

(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 2016/009537 A1

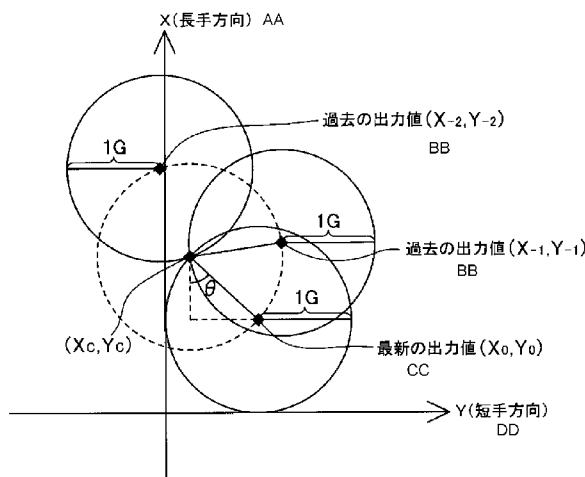
- (51) 国際特許分類:
G01B 21/22 (2006.01) *B62M 3/00* (2006.01)
B62J 99/00 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/069081
- (22) 国際出願日: 2014年7月17日(17.07.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: パイオニア株式会社(PIONEER CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120031 神奈川県川崎市幸区新小倉1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 寺尾 恭一(TERAOKA, Kyoichi); 〒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). 遠藤 秀人(ENDO, Hideto); 〒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36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), ユーロパ (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,

[続葉有]

(54) Title: ROTATION ANGLE DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 回転角検出装置

[図16]



AA X (longitudinal direction)
BB Previous output value
CC Newest output value
DD Y (short direction)

(57) Abstract: Provided is a rotation angle detection device with which cost reduction is possible and for which durability can be improved, and with which power consumption can be reduced. A rotation angle estimation unit (351b), that is provided to a crank (105) which is attached to a crank shaft (107), acquires the output of an acceleration sensor (371) which detects acceleration in a direction parallel to the longitudinal direction of the crank (105) and acceleration in a direction parallel to the short direction of the crank (105). The rotation angle estimation unit calculates the center value of longitudinal-direction acceleration and short-direction acceleration from the newest output value of the acceleration sensor (371) and a previous output value of the acceleration sensor (371) equal to one turn of the crank (105), and by calculating the inverse tangent of the difference between such calculated value and the newest output value of the acceleration sensor (371), calculates the rotation angle of the crank (105).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/009537 A1



GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

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回転角検出装置を提供する。回転角推定部(351b)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とクランク(105)の短手方向と平行な方向の加速度を検出する加速度センサ(371)の出力を取得する。そして、最新の加速度センサ(371)の出力値および過去のクランク(105)の1周分の加速度センサ(371)の出力値から長手方向の加速度および短手方向の加速度の中心値を算出し、その算出値と最新の加速度センサ(371)の出力値との差分の逆正接を算出することによりクランク(105)の回転角を算出する。

明 細 書

発明の名称： 回転角検出装置

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の回転角度を検出する回転角検出装置に関する。

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。

先行技術文献

特許文献

[0005] 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

[0006] 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。

[0007] 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。

[0008] 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。

[0009] 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回転角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

[0010] 上記課題を解決するために、請求項 1 に記載された発明は、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第 1 加速度および前記クランクの短手方向と平行な方向の第 2 加速度とを検出する加速度センサと、前記第 1 加速度および前記第 2 加速度を取得するとともに、異なる時刻に n (n は 3 以上の整数) 回取得した前記第 1 加速度および前記第 2 加速度に基づいて、現在の前記クランクの回転角に関する情報を出力する出力部と、有することを特徴とする回転角検出装置である。

[0011] 請求項 8 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第 1 加速度および前記クランクの短手方向と平行な方向の第 2 加速度を取得する取得工程と、前記取得工程で異なる時刻に n (n は 3 以上の整数) 回取得した前記第 1 加速度および前記第 2 加速度に基づいて、現在の前

記クランクの回転角に関する情報を出力する出力工程と、を有することを特徴とする回転角検出方法である。

[0012] 請求項 9 に記載された発明は、請求項 8 に記載の回転角度検出方法を、コンピュータにより実行させることを特徴とする回転角度検出プログラムである。

[0013] 請求項 10 に記載された発明は、請求項 9 に記載の回転角度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

[0014] [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]クランクが静止しているときの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7]クランクが静止しているときに長手方向の加速度と短手方向の加速度を互いに直交する軸とした平面上に表した図である。

[図8]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9]クランクが等速回転しているときに長手方向の加速度と短手方向の加速度を互いに直交する軸とした平面上に表した図である。

[図10]クランクが加速または減速したときに長手方向の加速度と短手方向の加速度を互いに直交する軸とした平面上に表した図である。

[図11]最新の出力値とクランク 1 周分の出力値からクランクの回転角を算出する方法の説明図である。

[図12]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13]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14]右側クランクに加わる力と変形の説明図である。

[図15]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16]本発明の第 2 の実施例にかかる最新の出力値と過去 2 つの出力値からクランクの回転角を算出する方法の説明図である。

[図17]本発明の第 3 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]静止時と回転時の加速度センサの測定値を示したグラフである。

[図19]本発明の第 4 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20]図 19 に示された L P F 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21]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22]図 21 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

[0015] 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、出力部が、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てクランクの長手方向と平行な方向の第 1 加速度およびクランクの短手方向と平行な方向の第 2 加速度を検出する加速度センサから 2 つの加速度を取得する。そして、異なる時刻に n (n は 3 以上の整数) 回取得した第 1 加速度および第 2 加速度に基づいて、現在のクランクの回転角に関する情報を出力する。このようにすることにより、クランクの長手方向の加速度と短手方向の加速度の測定値（

センサ出力値)が複数取得できれば、クランクの回転角等のクランクの回転角に関する情報を出力することができる。したがって、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。

[0016] また、出力部は、異なる時刻に n 回取得した第 1 加速度および第 2 加速度に基づいて長手方向の加速度および短手方向の加速度の中心値を算出し、当該中心値と現在取得した第 1 加速度および第 2 加速度とに基づいてクランクの回転角に関する情報を出力してもよい。このようにすることにより、例えば中心値と現在取得した出力値との差分の逆正接（アークタンジェント）を算出することによりクランクの回転角を算出することができる。

[0017] また、出力部は、クランクの 1 周分以上の第 1 加速度および第 2 加速度に基づいて長手方向の加速度および短手方向の加速度の中心値を算出してもよい。このようにすることにより、データ量が多くなり中心値の算出精度が高くなるため、クランクの回転角の算出精度も高くすることができる。

[0018] また、クランクの 1 周の基準位置を設定する基準位置設定部を有し、出力部は、基準位置設定部が設定した基準位置に基づいてクランクの 1 周を検出してもよい。このようにすることにより、容易にクランクの 1 周を検出することができる。

[0019] また、基準位置設定部が、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、クランクの 1 周を検出することができる。

[0020] 基準位置設定部が、第 1 加速度の最大値または最小値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、長手方向の加速度が重力方向またはその逆方向のとき、即ち鉛直方向となるときを検出することができる。また、クランクの回転角を検出する加速度センサの出力値を利用できる

ので他のセンサ等を追加する必要が無い。

[0021] また、取得した第1加速度および第2加速度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、クランクの回転角に関する情報の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。

[0022] 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、クランクの長手方向と平行な方向の第1加速度およびクランクの短手方向と平行な方向の第2加速度を加速度センサからそれぞれ取得する。そして、出力工程で、取得工程で異なる時刻に n （ n は3以上の整数）回取得した第1加速度および第2加速度に基づいて、現在のクランクの回転角に関する情報を出力する。このようにすることにより、クランクの長手方向の加速度と短手方向の加速度の測定値（センサ出力値）が複数取得できれば、クランクの回転角等のクランクの回転角に関する情報を出力することができる。したがって、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。

[0023] 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、クランクの長手方向の加速度と短手方向の加速度の測定値（センサ出力値）が複数取得できれば、クランクの回転角等のクランクの回転角に関する情報を出力することができる。したがって、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。

[0024] 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

[0025] 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15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。

[0026] フレーム3は、2つのトラス構造から構成されている。フレーム3は、後方の先端部分において、リア車輪7と回転自在に接続されている。また、フレーム3の前方において、フロントフォーク13が回転自在に接続されている。

[0027] フロントフォーク13は、ハンドル9と接続されている。フロントフォーク13の下方の先端位置において、フロントフォーク13とフロント車輪5とは回転自在に接続されている。

[0028] フロント車輪5は、ハブ部、スポーク部及びタイヤ部を有している。ハブ部はフロントフォーク13と回転自在に接続されている。そして、このハブ部とタイヤ部はスポーク部によって接続されている。

[0029] リア車輪7は、ハブ部、スポーク部及びタイヤ部を有している。ハブ部はフレーム3と回転自在に接続されている。そして、このハブ部とタイヤ部はスポーク部によって接続されている。リア車輪7のハブ部は、後述するスプロケット113と接続されている。

[0030] 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101を有している。駆動機構101は、ペダル103、クランク機構104、チェーンリング109、チェーン111、スプロケット113と、を有している。

- [0031] ペダル 103 は、ユーザが踏み込むための足と接する部分である。ペダル 103 は、クランク機構 104 のペダルクランク軸 115 によって回転自在となるように支持されている。
- [0032] 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、図 4 および図 12 参照）から構成されている。
- [0033] 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。即ち、クランク 105 の回転軸となる。
- [0034] 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。
- [0035] 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。
- [0036] 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。
- [0037] 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。
- [0038] 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。
- [0039] 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に係合されている。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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）。

[0043] 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。

[0044] 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。

[0045] 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。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] 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12参照）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、クランク105の回転角も検出する。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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が必ず

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。

[0053] 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 351 a と、回転角推定部 351 b と、送信データ作成部 351 d と、ケイデンス演算部 351 e と、を有している。

[0054] 推進力演算部 351 a 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。

[0055] 回転角推定部 351 b は、所定時間間隔で取得した加速度センサ 371 の出力情報から算出したクランク 105 の回転角を算出（推定）し、ひずみ情報を取得するタイミング等を制御している。クランク 105 の回転角の算出方法は後述する。

[0056] ケイデンス演算部 351 e 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 351 e 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。

[0057] 送信データ作成部 351 d は、推進力演算部 351 a で算出された推進力及び損失力や回転角推定部 351 b で算出されたクランク 105 の回転角やケイデンス演算部 351 e 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。

[0058] 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

ユーロ制御部 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、出力値保管部 355 及び正接テーブル部 357 も記憶されている。

[0059] 出力値保管部 355 は、例えば RAM (Random Access Memory) で構成され、加速度センサ 371 の出力値が保管されている。保管する量は、本実施例においては、クランク 105 の 1 周分の出力値を保管する。出力値保管部 355 として必要なメモリ容量は、クランク 105 の最低回転数と加速度センサ 371 が出力値を得るサンプリング周波数から適宜決定することができる。

[0060] 正弦テーブル部 357 は、例えば ROM (Read Only Memory) で構成され、回転角と正接値 $\tan \theta$ との対応テーブルが記憶される。

[0061] 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。

[0062] 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。

[0063] 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。

[0064] 加速度センサ３７１は、クランク１０５の長手方向に対して平行な方向（中心軸Ｃ１と平行な方向）と、クランク１０５の短手方向に対して平行な方向（中心軸Ｃ１と垂直な方向）と、の２つの軸方向の加速度を検出可能な２軸加速度センサである。即ち、第１加速度と第２加速度との両方が検出可能となっている。なお、本実施例では２軸加速度センサで説明するが、クランク１０５の長手方向に対して平行な方向の加速度を検出する加速度センサとクランク１０５の短手方向に対して平行な方向の加速度を検出する加速度センサとの２つの加速度センサを配置する構成であってもよい。

[0065] 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。

[0066] 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、回転角推定部３５１ｂでクランク１０５の回転角を検出する方法について、図５乃至図１１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。図５の短手方向とは、クランク１０５の短手方向である。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。

[0067] 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。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と短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と短手方向の成分が検出される。

[0068] ここで、加速度センサ３７１の検出値（出力値）は、クランク１０５の静

止している位置の角度によって、図6に示したように変化する。したがって、長手方向の加速度をX軸、短手方向の加速度をX軸と直交するY軸とすると、加速度センサ371が出力する出力値(X, Y)は、図7に示したようにX軸とY軸の交点を中心とする半径が1[G]の円として表わすことができる。図7において、図6のグラフから、クランク105が真上を向いた状態を 0° とすると、 $(X, Y) = (1, 0)$ の場合は 180° 、 $(X, Y) = (-1, 0)$ の場合は 0° 、 $(X, Y) = (0, 1)$ の場合は 90° 、 $(X, Y) = (0, -1)$ の場合は 270° を示すことが明らかである。

[0069] クランク105が回転すると、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)に遠心力が発生し、クランク105の短手方向(クランク105の回転方向または回転の逆方向、即ち、クランク105の回転の接線方向)に回転力の加速度が発生する。したがって、図8に示したように重力加速度とともに遠心力の加速度(遠心加速度)や回転力の加速度(回転加速度)も加わる。

[0070] クランク105が等速回転する場合、図7に示した円は、図9に示すように、遠心力の加速度によって長手方向に中心がオフセットする。

[0071] クランク105が静止状態から徐々に加速し等速回転する場合は、図7に示した円は、図10(a)に示すように、遠心力の加速度と回転力の加速度が加わるので長手方向と短手方向の両方のオフセットが加わりながら中心が図9の位置に移動する。また、クランク105が等速回転から徐々に減速し静止状態となる場合は、図9に示した円は、図10(b)に示すように、遠心力の加速度と回転力の加速度が加わるので長手方向と短手方向の両方のオフセットが加わりながら中心が図7の位置に移動する。なお、図10(a)は加速であり、(b)は減速であるので短手方向の変化が逆向きとなる。

[0072] 本実施例では、上述した原理を利用する。つまり、クランク105の1周分の複数回加速度センサ371の出力値(第1の加速度、第2の加速度)を一定時間ごとに取得(サンプリング)して出力値保管部355に保管し、そ

の1周における長手方向の加速度と短手方向の加速度との中心値を求め、その中心値と最新の出力値（現在の出力値）から最新の出力値におけるクランク105の角度を算出する。具体例を図11に示す。即ち、異なる時刻にn回取得した加速度センサ371の出力値（第1加速度センサおよび第2加速度）に基づいて長手方向の加速度および短手方向の加速度の中心値を算出し、当該中心値と最新の加速度センサ371の出力値（現在取得した第1加速度および第2加速度）とに基づいてクランク105の回転角に関する情報を出力する。

[0073] 図11において、XY平面上にプロットされている点は過去1周分の加速度センサ371の出力値と最新の加速度センサ371の出力値である。プロットにばらつきがあるのは、振動等のノイズの影響である。回転角推定部351bは、過去1周分の加速度センサ371の出力値から平均値を求めることで中心値(X_c , Y_c)を推定する。そして、最新の出力値(X_0 , Y_0)と中心値(X_c , Y_c)に基づいて、逆正接 $\arctan((Y_0 - Y_c) / (X_0 - X_c))$ を求めることで角度 θ を算出することができる。

[0074] 実際は、逆正接演算は行わず、例えば30°ごとなど所定角度の正接値が格納されている正接テーブル部357を用いる。つまり、 $X_0 - X_c$ と $Y_0 - Y_c$ から正接 $\tan \theta$ を求め、求めた正接 $\tan \theta$ の値を正接テーブル375と比較して正接テーブル375の値となった（あるいは近い値となった）場合はその値が示す角度が検出されたこととする。

[0075] なお、本実施例では、1周を360°で示すため、正接が同じ値となる角度が複数存在するので、例えば、 $X_0 - X_c$ が正か負か、 $Y_0 - Y_c$ が正か負かの情報も正接テーブル部357に含め、これらの情報も合わせて比較するようにすればよい。

[0076] また、本実施例では、角度 θ をクランク105の回転角に関する情報として出力するようにしているが、角度 θ を出力してもよいし、正接値や $X_0 - X_c$ と $Y_0 - Y_c$ をクランク105の回転角に関する情報として出力するようにして、その後の演算を出力先で行うようにしてもよい。

[0077] ここで、本実施例の場合、上述したように1周分の加速度センサ371の出力値を取得しているので1周を検出する必要がある。したがって、1週の起点となる位置（基準位置）を定義する。本実施例においては、ケイデンスの測定に用いた磁気センサ373と磁石503とを用いる。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、磁気センサ373がONとなった旨の情報信号を回転角推定部351bが受けることで1周が検出できる。つまり、磁石503の位置が基準位置となる。

[0078] 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、回転角推定部351bが基準位置設定部として機能する。

[0079] なお、上述した説明では、クランク1周分の出力値で中心値を算出していたが2周以上の出力値で算出してもよい。また、中心値は、1周に1回（あるいは複数周に1回）算出するようにしてもよいし、加速度センサ371の出力値を得る度に算出するようにしてもよい。つまり、中心値は、前周1周分の出力値で中心値を算出し、現在の1周では、前週1周分の出力値で算出された中心値を使用してもよいし、最新の出力値から1周分であってもよい。

[0080] 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（回転角推定部351b、送信データ作成部351d）と、測定モジュール記憶部353（出力値保管部355、正接テーブル部357）と、加速度センサ371と、磁気センサ373と、磁石503と、で本実施例にかかる回転角検出装置310を構成している。

[0081] 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。

[0082] 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36

９ 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から構成されている（図１２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。

[0083] 図１２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。

[0084] 第１ひずみゲージ３６９ aと第２ひずみゲージ３６９ bは、クランク１０５の長手方向に対して検出方向が平行、つまり、内面１１９の中心軸Ｃ１に対して平行かつ、内面１１９の中心軸Ｃ１に対して対称になるように設けられている。第３ひずみゲージ３６９ c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３６９ aと第２ひずみゲージ３６９ bに挟まれるように設けられている。第４ひずみゲージ３６９ dは、クランク１０５の長手方向に対して検出方向が垂直、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。

[0085] 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１２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３ひずみゲージ３６９ cの検出方向となり、中心軸Ｃ１と垂直な方向（図１２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３６９ dの検出方向となる。したがって、第１ひずみゲージ３６９ a乃至第３ひずみゲージ３６９ cと第４ひずみゲージ３６９ dは検出方向が互いに直交している。

[0086] なお、第１ひずみゲージ３６９ a乃至第４ひずみゲージ３６９ dの配置は図１２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３６９ a及び第２ひずみゲージ３６９ bは、中心軸Ｃ１を挟んで対称に配置し、第３ひずみゲージ３６９ c及び第４ひずみゲージ３６９ dは、中心軸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。

[0087] また、図12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。

[0088] 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。

[0089] 測定モジュールひずみ検出回路365の例を図13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。

[0090] 即ち、2つの固定抵抗Rは、第1検出回路373aと第2検出回路373bとで共有している。ここで、2つの固定抵抗Rは同一の抵抗値を有してい

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

[0091] 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。

[0092] 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。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 図14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。

[0098] 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 105 R 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。

[0099] 曲げ変形 x は、図 14 (a) に示したように、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 14 (b) に示したように、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 105 R 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。

[0100] 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 14 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。

[0101] 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。

[0102] ここで、図 12 のように配置され、図 13 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。

[0103] 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。

[0104] 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。

[0105] 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。

[0106] ねじれ変形 r_z は、右側クランク 105 R が、ねじれるように変形する。右側クランク 105 R が図 14 (b) の矢印の方向にねじれる場合、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 が図 14 (b) の矢印と逆方向にねじれる場合、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。

[0107] 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 373 a は、第 1 ひずみゲージ 369 a および第 2 ひずみゲージ 369 b 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。

[0108] 次に、第 2 検出回路 373 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 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 3 ひずみゲージ 369 c、第 4 ひずみゲージ 369 d 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 373 b の B 出力はゼロとなる。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 3 ひずみゲージ 369 c、第 4 ひずみゲージ 369 d は曲がるだけのため、検出方向に圧縮も伸張もさ

れ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出力はゼロとなる。

[0109] 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 V_{cd} が高く電位 V_r 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 V_{cd} が低く電位 V_r が高い）となる。

[0110] 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。

[0111] 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14（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14（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。

[0112] 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 r z が検出される。即ち、第2検出回路373bは、第3ひずみゲージ369c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。

[0113] 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(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。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、(1)式及び(2)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1]

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

[数2]

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

[0114] 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。

[数3]

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

[数4]

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

[数5]

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

[数6]

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

[0115] ここで、 A_m はクランク105の角度が水平前向き（クランク105で水平かつフロント車輪5方向に延在している状態）でペダル103に m [kg] を載せたときのA出力値である。 B_e はクランク105の角度が水平前向きでペダル103に m [kg] を載せたときのB出力値である。 A_e はクランク105の角度が垂直下向き（クランク105で鉛直かつ地面方向に延在している状態）でペダル103に m [kg] を載せたときのA出力値である。 B_m はクランク105の角度が垂直下向きでペダル103に m [kg] を載せたときのB出力値である。

[0116] 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。

[0117] 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。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。

[0118] なお、ひずみゲージ369の配置やブリッジ回路の構成は図12や図13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。

[0119] 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。

[0120] 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。

[0121] 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。

[0122] 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。

[0123] 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。

[0124] 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。

- [0125] 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15を参照して説明する。図15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15（a）に示す。ステップST11において、加速度センサ371の出力値を取得する。そして、上述した方法により正接値を算出する。本ステップにおける詳細処理は図15（b）を参照して後述する。即ち、ステップST11が、取得工程、出力工程として機能する。
- [0126] 次に、ステップST13において、ステップST11で検出された回転角が 30° ごとの角度か否かを判断し、 30° ごとの角度である場合（YESの場合）はステップST15に進み、そうでない場合はステップST11に戻る。回転角が 30° ごとの角度か否かは、上述したように、算出された正接値を正接テーブル部357の値と比較することで判断できる。そして、本ステップによって、ステップST11で算出された正接値が角度 θ に変換される。つまり、ステップST11では、正接値を算出するまでであり、本ステップで 30° ごとの角度と判定されなければ回転角には変換されない。即ち、本実施例では、ステップST13も出力工程となる。なお、本実施例では 30° ごととしているが、勿論 45° ごとなど他の角度ごとであってもよい。
- [0127] 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を駆動する。つまり、図10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。
- [0128] 次に、ステップST17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。
- [0129] 次に、ステップST19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。

[0130] 上述したステップST11の処理は、図15(b)に示したように、ステップST31において、加速度センサ371から1周分の出力値(第1加速度および第2加速度)を取得する。

[0131] 次に、ステップST33において、ステップST31で取得した出力値から中心値(X_c , Y_c)を算出する。

[0132] そして、ステップST35において、角度(正接値)を算出する。正接値ではなく $X_0 - X_c$ と $Y_0 - Y_c$ であってもよい。

[0133] 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15(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。

[0134] 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。

[0135] 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。

[0136] 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、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2 5 3のサイクルコンピュータ記憶部2 5 3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。

[0137] 本実施例によれば、回転角推定部3 5 1 bが、クランク軸1 0 7に取り付けたクランク1 0 5に配置され、クランク1 0 5の長手方向と平行な方向の加速度とクランク1 0 5の短手方向と平行な方向の加速度を検出する加速度センサ3 7 1の出力値を取得する。そして、最新の加速度センサ3 7 1の出力値および過去のクランク1 0 5の1周分の加速度センサ3 7 1の出力値から長手方向の加速度および短手方向の加速度の中心値を算出し、その算出値と最新の加速度センサ3 7 1の出力値との差分の逆正接を算出することによりクランク1 0 5の回転角を算出している。このようにすることにより、中心値を算出することができれば、その中心値と最新の出力値との差分の逆正接からクランク1 0 5の回転角を算出することができる。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。

[0138] 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3 7 1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。

[0139] また、検出した回転角が3 0°ごとの角度の場合に、パワーセンサ3 6 8を動作させているので、パワーセンサ3 6 8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。

[0140] また、加速度センサ3 7 1が2軸加速度センサで構成されているので部品点数を削減することができ、コストダウンに貢献できる。

[0141] また、予め角度 θ と正接値との対応を正接テーブル部357に保管して、測定モジュール制御部351部（回転角推定部351b）が、正接テーブル部357に基づいてクランク105の回転角を出力しているので、逆正接演算を行う必要が無くなり演算の処理を軽減することができる。

[0142] また、クランク105の1周の基準位置を設定する基準位置設定部が、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、容易にクランク105の1周を検出することができる。また、ケイデンスセンサと兼ねることができるので、専用のセンサ等が不要となる。

実施例 2

[0143] 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。

[0144] 本実施例は、構成は第1の実施例と同様であるが、クランク105の回転角を算出する際の中心値の求め方が異なる。第1の実施例では、クランク105の1周分の加速度センサ371の出力値から中心値を求めていたが、本実施例では、最新の加速度センサ371の出力値と、少なくとも過去の異なる時刻に2回取得した加速度センサ371の出力値から中心値を算出する（図16参照）。

[0145] つまり、3つの出力値からそれぞれ半径1[G]の円を描き、重なった点が中心値（ X_0 , Y_0 ）と推定できる。3点の場合は、以下の（7）式～（9）式による連立方程式の解（ X , Y ）から中心値（ X_0 , Y_0 ）を求めることができる。

[数7]

$$(X-X_0)^2+(Y-Y_0)^2=(1[G])^2 \quad \dots(7)$$

[数8]

$$(X-X_{-1})^2+(Y-Y_{-1})^2=(1[G])^2 \cdots (8)$$

[数9]

$$(X-X_{-2})^2+(Y-Y_{-2})^2=(1[G])^2 \cdots (9)$$

[0146] 中心値を求めた以降は第1の実施例と同様に正接値を求めて正接テーブル部357に基づいてクランク105の回転角を求めればよい。

[0147] なお、過去の加速度センサ371の出力値は最新の加速度センサ371の出力値と同じ回転（最新の出力値から1周以内）に限らず、1周以上前の出力値であってもよい。過去の2つの加速度センサ371の出力値もそれぞれ異なる回転であってもよい。また、最新の加速度センサ371の出力値を含まず、過去の3回の出力値から中心値を求めてもよい。要するに異なる時刻に取得された出力値であればよい。

[0148] 本実施例によれば、回転角推定部351bが最新の加速度センサ371の出力値と、過去の異なる時刻に2回取得した加速度センサ371の出力値に基づいて、中心値を求めているので、1周分の出力値を取得するのと比較して少ないデータで中心値を算出することができる。したがって、出力値保管部355の容量を節約することができる。

[0149] なお、上述した実施例では、加速度センサ371の出力値は3つで説明したが、勿論4以上であってもよい。

実施例 3

[0150] 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。

[0151] 本実施例では、図17に示したように、磁気センサ373が回転角推定部351bに接続されず、基準位置の検出に磁気センサ373や磁石503を使用しない。図18は加速度センサ371の長手方向の出力値（第1加速度

）のグラフである。図 18（a）はクランク 105 が静止している際のグラフ、図 18（b）はクランク 105 が回転している際のグラフである。クランク 105 が回転すると遠心力がかかるため曲線にオフセットがかかる。

[0152] 図 18 から明らかなように、加速度の傾きが“0”で、その値が最大値のときは、クランク 105 の角度が 180° （重力方向、つまりクランク 105 の先端が真下を向く）になる。したがって、これを検出することで、 180° を基準位置とすることができる。

[0153] 本実施例では、加速度の傾きを算出するために、加速度センサ 371 の長手方向の出力値（第 1 加速度）について、前回の測定値と現在の測定値との差を算出する。また、差が“0”になることは実際は少ないため、所定の閾値を設け、その閾値以下の場合に最大値と判断すればよい。なお、この処理は、回転角推定部 351 b で行う。即ち、回転角推定部 351 b が、加速度センサ 371 の出力値の最大値に基づいて基準位置を設定している。

[0154] 本実施例によれば、加速度センサ 371 の長手方向の加速度の出力値が最大値の場合を基準位置としている。このようにすることにより、長手方向と平行な方向が検出方向の加速度センサが検出する加速度が重力方向のとき、即ち鉛直方向となるときの検出することができる。また、クランク 105 の回転角を検出する加速度センサ 371 の出力値を利用できるので他のセンサ等を追加する必要が無い。

[0155] なお、本実施例の場合、最大値ではなく最小値であってもよい。この場合は、検出される基準位置が 0° （重力と逆方向、つまりクランク 105 の先端が真上を向く）となる。

実施例 4

[0156] 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 及び図 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。

[0157] 本実施例では、図 19 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

て遅延した分を回転角推定部 351b2 で補正する。即ち、LPF 372 がフィルタ部として機能する。

[0158] 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や回転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、LPF 372 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。

[0159] デジタルフィルタを施された出力値は、図 20 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、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、回転角推定部 351b2 では、後述する (12) 式に示すような演算を行って回転角の補正を行う。即ち、回転角推定部 351b2 が遅延角度補正部として機能する。

[0160] 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、角速度 ω [rad/sec] 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ので、算出されたクランクの回転角に以下の (10) 式だけ進めるように補正すればよい。

[数10]

$$\frac{n}{2 \times f_s} \times \omega \text{ [rad]} \quad \cdots (10)$$

[0161] ここで、角速度 ω は、一定時間 t [sec] ごとに角度検知する場合、算出された角度を θ [rad]、前回算出された角度 θ_{-1} から以下の (11) 式により算出される。

[数11]

$$\omega = (\theta - \theta_{-1}) / t \quad \cdots (11)$$

[0162] あるいは、角速度 ω は、一周の時間 t_r [sec] を測定し、次の周回も一定の角速度が続くと仮定して次の(12)式により算出してもよい。

[数12]

$$\omega = \frac{2\pi}{t} \quad \cdots (12)$$

[0163] 本実施例によれば、加速度センサ371の出力値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回転角推定部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、クランク105の回転角に関する情報の精度を良くすることができる。また、回転角推定部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 5

[0164] 次に、本発明の第5の実施例にかかる回転角検出装置を図21および図22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。

[0165] 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と短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。

[0166] 図21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22は、図21に示されたクランク105Aを示した平面図である。

[0167] 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。

[0168] クランク 105 A 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 109 a、109 b 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 115 a 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 105 A 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 77 b とスプロケット 109 a、109 b 取付用の 2 つの取付面 77 c とを有するスプロケット取付部 77 a が形成されている。

[0169] 大径のスプロケット 109 a 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 86 a が形成されている。小径のスプロケット 109 b 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 72 a が形成されている。

[0170] なお、図 21 や図 22 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。

[0171] このような構成のクランク 105 A において、スパイダーアーム 77 に 2 軸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クランクアーム 78 の回転角を算出することができる。但し、第 1 の実施例に示したように、加速度センサの検出軸はクランクアーム 78 の長手方向に平行な方向と平行な方向と短手方向と平行な方向となっている必要がある。

[0172] 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。

[0173] 本実施例によれば、スパイダーアーム 77 に 2 軸加速度センサを配置し、その加速度センサの現在の出力値と、過去の 2 以上の出力値と、に基づいて、クランクアーム 78 の回転角に関する情報を算出する。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。

[0174] なお、上述した 6 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 からメモリカ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リカ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。

[0175] 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よい。

[0176] 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。

[0177] 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回転角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

[0178]	1	自転車
	7 7	スパイダーアーム（クランクと連動して回転する部材）
	1 0 5	クランク
	1 0 7	クランク軸（回転軸）
	3 1 0	回転角検出装置
	3 5 1	測定モジュール制御部
	3 5 1 b	回転角推定部（取得部、出力部、基準位置設定部、遅延角度補正部）
	3 5 3	測定モジュール記憶部
	3 7 1	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）
	5 0 3	磁石（被検出部）
	S T 1 1	回転角検出（取得工程、出力工程）

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第1加速度および前記クランクの短手方向と平行な方向の第2加速度とを検出する加速度センサと、
- 前記第1加速度および前記第2加速度を取得するとともに、異なる時刻に n （ n は3以上の整数）回取得した前記第1加速度および前記第2加速度に基づいて、現在の前記クランクの回転角に関する情報を出力する出力部と、
- 有することを特徴とする回転角検出装置。
- [請求項2] 前記出力部は、異なる時刻に前記 n 回取得した前記第1加速度および前記第2加速度に基づいて前記長手方向の加速度および前記短手方向の加速度の中心値を算出し、当該中心値と現在取得した前記第1加速度および前記第2加速度とに基づいて前記クランクの回転角に関する情報を出力することを特徴とする請求項1に記載の回転角検出装置。
- [請求項3] 前記出力部は、前記クランクの1周分以上の前記第1加速度センサおよび前記第2加速度センサに基づいて前記中心値を算出することを特徴とする請求項2に記載の回転角検出装置。
- [請求項4] 前記クランクの1周の基準位置を設定する基準位置設定部を有し、
- 前記出力部は、前記基準位置設定部が設定した前記基準位置に基づいて前記クランクの1周を検出する、
- 有することを特徴とする請求項3に記載の回転角検出装置。
- [請求項5] 前記基準位置設定部が、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、
- 有していることを特徴とする請求項4に記載の回転角検出装置。
- [請求項6] 前記基準位置設定部が、取得した前記第1加速度の最大値または最

小値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4に記載の回転角検出装置。

[請求項7] 取得した前記第1加速度および前記第2加速度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6のうちいずれか一項に記載の回転角検出装置。

[請求項8] 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第1加速度および前記クランクの短手方向と平行な方向の第2加速度を取得する取得工程と、

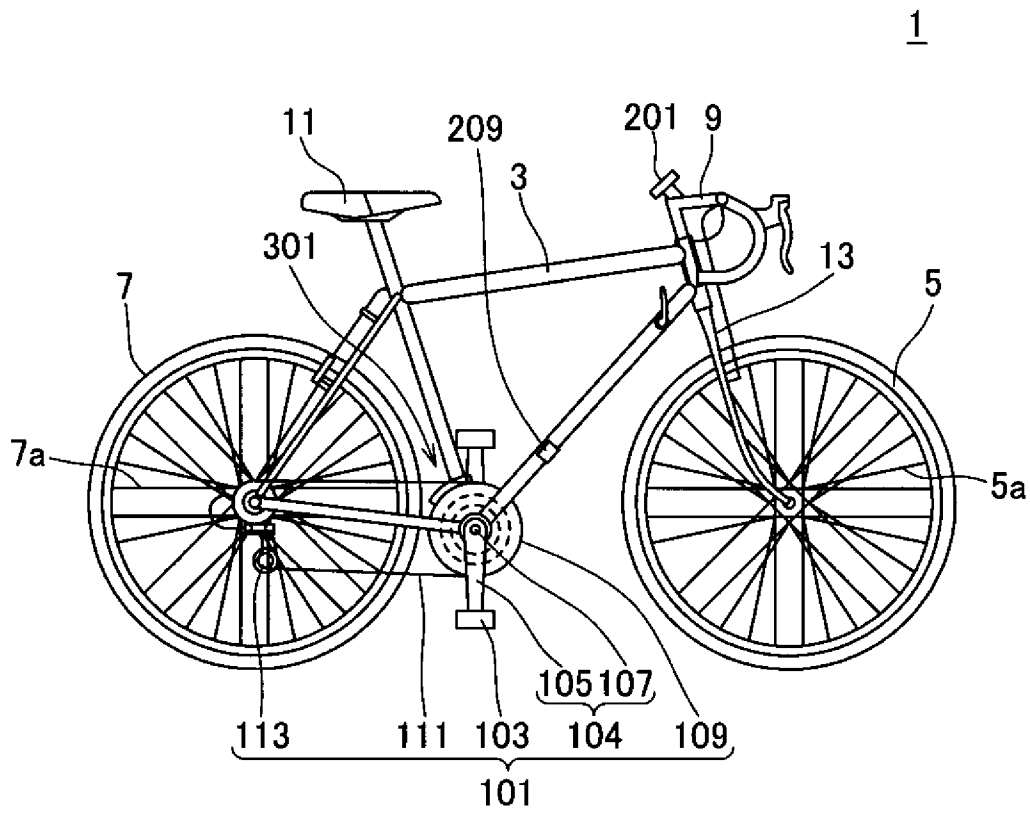
前記取得工程で異なる時刻に n （ n は3以上の整数）回取得した前記第1加速度および前記第2加速度に基づいて、現在の前記クランクの回転角に関する情報を出力する出力工程と、

を有することを特徴とする回転角検出方法。

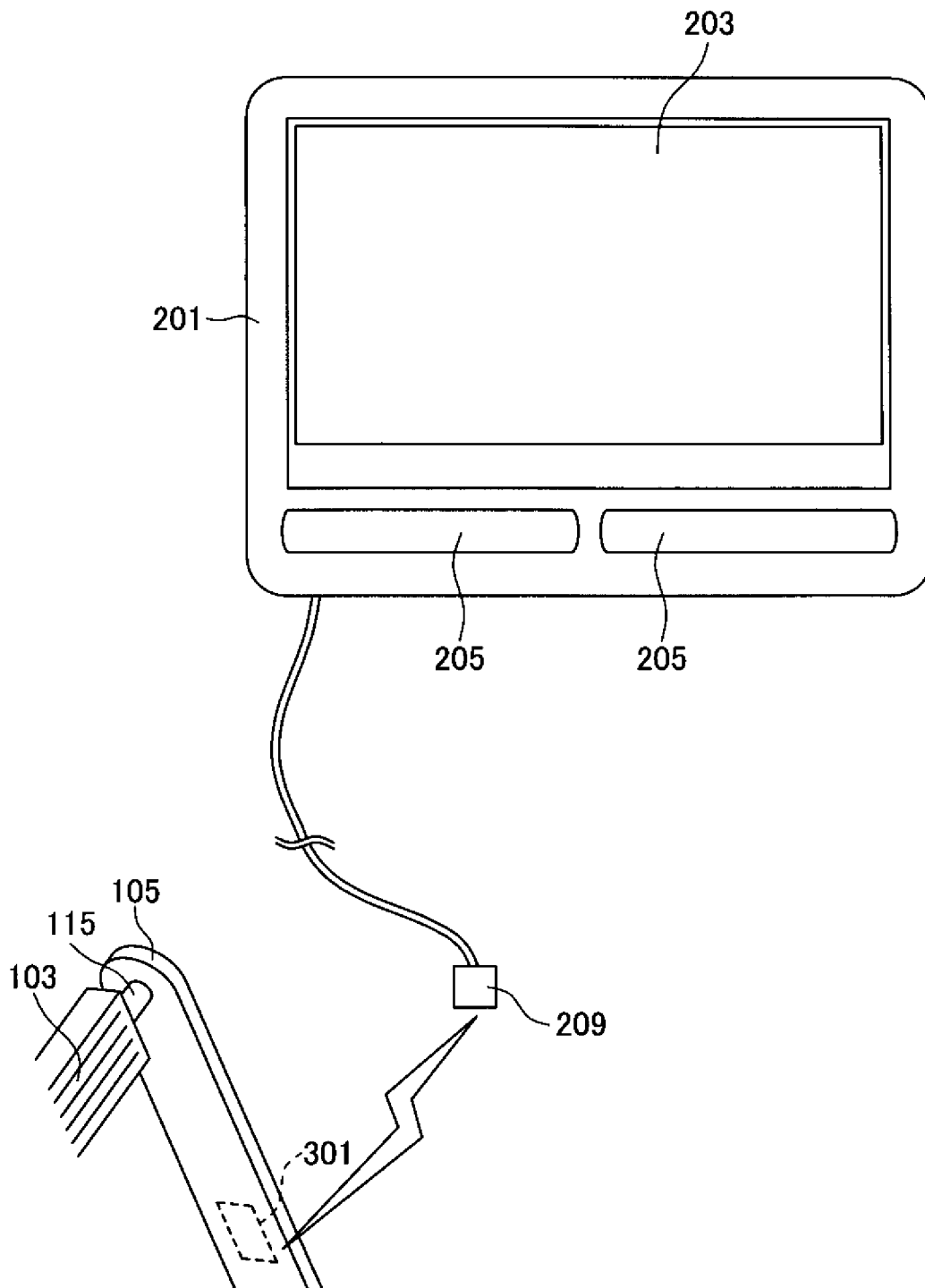
[請求項9] 請求項8に記載の回転角検出方法を、コンピュータにより実行させることを特徴とする回転角検出プログラム。

[請求項10] 請求項9に記載の回転角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。

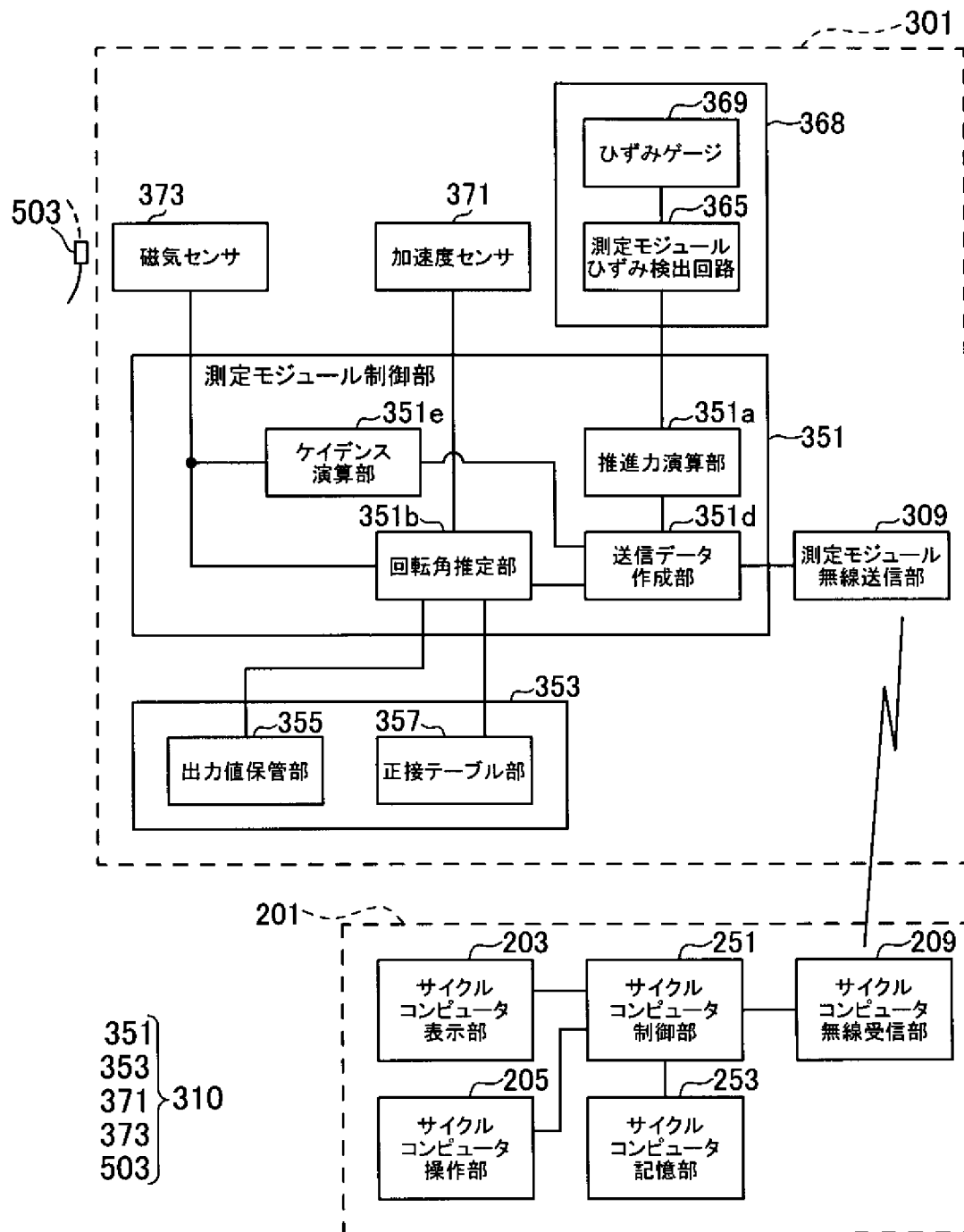
[図1]



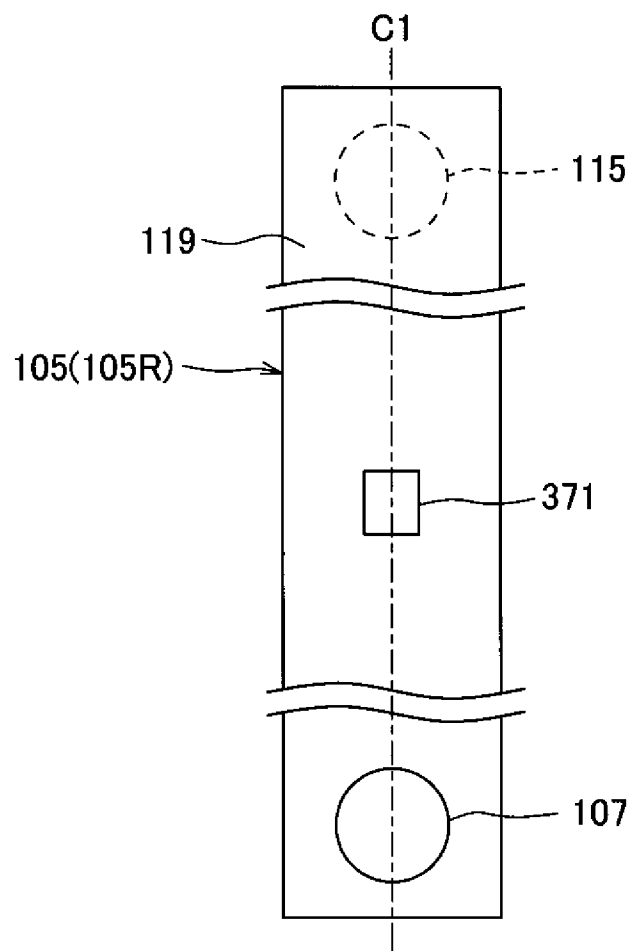
[図2]



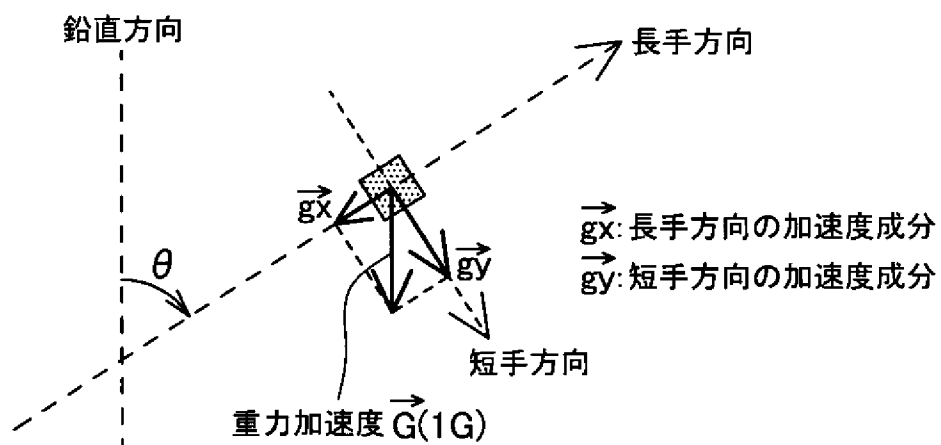
[図3]



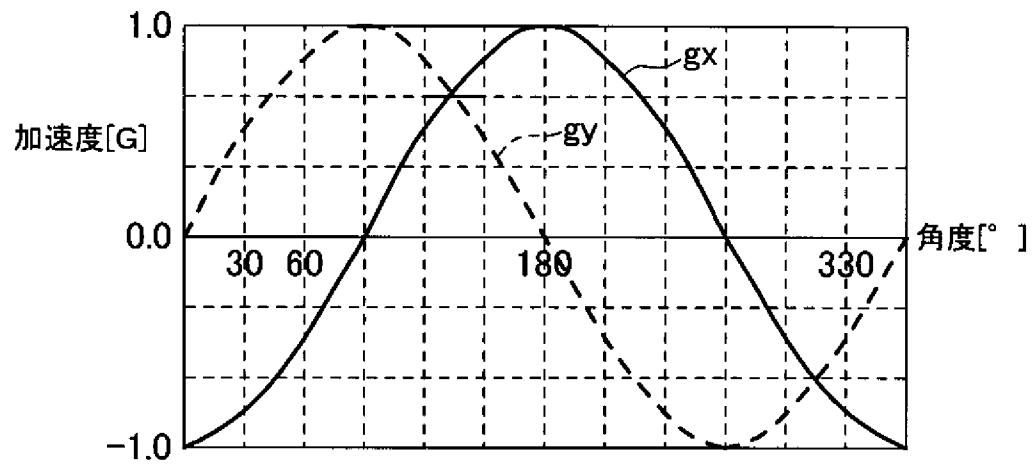
[図4]



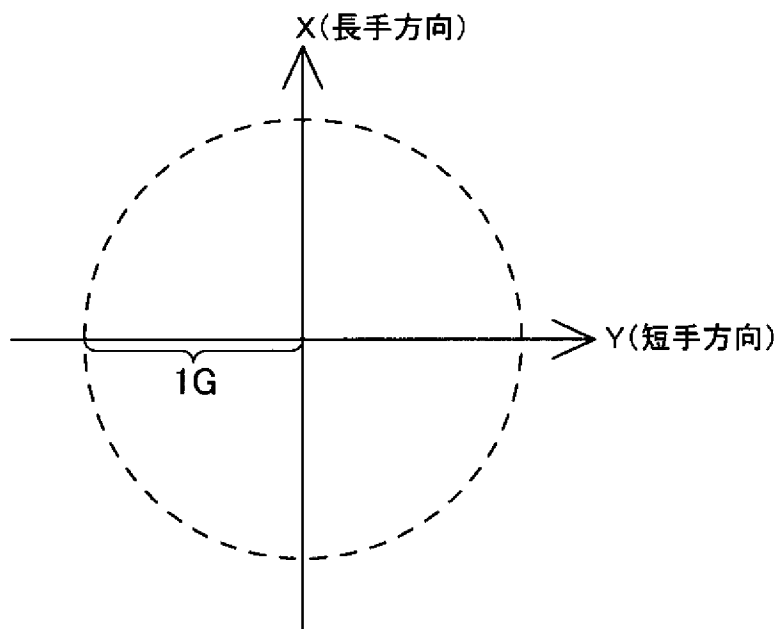
[図5]



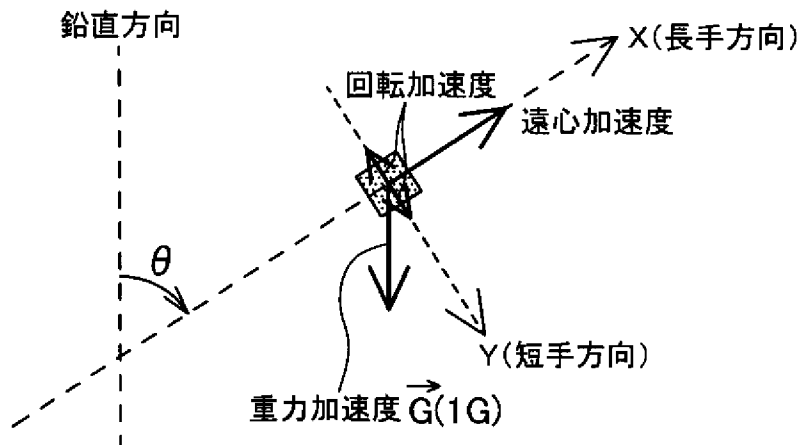
[図6]



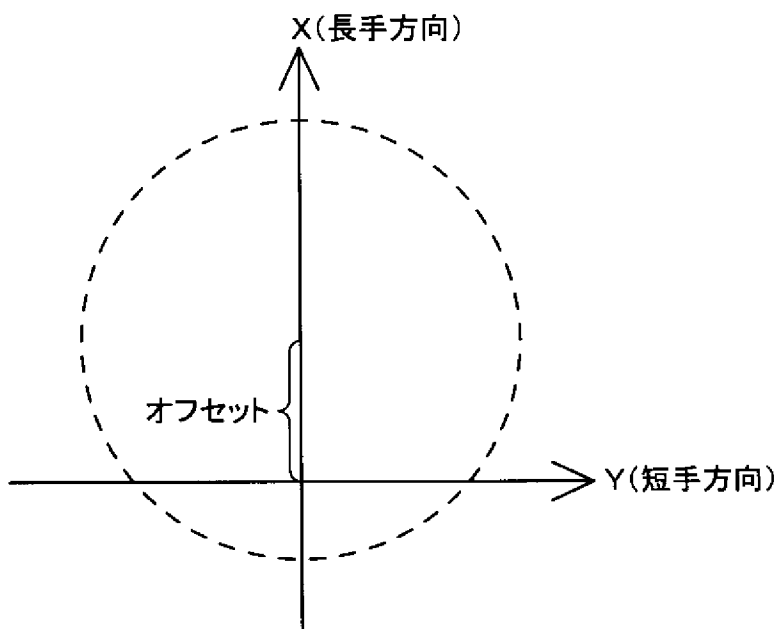
[図7]



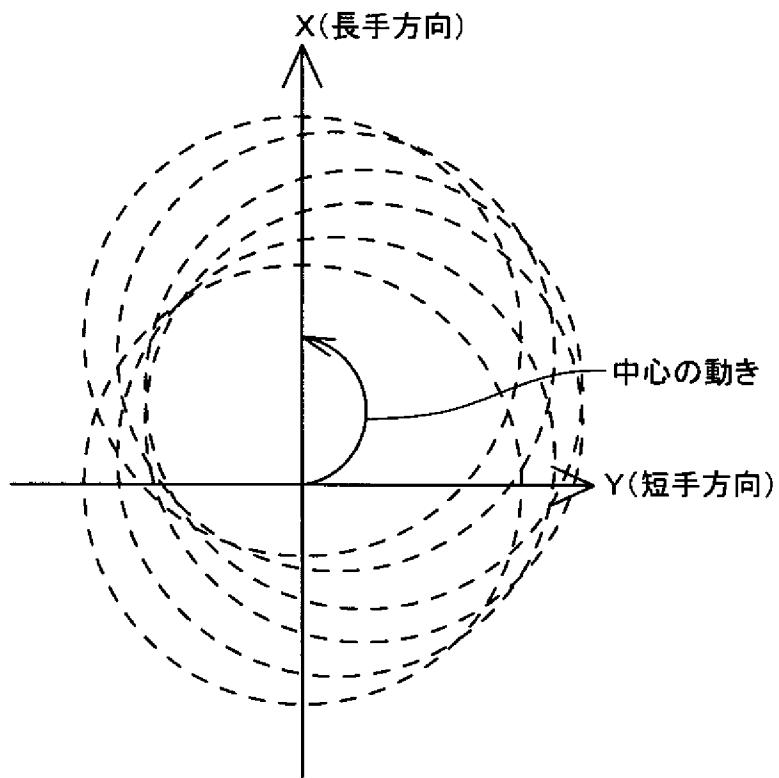
[図8]



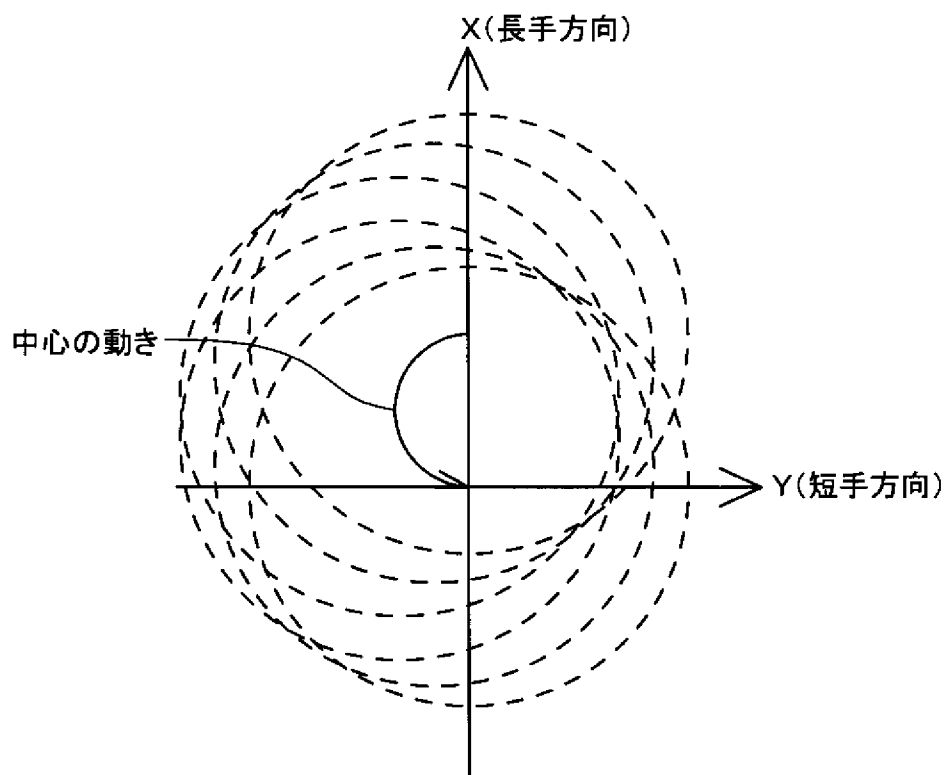
[図9]



[図10]

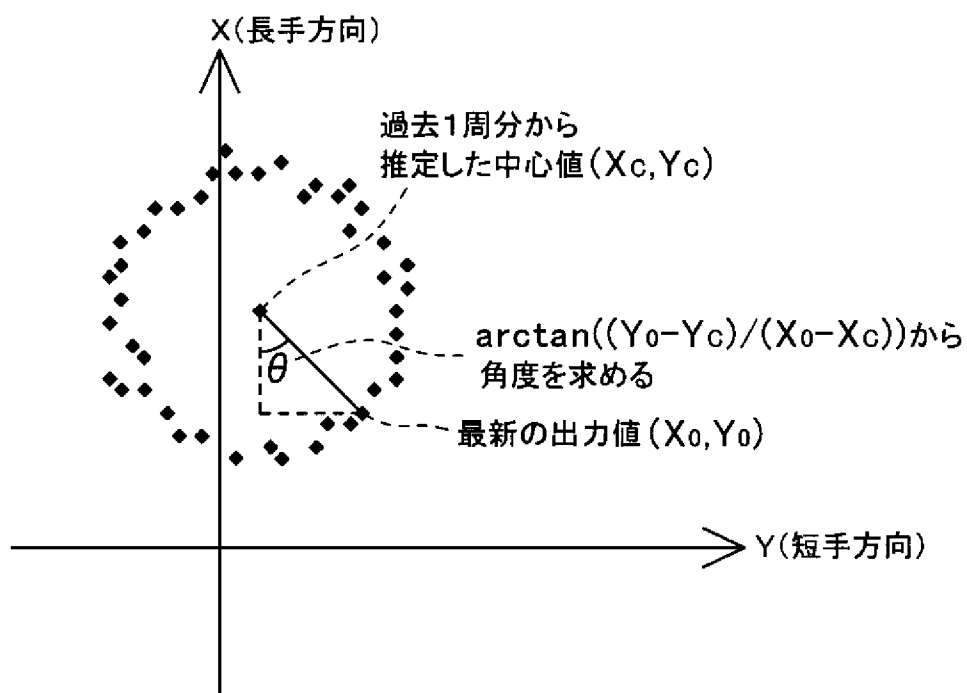


(a)

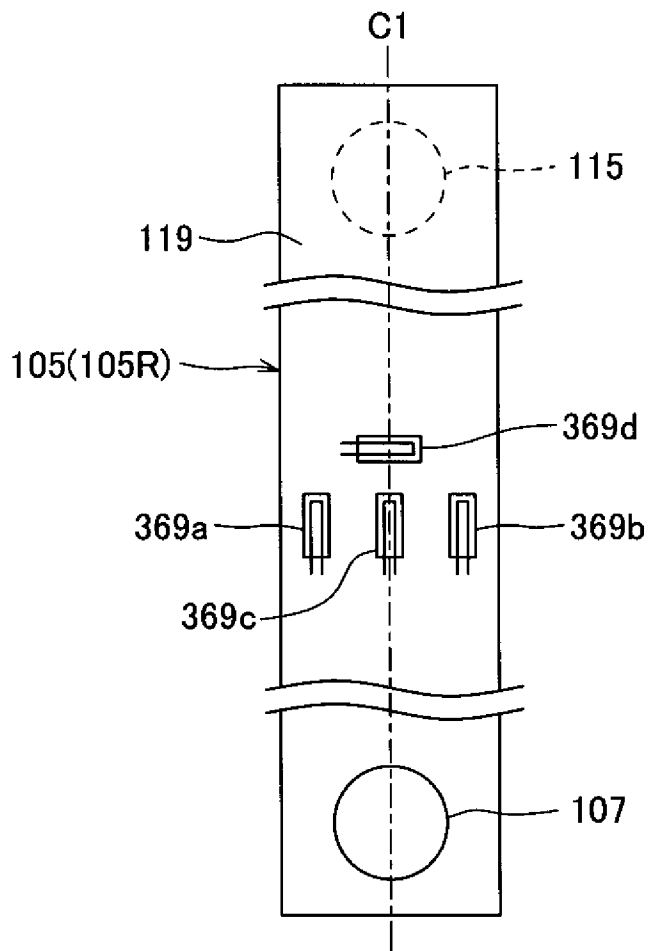


(b)

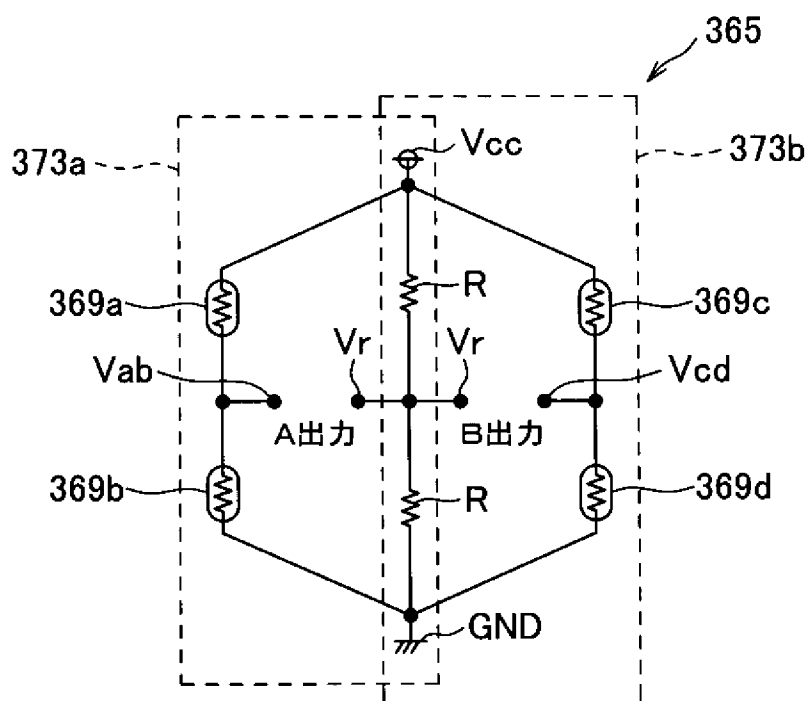
[図11]



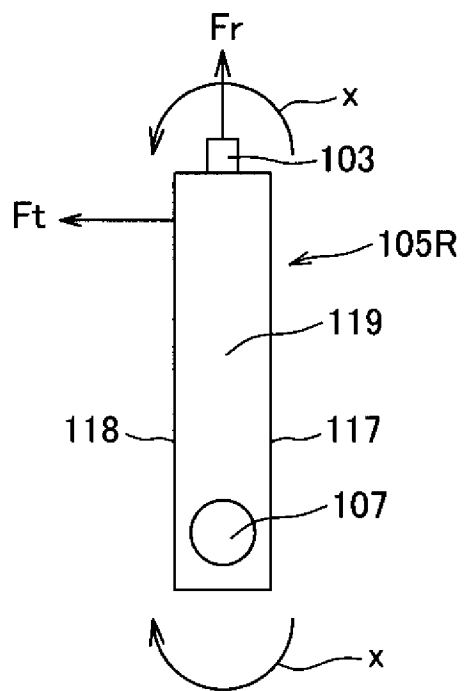
[図12]



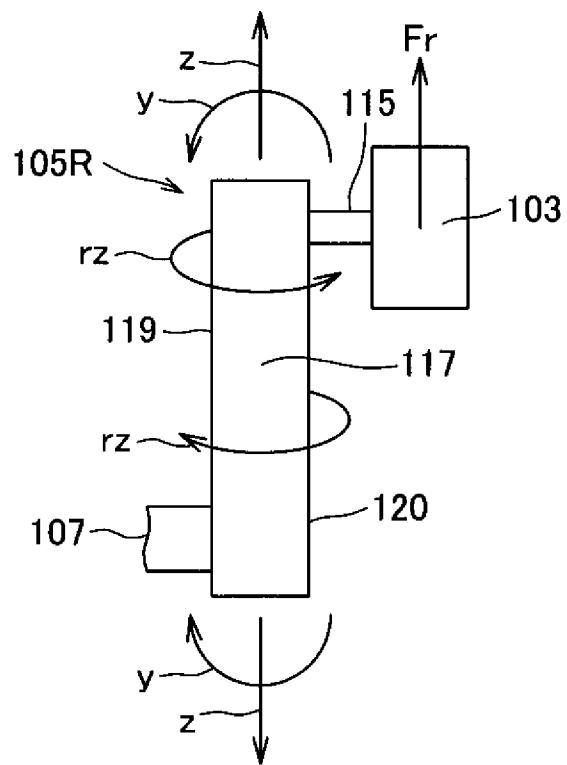
[図13]



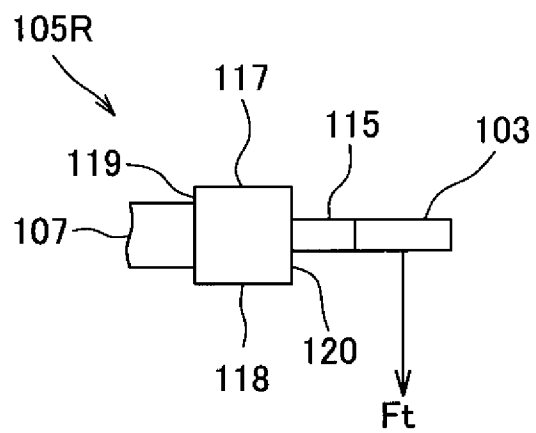
[図14]



(a)

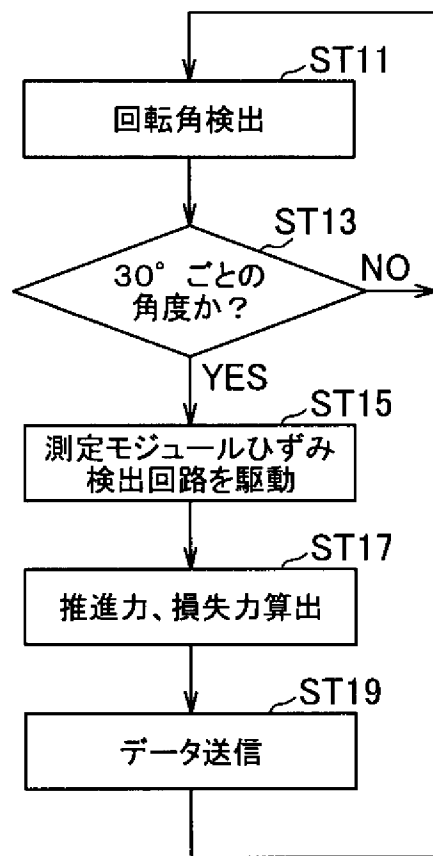


(b)

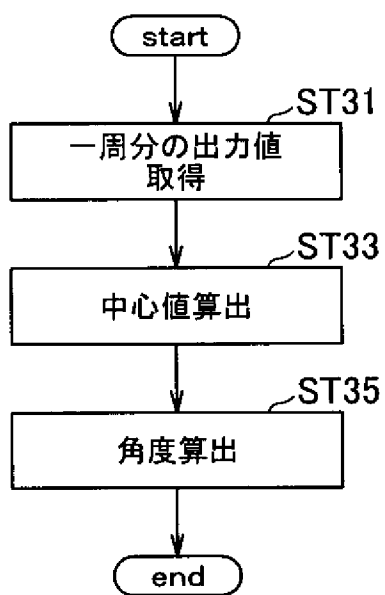


(c)

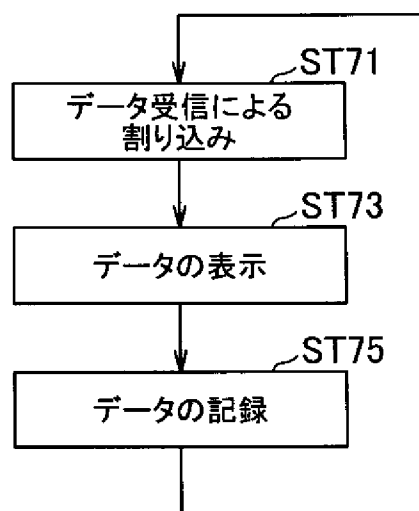
[図15]



(a)

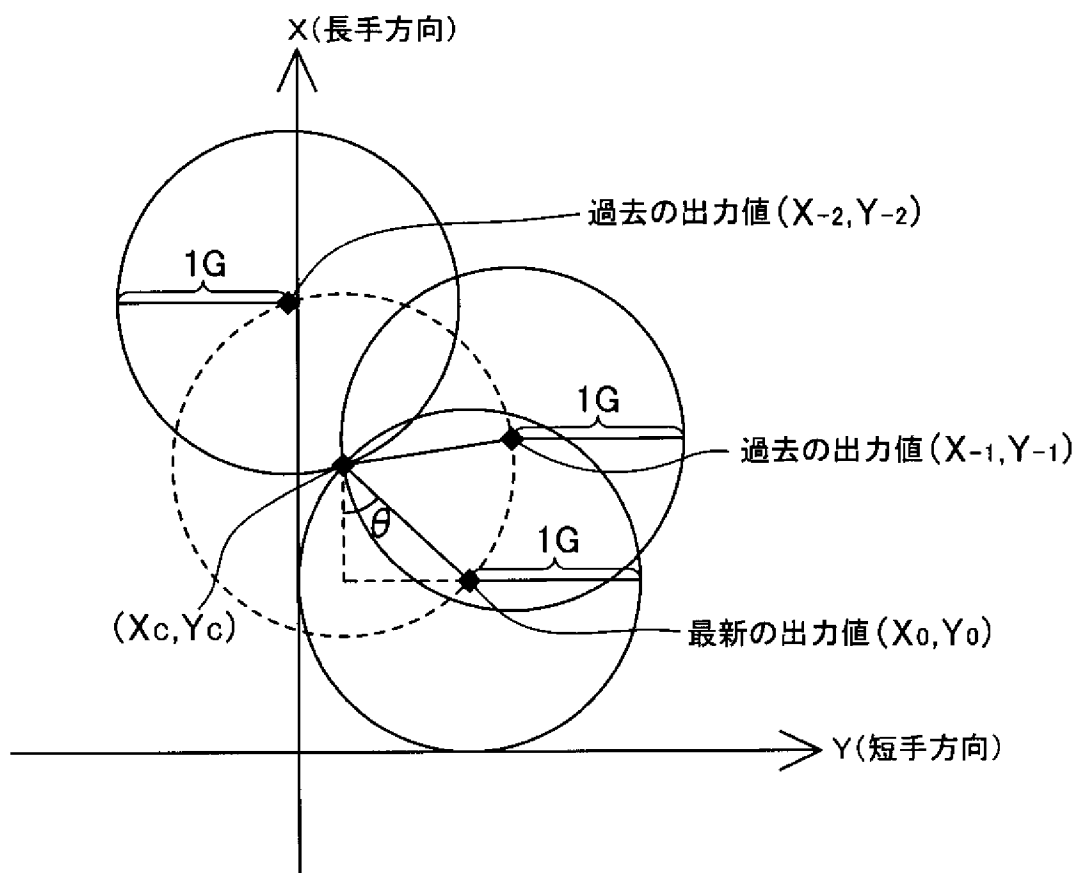


(b)

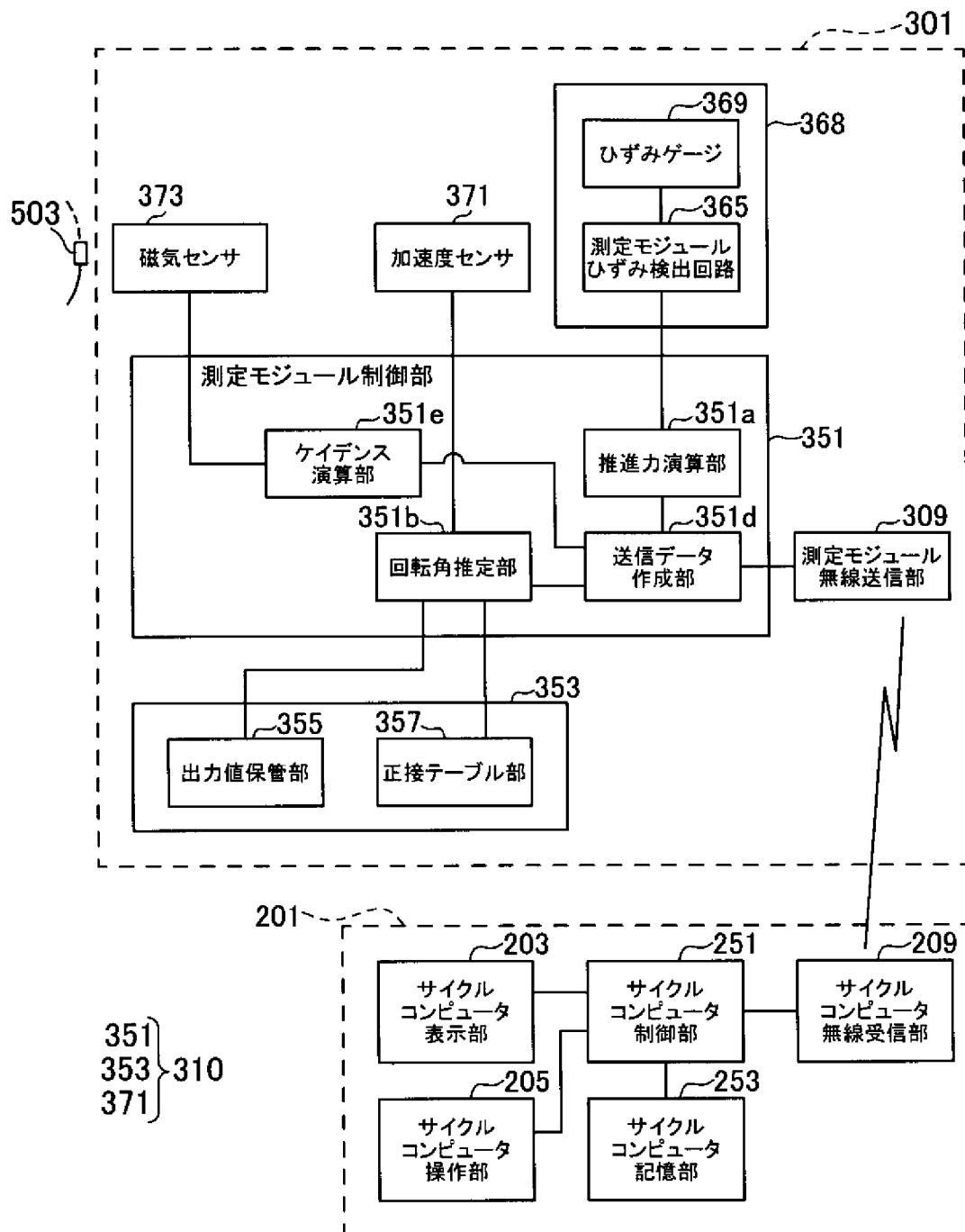


(c)

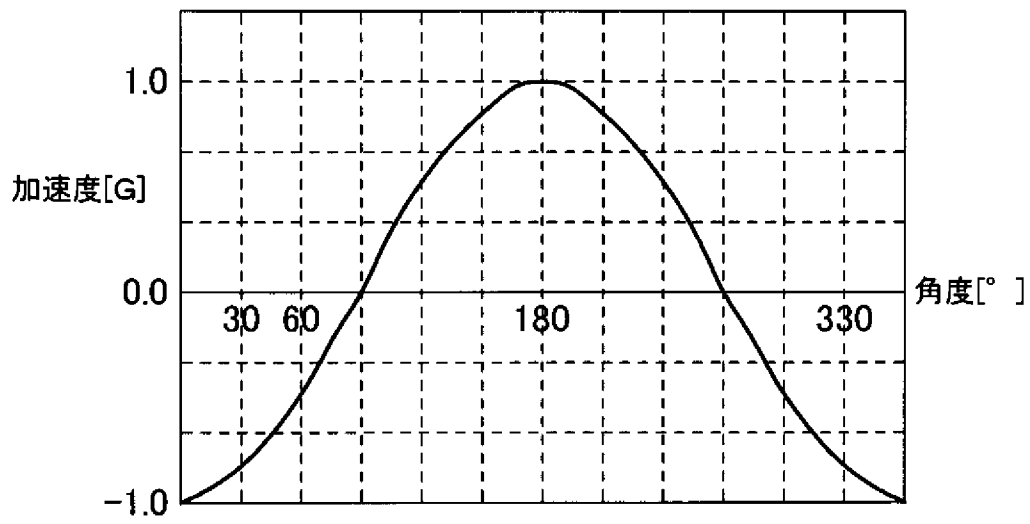
[図16]



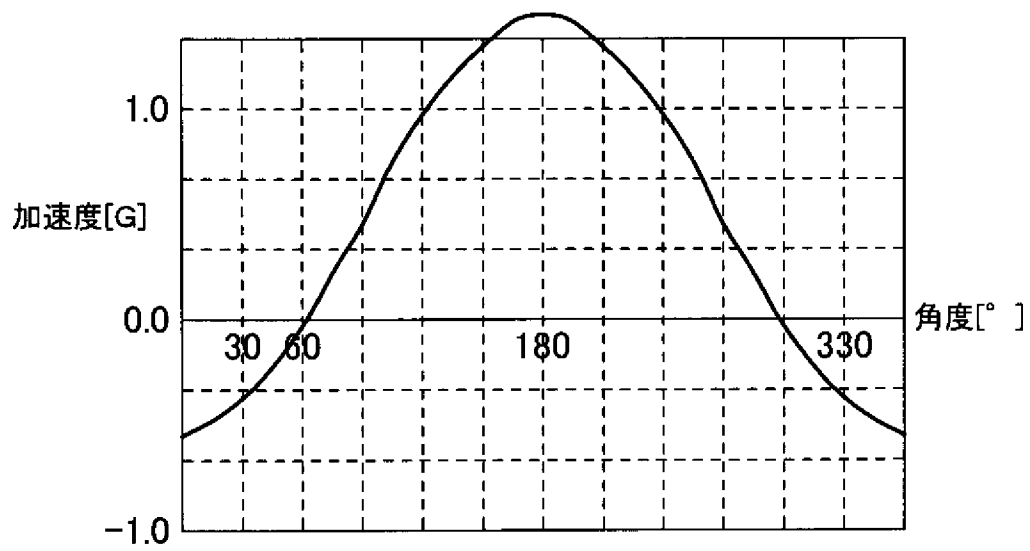
[図17]



[図18]

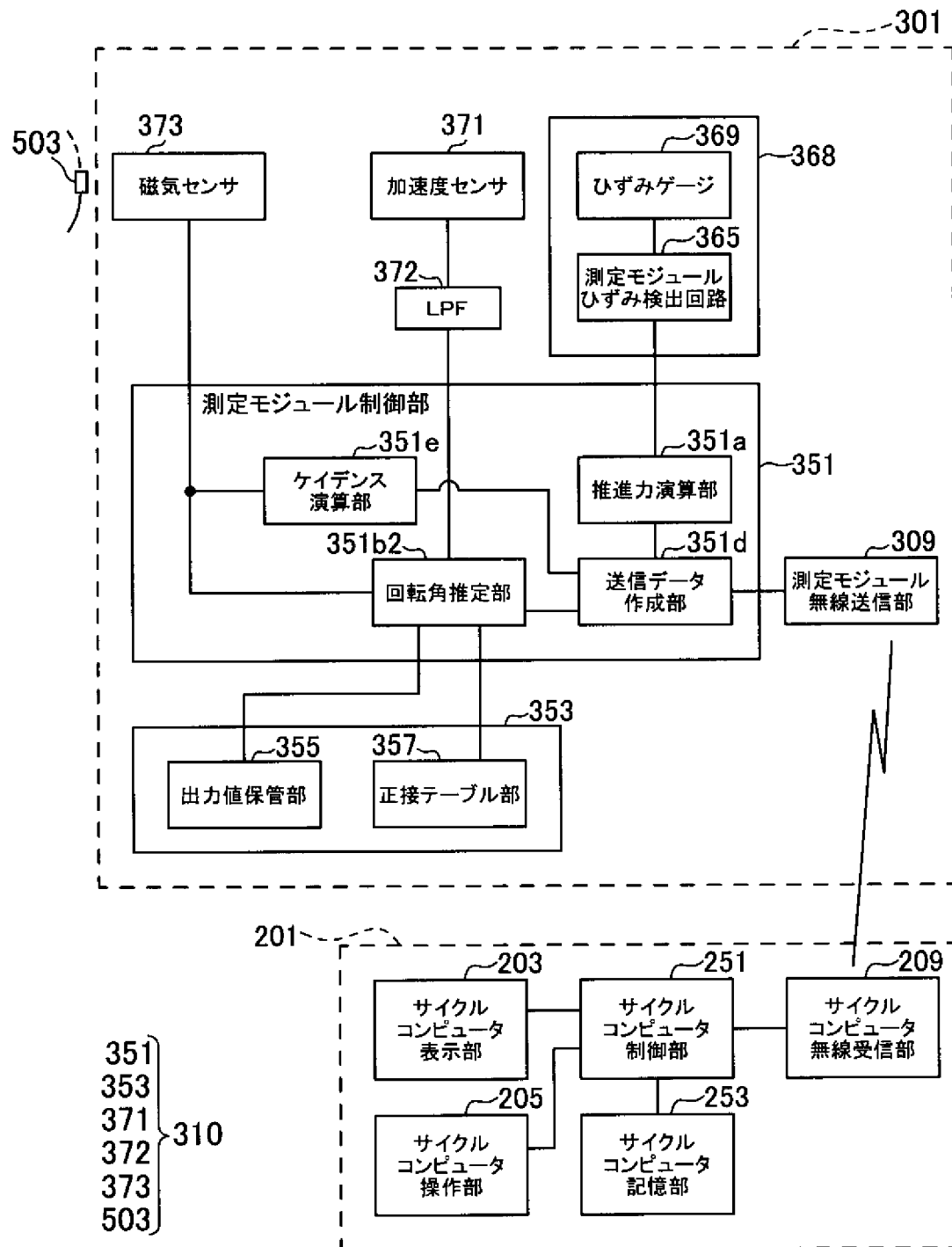


(a)

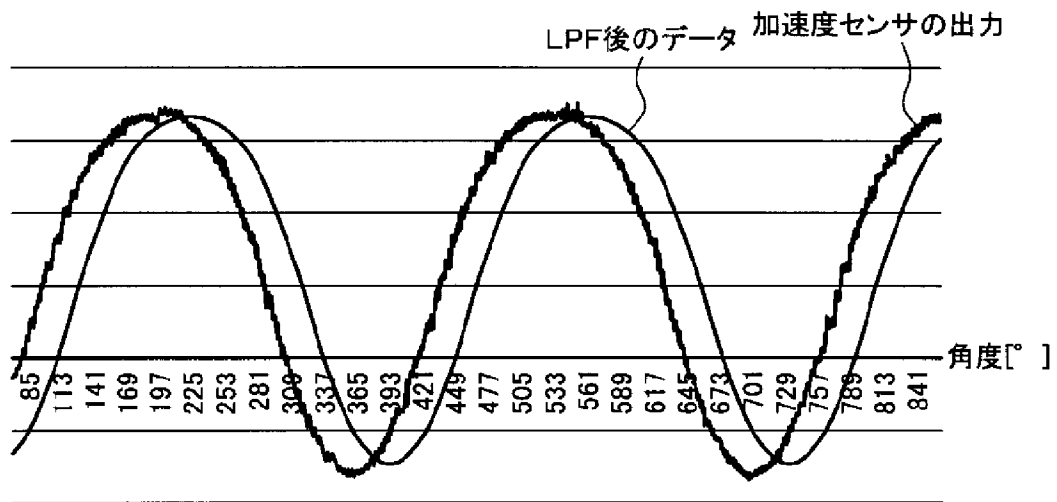


(b)

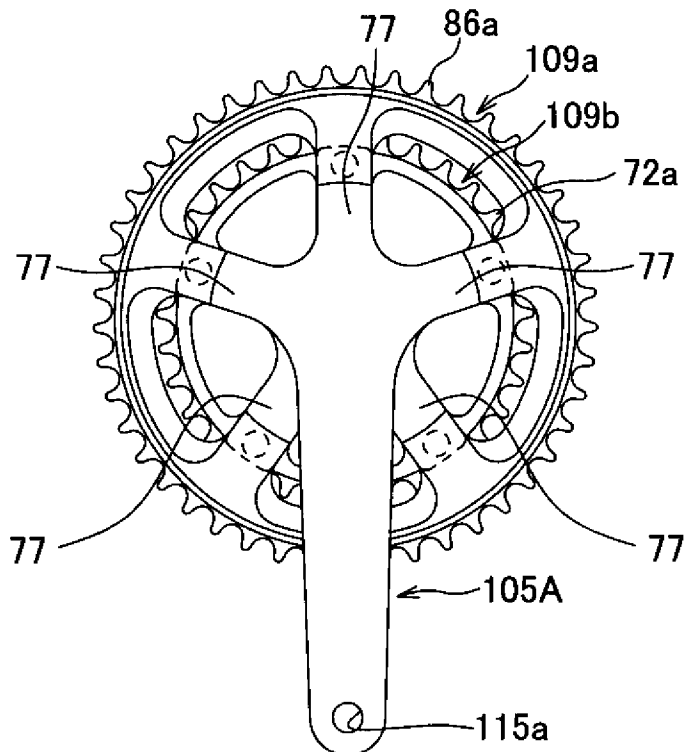
[図19]



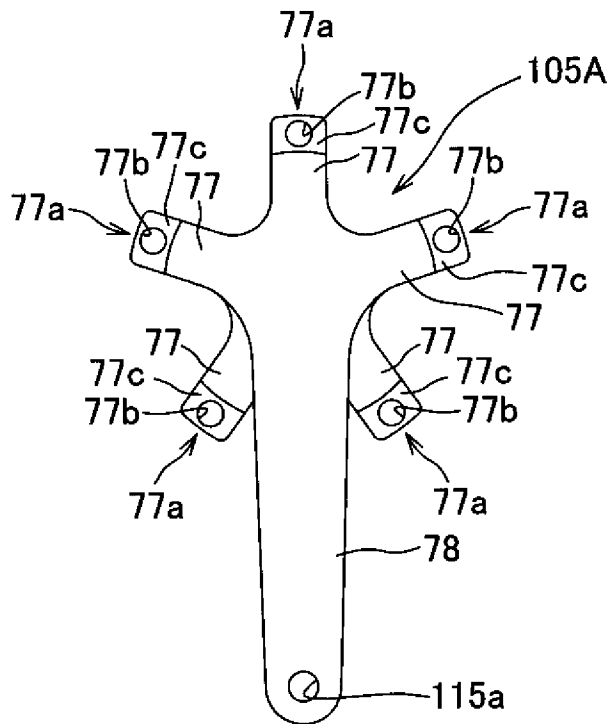
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/069081

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, G01C9/00-9/30, 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	1-10
A	JP 2014-8789 A (Tomoki KITAWAKI), 20 January 2014 (20.01.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

☐ 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, G01C9/00-9/30, 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	1-10
A	JP 2014-8789 A（北脇知己） 2014.01.20, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-10

☐ 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