

(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2011-125843

(P2011-125843A)

(43) 公開日 平成23年6月30日(2011.6.30)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**B06B 1/04 (2006.01)** B06B 1/04 S 5D107

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2010-187047 (P2010-187047)	(71) 出願人	000001889 三洋電機株式会社
(22) 出願日	平成22年8月24日 (2010. 8. 24)		大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(31) 優先権主張番号	特願2009-261234 (P2009-261234)	(74) 代理人	100104433 弁理士 宮園 博一
(32) 優先日	平成21年11月16日 (2009. 11. 16)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	本間 運也
(31) 優先権主張番号	特願2009-224131 (P2009-224131)		大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
(32) 優先日	平成21年9月29日 (2009. 9. 29)	(72) 発明者	富田 明広
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2009-261984 (P2009-261984)	(72) 発明者	山下 富生
(32) 優先日	平成21年11月17日 (2009. 11. 17)		大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2009-224132 (P2009-224132)		
(32) 優先日	平成21年9月29日 (2009. 9. 29)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

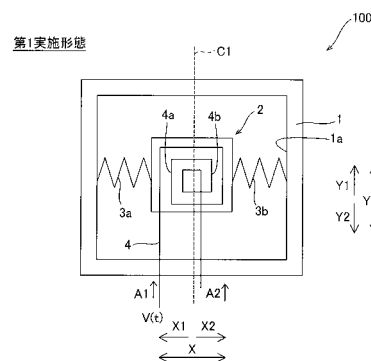
(54) 【発明の名称】 加速度発生デバイス

(57) 【要約】

【課題】印加する電圧の波形を反転させた場合に、電圧の波形の反転の前後において、装置を把持した場合に得られる力覚の方向を変化させることが可能な加速度発生デバイスを提供する。

【解決手段】このリニアモータ100（加速度発生デバイス）は、平面コイル4と、平面コイル4が発生する磁界により往復移動する可動部2と、可動部2の往復移動によって振動する筐体7と、バネ部3aおよび3bとを備え、平面コイル4には、波形が非対称な交流状の電圧  $V(t)$  が印加され、筐体7の振動方向の加速度の波形は、加速度が0の基準線に対して一方方向側と他方向側とで非対称になるように構成されている。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

渦巻状のコイルと、  
前記渦巻状のコイルが発生する磁界により往復移動する可動部と、  
前記可動部が収納されるとともに前記可動部の往復移動によって振動する筐体と、  
前記可動部と前記筐体との間に設けられるバネ部とを備え、  
前記渦巻状のコイルには、波形が非対称な交流状の電圧が印加され、  
前記筐体の振動方向の加速度の波形は、加速度が 0 の基準線に対して一方方向側と他方方向側とで非対称になるように構成されている、加速度発生デバイス。

**【請求項 2】**

前記交流状の電圧の波形を反転させて前記渦巻状のコイルに印加した場合に、電圧の波形の反転の前後で前記筐体の加速度の波形が加速度が 0 の基準線に対して略対称になるように、前記渦巻状のコイルに印加する電圧が調整されている、請求項 1 に記載の加速度発生デバイス。

**【請求項 3】**

前記可動部は、前記渦巻状のコイルと対向する磁極面を有し、前記渦巻状のコイルの表面に沿った方向に沿って往復移動するように配置されている、請求項 1 または 2 に記載の加速度発生デバイス。

**【請求項 4】**

前記バネ部は、前記可動部の移動方向に沿った方向の一方側と他方側とにそれぞれ配置されるとともに、前記バネ部は、前記可動部の往復移動の中心線に対して略対称になるように配置されている、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の加速度発生デバイス。

**【請求項 5】**

所望の形状を有する前記筐体の加速度の波形と、前記筐体のインピーダンスの周波数特性から導かれるインピーダンスおよび角周波数とに基づいて、前記渦巻状のコイルに印加する電圧の波形が求められるように構成されており、

振動する前記筐体の角周波数は、前記振動する筐体の共振角周波数の 3 分の 2 倍以上でかつ 2 倍以下になるように構成されている、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の加速度発生デバイス。

**【請求項 6】**

永久磁石をそれぞれ含む第 1 の可動部および第 2 の可動部と、

前記第 1 の可動部に対向して配置され、前記第 1 の可動部を第 1 の方向および第 2 の方向に往復移動させる第 1 のコイルと、

前記第 2 の可動部に対向して配置され、前記第 2 の可動部を前記第 1 の方向および前記第 2 の方向に往復移動させる第 2 のコイルと、

前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部を収納する筐体と、

前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルに流れる電流をそれぞれ独立して制御する制御部とを備え、

前記制御部は、前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部の一往復中における加速度の波形が、前記第 1 の方向に対する移動と前記第 2 の方向に対する移動とで非対称となるように、前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルに流れる電流を制御するように構成されている、加速度発生デバイス。

**【請求項 7】**

前記制御部は、第 1 の周波数を有する交流電圧を前記第 1 のコイルに印加するとともに、前記第 1 の周波数の 1.5 倍以上 2.5 倍以下の第 2 の周波数を有する交流電圧を前記第 2 のコイルに印加するように構成されている、請求項 6 に記載の加速度発生デバイス。

**【請求項 8】**

前記制御部は、前記第 1 の周波数と前記第 2 の周波数との比率を 1.5 倍以上 2.5 倍以下に固定した状態で、前記第 1 の周波数および前記第 2 の周波数をそれぞれ連続的に変化させるように構成されている、請求項 7 に記載の加速度発生デバイス。

10

20

30

40

50

## 【請求項 9】

前記制御部は、前記第 1 の周波数を有する交流電圧と、前記第 2 の周波数を有する交流電圧との位相差を調整することにより、前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部の一往復中における加速度の波形の非対称性を調整するように構成されている、請求項 7 または 8 に記載の加速度発生デバイス。

## 【請求項 10】

前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部は、前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部の移動方向に沿って配置されている、請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の加速度発生デバイス。

## 【請求項 11】

前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部は、前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部の移動方向と交差する方向に沿って配置されている、請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の加速度発生デバイス。

## 【請求項 12】

前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部は、前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部の移動方向に沿って配置されており、

前記筐体と前記第 1 の可動部との間に設けられる第 1 弾性部材と、前記第 1 の可動部と前記第 2 の可動部との間に設けられる第 2 弾性部材と、前記第 2 の可動部と前記筐体との間に設けられる第 3 弾性部材とをさらに備え、

前記第 1 弾性部材のパネ定数と前記第 3 弾性部材のパネ定数とが異なるように構成されている、請求項 6 に記載の加速度発生デバイス。

## 【請求項 13】

前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部は、前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部の移動方向と交差する方向に沿って配置されており、

前記第 1 の可動部および前記第 2 の可動部の移動方向に沿って、前記筐体と前記第 1 の可動部との間に設けられる第 4 弾性部材と、前記筐体と前記第 2 の可動部との間に設けられる第 5 弾性部材とをさらに備え、

前記第 4 弾性部材のパネ定数と前記第 5 弾性部材のパネ定数とが異なるように構成されている、請求項 6 に記載の加速度発生デバイス。

## 【請求項 14】

永久磁石を含む可動部と、

前記可動部と対向して配置されており、前記可動部を第 1 の方向および第 2 の方向に往復移動させる第 1 のコイルおよび第 2 のコイルと、

前記可動部を収納する筐体と、

前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルに流れる電流をそれぞれ独立して制御する制御部とを備え、

前記制御部は、前記可動部の一往復中における加速度の波形が、前記第 1 の方向に対する移動と前記第 2 の方向に対する移動とで非対称となるように、前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルに流れる電流を制御するように構成されている、加速度発生デバイス。

## 【請求項 15】

前記第 1 のコイルは、前記永久磁石の一方の磁極面と対向して配置されているとともに、前記第 2 のコイルは、前記永久磁石の他方の磁極面と対向して配置されており、

前記制御部は、前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルに印加する交流電圧の周波数を異ならせるように構成されている、請求項 14 に記載の加速度発生デバイス。

## 【請求項 16】

前記可動部の第 1 の方向側の側面と前記筐体との間に配置された第 1 弾性部材と、

前記可動部の第 2 の方向側の側面と前記筐体との間に配置された第 2 弾性部材とをさらに備える、請求項 15 に記載の加速度発生デバイス。

## 【請求項 17】

前記第 1 のコイルは、前記永久磁石の一方の磁極面と対向して配置されているとともに

10

20

30

40

50

、前記第 2 のコイルは、前記永久磁石の第 2 の方向側の側面と対向して配置されており、前記制御部は、前記第 1 のコイルおよび前記第 2 のコイルに印加する交流電圧の周波数を異ならせるように構成されている、請求項 14 に記載の加速度発生デバイス。

【請求項 18】

前記可動部の第 1 の方向側の側面と前記筐体との間に配置された第 1 弾性部材と、前記可動部の第 2 の方向側の側面と前記第 2 のコイルとの間に配置された第 3 弾性部材とをさらに備える、請求項 17 に記載の加速度発生デバイス。

【請求項 19】

前記制御部は、第 1 の周波数を有する交流電圧を前記第 1 のコイルに印加するとともに、前記第 1 の周波数の 1.5 倍以上 2.5 倍以下の第 2 の周波数を有する交流電圧を前記第 2 のコイルに印加するように構成されている、請求項 15 ~ 18 のいずれか 1 項に記載の加速度発生デバイス。

10

【請求項 20】

前記制御部は、前記第 1 の周波数と前記第 2 の周波数との比率を 1.5 倍以上 2.5 倍以下に固定した状態で、前記第 1 の周波数および前記第 2 の周波数をそれぞれ連続的に変化させるように構成されている、請求項 19 に記載の加速度発生デバイス。

【請求項 21】

前記制御部は、前記第 1 の周波数を有する交流電圧と、前記第 2 の周波数を有する交流電圧との位相差を調整することにより、前記可動部の一往復中における加速度の波形の非対称性を調整するように構成されている、請求項 19 または 20 に記載の加速度発生デバイス。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加速度発生デバイスに関し、特に、可動部を備え、ユーザに擬似力覚を知覚させる加速度発生デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、可動部を備え、ユーザに擬似力覚を知覚させる加速度発生デバイスが知られている（たとえば、特許文献 1 参照）。

30

【0003】

上記特許文献 1 には、コイルが巻回される円筒状のボビン（可動部）と、円筒状のボビンの一方端部側に取り付けられる第 1 永久磁石（可動部）と、ボビンの他方側にボビンと別個に設けられる第 2 永久磁石と、コイル、ボビン、第 1 永久磁石および第 2 永久磁石を収納する円筒状のフレームと、第 1 永久磁石とフレームとの間に設けられるバネとを備える加速度発生装置が開示されている。なお、上記特許文献 1 に開示されている加速度発生装置では、第 1 永久磁石の移動方向（円筒状のボビンが延びる方向）の一方側にバネが配置されるとともに、他方側に第 2 永久磁石が配置されているので、第 1 永久磁石の移動方向の中心に対して、加速度発生装置は構造的に非対称な形状を有する。

40

【0004】

また、この加速度発生装置では、コイルに正弦波状の交流電流（交流電圧）が供給されることにより磁界が発生する。そして、第 1 永久磁石の一方側にはバネの弾性力が働くとともに、他方側にはコイルの磁界と第 2 永久磁石の磁界とが働く。そして、第 1 永久磁石の一方側および他方側に働く力の大きさが第 1 永久磁石およびボビンの位置によって異なっており、第 1 永久磁石（ボビン）の加速度の波形が第 1 永久磁石（ボビン）の移動方向の一方側と他方側とで異なるように構成されている。これにより、ユーザは、加速度発生装置を把持した場合に、所定の方向に引っ張られるような力覚（擬似力覚）を知覚することが可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】W O 2 0 0 7 / 0 8 6 4 2 6 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、上記特許文献 1 に開示された加速度発生装置では、正弦波状の電流がコイルに流されている一方、波形を反転させた電流（電圧）をコイルに流しても、加速度発生装置を把持した場合に得られる擬似力覚の方向は、電流の波形（電圧の波形）を反転させる前後において変わらないという問題点がある。

【 0 0 0 7 】

10

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の 1 つの目的は、印加する電圧の波形を反転させた場合に、電圧の波形の反転の前後において、装置を把持した場合に得られる力覚の方向を変化させることが可能な加速度発生デバイスを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するために、この発明の第 1 の局面における加速度発生デバイスは、渦巻状のコイルと、渦巻状のコイルが発生する磁界により往復移動する可動部と、可動部が収納されるとともに可動部の往復移動によって振動する筐体と、可動部と筐体との間に設けられるバネ部とを備え、渦巻状のコイルには、波形が非対称な交流状の電圧が印加され、筐体の振動方向の加速度の波形は、加速度が 0 の基準線に対して一方方向側と他方方向側とで非対称になるように構成されている。

20

【 0 0 0 9 】

この発明の第 2 の局面における加速度発生デバイスは、永久磁石をそれぞれ含む第 1 の可動部および第 2 の可動部と、第 1 の可動部に対向して配置され、第 1 の可動部を第 1 の方向および第 2 の方向に往復移動させる第 1 のコイルと、第 2 の可動部に対向して配置され、第 2 の可動部を第 1 の方向および第 2 の方向に往復移動させる第 2 のコイルと、第 1 の可動部および第 2 の可動部を収納する筐体と、第 1 のコイルおよび第 2 のコイルに流れる電流をそれぞれ独立して制御する制御部とを備え、制御部は、第 1 の可動部および第 2 の可動部の一往復中における加速度の波形が、第 1 の方向に対する移動と第 2 の方向に対する移動とで非対称となるように、第 1 のコイルおよび第 2 のコイルに流れる電流を制御するように構成されている。

30

【 0 0 1 0 】

この発明の第 3 の局面における加速度発生デバイスは、永久磁石を含む可動部と、可動部と対向して配置されており、可動部を第 1 の方向および第 2 の方向に往復移動させる第 1 のコイルおよび第 2 のコイルと、可動部を収納する筐体と、第 1 のコイルおよび第 2 のコイルに流れる電流をそれぞれ独立して制御する制御部とを備え、制御部は、可動部の一往復中における加速度の波形が、第 1 の方向に対する移動と第 2 の方向に対する移動とで非対称となるように、第 1 のコイルおよび第 2 のコイルに流れる電流を制御するように構成されている。

40

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

上記の構成により、印加する電圧の波形を反転させた場合でも、電圧の波形の反転の前後において、装置を把持した場合に得られる力覚の大きさを略同じにすることができる。

【 0 0 1 2 】

また、上記の構成により、簡易な構成で任意の方向に擬似力覚を発生させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態によるリニアモータの平面図である。

50

- 【図 2】本発明の第 1 実施形態によるリニアモータの断面図である。
- 【図 3】リニアモータの理想的な加速度の波形を表す図である。
- 【図 4】リニアモータの周波数特性について説明するための図である。
- 【図 5】本発明の第 1 実施形態によるリニアモータの加速度およびインピーダンスの周波数特性を示す図である。
- 【図 6】本発明の第 1 実施形態によるシミュレーションにより求められたリニアモータに印加される電圧の波形を示す図である。
- 【図 7】本発明の第 1 実施形態によるシミュレーションにより求められたリニアモータの加速度の波形を示す図である。
- 【図 8】図 6 に示す電圧を反転させた場合の電圧の波形を示す図である。 10
- 【図 9】図 8 に示す電圧を本発明の第 1 実施形態によるリニアモータに印加した場合のシミュレーションにより求められた加速度の波形を示す図である。
- 【図 10】本発明の第 1 実施形態によるシミュレーションにより求められたリニアモータに印加される電圧の波形を示す図である。
- 【図 11】本発明の第 1 実施形態によるシミュレーションにより求められたリニアモータの加速度の波形を示す図である。
- 【図 12】図 10 に示す電圧を反転させた場合の電圧の波形を示す図である。
- 【図 13】図 12 に示す電圧を本発明の第 1 実施形態によるリニアモータに印加した場合のシミュレーションにより求められた加速度の波形を示す図である。
- 【図 14】本発明の第 1 実施形態によるシミュレーションにより求められたリニアモータ 20  
の電力の周波数特性を示す図である。
- 【図 15】本発明の第 2 実施形態による加速度発生デバイスの概略構成を示す分解斜視図である。
- 【図 16】本発明の第 2 実施形態による加速度発生デバイスの第 1 可動部、第 2 可動部およびバネ部材の概略構成を示す分解斜視図である。
- 【図 17】本発明の第 2 実施形態による加速度発生デバイスの第 1 コイル基板の構成を示す断面図である。
- 【図 18】本発明の第 2 実施形態による加速度発生デバイスの第 1 コイル基板を下面から見た平面図である。
- 【図 19】本発明の第 2 実施形態による加速度発生デバイスの動作を説明するための断面 30  
図である。
- 【図 20】本発明の第 2 実施形態による加速度発生デバイスの振動量のシミュレーション結果を示す図である。
- 【図 21】本発明の第 3 実施形態による加速度発生デバイスの概略構成を示す断面図である。
- 【図 22】本発明の第 4 実施形態による加速度発生デバイスの概略構成を示す平面図である。
- 【図 23】本発明の第 5 実施形態による加速度発生デバイスの概略構成を示す分解斜視図である。
- 【図 24】本発明の第 5 実施形態による加速度発生デバイスの可動部およびバネ部材の概 40  
略構成を示す分解斜視図である。
- 【図 25】本発明の第 5 実施形態による加速度発生デバイスの上側コイル基板の構成を示す断面図である。
- 【図 26】本発明の第 5 実施形態による加速度発生デバイスの上側コイル基板を上面から見た平面図である。
- 【図 27】本発明の第 5 実施形態による加速度発生デバイスの動作を説明するための断面図である。
- 【図 28】本発明の第 6 実施形態による加速度発生デバイスの概略構成を示す分解斜視図である。
- 【図 29】本発明の第 1 実施形態の変形例によるリニアモータの断面図である。 50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0014】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

## 【0015】

## (第1実施形態)

本発明の第1実施形態によるリニアモータ(リニア駆動型振動モータ)100は、図1および図2に示すように、枠体1と、枠体1内に収納された可動部2と、可動部2を支持する一对のパネ部3aおよび3bと、可動部2と対向するように配置された平面コイル4とを備えている。なお、リニアモータ100は、本発明の「加速度発生デバイス」の一例である。また、平面コイル4は、本発明の「コイル」の一例である。

10

## 【0016】

枠体1は、平面的に見て、略矩形形状に形成されているとともに、枠体1は、上下方向(矢印Z1方向および矢印Z2方向)に貫通する略矩形形状の開口部1aを有する。また、図2に示すように、枠体1には、上方向側(矢印Z1方向側)の開口部1aを塞ぐようにプリント基板5が配置されているとともに、下方向側(矢印Z2方向側)の開口部1aを塞ぐように底板6が配置されている。また、枠体1、プリント基板5および底板6は、ガラスエポキシ樹脂等により形成されている。そして、枠体1、プリント基板5および底板6によって筐体7が構成されている。

## 【0017】

可動部2は、図1および図2に示すように、平面的に見て略矩形形状に形成されているとともに、平板状の永久磁石(フェライトやネオジウムなどの強磁性材料からなる磁石)により構成されている。また、可動部2は、平面的に見て、枠体1の開口部1aの略中央に位置するように一对のパネ部3aおよび3bにより側面が支持されている。

20

## 【0018】

可動部2は、図2に示すように、第1磁石2aおよび第2磁石2bからなる2つの永久磁石により構成されている。具体的には、可動部2の往復移動の中心線C1近傍(図1参照)を境界として矢印X1方向側に第1磁石2aが配置されるとともに、矢印X2方向側に第2磁石2bが配置されるように構成されている。第1磁石2aのプリント基板5に対向する側には、厚み方向にN極に着磁されたN極面21aが設けられている。また、第1磁石2aの底板6に対向する側には、厚み方向にS極に着磁されたS極面22aが設けられている。また、第2磁石2bのプリント基板5に対向する側には、厚み方向にS極に着磁されたS極面21bが設けられている。また、第2磁石2bの底板6に対向する側には、厚み方向にN極に着磁されたN極面22bが設けられている。そして、第1磁石2aと第2磁石2bとは、接着剤などにより互いに固定されている。

30

## 【0019】

図1および図2に示すように、パネ部3aおよび3bは、板バネやコイルバネなどからなり、可動部2の矢印X1方向側と矢印X2方向側とにそれぞれ配置されている。なお、パネ部3aおよび3bは、可動部2の往復移動の中心線C1に対して、略対称になるように配置されている。そして、筐体7(枠体1、プリント基板5および底板6)も、可動部2の往復移動の中心線C1に対して、略対称な形状を有する。また、パネ部3aおよび3bは、同じ物である。つまり、パネ部3aおよび3bは、同じ材料からなり、同じバネ特性を有する。これにより、リニアモータ100は、全体として可動部2の往復移動の中心線C1に対して、構造的に略対称な形状を有する。

40

## 【0020】

図2に示すように、平面コイル4は、プリント基板5の内部に配置されている。平面コイル4は、平面的に見て、略矩形形状の輪郭を有するとともに、内側から外側に向かってXY面方向に広がるように渦巻状に形成されている。また、平面コイル4は、Y方向に延びるとともに、可動部2の往復移動の中心線C1よりも矢印X1方向側に配置される第1部分4aと、Y方向に延びるとともに、中心線C1よりも矢印X2方向側に配置される第2部分4bとを有している。なお、平面コイル4には、正側と負側とで非対称な波形を有

50

する交流状の電圧が印加されるように構成されている。ここで、正側と負側とで非対称な波形を有する交流状の電圧とは、電圧が0の点に対して、電圧の波形が点对称（たとえば正弦波）になっていないことを意味する。たとえば、電圧の正側と負側とで電圧が異なる極大値を有する場合（図6参照）などを意味する。

【0021】

次に、図1および図2を参照して、第1実施形態によるリニアモータ100の往復移動の動作を説明する。

【0022】

まず、平面コイル4に電圧を印加する。そして、図1に示すように、A1方向に電流が供給されるとする。これにより、可動部2のN極面21aにおいて発生する矢印Z1方向の磁界と、平面コイル4の第1部分4aを矢印Y1方向に流れる電流とによって、平面コイル4の第1部分4aには、矢印X2方向にローレンツ力が働く。また、可動部2のS極面21bにおいて発生する矢印Z2方向の磁界と、平面コイル4の第2部分4bを矢印Y2方向に流れる電流とによって、平面コイル4の第2部分4bには、矢印X2方向にローレンツ力が働く。なお、平面コイル4は、プリント基板5に固定されているので、可動部2が平面コイル4が受けるローレンツ力の向きと逆の矢印X1方向に直線移動する。そして、所定時間後、A2方向に電流を供給することによって、上記と同様に、可動部2が矢印X2方向に直線移動する。このようにして、所定の周波数で駆動電流の方向を切り替えることによって、可動部2は、矢印X1方向と矢印X2方向とに交互に直線移動（往復移動）する。その結果、リニアモータ100は、矢印X1方向と矢印X2方向とに交互に往復移動する。

10

20

【0023】

次に、図3～図13を参照して、第1実施形態によるリニアモータ100の平面コイル4に印加する電圧を調整する方法について説明する。

【0024】

図3に示すように、リニアモータ100の理想的な加速度の形状を仮定する。第1実施形態では、1周期がT(sec)であり、加速度の最大値がGP(G)であるとともに最小値がGN(G)である矩形波からなる加速度を仮定する。なお、図3において、h×Tとk×Tとは、それぞれ、加速度が最小(GN)から最大(GP)になる時間と、加速度が最大(GP)から最小(GN)になる時間とを示している。また、加速度の1周期において、正側の加速度の面積S1と、負側の加速度の面積S2とが略等しくなるように、理想的な加速度の形状が仮定されている。なお、図3に示す加速度の形状は、下記の式(1)および(2)によって表される。

30

【0025】

【数1】

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} = GN, \quad (0 < t < h \times T, \quad k \times T < t < T) \quad \dots (1)$$

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} = GP, \quad (h \times T < t < k \times T) \quad \dots (2)$$

40

【0026】

そして、上記式(1)および(2)をフーリエ余弦級数展開することにより、下記の式(3)、式(4)および式(5)を得る。

【0027】



【数 2】

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n \times \omega \times t) \quad \dots (3)$$

$$a_0 = \frac{4}{T} \times \left\{ GN \times h \times T + GP \times \left( \frac{T}{2} - h \times T \right) \right\} \quad \dots (4)$$

$$a_n = \frac{4}{Tn\omega} \times \{ (GN - GP) \times \sin(2 \times n \times \pi \times h) \} \quad \dots (5)$$

【0028】

10

次に、上記式(3)に示される加速度について時間積分を2回行うことにより、下記の式(6)により表されるリニアモータ100の変位 $y(t)$ が得られる。なお、 $y(0) = 0$ 、 $dy(0)/dt = 0$ とした。

【0029】

【数 3】

$$y(t) = \frac{a_0}{4} t^2 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n^2 \omega^2} \cos(n \times \omega \times t) \quad \dots (6)$$

【0030】

そして、上記式(6)により表される変位 $y(t)$ を出力とするとともに、電圧 $V(t)$ を入力とする伝達関数を $G_y(s)$ とすると、下記の式(7)を得る。

20

【0031】

【数 4】

$$y(t) = L^{-1} [G_y(s) L[V(t)]] \quad \dots (7)$$

【0032】

また、上記の式(7)が成り立つように、電圧 $V(t)$ は、下記の式(8)のようになれば良い。なお、 $a_0 = 0$ の場合、電圧 $V(t)$ は、発散する。ここで、電圧 $V(t)$ が発散するとは、電圧 $V(t)$ の大きさが時間とともに徐々に大きくなってゆき、最終的に電圧 $V(t)$ の大きさが無限大になってしまうことを意味する。このため、 $|a_0| = 1$ が望ましい。この場合、下記の式(9)が成り立つ。そして、下記の式(9)が成り立つ場合は、加速度の波形の1周期における時間積分の値が略0になる。

30

【0033】

【数 5】

$$V(t) = \frac{a_0}{G_y(0) \times 4} \times t^2 - \sum \left\{ \frac{a_n}{n^2 \omega^2} |G_y(j \times n \times \omega)|^{-1} \times \cos(n \times \omega \times t - \angle G_y(j \times n \times \omega)) \right\} \quad \dots (8)$$

40

$$GN \times h \times T + GP \times \left( \frac{T}{2} - h \times T \right) \doteq 0 \quad \dots (9)$$

【0034】

次に、図1に示すリニアモータ100において、加速度が0の基準線に対して非対称な波形を有する加速度を実現するように、リニアモータ100の伝達関数を求める。なお、非対称な加速度の波形とは、加速度が0の基準線に対して、加速度の波形が線対称になっていないことを意味する。たとえば、加速度の正側の最大値と負側の最大値とが異なる場合(図3参照)などである。リニアモータ100の伝達関数は、下記の式(10)により表される電圧方程式、下記の式(11)により表される可動部2の運動方程式、および、

50

下記の式(12)により表される筐体7の運動方程式から求めることができる。

【0035】

【数6】

$$V(t) = R \times I(t) + L \times \frac{dI(t)}{dt} + Ke \times \frac{d(x-y)}{dt} \quad \dots (10)$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + (\kappa_1 + \kappa_2) \frac{d(x-y)}{dt} + (k_1 + k_2) \times (x-y) = Kf \times I(t) \quad \dots (11)$$

$$M \frac{d^2y}{dt^2} = -m \frac{d^2x}{dt^2} \quad \dots (12)$$

10

【0036】

ここで、 $y$ および $x$ は、それぞれ、筐体7および可動部2の変位を表す。また、 $M$ および $m$ は、それぞれ、筐体7の質量および可動部2の質量を表す。また、 $k_1$ および $k_2$ は、それぞれ、バネ部3aのバネ定数およびバネ部3bのバネ定数を表す。また、 $\kappa_1$ および $\kappa_2$ は、それぞれ、バネ部3aの減衰係数およびバネ部3bの減衰係数を表す。また、 $V(t)$ および $I(t)$ は、それぞれ、電圧および電流を表す。また、 $R$ および $L$ は、それぞれ、コイルの抵抗およびコイルの自己インダクタンスを表す。また、 $Ke$ および $Kf$ は、それぞれ、誘起電圧定数および推力定数を表す。

【0037】

20

ここで、コイルの自己インダクタンス $L$ が0の場合には、リニアモータ100の伝達関数は、下記の式(13)および式(14)により表される。なお、バネ部3aおよび3bの減衰係数と角周波数 $\omega_0$ との関係は、下記の式(15)により表される。なお、角周波数 $\omega_0$ は、後述する図4に示されるリニアモータ100のインピーダンスの周波数特性において、インピーダンスが最大になる際の角周波数(共振角周波数)を表す。

【0038】

【数7】

$$G_y(s) = -\frac{Kf}{M \times R} \left[ s^2 + \left\{ (\kappa_1 + \kappa_2) + \frac{Kf \times Ke}{R} \right\} \frac{s}{\mu} + \omega_0^2 \right] \quad \dots (13)$$

30

$$G_y(0) = -\frac{Kf}{M \times R \times \omega_0^2} \quad \dots (14)$$

$$\frac{k_1 + k_2}{\mu} = \omega_0^2 \quad \dots (15)$$

【0039】

また、コイルの自己インダクタンス $L$ が0の場合には、 $|G_y(j \times n \times \omega)|$ と $G_y(j \times n \times \omega)$ とは、下記の式(16)、式(17)および式(18)により表される。

【0040】

40

## 【数 8】

$$|G_y(j \times n \times \omega)| = \frac{Kf}{M \times R} \sqrt{(\omega_0^2 - n^2 \times \omega^2)^2 + \left\{ (\kappa_1 + \kappa_2) + \frac{Kf \times Ke}{R} \right\}^2 \frac{n^2 \omega^2}{\mu^2}} \quad \dots (16)$$

$$\angle G_y(j \times n \times \omega) = \pi - \tan^{-1} \left[ \left\{ (\kappa_1 + \kappa_2) + \frac{Kf \times Ke}{R} \right\} \frac{n \times \omega}{\mu(\omega_0^2 - n^2 \times \omega^2)} \right] \quad , \omega_0 > n \times \omega \quad \dots (17) \quad 10$$

$$\angle G_y(j \times n \times \omega) = \tan^{-1} \left[ \left\{ (\kappa_1 + \kappa_2) + \frac{Kf \times Ke}{R} \right\} \frac{n \times \omega}{\mu(n^2 \times \omega^2 - \omega_0^2)} \right] \quad , \omega_0 < n \times \omega \quad \dots (18)$$

## 【0041】

次に、図4に示されるリニアモータ100のインピーダンスの周波数特性から、上記式(16)により表される $|G_y(j \times n \times \omega)|$ と、上記式(17)および式(18)により表される $\angle G_y(j \times n \times \omega)$ とを算出する。なお、リニアモータ100のインピーダンスの周波数特性は、一般的には、角周波数 $\omega_0$ においてピークを有する曲線となる。具体的には、まず、下記の式(19)により、 $r_1$ を計算する。 20

## 【0042】

## 【数9】

$$r_1 = \sqrt{\frac{Z(\omega_0)}{R}} \quad \dots (19)$$

## 【0043】

次に、リニアモータ100のインピーダンス $Z(\omega)$ が、下記の式(20)を満たす角周波数 $\omega_1$ および $\omega_2$ を求め。 30

## 【0044】

## 【数10】

$$Z(\gamma_1 \text{ or } \gamma_2) = r_1 \times R \quad \dots (20)$$

## 【0045】

また、パネ部3aおよびパネ部3bの減衰係数の和( $\kappa_1 + \kappa_2$ )と、角周波数 $\omega_1$ および $\omega_2$ との関係は、下記の式(21)により表される。また、誘起電圧定数および推力定数の積 $Kf \times Ke$ と、角周波数 $\omega_1$ および $\omega_2$ との関係は、下記の式(22)により表される。また、換算質量 $\mu$ は、下記の式(23)により表される。

## 【0046】

## 【数11】

$$(\kappa_1 + \kappa_2) = (\gamma_2 - \gamma_1) \frac{\mu}{\sqrt{Z(\omega_0)/R}} \quad \dots (21)$$

$$Kf \times Ke = \{Z(\omega_0) - R\} \times (\gamma_2 - \gamma_1) \frac{\mu}{\sqrt{Z(\omega_0)/R}} \quad \dots (22)$$

$$\mu = \frac{m \times M}{m + M} \quad \dots (23)$$

## 【0047】

そして、上記式(16)~(18)と、上記式(21)~(23)とによって、下記の式(24)~式(26)が得られる。

【0048】

【数12】

$$|G_y(j \times n \times \omega)| = \frac{Kf}{M \times R} \sqrt{(\omega_0^2 - n^2 \times \omega^2)^2 + (\gamma_2 - \gamma_1)^2 \times \frac{Z(\omega_0)}{R} \times n^2 \times \omega^2} \quad \dots (24)$$

$$\angle G_y(j \times n \times \omega) = \pi -$$

$$\tan^{-1} \left[ \left\{ (\gamma_2 - \gamma_1) \times \sqrt{\frac{Z(\omega_0)}{R}} \right\} \frac{n \times \omega}{(\omega_0^2 - n^2 \times \omega^2)} \right], \omega_0^2 > n^2 \times \omega^2 \quad \dots (25)$$

$$\angle G_y(j \times n \times \omega) =$$

$$\tan^{-1} \left[ \left\{ (\gamma_2 - \gamma_1) \times \sqrt{\frac{Z(\omega_0)}{R}} \right\} \frac{n \times \omega}{(n^2 \times \omega^2 - \omega_0^2)} \right], \omega_0^2 < n^2 \times \omega^2 \quad \dots (26)$$

10

【0049】

そして、上記式(4)で求められる $a_0$ 、式(5)で求められる $a_n$ 、式(14)で求められる $G_y(0)$ 、式(24)で求められる $|G_y(j \times n \times \omega)|$ 、および、式(25)、式(26)で求められる $\angle G_y(j \times n \times \omega)$ を上記式(8)に代入することにより、電圧 $V(t)$ が得られる。

20

【0050】

次に、上記の方法によって求められた電圧 $V(t)$ と、電圧 $V(t)$ を入力することによって得られる加速度について行ったシミュレーションについて説明する。

【0051】

まず、リニアモータ100のパラメータを定義する。ここでは、可動部2の質量 $m$ および筐体7の質量 $M$ を、それぞれ、5gおよび100gとした。これにより、換算質量 $\mu$ は、上記式(23)を用いて、4.761904762と算出された。また、バネ部3aのバネ定数 $k_1$ およびバネ部3bのバネ定数 $k_2$ を、それぞれ、0.28N/mmおよび0.28N/mmとした。また、インピーダンスが最大となる角周波数 $\omega_0$ を、342.9rad/sとした。また、平面コイル4の抵抗 $R$ を、2とした。また、バネ部3aの減衰係数 $\gamma_1$ およびバネ部3bの減衰係数 $\gamma_2$ を、それぞれ、0.216および0.216とした。また、推力定数 $Kf$ および誘起電圧定数 $Ke$ を、それぞれ、0.29N/Aおよび0.29V/(m/s)とした。上記のパラメータから、図5に示すように、リニアモータ100のインピーダンスと加速度の周波数特性とが求められた。ここで、リニアモータ100の共振周波数は55Hzであった。

30

【0052】

そして、上記のように、リニアモータ100のインピーダンスの周波数特性から、式(19)によって $r_1$ を計算した。次に、リニアモータ100のインピーダンス $Z(\omega)$ が、式(20)を満たす角周波数 $\omega_1$ および $\omega_2$ を求めた。そして、式(24)~式(26)によって、 $|G_y(j \times n \times \omega)|$ 、および、 $\angle G_y(j \times n \times \omega)$ を求めた。なお、電圧 $V(t)$ の式(8)に含まれる係数 $a_0$ は、図3に示す理想的な加速度の波形と式(4)とから求めた。同様に、係数 $a_n$ は、図3に示す理想的な加速度の波形と式(5)とから求めた。さらに、伝達関数 $G_y(0)$ は、上記の定義されたパラメータ( $Kf$ 、 $M$ 、 $R$ 、 $\omega_0$ )と、式(14)とから求めた。そして、 $a_0$ 、 $a_n$ 、 $G_y(0)$ 、 $|G_y(j \times n \times \omega)|$ 、および、 $\angle G_y(j \times n \times \omega)$ の値を式(8)に代入することにより、電圧 $V(t)$ が得られた。

40

50

## 【 0 0 5 3 】

上記のシミュレーションの結果、図 6 に示す電圧  $V(t)$  の波形が得られた。なお、図 6 では、式 (8) に示される電圧  $V(t)$  において、 $a_1 \sim a_5$  ( $n = 1 \sim 5$ ) の 5 次の次数までを加算した。図 6 に示すように、電圧  $V(t)$  の波形は、正 (+) 側と負 (-) 側とで非対称な形状を有する交流状になることが確認された。また、図 6 に示す電圧  $V(t)$  をリニアモータ 100 の平面コイル 4 に印加するシミュレーションにより、図 7 に示すリニアモータ 100 の加速度の波形が得られた。なお、図 7 において、1 点鎖線により表される矩形の波形は、リニアモータ 100 の加速度の理想的な波形 (図 3 参照) である。図 7 に示すように、式 (8) に示される電圧  $V(t)$  において  $a_1 \sim a_5$  ( $n = 1 \sim 5$ ) の 5 次の次数までを加算した場合、理想的な加速度の波形 (1 点鎖線) と、シミュレーションによって得られた加速度の波形 (点線) とは、少しずれていることが判明した。なお、図 7 に示すリニアモータ 100 の加速度の波形の 1 周期を時間積分した場合、時間積分の値は略 0 になる。つまり、図 7 において斜線により示される領域 S3 および領域 S4 の面積は、略等しい。

10

## 【 0 0 5 4 】

次に、図 6 に示す電圧  $V(t)$  の波形を反転させた図 8 に示す電圧  $V(t)$  をリニアモータ 100 の平面コイル 4 に印加したシミュレーションにより、図 9 に示す加速度の波形が得られた。そして、図 9 に示す加速度の波形は、加速度が 0 の基準線に対して、図 7 に示す加速度の波形と略対称な形状になることが判明した。つまり、第 1 実施形態では、平面コイル 4 に印加する電圧  $V(t)$  の波形を反転させた場合、電圧  $V(t)$  の反転の前後で、加速度が 0 の基準線に対して、加速度の波形が略対称な形状になることが確認された。

20

## 【 0 0 5 5 】

次に、式 (8) に示される電圧  $V(t)$  において、 $a_1 \sim a_{10}$  ( $n = 1 \sim 10$ ) の 10 次の次数までを加算した場合、図 10 に示す電圧  $V(t)$  の波形がシミュレーションにより得られた。そして、図 10 に示す電圧  $V(t)$  をリニアモータ 100 の平面コイル 4 に印加したシミュレーションにより、図 11 に示す加速度の波形が得られた。図 11 に示すように、式 (8) に示される電圧  $V(t)$  において  $a_1 \sim a_{10}$  ( $n = 1 \sim 10$ ) の 10 次の次数までを加算した場合は、式 (8) に示される電圧  $V(t)$  において  $a_1 \sim a_5$  ( $n = 1 \sim 5$ ) の 5 次の次数までを加算した場合 (図 7 参照) と比べて、シミュレーションによって得られた加速度の波形 (点線) が理想的な加速度の波形 (1 点鎖線) により近づくことが確認された。これにより、式 (8) に示される電圧  $V(t)$  において、加算する次数 ( $n$ ) を大きくすればするほど、シミュレーションによって得られる加速度の波形が理想的な加速度の波形により近づくと考えられる。

30

## 【 0 0 5 6 】

また、図 10 に示す電圧  $V(t)$  の波形を反転させた図 12 に示す電圧  $V(t)$  をリニアモータ 100 の平面コイル 4 に印加したシミュレーションにより、図 13 に示す加速度の波形が得られた。そして、図 13 に示す加速度の波形は、加速度が 0 の基準線に対して、図 11 に示す加速度の波形と略対称な形状になることが判明した。つまり、平面コイル 4 に印加する電圧  $V(t)$  の波形を反転させた場合、電圧  $V(t)$  の反転の前後で、加速度が 0 の基準線に対して、加速度の波形が略対称な形状になることが確認された。

40

## 【 0 0 5 7 】

次に、図 14 を参照して、リニアモータ 100 が消費する電力  $P(W)$  の周波数特性について行ったシミュレーションについて説明する。

## 【 0 0 5 8 】

まず、このシミュレーションでは、リニアモータ 100 の共振周波数は 55 (Hz) であり、共振周波数 55 (Hz) の共振周波数に対応する共振角周波数  $\omega_0$  は、 $2\pi \times 55$  (rad/s) である。また、このシミュレーションでは、式 (8) に示される電圧  $V(t)$  において  $a_1 \sim a_5$  ( $n = 1 \sim 5$ ) の 5 次の次数までを加算した場合と、 $a_1 \sim a_{10}$  ( $n = 1 \sim 10$ ) の 10 次の次数までを加算した場合とについて、電力  $P(W)$  のシミュ

50

ュレーションを行った。そして、図 14 に示すように、5 次の次数までを加算した場合または 10 次の次数までを加算した場合のいずれにおいても、振動数が 52 Hz (角周波数が  $2 \times 52 \text{ rad/s}$ ) より小さい範囲では、電力  $P(W)$  は、振動数が増加するにつれて、急減に減少していることが判明した。また、周波数が 52 Hz (角周波数が  $2 \times 52 \text{ rad/s}$ ) 以上の範囲では、電力  $P(W)$  は、振動数が増加するにつれて、徐々に増加していることが判明した。つまり、周波数が 52 Hz (角周波数が  $2 \times 52 \text{ rad/s}$ ) の場合、電力  $P(W)$  が極小になることが確認された。また、リニアモータ 100 が消費する電力  $P(W)$  の極小値の 2 倍までをリニアモータ 100 が消費する電力  $P(W)$  として許容すると仮定した場合、許容される角周波数は、共振角周波数  $\omega_0$  の 3 分の 2 倍以上でかつ共振角周波数  $\omega_0$  の 2 倍以下 ( $2 \omega_0 / 3 < \omega < 2 \omega_0$ ) であることが確認された。

10

【0059】

第 1 実施形態によるリニアモータ 100 では、以下の効果を得ることができる。

【0060】

(1) 平面コイル 4 に波形が非対称な交流状の電圧を印加して、筐体 7 (リニアモータ 100) の振動方向の加速度の波形を加速度が 0 の基準線に対して一方方向側と他方向側とで非対称になるように構成した。これにより、平面コイル 4 に印加する電圧の波形を反転させた場合、平面コイル 4 に印加する電圧の波形が非対称であるので、電圧の波形の反転の前後において、筐体 7 (リニアモータ 100) を把持した場合に得られる力覚の方向を変化させることができる。

20

【0061】

(2) 交流状の電圧の波形を反転させた電圧を平面コイル 4 に印加した場合に、電圧  $V(t)$  の波形の反転の前後で筐体 7 (リニアモータ 100) の加速度の波形が、加速度が 0 の基準線に対して略対称になるように、平面コイル 4 に印加する電圧  $V(t)$  を調整した。これにより、平面コイル 4 に印加する交流状の電圧の波形を反転させて、リニアモータ 100 の一方方向側に引っ張られるように感じる力覚を、他方向側に引っ張られるように感じる力覚に切り替えた場合、把持したリニアモータ 100 の一方方向側と他方向側とで略同じ大きさの力覚を得ることができる。その結果、リニアモータ 100 の一方方向側に力覚を得る際と他方向側に力覚を得る際のそれぞれにおいて電圧の波形を求める場合と異なり、リニアモータ 100 の一方方向側と他方向側とで略同じ大きさの力覚を容易に得ることができる。

30

【0062】

(3) 平面コイル 4 に印加する電圧の波形を、正側と負側とで非対称になるように構成した。これにより、正弦波状の交流電圧のように正側と負側とで点对称な電圧を平面コイル 4 に印加する場合と異なり、リニアモータ 100 の構成を非対称にしなくても、容易に、リニアモータ 100 の振動方向の加速度の波形を、加速度が 0 の基準線に対して一方方向側と他方向側とで非対称にすることができる。その結果、リニアモータ 100 の構成を非対称にしなくても、容易に、一方方向側または他方向側の力覚を付与することができる。

【0063】

(4) パネ部 3a および 3b を、可動部 2 の移動方向に沿った方向の一方側と他方側とにそれぞれ配置するとともに、パネ部 3a および 3b を、可動部 2 の往復移動の中心線 C1 に対して略対称になるように配置した。これにより、パネ部が可動部 2 の移動方向に沿った方向の一方側または他方側のいずれか一方に配置される場合や、パネ部 3a および 3b が可動部 2 の往復移動の中心線 C1 に対して非対称に配置される場合と異なり、リニアモータ 100 の形状を可動部 2 の往復移動の中心線 C1 に対して対称にしやすいことができる。なお、可動部の往復移動の中心線に対して非対称な形状を有するリニアモータ (たとえば、可動部の一方側にはパネの弾性力が働き、他方側には永久磁石の磁界が働く場合など) に、非対称な波形を有する電圧を反転させて印加した場合、電圧の波形の反転の前後において、リニアモータの加速度は、加速度が 0 になる基準線に対して対称になら

40

50

ない。その結果、リニアモータを把持した場合に感じる力覚の大きさが、電圧の波形を反転させる前後において異なってしまう。

【0064】

(5) リニアモータ100の加速度の波形を、加速度が0の基準線に対して正側と負側とに変動するように構成し、周期性を有するリニアモータ100の加速度の波形の1周期Tにおける時間積分の値を略0になるように構成した。これにより、上記式(8)により表される電圧V(t)が発散するのを抑制することができる。

【0065】

(6) 理想的な形状を有するリニアモータ100(筐体7)の加速度の波形と、リニアモータ100のインピーダンスの周波数特性から導かれるインピーダンスZ( $\omega$ )および角周波数( $\omega_0$ 、 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ )とに基づいて、平面コイル4に印加する電圧V(t)の波形を求めた。これにより、理想的な形状を有する加速度の波形と、インピーダンスの周波数特性とから求められる電圧V(t)をリニアモータ100の平面コイル4に印加することにより、容易に、理想的な形状に近いリニアモータ100の加速度を得ることができる。

10

【0066】

(7) 振動するリニアモータ100(筐体7)の角周波数 $\omega$ を、振動するリニアモータ100の共振角周波数 $\omega_0$ の3分の2倍以上でかつ2倍以下になるように構成した。これにより、上記図14に示したように、リニアモータ100が消費する電力P(W)を極小値の2倍以下に抑制することができる。

20

【0067】

(8) 平面コイル4を可動部2の移動方向に沿って扁平状になるように渦巻状に形成した。これにより、コイルの巻き面が可動部の移動方向に対して直交する方向に配置される場合と比べて、コイルの巻き面による高さ方向への領域を設ける必要がなくなり、Z方向の厚みを小さくすることができる。その結果、ユーザに擬似力覚を知覚させるリニアモータ100の薄型化を実現することができる。

【0068】

(第2実施形態)

次に、図15~図18を参照して、第2実施形態について説明する。この第2実施形態では、1つの可動部2が設けられる上記第1実施形態と異なり、2つの第1可動部204および第2可動部205が設けられている。なお、第1可動部204および第2可動部205は、それぞれ、本発明の「第1の可動部」および「第2の可動部」の一例である。

30

【0069】

第2実施形態による加速度発生デバイス201は、図15に示すように、上側筐体202と、下側筐体203と、第1可動部204と、第2可動部205と、バネ部材206と、第1コイル基板207と、第2コイル基板208とから構成されている。上側筐体202および下側筐体203は、互いの開口部を嵌め合わせるにより直方体の筐体209を形成する。筐体209の内部には、第1可動部204、第2可動部205およびバネ部材206が収納されている。また、第1コイル基板207および第2コイル基板208は、下側筐体203に固定されている。

40

【0070】

加速度発生デバイス201は、第1コイル基板207および第2コイル基板208に電流を流すことにより、筐体209内において第1可動部204および第2可動部205を往復移動させ、バネ部材206で可動部の移動を受け止めて振動するように構成されている。上側筐体202および下側筐体203は、磁性材料から構成されており、第1可動部204および第2可動部205から生じる磁束が筐体209から外部へ漏出することを抑制している。

【0071】

上側筐体202は、矩形状の底面202aと、底面202aの長手方向に沿った側面202bと、底面202aの短手方向に沿った側面202cとから構成されている。また、

50

下側筐体 203 は、略矩形形状の底面 203 a と、底面 203 a の長手方向に沿った側面 203 b とから構成されている。上側筐体 202 および下側筐体 203 は、上側筐体 202 の側面 202 b および側面 202 c と、下側筐体 203 の側面 203 b とが嵌め合わされることにより筐体 209 を形成している。

#### 【0072】

下側筐体 203 の底面 203 a には、矩形形状の第 1 コイル基板 207 および第 2 コイル基板 208 と略同一形状を有する開口部 231 および 232 が形成されている。また、下側筐体 203 の 2 つの側面 203 b には、それぞれ、第 1 コイル基板 207 および第 2 コイル基板 208 の厚みに応じた開口部 233 および 234 が形成されている。第 1 コイル基板 207 は、開口部 231 および 233 に嵌め込まれることにより、下側筐体 203 に固定されている。また、第 2 コイル基板 208 は、開口部 232 および 234 に嵌め込まれることにより、下側筐体 203 に固定されている。

10

#### 【0073】

また、下側筐体 203 の底面 203 a の上面には、上側に突出した一对のレール 210 が形成されている。一对のレール 210 は、下側筐体 203 の長手方向 (X 方向) に沿って、X 方向の一端から開口部 231 までの間と、開口部 231 から開口部 232 までの間と、開口部 232 から他端までの間とに形成されている。レール 210 の断面形状は、角が削られた略円弧形状に形成されている。

#### 【0074】

なお、上側筐体 202、レール 210 および下側筐体 203 の表面には、フッ素樹脂加工が施されている。具体的には、ニムフロン処理 (ニムフロンは登録商標) が施されている。ニムフロン処理とは、摩擦係数の低いテフロン (登録商標) (ポリテトラフルオロエチレン: PTFE) と無電解 Ni との双方の特性を併せ持つメッキ処理である。ニムフロン処理は、無電解メッキ液に PTFE 粒子を混ぜてメッキすることにより行われる。

20

#### 【0075】

図 16 に示すように、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 は、それぞれ永久磁石 211 と、おもり 212 と、磁石カバー 213 とから構成されている。永久磁石 211 は、直方体形状を有し、フェライトやネオジウム等の強磁性材料から構成されている。永久磁石 211 は、その厚み方向 (Y 方向) に一对の磁極が着磁された第 1 磁石 211 a および第 2 磁石 211 b から構成されており、第 1 磁石 211 a と第 2 磁石 211 b とは互いに磁極が逆方向となっている。

30

#### 【0076】

おもり 212 は、直方体形状を有しており、おもり 212 の長手方向 (X 方向) および短手方向 (Z 方向) の幅は、永久磁石 211 の長手方向 (X 方向) および短手方向 (Z 方向) の幅よりも大きい。また、おもり 212 には、永久磁石 211 と略同一の形状を有した Y 方向に貫通する貫通孔 212 a が形成されている。貫通孔 212 a の内部には、永久磁石 211 が嵌め込まれており、永久磁石 211 は、接着剤等により貫通孔 212 a に固定されている。おもり 212 は、たとえば比重の大きい材料であるタングステン等から形成されている。なお、おもり 212 の Y 方向の厚みは、永久磁石 211 の Y 方向の厚みと略同一である。

40

#### 【0077】

磁石カバー 213 は、非磁性材料から構成されており、永久磁石 211 およびおもり 212 の上面を覆うとともに、X 方向側の両端部がおもり 212 の X 方向側の側面およびおもり 212 の下面の一部まで延びるように形成されている。磁石カバー 213 は、永久磁石 211 およびおもり 212 と接着剤等により固定されている。磁石カバー 213 は、たとえばりん青銅等により形成されている。なお、磁石カバー 213 の外面には、ニムフロン処理が施されている。

#### 【0078】

バネ部材 206 は、非磁性材料から構成されており、2 つの皿部 206 a および 206 b と、同一のバネ定数を有する 3 つの板バネ 206 c、206 d および 206 e とが一体

50



的に形成されている。バネ部材 206 の皿部 206 a には、第 1 可動部 204 が固定されるとともに、皿部 206 b には、第 2 可動部 205 が固定されている。また、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の移動方向 (X 方向) における両側面は、板バネ 206 c、206 d および 206 e によって挟みこんで支持されている。これにより、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の移動が、板バネ 206 c、206 d および 206 e により受け止められる。また、バネ部材 206 は、たとえば SUS 301 または SUS 304 等により形成されている。なお、板バネ 206 c、206 d および 206 e は、それぞれ、本発明の「第 1 弾性部材」、「第 2 弾性部材」および「第 3 弾性部材」の一例である。

#### 【0079】

皿部 206 a および 206 b は、磁石カバー 213 の上面と略同一の形状を有した皿状の部材であり、皿部 206 a および 206 b のそれぞれの下面と第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の上面とが接着されて固定されている。皿部 206 a および 206 b の中央部には、それぞれ、永久磁石 211 の磁極面と略同一の形状を有する開口部 261 および 262 が形成されている。

#### 【0080】

板バネ 206 c は、第 1 可動部 204 の X 2 方向側の側面と上側筐体 202 の側面 202 c との間に設けられるとともに、板バネ 206 d は、第 1 可動部 204 の X 1 方向側の側面と第 2 可動部 205 の X 2 方向側の側面との間に設けられている。また、板バネ 206 e は、第 2 可動部 205 の X 1 方向側の側面と上側筐体 202 の側面 202 c との間に設けられている。また、板バネ 206 c、206 d および 206 e は、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の移動を受け止めるために、それぞれ 1 つの屈曲点 X を有している。

#### 【0081】

次に、図 17 および図 18 を参照して、第 1 コイル基板 207 の構成について説明する。第 1 コイル基板 207 は、第 1 可動部 204 の永久磁石 211 の磁極面と平行になるように下側筐体 203 に配置されている。ここで、平行とは、互いに平行な状態だけでなく、永久磁石 211 を含む第 1 可動部 204 が往復移動する際の妨げにならない程度に平行な状態からずれた状態を含んでいる。

#### 【0082】

第 1 コイル基板 207 は、上層コイル 271 および下層コイル 272 が積層された平面コイル 273 と、配線層 274 と、ヨーク 275 とを含んでいる。第 1 コイル基板 207 の各構成要素は、上側からこの順に積層された絶縁性樹脂層 276、277 および 278 によって一体的に形成されている。なお、平面コイル 273 は、本発明の「第 1 のコイル」の一例である。

#### 【0083】

具体的には、絶縁性樹脂層 276 は上層コイル 271 を覆うとともに、絶縁性樹脂層 277 は下層コイル 272 およびヨーク 275 を覆っている。また、絶縁性樹脂層 278 は配線層 274 の一部を覆っている。絶縁性樹脂層 278 の下面には開口部 278 a (図 18 参照) が形成されており、開口部 278 a から配線層 274 が露出している。

#### 【0084】

平面コイル 273 の上層コイル 271 は、第 1 コイル基板 207 の外側から内側に向かって反時計回りに渦巻状に巻回されている。下層コイル 272 は、第 1 コイル基板 207 の内側から外側に向かって反時計回りに渦巻状に巻回されている。上層コイル 271 の内側の端部と、下層コイル 272 の内側の端部とは、第 1 コイル基板 207 の中心部近傍において互いに接続されている。上層コイル 271 の外側の端部は、第 1 コイル基板 207 の厚み方向に延びる接続線 279 を介して配線層 274 に接続されている。下層コイル 272 の外側の端部は、第 1 コイル基板 207 の厚み方向に延びる接続線 280 を介して配線層 274 に接続されている。平面コイル 273 は、第 1 コイル基板 207 の長手方向に沿って延びる複数のコイル線を含む領域 273 A および 273 B を有しており、領域ごとに同じ方向に電流が流れるように形成されている。

10

20

30

40

50

## 【0085】

配線層274は、平面コイル273の上層コイル271および下層コイル272に駆動電流を供給するためのものであり、配線層274は、駆動電流を制御するための駆動電流制御回路290に接続されている。駆動電流制御回路290は、所定の周期で平面コイル273に供給する駆動電流の方向を切り替える。なお、駆動電流制御回路290は、本発明の「制御部」の一例である。

## 【0086】

また、第2コイル基板208は、第1コイル基板207と平行に並んで、第2可動部205の永久磁石211の磁極面と対向して下側筐体203に配置されている。第2コイル基板208は、第1コイル基板207と同一の構成であり、上層コイル281および下層コイル282が積層された平面コイル283と、配線層284と、ヨーク285とを含んでいる。また、平面コイル283の上層コイル281および下層コイル282の外側の端部は、駆動電流制御回路290に接続されている。駆動電流制御回路290は、第1コイル基板207の平面コイル273および第2コイル基板208の平面コイル283に供給する駆動電流を独立して制御するように構成されている。なお、平面コイル283は、本発明の「第2のコイル」の一例である。

10

## 【0087】

以上のように、加速度発生デバイス201では、第1可動部204および第2可動部205において磁石カバー213がおもり212の下面まで延びているとともに、下側筐体203にレール210が形成されている。上述したように、下側筐体203の表面および磁石カバー213の外側にはニムフロン処理が施されているため、第1可動部204および第2可動部205が移動する場合に、磁石カバー213とレール210とが接触したとしても生じる摩擦を低減することができる。その結果、加速度発生デバイス201は、効率良く第1可動部204および第2可動部205を移動させることができるので、振動量を増大させることが可能となる。

20

## 【0088】

また、加速度発生デバイス201は、第1コイル基板207がヨーク275を備えているとともに、第2コイル基板208がヨーク285を備えており、上側筐体202および下側筐体203は磁性材料で構成されているので、永久磁石211が生じる磁束はヨークおよび筐体内を選択的に通過する。これにより、永久磁石211の磁束が筐体209の外側まで漏出することを抑制することが可能となる。

30

## 【0089】

次に、図19および図20を参照して、加速度発生デバイス201の動作について説明する。なお、図20の横軸は平面コイル273および283に駆動電流を供給してからの時間を示すとともに、縦軸は加速度発生デバイス201の振動量（加速度）を示している。また、縦軸の振動量は、X1方向の振動量を正、X2方向の振動量を負としている。

## 【0090】

まず、第1可動部204の移動について説明する。駆動電流制御回路290（図18参照）は、第1コイル基板207の平面コイル273に対し、配線層274を介して図18に示すA方向に駆動電流を供給する。これにより、図19に示すように、平面コイル273の領域273Aには、第1コイル基板207の長手方向に沿って紙面奥側から手前側、すなわちZ2方向に電流が流れる。また、平面コイル273の領域273Bには、第1コイル基板207の長手方向に沿って紙面手前側から奥側、すなわちZ1方向に電流が流れる。

40

## 【0091】

ここで、第1可動部204の永久磁石211の第1コイル基板207と対向する面のN極面211AとS極面211Bとの間において発生する磁界の向きは、N極面211A下においては、N極面211Aの表面から第1コイル基板207に向かった方向、すなわちY2方向となる。また、S極面211B下においては、第1コイル基板207からS極面211Bに向かった方向、すなわちY1方向となる。このように、第1可動部204の永

50

久磁石 211 が発生する磁界は、第 1 コイル基板 207 の平面コイル 273 の領域 273 A および 273 B を流れる電流の方向と直交することとなる。

【0092】

そのため、平面コイル 273 の各領域を流れる電流は、永久磁石 211 の磁界から X1 方向への力を受ける。すなわち、第 1 コイル基板 207 には、X1 方向への力が作用する。しかし、第 1 コイル基板 207 は下側筐体 203 に固定されているので、第 1 可動部 204 は反作用により X2 方向への力を受け、X2 方向に移動する。

【0093】

また、第 2 可動部 205 についても、第 1 可動部 204 と同様に、駆動電流制御回路 290 が第 2 コイル基板 208 の平面コイル 283 に対し、配線層 284 を介して図 18 に示す A 方向に駆動電流を供給することにより、第 2 可動部 205 は、X2 方向へ移動する。そして、所定時間後、駆動電流制御回路 290 が平面コイル 273 および 283 に供給する駆動電流の方向を A 方向から B 方向へ切り替えることにより、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 が X1 方向に移動する。

【0094】

このようにして、駆動電流制御回路 290 が所定の周波数で駆動電流の方向を切り替えることによって、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 は、X1 方向と X2 方向とに交互に往復移動する。

【0095】

このとき、駆動電流制御回路 290 は、平面コイル 273 に印加する交流電圧の周波数を、平面コイル 283 に印加する交流電圧の周波数の約 2 倍になるよう制御する。これにより、図 20 に示すように、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の一往復中における加速度の波形（時間変化）が、X1 方向（正の方向）に対する移動と X2 方向（負の方向）に対する移動とで非対称となる。その結果、ユーザに対して X1 方向への擬似力覚を提示することが可能となる。これは、第 1 可動部 204 の加速度と第 2 可動部 205 の加速度とが、互いに強め合ったり弱め合ったりすることを交互に繰り返すことにより生じる現象である。

【0096】

ここで、平面コイル 273 に印加する交流電圧と、平面コイル 283 に印加する交流電圧との位相差を調整することにより、ユーザに対して X1 方向または X2 方向の所望の方向への擬似力覚を提示することが可能となる。つまり、平面コイル 273 に印加する交流電圧と、平面コイル 283 に印加する交流電圧との位相差を調整することにより、加速度の波形が、加速度が 0 の基準線に対して、図 20 に示される波形の正負を反転させた波形を得ることが可能となる。

【0097】

第 2 実施形態による加速度発生デバイス 201 では、以下の効果を得ることができる。

【0098】

(9) 加速度発生デバイス 201 を、平面コイル 273 および平面コイル 283 と、パネ部材 206 と、永久磁石 211 とにより構成した。これにより、加速度発生デバイスを、パネ、永久磁石、ボビンおよびコイルなどにより構成する場合と異なり、構成を簡易にすることができる。また、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の一往復中における加速度の波形が、正の方向に対する移動と負の方向に対する移動とで非対称となるように、平面コイル 273 および平面コイル 283 に流れる電流を制御するように駆動電流制御回路 290 を構成した。これにより、加速度発生デバイスを、パネ、永久磁石、ボビンおよびコイルなどにより構成して、パネ、永久磁石およびボビンなどの相対的な位置を調整して擬似力覚を発生させる場合と異なり、容易に、任意の方向に擬似力覚を発生させることができる。

【0099】

(10) 平面コイル 273 に印加する交流電圧の周波数を、平面コイル 283 に印加する交流電圧の周波数の約 2 倍にした。これにより、ユーザに対して X1 方向または X2 方

10

20

30

40

50

向に明確な擬似力覚を提示することができる。なお、平面コイル 273 に印加する交流電圧の周波数は、平面コイル 283 に印加する交流電圧の周波数の約 2 倍に限られず、1.5 倍以上 2.5 倍以下の間であればよい。また、平面コイル 283 に印加する交流電圧の周波数を、平面コイル 273 に印加する交流電圧の周波数の 1.5 倍以上 2.5 倍以下としてもよい。平面コイル 273 および 283 に印加する交流電圧の周波数の比率を 1.5 倍以上 2.5 倍以下とすることにより、ユーザに対して X1 方向または X2 方向に明確な擬似力覚を提示することができる。

【0100】

また、平面コイル 273 に印加する交流電圧および平面コイル 283 に印加する交流電圧の周波数を同一とし、位相差を調整することによっても上述した効果と同一の効果を得ることができる。

10

【0101】

さらに、平面コイル 273 および 283 に印加する交流電圧の周波数の比率を 1.5 倍以上 2.5 倍以下に固定しつつ、各周波数を連続的に変化させる構成であっても上述した効果と同一の効果を得ることができる。

【0102】

(第3実施形態)

次に、図 21 を参照して、本発明の第 3 実施形態について説明する。この第 3 実施形態では、第 1 コイル基板 207 と第 2 コイル基板 208 とが隣接するように配置されている上記第 2 実施形態と異なり、第 1 コイル基板 207 と第 2 コイル基板 208 とが互いに積層されている。なお、第 2 実施形態の加速度発生デバイス 201 と同一の機能を有する構成要素については、同一の符号を付して説明は省略する。

20

【0103】

第 3 実施形態による加速度発生デバイス 301 は、図 21 に示すように、第 1 コイル基板 207 と第 2 コイル基板 208 とが互いに積層されている。第 1 コイル基板 207 の第 2 コイル基板 208 と接触している面とは反対側の面と対向するように、第 1 可動部 204 が配置されており、第 2 コイル基板 208 の第 1 コイル基板 207 と接触している面とは反対側の面と対向するように、第 2 可動部 205 が配置されている。ここで、第 1 コイル基板 207 と第 2 コイル基板 208 とは、配線層 274 および 284 が露出している面 (図 18 参照) が重ね合わされるように積層されている。

30

【0104】

また、加速度発生デバイス 301 は、第 1 パネ部材 361 と、第 2 パネ部材 362 とを備えている。第 1 パネ部材 361 は、非磁性材料から構成されており、1 つの皿部 361a と、2 つの板パネ 361b および 361c とが一体的に形成されている。第 1 パネ部材 361 では、皿部 361a には、第 1 可動部 204 が固定されているとともに、第 1 可動部 204 の移動方向 (X 方向) における両側面が板パネ 361b および 361c によって挟みこんで支持されている。これにより、第 1 可動部 204 の移動が第 1 パネ部材 361 により受け止められる。また、第 2 パネ部材 362 も、第 1 パネ部材 361 と同様の構成であり、第 2 可動部 205 の移動が第 2 パネ部材 362 により受け止められる。なお、第 1 パネ部材 361 および第 2 パネ部材 362 は、それぞれ同一のパネ定数を有している。また、第 1 パネ部材 361 および第 2 パネ部材 362 は、それぞれ、本発明の「第 4 弾性部材」および「第 5 弾性部材」の一例である。

40

【0105】

なお、加速度発生デバイス 301 のその他の構成および動作は、第 2 実施形態の加速度発生デバイス 201 と同一であるので、ここでは説明は省略する。また、第 3 実施形態の加速度発生デバイス 301 の効果は、上記第 2 実施形態の加速度発生デバイス 201 と同様である。

【0106】

ただし、加速度発生デバイス 301 では、第 1 可動部 204、第 2 可動部 205、第 1 コイル基板 207 および第 2 コイル基板 208 の位置関係を調整することにより、第 1 可

50

動部 204 および第 2 可動部 205 に対し、X1 方向および X2 方向への移動に加え、Y1 方向および Y2 方向への移動も生じさせることが可能である。これにより、加速度発生デバイス 301 は、ユーザに対し、より多様な疑似力覚を提示することができる。

#### 【0107】

(第 4 実施形態)

次に、図 22 を参照して、本発明の第 4 実施形態について説明する。この第 4 実施形態では、第 1 可動部 204 と第 2 可動部 205 とが、第 1 可動部 204 と第 2 可動部 205 とが移動する方向に沿って配置されている上記第 2 実施形態と異なり、第 1 可動部 204 と第 2 可動部 205 とが、第 1 可動部 204 と第 2 可動部 205 とが移動する方向と交差する方向に沿って配置されている。

10

#### 【0108】

加速度発生デバイス 302 は、第 2 実施形態の加速度発生デバイス 201 のように、第 1 可動部 204 と第 2 可動部 205 とが直列に配置された構成ではなく、第 1 可動部 204 と第 2 可動部 205 とが並列に配置されている。つまり、第 1 可動部 204 と第 2 可動部 205 とが、第 1 可動部 204 と第 2 可動部 205 とが移動する Z 方向と交差する X 方向に沿って配置されている。なお、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 は、第 1 パネ部材 361 および第 2 パネ部材 362 にそれぞれ支持されている。

#### 【0109】

また、加速度発生デバイス 302 のその他の構成および動作は、上記第 2 実施形態の加速度発生デバイス 201 と同一であるので、ここでは説明は省略する。また、加速度発生デバイス 302 は、加速度発生デバイス 201 と同一の効果を奏する。

20

#### 【0110】

(第 5 実施形態)

次に、図 23 ~ 図 26 を参照して、本発明の第 5 実施形態について説明する。この第 5 実施形態では、1 つの可動部 2 に対して、1 つの平面コイル 4 が設けられている上記第 1 実施形態と異なり、1 つの可動部 404 に対して、2 つの平面コイル 463 と平面コイル 473 とが設けられている。

#### 【0111】

加速度発生デバイス 401 は、図 23 および図 24 に示すように、上側筐体 402 と、下側筐体 403 と、可動部 404 と、パネ部材 405 と、第 1 コイル基板 406 と、第 2 コイル基板 407 とから構成されている。上側筐体 402 および下側筐体 403 は、互いの開口部を嵌め合わせるにより直方体の筐体 408 を形成する。筐体 408 の内部には、可動部 404 およびパネ部材 405 が収納されている。また、筐体 408 の内側において、第 1 コイル基板 406 は上側筐体 402 に固定されているとともに、第 2 コイル基板 407 は下側筐体 403 に固定されている。

30

#### 【0112】

加速度発生デバイス 401 は、第 1 コイル基板 406 および第 2 コイル基板 407 に電流を流すことにより、筐体 408 内において可動部 404 を往復移動させ、パネ部材 405 で可動部 404 の移動を受け止めて振動する構成である。上側筐体 402 および下側筐体 403 は磁性材料から構成されており、可動部 404 から発生する磁束が筐体 408 から外部へ漏出することを抑制している。

40

#### 【0113】

上側筐体 402 は、矩形状の底面 402a と、底面 402a の長手方向に沿った側面 402b と、底面 402a の短手方向に沿った側面 402c とから構成されている。また、下側筐体 403 は、略矩形状の底面 403a と、底面 403a の長手方向に沿った側面 403b とから構成されている。上側筐体 402 および下側筐体 403 は、上側筐体 402 の側面 402b および側面 402c と、下側筐体 403 の側面 403b とが嵌め合わされることにより筐体 408 を形成している。

#### 【0114】

上側筐体 402 の底面 402a には、矩形状の第 1 コイル基板 406 と略同一形状を有

50

する開口部 402 d が形成されている。また、上側筐体 402 の側面 402 b には、第 1 コイル基板 406 の厚みに応じた開口部 402 e が形成されている。第 1 コイル基板 406 は、開口部 402 d および 402 e に嵌め込まれることにより、上側筐体 402 に固定されている。

#### 【0115】

同様に、下側筐体 403 の底面 403 a には、矩形状の第 2 コイル基板 407 と略同一形状を有する開口部 403 d が形成されている。また、下側筐体 403 の側面 403 b には、第 2 コイル基板 407 の厚みに応じた開口部 403 e が形成されている。第 2 コイル基板 407 は、開口部 403 d および 403 e に嵌め込まれることにより、下側筐体 403 に固定されている。

#### 【0116】

また、下側筐体 403 の底面 403 a の上面には、上側に突出した一对のレール 409 が形成されている。一对のレール 409 は、下側筐体 403 の長手方向 (X 方向) に沿って、X 方向の一端から開口部 403 d までの間と、開口部 403 d から他端までの間とに形成されている。また、一对のレール 409 は、並行に延びるように形成されている。レール 409 の断面形状は、角が削られた略円弧形状に形成されている。

#### 【0117】

なお、上側筐体 402、レール 409 および下側筐体 403 の表面は、フッ素樹脂加工が施されている。具体的には、ニムフロン処理 (ニムフロンは登録商標) が施されている。ニムフロン処理とは、摩擦係数の低いテフロン (登録商標) (ポリテトラフルオロエチレン: PTFE) と無電解 Ni との双方の特性を併せ持つメッキ処理である。ニムフロン処理は、無電解メッキ液に PTFE 粒子を混ぜてメッキすることにより行われる。

#### 【0118】

図 24 に示すように、可動部 404 は、永久磁石 410 と、おもり 411 と、磁石カバー 412 とから構成されている。永久磁石 410 は、直方体形状を有し、フェライトやネオジウム等の強磁性材料から構成されている。永久磁石 410 は、その厚み方向 (Y 方向) に一对の磁極が着磁された第 1 磁石 410 a および第 2 磁石 410 b から構成されており、第 1 磁石 410 a と第 2 磁石 410 b とは互いに磁極が逆方向となっている。

#### 【0119】

おもり 411 は、直方体形状を有し、おもり 411 の長手方向 (X 方向) および短手方向 (Z 方向) の幅は、永久磁石 410 の長手方向 (X 方向) および短手方向 (Z 方向) の幅よりも大きい。また、おもり 411 には、永久磁石 410 と略同一の形状を有し、Y 方向に貫通する貫通孔 411 a が形成されている。貫通孔 411 a の内部には、永久磁石 410 が嵌め込まれており、接着剤等により固定されている。おもり 411 は、たとえば比重の大きい材料であるタングステン等から形成されている。なお、おもり 411 の Y 方向の厚みは、永久磁石 410 の Y 方向の厚みと同一である。

#### 【0120】

磁石カバー 412 は、非磁性材料から構成されており、永久磁石 410 およびおもり 411 の上面を覆うとともに、X 方向側の両端部がおもり 411 の X 方向側の側面およびおもり 411 の下面の一部まで延びるように形成されている。磁石カバー 412 は、永久磁石 410 およびおもり 411 と接着剤等により固定されている。磁石カバー 412 は、たとえばりん青銅等により形成されている。なお、磁石カバー 412 の外面には、ニムフロン処理が施されている。

#### 【0121】

バネ部材 405 は、非磁性材料から構成されており、皿部 405 a と、2 つの板バネ 405 b および 405 c とが一体的に形成されている。バネ部材 405 は、皿部 405 a と可動部 404 とを固定し、可動部 404 の移動方向 (X 方向) における両側面を板バネ 405 b および 405 c によって挟みこんで支持している。これにより、可動部 404 の移動がバネ部材 405 により受け止められる。バネ部材 405 は、たとえば SUS301 または SUS304 等により形成されている。なお、板バネ 405 c および 405 b は、そ

10

20

30

40

50

れぞれ、本発明の「第1弾性部材」および「第2弾性部材」の一例である。

【0122】

皿部405aは、磁石カバー412の上面と略同一の形状を有した皿状の部材であり、皿部405aの下面と可動部404の上面とが接着されることにより固定されている。皿部405aの中央部には、永久磁石410の磁極面と略同一の形状を有する開口部451が形成されている。

【0123】

板バネ405bおよび405cは、可動部404のX方向の両側面と上側筐体402の側面402c(図23参照)との間に設けられている。具体的には、板バネ405bおよび405cは、板バネ405bおよび405cの一端側において皿部405aに接続されており、他端側において上側筐体402の側面402cに固定されている。また、板バネ405bおよび405cは、可動部404の移動を受け止めるために、可動部404の側面と上側筐体402の側面402cとの間で、1つの屈曲点Xを有している。これにより、板バネ405bおよび405cは、可動部404に対して、X方向に沿って互いに逆方向に付勢し合う。

10

【0124】

図23に示すように、第1コイル基板406は、永久磁石410の一方の磁極面と平行になるように上側筐体402に配置されている。ここで、平行とは、互いに平行な状態だけでなく、永久磁石410を含む可動部404が往復移動する際の妨げにならない程度に平行な状態からずれた状態を含んでいる。

20

【0125】

図25に示すように、第1コイル基板406は、上層コイル461および下層コイル462が積層された平面コイル463と、配線層464と、ヨーク465とを含んでいる。第1コイル基板406の各構成要素は、上側からこの順に積層された絶縁性樹脂層466、467および468によって一体的に形成されている。なお、平面コイル463は、本発明の「第1のコイル」の一例である。

【0126】

具体的には、絶縁性樹脂層466は配線層464の一部を覆っているとともに、絶縁性樹脂層467はヨーク465および上層コイル461を覆っている。また、絶縁性樹脂層468は下層コイル462を覆っている。図26に示すように、絶縁性樹脂層466の上面には開口部466aが形成されており、開口部466aから配線層464が露出している。

30

【0127】

平面コイル463の上層コイル461は、第1コイル基板406の外側から内側に向かって反時計回りに渦巻状に巻回されている。下層コイル462は、第1コイル基板406の内側から外側に向かって反時計回りに渦巻状に巻回されている。上層コイル461の内側の端部と、下層コイル462の内側の端部とは、第1コイル基板406の中心部近傍において互いに接続されている。上層コイル461の外側の端部は、第1コイル基板406の厚み方向に延びる接続線469を介して配線層464に接続されている。下層コイル462の外側の端部は、第1コイル基板406の厚み方向に延びる接続線470を介して配線層464に接続されている。また、図26に示すように、平面コイル463は、第1コイル基板406の長手方向に沿って延びる複数のコイル線を含む領域463Aおよび463Bを有しており、領域ごとに同じ方向に電流が流れるように形成されている。

40

【0128】

配線層464は、平面コイル463の上層コイル461および下層コイル462に駆動電流を供給するためのものであり、駆動電流を制御するための駆動電流制御回路490と接続されている。駆動電流制御回路490は、所定の周期で平面コイル463に供給する駆動電流の方向を切り替える。

【0129】

また、図25に示すように、第2コイル基板407は、第1コイル基板406と同一の

50

構成であり、第1コイル基板406とは上下逆向きの状態で永久磁石410の他方の磁極面と平行になるように下側筐体403に配置(図23参照)されている。具体的には、第2コイル基板407は、上層コイル471および下層コイル472が積層された平面コイル473と、配線層474と、ヨーク475とを含んでいる。また、平面コイル473の上層コイル471および下層コイル472の外側の端部は、配線層474を介して駆動電流制御回路490に接続されている。駆動電流制御回路490は、平面コイル463に供給する駆動電流と平面コイル473に供給する駆動電流とを独立して制御しており、所定の周期で平面コイル473に供給する駆動電流の方向を切り替える。なお、平面コイル473は、本発明の「第2のコイル」の一例である。

【0130】

また、図26に示すように、平面コイル473は、第2コイル基板407の長手方向に沿って延びる複数のコイル線を含む領域473Aおよび473Bを有しており、領域ごとに同じ方向に電流が流れるように形成されている。なお、平面コイル463の領域463Aと463Bとは、それぞれ、平面コイル473の領域473Aと473Bとに重畳するように配置されている。

【0131】

以上のように、加速度発生デバイス401では、可動部404において磁石カバー412がおもり411の下面まで延びているとともに、下側筐体403にレール409が形成されている。上述したように、下側筐体403の表面および磁石カバー412の外面にはニムフロン処理が施されているため、可動部404が移動する場合に、磁石カバー412とレール409とが接触したとしても生じる摩擦を低減することが可能となる。その結果、加速度発生デバイス401は、可動部404を効率良く移動させることができ、振動量を増大させることが可能となる。

【0132】

また、加速度発生デバイス401は、第1コイル基板406がヨーク465を備えるとともに、第2コイル基板407がヨーク475を備えており、上側筐体402および下側筐体403は磁性材料で構成されているため、永久磁石410が生じる磁束はヨークおよび筐体内を選択的に通過する。そのため、永久磁石410の磁束が筐体408の外部まで漏出することを抑制することが可能となる。

【0133】

次に、図20、図26および図27を参照して、加速度発生デバイス401の動作について説明する。

【0134】

まず、駆動電流制御回路490は、第1コイル基板406の平面コイル463に対し、配線層464を介して図26に示すA方向に駆動電流を供給する。これにより、平面コイル463の領域463Aには、第1コイル基板406の長手方向に沿って紙面奥側から手前側、すなわちZ2方向に電流が流れる。また、平面コイル463の領域463Bには、第1コイル基板406の長手方向に沿って紙面手前側から奥側、すなわちZ1方向に電流が流れる。

【0135】

また、駆動電流制御回路490は、第2コイル基板407の平面コイル473に対し、配線層474を介して図26に示すB方向に駆動電流を供給する。これにより、平面コイル473の領域473Aには、第2コイル基板407の長手方向に沿って紙面手前側から奥側、すなわちZ1方向に電流が流れる。また、平面コイル473の領域473Bには、第2コイル基板407の長手方向に沿って紙面奥側から手前側、すなわちZ2方向に電流が流れる。

【0136】

ここで、永久磁石410の第1コイル基板406と対向する面のN極面410AとS極面410Bとの間において発生する磁界の向きは、N極面410A上においては、N極面410Aの表面から第1コイル基板406に向かった方向(Y1方向)となる。また、S

10

20

30

40

50



極面 4 1 0 B 上においては、第 1 コイル基板 4 0 6 から S 極面 4 1 0 B に向かった方向 ( Y 2 方向 ) となる。

【 0 1 3 7 】

また、永久磁石 4 1 0 の第 2 コイル基板 4 0 7 と対向する面の N 極面 4 1 0 C と S 極面 4 1 0 D との間において発生する磁界の向きは、N 極面 4 1 0 C 下においては、N 極面 4 1 0 C の表面から第 2 コイル基板 4 0 7 に向かった方向 ( Y 2 方向 ) となる。また、S 極面 4 1 0 D 下においては、第 2 コイル基板 4 0 7 から S 極面 4 1 0 D に向かった方向 ( Y 1 方向 ) となる。このように、永久磁石 4 1 0 が発生する磁界は、平面コイル 4 6 3 および 4 7 3 の各領域を流れる電流の方向と直交することとなる。

【 0 1 3 8 】

これにより、平面コイル 4 6 3 および 4 7 3 の各領域を流れる電流は、永久磁石 4 1 0 の磁界から X 2 方向への力を受ける。すなわち、第 1 コイル基板 4 0 6 および第 2 コイル基板 4 0 7 には、X 2 方向への力が作用する。しかし、第 1 コイル基板 4 0 6 は上側筐体 4 0 2 に固定されており、第 2 コイル基板 4 0 7 は下側筐体 4 0 3 に固定されているので、可動部 4 0 4 は反作用により X 1 方向への力を受け、X 1 方向に移動する。

【 0 1 3 9 】

そして、所定時間後、駆動電流制御回路 4 9 0 が平面コイル 4 6 3 に供給する駆動電流の方向を A 方向から B 方向へ切り替えるとともに、平面コイル 4 7 3 に供給する駆動電流の方向を B 方向から A 方向へ切り替えることにより、可動部 4 0 4 が X 2 方向に移動する。このようにして、駆動電流制御回路 4 9 0 が所定の周波数で駆動電流の方向を切り替えることによって、可動部 4 0 4 は X 1 方向と X 2 方向とに交互に往復移動する。

【 0 1 4 0 】

このとき、駆動電流制御回路 4 9 0 は、平面コイル 4 6 3 に印加する交流電圧の周波数を、平面コイル 4 7 3 に印加する交流電圧の周波数の約 2 倍になるよう制御する。これにより、図 2 0 に示すように、可動部 4 0 4 の一往復中における加速度の波形 ( 時間変化 ) が、X 1 方向 ( 正の方向 ) に対する移動と X 2 方向 ( 負の方向 ) に対する移動とで非対称となる。その結果、ユーザに対して X 1 方向への擬似力覚を提示することが可能となる。これは、平面コイル 4 6 3 に駆動電流を供給することにより生じる可動部 4 0 4 の加速度と、平面コイル 4 7 3 に電流を流すことにより生じる可動部 4 0 4 の加速度とが、互いに強め合ったり弱め合ったりすることを交互に繰り返すことにより生じる現象である。

【 0 1 4 1 】

ここで、平面コイル 4 6 3 に印加する交流電圧と、平面コイル 4 7 3 に印加する交流電圧との位相差を調整することにより、ユーザに対して X 1 方向または X 2 方向の所望の方向への擬似力覚を提示することが可能となる。

【 0 1 4 2 】

第 5 実施形態による加速度発生デバイス 4 0 1 では、以下の効果を得ることができる。

【 0 1 4 3 】

( 1 1 ) 加速度発生デバイス 4 0 1 を、平面コイル 4 6 3 および平面コイル 4 7 3 と、バネ部材 4 0 5 と、永久磁石 4 1 0 とにより構成した。これにより、加速度発生デバイスを、バネ、永久磁石、ボビンおよびコイルなどにより構成する場合と異なり、構成を簡易にすることができる。また、可動部 4 0 4 の一往復中における加速度の波形が、正の方向に対する移動と負の方向に対する移動とで非対称となるように、平面コイル 4 6 3 および平面コイル 4 7 3 に流れる電流を制御するように駆動電流制御回路 4 9 0 を構成した。これにより、加速度発生デバイスを、バネ、永久磁石、ボビンおよびコイルなどにより構成して、バネ、永久磁石およびボビンなどの相対的な位置を調整して擬似力覚を発生させる場合と異なり、容易に、任意の方向に擬似力覚を発生させることができる。

【 0 1 4 4 】

( 1 2 ) 平面コイル 4 6 3 に印加する交流電圧の周波数を、平面コイル 4 7 3 に印加する交流電圧の周波数の約 2 倍にした。これにより、ユーザに対して X 1 方向または X 2 方向に明確な擬似力覚を提示することができる。なお、平面コイル 4 6 3 に印加する交流電

10

20

30

40

50

圧の周波数は、平面コイル 473 に印加する交流電圧の周波数の約 2 倍に限られず、1.5 倍以上 2.5 倍以下の間であればよい。また、平面コイル 473 に印加する交流電圧の周波数を、平面コイル 463 に印加する交流電圧の周波数の約 1.5 倍以上 2.5 倍以下としてもよい。平面コイル 463 および 473 に印加する交流電圧の周波数の比率を 1.5 倍以上 2.5 倍以下とすることにより、ユーザに対して X1 方向または X2 方向に明確な擬似力覚を提示することができる。

【0145】

また、平面コイル 463 および 473 に印加する交流電圧の周波数の比率を 1.5 倍以上 2.5 倍以下に固定しつつ、各周波数を連続的に変化させる構成であっても上述した効果と同一の効果を得ることができる。

【0146】

(第 6 実施形態)

次に、図 28 を参照して、本発明の第 6 実施形態について説明する。この第 6 実施形態では、第 1 コイル基板 406 と第 2 コイル基板 407 とが、それぞれ、永久磁石 410 の Y1 方向側と Y2 方向側とに配置されている上記第 5 実施形態と異なり、第 1 コイル基板 406 が、永久磁石 410 の X2 方向側に配置されるとともに、第 2 コイル基板 407 が、永久磁石 410 の Y2 方向側に配置されている。

【0147】

加速度発生デバイス 402 は、図 28 に示すように、第 5 実施形態の加速度発生デバイス 401 と異なり、第 1 コイル基板 406 が筐体 408 の上面ではなく側面に配置されている。なお、その他の構成は加速度発生デバイス 401 と同一であるので、ここでは説明は省略する。なお、第 1 コイル基板 406 と可動部 404 との間に設けられる板バネ 405b は、本発明の「第 3 弾性部材」の一例である。

【0148】

次に、加速度発生デバイス 402 の動作について説明する。駆動電流制御回路 490 は、第 2 コイル基板 407 の平面コイル 473 に対し、図 26 に示す B 方向に駆動電流を供給する。この場合、第 5 実施形態と同様に、平面コイル 473 を流れる電流が永久磁石 410 の磁束から X2 方向の力を受けるとともに、電流が受ける力の反作用により可動部 404 を X1 方向に移動させる力が働く。

【0149】

また、駆動電流制御回路 490 は、第 1 コイル基板 406 の平面コイル 463 に対し、図 26 に示す A 方向に駆動電流を供給する。このとき、平面コイル 463 を流れる電流は、永久磁石 410 の磁束と斜めに交わる。そのため、平面コイル 463 を流れる電流は、永久磁石 410 の磁束から X2 方向、Y1 方向および Y2 方向の力を受ける。Y1 方向の力と Y2 方向の力とは互いに打ち消しあうため、平面コイル 463 を流れる電流は X2 方向にのみ力を受けて、電流が受ける力の反作用により可動部 404 を X1 方向に移動させる力が働く。

【0150】

このようにして、平面コイル 463 に対して図 26 に示す A 方向に駆動電流を供給するとともに、平面コイル 473 に対して図 26 に示す B 方向に駆動電流を供給することにより、可動部 404 は X1 方向へ移動する。そして、所定時間後、駆動電流制御回路 490 が平面コイル 463 に供給する駆動電流の方向を A 方向から B 方向へ切り替えるとともに、平面コイル 473 に供給する駆動電流の方向を B 方向から A 方向へ切り替えることにより、可動部 404 が X2 方向に移動する。

【0151】

このとき、上記第 5 実施形態と同様に、駆動電流制御回路 490 は、平面コイル 463 に印加する交流電圧の周波数を、平面コイル 473 に印加する交流電圧の周波数の 1.5 倍以上 2.5 倍以下、特に約 2 倍になるよう制御する。これにより、可動部 404 の一往復中における加速度の波形(時間変化)が、X1 方向に対する移動と X2 方向に対する移動とで非対称となる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 5 2 】

ここで、平面コイル 4 6 3 に印加する交流電圧と、平面コイル 4 7 3 に印加する交流電圧との位相差を調整することにより、ユーザに対して X 1 方向または X 2 方向の所望の方向への擬似力覚を提示することが可能となる。

## 【 0 1 5 3 】

また、第 6 実施形態では、筐体 4 0 8 の X 2 方向側の側面にのみコイル基板が配置された構成であるが、筐体 4 0 8 の X 1 方向側および X 2 方向側の両側面にコイル基板が配置された構成であってもよい。

## 【 0 1 5 4 】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

10

## 【 0 1 5 5 】

たとえば、上記第 1 実施形態では、理想的な加速度の波形として矩形状の波形を用いる例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、加速度の波形が、加速度が 0 の基準線に対して非対称であればよい。

## 【 0 1 5 6 】

また、上記第 1 実施形態では、理想的な形状を有する加速度の波形と、リニアモータのインピーダンスの周波数特性とから、電圧  $V(t)$  を求める例を示したが、本発明はこれ

20

## 【 0 1 5 7 】

また、上記第 1 実施形態では、1つの平面コイルと1つの可動部とを有するリニアモータを用いる例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、可動部の移動方向に隣接して配置される2つの平面コイルと、1つの可動部とを有するリニアモータを用いてもよい。この場合、2つの平面コイルにより発生する磁界の向きはそれぞれ異なる。また、可動部は、平面コイルと対向する側が N 極または S 極の一方であり、平面コイルと対向する側と反対側が N 極または S 極の他方である永久磁石からなる。

## 【 0 1 5 8 】

また、上記第 1 実施形態では、本発明の渦巻状のコイルの一例として平面コイルを用いる例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、可動部の移動方向と直交する方向に所定の厚みを有するコイルでもよい。

30

## 【 0 1 5 9 】

また、上記第 1 実施形態では、1つの平面コイルを有するリニアモータを用いる例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、可動部の移動方向と直交する方向に複数の平面コイルを積層してもよい。

## 【 0 1 6 0 】

また、上記第 1 実施形態では、可動部の移動方向に沿った方向の一方側と他方側とにそれぞれバネ部が配置される例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、可動部の移動方向に沿った方向の一方側または他方側のいずれか一方にだけバネ部を配置してもよい。

40

## 【 0 1 6 1 】

また、上記第 1 実施形態では、リニアモータが可動部の往復移動の中心線に対して構造的に略対称な形状を有する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、可動部の往復移動の中心線に対して構造的に非対称な形状を有するリニアモータにも適用可能である。

## 【 0 1 6 2 】

また、上記第 1 実施形態では、可動部の移動方向に沿った方向の一方側と他方側とにそれぞれ配置されるバネ部 3 a および 3 b のバネ定数 ( $k_1$  および  $k_2$ ) が等しい例を示し

50

たが、本発明はこれに限られない。たとえば、バネ部 3 a および 3 b のバネ定数を異ならせてもよい。

【0163】

また、上記第 1 実施形態では、平面コイルの表面に沿った方向に沿って往復移動する可動部が設けられる例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、図 29 に示すように、円筒形の筐体 11 と、筐体 11 の内部に収納され、X 方向側に磁極面 (N 極、S 極) を有する永久磁石 12 と、筐体 11 の外周に巻回され、互いに逆方向の電圧 (電流) が印加されるコイル 13 およびコイル 14 とを備えるリアモータ 101 にも適用可能である。そして、コイル 13 およびコイル 14 が発生する磁界と、永久磁石 12 の磁界とによって、永久磁石 12 が X 方向に往復移動するように構成されている。

10

【0164】

また、上記第 2 実施形態では、バネ部材 206 の板バネ 206 c、206 d および 206 e は、同一のバネ定数を有している例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、板バネ 206 c と板バネ 206 e とが異なるバネ定数を有していてもよい。そして、加速度発生デバイス 201 は、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の 2 つの可動部を備えているため、板バネ 206 c と板バネ 206 e とのバネ定数を異ならせた場合、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 は、それぞれ異なる周波数で共振する。そのため、第 1 可動部 204 の共振周波数と第 2 可動部 205 の共振周波数との比率を約 2 倍とするとともに、平面コイル 273 および 283 に印加する交流電圧の周波数の比率を約 2 倍とした場合、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の一往復中における加速度の波形 (時間変化) が、X1 方向に対する移動と X2 方向に対する移動とで非対称となる。

20

【0165】

ここで、駆動電流制御回路 290 が、平面コイル 273 に印加する交流電圧の周波数と、平面コイル 283 に印加する交流電圧の周波数との位相差を調整することにより、ユーザに対して X1 方向または X2 方向の所望の方向への擬似力覚を提示することが可能となる。

【0166】

なお、第 1 可動部 204 の共振周波数は、板バネ 206 c のバネ定数に関係しているとともに、第 2 可動部 205 の共振周波数は、板バネ 206 e のバネ定数に関係している。したがって、平面コイル 273 および 283 に同一の周波数を有する交流電圧を印加した場合において、板バネ 206 c および 206 e のバネ定数を、第 1 可動部 204 の共振周波数と第 2 可動部 205 の共振周波数との比率が約 2 倍となるように設定する。このとき、板バネ 206 d のバネ定数は、ユーザに対して X1 方向または X2 方向の所望の方向への擬似力覚を提示するという効果には影響を与えない。

30

【0167】

このように、板バネ 206 c および 206 e のバネ定数を異ならせることにより、第 2 実施形態と比較して、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の加速度の非対称性を大きくすることができる。

【0168】

なお、第 1 可動部 204 の共振周波数と第 2 可動部 205 の共振周波数との比率は約 2 倍に限られず、1.5 倍以上 2.5 倍以下の間であればよい。また、平面コイル 273 および 283 に印加する交流電圧の周波数の比率も約 2 倍に限られず、1.5 倍以上 2.5 倍以下の間であればよい。これらの範囲内で調整することにより、ユーザに対して X1 方向または X2 方向に明確な擬似力覚を提示することができる。

40

【0169】

また、上記第 2 実施形態では、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の移動を受け止めるために、板バネ 206 c、206 d および 206 e を用いる例を示したが、本発明はこれに限らない。たとえば、ねじりバネ等の他の構成のバネを用いてもよい。また、第 1 可動部 204 および第 2 可動部 205 の X 方向における両側面と、上側筐体 202 の両側面 202 c とにそれぞれ磁石を設け、磁石間の反発力により第 1 可動部 204 および第

50

2可動部205の移動を受け止めるようにしてもよい。

【0170】

また、上記第2実施形態では、平面コイル273および283を用いているが、本発明はこれに限られず、たとえば、スパイラルコイルのように第1コイル基板207および第2コイル基板208の厚み方向に厚みのあるコイルを用いてもよい。

【0171】

また、上記第3実施形態では、第1コイル基板207と第2コイル基板208とが積層されている例を示したが、本発明はこれに限らない。たとえば、第1コイル基板207が上側筐体202の底面202aに配置されているとともに、第2コイル基板208が下側筐体203の底面203aに配置されていてもよい。

10

【0172】

また、上記第3および第4実施形態においても、第2実施形態の板バネ206c、206eのパネ定数と同様に、第1パネ部材361と第2パネ部材362とのパネ定数を異ならせることにより、第2実施形態の変形例と同一の効果を得ることができる。

【0173】

また、上記第5実施形態では、可動部404の移動を受け止めるために、板バネ405bおよび405cを用いている例を示したが、本発明はこれに限らない。たとえば、ねじりバネ等の他の構成のパネを用いてもよい。また、可動部404のX方向における両側面と、上側筐体402の両側面402cとにそれぞれ磁石を設け、磁石間の反発力により可動部404の移動を受け止める構成であってもよい。

20

【0174】

また、上記第5実施形態では、平面コイル463および473を用いている例を示したが、本発明はこれに限らない。たとえば、スパイラルコイルのように第1コイル基板406および第2コイル基板407の厚み方向に厚みのあるコイルを用いてもよい。

【0175】

また、上記第2～第4実施形態では、2つの可動部にそれぞれ対向するように、2つの平面コイルが設けられる例を示すとともに、上記第5および第6実施形態では、1つの可動部に対向するように、2つの平面コイルが設けられる例を示したが、本発明はこれに限らない。たとえば、3つ以上の可動部にそれぞれ対向するように、3つ以上の平面コイルが設けられていてもよいし、1つの可動部に対向するように、3つ以上の平面コイルが設けられていてもよい。この場合、3つ以上の平面コイルのうち、1つの平面コイルに、上記の式(8)に示される波形が非対称な交流状の電圧 $V(t)$ を印加するとともに、他の平面コイルに波形が対称な正弦波状の電圧を印加するようにしてもよい。このように複数の平面コイルのうち1つの平面コイルに波形が非対称な交流状の電圧を印加することにより、非対称な形状の加速度の波形を得ることができる。また、3つ以上の平面コイルのうち、1つの平面コイルに、上記の式(8)に示される波形のうち、たとえば $n$ が1次から10次までの波形を印加するとともに、他の平面コイルのうち1つの平面コイルに $n$ が11次から20次までの波形を印加することによっても、非対称な形状の加速度の波形を得ることができる。さらに、3つ以上の平面コイルのうち、2つの平面コイルに、それぞれ、周波数が異なる正弦波状の電圧を印加することによっても、非対称な形状の加速度の波形を得ることができる。

30

40

【符号の説明】

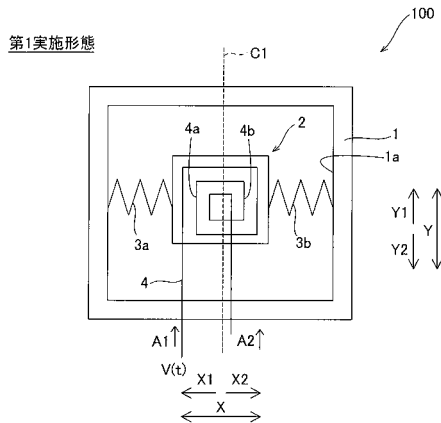
【0176】

- 1 枠体(筐体)
- 2、404 可動部
- 3a、3b パネ部
- 4 平面コイル(コイル)
- 5 プリント基板(筐体)
- 6 底板(筐体)
- 100 リニアモータ(加速度発生デバイス)

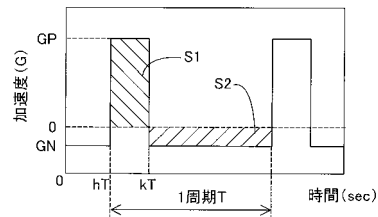
50

- 201、301、401、402 加速度発生デバイス
- 211、410 永久磁石
- 204 第1可動部(第1の可動部)
- 205 第2可動部(第2の可動部)
- 206c、405c 板バネ(第1弾性部材)
- 206d、405b 板バネ(第2弾性部材)
- 206e、405b 板バネ(第3弾性部材)
- 209、408 筐体
- 273、463 平面コイル(第1のコイル)
- 283、473 平面コイル(第2のコイル)
- 290、490 駆動電流制御回路(制御部)
- 361 第1パネ部材(第4弾性部材)
- 362 第2パネ部材(第5弾性部材)

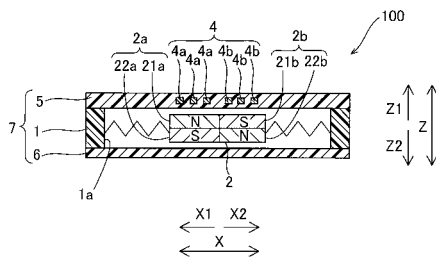
【図1】



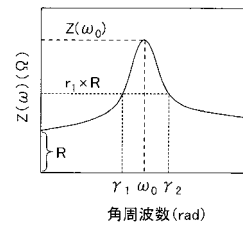
【図3】



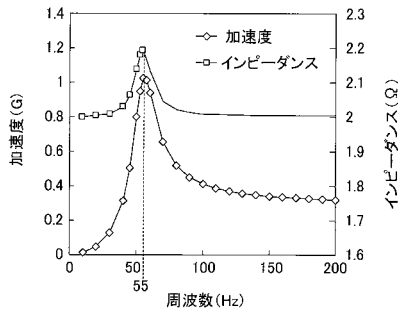
【図2】



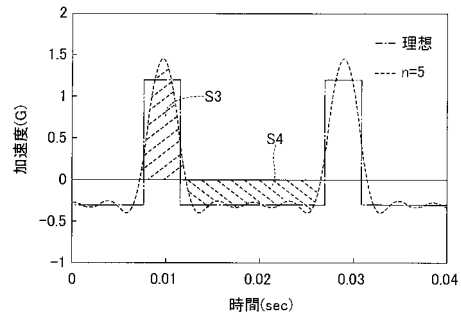
【図4】



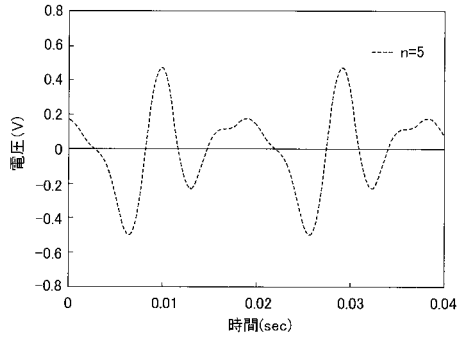
【 図 5 】



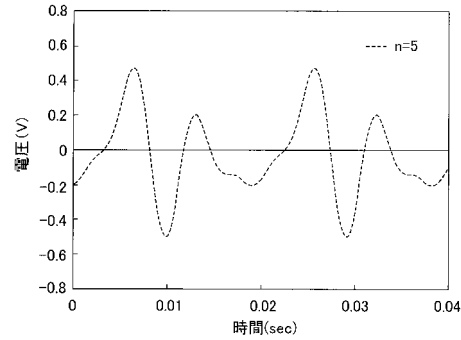
【 図 7 】



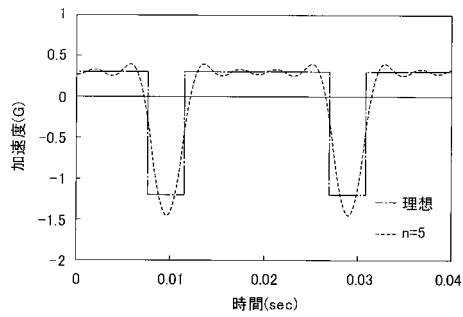
【 図 6 】



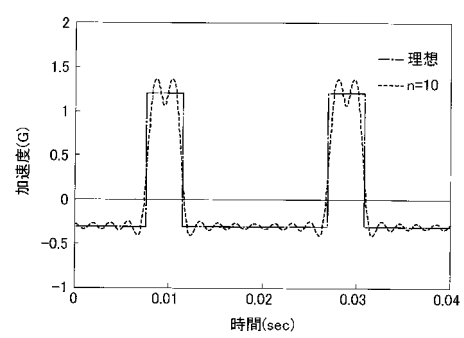
【 図 8 】



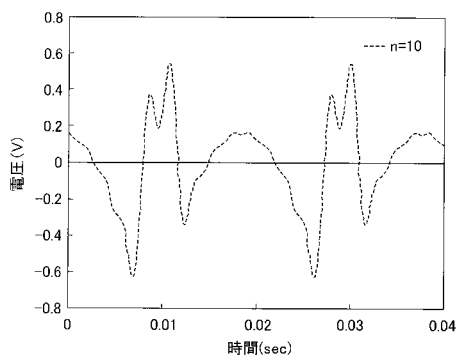
【 図 9 】



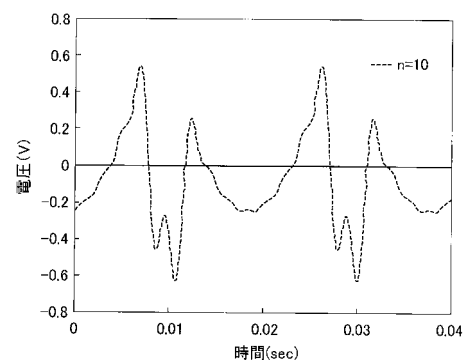
【 図 1 1 】



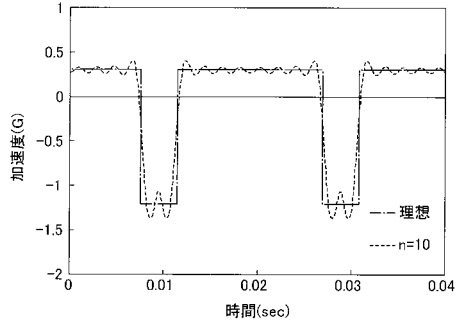
【 図 1 0 】



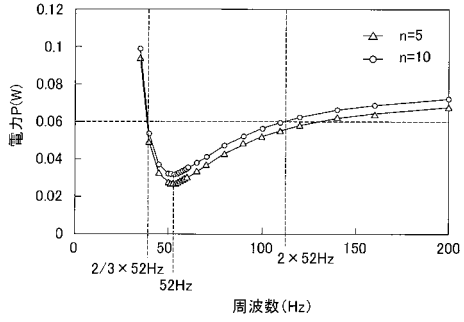
【 図 1 2 】



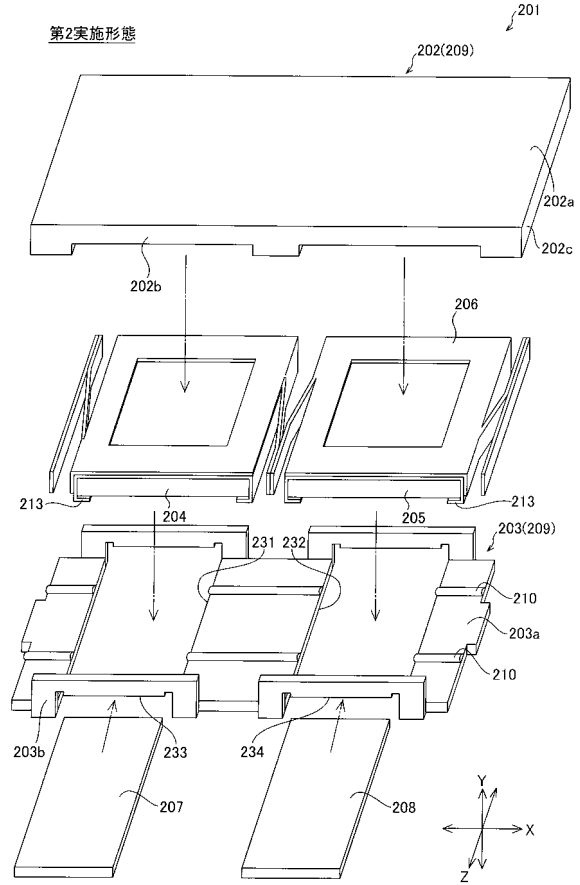
【 図 1 3 】



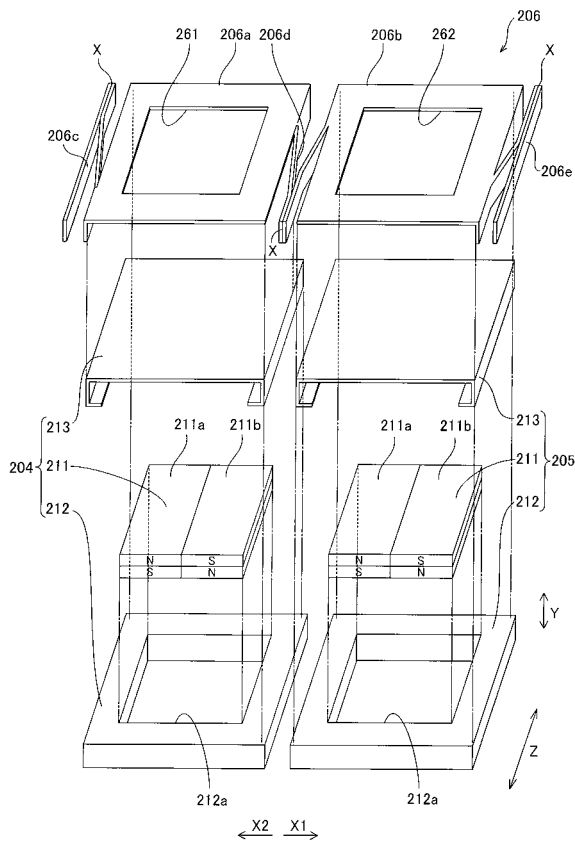
【 図 1 4 】



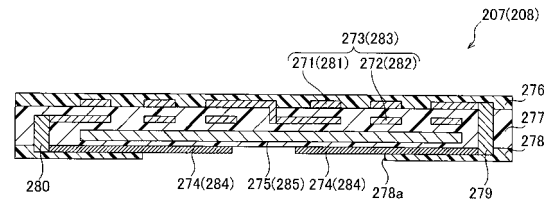
【 図 1 5 】



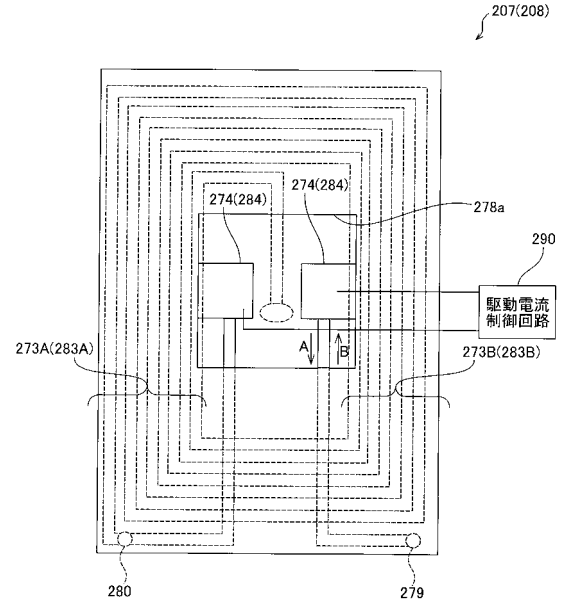
【 図 1 6 】



【 図 1 7 】

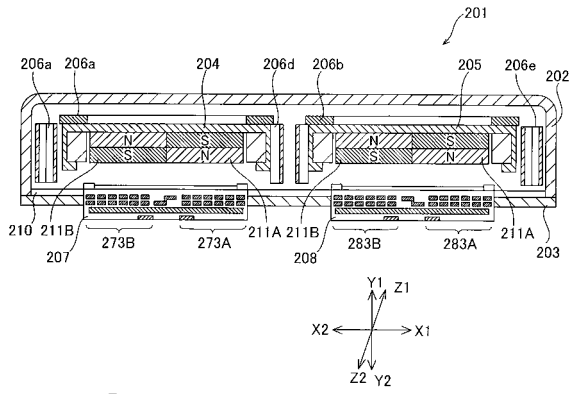


【 図 1 8 】

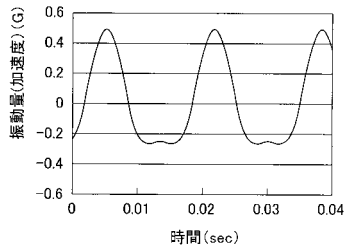




【 図 1 9 】

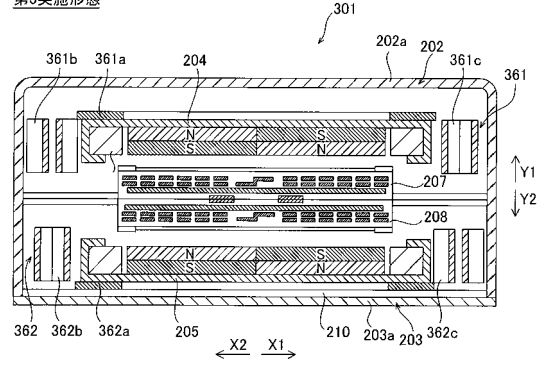


【 図 2 0 】



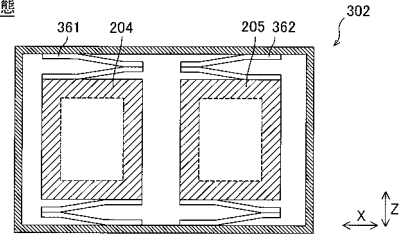
【 図 2 1 】

第3実施形態



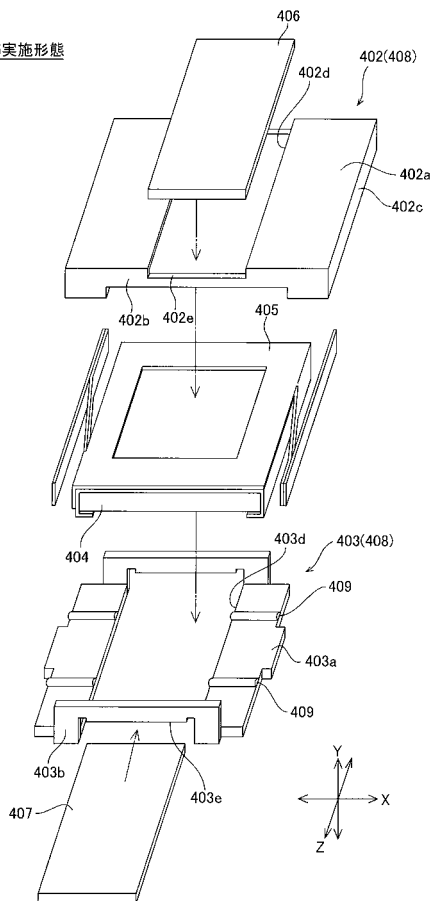
【 図 2 2 】

第4実施形態

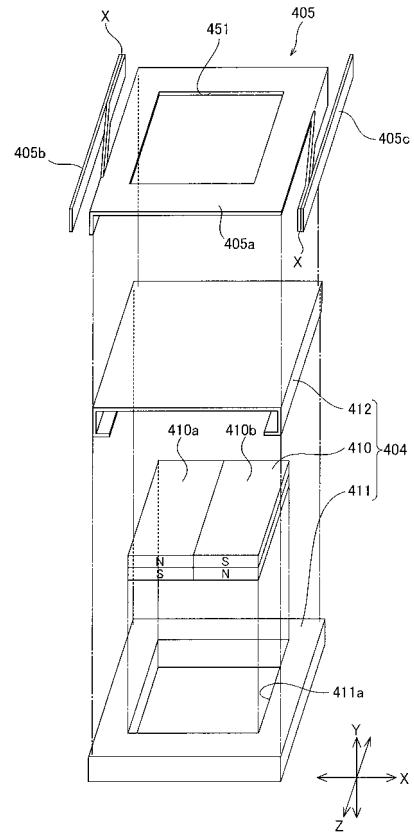


【 図 2 3 】

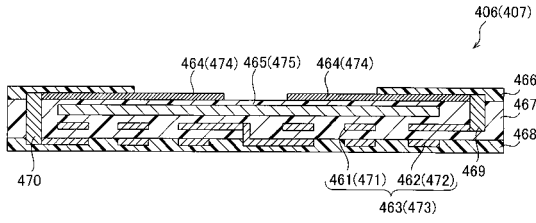
第5実施形態



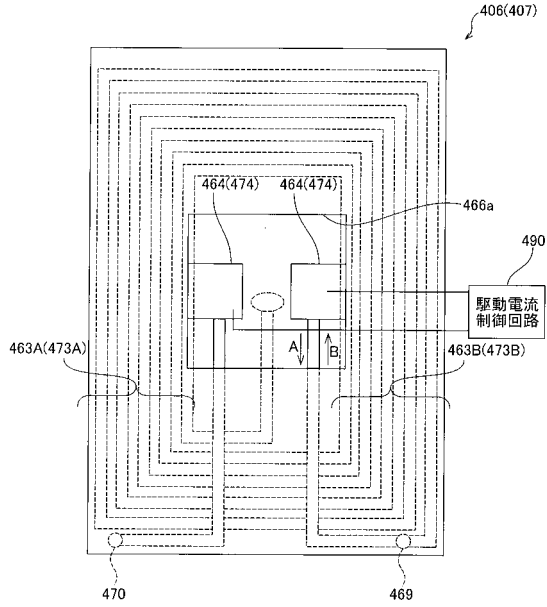
【 図 2 4 】



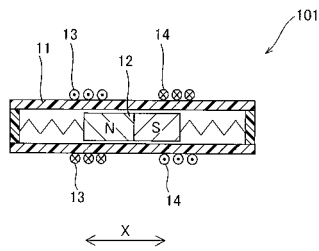
【図 25】



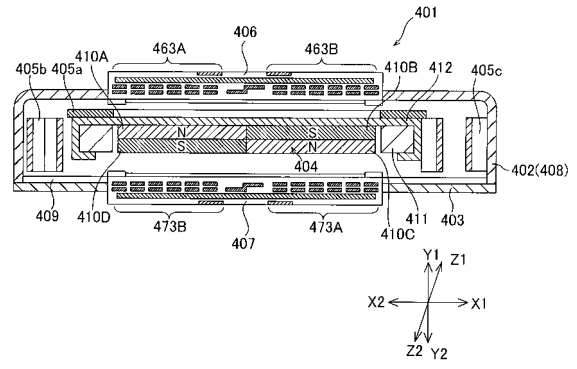
【図 26】



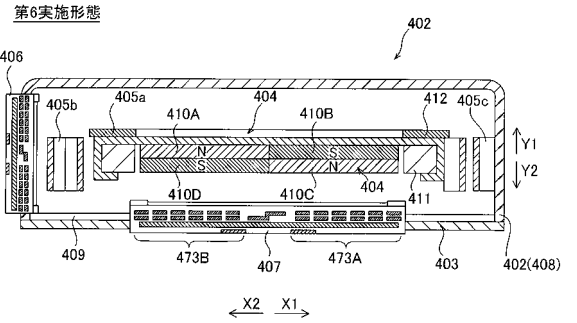
【図 29】



【図 27】



【図 28】



---

フロントページの続き

(72)発明者 宮本 英明

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

(72)発明者 深瀬 健二

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

Fターム(参考) 5D107 BB08 CC09 CD01 DE01