

【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、

前記クランクの前記一方の面と対向する他方の面に設けられた第5ひずみゲージ、第6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ひずみゲージ乃至前記第6ひずみゲージが接続され、少なくとも前記クランクの長手方向と平行な方向に生じている引張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、前記第2ひずみゲージ、前記第4ひずみゲージおよび前記第6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、

前記第3ひずみゲージおよび前記第5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垂直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。

【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。

【請求項 4】

前記第3ひずみゲージと前記第4ひずみゲージが、互いに重ね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5ひずみゲージと前記第6ひずみゲージが、互いに重ねら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5ひずみゲージ、前記第4ひずみゲージおよび前記第6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それぞれ対角の位置に接続され、

前記第1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2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5のうちいずれか一項に記載の測定装置。

【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、

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垂直になるように設けられた第3ひずみゲージと、

10

20

30

40

50

前記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4ひずみゲージと、

前記クランクの前記一方の面と対向する他方の面に前記クランクの長手方向に対して検出方向が垂直になるように設けられた第5ひずみゲージと、

前記他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6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ひずみゲージ乃至前記第6ひずみゲージが接続され、少なくとも前記クランクの長手方向と平行な方向に生じている引張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検出回路に前記引張方向ひずみを検出させる引張方向ひずみ検出工程と、

前記引張方向ひずみ検出工程で検出した前記引張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ので、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リング加工が必要になってしまふという問題があった。

10

20

30

40

50

【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、前記クランクの前記一方の面と対向する他方の面に設けられた第5ひずみゲージ、第6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ひずみゲージ乃至前記第6ひずみゲージが接続され、少なくとも前記クランクの長手方向と平行な方向に生じている引張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、前記第2ひずみゲージ、前記第4ひずみゲージおよび前記第6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、前記第3ひずみゲージおよび前記第5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垂直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。

10

20

30

40

【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垂直になるように設けられた第3ひずみゲージと、前記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4ひずみゲージと、前記クランクの前記一方の面と対向する他方の面に前記クランクの長手方向に対して検出方向が垂直になるように設けられた第5ひずみゲージと、前記他方の面上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6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ひずみゲージ乃至前記第6ひずみゲージが接続され、少なくとも前記クランクの長手方向と平行な方向に生じている引張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検出回路に前記引張方向ひずみを検出させる引張方向ひずみ検出工程と、前記引張方向ひずみ検出工程で検出した前記引張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。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第1の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。

50

【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、円の径方向に延在し、かつ、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、クランクの一方の面と対向する他方の面に設けられた第5ひずみゲージ、第6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ひずみゲージ乃至第6ひずみゲージが接続され、少なくともクランクの長手方向と平行な方向に生じている引張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、第2ひずみゲージ、第4ひずみゲージおよび第5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、第3ひずみゲージおよび第5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垂直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引張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ひずみゲージと第4ひずみゲージが、互いに重ねられていてもよい。このようにすることにより、クランクに設けるひずみゲージのサイズを小さくすることができる。

【0017】

また、第5ひずみゲージと第6ひずみゲージが、互いに重ねられていてもよい。このようにすることにより、クランクに設けるひずみゲージのサイズを小さくすることができる。

【0018】

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5ひずみゲージ、第4ひずみゲージおよび第6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それぞれ対角の位置に接続され、第1検出回路を構成するブリッジ回路の第1乃至第2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。

10

20

30

40

50

【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前記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、円の径方向に延在し、かつ、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垂直になるように設けられた第3ひずみゲージと、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4ひずみゲージと、クランクの一方の免と対向する他方の面にクランクの長手方向に対して検出方向が垂直になるように設けられた第5ひずみゲージと、他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6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ひずみゲージ乃至第6ひずみゲージが接続され、少なくともクランクの長手方向と平行な方向に生じている引張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検出回路に引張方向ひずみを検出させる引張方向ひずみ検出工程と、引張方向ひずみ検出工程で検出した引張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からクランクに加わっている推進力を測定でき、第2検出回路で検出された引張方向ひずみからクランクに加わっている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。

10

20

20

【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。

30

【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。

【0023】

フロント車輪5は、ハブ部、スパ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パーク部によって接続されている。

40

【0024】

リア車輪7は、ハブ部、スパ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パ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。

【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

50

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。

【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。

【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 105R、左側クランク 105L、右側ペダルクランク軸 115R、左側ペダルクランク軸 115L、右側ペダル 103R、左側ペダル 103L と記載する。

【0033】

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、出發してからの経過時間、推進力、損失力等である。

10

20

30

40

50

【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て用いることができる。

10

【0042】

また、サイクルコンピュータ201は、サイクルコンピュ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、ケイデンス[rpm]を得ることができる。

20

【0044】

測定モジュール301は、クランク105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369（図3及び図4参照）を用いて、ペダル103にユーザが加えている力を検出する。具体的には、クランク105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。

30

【0045】

図3は、サイクルコンピュータ201、測定モジュール301及びケイデンスセンサ501のブロック図である。

【0046】

まず、ケイデンスセンサ501のブロック構成を説明する。ケイデンスセンサ501は、磁気センサ505、ケイデンスセンサ無線送信部507、ケイデンスセンサ制御部551、ケイデンスセンサ記憶部553、ケイデンスセンサタイマ561を有している。

【0047】

磁気センサ505は、磁石503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505がONとなると、磁気センサ505はその旨の情報信号をケイデンスセンサ制御部551に出力する。

40

【0048】

ケイデンスセンサ無線送信部507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、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部207に送信している。このケイデンスセンサ無線送信部507による送信は、ケイデンスセンサタイマ561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561の値に基づいた判断がケイデンスセンサ制御部551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507による送信がケイデンスセンサ制御部551の命令によって行われても良い。

【0049】

50

ケイデンスセンサ制御部 551 は、ケイデンスセンサ 501 を包括的に制御している。ケイデンスセンサ制御部 551 は、磁気センサ 505 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 551 は、ケイデンスセンサタイマ 561 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 551 は、ケイデンスセンサタイマ 561 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 505 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 [rpm] を算出する。

【0050】

10

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 (後述する) に記憶させる。また、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。ケイデンスセンサ制御部 551 は、例えば 1 秒間の間隔で、ケイデンスセンサ無線送信部 507 に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送信させても良い。

【0051】

20

ケイデンスセンサ記憶部 553 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 551 の制御プログラム、ケイデンスセンサ制御部 551 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 505 が ON となる間隔であるケイデンスセンサタイマ 561 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 553 は、ケイデンスセンサ RAM 555 及びケイデンスセンサ ROM 557 から構成されている。ケイデンスセンサ RAM 555 にはタイマ値等が記憶され、ケイデンスセンサ ROM 557 には制御プログラム等が記憶される。

【0052】

30

ケイデンスセンサタイマ 561 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 561 は、ケイデンスセンサ制御部 551 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 551 に出力する。また、ケイデンスセンサタイマ 561 は、ケイデンスセンサ制御部 551 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 561 は、ケイデンスセンサ無線送信部 507 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 507 に送信タイミングを指令している。

【0053】

次に、測定モジュール 301 のブロック構成を説明する。測定モジュール 301 は、図 3 に示したように、測定モジュール無線送信部 309、測定モジュールタイマ 361、測定モジュール制御部 351、測定モジュール記憶部 353、測定モジュール A/D 363、測定モジュールひずみ検出回路 365 及びひずみゲージ 369 を有している。

【0054】

40

測定モジュール無線送信部 309 は、測定モジュール制御部 351 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 209 に送信している。この測定モジュール無線送信部 309 による送信は、測定モジュールタイマ 361 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 361 の値に基づいて測定モジュール制御部 351 が命令を出力することによって送信しても良い。

【0055】

50

測定モジュールタイマ 361 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 361 は、測定モジュール無線送信部 309 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 309 に送信タイミングを指令している。

【0056】

測定モジュール制御部351は、測定モジュール301を包括的に制御している。測定モジュール制御部351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。

【0057】

測定モジュール記憶部353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351の制御プログラム、及び、測定モジュール制御部351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353は、測定モジュールRAM355及び測定モジュールROM357から構成されている。測定モジュールRAM355にはひずみ情報等が記憶される。測定モジュールROM357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。

10

【0058】

ひずみゲージ369は、クランク105に接着されて、一体化される。ひずみゲージ369は、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369b、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369d、第5ひずみゲージ369e、第6ひずみゲージ369f、から構成されている。そして、ひずみゲージ369のそれぞれの端子は、測定モジュールひずみ検出回路365に接続されている。

【0059】

図4に、本実施例におけるひずみゲージ369のクランク105への配置を示す。ひずみゲージ369は、クランク105の内面119、上面117及び下面118に接着されている。クランク105の内面とは、クランク軸107が突設されている（接続されている）面であり、クランク105の回転運動により定義される円を含む平面と平行な面（側面）である。クランク105の上面117は、内面119および外側面120と同じ方向に長手方向が延在（クランク105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119と直交する面の一方である。クランク105の下面118は、上面117と対向する面である。また、図4には図示しないが、クランク105の外側面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。

20

【0060】

第1ひずみゲージ369aと第2ひずみゲージ369bは、図4（b）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369aと第2ひずみゲージ369b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。

30

【0061】

第3ひずみゲージ369cと第4ひずみゲージ369dは、図4（c）に示すように、クランク105の上面117に設けられている。第3ひずみゲージ369dは、クランク105の長手方向に対して検出方向が垂直、つまり、上面117の中心軸C2に対して垂直かつ、中心軸C2上に設けられている。第4ひずみゲージ369d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、中心軸C2上に設けられている。

40

【0062】

第5ひずみゲージ369eと第6ひずみゲージ369fは、図4（a）に示すように、クランク105の下面118に設けられている。第5ひずみゲージ369eは、クランク105の長手方向に対して検出方向が垂直、つまり、下面118の中心軸C3に対して垂直かつ、中心軸C3上に設けられている。第6ひずみゲージ369f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、下面118の中心軸C3に対して平行かつ、中心軸C3上に設けられている。

【0063】

50

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、C3 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 369a、第 2 ひずみゲージ 369b、第 4 ひずみゲージ 369d 及び第 6 ひずみゲージ 369f の検出方向となり、中心軸 C2、C3 と垂直な方向（図 4 の横方向）、つまり、クランク 105 の長手方向と垂直な方向が、第 3 ひずみゲージ 369c 及び第 5 ひずみゲージ 369e の検出方向となる。したがって、第 1 ひずみゲージ 369a、第 2 ひずみゲージ 369b、第 4 ひずみゲージ 369d、第 6 ひずみゲージ 369f と、第 3 ひずみゲージ 369c、第 5 ひずみゲージ 369e とは検出方向が互いに直交している。

【0064】

なお、第 1 ひずみゲージ 369a 乃至第 6 ひずみゲージ 369f の配置は図 4 に限らない。つまり、中心軸 C1、C2、C3 と平行または垂直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 369a 及び第 2 ひずみゲージ 369b は、中心軸 C1 を挟んで対称に配置し、第 3 ひずみゲージ 369c 乃至第 6 ひずみゲージ 369f は、中心軸 C2、C3 上に配置する方が、後述する各変形を精度良く検出できるので好ましい。

10

【0065】

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、C3 との関係（平行または垂直）がずれるにしたがって検出精度が低下する。

20

【0066】

測定モジュールひずみ検出回路 365 は、第 1 ひずみゲージ 369a、第 2 ひずみゲージ 369b、第 3 ひずみゲージ 369c、第 4 ひずみゲージ 369d、第 5 ひずみゲージ 369e、第 6 ひずみゲージ 369f 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。

30

【0067】

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 373a と第 2 検出回路 373b とで構成されている。第 1 検出回路 373a の第 1 系統側では、電源 Vcc から順に、第 1 ひずみゲージ 369a、第 2 ひずみゲージ 369b の順に接続されている。即ち、第 1 ひずみゲージ 369a および第 2 ひずみゲージ 369b 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。

【0068】

第 2 検出回路 373b の第 1 系統側では、電源 Vcc から順に、第 4 ひずみゲージ 369d、第 3 ひずみゲージ 369c の順に接続されている。即ち、第 3 ひずみゲージ 369c および第 4 ひずみゲージ 369d 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、第 5 ひずみゲージ 369e、第 6 ひずみゲージ 369f の順に接続されている。即ち、第 5 ひずみゲージ 369e および第 6 ひずみゲージ 369f が電源 Vcc に対して直列に接続されている。

40

【0069】

第 2 検出回路 373b において、第 3 ひずみゲージ 373c と第 5 ひずみゲージ 373e は、対角の位置に接続され、第 4 ひずみゲージ 373d と第 6 ひずみゲージ 373f は、対角の位置に接続されている。なお、第 1 ひずみゲージ 369a 乃至第 6 ひずみゲージ 369f は同じ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

50

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。

【0070】

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、第2ひずみゲージ369b、第4ひずみゲージ369d、第6ひずみゲージ369fが、中心軸C1、C2、C3と平行な方向、第3ひずみゲージ369c、第5ひずみゲージ369eが、中心軸C2、C3と垂直な方向となる。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。

10

【0071】

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Vabと、2つの固定抵抗Rの間の電位Vrとの電位差はほぼゼロとなる。

【0072】

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Vabが高くなり、電位Vrは変化しない。つまり、電位Vabと電位Vr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Vabが低くなり、電位Vrは変化しない。つまり、電位Vabと電位Vrとの間に電位差が発生する。

20

【0073】

第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bと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とともに抵抗値が減少するために、電位Vabと、電位Vr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とともに抵抗値が増加するために、電位Vabと、電位Vrとの電位差はほぼゼロとなる。

30

【0074】

第2検出回路373bは、第3ひずみゲージ369c乃至第6ひずみゲージ369fが検出方向で圧縮または伸長されていない場合は、第3ひずみゲージ369cと第4ひずみゲージ369dとの間の電位Vcdと、第5ひずみゲージ369eと第6ひずみゲージ369fとの間の電位Vefとの電位差はほぼゼロとなる。

【0075】

第4ひずみゲージ369dが圧縮され、第3ひずみゲージ369cが伸張された場合は、第4ひずみゲージ369dの抵抗値が減少して第3ひずみゲージ369cの抵抗値が増加するために、電位Vcdが高くなる。このとき、第5ひずみゲージ369eが圧縮され、第6ひずみゲージ369fが伸張された場合は、第5ひずみゲージ369eの抵抗値が減少して第6ひずみゲージ369fの抵抗値が増加するために、電位Vefが高くなり、電位Vcdと、電位Vefとの電位差はほぼゼロとなる。一方、第5ひずみゲージ369eが伸張され、第6ひずみゲージ369fが圧縮された場合は、第5ひずみゲージ369eの抵抗値が増加して第6ひずみゲージ369fの抵抗値が減少するために、電位Vefが低くなり、電位Vcdと、電位Vefとの間に電位差が発生する。さらに、第5ひずみゲージ369e、第6ひずみゲージ369fが圧縮または伸張されていない場合は、電位Vefは変化しないために、電位Vcdと、電位Vefとの間に電位差が発生する。

40

【0076】

第4ひずみゲージ369dが伸張され、第3ひずみゲージ369cが圧縮された場合は、第4ひずみゲージ369dの抵抗値が増加して第3ひずみゲージ369cの抵抗値が減

50

少するために、電位 V_{cd} が低くなる。このとき、第 5 ひずみゲージ 369e が圧縮され、第 6 ひずみゲージ 369f が伸張された場合は、第 5 ひずみゲージ 369e の抵抗値が減少して第 6 ひずみゲージ 369f の抵抗値が増加するために、電位 V_{ef} が高くなり、電位 V_{cd} と、電位 V_{ef} との間に電位差が発生する。一方、第 5 ひずみゲージ 369e が伸張され、第 6 ひずみゲージ 369f が圧縮された場合は、第 5 ひずみゲージ 369e の抵抗値が増加して第 6 ひずみゲージ 369f の抵抗値が減少するために、電位 V_{ef} が低くなり、電位 V_{cd} と、電位 V_{ef} との電位差はほぼゼロとなる。さらに、第 5 ひずみゲージ 369e、第 6 ひずみゲージ 369f が圧縮または伸張されていない場合は、電位 V_{ef} は変化しないために、電位 V_{cd} と、電位 V_{ef} との間に電位差が発生する。

【0077】

10

第 4 ひずみゲージ 369d、第 3 ひずみゲージ 369c が圧縮または伸張されていない場合は、第 4 ひずみゲージ 369d、第 3 ひずみゲージ 369c の抵抗値が変化しないために、電位 V_{cd} は変化しない。このとき、第 5 ひずみゲージ 369e が圧縮され、第 6 ひずみゲージ 369f が伸張された場合は、第 5 ひずみゲージ 369e の抵抗値が減少して第 6 ひずみゲージ 369f の抵抗値が増加するために、電位 V_{ef} が高くなり、電位 V_{cd} と、電位 V_{ef} との間に電位差が発生する。一方、第 5 ひずみゲージ 369e が伸張され、第 6 ひずみゲージ 369f が圧縮された場合は、第 5 ひずみゲージ 369e の抵抗値が増加して第 6 ひずみゲージ 369f の抵抗値が減少するために、電位 V_{ef} が低くなり、電位 V_{cd} と、電位 V_{ef} との間に電位差が発生する。

【0078】

20

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_{ef} が測定できる第 5 ひずみゲージ 369e と第 6 ひずみゲージ 369f との接続点と、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。

【0079】

30

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 105R の変形状態を示している。（a）は右クランク 105R の上面 117 から見た平面図、（b）は右側クランク 105R の内面 119 から見た平面図、（c）は右側クランク 105R のクランク軸 107 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 105R で説明するが、左側クランク 105L でも同様である。

【0080】

ユーザの足からペダル 103 を介して踏力が加えられると、その踏力はクランク 105 の回転力となる、クランク 105 の回転の接線方向の力である推進力 F_t と、クランク 105 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 105R 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。

【0081】

40

曲げ変形 x は、図 6 (a) に示したように、右側クランク 105R が上面 117 から下面 118 に向かって、或いは下面 118 から上面 117 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 105 の回転方向に発生する変形によるひずみ（クランク 105 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 105 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 105R が外面 120 から内面 119 に向かって、或いは内面 119 から外面 120 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 105 の外面 120 から内面 119、または内面 119 から外面 120 に向かって発生する変形によるひずみ（右側クランク 105R 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

50

に生じているひずみ)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105に生じている内外方向ひずみが検出できる。

【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ことであり、損失力Frによって生じる変形である。即ち、クランク105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105に生じている引張方向ひずみが検出できる。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ことであり、推進力Ftによって生じる変形である。即ち、クランク105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rzの検出によってクランク105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rz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。

10

【0083】

したがって、推進力Ftを測定するためには、曲げ変形xまたはねじれ変形rzのいずれか、損失力Fr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。

【0084】

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369a、第2ひずみゲージ369b、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369d、第5ひずみゲージ369e、第6ひずみゲージ369fが接続された測定モジュールひずみ検出回路365によって、曲げ変形x、曲げ変形y、引張変形z、ねじれ変形rzを検出(測定)する方法を説明する。

20

【0085】

まず、第1検出回路373a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1ひずみゲージ369aは圧縮されるので抵抗値が減少し、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Va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Vaが低く電位Vrが高い)となる。

30

【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1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bと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Va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。

40

【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1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bと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。

50

【0088】

ねじれ変形 r_z 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。

【0089】

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。

10

【0090】

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 は圧縮されるので抵抗値が減少し、第 4 ひずみゲージ 369d は伸張されるため抵抗値が増加する。一方、第 5 ひずみゲージ 369e は伸張されるので抵抗値が増加し、第 6 ひずみゲージ 369f は圧縮されるため抵抗値が減少する。そのため、第 2 検出回路 373b の B 出力はゼロとなる。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 は伸張されるので抵抗値が増加し、第 4 ひずみゲージ 369d は圧縮されるため抵抗値が減少する。一方、第 5 ひずみゲージ 369e は圧縮されるので抵抗値が減少し、第 6 ひずみゲージ 369f は伸張されるため抵抗値が増加する。そのため、第 2 検出回路 373b の B 出力はゼロとなる。

20

【0091】

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 乃至第 6 ひずみゲージ 369f は検出方向に圧縮も伸張もしないため抵抗値が変化しない。そのため、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 乃至第 6 ひずみゲージ 369f は検出方向に圧縮も伸張もしないため抵抗値が変化しない。そのため、そのため、第 2 検出回路 373b の B 出力はゼロとなる。

30

【0092】

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 は圧縮されるので抵抗値が減少し、第 4 ひずみゲージ 369d は伸張されるため抵抗値が増加する。一方、第 5 ひずみゲージ 369e は圧縮されるので抵抗値が減少し、第 6 ひずみゲージ 369f は伸張されるため抵抗値が増加する。そのため、第 2 検出回路 373b の B 出力は正出力（電位 V_{ef} が高く電位 V_{cd} が低い）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 は伸張されるので抵抗値が増加し、第 4 ひずみゲージ 369d は圧縮されるため抵抗値が減少する。一方、第 5 ひずみゲージ 369e は伸張されるので抵抗値が増加し、第 6 ひずみゲージ 369f は圧縮されるため抵抗値が減少する。そのため、第 2 検出回路 373b の B 出力は負出力（電位 V_{ef} が低く電位 V_{cd} が高い）となる。

40

【0093】

ねじれ変形 r_z 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 は検出方向に圧縮も伸張もされないので抵抗値が変化せず、第 4 ひずみゲージ 369d は伸張され

50

るため抵抗値が増加する。一方、第5ひずみゲージ369eは検出方向に圧縮も伸張もされないので抵抗値が変化せず、第6ひずみゲージ369fは伸張されるため抵抗値が増加する。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は検出方向に圧縮も伸張もされないので抵抗値が変化せず、第4ひずみゲージ369dは伸張されるため抵抗値が増加する。一方、第5ひずみゲージ369eは検出方向に圧縮も伸張もされないので抵抗値が変化せず、第6ひずみゲージ369fは伸張されるため抵抗値が増加する。そのため、第2検出回路373bのB出力は正出力となる。

【0094】

以上のように、B出力からは、引張変形 z 、ねじれ変形 r_z 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乃至第6ひずみゲージ369fが接続され、クランク105に生じている引張方向ひずみを検出する。

【0095】

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 F_t は次の(1)式により、損失力 F_r は次の(2)式によりそれぞれ算出する。

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

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

【0096】

ここで、Aは推進力 F_t (あるいは損失力 F_r)を算出する時点におけるA出力値、 A_0 は無負荷時のA出力値、Bは推進力 F_t (あるいは損失力 F_r)を算出する時点におけるB出力値、 B_0 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。

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

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

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

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

【0097】

ここで、 A_m 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。 B_e 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。 A_e 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。 B_m 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。

【0098】

係数p、q、s、uおよび A_0 、 B_0 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 F_t および損失力 F_r が算出できる。

【0099】

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。

【0100】

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

10

20

30

40

50

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。

【0101】

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よい。

【0102】

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。

10

【0103】

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。

【0104】

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。

【0105】

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 等が様々に利用している。

20

【0106】

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 RAM 255 及びサイクルコンピュータ ROM 257 から構成されている。サイクルコンピュータ ROM 257 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。

30

【0107】

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ても良い。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。

【0108】

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。

【0109】

まず、ケイデンスセンサ 501 の処理を説明する。ステップ ST51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 ST53 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。

40

【0110】

次に、ステップ ST53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ト数 (C) と 1 度のカウント間隔 (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

50

ンサRAM555に記憶させる。

【0111】

次に、ステップST55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ST51から処理を再開する。

【0112】

一方、ステップST57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。

10

【0113】

次に、ステップST59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。

【0114】

次に、測定モジュール301等の処理を説明する。ステップST11において、測定モジュールA/D363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373a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373bに引張方向ひずみを検出させる引張方向ひずみ検出工程として機能する。

20

【0115】

次に、ステップST13において、測定モジュールA/D363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RAM355に記憶される。

【0116】

次に、ステップST15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RAM355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/D363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ST15の処理が終了すると、ステップST11の処理に再び戻る。つまり、1秒間にN回のステップST11～ステップST15の処理を繰り返し行う。

30

【0117】

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ST31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RAM355の容量には限りがある。ここで、測定モジュールRAM355の容量を大きくすればひずみ情報の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し適切ではない。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ST33での処理によって推進力Ft及び損失力Fr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。

40

【0118】

次に、ステップST33において、測定モジュール制御部351は推進力Ft及び損失力Frを算出する。具体的には、測定モジュール制御部351は、上述した(1)式および(2)式により推進力Ft及び損失力Frを算出する。さらに、測定モジュール制御部351は、この推進力Ft及び損失力Fr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351は、1秒間の推進力Ft及び損失力Fr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、引張方向ひずみ検出工

50

程で検出した引張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。

【0119】

次に、ステップST35において、測定モジュール制御部351は、測定モジュール無線送信部309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201のサイクルコンピュータ無線受信部209によって受信される。

【0120】

次に、ステップST37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ST37の処理が終了すると、ステップST31の処理に再び戻る。つまり、1秒間に1回のステップST31～ステップST35の処理を繰り返し行う。

10

【0121】

また、サイクルコンピュータ201のサイクルコンピュータ制御部251は、図8(c)の処理をおこなう。ステップST71において、サイクルコンピュータ制御部251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209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251が検出した時には、サイクルコンピュータ制御部251は、それまでの処理を中断(割り込み)し、ステップST73以下の処理を開始する。

20

【0122】

次に、ステップST73において、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表示部203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203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。

【0123】

次に、ステップST75において、サイクルコンピュータ制御部251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253のサイクルコンピュータRAM255に記憶する。その後、サイクルコンピュータ制御部251は、再びステップST51の割り込みが行われるまで他の処理を行う。

30

【0124】

本実施例によれば、測定モジュール301は、自転車1のクランク105の内面119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105の上面117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、クランク105の下面118に設けられた第5ひずみゲージ369e、第6ひずみゲージ369f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105に生じている曲げ変形xを検出する第1検出回路373aと、第3ひずみゲージ369c乃至第6ひずみゲージ369fが接続され、クランク105に生じている引張変形zを検出する第2検出回路373bと、を有している。そして、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369b、第4ひずみゲージ369dおよび第6ひずみゲージ369f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、第3ひずみゲージ369cおよび第5ひずみゲージ369eが、クランク105の長手方向に対して検出方向が垂直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で検出された引張変形zからクランク105に加わっている推進力Ftや損失力Fr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Ftや損失力Fr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できない。

40

【0125】

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

50

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。

【0126】

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5ひずみゲージ 369e、第4ひずみゲージ 369d および第6ひずみゲージ 369f が、第2検出回路 373b を構成するブリッジ回路においてそれぞれ対角の位置に接続され、さらに、第1検出回路 373a を構成するブリッジ回路の第1ひずみゲージ 369a 及び第2ひずみゲージ 369b 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 や引張変形 z 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。

10

【0127】

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。

【0128】

なお、上述した説明では、第3ひずみゲージ 369c と第4ひずみゲージ 369d を別々の素子として設けていたが、例えば十字状に互いに重ねられていてもよい。また、第5ひずみゲージ 369e と第6ひずみゲージ 369f を別々の素子として設けていたが、例えば十字状に互いに重ねられていてもよい。このようにすることにより、クランク 105 に設けるひずみゲージ 369 のサイズを小さくすることができる。また、第3ひずみゲージ 369c と第4ひずみゲージ 369d の並びの順序と、第5ひずみゲージ 369e と第6ひずみゲージ 369f の並びの順序は図 4 の逆でもよく、特に限定されない。

20

【0129】

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が、この場合は第5ひずみゲージ 369e と第6ひずみゲージ 369f の接続順序も入れ替える必要がある。つまり、第2検出回路 373b において、対角の位置関係は維持しなければならない。

30

【0130】

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てことで、回転角度を検出する方法や、ポテンショ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。

【0131】

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。

40

【0132】

また、上述した実施例において、右側クランク 105R にひずみゲージ 369 を設けていたが、左側クランク 105L 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。

【0133】

また、上面 117 に第3ひずみゲージ 369c、第4ひずみゲージ 369d を設け、下

50

面118に第5ひずみゲージ369e、第6ひずみゲージ369fを設けていたが、逆に、下面118に第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369dを設け、上面117に第5ひずみゲージ369e、第6ひずみゲージ369fを設けてもよい。

【0134】

また、クランク105の製造過程においてひずみゲージ369を、クランク105の内部に埋め込んでも良い。また、クランク105が中空構造の場合には、ひずみゲージ369を中空の内側に接着しても良い。これらのことによると、クランク105の外観を害せずにひずみゲージ369を配置することができる。また、ひずみゲージ369が外部に露出しないことから、ひずみゲージ369の耐久性を向上させることができるとなる。

【0135】

また、図4では、ひずみゲージ369がクランク105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103寄りやクランク軸107寄りに設けてもよい。ペダル103寄りに設けるとクランク105のひずみ量が小さいためにひずみゲージ369の寿命を延ばすことができる。クランク軸107寄りに設けるとこの原理によりひずみゲージ369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。

【0136】

また、第1ひずみゲージ369a、第2ひずみゲージ369bをクランク105の内面119に設けたが、外面120に設けてもよい。但し、外面120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119に設けたほうが好ましい。

【0137】

また、ひずみゲージ369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369の抵抗値も全て同じに限らないが、各ひずみゲージ369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。

【0138】

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105を備えた人力で駆動される機械をいう。つまり、クランク105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、人力機械はどの様なものであっても良い。

【0139】

本発明における測定装置とは、サイクルコンピュータ201の一部であってもよいし、他の独立した装置であってもよい。さらに、物理的に別れた複数の装置の集合体であってもよい。場合によっては、ひずみゲージ369（測定モジュールひずみ検出回路365）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301は、本発明における測定装置の一例である。

【0140】

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。

【符号の説明】

【0141】

1	自転車（人力機械）
105	クランク
119	内面（側面）
117	上面（一方の面）
118	下面（他方の面）
369a	第1ひずみゲージ
369b	第2ひずみゲージ
369c	第3ひずみゲージ

10

20

30

40

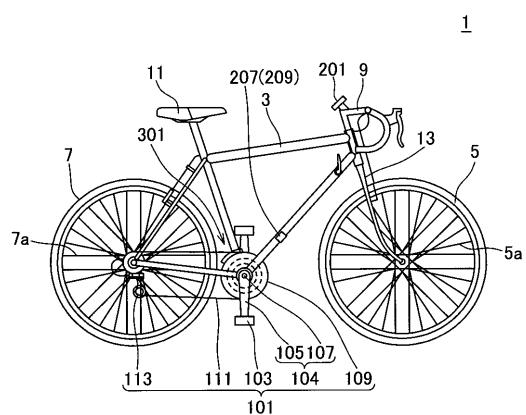
50

3 6 9 d 第4ひずみゲージ
 3 6 9 e 第5ひずみゲージ
 3 6 9 f 第6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
 C 3 中心軸
 R 固定抵抗

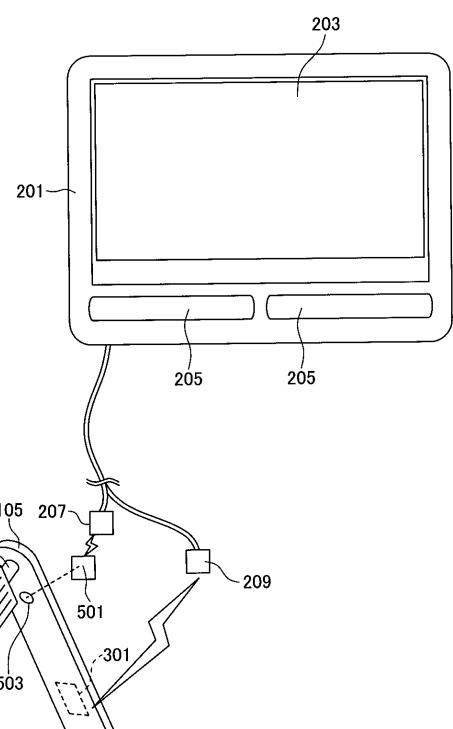
S T 1 1 測定モジュール A / D にて A / D 変換 (回転方向ひずみ検出工程、引張方向ひずみ検出工程) 10

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)

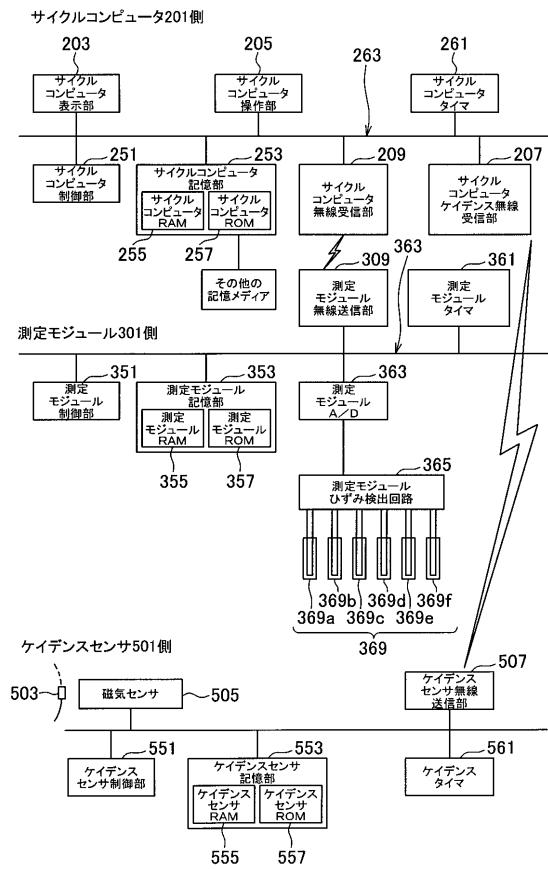
【図1】



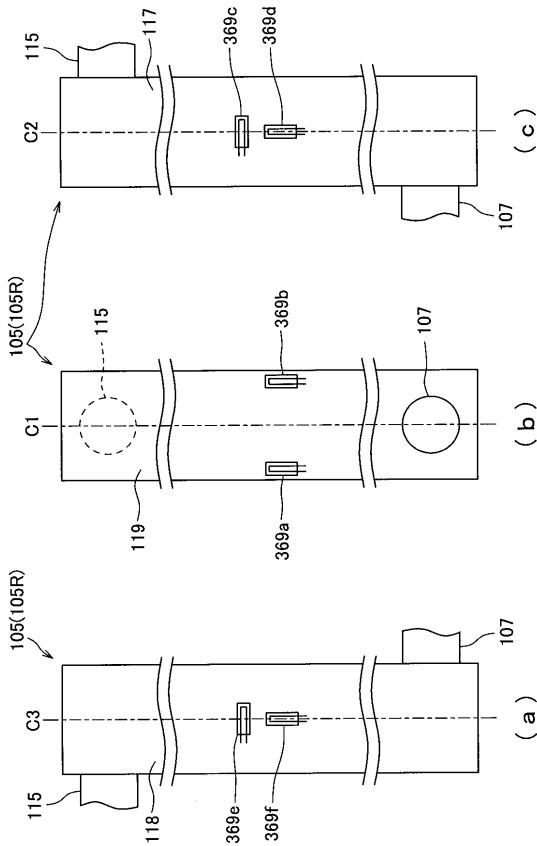
【図2】



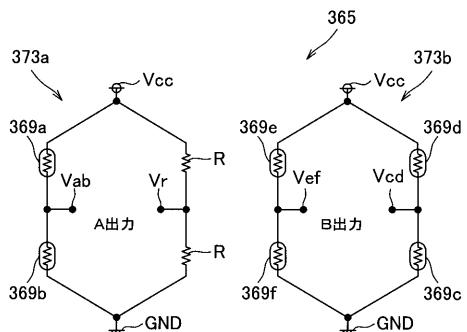
【図3】



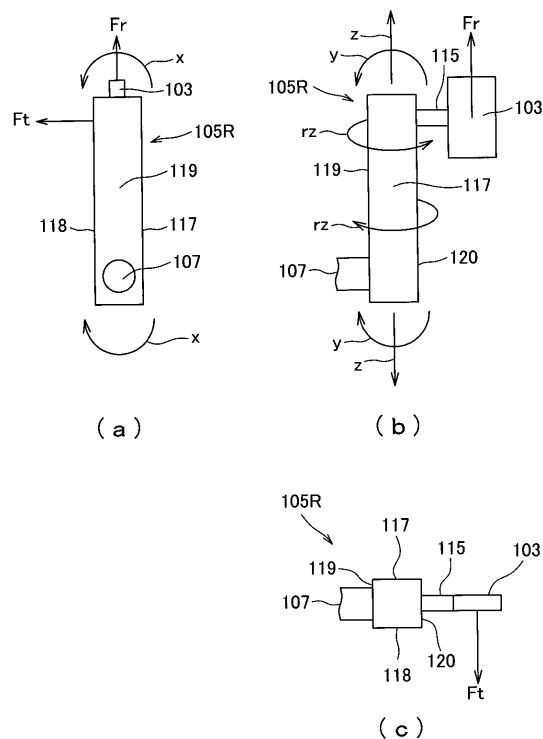
【図4】



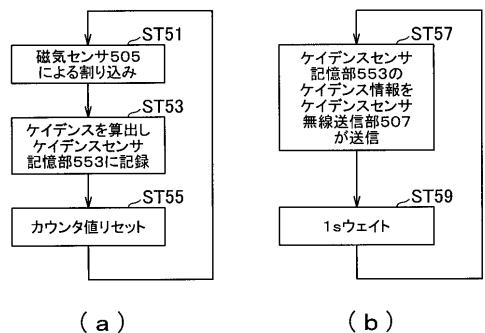
【図5】



【図6】



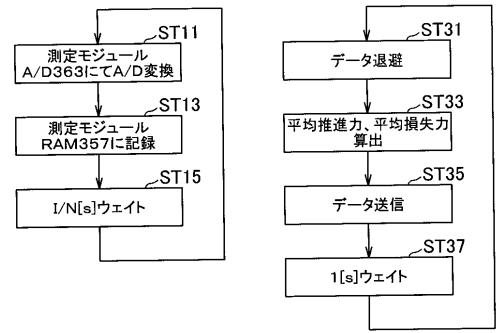
【図7】



(a)

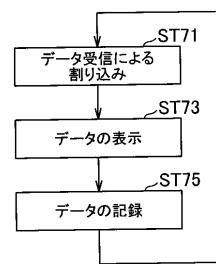
(b)

【図8】



(a)

(b)



(c)

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

F ターク(参考) 2F051 AA01 AA19 AB09 BA03 BA07