

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-196134
(P2012-196134A)

(43) 公開日 平成24年10月11日(2012.10.11)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
HO2N 2/00 (2006.01) HO2N 2/00 C 5H680

審査請求 有 請求項の数 11 O L (全 16 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-134665 (P2012-134665) (22) 出願日 平成24年6月14日 (2012. 6. 14) (62) 分割の表示 特願2007-166691 (P2007-166691)の分割 原出願日 平成19年6月25日 (2007. 6. 25)</p>	<p>(71) 出願人 000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 (74) 代理人 100125254 弁理士 別役 重尚 (72) 発明者 森 敬夫 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 Fターム(参考) 5H680 BB01 BB16 BB17 CC02 CC06 DD01 DD15 DD35 DD53 DD66 DD85 DD87 FF26 FF27 FF30 FF35</p>
---	--

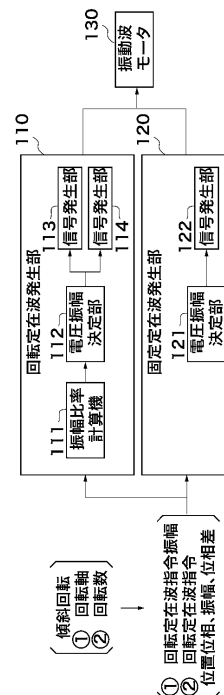
(54) 【発明の名称】 振動波駆動装置

(57) 【要約】

【課題】回転体との接触部を複数有する振動子を備えた振動波駆動装置において、任意の軸周りに回転体を回転可能とした振動波駆動装置を提供する。

【解決手段】回転体との接触部を複数有する振動子を備え、振動子は、第1の定在波を前記振動子に発生させる、第1の駆動信号が供給される第1の電極群と、合成されて振動子に第2の定在波を発生させる、少なくとも2つの定在波を発生させる第2の駆動信号及び第3の駆動信号が、それぞれ供給される、第2の電極群及び第3の電極群と、を有し、第2の定在波は、腹の空間的位置位相が、第2の駆動信号及び第3の駆動信号によって設定され、第1の定在波は面内振動定在波かつ第2の定在波は面外振動定在波、または第1の定在波は面外振動定在波かつ第2の定在波は面内振動定在波であり、複数の接触部は、第1の定在波の波長の1/2の整数倍の間隔で配置されている。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

回転体との接触部を複数有する振動子を備え、
前記振動子は、
第 1 の定在波を前記振動子に発生させる、第 1 の駆動信号が供給される第 1 の電極群と、
合成されて前記振動子に第 2 の定在波を発生させる、少なくとも 2 つの定在波を発生させる第 2 の駆動信号及び第 3 の駆動信号が、それぞれ供給される、第 2 の電極群及び第 3 の電極群と、

を有し、

前記第 2 の定在波は、腹の空間的位置位相が、前記第 2 の駆動信号及び第 3 の駆動信号によって設定され、

前記第 1 の定在波は面内振動定在波かつ前記第 2 の定在波は面外振動定在波、または前記第 1 の定在波は面外振動定在波かつ前記第 2 の定在波は面内振動定在波であり、

前記複数の接触部は、第 1 の定在波の波長の $1/2$ の整数倍の間隔で配置されている、振動波駆動装置。

【請求項 2】

前記回転体の回転中心を含みかつ前記振動子の中心軸を法線ベクトルとする平面内に回転軸を有する傾斜方向の回転において、前記第 2 の定在波の腹の空間的位置位相が変化することによって、前記傾斜方向の回転の回転軸の位置が制御される、請求項 1 に記載の振動波駆動装置。

【請求項 3】

前記第 2 の定在波を構成する前記少なくとも 2 つの定在波の振幅比によって、前記第 2 の定在波の腹の空間的位置位相が制御される、請求項 2 に記載の振動波駆動装置。

【請求項 4】

前記振動子は、前記第 1 の定在波と合成されて前記振動子に進行波を発生させる、第 3 の定在波を発生させるための、第 4 の駆動信号が印加される第 4 の電極群を有し、

前記進行波により、前記振動子の中心軸を回転軸とする水平方向の回転の送り運動が励起される、請求項 2 または 3 に記載の振動波駆動装置。

【請求項 5】

前記進行波は、前記複数の接触部に励起される送り運動の総和における、不要な水平方向の送り運動を打ち消す方向に生成される、請求項 4 に記載の振動波駆動装置。

【請求項 6】

前記水平方向の回転の送り運動は、前記進行波を形成する前記第 1 の定在波と前記第 3 の定在波の間の位相差と、前記第 3 の定在波の振幅とにより制御することを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の振動波駆動装置。

【請求項 7】

前記水平方向の回転の送り運動成分と前記傾斜方向の回転の送り運動成分との比率により、前記回転体の回転の回転軸を定めることを特徴とする請求項 4 乃至 6 いずれか 1 項に記載の振動波駆動装置。

【請求項 8】

前記進行波を形成する前記第 1 の定在波と前記第 3 の定在波の間の時間的な位相差は 90 度であることを特徴とする請求項 4 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の振動波駆動装置。

【請求項 9】

前記第 1 の定在波は偶数次数の駆動振動であり、かつ前記第 2 の定在波は奇数次数の駆動振動である、または、前記第 1 の定在波は奇数次数の駆動振動であり、かつ前記第 2 の定在波は偶数次数の駆動振動である、請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の振動波駆動装置。

【請求項 10】

前記複数の接触部は、第 1 の定在波の腹の空間的位置位相と一致している位相位置の接

10

20

30

40

50

触部を含む、請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の振動波駆動装置。

【請求項 1 1】

前記複数の接触部は、第 1 の定在波の腹の空間的位置位相と一致しない位相位置の接触部を含む、請求項 4 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の振動波駆動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気/機械エネルギー変換素子を駆動源とする振動子を有する振動波モータ等の振動波駆動装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、振動波モータ等の振動波駆動装置は、駆動振動を形成する振動子と、前記振動子に加圧接触する回転体とを有し、前記振動子と前記回転体とを前記駆動振動により相対的に移動させるようにしたものである。

【0003】

従来、リングタイプの振動子を有する多自由度駆動可能な振動波モータ等の振動波駆動装置の例としては、例えば特許文献 1 に開示されるものがあった。この多自由度振動波モータは、図 16 (a), (b) に示すような面外振動と面内振動を組み合わせ、単一の振動子を励振することにより、多軸方向の駆動を可能としている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 116289 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

振動子上の接触部と回転体とが常に安定した接触状態を維持するためには、球面を有する被駆動体である回転体との振動子上の接触部の数が 3 点であり、かつ略均等な接触面圧となるように接触部が等間隔で配置されることが好ましいことが知られている。しかしながら、従来の振動子では、稼働範囲が制限されるといった課題があることから接触部の数は 4 点以上となっていた。

【0006】

4 点接触部の場合、各接触部の磨耗進行速度の差などにより各接触部と回転体の当たり方が時々刻々と変化してしまい、長期に渡って常に安定した接触状態を維持することが困難である。そして、時刻暦の接触状態ごとのモータ制御パラメータが大きく異なるため、制御上も高耐久化を図る上で不利である。

【0007】

また、従来の振動波駆動装置においては、振動子上の接触部は駆動に用いられる面外振動或いは面内振動の腹の位置に精度良く配置される必要があった。これは、腹の位置からずれることで接触部先端に振動子周方向への変位が発生し、不要な送り運動が発生するからである。さらに、振動子を製造する上で不可避免的に生じる振動子の周方向の剛性ムラによって駆動に使用する面外振動と面内振動の腹の空間的位置位相がずれ、不要な送り運動が発生する場合もあり、期待通りの振動子の製作は困難であった。将来的な量産性も考慮し、このような不具合が生じても問題のない振動波駆動装置と制御装置が求められる。

【0008】

また、回転体との接触部を複数有する振動子を備えた振動波駆動装置において、任意の軸周りに回転体を回転することは困難であった。

【0009】

本発明の目的は、回転体との接触部を複数有する振動子を備えた振動波駆動装置において、任意の軸周りに回転体を回転可能とした振動波駆動装置を提供することにある。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するため、本発明の振動波駆動装置は、回転体との接触部を複数有する振動子を備え、前記振動子は、第1の定在波を前記振動子に発生させる、第1の駆動信号が供給される第1の電極群と、合成されて前記振動子に第2の定在波を発生させる、少なくとも2つの定在波を発生させる第2の駆動信号及び第3の駆動信号が、それぞれ供給される、第2の電極群及び第3の電極群と、を有し、前記第2の定在波は、腹の空間的位置位相が、前記第2の駆動信号及び第3の駆動信号によって設定され、前記第1の定在波は面内振動定在波かつ前記第2の定在波は面外振動定在波、または前記第1の定在波は面外振動定在波かつ前記第2の定在波は面内振動定在波であり、前記複数の接触部は、第1の定在波の波長の1/2の整数倍の間隔で配置されている。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、回転体との接触部を複数有する振動子を備えた振動波駆動装置において、任意の軸周りに回転体を回転可能とした振動波駆動装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施の形態に使用する振動波モータのリングタイプ振動子を示す斜視図である。

【図2】任意軸回りの駆動における回転軸の説明図である。

【図3】振動子に発生させる駆動振動の次数及びその空間的位置位相を示す模式図である。

20

【図4】駆動力伝達の説明図である。

【図5】圧電素子の電極パターン図である。

【図6】回転定在波を変形した例を示す図である。

【図7】第1実施の形態に係る、振動波駆動装置の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図8】駆動振動による接触部の動きを説明する振動子駆動状態図である。

【図9】回転定在波による周方向変位を説明する振動子駆動状態図である。

【図10】不要な周方向変位を説明する説明図である。

【図11】固定定在波による接触部の挙動の説明図である。

30

【図12】第2実施の形態に係る、振動波駆動装置の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図13】2つの定在波による進行波の振幅分布を示すグラフである。

【図14】第3実施の形態に係る、振動波駆動装置の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図15】第3実施の形態の変形例に係る、振動波駆動装置の制御装置の構成を示すブロック図である。

【図16】面外振動と面内振動の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

40

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0014】

[第1の実施の形態]

<振動子の構成>

まず、本実施の形態に係る振動波モータの振動子について説明する。

【0015】

図1は、本実施の形態に使用する振動波モータのリングタイプ振動子を示す斜視図である。

【0016】

このリングタイプ振動子4は、電気/機械エネルギー変換素子としての圧電素子2を有

50

している。圧電素子 2 の上部には、金属材料等から成る弾性体 1 が固着されている。弾性体 1 の表面上には、突起部を有する 3 力所の接触部 3 a , 3 b , 3 c が形成されている。

【 0 0 1 7 】

接触面である球面部を有する回転体（不図示）は、図 1 中の Z 軸方向から接触部 3 a , 3 b , 3 c と加圧接触される。接触部 3 a , 3 b , 3 c の先端に形成される楕円運動は、加圧接触による摩擦力によって駆動力が回転体に伝達される。

【 0 0 1 8 】

< 駆動原理 >

(A) 接触部先端に楕円運動が形成される原理

次に、接触部 3 a , 3 b , 3 c の先端に楕円運動が形成される原理について、図 2 等を参照して説明する。図 2 は、任意軸回りの駆動における回転軸の説明図である。

10

【 0 0 1 9 】

図 1 中の圧電素子 2 に交流電圧を印加すると該素子 2 は周方向に伸縮し、振動子全体が図 1 6 (a) 或いは (b) に示すような奇数次或いは偶数次の駆動振動を励起する。このとき、交流電圧の周波数を振動子 4 の固有振動数に近づけることで、振動の変位を拡大することができる。振動の腹と接触部 3 a , 3 b , 3 c の空間的位置位相を一致させた場合、例えば図 1 6 (a) の振動により接触部 3 a , 3 b , 3 c の先端は振動子 4 の面外方向、つまり図 1 の Z 軸方向の変位を発生する。

【 0 0 2 0 】

また、図 1 6 (b) の振動により、接触部 3 a , 3 b , 3 c の先端は振動子 4 の面内方向、つまり図 1 のリングにおいて径方向の変位を発生する。そして、該振動子 4 における両駆動振動の固有振動数を略一致させておけば、同一周波数により両駆動振動を同時に発生させることができる。さらに、両駆動振動に時間的な位相差を持たせることで、接触部 3 a , 3 b , 3 c の先端に楕円運動を発生させることができる。

20

【 0 0 2 1 】

ここで、任意軸回りに駆動可能な多自由度駆動において、回転体の回転軸によって傾斜回転と水平回転という 2 つの言葉を定義する。回転体を図 2 のように球体とすると、回転体の回転中心を含みかつ振動子 4 の中心軸を法線ベクトルとする平面内に回転軸を有する傾斜方向の回転、つまり図 2 において $\theta = 0$ 度 ($\theta = 0 \sim 360$ 度) のときを傾斜回転とする。

30

【 0 0 2 2 】

また、振動子 4 の中心軸を回転軸とする水平方向の回転、つまり $\theta = \pm 90$ 度のときを水平回転とする。そして、図 2 のように $\theta = 0$ かつ $\theta = \pm 90$ である任意軸回りの駆動の場合は、傾斜回転成分と水平回転成分が合成された回転と考える。水平回転については後述するため、続く説明ではまず傾斜回転についてのみ説明する。

【 0 0 2 3 】

(B) 回転体が駆動される原理

次に、図 1 6 (a)、(b) の駆動振動の組み合わせにより、接触部 3 a , 3 b , 3 c の先端に楕円運動が形成され回転体が駆動される原理について、図 3 及び図 4 等を参照して説明する。

40

【 0 0 2 4 】

図 3 は、振動子 4 に発生させる駆動振動の次数（波数）及びその空間的位置位相を示す模式図である。図 4 (a)、(b) は、駆動力伝達の説明図である。

【 0 0 2 5 】

図 3 中の、放射方向に延びる実線部 9 a ~ 9 e 及び破線部 1 0 a ~ 1 0 e は振動の腹を示し、実線部 9 a ~ 9 e と破線部 1 0 a ~ 1 0 e で振動位相は逆である。

【 0 0 2 6 】

図 3 において、符号 5 で示す外側の円は 3 波の面外振動、符号 6 で示す内側の円は 2 波の面内振動について示したものである。また、判りやすく内側の円 6 の内周側に面内振動による振動子 4 の変形を楕円 1 1 で示した。さらに、接触部 3 a ~ 3 c は、図 3 中の黒丸

50

で示す位置に等間隔（120度間隔）で3カ所存在する。

【0027】

接触部3a～3cは、面外振動の腹位置（実線9a～9c）に存在し、位相は同じである。一方、面内振動に対しては接触部3aが腹（実線9a、9e）の位置で、接触部3b、3cは腹（破線10d、10e）から30度ずれた位置に存在する。そして、接触部3aと3b、3cの面内振動における位相関係は逆であるから変位発生方向が逆である。

【0028】

このとき、面内振動と面外振動の間に位相差（ここでは仮に面内振動を90度遅らせる）を与えて両振動を励振すると、接触部3aは、図4（a）の矢印W1が示す楕円運動を生成する。また、接触部3b及び3cは、図4（b）の矢印W2が示す楕円運動を生成する。但し、図4（a）、（b）は図3中の視点A、B、Cの方向から観察したものである。その結果、接触部3aは、回転体13を持ち上げるような送り運動を発生し、回転体13には、図4（a）中の矢印W3の方向に駆動力が伝達される。接触部の送り運動による回転軸は、それぞれ接触部とリング中心を結ぶ直線と直角を成す直線になるから、この送り運動により回転体13には図3のX軸を回転軸とする回転が発生する。また、接触部3b、3cは、図4（b）の矢印W4に示すように回転体13を繰り込むような送り運動を発生し、接触部3b、3cはそれぞれ、図3中の直線7、8を回転軸とする駆動力を回転体13に対して伝達する。

10

【0029】

接触部3bと3cは面内振動の腹から等しい角度離れた位置にあるから、面内振動による径方向振幅が等しく、駆動力は略一致していると考えてよい。そのため、両駆動力を足し合わせて相殺される成分を除くと、残存する駆動力は直線7、8が成す角度の2等分線に相当する図3のX軸を回転軸とする駆動力となる。したがって、3つの接触部3a～3cの送り運動は、総合するとX軸を回転軸とする傾斜回転を実現する送り運動となる。

20

【0030】

本実施の形態は原理的に、偶数次数の面内方向と奇数次数の面外方向の駆動振動、又は奇数次数の面内方向と偶数次数の面外方向の駆動振動、のいずれの如何なる次数の振動モードの組み合わせでも成立する。そのため、図16（a）の面外3次振動と図16（b）の面内2次振動の組み合わせに限られるものではない。具体的な一例として図16（a）、（b）の組み合わせを以降の説明においても使用する。

30

【0031】

<第1実施の形態に係る制御装置>

以上の基本的な駆動原理を踏まえて、以下では、本発明の第1の実施の形態に係る、傾斜回転駆動の制御装置について詳述する。

【0032】

（A）圧電素子と振動

まず、振動子4に使用する圧電素子2と、圧電素子2により発生される振動について、図5及び図6等を参照して説明する。

【0033】

図5は、振動子4の接触部3a～3cとは反対側の面から見たときの圧電素子2の電極パターン図である。また、図6は、回転定在波を変形した例を示す図である。

40

【0034】

図5に示すように、圧電素子2は、同心円状に電極が2列配置され、本実施の形態では内周側が面内振動用、外周側が面外振動用の電極群である。内周側と外周側の電極群の位置位相関係は特に決められた関係ではなく任意である。なお、圧電素子2における、弾性体1と固着される面（図5の裏側）は共通電極となっている。このとき、電極の+記号と-記号は、同一のアルファベット記号の電極群に同位相の入力信号を印加して駆動する場合の分極方向を示している。例えばF電極群すべてに同位相の正弦波入力信号を入力すると、F+電極とF-電極の領域の圧電素子は逆位相の変形を生じるため、振動子4には面外3波の振動が励起されF+電極が山であればF-電極は谷となる。そして、F電極群に

50

よる面外 3 次振動の定在波を以降は固定定在波（一方の振動駆動による第 1 の定在波）と呼ぶ。

【0035】

また、3つの接触部 3a ~ 3c の位置は、図 5 に示すように、固定定在波を生成する F 電極群の位置と重なるように配置されている。R1 電極群と R2 電極群は、空間的位置位相で 45 度周方向にずれた位置に交互に配置されており、F 電極群と同様にそれぞれ電極位置に腹を有する面内 2 次振動の定在波を励振する。このとき、ある時間における R1 電極群および R2 電極群に生じる振動波形を式で示すと以下である。但し、は図 5 参照、Ar1、Ar2 は R1 電極群、R2 電極群におけるそれぞれの定在波振幅で振幅 0 である。

10

【0036】

$$f_{r1}(\theta) = A_{r1} \cdot \cos 2\theta$$

$$f_{r2}(\theta) = A_{r2} \cdot \cos 2(\theta - 45^\circ)$$

このとき、2つの定在波を同位相で加振すると足し合わされた新たな合成定在波を生成する。そして、その腹は2つの定在波における元の腹位置とは異なる位置位相となる。例えば、2つの面内 2 次振動の振幅比が 1 : 1 のときは、図 6 の破線 31 の変形（腹の位置 $m = 22.5$ 度）、振幅比は同じで位相を逆に合成すると図 6 の点線 32 の変形（腹の位置 $m = 67.5$ 度）となる。なお、 m は面内 2 次振動の山の位置位相である。合成された定在波の波形は以下の式で示される。

20

【0037】

$$f(\theta) = f_{r1}(\theta) + f_{r2}(\theta)$$

R1 定在波と R2 定在波の振幅比を $A_r = A_{r2} / A_{r1}$ とすると、

$$f'(\theta) = -2A_{r1} (\sin 2\theta + A_r \cdot \sin 2(\theta - 45^\circ))$$

かつ $f'(\theta) = 0$ より、合成定在波の腹の位置位相は、

$m = 1/2 \cdot \arctan A_r$ （但し、2つの定在波が同位相で $0 < m < 45^\circ$ の場合）となる。

【0038】

上の式より、腹の位置位相 m は合成定在波を構成する両定在波の振幅比 A_r によって決定される。したがって、合成定在波（面内振動）の空間的位置位相（腹の位置）が指令値として与えられると、振幅比 $A_r = A_{r2} / A_{r1}$ が一意に決定される。さらに、振幅比 A_r が決まると合成定在波の腹位置の振幅 $f(m)$ は A_{r1} の関数として表せるから、合成定在波振幅指令値をもとに両定在波振幅 A_{r1} 及び A_{r2} が決まる。なお、 $45^\circ < m < 90^\circ$ の場合は R1 定在波の位相を反転させて足し合わせることで合成定在波を生成する。

30

【0039】

以上より、任意の空間的位置位相に腹を有することが可能な面内 2 次振動の定在波を生ぜしめることが可能である。そして、この合成定在波を以降は回転定在波（他方の振動駆動による第 2 の定在波）と呼ぶ。

【0040】

< 第 1 実施の形態に係る制御装置の構成 >

40

図 7 は、本発明の第 1 実施の形態に係る、振動波駆動装置の制御装置の構成を示すブロック図である。

【0041】

この制御装置は、振動波モータ 130（振動波駆動装置）の動作を制御する装置であって、回転定在波発生部 110 と固定定在波発生部 120 を備えている。

【0042】

傾斜回転の目標値として、回転軸、回転数が与えられると、事前に得られている振動波モータ 130 の特性から固定定在波（面外振動）と回転定在波（面内振動）の振幅・位相差、そして回転定在波（面内振動）の空間的位置位相が決定される。これらの指令値が回転定在波発生部 110 及び固定定在波発生部 120 へ送られる。

50

【 0 0 4 3 】

回転定在波発生部 1 1 0 の機能を説明する。まず、与えられた回転定在波の空間的位置位相の指令値から、回転定在波を構成する 2 つの面内振動定在波の位相が同じであるか逆であるかを選択し、振幅比を振幅比率計算機 1 1 1 で算出する。そして、振幅指令値に合わせて両電圧振幅を電圧振幅決定部 1 1 2 で決定し、R 1 電極群用の入力電圧振幅 A_{vr1} 及び R 2 電極群用の入力電圧振幅 A_{vr2} を、信号発生部 1 1 3 と信号発生部 1 1 4 へそれぞれ送信する。そして、両信号発生部 1 1 3、1 1 4 は得られた指令に従い駆動信号を生成し、固定定在波との位相差指令に従って発信を行う。

【 0 0 4 4 】

なお、回転定在波を構成する定在波の数は本実施の形態のように 2 つに限られるものではない。振動発生効率を向上するために 3 つ以上の回転定在波用電極群を配置した場合でも、同様の考え方で信号を入力すればよい。

10

【 0 0 4 5 】

一方、固定定在波発生部 1 2 0 では、電圧振幅決定部 1 2 1 で固定定在波の振幅指令値から入力電圧振幅を決定し、F 電極群用の信号発生部 1 2 2 で駆動信号の生成と発信が行われる。

【 0 0 4 6 】

このようにして、信号発生部 1 1 3、1 1 4、1 2 2 では、各定在波の発生用駆動信号が生成される。信号発生部 1 1 3、1 1 4、1 2 2 からの駆動信号は、給電手段を介して、それぞれ振動波モータ 1 3 0 における R 1 電極群、R 2 電極群、F 電極群（図 5 参照）へ供給され、傾斜回転が駆動される。

20

【 0 0 4 7 】

< 傾斜回転の回転軸の変化 >

次に、回転定在波の空間的位置位相が変化することによって傾斜回転の回転軸が変化することについて、図 8 及び図 9 等を参照して説明する。

【 0 0 4 8 】

図 8 (a) , (b) , (c) は、駆動振動による接触部 3 a ~ 3 c の動きを説明する振動子駆動状態図である。図 9 は、回転定在波による周方向変位を説明する振動子駆動状態図である。

30

【 0 0 4 9 】

図 8 において、等間隔に 3 つ複数配置される複数の接触部 3 a ~ 3 c は、面外 3 次振動である固定定在波により同位相で面外方向（紙面垂直方向）に変位を発生する。固定定在波に対して、ある位相差を持たせて励振される回転定在波（面内 2 次振動）の変形を実線の楕円 3 1 ~ 3 3 で示している。また、面内変形による 3 つの接触部 3 a ~ 3 c の変位方向（特にここでは径方向のみ、周方向については後述する）を矢印 3 a - 1 ~ 3 c - 1 で示す。このとき、面内振動が面外振動に対して例えば 90 度位相が遅れているとすると、3 つの接触部 3 a ~ 3 c は個々に楕円軌道を描き回転体に駆動力を伝達する。

【 0 0 5 0 】

上で説明した内容と同じことであるが、接触部 3 a ~ 3 c の送り運動による回転軸は、それぞれ接触部とリング中心を結ぶ直線と直角を成す直線になるから、図 8 (a) 中の接触部 3 a ~ 3 c の送り運動による回転軸はそれぞれ直線 2 0、2 1、2 2 である。接触部 3 a と接触部 3 b の位置は、共に回転定在波の腹の位置から 30 度ずれた位置である。そのため、発生する駆動力は略一致すると考えてよく、2 つの駆動力による回転軸は直線 2 0 と 2 1 の 2 等分線である直線 2 2 となり、総合すると直線 2 2 を回転軸とする傾斜回転を発生する。

40

【 0 0 5 1 】

図 9 は、図 8 (a) に示される接触部 3 a ~ 3 c の径方向変位 3 a - 1 ~ 3 c - 1 に加えて、実際に発生している周方向の変位を矢印 3 a - 1、3 b - 2 で追加したものである。上の説明では、傾斜回転の駆動力に影響を及ぼす径方向の変位のみを考慮したが、実際には面内 2 次振動により径方向と周方向の両方の変位が同時に発生しており、合成したべ

50

クトルの方向に接触部 3 a ~ 3 c の先端は振動している。

【 0 0 5 2 】

このとき、回転定在波の腹と空間的位置位相が一致している接触部 3 c において周方向の変位は発生しない。それ以外の位置にある 2 つの接触部 3 a、3 b は、図 9 のように面内 2 次振動の山の頂点に向かう方向に変位 3 a - 1、3 b - 2 を発生している。面内 2 次振動の腹と一つの接触部の空間的位置位相が一致している場合、残り 2 つの接触部の位置は共に同じ山の頂点から 6 0 度ずれた位置であるから、接触部の周方向の変位量は等しくなる。そのため、この周方向変位量による駆動力は相殺され無視することができる。

【 0 0 5 3 】

図 8 (b)、(c) のように回転定在波の腹が、図 8 (a) から 3 0 度ずつ回転した位置に存在する場合、図 8 (a) と同じ考えにより、回転軸はそれぞれ直線 2 0、2 1 となる。よって、図 8 (c) の矢印 W 5、W 6 が示すように、面内 2 次振動である回転定在波の腹の位置が 6 0 度回転すると、傾斜回転の回転軸は 1 2 0 度移動 (図 8 (c) の矢印 W 7) する。さらに、回転定在波は 1 8 0 度回転することができる。即ち、上で図 5 により説明したように回転定在波は 0 ~ 9 0 度回転させることができ、かつ 9 0 度 ~ 1 8 0 度に関しては固定定在波との位相差の関係で設定できる。これにより、傾斜回転の回転軸は 3 6 0 度可変である。

【 0 0 5 4 】

以上より、回転定在波の空間的位置位相が平面内で回転することによって、傾斜回転の回転軸の位置を制御することが可能である。

【 0 0 5 5 】

< 本実施の形態に係る利点 >

本実施の形態に係る制御装置を使用することにより、等間隔に配置された 3 点の接触部による駆動が可能であるから、常に略均等な接触面圧となる安定した接触状態を長期に渡って維持することが可能となる。これにより、振動波モータの多自由度駆動制御も簡単化され、高耐久化を図る上で有利である。

【 0 0 5 6 】

また、本実施の形態の方式では、メカ的な原因により発生する不要な送り運動を制御装置からの電気的な駆動信号によってキャンセルすることが可能となるため、振動子製作が簡単になって生産性を高めることができる。これにより、各部品の加工精度や組み立て精度などを落とした設計が可能となり、量産性の向上及びコスト削減を図ることができる。

【 0 0 5 7 】

[第 2 の実施の形態]

第 1 の実施の形態では、面内 2 次振動の腹と一つの接触部の空間的位置位相が一致している場合のみ考慮した。ところが、不要な周方向変位を説明する図 1 0 に示すように、図 8 (a) と図 8 (b) の中間地点に腹を有する回転定在波の位置位相では、周方向の変位の向きと大きさのバランスが崩れるから、打ち消し合った結果として残存するどちらか一方の方向の水平回転が発生する。水平回転成分は傾斜回転において不要であるため、この水平回転方向の送り運動成分を打ち消す必要がある。

【 0 0 5 8 】

また、図 1 1 (a)、(b) は、固定定在波による接触部の挙動の説明図であり、固定定在波である面外振動による接触部 3 a ~ 3 c の挙動を水平方向 (リング側面の法線方向) から見たものである。実振幅はミクロンオーダであるため、振幅を拡大し可視化したものである。固定定在波の腹と接触部との空間的位置位相が完全に一致すれば、図 1 1 (a) のように周方向変位は発生しない。しかし、加工精度や組み立て精度などメカ的な原因などにより完全な一致は有り得ないため、接触部 3 a ~ 3 c の先端は図 1 1 (b) が示すように周方向の変位が発生する。これを踏まえ、以下、第 2 の実施形態について詳述する。

【 0 0 5 9 】

< 第 2 実施の形態に係る制御装置の構成及び動作 >

10

20

30

40

50

図12は、本発明の第2実施の形態に係る、振動波駆動装置の制御装置の構成を示すブロック図であり、図7と共通の要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0060】

本実施の形態における制御装置は、図7に示した構成において、付加定在波発生部140を追加した構成となっている。傾斜回転の目標値として、回転軸、回転数が与えられると、固定定在波と空間的位置位相が90度ずれた位置の面外3次振動の定在波（付加定在波：第3の定在波）の振幅・位相差（対固定定在波）が決定される。この指令値は、付加定在波発生部140へ送られる。そして、信号発生部142では付加定在波発生用の駆動信号が生成されて振動波モータ130に供給され、傾斜回転が駆動される。

【0061】

付加定在波を発生する電極群は、図5のAで示される。A電極群はF電極群と位置位相が90度ずれた位置に交互に配置されており、固定定在波と時間的に90度位相差を持たせて付加定在波を励振させることにより面外3次振動の進行波を生成することができる。付加定在波の振幅は、固定定在波による接触部の面外方向の変位量に影響を与えないから、固定定在波と回転定在波の組み合わせによる傾斜方向の送り運動とは関係ないものとして考えることができる。そのため、付加定在波の振幅、つまり進行波による送り運動を独立して制御することができる。

【0062】

付加定在波の振幅値によって、2つの定在波による進行波の振幅分布は、図13のようになる。図13は、2つの定在波による進行波の振幅分布を示すグラフである。同図の縦軸は進行波振幅、横軸はリングタイプ振動子4の空間的位置位相であり、図中のX1、X2、X3位置にそれぞれ接触部が配置されている。このとき、3つの接触部のX1、X2、X3位置（60度、180度、300度）と固定定在波の腹の位置は一致しており、この位置での進行波振幅は固定定在波の振幅指令値で決定される。

【0063】

また、隣り合う接触部の中間地点である0度、120度、240度の位置も固定定在波の腹の位置であるから、進行波振幅は接触部と同じである。なお、接触部位置と固定定在波の山が理想的に一致していれば、固定定在波のみによる接触部先端の周方向変位は0である。そして、A電極群とF電極群の位置位相は90度ずれているから、隣り合う固定定在波の腹の中間地点での振幅が付加定在波の振幅指令値である。即ち、図13では、固定定在波の振幅1に対して「0.2」、「0.8」、「1.5」としたときの進行波振幅分布を示している。

【0064】

本実施の形態の制御装置は、上に挙げた2例のように不要な水平回転方向の送り運動が発生する場合にこの成分をキャンセルする方向に進行波を生成している。付加定在波と固定定在波の位相差により進行波の移動方向が決まり、付加定在波の振幅により進行波による接触部先端の周方向振幅が決定される。

【0065】

以上より、進行波を形成する固定定在波と付加定在波間の位相差と付加定在波の振幅を制御することにより、自在に周方向の送り運動を制御することが可能であり、不要な水平回転方向の送り運動成分を打ち消すことが可能となる。

【0066】

なお、第1及び第2の実施の形態では、図5のように固定定在波を励振するF+電極群の位置に固定定在波の1波長間隔で接触部を配置しているが、F-電極群の位置に配置しても同じことである。また、1/2波長ステップでF電極群すべての位置に配置しても本駆動原理は成立する。さらに、F+電極が6個、つまり固定定在波が面外6次振動のときは、2波長間隔にして3つの接触部を設けるようなことも可能である。なお、3つの接触部は必ずしも等間隔である必要はなく、駆動力のバランスで回転軸の位置が可変であることを確認して接触部を配置すればよい。

【0067】

10

20

30

40

50

[第 3 の実施の形態]

< 第 3 実施の形態の制御装置の構成 >

図 1 4 は、本発明の第 3 実施の形態に係る、振動波駆動装置の制御装置の構成を示すブロック図である。

【 0 0 6 8 】

与えられる任意軸回転の目標値としての回転軸、回転数から、傾斜回転成分と水平回転成分を計算する。これに合せて事前に得られている振動波モータ 1 3 0 の特性から固定定在波（面外振動）と回転定在波（面内振動）の振幅・位相差、そして回転定在波（面内振動）の空間的位置位相が決定される。さらに、付加定在波（面外振動）の振幅・位相差（対固定定在波）も決定される。これらの指令値が各定在波発生部 1 1 0、1 2 0、1 4 0 に送られ、それぞれの信号発生部 1 1 3、1 1 4、1 2 1、1 4 2 では、各定在波の発生用駆動信号が生成されるとともに、振動波モータ 1 3 0 に入力され傾斜回転が駆動される。

10

【 0 0 6 9 】

本実施の形態では、第 2 実施の形態で示した図 1 2 の各定在波発生部 1 1 0、1 2 0、1 4 0 の構成をそのまま使用し、また、不要な水平回転方向の送り運動成分を相殺する制御機能を残している。さらに積極的に水平回転を発生すべく、付加定在波の振幅及び位相差が設定される構成となっている。したがって、水平回転方向の送り運動成分と前記傾斜回転方向の送り運動成分の比率を任意に定めることで任意軸回りの駆動を実現することが可能である。

20

【 0 0 7 0 】

即ち、本実施の形態の構成では、回転体の回転軸と回転数を測定する検出手段が配置されるセンサ部 1 5 0 を設けている。センサ部 1 5 0 の検出データからは傾斜回転成分 1 5 1 と水平回転成分 1 5 2 が算出され、各成分データのフィードバックによって各定在波指令値が制御される。

【 0 0 7 1 】

図 1 5 は、本発明の第 3 実施の形態の変形例に係る、振動波駆動装置の制御装置の構成を示すブロック図である。

【 0 0 7 2 】

この制御装置の構成は、図 1 5 のように、回転体の絶対位置を測定或いは計算する検出手段をセンサ部 1 5 3 に設けている。このセンサ部 1 5 3 によって得られる現在位置から目標位置への理想的な軌道を修正回転軸計算部 1 5 4 で再計算させ、新たな修正回転軸指令値を左上の任意軸設定に返して制御する構成である。もちろん、これらセンサ部 1 5 3 は組み合わせて使用することもできるし、第 1 及び第 2 の実施の形態の制御装置にも設置することも可能である。

30

【 0 0 7 3 】

なお、本第 3 の実施の形態に係るシステムでは、例えば、長時間駆動や駆動環境により接触状態（主に摩擦係数）が変化する場合や振動波モータの特性が事前に得られていない場合を想定する。そのため、センサ部 1 5 0、1 5 3 からのデータと入力信号の関係から制御パラメータが自動調整され逐次パラメータが更新されることが望ましい。これは、任意軸回りの回転が可能な振動波モータでは、使用頻度の高い回転軸によって各接触部の劣化の進行状況に差が生じ、初期の制御パラメータからの変化が大きくなりやすい。また、仮に初期モータ特性が同じものが 2 つあったとしても、その後の使用状況によって大きく特性が異なるものになりやすいからである。

40

【 0 0 7 4 】

なお、本発明の目的は、以下の処理を実行することによって達成される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体を、システム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ（又は CPU や MPU 等）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出す処理である。

【 0 0 7 5 】

50

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施の形態の機能を実現することになり、そのプログラムコード及び該プログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

【0076】

また、プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、次のものを用いることができる。例えば、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、CD-RW、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-RW、DVD+RW、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROM等である。又は、プログラムコードをネットワークを介してダウンロードしてもよい。

【0077】

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、上記実施の形態の機能が実現される場合も本発明に含まれる。加えて、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOS（オペレーティングシステム）等が実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれる。

【0078】

更に、前述した実施形態の機能が以下の処理によって実現される場合も本発明に含まれる。即ち、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれる。その後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPU等が実際の処理の一部又は全部を行う場合である。

【符号の説明】

【0079】

2 圧電素子

3 a ~ 3 c 接触部

4 振動子

1 3 回転体

1 1 0 回転定在波発生部

1 2 0 固定定在波発生部

1 3 0 振動波モータ

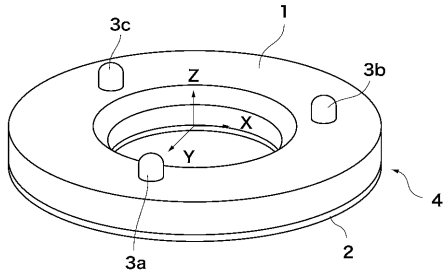
1 4 0 付加定在波発生部

10

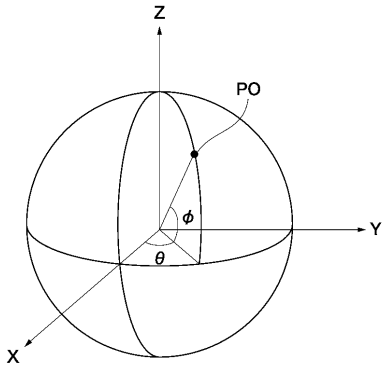
20

30

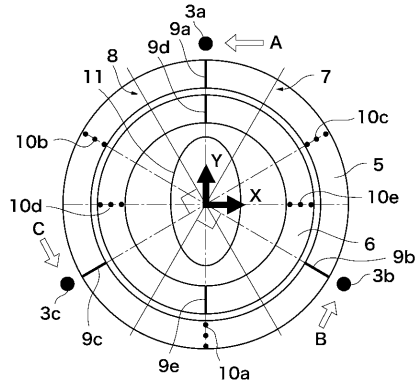
【 図 1 】



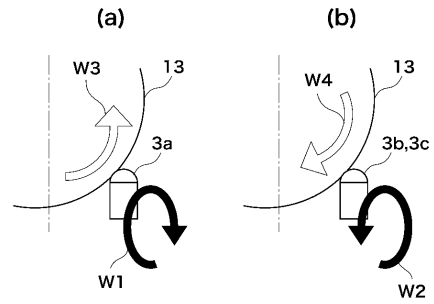
【 図 2 】



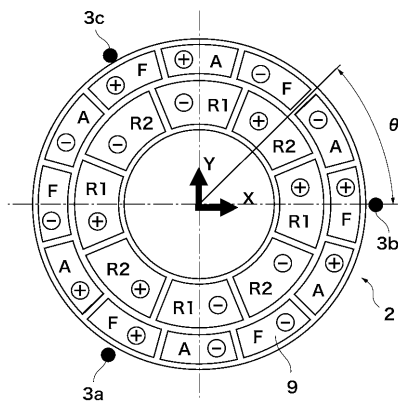
【 図 3 】



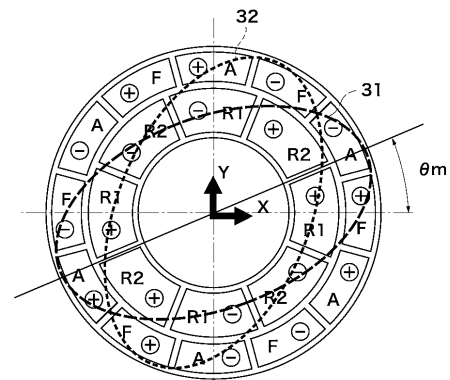
【 図 4 】



【 図 5 】

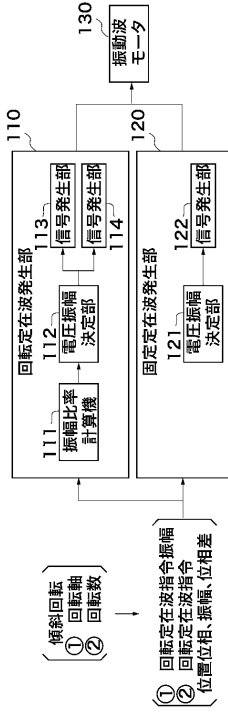


【 図 6 】

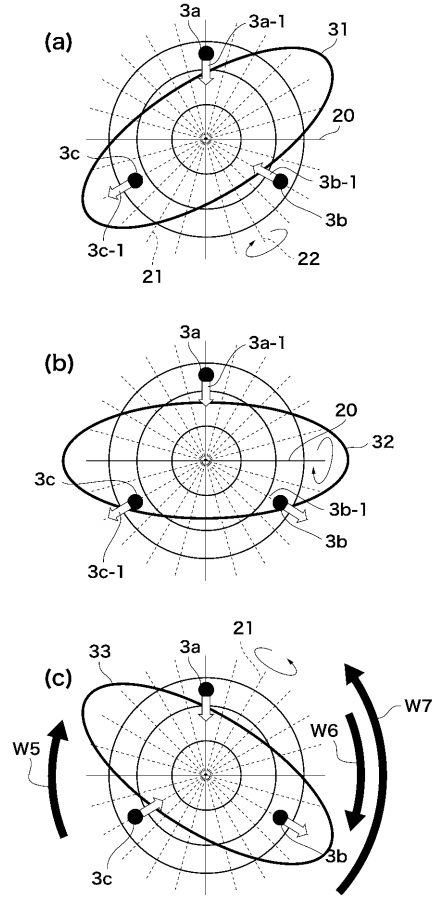


R1, R2: 回転定在波用電極群
 F: 固定定在波用電極群
 A: 付加定在波用電極群
 ●: 接触部位置
 ⊕ ⊖: 各電極群に同位相入力信号を印加するときの分極方向

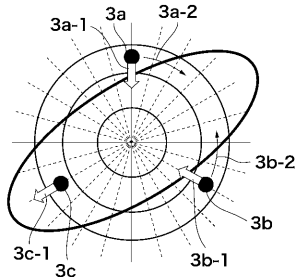
【 図 7 】



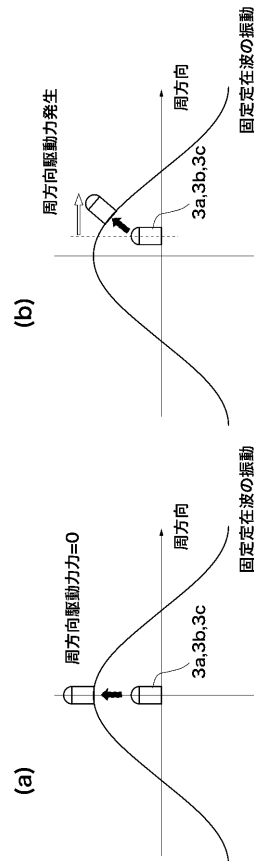
【 図 8 】



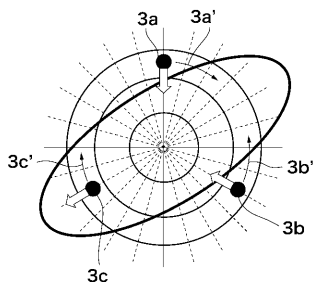
【 図 9 】



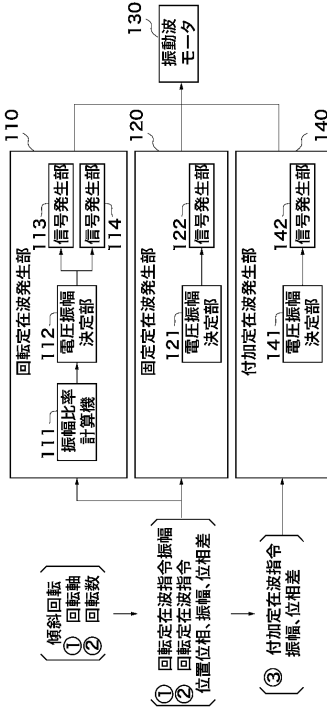
【 図 1 1 】



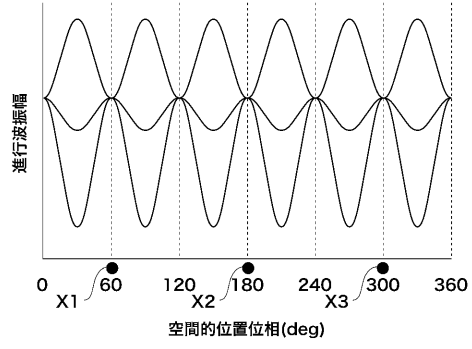
【 図 1 0 】



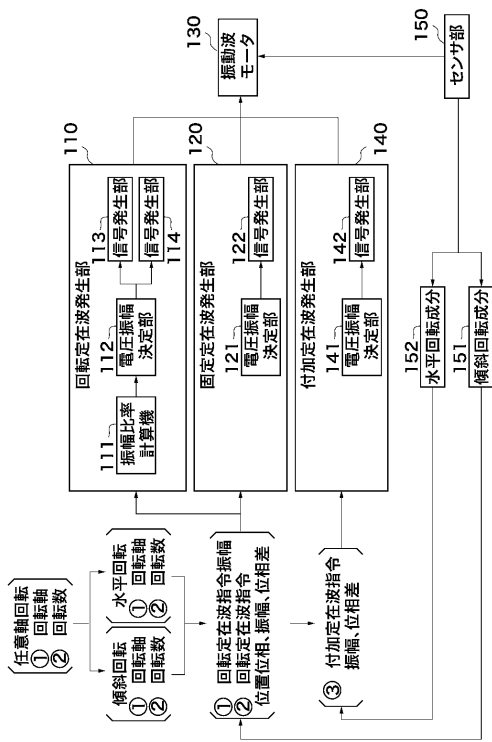
【図 1 2】



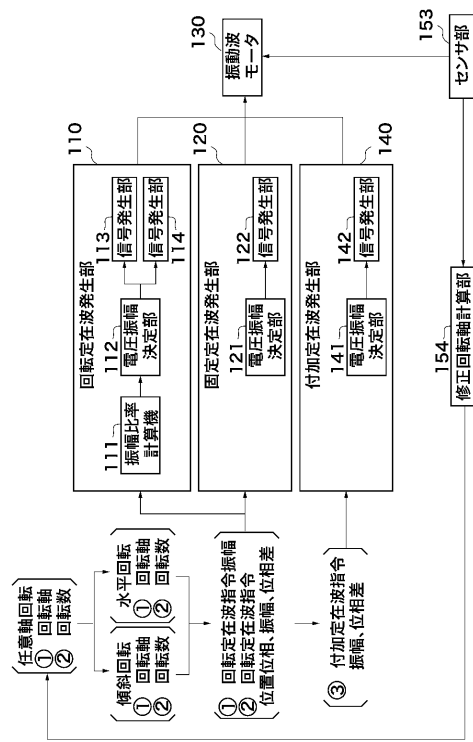
【図 1 3】



【図 1 4】

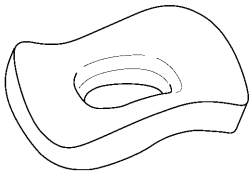


【図 1 5】



【 図 16 】

(a)



(b)

