

(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2014-134506

(P2014-134506A)

(43) 公開日 平成26年7月24日(2014.7.24)

(51) Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

G O 1 L 3/10 (2006.01)
B 6 2 J 99/00 (2009.01)

G O 1 L 3/10 3 1 1
B 6 2 J 39/00 J
B 6 2 J 39/00 E

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2013-3701 (P2013-3701)
(22) 出願日 平成25年1月11日 (2013.1.11)

(71) 出願人 000005016
パイオニア株式会社
神奈川県川崎市幸区新小倉1番1号
(74) 代理人 100060690
弁理士 瀧野 秀雄
(74) 代理人 100070002
弁理士 川崎 隆夫
(74) 代理人 100134832
弁理士 瀧野 文雄
(74) 代理人 100165308
弁理士 津田 俊明
(74) 代理人 100110733
弁理士 鳥野 正司
(74) 代理人 100173978
弁理士 朴 志恩

最終頁に続く

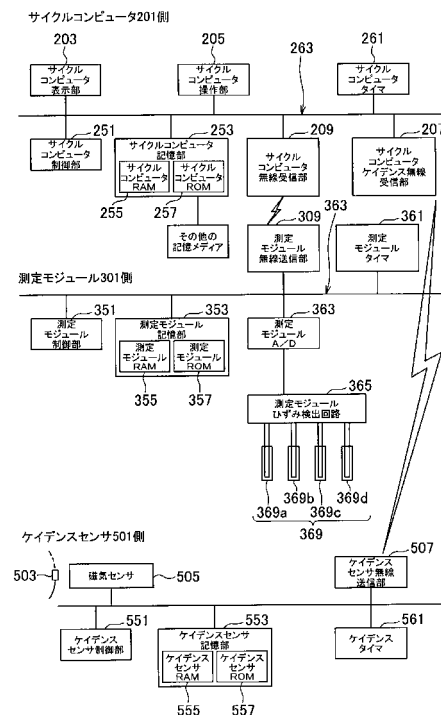
(54) 【発明の名称】 測定装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】簡便な方法で推進力や損失力を測定することができる測定装置を提供する。

【解決手段】クランクの内面に設けられた第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bと、クランクの上面に設けられた第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dと、第1ひずみゲージ369aおよび第2ひずみゲージ369bが接続され、クランクに生じている曲げ変形xを検出する第1検出回路と、第3ひずみゲージ369cおよび第4ひずみゲージ369dが接続され、クランクに生じている曲げ変形yを検出する第2検出回路と、を有している。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

人力機械のクランクの回転運動により定義される円を含む平面と平行な前記クランクの面である側面に設けられた第 1 ひずみゲージ、第 2 ひずみゲージと、

前記円の径方向に延在し、かつ、前記円と直交する前記クランクの面の一方の面に設けられた第 3 ひずみゲージ、第 4 ひずみゲージと、

前記第 1 ひずみゲージおよび前記第 2 ひずみゲージが接続され、前記クランクが回転する方向に生じている回転方向ひずみを検出する第 1 検出回路と、

前記第 3 ひずみゲージおよび前記第 4 ひずみゲージが接続され、前記クランクの前記平面と垂直な方向に生じている内外方向ひずみを検出する第 2 検出回路と、を有し、

前記第 1 ひずみゲージ乃至前記第 4 ひずみゲージが、前記クランクの長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられている、
ことを特徴とする測定装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 検出回路の出力および前記第 2 検出回路の出力に基づいて、それぞれの検出回路が検出するひずみ以外に混入しているひずみ成分を補正する補正手段を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 3】

前記第 1 ひずみゲージおよび前記第 2 ひずみゲージが、前記クランク側面の長手方向の中心軸に対して対称となるように設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の測定装置。

20

【請求項 4】

前記第 3 ひずみゲージおよび前記第 4 ひずみゲージが、前記クランク側面の長手方向の中心軸に対して対称となるように設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 5】

前記第 1 検出回路および前記第 2 検出回路がブリッジ回路で構成され、

前記第 1 ひずみゲージおよび前記第 2 ひずみゲージが、前記第 1 検出回路を構成する前記ブリッジ回路において電源に対して直列に接続され、

前記第 3 ひずみゲージおよび前記第 4 ひずみゲージが、前記第 2 検出回路を構成する前記ブリッジ回路において電源に対して直列に接続され、

30

前記第 1 検出回路を構成する前記ブリッジ回路および前記第 2 検出回路を構成する前記ブリッジ回路の前記第 1 乃至第 4 ひずみゲージ以外の抵抗素子が、固定抵抗で構成されている、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 6】

前記固定抵抗が、前記第 1 検出回路と前記第 2 検出回路とで共有していることを特徴とする請求項 5 に記載の測定装置。

【請求項 7】

人力機械のクランクの回転運動により定義される円を含む平面と平行な前記クランクの面である側面に前記クランクの長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられた第 1 ひずみゲージ、第 2 ひずみゲージと、

40

前記円の径方向に延在し、かつ、前記円と直交する前記クランクの面の一方の面に前記クランクの長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられた第 3 ひずみゲージ、第 4 ひずみゲージと、

前記第 1 ひずみゲージおよび前記第 2 ひずみゲージが接続され、前記クランクが回転する方向に生じている回転方向ひずみを検出する第 1 検出回路と、

前記第 3 ひずみゲージおよび前記第 4 ひずみゲージが接続され、前記クランクの前記平面と垂直な方向に生じている内外方向ひずみを検出する第 2 検出回路と、を有した測定装置により前記人力機械の推進力と損失力を測定する測定方法であって、

50

前記第 1 検出回路に前記回転方向ひずみを検出させる回転方向ひずみ検出工程と、
前記回転方向ひずみ検出工程で検出した前記回転方向ひずみに基づいて前記推進力を測定する推進力測定工程と、
前記第 2 検出回路に前記内外方向ひずみを検出させる内外方向ひずみ検出工程と、
前記内外方向ひずみ検出工程で検出した前記内外方向ひずみに基づいて前記損失力を測定する損失力測定工程と、
を含むことを特徴とする測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、クランクを備えた人力機械に加わっている力を測定する測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、自転車に装着され、自転車の走行に関する情報や運転者の運動に関する情報等を算出し表示する装置がある。この種の装置は、自転車に設けられたセンサからデータを受信することによって、所定の情報を算出し表示する。表示する情報としては、運転者がペダルに加える力（トルク等）が挙げられる。そして、この種の力の測定方法としては、例えば、特許文献 1 には、クランク軸のひずみを測定し、クランクにかかるトルクを検知する技術が開示されている。

【0003】

また、特許文献 2 には、クランク内部に圧電センサを埋め込み、クランクのひずみにより発生する電圧によってトルクを測定する技術が開示されている。

【0004】

また、特許文献 1 は、定置式自転車型健康機（自転車エルゴメータ、フィットネスバイクとも称される）においても適用できることが記載されている。

【0005】

このように、クランクを備えた人力機械において、クランクにかかるひずみを検出することにより、トルクを測定して、運動量等を算出することが既に知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開平 10 - 35567 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 6991 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献 1 に記載された自転車用メータでは、ボトムブラケット部分にセンサを設置する必要があるため、ボトムブラケットにフレーム加工が必要となり、さらにクランク軸にナール加工が必要になってしまうという問題があった。

【0008】

また、特許文献 2 に記載された計器を備えた自転車部品では、回転方向の力によるトルクのみならず損失力をも検出してしまい、どの程度の力が回転力、即ち推進力となっているのかを正確に知ることができないという問題があった。

【0009】

そこで、本発明は、上述した問題に鑑み、例えば、簡便な方法で推進力や損失力を測定することができる測定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、請求項 1 に記載された発明は、人力機械のクランクの回転運動により定義される円を含む平面と平行な前記クランクの面である側面に設けられた第

10

20

30

40

50

１ひずみゲージ、第２ひずみゲージと、前記円の径方向に延在し、かつ、前記円と直交する前記クランクの面の一方の面に設けられた第３ひずみゲージ、第４ひずみゲージと、前記第１ひずみゲージおよび前記第２ひずみゲージが接続され、前記クランクが回転する方向に生じている回転方向ひずみを検出する第１検出回路と、前記第３ひずみゲージおよび前記第４ひずみゲージが接続され、前記クランクの前記平面と垂直な方向に生じている内外方向ひずみを検出する第２検出回路と、を有し、前記第１ひずみゲージ乃至前記第４ひずみゲージが、前記クランクの長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられている、ことを特徴とする測定装置である。

【００１１】

請求項７に記載された発明は、人力機械のクランクの回転運動により定義される円を含む平面と平行な前記クランクの面である側面に前記クランクの長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられた第１ひずみゲージ、第２ひずみゲージと、前記円の径方向に延在し、かつ、前記円と直交する前記クランクの面の一方の面に前記クランクの長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられた第３ひずみゲージ、第４ひずみゲージと、前記第１ひずみゲージおよび前記第２ひずみゲージが接続され、前記クランクが回転する方向に生じている回転方向ひずみを検出する第１検出回路と、前記第３ひずみゲージおよび前記第４ひずみゲージが接続され、前記クランクの前記平面と垂直な方向に生じている内外方向ひずみを検出する第２検出回路と、を有した測定装置により前記人力機械の推進力と損失力を測定する測定方法であって、前記第１検出回路に前記回転方向ひずみを検出させる回転方向ひずみ検出工程と、前記回転方向ひずみ検出工程で検出した前記回転方向ひずみに基づいて前記推進力を測定する推進力測定工程と、前記第２検出回路に前記内外方向ひずみを検出させる内外方向ひずみ検出工程と、前記内外方向ひずみ検出工程で検出した前記内外方向ひずみに基づいて前記損失力を測定する損失力測定工程と、を含むことを特徴とする測定方法である。

【図面の簡単な説明】

【００１２】

【図１】本発明の第一実施例にかかる自転車の全体構成を示す説明図である。

【図２】図１に示されたサイクルコンピュータ、測定モジュール及びケイデンスセンサの位置関係を示した説明図である。

【図３】図１に示されたサイクルコンピュータ、測定モジュール及びケイデンスセンサのブロック構成図である。

【図４】図３に示されたひずみゲージのクランクへの配置の説明図である。

【図５】図３に示された測定モジュールひずみ検出回路の回路図である。

【図６】右側クランクに加わる力と変形の説明図である。

【図７】図３に示されたケイデンスセンサの処理のフローチャートである。

【図８】図３に示された測定モジュール及びサイクルコンピュータの処理のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１３】

以下、本発明の一実施形態にかかる測定装置を説明する。本発明の一実施形態にかかる測定装置は、人力機械のクランクの回転運動により定義される円を含む平面と平行なクランクの面である側面に設けられた第１ひずみゲージ、第２ひずみゲージと、前記円の径方向に延在し、かつ、その円と直交するクランクの面の一方の面に設けられた第３ひずみゲージ、第４ひずみゲージと、第１ひずみゲージおよび第２ひずみゲージが接続され、クランクが回転する方向に生じている回転方向ひずみを検出する第１検出回路と、第３ひずみゲージおよび第４ひずみゲージが接続され、クランクの前記平面と垂直な方向に生じている内外方向ひずみを検出する第２検出回路と、を有している。そして、第１ひずみゲージ乃至第４ひずみゲージが、クランクの長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられている。このようにすることにより、第１検出回路で検出された回転方向ひずみと、第２検出回路で検出された内外方向ひずみからクランクに加わっている推進力や損失力を

測定することができる。したがって、簡便な方法で推進力や損失力を測定することができる。また、第1、第2ひずみゲージを側面のうち内面側に設けることで、運転者等の足と干渉することがない。

【0014】

また、第1検出回路の出力を用いて第2検出回路の出力に基づいて、それぞれの検出回路が検出するひずみ以外に混入しているひずみ成分を補正する補正手段を有してもよい。このようにすることにより、第1検出回路や第2検出回路の出力に含まれる検出対象以外のひずみの影響を排除することができる。

【0015】

また、第1ひずみゲージおよび第2ひずみゲージが、クランク側面の長手方向の中心軸に対して対称になるように設けられていてもよい。このようにすることにより、回転方向ひずみを精度良く検出することができる。

【0016】

また、第3ひずみゲージおよび第4ひずみゲージが、クランク側面の長手方向の中心軸に対して対称になるように設けられていてもよい。このようにすることにより、内外方向ひずみを精度良く検出することができる。

【0017】

また、第1検出回路および第2検出回路がブリッジ回路で構成され、第1検出回路および第2検出回路がブリッジ回路で構成され、第1ひずみゲージおよび第2ひずみゲージが、第1検出回路を構成するブリッジ回路において電源に対して直列に接続され、第3ひずみゲージおよび第4ひずみゲージが、第2検出回路を構成するブリッジ回路において電源に対して直列に接続され、第1検出回路を構成するブリッジ回路および第2検出回路を構成するブリッジ回路の第1乃至第4ひずみゲージ以外の抵抗素子が、固定抵抗で構成されていてもよい。このようにすることにより、ブリッジ回路により、回転方向ひずみや内外方向ひずみまたは引張方向ひずみを検出することができ、簡便な回路構成で推進力や損失力を測定することができる。

【0018】

また、固定抵抗が、第1検出回路と第2検出回路とで共有していてもよい。このようにすることにより、第1検出回路と第2検出回路とを事実上1つの回路とすることができ、回路をさらに簡便にすることができる。

【0019】

また、本発明の一実施形態にかかる測定方法は、人力機械のクランクの回転運動により定義される円を含む平面と平行なクランクの面である側面にクランクの長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられた第1ひずみゲージ、第2ひずみゲージと、前記円の径方向に延在し、かつ、その円と直交するクランクの面の一方の面にクランクの長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられた第3ひずみゲージ、第4ひずみゲージと、第1ひずみゲージおよび第2ひずみゲージが接続され、クランクが回転する方向に生じている回転方向ひずみを検出する第1検出回路と、第3ひずみゲージおよび第4ひずみゲージが接続され、クランクの前記平面と垂直な方向に生じている内外方向ひずみを検出する第2検出回路と、を有した測定装置により行われる処理に、第1検出回路に回転方向ひずみを検出させる回転方向ひずみ検出工程と、回転方向ひずみ検出工程で検出した回転方向ひずみに基づいて推進力を測定する推進力測定工程と、第2検出回路に内外方向ひずみを検出させる内外方向ひずみ検出工程と、内外方向ひずみ検出工程で検出した内外方向ひずみに基づいて損失力を測定する損失力測定工程と、が含まれている。このようにすることにより、第1検出回路で検出された回転方向ひずみと、第2検出回路で検出された内外方向ひずみからクランクに加わっている推進力や損失力を測定することができる。したがって、簡便な方法で推進力や損失力を測定することができる。また、第1、第2ひずみゲージを側面のうち内面側に設けることで、運転者等の足と干渉することがない。

【実施例】

【0020】

本発明の一実施例にかかる測定装置としての測定モジュール 301 を備えた自転車 1 を図 1 乃至図 8 を参照して説明する。自転車 1 は図 1 に示すように、フレーム 3 と、フロント車輪 5 と、リア車輪 7 と、ハンドル 9 と、サドル 11 と、フロントフォーク 13 と、駆動機構 101 と、を有している。

【0021】

フレーム 3 は、2 つのトラス構造から構成されている。フレーム 3 は、後方の先端部分において、リア車輪 7 と回転自在に接続されている。また、フレーム 3 の前方において、フロントフォーク 13 が回転自在に接続されている。

【0022】

フロントフォーク 13 は、ハンドル 9 と接続されている。フロントフォーク 13 の下方向の先端位置において、フロントフォーク 13 とフロント車輪 5 とは回転自在に接続されている。

10

【0023】

フロント車輪 5 は、ハブ部、スポーク部及びタイヤ部を有している。ハブ部はフロントフォーク 13 と回転自在に接続されている。そして、このハブ部とタイヤ部はスポーク部によって接続されている。

【0024】

リア車輪 7 は、ハブ部、スポーク部及びタイヤ部を有している。ハブ部はフレーム 3 と回転自在に接続されている。そして、このハブ部とタイヤ部はスポーク部によって接続されている。リア車輪 7 のハブ部は、後述するスプロケット 113 と接続されている。

20

【0025】

自転車 1 は、ユーザ（運転者）の足による踏み込み力を自転車 1 の駆動力に変換する駆動機構 101 を有している。駆動機構 101 は、ペダル 103、クランク機構 104、チェーンリング 109、チェーン 111、スプロケット 113 と、を有している。

【0026】

ペダル 103 は、ユーザが踏み込むための足と接する部分である。ペダル 103 は、クランク機構 104 のペダルクランク軸 115 によって回転自在となるように支持されている。

【0027】

クランク機構 104 は、クランク 105 とクランク軸 107 及びペダルクランク軸 115（図 2 および図 6 参照）から構成されている。

30

【0028】

クランク軸 107 はフレーム 3 を左右方向に（自転車側面の一方から他方に）貫通している。クランク軸 107 は、フレーム 3 によって回転自在に支持されている。

【0029】

クランク 105 は、クランク軸 107 と直角に設けられている。クランク 105 は、一端部において、クランク軸 107 と接続されている。

【0030】

ペダルクランク軸 115 は、クランク 105 と直角に設けられている。ペダルクランク軸 115 の軸方向は、クランク軸 107 と同一方向となっている。ペダルクランク軸 115 は、クランク 105 の他端部においてクランク 105 と接続されている。

40

【0031】

クランク機構 104 は、このような構造を自転車 1 の側面の反対側にも有している。つまり、クランク機構 104 は、2 個のクランク 105 及び、2 個のペダルクランク軸 115 を有している。したがって、ペダル 103 も自転車 1 の両側面にそれぞれ有している。

【0032】

これらが自転車 1 の右側にあるか左側にあるかを区別する場合には、それぞれ右側クランク 105 R、左側クランク 105 L、右側ペダルクランク軸 115 R、左側ペダルクランク軸 115 L、右側ペダル 103 R、左側ペダル 103 L と記載する。

【0033】

50

また右側クランク１０５Ｒと左側クランク１０５Ｌは、クランク軸１０７を中心として反対方向に延びるように接続されている。右側ペダルクランク軸１１５Ｒ、クランク軸１０７および左側ペダルクランク軸１１５Ｌは、平行かつ同一平面に形成されている。右側クランク１０５Ｒ及び左側クランク１０５Ｌは、平行かつ同一平面上に形成されている。

【００３４】

チェーンリング１０９は、クランク軸１０７に接続されている。チェーンリング１０９は、ギア比を変化させることができる可変ギアで構成されると好適である。また、チェーンリング１０９にはチェーン１１１が係合されている。

【００３５】

チェーン１１１はチェーンリング１０９及びスプロケット１１３に係合している。スプロケット１１３は、リア車輪７と接続されている。スプロケット１１３は、可変ギアで構成されると好適である。

【００３６】

自転車１は、このような駆動機構１０１によってユーザの踏み込み力をリア車輪の回転力に変換している。

【００３７】

自転車１は、サイクルコンピュータ２０１と、測定モジュール３０１と、ケイデンスセンサ５０１と、を有している。

【００３８】

サイクルコンピュータ２０１は、ハンドル９に配置されている。サイクルコンピュータ２０１は、図２に示すように、各種情報を表示するサイクルコンピュータ表示部２０３およびユーザの操作を受けるサイクルコンピュータ操作部２０５を有している。

【００３９】

サイクルコンピュータ表示部２０３に表示される各種情報とは、自転車１の速度、位置情報、目的地までの距離、目的地までの予測到達時間、出発してからの移動距離、出発してからの経過時間、推進力、損失力等である。

【００４０】

ここで、推進力とはクランク１０５の回転方向に加わる力の大きさである。一方、損失力とは、クランク１０５の回転方向とは別の方向に加わる力の大きさである。この回転方向とは別の方向に加わる力は、何ら自転車１の駆動に寄与しない無駄な力である。したがって、ユーザは、推進力をできるだけ増加させ、損失力をできるだけ減少させることによって、より効率的に自転車１を駆動させることが可能となる。

【００４１】

サイクルコンピュータ操作部２０５は、図２では押しボタンで示されているが、それに限らず、タッチパネルなど各種入力手段や複数の入力手段を組み合わせる用いることができる。

【００４２】

また、サイクルコンピュータ２０１は、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部２０７及びサイクルコンピュータ無線受信部２０９を有している。サイクルコンピュータケイデンス無線受信部２０７及びサイクルコンピュータ無線受信部２０９は、配線を介してサイクルコンピュータ２０１の本体部分と接続されている。なお、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部２０７及びサイクルコンピュータ無線受信部２０９は、受信のみの機能を有する必要はない。例えば、送信部としての機能を有していても良い。以下、送信部又は受信部と記載した装置も、受信機能及び送信機能の両方を有していても良い。

【００４３】

ケイデンスセンサ５０１は、クランク１０５に設けられた磁石５０３の接近を検出する磁気センサ５０５を有している（図３参照）。磁気センサ５０５は、接近する磁石５０３によってＯＮになることで、磁石５０３の位置を検出する。つまり、磁気センサ５０５がＯＮになるということは、磁気センサ５０５が存在する位置にクランク１０５も存在することとなる。このケイデンスセンサ５０１から、サイクルコンピュータ２０１は、ケイデ

10

20

30

40

50

ンス [r p m] を得ることができる。

【 0 0 4 4 】

測定モジュール 3 0 1 は、クランク 1 0 5 の内面に設けられ、複数のひずみゲージ素子から構成されるひずみゲージ 3 6 9 (図 3 及び図 4 参照) を用いて、ペダル 1 0 3 にユーザが加えている人力を検出する。具体的には、クランク 1 0 5 の回転力であって自転車 1 の駆動力となる推進力と、回転方向とは別の方向に加わる力である損失力を算出する。

【 0 0 4 5 】

図 3 は、サイクルコンピュータ 2 0 1、測定モジュール 3 0 1 及びケイデンスセンサ 5 0 1 のブロック図である。

【 0 0 4 6 】

まず、ケイデンスセンサ 5 0 1 のブロック構成を説明する。ケイデンスセンサ 5 0 1 は、磁気センサ 5 0 5、ケイデンスセンサ無線送信部 5 0 7、ケイデンスセンサ制御部 5 5 1、ケイデンスセンサ記憶部 5 5 3、ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 を有している。

【 0 0 4 7 】

磁気センサ 5 0 5 は、磁石 5 0 3 が接近することによって ON / OFF が切り替わる。そして、磁気センサ 5 0 5 が ON となると、磁気センサ 5 0 5 はその旨の情報信号をケイデンスセンサ制御部 5 5 1 に出力する。

【 0 0 4 8 】

ケイデンスセンサ無線送信部 5 0 7 は、ケイデンスセンサ記憶部 5 5 3 に記憶されているケイデンス情報を、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部 2 0 7 に送信している。このケイデンスセンサ無線送信部 5 0 7 による送信は、ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 によって命令されることによって例えば 1 秒ごとに行われている。または、ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 の値に基づいた判断がケイデンスセンサ制御部 5 5 1 によって行われ、その判断に基づいて、このケイデンスセンサ無線送信部 5 0 7 による送信がケイデンスセンサ制御部 5 5 1 の命令によって行われても良い。

【 0 0 4 9 】

ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 は、ケイデンスセンサ 5 0 1 を包括的に制御している。ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 は、磁気センサ 5 0 5 が ON となった旨の情報信号の出力を受けると、以下の動作を行う。ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 は、ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 にタイマ値情報の出力を命令する。そして、ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 は、ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 からタイマ値情報を受けると、そのタイマ値情報からケイデンスを算出する。具体的には、タイマ値情報のカウント数 (C) と 1 度のカウント間隔 (T) を掛け合わせることによって、磁気センサ 5 0 5 が ON となる時間 (周期) [秒] を算出する。そして、60 をこの周期で割ることによって、ケイデンス [r p m] を算出する。

【 0 0 5 0 】

さらに、ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 は、このケイデンス情報をケイデンスセンサ記憶部 5 5 3 のケイデンスセンサ R A M 5 5 5 (後述する) に記憶させる。また、ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 は、ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 にカウンタ値のリセット命令を出力する。ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 は、例えば 1 秒間の間隔で、ケイデンスセンサ無線送信部 5 0 7 にケイデンスセンサ記憶部 5 5 3 に記憶されているケイデンス情報を送信させても良い。

【 0 0 5 1 】

ケイデンスセンサ記憶部 5 5 3 には、各種情報が記憶される。各種情報とは、例えば、ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 の制御プログラム、ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 が制御する際に必要とされる一時的な情報である。特に本実施形態では、磁気センサ 5 0 5 が ON となる間隔であるケイデンスセンサタイマ 5 6 1 のタイマ値を記憶している。なお、ケイデンスセンサ記憶部 5 5 3 は、ケイデンスセンサ R A M 5 5 5 及びケイデンスセンサ R O M 5 5 7 から構成されている。ケイデンスセンサ R A M 5 5 5 にはタイマ値等が記憶され、ケイデンスセンサ R O M 5 5 7 には制御プログラム等が記憶される。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 は、タイマカウンタであり所定周期を有するクロックを常時カウントしている。ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 は、ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 の値出力命令を受けると、タイマ値情報をケイデンスセンサ制御部 5 5 1 に出力する。また、ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 は、ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 のリセット命令を受けると、タイマカウンタの値を初期値にリセットする。さらに、ケイデンスセンサタイマ 5 6 1 は、ケイデンスセンサ無線送信部 5 0 7 に、送信のタイミングを命令する役割をも有している。具体的には、例えば 1 秒ごとに、ケイデンスセンサ無線送信部 5 0 7 に送信タイミングを指令している。

【 0 0 5 3 】

次に、測定モジュール 3 0 1 のブロック構成を説明する。測定モジュール 3 0 1 は、図 3 に示したように、測定モジュール無線送信部 3 0 9、測定モジュールタイマ 3 6 1、測定モジュール制御部 3 5 1、測定モジュール記憶部 3 5 3、測定モジュール A / D 3 6 3、測定モジュールひずみ検出回路 3 6 5 及びひずみゲージ 3 6 9 を有している。

【 0 0 5 4 】

測定モジュール無線送信部 3 0 9 は、測定モジュール制御部 3 5 1 がひずみ情報から算出した推進力及び損失力情報を、サイクルコンピュータ無線受信部 2 0 9 に送信している。この測定モジュール無線送信部 3 0 9 による送信は、測定モジュールタイマ 3 6 1 によって命令されることによって例えば 1 秒ごとに行われている。または、測定モジュールタイマ 3 6 1 の値に基づいて測定モジュール制御部 3 5 1 が命令を出力することによって送信しても良い。

【 0 0 5 5 】

測定モジュールタイマ 3 6 1 は、タイマカウンタであり所定周期を有するクロックを常時カウントしている。さらに、測定モジュールタイマ 3 6 1 は、測定モジュール無線送信部 3 0 9 に、送信のタイミングを命令する役割をも有している。具体的には、例えば、1 秒ごとに、測定モジュール無線送信部 3 0 9 に送信タイミングを指令している。

【 0 0 5 6 】

測定モジュール制御部 3 5 1 は、測定モジュール 3 0 1 を包括的に制御している。測定モジュール制御部 3 5 1 は、ひずみ情報から推進力及び損失力を算出する。算出方法は後述する。

【 0 0 5 7 】

測定モジュール記憶部 3 5 3 には、各種情報が記憶される。各種情報とは、例えば、測定モジュール制御部 3 5 1 の制御プログラム、及び、測定モジュール制御部 3 5 1 が制御を行う際に必要とされる一時的な情報である。特に本実施例では、ひずみ情報を記憶している。なお、測定モジュール記憶部 3 5 3 は、測定モジュール R A M 3 5 5 及び測定モジュール R O M 3 5 7 から構成されている。測定モジュール R A M 3 5 5 にはひずみ情報等が記憶される。測定モジュール R O M 3 5 7 には制御プログラム、及び、ひずみ情報から推進力及び損失力を算出するための各種のパラメータ、定数、等が記憶される。

【 0 0 5 8 】

ひずみゲージ 3 6 9 は、クランク 1 0 5 に接着されて、一体化される。ひずみゲージ 3 6 9 は、第 1 ひずみゲージ 3 6 9 a、第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d、から構成されている。そして、ひずみゲージ 3 6 9 のそれぞれの端子は、測定モジュールひずみ検出回路 3 6 5 に接続されている。

【 0 0 5 9 】

図 4 に、本実施例におけるひずみゲージ 3 6 9 のクランク 1 0 5 への配置を示す。ひずみゲージ 3 6 9 は、クランク 1 0 5 の内面 1 1 9 及び上面 1 1 7 に接着されている。クランク 1 0 5 の内面とは、クランク軸 1 0 7 が突設されている（接続されている）面であり、クランク 1 0 5 の回転運動により定義される円を含む平面を平行な面（側面）である。クランク 1 0 5 の上面 1 1 7 は、内面 1 1 9 および外面 1 2 0 と同じ方向に長手方向が延在（クランク 1 0 5 の回転運動により定義される円の径方向に延在）し、かつ内面 1 1 9

10

20

30

40

50

と直交する面の一方である。また、図 4 には図示しないが、クランク 105 の外面 120 は、内面 119 と対向しペダルクランク軸 115 が突設されている（接続されている）面である。つまり、ペダル 103 が回転自在に設けられている面である。クランク 105 の下面 118 は、上面 117 と対向する面である。

【0060】

第 1 ひずみゲージ 369 a と第 2 ひずみゲージ 369 b は、図 4 (a) に示すように、クランク 105 の内面 119 に設けられている。そして、第 1 ひずみゲージ 369 a と第 2 ひずみゲージ 369 b は、クランク 105 の長手方向に対して検出方向が平行、つまり、内面 119 の中心軸 C1 に対して平行かつ、内面 119 の中心軸 C1 に対して対称になるように設けられている。

10

【0061】

第 3 ひずみゲージ 369 c と第 4 ひずみゲージ 369 d は、図 4 (b) に示すように、クランク 105 の上面 117 に設けられている。そして、第 3 ひずみゲージ 369 c と第 4 ひずみゲージ 369 d は、クランク 105 の長手方向に対して検出方向が平行、つまり、上面 117 の中心軸 C2 に対して平行かつ、上面 117 の中心軸 C2 に対して対称になるように設けられている。

【0062】

即ち、クランク 105 の長手方向に延在する軸である中心軸 C1、C2 と平行な方向（図 4 の縦方向）、つまり、クランク 105 の長手方向と平行な方向が、第 1 ひずみゲージ 369 a 乃至第 4 ひずみゲージ 369 d の検出方向となる。

20

【0063】

なお、第 1 ひずみゲージ 369 a 乃至第 4 ひずみゲージ 369 d の配置は図 4 に限らない。つまり、中心軸 C1、C2 と平行の関係が維持されていれば他の配置でもよい。但し、第 1 ひずみゲージ 369 a 及び第 2 ひずみゲージ 369 b は、中心軸 C1 を挟んで対称に配置し、第 3 ひずみゲージ 369 c 及び第 4 ひずみゲージ 369 d は、中心軸 C2 を挟んで対称に配置する方が、後述する各変形を精度良く検出できるので好ましい。

【0064】

また、図 4 では、クランク 105 を単純な直方体として説明しているが、デザイン等により、角が丸められていたり、一部の面が曲面で構成されていてもよい。そのような場合でも、上述した配置を極力維持するようにひずみゲージ 369 を配置することで、後述する各変形を検出することができる。但し、上記した中心軸 C1、C2 との関係（平行）がずれるにしたがって検出精度が低下する。

30

【0065】

測定モジュールひずみ検出回路 365 は、第 1 ひずみゲージ 369 a、第 2 ひずみゲージ 369 b、第 3 ひずみゲージ 369 c、第 4 ひずみゲージ 369 d が接続されて、ひずみゲージ 369 のひずみ量が電圧として出力される。測定モジュールひずみ検出回路 365 の出力は、測定モジュール A/D 363 によって、アナログ情報からデジタル情報であるひずみ情報に変換される。そして、ひずみ情報信号は測定モジュール記憶部 353 に出力される。測定モジュール記憶部 353 に入力されたひずみ情報信号は、測定モジュール RAM 355 にひずみ情報として記憶される。

40

【0066】

測定モジュールひずみ検出回路 365 を図 5 に示す。測定モジュールひずみ検出回路 365 は、2 つのブリッジ回路である第 1 検出回路 373 a と第 2 検出回路 373 b とで構成されている。第 1 検出回路 373 a の第 1 系統側では、電源 Vcc から順に、第 1 ひずみゲージ 369 a、第 2 ひずみゲージ 369 b の順に接続されている。即ち、第 1 ひずみゲージ 369 a および第 2 ひずみゲージ 369 b が電源 Vcc に対して直列に接続されている。第 2 系統側では、電源 Vcc から順に、固定抵抗 R、固定抵抗 R の順に接続されている。第 2 検出回路 373 b の第 1 系統側では、電源 Vcc から順に、第 3 ひずみゲージ 369 c、第 4 ひずみゲージ 369 d の順に接続されている。即ち、第 3 ひずみゲージ 369 c および第 4 ひずみゲージ 369 d が電源 Vcc に対して直列に接続されている。第

50

2 系統側では、電源 V_{cc} から順に、固定抵抗 R 、固定抵抗 R の順に接続されている。

【0067】

即ち、2つの固定抵抗 R は、第1検出回路373aと第2検出回路373bとで共有している。ここで、2つの固定抵抗 R は同一の抵抗値を有している。また、2つの固定抵抗 R は、ひずみゲージ369の圧縮又は伸長が生ずる前の抵抗値と同一の抵抗値を有する。なお、第1ひずみゲージ369a乃至第4ひずみゲージ369dは同じ抵抗値を有している。

【0068】

ひずみゲージ369の抵抗値は、公知のように圧縮されている場合には抵抗値が下がり、伸長されている場合には抵抗値が上がる。この抵抗値の変化は、変化量がわずかな場合には比例している。また、ひずみゲージ369の検出方向は、配線が伸びている方向であり、上述したように第1ひずみゲージ369a乃至第4ひずみゲージ369dは、中心軸 $C1$ 、 $C2$ と平行な方向となる。この検出方向以外において圧縮又は伸長が生じた場合には、ひずみゲージ369に抵抗値の変化は生じない。

【0069】

このような特性を持つひずみゲージ369を使用した第1検出回路373aは、第1ひずみゲージ369aと第2ひずみゲージ369bが検出方向で圧縮または伸長されていない場合は、第1ひずみゲージ369aと第2ひずみゲージ369bとの間の電位 V_{ab} と、2つの固定抵抗 R の間の電位 V_r との電位差はほぼゼロとなる。

【0070】

第1ひずみゲージ369aが圧縮され、第2ひずみゲージ369bが伸張された場合は、第1ひずみゲージ369aの抵抗値が減少して第2ひずみゲージ369bの抵抗値が増加するために、電位 V_{ab} が高くなり、電位 V_r は変化しない。つまり、電位 V_{ab} と電位 V_r との間に電位差が発生する。第1ひずみゲージ369aが伸張され、第2ひずみゲージ369bが圧縮された場合は、第1ひずみゲージ369aの抵抗値が増加して第2ひずみゲージ369bの抵抗値が減少するために、電位 V_{ab} が低くなり、電位 V_r は変化しない。つまり、電位 V_{ab} と電位 V_r との間に電位差が発生する。

【0071】

第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに圧縮された場合は、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに抵抗値が減少するために、電位 V_{ab} と、電位 V_r との電位差はほぼゼロとなる。第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに伸張された場合は、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに抵抗値が増加するために、電位 V_{ab} と、電位 V_r との電位差はほぼゼロとなる。

【0072】

第2検出回路373bも第1検出回路373aと同様の動作となる。つまり、第3ひずみゲージ369cが圧縮され、第4ひずみゲージ369dが伸張された場合は、電位 V_{cd} が高くなり、電位 V_r は低くなり、電位 V_{cd} と電位 V_r との間に電位差が発生する。第3ひずみゲージ369cが伸張され、第4ひずみゲージ369dが圧縮された場合は、電位 V_{cd} が低くなり、電位 V_r は高くなり、電位 V_{cd} と電位 V_r との間に電位差が発生する。第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dともに圧縮された場合と、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dともに伸張された場合は、電位 V_{cd} と、電位 V_r との電位差はほぼゼロとなる。

【0073】

そこで、第1検出回路373aの電位 V_{ab} が測定できる第1ひずみゲージ369aと第2ひずみゲージ369bとの接続点と、電位 V_r が測定できる2つの固定抵抗 R の接続点と、を第1検出回路373aの出力（以降A出力）とする。第2検出回路373bの電位 V_{cd} が測定できる第3ひずみゲージ369cと第4ひずみゲージ369dとの接続点と、電位 V_r が測定できる2つの固定抵抗 R の接続点と、を第2検出回路373bの出力（以降B出力）とする。このA出力とB出力がひずみ情報となる。

【 0 0 7 4 】

図 6 は、ユーザにより力（踏力）が加えられた際の右側クランク 1 0 5 R の変形状態を示している。（ a ）は右クランク 1 0 5 R の上面 1 1 7 から見た平面図、（ b ）は右側クランク 1 0 5 R の内面 1 1 9 から見た平面図、（ c ）は右側クランク 1 0 5 R のクランク軸 1 0 7 側の端部から見た平面図である。なお、以降の説明では右側クランク 1 0 5 R で説明するが、左側クランク 1 0 5 L でも同様である。

【 0 0 7 5 】

ユーザの足からペダル 1 0 3 を介して踏力が加えられると、その踏力はクランク 1 0 5 の回転力となる、クランク 1 0 5 の回転の接線方向の力である推進力 F_t と、クランク 1 0 5 の回転の法線方向の力である損失力 F_r とに分けられる。このとき、右側クランク 1 0 5 R には、曲げ変形 x 、曲げ変形 y 、引張変形 z 、ねじれ変形 r_z の各変形状態が生じる。

10

【 0 0 7 6 】

曲げ変形 x は、図 6（ a ）に示したように、右側クランク 1 0 5 R が上面 1 1 7 から下面 1 1 8 に向かって、或いは下面 1 1 8 から上面 1 1 7 に向かって曲がるように変形することであり、推進力 F_t によって生じる変形である。即ち、クランク 1 0 5 の回転方向に発生する変形によるひずみ（クランク 1 0 5 の回転方向に生じているひずみ）を検出することとなり、曲げ変形 x の検出によってクランク 1 0 5 に生じている回転方向ひずみが検出できる。曲げ変形 y は、図 6（ b ）に示したように、右側クランク 1 0 5 R が外面 1 2 0 から内面 1 1 9 に向かって、或いは内面 1 1 9 から外面 1 2 0 に向かって曲がるように変形することであり、損失力 F_r によって生じる変形である。即ち、クランク 1 0 5 の外面 1 2 0 から内面 1 1 9、または内面 1 1 9 から外面 1 2 0 に向かって発生する変形によるひずみ（右側クランク 1 0 5 R の回転運動により定義される円と同一平面と垂直な方向の生じているひずみ）を検出することとなり、曲げ変形 y の検出によってクランク 1 0 5 に生じている内外方向ひずみが検出できる。

20

【 0 0 7 7 】

引張変形 z は、右側クランク 1 0 5 R が長手方向に伸張または圧縮されるように変形することであり、損失力 F_r によって生じる変形である。即ち、クランク 1 0 5 が長手方向に引っ張られるまたは押される方向に発生する変形によるひずみ（長手方向と平行な方向に生じているひずみ）を検出することとなり、引張変形 z の検出によってクランク 1 0 5 に生じている引張方向ひずみが検出できる。ねじれ変形 r_z は、右側クランク 1 0 5 R が、ねじれるように変形することであり、推進力 F_t によって生じる変形である。即ち、クランク 1 0 5 がねじれる方向に発生する変形によるひずみを検出することとなり、ねじれ変形 r_z の検出によってクランク 1 0 5 に生じているねじり方向ひずみが検出できる。なお、図 6 は、曲げ変形 x 、曲げ変形 y 、引張変形 z 、ねじれ変形 r_z の変形方向を矢印で示したが、上述したように、この矢印と逆方向に各変形が発生する場合もある。

30

【 0 0 7 8 】

したがって、推進力 F_t を測定するためには、曲げ変形 x またはねじれ変形 r_z のいずれか、損失力 F_r を測定するためには、曲げ変形 y または引張変形 z のいずれかを定量的に検出すればよい。

40

【 0 0 7 9 】

ここで、図 4 のように配置され、図 5 のように第 1 ひずみゲージ 3 6 9 a、第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d が接続された測定モジュールひずみ検出回路 3 6 5 によって、曲げ変形 x 、曲げ変形 y 、引張変形 z 、ねじれ変形 r_z を検出（測定）する方法を説明する。

【 0 0 8 0 】

まず、第 1 検出回路 3 7 3 a の A 出力において、各変形がどのように検出（測定）されるかを説明する。曲げ変形 x は、右側クランク 1 0 5 R が上面 1 1 7 から下面 1 1 8 に向かって、或いはその逆方向に変形する。右側クランク 1 0 5 R が上面 1 1 7 から下面 1 1 8 に向かって変形する場合、第 1 ひずみゲージ 3 6 9 a は圧縮されるので抵抗値が減少し

50

、第2ひずみゲージ369bは伸張されるので抵抗値が増加する。そのため、第1検出回路373aのA出力は正出力（電位Vabが高く電位Vrが低い）となる。また、右側クランク105Rが下面118から上面117に向かって変形する場合、第1ひずみゲージ369aは伸張されるので抵抗値が増加し、第2ひずみゲージ369bは圧縮されるので抵抗値が減少する。そのため、第1検出回路373aのA出力は負出力（電位Vabが低く電位Vrが高い）となる。

【0081】

曲げ変形yは、右側クランク105Rが外面120から内面119に向かって、或いはその逆方向に変形する。右側クランク105Rが外面120から内面119に向かって変形する場合、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに圧縮されるので、どちらも抵抗値が減少する。そのため、第1検出回路373aのA出力はゼロ（電位Vabと電位Vrに電位差が無い）となる。また、右側クランク105Rが内面119から外面120に向かって変形する場合、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに伸張されるので、どちらも抵抗値が増加する。そのため、第1検出回路373aのA出力はゼロとなる。

【0082】

引張変形zは、右側クランク105Rが長手方向に伸張または圧縮されるように変形する。右側クランク105Rが伸張する場合、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに伸張されるので、どちらも抵抗値が増加する。そのため、第1検出回路373aのA出力はゼロとなる。また、右側クランク105Rが圧縮する場合、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに圧縮されるので、どちらも抵抗値が減少する。そのため、第1検出回路373aのA出力はゼロとなる。

【0083】

ねじれ変形rzは、右側クランク105Rが、ねじれるように変形する。右側クランク105Rが図6(b)の矢印の方向にねじれる場合、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに伸張されるので、どちらも抵抗値が増加する。そのため、第1検出回路373aのA出力はゼロとなる。また、右側クランク105Rが図6(b)の矢印と逆方向にねじれる場合、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bともに伸張されるので、どちらも抵抗値が増加する。そのため、第1検出回路373aのA出力はゼロとなる。

【0084】

以上のように、A出力からは、曲げ変形xのみが検出される。即ち、第1検出回路373aは、第1ひずみゲージ369aおよび第2ひずみゲージ369bが接続され、クランク105に生じている回転方向ひずみを検出する。

【0085】

次に、第2検出回路373bのB出力において、各変形がどのように検出（測定）されるかを説明する。曲げ変形xは、右側クランク105Rが上面117から下面118に向かって、或いはその逆方向に変形する。右側クランク105Rが上面117から下面118に向かって変形する場合、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dともに伸張されるのでともに抵抗値が増加する。そのため、第2検出回路373bのB出力はゼロとなる。また、右側クランク105Rが下面118から上面117に向かって変形する場合、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dともに圧縮されるのでともに抵抗値が減少する。そのため、第2検出回路373bのB出力はゼロとなる。

【0086】

曲げ変形yは、右側クランク105Rが外面120から内面119に向かって、或いはその逆方向に変形する。右側クランク105Rが外面120から内面119に向かって変形する場合、第3ひずみゲージ369cは圧縮されるので抵抗値が減少し、第4ひずみゲージ369dは伸張されるので抵抗値が増加する。そのため、第2検出回路373bのB出力は正出力（電位Vcdが高く電位Vrが低い）となる。また、右側クランク105Rが内面119から外面120に向かって変形する場合、第3ひずみゲージ369cは伸張

されるので抵抗値が増加し、第4ひずみゲージ369dは圧縮されるので抵抗値が減少する。そのため、第2検出回路373bのB出力は負出力（電位Vcdが低く電位Vrが高い）となる。

【0087】

引張変形zは、右側クランク105Rが長手方向に伸張または圧縮されるように変形する。右側クランク105Rが伸張する場合、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dともに伸張されるのでともに抵抗値が増加する。そのため、第2検出回路373bのB出力はゼロとなる。また、右側クランク105Rが圧縮する場合、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dともに圧縮されるのでともに抵抗値が減少する。そのため、第2検出回路373bのB出力はゼロとなる。

10

【0088】

ねじれ変形rzは、右側クランク105Rが、ねじれるように変形する。右側クランク105Rが図6(b)の矢印の方向にねじれる場合、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dともに伸張されるのでともに抵抗値が増加する。そのため、第2検出回路373bのB出力はゼロとなる。また、右側クランク105Rが図6(b)の矢印と逆方向にねじれる場合、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dともに伸張されるのでともに抵抗値が増加する。そのため、第2検出回路373bのB出力はゼロとなる。

【0089】

以上のように、B出力からは、曲げ変形yが検出される。即ち、第2検出回路373bは、第3ひずみゲージ369cおよび第4ひずみゲージ369dが接続され、クランク105に生じている内外方向ひずみを検出する。

20

【0090】

そして、第1検出回路373aのA出力と、第2検出回路373bのB出力から、推進力Ftは次の(1)式により、損失力Frは次の(2)式によりそれぞれ算出する。

$$F_t = p(A - A_0) + q(B - B_0) [kgf] \cdots (1)$$

$$F_r = s(A - A_0) + u(B - B_0) [kgf] \cdots (2)$$

【0091】

ここで、Aは推進力Ft（あるいは損失力Fr）を算出する時点におけるA出力値、A0は無負荷時のA出力値、Bは推進力Ft（あるいは損失力Fr）を算出する時点におけるB出力値、B0は無負荷時のB出力値、p、q、s、uは係数であり、次の(3)～(6)式からなる連立方程式により算出される値である。

30

$$m = p(A_m - A_0) + q(B_e - B_0) \cdots (3)$$

$$0 = s(A_m - A_0) + u(B_e - B_0) \cdots (4)$$

$$0 = p(A_e - A_0) + q(B_m - B_0) \cdots (5)$$

$$m = s(A_e - A_0) + u(B_m - B_0) \cdots (6)$$

【0092】

ここで、Amはクランク105の角度が水平前向き（クランク105で水平かつフロント車輪5方向に延在している状態）でペダル103にm[kg]を載せたときのA出力値である。Beはクランク105の角度が水平前向きでペダル103にm[kg]を載せたときのB出力値である。Aeはクランク105の角度が垂直下向き（クランク105で鉛直かつ地面方向に延在している状態）でペダル103にm[kg]を載せたときのA出力値である。Bmはクランク105の角度が垂直下向きでペダル103にm[kg]を載せたときのB出力値である。

40

【0093】

係数p、q、s、uおよびA0、B0は予め算出又は測定可能な値であるので、AおよびBを(1)式および(2)式に代入することで推進力Ftおよび損失力Frが算出できる。

【0094】

また、(1)式ではB出力を用いてA出力の補正をしている。(2)式ではA出力を用

50

いてB出力の補正をしている。即ち、各式の算出を行っている測定モジュール制御部351が補正手段として機能している。これにより、第1検出回路373aや第2検出回路373bに含まれる検出対象以外のひずみの影響を排除することができる。なお、第1ひずみゲージ369aと第2ひずみゲージ369bがクランク方向(中心軸C1と平行な方向)にずれが無い場合、 $A_e = A_0$ となりB出力による補正の必要がなくなる。また、第3ひずみゲージ369cと第4ひずみゲージ369dがクランク方向にずれが無い場合、 $B_e = B_0$ となりA出力による補正の必要がなくなる。

【0095】

次に、サイクルコンピュータ201のブロック構成を説明する。サイクルコンピュータ201は、図3に示したように、サイクルコンピュータ表示部203、サイクルコンピュータ操作部205、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部207、サイクルコンピュータ無線受信部209、サイクルコンピュータタイマ261、サイクルコンピュータ記憶部253及びサイクルコンピュータ制御部251を有している。

【0096】

サイクルコンピュータ表示部203は、ユーザの指示等に基づいて、各種の情報を表示する。本実施例においては、推進力と損失力を視覚化して表示する。なお、視覚化の方法はどのような方法であっても良い。サイクルコンピュータ表示部203における、視覚化の方法は、例えば、ベクトル表示、グラフ表示、色分け表示、記号の表示、3次元表示等がありえ、どのような方法であってもよい。また、それらの組み合わせ等であってもよい。

【0097】

サイクルコンピュータ操作部205は、ユーザの指示(入力)を受ける。例えば、サイクルコンピュータ操作部205は、ユーザから、サイクルコンピュータ表示部203に表示内容の指示を受ける。

【0098】

サイクルコンピュータケイデンス無線受信部207は、ケイデンスセンサ501から送信されるケイデンス情報を受信する。

【0099】

サイクルコンピュータ無線受信部209は、測定モジュール301から送信される推進力及び損失力情報を受信する。

【0100】

サイクルコンピュータタイマ261は、タイマカウンタでありタイマをカウントしている。サイクルコンピュータタイマ261によって生成されるこのタイマ値情報はサイクルコンピュータ制御部251等が様々な利用している。

【0101】

サイクルコンピュータ記憶部253には、各種情報が記憶される。各種情報とは、例えば、サイクルコンピュータ制御部251の制御プログラム、及び、サイクルコンピュータ制御部251が制御を行う際に必要とされる一時的な情報である。なお、サイクルコンピュータ記憶部253は、サイクルコンピュータRAM255及びサイクルコンピュータROM257から構成されている。サイクルコンピュータROM257には制御プログラム、及び、推進力および損失力をサイクルコンピュータ表示部203に視覚的に表示するデータに変換するための各種のパラメータ、定数、等が記憶されている。

【0102】

サイクルコンピュータ制御部251は、サイクルコンピュータ201を包括的に制御している。さらに、ケイデンスセンサ501及び測定モジュール301をも包括的に制御している。サイクルコンピュータ制御部251は、推進力および損失力をサイクルコンピュータ表示部203に視覚的に表示するデータに変換する。

【0103】

次に、ケイデンスセンサ501の処理と、測定モジュール301およびサイクルコンピュータ201の処理を、図7及び図8を参照して説明する。

【0104】

まず、ケイデンスセンサ 501 の処理を説明する。ステップ S T 5 1 において、ケイデンスセンサ 501 のケイデンスセンサ制御部 551 は、磁気センサ 505 の ON への変化を検出する。そして、ケイデンスセンサ制御部 551 は、磁気センサ 505 の変化を検出すると処理の割り込みを行い、ステップ S T 5 3 以下の処理を開始する。割り込みとは、それまでの処理を中断して、指定された処理を実行することをいう。

【0105】

次に、ステップ S T 5 3 において、ケイデンスセンサ制御部 551 は、ケイデンス値を算出する。ケイデンスセンサ制御部 551 は、タイマ値情報のカウンタ数 (C) と 1 度のカウンタ間隔 (T) をかけあわせることによって、磁気センサ 505 が ON となる時間 (周期) [秒] を算出する。そして、ケイデンスセンサ制御部 551 は、60 をこの時間 (周期) で割ることによって、ケイデンス [rpm] を算出する。さらに、ケイデンスセンサ制御部 551 は、このケイデンス情報をケイデンスセンサ記憶部 553 のケイデンスセンサ RAM 555 に記憶させる。

10

【0106】

次に、ステップ S T 5 5 において、ケイデンスセンサ制御部 551 は、ケイデンスセンサタイマ 561 にカウンタ値のリセット命令を出力する。これで、ケイデンスセンサ制御部 551 の制御のメインフローは終了する。そして、次に磁気センサ 505 が ON になると割り込みを再び行い、ステップ S T 5 1 から処理を再開する。

【0107】

一方、ステップ S T 5 7 においては、ケイデンスセンサ制御部 551 は、ケイデンスセンサ記憶部 553 に記憶されているケイデンス情報を、ケイデンスセンサ無線送信部 507 を用いて、サイクルコンピュータ 201 に送信する。なお、ケイデンスセンサ制御部 551 を介さずに、ケイデンスセンサ無線送信部 507 のみによって送信を行っても良い。

20

【0108】

次に、ステップ S T 5 9 において、ケイデンスセンサ制御部 551 は、1 秒間ウェイトしている。なお、ウェイトの時間は可変である。

【0109】

次に、測定モジュール 301 等の処理を説明する。ステップ S T 1 1 において、測定モジュール A / D 363 は、測定モジュールひずみ検出回路 365 からの出力 (A 出力、B 出力) を、アナログ値からデジタル値に A / D 変換する。即ち、本ステップが、第 1 検出回路 373 a に回転方向ひずみを検出させる回転方向ひずみ検出工程および第 2 検出回路 373 b に内外方向ひずみを検出させる内外方向ひずみ検出工程として機能する。

30

【0110】

次に、ステップ S T 1 3 において、測定モジュール A / D 363 が検出 (変換) したひずみ情報は、測定モジュール記憶部 353 の測定モジュール RAM 355 に記憶される。

【0111】

次に、ステップ S T 1 5 において、処理は、1 / N 秒間ウェイトする。ここで、N の値は、一秒間に測定するデータポイントの数である。つまり、N の値が大きいほど、ひずみ情報の数が多く、秒単位の分解能が高いことを意味する。N 値は大きいほどよいが、N 値をあまり大きくすると測定モジュール RAM 355 が大きな容量のものでなければならず、コストの増加になる。したがって、N 値をどの程度とするかは、コスト、必要とされる時間分解能及び測定モジュール A / D 363 が A / D 変換するのに必要とされる時間等によって決定され得る。ステップ S T 1 5 の処理が終了すると、ステップ S T 1 1 の処理に再び戻る。つまり、1 秒間に N 回のステップ S T 1 1 ~ ステップ S T 1 5 の処理を繰り返し行う。

40

【0112】

また、測定モジュール制御部 351 は、図 8 (b) の処理をおこなう。ステップ S T 3 1 において、測定モジュール制御部 351 は、ひずみ情報のデータ退避を行う。その理由を説明する。まず、測定モジュール記憶部 353 の測定モジュール RAM 355 の容量には限りがある。ここで、測定モジュール RAM 355 の容量を大きくすればひずみ情報の

50

データ退避は必要なくなるが、あまり余裕を持たせて設計するとコストの増加をもたらす適切な設計ではない。また、ひずみ情報は連続的に次々書き込まれるため、データ退避を行わないと、後述するステップ S T 3 3 での処理によって推進力 F_t 及び損失力 F_r を計算する前に、新たな情報が上書きされてしまうおそれがあるからである。

【0113】

次に、ステップ S T 3 3 において、測定モジュール制御部 3 5 1 は推進力 F_t 及び損失力 F_r を算出する。具体的には、測定モジュール制御部 3 5 1 は、上述した (1) 式および (2) 式により推進力 F_t 及び損失力 F_r を算出する。さらに、測定モジュール制御部 3 5 1 は、この推進力 F_t 及び損失力 F_r を N 個算出しその平均を算出する。つまり、測定モジュール制御部 3 5 1 は、1 秒間の推進力 F_t 及び損失力 F_r の平均 (平均推進力及び平均損失力) を算出する。即ち、本ステップが、回転方向ひずみ検出工程で検出した回転方向ひずみに基づいて推進力を測定する推進力測定工程および、内外方向ひずみ検出工程で検出した内外方向ひずみに基づいて損失力を測定する損失力測定工程として機能する。

10

【0114】

次に、ステップ S T 3 5 において、測定モジュール制御部 3 5 1 は、測定モジュール無線送信部 3 0 9 を介して、算出された平均推進力及び平均損失力を送信する。送信された平均推進力及び平均損失力は、サイクルコンピュータ 2 0 1 のサイクルコンピュータ無線受信部 2 0 9 によって受信される。

【0115】

20

次に、ステップ S T 3 7 において、1 秒ウェイトする。なお、1 秒は一例であり必要に応じて可変である。ステップ S T 3 7 の処理が終了すると、ステップ S T 3 1 の処理に再び戻る。つまり、1 秒間に 1 回のステップ S T 3 1 ~ ステップ S T 3 5 の処理を繰り返す行う。

【0116】

また、サイクルコンピュータ 2 0 1 のサイクルコンピュータ制御部 2 5 1 は、図 8 (c) の処理をおこなう。ステップ S T 7 1 において、サイクルコンピュータ制御部 2 5 1 は、平均推進力、平均損失力及びケイデンス情報を受信すると割り込みが行われる。つまり、サイクルコンピュータ無線受信部 2 0 9 が平均推進力、平均損失力及びケイデンス情報を受信したことをサイクルコンピュータ制御部 2 5 1 が検出した時には、サイクルコンピュータ制御部 2 5 1 は、それまでの処理を中断 (割り込み) し、ステップ S T 7 3 以下の処理を開始する。

30

【0117】

次に、ステップ S T 7 3 において、サイクルコンピュータ制御部 2 5 1 は、サイクルコンピュータ表示部 2 0 3 に平均推進力と平均損失力及びケイデンスを表示させる。サイクルコンピュータ表示部 2 0 3 は、平均推進力と平均損失力及びケイデンス情報を数値として表示、又は、その他の視覚化・聴覚化・触覚化した方法によってユーザに伝達する。

【0118】

次に、ステップ S T 7 5 において、サイクルコンピュータ制御部 2 5 1 は、平均推進力と平均損失力及びケイデンス情報をサイクルコンピュータ記憶部 2 5 3 のサイクルコンピュータ R A M 2 5 5 に記憶する。その後、サイクルコンピュータ制御部 2 5 1 は、再びステップ S T 5 1 の割り込みが行われるまで他の処理を行う。

40

【0119】

本実施例によれば、測定モジュール 3 0 1 は、自転車 1 のクランク 1 0 5 の内面 1 1 9 に設けられた第 1 ひずみゲージ 3 6 9 a、第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b と、クランク 1 0 5 の上面 1 1 7 に設けられた第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d と、第 1 ひずみゲージ 3 6 9 a および第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b が接続され、クランク 1 0 5 に生じている曲げ変形 x を検出する第 1 検出回路 3 7 3 a と、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c および第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d が接続され、クランク 1 0 5 に生じている曲げ変形 y を検出する第 2 検出回路 3 7 3 b と、を有している。そして、第 1 ひずみゲージ 3 6 9 a 乃至

50

第４ひずみゲージ３６９ｄが、クランク１０５の長手方向に対して検出方向が平行になるように設けられている。このようにすることにより、第１検出回路３７３ａで検出された曲げ変形 x と、第２検出回路３７３ｂで検出された曲げ変形 y からクランク１０５に加わっている推進力 F_t や損失力 F_r を測定することができる。したがって、簡便な方法で推進力 F_t や損失力 F_r を測定することができる。また、第１ひずみゲージ３６９ａと第２ひずみゲージ３６９ｂをクランク１０５の内面１１９に設けることで、ユーザの足と干渉することがない。

【０１２０】

また、第１ひずみゲージ３６９ａおよび第２ひずみゲージ３６９ｂが、クランク１０５内面１１９の長手方向の中心軸Ｃ１に対して対称になるように設けられているので、曲げ変形 x を精度良く検出することができる。

【０１２１】

また、第３ひずみゲージ３６９ｃおよび第４ひずみゲージ３６９ｄが、クランク１０５上面１１７の長手方向の中心軸Ｃ２に対して対称になるように設けられているので、曲げ変形 y を精度良く検出することができる。

【０１２２】

また、第１検出回路３７３ａおよび第２検出回路３７３ｂがブリッジ回路で構成され、第１ひずみゲージ３６９ａおよび第２ひずみゲージ３６９ｂが、第１検出回路３７３ａを構成するブリッジ回路において電源に対して直列に接続され、第３ひずみゲージ３６９ｃおよび第４ひずみゲージ３６９ｄが、第２検出回路３７３ｂを構成するブリッジ回路において電源に対して直列に接続され、さらに、第１検出回路３７３ａを構成するブリッジ回路および第２検出回路３７３ｂを構成するブリッジ回路の第１ひずみゲージ３６９ａ乃至第４ひずみゲージ３６９ｄ以外の抵抗素子が、固定抵抗 R で構成されているので、ブリッジ回路により、曲げ変形 x や曲げ変形 y を検出することができ、簡便な回路構成で推進力 F_t や損失力 F_r を測定することができる。

【０１２３】

また、固定抵抗 R が、第１検出回路と第２検出回路とで共有しているので、第１検出回路と第２検出回路とを事実上１つの回路とすることができ、回路をさらに簡便にすることができる。

【０１２４】

また、推進力 F_t の算出にねじれ変形 r_z が作用しないので、ペダル１０３上の荷重位置が変化しても推進力 F_t が変化しない。

【０１２５】

また、第１検出回路３７３ａにおいて、第１ひずみゲージ３６９ａと第２ひずみゲージ３６９ｂは接続順序が逆であってもよい。また、第２検出回路３７３ｂにおいて、第３ひずみゲージ３６９ｃと第４ひずみゲージ３６９ｄは接続順序が逆であってもよい。

【０１２６】

また、上述した実施例では、サイクルコンピュータ２０１は１秒毎の平均推進力と平均損失力を表示していたが、例えば、クランク１０５の回転角度（３０°など）毎に平均推進力と平均損失力を算出してその大きさを矢印等で表示するようにしてもよい。クランク１０５の回転角度は、例えばクランクギアの外周部近傍に狭装された、発光部と受光部とを有する光学式の回転検出センサからなり、発光部と受光部との間を通過するギアの歯の数をカウントし、このカウント値とギアの歯数との比を求めることで、回転角度を検出する方法や、ポテンションメータ等の既存のセンサにより検出する方法等が挙げられる。

【０１２７】

また、算出された推進力 F_t や損失力 F_r からクランク１０５の回転角度ごとの伝達効率を算出して表示しても良い。伝達効率とは、ペダル１０３に作用する力に対する推進力 F_t の寄与率であり、ペダリング状態を示す指標となる。また、伝達効率に所定の閾値を設定し、その閾値以下である場合は、ペダリング状態が悪く、非効率的であると判定し、その結果を図形等により表示してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 8 】

また、上述した実施例において、右側クランク 1 0 5 R にひずみゲージ 3 6 9 を設けていたが、左側クランク 1 0 5 L にも設けることが可能である。これによって、ユーザは、左右のペダリングバランスを知ることが可能となる。

【 0 1 2 9 】

また、クランク 1 0 5 の製造過程においてひずみゲージ 3 6 9 を、クランク 1 0 5 の内部に埋め込んでも良い。また、クランク 1 0 5 が中空構造の場合には、ひずみゲージ 3 6 9 を中空の内側に接着しても良い。これらの方法によると、クランク 1 0 5 の外観を害せずにひずみゲージ 3 6 9 を配置することができる。また、ひずみゲージ 3 6 9 が外部に露出しないことから、ひずみゲージ 3 6 9 の耐久性を向上させることが可能となる。

10

【 0 1 3 0 】

また、図 4 では、ひずみゲージ 3 6 9 がクランク 1 0 5 の中央近傍に設けられているように記載しているが、ペダル 1 0 3 寄りやクランク軸 1 0 7 寄りに設けてもよい。ペダル 1 0 3 寄りに設けるとクランク 1 0 5 のひずみ量が小さいためにひずみゲージ 3 6 9 の寿命を延ばすことができる。クランク軸 1 0 7 寄りに設けるとこの原理によりひずみゲージ 3 6 9 の出力が大きくなりノイズの影響を小さくすることができる。

【 0 1 3 1 】

また、第 1 ひずみゲージ 3 6 9 a、第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b をクランク 1 0 5 の内面 1 1 9 に設けたが、外面 1 2 0 に設けてもよい。但し、外面 1 2 0 に設けた場合ユーザの足と緩衝する可能性があるので、内面 1 1 9 に設けたほうが好ましい。また、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d をクランク 1 0 5 の上面 1 1 7 に設けたが、下面 1 1 8 に設けてもよい。

20

【 0 1 3 2 】

また、ひずみゲージ 3 6 9 は、それぞれ 1 つの素子で構成するに限らず、複数素子から構成してもよい。また、ひずみゲージ 3 6 9 の抵抗値も全て同じに限らないが、各ひずみゲージ 3 6 9 や固定抵抗 R は、各変形を検出した際に正出力や負出力が出力される関係となる抵抗値としなければならない。

【 0 1 3 3 】

本発明における人力機械とは、自転車 1、フィットネスバイク等のクランク 1 0 5 を備えた人力で駆動される機械をいう。つまり、クランク 1 0 5 を備えた人力で駆動（必ずしも場所的な移動をする必要はない）される機械であれば、人力機械はどのようなものであっても良い。

30

【 0 1 3 4 】

本発明における測定装置とは、サイクルコンピュータ 2 0 1 の一部であってもよいし、他の独立した装置であっても良い。さらに、物理的に別れた複数の装置の集合体であっても良い。場合によっては、ひずみゲージ 3 6 9（測定モジュールひずみ検出回路 3 6 5）以外は通信を介することとし全く別の場所にある装置であってもよい。つまり、測定モジュール 3 0 1 は、本発明における測定装置の一例である。

【 0 1 3 5 】

また、本発明は上記実施例に限定されるものではない。即ち、当業者は、従来公知の知見に従い、本発明の骨子を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。かかる変形によってもなお本発明の測定装置の構成を具備する限り、勿論、本発明の範疇に含まれるものである。

40

【 符号の説明 】

【 0 1 3 6 】

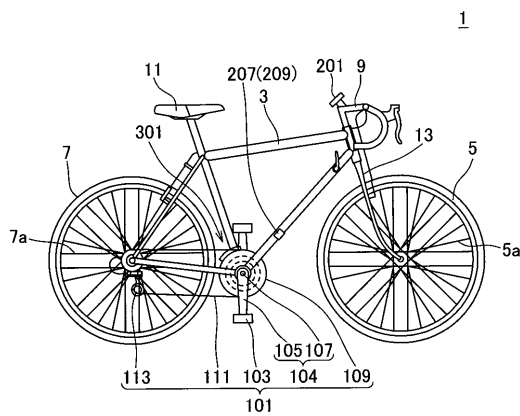
- 1 自転車（人力機械）
- 1 0 5 クランク
- 1 1 9 内面（側面）
- 1 1 7 上面（一方の面）
- 3 6 9 a 第 1 ひずみゲージ

50

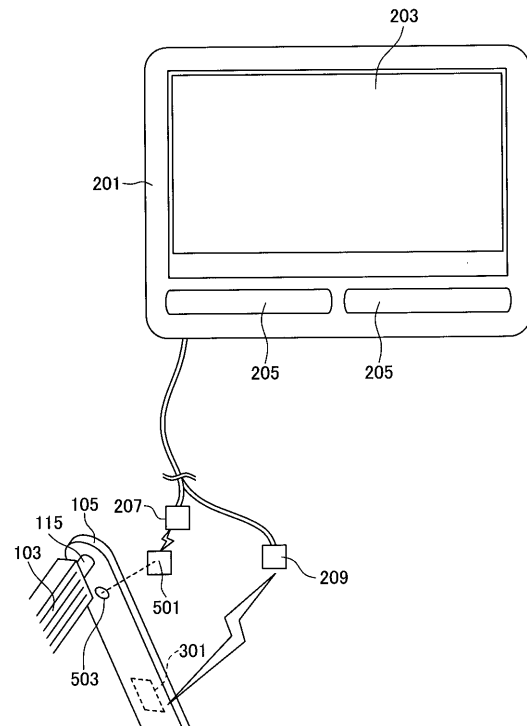
- 3 6 9 b 第 2 ひずみゲージ
 3 6 9 c 第 3 ひずみゲージ
 3 6 9 d 第 4 ひずみゲージ
 3 7 3 a 第 1 検出回路
 3 7 3 b 第 2 検出回路
 C 1 中心軸
 C 2 中心軸
 R 固定抵抗
 S T 1 1 測定モジュール A / D にて A / D 変換 (回転方向ひずみ検出工程、内外方向ひずみ検出工程)
 S T 3 3 平均推進力、平均損失力算出 (推進力測定工程、損失力測定工程)

10

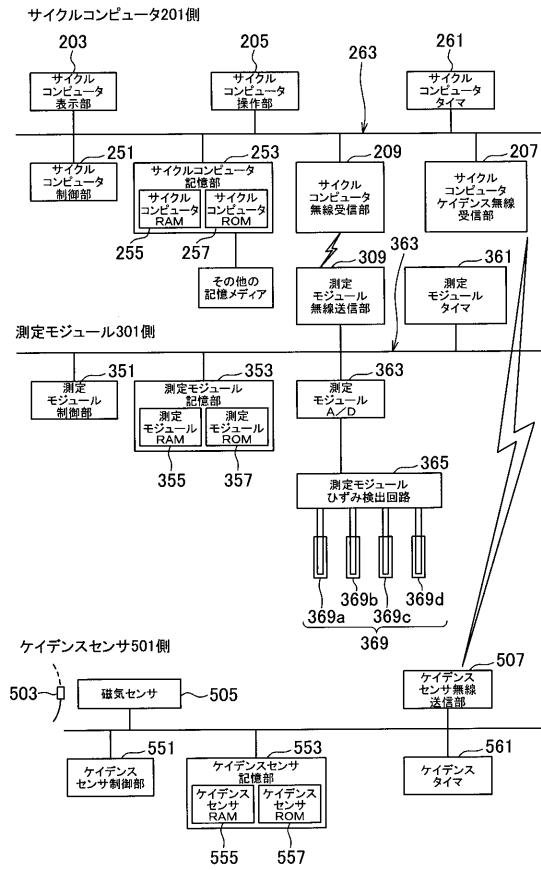
【 図 1 】



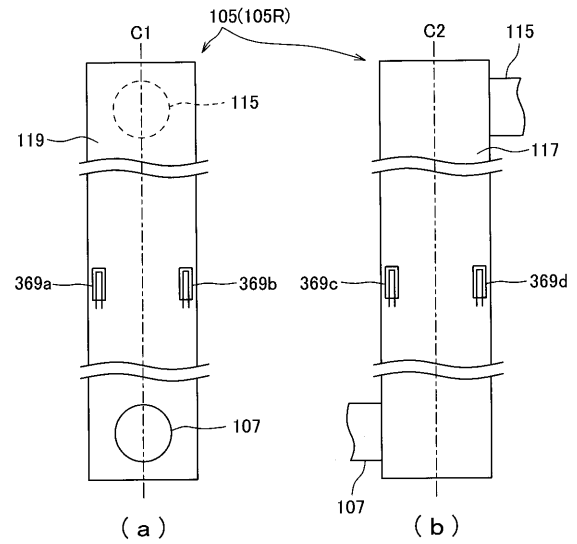
【 図 2 】



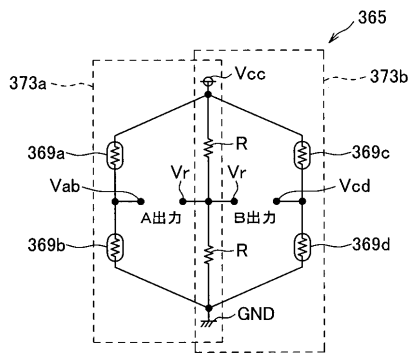
【図 3】



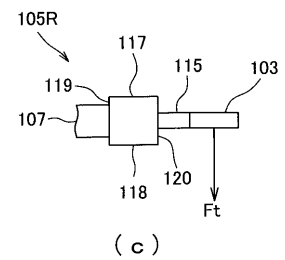
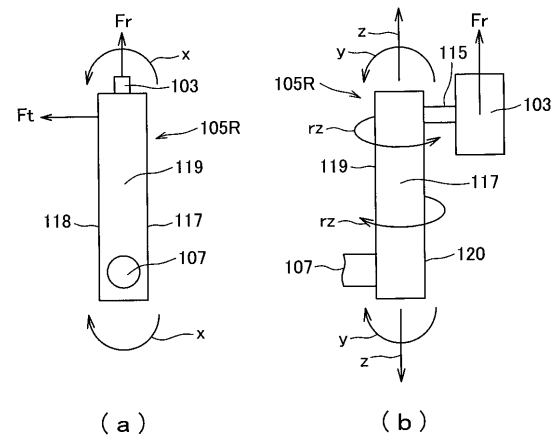
【図 4】



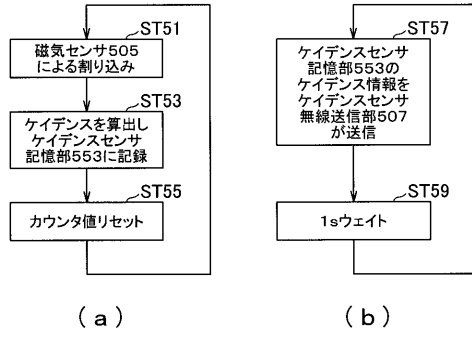
【図 5】



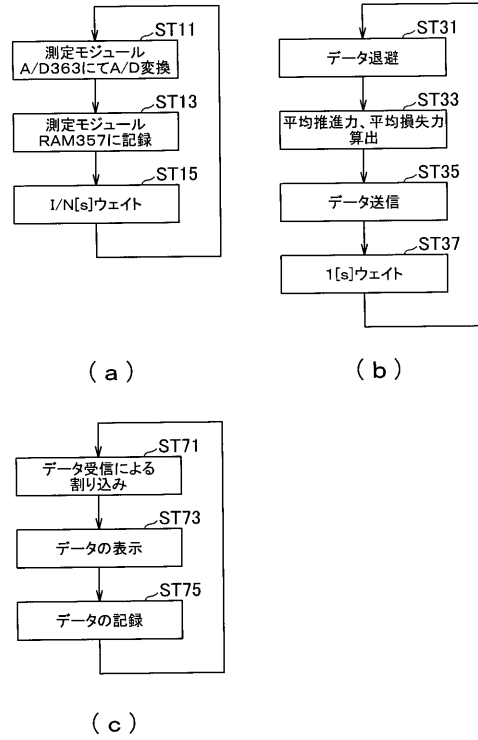
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 児玉 泰輝
神奈川県川崎市幸区新小倉 1 - 1 パイオニア株式会社内