

(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  
2017年7月6日(06.07.2017)



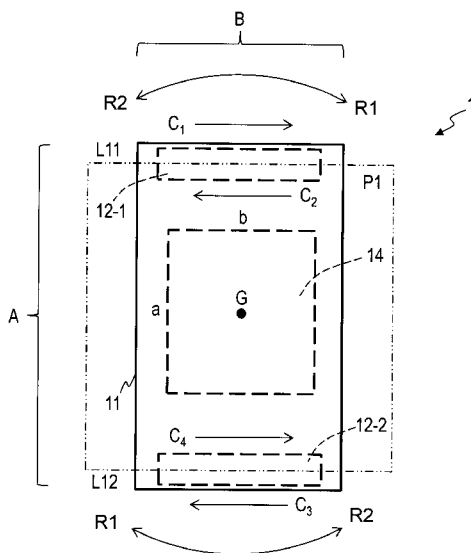
(10) 国際公開番号  
WO 2017/115729 A1

- (51) 国際特許分類:  
G06F 3/01 (2006.01) A63F 13/285 (2014.01)  
B06B 1/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/088479
- (22) 国際出願日: 2016年12月22日(22.12.2016)
- (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 2015-256426 2015年12月28日(28.12.2015) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社(NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 莊司 哲史(SHOJI, Tetsufumi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センター内 Tokyo (JP). 落合 克幸(OCHI-AI, Katsuyuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センター内 Tokyo (JP). 五味 裕章(GOMI, Hiroaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センター内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 中尾 直樹, 外(NAKAO, Naoki et al.); 〒1600022 東京都新宿区新宿三丁目1番22号 新宿NSビル6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, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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).

[続葉有]

(54) Title: PSEUDO FORCE SENSATION GENERATION DEVICE

(54) 発明の名称: 擬似力覚発生装置



(57) Abstract: Provided is a pseudo force sensation generation device having a base part and first through nth vibrators the relative position of which is fixed with respect to the base part, and which move asymmetrically. Ith vibrators included in the first through nth vibrators each are capable of presenting a pseudo force sensation in an ith linear direction. The pseudo force sensation generation device rotates centered around the vicinity of the center of gravity of a system due to driving of the vibrators.

(57) 要約: 基部と、基部に対する相対位置が固定された非対称運動を行う第1から第nの振動子と、を有する擬似力覚発生装置が提供される。第1から第nの振動子に含まれた第iの振動子は、それぞれ第iの直線方向に擬似的な力覚を提示可能である。擬似力覚発生装置は、振動子の駆動によって系の重心付近を中心とした回転運動を行う。

図1

WO 2017/115729 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条(1))

## 明 細 書

**発明の名称**： 擬似力覚発生装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、擬似力覚を利用者に知覚させる技術に関する。

### 背景技術

[0002] 振動子の非対称運動によって擬似力覚を利用者に知覚させる擬似力覚発生装置が知られている（例えば、非特許文献1等参照）。擬似力覚発生装置の利便性・可用性を高めるためには、振動子とこれを制御する電子回路等を含む装置の全体が、機械的に一体となっていることが望ましい。

[0003] 一方、擬似力覚を適切に提示するためには、利用者によって把持される擬似力覚発生装置の把持部を所望のパターンおよび振幅で振動させることが望ましい。しかし、擬似力覚発生装置の振動子が剛性の高い部材で固定されている場合、把持部を所望のパターンおよび振幅で振動させるために装置全体を動かす必要があり、効率が悪くなる。

[0004] このような問題に対し、振動子と電子機器部とを非剛体の接続部材で機械的に接続し、振動子を電子機器部から独立に振動させる試みがなされている（例えば、特許文献1等参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2015-225521号公報

#### 非特許文献

[0006] 非特許文献1：雨宮智浩，高椋慎也，伊藤翔，五味裕章，“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」”，2014年，NTT技術ジャーナル，Vol. 26，No. 9，pp. 23-26.

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献1の装置では、振動子を電子機器部から十分に独立させ

て振動させることができず、所望の擬似力覚を効率よく呈示することが困難であった。

[0008] 本発明の課題は、電子機器部に対する振動子の相対位置が固定される場合でも、所望の擬似力覚を効率よく呈示することである。

### 課題を解決するための手段

[0009] 本発明では上記課題を解決するために、基部と、基部に対する相対位置が固定された非対称運動を行う第1から第nの振動子と、を有する擬似力覚発生装置が提供される。第1から第nの振動子に含まれた第iの振動子は、それぞれ第iの直線方向に擬似的な力覚を提示可能である。擬似力覚発生装置は、振動子の駆動によって系の重心付近を中心とした回転運動を行う。

### 発明の効果

[0010] これにより、電子機器部に対する振動子の相対位置が固定される場合でも、所望の擬似力覚を効率よく呈示できる。

### 図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は第1実施形態の擬似力覚発生装置の概念図である。

[図2]図2Aは第2実施形態の擬似力覚発生装置の斜視図である。図2Bは第2実施形態の使用状態を説明するための斜視図である。

[図3]図3は第2実施形態の擬似力覚発生装置の分解斜視図である。

[図4]図4Aおよび図4Bは振動子を例示するための概念図である。

[図5]図5Aから図5Dは、振動子が擬似的な力覚を提示するための制御を例示するための図である。

[図6]図6Aおよび図6Bは、第3実施形態の擬似力覚発生装置の平面図および正面図である。

[図7]図7Aは第4実施形態の擬似力覚発生装置の概念図であり、図7Bは図7Aの左側面図である。

[図8]図8Aは第5実施形態の擬似力覚発生装置の概念図であり、図8Bは図8Aの左側面図である。

[図9]図9は第6実施形態の擬似力覚発生装置の概念図である。

## 発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施形態を説明する。

### [概要]

まず概要を説明する。実施形態の擬似力覚発生装置は、「基部」と、「基部」に対する相対位置が固定された非対称運動を行う第1から第nの「振動子」と、を有する。第1から第nの「振動子」に含まれた第iの「振動子」は、それぞれ第iの直線方向に擬似的な力覚を提示可能である。nは2以上の整数であり、 $i = 1, \dots, n$ である。擬似力覚発生装置は、「振動子」の駆動によって「系」の重心付近を中心とした回転運動を行う。重心付近を中心として回転運動する系の慣性モーメント（回転モーメント）は小さい。そのため、任意の「電子機器部」に対する「振動子」の相対位置が固定され、「基部」および「振動子」を含む系の全体が動かされる場合でも、効率よく擬似的な力覚を呈示できる。

[0013] 「第iの直線方向」のそれぞれは、例えば、同一平面上に3個以上の辺を持つ「仮想的な多角形」の何れかの辺に沿った直線方向である。第1から第nの直線方向に含まれた第 $n_1$ の直線方向（ただし、 $n_1 \in \{1, \dots, n\}$ ）は、第1から第nの直線方向に含まれた第 $n_2$ の直線方向（ただし、 $n_2 \in \{1, \dots, n\}$  かつ  $n_2 \neq n_1$ ）と相違する。例えば、第 $n_1$ の直線方向は「仮想的な多角形」の第 $n_1$ の辺に沿った直線方向であり、第 $n_2$ の直線方向は「仮想的な多角形」の第 $n_2$ の辺（第 $n_1$ の辺と異なる辺）に沿った直線方向である。例えば、「第iの直線方向」は同一平面上にn個以上かつ3個以上の辺を持つ「仮想的な多角形」に含まれた互いに異なる第1から第nの辺のうち、第iの辺に沿った直線方向である。あるいは、第1から第nの直線方向に含まれた2個以上の直線方向が「仮想的な多角形」の同一の辺に沿った方向であってもよい。

[0014] 第1から第nの「振動子」の駆動による回転運動は例えば回転成分を持つ振動であり、1自由度の擬似的な回転力覚を提示できる。「回転力覚」とは物体が回転しているように知覚される力覚（すなわち、回転方向の擬似力覚

）を意味し、例えば、ねじれを擬似的に知覚させるものである。例えば、「第  $i$  の直線方向」が同一平面上に  $n$  個以上かつ 3 個以上の辺を持つ「仮想的な多角形」に含まれた互いに異なる第 1 から第  $n$  の辺のうち、第  $i$  の辺に沿った直線方向であり、この「仮想的な多角形」が、第 1 から第  $m$  の頂点を持ち（ただし、 $m \geq n$ ）、第 1 から第  $m$  の頂点のうち第  $\{(j-1) \bmod m + 1\}$  の頂点と第  $\{j \bmod m + 1\}$  の頂点とがそれぞれ隣り合っているとする（ただし、 $j = 1, \dots, m$ ）。言い換えると、何れかの一方の回転方向に沿った順序で、「仮想的な多角形」の各頂点を「第 1 の頂点」「第 2 の頂点」 $\dots$ 「第  $m$  の頂点」と呼ぶことにする。なお、 $\alpha \bmod \beta$  は、 $\alpha$  を  $\beta$  で割った余り（剰余）を表す。このとき、第 1 から第  $n$  の「振動子」のうち、少なくとも、第  $k$  の「振動子」が第  $\{(k-1) \bmod m + 1\}$  の頂点から第  $\{k \bmod m + 1\}$  の頂点へ向かう成分を持つ方向に擬似的な力覚を提示可能であり、第  $p$  の「振動子」が第  $\{(p-1) \bmod m + 1\}$  の頂点から第  $\{p \bmod m + 1\}$  の頂点へ向かう成分を持つ方向に擬似的な力覚を提示可能であるとする（ただし、 $k \neq p$  かつ  $k, p \in \{1, \dots, n\}$ ）。これらの力覚の提示方向は或る回転に沿った接線方向の成分を含み、少なくとも、第  $k$  の「振動子」および第  $p$  の「振動子」がこれらの力覚を提示することにより、全体として 1 自由度の回転力覚を含む力覚を提示できる。

[0015] 「辺  $\alpha$  に沿った直線方向」とは、辺  $\alpha$  に沿った直線上の何れかの向きを意味する。「辺  $\alpha$  に沿った直線」の例は、辺  $\alpha$  を通る直線、辺  $\alpha$  に並行する直線、辺  $\alpha$  と平行または略平行な直線などである。「辺  $\alpha$  に沿った直線」は、辺  $\alpha$  を通っていてもよいし、通っていなくてもよい。各第  $i$  の辺が各第  $i$  の「振動子」を通る配置であることが望ましいが、各第  $i$  の直線方向が第  $i$  の辺に沿った直線方向となるのであれば、何れか第  $i$  の辺が  $i$  の「振動子」を通らなくてもよい。上記の「仮想的な多角形」は、例えば、凸多角形である。「仮想的な多角形」の例は三角形、四角形、五角形などである。

[0016] 「系」とは、第 1 から第  $n$  の「振動子」を含む系を意味する。「系」の例

は、第1から第nの「振動子」からなる系、「基部」と第1から第nの「振動子」とからなる系、「基部」と第1から第nの「振動子」と「電子機器部」とからなる系、および「基部」と第1から第nの「振動子」と「電子機器部」とその他の部材とからなる系などである。「重心付近」は、重心であってもよいし、重心の近傍であってもよい。「重心付近」の例は、第1から第nの「振動子」に囲まれた領域内の点であり、かつ、重心からの距離が所定値以下となる点である。

[0017] 「振動子」の駆動による「系」の重心付近を中心とした回転運動は、第1から第nの「振動子」の駆動によるものであってもよいし、第1から第nの「振動子」に含まれた一部の「振動子」によるものであってもよい。

[0018] 「系の重量分布」が「系の重心付近」に偏っていることが望ましい。これにより「系」の質量が大きくても、明確に擬似的な力覚を呈示できる。「系の重量分布が系の重心付近」に偏っているとは、「重心付近」の単位体積あたりの質量（密度）が、それ以外の部位の密度よりも大きいことを意味する。言い換えると、重心から所定の距離以内での密度がその外の密度よりも大きいことを意味する。例えば、「系」が「基部」に対する相対位置が固定された「電子機器部」を含み、この「電子機器部」が「系の重心付近」に配置される（「電子機器部」の領域が「系の重心付近」を含む）。例えば、「電子機器部」が「仮想的な多角形」の内側に配置されていてもよい。「電子機器部」は、例えば、電源部（電池）、電源回路、振動子の駆動を制御する制御回路、表示部（視覚情報を表示する装置）の少なくとも一部を含む。特に電源部の重量が大きいため、電源部が「系の重心付近」に配置されることが望ましい。

[0019] 好ましくは、「振動子」の駆動によって回転力覚を呈示する当該擬似力覚発生装置の回転運動エネルギー（回転運動を行っている当該擬似力覚発生装置の運動エネルギー）が、「振動子」の駆動によって並進力覚を呈示する当該擬似力覚発生装置の並進運動エネルギー（並進運動を行っている当該擬似力覚発生装置の運動エネルギー）よりも小さくなるように擬似力覚発生装置

が構成される。このような構成の擬似力覚発生装置では、並進力覚を呈示するときよりも、回転力覚を呈示するときのほうが駆動パワーを小さくできる。なお「並進力覚」とは、物体が並進運動しているように知覚される力覚（すなわち、直線方向の擬似力覚）を意味する。「並進力覚」を提示するためには、第1から第nの「振動子」が提示する擬似的な力覚の提示方向の合成（合成方向）が、上記の「仮想的な多角形」が位置する平面（同一平面）に沿った直線成分を含む方向となるように制御できればよい。ここでの「振動子の駆動」は、第1から第nの「振動子」の駆動であってもよいし、第1から第nの「振動子」に含まれた一部の「振動子」の駆動であってもよい。なお、「平面に沿った直線成分」とは、当該「平面」上の何れかの直線（当該「平面」が含む直線）に沿った方向成分を意味する。「直線に沿った方向成分」とは、当該「直線」上の何れかの向きの方向成分を意味する。

[0020] [第1実施形態]

第1実施形態を説明する。図1に例示するように、本形態の擬似力覚発生装置1は、基部11、基部11に対する相対位置が固定された非対称運動を行う振動子12-1、12-2、および電子機器部14を有する。

[0021] 本形態の基部11は外観が板状で中空のシャーシやケースなどであり、その内部に振動子12-1、12-2および電子機器部14を収容する。基部11は剛体から構成されることが望ましいが、厳密な意味での剛体でなくとも、振動子12-1、12-2で生じた力を伝達可能な材質から構成されればよい。例えば、ABS樹脂等の合成樹脂、銅等の金属、ガラス、木材、ゴム等によって基部11を構成できる。単一の材料によって基部11が構成されている必要はなく、例えば、絶縁層と導電層とを含む電子回路基板の一部を基部12として用いてもよい。その他、携帯電話やスマートフォン等の電子機器の筐体またはその一部を基部12としてもよい。

[0022] 本形態の振動子12-1、12-2は基部11の内部に機械的に固定されている。振動子12-i（ただし、 $i = 1, 2$ ）はそれぞれ直線に沿った非対称運動（非対称振動）を行い、それによってこの直線に沿った所望の方向

に擬似的な力覚を提示できる。すなわち、各振動子 $12-i$ は第 $i$ の直線方向に擬似的な力覚（並進力覚）を提示可能である。各振動子 $12-i$ は例えば、非特許文献1に記載されたアクチュエータであってもよいし、その他の擬似的な並進力覚を呈示可能な装置であってもよい。本形態の第1の直線方向は仮想的な四角形 $P1$ （仮想的な多角形）の1つの辺 $L11$ に沿った直線方向 $C_1$ 、 $C_2$ であり、第2の直線方向は仮想的な四角形 $P1$ の辺 $L11$ に対向する辺 $L12$ に沿った直線方向 $C_3$ 、 $C_4$ である。直線方向 $C_1$ 、 $C_2$ と直線方向 $C_3$ 、 $C_4$ とは互いに平行である。例えば、辺 $L11$ 上に振動子 $12-1$ が配置され、辺 $L12$ 上に振動子 $12-2$ が配置される。仮想的な四角形 $P1$ は基部 $11$ の板面と略平行な平面上に位置し、基部 $11$ に対する相対位置が固定されている。

[0023] 電子機器部 $14$ は、例えば、電源部、電源回路、振動子 $12-1$ 、 $12-2$ の駆動を制御する制御回路、表示部の少なくとも一部を含む機器である。電子機器部 $14$ は、振動子 $12-1$ と振動子 $12-2$ との間に配置され、基部 $11$ の内部に機械的に固定されている（基部に対する相対位置が固定されている）。すなわち、電子機器部 $14$ は仮想的な四角形 $P1$ の内側に配置され、擬似力覚発生装置 $1$ からなる系の重心 $G$ またはその近傍が電子機器部 $14$ に位置する。電子機器部 $14$ の密度（単位体積あたりの質量）は、その他の基部 $11$ や振動子 $12-1$ 、 $12-2$ の密度よりも大きい。そのため、擬似力覚発生装置 $1$ の系の重量分布は重心 $G$ 付近に偏っている。

[0024] 電子機器部 $14$ の制御のもと、振動子 $12-1$ は直線方向 $C_1$ に力を与える期間と直線方向 $C_2$ に力を与える期間とを繰り返す周期的な非対称振動を行う。同様に電子機器部 $14$ の制御のもと、振動子 $12-2$ は直線方向 $C_3$ に力を与える期間と直線方向 $C_4$ に力を与える期間とを繰り返す周期的な非対称振動を行う。いずれも、擬似力覚を呈示しようとする方向には短い時間で大きな力を与え、その逆方向にはそれよりも長い時間で小さな力を与える。

[0025] ここで振動子 $12-1$ を直線方向 $C_1$ に擬似力覚を呈示するように制御し、振動子 $12-2$ をその逆方向の直線方向 $C_3$ に擬似力覚を呈示するように制御

する。この場合、擬似力覚発生装置 1 は R 1 方向への回転とその逆の R 2 方向への回転とを周期的に繰り返し（非対称回転）、擬似力覚発生装置 1 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 1 が R 1 方向に回転しているかのような回転力覚を知覚する。逆に、振動子 1 2 - 1 を直線方向 C<sub>2</sub> に擬似力覚を呈示するように制御し、振動子 1 2 - 2 をその逆方向の直線方向 C<sub>4</sub> に擬似力覚を呈示するように制御する。この場合、擬似力覚発生装置 1 は R 2 方向への回転とその逆の R 1 方向への回転とを周期的に繰り返し、擬似力覚発生装置 1 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 1 が R 2 方向に回転しているかのような回転力覚を知覚する。本形態では、これらの回転運動の中心が重心 G またはその近傍となる。回転運動の中心を重心 G またはその近傍とすることで、その回転中心まわりの慣性モーメントを最小または小さくできる。特に、振動子 1 2 - 1 および振動子 1 2 - 2 を同期させ、逆位相駆動（逆相駆動）させることにより、明確な回転力覚を呈示できる。

[0026] また、振動子 1 2 - 1 を直線方向 C<sub>1</sub> に擬似力覚を呈示するように制御し、振動子 1 2 - 2 を直線方向 C<sub>4</sub> に擬似力覚を呈示するように制御する。この場合、擬似力覚発生装置 1 は直線方向 C<sub>1</sub>, C<sub>4</sub> への移動とその逆の直線方向 C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> への移動とを周期的に繰り返す振動を行い、擬似力覚発生装置 1 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 1 が直線方向 C<sub>1</sub>, C<sub>4</sub> へ移動しているかのような並進力覚を知覚する。逆に、振動子 1 2 - 1 を直線方向 C<sub>2</sub> に擬似力覚を呈示するように制御し、振動子 1 2 - 2 を直線方向 C<sub>3</sub> に擬似力覚を呈示するように制御する。この場合、擬似力覚発生装置 1 は直線方向 C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> への移動とその逆の直線方向 C<sub>1</sub>, C<sub>4</sub> への移動とを周期的に繰り返す振動を行い、擬似力覚発生装置 1 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 1 が直線方向 C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> へ移動しているかのような並進力覚を知覚する。特に、振動子 1 2 - 1 および振動子 1 2 - 2 を同期させ、同じ向きに同相駆動させることにより、明確な並進力覚を呈示できる。

[0027] 本形態の構成では、振動子 1 2 - 1, 1 2 - 2 の駆動によって回転力覚を呈示する当該擬似力覚発生装置 1 の回転運動エネルギーが、振動子 1 2 - 1

、12-2の駆動によって並進力覚を呈示する当該擬似力覚発生装置1の並進運動エネルギーよりも小さい。つまり、回転力覚を呈示するために必要なパワーは、並進力覚の呈示するために必要なパワーよりも小さい。すなわち、擬似力覚発生装置1の系の重量分布を重心G付近に偏らせた構成は、重心G付近を中心とした回転運動によって回転力覚を呈示することに適しており、並進力覚を呈示する場合に比べて小さなパワーで駆動できる。この効果を以下の前提で試算する。

(1) 基部11および振動子12-1、12-2の質量を無視する。

(2) 基部11の外観の平面形状が(縦, 横) = (A, B)の矩形であり、 $A : B = 2 : 1$ とする。

(3) 電子機器部14の平面形状が(縦, 横) = (a, b)の矩形であり、 $A = 2a$ 、 $B = 2b$ 、 $a : b = 2 : 1$ であるとする。電子機器部14の質量がmであり、その質量分布を均一とする。

(4) 回転力覚呈示時および並進力覚呈示時の何れの場合も、擬似力覚発生装置1の振動子12-1、12-2側の端部の速度をvとする。また、回転力覚呈示時の角速度を $\omega$ とし、回転半径をrとし、 $v = r\omega$ が成り立つとする。擬似力覚発生装置1が角速度 $\omega$ の回転運動によって回転力覚を呈示するときの運動エネルギー(回転運動エネルギー)と、擬似力覚発生装置1の端部の速度がvであるときの運動エネルギー(並進運動エネルギー)とを比較する。

(5) 回転力覚を呈示するときには、振動子12-1および振動子12-2を逆位相駆動(逆相駆動)し、並進力覚を呈示するときには、振動子12-1および振動子12-2を同じ向きに同相駆動する。

[0028] <回転力覚呈示時>

電子機器部14の中央が回転中心である場合、この回転中心まわりの慣性モーメントIは以下ようになる。ただし、\*は乗算の演算子を表す。

$$I = m * (a^2 + b^2) / 12 \quad (1)$$

$b = a / 2$ であるため式(1)は以下のように近似できる。

$$I = 5 * m * a^2 / 48 \div 0.1 * m * a^2 \quad (2)$$

よって、回転運動エネルギー  $P_r$  は以下ようになる。

$$\begin{aligned} P_r &= (I * \omega^2) / 2 \\ &= (0.1 * m * a^2 * \omega^2) / 2 \quad (3) \end{aligned}$$

<並進力覚呈示時>

電子機器部 14 の一端および他端の速度が  $v$  であるため、電子機器部 14 の並進運動エネルギー  $P_p$  は以下ようになる。

$$\begin{aligned} P_p &= m * v^2 / 2 \\ &= (m * r^2 * \omega^2) / 2 \quad (4) \end{aligned}$$

よって、式 (3) (4) より、以下が成り立つ。

$$P_r / P_p = 0.1 * a^2 / r^2 \quad (5)$$

ここで  $a = r$  とすると、以下が成り立つ。

$$P_r / P_p = 0.1 \quad (6)$$

上述の前提の下では、回転力覚の呈示に必要なパワーが並進力覚の呈示に必要なパワーの 10 分の 1 程度で済むことが分かる。

[0029] <本形態の特徴>

擬似力覚発生装置 1 は、質量の大きな電子機器部 14 を中央部に固定し、系の重量分布を重心 G 付近に偏らせ、その外方に固定された振動子 12-1, 12-2 の駆動によって系の重心 G 付近を中心とした回転運動を行い、回転力覚を呈示する。擬似力覚発生装置 1 の系の重量分布を重心 G 付近に偏らせることで、重心 G 付近を中心とした回転運動の慣性モーメントを低減できる。これにより、擬似力覚発生装置 1 の外部（例えば、周縁部）を把持する利用者への触覚刺激を減ずることなく、擬似力覚発生装置 1 内に電子機器部 14 を一体的に搭載できる。電子機器部 14 に対する振動子の相対位置が固定される場合でも、所望の擬似力覚（回転力覚）を効率よく呈示できる。

[0030] 擬似力覚発生装置 1 の全体が一体として非対称回転することで、擬似力覚発生装置 1 を把持する利用者の手指先端だけでなく、掌等にも刺激を与えることができ、違和感の少ない擬似力覚を知覚させることができる。

[0031] 電子機器部 14 が擬似力覚発生装置 1 の回転中心付近に配置されるため、電子機器部 14 の振動を低減させ、信頼性および寿命を向上させることができる。

[0032] [第 2 実施形態]

第 2 実施形態を説明する。本形態は第 1 実施形態の具体例である。以降、説明済みの事項については同じ参照番号を用い、説明を簡略化する。図 2 A および図 3 に例示するように、本形態の擬似力覚発生装置 2 は、基部 11、電子機器部 14、および振動子 12-1、12-2 を有する。基部 11 は、開放面を有する箱状のケース部 111 とおよびこの開放面に被せられる蓋部 112 を有する。電子機器部 14 は、振動子 12-1、12-2 を制御する回路基板 141 および電源部 142 を有する。

[0033] ケース部 111 の内側底面は略矩形であり、その長手方向の一端 111 a 側の内側底面に振動子 12-1 が固定され、その他端 111 b 側の内側底面に振動子 12-2 が固定される。振動子 12-1 はケース部 111 の一端 111 a 側の辺縁部 111 a a に沿った方向の非対称運動により、この辺縁部 111 a a に沿った方向 ( $C_1$  または  $C_2$ ) の並進力覚を呈示する。振動子 12-1 はケース部 111 の他端 111 b 側の辺縁部 111 b a に沿った方向の非対称運動により、この辺縁部 111 b a に沿った方向 ( $C_3$  または  $C_4$ ) の並進力覚を呈示する。すなわち、振動子 12-1 は、ケース部 111 の内側底面に対する相対位置が固定された仮想的な四角形 P2 の辺 L21 に沿った直線方向に擬似的な力覚を提示可能である。また、振動子 12-2 は、ケース部 111 の内側底面に対する相対位置が固定された仮想的な四角形 P2 の辺 L22 に沿った直線方向に擬似的な力覚を提示可能である。辺 L21 は辺 L22 に対向し、これらは平行である。ケース部 111 の内側底面の振動子 12-1 と振動子 12-2 との間の領域には、回路基板 141 および電源部 142 が固定される。このように配置された電源部 142 に擬似力覚発生装置 2 の系の重心 G またはその近傍が位置する。

[0034] 図 4 A および図 4 B に例示するように、振動子 12-1 は、例えば、支持

部121-1、ばね122-1、123-1（弾性体）、コイル124-1、永久磁石である運動部材125-1、および把持部126-1（ケース）を有する。本形態の把持部126-1および支持部121-1は、ともに筒（例えば、円筒や多角筒）の両方の開放端を閉じた形状からなる中空の部材である。ただし、支持部121-1は、把持部126-1よりも小さく、把持部126-1の内部に収容可能な大きさである。把持部126-1および支持部121-1は、例えば、ABS樹脂等の合成樹脂から構成される。ばね122-1、123-1は、例えば、金属等から構成されるつまきばねや板ばね等である。ばね122-1、123-1の弾性係数（ばね定数）は同一であることが望ましいが、互いに相違していてもよい。運動部材125-1は、例えば、円柱形状の永久磁石であり、長手方向の一方の端部125a-1側がN極であり、他方の端部125b-1側がS極である。コイル124-1は、例えば、一つながりのエナメル線であり、第1巻き部124a-1と第2巻き部124b-1とを有する。

[0035] 運動部材125-1は支持部121-1の内部に収容され、そこで長手方向にスライド可能に支持されている。このような支持機構の詳細は図示しないが、例えば、支持部121-1の内壁面に長手方向に沿ったまっすぐなレールが設けられ、運動部材125-1の側面にこのレールをスライド可能に支持するレール支持部が設けられている。支持部121-1の長手方向の一端側の内壁面121a-1には、ばね122-1の一端が固定され（すなわち、支持部121-1にばね122-1の一端が支持され）、ばね122-1の他端は運動部材125-1の端部125a-1に固定されている（すなわち、運動部材125-1の端部125a-1がばね122-1の他端に支持されている）。また、支持部121-1の長手方向の他端側の内壁面121b-1には、ばね123-1の一端が固定され（すなわち、支持部121-1にばね123-1の一端が支持され）、ばね123-1の他端は運動部材125-1の端部125b-1に固定されている（すなわち、運動部材125-1の端部125b-1がばね123-1の他端に支持されている）。

- [0036] 支持部121-1の外周側にはコイル124-1が巻きつけられている。ただし、運動部材125-1の端部125a-1側（N極側）では、第1巻き部124a-1が $A_1$ 方向（奥から手前に向けた方向）に巻きつけられており、端部125b-1側（S極側）では、第2巻き部124b-1が $A_1$ 方向と反対向きの $B_1$ 方向（手前から奥に向けた方向）に巻き付けられている。すなわち、運動部材125-1の端部125a-1側（N極側）からみた場合、第1巻き部124a-1は時計回りに巻き付けられており、第2巻き部124b-1は反時計回りに巻き付けられている。また、運動部材125-1が停止し、ばね122-1、123-1からの弾性力が釣り合った状態において、運動部材125-1の端部125a-1側（N極側）が第1巻き部124a-1の領域に配置され、端部125b-1側（S極側）が第2巻き部124b-1の領域に配置されることが望ましい。
- [0037] 以上のように配置構成された支持部121-1、ばね122-1、123-1、コイル124-1、および運動部材125-1が、把持部126-1内に收容され、支持部121-1が把持部126-1の内部に固定されている。すなわち、把持部126-1の支持部121-1に対する相対位置が固定されている。ただし、把持部126-1の長手方向は、支持部121-1の長手方向および運動部材125-1の長手方向と一致する。
- [0038] コイル124-1は、流された電流に応じた力を運動部材125-1に与え、これにより、運動部材125-1は、支持部121-1に対して周期的な非対称運動（支持部121-1を基準とした軸方向に非対称性をもった周期的な並進往復運動）を行う。すなわち、コイル124-1に $A_1$ 方向（ $B_1$ 方向）に電流を流すと、フレミングの左手の法則で説明されるローレンツ力の反作用により、運動部材125-1に $C_1$ 方向（運動部材125-1のN極からS極に向かう方向：右方向）の力が加えられる（図2A）。逆に、コイル124-1に $A_2$ 方向（ $B_2$ 方向）に電流を流すと、運動部材125-1に $C_2$ 方向（運動部材125-1のS極からN極に向かう方向：左方向）の力が加えられる（図2B）。ただし、 $A_2$ 方向は $A_1$ 方向の反対方向である。これ

らの動作により、運動部材 125-1 およびばね 122-1, 123-1 からなる系に運動エネルギーが与えられる。それにより、把持部 126-1 を基準とする運動部材 125-1 の位置および加速度（支持部 121-1 を基準とした軸方向の位置および加速度）を変化させることができる。

[0039] ここで、運動部材 125-1 に所望の方向（ $C_1$  方向または  $C_2$  方向）の加速度を与える向きの電流をコイル 124-1 に流す第 1 の期間と、それ以外の第 2 の期間と、を周期的に繰り返す。その際、所定の方向に電流を流す期間（時間）とそれ以外の期間（時間）との比（反転比）を何れか一方の期間に偏らせる。言い換えると、1 つの周期に占める第 1 の期間の割合が当該周期に占める第 2 の期間の割合と異なる周期的な電流をコイル 124-1 に流す。これにより、所望の方向に擬似的な力覚を提示できる。

[0040] 以下、図 5 A から図 5 D を用いてこの制御を例示する。ただし、図 5 A から図 5 D の縦軸はコイル 124-1 に流す電流値（電流指令値）[A] を表し、横軸は時間 [msec] を表す。 $A_1$  方向（ $B_1$  方向）の電流値を正で表現し、 $A_2$  方向（ $B_2$  方向）の電流値を負で表現している。図 5 A および図 5 B は、 $A_1$  方向（ $B_1$  方向）の電流（ $X$  :  $C_1$  方向の加速度を運動部材 125-1 に与える向きの電流）を流す期間  $t_1$ （第 1 の期間）と  $A_2$  方向（ $B_2$  方向）の電流（ $-X$ ）を流す期間  $t_2$ （第 2 の期間）とを周期的に繰り返す例である。この場合、 $A_1$  方向（ $B_1$  方向）の電流を流す期間  $t_1$  と  $A_2$  方向（ $B_2$  方向）の電流を流す期間  $t_2$  との比（反転比  $t_1 : t_2$ ）に応じ、図 4 A および図 4 B の左方向または右方向に擬似的な力覚を提示できる。すなわち、図 4 A および図 4 B の左方向に擬似的な力覚を提示する場合には、 $t_1 > t_2$  となる反転比の周期的な電流をコイル 124-1 に流す（図 5 A）。例えば、反転比  $t_1 : t_2 = 18 \text{ msec} : 7 \text{ msec}$  の周期的な電流（40 Hz の周波数の電流）をコイル 124-1 に流す。逆に、右方向に擬似的な力覚を提示する場合には、 $t_1 < t_2$  となる反転比の周期的な電流をコイル 124-1 に流す（図 5 B）。例えば、反転比  $t_1 : t_2 = 7 \text{ msec} : 18 \text{ msec}$  の周期的な電流（40 Hz の周波数の電流）をコイル 124-1 に流す。

[0041] 図5Cおよび図5Dは、 $A_2$ 方向 ( $B_2$ 方向) の電流 ( $-X$ ) を流す期間  $t_2$  と電流を流さない期間  $t_1$  とを周期的に繰り返すか、 $A_1$ 方向 ( $B_1$ 方向) の電流 ( $X$ ) を流す期間 (時間)  $t_1$  と流さない期間  $t_2$  とを周期的に繰り返す例である。ただし、期間  $t_1$  と期間  $t_2$  との反転比  $t_1 : t_2$  が何れかの期間に偏っている。すなわち、左方向に擬似的な力覚を提示する場合には、 $A_2$ 方向 ( $B_2$ 方向) の電流 ( $-X : C_2$ 方向の加速度を運動部材125-1に与える向きの電流) を流す期間  $t_1$  と電流を流さない期間  $t_2$  とを周期的に繰り返す電流をコイル124-1に流す。この電流の反転比  $t_1 : t_2$  は期間  $t_2$  に偏っており、 $t_1 > t_2$  である (図5C)。例えば、反転比  $t_1 : t_2 = 18 \text{ msec} : 7 \text{ msec}$  の電流をコイル124-1に流す。逆に、右方向に擬似的な力覚を提示する場合には、 $A_1$ 方向 ( $B_1$ 方向) の電流 ( $X : C_1$ 方向の加速度を与える向きの電流) を流す期間  $t_1$  と流さない期間  $t_2$  とを周期的に繰り返す電流をコイル124-1に流す。この電流の反転比  $t_1 : t_2$  は期間  $t_2$  に偏っており、 $t_1 < t_2$  である (図5D)。例えば、反転比  $t_1 : t_2 = 7 \text{ msec} : 18 \text{ msec}$  の電流をコイル124-1に流す。

[0042] なお、説明の便宜上、図5Aから図5Dに図示した電流値 (電流指令値) は矩形波であった。しかしながら、所定の方向に電流を流す期間とそれ以外の期間とを周期的に繰り返す電流であって、所定の方向に電流を流す期間とそれ以外の期間との反転比が何れか一方の期間に偏っているのであれば、どのような波形の電流であってもよい。また電流値によって制御するのではなく、電圧値によって制御が行われてもよい。振動子12-2も振動子12-1と同じ構成でよい。

[0043] 図2Bに例示するように、利用者は擬似力覚発生装置2の辺縁部111a a側を左手102で軽く把持し、辺縁部111b a側を右手101で軽く把持する。ここで第1実施形態と同様、振動子12-1を直線方向 $C_1$ に擬似力覚を呈示するように制御し、振動子12-2をその逆方向の直線方向 $C_3$ に擬似力覚を呈示するように制御する。この場合、擬似力覚発生装置2を把持する利用者は擬似力覚発生装置2がR1方向に回転しているかのような回転力

覚を知覚する。逆に、振動子 1 2 - 1 を直線方向  $C_2$  に擬似力覚を呈示するように制御し、振動子 1 2 - 2 をその逆方向の直線方向  $C_4$  に擬似力覚を呈示するように制御する。この場合、擬似力覚発生装置 2 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 2 が  $R_2$  方向に回転しているかのような回転力覚を知覚する。本形態では、これらの回転運動の中心が重心  $G$  またはその近傍となる。回転運動の中心を重心  $G$  またはその近傍とすることで、その回転中心まわりの慣性モーメントを最小または小さくできる。また、振動子 1 2 - 1 を直線方向  $C_1$  に擬似力覚を呈示するように制御し、振動子 1 2 - 2 を直線方向  $C_4$  に擬似力覚を呈示するように制御する。この場合、擬似力覚発生装置 2 は直線方向  $C_1$ 、 $C_4$  への移動とその逆の直線方向  $C_2$ 、 $C_3$  への移動とを周期的に繰り返す振動を行い、擬似力覚発生装置 2 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 2 が直線方向  $C_1$ 、 $C_4$  へ移動しているかのような並進力覚を知覚する。逆に、振動子 1 2 - 1 を直線方向  $C_2$  に擬似力覚を呈示するように制御し、振動子 1 2 - 2 を直線方向  $C_3$  に擬似力覚を呈示するように制御する。この場合、擬似力覚発生装置 2 は直線方向  $C_2$ 、 $C_3$  への移動とその逆の直線方向  $C_1$ 、 $C_4$  への移動とを周期的に繰り返す振動を行い、擬似力覚発生装置 2 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 2 が直線方向  $C_2$ 、 $C_3$  へ移動しているかのような並進力覚を知覚する。

[0044] <本形態の特徴>

本形態でも第 1 実施形態と同じ効果を得ることができる。

[0045] [第 3 実施形態]

第 3 実施形態を説明する。本形態は第 1 実施形態の変形例である。

図 6 A および図 6 B に例示するように、本形態の擬似力覚発生装置 3 は、両端を閉じた円筒状または円柱状の同じ長さの 2 つの把持部 3 6、3 7、2 つの把持部 3 6、3 7 の中央部分を機械的に連結する円筒状の連結部 3 5 (基部)、連結部 3 5 の内部の中央部に固定された電子機器部 3 4、および把持部 3 6、3 7 の両端に 1 個ずつ固定された振動子 3 1 - 1 ~ 3 1 - 4 を有する。把持部 3 6、3 7 は互いに略平行 (例えば、平行) に配置され、連結

部35は把持部31-1, 31-2と略垂直(例えば、垂直)に配置されている。連結部35の一端が把持部36の中央部に機械的に接続され、連結部35の他端が把持部37の中央部に機械的に接続されている。振動子31-1, 31-4は把持部36の長手方向に沿った直線方向 $C_{311a}$ ,  $C_{311b}$ ,  $C_{314a}$ ,  $C_{314b}$ に擬似的な力覚を呈示可能な向きに配置され、振動子31-1は把持部36の一端に、振動子31-4は把持部36の他端にそれぞれ固定されている。振動子31-2, 31-3は把持部37の長手方向 $C_{312a}$ ,  $C_{312b}$ ,  $C_{313a}$ ,  $C_{313b}$ に沿った直線方向に擬似的な力覚を呈示可能な向きに配置され、振動子31-2は把持部37の一端に、振動子31-3は把持部37の他端にそれぞれ固定されている。振動子31-1, 31-2は擬似力覚発生装置3の上面側(図6A側)に配置され、振動子31-3, 31-4は擬似力覚発生装置3の下面側に配置されている。これにより、振動子31-1, 31-4は連結部35に対する相対位置が固定された仮想的な四角形P3の辺L31に沿った直線方向 $C_{311a}$ ,  $C_{311b}$ ,  $C_{314a}$ ,  $C_{314b}$ に擬似的な力覚を提示可能である。振動子31-2, 31-3は連結部35に対する相対位置が固定された仮想的な四角形P3の辺L32に沿った直線方向 $C_{312a}$ ,  $C_{312b}$ ,  $C_{313a}$ ,  $C_{313b}$ に擬似的な力覚を提示可能である。辺L31と辺L32は互いに平行である。擬似力覚発生装置3の重心Gまたはその近傍が電子機器部34内に位置し(仮想的な四角形P3の内部に電子機器部34が位置し)、擬似力覚発生装置3の重量分布は重心G付近に偏っている。

[0046] ここで、電子機器部34によって、振動子31-1, 31-4が、それぞれ直線方向 $C_{311a}$ ,  $C_{314a}$ に擬似的な力覚を呈示するように制御され、かつ、振動子31-2, 31-3が、それぞれ直線方向 $C_{312a}$ ,  $C_{313a}$ に擬似的な力覚を呈示するように制御されたとする。この場合、擬似力覚発生装置3はS1方向への回転とその逆のS2方向への回転とを周期的に繰り返し(非対称回転)、把持部36, 37を把持する利用者は擬似力覚発生装置3がS1方向に回転しているかのような回転力覚を知覚する。逆に、振動子31-1, 31-4が、それぞれ直線方向 $C_{311b}$ ,  $C_{314b}$ に擬似的な力覚を呈示す

るように制御され、かつ、振動子 31-2, 31-3 が、それぞれ直線方向  $C_{312b}$ ,  $C_{313b}$  に擬似的な力覚を呈示するように制御されたとする。この場合、擬似力覚発生装置 3 は S2 方向への回転とその逆の S1 方向への回転とを周期的に繰り返す（非対称回転）、把持部 36, 37 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 3 が S2 方向に回転しているかのような回転力覚を知覚する。本形態では、これらの回転運動の中心が重心 G またはその近傍となる。回転運動の中心を重心 G またはその近傍とすることで、その回転中心まわりの慣性モーメントを最小または小さくできる。このようにしても第 1 実施形態と同じ効果を得ることができる。また、振動子 31-1, 31-2, 31-3, 31-4 が、それぞれ直線方向  $C_{311a}$ ,  $C_{312b}$ ,  $C_{314a}$ ,  $C_{313b}$  に擬似的な力覚を呈示するように制御する。この場合、擬似力覚発生装置 3 は直線方向  $C_{311a}$ ,  $C_{312b}$ ,  $C_{314a}$ ,  $C_{313b}$  への移動とその逆の直線方向  $C_{311b}$ ,  $C_{312a}$ ,  $C_{314b}$ ,  $C_{313a}$  への移動とを周期的に繰り返す振動を行い、擬似力覚発生装置 3 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 3 が直線方向  $C_{311a}$ ,  $C_{312b}$ ,  $C_{314a}$ ,  $C_{313b}$  へ移動しているかのような並進力覚を知覚する。逆に、振動子 31-1, 31-2, 31-3, 31-4 が、それぞれ直線方向  $C_{311b}$ ,  $C_{312a}$ ,  $C_{314b}$ ,  $C_{313a}$  に擬似的な力覚を呈示するように制御する。この場合、擬似力覚発生装置 3 は直線方向  $C_{311b}$ ,  $C_{312a}$ ,  $C_{314b}$ ,  $C_{313a}$  への移動とその逆の直線方向  $C_{311a}$ ,  $C_{312b}$ ,  $C_{314a}$ ,  $C_{313b}$  への移動とを周期的に繰り返す振動を行い、擬似力覚発生装置 3 を把持する利用者は擬似力覚発生装置 3 が直線方向  $C_{311b}$ ,  $C_{312a}$ ,  $C_{314b}$ ,  $C_{313a}$  へ移動しているかのような並進力覚を知覚する。

[0047] [第 4 実施形態]

第 4 実施形態は第 1 実施形態の変形例であり、電子機器部が擬似力覚発生装置に脱着可能なものである。図 7A および図 7B に例示するように、本形態の擬似力覚発生装置 4 は、基部 41、および基部 41 に対する相対位置が固定された非対称運動を行う振動子 12-1, 12-2 を有する。本形態の基部 41 は外観が板状で中空のケースであり、その内部に振動子 12-1,

12-2が機械的に固定されている。振動子12-i（ただし、 $i = 1, 2$ ）はそれぞれ直線に沿った非対称運動（非対称振動）を行い、それによってこの直線に沿った所望の方向に擬似的な力覚を提示できる。すなわち、各振動子12-iは第iの直線方向に擬似的な力覚（並進力覚）を提示可能である。本形態の第1の直線方向は仮想的な四角形P4の1つの辺L41に沿った直線方向であり、第2の直線方向は仮想的な四角形P4の辺L41に対向する辺L42に沿った直線方向である。仮想的な四角形P4は基部41に対する相対位置が固定されている。基部41内部の振動子12-1と振動子12-2との間の領域（仮想的な四角形P4の内側の領域）には、スマートフォンなどの電子機器部400を装着可能である。ここで、電子機器部400を装着前の擬似力覚発生装置4の系の重心Gが振動子12-1と振動子12-2との間の領域に存在する。電子機器部400が装着された後の電子機器部400および擬似力覚発生装置4からなる系の重心またはその近傍は電子機器部400に配置される。電子機器部400および擬似力覚発生装置4からなる系の重量分布は、その重心付近に偏っている。第1実施形態と同様に電子機器部400の制御に基づいて振動子12-1, 12-2を駆動することにより、その重心付近を中心とした回転運動がなされ、擬似力覚発生装置4の外部を把持する利用者に対して回転力覚を知覚させることができる。これによっても第1実施形態と同じ効果を得ることができる。なお、このような擬似力覚発生装置4はスマートフォンのケースなどに適用できる。また、第1, 2実施形態で説明した振動子12-1, 2の制御により、擬似力覚発生装置4の外部を把持する利用者には並進力覚を知覚させてもよい。

[0048] [第5実施形態]

第5実施形態は第4実施形態の変形例であり、振動子の個数が相違点である。図8Aおよび図8Bに例示するように、本形態の擬似力覚発生装置5は、基部51、および基部51に対する相対位置が固定された非対称運動を行う振動子52-1~52-4を有する。本形態の基部41は外観が板状で中空のケースであり、その内部に振動子52-1~52-4が機械的に固定さ

れている。振動子 $52-i$ （ただし、 $i=1\sim 4$ ）はそれぞれ直線に沿った非対称運動（非対称振動）を行い、それによってこの直線に沿った所望の方向に擬似的な力覚を提示できる。すなわち、各振動子 $52-i$ は第 $i$ の直線方向に擬似的な力覚（並進力覚）を提示可能である。各振動子 $52-i$ の構成は、例えば前述の振動子 $12-1$ と同じである。本形態の第1の直線方向は仮想的な四角形 $P5$ の1つの辺 $L51$ に沿った直線方向であり、第2の直線方向は仮想的な四角形 $P5$ の辺 $L51$ に直角な辺 $L52$ に沿った直線方向であり、第3の直線方向は仮想的な四角形 $P5$ の辺 $L51$ に対向する辺 $L53$ に沿った直線方向であり、第4の直線方向は仮想的な四角形 $P5$ の辺 $L52$ に対向する辺 $L54$ に沿った直線方向である。仮想的な四角形 $P5$ は基部 $51$ に対する相対位置が固定されている。基部 $51$ 内部の振動子 $52-1\sim 52-4$ で囲まれた領域（仮想的な四角形 $P5$ の内側の領域）には、スマートフォンなどの電子機器部 $400$ を装着可能である。ここで、電子機器部 $400$ を装着前の擬似力覚発生装置 $5$ の系の重心 $G$ が振動子 $52-1\sim 52-4$ で囲まれた領域に存在する。電子機器部 $400$ が装着された後の電子機器部 $400$ および擬似力覚発生装置 $5$ からなる系の重心またはその近傍は電子機器部 $400$ に配置される。電子機器部 $400$ および擬似力覚発生装置 $5$ からなる系の重量分布は、その重心付近に偏っている。

[0049] ここで電子機器部 $400$ によって、振動子 $52-1$ 、 $52-2$ 、 $52-3$ 、 $52-4$ が、それぞれ直線方向 $C_{521a}$ 、 $C_{522a}$ 、 $C_{523a}$ 、 $C_{524a}$ に擬似的な力覚を呈示するように制御されたとする。この場合、擬似力覚発生装置 $5$ は $W1$ 方向への回転とその逆の $W2$ 方向への回転とを周期的に繰り返し（非対称回転）、擬似力覚発生装置 $5$ の外部を把持する利用者は擬似力覚発生装置 $5$ が $W1$ 方向に回転しているかのような回転力覚を知覚する。逆に、振動子 $52-1$ 、 $52-2$ 、 $52-3$ 、 $52-4$ が、それぞれ直線方向 $C_{521b}$ 、 $C_{522b}$ 、 $C_{523b}$ 、 $C_{524b}$ に擬似的な力覚を呈示するように制御されたとする。この場合、擬似力覚発生装置 $5$ は $W2$ 方向への回転とその逆の $W1$ 方向への回転とを周期的に繰り返し（非対称回転）、擬似力覚発生装置 $5$ の外

部を把持する利用者は擬似力覚発生装置5がW2方向に回転しているかのような回転力覚を知覚する。本形態では、これらの回転運動の中心が重心Gまたはその近傍となる。回転運動の中心を重心Gまたはその近傍とすることで、その回転中心まわりの慣性モーメントを最小または小さくできる。このようにしても第1実施形態と同じ効果を得ることができる。また、本形態では振動子52-1~52-4のうち、一部の振動子によって回転力覚を知覚させ、別の識別子によって並進力覚を知覚させることもできる。この場合、振動子52-1~52-4のうち、向かい合う一組の振動子によって回転力覚を知覚させるように制御し、残りの一組の振動子によって並進力覚を知覚させるように制御してもよい。例えば、振動子52-1, 52-3がそれぞれ直線方向 $C_{521a}$ ,  $C_{523a}$ に擬似的な力覚を呈示するように制御され、振動子52-2, 52-4がそれぞれ直線方向 $C_{522b}$ ,  $C_{524a}$ に擬似的な力覚を呈示するように制御されたとする。この場合、擬似力覚発生装置5はW1方向への回転とその逆のW2方向への回転とを周期的に繰り返す(非対称回転)とともに、直線方向 $C_{522b}$ ,  $C_{524a}$ への移動とその逆の直線方向 $C_{522a}$ ,  $C_{524b}$ への移動とを周期的に繰り返す振動を行う。これにより、擬似力覚発生装置5の外部を把持する利用者は擬似力覚発生装置5がW1方向に回転しているかのような回転力覚とともに、擬似力覚発生装置5が直線方向 $C_{522b}$ ,  $C_{524a}$ に移動しているかのような並進力覚を知覚する。この場合も、回転運動の中心を重心Gまたはその近傍とすることで、その回転中心まわりの慣性モーメントを最小または小さくでき、第1実施形態と同じ効果を得ることができる。

[0050] [第6実施形態]

第6実施形態は第4実施形態の変形例であり、基部に対する電子機器部の相対位置が固定されていない点が相違点である。図9に例示するように、本形態の擬似力覚発生装置6は、基部41、基部41に対する相対位置が固定された非対称運動を行う振動子12-1, 12-2、電子機器部62、および電気ケーブル63を有する。第4実施形態との相違点は、基部41の内部

に電子機器部が装着されるのではなく、電気ケーブル63を介して基部41に電子機器部62が電氣的に接続される点である。この場合、振動子12-1, 12-2の制御は電子機器部62によって行われる。振動子12-1, 12-2の制御およびそれによって呈示される回転力覚は第1, 4実施形態で説明した通りである。この例では、基部41内部の振動子12-1と振動部12-2との間の中空の領域に、擬似力覚発生装置6の系の重心Gが位置する。電子機器部62は基部41の外部に配置される。基部41および振動子12-1, 12-2は電子機器部62に比べて軽量である。そのため、基部41の外部を保持する利用者に対して明確な擬似力覚を呈示できる。

[0051] [その他の変形例等]

なお、本発明は上述の実施形態に限定されるものではない。例えば、振動子として擬似力覚を呈示するその他の装置が用いられてもよい。また複数の振動子はその他の構成で配置されてもよい。nは2以上の整数であればよく、偶数であってもよいし、奇数であってもよい。実施形態ではn個の振動子が同一平面上に配置される例を示したが、これらが同一平面上に配置されなくてもよい。例えば、重心G付近を含む仮想的な立体（例えば、球、立方体、三角柱、三角錐など）の表面の位置にn個の振動子が配置されてもよい。このn個の振動子のそれぞれは、当該表面上の直線に沿った方向または当該表面の接線に沿った方向に振動し、並進力覚を呈示する。

[0052] 上述の電子機器部の処理をコンピュータによって実現する場合、各処理内容はプログラムによって記述される。このプログラムをコンピュータで実行することにより、上記処理機能がコンピュータ上で実現される。この処理内容を記述したプログラムは、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録しておくことができる。コンピュータで読み取り可能な記録媒体の例は、非一時的な（non-transitory）記録媒体である。このような記録媒体の例は、磁気記録装置、光ディスク、光磁気記録媒体、半導体メモリ等である。

[0053] このプログラムの流通は、例えば、そのプログラムを記録したDVD、CD-ROM等の可搬型記録媒体を販売、譲渡、貸与等することによって行う

。さらに、このプログラムをサーバコンピュータの記憶装置に格納しておき、ネットワークを介して、サーバコンピュータから他のコンピュータにそのプログラムを転送することにより、このプログラムを流通させる構成としてもよい。

[0054] このようなプログラムを実行するコンピュータは、例えば、まず、可搬型記録媒体に記録されたプログラムもしくはサーバコンピュータから転送されたプログラムを、一旦、自己の記憶装置に格納する。処理の実行時、このコンピュータは、自己の記憶装置に格納されたプログラムを読み取り、読み取ったプログラムに従った処理を実行する。このプログラムの別の実行形態として、コンピュータが可搬型記録媒体から直接プログラムを読み取り、そのプログラムに従った処理を実行することとしてもよく、さらに、このコンピュータにサーバコンピュータからプログラムが転送されるたびに、逐次、受け取ったプログラムに従った処理を実行することとしてもよい。サーバコンピュータから、このコンピュータへのプログラムの転送は行わず、その実行指示と結果取得のみによって処理機能を実現する、いわゆるASP (Application Service Provider) 型のサービスによって、上述の処理を実行する構成としてもよい。

### 産業上の利用可能性

[0055] 本発明の産業上の利用分野としては、ドライブゲームのハンドル操作部などを例示できる。ゲーム中の車の動作に応じてハンドルに見立てた本装置に回転力覚のフィードバックを呈示し、実際の運転の際と同じような感覚を体験させることができる。また、回転力覚によって利用者を所望の目的地へナビゲートする装置に本発明が利用されてもよい。

### 符号の説明

[0056] 1～6 擬似力覚発生装置

## 請求の範囲

- [請求項1] 基部と、前記基部に対する相対位置が固定された非対称運動を行う第1から第nの振動子と、を有し、  
前記第1から第nの振動子に含まれた第iの振動子は、それぞれ第iの直線方向に擬似的な力覚を提示可能であり、nは2以上の整数であり、 $i = 1, \dots, n$ であり、  
前記振動子の駆動によって系の重心付近を中心とした回転運動を行う擬似力覚発生装置。
- [請求項2] 基部と、前記基部に対する相対位置が固定された非対称運動を行う第1から第nの振動子と、を有し、  
前記第1から第nの振動子に含まれた第iの振動子は、それぞれ第iの直線方向に擬似的な力覚を提示可能であり、nは2以上の整数であり、 $i = 1, \dots, n$ であり、  
前記第iの直線方向は、同一平面上に3個以上の辺を持つ仮想的な多角形の何れかの辺に沿った直線方向であり、  
系の重量分布が前記系の重心付近に偏っている擬似力覚発生装置。
- [請求項3] 請求項2の擬似力覚発生装置であって、  
前記振動子の駆動によって前記重心付近を中心とした回転運動を行う擬似力覚発生装置。
- [請求項4] 請求項1から3の何れかの擬似力覚発生装置であって、  
前記振動子の駆動によって回転力覚を呈示する当該擬似力覚発生装置の回転運動エネルギーは、  
前記振動子の駆動によって並進力覚を呈示する当該擬似力覚発生装置の並進運動エネルギーよりも小さい、擬似力覚発生装置。
- [請求項5] 請求項1から4の何れかの擬似力覚発生装置であって、  
前記基部に対する相対位置が固定された電子機器部を有し、  
前記重心付近に前記電子機器部が配置されている、擬似力覚発生装置。

- [請求項6]           請求項5の擬似力覚発生装置であって、  
                  前記第iの直線方向は、同一平面上に3個以上の辺を持つ仮想的な多角形の何れかの辺に沿った直線方向であり、  
                  前記電子機器部が前記仮想的な多角形の内側に配置されている、擬似力覚発生装置。

補正された請求の範囲  
[2017年3月29日(29.03.2017)国際事務局受理]

[請求項 1]

基部と、前記基部に対する相対位置が固定された非対称運動を行う第 1 から第  $n$  の振動子と、を有し、

前記第 1 から第  $n$  の振動子に含まれた第  $i$  の振動子は、それぞれ第  $i$  の直線方向に擬似的な力覚を提示可能であり、 $n$  は 2 以上の整数であり、 $i = 1, \dots, n$  であり、

前記振動子の駆動によって系の重心付近を中心とした回転運動を行う擬似力覚発生装置。

[請求項 2]

基部と、前記基部に対する相対位置が固定された非対称運動を行う第 1 から第  $n$  の振動子と、を有し、

前記第 1 から第  $n$  の振動子に含まれた第  $i$  の振動子は、それぞれ第  $i$  の直線方向に擬似的な力覚を提示可能であり、 $n$  は 2 以上の整数であり、 $i = 1, \dots, n$  であり、

前記第  $i$  の直線方向は、同一平面上に 3 個以上の辺を持つ仮想的な多角形の何れかの辺に沿った直線方向であり、

系の重量分布が前記系の重心付近に偏っている擬似力覚発生装置。

[請求項 3]

請求項 2 の擬似力覚発生装置であって、

前記振動子の駆動によって前記重心付近を中心とした回転運動を行う擬似力覚発生装置。

[請求項 4]

請求項 1 から 3 の何れかの擬似力覚発生装置であって、

前記振動子の駆動によって回転力覚を呈示する当該擬似力覚発生装置の回転運動エネルギーは、

前記振動子の駆動によって並進力覚を呈示する当該擬似力覚発生装置の並進運動エネルギーよりも小さい、擬似力覚発生装置。

[請求項 5]

請求項 1 から 4 の何れかの擬似力覚発生装置であって、

前記基部に対する相対位置が固定された電子機器部を有し、

前記重心付近に前記電子機器部が配置されている、擬似力覚発生装置。

## 〔請求項 6〕

請求項 5 の擬似力覚発生装置であって、

前記第  $i$  の直線方向は、同一平面上に 3 個以上の辺を持つ仮想的な多角形の何れかの辺に沿った直線方向であり、

前記電子機器部が前記仮想的な多角形の内側に配置されている、擬似力覚発生装置。

## 〔請求項 7〕（追加）

請求項 1 から 6 の何れかの擬似力覚発生装置であって、

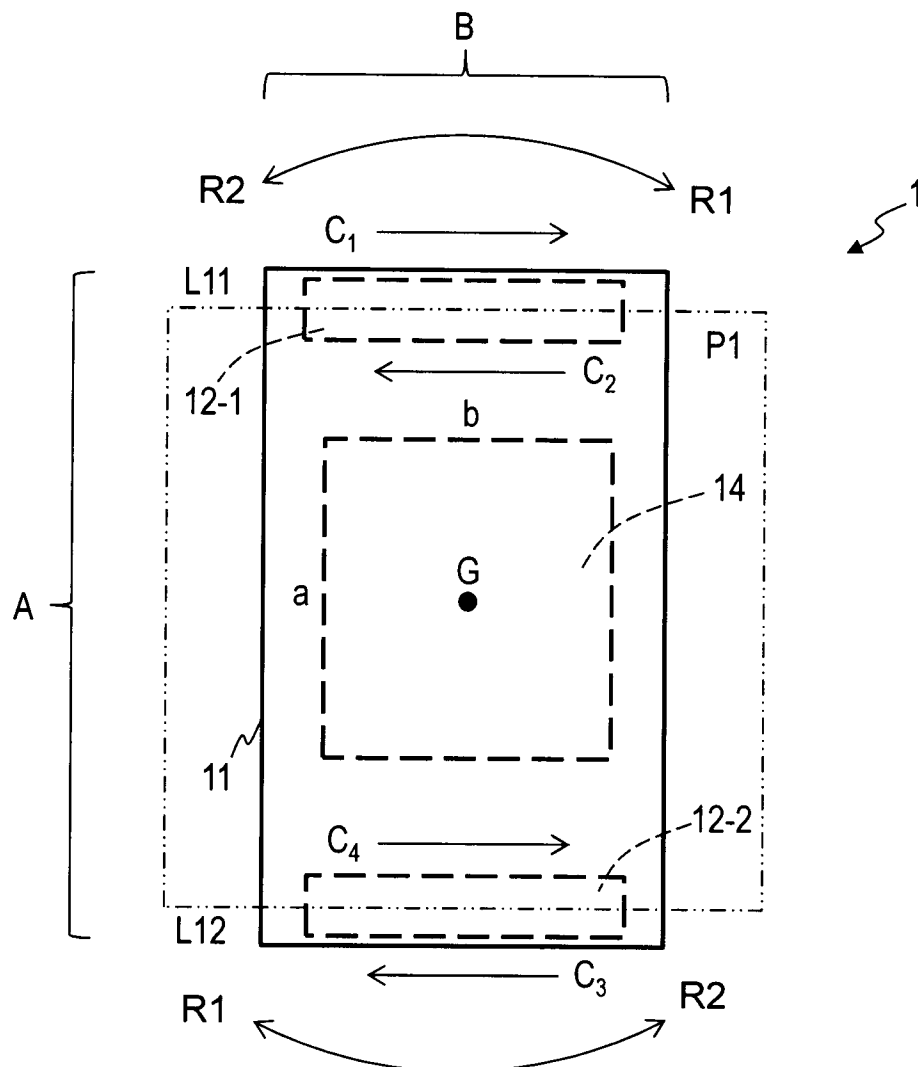
前記基部は回転対称の形状を有し、

前記振動子は前記回転運動の回転中心に対して回転対称に配置されている、擬似力覚発生装置。

## 条約第19条(1)に基づく説明書

請求の範囲に追加された請求項7は、「前記基部は回転対称の形状を有し、前記振動子は前記回転運動の回転中心に対して回転対称に配置されている」ことを明確にしたものである。この補正は図7A、図8Aに表された基部41、51が回転対称の形状を持つこと、図7A、図8Aに表された振動子12-1、12-2および52-1～52-5が回転運動の回転中心に対して回転対称に配置されていることに基づく。

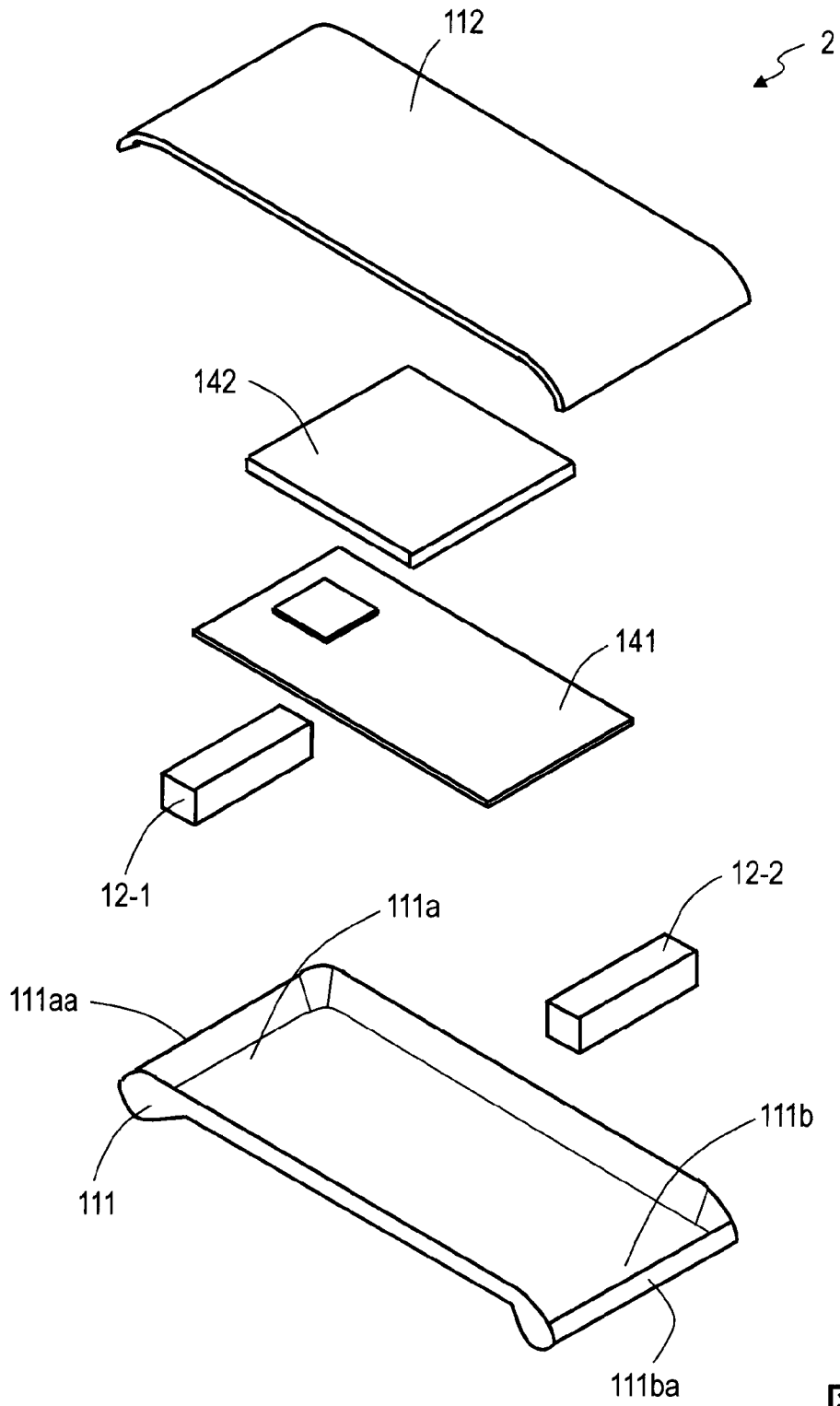
[図1]



[図1]



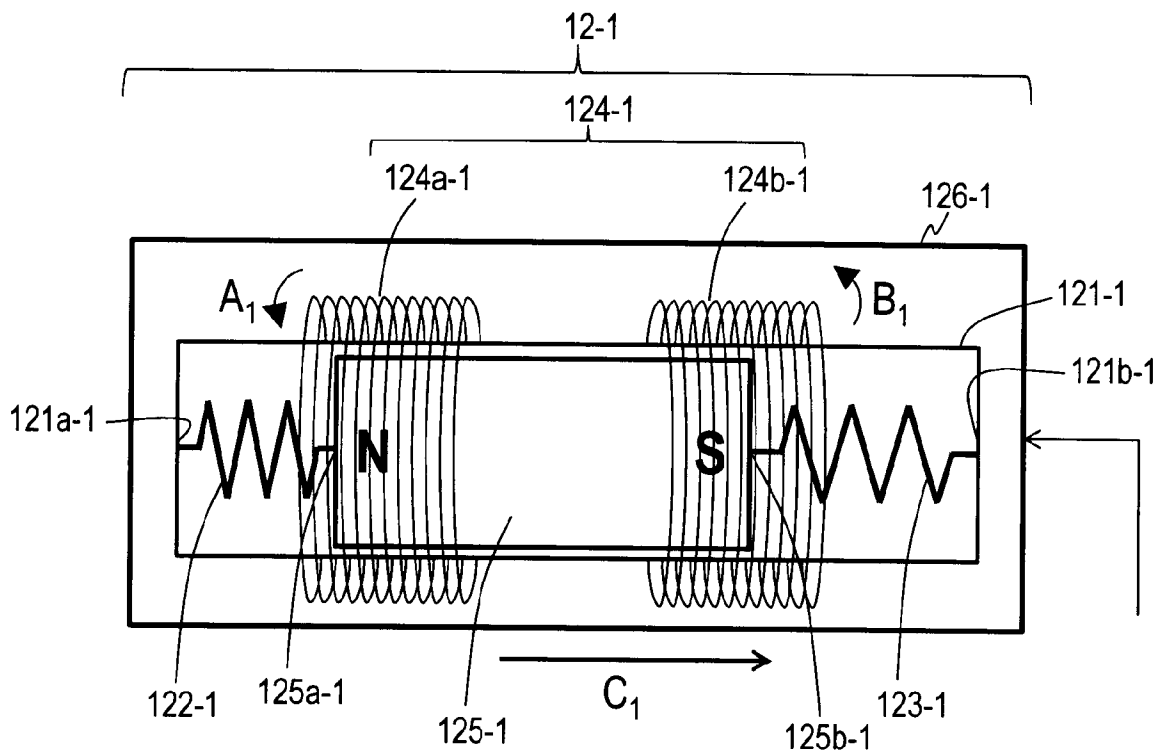
[図3]



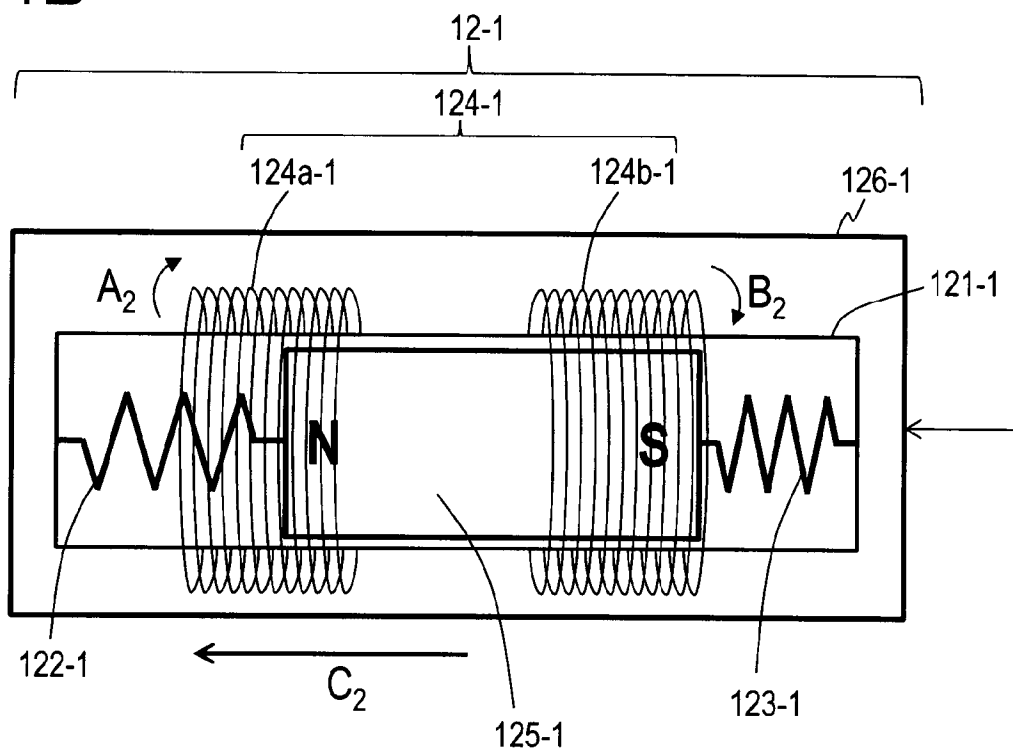
[図3]

[図4]

[図4A]



[図4B]



[図5]

図5A

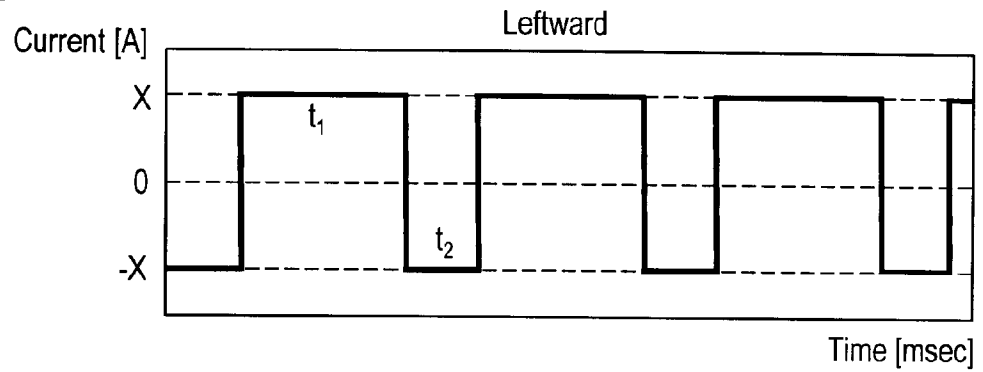


図5B

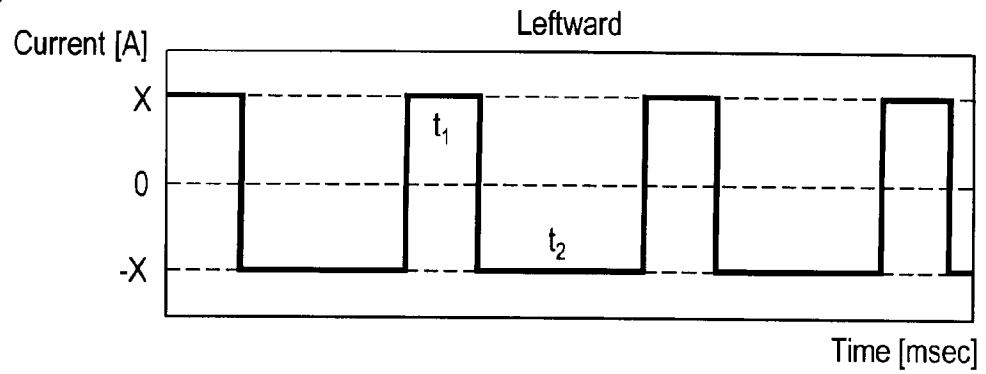


図5C

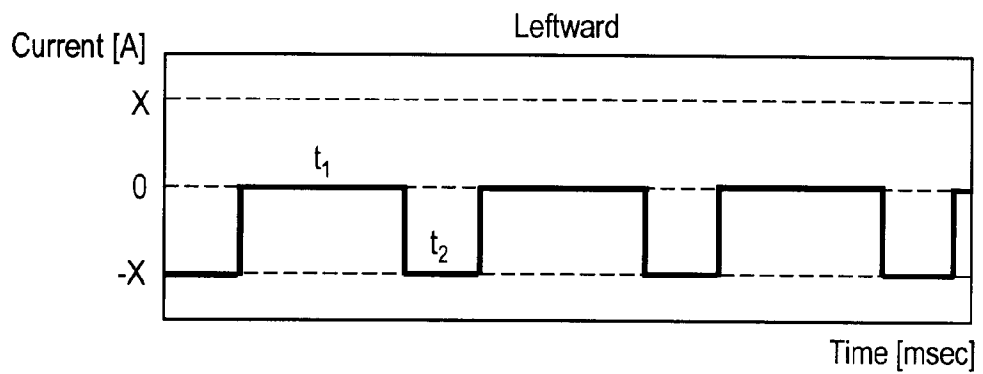
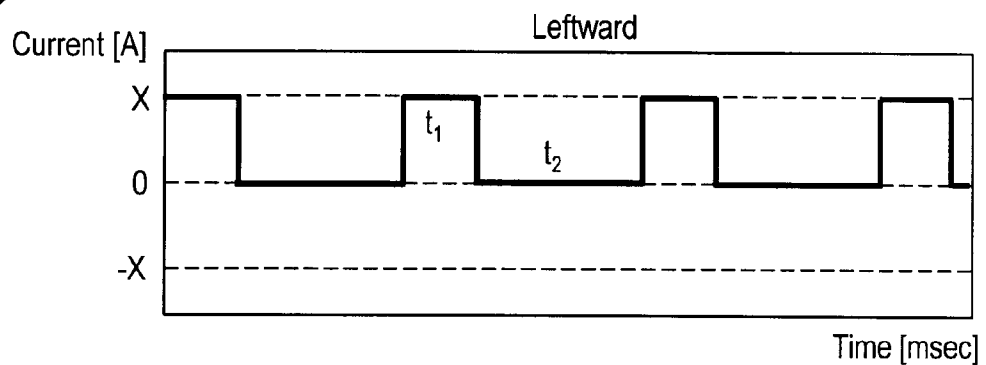


図5D



[図6]

図6A

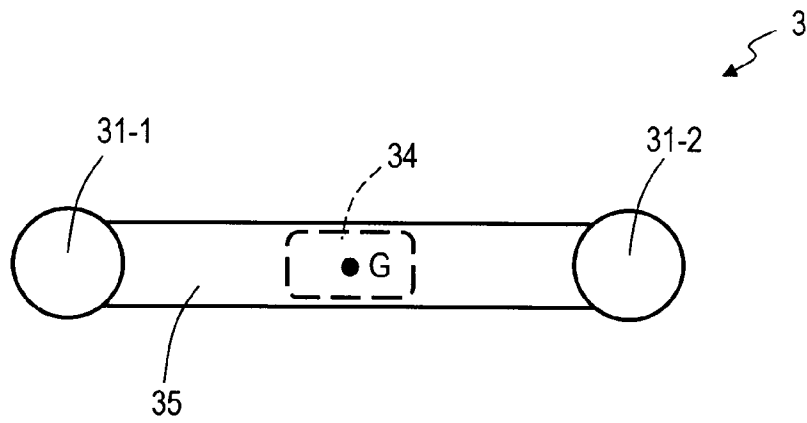
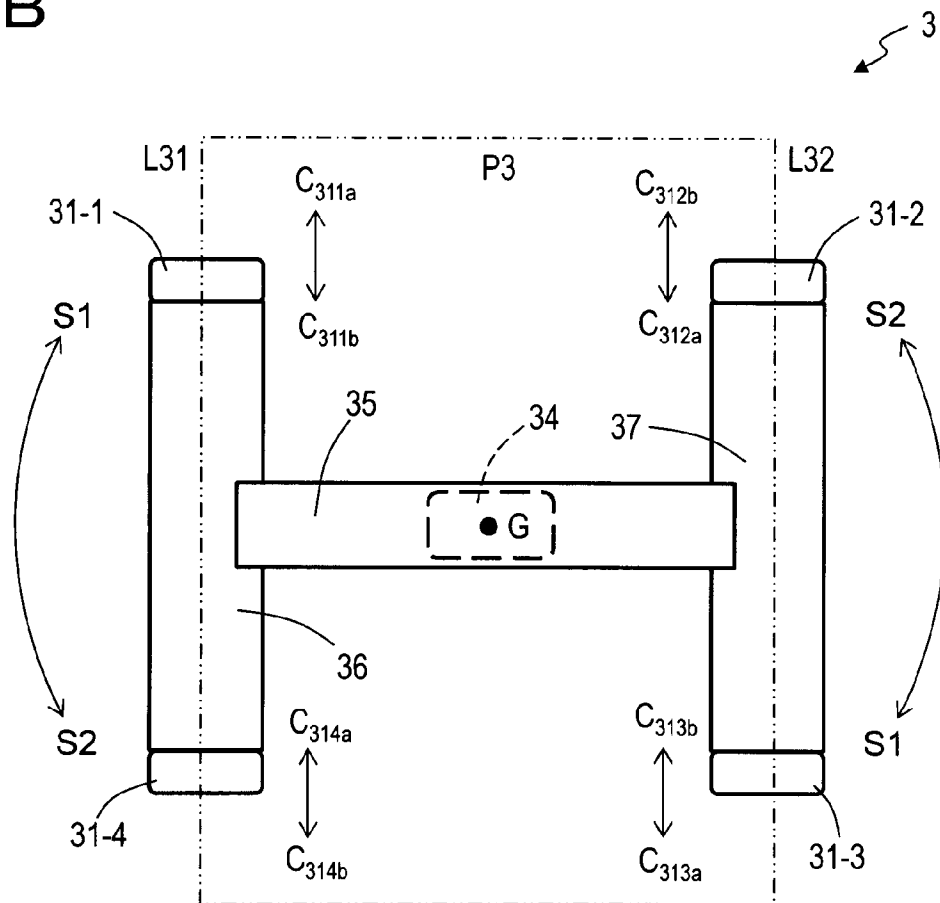


図6B



[図7]

図7A

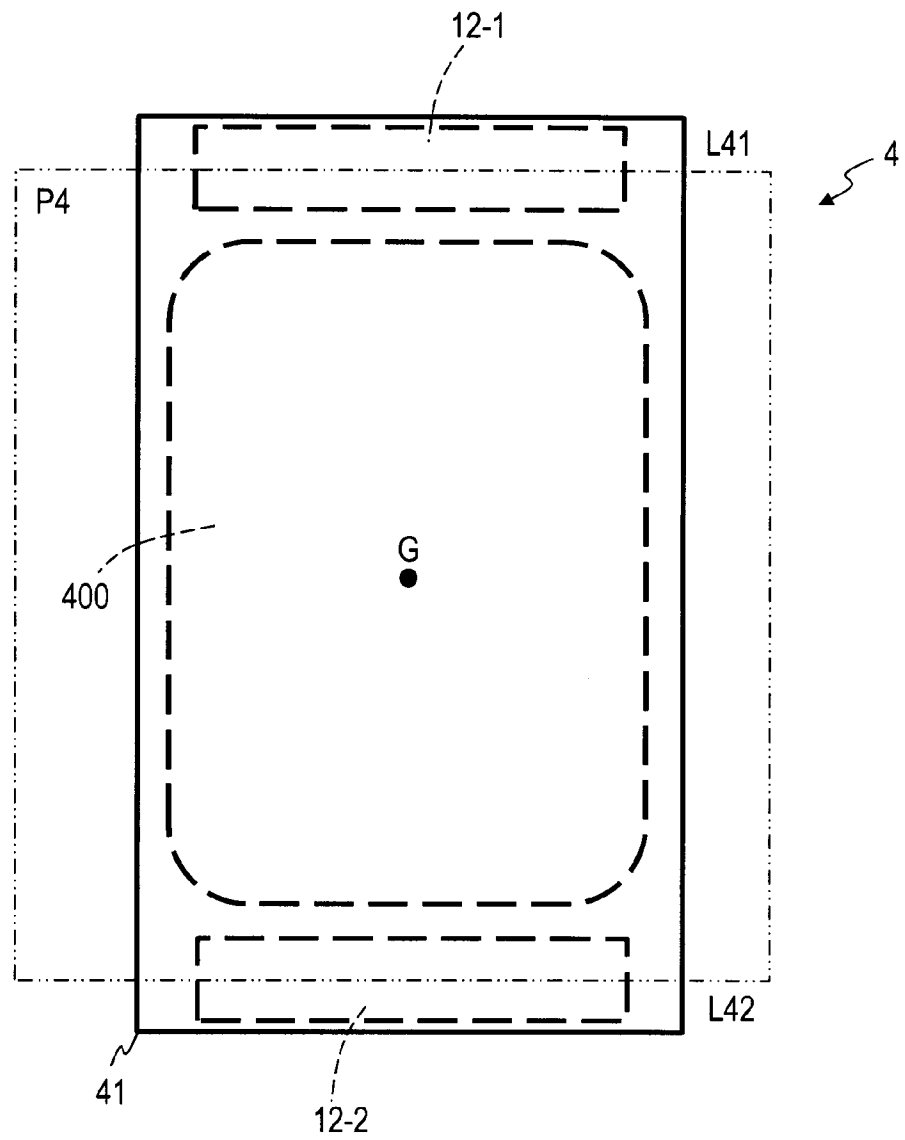
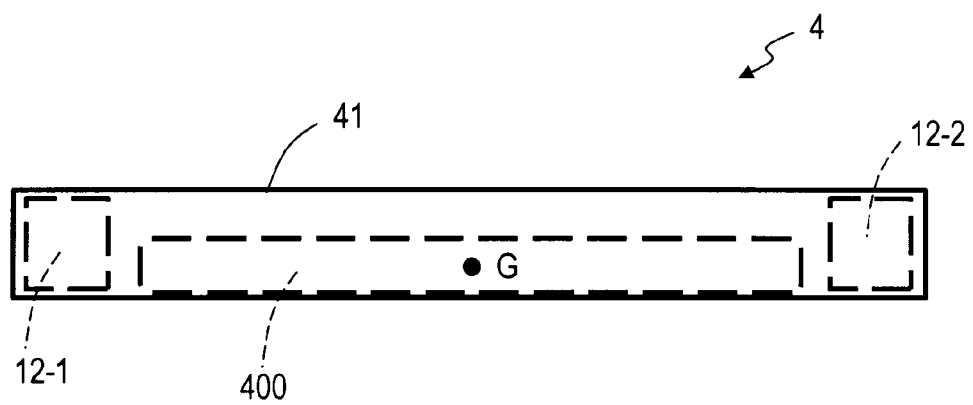


図7B





[図9]

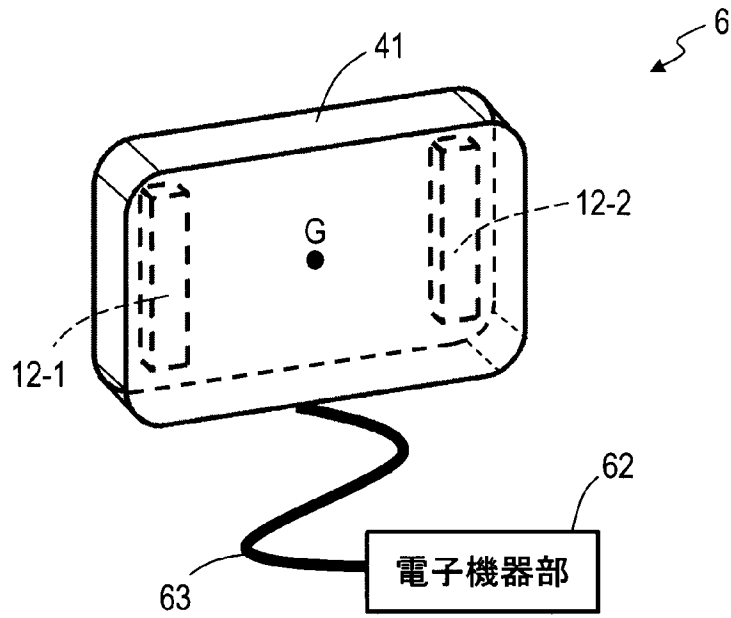


図9

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2016/088479

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
G06F3/01(2006.01)i, B06B1/04(2006.01)i, A63F13/285(2014.01)n

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)  
G06F3/01, B06B1/04, A63F13/285

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2011-183374 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 22 September 2011 (22.09.2011), paragraphs [0011] to [0109] & WO 2011/099554 A1	1-6
A	JP 2015-226388 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 14 December 2015 (14.12.2015), paragraphs [0009] to [0016] (Family: none)	1-6
A	JP 2015-225521 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 14 December 2015 (14.12.2015), paragraphs [0009] to [0032] (Family: none)	1-6

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 14 February 2017 (14.02.17)	Date of mailing of the international search report 21 February 2017 (21.02.17)
--	---

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

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））  
 Int.Cl. G06F3/01(2006.01)i, B06B1/04(2006.01)i, A63F13/285(2014.01)n

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. G06F3/01, B06B1/04, A63F13/285

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 2011-183374 A（三洋電機株式会社）2011.09.22, 段落 [0011]-[0109] & WO 2011/099554 A1	1-6
A	JP 2015-226388 A（日本電信電話株式会社）2015.12.14, 段落 [0009]-[0016]（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2015-225521 A（日本電信電話株式会社）2015.12.14, 段落 [0009]-[0032]（ファミリーなし）	1-6

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 14.02.2017	国際調査報告の発送日 21.02.2017
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/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） 田川 泰宏 電話番号 03-3581-1101 内線 3521
	5E 4236