 - 2 ) により可動体 40 を支持しているため、より効果的に応力分散を可能にしている。このように、電磁アクチュエーター 10 は、上下方向駆動により上下方向で画面 2 a に接触する操作者に対してダイレクトな感触を提供できる。

#### 【 0 0 8 7 】

コイル 22 が巻回されるコア 24 を有するコア組立体 20 が固定体 30 に固定され、このコア組立体 20 は、板状弾性部 50 により固定体 30 に対して Z 方向に可動自在に支持された可動体 40 のヨーク 41 の開口部 48 内に配置されている。これにより、磁気を発生して Z 方向に可動体を駆動させるために固定体及び可動体のそれぞれに設ける部材を Z 方向で重ねて設ける (例えば、コイルとマグネットを Z 方向で対向して配置) 必要がないので、電磁アクチュエーターとして Z 方向の厚みを薄くできる。また、マグネットを用いることなく、可動体 40 を往復直線移動させることで、操作機器に、触覚フィードバックとしての振動を付与できる。このように、支持構造が単純であるため設計がシンプルになり、省スペース化を図ることができ、電磁アクチュエーター 10 の薄型化を図ることができる。また、マグネットを用いたアクチュエーターではないので、マグネットを用いる構成と比較してコストの低廉化を図ることができる。

#### 【 0 0 8 8 】

以下に、電磁アクチュエーター 10 の駆動原理について簡単に説明する。電磁アクチュエーター 10 は、下記の運動方程式および回路方程式を用いてパルスを用いて共振現象を発生させて駆動することもできる。なお、動作としては共振駆動ではなく、操作機器としてのタッチパネルに表示される機械式スイッチの操作感を表現するものであり、本実施の形態では、制御装置 1 を介して複数の電流パルスを入力することにより駆動する。機械式スイッチとしては、例えば、タクトイルスイッチ、オルタネイト型スイッチ、モーメンタリスイッチ、トグルスイッチ、スライドスイッチ、ロータリースwitch、DIP スwitch、ロッカースwitchが挙げられる。

#### 【 0 0 8 9 】

なお、電磁アクチュエーター 10 における可動体 40 は、式 ( 1 )、( 2 ) に基づいて往復運動を行う。

#### 【 0 0 9 0 】

##### 【数 1】

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = K_f i(t) - K_{sp} x(t) - D \frac{dx(t)}{dt} \quad \dots (1)$$

$m$  : 質量 [kg]

$x(t)$  : 変位 [m]

$K_f$  : 推力定数 [N/A]

$i(t)$  : 電流 [A]

$K_{sp}$  : ばね定数 [N/m]

$D$  : 減衰係数 [N/(m/s)]

#### 【 0 0 9 1 】

##### 【数 2】

10

20

30

40

50

$$e(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + K_e \frac{dx(t)}{dt} \quad \dots (2)$$

$e(t)$  : 電圧 [V]

$R$  : 抵抗 [ $\Omega$ ]

$L$  : インダクタンス [H]

$K_e$  : 逆起電力定数 [V / (rad / s)]

#### 【0092】

すなわち、電磁アクチュエーター10における質量 $m$  [Kg]、変位 $x(t)$  [m]、  
10 推力定数 $K_f$  [N/A]、電流 $i(t)$  [A]、ばね定数 $K_{sp}$  [N/m]、減衰係数 $D$  [N / (m / s)]等は、式(1)を満たす範囲内で適宜変更できる。また、電圧 $e(t)$  [V]、抵抗 $R$  [ ]、インダクタンス $L$  [H]、逆起電力定数 $K_e$  [V / (rad / s)]は、式(2)を満たす範囲内で適宜変更できる。

#### 【0093】

このように、電磁アクチュエーター10と、可動体40の質量 $m$ と、板状弾性部50としての金属ばね(弾性体、本実施の形態では板ばね)のばね定数 $K_{sp}$ により決まる。

#### 【0094】

また、電磁アクチュエーター10では、ベース部32と板状弾性部50との固定、及び、  
20 板状弾性部50と可動体40との固定には、ねじ62、64が用いられている。これにより、可動体40が駆動するために、固定体30及び可動体40に対して強固に固定する必要がある板状弾性部50を、リワークを可能とした状態で機械的に強固に固定することができる。

#### 【0095】

<制御装置1>

制御装置1は、弾性振動可能に支持された操作機器(図1ではタッチパネル2)をその振動方向の一方向に駆動する電磁アクチュエーター10を制御する。

#### 【0096】

制御装置1は、操作機器の接触操作に応じて、電磁アクチュエーター10に駆動電流を供給して、磁界を発生させ、弾性振動可能な可動体40を、固定体30に対して一方向、  
30 ここではZ方向マイナス側に移動する。これにより、制御装置1は、操作者に操作機器に接触した際に、振動を触感として付与する。なお、接触操作は、例えば、タッチパネル2から入力される接触状態を示す信号であってもよいし、歪み検出センサ70で検出した信号であってもよい。

#### 【0097】

制御装置1は、本実施の形態では、電磁アクチュエーター10を駆動する電磁アクチュエーター駆動信号として、複数の電流パルス列をコイル22に供給する。

#### 【0098】

制御装置1は、電流パルスをコイル22に供給することにより、可動体40は、板状弾性部50の付勢力に抗して、磁気吸引力により、コイル22側、つまり、Z方向マイナス側に引き込まれて変位する。これに追従して、タッチパネル2も、固定体30が固定される基台3に対してZ方向マイナス側に移動する。また、コイル22への駆動電流の供給を停止することにより、付勢力は開放されて、可動体40は、基準位置に対するZ方向マイナス側での位置での保持状態が解除される。これにより、可動体40は、板状弾性部50の付勢力により、Z方向マイナス側での最大変位位置から、引き込まれた方向(Z方向マイナス側)と逆方向(Z方向プラス側)に付勢されて移動し、振動をフィードバックする。  
40

#### 【0099】

複数の電流パルス列は、接触操作に応じた主な振動を発生させる主駆動パルスと、主駆動パルスによる振動の減衰期間を形成する副駆動パルスと、を有する。

#### 【0100】

10

20

30

40

50

主駆動電流パルス（以下、「主駆動パルス」とも称する）は、操作者が操作機器（図 1 ではタッチパネル 2 の画面 2 a）に接触したときに、コイル 2 2 に供給されて、電磁アクチュエーター 1 0 を駆動して、操作者にフィードバックした、接触操作に応じた主な振動を発生させる。

【0101】

副駆動パルスは、主駆動パルス供給後にコイル 2 2 に供給されて、主駆動パルスによる主な振動の衰退期間の振動、つまり、フィードバックされる振動の残りの減衰する振動を形成するものである。

【0102】

主駆動パルスは、接触操作した操作者に、フィードバックされる主な振動を構成するものであれば、どのような大きさの振動を発生させてもよく、また、複数の電流パルスにより形成されてもよい。

10

また、副駆動パルスは、主駆動パルスの供給後に、コイル 2 2 に供給される駆動パルスである。副駆動パルスは、本実施の形態では、主駆動パルスによるフィードバック振動後の減衰する振動（振動の減衰期間）を短くするためのブレーキパルスと、主駆動パルスによる振動後の振動減衰期間を継続するための減衰追加パルスとを有する。なお、副駆動パルスは、ブレーキパルスと、減衰追加パルスのうちの少なくとも一方を有していればよい。

【0103】

主駆動パルスと副駆動パルスの振幅、それぞれの波長、それぞれの供給タイミング等により、様々な種類の振動形態を生成して、アクチュエーター駆動信号として電磁アクチュエーター 1 0 に供給することにより、操作者に体感として付与される。

20

【0104】

制御装置 1 は、例えば、電流パルス供給部、電圧パルス印加部を有する。

電流パルス供給部は、操作機器（タッチパネル 2）の接触操作に応じて、操作機器を駆動する駆動電流として、複数の駆動電流パルスを電磁アクチュエーター 1 0 のコイル 2 2 に供給する。

【0105】

複数の駆動電流パルスは、本実施の形態では、主駆動パルスと副駆動パルスとを組み合わせ、1 セットとした、アクチュエーター駆動信号としての駆動電流パルス列である。

【0106】

30

本実施の形態の制御装置 1 は、操作者が操作機器（図 1 ではタッチパネル 2 の画面 2 a）に接触した際に、駆動電流パルスの列を、電磁アクチュエーター 1 0 のコイル 2 2 に出力して、電磁アクチュエーターを振動させ、操作者に、触感として付与する。なお、主駆動パルス及び駆動電流パルスを含む駆動電流パルス列についての詳細は後述する。

【0107】

電圧パルス印加部は、アクチュエーター駆動信号を構成する複数の駆動電流パルス（主駆動パルスと、副駆動パルス（ブレーキパルス及び減衰追加パルス））をそれぞれ発生させる複数の制御電圧パルスを、断続的に電流パルス供給部に印加する。

具体的には、電圧パルス印加部は、主駆動パルスを、操作者が画面 2 a に接触した際の主な触感となる所定の振幅、波長を有する振動を起動させる主駆動信号として印加する。加えて、電圧パルス印加部は、主駆動信号の後に副駆動パルスである振動減衰期間調整信号を電流パルス供給部に印加する。

40

【0108】

図 1 0 は、本発明の実施の形態に係る制御装置の構成の一例を示す回路図である。

【0109】

図 1 0 に示す制御装置 1 では、M O S F E T（metal-oxide-semiconductor field-effect transistor）により構成される電流パルス供給部としてのスイッチング素子 8 2、電圧パルス印加部としての信号発生部（Signal generation）8 4、抵抗 R 1、R 2、S B D（Schottky Barrier Diodes：ショットキーバリアダイオード）を有する。

50

## 【 0 1 1 0 】

制御装置 1 では、電源電圧  $V_{cc}$  に接続された信号発生部 8 4 は、スイッチング素子 8 2 のゲートに接続されている。スイッチング素子 8 2 は、放電切換スイッチであり、電磁アクチュエータ 1 0、SBD に接続されるとともに、電源部  $V_{act}$  から電圧が供給される電磁アクチュエータ（図 1 0 では[Actuator]で示す）1 0 に接続される。

## 【 0 1 1 1 】

なお、制御装置 1 は、図示しないが、振動呈示装置の構成要素の動作を制御するための CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) 等を備えてもよい。CPU は、ROM から処理内容に応じたプログラムを読み出して RAM に展開し、展開したプログラムと協働して、電磁アクチュエータ 1 0 を含む振動呈示装置の構成要素の動作を制御する。このとき、記憶部（図示略）に格納されている各種の振動減衰期間発生パターンを含む各種データが参照される。記憶部（図示略）は、例えば不揮発性の半導体メモリ（いわゆるフラッシュメモリ）等で構成されてもよい。例えば、記憶部、ROM 或いは RAM 等に、主駆動パルス波形データの他、ブレーキパルス波形データと、様々な複数のパターンの減衰追加パルス波形データを格納する。ROM には、電磁アクチュエータを駆動して振動を呈示する振動呈示プログラムを含み振動呈示装置を制御する各種のプログラムが格納されている。振動呈示プログラムとしては、例えば、操作機器或いは歪み検出センサ 7 0 から接触状態を示す情報が入力された際に、接触情報に対応する振動を発生するアクチュエータ駆動信号を生成するためにブレーキパルス波形データ及び減衰追加パルス波形データを読み出すプログラム、読み出したデータを組み合わせることで接触情報に対応するアクチュエータ駆動信号として生成するプログラム、生成したアクチュエータ駆動信号をコイルに供給するプログラム等である。アクチュエータ駆動信号は、複数の電流パルスの組み合わせとして、電磁アクチュエータを駆動するドライバを介してコイルに印加される。CPU は、これらプログラム及びデータを用いて振動呈示装置の構成要素の動作を制御してもよく、電流パルス供給部及び電圧パルス印加部を制御するようにしてもよい。

## 【 0 1 1 2 】

## &lt; 制御装置による振動動作 &gt;

制御装置 1 は、電流パルスをコイル 2 2 に供給して可動体 4 0 を振動方向の一方向に駆動する。コイル 2 2 へ電流パルスを供給することにより可動体 4 0 は、板状弾性部 5 0 の付勢力に抗して、振動方向の一方向に変位する。電流パルスの供給中は、可動体 4 0 の振動方向の一方向への変位は継続される。電流パルスの供給を停止する、つまり、コイル 2 2 への電流パルスの入力をオフにすることにより、可動体 4 0 の振動方向の一方向（Z 方向）へ変位させる力は解放される。電流パルスの入力のオフは、当該電流パルスを生成する電圧がオフになったタイミングを意味する。電圧がオフになった時点では、電流パルスは完全にオフではなく減衰している状態である。可動体 4 0 は、引き込み方向（Z 方向マイナス側）の最大変位可能位置で蓄積された板状弾性部 5 0 の付勢力により、振動方向のうちの他方向（Z 方向プラス側）へ移動して変位する。操作機器側である他方向側へ移動した可動体 4 0 を介して操作機器に強い振動が伝播され、操作者に触感が付与される。

制御装置 1 は、操作者による画面 2 a への接触に応じて、コイル 2 2 に、1 パルス目としての主駆動パルス、2 パルス目以降のものとしての副駆動パルス（ブレーキパルス、減衰追加パルス）を含む複数の電流パルスを供給する。制御装置 1 は、可動体 4 0 の振動において、主駆動パルスを供給し、加えて、主駆動パルスを供給した後に供給する副駆動パルスによって、主駆動パルスの供給の停止後も残って継続する振動、所謂、振動減衰期間を調整する。

## 【 0 1 1 3 】

## &lt; 主駆動パルスの供給 &gt;

図 1 1 は、電磁アクチュエータに主駆動パルスを供給した際の可動体の変位の説明に供する図である。操作者の画面 2 a へ接触に応じて制御装置 1 が主駆動パルスをコイル 2 2 に供給する。これにより、可動体 4 0 は、主駆動パルスに応じて駆動し、図 1 1 に示す

10

20

30

40

50

ように変位、つまり振動して、振動減衰期間が発生する。

これにより、制御装置 1 は、振動減衰期間の強弱、振動減衰期間の長さ、或いは振動減衰期間の有無等を調整することにより、制御装置 1 は、操作者が操作機器に接触した際に様々な種類の触感を付与する。

【0114】

ここで、電磁アクチュエーター 10 における振動周期  $T$  は、可動する部分である可動体 40（タッチパネル 2 も含むがここでは便宜上、可動体 40 で説明する）の質量  $m$ 、可動体 40 を弾性支持する板状弾性部 50 である板ばねのばね定数  $K_s$  として下記式（3）で示される。

【0115】

【数 3】

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K_s}} \dots (3)$$

10

振動周期  $T$  は、本実施の形態では、負側の最大変位のタイミングから次の最大変位のタイミングまでの時間の間隔である。

【0116】

< 副駆動パルスの供給 >

20

主駆動パルスを供給した後、コイル 22 に供給する 2 パルス目以降の電流パルスを副駆動パルス（ブレーキパルス及び減衰追加パルス）として、所定のタイミングでコイル 22 に供給する。言い換えれば、電流パルス供給部は、弾性振動を始動可能な駆動電流パルスを主駆動電流パルスとして供給した後、弾性振動の減衰期間を調整可能な駆動電流パルス（ブレーキパルス、減衰追加パルス）を副駆動電流パルスとして供給する。

【0117】

これにより、主駆動パルスによる振動の減衰期間を調整する。すなわち、副駆動パルスは、主駆動パルスによる主となる振動後に続く自由振動の大きさ長さを調整する。

【0118】

所定のタイミングとは、1 パルス目としてコイル 22 に供給した主駆動パルスをオフにしたタイミング  $T_s$  から、タッチパネル 2 及び可動体 40 を支持する板状弾性部 50 による弾性振動の振動周期  $T(n)$  において正側の最大変位量（ピーク）の前後  $1/2 T$  の範囲であり、正側、負側の最大変位量（ピーク）を除くタイミングともいえる。これにより、操作機器を振動させて、操作者に様々な触感を付与する。

30

【0119】

< ブレーキパルスの供給 >

ブレーキパルスは、電流パルスによる振動を減衰することができ、本実施の形態では、主駆動パルスによる振動の減衰期間を短くするように供給するものである。

【0120】

具体的には、制御装置 1 は、複数の電流パルスのうち、コイル 22 への主駆動パルスの供給後、コイル 22 に供給する 2 パルス目以降の電流パルスの入力（供給）タイミングを、1 パルス目の主駆動パルスをオフにしたタイミング  $T_s$  から振動周期  $T(n-1) \sim T(n-1) + 1/2 T$ （ $n$  は自然数とする）の範囲としている。 $n$  は、電磁アクチュエーター駆動信号である複数の電流パルス列において、副駆動パルス（ブレーキパルス）として供給する電流パルスの振動周期のタイミングを示す。なお、 $n$  が 2 以上の自然数であれば、1 パルス目の主駆動パルスによる正側の最大変位量を減衰させることなく、主駆動パルスによる正側の最大変位量後の振動の減衰期間を短くできる。

40

【0121】

例えば、 $n = 2$  である場合、2 パルス目以降の振動周期時において、2 つめの振動周期における負側の最大変位量側（一方向側）から正側の最大変位量側（他方側）への変位中

50

に、可動体 40 を、負側の最大変位量側（一方向側）に変位して、制動させる。これにより、主駆動パルスの減衰期間中における、可動体 40 の振幅（負側の最大変位量までの長さ）が短くなり、減衰期間中の振動を抑制して、減衰期間が短くなり、切れのある触感となる振動を付与できる。

#### 【0122】

図 12 は、本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図である。なお、図 12 は、主駆動パルスを供給した際の可動体（操作機器を含む）の変位量（図 11 参照）において、 $n = 2$ 、電磁アクチュエーターの振動周期において 2 周期目にブレーキパルスを供給するパターンを示す。

#### 【0123】

図 12 では、制御装置 1 は、主駆動パルスをコイル 22 に供給した後で、2 パルス目の電流パルスの供給タイミングを、主駆動パルスによる振動の減衰期間中において負側の最大変位量（ピーク）から正側の最大変位量（ピーク）へ変位する間としている。具体的には、2 パルス目の供給を、振動周期の 2 周期めの負側の最大変位量（ $T$  後）から正側の最大変位量（ピーク）に至るまでの間で供給する。すなわち、ブレーキパルスは負側から正側に動いている可動体 40 に対して負方向へ吸引力を働かせる。なお、電流パルスは、可動体 40 の変位のピークでは、供給してしない。振動の変位（可動体 40 の変位に相当）が正側のピークに至った際に電流パルスの供給はオフにしている。本実施の形態では、振動の変位が正側及び負側の最大変位量では電流パルスは供給されない。

#### 【0124】

これにより、主駆動パルスによる変位のピーク後の次の変位が抑制され、振動減衰期間が短くなっている。よって、操作者には、キレのある触感が付与される。

#### 【0125】

図 13 は、本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図であり、図 13 は、主駆動パルスを供給した際の可動体（操作機器を含む）の主振動の減衰部分を、 $n = 3$ 、つまり、電磁アクチュエーターの振動周期において 3 周期目にブレーキパルスを供給するパターンを示す。

#### 【0126】

主駆動パルスをコイル 22 に供給した後で、2 パルス目の電流パルスの供給タイミングを、主駆動パルスによる振動の減衰期間中において 3 周期目の最大変位における負側の最大変位量（ピーク）から正側の最大変位量（ピーク）へ変位する間としている。なお、変位が正側の最大変位量（ピーク）に至った際での電流パルスの供給はオフにしている。

すなわち、2 パルス目以降の振動周期時において、振動周期の負側の最大変位量（一方向側）から正側の最大変位量（他方向側）への変位中に、可動体 40 を、負側の最大変位量側（一方向側）に変位して、制動させる。なお、負側の最大変位量側への変位は、可動体 40 の一方向側（Z 方向マイナス側）への変位であり、正側の最大変位量側への変位は、可動体 40 の他方向側（Z 方向プラス側）への変位である。

これにより、振動の減衰期間中における、可動体 40 の振幅（負側の最大変位量までの長さ）が短くなり、減衰期間中の振動を抑制し減衰期間を短くし、主な振動を付与した後で、切れのある触感となる振動を付与できる。

#### 【0127】

##### < 減衰追加パルスの供給 >

減衰追加パルスは、電流パルスによる振動を減衰する。減衰追加パルスは、本実施の形態では、主駆動パルス供給による振動の減衰期間を長くするように供給される。減衰追加パルスを供給する場合、制御装置 1 では、複数の電流パルスのうち、コイル 22 に供給する 2 パルス目以降の電流パルスの入力（供給）タイミングは、1 パルス目の主駆動パルスをオフにしたタイミング  $T_s$  から振動周期  $T(n-1) + 1/2T \sim T(n-1) + T$  ( $n$  は自然数とする) の範囲としている。なお、 $n$  は、電磁アクチュエーター駆動信号である複数の電流パルス列において、副駆動パルス（減衰追加パルス）として供給する電流パルスの振動周期のタイミングを示す。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 8 】

制御装置 1 は、主駆動パルスをコイル 2 2 に供給した後で、2 パルス目以降の電流パルスの供給タイミングを、主駆動パルスによる振動の減衰期間中における正側の最大変位量（ピーク）から負側の最大変位量へ変位する間としている。すなわち、2 パルス目以降の振動周期時において、振動周期における正側の最大変位量から負側の最大変位量へ（他方向側から一方側へ）の変位中に、可動体 4 0 を、負側の最大変位量側（一方向側）へ付勢力を追加して、負側の最大変位量側への変位を加勢する。

## 【 0 1 2 9 】

これにより、振動の減衰期間では、可動体 4 0 の振幅が大きくなり、操作者への振動による触感を付与する時間が長くなり、深みのある触感の振動を表現可能となっている。

10

## 【 0 1 3 0 】

図 1 4 は、本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図である。図 1 4 は、主駆動パルスを供給した際の可動体（操作機器を含む）の変位量（図 1 1 参照）において、 $n = 2$ 、電磁アクチュエーターの振動周期において 2 周期目に減衰追加パルスを供給するパターンを示す。

## 【 0 1 3 1 】

図 1 4 に示す電磁アクチュエーター駆動信号は、主駆動パルスの供給後に、減衰追加パルスを供給する。

## 【 0 1 3 2 】

図 1 4 では、制御装置 1 は、主駆動パルス供給後に減衰追加パルスを供給する場合、コイル 2 2 に供給する 2 パルス目に減衰追加パルスとしての電流パルスを供給している。

20

## 【 0 1 3 3 】

これにより、図 1 4 に示すように、可動体 4 0 が 2 周期目の正側の最大変位量から 3 周期目の負側の最大変位量への変位する間、つまり、2 周期目の正側の最大変位量の後で一方向（付勢を付ける方向であり、負側）へ変位している途中に、電流パルスがコイル 2 2 に供給される。すなわち、付勢力が増加され、可動体 4 0 は、負側の最大変位量側に変位され、減衰期間中の振動周期よりも負側の最大変位量が深くなり、さらに振動が続く。

## 【 0 1 3 4 】

これにより、振動減衰期間が、主駆動パルスのみの場合の振動の減衰期間よりも長くなり、操作者には深みのある触感を付与できる。

30

## 【 0 1 3 5 】

図 1 5 は、本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図である。図 1 5 は、主駆動パルスを供給した際の可動体（操作機器を含む）の変位量（図 1 1 参照）において、 $n = 3$ 、電磁アクチュエーターの振動周期において 3 周期目に減衰追加パルスを供給するパターンを示す。

## 【 0 1 3 6 】

主駆動パルスをコイル 2 2 に供給した後で、2 パルス目の電流パルスの供給タイミングを、主駆動パルスによる振動の減衰中において 3 周期目の正側の最大変位量（ピーク）から 4 周期目の負側の最大変位量（ピーク）へ変位する間としている。なお、変位が正側の最大変位量と負側の最大変位量に至る際に電流パルスの供給はオフにしている。

40

## 【 0 1 3 7 】

すなわち、2 パルス目以降の振動周期時において、正側の最大変位量（他方向側）から負側の最大変位量（一方向側）への変位中に、可動体 4 0 を、負側（一方向側）に変位して、制動させる。これにより、振動の減衰期間中における、可動体 4 0 の振幅（負側の最大変位量までの長さ）が大きくなり、付勢力が増加され、減衰期間が長くなり、主な振動を付与した後で、深みのある触感となる振動を付与できる。

## 【 0 1 3 8 】

このように、主駆動パルスを含む複数の電流パルスを有するアクチュエーター駆動信号において、供給する主駆動パルスによる列に対応する振動周期  $T(n - 1)$  のタイミングで、ブレーキパルスを供給するか、或いは、減衰追加パルスを供給するか、さらには双方

50

とも供給するかにより、振動減衰期間を変化させることができる。よって、様々な接触操作感の振動の表現を実現できる。

【0139】

<ブレーキパルス + 減衰追加パルスの供給>

図16及び図17は、本発明の実施の形態に係る制御装置の電磁アクチュエーターに入力される電磁アクチュエーター駆動信号の一例を示す図であり、弾性振動の減衰期間をブレーキパルスと減衰追加パルスとで調整した例を示す。

【0140】

ブレーキパルスと減衰追加パルスの双方を用いて振動の減衰を調整する場合、ブレーキパルスの供給タイミングは、弾性振動において、主駆動電流パルスをオフにしてから  $T(n-1) \sim T(n-1) + 1/2T$  ( $n$ は自然数とする) の範囲である。また、減衰追加パルスの供給タイミングは、弾性振動において、主駆動電流パルスをオフにしてから  $T(n-1) + 1/2T \sim T(n-1) + T$  ( $n$ は自然数とする) の範囲である。

【0141】

図16は、副駆動パルスとしてブレーキパルスと減衰追加パルスとをコイル22に供給している。なお、ブレーキパルスの供給タイミングを決定する  $n$  と、減衰追加パルスの供給タイミングを決定する  $n$  とは異なってもよいし同じでもよい。例えば、ブレーキパルスの供給タイミングを  $n_1 = 2$  とし、主駆動電流パルスをオフにしてから  $T(n-1) \sim T(n-1) + 1/2T$  の範囲内として、振動の周期の2周期目に追加する。また、減衰追加パルスの供給タイミングを  $n_2 = 2$  とし、主駆動パルスをオフにしてから  $T(n-1) + 1/2T \sim T(n-1) + T$  の範囲内として、振動の周期の2周期目に追加する。

【0142】

このように図16では、振動の周期の2周期目に、ブレーキパルスと減衰追加パルスとをそれぞれの供給条件に基づいて追加する電流パルス列のパターンと、そのパターンによる弾性振動の変位(可動体40の変位に相当)を示している。

これにより、主駆動パルスによる振動フィードバック後の振動の減衰はブレーキパルスにより短くされるとともに、減衰追加パルスにより長くできる。これにより、操作者に切れのよい深みのある触感を付与できる。

【0143】

図17は、副駆動パルスとしてブレーキパルスと減衰追加パルスとをコイル22に供給している。ブレーキパルスの供給タイミングを  $n_1 = 3$  とし、減衰追加パルスの供給タイミングを  $n_2 = 3$  とし、ブレーキパルス及び減衰追加パルスとともに、振動の周期の3周期目に追加するパターンと、その際の弾性振動の変位を示している。

図17に示すパターンは、図16のパターンとは異なり、主駆動パルスによる振動フィードバック後の振動の減衰は、ブレーキパルスにより短くされるとともに、減衰追加パルスにより長くできる。これにより、操作者に切れのよい触感に加えて、深みのある触感として付与できる。

【0144】

このように、制御装置1は、ブレーキパルスによるキレのある触感と、深みのある触感をさまざまなバリエーションで付与できる。

【0145】

図18は、副駆動パルスの供給タイミングの説明に供する図である。

なお、電磁アクチュエーター10では、インダクタンスが大きくなると、過渡電流により電流パルスがオフになったタイミング  $T_s$  から、可動体40の変位が最大(ピーク)となるタイミング(振動周期、または半周期)が遅れる場合がある。この場合、振動周期に対応した副駆動パルスの供給タイミングが、実際の振動周期とずれが生じる。

【0146】

これに対して、制御装置1は、2パルス目以降の電流パルスの入力タイミングに、遅延時間  $L_T$  を設けている。すなわち、主駆動パルスを供給した後で、2パルス目の電流パルスであるブレーキパルス或いは減衰追加パルスを供給する際に、主駆動パルスをオフにし

10

20

30

40

50

たタイミング  $T_s$  から遅延時間  $L_T$  となる時間を空けたタイミングで行う。

すなわち、ブレーキパルスを供給する場合は、主駆動パルスをオフ（タイミング  $T_s$ ）にした後で所定の遅延時間  $L_T$  が経過してから  $T(n-1) \sim T(n-1) + 1/2T$  の範囲のタイミングで行う。また、減衰追加パルスを供給する場合は、主駆動パルスをオフ（タイミング  $T_s$ ）にした後で所定の遅延時間  $L_T$  が経過してから  $T(n-1) + 1/2T \sim T(n-1) + T$  の範囲のタイミングで行う。

【0147】

これにより、副駆動パルスの供給タイミングを、実際の振動周期、または半周期に合わせることができ、好適な振動の減衰調整を行い、優れた触感を提供することができる。

【0148】

振動呈示装置では、操作機器に操作者が接触すると、制御装置 1 は、その接触に応じて接触箇所を振動させて、操作者に触感を付与する。

【0149】

具体的には、制御装置 1 には、タッチ位置情報及びまたは歪み検出センサ 70 から操作者が接触したことを示す接触情報が入力される。制御装置 1 は、接触情報を受けて、振動を発生させるように電磁アクチュエータを駆動する。振動を発生させるアクチュエータ駆動信号は、接触情報に対応して形成される。

【0150】

制御装置 1 は、アクチュエータ駆動信号を、上述した主駆動パルス、ブレーキパルス、減衰追加パルスを用いて生成する。この主駆動パルスと、ブレーキパルスと、減衰追加パルスとは、主駆動パルスに、副駆動パルス（ブレーキパルス、減衰追加パルス）を組み合わせる構成であれば、どのように組み合わせて、電磁アクチュエータ駆動信号を構成してもよい。また、主駆動パルス、ブレーキパルス及び減衰追加パルスはそれぞれ振幅、パルス幅で異なる複数種を予め設定し、主駆動パルスと副駆動パルスとをどのように組みあわせてもよい。

【0151】

図 19 及び図 20 は、本発明の実施の形態に係る制御装置 1 により電磁アクチュエータ 10 を駆動する動作の一例を示すフローチャートである。図 19 及び図 20 に示す動作により、制御装置 1 は、電磁アクチュエータ 10 を駆動して、フィードバック振動を発生させる。

【0152】

なお、図 19 及び図 20 では、主駆動パルス、ブレーキパルス及び減衰追加パルスを、それらの機能から主振動信号、振動減衰期間ブレーキ信号及び振動減衰期間追加信号と表記する。

【0153】

主駆動パルスを電磁アクチュエータ（具体的には、コイル 22）に供給する場合、図 19 に示すように、制御装置 1 は、操作機器に操作者が接触した際に、アクチュエータ駆動信号として主駆動パルスである主振動信号を出力する（ステップ S10）。出力された主振動信号は、コイル 22 に供給されて、電磁力を発生させ、可動体 40 は駆動して振動する。この振動は、操作機器を介して、操作者に主たる振動としてフィードバックされ、操作者に触感として付与する。

【0154】

なお、コイル 22 への主駆動パルス供給による可動体 40 の変位は、主駆動パルスにより、正方向で最大変位量のピークに至り、フィードバック振動を発生させた後、減衰していく（図 11 参照）。

【0155】

図 20 A から図 20 C は、フィードバックする振動の減衰期間を調整した振動を発生させる制御を示す。図 20 A から図 20 C に示すように、主振動を出力（ステップ S10）した後、振動の減衰期間を調整する。振動減衰期間を調整するステップとしては、主駆動信号を出力するステップ S10 の後、振動減衰調整として、振動減衰期間ブレーキ信号を

10

20

30

40

50

供給するステップＳ２０、振動減衰期間追加信号を出力するステップＳ３０を適宜組み合わせることができる。これにより、振動の減衰を調整して様々な振動パターンを生成し、さまざまな触感を付与できる。

【０１５６】

このように、本実施の形態によれば、マグネット等を用いる事無くコストの低廉化を図ることができる。また、装置全体の低コスト化を図りつつ、様々な接触操作感の振動を表現することができる。また、本実施の形態によれば、効率的な駆動により小型な製品でも出力増加を図ることができる。また、低消費電力を実現できる。

【０１５７】

低コスト化を図りつつ、操作機器を操作する操作者への触感に好適な可動体４０の推力を効率良く発生できる。

【０１５８】

このように本実施の形態では、様々な接触操作感となる振動を、ゴム等の減衰材で調整していないため、減衰材自体に依存し減衰材により単一の振動減衰期間となることがなく、振動減衰期間のバリエーションが乏しく表現する操作感の種類が限定されることもない。また、減衰材の個体差による共振周波数の変化もなく、その特性が製品毎に異なることもない。

【０１５９】

なお、板状弾性部５０は、可動体４０の中心に対して対称な位置に複数固定されていることが好ましいが、上述したように、一つの板状弾性部５０で、可動体４０を固定体３０に対して振動可能に支持するようにしてもよい。板状弾性部５０は、可動体４０と固定体３０とを連結し、且つ、蛇腹状弾性アーム部５６を有するアーム部を少なくとも２つ以上備えてもよい。板状弾性部５０は、磁性体で構成されてもよい。この場合、板状弾性部５０の可動体側固定部５４は、コア２４の両端部に対してそれぞれコイル２２の巻回軸方向または、巻回軸方向と直交する方向に配置され、コイル２２に通電された際に、コア２４とともに磁路を構成する。

【０１６０】

また、電磁アクチュエーター１０の構成において、ベース部３２と板状弾性部５０との固定、及び、板状弾性部５０と可動体４０との固定に用いたねじ６２、６４、６８に変えて、リベットを用いてもよい。リベットは、それぞれ頭部とねじ部のない胴部からなり、穴を空けた部材に差し込み、反対側の端部をかしめて塑性変形させることで穴を空けた部材同士を接合する。かしめは、例えば、プレス加工機や専用の工具等を用いておこなってもよい。

【０１６１】

歪み検出センサ７０が取得する歪みのデータに基づいて、電磁アクチュエーター１０における各構成要素の個体差等により入力パルスの周期の修正を行うようにしてもよい。

【０１６２】

以上、本発明の実施の形態について説明した。なお、以上の説明は本発明の好適な実施の形態の例証であり、本発明の範囲はこれに限定されない。つまり、上記装置の構成や各部分の形状についての説明は一例であり、本発明の範囲においてこれらの例に対する様々な変更や追加が可能であることは明らかである。

【０１６３】

本実施の形態において制御装置１により駆動制御される電磁アクチュエーターの駆動方向はＺ方向としたが、これに限らず、操作者の接触面と平行の方向、具体的には、Ｘ方向ないしＹ方向においても、上述した効率的な駆動や振動の強化等の効果を得ることができる。

【産業上の利用可能性】

【０１６４】

本発明に係る電磁アクチュエーターは、様々な接触操作感の振動を表現可能な効果を有し、例えば、車載製品や産業機器において、画面上の画像に指等を接触させることにより

10

20

30

40

50

操作を入力する操作機器、例えば、画像に表示した機械式スイッチ等の様々な画像に触れた際の操作感と同様の操作感をフィードバックできるタッチパネル装置が搭載されるタッチディスプレイ装置等の操作機器に有用なものである。

【符号の説明】

【 0 1 6 5 】

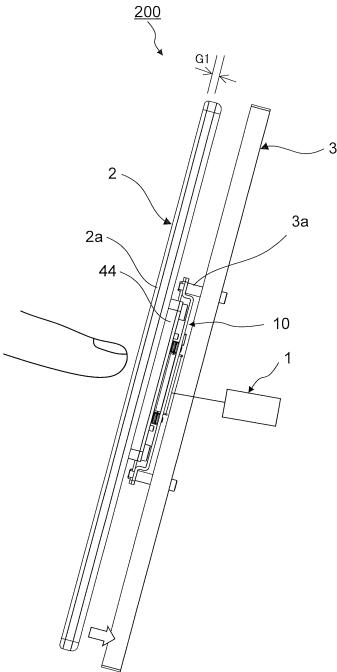
1	制御装置	
1 0	電磁アクチュエーター	
2 0	コア組立体	
2 0 a、2 0 b	対向面（対向面部）	
2 2	コイル	10
2 4	コア	
2 6	ボビン	
3 0	固定体	
3 2	ベース部	
3 2 a	取付部	
3 2 b	底面部	
3 3	止着孔	
3 6	開口部	
4 0	可動体	
4 1	ヨーク	20
4 2	面部固定孔	
4 4	面部固定部	
4 4 a	固定面	
4 6、4 7	被吸着面部	
4 8	開口部	
4 9	切欠部	
5 0	板状弾性部（弾性支持部）	
5 2	固定体側固定部	
5 4	可動体側固定部	
5 6	蛇腹状弾性アーム部	30
7 0	歪み検出センサ	
8 2	スイッチング素子	
8 4	信号発生部	
2 0 0	振動呈示装置	
2 4 1	コア本体	
2 4 2、2 4 4	磁極部	
3 2 1、3 2 2	固定孔	

40

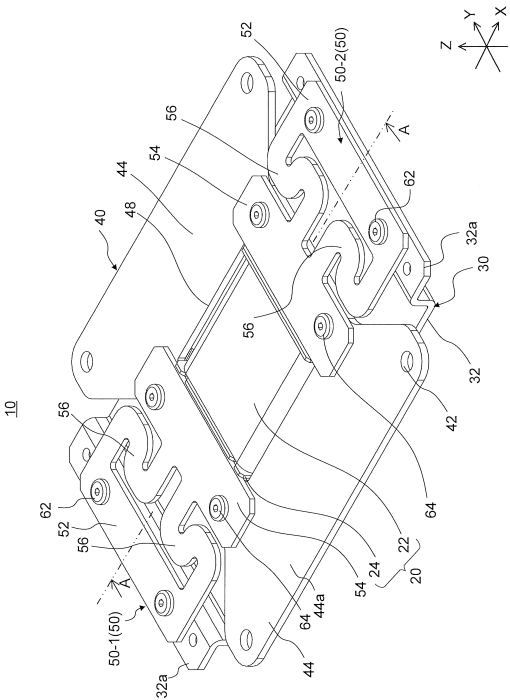
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

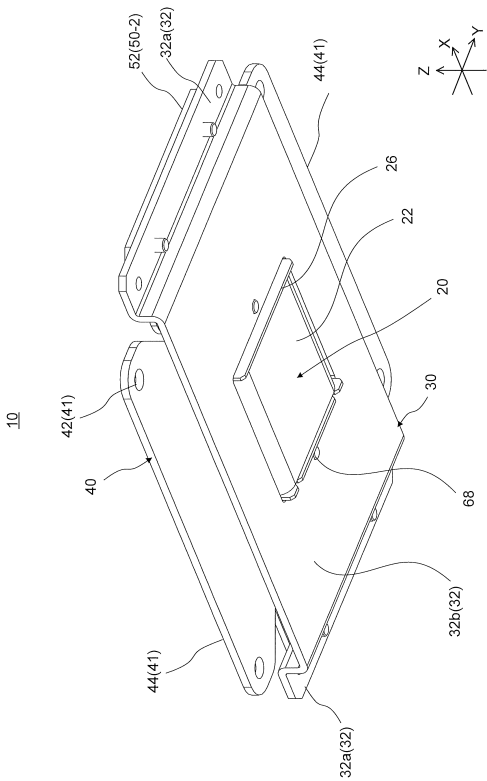
20

30

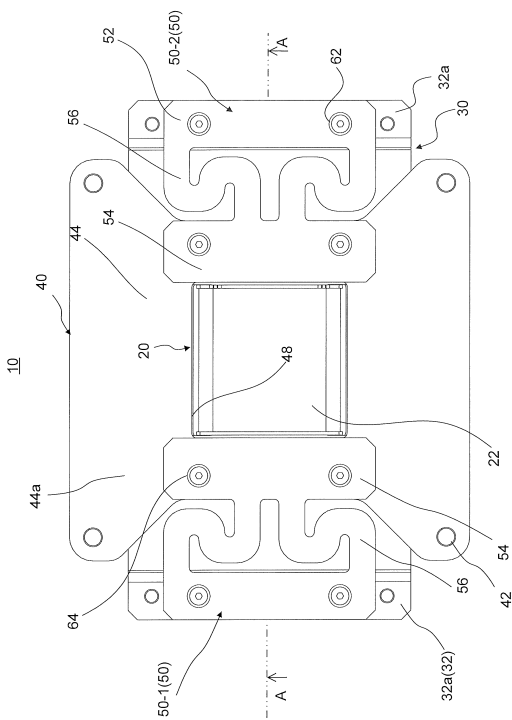
40

50

【図 3】



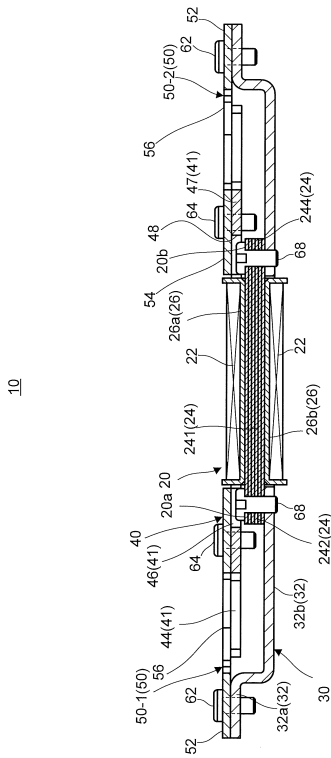
【図 4】



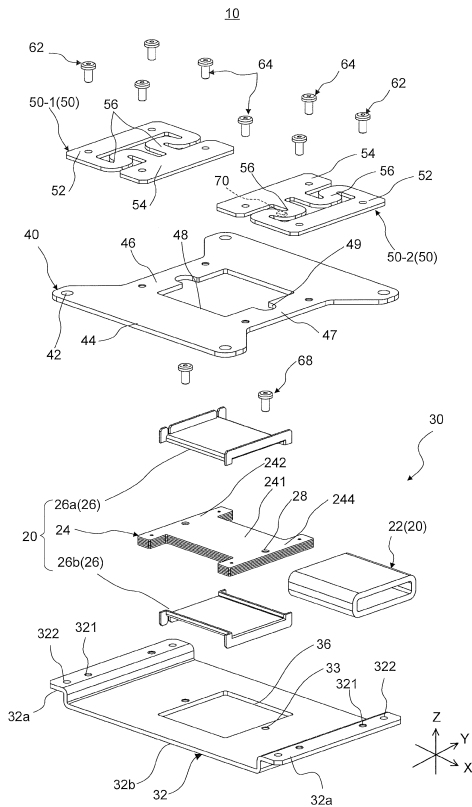
10

20

【図 5】



【図 6】

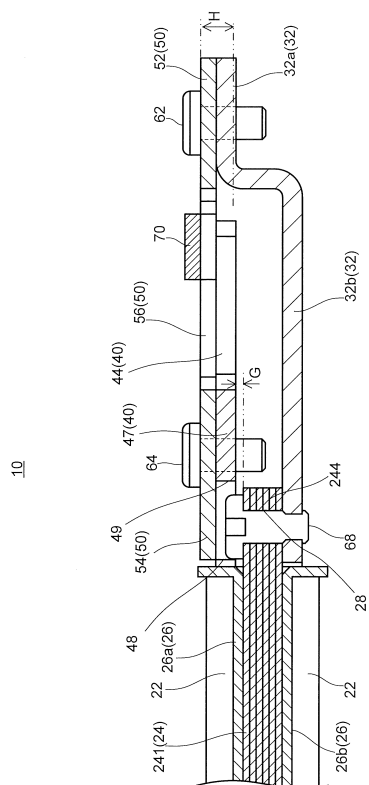


30

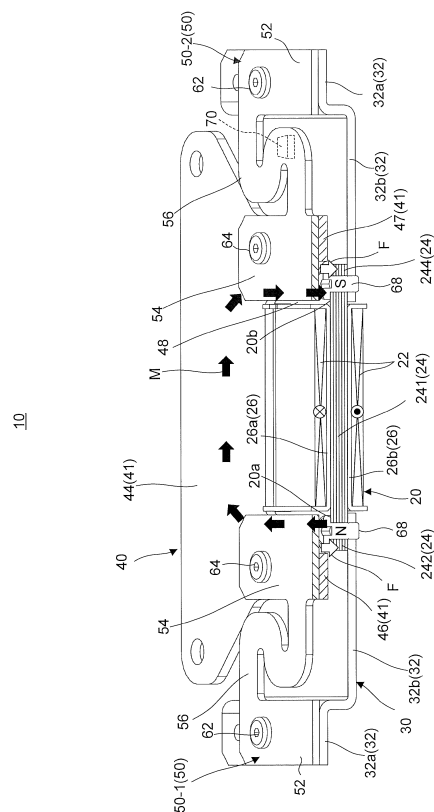
40

50

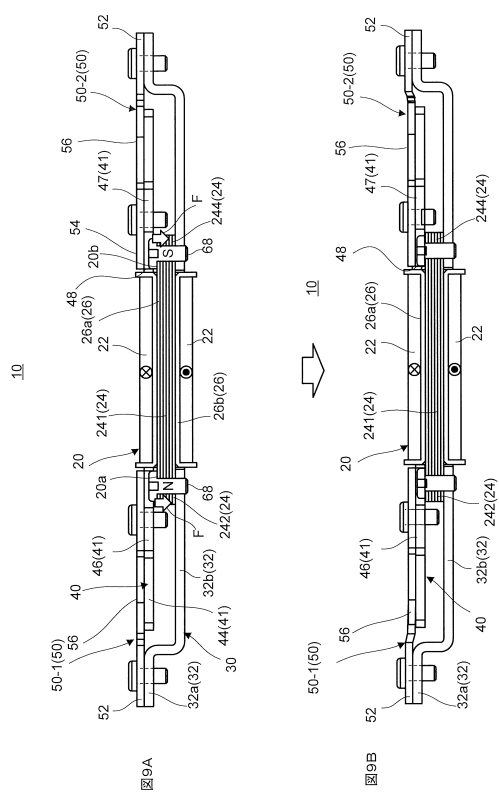
【圖 7】



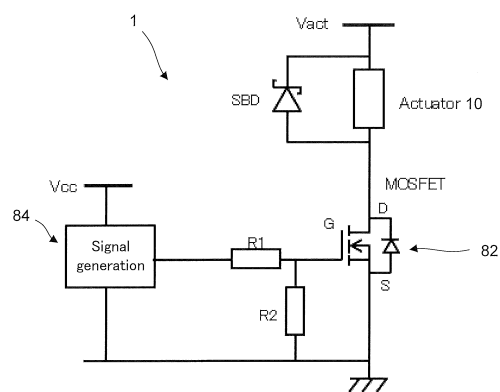
【图 8】



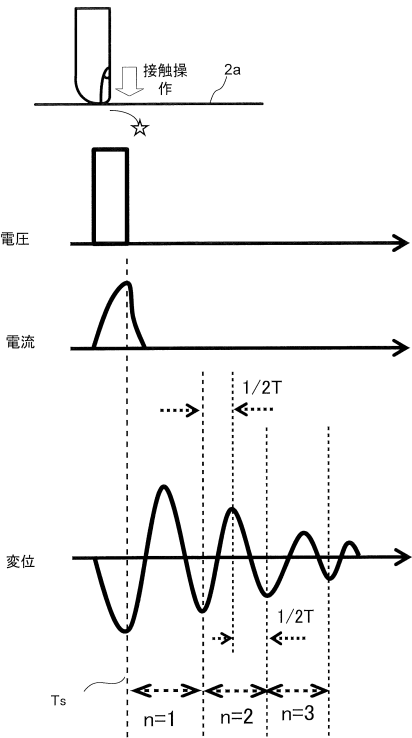
【 図 9 】



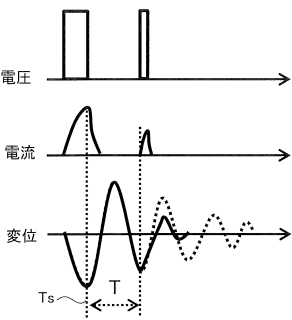
【 図 1 0 】



【図 1 1】



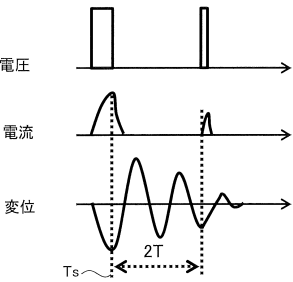
【図 1 2】



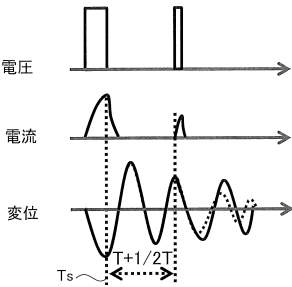
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

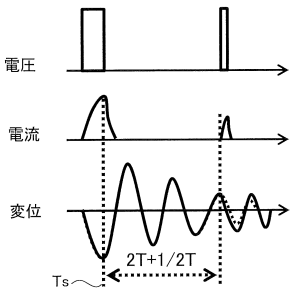


30

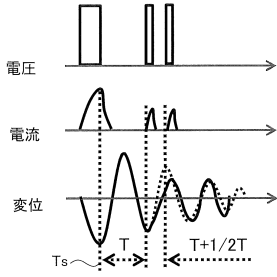
40

50

【図 1 5】

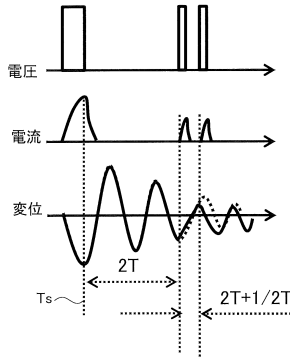


【図 1 6】

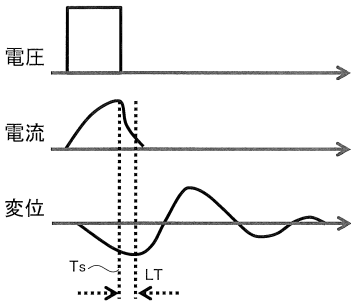


10

【図 1 7】



【図 1 8】



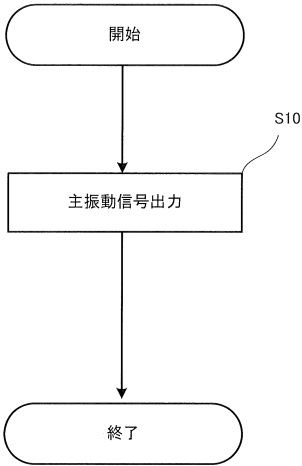
20

30

40

50

【図 19】



【図 20】

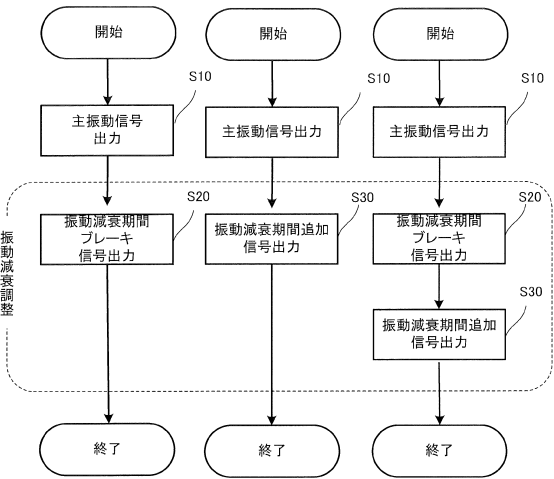


図20A

図20B

図20C

10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献      特表 2 0 1 8 - 5 3 6 2 2 4 ( J P , A )  
                    特開 2 0 1 9 - 0 9 1 1 9 8 ( J P , A )  
                    特開 2 0 1 0 - 2 8 7 2 3 1 ( J P , A )  
                    特開 2 0 1 5 - 0 5 6 0 3 3 ( J P , A )  
                    米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 3 3 2 5 6 5 ( U S , A 1 )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- |         |         |   |         |
|---------|---------|---|---------|
| B 0 6 B | 1 / 0 0 | - | 3 / 0 4 |
| H 0 2 N | 2 / 0 0 | - | 2 / 1 8 |
| G 0 6 F | 3 / 0 4 |   | 1       |
| G 0 6 F | 3 / 0 1 |   |         |