

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年1月21日(21.01.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/009540 A1

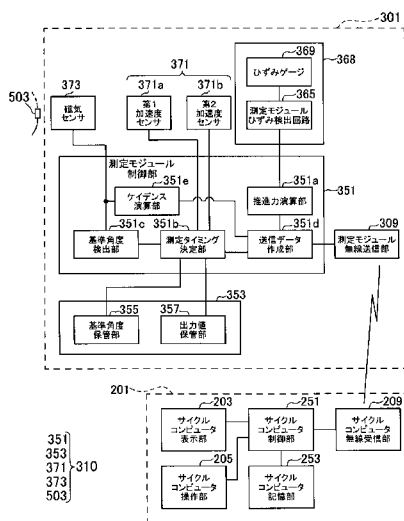
- (51) 国際特許分類:
G01B 21/22 (2006.01) **B62M 3/00** (2006.01)
B62J 99/00 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/069084
- (22) 国際出願日: 2014年7月17日(17.07.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: パイオニア株式会社(PIONEER CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 居鶴 悠史(IZURU, Yuji); 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1-1 パイオニア株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 瀧野 秀雄, 外(TAKINO, Hideo et al.); 〒1500013 東京都渋谷区恵比寿2丁目3番13号 広尾SKビル4F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MEASUREMENT TIMING DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 測定タイミング検出装置

[図3]



203 Cycle computer display unit
205 Cycle computer operation unit
206 Cycle computer wireless reception unit
251 Cycle computer control unit
253 Cycle computer storage unit
305 Measurement module wireless transmission unit
351 Measurement module control unit
351a Propulsion calculation unit
351b Measurement timing determination unit
351c Reference angle detection unit
351d Transmission data creation unit
351e Cadence calculation unit
355 Reference angle storage unit
357 Output value storage unit
365 Measurement module strain detection circuit
369 Strain gauge
371a First acceleration sensor
371b Second acceleration sensor
373 Magnetic sensor

(57) Abstract: Provided is a measurement timing detection device capable of reducing cost, improving durability, and lowering power consumption. A first acceleration sensor (371a) and a second acceleration sensor (371b) are arranged on a crank (105) attached to a crank shaft (107) and detect the acceleration (a_1 , a_2) in a direction parallel to the longitudinal direction of the crank (105). A propulsion calculation unit (351a) measures crank (105) propulsion and force loss. A measurement timing determination unit (351b) calculates the rotation speed (R) of the crank (105) on the basis of an output value (a_1) for the first acceleration sensor (371a) and an output value (a_2) for the second acceleration sensor (371b) and on the basis of 12 times, being the number of measurements in one rotation; and determines the next measurement timing for the propulsion calculation unit (351a) on the basis of the rotation speed (R), the number of measurements, being 12, and the cadence calculated by a cadence calculation unit (351e).

(57) 要約: 低コスト化と耐久性の向上を図るとともに、低消費電力化も図ることができる測定タイミング検出装置を提供する。第1加速度センサ(371a)および第2加速度センサ(371b)が、クランク軸(107)に取り付けたクランク(105)に配置され、クランク(105)の長手方向と平行な方向の加速度 a_1 および a_2 を検出し、推進力演算部(351a)が、クランク(105)が推進力および損失力の測定を行う。測定タイミング決定部(351b)が、第1加速度センサ(371a)の出力値 a_1 および第2加速度センサ(371b)の出力値 a_2 と、1回転内の測定回数である12回と、に基づいてクランク(105)の回転数 R を算出し、回転数 R と測定回数12回とケイデンス演算部(351e)で算出されたケイデンスとに基づいて推進力演算部(351a)の次の測定タイミングを決定する。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：測定タイミング検出装置

技術分野

[0001] 本発明は、回転軸を中心として回転するクランクに加わる力を測定するタイミングを検出する測定タイミング検出装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、自転車等の人力機械に装着され、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。

[0003] また、この種の装置は、所定角度間隔でペダルに加える力を表示することが行われる場合がある。そのためには、クランクの基準位置に対する角度を検出する必要がある。例えば特許文献1には、自転車のフレーム側面に固定された円環状の枠状部材20の表面に枠状部材20の中心Cを中心として30°間隔で複数の磁石が配置されている磁石群21と、チェーンリングに固定されてクランクと共に回転する磁気センサ22と、から構成されており、磁石群21の個々の磁石の位置を磁気センサ22が検出することで角度を検出することが記載されている。

[0004] また、特許文献2には、角速度センサ10と、加速度センサ11, 12によりクランクの回転角度を検出することが記載されている。

[0005] 即ち、特許文献1、2は、クランクの回転角度を検出することでペダルに加わる力を測定する測定タイミングを検出していた。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開第2013／046472号公報

特許文献2：特開2014－8789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 に記載された回転角度検出装置の場合、角度の検出精度は高いものの、基準角度とする位置に配置する磁石は磁力の高い磁石を必要とするなど、複数種類の磁石を用いるのでコストアップとなってしまう。
- [0008] また、塵埃、土砂などが多い悪影響下では、枠状部材 20 とクランクとの間にはごみなどが侵入しやすい。さらに、磁石を用いているので、砂鉄等が付着しやすくなり耐久性が低いという問題がある。
- [0009] 特許文献 2 に記載されたペダリング状態計測装置は、角速度センサを利用しているため、消費電力が大きくなってしまうという問題がある。角速度センサは一般的に加速度センサと比較して消費電力が大きいことが知られている。自転車等に取り付けられる装置は電源として電池等によるバッテリー駆動となるため低消費電力化が望まれる。
- [0010] そこで、本発明は、上述した問題に鑑み、例えば、低コスト化と耐久性の向上を図るとともに、低消費電力化も図ることができる測定タイミング検出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

- [0011] 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、回転軸に取り付けたクランクまたは前記クランクと連動して回転する部材に配置され、前記クランクの長手方向と平行な方向の加速度を検出する第 1 加速度センサおよび第 2 加速度センサと、前記クランクが所定の基準位置にあることを検出する基準位置検出部と、前記クランクの適宜角度位置において所定の測定を行う測定部の次回の測定タイミングを、前記第 1 加速度センサの出力値および前記第 2 加速度センサの出力値と、前記基準位置検出部の検出結果と、次回の測定角度と、に基づいて決定する決定部と、有することを特徴とする測定タイミング検出装置である。
- [0012] 請求項 1 2 に記載された発明は、回転軸に取り付けたクランクまたは前記クランクと連動して回転する部材に配置され、前記クランクの長手方向と平

行な方向の加速度を検出する第1加速度センサの出力値および第2加速度センサの出力値を取得する取得工程と、前記クランクが所定の基準位置にあることを検出する基準位置検出工程と、前記クランクの適宜角度位置において所定の測定を行う測定部の次回の測定タイミングを、前記第1加速度センサの出力値および前記第2加速度センサの出力値と、前記基準位置検出工程の検出結果と、次回の測定角度と、に基づいて決定する決定工程と、を有することを特徴とする測定タイミング検出方法である。

[0013] 請求項13に記載された発明は、請求項12に記載の測定タイミング検出方法を、コンピュータにより実行させることを特徴とする測定タイミング検出プログラムである。

[0014] 請求項14に記載された発明は、請求項13に記載の測定タイミング検出プログラムを格納したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の第1の実施例にかかる回転角検出装置を有す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及び測定モジュール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及び測定モジュールのブロック構成図である。

[図4]図3に示された加速度センサのクランクへの配置の説明図である。

[図5]クランクが静止しているときの加速度センサが検出する加速度についての説明図である。

[図6]クランクが回転しているときの加速度センサが検出する加速度についての説明図である。

[図7]測定タイミングの決定方法の説明図である。

[図8]加速度センサのオフセットについて説明した表である。

[図9]フレームの角度の説明図である。

[図10]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11]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12]右側クランクに加わる力と変形の説明図である。

[図13]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。

[図14]本発明の第2の実施例にかかるサイクルコンピュータ及び測定モジュールのブロック構成図である。

[図15]クランクの長手方向の加速度と短手方向の加速度との関係を示した説明図である。

[図16]クランクの長手方向の加速度および短手方向の加速度とクランクの回転角との関係を示したグラフである。

[図17]本発明の第5の実施例にかかるサイクルコンピュータ及び測定モジュールのブロック構成図である。

[図18]図17に示されたLPFを施す前後の加速度センサの出力を示したグラフである。

[図19]本発明の第6の実施例にかかるチェーンリングとクランクとを示した平面図である。

[図20]図19に示されたクランクを示した平面図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の一実施形態にかかる回転角検出装置を説明する。本発明の一実施形態にかかる回転角検出装置は、第1加速度センサおよび第2加速度センサが、回転軸に取り付けたクランクまたは前記クランクと連動して回転する部材に配置されてクランクの長手方向と平行な方向の加速度を検出し、基準位置検出部が、クランクが所定の基準位置にあることを検出する。そして、決定部がクランクの適宜角度位置において所定の測定を行う測定部の次の測定タイミングを、第1加速度センサの出力値および第2加速度センサの出力値と、基準位置検出部の検出結果と、次の測定角度と、に基づいて決定する。このようにすることにより、加速度センサのクランクの長手方向

(検出軸方向)の遠心力の加速度成分を算出することができる。そのため、その遠心力の加速度成分と次回の測定角度に基づいて次回の測定タイミング(次回の測定タイミングまでの時間)を算出することができる。また、基準位置に基づいて次回の測定タイミングを決定するので、加速度センサの特性や電源電圧変動等により発生する測定タイミングのオフセット分を加味することができ、測定タイミングを精度良く算出することができる。また、磁石を用いないので、低コスト化が図れ、ごみや砂鉄などの影響を受けないことから、耐久性を向上させることができる。また、角速度センサを利用しないので、低消費電力化を図ることもできる。

[0017] また、第1加速度センサと前記第2加速度センサとは、回転軸から異なる距離に配置されていてもよい。このようにすることにより、片側のクランクに第1加速度センサと第2加速度センサとを配置して次回の測定タイミングを決定することができる。

[0018] また、決定部は、基準位置検出部の検出結果からクランクの回転数を算出し、次回の測定タイミングを第1加速度センサの出力値および第2加速度センサの出力値と、クランクの回転数と、次回の測定角度と、に基づいて決定してもよい。このようにすることにより、クランクの回転数に基づいて測定タイミングの決定をすることができ、測定タイミングを精度良く算出することができる。

[0019] また、決定部は、第1加速度センサの出力値および第2加速度センサの出力値と、前記基準位置検出部の検出結果と、次回の測定角度と、に基づいて、次回の測定タイミングを決定した後から当該次回の測定タイミングまでの間に当該測定タイミングを補正する補正部を有してもよい。このようにすることにより、一度決定した測定タイミングが加速度の変化などによって変動した場合に補正することができ、測定タイミングの決定精度を高くすることができる。

[0020] また、決定部は、第1加速度センサの複数の出力値および第2加速度センサの複数の出力値と、前記基準位置検出部の検出結果と、次回の測定角度と

、に基づいて測定部の次回の測定タイミングを決定してもよい。このようにすることにより、第1加速度センサの出力値と第2加速度センサの出力値とを複数用いて、例えばそれらの平均値を使用することができる。したがって、瞬間の出力値のみで決定する場合と比較して加速度センサの出力に重畳するノイズ等の影響を受けにくくすることができる。

[0021] また、決定部は、第1加速度センサの出力値および第2加速度センサの出力値に基づいてクランクの回転周期を算出し、回転周期と基準位置検出部の検出結果と次回の測定角度とに基づいて測定部の次回の測定タイミングを決定してもよい。このようにすることにより、例えば1周に30°ごとで測定する場合は、クランクの回転周期と30°から、次の測定までの時間を算出することができる。したがって、次回の測定タイミングを検出することができる。

[0022] また、測定部は、クランクがm回転をn等分（m、nは1以上の整数）した角度に対応するタイミングで所定の測定を行い、決定部は、mおよびnに基づいて次回の測定角度を求めてもよい。このようにすることにより、例えば30°ごとなど等間隔に測定することができる。

[0023] また、決定部は、基準位置に基づいて測定タイミングを検出してもよい。このようにすることにより、測定タイミングを検出するための基準を設定することができる。

[0024] また、基準位置検出部が、クランクの特定の回転角に対応する位置に固定されて配置されている被検出部と、クランクに配置され被検出部を検出する検出部と、を有してもよい。このようにすることにより、例えばクランクに磁気センサを設け、自転車のフレームに磁石を設けることで、フレームの位置を基準位置とすることができる。

[0025] また、クランクの短手方向と平行な方向の加速度を検出する第3加速度センサと、検出部が被検出部を検出したことを通知する通知部と、前記第1加速度センサまたは前記第2加速度センサと、第1加速度センサまたは第2加速度センサの出力値と第3加速度センサの出力値とを決定部に取得させるタ

イミングを指示するタイミング指示部と、を有する。そして、タイミング指示部が、通知部が被検出部を検出した通知に基づいて第1加速度センサまたは第2加速度センサの出力値と第3加速度センサの出力値とを決定部に取得させ、基準位置検出部が、決定部が取得した第1加速度センサまたは第2加速度センサの出力値と、第3加速度センサの出力値と、に基づいて基準位置を設定してもよい。このようにすることにより、被検出部が検出されたクランクに加わる重力加速度に基づいて被検出部が設けられた位置の鉛直方向に対する角度を算出することができる。したがって、自転車のフレームの鉛直方向の角度を調査したり、分度器等で測定する必要がなくなる。

[0026] また、第1加速度センサの出力および第2加速度の出力値にフィルタ処理を施すフィルタ部と、フィルタ処理が施された後に角度補正処理を施す遅延角度補正部と、を有してもよい。このようにすることにより、振動などにより重力加速度やクランクに加わる遠心力の加速度以外の加速度成分を取り除くことができ、次回の測定タイミングの検出精度を良くすることができる。また、遅延角度補正部によって、フィルタ処理によって発生する遅延を補正することができる。

[0027] また、本発明の一実施形態にかかる回転角検出方法は、取得工程で、回転軸に取り付けたクランクまたはクランクと連動して回転する部材に配置された第1加速度センサおよび第2加速度センサからクランクの長手方向と平行な方向の加速度を取得し、基準位置検出工程で、クランクが所定の基準位置にあることを検出する。そして、決定工程で、クランクの適宜角度位置において所定の測定を行う測定部の次回の測定タイミングを、第1加速度センサの出力値および第2加速度センサの出力値と、基準位置検出工程での検出結果と、次回の測定角度と、に基づいて決定する。このようにすることにより、加速度センサのクランクの長手方向（検出軸方向）の遠心力の加速度成分を算出することができる。そのため、その遠心力の加速度成分と次回の測定角度に基づいて次回の測定タイミング（次回の測定タイミングまでの時間）を算出することができる。また、基準位置に基づいて次回の測定タイミング

を決定するので、加速度センサの特性や電源電圧変動等により発生する測定タイミングのオフセット分を加味することができ、測定タイミングを精度良く算出することができる。また、磁石を用いないので、低コスト化が図れ、ごみや砂鉄などの影響を受けないことから、耐久性を向上させることができる。また、角速度センサを利用しないので、低消費電力化を図ることもできる。

[0028] また、上述した回転角検出方法をコンピュータにより実行させる回転角検出プログラムとしてもよい。このようにすることにより、コンピュータを用いて、加速度センサのクランクの長手方向（検出軸方向）の遠心力の加速度成分を算出することができる。そのため、その遠心力の加速度成分と次回の測定角度に基づいて次回の測定タイミング（次回の測定タイミングまでの時間）を算出することができる。また、基準位置に基づいて次回の測定タイミングを決定するので、加速度センサの特性や電源電圧変動等により発生する測定タイミングのオフセット分を加味することができ、測定タイミングを精度良く算出することができる。また、磁石を用いないので、低コスト化が図れ、ごみや砂鉄などの影響を受けないことから、耐久性を向上させることができる。また、角速度センサを利用しないので、低消費電力化を図ることもできる。

[0029] また、上述した回転角検出プログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納してもよい。このようにすることにより、当該プログラムを機器に組み込む以外に単体でも流通させることができ、バージョンアップ等も容易に行える。

実施例 1

[0030] 本発明の第1の実施例にかかる回転角検出装置を有するサイクルコンピュータ201を備えた自転車1を図1乃至図13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。

- [0031] 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。
- [0032] 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。
- [0033] 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。
- [0034] 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。
- [0035] 自転車 1 は、ユーザ（運転者）の足による踏み込み力（踏力）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。
- [0036] 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、クランク機構 1 0 4 のペダルクランク軸 1 1 5 によって回転自在となるように支持されている。
- [0037] クランク機構 1 0 4 は、クランク 1 0 5 とクランク軸 1 0 7 及びペダルクランク軸 1 1 5（図 2、図 4 および図 1 0 参照）から構成されている。
- [0038] クランク軸 1 0 7 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 1 0 7 は、フレーム 3 によって回転自在に支持されている。即ち、クランク 1 0 5 の回転軸となる。
- [0039] クランク 1 0 5 は、クランク軸 1 0 7 と直角に設けられている。クランク 1 0 5 は、一端部において、クランク軸 1 0 7 と接続されている。

- [0040] 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。
- [0041] 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。
- [0042] 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。
- [0043] 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。
- [0044] 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。
- [0045] 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。
- [0046] 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。
- [0047] 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、を有している（図 2 も参照）。

- [0048] 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。
- [0049] 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、クランク105の角度ごとの推進力や損失力、効率等である。
- [0050] 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。即ち、これらの力は、クランク105の回転時に当該クランク105に加えられる負荷である。
- [0051] 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。
- [0052] また、サイクルコンピュータ201は、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。
- [0053] 測定モジュール301は、例えばクランク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10参照）を用いて、ペダル103にユーザが加えている人力（踏力）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。また、測定モジュール301は、後述する加速度センサ371を用いて、推進力や損失力の測定タイミングも検出する。即ち、推進力や損失力の検出（算出）が本実施例にかかる所定の測定となる。

[0054] また、測定モジュール301は、自転車1のフレーム3に設けられた磁石503の接近を検出する磁気センサ373を有している（図3参照）。磁気センサ373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373がONになるということは、磁石503が存在する位置にクランク105も存在することとなる。したがって、この磁気センサ373の出力から、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。即ち、測定モジュール301は、ケイデンスセンサの機能も合わせて有している。

[0055] 図3は、サイクルコンピュータ201及び測定モジュール301のブロック図である。

[0056] まず、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、測定モジュール制御部351、測定モジュール記憶部353、パワーセンサ368、加速度センサ371及び磁気センサ373を有している。

[0057] 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や、加速度センサ371の出力情報から算出（検出）した測定タイミングに基づいて算出したクランク105の回転角や、磁気センサ373の出力に基づいて算出したケイデンス等を、サイクルコンピュータ無線受信部209に送信している。

[0058] 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、推進力演算部351aと、測定タイミング決定部351bと、基準角度検出部351cと、送信データ作成部351dと、ケイデンス演算部351eと、を有している。

[0059] 推進力演算部351aは、パワーセンサ368が出力するひずみ情報から

推進力及び損失力を算出する。推進力及び損失力の算出方法は後述する。

[0060] 測定タイミング決定部 351b は、加速度センサ 371 の出力値と、 m 当たりの測定回数 n から次回の測定タイミングを算出（決定）し、ひずみ情報を取得するタイミング等を制御している。測定タイミングの算出方法は後述する。なお、本実施例では $m = 1$ 、 $n = 12$ で以下の説明をする。また、測定タイミング決定部 351b は、所定のサンプリング周期（所定時間間隔）で加速度センサ 371 の出力値を取得し、後述する出力値保管部 357 に保管する。また、所定のサンプリング周期は測定タイミングの間隔よりも短い時間である。

[0061] 基準角度検出部 351c は、クランク 105 の位置が基準位置にあるか否かを検出する。基準位置は、磁気センサ 373 が ON になった旨の情報信号の出力を受けることで検出される。

[0062] 送信データ作成部 351d は、推進力演算部 351a で算出された推進力及び損失力や測定タイミング決定部 351b で算出された次回の測定タイミングと基準位置とから算出されたクランク 105 の回転角や、ケイデンス演算部 351e で算出されたケイデンスから送信データを作成して、測定モジュール無線送信部 309 に出力する。

[0063] ケイデンス演算部 351e は、磁気センサ 373 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。ケイデンス演算部 351e は、自身の持つカウンタの値を参照する。そして、そのカウンタ値からケイデンスを算出する。具体的には、カウンタのカウント数（ 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 373 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。なお、カウンタは外部にタイマ等として持っていてよい。また、ケイデンス演算部 351e は、上記以外の方法でケイデンスを求めてもよい。要するに、磁気センサ 373 が ON となる間隔から求められれば他の方法でもよい。

[0064] 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。測定モジュール記憶部 353 は、前記した情報の他に、基準角度保管部 355 及び出力値保管部 357 も記憶されている。

[0065] 基準角度保管部 355 は、例えばフラッシュメモリ等の不揮発性のメモリで構成され、磁石 503 が設けられているフレーム 3 の鉛直方向に対する角度を保管している。このフレーム 3 の鉛直方向に対する角度は、予めフレーム 3 の設計図や仕様等を参照するかあるいは分度器等を用いて実際に測定した値等を記憶させる。

[0066] 出力値保管部 357 は、例えば RAM (Random Access Memory) で構成され、第 1 加速度センサ 371 a の複数の出力値と第 2 加速度センサ 371 b の複数の出力値とを記憶する。例えば、前の測定タイミング算出時から現在（測定タイミング算出時）までなど 2 以上のサンプリング周期で取得した出力値が保管されていればよい。

[0067] 磁気センサ 373 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 373 が ON となると、磁気センサ 373 はその旨の情報信号を測定モジュール制御部 351 に出力する。

[0068] 加速度センサ 371 は、クランク 105 に接着されて、一体化される。加速度センサ 371 は、静電容量型や圧電抵抗型等周知の方式を適宜選択すればよい。加速度センサ 371 は、第 1 加速度センサ 371 a、第 2 加速度センサ 371 b から構成されている。

[0069] 図 4 に、本実施例における加速度センサ 371 のクランク 105 への配置の例を示す。加速度センサ 371 は、クランク 105 の内面 119 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。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の上面１１７は、内面１１９および外面１２０と同じ方向に長手方向が延在し、かつ内面１１９および外面１２０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。なお、本実施例では、加速度センサ３７１はクランク１０５の内面１１９に接着した例で説明するが、外面１２０や上面１１７あるいは下面１１８に接着してあってもよいし、クランク１０５内部に設けられていてもよい。

[0070] 第１加速度センサ３７１ａと第２加速度センサ３７１ｂ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、クランク軸１０７の中心から異なる距離に設けられている。図４の例では、第１加速度センサ３７１ａの方が第２加速度センサ３７１ｂよりもクランク軸１０７の中心に近い位置に設けられている。また、第１加速度センサ３７１ａと第２加速度センサ３７１ｂは、クランク１０５の長手方向に対して平行な方向が検出方向となっている。また、第１加速度センサ３７１ａと第２加速度センサ３７１ｂは、図４に示したように一直線上に設けられていなくてもよい。

[0071] 加速度センサ３７１の検出結果（出力）は、測定モジュール制御部３５１に出力される。この際に、図示しないＡ／Ｄコンバータによって、アナログ情報からデジタル情報に変換してもよい。

[0072] ここで、図４に示したように設けられた加速度センサ３７１を用いて、測定タイミング決定部３５１ｂで次回の測定タイミングを検出する方法について、図５乃至図９を参照して説明する。図５は、クランク１０５が静止しているときの加速度センサ３７１が検出する加速度についての説明図である。図５の長手方向とは、クランク１０５の長手方向であり、矢印の先端に向かう方向がクランク軸１０７からペダルクランク軸１１５に向かう方向を示している。また、図５の場合、鉛直方向からずれた位置に静止している状態である。

[0073] 図５の場合、クランク１０５は静止しているので、遠心力は加わらず、加

速度センサ 371 には重力加速度のみが検出される（図 5（a））。但し、加速度センサ 371 は、検出方向がクランク 105 の長手方向と平行な方向であるので、実際には、重力加速度の長手方向の成分が検出される（図 5（b））。重力加速度の長手方向の成分は以下の（1）式により表される。なお、第 1 加速度センサ 371 a と第 2 加速度センサ 371 b とは同じ値が検出される。

[数1]

$$|\vec{G}_{\text{長手}}| = |\vec{G}| \times (-\cos \theta) \cdots (1)$$

[0074] 次に、クランク 105 が回転すると図 6 に示したようになる。ここで、第 1 加速度センサ 371 a はクランク軸 107 の中心から r_1 の距離、第 2 加速度センサ 371 b はクランク軸 107 の中心から r_2 の距離にそれぞれ設けられているとする。また、 $r_1 < r_2$ とする。

[0075] クランク 105 が回転すると、重力加速度とともにクランク 105 の長手方向（クランク軸 107 からペダルクランク軸 115 に向かう方向、即ち、クランク 105 の回転の法線方向）に遠心力が発生するため、遠心力の加速度も加わる。遠心力の加速度は、回転中心（クランク軸 107 の中心）から離れるにしたがって大きくなる。また、第 1 加速度センサ 371 a には、重力加速度と遠心力の加速度とを加算した加速度（瞬間加速度）が加わり、第 2 加速度センサ 371 b には、重力加速度と遠心力の加速度とを加算した加速度（瞬間加速度）が加わる。加速度センサ 371 は、上述したように、検出方向がクランク 105 の長手方向と平行な方向であるので、実際には、瞬間加速度の長手方向の成分が検出される。

[0076] 図 6 の場合において、回転時の角速度を ω とすると、第 1 加速度センサ 371 a の遠心力の加速度は以下の（2）式、第 2 加速度センサ 371 b の遠心力の加速度は以下の（3）式によりそれぞれ表される。

[数2]

$$|\vec{a}_{遠1}| = r_1 \times \omega^2 \quad \dots (2)$$

[数3]

$$|\vec{a}_{遠2}| = r_2 \times \omega^2 \quad \dots (3)$$

[0077] そして、第1加速度センサ371aの瞬間加速度は以下の(4)式、第2加速度センサ371bの瞬間加速度は以下の(5)式によりそれぞれ表される。

[数4]

$$\vec{r}_1 = \vec{a}_{遠1} + \vec{G} \quad \dots (4)$$

[数5]

$$\vec{r}_2 = \vec{a}_{遠2} + \vec{G} \quad \dots (5)$$

[0078] したがって、第1加速度センサ371aの検出値(出力値)は以下の(6)式、第2加速度センサ371bの検出値(出力値)は以下の(7)式によりそれぞれ表される。

[数6]

$$a_1 = |\vec{a}_{遠1}| + |\vec{G}| \times (-\cos \theta) \quad \dots (6)$$

[数7]

$$a_2 = |\vec{a}_{遠2}| + |\vec{G}| \times (-\cos \theta) \quad \dots (7)$$

[0079] ここで、 $a_2 - a_1$ とすると、重力の加速度成分がキャンセルできる。即ち、(2)式、(3)式および(6)式、(7)式により以下の(8)式が導かれる。

[数8]

$$a_2 - a_1 = \left| \overrightarrow{a_{\text{遠2}}} \right| \left(1 - \frac{r_1}{r_2} \right) \dots (8)$$

[0080] (8) 式を変形すると、第2加速度センサ371bにおけるクランク105が回転している際の遠心力の加速度が以下の(9)式により表される。

[数9]

$$\left| \overrightarrow{a_{\text{遠2}}} \right| = \frac{a_2 - a_1}{1 - \frac{r_1}{r_2}} \dots (9)$$

[0081] ここで、クランク105の回転数をR[rpm]とすると、(3)式は(10)式で表される。

[数10]

$$\left| \overrightarrow{a_{\text{遠2}}} \right| = r_2 \times \left(\frac{2\pi R}{60} \right)^2 \dots (10)$$

[0082] したがって、回転数Rは、以下の(11)式で表される。

[数11]

$$R = \sqrt{\frac{\left| \overrightarrow{a_{\text{遠2}}} \right| \times 3600}{4 \times \pi^2 \times r_2}} \dots (11)$$

[0083] (11)式は、(9)式を代入すると以下の(12)式で表される。

[数12]

$$R = \sqrt{\frac{a_2 - a_1}{1 - \frac{r_1}{r_2}} \times \frac{3600}{4 \times \pi^2 \times r_2}} \dots (12)$$

[0084] (12)式を展開すると以下の(13)式となる。

[数13]

$$R = \sqrt{(a_2 - a_1) \times \frac{3600}{4 \times \pi^2 \times (r_2 - r_1)}} \quad \cdots (13)$$

[0085] (13) 式の $a_2 - a_1$ 以外の部分は定数であるので、定数のみの算出結果を K とすると、(13) 式は以下の (14) 式として表すことができる。定数 K は、その値を予め測定モジュール制御部 351 内の不揮発性のメモリ等に記憶して、回転数 R の算出時に読み出せばよい。即ち、回転数 R は、測定タイミング決定部 351 b により、第 2 加速度センサ 371 b の出力値から第 1 加速度センサ 371 a の出力値を減算した値に定数 K を乗じてその結果の平方根により算出される。

[数14]

$$R = \sqrt{(a_2 - a_1) \times K} \quad \cdots (14)$$

[0086] (14) 式で算出された回転数 R からクランク 105 の 1 周当たりの時間（回転周期）が算出できる。例えば回転数 R が 90 [rpm] の場合、1 周は 0.6667 秒となる。そして、1 周の 30° ごとに推進力や損失力を測定する場合、1 周を 12 等分するので ($m=1$ 、 $n=12$)、ある測定タイミングから次の測定タイミングまでの時間は 0.0556 秒（55.6 ミリ秒）となる。したがって、例えば次の測定角度を 30° とすれば、30° ごとの測定タイミングの時間を算出し、その時間を次の測定タイミングを示す時間として測定タイミング決定部 351 b が有する不図示のタイマにセットすることで、次の測定タイミングを検出することができる。この次の測定角度は、毎回算出する必要はない。本実施例のように m 周（回転）を n 等分する場合は、 m/n により予め求めることができる。

[0087] 上述した方法は、クランク 105 が等速回転する場合はよいが、自転車 1 の場合、運転者がペダル 103 に加える力の変動することが多いため、必ずしも等速回転するとは限らない。そこで、タイマに設定した次の測定タイ

ミングを示す時間を、その時間の手前で補正する。

[0088] 図7に一例を示す。図7は1周の 30° ごとに測定タイミングが設定される。図7の星印は基準位置である。そして基準位置直後の3か所の測定タイミング(a)、(b)、(c)について、(a)が90rpm、(b)が91rpm、(c)が92rpmであったとする。

[0089] まず、(a)の時点で90rpmであるので、その回転周期と測定回数からタイマを55.5ミリ秒に設定してスタートさせる。そして、(b)の手前、つまり55.5ミリ秒経過する手前で、回転数Rを算出する。算出した結果が例えば91rpmであった場合その回転周期と測定回数から54.9ミリ秒にタイマを補正する。すると、(b)の時間が0.6ミリ秒短縮するように補正され、補正された時間経過後にタイマがタイムアウトすると測定タイミング決定部351bが推進力演算部351aに推進力と損失力の演算を行わせ、送信データ作成部351dと、測定モジュール無線送信部309と、を介して推進力や損失力等がサイクルコンピュータ201に送信される。

[0090] (b)では、推進力演算部351aに推進力と損失力の演算等を行わせるとともに、次回の測定タイミングとして54.9ミリ秒をタイマに設定してスタートさせる。そして、(c)の手前、つまり54.9ミリ秒経過する手前で、回転数Rを算出する。算出した結果が例えば92rpmであった場合その回転周期と測定回数から54.3ミリ秒にタイマを補正する。すると、(c)の時間が0.6ミリ秒短縮するように補正され、補正された時間経過後にタイマがタイムアウトすると測定タイミング決定部351bが推進力演算部351aに推進力と損失力の演算を行わせ、送信データ作成部351dと、測定モジュール無線送信部309と、を介して推進力や損失力等がサイクルコンピュータ201に送信される。以降、これを繰り返す。

[0091] ここで、タイマを補正する時期は、例えばタイマに設定された時間の95%程度の時期に行っている。例えば、55.5ミリ秒でタイマを設定した場合、52.7ミリ秒経過時に補正処理を行う。この補正をする時期が遅すぎ

ると補正が間に合わなくなる可能性がある。勿論 95%に限らず適宜変更してもよい。即ち、第 1 加速度センサ 371 a の出力値 a 1 および第 2 加速度センサ 371 b の出力値 a 2 と、測定回数 n と、に基づいて、次回の測定タイミングを決定した後から当該次回の測定タイミングまでの間に当該次回の測定タイミングを補正している。

[0092] なお、回転数 R を算出するために使用する第 1 加速度センサ 371 a の出力値 a 1 と第 2 加速度センサ 371 b の出力値 a 2 とは、測定タイミングを算出する際に取得する 1 つに限らず複数用いてもよい。例えば、図 7 において、(b) の手前で補正する際に (a) よりも更に前の測定タイミングである (1) から補正の直前までにサンプリングした第 1 加速度センサ 371 a の出力値と第 2 加速度センサ 371 b の出力値とを用いてもよい。これらの複数の出力値は、例えば平均を算出して用いることができる。このようにすることにより、加速度センサ 371 の出力にノイズ等が含まれていてもその影響を少なくすることができる。なお、複数の出力値を用いる際は、測定タイミングよりも短い所定時間間隔で出力値を出力値保管部 357 に保管する必要があるが、加速度センサ 371 の出力値をメモリ等に保管するだけであり、上記式のような演算処理等はタイマがタイムアウトした際しか行わないので消費電力は少ない。

[0093] 但し、第 1 加速度センサ 371 a の複数の出力値 a 1 と第 2 加速度センサ 371 b の複数の出力値 a 2 とを用いる期間が長すぎると回転数 R の変動が検出されにくくなるため、例えば測定タイミングで 1～2 区間程度前の時間内に取得された出力値を用いればよい。勿論 1～2 区間に限らず、適宜変更してもよい。

[0094] ところで、上述した (14) 式による回転数 R は、加速度センサ 371 の温度特性等の特性のばらつきや電源電圧の変動等によって実際の回転数に対して誤差を生じることがある。そこで、測定タイミング決定部 351 b は、ケイデンス演算部 351 e で磁石 503 の検出間隔から算出されたケイデンスを用いて補正をする。この動作について図 8 を参照して説明する。

- [0095] 図8は、クランク105が2回転する際の各測定タイミングにおけるケイデンス（回転数）を示した表である。表のa～lは、図7のa、b、c、lに対応し、d～kは図7のc以降反時計回りに順次測定タイミング（30°ごと）に付した符号である。
- [0096] 図8の1回転目の列は、加速度センサ371によるケイデンス、即ち、上述した（14）式により算出された回転数Rと、ケイデンス演算部351eで算出されたケイデンス、即ち、磁石503の検出間隔から算出された回転数である。加速度センサ371によるケイデンスは、各測定タイミングにおいて算出された回転数Rと、それらの平均値がAVGとして記載している。ケイデンス演算部351eで算出されたケイデンスは、1回転に1回算出されるのでAVGの行に記載している。
- [0097] ケイデンス演算部351eで算出されたケイデンスは磁石503の検出間隔から算出された回転数であるので、上述した（14）式により算出された回転数Rよりも精度が高い。したがって、図8の2回転目の列に記載したように、1回転目の加速度センサ371によるケイデンスの平均値とケイデンス演算部351eで算出されたケイデンスの差分をとって、その差分をオフセットとして次の回転の各測定タイミングにおいて算出された回転数Rに反映させる。図8の2回転目の列は、加速度センサ371によるケイデンス、即ち、上述した（14）式により算出された回転数Rと、オフセットを加味した加速度センサ371によるケイデンス、即ち補正後の回転数と、を示している。図8の例では、オフセットを減算しているが、勿論加算する場合もあり得る。即ち、測定タイミングは、第1加速度センサ371aの出力値および第2加速度センサ371bの出力値と、ケイデンス演算部351eが算出したケイデンス（クランク105の回転数）と、30°ごと（次回の測定角度）と、に基づいて決定している。
- [0098] なお、オフセットを算出するのは毎回転に限らず、初回のみ算出して、以降はその算出値を利用するようにしてもよいし、複数回転に1回算出するようにしてもよい。

- [0099] ケイデンス演算部 351e は、上述したように磁石 503 の検出間隔から 1 回転に 1 回ケイデンスを算出する。ケイデンス演算部 351e がケイデンスを算出するのは、磁気センサ 373 が ON となった旨の情報信号の出力を受けた際であるので、磁気センサ 373 が ON となる位置、つまり、磁石 503 の位置が基準位置となり、基準位置検出時に上述したオフセットを算出し加減算を行う。なお、上述した (14) 式により算出される回転数 R の平均値は、各測定タイミングで算出された値を測定モジュール記憶部 353 に記憶しておき、基準位置検出のタイミングで算出するようにしてもよいし、各測定タイミングでそれまでの平均値を順次算出するようにしてもよい。
- [0100] また、次回の測定タイミングを検出していくため、図 7 に示したような起点となる角度として基準位置を用いる。磁石 503 は上述したようにフレーム 3 に設けられているので、図 9 に示したように、磁石 503 が設けられているフレーム 3 の鉛直方向に対する角度 θ_0 を基準位置とする。
- [0101] この基準位置の角度 θ_0 は、例えばフレーム 3 の設計図や仕様を参照あるいは事前に分度器等で測定することによって予め基準角度保管部 355 に保管する。そして、磁気センサ 373 が磁石 503 を検出する度に基準角度検出部 351c が基準位置を検出したとして測定タイミング決定部 351b に通知し、測定タイミング決定部 351b は、基準角度検出部 351c からの通知を受けて上述した方法により次回の測定タイミングを検出する。
- [0102] 即ち、磁石 503 が被検出部、磁気センサ 373 が検出部として機能し、基準角度検出部 351c、測定タイミング決定部 351b、基準角度保管部 355 が基準位置検出部として機能する。
- [0103] なお、基準位置は、必ずしもクランク 105 の先端が真上を向いたときを 0° とした場合に 30° ごととなる測定タイミングに合った角度とは限らない。したがって、基準位置の次回の測定タイミングは、例えば 30° に相当する時間ではなく、直近の 30° ごとの角度に相当する角度までの時間を設定する。例えば、図 7 の基準位置が 250° であった場合、次の 30° ごとの角度である 270° までの差分である 20° 分の回転に要する時間を回転

数Rから算出する。そして、 270° 以降は 30° ごとの角度に相当する角度までの時間を設定する。

[0104] また、クランク105の回転角は、基準位置の角度と測定タイミングの角度も予め判明しているため、それらから算出することができる。例えば図7の場合、基準位置が 250° であるとする、測定タイミングの角度は 30° ごとであるので、(a)は 270° 、(b)は 300° 、(c)は 330° と算出される。

[0105] 以上の説明から明らかなように、測定モジュール制御部351（測定タイミング決定部351b、基準角度検出部351c、送信データ作成部351d、ケイデンス演算部351e）と、測定モジュール記憶部353（基準角度保管部355、出力値保管部357）と、加速度センサ371（第1加速度センサ371a、第2加速度センサ371b）と、磁気センサ373と、磁石503と、で本実施例にかかる測定タイミング検出装置310を構成している。

[0106] 即ち、測定タイミング決定部351b（決定部）が、クランク105が1回転（1周）する間に12回所定の測定を行う推進力演算部351aの次の測定タイミングを、第1加速度センサ371aの出力値a1および第2加速度センサ371bの出力値a1と、基準位置から算出された回転数と、12回と、に基づいて決定している。ここで、1回転に12回から、次の測定角度である 30° ごとの角度に達したことを検出することができる。つまり、本実施例は所定の角度の検出を時間に換算して測定タイミングとして検出している。

[0107] なお、本実施例では、磁気センサ373と磁石503とを検出部と被検出部として用いたが、それに限らず、光センサやメカニカルセンサなどクランク105とフレーム3とに設置可能で、クランク105の1回転を検出可能なセンサ等であればよい。

[0108] パワーセンサ368は、ひずみゲージ369と、測定モジュールひずみ検出回路365と、を有している。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から構成されている（図10等参照）。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。

[0109] 図10に、本実施例におけるひずみゲージ369のクランク105への配置の例を示す。ひずみゲージ369は、クランク105の内面119に接着されている。

[0110] 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。第3ひずみゲージ369cは、中心軸C1上に設けられ、検出方向が中心軸C1に対して平行かつ、第1ひずみゲージ369aと第2ひずみゲージ369bに挟まれるように設けられている。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垂直、つまり、内面119の中心軸C1に対して垂直かつ、中心軸C1上に設けられている。

[0111] 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と平行な方向（図10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3ひずみゲージ369cの検出方向となり、中心軸C1と垂直な方向（図10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4ひずみゲージ369dの検出方向となる。したがって、第1ひずみゲージ369a乃至第3ひずみゲージ369cと第4ひずみゲージ369dは検出方向が互いに直交している。

[0112] なお、第1ひずみゲージ369a乃至第4ひずみゲージ369dの配置は図10に限らない。つまり、中心軸C1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及び第4ひずみゲージ369dは、中心軸C1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。

[0113] また、図10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。

[0114] 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、図示しないA/Dコンバータによって、アナログ情報からデジタル情報であるひずみ情報信号に変換される。そして、ひずみ情報信号は測定モジュール制御部351の推進力演算部351aに出力される。

[0115] 測定モジュールひずみ検出回路365の例を図11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。第2検出回路373bの第1系統側では、電源Vccから順に、第3ひずみゲージ369c、第4ひずみゲージ369d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、固定抵抗R、固定抵抗Rの順に接続されている。

[0116] 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373

b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。

[0117] 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3ひずみゲージ369cが、中心軸C1と平行な方向、第4ひずみゲージ369dが、中心軸C1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。

[0118] 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の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。

[0119] 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。

[0120] 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。

[0121] 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。

[0122] 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。

[0123] 図12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。

[0124] 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。

[0125] 曲げ変形 x は、図12(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12(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を含む平面と垂直な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 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。

[0126] 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 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 r_z 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 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 r_z 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12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。

[0127] 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。

[0128] ここで、図 10 のように配置され、図 11 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 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 r_z を検出（測定）する方法を説明する。

[0129] 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。

[0130] 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373aのA出力はゼロとなる。

[0131] 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。

[0132] 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12(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12(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。

[0133] 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。

[0134] 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は曲がるだけのため、検出方向に圧縮も伸張もされないため抵抗値は変化しない。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は曲がるだけのため、検出方向に圧縮も伸張もされないため抵抗値は変化しない。そのため、第2検出回路373bのB出力はゼロとなる。

[0135] 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。

[0136] 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出力は正出力となる。

[0137] 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12(b)の矢印の方向にねじれる場合、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は検出方向に変形しないので抵抗値は変化しない。そのため、第2検出回路373bのB出力は負出力となる。また、右側クランク105Rが図12(b)の矢印と逆方向にねじれる場合、第3ひずみゲージ369cは伸張されるので抵抗値が増加し、第4ひずみゲージ369dは検出方向に変形

しないので抵抗値は変化しない。そのため、第2検出回路373bのB出力は負出力となる。

[0138] 以上のように、B出力からは、曲げ変形 y 、引張変形 z 、ねじれ変形 rz 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または引張方向ひずみを検出する。

[0139] 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、推進力演算部351aが、推進力 F_t は次の(15)式により、損失力 F_r は次の(16)式によりそれぞれ算出する。なお、引張変形 z は曲げ変形 y と比較すると非常に小さいので無視することができる。即ち、(15)式及び(16)式で算出される値が、クランク105の回転時に当該クランク105に加えられる負荷に関する値となる。

[数15]

$$F_t = p(A - A_0) + q(B - B_0) \text{ [kgf]} \cdots (15)$$

[数16]

$$F_r = s|A - A_0| + u(B - B_0) \text{ [kgf]} \cdots (16)$$

[0140] 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(17)～(20)式からなる連立方程式により算出される値である。

[数17]

$$m = p(A_m - A_0) + q(B_m - B_0) \cdots (17)$$

[数18]

$$0 = s(A_m - A_0) + u(B_m - B_0) \cdots (18)$$

[数19]

$$0=p(A_e-A_0)+q(B_m-B_0) \cdots (19)$$

[数20]

$$m=s(A_e-A_0)+u(B_m-B_0) \cdots (20)$$

[0141] 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 [k g] 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 [k g] 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 [k g] 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 [k g] を載せたときのB出力値である。

[0142] 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(15)式に代入することで推進力 F_t が算出できる。

[0143] また、(15)式ではB出力を用いてA出力の補正をしている。(16)式ではA出力を用いてB出力の補正をしている。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。

[0144] なお、ひずみゲージ369の配置やブリッジ回路の構成は図10や図11に示した構成に限らない。例えばひずみゲージ369は4つに限らないし、ブリッジ回路も1つに限らない。要するに、推進力 F_t や損失力 F_r が算出できる構成であればよい。

[0145] 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無線受信部２０９、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。

[0146] 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 F_t と損失力 F_r 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が、測定モジュール３０１から送信されたクランク１０５の回転角に基づいて、例えばクランク１０５の回転角が 30° 毎の推進力 F_t と損失力 F_r をベクトル表示することができる。また、他の方法としては、例えば、グラフ表示、色分け表示、記号の表示、３次元表示等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。

[0147] 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。

[0148] 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から送信される送信データ（推進力 F_t 及び損失力 F_r とクランク１０５の回転角とケイデンス）を受信する。

[0149] 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、ＲＡＭ及びＲＯＭを有している。ＲＯＭには制御プログラム、及び、推進力 F_t および損失力 F_r 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。

[0150] 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、測定モジュール３０１をも包括的に制御しても良い。サイクルコンピュータ制御部２５１は、推進力 F_t および損失力 F_r 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。

- [0151] 次に、測定モジュール301及びサイクルコンピュータ201の処理を図13を参照して説明する。図13の処理は測定モジュール制御部351やサイクルコンピュータ制御部251が内蔵するCPUで動作するソフトウェア（コンピュータプログラム）により実行されてもよいし、ハードウェアで実行されてもよい。まず、測定モジュール301の処理を図13（a）に示す。ステップST11において、測定タイミングを検出する。即ち、上述した方法により第1加速度センサ371a、第2加速度センサ371bで検出された値を取得する。そして、回転数Rを算出して、回転数Rから次の測定タイミングまでの時間を算出しタイマに設定し、補正を行ってタイマがタイムアウトした時点が測定タイミング検出となる。また、本ステップにおいて、上述した補正部に相当する補正も行う。即ち、ステップST11が、取得工程、出力工程として機能する。
- [0152] 次に、ステップST13において、測定モジュールひずみ検出回路365を駆動する。つまり、図11に示したようなブリッジ回路に電源電圧を印加してひずみゲージ369による測定が可能な状態とする。
- [0153] 次に、ステップST15において、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）に基づいて推進力 F_t 及び損失力 F_r を算出する。
- [0154] 次に、ステップST17において、送信データ作成部351dは、測定モジュール無線送信部309を介して、算出された推進力 F_t 及び損失力 F_r と回転角とケイデンスとを送信データとして送信する。送信された推進力 F_t 及び損失力 F_r と回転角とケイデンスとは、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。なお、ケイデンスは、毎回送信する必要はなく1回転に1度送信すればよいので、本実施例の場合は12回に1回送信すればよい。
- [0155] 図13（a）の測定タイミング検出処理についての詳細を図13（b）に示す。基本的には上述した説明のとおりであるが、フローチャートにまとめ

て示す。まず、ステップS T 3 1において、基準位置を検出したか否かを判断し、検出した場合（Y E Sの場合）はステップS T 3 2に進み、検出しない場合（N Oの場合）は本ステップで待機する。

[0156] 次に、ステップS T 3 2において、第1加速度センサ3 7 1 aの出力値と第2加速度センサ3 7 1 bの出力値に基づいて上述した（1 4）式から回転数Rを算出する。

[0157] 次に、ステップS T 3 3において、ステップS T 3 2で算出した回転数Rから1回転の周期を算出し、その周期からタイマ設定値を算出して設定し、タイマをスタートさせる。

[0158] 次に、ステップS T 3 4において、ステップS T 3 3で設定したタイマの設定時間手前で回転数Rを算出する。

[0159] 次に、ステップS T 3 5において、タイマの補正が必要か否かを判断し、必要な場合（Y E Sの場合）はステップS T 3 6に進み、不要な場合（N Oの場合）はステップS T 3 7に進む。本ステップでは、ステップS T 3 4で算出した回転数Rから1回転の周期を算出し、その周期からタイマ設定値を算出し、その値がタイマにステップS T 3 3で設定した値と異なる場合は補正が必要と判断する。

[0160] 次に、ステップS T 3 6において、タイマ設定値を補正する。即ち、ステップS T 3 5で算出したタイマ設定値に基づく値をタイマに設定する。

[0161] 次に、ステップS T 3 7において、基準位置を検出したか否かを判断し、検出した場合（Y E Sの場合）はステップS T 3 8に進み、検出しない場合（N Oの場合）はステップS T 3 9に進む。本ステップは、上述した基準位置でオフセット演算を行うか否かを判断している。基準位置は、測定タイミングの間ある場合が多いので、タイマがタイムアウトする前に行っている。勿論基準位置が測定タイミングと同時となる場合（例えば基準位置が3 0°ごとの角度となっている場合）は、後述するステップS T 3 9で行ってもよい。

[0162] 次に、ステップS T 3 8において、ケイデンス演算部3 5 1 eで算出され

たケイデンス（回転数）と各測定タイミングで算出された回転数 R の平均値からオフセットを算出し、そのオフセットに基づく演算（加減算）を行う。

[0163] 次に、ステップST39において、タイマがタイムアウトしたか否かを判断し、タイムアウトした場合（YESの場合）はステップST33に戻るとともに、図13（a）のステップST13以降の動作を行う。一方、タイムアウトしない場合（NOの場合）はステップST37に戻る。

[0164] 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13（c）の処理を行う。ステップST71において、サイクルコンピュータ制御部251は、推進力 F_t 、損失力 F_r 、回転角またはケイデンス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が推進力 F_t 、損失力 F_r 、回転角またはケイデンス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。

[0165] 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に回転角ごとの推進力 F_t と損失力 F_r や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、推進力 F_t と損失力 F_r をクランク105の回転角ごとにベクトル表示したり、ケイデンス値を数値として表示したりする。

[0166] 例えば、クランク105の所定の回転角（ 30° ）毎に推進力 F_t と損失力 F_r の大きさを矢印等で表示することなどが挙げられる。

[0167] 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、推進力 F_t と損失力 F_r 及びケイデンス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記憶部253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。

[0168] 本実施例によれば、第1加速度センサ371aおよび第2加速度センサ371bが、クランク軸107に取り付けたクランク105に配置され、クラ

シフト機構 105 の長手方向と平行な方向の加速度 a_1 および a_2 を検出し、推進力演算部 351a が、クランク 105 が 1 回転する間に 12 回推進力および損失力の測定を行う。そして、測定タイミング決定部 351b が、第 1 加速度センサ 371a の出力値 a_1 および第 2 加速度センサ 371b の出力値 a_2 と、クランク 105 が基準位置にあることを磁気センサ 373 が検出する周期から算出されたケイデンスと、1 回転内の測定回数である 12 回と、に基づいてクランク 105 の回転数 R を算出し、回転数 R と測定回数 12 回とに基づいて推進力演算部 351a の次の測定タイミングを決定する。このようにすることにより、加速度センサ 371 のクランクの長手方向（検出軸方向）の遠心力の加速度成分を算出することができる。そのため、その遠心力の加速度成分に基づいて回転数 R を算出することができ、回転数 R から回転周期を算出して 1 回当たりの測定間隔、つまり、次の測定タイミングまでの時間を算出することができる。また、基準位置に基づいて算出されたケイデンスから次の測定タイミングを決定するので、加速度センサ 371 の特性や電源電圧変動等により発生する測定タイミングのオフセット分を加味することができ、測定タイミングを精度良く算出することができる。また、したがって、角度の検出自体に磁石を用いないので、低コスト化が図れ、ごみや砂鉄などの影響を受けないことから、耐久性を向上させることができる。また、角速度センサを利用しないので、低消費電力化を図ることもできる。

[0169] また、角速度センサを利用しないので、低消費電力化を図ることもできる。角速度センサ、例えばジャイロセンサは、振動子などを常時振動させなければならないので加速度センサに比べて一般的に消費電力が大きい。したがって、本実施例のように、加速度センサ 371 のみで回転角を検出することで、消費電力を低減させて、バッテリー等の駆動時間を延ばすことができる。

[0170] また、検出した回転角が 30° ほどの角度の場合に、パワーセンサ 368 を動作させているので、パワーセンサ 368 の動作期間を制限することができ、消費電力をさらに削減することができる。

[0171] また、測定タイミング決定部 351b は、第 1 加速度センサ 371a の出力値 a1 および第 2 加速度センサ 371b の出力値 a2 と、クランク 105 が基準位置にあることを磁気センサ 373 が検出する周期から算出されたケイデンスと、測定回数 12 回と、に基づいて、決定した次の測定タイミングの手前で、推進力演算部 351a の当該測定タイミングを補正している。このようにすることにより、一度決定した測定タイミングが回転数 R の変化などによって変動した場合に補正することができ、測定タイミングの決定精度を高くすることができる。

[0172] また、測定タイミング決定部 351b は、第 1 加速度センサ 371a の複数の出力値 a1 および第 2 加速度センサ 371b の複数の出力値 a2 と、クランク 105 が基準位置にあることを磁気センサ 373 が検出する周期から算出されたケイデンスと、測定回数 12 回と、に基づいて推進力演算部 351a の次の測定タイミングを決定している。このようにすることにより、第 1 加速度センサ 371a の出力値 a1 と第 2 加速度センサ 371b の出力値 a2 とを複数用いて、それらの平均値を用いることができる。したがって、瞬間の出力値のみで決定する場合と比較して加速度センサ 371 の出力値に重畳するノイズ等の影響を受けにくくすることができる。

[0173] また、クランク 105 の回転角度の基準位置を設定する基準位置検出部が、フレーム 3 に固定されて配置されている磁石 503 と、クランク 105 に配置され磁石 503 を検出する磁気センサ 373 と、を有して構成されている。このようにすることにより、ケイデンス演算部 351e が磁石 503 の検出間隔に基づいてケイデンスを算出することができる。また、測定タイミングを検出する基準を設定することができる。また、フレーム 3 の位置を基準位置とすることができる。

[0174] なお、上述した実施例では片側のクランク 105 に第 1 加速度センサ 371a と第 2 加速度センサ 371b とが配置されていたが、両側のクランク 105、つまり、クランク 105R とクランク 105L とに 1 つずつ加速度センサが配置されていてもよい。この場合、各加速度センサのクランク軸 10

7からの距離の絶対値は同じであってもよい。そして、クランク軸107からの距離は、一方のクランクにおける距離を正数で表し、他方のクランクにおける距離を負数で表せばよい。また、距離を負数で表した側の加速度センサの測定値 a (a_1 や a_2)は負数(-1)を掛けて表せばよい。

[0175] また、上述した実施例ではクランク105が1回転(1周)を12等分した角度であったが、1回転に限らず、2回転を12等分など複数回転を等分した角度であってもよい。また、上述した実施例では、測定タイミングが等間隔であったが、等間隔でなくてもよい。第1加速度センサ371aの出力値 a_1 と第2加速度センサ371bの出力値 a_2 と次回の測定角度が判明していればそれから次回の測定タイミングを決定することができる。

実施例 2

[0176] 次に、本発明の第2の実施例にかかる回転角検出装置を図14乃至図16を参照して説明する。なお、前述した第1の実施例と同一部分には、同一符号を付して説明を省略する。

[0177] 第1の実施例では、磁石503の設けられたフレーム3の鉛直方向に対する角度は予めフレームの設計図や仕様を参照するかあるいは分度器等を用いて実際に測定する必要があるが、本実施例では、それらを必要とせずにフレーム3の鉛直方向に対する角度を測定する点が異なる。

[0178] 本実施例の構成を図14に示す。図14は、図3に対して、第3加速度センサ371cと、LED374と、設定部375と、が追加されている。

[0179] 第3加速度センサ371cは、第1加速度センサ371a、第2加速度センサ371bとは異なり、クランク105の短手方向に対して平行な方向(クランク105回転の接線方向)が検出方向となっている。また、第3加速度センサ371cは、個別のセンサではなく、第1加速度センサ371a、第2加速度センサ371bのいずれか一方を2軸加速度センサとしてもよい。

[0180] LED374は、磁気センサ373がONになった旨の情報信号によって発光する発光ダイオードである。即ち、LED374は、磁気センサ373

(検出部)が磁石503(被検出部)を検出したことを通知する通知部として機能する。なお、通知部としてはLED374のような表示による通知に限らずブザー等音による通知であってもよい。

[0181] 設定部375は、例えば押しボタン等で構成され、ユーザがLED374の点灯に合わせて操作することができるようになっている。設定部375は、第1加速度センサ371aまたは第2加速度センサ371bの出力値と第3加速度センサ371cの出力値とを測定タイミング決定部351bに取得させるタイミングを指示するタイミング指示部として機能する。

[0182] 加速度センサ371が、本実施例のように配置されると、第1加速度センサ371aと第2加速度センサ371bとは、クランク105の長手方向の加速度を検出し、第3加速度センサ371cは、クランク105の短手方向の加速度を検出する。図15は、重力加速度Gの場合の例である。図14に示したように、第1加速度センサ371aまたは第2加速度センサ371bによって長手方向の加速度成分が検出され、第3加速度センサ371cによって短手方向の加速度成分を検出することができる。

[0183] これらの加速度の出力値とクランク105の回転角との関係は図16に示したグラフのようになる。このグラフから短手方向の加速度は、 $0^\circ \leq \theta < 180^\circ$ が正の値となり、 $180^\circ \leq \theta < 360^\circ$ が負の値となる。したがって、長手方向の加速度と短手方向の加速度との両方の加速度を参照することによって、フレーム3の角度を検出することができる。

[0184] 具体的には、クランク105をフレーム3と平行になる位置まで回転移動させると、磁気センサ373が磁石503を検出する。すると磁気センサ373がONになった旨の情報信号を出力し、LED374が発光するので、その位置にクランク105を静止させ、設定部375を操作する。測定タイミング決定部351bは、設定部375が操作された際の重力加速度を取得しクランク角度、即ちフレーム3の角度を求める、そして、求めたフレーム3の角度を基準角度保管部355に保管する。

[0185] 即ち、設定部375が、LED374(通知部)が磁石503(被検出部)

）を検出した通知に基づいて第1加速度センサ371aまたは第2加速度センサ371bの出力値と第3加速度センサ371cの出力値とを測定タイミング決定部351bに取得させている。そして、測定タイミング決定部351b（基準位置検出部）が、取得した第1加速度センサ371aまたは第2加速度センサ371bの出力値と、第3加速度センサ371cの出力値と、に基づいて基準位置を設定している。

[0186] 本実施例によれば、クランク105の短手方向と平行な方向の加速度を検出する第3加速度センサ371cと、磁気センサ373が磁石503を検出したことを通知するLED374と、第1加速度センサ371aまたは第2加速度センサ371bの出力値と第3加速度センサ371cの出力値とを取得するタイミングを指示する設定部375と、を有する。そして、設定部375が、LED374が磁石503を検出した通知に基づいて第1加速度センサ371aまたは第2加速度センサ371bの出力値と第3加速度センサ371cの出力値との取得を指示し、測定タイミング決定部351bが、第1加速度センサ371aまたは第2加速度センサ371bの出力値と、第3加速度センサ371cの出力値と、に基づいて基準位置を設定している。このようにすることにより、磁石503が検出されたクランク105に加わる重力加速度に基づいて当該位置の鉛直方向に対する角度を算出することができる。したがって、自転車1のフレーム3の鉛直方向の角度を調査したり、分度器等で測定する必要がなくなる。

[0187] なお、第2の実施例では、通知部やタイミング指示部は測定モジュール301に設けられていたが、別に設けてもよい。例えばサイクルコンピュータ201のサイクルコンピュータ表示部203やサイクルコンピュータ操作部205が兼ねるようにしてもよい。

実施例 3

[0188] 次に、本発明の第3の実施例にかかる回転角検出装置を図17及び図18を参照して説明する。なお、前述した第1の実施例と同一部分には、同一符号を付して説明を省略する。

[0189] 本実施例では、図17に示したように、加速度センサ371の出力にローパスフィルタ（LPF）処理を施し、さらに、ローパスフィルタ処理によって遅延した分を測定タイミング決定部351b2で補正する。即ち、LPF372がフィルタ部として機能する。

[0190] 自転車など回転角検出装置が設けられる車両は外部から様々な振動が加わるため、加速度センサ371は、重力加速度や遠心力の加速度成分以外の加速度成分が出力値に含まれることが多い。したがって、加速度センサ371の出力に対して、LPF372でFIR（有限インパルス応答）フィルタやIIR（無限インパルス応答）フィルタなどデジタルフィルタによるローパスフィルタ処理を施すことで加速度センサ371の出力に含まれる振動などのノイズ成分を除去する。勿論、デジタルフィルタでなくアナログフィルタであってもよい。

[0191] デジタルフィルタを施された出力値は、図18に示すように、デジタルフィルタの特性によって、一定サンプル数分の遅延した値が出力されるため、測定タイミングから最終的に算出されるクランク105の回転角を補正する必要がある。そこで、測定タイミング決定部351b2では、後述する（23）式に示すような演算を行って回転角の補正を行う。即ち、測定タイミング決定部351b2が遅延角度補正部として機能する。

[0192] 例えば、 n タップのFIRフィルタ、サンプリング周波数 f_s [Hz] で、クランク軸107中心から r [m] の遠心力の加速度を $a_{\text{遠}}$ [m/sec²] とした場合、 $n / (2 \times f_s)$ [sec] 前のクランク105の回転角を算出することとなる。

[0193] また、遠心力の加速度 $a_{\text{遠}}$ は角速度を ω とすると（21）式により表され、角速度 ω は（22）式により表される。

[数21]

$$a_{\text{遠}} = r \times \omega^2 \dots (21)$$

[数22]

$$\omega [\text{rad/sec}] = \sqrt{\frac{a_{\text{遠}}}{r}} \cdots (22)$$

[0194] したがって、算出された回転角に（23）式だけ進めるように補正すればよい。

[数23]

$$\frac{n}{2 \times f_s} \sqrt{\frac{a_{\text{遠}}}{r}} [\text{rad}] \cdots (23)$$

[0195] なお、遠心力の加速度 $a_{\text{遠}}$ は、例えば第2加速度センサ371bの場合、第1の実施例に示した（9）式により算出することができる。勿論第1加速度センサ371aから求めてもよい。その場合も同様にして（7）式－（6）式から求めることができる。

[0196] あるいは、クランク105が1回転のうちのいずれの半回転にあるかの判定において、半回転間の時間を測定することで、回転加速度を算出し、その値から補正用の遠心力の加速度を求めるようにしてもよい。そして、半回転間は前の半回転の時間から算出された遠心力の加速度を用いる。

[0197] 本実施例によれば、第1加速度および第2加速度にフィルタ処理を施すLPF372と、フィルタ処理が施された後に角度補正処理を施す測定タイミング決定部351b2と、を有している。このようにすることにより、振動などにより重力加速度やクランク105に加わる遠心力の加速度以外の加速度成分を取り除くことができ、次回の測定タイミングの推測精度を良くすることができる。また、測定タイミング決定部351b2によって、フィルタ処理によって発生する遅延を補正することができる。

実施例 4

[0198] 次に、本発明の第4の実施例にかかる回転角検出装置を図19および図20を参照して説明する。なお、前述した第1の実施例と同一部分には、同一符号を付して説明を省略する。

- [0199] 本実施例では、クランク１０５以外にクランク１０５の長手方向の加速度を検出することによって、クランク１０５の回転角を検出することができる部品について説明する。
- [0200] 図１９は、本実施例にかかるチェーンリング１０９とクランク１０５Ａとを示した平面図、図２０は、図１９に示されたクランク１０５Ａを示した平面図である。
- [0201] クランク１０５Ａは、チェーンリング１０９に後述するスパイダーアーム７７を介して取り付けられている。チェーンリング１０９は、大小２つのスプロケット（フロントチェーンホイールの一例）１０９ａ、１０９ｂを有している。
- [0202] クランク１０５Ａは、クランク軸側から放射状に延び、大小２枚のスプロケット１０９ａ、１０９ｂを先端に装着可能な５つのスパイダーアーム７７と、クランク軸１０７に固定され先端にペダルクランク軸装着孔１１５ａが形成されたクランクアーム７８と、を有している。クランク１０５Ａは、クランク軸から放射状に延びる複数のアーム部を有するアーム部材であって、クランクと連動して回転する部材に相当する。スパイダーアーム７７の先端には、固定ボルトが貫通する貫通孔７７ｂとスプロケット１０９ａ、１０９ｂ取付用の２つの取付面７７ｃとを有するスプロケット取付部７７ａが形成されている。
- [0203] 大径のスプロケット１０９ａは、環状のギア部材を有している。ギア部材は、例えばアルミニウム合金材で形成されている。ギア部材の外周部には、チェーン１１１が噛み合うギア歯８６ａが形成されている。小径のスプロケット１０９ｂは、環状のギア部材を有している。ギア部材は、例えばアルミニウム合金材で形成されている。ギア部材の外周部には、チェーン１１１が噛み合うギア歯７２ａが形成されている。
- [0204] なお、図１９や図２０は、スパイダーアーム７７がクランクアーム７８と一体的に形成されていたが、それに限らず別体であってもよい。
- [0205] このような構成のクランク１０５Ａにおいて、スパイダーアーム７７に加

速度センサを設けることで、第1の実施例に示したのと同様に次に測定タイミングを算出し、タイマ補正やオフセット演算をすることができる。加速度センサは、1つをスパイダーアーム77に配置し、もう1つをクランクアーム78に配置してもいいし、2つともスパイダーアーム77に配置してもよい。但し、第1の実施例に示したように、2つの加速度センサの検出軸はクランクアーム78の長手方向と平行な方向であって、かつ、右または左の同じ側に設ける場合は、2つの加速度センサのクランク軸中心からの距離が異なる必要がある。

[0206] なお、スパイダーアーム77だけでなく、ペダルクランク軸115（ペダル軸）に加速度センサを配置してもよい。要するに、回転軸に取り付けたクランクまたはクランクと連動して回転する部材であって、クランクの長手方向の加速度を検出可能な部材であれば適用可能である。ここで、連動とは、クランクと同じ回転軸でクランクと同じ回転速度で回転するという意味である。

[0207] 本実施例によれば、スパイダーアーム77に加速度センサを少なくとも1つ配置し、その加速度センサの出力値と、他のスパイダーアーム77またはクランクアーム78に配置された加速度センサの出力値と、 m 周当たりの測定回数 n と、に基づいて、次の測定タイミングを算出する。このようにすることにより、クランクアーム78以外の部品に加速度センサを配置してもクランクアーム78の回転角を求めることができ、加速度センサの配置の自由度が増す。

[0208] なお、上述した4つの実施例では、測定モジュール301で測定した推進力及び損失力や回転角は、サイクルコンピュータ201のサイクルコンピュータ表示部203にリアルタイムに表示させていたが、それに限らない。例えば、測定モジュール301からメモ리카ード等の記録媒体に出力し、後にパーソナルコンピュータ等でメモ리카ードに記録された情報を読み出して時系列にクランク105の回転角ごと推進力及び損失力の表示するようにしてもよい。

[0209] また、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（クランクアーム 78）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、人力機械はどのようなものであっても良い。

[0210] また、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 369（測定モジュールひずみ検出回路 365）や加速度センサ 371 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。

[0211] 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タイミング検出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

- [0212]
- | | |
|------|-------------------------------------|
| 1 | 自転車 |
| 3 | フレーム |
| 77 | スパイダーアーム（クランクと連動して回転する部材） |
| 105 | クランク |
| 107 | クランク軸（回転軸） |
| 310 | 測定タイミング検出装置 |
| 351 | 測定モジュール制御部 |
| 351a | 推進力演算部（測定部） |
| 351b | 測定タイミング決定部（決定部、補正部、基準位置検出部、遅延角度補正部） |
| 351c | 基準角度検出部（基準位置検出部） |
| 351e | ケイデンス演算部（決定部） |
| 353 | 測定モジュール記憶部 |

- 3 5 5 基準角度保管部（基準位置検出部）
- 3 7 1 a 第 1 加速度センサ
- 3 7 1 b 第 2 加速度センサ
- 3 7 1 c 第 3 加速度センサ
- 3 7 2 L P F （フィルタ部）
- 3 7 3 磁気センサ（検出部）
- 3 7 4 L E D （通知部）
- 3 7 5 設定部（タイミング指示部）
- 5 0 3 磁石（被検出部）
- a 1 第 1 加速度センサの出力値
- a 2 第 2 加速度センサの出力値
- S T 1 1 回転角検出（取得工程、出力工程、第 1 補正工程）

請求の範囲

- [請求項1] 回転軸に取り付けたクランクまたは前記クランクと連動して回転する部材に配置され、前記クランクの長手方向と平行な方向の加速度を検出する第1加速度センサおよび第2加速度センサと、
- 前記クランクが所定の基準位置にあることを検出する基準位置検出部と、
- 前記クランクの適宜角度位置において所定の測定を行う測定部の次の測定タイミングを、前記第1加速度センサの出力値および前記第2加速度センサの出力値と、前記基準位置検出部の検出結果と、次の測定角度と、に基づいて決定する決定部と、
- 有することを特徴とする測定タイミング検出装置。
- [請求項2] 前記第1加速度センサと前記第2加速度センサとは、前記回転軸から異なる距離に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の測定タイミング検出装置。
- [請求項3] 前記決定部は、前記基準位置検出部の検出結果から前記クランクの回転数を算出し、前記次の測定タイミングを前記第1加速度センサの出力値および前記第2加速度センサの出力値と、前記クランクの回転数と、次の測定角度と、に基づいて決定する、
- ことを特徴とする請求項1または2に記載の測定タイミング検出装置。
- [請求項4] 前記決定部が、前記第1加速度センサの出力値および前記第2加速度センサの出力値と、前記基準位置検出部の検出結果と、前記次の測定角度と、に基づいて、前記次の測定タイミングを決定した後から当該次の測定タイミングまでの間に当該次の測定タイミングを補正する補正部を有す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タイミング検出装置。
- [請求項5] 前記決定部は、前記第1加速度センサの複数の出力値および前記第2加速度センサの複数の出力値と、前記基準位置検出部の検出結果と

、前記次回の測定角度と、に基づいて前記測定部の前記次回の測定タイミングを決定す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タイミング検出装置。

[請求項6] 前記決定部は、前記第 1 加速度センサの出力値および前記第 2 加速度センサの出力値に基づいて前記クランクの回転周期を算出し、前記回転周期と前記基準位置検出部の検出結果と前記次回の測定角度とに基づいて前記測定部の次回の測定タイミングを決定す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タイミング検出装置。

[請求項7] 前記測定部は、前記クランクが前記 m 回転を前記 n 等分 (m 、 n は 1 以上の整数) した角度に対応するタイミングで前記所定の測定を行い、

前記決定部は、前記 m および前記 n に基づいて前記次回の測定角度を求める、
ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のうちいずれか一項に記載の測定タイミング検出装置。

[請求項8] 前記決定部は、前記基準位置に基づいて前記測定タイミングを検出することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のうちいずれか一項に記載の測定タイミング検出装置。

[請求項9] 前記基準位置検出部が、前記クランクの特定の回転角に対応する位置に固定されて配置されている被検出部と、

前記クランクに配置され前記被検出部を検出する検出部と、
を有していることを特徴とする請求項 8 に記載の測定タイミング検出装置。

[請求項10] 前記クランクの短手方向と平行な方向の加速度を検出する第 3 加速度センサと、

前記検出部が前記被検出部を検出したことを通知する通知部と、
前記第 1 加速度センサまたは前記第 2 加速度センサの出力値と前記

第3加速度センサの出力値とを前記決定部に取得させるタイミングを指示するタイミング指示部と、を有し、

前記タイミング指示部が、前記通知部が前記被検出部を検出した通知に基づいて前記第1加速度センサまたは前記第2加速度センサの出力値と前記第3加速度センサの出力値とを前記決定部に取得させ、

前記基準位置検出部が、前記決定部が取得した前記第1加速度センサまたは前記第2加速度センサの出力値と前記第3加速度センサの出力値とに基づいて前記基準位置を設定する、

ことを特徴とする請求項9に記載の測定タイミング検出装置。

[請求項11] 前記第1加速度センサの出力および前記第2加速度の出力値にフィルタ処理を施すフィルタ部と、

前記フィルタ処理が施された後に角度補正処理を施す遅延角度補正部と、

を有していることを特徴とする請求項1乃至10のうちいずれか一項に記載の測定タイミング検出装置。

[請求項12] 回転軸に取り付けたクランクまたは前記クランクと連動して回転する部材に配置され、前記クランクの長手方向と平行な方向の加速度を検出する第1加速度センサの出力値および第2加速度センサの出力値を取得する取得工程と、

前記クランクが所定の基準位置にあることを検出する基準位置検出工程と、

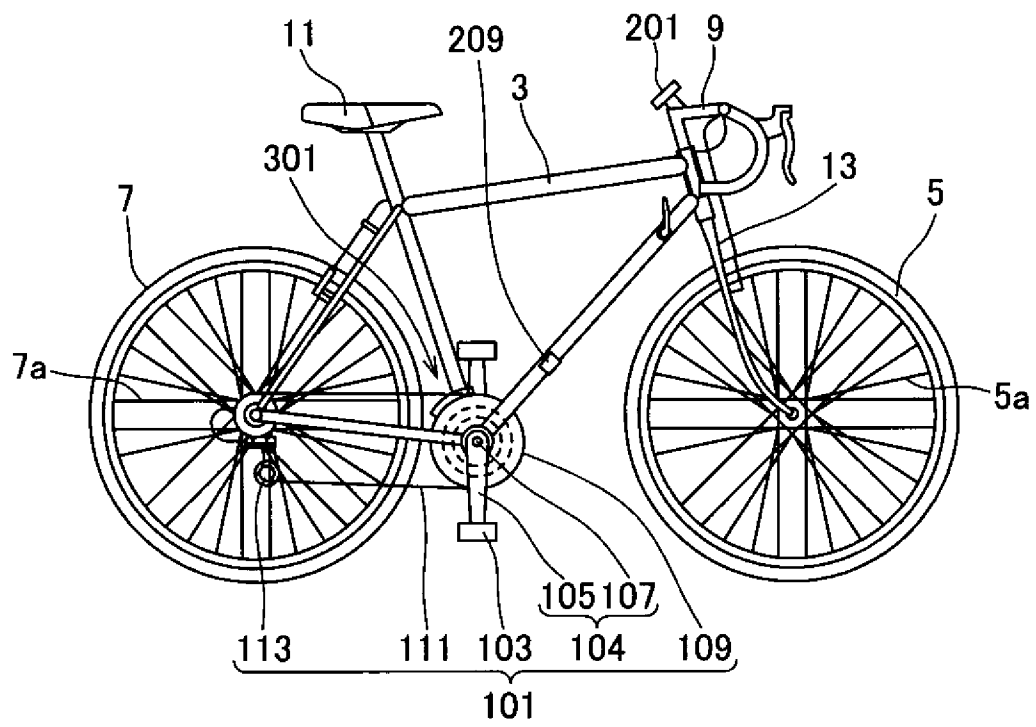
前記クランクの適宜角度位置において所定の測定を行う測定部の次の測定タイミングを、前記第1加速度センサの出力値および前記第2加速度センサの出力値と、前記基準位置検出工程の検出結果と、次の測定角度と、に基づいて決定する決定工程と、

を有することを特徴とする測定タイミング検出方法。

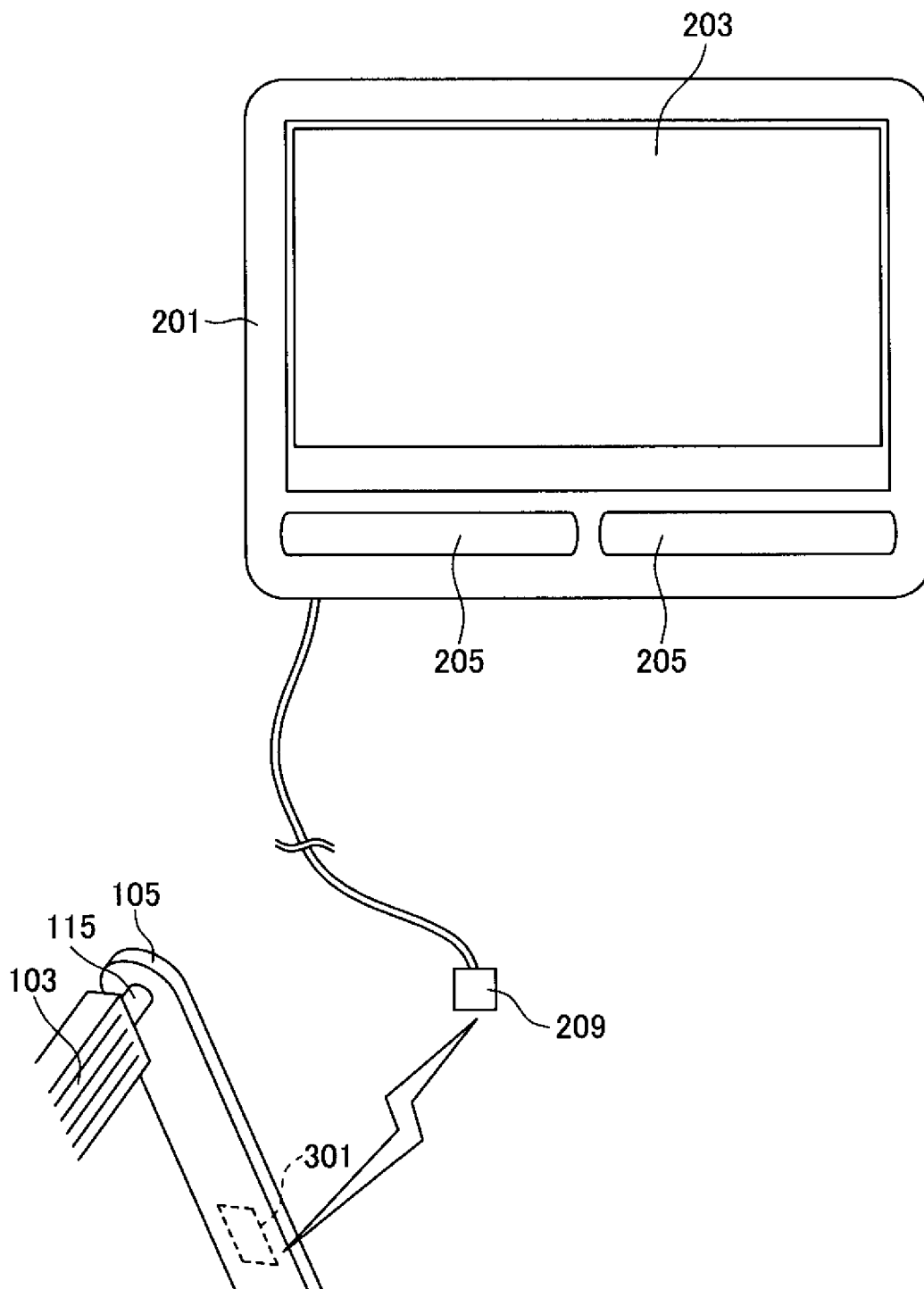
[請求項13] 請求項12に記載の測定タイミング検出方法を、コンピュータにより実行させることを特徴とする測定タイミング検出プログラム。

[請求項14] 請求項13に記載の測定タイミング検出プログラムを格納したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

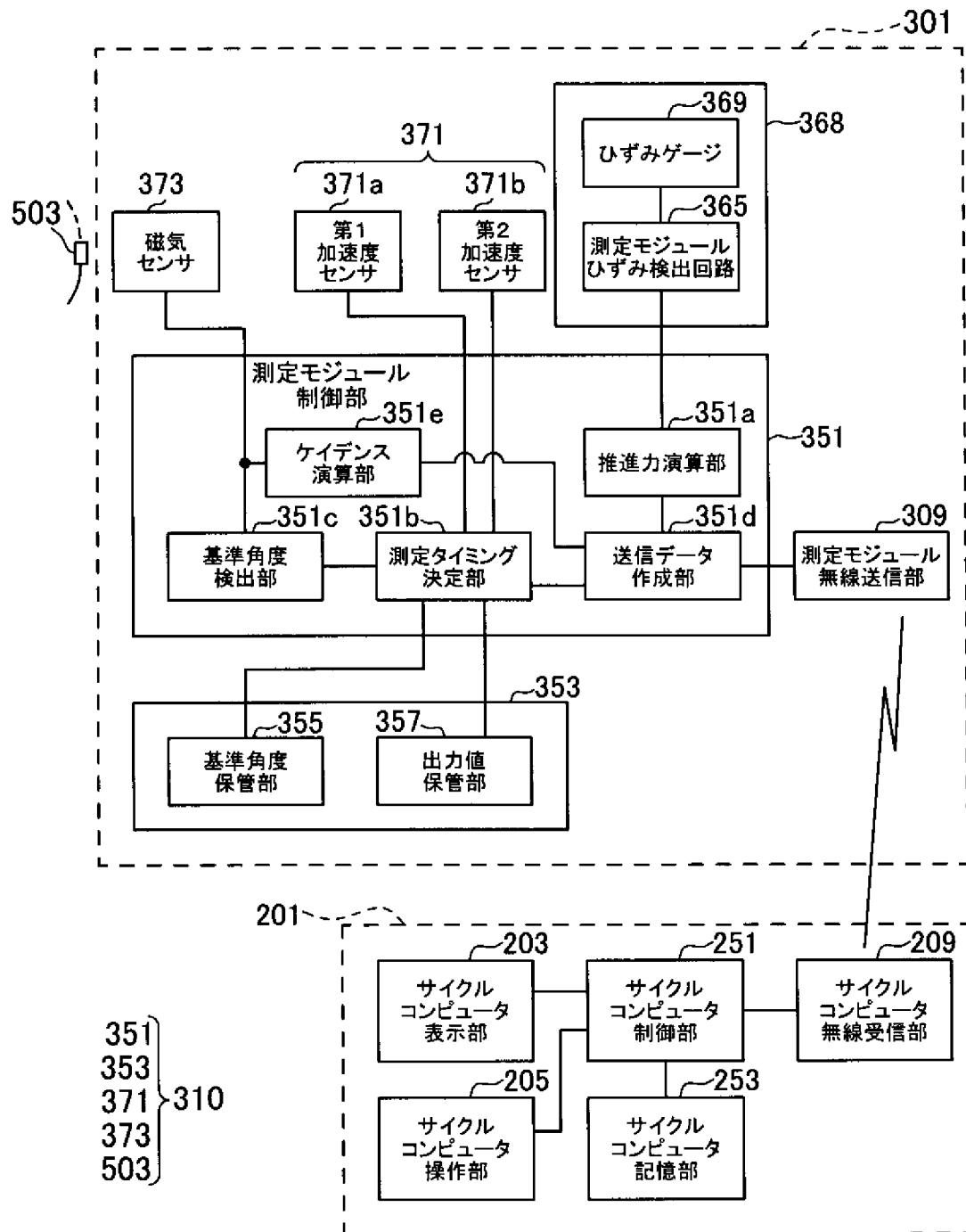
[図1]

1

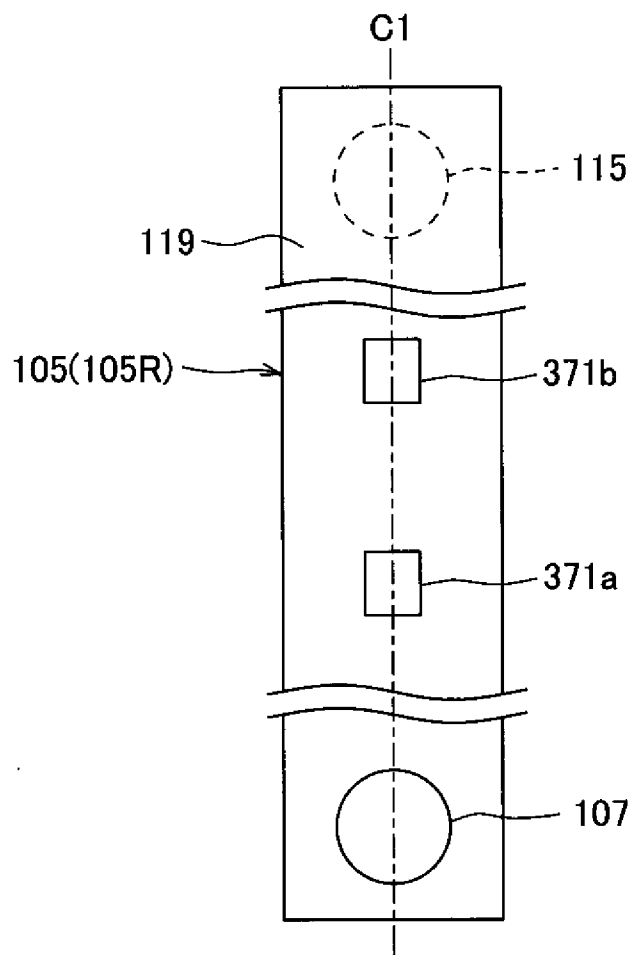
[図2]



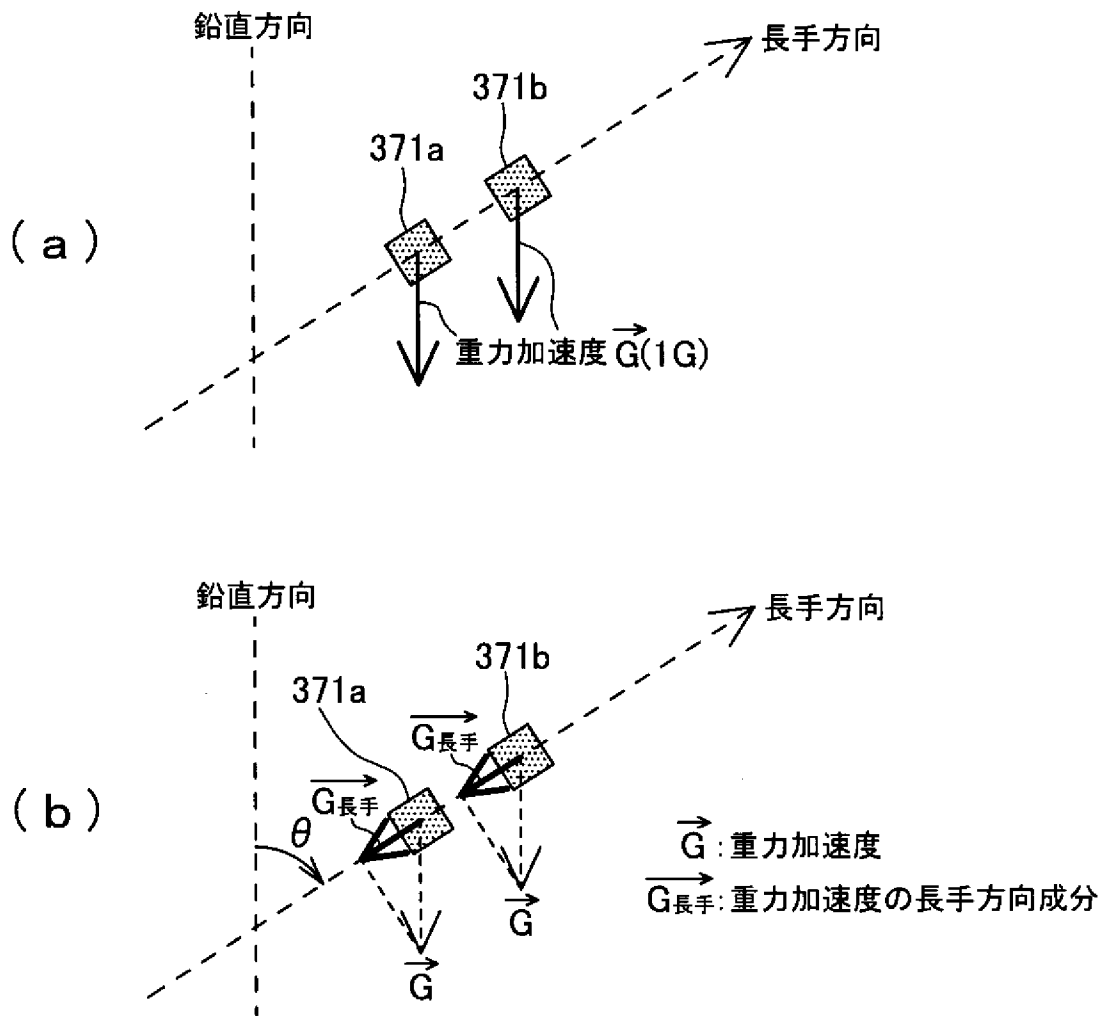
[図3]



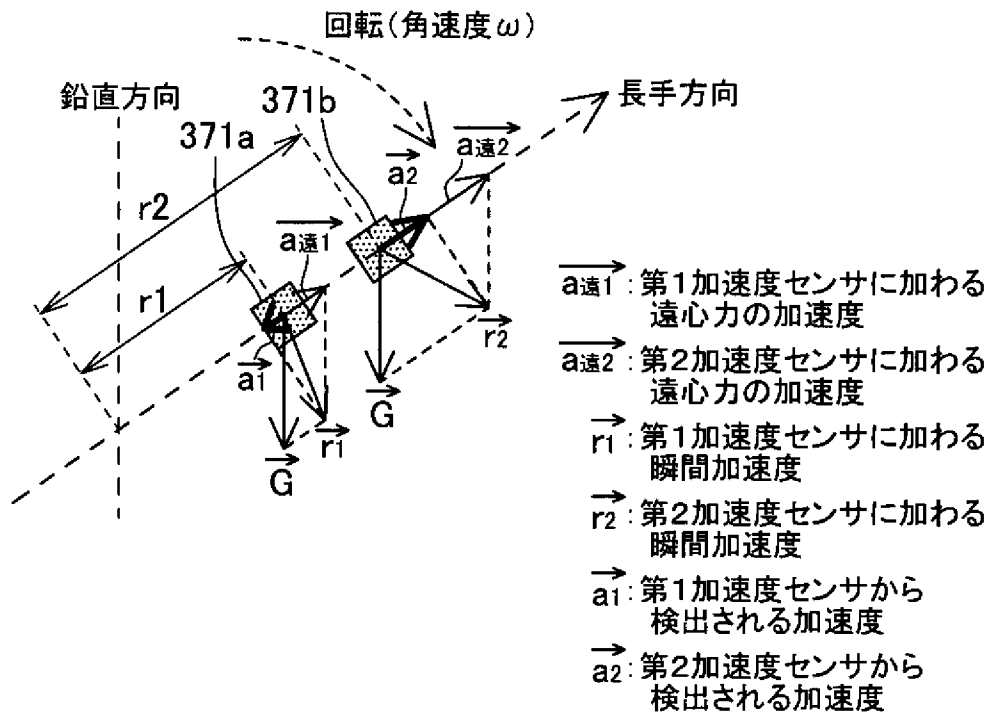
[図4]



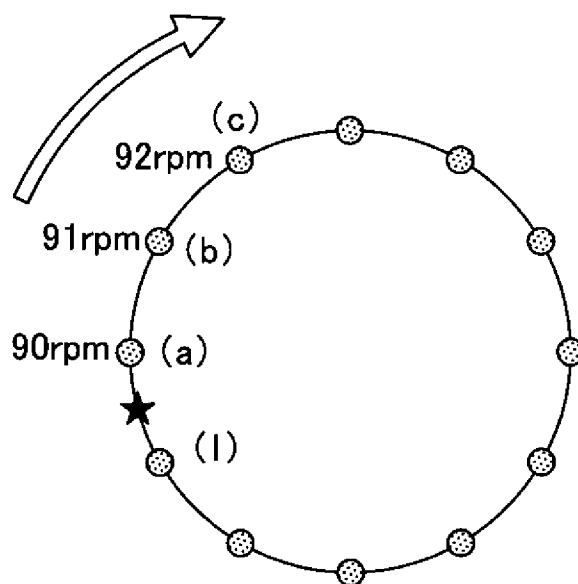
[図5]



[図6]



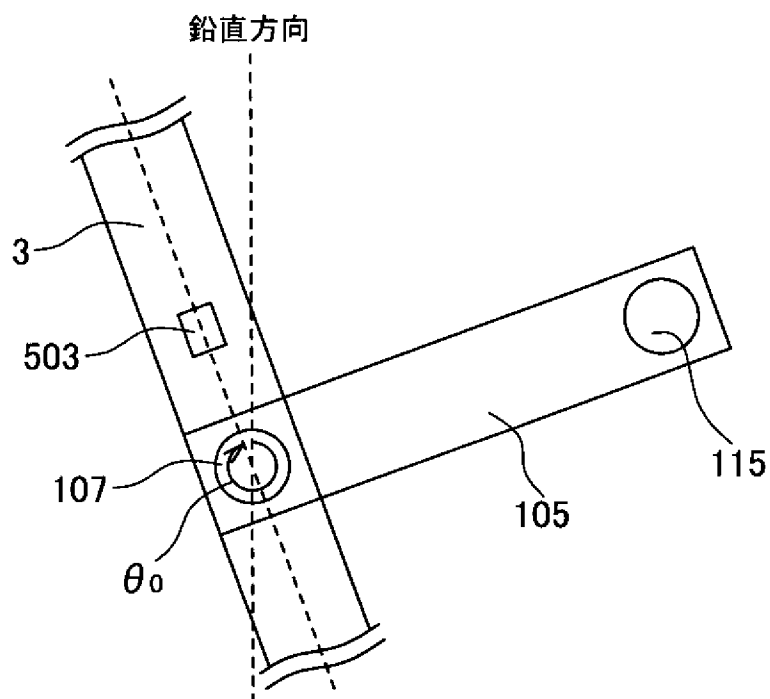
[図7]



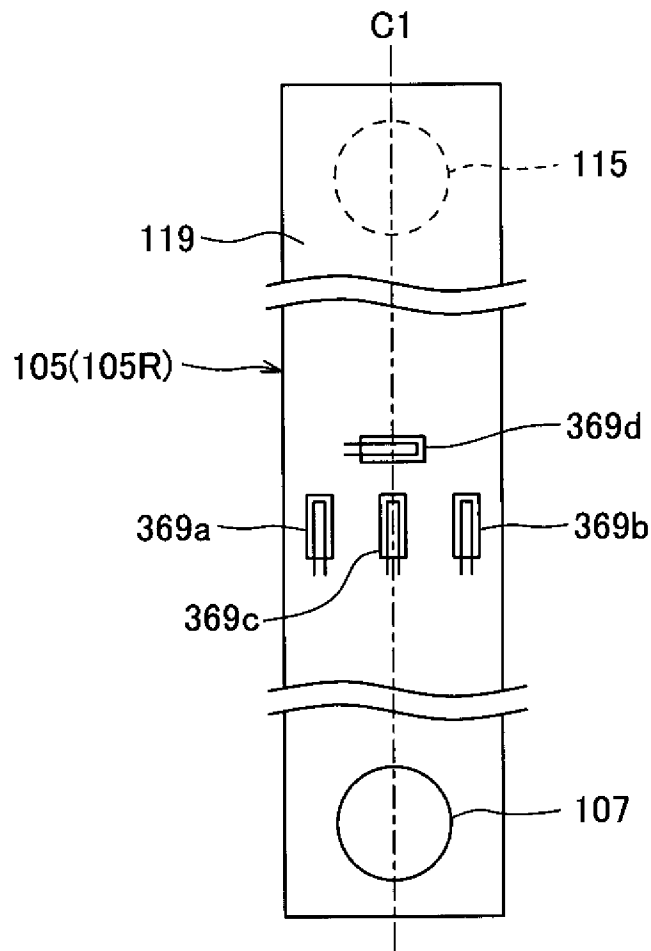
[図8]

	1回転目		2回転目	
	加速度センサによる ケイデンス	ケイデンス演算部による ケイデンス	加速度センサによる ケイデンス	オフセットを加味した、 加速度センサによる ケイデンス(1.5rpm減算)
a	90.0rpm		90.0rpm	88.5rpm
b	91.0rpm		91.0rpm	89.5rpm
c	90.0rpm		90.0rpm	88.5rpm
d	89.0rpm		89.0rpm	87.5rpm
e	88.0rpm		88.0rpm	86.5rpm
f	89.0rpm		89.0rpm	87.5rpm
g	90.0rpm		90.0rpm	88.5rpm
h	91.0rpm		91.0rpm	89.5rpm
i	92.0rpm		92.0rpm	90.5rpm
j	93.0rpm		93.0rpm	91.5rpm
k	92.0rpm		92.0rpm	90.5rpm
l	91.0rpm		91.0rpm	89.5rpm
AVG	90.5rpm	89.0rpm	90.5rpm	89.0rpm
差分		1.5rpm		

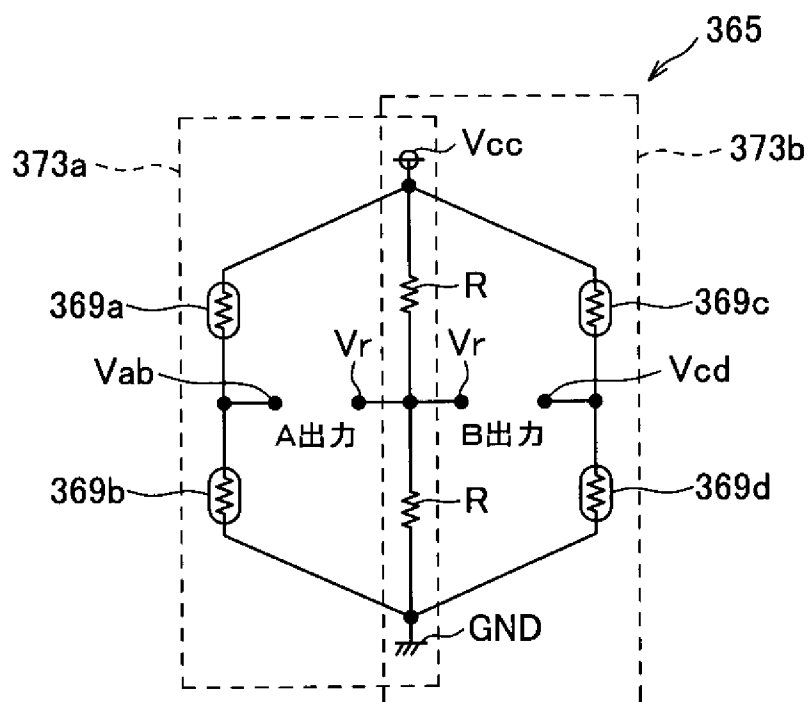
[図9]



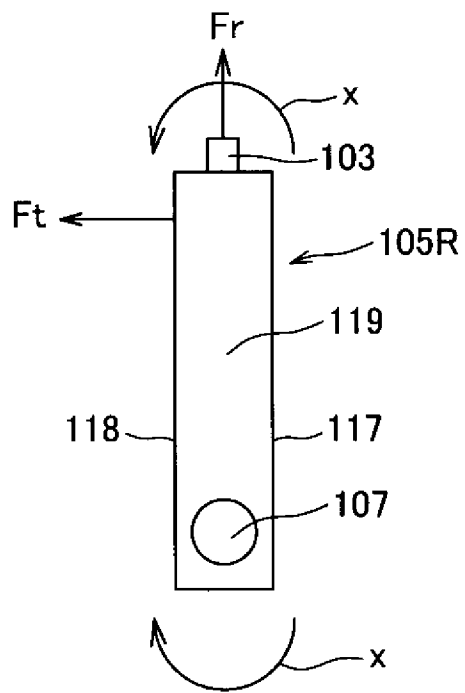
[図10]



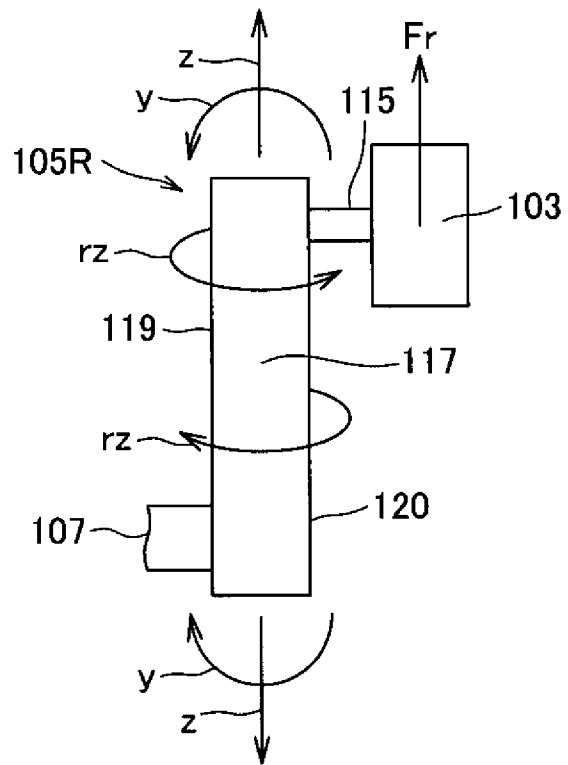
[図11]



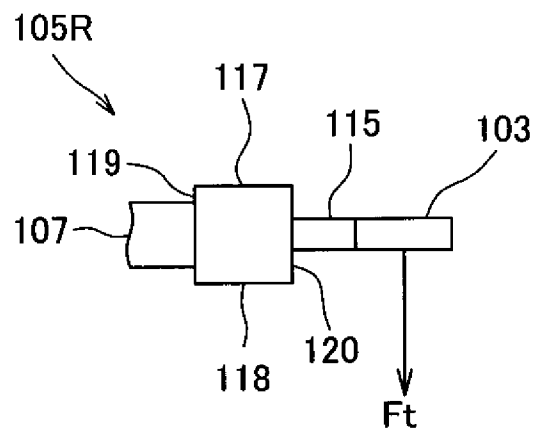
[図12]



(a)

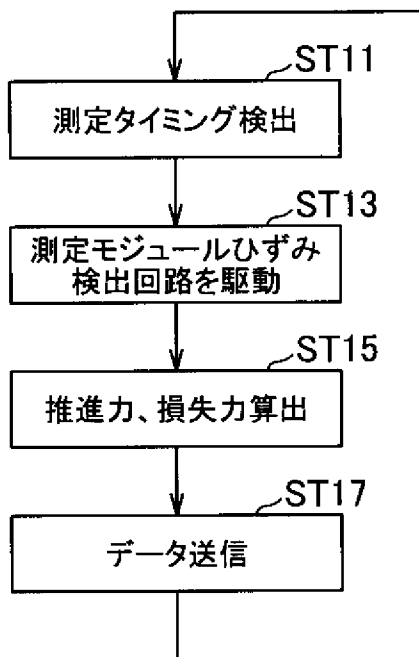


(b)

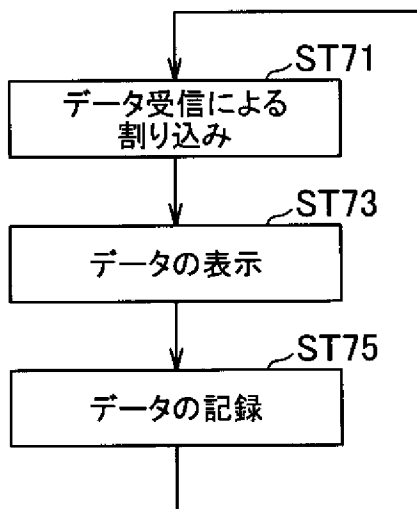


(c)

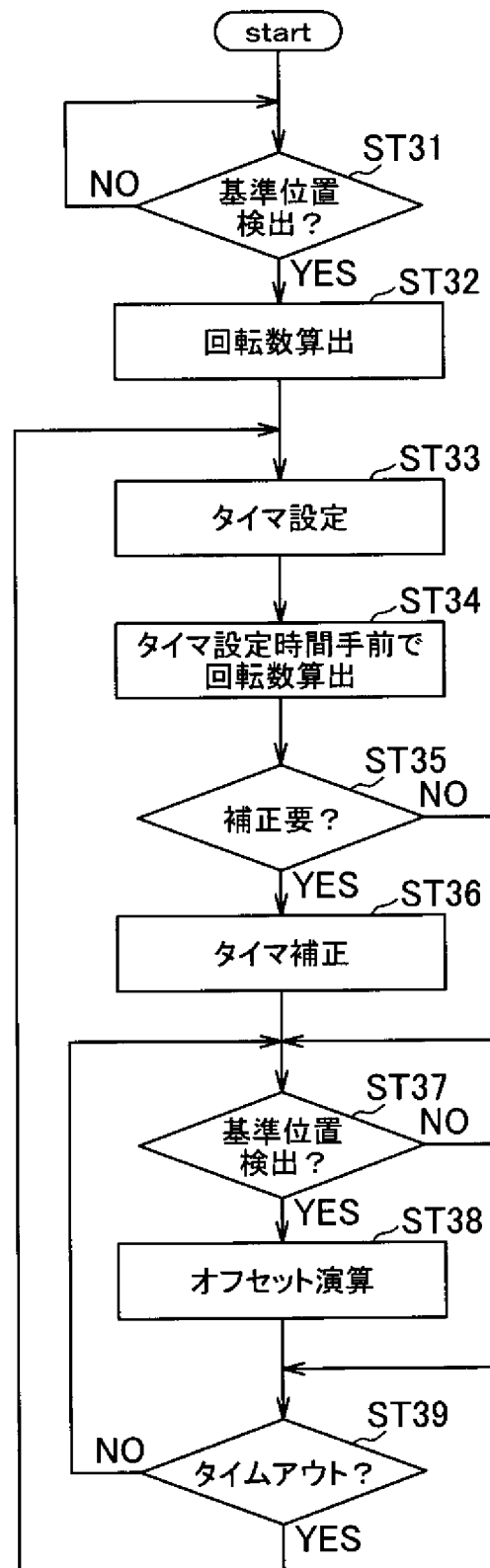
[図13]



(a)

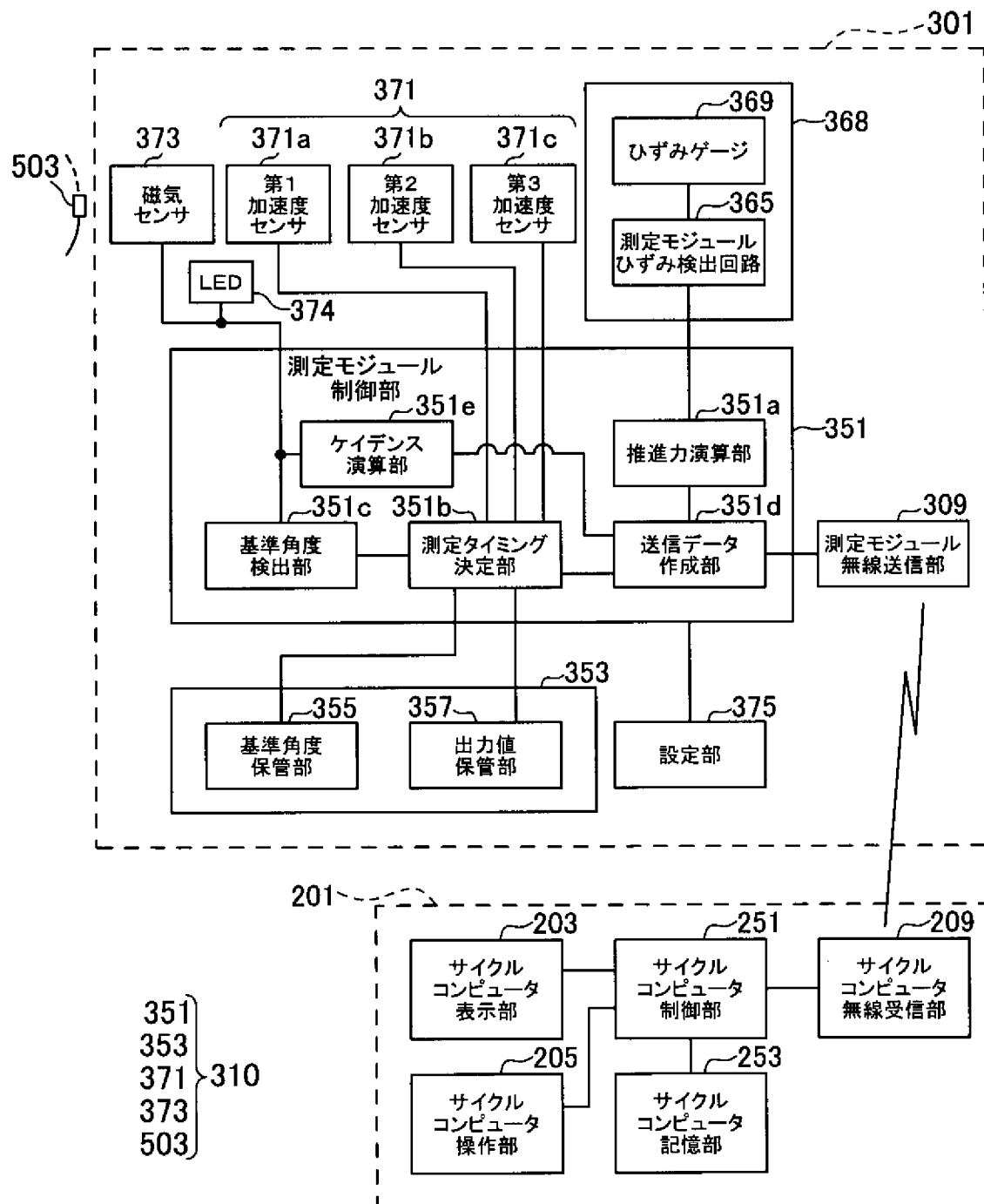


(c)

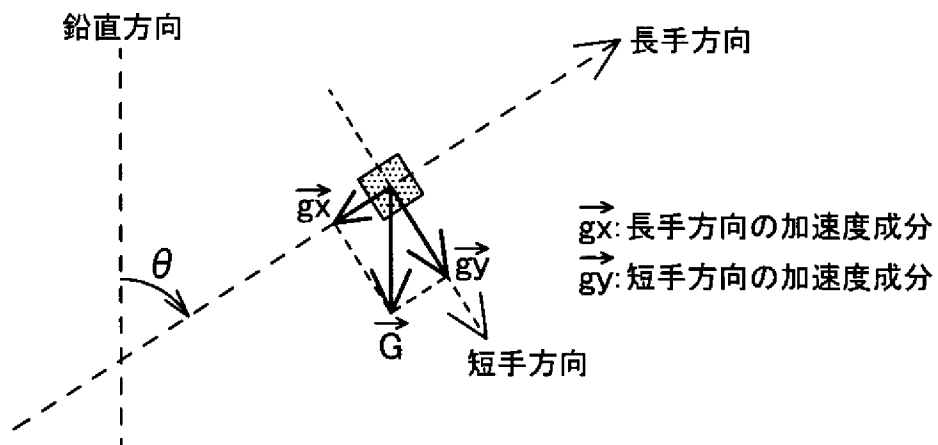


(b)

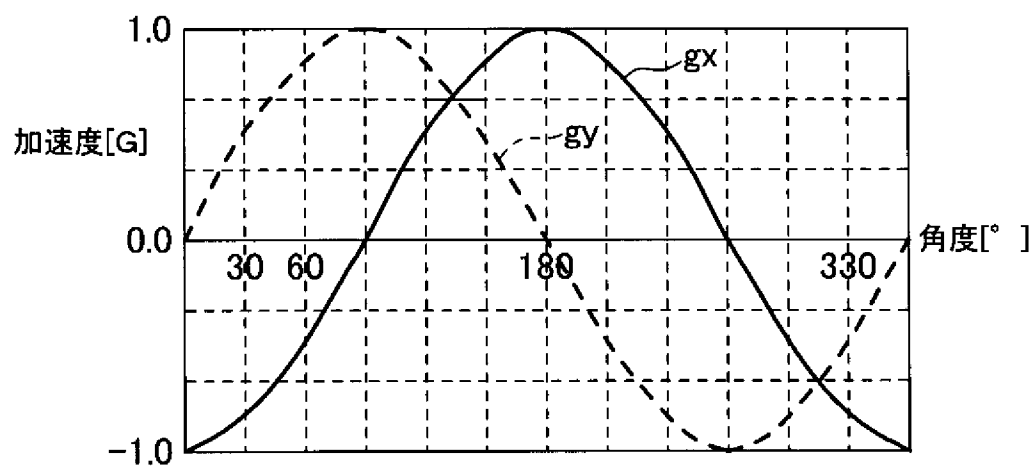
[図14]



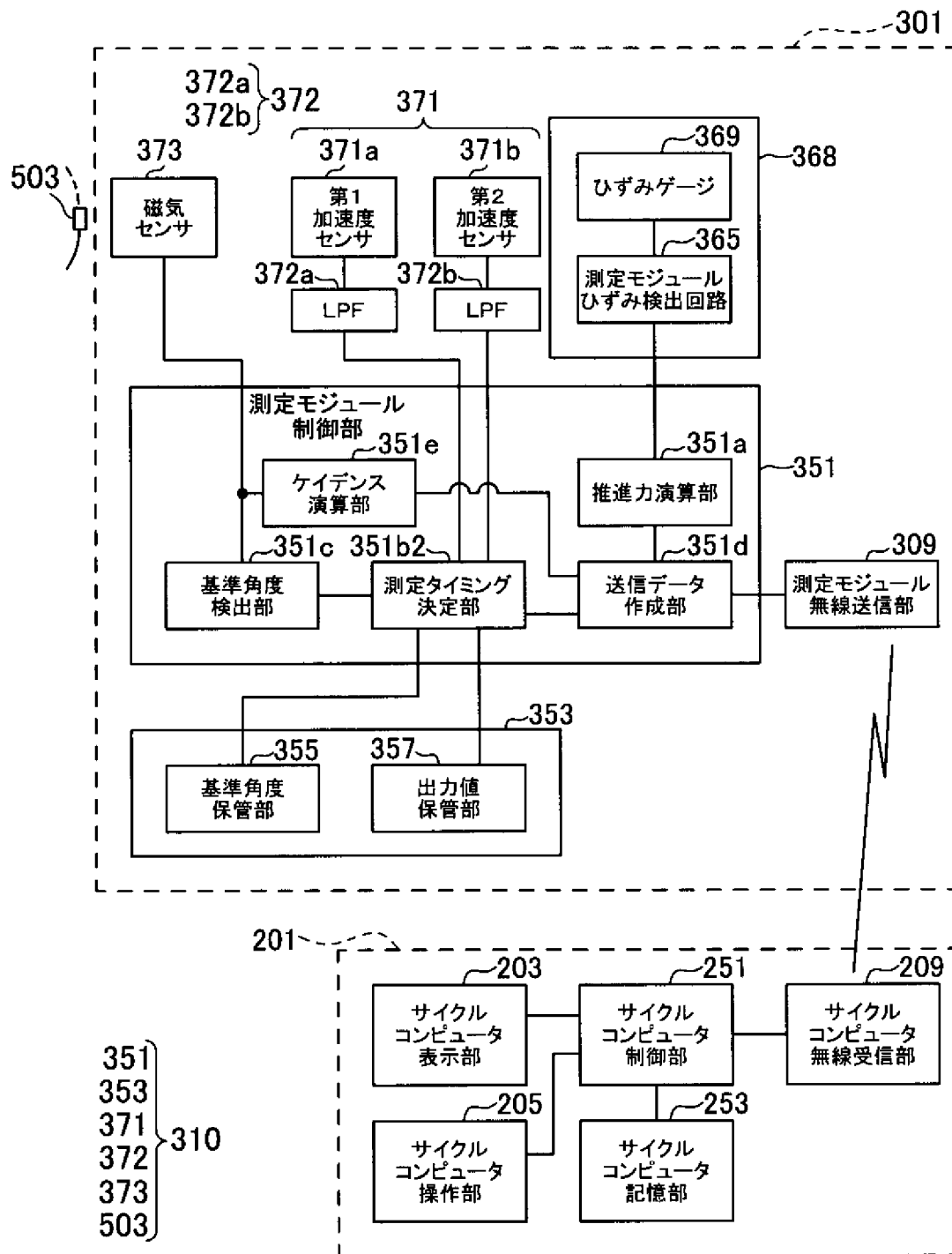
[図15]



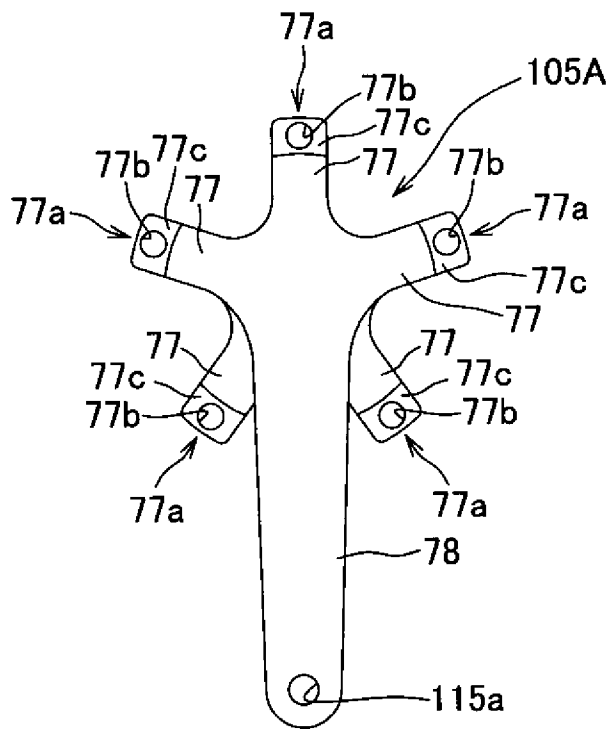
[図16]



[図17]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069084

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B21/22(2006.01)i, B62J99/00(2009.01)i, B62M3/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B21/00-21/30, B62J99/00, B62M3/00, G01C9/00-9/06, G06F3/033-3/039

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/53114 A1 (Pioneer Corp.), 26 April 2012 (26.04.2012), entire text; all drawings & US 2013/0205916 A1	1-14
A	JP 2014-8789 A (Tomoki KITAWAKI), 20 January 2014 (20.01.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 October, 2014 (10.10.14)

Date of mailing of the international search report
21 October, 2014 (21.10.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01B21/22(2006.01)i, B62J99/00(2009.01)i, B62M3/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01B21/00-21/30, B62J99/00, B62M3/00, G01C9/00-9/06, G06F3/033-3/039

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2012/53114 A1（パイオニア株式会社） 2012.04.26, 全文, 全図 & US 2013/0205916 A1	1-14
A	JP 2014-8789 A（北脇知己） 2014.01.20, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-14

☐ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 0 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 1 . 1 0 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

丑田 真悟

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

2 S

3 1 0 0