

(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2014-134505

(P2014-134505A)

(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 5/13 (2006.01)	G O 1 L 5/13	2 F O 5 I
B 6 2 J 99/00 (2009.01)	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 25 頁)

(21) 出願番号 特願2013-3700 (P2013-3700)
(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

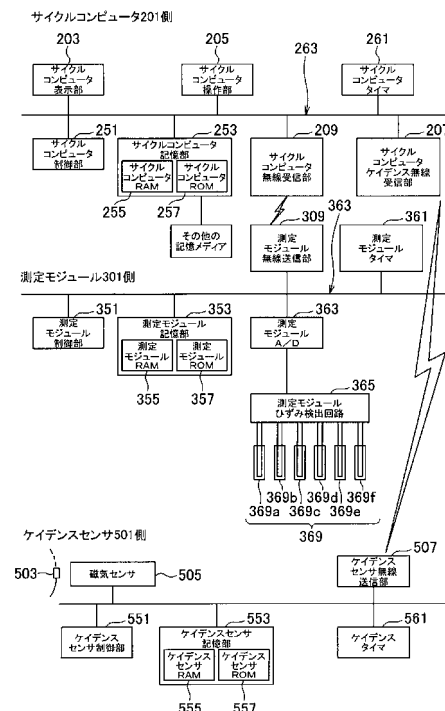
(54) 【発明の名称】 測定装置

(57) 【要約】

【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。

【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。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 8 】

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。

【 0 0 0 9 】

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】

【 0 0 1 0 】

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。

【 0 0 1 1 】

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。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【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。

10

20

30

40

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。

【 0 0 1 9 】

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。

【 実施例 】

【 0 0 2 0 】

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 3 0 1 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 1 1 と、フロントフォーク 1 3 と、駆動機構 1 0 1 と、を有している。

【 0 0 2 1 】

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 1 3 が回転自在に接続されている。

【 0 0 2 2 】

フロントフォーク 1 3 は、ハンドル 9 と接続されている。フロントフォーク 1 3 の下方向の先端位置において、フロントフォーク 1 3 とフロント車輪 5 とは回転自在に接続されている。

【 0 0 2 3 】

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 1 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。

【 0 0 2 4 】

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 1 1 3 と接続されている。

【 0 0 2 5 】

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 1 0 1 を有している。駆動機構 1 0 1 は、ペダル 1 0 3、クランク機構 1 0 4、チェーンリング 1 0 9、チェーン 1 1 1、スプロケット 1 1 3 と、を有している。

【 0 0 2 6 】

ペダル 1 0 3 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 1 0 3 は、ク

リンク機構 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 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】

また右側クランク 105 R と左側クランク 105 L 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 115 R、クランク軸 107 および左側ペダルクランク軸 115 L は、平行かつ同一平面に形成されている。右側クランク 105 R 及び左側クランク 105 L 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。

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、ケイデンス[rpm]を得ることができる。

【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人力を検出する。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。

【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。

【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】

10

20

30

40

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】

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】

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】

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】

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】

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。

10

20

30

40

50

【 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

10

【 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、第 5 ひずみゲージ 3 6 9 e、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f、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、上面 1 1 7 及び下面 1 1 8 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と平行な面（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 と直交する面の一方である。クランク 1 0 5 の下面 1 1 8 は、上面 1 1 7 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 1 0 5 の外面 1 2 0 は、内面 1 1 9 と対向しペダルクランク軸 1 1 5 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 1 0 3 が回転自在に設けられている面である。

20

【 0 0 6 0 】

第 1 ひずみゲージ 3 6 9 a と第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b は、図 4（b）に示すように、クランク 1 0 5 の内面 1 1 9 に設けられている。そして、第 1 ひずみゲージ 3 6 9 a と第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b は、クランク 1 0 5 の長手方向に対して検出方向が平行、つまり、内面 1 1 9 の中心軸 C 1 に対して平行かつ、内面 1 1 9 の中心軸 C 1 に対して対称になるように設けられている。

30

【 0 0 6 1 】

第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c と第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d は、図 4（c）に示すように、クランク 1 0 5 の上面 1 1 7 に設けられている。第 3 ひずみゲージ 3 6 9 d は、クランク 1 0 5 の長手方向に対して検出方向が垂直、つまり、上面 1 1 7 の中心軸 C 2 に対して垂直かつ、中心軸 C 2 上に設けられている。第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d は、クランク 1 0 5 の長手方向に対して検出方向が平行、つまり、上面 1 1 7 の中心軸 C 2 に対して平行かつ、中心軸 C 2 上に設けられている。

40

【 0 0 6 2 】

第 5 ひずみゲージ 3 6 9 e と第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f は、図 4（a）に示すように、クランク 1 0 5 の下面 1 1 8 に設けられている。第 5 ひずみゲージ 3 6 9 e は、クランク 1 0 5 の長手方向に対して検出方向が垂直、つまり、下面 1 1 8 の中心軸 C 3 に対して垂直かつ、中心軸 C 3 上に設けられている。第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f は、クランク 1 0 5 の長手方向に対して検出方向が平行、つまり、下面 1 1 8 の中心軸 C 3 に対して平行かつ、中心軸 C 3 上に設けられている。

【 0 0 6 3 】

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 C 1、C 2、C 3 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、第 2 ひずみゲージ 369 b、第 4 ひずみゲージ 369 d 及び第 6 ひずみゲージ 369 f の検出方向となり、中心軸 C 2、C 3 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 369 c 及び第 5 ひずみゲージ 369 e の検出方向となる。したがって、第 1 ひずみゲージ 369 a、第 2 ひずみゲージ 369 b、第 4 ひずみゲージ 369 d、第 6 ひずみゲージ 369 f と、第 3 ひずみゲージ 369 c、第 5 ひずみゲージ 369 e 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 369 a 乃至第 6 ひずみゲージ 369 f の配置は図 4 に限らない。つまり、中心軸 C 1、C 2、C 3 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 369 a 及び第 2 ひずみゲージ 369 b は、中心軸 C 1 を挟んで対称に配置し、第 3 ひずみゲージ 369 c 乃至第 6 ひずみゲージ 369 f は、中心軸 C 2、C 3 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。

【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 C 1、C 2、C 3 との関係（平行または垂直）がずれるにしがって検出精度が低下する。

【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 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、第 5 ひずみゲージ 369 e、第 6 ひずみゲージ 369 f 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。

【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 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。

【0068】

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

【0069】

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

10

20

30

40

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】

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。

30

【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 rz 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 105 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 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 105 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 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。

【0083】

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 rz 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。

【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 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、第 5 ひずみゲージ 369 e、第 6 ひずみゲージ 369 f 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。

【0085】

まず、第 1 検出回路 373 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 105 R 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 105 R 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 369 a は圧縮されるので抵抗値が減少し、第 2 ひずみゲージ 369 b 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 373 a の A 出力は正出力(電位 V_{ab} が高く電位 V_r が低い)となる。また、右側クランク 105 R 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 369 a は伸張されるので抵抗値が増加し、第 2 ひずみゲージ 369 b 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 373 a の A 出力は負出力(電位 V_{ab} が低く電位 V_r が高い)となる。

【0086】

曲げ変形 y は、右側クランク 105 R 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 105 R 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 369 a、第 2 ひずみゲージ 369 b 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 373 a の A 出力はゼロ(電位 V_{ab} と電位 V_r に電位差が無い)となる。また、右側クランク 105 R 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 369 a、第 2 ひずみゲージ 369 b 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 373 a の A 出力はゼロとなる。

【0087】

引張変形 z は、右側クランク 105 R 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 105 R が伸張する場合、第 1 ひずみゲージ 369 a、第 2 ひずみゲージ 369 b 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 373 a の A 出力はゼロとなる。また、右側クランク 105 R が圧縮する場合、第 1 ひずみゲージ 369 a、第 2 ひずみゲージ 369 b 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 373 a の A 出力はゼロとなる。

【 0 0 8 8 】

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。右側クランク 1 0 5 R 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 3 6 9 a、第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b 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 3 7 3 a の A 出力はゼロとなる。また、右側クランク 1 0 5 R 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 3 6 9 a、第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b 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 3 7 3 a の A 出力はゼロとなる。

【 0 0 8 9 】

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 3 7 3 a は、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 に生じている回転方向ひずみを検出する。

【 0 0 9 0 】

次に、第 2 検出回路 3 7 3 b 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 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 3 ひずみゲージ 3 6 9 c は圧縮されるので抵抗値が減少し、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d 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 3 6 9 e は伸張されるので抵抗値が増加し、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f 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 3 7 3 b の B 出力はゼロとなる。また、右側クランク 1 0 5 R が下面 1 1 8 から上面 1 1 7 に向かって変形する場合、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c は伸張されるので抵抗値が増加し、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d 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 3 6 9 e は圧縮されるので抵抗値が減少し、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f 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 3 7 3 b の B 出力はゼロとなる。

【 0 0 9 1 】

曲げ変形 y は、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、或いはその逆方向に変形する。右側クランク 1 0 5 R が外面 1 2 0 から内面 1 1 9 に向かって変形する場合、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c 乃至第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f 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 3 7 3 b の B 出力はゼロとなる。また、右側クランク 1 0 5 R が内面 1 1 9 から外面 1 2 0 に向かって変形する場合、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c 乃至第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f 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 3 7 3 b の B 出力はゼロとなる。

【 0 0 9 2 】

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。右側クランク 1 0 5 R が伸張する場合、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c は圧縮されるので抵抗値が減少し、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d 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 3 6 9 e は圧縮されるので抵抗値が減少し、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f 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 3 7 3 b 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 1 0 5 R が圧縮する場合、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c は伸張されるので抵抗値が増加し、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d 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 3 6 9 e は伸張されるので抵抗値が増加し、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f 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 3 7 3 b 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。

【 0 0 9 3 】

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。右側クランク 1 0 5 R 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 3 6 9 c は検出方向に圧縮も伸張もされないため抵抗値が変化せず、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d は伸張され

10

20

30

40

50

るため抵抗値が増加する。一方、第 5 ひずみゲージ 3 6 9 e は検出方向に圧縮も伸張もされないため抵抗値が変化せず、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f 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 3 7 3 b の B 出力は正出力となる。また、右側クランク 1 0 5 R 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 3 6 9 c は検出方向に圧縮も伸張もされないため抵抗値が変化せず、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d 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 3 6 9 e は検出方向に圧縮も伸張もされないため抵抗値が変化せず、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f 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 3 7 3 b の B 出力は正出力となる。

【 0 0 9 4 】

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 3 7 3 b は、第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c 乃至第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f が接続され、クランク 1 0 5 に生じている引張方向ひずみを検出する。

【 0 0 9 5 】

そして、第 1 検出回路 3 7 3 a の A 出力と、第 2 検出回路 3 7 3 b 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。

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

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

【 0 0 9 6 】

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。

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

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

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

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

【 0 0 9 7 】

ここで、 A_m はクランク 1 0 5 の角度が水平前向き (クランク 1 0 5 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 1 0 3 に $m [k g]$ を載せたときの A 出力値である。 B_e はクランク 1 0 5 の角度が水平前向きでペダル 1 0 3 に $m [k g]$ を載せたときの B 出力値である。 A_e はクランク 1 0 5 の角度が垂直下向き (クランク 1 0 5 で鉛直かつ地面方向に延在している状態) でペダル 1 0 3 に $m [k g]$ を載せたときの A 出力値である。 B_m はクランク 1 0 5 の角度が垂直下向きでペダル 1 0 3 に $m [k g]$ を載せたときの B 出力値である。

【 0 0 9 8 】

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。

【 0 0 9 9 】

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 3 5 1 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 3 7 3 a や第 2 検出回路 3 7 3 b 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 3 6 9 a と第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b がクランク方向 (中心軸 C 1 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。

【 0 1 0 0 】

次に、サイクルコンピュータ 2 0 1 のブロック構成を説明する。サイクルコンピュータ 2 0 1 は、図 3 に示したように、サイクルコンピュータ表示部 2 0 3、サイクルコンピュータ操作部 2 0 5、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部 2 0 7、サイクルコンピュータ無線受信部 2 0 9、サイクルコンピュータタイマ 2 6 1、サイクルコンピュータ記

10

20

30

40

50

憶部 2 5 3 及びサイクルコンピュータ制御部 2 5 1 を有している。

【 0 1 0 1 】

サイクルコンピュータ表示部 2 0 3 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 2 0 3 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。

【 0 1 0 2 】

サイクルコンピュータ操作部 2 0 5 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 2 0 5 は、ユーザから、サイクルコンピュータ表示部 2 0 3 に表示内容の指示を受ける。

【 0 1 0 3 】

サイクルコンピュータケイデンス無線受信部 2 0 7 は、ケイデンスセンサ 5 0 1 から送信されるケイデンス情報を受信する。

【 0 1 0 4 】

サイクルコンピュータ無線受信部 2 0 9 は、測定モジュール 3 0 1 から送信される推進力及び損失力情報を受信する。

【 0 1 0 5 】

サイクルコンピュータタイマ 2 6 1 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 2 6 1 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 2 5 1 等が様々に利用している。

【 0 1 0 6 】

サイクルコンピュータ記憶部 2 5 3 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 2 5 1 の制御プログラム、及び、サイクルコンピュータ制御部 2 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。なお、サイクルコンピュータ記憶部 2 5 3 は、サイクルコンピュータ R A M 2 5 5 及びサイクルコンピュータ R O M 2 5 7 から構成されている。サイクルコンピュータ R O M 2 5 7 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 2 0 3 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。

【 0 1 0 7 】

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 2 0 1 を包括的に制御している。さらに、ケイデンスセンサ 5 0 1 及び測定モジュール 3 0 1 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 2 5 1 は、推進力および損失力をサイクルコンピュータ表示部 2 0 3 に視覚的に表示するデータに変換する。

【 0 1 0 8 】

次に、ケイデンスセンサ 5 0 1 の処理と、測定モジュール 3 0 1 およびサイクルコンピュータ 2 0 1 の処理を、図 7 及び図 8 を参照して説明する。

【 0 1 0 9 】

まず、ケイデンスセンサ 5 0 1 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 5 0 1 のケイデンスセンサ制御部 5 5 1 は、磁気センサ 5 0 5 の O N への変化を検出する。そして、ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 は、磁気センサ 5 0 5 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。

【 0 1 1 0 】

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 5 5 1 は、ケイデンス値を算出する。ケイデンスセンサ制御部 5 5 1 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 5 0 5 が O N 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 5 5 1 は、6 0 をこの時間（周期）で割ることによって、ケイデンス [r p m] を算出する。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

10

20

30

40

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。

【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。

【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。

【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す適切ではない。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 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。

【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 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351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351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351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、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して機能する。

【 0 1 1 9 】

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。

【 0 1 2 0 】

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。

10

【 0 1 2 1 】

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。

20

【 0 1 2 2 】

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。

【 0 1 2 3 】

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。

30

【 0 1 2 4 】

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、クランク 1 0 5 の下面 1 1 8 に設けられた第 5 ひずみゲージ 3 6 9 e、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f 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 乃至第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f が接続され、クランク 1 0 5 に生じている引張変形 z 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、第 2 ひずみゲージ 3 6 9 b、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d および第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f が、クランク 1 0 5 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 3 6 9 c および第 5 ひずみゲージ 3 6 9 e が、クランク 1 0 5 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 3 7 3 a で検出された曲げ変形 x と、第 2 検出回路 3 7 3 b で検出された引張変形 z からクランク 1 0 5 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 3 6 9 a と第 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 に設けることで、ユーザの足と干渉することがない。

40

【 0 1 2 5 】

また、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、クランク 1 0 5

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 373 a および第 2 検出回路 373 b がブリッジ回路で構成され、第 1 ひずみゲージ 369 a および第 2 ひずみゲージ 369 b が、第 1 検出回路 373 a 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 369 c および第 5 ひずみゲージ 369 e、第 4 ひずみゲージ 369 d および第 6 ひずみゲージ 369 f が、第 2 検出回路 373 b 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 373 a を構成するブリッジ回路の第 1 ひずみゲージ 369 a 及び第 2 ひずみゲージ 369 b 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 369 c と第 4 ひずみゲージ 369 d 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 369 e と第 6 ひずみゲージ 369 f 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 369 c と第 4 ひずみゲージ 369 d の並びの順序と、第 5 ひずみゲージ 369 e と第 6 ひずみゲージ 369 f 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 373 a において、第 1 ひずみゲージ 369 a と第 2 ひずみゲージ 369 b は接続順序が逆であってもよい。また、第 2 検出回路 373 b において、第 3 ひずみゲージ 369 c と第 4 ひずみゲージ 369 d 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 369 e と第 6 ひずみゲージ 369 f 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 373 b 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。

【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 105 R にひずみゲージ 369 を設けていたが、左側クランク 105 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。

【0133】

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

50

面 1 1 8 に第 5 ひずみゲージ 3 6 9 e、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f を設けていたが、逆に、下面 1 1 8 に第 3 ひずみゲージ 3 6 9 c、第 4 ひずみゲージ 3 6 9 d を設け、上面 1 1 7 に第 5 ひずみゲージ 3 6 9 e、第 6 ひずみゲージ 3 6 9 f を設けてもよい。

【0134】

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。

【0135】

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。

【0136】

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。

【0137】

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。

【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 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よい。

【0139】

本発明における測定装置とは、サイクルコンピュータ 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 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。

【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。

【符号の説明】

【0141】

- 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）
- 1 1 8 下面（他方の面）
- 3 6 9 a 第 1 ひずみゲージ
- 3 6 9 b 第 2 ひずみゲージ
- 3 6 9 c 第 3 ひずみゲージ

10

20

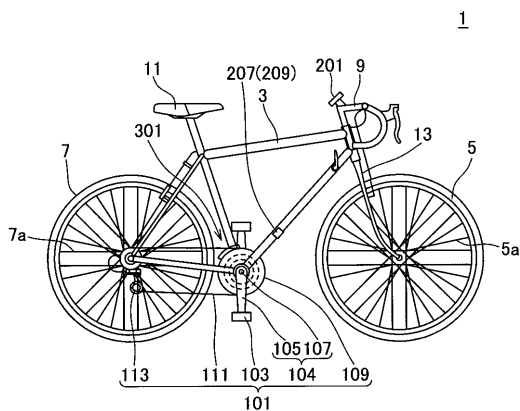
30

40

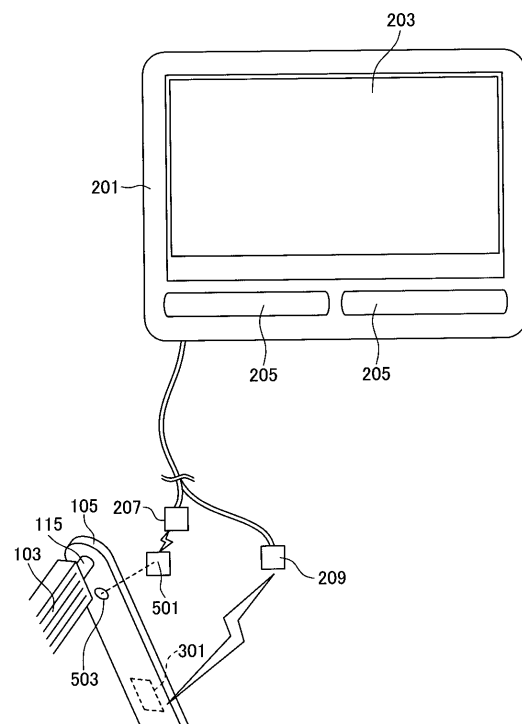
50

- 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)

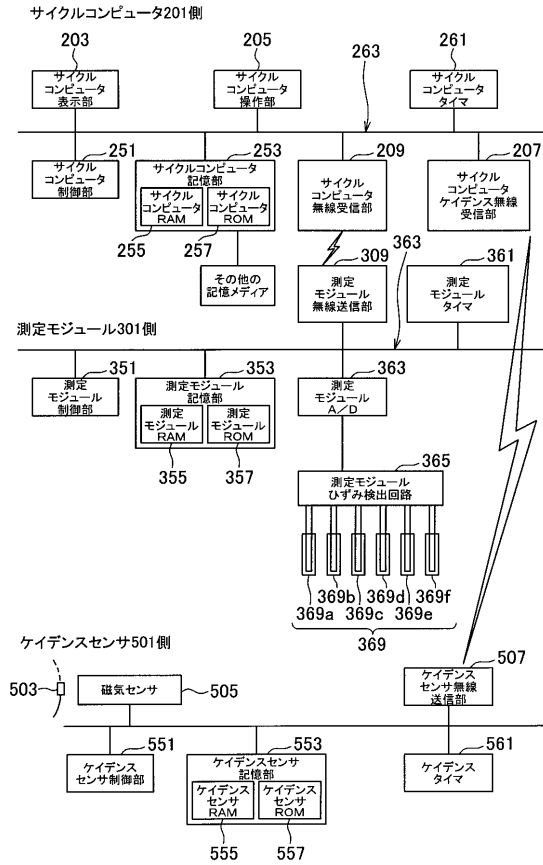
【 図 1 】



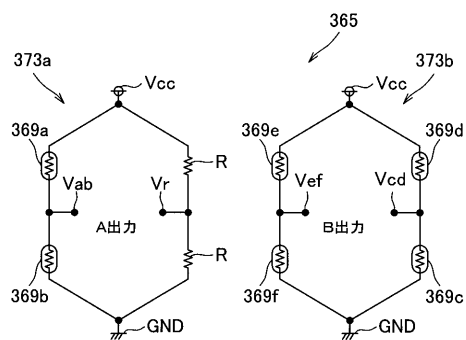
【 図 2 】



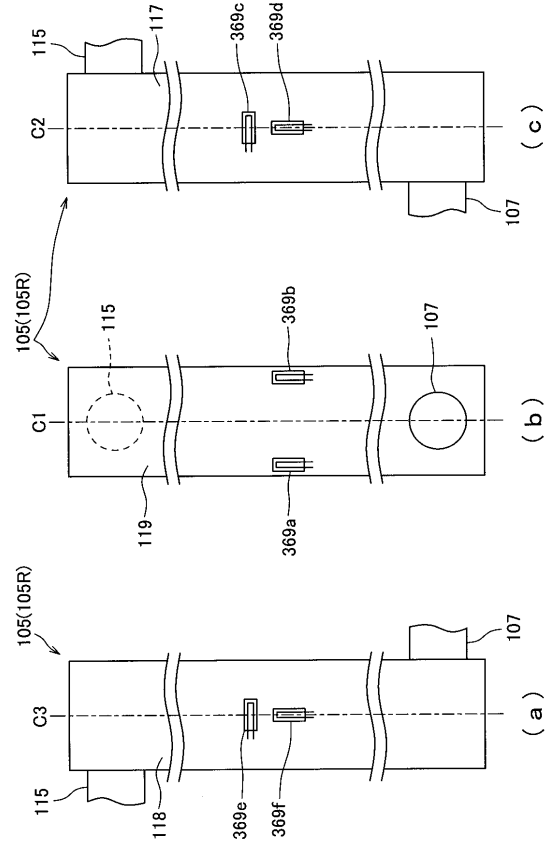
【図 3】



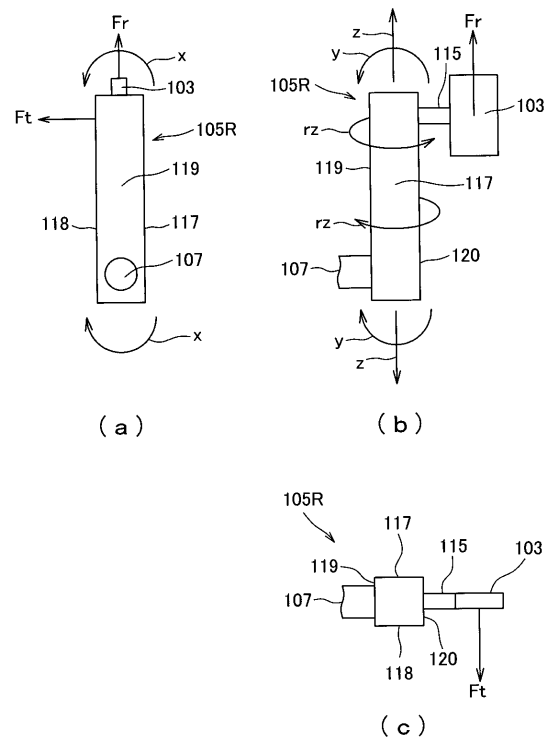
【図 5】



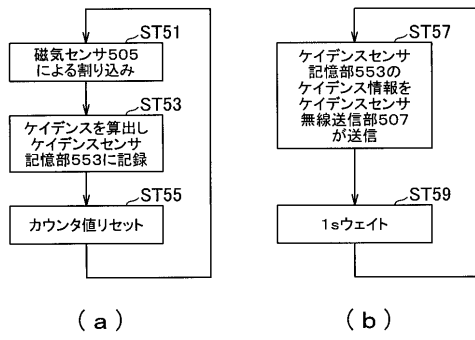
【図 4】



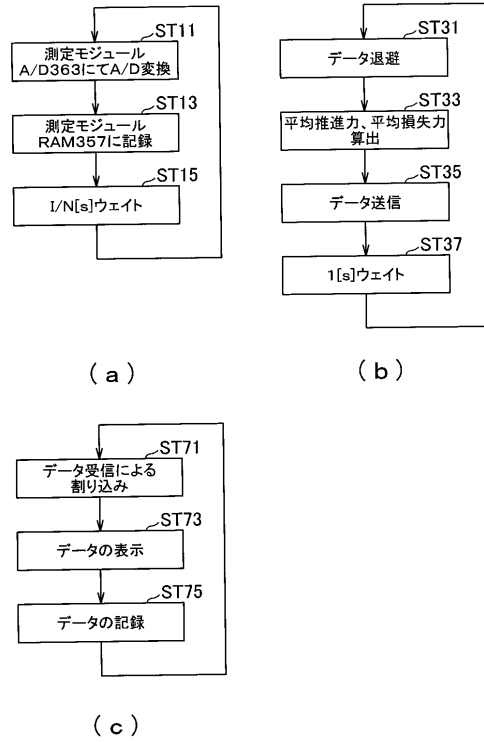
【図 6】



【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

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