

(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
2012年5月3日(03.05.2012)



PCT



(10) 国際公開番号
WO 2012/056548 A1

- (51) 国際特許分類:
G01L 5/00 (2006.01) G01L 3/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/069215
- (22) 国際出願日: 2010年10月28日(28.10.2010)
- (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(米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 児玉 泰輝(KODAMA Yasuteru) [JP/JP]; 〒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). 藤田 隆二郎(FUJITA Ryujiro) [JP/JP]; 〒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). 塩田 岳彦(SHIODA Takehiko) [JP/JP]; 〒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).

イオニア株式会社内 Kanagawa (JP). 亀谷 隆真(KAMETANI Ryushin) [JP/JP]; 〒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: 特許業務法人 エビス国際特許事務所(EBISU International Patent Office); 〒1410032 東京都品川区大崎1丁目11番2号 ゲートシティ大崎イーストタワー 22階 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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,

[続葉有]

(54) Title: MEASUREMENT DEVICE, AND MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 測定装置及び測定方法

[図8]

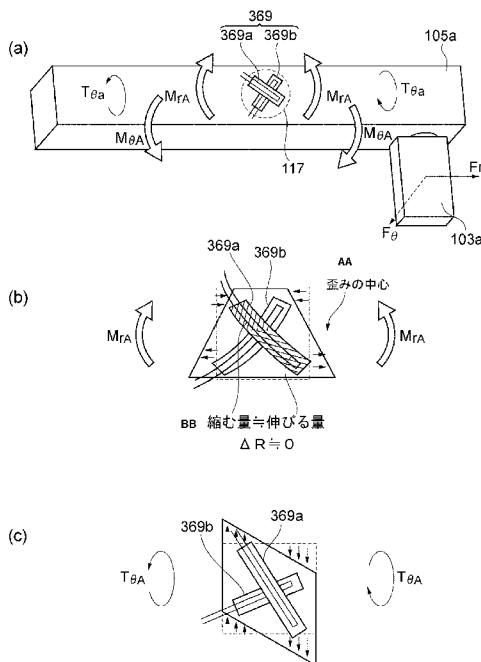


FIG. 8
AA THE CENTER OF THE STRAIN
BB SHRINKAGE AMOUNT - ELONGATION AMOUNT

(57) Abstract: Provided is a measurement device capable of detecting the torque by means of a simple method. A measurement module (301) for measuring the force applied to a bicycle (1) is provided with an upper/lower surface strain gauging set (369) capable of joining to the upper surface side or lower surface side of the crank (105) of the bicycle (1), and an upper/lower surface bridge circuit (373A) to which the output from the upper/lower surface strain gauging set (369) is inputted, wherein the upper/lower surface strain gauging set (369) and the upper/lower surface bridge circuit (373A) cancel at least a portion of the strain in the twisting direction and in the inner/outer direction being applied to the crank (105) and are capable of detecting the strain in the rotational direction.

(57) 要約: 簡便な方法でトルクを検出可能な測定装置を提供する。自転車1に加わっている力の測定モジュール301は、自転車1のクランク105の上面側又は下面側に接合可能な上下面歪ゲージセット369と、上下面歪ゲージセット369からの出力が入力される上下面ブリッジ回路373Aと、を有し、上下面歪ゲージセット369及び上下面ブリッジ回路373Aは、クランク105に加わっているねじり方向歪及び内外方向歪の少なくとも一部をキャンセルして、回転方向歪を検出可能である。



MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

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： 測定装置及び測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、自転車、フィットネスバイク等のクランクを備えた人力機械に加わっている力の測定装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、クランク内部に圧電センサを埋め込み、クランクの歪みにより発生する電圧によってトルクを測定する技術が開示されている。

特許文献2には、クランク軸の歪みを測定し、クランクにかかるトルクを検知する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-006991号

特許文献2：特開平10-35567号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1の方法では、回転方向の力によるトルクのみならず損失量をも検出してしまい。どの程度の力が、回転力となっているのかを正確に知ることができないという問題があった。

特許文献2の方法では、ボトムブラケット部分に設置する必要があるのでボトムブラケットとにはフレーム加工及びクランク軸にはナーリング加工が必要になってしまうという問題があった。

[0005] 本発明の目的は、簡便な方法でトルクを検出可能な測定装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の人力機械に加わっている力の測定装置は、人力機械のクランクの上面側又は下面側に接合可能な上下面歪ゲージセットと、前記上下面歪ゲー

ジセットからの出力が入力される上下面ブリッジ回路と、を有し、前記上下面歪ゲージセット及び前記上下面ブリッジ回路は、前記クランクに加わっているねじり方向歪及び内外方向歪の少なくとも一部をキャンセルして、回転方向歪を検出可能である。

[0007] 本発明の人力機械に加わっている力の測定方法は、人力機械のクランクの上面側又は下面側に接合可能な上下面歪ゲージセット、及び、前記上下面歪ゲージセットからの出力が入力される上下面ブリッジ回路によって、前記クランクに加わっているねじり方向歪及び内外方向歪の少なくとも一部をキャンセルして、回転方向歪を検出可能である。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本発明の第1の実施形態に係る自転車の全体を示す説明図である。
- [図2]サイクルコンピュータ、測定モジュール及びケイデンスセンサの位置関係等の説明図である。
- [図3]サイクルコンピュータ、測定モジュール及びケイデンスセンサのブロック図である。
- [図4]上下面歪ゲージセット及び測定モジュール歪検出回路の説明図である。
- [図5]右側クランクに加わる力の説明図である。
- [図6]上下面部分に加わる力等の説明図である。
- [図7]側面部分に加わる力等の説明図である。
- [図8]クランクに設けられる上下面歪ゲージセットの配置の説明図、上下面歪ゲージセットに加わる力等がキャンセルされる理由の説明図である。
- [図9]ケイデンスセンサの処理のフローチャートである。
- [図10]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11]第2の実施形態における、サイクルコンピュータ、測定モジュール、ケイデンスセンサのブロック図である。
- [図12]第2の実施形態における、測定モジュール歪検出回路、上下面歪ゲージセット及び側面歪ゲージセットの説明図である。

[図13] 第2の実施形態における、クランクに設けられる側面歪ゲージセットの配置の説明図、側面歪ゲージセットに加わる力等がキャンセルされる理由の説明図である。

発明を実施するための形態

[0009] <本発明の第1の実施形態>

図1は、本発明の第1の実施形態に係る自転車1の全体を示す説明図である。

[0010] 図1のように、自転車1は、フレーム3、フロント車輪5、リア車輪7、ハンドル9、サドル11、フロントフォーク13、駆動機構101から構成されている。

フレーム3は、2つのトラス構造から構成されている。

またフロントフォーク13の前方方向には、フロントフォーク13が回転自在に接続されている。

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

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。

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。

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のハブ部はリアギア113と接続されている。

[0011] 自転車1は、ユーザの足による踏み込み力を自転車1の駆動力に変換する駆動機構101を有している。

駆動機構101は、ペダル103、クランク機構104、フロントギア1

０９、チェーン１１１、リアギア１１３を有している。

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。

[0012] 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（図示していない）から構成されている。

具体的には、クランク軸１０７はフレーム３を左右方向に貫通している。

クランク１０５は、このクランク軸１０７と直角に形成されている。

クランク軸１０７は、クランク１０５の端部において、クランク１０５と接続されている。

ペダルクランク軸１１５は、このクランク１０５と直角に形成されている。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のクランク軸１０７が形成されている側の端部とは反対側の端部において、クランク１０５と接続されている。

ペダルクランク軸１１５とペダル１０３とは、ペダル１０３が回転自在となるように接続されている。

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。

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、そして、２個のペダル１０３を有している。

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 a、左側クランク１０５ b、右側ペダルクランク軸１１５ a、左側ペダルクランク軸１１５ b、右側ペダル１０３ a 及び左側ペダル１０３ b と記載する。

また、右側クランク１０５ a と左側クランク１０５ b は、クランク軸１０７を中心として反対方向に伸びるように形成されている。

右側ペダルクランク軸１１５ a、クランク軸１０７及び左側ペダルクラン

ク軸 1 1 5 b は、同一の平面に形成されている。

右側ペダルクランク軸 1 1 5 a、クランク軸 1 0 7 及び左側ペダルクランク軸 1 1 5 b の軸は、平行に形成されている。

右側クランク 1 0 5 a 及び左側クランク 1 0 5 b は、同一の平面上に形成されている。右側クランク 1 0 5 a 及び左側クランク 1 0 5 b の軸は、平行に形成されている。

右側ペダルクランク軸 1 1 5 a、クランク軸 1 0 7 及び左側ペダルクランク軸 1 1 5 b が形成される平面と、右側クランク 1 0 5 a 及び左側クランク 1 0 5 b が形成される平面も同一である。

[0013] クランク軸 1 0 7 には、フロントギア 1 0 9 が接続されている。フロントギア 1 0 9 は、ギア比を変化させることができる可変ギアで形成されると好適である。

フロントギア 1 0 9 には、チェーン 1 1 1 が係合されている。

チェーン 1 1 1 は、リアギア 1 1 3 に係合している。

リアギア 1 1 3 は、可変ギアによって形成することが好適である。

リアギア 1 1 3 は、リア車輪 7 と接続されている。

[0014] このような駆動機構 1 0 1 によって、自転車 1 はユーザの踏み込み力をリア車輪 7 の回転力に変換している。

[0015] クランク 1 0 5 には、測定モジュール 3 0 1 が配置されている。

また、フレーム 3 には、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部 2 0 7 及びサイクルコンピュータ無線受信部 2 0 9 が配置されている。

さらに、ハンドル 9 には、サイクルコンピュータ 2 0 1 が配置されている。

[0016] 図 2 は、サイクルコンピュータ 2 0 1、測定モジュール 3 0 1 及びケイデンスセンサ 5 0 1 の位置関係等の説明図である。

[0017] 図 2 のように、サイクルコンピュータ 2 0 1 は、各種情報を表示するサイクルコンピュータ表示部 2 0 3 及びユーザの操作を受けるサイクルコンピュータ操作部 2 0 5 を有している。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、目的地までの予想到達時間、出発してからの移動距離、出発してからの経過時間、（平均）パワーP、（平均）損失量等である。なお、平均パワーPとはクランク105の回転方向に加わる力による時間当たりのエネルギー量である。そして、この平均パワーPによって、自転車1は駆動される。

一方、損失量とは、クランク105の回転方向とは別の方向に加わる力である。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、平均パワーPをできるだけ増加させ、損失量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。

[0018] 本発明の発展的な実施形態では、特に、サイクルコンピュータ表示部203は、クランク105の各角度（30° 毎）それぞれにおける、ユーザが出力している回転方向の平均パワーP、ユーザが出力している人力の法線方向の力による平均損失量等を表示している。

[0019] また、サイクルコンピュータ201は、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部207及びサイクルコンピュータ無線受信部209を有している。

サイクルコンピュータケイデンス無線受信部207及びサイクルコンピュータ無線受信部209は、配線を介してサイクルコンピュータ201の本体部分と接続されている。

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

[0020] ケイデンスセンサ501は、リードスイッチ505を有している（図3のケイデンスセンサ501側の部分を参照のこと）。リードスイッチ505は、接近する磁石503によってリードスイッチ505がONになることから

、磁石 503 の位置を検出する。

つまり、リードスイッチ 505 が ON になるということは、リードスイッチ 505 が存在する位置にクランク 105 も存在することを検出することである。

このケイデンスセンサ 501 から、サイクルコンピュータ 201 は、ケイデンス [rpm] を得ることができる。

[0021] さらに、発展的な実施形態においては、クランク 105 の位置を算出するために、ケイデンスセンサ 501 を用いて良い。

このクランク 105 の位置（角度）情報から、クランク 105 の回転角度を推測する。つまり、リードスイッチ 505 が ON になる時間間隔は、クランク 105 が 360° 回転する時間間隔と一致する。

したがって、クランク 105 の現在位置の推測は、直近のリードスイッチ 505 が ON になった瞬間からの経過時間から推測することができる。

具体的には、（経過時間）／（リードスイッチ 505 が ON になる間隔） $\times 360^\circ$ が、リードスイッチ 505 の位置を初期回転角度としたときのクランク 105 の回転角度となる。

もっとも、クランク 105 の角度ごとのデータを取る必要がない場合には、例えば 360° を 12 分割して、その範囲で値を求めればよい。

この発展的な実施形態においては、ユーザに提示したいのは、ある一定範囲の回転区間の回転力である平均パワー P であることから、 360° を 12 分割している。

そして、サイクルコンピュータ 201 は、ケイデンスセンサ 501 からのクランク 105 の位置情報によって、各クランク回転角度（ 30° 毎に区分された期間）について、平均パワー P を算出している。

[0022] ケイデンスセンサ 501 は、ケイデンスセンサ無線送信部 507 を有する（（図 3 のケイデンスセンサ 501 側の部分を参照のこと））。

このケイデンスセンサ無線送信部 507 は、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部 207 に対して、ケイデンス情報を送信する。

なお、発展的な実施形態においては、磁石 503 とリードスイッチ 505 によって、クランク 105 の位置情報を検出・推測しているが、クランク 105 の位置を角度センサ（例えば、ロータリーエンコーダ等）によって検出することも可能である。

[0023] 測定モジュール 301 は、クランク 105 に設けられた複数の歪センサ 366 を用いて、ペダル 103 にユーザが加えている人力を検出する（図 3 及び図 1 も参照のこと）。

具体的には、クランク 105 の回転力である平均トルクを測定モジュール 301 は算出する。

[0024] 図 3 は、サイクルコンピュータ 201、測定モジュール 301 及びケイデンスセンサ 501 のブロック図である。

[0025] 図 3 下方の図を用いて、ケイデンスセンサ 501 の構成を説明する。

図 3 下方の図のように、ケイデンスセンサ 501 は、リードスイッチ 505、ケイデンスセンサ無線送信部 507、ケイデンスセンサ制御部 551、ケイデンスセンサ記憶部 553、ケイデンスセンサタイマ 561 を有している。

[0026] リードスイッチ 505 は、磁石 503 が接近することによってリードスイッチ 505 の ON/OFF を検出する。

そして、リードスイッチ 505 が ON となると、リードスイッチ 505 はその旨の情報信号をケイデンスセンサ制御部 551 に出力する。

[0027] ケイデンスセンサタイマ 561 は、タイマカウンタであり所定周期を有するクロックを常時カウントしている。

ケイデンスセンサタイマ 561 は、ケイデンスセンサ制御部 551 の値出力命令を受けると、タイマ値情報をケイデンスセンサ制御部 551 に出力する。

また、ケイデンスセンサタイマ 561 は、ケイデンスセンサ制御部 551 のリセット命令を受けると、タイマカウンタの値を初期値にリセットする。

さらに、ケイデンスセンサタイマ 561 は、ケイデンスセンサ無線送信部

５０７に、送信のタイミングを命令する役割をも有している。具体的には、例えば、１秒ごとに、ケイデンスセンサ無線送信部５０７に送信タイミングを指令している。

[0028] ケイデンスセンサ無線送信部５０７は、ケイデンスセンサ記憶部５５３に記憶されているケイデンス情報を、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部２０７に送信している。

このケイデンスセンサ無線送信部５０７による送信は、ケイデンスセンサタイマ５６１によって命令されることによって１秒ごとに行われている。または、ケイデンスセンサタイマ５６１の値に基づいた判断がケイデンスセンサ制御部５５１によって行われ、その判断に基づいて、このケイデンスセンサ無線送信部５０７による送信がケイデンスセンサ制御部５５１の命令によって行われても良い。

[0029] ケイデンスセンサ記憶部５５３には、各種情報が記憶される。

各種情報とは、例えば、ケイデンスセンサ制御部５５１の制御プログラム、ケイデンスセンサ制御部５５１が制御する際に必要とされる一時的な情報である。特に本実施形態では、リードスイッチ５０５がＯＮとなる間隔であるケイデンスセンサタイマ５６１のタイマ値を記憶している。

なお、ケイデンスセンサ記憶部５５３は、ケイデンスセンサＲＡＭ５５５及びケイデンスセンサＲＯＭ５５７から構成されている。ケイデンスセンサＲＡＭ５５５にはタイマ値等が記憶され、ケイデンスセンサＲＯＭ５５７には制御プログラム等が記憶される。

[0030] ケイデンスセンサ制御部５５１は、ケイデンスセンサ５０１を包括的に制御している。

具体的には、ケイデンスセンサ制御部５５１は、リードスイッチ５０５がＯＮとなった旨の情報信号の出力を受けると、以下の動作を行う。

ケイデンスセンサ制御部５５１は、ケイデンスセンサタイマ５６１にタイマ値情報の出力を命令する。

そして、ケイデンスセンサ制御部５５１は、ケイデンスセンサタイマ５６

1からタイマ値情報を受けると、そのタイマ値情報からケイデンスを算出する。

具体的には、タイマ値情報のカウント数（C）と1度のカウント間隔（T）をかけあわせることによって、リードスイッチ505がONとなる時間（周期）[s]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。

さらに、ケイデンスセンサ制御部551は、このケイデンス情報をケイデンスセンサ記憶部553のケイデンスセンサRAM555に記憶させる。

また、ケイデンスセンサ制御部551は、ケイデンスセンサタイマ561にカウンタ値のリセット命令を出力する。

ケイデンスセンサ制御部551は、1秒間の間隔で、ケイデンスセンサ無線送信部507にケイデンスセンサ記憶部553に記憶されているケイデンス情報を送信させても良い。

[0031] 図3中央の図を用いて、測定モジュール301の構成を説明する。

図3中央の図のように、測定モジュール301は、測定モジュール無線送信部309、測定モジュールタイマ361、測定モジュール制御部351、測定モジュール記憶部353、測定モジュールA/D363、測定モジュール歪検出回路365及び歪センサ366を有している。

[0032] 歪センサ366はクランク105に接着されて、一体化される。

ここで、上下面歪ゲージセット369等の総称を歪センサ366と呼んでいる。

上下面歪ゲージセット369は、上下面第1歪ゲージ369a及び上下面第2歪ゲージ369bを有している。

そして、上下面第1歪ゲージ369a及び上下面第2歪ゲージ369bは、互いに直交している。つまり、上下面第1歪ゲージ369aの歪検出方向と上下面第2歪ゲージ369bの歪検出方向とは互いに直交している（図4、図8、図13も参照のこと）。

上下面第1歪ゲージ369a及び上下面第2歪ゲージ369bのそれぞれ

の端子は、測定モジュール歪検出回路 365 に接続されている（具体的な、測定モジュール歪検出回路 365 の構成については図 4 を参照のこと）。

測定モジュール歪検出回路 365 は、上下面第 1 歪ゲージ 369 a の出力及び上下面第 2 歪ゲージ 369 b の出力を増幅及び調整する。

測定モジュール歪検出回路 365 によって増幅等された上下面第 1 歪ゲージ 369 a の出力及び上下面第 2 歪ゲージ 369 b の出力は、測定モジュール A/D 363 によって、アナログ情報からデジタル情報である歪情報に変換される。

そして、歪情報信号は測定モジュール記憶部 353 に出力される。測定モジュール記憶部 353 に入力された歪情報信号は、測定モジュール RAM 355 に歪情報として記憶される。

[0033] 測定モジュールタイマ 361 は、タイマカウンタであり所定周期を有するクロックを常時カウントしている。

さらに、測定モジュールタイマ 361 は、測定モジュール無線送信部 309 に、送信のタイミングを命令する役割をも有している。具体的には、例えば、1 秒ごとに、測定モジュール無線送信部 309 に送信タイミングを指令している。

[0034] 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 が歪情報から算出した平均トルク情報を、サイクルコンピュータ無線受信部 209 に送信している。

この測定モジュール無線送信部 309 による平均トルクの送信は、測定モジュールタイマ 361 によって命令されることによって 1 秒ごとに行われている。または、測定モジュールタイマ 361 の値に基づいて測定モジュール制御部 351 が命令を出力することによって、測定モジュール無線送信部 309 は平均トルク情報を送信しても良い。

[0035] 測定モジュール記憶部 353 には、各種情報が記憶される。

各種情報とは、例えば、測定モジュール制御部 351 の制御プログラム、及び、測定モジュール制御部 351 が制御を行う際に必要とされる一時的な

情報である。特に本発明の実施形態では、歪情報を記憶している。

なお、測定モジュール記憶部 353 は、測定モジュール RAM 355 及び測定モジュール ROM 357 から構成されている。測定モジュール RAM 355 には歪情報等が記憶される。測定モジュール ROM 357 には制御プログラム、及び、歪情報から平均トルクを算出するための各種のパラメータ、定数、等が記憶される。

後述する第 2 の実施形態においては、測定モジュール記憶部 353 は、式 (3) ~ 式 (13) で必要とされる各種のパラメータ等も記憶している。

[0036] 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。

具体的には、測定モジュール制御部 351 は、歪情報から平均トルクを算出する。

その方法は、トルク T_r は、

トルク T_r [Nm] = $m g L (X - X_z) / (X_c - X_z)$ で計算される

(以下、この式を式 (1) という。)

ここで、 X が測定された歪量、クランク 105 が水平状態でペダル 103 に垂直に m [kg] を載せた場合の歪量が X_c であり、それぞれの無負荷状態の場合における歪量が X_z であり、クランク軸 107 からペダル 103 までの距離が L である。また、 g は重力加速度である。

つまり、この式の X に歪情報を代入することによって、トルクを算出することが可能となる。

このトルクを複数時点毎に算出して、その平均をとったものが平均トルクとなる。

そして、計算された平均トルクは、測定モジュール無線送信部 309 を介して 1 秒おきに、サイクルコンピュータ 201 に送信される。

また、一回転を 12 分割してサイクルコンピュータ表示部 203 に表示する発展的な実施形態の場合には、 30° の範囲内の各時点におけるトルクを

上記の式から計算し、その範囲に含まれる複数のトルクを平均して平均トルクを算出する。

[0037] 図3上方の図を用いて、サイクルコンピュータ201の構成を説明する。

図3上方の図のように、サイクルコンピュータ201は、サイクルコンピュータ表示部203、サイクルコンピュータ操作部205、サイクルコンピュータケイデンス無線受信部207、サイクルコンピュータ無線受信部209、サイクルコンピュータタイマ261、サイクルコンピュータ記憶部253及びサイクルコンピュータ制御部251を有している。

[0038] 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。

[0039] 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。

本実施形態においては、平均パワーを視覚化して表示する。

発展的な実施形態においては、クランク105の各角度（30°毎の）平均トルク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。

ここでの、視覚化の方法は、例えば、ベクトル表示、グラフ表示、色分け表示、記号の表示、3次元表示等がありえ、どのような方法であってもよい。また、それらの組み合わせ等であってよい。

[0040] サイクルコンピュータケイデンス無線受信部207は、ケイデンスセンサ501から送信されるケイデンス情報を受信する。

[0041] 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から送信される平均トルク情報を受信する。

[0042] サイクルコンピュータタイマ261は、タイマカウンタでありタイマをカウントしている。

サイクルコンピュータタイマ261によって生成されるこのタイマ値情報はサイクルコンピュータ制御部251等が様々な利用している。

[0043] サイクルコンピュータ記憶部 253 には、各種情報が記憶される。

各種情報とは、例えば、サイクルコンピュータ制御部 251 の制御プログラム、及び、サイクルコンピュータ制御部 251 が制御を行う際に必要とされる一時的な情報である。

なお、サイクルコンピュータ記憶部 253 は、サイクルコンピュータ RAM 255 及びサイクルコンピュータ ROM 257 から構成されている。サイクルコンピュータ ROM 257 には制御プログラム、及び、平均トルク情報から平均パワー P を算出するための各種のパラメータ、定数、等が記憶されている。

[0044] サイクルコンピュータ制御部 251 は、サイクルコンピュータ 201 を包括的に制御している。さらに、ケイデンスセンサ 501 及び測定モジュール 301 をも包括的に制御していても良い。

また、サイクルコンピュータ制御部 251 は、平均パワー P を算出する。

具体的には、サイクルコンピュータ制御部 251 は、平均トルク情報及びケイデンス情報から一定期間の平均パワー P を算出する。

その方法は、

平均パワー P [W] = (2PI / 60) T r a × R で計算される

(以下、この式を式 (2) という。)

ここで、T r a が平均トルク [Nm] であり、R がケイデンス量 [rpm] である。なお、PI は円周率である。

つまり、この式の平均トルク T r a 及び R に平均トルク情報及びケイデンス情報を代入することによって、平均パワー P を算出することが可能となる。

また、発展的な実施形態のように一回転を 12 分割してサイクルコンピュータ表示部 203 に表示する場合には、30° の範囲内の平均パワー P を算出する。

[0045] 図 4 は、上下面歪ゲージセット 369 及び測定モジュール歪検出回路 365 の説明図である。

[0046] 図4 (a) のように、上下面第1歪ゲージ369aと上下面第2歪ゲージ369bとは、直交かつ積層して配置されている。

上下面第1歪ゲージ369aの抵抗値は、この上下面第1歪ゲージ369aが圧縮又は伸長していない場合には、約R0である。

上下面第2歪ゲージ369bの抵抗値は、この上下面第2歪ゲージ369bが圧縮又は伸長していない場合には、約R0である。

上下面第1歪ゲージ369a及び上下面第2歪ゲージ369bは、図4 (b) 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。

具体的には、 Δl 伸縮されている場合の抵抗値は $R0 + \Delta R0$ となる。 Δl 圧縮されている場合の抵抗値は $R0 - \Delta R0$ となる。

また、上下面第1歪ゲージ369aの検出方向は、配線が伸びている方向であり、図4 (a) 中では右肩上がり方向が検出方向となる。

また、上下面第2歪ゲージ369bの検出方向は、配線が伸びている方向であり、図4 (a) 中では右肩下がり方向が検出方向となる。

つまり、この検出方向において圧縮又は伸長が生じた場合に、上下面第1歪ゲージ369a及び上下面第2歪ゲージ369bに抵抗値の変化が生じる。

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、上下面第1歪ゲージ369a及び上下面第2歪ゲージ369bに抵抗値の変化は生じない。

[0047] 測定モジュール歪検出回路365は、上下面ブリッジ回路373A、上下面増幅回路375A及び上下面基準電圧回路377Aを有している。

上下面第1歪ゲージ369aと上下面第2歪ゲージ369bは、上下面ブリッジ回路373Aの対角位置に配置される。

具体的には、第1系統側では、電源Vccから順に、上下面第1歪ゲージ369a、上下面第1接続点373A-1、抵抗Rの順に接続されている。

第2系統側では、電源 V_{cc} から順に、抵抗 R 、上下面第2接続点373A-2、上下面第2歪ゲージ369bの順に接続されている。

ここで、第1系統の抵抗 R と第2系統の抵抗 R とは同一の抵抗値を有している。また、第1系統の抵抗 R と第2系統の抵抗 R とは、上下面第1歪ゲージ369a及び上下面第2歪ゲージ369bの圧縮又は伸長が生ずる前の抵抗値である R_0 と同一の抵抗値を有する。

その結果、上下面第1接続点373A-1と上下面第2接続点373A-2との間に生ずる電位差はほぼゼロとなる。

[0048] 上下面第1歪ゲージ369aの検出方向と上下面第2歪ゲージ369bの検出方向の中間方向に（図4（a）中において左右方向）伸長変化が生じた場合には、上下面第1歪ゲージ369a及び上下面第2歪ゲージ369bは伸長する。その結果、上下面第1歪ゲージ369a及び上下面第2歪ゲージ369bの抵抗値は同じく例えば $R_0 + \Delta R_0$ となる。

その場合には、第1系統の上下面第1接続点373A-1の電位は小さくなり、他方、第2系統の上下面第2接続点373A-2の電位は大きくなる。

その結果、測定モジュール歪検出回路365からは出力が検出される。

上下面第1歪ゲージ369aと上下面第2歪ゲージ369bとの両者が同じ量、圧縮された場合も同様である。

[0049] 上下面第1歪ゲージ369aが圧縮され、かつ、上下面第2歪ゲージ369bが伸長されている場合には、上下面第1歪ゲージ369aの抵抗値は $R_0 - \Delta R_0$ となり、かつ、上下面第2歪ゲージ369bの抵抗値は $R_0 + \Delta R_0$ となる。

その場合には、第1系統の上下面第1接続点373A-1の電位は大きくなるが、他方、第2系統の電圧降下も大きくなる。なお、ここでは、 ΔR_0 が R 及び R_0 に比して十分に小さい場合を想定している。

その結果、測定モジュール歪検出回路365からは出力が検出されない。

上下面第1歪ゲージ369aが伸長され、かつ、上下面第2歪ゲージ369bが圧縮されている場合には、上下面第1歪ゲージ369aの抵抗値は $R_0 + \Delta R_0$ となり、かつ、上下面第2歪ゲージ369bの抵抗値は $R_0 - \Delta R_0$ となる。

9 bが圧縮されている場合も同様である。

[0050] さらに、上下面第1歪ゲージ369 a単体の内部で、圧縮と伸長が同時に起こり、かつ、圧縮量と伸長量が同一である場合には、上下面第1歪ゲージ369 aの抵抗値は変化しない。その結果、測定モジュール歪検出回路365からは出力は検出されない。

上下面第2歪ゲージ369 b単体の内部で、圧縮と伸長が同時に起こった場合も同様である。

[0051] 上下面増幅回路375 A及び上下面基準電圧回路377 Aの構成は図4 (a)のような構成を有している。

上下面増幅回路375 Aは、上下面第1接続点373 A-1と上下面第2接続点373 A-2の間の電位差を増幅する回路である。

上下面基準電圧回路377 Aは、上下面増幅回路375 Aからの出力が電源Vccの1/2を中心に増減するようにするための回路である。

上下面基準電圧回路377 Aが必要な理由を説明する。上下面増幅回路375 Aから出力された電圧は測定モジュールA/D363によってアナログ値からデジタル値へ変換される。

この時に、アナログデジタル変換器はプラスマイナスの両方を測定可能なものよりも、プラス側のみを測定可能なものの方が回路構成を簡略化することができ、安価に構成できる。他方、上下面第1接続点373 A-1と上下面第2接続点373 A-2の間の電位差はプラス側及びマイナス側の両方に变化しうる。

そのため、上下面第1接続点373 A-1と上下面第2接続点373 A-2の間の電位差をプラス側でのみの変化に変更するために、上下面基準電圧回路377 Aが設けられている。

[0052] 図5は、右側クランク105 aに加わる力の説明図である。

[0053] 図5のように、クランク機構104は、左側ペダル103 b、左側クランク105 b、クランク軸107、右側クランク105 a、右側ペダルクランク軸115 a、右側ペダル103 aから構成されている。

そして、右側ペダル 103a にはユーザにより加えられる人力 F_L が加えられる。人力 F_L は、クランク 105 の回転方向の力 F_θ とクランク 105 の法線方向の力 F_r から構成されている。ここで、回転方向及び法線方向に垂直な方向を内外方向と定義する。

以下、クランク 105 の回転方向に生ずるクランク 105 の歪を回転方向歪という。同様に、内外方向に生ずるクランク 105 の歪を内外方向歪という。さらに、クランク 105 に生ずるねじり力による歪をねじり方向歪という。

右側クランク 105a の上面側（又は下面側）の中心部分を上下面部分 117 とする。右側クランク 105a の側面の中心部分を側面部分 119 とする。

以下、上下面部分 117 および側面部分 119 に加わる力等（モーメント、トルク、せん断力、圧縮、引張力等）を説明する。

[0054] 図 6 は、上下面部分 117 に加わる力等の説明図である。

図 6（a）は、法線方向の力 F_r によって、上下面部分 117 に加わる力の説明図である。

図 6（b）は、回転方向の力 F_θ によって、上下面部分 117 に加わる力の説明図である。

[0055] 図 6（a）のように、法線方向の力 F_r によって上下面部分 117 には、引張張力 F_{rA} 及びモーメント M_{rA} が発生している。

もっとも、引張張力 F_{rA} による歪量はモーメント M_{rA} による歪量よりもかなり小さいので、モーメント M_{rA} のみを考慮すれば足りる。

図 6（b）のように、回転方向の力 F_θ によって上下面部分 117 には、せん断力 $F_{\theta A}$ 、モーメント $M_{\theta A}$ 及びトルク $T_{\theta A}$ が発生している。

もっとも、せん断力 $F_{\theta A}$ による歪量はモーメント $M_{\theta A}$ による歪量及びトルク $T_{\theta A}$ による歪量よりもかなり小さいので、モーメント $M_{\theta A}$ 及びトルク $T_{\theta A}$ のみを考慮すれば足りる。

以上より、上下面部分 117 に歪センサ 366 を設けた場合に、歪センサ

366が検出する歪は、法線方向の力 F_r によるモーメント M_{rA} によって内外方向に生ずる内外方向歪、回転方向の力 F_θ によるモーメント $M_{\theta A}$ によって回転方向に生ずる回転方向歪及びトルク $T_{\theta A}$ によって生ずるねじり方向歪のみである。

[0056] 図7は、側面部分119に加わる力等の説明図である。

図7(a)は、法線方向の力 F_r によって、側面部分119に加わる力の説明図である。

図7(b)は、回転方向の力 F_θ によって、側面部分119に加わる力の説明図である。

図7(a)のように、法線方向の力 F_r によって側面部分119には、引張張力 F_{rB} 及びモーメント M_{rB} が発生している。

もっとも、引張張力 F_{rB} による歪量はモーメント M_{rB} による歪量よりかなり小さいので、モーメント M_{rB} のみを考慮すれば足りる。

図7(b)のように、回転方向の力 F_θ によって側面部分119には、せん断力 $F_{\theta B}$ 、モーメント $M_{\theta A}$ 及びトルク $T_{\theta B}$ が発生している。

もっとも、せん断力 $F_{\theta B}$ による歪量はモーメント $M_{\theta B}$ による歪量及びトルク $T_{\theta B}$ による歪量よりかなり小さいので、モーメント $M_{\theta B}$ 及びトルク $T_{\theta B}$ のみを考慮すれば足りる。

以上より、側面部分119に歪センサ366を設けた場合に、歪センサ366が検出する歪は、法線方向の力 F_r によるモーメント M_{rB} によって内外方向に生ずる内外方向歪、回転方向の力 F_θ によるモーメント $M_{\theta B}$ によって回転方向に生ずる回転方向歪及びトルク $T_{\theta B}$ によって生ずるねじり方向歪のみである。

[0057] 図8は、クランク105に設けられる上下面歪ゲージセット369の配置の説明図、上下面歪ゲージセット369に加わる力等がキャンセルされる理由の説明図である。

図8(a)のように、上下面部分117に上下面歪ゲージセット369が配置される。ここで、上下面部分117は、クランク105の上面又は下面

の中央部分に配置される。

クランク 105 の形状が直方体でない場合には、上下面歪ゲージセット 369 はモーメント $M_r A$ による歪の中心部分に配置される。より具体的には、図 8 (b) のようにモーメント $M_r A$ による歪の中心が、上下面歪ゲージセット 369 の中心に来るように配置される。

上下面歪ゲージセット 369 は、図 8 (a) で示す位置のより右側又は図 8 (a) のより左側に位置していても良い。

つまり、モーメント $M_r A$ による歪の中心が上下面歪ゲージセット 369 の中心に来るのであれば、上下面歪ゲージセット 369 は、右側ペダル 103 a 側又はクランク軸 107 側であっても良い。

上下面歪ゲージセット 369 は、上下面第 1 歪ゲージ 369 a 及び上下面第 2 歪ゲージ 369 b によって構成されている。

そして、上下面第 1 歪ゲージ 369 a と上下面第 2 歪ゲージ 369 b とは直交・重層して配置されている。

さらに、上下面第 1 歪ゲージ 369 a の検出方向と上下面第 2 歪ゲージ 369 b の検出方向との間の中間方向が、クランク 105 の長手方向になるように配置されている。つまり、上下面第 1 歪ゲージ 369 a の検出方向とクランク 105 の軸の方向とは 45 度の角度を有する。

上下面第 2 歪ゲージ 369 b の検出方向とクランク 105 の軸の方向とは 45 度の角度を有する（検出方向については、図 4 (a) も参照のこと）。

なお、図 8 (a) では、上下面歪ゲージセット 369 はクランク 105 の上面側に設けたが、上下面歪ゲージセット 369 はクランク 105 の下面側に設けても良い。

また、上下面歪ゲージセット 369 は、クランク 105 の内部に設けても良い。具体的には、上下面歪ゲージセット 369 は、クランク 105 を中空にしてその中空内面に接着されていても良い。また、上下面歪ゲージセット 369 は、クランク 105 内部に埋め込まれていても良い。

[0058] 図 8 (a) のように、上下面歪ゲージセット 369 (上下面部分 117)

には、法線方向の力 F_r によるモーメント $M_r A$ 、回転方向の力 F_θ によるモーメント $M_\theta A$ 及びトルク $T_\theta A$ が作用する（図6も参照のこと）。

[0059] 次に、法線方向の力 F_r によるモーメント $M_r A$ がキャンセルされることを説明する。

モーメント $M_r A$ による歪の中心が、上下面歪ゲージセット369の中心に来るように配置されていると、上下面歪ゲージセット369は図8（b）のように歪を生ずる（なお、図8（b）は、強調及び単純化して表示している。）。

そうすると、図8（b）のように、上下面第1歪ゲージ369aの下側部分は伸長され、上下面第1歪ゲージ369aの上側部分は圧縮される。

その結果、上下面第1歪ゲージ369a内部で、伸長及び圧縮の両方が生じ上下面第1歪ゲージ369aの抵抗値は変化しない。つまり、測定モジュール歪検出回路365からの出力は変化しない（図4（a）の説明部分も参照のこと）。

よって、内外力向の力 F_r によるモーメント $M_r A$ をキャンセルすることができる。

なお、上下面第2歪ゲージ369bも、同様である。

[0060] 次に、回転方向の力 F_θ によるトルク $T_\theta A$ がキャンセルされることを説明する。

トルク $T_\theta A$ が加わると、上下面歪ゲージセット369は図8（c）のように歪を生ずる（なお、図8（c）は、強調及び単純化して表示している。）。

そうすると、図8（c）のように、上下面第1歪ゲージ369aは伸長され、上下面第2歪ゲージ369bは圧縮される。

上下面第1歪ゲージ369aが伸長され、かつ、上下面第2歪ゲージ369bが圧縮されている場合には、上下面第1歪ゲージ369aの抵抗値は $R_0 + \Delta R_0$ となり、かつ、上下面第2歪ゲージ369bの抵抗値は $R_0 - \Delta R_0$ となる。

その場合には、第1系統の上下面第1接続点373A-1の電位が小さくなるが、他方、第2系統の電位も小さくなる。なお、ここでは、 ΔR_0 がR及び R_0 に比して十分に小さい場合を想定している。

その結果、測定モジュール歪検出回路365からは出力が検出されない（図4（a）の説明部分も参照のこと）。

よって、回転方向の力 F_θ によるトルク $T_{\theta A}$ をキャンセルすることができる。

また、上下面歪ゲージセット369の取り付け角が多少傾いていても、図8（c）のような回転力 F_θ によるトルク $T_{\theta A}$ による歪の場合には、上下面第1歪ゲージ369aの変化と上下面第2歪ゲージ369bの変化とは、互いに正負反対値に変化し、かつ、その変化量は同一となる。

ここで、互いに正負反対値に変化とは、上下面第1歪ゲージ369aが正側に变化した場合には上下面第2歪ゲージ369bは負側に变化し、逆に、上下面第1歪ゲージ369aが負側に变化した場合には上下面第2歪ゲージ369bは正側に变化することをいう。

つまり、上下面歪ゲージセット369の取り付けが傾いて配置されていても、回転方向の力 F_θ によるトルク $T_{\theta A}$ をキャンセルすることができる。

[0061] 以上より、上下面歪ゲージセット369からの出力を処理した測定モジュール歪検出回路365の出力は、回転方向の力 F_θ によるモーメント $M_{\theta A}$ による歪みによるもののみとなる。

したがって、上下面歪ゲージセット369に生ずる歪みを検出すれば、回転方向の力 F_θ 及びこの回転方向の力 F_θ によるトルクを検出することができる。

具体的には、上下面ブリッジ回路373Aを介して上下面歪ゲージセット369から出力される歪情報を、式（1）に代入する事によってトルクを算出することができる。なお、単にトルクという場合には、回転方向に生ずるトルクをいう。

これによって、ユーザが出力している人力のうちのクランク105を回転

させる成分のみ、つまり自転車 1 の推進力を算出することが可能となる。

そして、サイクルコンピュータ 201 は、この算出したトルクに各種の処理をして、サイクルコンピュータ表示部 203 に表示する。

具体的には、平均パワー P を算出してサイクルコンピュータ表示部 203 に表示する。

[0062] 図 9 は、ケイデンスセンサ 501 の処理のフローチャートである。

図 10 は、測定モジュール 301 及びサイクルコンピュータ 201 の処理のフローチャートである。

図 10 (a) 及び図 10 (b) は測定モジュール 301 の処理を説明しており、図 10 (c) はサイクルコンピュータ 201 の処理を説明している。

[0063] 図 9 を用いて、ケイデンスセンサ 501 の処理を説明する。

ステップ S T 51 において、ケイデンスセンサ 501 のケイデンスセンサ制御部 551 は、リードスイッチ 505 の磁気の変化を検出する。

そして、ケイデンスセンサ制御部 551 は、リードスイッチ 505 を検出すると以下のステップ S T 02 及びステップ S T 03 の処理を開始する。

つまり、ケイデンスセンサ制御部 551 は、リードスイッチ 505 から出力を検出すると処理の割り込みを行い、ステップ S T 02 以下の処理を開始する。以下、割り込みとは、それまでの処理を中断して、指定された処理を実行することをいう。

[0064] ステップ S T 53 において、ケイデンスセンサ制御部 551 は、ケイデンス値を算出する。

ケイデンスセンサ制御部 551 は、タイマ値情報のカウント数 (C) と 1 度のカウント間隔 (T) をかけあわせることによって、リードスイッチ 505 が ON となる時間 (周期) [s] を算出する。

そして、ケイデンスセンサ制御部 551 は、60 をこの時間 (周期) で割ることによって、ケイデンス [rpm] を算出する。

さらに、ケイデンスセンサ制御部 551 は、このケイデンス情報をケイデンスセンサ記憶部 553 のケイデンスセンサ RAM 555 に記憶させる。

[0065] ステップST55において、ケイデンスセンサ制御部551は、ケイデンスセンサタイマ561にカウンタ値のリセット命令を出力する。

これで、ケイデンスセンサ制御部551の制御のメインフローは終了する。そして、次にリードスイッチ505が磁気変化を検出すると割り込みを再び行い、ステップST51から処理を再開する。

[0066] ステップST57において、ケイデンスセンサ制御部551は、ケイデンスセンサ記憶部553に記憶されているケイデンス情報を、ケイデンスセンサ無線送信部507を用いて、サイクルコンピュータ201に送信する。

なお、ケイデンスセンサ制御部551を介さずに、ケイデンスセンサ無線送信部507のみによって送信を行っても良い。

[0067] ステップST59において、ケイデンスセンサ制御部551は、1秒間している。なお、ウェイトの時間は可変である。

[0068] 図10(a)及び図10(b)を用いて、測定モジュール301等の処理を説明する。

ステップST11において、測定モジュールA/D363は、測定モジュール歪検出回路365からの出力を、アナログ値からデジタル値にA/D変換する。つまり、モーメント $M\theta A$ によって生ずる歪量をデジタル値として検出する。

なお、ユーザが出力している人力の回転方向の力 $F\theta$ によってモーメント $M\theta A$ は生じている。

[0069] ステップST13において、測定モジュールA/D363が検出(変換)した歪情報は、測定モジュール記憶部353の測定モジュールRAM355に記憶される。

[0070] ステップST15において、処理は、 $1/N[s]$ 秒間ウェイトする。

ここで、 N の値は、一秒間に測定するデータポイントの数である。つまり、 N の値が大きいほど、歪データの数が多く、秒単位の分解能が高いことを意味する。

出来れば N 値は大きいほどよいが、 N 値をあまり多くとると測定モジュール

ルRAM355が大きな容量のものでなければならず、コストの増加になる。

したがって、N値をどの程度とするかは、コスト、必要とされる時間分解能及び測定モジュールA/D363がA/D変換するのに必要とされる時間等によって決定され得る。

ステップST15の処理が終了すると、ステップST11の処理に再び戻る。

つまり、1秒間にN回のステップST11～ステップST15の処理を繰り返し行う。

[0071] また、測定モジュール制御部351は、図10(b)の処理をおこなう。

ステップST31において、測定モジュール制御部351は、歪情報のデータ退避を行う。

その理由を説明する。まず、測定モジュール記憶部353の測定モジュールRAM355の容量には限りがある。ここで、測定モジュールRAM355の容量を大きくすれば歪情報のデータ退避は必要なくなるが、あまり余裕を持たせて設計するとコストの増加をもたらす適切なではない。また、歪情報は連続的に次々書き込まれるため、データ退避を行わないと、後述するステップST33での処理によってトルク T_r を計算する前に、新たな情報が上書きされてしまうおそれがあるからである。

[0072] ステップST33において、測定モジュール制御部351は平均トルクを算出する。

具体的には、測定モジュール制御部351は、図3のところで説明した式(1)に歪情報を入力しトルク T_r を算出する。さらに、測定モジュール制御部351は、このトルク T_r をN個算出しその平均を算出する。つまり、測定モジュール制御部351は、1秒間のトルク T_r の平均(平均トルク情報)を算出する。

[0073] ステップST35において、測定モジュール制御部351は、測定モジュール無線送信部309を介して、算出された平均トルク情報を送信する。

送信された平均トルク情報は、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。

[0074] ステップ S T 3 7 において、1 [s] ウェイトする。なお、1 秒は一例であり必要に応じて可変である。

ステップ S T 3 7 の処理が終了すると、ステップ S T 3 1 の処理に再び戻る。

つまり、1 秒間に 1 回のステップ S T 3 1 ～ステップ S T 3 5 の処理を繰り返す。

[0075] 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 10 (c) の処理をおこなう。

ステップ S T 7 1 において、サイクルコンピュータ制御部 251 は、平均トルク情報及びケイデンス情報を受信すると割り込みが行われる。

つまり、サイクルコンピュータ無線受信部 209 が平均トルク情報及びケイデンス情報を受信したことをサイクルコンピュータ制御部 251 が検出した時には、サイクルコンピュータ制御部 251 は、処理を中断（割り込み）し、ステップ S T 7 3 以下の処理を開始する。

[0076] ステップ S T 7 3 において、サイクルコンピュータ制御部 251 は、平均パワー P の算出を行う。

具体的には、サイクルコンピュータ制御部 251 は、平均トルク情報及びケイデンス情報から一定期間の平均パワー P を算出する。

その方法は、平均パワー P [W] = (2 P I / 60) T r a × R で計算される。ここで、T r a が平均トルク [Nm] であり、R がケイデンス歪量 [rpm] である。

つまり、この式の T r a 及び R に平均トルク情報及びケイデンス情報を代入することによって、平均パワー P を算出することが可能となる。

[0077] 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 251 は、サイクルコンピュータ表示部 203 に平均パワー P を表示させる。

サイクルコンピュータ表示部 203 は、平均パワー P を数値として表示、

又は、その他の視覚化・聴覚化・触覚化した方法によってユーザに平均パワーPの情報を伝達する。

[0078] ステップS T 7 7において、サイクルコンピュータ制御部2 5 1は、算出した平均パワーP情報をサイクルコンピュータ記憶部2 5 3のサイクルコンピュータRAM 2 5 5に記憶する。

その後、サイクルコンピュータ制御部2 5 1は、再びステップS T 5 1の割り込みが行われるまで他の処理を行う。

[0079] 以上のように、上下面第1歪ゲージ3 6 9 aと上下面第2歪ゲージ3 6 9 bとを直交して配置し、かつ、上下面ブリッジ回路3 7 3 Aの対角位置に配置した構成とすることによって、取り付け角度に誤差があってもねじり方向歪による影響を除去することが可能となる。

つまり、このような構成としたことによって、回転方向の力 F_{θ} による回転方向の歪のみを検出することが可能となる。

その理由は、図8 (c) のところで説明している。

つまり、上下面歪ゲージセット3 6 9の取り付け角が多少傾いていても、上下面第1歪ゲージ3 6 9 aの変化と上下面第2歪ゲージ3 6 9 bの変化とは互いに正負反対値に変化し、かつ、その変化量は同一となり、その結果、測定モジュール歪検出回路3 6 5によってキャンセルされてしまうからである。

[0080] また、正確な位置に正確な方向を向いて上下面歪ゲージセット3 6 9を配置することによって、法線方向の力 F_r によるモーメント $M_r A$ の影響を除去することが可能となる。

なお、ここで正確な位置とは、図8 (b) のようにモーメント $M_r A$ による歪の中心が、上下面歪ゲージセット3 6 9の中心に来るような位置をいう。正確な方向とは、上下面第1歪ゲージ3 6 9 aの検出方向と上下面第2歪ゲージ3 6 9 bの検出方向との間の中間方向が、クランク1 0 5の長手方向になるような方向をいう。

つまり、回転方向の歪のみを検出することが可能となり、回転方向の力 F

θ を算出することができる。

その理由は、図 8 (b) のところで説明している。

つまり、上下面第 1 歪ゲージ 369 a 内部で、伸長及び圧縮の両方が生じ上下面第 1 歪ゲージ 369 a の抵抗値は変化しない。つまり、測定モジュール歪検出回路 365 からの出力は変化しないからである。

[0081] さらに、この第 1 の実施形態のような方法であると、上下面歪ゲージセット 369 を含む測定モジュール 301 は、自転車製造の後に取り付けることが可能となる。

つまり、ユーザ等は上下面歪ゲージセット 369 を適切な位置に接着し測定モジュール 301 を配置することによって、ユーザ等は平均パワー P を測定する機能を後付で設けることが可能となる。

[0082] <本発明の第 2 の実施形態>

第 1 の実施形態では、上下面歪ゲージセット 369 は、モーメント $M_r A$ による歪の中心が、上下面歪ゲージセット 369 の中心に来るような位置に配置していた。

しかし、現実には上下面歪ゲージセット 369 を、正確にモーメント $M_r A$ による歪の中心に配置することは困難である。なぜなら、クランク 105 の形状は単純な直方体とは限らず、様々な形状を有しているからである。

この位置のずれは、モーメント $M_r A$ を上下面歪ゲージセット 369 が検出してしまい、回転方向の力 F_θ によって生ずるモーメント $M_\theta A$ による歪のみを検出することができないことを意味する。

そこで、第 2 の実施形態では、上下面歪ゲージセット 369 を正確にモーメント $M_r A$ による歪の中心に配置できない場合の解決方法についての実施形態を記載する。

また、上下面歪ゲージセット 369 では回転方向の力 F_θ による平均トルクのみが検出可能であり、法線方向の力 F_r による平均損失量は算出できない。

平均損失量は、ユーザが自転車 1 の駆動力にならないにもかかわらず出力

している力である。そして、この力をできるだけ減らすことが、効率よく自転車 1 を駆動することに繋がる。

したがって、この平均損失量をユーザに提供することは重要である。

[0083] 図 1 1 は、第 2 の実施形態における、サイクルコンピュータ 2 0 1、測定モジュール 3 0 1、ケイデンスセンサ 5 0 1 のブロック図である。

図 3 と基本的な構成は同一であり、変わらない部分は説明を省略する。

[0084] 図 1 1 のように、測定モジュール歪検出回路 3 6 5 には、上下面歪ゲージセット 3 6 9 の出力に加えて側面歪ゲージセット 3 7 1 の出力が入力されている。

この側面歪ゲージセット 3 7 1 は、側面第 1 歪ゲージ 3 7 1 a 及び側面第 2 歪ゲージ 3 7 1 b を有している。

[0085] 図 1 2 は、第 2 の実施形態における、測定モジュール歪検出回路 3 6 5、上下面歪ゲージセット 3 6 9 及び側面歪ゲージセット 3 7 1 の説明図である。

図 1 2 のように、測定モジュール歪検出回路 3 6 5 は、上下面歪ゲージセット 3 6 9 用の上下面ブリッジ回路 3 7 3 A 及び上下面増幅回路 3 7 5 A に加えて、側面歪ゲージセット 3 7 1 用の側面ブリッジ回路 3 7 3 B 及び側面増幅回路 3 7 5 B を有している。

側面ブリッジ回路 3 7 3 B の内部構成は上下面ブリッジ回路 3 7 3 A と同一である。また、側面増幅回路 3 7 5 B の内部構成も上下面増幅回路 3 7 5 A と同一である。

側面ブリッジ回路 3 7 3 B は、上下面ブリッジ回路 3 7 3 A と同様に、第 1 の系統側に側面第 1 接続点 3 7 3 B-1 及び第 2 の系統側に側面第 2 接続点 3 7 3 B-2 とを有している。

[0086] 図 1 3 は、第 2 の実施形態における、クランク 1 0 5 に設けられる側面歪ゲージセット 3 7 1 の配置の説明図、側面歪ゲージセット 3 7 1 に加わる力等がキャンセルされる理由の説明図である。

図 1 3 (a) のように、側面部分 1 1 9 に側面歪ゲージセット 3 7 1 が配

置される。ここで、側面部分 119 は、クランク 105 の側面（クランク軸 107 側及びその反対側）の中央部分に配置される。

クランク 105 の形状が直方体でない場合には、側面歪ゲージセット 371 はモーメント $M\theta B$ による歪の中心部分に配置されるのが適切である。より具体的には、図 13（b）のようにモーメント $M\theta B$ による歪の中心が、側面歪ゲージセット 371 の中心に来るように配置される。

側面歪ゲージセット 371 は、図 13（a）で示す位置のより右側又は図 13（a）のより左側に位置していても良い。

つまり、モーメント $M\theta B$ による歪の中心が側面歪ゲージセット 371 の中心に来るのであれば、側面歪ゲージセット 371 は、右側ペダル 103a 側又はクランク軸 107 側であっても良い。

側面歪ゲージセット 371 は、側面第 1 歪ゲージ 371a 及び側面第 2 歪ゲージ 371b によって構成されている。

そして、側面第 1 歪ゲージ 371a と側面第 2 歪ゲージ 371b とは直交・重層して配置されている。

さらに、側面第 1 歪ゲージ 371a の検出方向と側面第 2 歪ゲージ 371b の検出方向との間の中間方向が、クランク 105 の長手方向になるように配置されている。つまり、側面第 1 歪ゲージ 371a の検出方向とクランク 105 の軸の方向とは 45 度の角度を有する。

側面第 2 歪ゲージ 371b の検出方向とクランク 105 の軸の方向とは 45 度の角度を有する（検出方向については、図 4（a）も参照のこと）。

なお、図 13（a）では、側面歪ゲージセット 371 はクランク 105 のクランク軸 107 側とは反対側に設けたが、側面歪ゲージセット 371 はクランク軸 107 側に設けても良い（つまり、クランク 105 の反対側に設けてよい）。

また、側面歪ゲージセット 371 は、クランク 105 の内部に設けても良い。具体的には、側面歪ゲージセット 371 は、クランク 105 を中空にしてその中空内面に接着されていても良い。また、側面歪ゲージセット 371

は、クランク 105 内部に埋め込まれていても良い。

なお、後述するが現実には、モーメント $M_{\theta B}$ による歪の中心が側面歪ゲージセット 371 の中心することは困難であり、そのために、補正を行う。

[0087] 図 13 (a) のように、側面歪ゲージセット 371 (側面部分 119) には、法線方向の力 F_r によるモーメント $M_r B$ 、回転方向の力 F_{θ} によるモーメント $M_{\theta B}$ 及びトルク $T_{\theta B}$ が作用する (図 7 も参照のこと)。

[0088] 次に、回転方向の力 F_{θ} によるモーメント $M_{\theta B}$ がキャンセルされることを説明する。

モーメント $M_{\theta B}$ による歪の中心が、側面歪ゲージセット 371 の中心に来るように配置されていると、側面歪ゲージセット 371 は図 13 (b) のように歪を生ずる (なお、図 13 (b) は、強調及び単純化して表示している)。

そうすると、図 13 (b) のように、側面第 1 歪ゲージ 371 a の下側部分は伸長され、側面第 1 歪ゲージ 371 a の上側部分は圧縮される。

その結果、側面第 1 歪ゲージ 371 a 内部で、伸長及び圧縮の両方が生じ側面第 1 歪ゲージ 371 a の抵抗値は変化しない。つまり、測定モジュール歪検出回路 365 (側面増幅回路 375 B) からの出力は変化しない。

よって、回転方向の力 F_{θ} によるモーメント $M_{\theta B}$ をキャンセルすることができる。

なお、側面第 2 歪ゲージ 371 b も、同様である。

[0089] 次に、回転方向の力 F_{θ} によるトルク $T_{\theta B}$ がキャンセルされることを説明する。

トルク $T_{\theta B}$ が加わると、側面歪ゲージセット 371 は図 13 (c) のように歪を生ずる (なお、図 13 (c) は、強調及び単純化して表示している)。

そうすると、図 13 (c) のように、側面第 1 歪ゲージ 371 a は伸長され、側面第 2 歪ゲージ 371 b は圧縮される。

側面第 1 歪ゲージ 371 a が伸長され、かつ、側面第 2 歪ゲージ 371 b

が圧縮されている場合には、側面第 1 歪ゲージ 371 a の抵抗値は $R_0 + \Delta R_0$ となり、かつ、側面第 2 歪ゲージ 371 b の抵抗値は $R_0 - \Delta R_0$ となる。

その場合には、第 1 系統の側面第 1 接続点 373 B-1 の電圧降下が大きくなるが、他方、第 2 系統の電圧降下も大きくなる。なお、ここでは、 ΔR_0 が R_0 に比して十分に小さい場合を想定している。

その結果、測定モジュール歪検出回路 365 からは出力が検出されない。

よって、回転方向の力 F_θ によるトルク $T_\theta B$ をキャンセルすることができる。

また、側面歪ゲージセット 371 の取り付け角が多少傾いていても、図 13 (c) のような回転力 F_θ によるトルク $T_\theta B$ による歪の場合には、側面第 1 歪ゲージ 371 a の変化と側面第 2 歪ゲージ 371 b の変化とは、互いに正負反対値に変化し、かつ、その変化量は同一となる。ここで、互いに正負反対値に変化とは、側面第 1 歪ゲージ 371 a が正側に变化した場合には側面第 2 歪ゲージ 371 b は負側に变化し、逆に、側面第 1 歪ゲージ 371 a が負側に变化した場合には側面第 2 歪ゲージ 371 b は正側に变化することをいう。

つまり、側面歪ゲージセット 371 の取り付けが傾いて配置されていても、回転方向の力 F_θ によるトルク $T_\theta B$ をキャンセルすることができる。

[0090] 以上より、側面歪ゲージセット 371 からの出力を測定モジュール歪検出回路 365 が処理した後の出力は、法線方向の力 F_r によるモーメント $M_r B$ のみの歪量を検出するために用いることができる。

したがって、側面歪ゲージセット 371 に生ずる歪みを検出すれば、法線方向の力 F_r 及びこの法線方向の力 F_r による損失量を検出することができる。

その方法は、損失量は、

損失量 $[N] = m g (Y - Y_z) / (Y_u - Y_z)$ で計算される

(以下、この式を式 (3) という。)

ここで、 Y が出力された歪量、クランク 105 が下死点においてでペダル 103 に垂直に m [kg] を載せた場合の歪量が Y_u であり、それぞれの無負荷状態の場合における歪量が Y_z である。また、 g は重力加速度である。

Y は、側面ブリッジ回路 373 B を介して側面歪ゲージセット 371 から出力される歪情報である。

これによって、ユーザが出力している人力の法線方向の損失量を算出することが可能となる。

そして、サイクルコンピュータ 201 は、この算出した損失量に各種の処理をして、サイクルコンピュータ表示部 203 に表示する。

具体的には、複数点の損失量を平均することによって平均損失量を算出してサイクルコンピュータ表示部 203 に表示する。

なお、具体的な処理については、代入される式が式 (1) から式 (3) に変更される点を除いて、第 1 の実施形態と同一である (図 9 及び図 10 等も参照のこと)。

[0091] しかし、前述したように、上下面歪ゲージセット 369 を正確に、モーメント $M_r A$ の歪の中心に配置することは困難である。同様に側面歪ゲージセット 371 も正確にモーメント $M_\theta B$ の歪の中心に配置することは困難である。

したがって、上下面歪ゲージセット 369 には、法線方向の力 F_r のモーメント $M_r A$ の影響が生ずる。同様に、側面歪ゲージセット 371 には、回転方向の力 F_θ のモーメント $M_\theta A$ の影響が生ずる。

そこで、第 2 の実施形態では、以下の方法によって、その影響を除去している。

なお、前述したが、回転方向の力 F_θ によるトルク $T_\theta A$ 及びトルク $T_\theta B$ は取り付け位置が正確でなくても、取り付け方向が正確でなくてもキャンセルすることができる。

[0092] まず、上下面歪ゲージセット 369 に生ずる取り付け位置のずれ (モーメント $M_r A$ の歪の中心からのずれ) は、上下面歪ゲージセット 369 に以下

のような影響を与える。

上下面歪ゲージセット 369 の歪値 $X = r + k n$ （以下、この式を式（４）という。）

また、側面歪ゲージセット 371 にも、取り付け位置のずれ（モーメント $M \theta B$ の歪の中心からのずれ）は、側面歪ゲージセット 371 に以下のような影響を与える。

側面歪ゲージセット 371 の歪値 $Y = n + l r$ （以下、この式を式（５）という）

ここで、 r は回転方向歪であり、 n は法線方向歪であり、 k は法線方向歪が回転方向歪に影響を与える影響係数であり、 l は回転方向歪が法線方向歪に影響を与える影響係数である。

この式（４）及び式（５）から、法線方向歪 n の影響を除去すると以下のような式が導き出せる。

$r = (X - k Y) / (1 - k l) = A (X - k Y)$ （以下、この式を式（６）という）

ここで、 A は $1 / (1 - k l)$ であり比例定数である。

[0093] 以上から、トルク T_r は式（１）を修正して以下のように求めることができる。

トルク T_r [Nm] = $m g L (X_h - X_z) / (X_c - X_z)$ で計算される（以下、この式を式（７）という。）。

ここで、クランク 105 が水平状態でペダル 103 に垂直に m [kg] を載せた場合の歪量が X_c であり、それぞれの無負荷状態の場合における歪量が X_z であり、クランク軸 107 からはペダル 103 までの距離が L である。 g は重力加速度である。

ここで、補正回転出力 X_h は、以下のように求めることができる。

補正回転出力 $X_h = X - p (Y - Y_z)$ （以下、この式を式（８）という。）

さらに、ここで、 p 値は以下のような式で求めることができる。

$(X_u - X_z) = p (Y_u - Y_z)$ (以下、この式を式(9)という。)

クランク105が下死点における、 X を X_u とし、 Y を Y_u としている。

[0094] つまり、下死点において m [kg]を加え、 X_u 、 Y_u を現実に測定して記憶し、水平位置における X_z 及び Y_z を現実に測定して記憶する。そして、その値を式(9)に代入することによって、 p 値を算出する。

さらに、上下面歪ゲージセット369からの歪値 X 及び側面歪ゲージセット371からの歪値 Y を式(8)に代入することによって、補正回転出力 X_h を算出する。なお、ここでの Y_z は既に測定済みである。

さらに、 X_h を式(7)に代入する事によって、トルク T_r を算出可能である。なお、 X_z 及び X_c も測定済みである。

以上によって、トルク T_r を算出することが可能であるから、これを、用いて、平均パワー P を算出して、その後式(2)を用いることによって、平均パワー P を算出することができる(図10の説明部分を参照されたい)。

[0095] 同様にして、損失量も算出することができる。

具体的には、式(4)及び式(5)は同様であるから、式(4)及び式(5)から、回転方向の力 F_r の影響を除去すると以下のような式が導き出せる。

$n = (Y - lX) / (1 - kl) = A (Y - lX)$ (以下、この式を式(10)という)

ここで、 A は $1 / (1 - kl)$ であり比例定数である。

[0096] 以上から、損失量は式(3)を修正して以下のように求めることができる。

損失量 $= mg (Y_h - Y_z) / (Y_u - Y_z)$ で計算される (以下、この式を式(11)という。)

ここで、クランク105が下死点においてペダル103に垂直に m [kg]を載せた場合の歪量が Y_u であり、それぞれの無負荷状態の場合における歪量が Y_z である。 g は重力加速度である。

ここで、補正損失出力 Y_h は、以下のように求めることができる。

補正損失出力 $Y_h = Y - q(X - X_z)$ （以下、この式を式（12）という。）

さらに、ここで、 q 値は以下のような式で求めることができる。

$(Y_u - Y_z) = q(X_u - X_z)$ （以下、この式を式（13）という。）

クランク105が下死点における、 X を X_u としている。

[0097] つまり、下死点において $m[kg]$ を加え X_u 、 Y_u を現実的に測定して記憶し、水平位置における X_z 及び Y_z を現実的に測定して記憶する。そして、その値を式（13）に代入することによって、 q 値を算出する。

さらに、上下面歪ゲージセット369からの歪値の X 及び側面歪ゲージセット371からの歪値の Y を式（12）に代入することによって、補正損失出力 Y_h を算出する。なお、ここでの X_z は既に測定済みである。

さらに、 Y_h を式（11）に代入する事によって、損失量を算出可能である。なお、 X_z も測定済みである。

[0098] 以上のように構成したことから、側面第1歪ゲージ371aと側面第2歪ゲージ371bとを直交して配置し、かつ、側面ブリッジ回路373Bの対角位置に配置した構成とすることによって、取り付け角度に誤差があってもねじり方向歪による影響を除去することが可能となる。

つまり、このような構成としたことによって、回転方向の力 F_θ による歪のみを検出することが可能となる。

その理由は、図8（c）のところで説明している。

つまり、上下面歪ゲージセット369の取り付け角が多少傾いていても、側面第1歪ゲージ371aの変化と側面第2歪ゲージ371bの変化とは互いに正負反対値に変化し、かつ、その変化量は同一となり、その結果、測定モジュール歪検出回路365によってキャンセルされてしまうからである。

[0099] また、以上のような計算式を用いることによって、法線方向の力 F_r によるモーメント $M_r A$ の影響及び回転方向の力 F_θ によるモーメント $M_\theta B$ の

影響を除去することが可能となる。

[0100] 加えて、以上のような構成を有することから、回転方向の平均パワーPのみならず、法線方向の損失量をも検出することが可能となる。

[0101] さらに、この第2の実施形態のような方法であると、上下面歪ゲージセット369及び側面歪ゲージセット371を含む測定モジュール301は、自転車製造の後に取り付けることが可能となる。

つまり、ユーザ等は上下面歪ゲージセット369及び側面歪ゲージセット371を適切な位置に接着し、測定モジュール301を配置することによって、ユーザ等は平均パワーP及び損失量を測定する機能を、自転車1の一部を変更することなく後付で設けることが可能となる。

[0102] <第3の実施形態>

第2の実施形態では、法線方向の歪によって補正を行ったが、クランク105の角度によって、法線方向の歪を予測することで簡易に補正を行うことも可能である。

これによって、第2の実施形態の側面歪ゲージセット371が不要になるという効果がある。この構成とすると、コストの削減、計算量の減少という効果がある。

[0103] <第4の実施形態>

上記の各実施形態では、右側クランク105aに歪センサ366を設けていたが、左側クランク105bにも設けることが可能である。

これによって、ユーザは、左右のペダリングバランスを知ることが可能となる。

[0104] <第5の実施形態>

クランク105の製造過程において歪センサ366を、クランク105の内部に埋め込んでも良い。

また、クランク105が中空構造の場合には、歪センサ366を中空の内面に接着しても良い。

これらの方法によると、クランク105の外観を害せずに歪センサ366

を配置することができる。また、外部に露出しないことから、歪センサ 366 の耐久性を向上させることが可能となる。

[0105] <第 6 の実施形態>

上下面歪ゲージセット 369 及び側面歪ゲージセット 371 を積層している直交型ではなく、非積層の矢羽型を用いることも可能である。

矢羽型とすると、積層構造でないことからより安価に構成することが可能となる。

[0106] 本発明の実施形態における自転車 1 に加わっている力の測定装置は、自転車 1 のクランク 105 の上面側又は下面側に接合可能な上下面歪ゲージセット 369 と、上下面歪ゲージセット 369 からの出力が入力される上下面ブリッジ回路 373 A と、を有し、上下面歪ゲージセット 369 及び上下面ブリッジ回路 373 A は、クランク 105 に加わっているねじり方向歪及び内外方向歪の少なくとも一部をキャンセルして、回転方向の歪を検出可能である。

このような構成を有することから、上下面歪ゲージセット 369 を、正確な位置かつ正確な方向に配置することによって、回転方向の力によるトルクのみを検出することが可能となる。

[0107] 本発明の自転車 1 に加わっている力の測定方法は、自転車 1 のクランク 105 の上面側又は下面側に接合可能な上下面歪ゲージセット 369、及び、上下面歪ゲージセット 369 からの出力が入力される上下面ブリッジ回路 373 A によって、クランク 105 に加わっているねじり方向歪及び内外方向歪の少なくとも一部をキャンセルして、回転方向歪を検出可能である。

このような方法を用いることから、回転方向の力によるトルクのみを検出することが可能となる。

[0108] 本発明における人力機械とは、自転車 1、フィットネスバイク等のクランク 105 を備えた人力で駆動される機械をいう。つまり、クランク 105 を備えた人力で駆動（必ずしも場所的な移動をする必要はない）される機械であれば、人力機械はどのようなものであっても良い。

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、歪センサ 366 以外は通信を介することとし全く別の場所にある装置であってもよい。つまり、測定モジュール 301 は、本発明における測定装置の一例である。

また、本発明における接合とは、接着等による一体化をいう。つまり、本発明における接合とは、一体化することができるものであればどのようなものであっても良い。

[0109] 内外方向歪とは、例えば、法線方向の力 F_r によるモーメント $M_r A$ によって生ずる歪、及び、法線方向の力 F_r によるモーメント $M_r B$ によって生ずる歪である。つまり、内外方向歪は、クランク 105 に生ずる内外方向への歪である。

回転方向歪とは、例えば、回転方向の力 F_θ によるモーメント $M_\theta A$ によって生ずる歪、及び、回転方向の力 F_θ によるモーメント $M_\theta B$ によって生ずる歪である。つまり、回転方向歪は、クランク 105 に生ずる回転方向への歪である。

ねじり方向歪とは、例えば、回転方向の力 F_θ によるトルク $T_\theta A$ によって生ずる歪、及び、回転方向の力 F_θ によるトルク $T_\theta B$ によって生ずる歪である。つまり、ねじり方向歪は、クランク 105 に生ずるねじり方向への歪である。

歪ゲージセットとは、上下面歪ゲージセット 369 及び／又は側面歪ゲージセット 371 をいう。

第 1 歪ゲージとは、上下面第 1 歪ゲージ 369 a 及び／又は側面第 1 歪ゲージ 371 a をいう。

第 2 歪ゲージとは、上下面第 2 歪ゲージ 369 b 及び／又は側面第 1 歪ゲージ 371 b をいう。

[0110] また、本発明は以上の実施形態に限定されるものではなく、様々な変化した構造、構成、制御を行っていても良い。

符号の説明

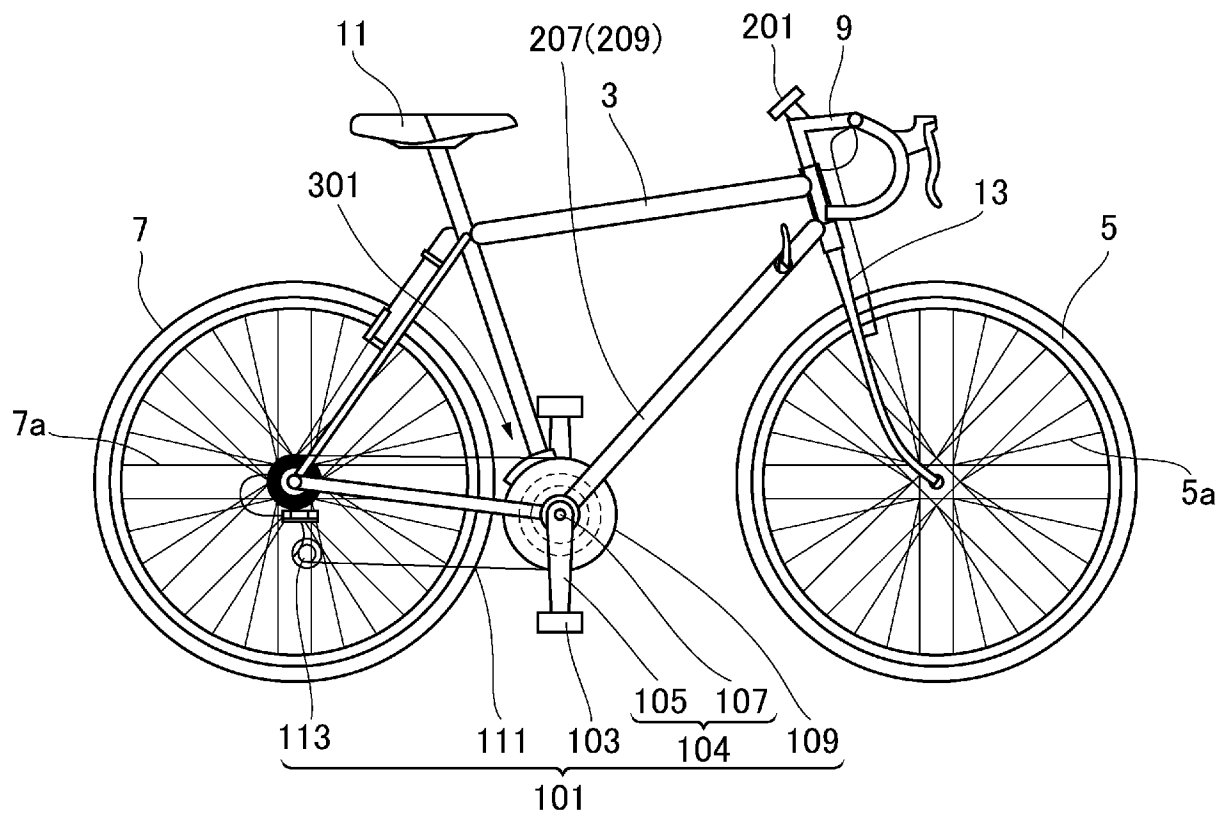
[0111] 1…自転車、3…フレーム、5…フロント車輪、5a…フロントスポーク、7…リア車輪、7a…リアスポーク、9…ハンドル、11…サドル、13…フロントフォーク、101…駆動機構、103…ペダル、104…クランク機構、105…クランク、107…クランク軸、109…フロントギア、111…チェーン、113…リアギア、115…ペダルクランク軸、117…上下面部分、119…側面部分、
201…サイクルコンピュータ、203…サイクルコンピュータ表示部、205…サイクルコンピュータ操作部、207…サイクルコンピュータケイデンス無線受信部、209…サイクルコンピュータ無線受信部、251…サイクルコンピュータ制御部、253…サイクルコンピュータ記憶部、261…サイクルコンピュータタイマ、
301…測定モジュール（測定装置）、309…測定モジュール無線送信部、351…測定モジュール制御部、353…測定モジュール記憶部、361…測定モジュールタイマ、363…測定モジュールA/D、365…測定モジュール歪検出回路、366…歪センサ、369…上下面歪ゲージセット、369a…上下面第1歪ゲージ、369b…上下面第2歪ゲージ、371…側面歪ゲージセット、371a…側面第1歪ゲージ、371b…側面第2歪ゲージ、373A…上下面ブリッジ回路、373A-1…上下面第1接続点、373A-2…上下面第2接続点、373B…側面ブリッジ回路、373B-1…側面第1接続点、373B-2…側面第2接続点、375A…上下面増幅回路、375B…側面増幅回路、377A…上下面基準電圧回路、377B…側面基準電圧回路、
501…ケイデンスセンサ、503…磁石、505…リードスイッチ、507…ケイデンスセンサ無線送信部、551…ケイデンスセンサ制御部、553…ケイデンスセンサ記憶部、561…ケイデンスセンサタイマ

請求の範囲

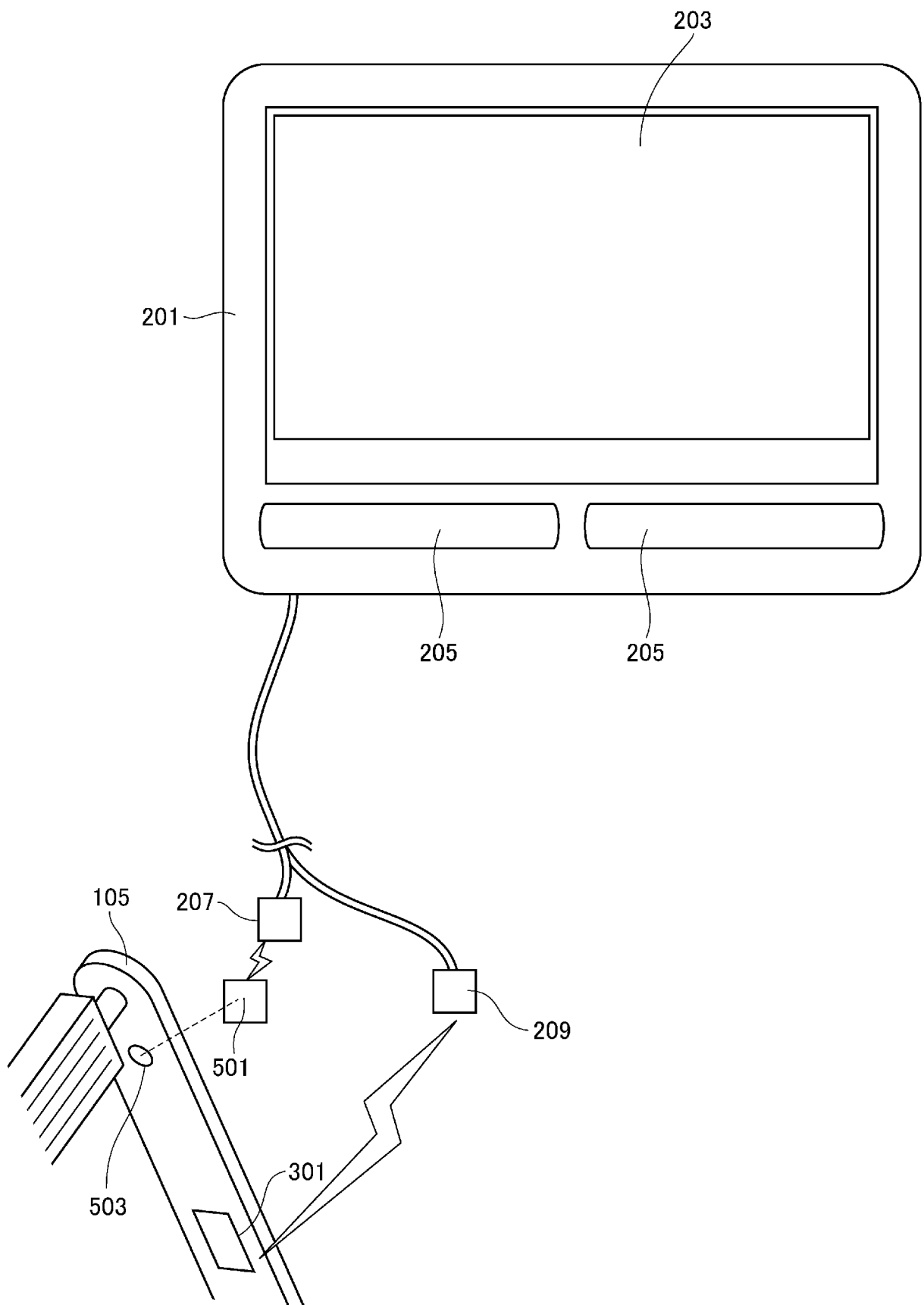
- [請求項1] 人力機械のクランクの上面側又は下面側に接合可能な上下面歪ゲージセットと、
 前記上下面歪ゲージセットからの出力が入力される上下面ブリッジ回路と、を有し、
 前記上下面歪ゲージセット及び前記上下面ブリッジ回路は、前記クランクに加わっているねじり方向歪及び内外方向歪の少なくとも一部をキャンセルして、回転方向歪を検出可能な
 人力機械に加わっている力の測定装置。
- [請求項2] 人力機械のクランクの側面側に接合可能な側面歪ゲージセットと、
 前記側面歪ゲージセットからの出力が入力される側面ブリッジ回路と、を有し、
 前記側面ブリッジ回路からの出力によって、前記上下面歪ゲージセットの出力に含まれる内外方向歪の影響を除去する
 請求項 1 に記載の測定装置。
- [請求項3] 前記上下面歪ゲージセット又は前記側面歪ゲージセットは、第 1 歪ゲージと第 2 歪ゲージを有し、
 前記第 1 歪ゲージの検出方向と、前記第 2 歪ゲージの検出方向は直交に形成されており、
 前記歪ゲージセットは、前記第 1 歪ゲージの検出方向と前記第 2 歪ゲージの検出方向との中間方向が前記クランクの長手方向になるように、前記クランクに接合され、
 前記第 1 歪ゲージと前記第 2 歪ゲージは前記ブリッジ回路の対角位置にそれぞれ接続される
 請求項 1 又は請求項 2 に記載の測定装置。
- [請求項4] 前記回転方向歪から前記クランクに生ずる回転方向のトルクを算出する
 請求項 1 ～ 3 いずれか 1 項に記載の測定装置。

- [請求項5] 前記上下面歪ゲージセット又は前記側面歪ゲージセットは、前記クランクの内部に形成されている
- 請求項 1 ～ 4 いずれか 1 項に記載の測定装置。
- [請求項6] 前記上下面歪ゲージセット又は前記側面歪ゲージセットは、それぞれの歪ゲージを直交に配置している直交型歪ゲージセットによって形成されている
- 請求項 1 ～ 5 いずれか 1 項に記載の測定装置。
- [請求項7] 前記上下面歪ゲージセット又は前記側面歪ゲージセットは、矢羽型歪ゲージセットによって形成されている
- 請求項 1 ～ 6 いずれか 1 項に記載の測定装置。
- [請求項8] 人力機械のクランクの上面側又は下面側に接合可能な上下面歪ゲージセット、及び、前記上下面歪ゲージセットからの出力が入力される上下面ブリッジ回路によって、前記クランクに加わっているねじり方向歪及び内外方向歪の少なくとも一部をキャンセルして、回転方向歪を検出可能な
- 人力機械に加わっている力の測定方法。

[図1]

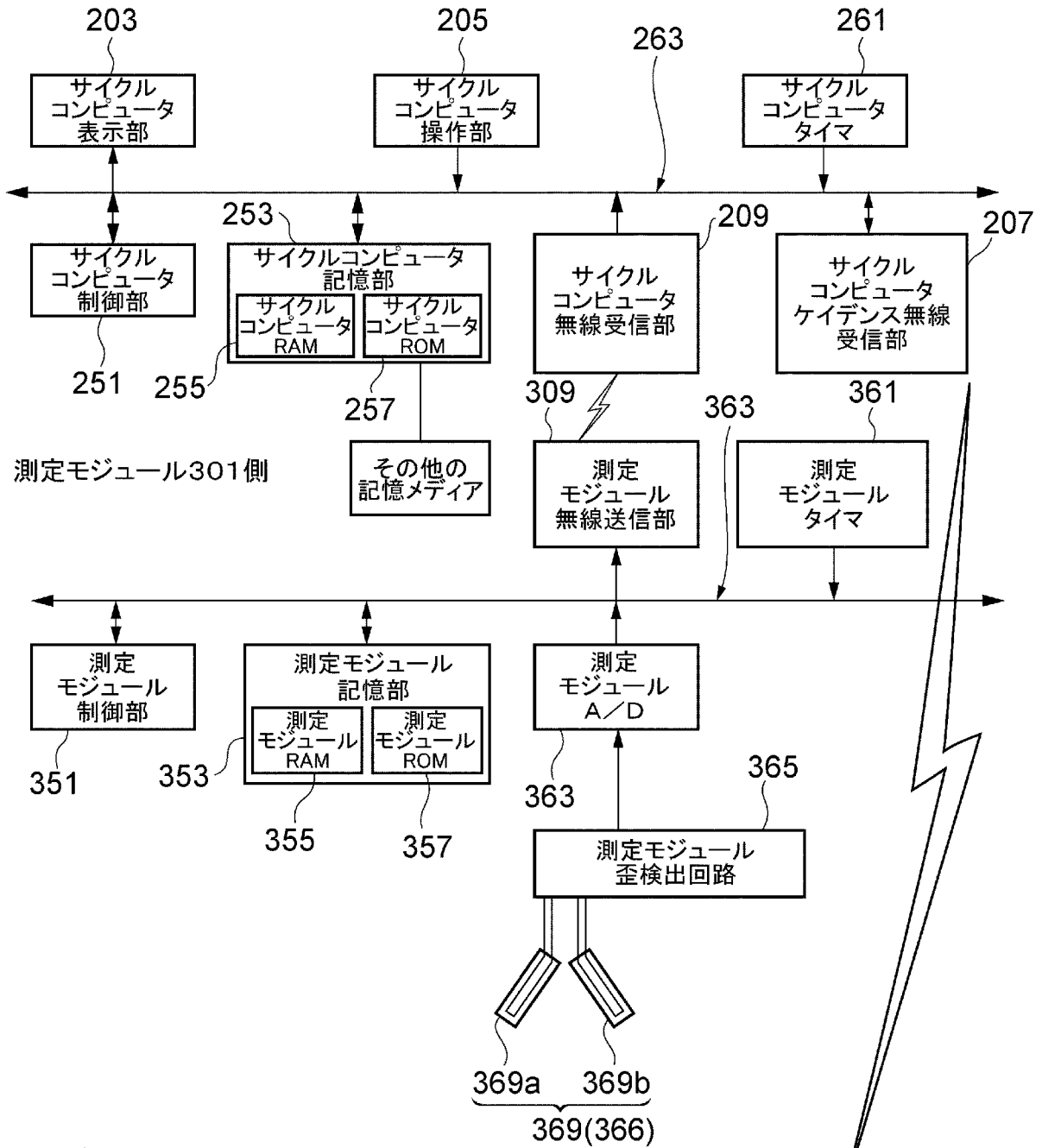
1

[図2]

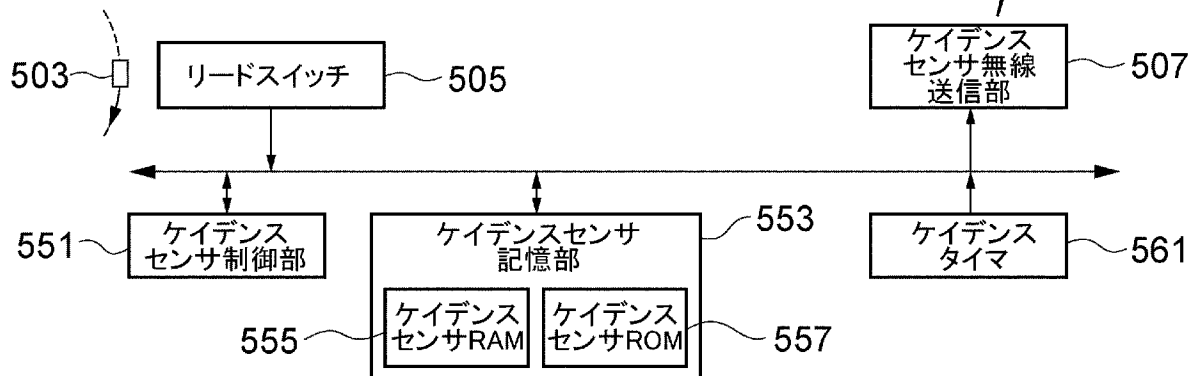


[図3]

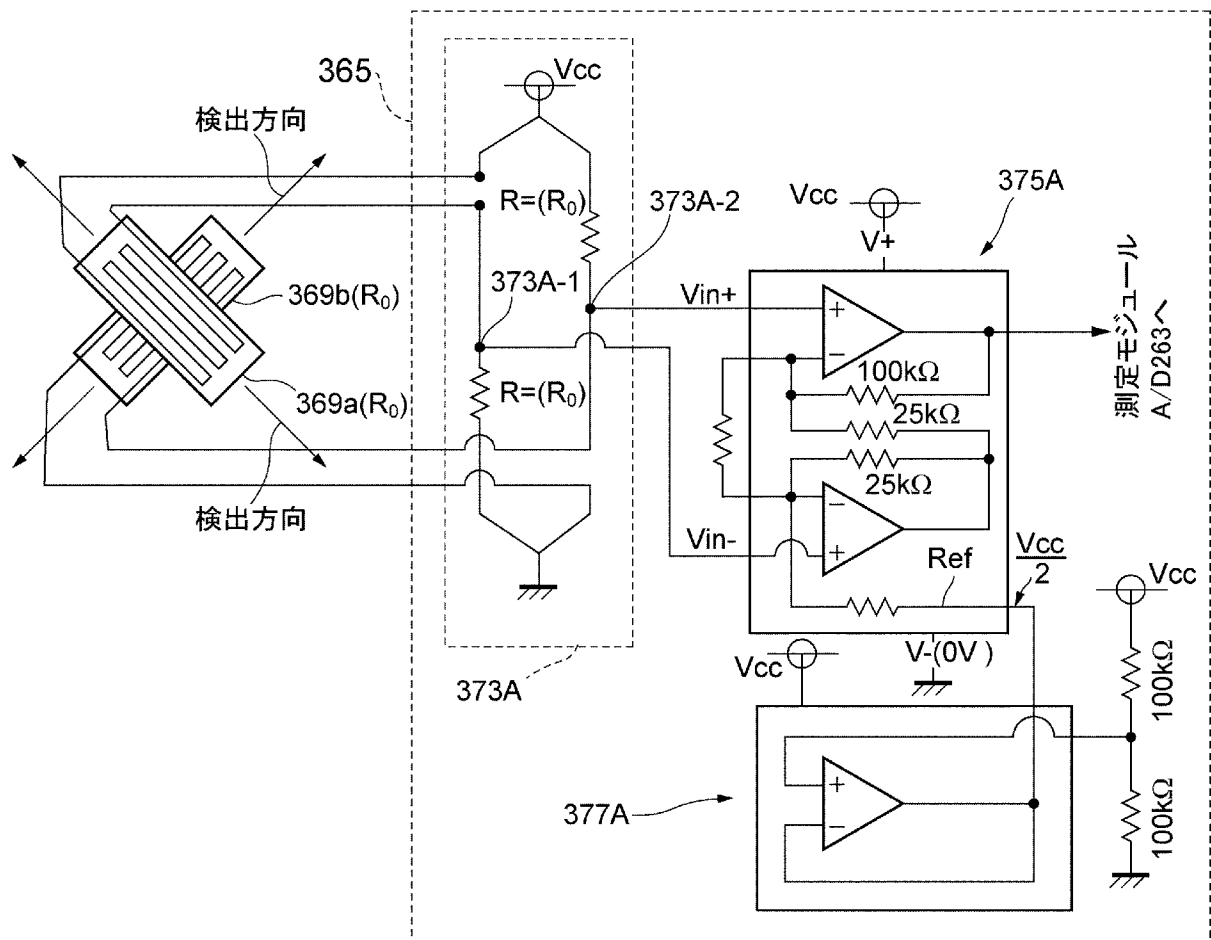
サイクルコンピュータ201側



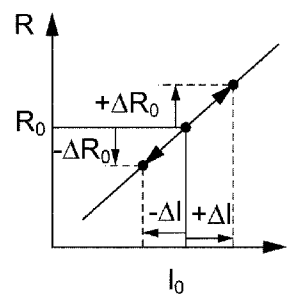
ケイデンスセンサ501側



[図4]

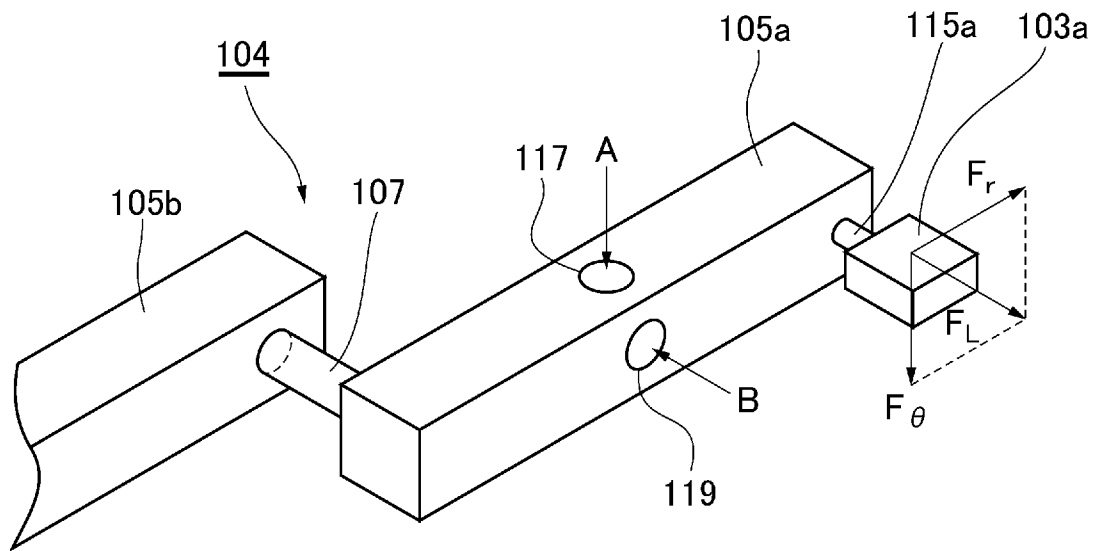


(a)

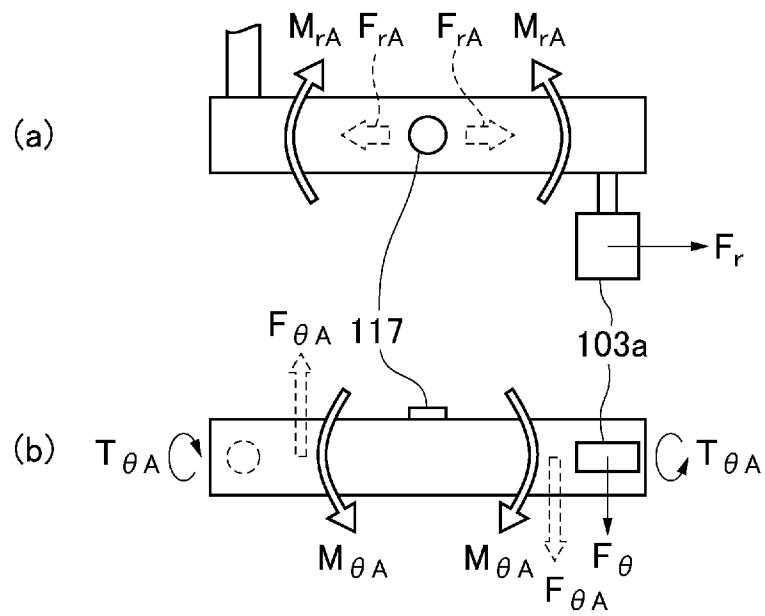


(b)

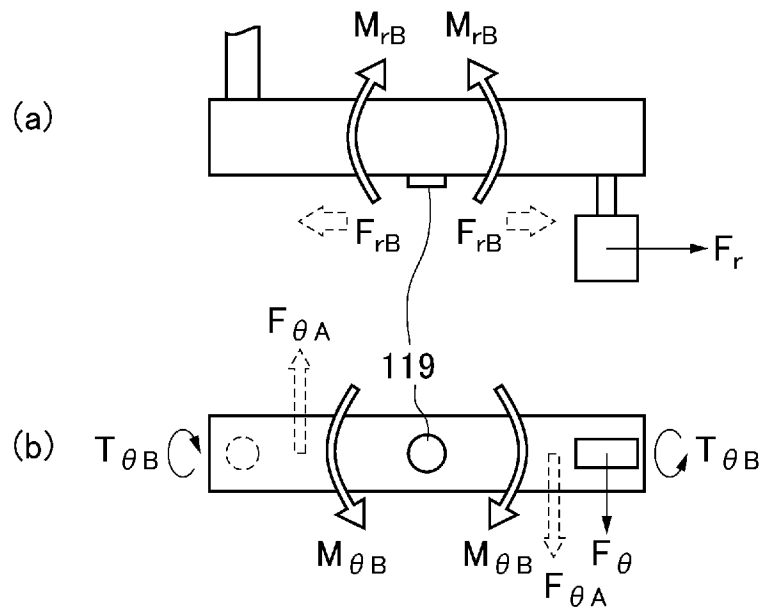
[図5]



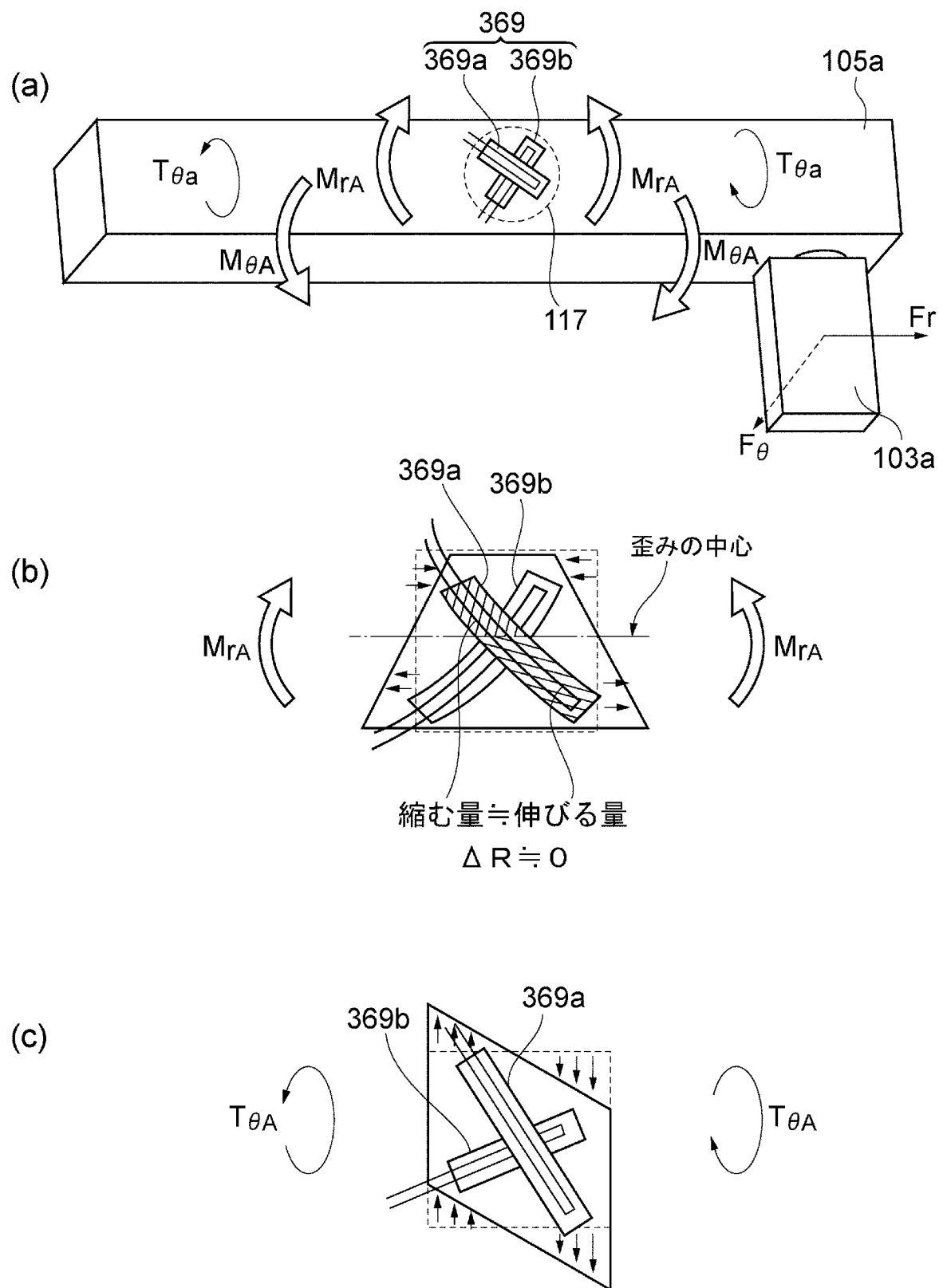
[図6]



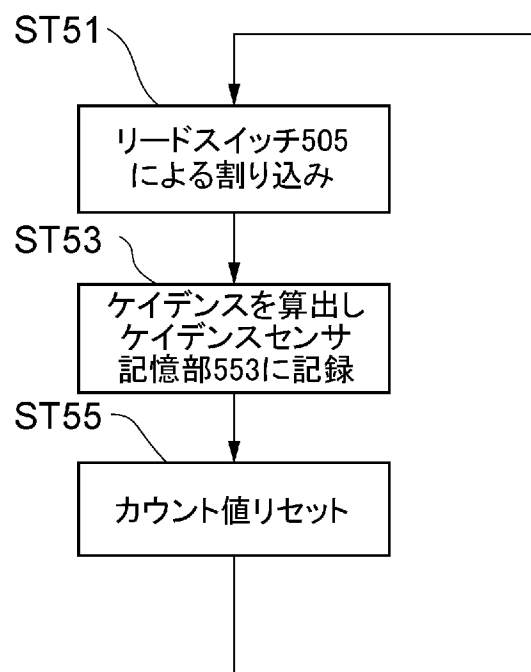
[図7]



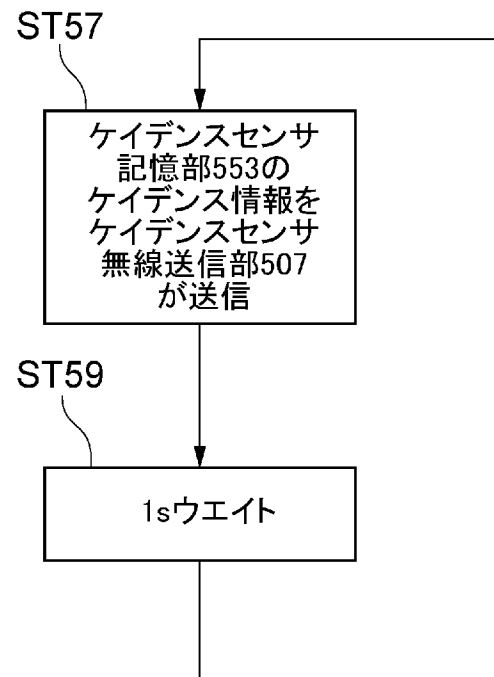
[図8]



[図9]

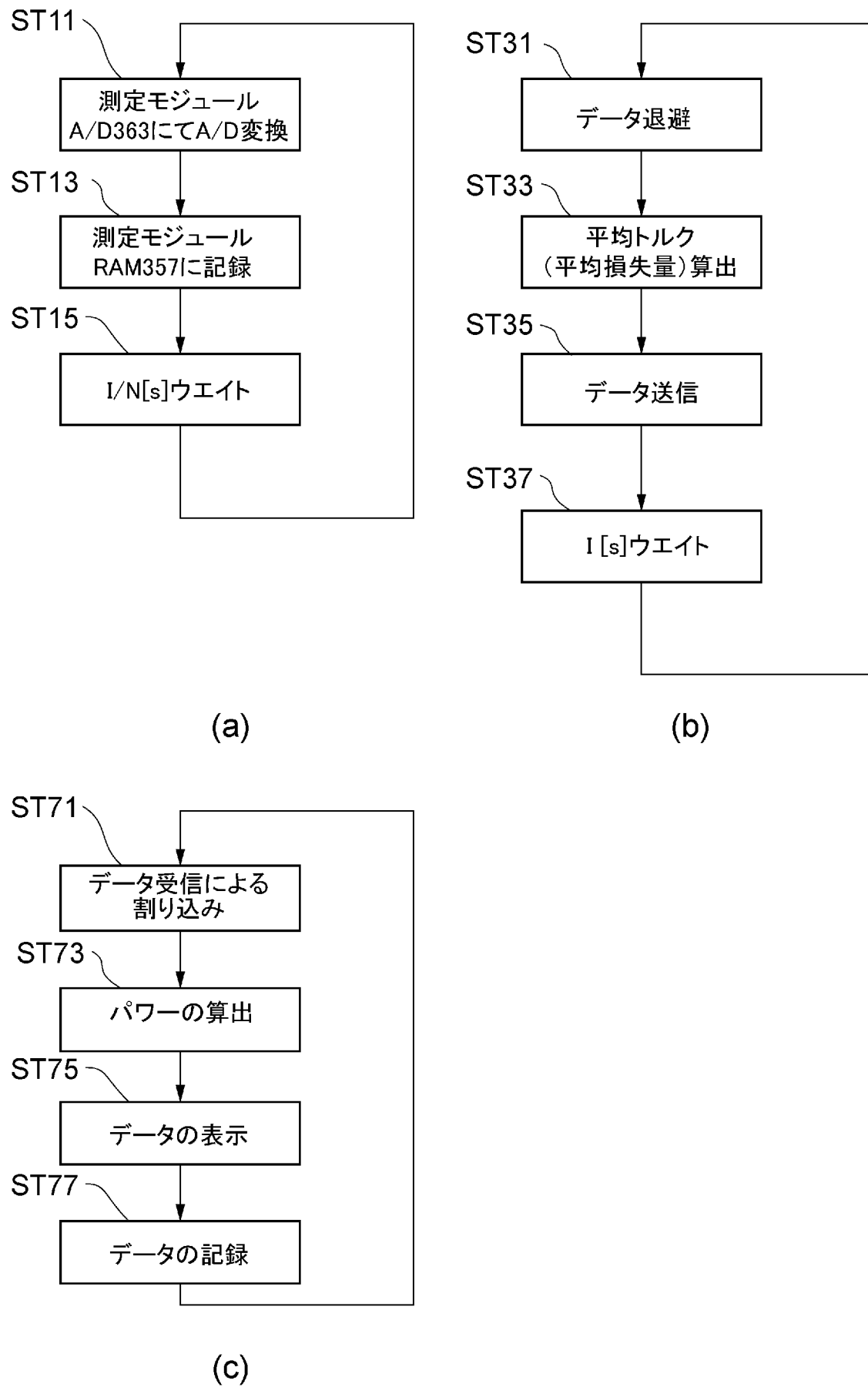


(a)

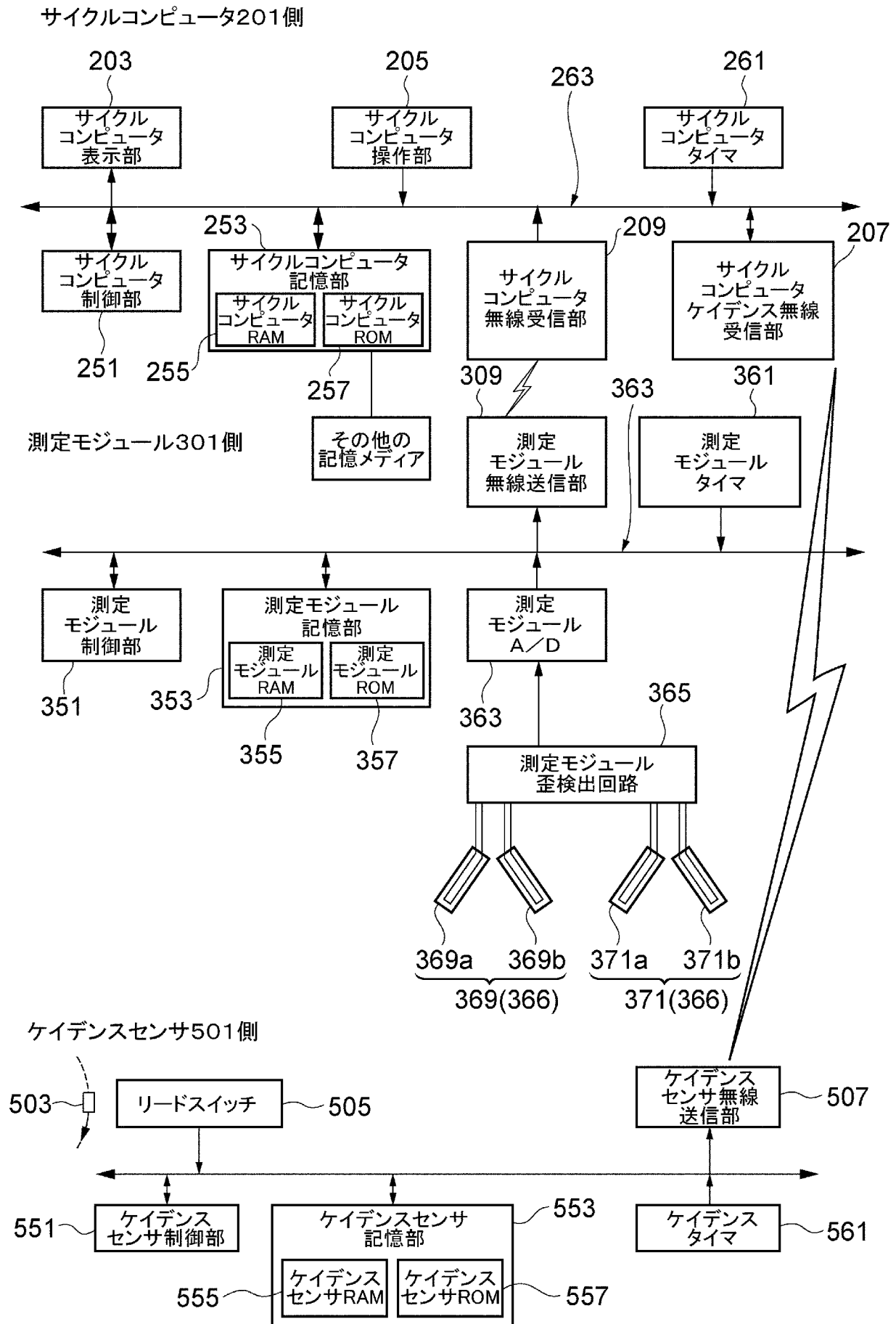


(b)

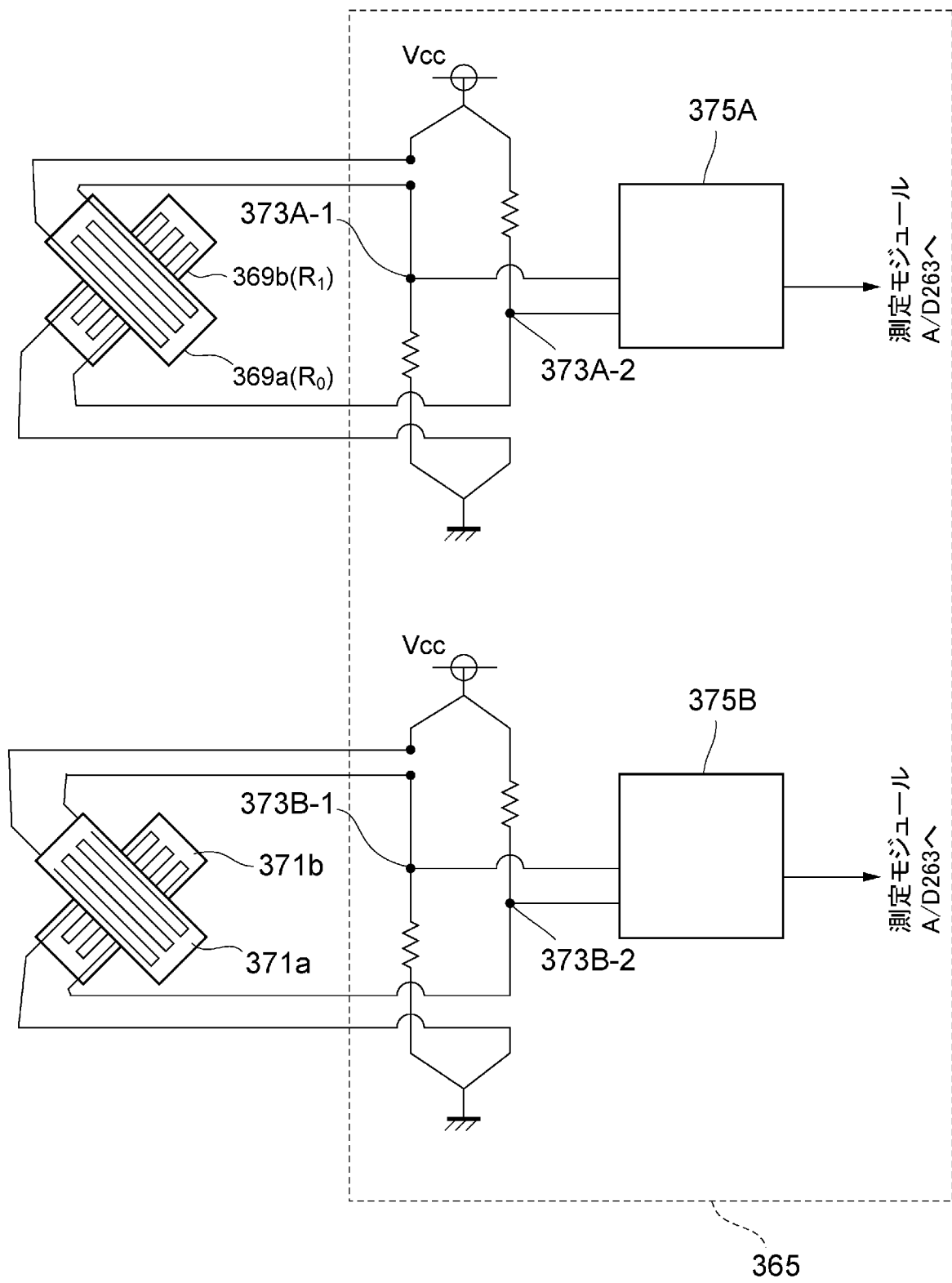
[図10]



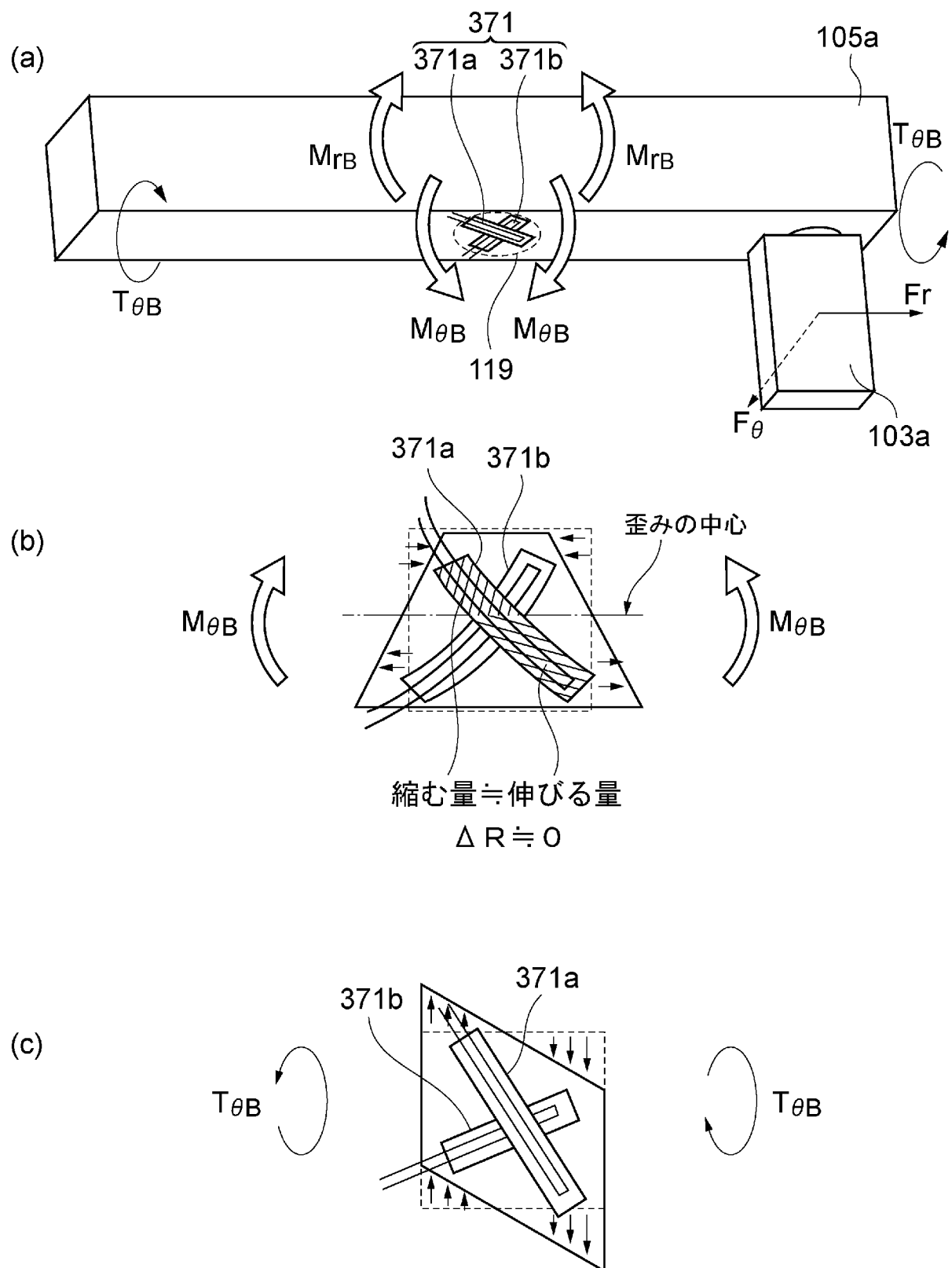
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/069215

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01L5/00(2006.01) i, G01L3/14(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)

G01L1/22, G01L3/00-3/26, G01L5/00-5/28, B62J1/00-39/00

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
X Y	WO 2009/006673 A1 (FISHER, Mark), 15 January 2009 (15.01.2009), page 6, line 23 to page 15, line 9; fig. 1 to 6 & US 2010/0263468 A & EP 2165171 A & AU 2008274881 A	1-2, 4, 8 3, 5-7
Y	JP 6-241922 A (Japan Electronics Industry Ltd.), 02 September 1994 (02.09.1994), paragraphs [0012] to [0017]; fig. 1 to 9 & US 5507187 A & EP 611959 A2 & DE 69429589 D	3-7
A	US 5027303 A (Don C. Witte), 25 June 1991 (25.06.1991), column 4, lines 11 to 56; fig. 7 (Family: none)	1, 8



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
05 January, 2011 (05.01.11)

Date of mailing of the international search report
18 January, 2011 (18.01.11)

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. G01L5/00(2006.01)i, G01L3/14(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. G01L1/22, G01L3/00-3/26, G01L5/00-5/28, B62J1/00-39/00

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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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
X Y	WO 2009/006673 A1 (FISHER, Mark) 2009.01.15, 6 頁第 2 3 行 - 1 5 頁第 9 行, 第 1 - 6 図 & US 2010/0263468 A & EP 2165171 A & AU 2008274881 A	1-2, 4, 8 3, 5-7
Y	JP 6-241922 A (日本電子工業株式会社) 1994.09.02, [O O 1 2] - [O O 1 7], 第 1 - 9 図 & US 5507187 A & EP 611959 A2 & DE 69429589 D	3-7

☒ 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

0 5 . 0 1 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 1 . 2 0 1 1

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)

田邊 英治

2 F

9 4 0 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

C (続き) . 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	US 5027303 A (Don C. Witte) 1991.06.25, 第4欄第11行ー第56行, 第7図 (ファミリーなし)	1, 8