

(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
2018年7月19日(19.07.2018)



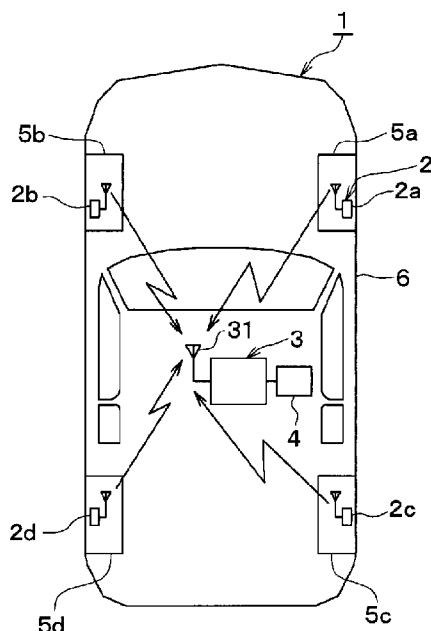
(10) 国際公開番号

WO 2018/131664 A1

- (51) 国際特許分類:
B60C 23/04 (2006.01) *G01L 17/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/000533
- (22) 国際出願日: 2018年1月11日(11.01.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2017-002723 2017年1月11日(11.01.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 前原 宏明 (MAEHARA Hiroaki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人ゆうあい特許事務所 (YOU-I PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目6番5号 名古屋錦シティビル4階 Aichi (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: SENSOR TRANSMITTER, WHEEL POSITION DETECTION DEVICE, AND TIRE AIR PRESSURE DETECTION DEVICE EQUIPPED WITH SAME

(54) 発明の名称: センサ送信機、車輪位置検出装置およびそれを備えたタイヤ空気圧検出装置



(57) Abstract: Each sensor transmitter (2) itself calculates the inclination angle (θ_{set}) of a G sensor (22) mounted to a wheel (any of 5a to 5d), and estimates which of the right wheels (5a, 5c) and the left wheels (5b, 5d) the sensor transmitter is mounted to on the basis of calculated quadratic and linear functions and measured quadratic and linear functions. Then, for each sensor transmitter (2), it is identified on a receiver (3) side, on the basis of the estimation result and an effective tire radius, which of the front wheel (5a, 5b) or the rear wheel (5c, 5d) the sensor transmitter (2) is mounted to. Accordingly, it can be identified which of the wheels (5a





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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

to 5d) the respective sensor transmitters (2) are mounted to.

(57) 要約: センサ送信機(2)自身で、車輪(5a~5d)に対するGセンサ(22)の取り付けの傾斜角度(θ_{set})を演算し、計算2次関数と計算1次関数および実測2次関数と実測1次関数に基づいて、右車輪(5a、5c)と左車輪(5b、5d)のいずれに取り付けられたものであるかを推定する。そして、その推定結果および実効タイヤ半径に基づいて、受信機(3)側で各センサ送信機(2)が両前輪(5a、5b)と両後輪(5c、5d)のいずれに取り付けられたものであるかを特定する。これにより、センサ送信機(2)が車輪(5a~5d)のいずれに取り付けられたものであるかを特定することが可能となる。

明 細 書

発明の名称：

センサ送信機、車輪位置検出装置およびそれを備えたタイヤ空気圧検出装置

関連出願への相互参照

[0001] 本出願は、2017年1月11日に提出された日本特許出願番号2017-2723号に基づくもので、ここにその記載内容が参照により組み入れられる。

技術分野

[0002] 本開示は、車輪が車両のどの位置に取り付けられているかを検出するセンサ送信機や車輪位置検出装置に関するもので、特に、タイヤ空気圧の検出を行うタイヤ空気圧検出装置に適用すると好適である。

背景技術

[0003] 従来より、タイヤ空気圧検出装置（以下、TPMS：Tire Pressure Monitoring Systemという）の1つとして、ダイレクト式のものがある。このタイプのTPMSでは、タイヤが取り付けられた車輪側に、圧力センサ等のセンサが備えられたセンサ送信機が直接取り付けられている。また、車体側には、アンテナおよび受信機が備えられており、センサからの検出信号がセンサ送信機から送信されると、アンテナを介して受信機にその検出信号が受信され、タイヤ空気圧の検出が行われる。

[0004] このようなダイレクト式のTPMSでは、データ送信を行うセンサ送信機がどの車輪に取り付けられたものかを判別できるようにする必要がある。このため、例えば下記の（１）～（６）に示すような様々な方法によって、センサ送信機が取り付けられた車輪を検出する車輪位置検出が行われている。

[0005] （１）センサ送信機にトリガ信号の受信機能を持たせ、トリガ信号を受信したときの受信強度を示したデータを受信機側に伝えるという双方向通信を行うことで、車輪位置検出を行っている。具体的には、各センサ送信機から

異なる距離となるようにトリガ機を配置し、トリガ機からトリガ信号を出力すると、各センサ送信機でトリガ信号が異なった受信強度で測定されるようにしている。この受信強度の相違に基づいて、車輪位置検出を行っている。

[0006] (2) 各センサ送信機からの距離が異なる距離となるように車体側の受信機を配置する手法もある。すなわち、センサ送信機が送信する R F (Radio Frequency) 信号の信号強度を受信機側で測定し、その測定結果と、各センサ送信機と受信機との間の距離と予め測定しておいた受信強度パターンとの関係に基づいて、車輪位置検出を行うことができる。

[0007] (3) センサ送信機に車輪の回転方向と径方向の加速度を検出できる 2 軸の加速度センサ（以下、G センサという）を備える手法もある（例えば、特許文献 1 参照）。車輪の回転方向で各軸の G センサの検出信号の位相差が変わることから、受信機でその位相差を比較することにより送信機が左右いずれの車輪に取り付けられたものであるかを判別し、車輪位置検出を行っている。

[0008] (4) 操舵輪の方が従動輪よりも移動距離が長くなることを利用して、前後輪のいずれに設置されたセンサ送信機であるかを特定するという車輪位置検出の手法もある。回転するタイヤの遠心力が車輪速度に比例することから、G センサによって検出した車輪の遠心力を積分することでタイヤの移動距離と比例する値を生成する。この値を受信機が受け取り、タイヤの移動距離が長い方を操舵輪、短い方を従動輪と判定している。

[0009] (5) アンチロックブレーキ（以下、ABS という）制御に用いている車輪速度センサの歯車情報を用いて車輪位置検出を行う手法もある。具体的には、センサ送信機に備えた G センサの加速度検知信号に基づいて車輪が所定の回転位置（回転角度）になったことを検出し、車輪側からフレーム送信を行わせる。そして、車輪と連動して回転させられる歯車の歯の通過を車輪速度センサで検出し、フレームの受信タイミングでの歯位置が車輪毎にほぼ一定になることを利用して、歯位置のバラツキ幅に基づいて、車輪位置検出を行っている。

[0010] (6) 受信機でセンサ送信機から送られてくるタイヤ空気圧に関する情報を受信して、タイヤ空気圧の変化を測定すると共に、そのときの車両の加速度を測定し、タイヤ空気圧の変化が車両の加速度に応じた値となることに基づいて車輪位置検出を行う手法もある。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特許第4 1 1 1 3 0 5 号公報

発明の概要

[0012] しかしながら、(1)の手法では、トリガ機などの追加の設備が必要になるため、装置構成の複雑化を招くし、コスト増にも繋がる。(2)の手法では、受信機、もしくは受信アンテナの搭載位置に制約が発生し、車両適合を加味すると、その搭載位置が更に限定されてしまう。(3)の手法では、2軸のGセンサという特殊なセンサが必要になる。(4)の手法では、タイヤ径が前後輪で異なっている場合、操舵輪と従動輪との判別が難しく、誤判定を招く。(5)の手法では、ABS制御に用いる車輪速度センサの情報を利用するため、車輪位置検出装置、もしくはタイヤ空気圧検出装置との通信仕様が複雑になる。(6)の手法では、タイヤ空気圧の検出精度を出すことが難しいため、精度良い車輪位置検出を行えない。

[0013] 本開示は、トリガ機などの追加の設備や2軸のGセンサを必要とせず、搭載位置の制約も少なく、通信仕様の複雑化を招かなくても、的確に車輪位置検出を行うことができるセンサ送信機、車輪位置検出装置およびそれを用いたタイヤ空気圧検出装置を提供することを目的とする。

[0014] 上記目的を達成するため、請求項1に記載の車輪位置検出装置では、第1制御部において、加速度センサで検出した加速度に基づいて、加速度センサが径方向に対して周方向にずらされた角度に相当する傾斜角度を演算し、車輪に対して傾斜角度で加速度センサが取り付けられている場合における加速度の計算値の振幅の中央値を2次関数で近似した計算2次関数と、加速度の計算値の微分値の中央値を1次関数で近似した計算1次関数と、加速度セン

サで実際に検出される値の振幅の中央値を 2 次関数で近似した実測 2 次関数と、加速度センサで実際に検出される値の微分値の中央値を 1 次関数で近似した実測 1 次関数とに基づいて、該第 1 制御部が備えられたセンサ送信機自身に取り付けられたのが右車輪と左車輪のいずれであるかを推定する。

[0015] すなわち、実測 2 次関数における 2 次の項の係数を C_1 、1 次の項を C_2 、定数項を C_3 として、実測 1 次関数中の 2 点における中央値および該中央値となる時間に基づいて C_1 および C_2 を算出すると共に、算出された C_1 および C_2 と実測 2 次関数中の 1 点における中央値および該中央値となる時間に基づいて C_3 を算出する。さらに、車体の加速度を a 、車速の初速度を v_0 、傾斜角度を θ_{set} 、車両が加速中であるか減速中であるかを示す加減速指示値を B 、加速度センサの検知結果から重力加速度成分と遠心加速度成分を取り除いた方向比例成分を D とし、 v_0 の符号を正として、 B の関係式である $B = C_2 / C_1 = v_0 / a$ に加えて算出した C_1 および C_2 に基づいて a の符号が正か負のいずれであるかを判定すると共に、 D の関係式である $D = -(C_2 / 2C_1)^2 + C_3 / C_1$ に加えて算出した C_1 と C_2 および C_3 に基づいて D を算出する。そして、 θ_{set} から算出される $\tan \theta_{set}$ の符号と a と D の符号が同じであるか否かに基づいて、センサ送信機自身に取り付けられたのが右車輪と左車輪のいずれであるかを推定する。

[0016] このように、センサ送信機自身で、傾斜角度を演算し、この傾斜角度に加えて計算 2 次関数や計算 1 次関数および実測 2 次関数や実測 1 次関数に基づいて、右車輪と左車輪のいずれに取り付けられたものであるかを推定している。このような車輪位置検出手法においては、トリガ機などの追加の設備が必要にならず、装置構成の複雑化、コスト増を防ぐことができる。また、受信機、もしくは受信アンテナの搭載位置の制約も少ない。また、2 軸の G センサという特殊なセンサを必要としない。さらに、操舵輪と従動輪との判別も可能である。そして、ABS 制御に用いる車輪速度センサの情報を利用しないため、通信仕様の複雑化を招くこともないし、タイヤ空気圧の検出精度が要求されることなく精度良い車輪位置検出を行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]第1実施形態にかかる第1実施形態における車輪位置検出装置が適用されるタイヤ空気圧検出装置の全体構成を示す図である。

[図2A]送信機のブロック構成を示した図である。

[図2B]受信機のブロック構成を示した図である。

[図3]車両の右側面から見たGセンサを内蔵する送信機のある時点での車軸周りの存在角度 θ を示した図である。

[図4]車両の外側から見たときの車輪に対するGセンサの取り付けの傾斜角度 θ_{set} を示した図である。

[図5]車輪の回転に伴って振幅する加速度 $A_{sens}(t)$ の振幅の中央値とそれを2次関数近似したときの関係を示した図である。

[図6]車両の諸条件を示した図表である。

[図7]右前輪および右後輪に取り付けられたセンサ送信機のGセンサの計測値 a_{sens} の波形を示した図である。

[図8A]左右前輪に取り付けられたセンサ送信機のGセンサの検出信号に基づいて加速度 a を測定したときの波形図である。

[図8B]左右後輪に取り付けられたセンサ送信機のGセンサの検出信号に基づいて加速度 a を測定したときの波形図である。

[図9A]左右前輪に取り付けられたセンサ送信機のGセンサの検出信号に基づいて加速度 a の微分値 da/dt を測定したときの波形図である。

[図9B]左右後輪に取り付けられたセンサ送信機のGセンサの検出信号に基づいて加速度 a の微分値 da/dt を測定したときの波形図である。

[図10A]右前輪の加速度 a の微分値 da/dt の波形とその中央値を直線近似したときの様子を示す図である。

[図10B]左前輪の加速度 a の微分値 da/dt の波形とその中央値を直線近似したときの様子を示す図である。

[図10C]右後輪の加速度 a の微分値 da/dt の波形とその中央値を直線近似したときの様子を示す図である。

[図10D]左後輪の加速度 a の微分値 da/dt の波形とその中央値を直線近似したときの様子を示す図である。

[図11A]右前輪の実測 1 次関数を示す直線と、加速度 a の中央値を示す図である。

[図11B]左前輪の実測 1 次関数を示す直線と、加速度 a の中央値を示す図である。

[図11C]右後輪の実測 1 次関数を示す直線と、加速度 a の中央値を示す図である。

[図11D]左後輪の実測 1 次関数を示す直線と、加速度 a の中央値を示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本開示の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付して説明を行う。

[0019] (第 1 実施形態)

本開示の第 1 実施形態について説明する。本実施形態では、図 1 に示すタイヤ空気圧検出装置に車輪位置検出装置としての機能を持たせたものについて説明するが、車輪位置検出装置のみの構成としても良い。なお、図 1 の紙面上下方向が車両 1 の前後方向、紙面左右方向が車両 1 の左右方向に一致する。この図を参照して、本実施形態におけるタイヤ空気圧検出装置について説明する。

[0020] 図 1 に示すように、タイヤ空気圧検出装置は、車両 1 に取り付けられるもので、センサ送信機 2、受信機 3 および表示器 4 を備えて構成されている。

[0021] 図 1 に示すように、センサ送信機 2 は、車両 1 における各車輪 5 a ~ 5 d に取り付けられるものであり、本実施形態の場合、4 つの車輪 5 a ~ 5 d それぞれにセンサ送信機 2 a ~ 2 d が備えられている。センサ送信機 2 a ~ 2 d は、車輪 5 a ~ 5 d に取り付けられたタイヤの空気圧を検出すると共に、その検出結果を示すタイヤ空気圧に関する情報をフレーム内に格納して R F

送信する。一方、受信機 3 は、車両 1 における車体 6 側に取り付けられる。受信機 3 は、センサ送信機 2 a ～ 2 d から送信されたフレームを R F 受信すると共に、その中に格納された検出信号に基づいて各種処理や演算等を行うことで車輪位置検出およびタイヤ空気圧検出を行う。図 2 (a) および図 2 (b) を参照して、センサ送信機 2 a ～ 2 d および受信機 3 の構成について説明する。

[0022] 図 2 (a) に示すように、センサ送信機 2 は、センシング部 2 1、G センサ 2 2、マイクロコンピュータ 2 3、送信部 2 4、電池 2 5 および送信アンテナ 2 6 を備えた構成となっており、電池 2 5 からの電力供給に基づいて各部が駆動される。

[0023] センシング部 2 1 は、例えばダイアフラム式の圧力センサ 2 1 a や温度センサ 2 1 b を備えた構成とされ、タイヤ空気圧に応じた検出信号や温度に応じた検出信号を出力する。G センサ 2 2 は、一方向の加速度を検出するものである。本実施形態においては、G センサ 2 2 にて、各車輪 5 a ～ 5 d の径方向、つまり、周方向に対する法線方向に対して周方向に任意の角度ずらした方向の加速度が検出されるように、G センサ 2 2 の取り付け角度を調整している。これについては、後述する。

[0024] マイクロコンピュータ 2 3 は、第 1 制御部に相当する制御部などを備えた周知のもので、制御部内のメモリに記憶されたプログラムに従って、車輪位置検出処理やタイヤ空気圧検出処理を含む所定の処理を実行する。制御部内のメモリには、各センサ送信機 2 a ～ 2 d を特定するためのセンサ送信機固有の識別情報と自車両を特定するための車両固有の識別情報とを含む個別の I D 情報が格納されている。また、制御部内のメモリには、車輪位置検出に用いるデータとして、例えばセンサ送信機 2 が取り付けられた車輪のリム径が記憶されている。リム径については、センサ送信機 2 の製造時にメモリに記憶しておいても良いし、車輪 5 a ～ 5 d への装着時に、通信機器を用いて自動車整備工場などで書き込むようにしても良い。勿論、センサ送信機 2 と受信機 3 との間で双方向通信が行える形態とされている場合には、ユーザが

表示器 4 を操作することなどによって受信機 3 を介してリム径のデータが制御部内のメモリに記憶されるようにしても良い。

[0025] マイクロコンピュータ 23 は、センシング部 21 からのタイヤ空気圧に関する検出信号を受け取り、それを信号処理すると共に必要に応じて加工し、そのタイヤ空気圧に関する情報を各センサ送信機 2a～2d の ID 情報と共にフレーム内に格納する。また、マイクロコンピュータ 23 は、例えば検出された加速度が所定の閾値を超えたときに走行中と判定し、走行中と判定した後に短周期で加速度サンプリングを行う。そして、マイクロコンピュータ 23 は、検出した加速度に基づいて車両 1 の速度（以下、車速という）が一定速度であることを検出したときに、G センサ 22 の取り付け角度演算を行う。このとき、走行中と判定した後に、一定の時間が経過してから短周期での加速度サンプリングを行うようにすると、車速が安定した状態で行えるため好ましい。さらに、マイクロコンピュータ 23 は、G センサ 22 の取り付け角度演算を演算すると、G センサ 22 が検出した実際の加速度に基づいて、センサ送信機 2 自身が取り付けられているのがどの車輪であるかを推定する。この推定は、減速時に行うと好ましい。すなわち、減速時には短周期での加速度サンプリングにおいて大きな加速度変化を得ることができ、より精度良い車輪位置検出が可能になるため好ましい。ここでは、マイクロコンピュータ 23 により、自身のセンサ送信機 2 の取り付けられたのが右車輪 5a、5c と左車輪 5b、5d のいずれであるかを推定している。そして、マイクロコンピュータ 23 は、自身のセンサ送信機 2 が右車輪 5a、5c と左車輪 5b、5d のいずれに取り付けられているかの推定結果や推定の際に得られた値等を示すデータをタイヤ空気圧に関するデータが格納されたフレームに格納している。なお、このマイクロコンピュータ 23 で行われる車輪位置の推定の詳細については後で説明する。

[0026] また、マイクロコンピュータ 23 は、フレームを作成すると、送信部 24 を介して送信アンテナ 26 より受信機 3 に向けて送信している。このフレームを受信機 3 に向けて送信する処理も、上記プログラムに従って行われる。

例えば、所定の送信周期毎に繰り返しフレーム送信を行うようにしている。

[0027] 送信部 24 は、送信アンテナ 26 を通じて、マイクロコンピュータ 23 から送られてきたフレームを受信機 3 に向けて送信する出力部としての機能を果たす。送信に使用する電波としては、例えば R F 帯の電波を用いている。

[0028] 電池 25 は、マイクロコンピュータ 23 などに対して電力供給を行うものである。この電池 25 からの電力供給を受けて、センシング部 21 でのタイヤ空気圧に関するデータの収集や G センサ 22 での加速度検出およびマイクロコンピュータ 23 での各種演算などが実行される。

[0029] このように構成されるセンサ送信機 2 a ~ 2 d は、例えば、各車輪 5 a ~ 5 d のホイールにおけるエア注入バルブに取り付けられ、センシング部 21 がタイヤの内側に露出するように配置される。つまり、各車輪 5 a ~ 5 d の回転中心からリム径に応じた距離、具体的にはリム径の半分の距離だけ離れた位置にセンサ送信機 2 a ~ 2 d が取り付けられている。これにより、該当するタイヤ空気圧を検出し、各センサ送信機 2 a ~ 2 d に備えられた送信アンテナ 26 を通じて、所定の送信タイミングの際にフレームを送信することで、受信機 3 側にタイヤ空気圧に関する信号を定期送信するようになっている。

[0030] 一方、受信機 3 は、受信アンテナ 31 と受信部 32 およびマイクロコンピュータ 33 を備えた構成とされている。

[0031] 受信アンテナ 31 は、各センサ送信機 2 から送られてくるフレームを総括的に受け取る 1 本の共通アンテナとなっており、車体 6 に固定されている。

[0032] 受信部 32 は、各センサ送信機 2 から送信されたフレームが受信アンテナ 31 で受信されると、それを入力してマイクロコンピュータ 33 に送る入力部としての機能を果たすものである。

[0033] マイクロコンピュータ 33 は、第 2 制御部に相当するものであり、C P U、R O M、R A M、I / Oなどを備えた周知のマイクロコンピュータによって構成され、R O Mなどに記憶されたプログラムに従って、所定の処理を実行する。

[0034] まず、マイクロコンピュータ 33 は、各センサ送信機 2 a～2 d からの送信フレームを用いて、マイクロコンピュータ 33 内のメモリに記憶されたプログラムに従って車輪位置検出処理を実行する。これにより、各センサ送信機 2 a～2 d が車輪 5 a～5 d のいずれに取り付けられたものを特定する車輪位置検出が行われる。すなわち、各センサ送信機 2 a～2 d からの送信フレームに格納された各センサ送信機 2 が取り付けられたのが右車輪 5 a、5 c と左車輪 5 b、5 d のいずれであるかの推定結果や推定の際に得られた値等を示すデータを読み出す。そして、マイクロコンピュータ 33 は、その推定結果を示すデータに基づいてセンサ送信機 2 が左右いずれの車輪に取り付けられているかを特定し、さらにや推定の際に得られた値等を示すデータに基づいて前後いずれの車輪に取り付けられているかを特定する。そして、その特定結果に基づいて、各センサ送信機 2 a～2 d の ID 情報と各センサ送信機 2 a～2 d が取り付けられている各車輪 5 a～5 d の位置とを関連づけて記憶する。

[0035] その後は、マイクロコンピュータ 33 は、各センサ送信機 2 a～2 d からフレームが送信されてきたときに、そのフレーム内に格納された ID 情報およびタイヤ空気圧に関するデータに基づいて、各車輪 5 a～5 d のタイヤ空気圧検出を行う。このとき、既に ID 情報と各センサ送信機 2 a～2 d が取り付けられている各車輪 5 a～5 d の位置とを関連づけて記憶してあるため、車輪 5 a～5 d のいずれであるかを特定して、各車輪 5 a～5 d のタイヤ空気圧検出を行うことができる。

[0036] 表示器 4 は、図 1 に示されるように、ドライバが視認可能な場所に配置され、例えば車両 1 におけるインストルメントパネル内に設置される警報ランプによって構成される。この表示器 4 は、例えば受信機 3 におけるマイクロコンピュータ 33 からタイヤ空気圧が低下した旨を示す信号が送られてくると、その旨の表示を行うことでドライバにタイヤ空気圧の低下を報知する。

[0037] 続いて、各センサ送信機 2 に備えられる G センサ 22 を用いた車輪位置検出について、図 3 および図 4 を用いて説明する。

[0038] 各センサ送信機 2 に取り付けられた G センサ 2 2 は、センサ送信機 2 と共に各車輪 5 a ~ 5 d に取り付けられている。以下の説明では、図 3 のように、G センサ 2 2 の車軸周りの存在角度 θ については、車両 1 の前方を 0° とし、右車輪 5 a、5 c だけでなく左車輪 5 b、5 d についても、車両 1 の右側面から見て、車輪 5 a ~ 5 d の中心に対する反時計回りを正とする。また、図 4 のように、車輪 5 a ~ 5 d に対する G センサ 2 2 の取り付けの傾斜角度 θ_{set} については、車輪 5 a ~ 5 d のいずれについても、車両 1 の外側から見て、車輪 5 a ~ 5 d の径方向を 0° とし、反時計方向を正として、G センサ 2 2 の検出方向のなす角度で表す。

[0039] 本実施形態では、G センサ 2 2 の検出方向を車輪 5 a ~ 5 d の径方向と平行にするのではなく、径方向に対して任意の傾斜角度 θ_{set} が付けられるようにして G センサ 2 2 を車輪 5 a ~ 5 d に取り付けしている。このような取り付け方としておき、この傾斜角度 θ_{set} を推定によって既知としておくことで、各センサ送信機 2 は、自分自身で、右車輪 5 a、5 c と左車輪 5 b、5 d のいずれに取り付けられたものであるかを推定する。詳細は後述するが、各センサ送信機 2 は、計算 2 次関数、計算 1 次関数、実測 2 次関数および実測 1 次関数を用いて推定している。計算 2 次関数は、計算から得られる加速度から時間に対する周期成分を取り除き 2 次関数近似したものであり、計算 1 次関数は、加速度微分値から時間に対する周期成分を取り除き 1 次関数近似したものである。実測 2 次関数は、加速度の実測値の中央値を 2 次関数近似したものであり、実測 1 次関数は、その加速度微分値の中央値を 1 次関数近似したものである。そして、計算 2 次関数、計算 1 次関数、実測 2 次関数および実測 1 次関数に基づいて、センサ送信機 2 が右車輪 5 a、5 c と左車輪 5 b、5 d のいずれに取り付けられたものであるかを推定する。

[0040] なお、計算 2 次関数および計算 1 次関数は、G センサ 2 2 が傾斜角度 θ_{set} で取り付けられている場合に、検出されるであろう計算上の加速度を近似した 2 次関数と加速度微分値を近似した 1 次関数である。実測 2 次関数は、実際に G センサ 2 2 で検出された加速度を近似した 2 次関数および加速度微分

値を近似した 1 次関数である。

[0041] さらに、センサ送信機 2 で自身が左右のいずれの車輪に取り付けられたものであるかを特定すると、受信機 3 側において、各センサ送信機 2 が前後のいずれの車輪に取り付けられたものであるかを特定する。具体的には、受信機 3 では、車輪 5 a ～ 5 d の加減速中の荷重移動による実効タイヤ半径の増減など、タイヤ半径の相違を利用して、センサ送信機 2 が前輪 5 a、5 b と後輪 5 c、5 d のいずれに取り付けられたものであるかを検出する。これによって、車輪位置検出を行っている。以下、この車輪位置検出の詳細について説明する。

[0042] 最初に、マイクロコンピュータ 2 3 にて、センサ送信機 2 自身が左右いずれの車輪に取り付けられているかを推定する。上記したように、この推定については、傾斜角度 $\theta_{s.e.t}$ の推定と、計算 2 次関数や計算 1 次関数の算出および実測 2 次関数や実測 1 次関数の算出などに基づいて行っている。

[0043] まず、傾斜角度 $\theta_{s.e.t}$ の推定と、計算 2 次関数や計算 1 次関数の算出については、次のような手法によって行っている。

[0044] 車速 $v(t)$ は、車輪位置検出を行いたいタイミングでの車速の初速度を v_0 、そのときの車両 1 の加速度、換言すれば車体 6 の加速度を a 、時間を t として、数式 1 で表される。また、車両 1 の移動距離 $L(t)$ については、数式 2 で表される。

[0045] [数1]

$$v(t) = v_0 + at$$

[0046] [数2]

$$L(t) = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

[0047] そして、そのタイミングでの各車輪 5 a ～ 5 d それぞれに取り付けられた G センサ 2 2 の車軸周りの存在角度 θ 、つまり G センサ 2 2 の現在位置については、円弧法表記で次の数式 3 - 1 ～ 3 - 4 が成り立つ。なお、以下の説明において、添え字の “f r o n t” は前輪、“r e a r” は後輪であるこ

とを示し、“right”は右輪、“left”は左輪であることを示している。 θ_0 は、 $t=0$ のとき、つまり車輪位置検出の開始のときにおけるGセンサ22の車軸周りの存在角度 θ を示している。 r_w は、車輪5a～5dにおける実効タイヤ半径を示している。

[0048] [数3]

$$\theta_{front_right}(t) = \theta_{0_front_right} - \frac{L(t)}{r_{w_front}} \quad (3-1)$$

$$\theta_{front_left}(t) = \theta_{0_front_left} - \frac{L(t)}{r_{w_front}} \quad (3-2)$$

$$\theta_{rear_right}(t) = \theta_{0_rear_right} - \frac{L(t)}{r_{w_rear}} \quad (3-3)$$

$$\theta_{rear_left}(t) = \theta_{0_rear_left} - \frac{L(t)}{r_{w_rear}} \quad (3-4)$$

[0049] また、 r_r を車輪5a～5dにおけるタイヤのリム径とすると、各車輪5a～5dの傾斜角度 θ_{set} を用いて、Gセンサ22の計測値 a_{sens} の基本式を表すことができる。

[0050] [数4]

$$\begin{aligned} a_{sens_front_right}(t) = & -a \cos\{\theta_{front_right}(t) + \theta_{set_front_right}\} - g \sin\{\theta_{front_right}(t) + \theta_{set_front_right}\} \\ & + \frac{a \cdot r_r}{r_{w_front}} \sin(\theta_{set_front_right}) + \frac{r_r}{r_{w_front}^2} \{v(t)\}^2 \cos(\theta_{set_front_right}) \end{aligned} \quad (4-1)$$

$$\begin{aligned} a_{sens_front_left}(t) = & -a \cos\{\theta_{front_left}(t) - \theta_{set_front_left}\} - g \sin\{\theta_{front_left}(t) - \theta_{set_front_left}\} \\ & - \frac{a \cdot r_r}{r_{w_front}} \sin(\theta_{set_front_left}) + \frac{r_r}{r_{w_front}^2} \{v(t)\}^2 \cos(\theta_{set_front_left}) \end{aligned} \quad (4-2)$$

$$\begin{aligned} a_{sens_rear_right}(t) = & -a \cos\{\theta_{rear_right}(t) + \theta_{set_rear_right}\} - g \sin\{\theta_{rear_right}(t) + \theta_{set_rear_right}\} \\ & + \frac{a \cdot r_r}{r_{w_rear}} \sin(\theta_{set_rear_right}) + \frac{r_r}{r_{w_rear}^2} \{v(t)\}^2 \cos(\theta_{set_rear_right}) \end{aligned} \quad (4-3)$$

$$\begin{aligned} a_{sens_rear_left}(t) = & -a \cos\{\theta_{rear_left}(t) - \theta_{set_rear_left}\} - g \sin\{\theta_{rear_left}(t) - \theta_{set_rear_left}\} \\ & - \frac{a \cdot r_r}{r_{w_rear}} \sin(\theta_{set_rear_left}) + \frac{r_r}{r_{w_rear}^2} \{v(t)\}^2 \cos(\theta_{set_rear_left}) \end{aligned} \quad (4-4)$$

[0051] ここで、数式4-1～4-4に基づいて、各車輪5a～5dに対するGセンサ22の傾斜角度 θ_{set} を推定する。傾斜角度 θ_{set} の推定は、車両1の加速度が0、つまり $a=0$ のときに行われる。車両1の加速度が0であることについては、Gセンサ22で検出される加速度の重力成分に基づいて検出している。加速度の重力成分は、車輪一回転毎に振幅波形として表れる。この振幅波形の極大値と極大値との間の時間間隔が一定である場合、もしくは、極小値と極小値との間の時間間隔が一定になる場合など、振幅波形に変化が無いときを車両1の加速度が0であると検出している。

[0052] 例えば、右前輪5aにおいて車両1の加速度が0の場合を想定して、数式4-1中の加速度 a に0を代入すると、数式5が導出される。

[0053] [数5]

$$a_{sens_front_right}(t) = -g \sin\{\theta_{front_right}(t) + \theta_{set_front_right}\} + \frac{r_r}{r_{w_front}} \{v(t)\}^2 \cos(\theta_{set_front_right})$$

[0054] また、加速度 $a=0$ のときに、車速 $v(t)$ は一定となるため、 $v(t)=v$ とすると、数式5より数式6が導出される。

[0055] [数6]

$$a_{sens_front_right}(t) = -g \sin\{\theta_{front_right}(t) + \theta_{set_front_right}\} + \frac{r_r}{r_{w_front}} v^2 \cos(\theta_{set_front_right})$$

[0056] この数式6より、 $a_{sens_front_right}(t)$ の極大値と極小値の平均 A_{avg} は、数式7のように表されることになる。

[0057] [数7]

$$A_{avg} = \frac{r_r}{r_{w_front}} v^2 \cos(\theta_{set_front_right})$$

[0058] ここで、数式6で示した $a_{sens_front_right}(t)$ が極大となるときの時間 t を t_M とし、その後、極小となるまでの時間について、回転の周期を T_{front_right} とすると、数式8が成り立つ。すなわち、極大値をとるときの角度 $\theta_{front_right}(t_M) + \theta_{set_front_right}$ を角度的に半周期 π 進めたものと、 t_M からタイヤ回転の半周期を経過した後の角度 $\theta_{front_right}(t_M + T_{front_right}/2) + \theta_{set_front_right}$ は同じ値になる。この

ため、数式 8 の等式が成り立つ。そして、数式 8 より、 T_{front_right} が数式 9 のように表されることが判る。

[0059] [数8]

$$\theta_{front_right}(t_M) + \theta_{set_front_right} - \pi = \theta_{front_right}(t_M + \frac{T_{front_right}}{2}) + \theta_{set_front_right}$$

[0060] [数9]

$$T_{front_right} = \frac{2\pi r_{w_front}}{v}$$

[0061] $a_{sens_front_right}(t)$ の極大値と極小値の平均 A_{avg} 、つまり $a_{sens_front_right}(t)$ の中央値は、遠心力 $r_r(2\pi/T_{front_right})$ と、Gセンサ 22 の傾斜角度 $\theta_{set_front_right}$ より、数式 10 のように表すことができる。したがって、傾斜角度 $\theta_{set_front_right}$ は、数式 11 のように導出することができる。

[0062] [数10]

$$A_{avg} = r_r \left(\frac{2\pi}{T_{front_right}} \right)^2 \cos(\theta_{set_front_right})$$

[0063] [数11]

$$\theta_{set_front_right} = \cos^{-1} \left\{ \frac{A_{avg}}{r_r} \left(\frac{T_{front_right}}{2\pi} \right)^2 \right\}$$

[0064] なお、ここでは右前輪 5a を例に挙げて説明したが、他の車輪 5b～5d についても同様の手法によって、傾斜角度 $\theta_{set_front_left}$ 、 $\theta_{set_rear_right}$ 、 $\theta_{set_rear_left}$ を導出することができる。すなわち、全 G センサ 22 について、傾斜角度 θ_{set} を演算により推定することができる。

[0065] さらに、数式 4-1～4-4 で示した G センサ 22 の計測値 a_{sens} の基本式において、加速度 $a_{sens}(t)$ から時間 t に関する周期関数を取り除いた値を加速度 $A_{sens}(t)$ と表記すると、数式 12-1～12-4 のようになる。

[0066]

[数12]

$$A_{sens_front_right}(t) = + \frac{a \cdot r_r}{r_{w_front}} \sin(\theta_{set_front_right}) + \frac{r_r}{r_{w_front}} \frac{\{v(t)\}^2}{2} \cos(\theta_{set_front_right}) \quad (12-1)$$

$$A_{sens_front_left}(t) = - \frac{a \cdot r_r}{r_{w_front}} \sin(\theta_{set_front_left}) + \frac{r_r}{r_{w_front}} \frac{\{v(t)\}^2}{2} \cos(\theta_{set_front_left}) \quad (12-2)$$

$$A_{sens_rear_right}(t) = + \frac{a \cdot r_r}{r_{w_rear}} \sin(\theta_{set_rear_right}) + \frac{r_r}{r_{w_rear}} \frac{\{v(t)\}^2}{2} \cos(\theta_{set_rear_right}) \quad (12-3)$$

$$A_{sens_rear_left}(t) = - \frac{a \cdot r_r}{r_{w_rear}} \sin(\theta_{set_rear_left}) + \frac{r_r}{r_{w_rear}} \frac{\{v(t)\}^2}{2} \cos(\theta_{set_rear_left}) \quad (12-4)$$

[0067] そして、数式 12-1～12-4 において、車両 1 の加速度 a を一定として、 t について式を整理すると、 t の 2 次関数として数式 13-1～13-4 を導出することができる。

[0068] [数13]

$$A_{sens_front_right}(t) = \left\{ \frac{r_r a^2}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_right}) \right\} t^2 + \left\{ \frac{2r_r a v_0}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_right}) \right\} t + \frac{a r_r}{r_{w_front}} \sin(\theta_{set_front_right}) + \frac{r_r v_0^2}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_right}) \quad (13-1)$$

$$A_{sens_front_left}(t) = \left\{ \frac{r_r a^2}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_left}) \right\} t^2 + \left\{ \frac{2r_r a v_0}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_left}) \right\} t - \frac{a r_r}{r_{w_front}} \sin(\theta_{set_front_left}) + \frac{r_r v_0^2}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_left}) \quad (13-2)$$

$$A_{sens_rear_right}(t) = \left\{ \frac{r_r a^2}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_right}) \right\} t^2 + \left\{ \frac{2r_r a v_0}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_right}) \right\} t + \frac{a r_r}{r_{w_rear}} \sin(\theta_{set_rear_right}) + \frac{r_r v_0^2}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_right}) \quad (13-3)$$

$$A_{sens_rear_left}(t) = \left\{ \frac{r_r a^2}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_left}) \right\} t^2 + \left\{ \frac{2r_r a v_0}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_left}) \right\} t - \frac{a r_r}{r_{w_rear}} \sin(\theta_{set_rear_left}) + \frac{r_r v_0^2}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_left}) \quad (13-4)$$

[0069] この数式 13-1～13-4 は、車輪 5a～5d の回転に伴う周期成分を

取り除いた式であることから、図5に示すように、車輪5 a～5 dの回転に伴って振幅する加速度 $A_{sens}(t)$ の振幅の中央値を2次関数で表した式になる。これが、基本式より計算により導出される加速度 $A_{sens}(t)$ を表す計算2次関数となる。

[0070] また、上記した数式13-1～13-4で示される加速度 $A_{sens}(t)$ の計算2次関数において、係数をC1、C2、C3とすると、数式4-1～4-4を以下の数式14-1～14-4のように変換することができる。

[0071] [数14]

$$A_{sens_front_right}(t) = C_{1_front_right}t^2 + C_{2_front_right}t + C_{3_front_right} \quad (14-1)$$

$$A_{sens_front_left}(t) = C_{1_front_left}t^2 + C_{2_front_left}t + C_{3_front_left} \quad (14-2)$$

$$A_{sens_rear_right}(t) = C_{1_rear_right}t^2 + C_{2_rear_right}t + C_{3_rear_right} \quad (14-3)$$

$$A_{sens_rear_left}(t) = C_{1_rear_left}t^2 + C_{2_rear_left}t + C_{3_rear_left} \quad (14-4)$$

[0072] これら各係数C1、C2、C3が、計算2次関数の各係数に相当する。つまり、2次の項である t^2 の係数がC1、1次の項である t^1 の係数がC2、0次の項である t^0 の係数、つまり定数項がC3に相当している。数式14-1～14-4それぞれにおけるC1、C2、C3を数式で表すと、数式15～18のように表される。

[0073] [数15]

$$C_{1_front_right} = \frac{r_r a^2}{r_{w_front}} \cos(\theta_{set_front_right}) \quad (15-1)$$

$$C_{2_front_right} = \frac{2r_r a v_0}{r_{w_front}} \cos(\theta_{set_front_right}) \quad (15-2)$$

$$C_{3_front_right} = + \frac{a r_r}{r_{w_front}} \sin(\theta_{set_front_right}) + \frac{r_r v_0^2}{r_{w_front}} \cos(\theta_{set_front_right}) \quad (15-3)$$

[0074]

[数16]

$$C_{1_front_left} = \frac{r_r a^2}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_left}) \quad (16-1)$$

$$C_{2_front_left} = \frac{2r_r a v_0}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_left}) \quad (16-2)$$

$$C_{3_front_left} = -\frac{a r_r}{r_{w_front}} \sin(\theta_{set_front_left}) + \frac{r_r v_0^2}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_left}) \quad (16-3)$$

[0075] [数17]

$$C_{1_rear_right} = \frac{r_r a^2}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_right}) \quad (17-1)$$

$$C_{2_rear_right} = \frac{2r_r a v_0}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_right}) \quad (17-2)$$

$$C_{3_rear_right} = +\frac{a r_r}{r_{w_rear}} \sin(\theta_{set_rear_right}) + \frac{r_r v_0^2}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_right}) \quad (17-3)$$

[0076] [数18]

$$C_{1_rear_left} = \frac{r_r a^2}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_left}) \quad (18-1)$$

$$C_{2_rear_left} = \frac{2r_r a v_0}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_left}) \quad (18-2)$$

$$C_{3_rear_left} = -\frac{a r_r}{r_{w_rear}} \sin(\theta_{set_rear_left}) + \frac{r_r v_0^2}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_left}) \quad (18-3)$$

[0077] また、数式4-1～4-4の基本式を時間tで微分すると、次に示す数式19-1～19-4を導出することができる。

[0078]

[数19]

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} a_{sens_front_right}(t) &= \frac{a \cdot v(t)}{r_{w_front}} \sin\{\theta_{front_right}(t) + \theta_{set_front_right}\} \\ &\quad - \frac{g \cdot v(t)}{r_{w_front}} \cos\{\theta_{front_right}(t) + \theta_{set_front_right}\} + \frac{2r_r a \cdot v(t)}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_right}) \quad (19-1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} a_{sens_front_left}(t) &= \frac{a \cdot v(t)}{r_{w_front}} \sin\{\theta_{front_left}(t) - \theta_{set_front_left}\} \\ &\quad - \frac{g \cdot v(t)}{r_{w_front}} \cos\{\theta_{front_left}(t) - \theta_{set_front_left}\} + \frac{2r_r a \cdot v(t)}{r_{w_front}^2} \cos(\theta_{set_front_left}) \quad (19-2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} a_{sens_rear_right}(t) &= \frac{a \cdot v(t)}{r_{w_rear}} \sin\{\theta_{rear_right}(t) + \theta_{set_rear_right}\} \\ &\quad - \frac{g \cdot v(t)}{r_{w_rear}} \cos\{\theta_{rear_right}(t) + \theta_{set_rear_right}\} + \frac{2r_r a \cdot v(t)}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_right}) \quad (19-3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} a_{sens_rear_left}(t) &= \frac{a \cdot v(t)}{r_{w_rear}} \sin\{\theta_{rear_left}(t) - \theta_{set_rear_left}\} \\ &\quad - \frac{g \cdot v(t)}{r_{w_rear}} \cos\{\theta_{rear_left}(t) - \theta_{set_rear_left}\} + \frac{2r_r a \cdot v(t)}{r_{w_rear}^2} \cos(\theta_{set_rear_left}) \quad (19-4) \end{aligned}$$

[0079] そして、この数式19-1～19-4から時間tに関する周期関数を取り除いた値である加速度微分値 $A_{sens}(t)'$ は、次に示す数式20-1～20-4のように表されることになる。なお、上記した数式13-1～13-4について、時間tで微分しても、数式20-1～20-4を得ることができる。

[0080]

[数20]

$$A_{sens_front_right}(t)' = \frac{2r_r a^2 \cos(\theta_{set_front_right})}{r_{w_front}^2} t + \frac{2r_r a v_0 \cos(\theta_{set_front_right})}{r_{w_front}^2} \quad (20-1)$$

$$A_{sens_front_left}(t)' = \frac{2r_r a^2 \cos(\theta_{set_front_left})}{r_{w_front}^2} t + \frac{2r_r a v_0 \cos(\theta_{set_front_left})}{r_{w_front}^2} \quad (20-2)$$

$$A_{sens_rear_right}(t)' = \frac{2r_r a^2 \cos(\theta_{set_rear_right})}{r_{w_rear}^2} t + \frac{2r_r a v_0 \cos(\theta_{set_rear_right})}{r_{w_rear}^2} \quad (20-3)$$

$$A_{sens_rear_left}(t)' = \frac{2r_r a^2 \cos(\theta_{set_rear_left})}{r_{w_rear}^2} t + \frac{2r_r a v_0 \cos(\theta_{set_rear_left})}{r_{w_rear}^2} \quad (20-4)$$

[0081] このとき、数式20-1～20-4は、上記した数式15-1、15-2、16-1、16-2、17-1、17-2、18-1、18-2を用いて、下記の数式21-1～21-4のように表すことができる。この数式で表される加速度微分値 $A_{sens}(t)'$ の関数が、加速度微分値 $a_{sens}(t)'$ の関数から時間 t に関する周期関数を取り除いて1次関数に近似した計算1次関数である。

[0082] [数21]

$$A_{sens_front_right}(t)' = 2C_{1_front_right}t + C_{2_front_right} \quad (21-1)$$

$$A_{sens_front_left}(t)' = 2C_{1_front_left}t + C_{2_front_left} \quad (21-2)$$

$$A_{sens_rear_right}(t)' = 2C_{1_rear_right}t + C_{2_rear_right} \quad (21-3)$$

$$A_{sens_rear_left}(t)' = 2C_{1_rear_left}t + C_{2_rear_left} \quad (21-4)$$

[0083] 一方、実測2次関数や実測1次関数の算出については、次のような手法によって行っている。

[0084] まず、実際にGセンサ22で検出される実加速度 $a_{real}(t)$ の関数から時間 t に関する周期関数を取り除くことにより、数式14-1～14-4と同様に C_1 、 C_2 、 C_3 を係数とする2次関数に近似した実加速度 $A_{real}(t)$ が得られる。これが、実測値より導出される実加速度 $A_{real}(t)$ を表す実測2次関数である。また、実加速度 $a_{real}(t)$ を時間 t について微分した実加速度微分値 $a_{real}(t)'$ から時間 t に関する周期関数を除去する

ことにより、数式 21-1 ~ 22-4 と同様に、 C_1 、 C_2 を係数とする実加速度微分値 $A_{real}(t)'$ を得ることができる。これが実測値より導出される実加速度微分値 $A_{real}(t)'$ を表す実測 1 次関数である。これら実測 2 次関数や実測 1 次関数は、それぞれ、数式 22 および数式 23 で表される。

[0085] [数22]

$$A_{real}(t) = C_1 t^2 + C_2 t + C_3$$

[0086] [数23]

$$A_{real}(t)' = 2C_1 t + C_2$$

[0087] なお、数式 21-1 ~ 21-4 では、各車輪での計算 1 次関数であるため、加速度微分値 $A_{sens}(t)'$ や C_1 、 C_2 等について添え字で各車輪を特定する表記を行ってある。ただし、実加速度 $A_{real}(t)$ や実加速度微分値 $A_{real}(t)'$ 、 C_1 、 C_2 、 C_3 等については、どの車輪に取り付けられた G センサ 22 より得られた値が不明であるため、ここでは添え字を付すことなく総括的な表記としてある。各車輪に取り付けられた G センサ 22 それぞれの検出信号に基づいて、実加速度 $A_{real}(t)$ や実加速度微分値 $A_{real}(t)'$ 、 C_1 、 C_2 、 C_3 等が演算されることから、どの G センサ 22 の検出信号に基づいて演算した値であるかが分かるようにしてある。

[0088] ここで、G センサ 22 が右車輪 5a、5c と左車輪 5b、5d のいずれに取り付けられているのかは、G センサ 22 の検出信号に含まれる成分に基づいて特定することができる。具体的には、G センサ 22 の検出信号には、重力加速度成分と遠心加速度成分に加えて、左右いずれの車輪に取り付けられているかに応じて加わる加速度、つまり取付方向に起因する加速度に比例した成分（以下、方向比例成分という）が含まれている。この方向比例成分を D で表すと、G センサ 22 の検出信号から重力加速度成分と遠心加速度成分を取り除いた成分が、G センサ 22 が感知している方向比例成分 D となる。この方向比例成分 D は、G センサ 22 が右車輪 5a、5c と左車輪 5b、5d のいずれに取り付けられているのかに応じた正負の符号が異なって現れる。

。このため、方向比例成分Dの符号を確認することで、Gセンサ22が右車輪5a、5cと左車輪5b、5dのいずれに取り付けられているのかを特定できる。この方向比例成分Dの演算において、上記した計算2次関数や計算1次関数および実測2次関数や実測1次関数に加えて傾斜角度 θ_{set} を用いている。以下、この方向比例成分の演算方法について説明する。

[0089] 上記のようにして、計算2次関数や計算1次関数および実測2次関数や実測1次関数が表されることから、まず、実測1次関数に基づいて、C1、C2を演算する。

[0090] 具体的には、実加速度 $a_{real}(t)$ の微分値である実加速度微分値 $a_{real}(t)'$ を演算し、実加速度微分値 $a_{real}(t)'$ から時間tに関する周期関数を除去することで、実加速度微分値 $A_{real}(t)'$ を表す実測1次関数を求める。

[0091] すなわち、各車輪のGセンサ22で検出された実加速度 $a_{real}(t)$ の実加速度微分値 $a_{real}(t)'$ を演算し、その極大値と極小値とから実加速度微分値 $a_{real}(t)'$ の振幅の中央値を少なくとも2点演算する。ここでいう2点については、例えば、極大値と次の極小値との平均値や極小値と次の極大値との平均値を中央値として演算することができる。この2点の実測1次関数中に含まれる2点となっている。したがって、演算した2点それぞれについて、その中央値および中央値になるときの時間tを上記の数式23に代入する。

[0092] これにより、各車輪に取り付けられたGセンサ22で検出される実加速度 a_{real} および実加速度微分値 $a_{real}(t)'$ から得られたC1、C2が演算される。すなわち、数式23中の $A_{real}(t)'$ およびtに対して、中央値および中央値になるときの時間tを代入することで、求めたいC1、C2を含む連立方程式が得られるため、この連立方程式を解くことにより、C1、C2を求めることができる。そして、このようにして各Gセンサ22の検出信号に基づいてC1、C2を特定して実測1次関数である実加速度微分値 $A_{real}(t)'$ を得ることができる。

- [0093] 次に、特定した C_1 、 C_2 を数式22に取り入れ、さらに各車輪のGセンサ22で検出された実加速度 A_{real} や時間 t を数式22に代入することにより、 C_3 を演算する。例えば、各車輪のGセンサ22で検出された実加速度 $a_{real}(t)$ の極大値と極小値とから中央値を1点求める。この1点が実測2次関数中に含まれる1点となっている。したがって、演算した1点について、その中央値および中央値となるときに時間 t を上記の数式22に代入する。
- [0094] これにより、 C_1 、 C_2 に加えて、各車輪に取り付けられたGセンサ22で検出される実加速度 a_{real} から得られた C_3 が演算される。そして、このようにして各Gセンサ22の検出信号に基づいて容易かつ正確に $C_1 \sim C_3$ を特定することができると共に、 $C_1 \sim C_3$ を特定した計算2次関数である加速度 $A_{sens}(t)$ を得ることができる。
- [0095] なお、ここでは中央値として、極大値と次の極小値との平均値や極小値と次の極大値との平均値を用いる例を示したが、これに限るものではない。例えば、隣り合う極大値を結ぶ直線を極大値直線として求め、隣り合う極大値の間に位置している極小値を取るときに時間 t における極大値直線上の値を仮想極大値として、仮想極大値と極小値との平均値を中央値とすることができる。同様に、隣り合う極小値を結ぶ直線を極小値直線として求め、隣り合う極小値の間に位置している極大値を取るときに時間 t における極小値直線上の値を仮想極小値として、仮想極小値と極大値との平均値を中央値とすることができる。
- [0096] 続いて、上記した数式14-1～14-4で表される計算2次関数について、次に示す数式24のように変形する。さらに、数式24の第3式の一部を D とすることで数式25のように変形する。この数式25において定義した D が、上述した方向比例成分 D であり、数式26のように表される。なお、数式24～26は、全車輪5a～5dについて総括的に表した式であり、搭載位置識別子として各車輪5a～5dに対応する添え字を付すことで、各車輪5a～5dそれぞれのGセンサ22との対応関係を表すことができる。

[0097] [数24]

$$A(t) = C_1 t^2 + C_2 t + C_3 = C_1 \left\{ \left(t + \frac{C_2}{2C_1} \right)^2 - \left(\frac{C_2}{2C_1} \right)^2 + \frac{C_3}{C_1} \right\}$$

[0098] [数25]

$$A(t) = C_1 t^2 + C_2 t + C_3 = C_1 \left\{ \left(t + \frac{C_2}{2C_1} \right)^2 + D \right\}$$

[0099] [数26]

$$D = - \left(\frac{C_2}{2C_1} \right)^2 + \frac{C_3}{C_1}$$

[0100] そして、 C_1 、 C_2 、 C_3 は、上記した数式15～18のように表されることから、数式26中の C_1 、 C_2 、 C_3 に代入することにより、 D は数式27のように表され、さらにこれを簡略化すると、数式28-1のように表される。なお、ここでは右前輪5aを例にして数式27、28-1を導出したが、左前輪5b、右後輪5cおよび左後輪5dについても同様の手法によって導出され、数式28-2～28-4のように表される。

[0101] [数27]

$$\begin{aligned} D_{front_right} = & - \left\{ \frac{\frac{2r_r a v_0}{2} \cos(\theta_{set_front_right})}{r_{w_front}} \right\}^2 \\ & - \left\{ \frac{2 \frac{r_r a^2}{2} \cos(\theta_{set_front_right})}{r_{w_front}} \right\} \\ & + \frac{a r_r}{r_{w_front}} \sin(\theta_{set_front_right}) + \frac{r_r v_0^2}{r_{w_front}} \cos(\theta_{set_front_right}) \\ & + \frac{\frac{r_r a^2}{2} \cos(\theta_{set_front_right})}{r_{w_front}} \\ = & - \left(\frac{v_0}{a} \right)^2 + \frac{r_{w_front}}{a} \tan(\theta_{set_front_right}) + \frac{v_0^2}{a^2} \end{aligned}$$

[0102]

[数28]

$$D_{front_right} = + \frac{r_{w_front}}{a} \tan(\theta_{set_front_right}) \quad (28-1)$$

$$D_{front_left} = - \frac{r_{w_front}}{a} \tan(\theta_{set_front_left}) \quad (28-2)$$

$$D_{rear_right} = + \frac{r_{w_rear}}{a} \tan(\theta_{set_rear_right}) \quad (28-3)$$

$$D_{rear_left} = - \frac{r_{w_rear}}{a} \tan(\theta_{set_rear_left}) \quad (28-4)$$

[0103] さらに、上記した数式 21-1～21-4 で表される計算 1 次関数について、次式に示す数式 29 のように変形する。さらに、数式 29 の第 3 式の一部を B とすることで数式 30 のように変形する。この数式 30 において定義した B は、車両 1 が加速中であるか減速中であるかを示す加減速指示値であり、数式 31 のように表される。そして、C1、C2、C3 は、上記した数式 15～18 のように表されることから、数式 29 中の C1、C2 に代入することにより、B は数式 32 のように表され、さらにこれを簡略化すると、数式 33-1 のように表される。なお、ここでは右前輪 5a を例にして数式 32、33-1 を導出したが、左前輪 5b、右後輪 5c および左後輪 5d についても同様の手法によって導出され、数式 33-2～33-4 のように表される。なお、車速 V0 は、車輪位置検出が行われるタイミングのときの車速 V を意味している。

[0104] [数29]

$$A(t)' = 2C_1 t + C_2 = 2C_1 \left(t + \frac{C_2}{2C_1} \right)$$

[0105] [数30]

$$A(t)' = 2C_1(t + B)$$

[0106] [数31]

$$B = \frac{C_2}{2C_1}$$

[0107]

[数32]

$$\begin{aligned}
 B_{front_right} &= \frac{C_{2_front_right}}{2C_{1_front_right}} \\
 &= \frac{\frac{2r_r a v_0}{2} \cos(\theta_{set_front_right})}{\frac{r_w_front}{2} \frac{r_r a^2}{2} \cos(\theta_{set_front_right})}
 \end{aligned}$$

[0108] [数33]

$$B_{front_right} = \frac{v_0}{a} (33-1)$$

$$B_{front_left} = \frac{v_0}{a} (33-2)$$

$$B_{rear_right} = \frac{v_0}{a} (33-3)$$

$$B_{rear_left} = \frac{v_0}{a} (33-4)$$

[0109] ここで、上記した加減速指示値Bについて説明する。加減速指示値Bは、車速が0になるのが何時のタイミングであることを示している。すなわち、数式30に示されるように、時間tが-Bとなるときに車速が0になることを示している。そして、-Bが正の値であれば、現時点よりも後のタイミング、すなわち将来的に車速が0になることを示しており、-Bが負の値であれば、現時点よりも前のタイミング、すなわち過去に車速が0になっていたことを示している。そして、将来的に車速が0になるということは、現時点では車両1が減速中で減速度が発生しているため加速度aは負の値となり、過去に車速が0になっていたということは、現時点では車両1は加速中で加速度が発生しているため加速度aは正の値となる。したがって、加減速指示値Bによって、車両1が加速中であるか減速中であるかを把握することが可能となる。

[0110] 具体的には、車輪位置検出が行われるタイミングでは、ほとんどの場合、車両1は前進中であることから、車速V0は正の値となる。そして、加減速指示値Bについては、数式32のように表され、C1、C2を代入すること

によって求められる。したがって、数式 3 3-1 ~ 3 3-4 において、車速 V_0 が正の値となり、 C_1 、 C_2 の代入によって加減速指示値 B を求めることで加減速指示値 B の符号の正負が確認できることから、加速度 a の符号の正負を判定することができる。

[0111] 一方、上記したように、数式 4-1 ~ 4-4 に基づいて、各車輪 5 a ~ 5 d に対する G センサ 2 2 の傾斜角度 θ_{set} を推定することができる。したがって、数式 2 8-1 ~ 2 8-4 において、 r_w については車輪 5 a ~ 5 d における実効タイヤ半径を示して正の値であり、加速度 a の符号の正負については上記のように判定できる。このため、傾斜角度 θ_{set} について推定値を使用すれば、方向比例成分 D の符号が分かる。この方向比例成分 D の正負の符号に基づいて、G センサ 2 2 を含むセンサ送信機 2 が取り付けられたのが右車輪 5 a、5 c であるか左車輪 5 b、5 d であるのかを特定することができる。

[0112] まず、数式 2 6 に示したように、方向比例成分 D は $C_1 \sim C_3$ によって表される。このため、 $C_1 \sim C_3$ を算出することによって、方向比例成分 D についても算出できる。また、方向比例成分 D は、数式 2 8-1 ~ 2 8-4 のようにも表される。これらの式については、総括して表すと、下記の数式 3 4 となる。

[0113] [数 34]

$$\frac{D}{\tan \theta_{set}} = \pm \frac{r_w}{a}$$

[0114] この数式 3 4 に、数式 2 6 に対して $C_1 \sim C_3$ を代入して算出した方向比例成分 D と、傾斜角度 θ_{set} の推定値と、実効タイヤ半径 r_w を代入すると共に、判定済みの加速度 a の符号を参照することで、数式 3 4 の右辺の符号が正と負のいずれであるかを判定できる。例えば、 $\tan \theta_{set}$ が正の値であった場合、数式 3 4 の等式が成立することに基づく、方向比例成分 D と加速度 a の符号が同じであれば数式 3 4 の右辺の符号が正になり、符号が異なっていれば数式 3 4 の右辺の符号が負になる。そして、数式 3 4 の右辺の符号

が正になるのはセンサ送信機 2 が右車輪 5 a、5 c に取り付けられている場合であり、符号が負になるのはセンサ送信機 2 が左車輪 5 b、5 d に取り付けられている場合である。これに基づいて、センサ送信機 2 が右車輪 5 a、5 c と左車輪 5 b、5 d のいずれに取り付けられているのかを判定することが可能となる。

[0115] なお、ここでは傾斜角度 θ_{set} の推定値に基づいて得られる $\tan \theta_{set}$ が正の値となる場合を例に挙げたが、負になる場合もある。その場合、方向比例成分 D と加速度 a の符号が同じであればセンサ送信機 2 が左車輪 5 b、5 d に取り付けられ、符号が異なっていればセンサ送信機 2 が左車輪 5 b、5 d に取り付けられていると判定できる。

[0116] そして、このようにしてセンサ送信機 2 が左右いずれの車輪に取り付けられているかが推定されると、その推定結果と推定の際に得られた値等のデータを含むフレームがセンサ送信機 2 から送信され、これが受信機 3 で受信される。受信機 3 は、このフレームに格納された推定結果に基づいて、受信機 3 は、フレームを送信したセンサ送信機 2 が左右いずれの車輪に取り付けられたものであるかを特定する。さらに、受信機 3 は、フレームに格納された推定の際に得られた値等に基づいて、センサ送信機 2 が前後いずれの車輪に取り付けられたものであるかを特定する。

[0117] 例えば、フレームには、推定の際に得られた値として実効タイヤ半径に係する a/r_w が格納されている。この実効タイヤ半径に係する a/r_w の値に基づいて、センサ送信機 2 が前後いずれの車輪に取り付けられたものであるかを特定する。

[0118] すなわち、センサ送信機 2 が前後輪のいずれに取り付けられたかによって、G センサ 22 の測定値にずれが生じる。仮に、右側の前後輪 5 a、5 c に取り付けられたセンサ送信機 2 の G センサ 22 であったとすると、測定値は図 7 の波形のようになる。この図に示されるように、右側の前後輪 5 a、5 c に取り付けられたセンサ送信機 2 においては、車両 1 の同じ側に配置されていることから振幅の差が出難いが、実効タイヤ半径の差に応じた位相差が

発生する。一般的には、実効タイヤ半径は、前輪側の方が後輪側よりも小さいことから、Gセンサ22の振幅の位相は前輪側において後輪側よりも早くなる。

[0119] 前輪5a、5bと後輪5c、5dでタイヤ半径が異なる車両1であれば、元々実効タイヤ半径に差があるため、実効タイヤ半径に基づいて測定値の波形に位相差が出る。それに基づいて前後いずれの車輪に取り付けられたセンサ送信機2かを特定することができる。また、静止時のタイヤ半径が異なっていなくても、車両1の加減速中の荷重移動によって、前輪5a、5bと後輪5c、5dで実効タイヤ半径に差が発生する。このため、実効タイヤ半径の相違に基づいて、前後いずれの車輪に取り付けられたセンサ送信機2かを特定することができる。

[0120] したがって、受信機3にて自身が右車輪5a、5cに取り付けられたものであるという推定結果のデータを含むセンサ送信機2同士の実効タイヤ半径に関する a/r_w の値を大小比較する。そして、小さい方のデータを送信してきたセンサ送信機2が右前輪5aに取り付けられたものであると特定し、大きい方のデータを送信してきたセンサ送信機2が右後輪5cに取り付けられたものと特定する。同様に、自身が左車輪5b、5dに取り付けられたものであるという推定結果のデータを含むセンサ送信機2同士の実効タイヤ半径に関する a/r_w の値を大小比較する。そして、小さい方のデータを送信してきたセンサ送信機2が左前輪5bに取り付けられたものであると特定し、大きい方のデータを送信してきたセンサ送信機2が左後輪5dに取り付けられたものと特定する。

[0121] さらに、センサ送信機2自身で加速中および減速中の a/r_w を記憶しておき、その絶対値を比較することでセンサ送信機2自身で前後輪いずれに搭載されているかを判定することもできる。具体的には加速中すなわち $a > 0$ のときの a/r_w の絶対値が、減速中すなわち $a < 0$ のときの a/r_w の絶対値より小さければ前輪に搭載されていると判定できる。なお、車両が加速中なのか減速中なのかは a/r_w の符号などで判定できる。

[0122] 以上のように、センサ送信機 2 自身で、傾斜角度 θ_{set} を演算し、この傾斜角度 θ_{set} に加えて計算 2 次関数や計算 1 次関数および実測 2 次関数や実測 1 次関数に基づいて、右車輪 5 a、5 c と左車輪 5 b、5 d のいずれに取り付けられたものであるかを推定する。そして、その推定結果および実効タイヤ半径に基づいて、受信機 3 側で各センサ送信機 2 が両前輪 5 a、5 b と両後輪 5 c、5 d のいずれに取り付けられたものであるかを特定する。これにより、センサ送信機 2 が車輪 5 a ~ 5 d のいずれに取り付けられたものであるかを特定することが可能となる。

[0123] このような車輪位置検出手法においては、トリガ機などの追加の設備が必要にならず、装置構成の複雑化、コスト増を防ぐことができる。また、受信機 3、もしくは受信アンテナ 3 1 の搭載位置の制約も少ない。また、2 軸の G センサという特殊なセンサを必要としない。さらに、操舵輪と従動輪との判別も可能である。そして、ABS 制御に用いる車輪速度センサの情報を利用しないため、通信仕様の複雑化を招くこともないし、タイヤ空気圧の検出精度が要求されることなく精度良い車輪位置検出を行うことが可能となる。

[0124] 参考として、例えば図 6 に示す諸条件とされた車両 1 において、各車輪 5 a ~ 5 d に取り付けられたセンサ送信機 2 の G センサ 2 2 の検出信号を解析した場合を例に挙げて、具体的にどのように車輪位置検出を行うかについて説明する。

[0125] 左右前輪 5 a、5 b に取り付けられたセンサ送信機 2 の G センサ 2 2 の検出信号に基づいて加速度 a を測定したところ図 8 A の結果が得られた。また、左右後輪 5 c、5 d に取り付けられたセンサ送信機 2 の G センサ 2 2 の検出信号に基づいて加速度 a を測定したところ図 8 B の結果が得られた。さらに、左右前輪 5 a、5 b に取り付けられたセンサ送信機 2 の G センサ 2 2 の検出信号に基づいて加速度 a の微分値 da/dt を測定したところ図 9 A の結果が得られた。また、左右後輪 5 c、5 d に取り付けられたセンサ送信機 2 の G センサ 2 2 の検出信号に基づいて加速度 a の微分値 da/dt を測定したところ図 9 B の結果が得られた。

- [0126] 図9 A中から右前輪5 aの加速度aの微分値 da/dt を抽出し、極大値および極小値に基づいて加速度aの微分値 da/dt の中央値を求め、それを繋ぐと図10 Aのような結果が得られる。この中央値を繋いだ直線が実測1次関数を示す直線となる。また、この実測1次関数を示す直線と、加速度aの中央値を図に示すと、図11 Aのような結果となる。
- [0127] これらの結果より、実測1次関数を示す直線中の2点を用いて、当該2点における加速度aの微分値 da/dt の中央値とその中央値のときの時間tを数式23に代入することで $C1_front_right$ 、 $C2_front_right$ の連列方程式を得る。また、それを解くことで $C1_front_right$ 、 $C2_front_right$ を算出する。そして、実測2次関数が上記した数式22で表されることから、図8 A中の加速度aから中央値を1点求め、中央値とその中央値のときの時間tを数式22に代入すると共に、先ほど求めた $C1_front_right$ 、 $C2_front_right$ を代入する。これにより、 $C3_front_right$ を算出する。ここでの例では、 $C1_front_right$ が0.6912、 $C2_front_right$ が-6.313、 $C3_front_right$ が12.23となった。
- [0128] また、数式33-1を用いて B_front_right を算出すると-4.567となり、 $\theta_{set_front_right}$ が 85° のときに $\tan(\theta_{set_front_right})$ が11.43になる。このため、数式28-1を用いて D_front_right を算出すると3.163となった。また、 $D_front_right/\tan(\theta_{set_front_right})$ は-0.2768となった。
- [0129] 仮に、右前輪5 aに備えられたセンサ送信機2がGセンサ22の検出信号に基づいて各値を算出したときには、上記のような値で算出されることになる。このため、算出したBに基づいて加速度 $a < 0$ と推定でる。さらに、 $\tan \theta_{set}$ が正であり、かつ、方向比例成分 $D < 0$ となっていて、加速度aと方向比例成分Dの符号が同じであることから、センサ送信機2が取り付けられたのが右車輪5 a、5 cであると判定することができる。
- [0130] 同様に、左前輪5 b、右後輪5 cおよび左後輪5 dに関しても、加速度aの微分値 da/dt を抽出し、加速度aの微分値 da/dt の中央値を求め

、それを繋ぐと図10B～図10Dのような結果が得られる。各中央値を繋いだ直線が実測1次関数を示す直線となる。また、実測1次関数を示す直線と、加速度 a の中央値を図に示すと、図11B～図11Dのような結果となる。

[0131] これらの結果に基づいて、右前輪5aと同様に、左前輪5b、右後輪5cおよび左後輪5dに関しても各値を求めると以下のような値となった。

[0132] 具体的には、左前輪5bについては、 $C1_front_left$ が0.8120、 $C2_front_left$ が-6.393、 $C3_front_left$ が14.76、 B_front_left が-4.567となった。また、 D_front_left が2.680、 $D_front_left / \tan(\theta_{set_front_left})$ は0.2345となった。このため、算出したBに基づいて加速度 $a < 0$ と推定できる。さらに、 $\tan \theta_{set}$ が正であり、かつ、方向比例成分 $D > 0$ となっていて、加速度 a と方向比例成分 D の符号が異なっていることから、センサ送信機2が取り付けられたのが左車輪5b、5dであると判定することができる。

[0133] また、右後輪5cについては、 $C1_rear_right$ が0.6535、 $C2_rear_right$ が-6.085、 $C3_rear_right$ が11.76、 B_rear_right が-4.656、 D_rear_right が-3.683、 $D_rear_right / \tan(\theta_{set_rear_right})$ は-0.3223となった。このため、算出したBに基づいて加速度 $a < 0$ と推定できる。さらに、 $\tan \theta_{set}$ が正であり、かつ、方向比例成分 $D < 0$ となっていて、加速度 a と方向比例成分 D の符号が同じであることから、センサ送信機2が取り付けられたのが右車輪5a、5cであると判定することができる。

[0134] さらに、左後輪5dについては、 $C1_rear_left$ が0.6704、 $C2_rear_left$ が-6.139、 $C3_rear_left$ が14.38、 B_rear_left が-4.578、 D_rear_left が0.491となった。また、 $D_rear_left / \tan(\theta_{set_rear_left})$ は0.04310となった。このため、算出したBに基づいて加速度 $a < 0$ と推定できる。さらに、 $\tan \theta_{set}$ が正であり、かつ、方向比例成分 $D > 0$ となっていて、加速度 a と方向比例成分 D の

符号が異なっていることから、センサ送信機 2 が取り付けられたのが左車輪 5 b、5 d であると判定することができる。

[0135] このようにしてセンサ送信機 2 が左右いずれの車輪に取り付けられているかが推定されると、その推定結果と推定の際に得られた値等のデータを含むフレームがセンサ送信機 2 から送信され、これが受信機 3 で受信される。そして、受信機 3 において、フレームに格納された推定結果に基づいて、フレームを送信したセンサ送信機 2 が左右いずれの車輪に取り付けられたものであるかを特定する。さらに、受信機 3 は、フレームに格納された推定の際に得られた値等に基づいて、センサ送信機 2 が前後いずれの車輪に取り付けられたものであるかを特定する。これにより、各センサ送信機 2 が取り付けられているのが車輪 5 a～5 d のいずれであるかを特定することが可能となる。

[0136] (他の実施形態)

本開示は、上記した実施形態に準拠して記述されたが、当該実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

[0137] 上記実施形態では、受信アンテナ 3 1 が 1 本の共通アンテナとされる形態について説明したが、複数本、例えば各車輪 5 a～5 d それぞれに対応して 4 本設けられるような形態であっても構わない。ただし、受信アンテナ 3 1 が共通アンテナとされた場合に、特に、センサ送信機 2 が取り付けられた車輪 5 a～5 d の特定が困難となることから、共有アンテナとされる場合に有効である。

[0138] また、上記実施形態では、タイヤ空気圧検出装置に車輪位置検出装置を適用しているため、車輪位置検出の結果を示すデータをタイヤ空気圧に関する情報が格納されるフレームに格納して送信されるようにしている。しかしながら、これはフレーム構成の一例を示したに過ぎず、車輪位置検出の結果を

示すデータを格納するフレームとタイヤ空気圧に関する情報を格納するフレームを別々のフレームとしても構わない。ただし、タイヤ空気圧に関する情報が格納されるフレームに各車輪位置検出の結果を示すデータを格納することで、車輪位置検出とタイヤ空気圧検出の両方が行える共通フレームとすることが可能となる。

[0139] また、上記実施形態では、センサ送信機 2 が両前輪 5 a、5 b と両後輪 5 c、5 d のいずれに取り付けられているかの検出手法の一例として実効タイヤ半径に関する値 a/r_w の値を用いる場合を例に挙げた。しかしながら、上記実施形態で説明した手法以外の手法を採用しても構わない。例えば、G センサ 2 2 による加速度の検出結果をフレームに格納し、右車輪 5 a、5 c もしくは左車輪 5 b、5 d に取り付けられたセンサ送信機 2 の G センサ 2 2 が示す加速度の波形の位相を比較することで、前後いずれの車輪であるかを特定するようにしても良い。また、フレームに実効タイヤ半径に関する値として a/r_w を格納したが、実効タイヤ半径に関する値として実効タイヤ半径そのものを格納しても良い。

[0140] また、上記実施形態では、車輪位置検出が行われるタイミングでは、ほとんどの場合に車両 1 が前進中であることに基づいて、加速度 a の正負の符号を判定している。これに代えて、他の手法によって加速度 a の正負の符号を判定することもできる。例えば、G センサ 2 2 の検出信号が示す振幅波形の周期が減少傾向にある場合はタイヤ回転周期が短くなっていく加速中、逆に拡大傾向にある場合はタイヤ回転周期が長くなっていく減速中と判定できる。このため、例えば極大値同士もしくは極小値同士の時間間隔から振幅波形の周期を求め、これが減少傾向にあるか拡大傾向にあるかに基づいて、加速度 a の符号が正か負かを判定することもできる。

請求の範囲

[請求項1]

車体（6）に対してタイヤを備えた4つの車輪（5 a～5 d）が取り付けられた車両（1）に適用される車輪位置検出装置であって、

4つの前記車輪それぞれに備えられ、4つの前記車輪それぞれの径方向に対して周方向に任意の角度ずらした方向を検出方向として加速度を検出する加速度センサ（2 2）と、前記加速度センサで検出した加速度に基づいて車輪位置検出を行い、該車輪位置検出の結果を示すデータを格納したフレームを作成すると共に送信する第1制御部（2 3）とを有するセンサ送信機（2、2 a～2 d）と、

前記車体側に設けられ、受信アンテナ（3 1）を介して前記センサ送信機から送信されたフレームを受信する受信部（3 2）と、受信した前記フレームから得られる車輪位置検出の結果を示すデータに基づいて、前記フレームを送信してきた前記センサ送信機が4つの前記車輪うちの右車輪（5 a、5 c）と左車輪（5 b、5 d）のいずれに取り付けられたものであるかを特定する第2制御部（3 3）とを有する受信機（3）とを備え、

前記第1制御部は、

前記加速度センサで検出した加速度に基づいて、前記加速度センサが前記径方向に対して周方向にずらされた前記任意の角度に相当する傾斜角度（ θ_{set} ）を演算し、前記車輪に対して前記傾斜角度で前記加速度センサが取り付けられている場合における加速度の計算値の振幅の中央値を2次関数で近似した計算2次関数と、前記加速度の計算値の微分値の中央値を1次関数で近似した計算1次関数と、前記加速度センサで実際に検出される値の振幅の中央値を2次関数で近似した実測2次関数と、前記加速度センサで実際に検出される値の微分値を1次関数で近似した実測1次関数とに基づいて、該第1制御部が備えられた前記センサ送信機自身に取り付けられたのが前記右車輪と前記左車輪のいずれであるかを推定しており、

前記実測 2 次関数における 2 次の項の係数を C_1 、1 次の項を C_2 、定数項を C_3 として、前記実測 1 次関数中の 2 点における中央値および該中央値となる時間に基づいて前記 C_1 および前記 C_2 を算出すると共に、算出された前記 C_1 および前記 C_2 と前記実測 2 次関数中の 1 点における中央値および該中央値となる時間に基づいて前記 C_3 を算出し、

前記車体の加速度を a 、車速の初速度を v_0 、前記傾斜角度を θ_{set} 、前記車両が加速中であるか減速中であるかを示す加減速指示値を B 、前記加速度センサの検知結果から重力加速度成分と遠心加速度成分を取り除いた方向比例成分を D とし、前記 v_0 の符号を正として、前記 B の関係式である $B = C_2 / C_1 = v_0 / a$ に加えて算出した前記 C_1 および前記 C_2 に基づいて前記 a の符号が正か負のいずれであるかを判定すると共に、前記 D の関係式である $D = -(C_2 / 2 C_1)^2 + C_3 / C_1$ に加えて算出した前記 C_1 と前記 C_2 および前記 C_3 に基づいて前記 D を算出し、前記 θ_{set} から算出される $\tan \theta_{set}$ の符号と前記 a と前記 D の符号が同じであるか否かに基づいて、前記センサ送信機自身に取り付けられたのが前記右車輪と前記左車輪のいずれであるかを推定する車輪位置検出装置。

[請求項2]

前記第 1 制御部は、

前記 $\tan \theta_{set}$ の符号が正である場合において、前記 a と前記 D の符号が同じであれば、前記センサ送信機自身に取り付けられたのが前記右車輪と推定し、前記 a と前記 D の符号が異なっていれば、前記センサ送信機自身に取り付けられたのが前記左車輪と推定し、

前記 $\tan \theta_{set}$ の符号が負である場合において、前記 a と前記 D の符号が異なっていれば、前記センサ送信機自身に取り付けられたのが前記右車輪と推定し、前記 a と前記 D の符号が同じであれば、前記センサ送信機自身に取り付けられたのが前記左車輪と推定する請求項 1 に記載の車輪位置検出装置。

[請求項3] 前記第1制御部は、前記加速度センサで検出した加速度に基づいて車速が一定速度であることを検出したときに、前記傾斜角度の演算を行うものであることを特徴とする請求項1または2に記載の車輪位置検出装置。

[請求項4] 前記第1制御部は、前記計算2次関数における2次の項の係数と前記実測2次関数における2次の項の係数より実効タイヤ半径に関する値 (a/r_w) を演算し、該実効タイヤ半径に関する値のデータを前記フレームに格納すると共に送信し、

前記第2制御部は、前記フレームに格納された前記実効タイヤ半径に関する値のデータに基づいて、前記センサ送信機のうち前記右車輪に取り付けられたと特定したものの同士の前記実効タイヤ半径を大小比較することで、前記実効タイヤ半径が小さい方のデータを送信してきた前記センサ送信機を右前輪 (5a) に取り付けられたものと特定すると共に、前記実効タイヤ半径が大きい方のデータを送信してきた前記センサ送信機を右後輪 (5c) に取り付けられたものと特定し、さらに、前記センサ送信機のうち前記左車輪に取り付けられたと特定したものの同士の前記実効タイヤ半径を大小比較することで、前記実効タイヤ半径が小さい方のデータを送信してきた前記センサ送信機を左前輪 (5b) に取り付けられたものと特定すると共に、前記実効タイヤ半径が大きい方のデータを送信してきた前記センサ送信機を左後輪 (5d) に取り付けられたものと特定することを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1つに記載の車輪位置検出装置。

[請求項5] 前記第1制御部は、前記加速度センサの検出した加速度に基づいて加速中および減速中の前記実効タイヤ半径に関する値を記憶し、加速中および減速中における前記実効タイヤ半径に関する値の絶対値を比較し、加速中の値の方が減速中の値よりも小さければ、該第1制御部を備える前記センサ送信機が前輪に取り付けられていると判定し、加速中の値の方が減速中の値よりも小さければ、該第1制御部を備

える前記センサ送信機が後輪に取り付けられていると判定することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の車輪位置検出装置。

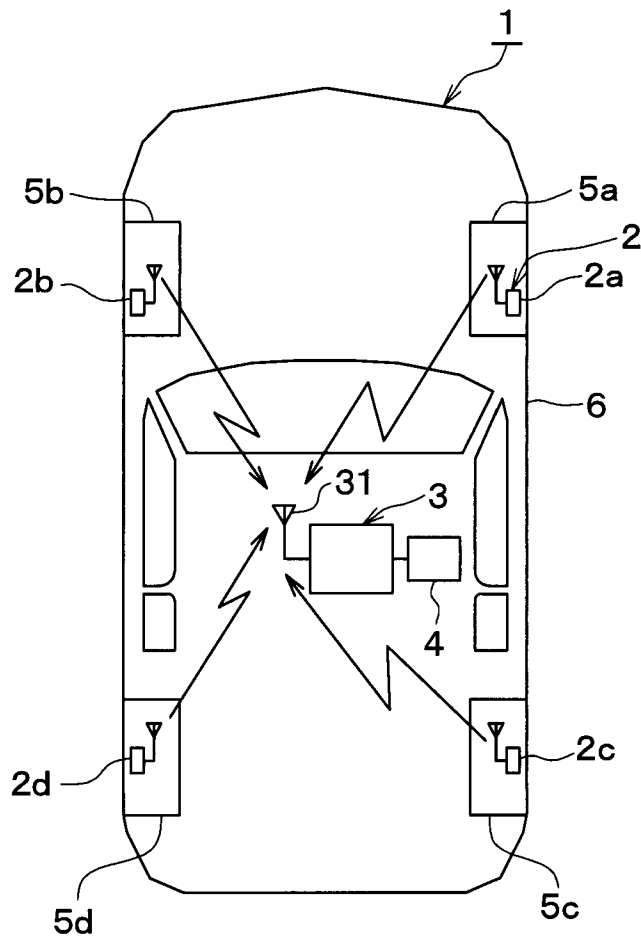
[請求項6] 請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の車輪位置検出装置に用いられることを特徴とするセンサ送信機。

[請求項7] 請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の車輪位置検出装置を含むタイヤ空気圧検出装置であって、

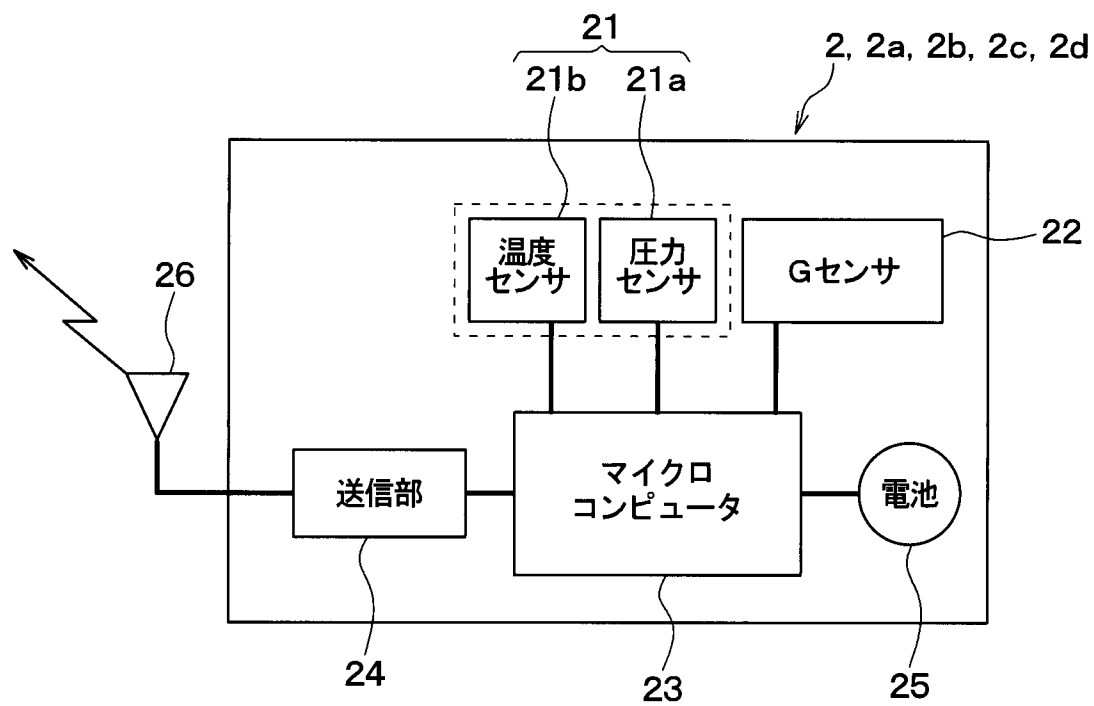
前記送信機は、4 つの前記車輪それぞれに備えられた前記タイヤの空気圧に応じた検出信号を出力するセンシング部（21）を備え、前記第 1 制御部によって前記センシング部の検出信号を信号処理したタイヤ空気圧に関する情報をフレームに格納して、当該フレームを前記受信機に送信し、

前記受信機は、前記第 2 制御部にて、該タイヤ空気圧に関する情報より、4 つの前記車輪それぞれに備えられた前記タイヤの空気圧を検出することを特徴とするタイヤ空気圧検出装置。

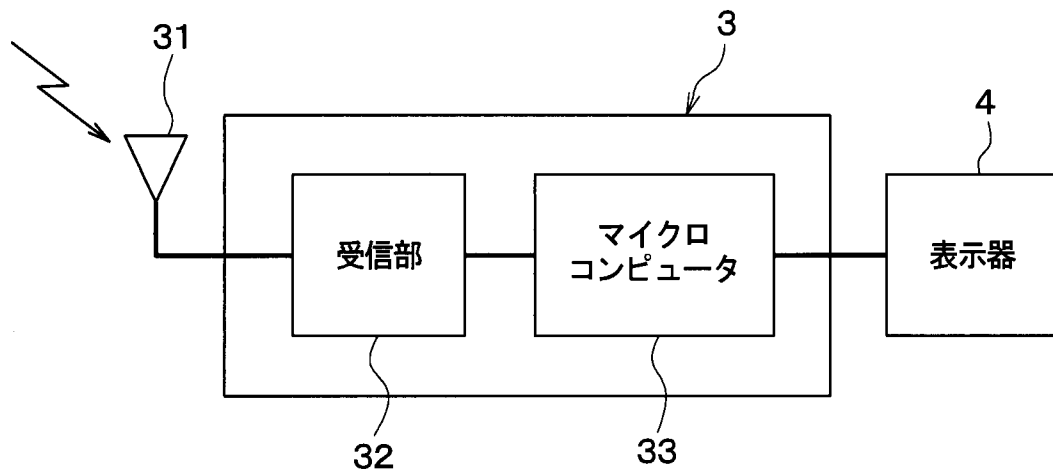
[図1]



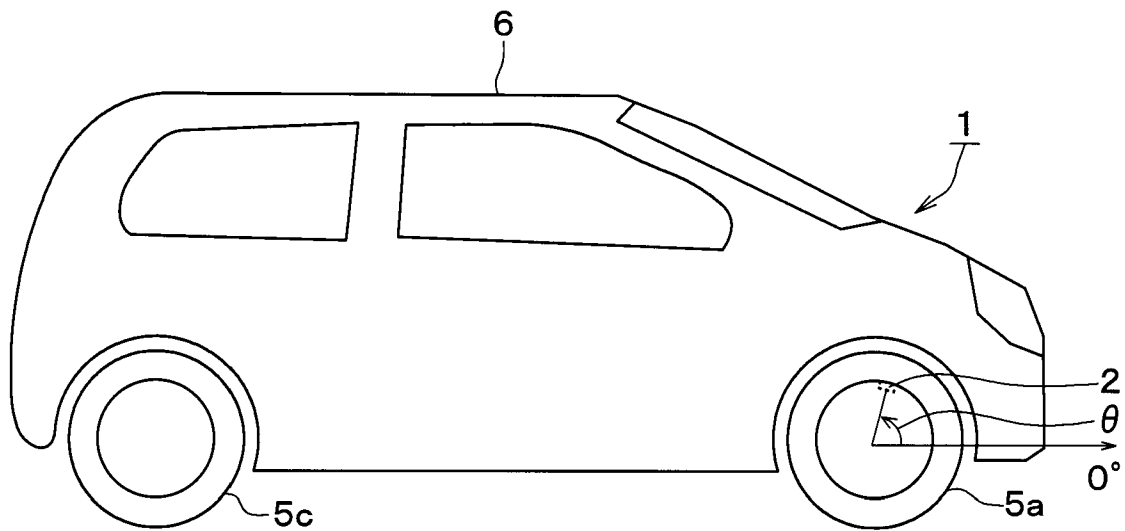
[図2A]



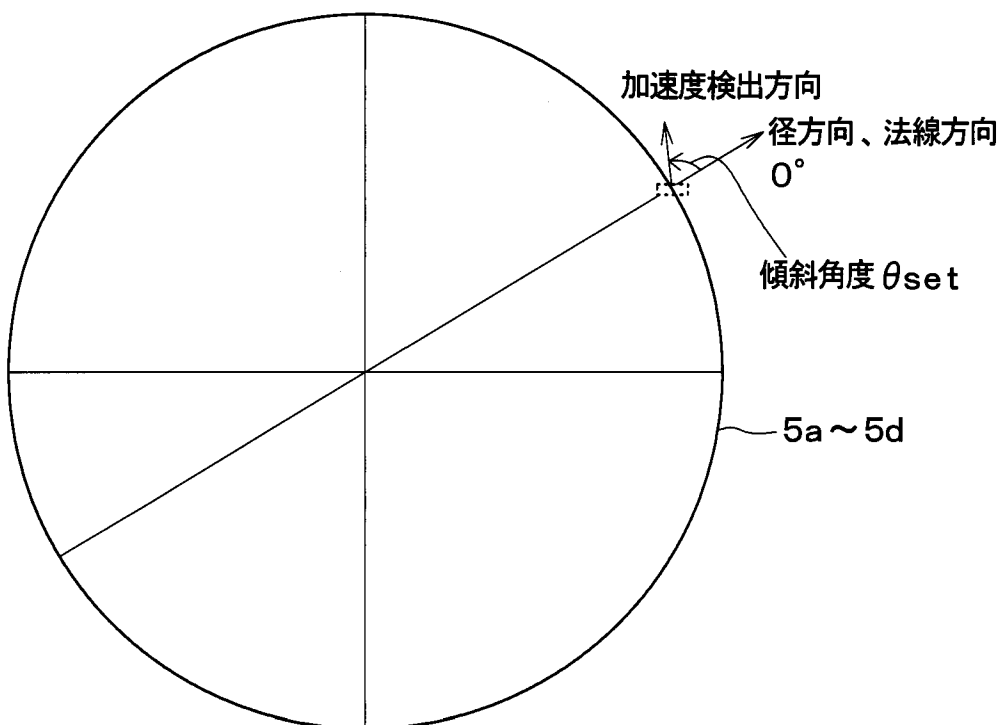
[図2B]



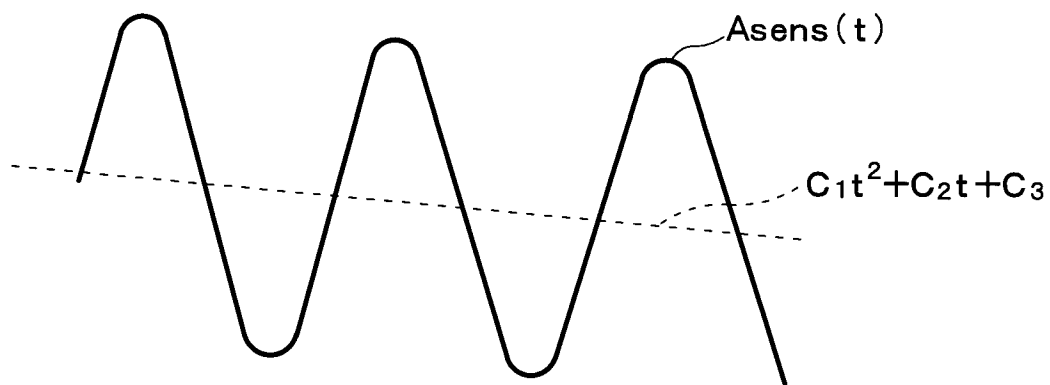
[図3]



[図4]



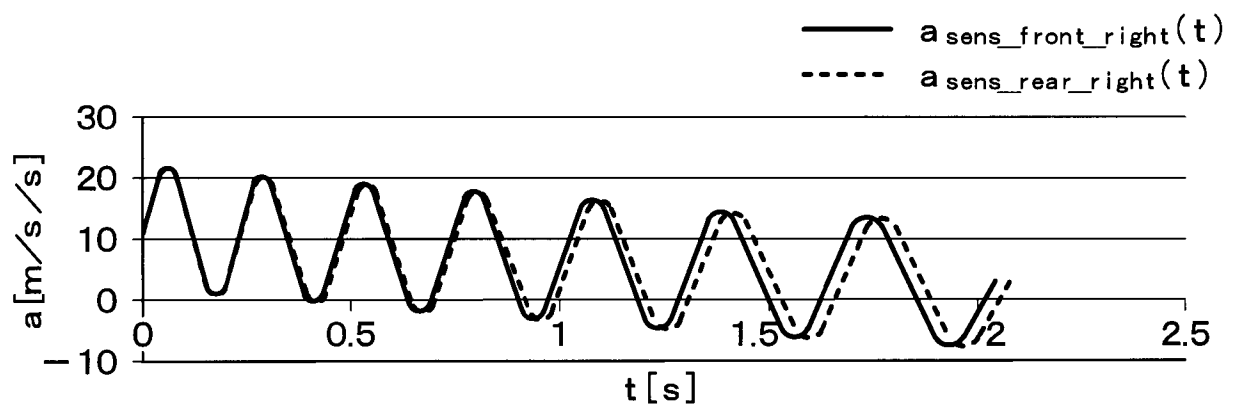
[図5]



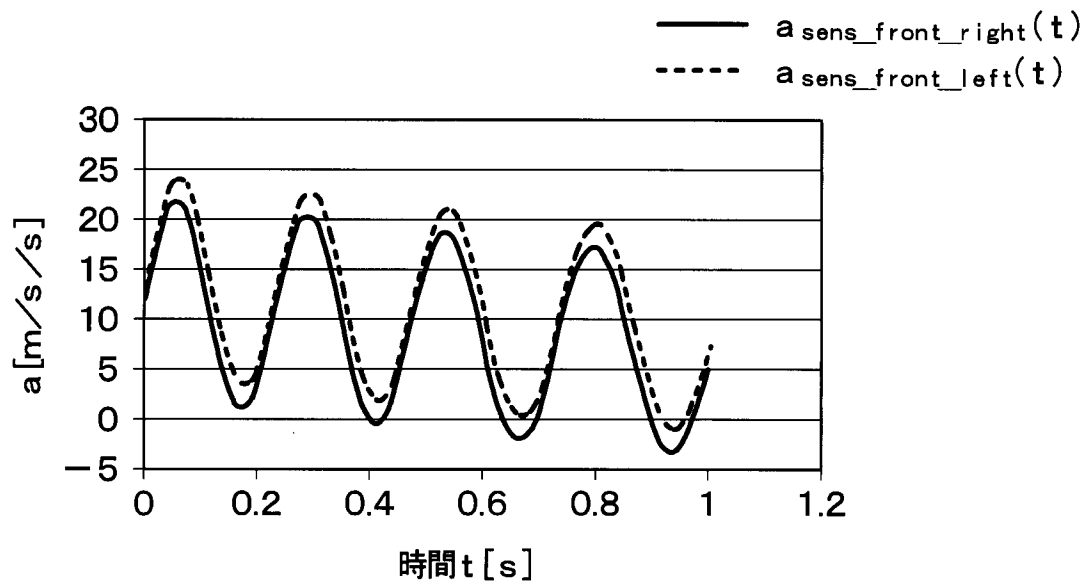
[図6]

初速(V_0)	30 km/h
加速度(a)	-0.2 G
タイヤ半径	31.1 cm
リム半径	19.1 cm
傾斜角度(θ_{set})	85°
車両重量	1625 kg
ホイールベース	2.7 m
重心高さ	55.9 cm
重心から前車輪軸までの距離	1.412 m
重心から後車輪軸までの距離	1.288 m

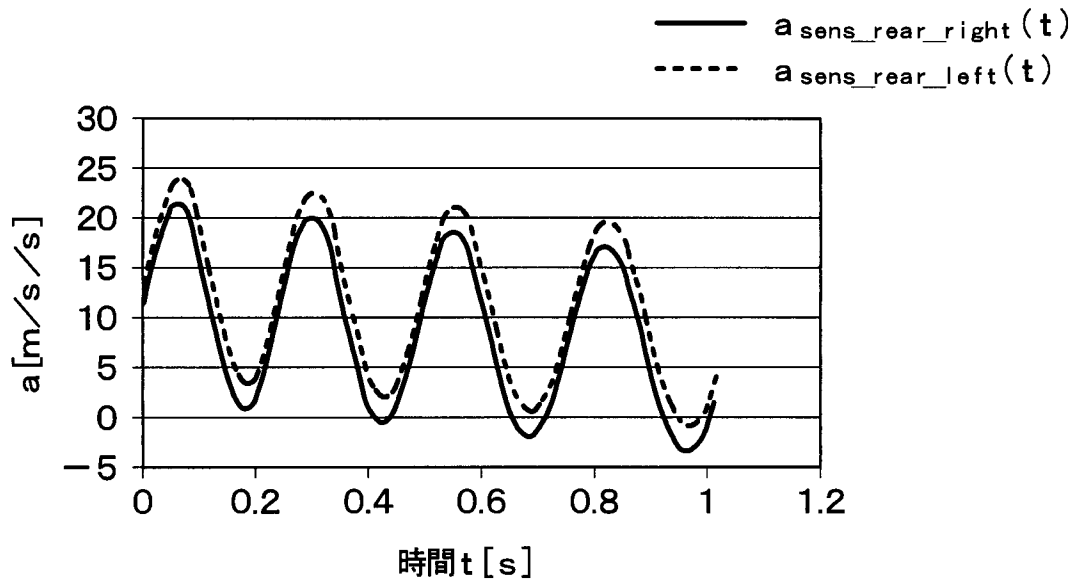
[図7]



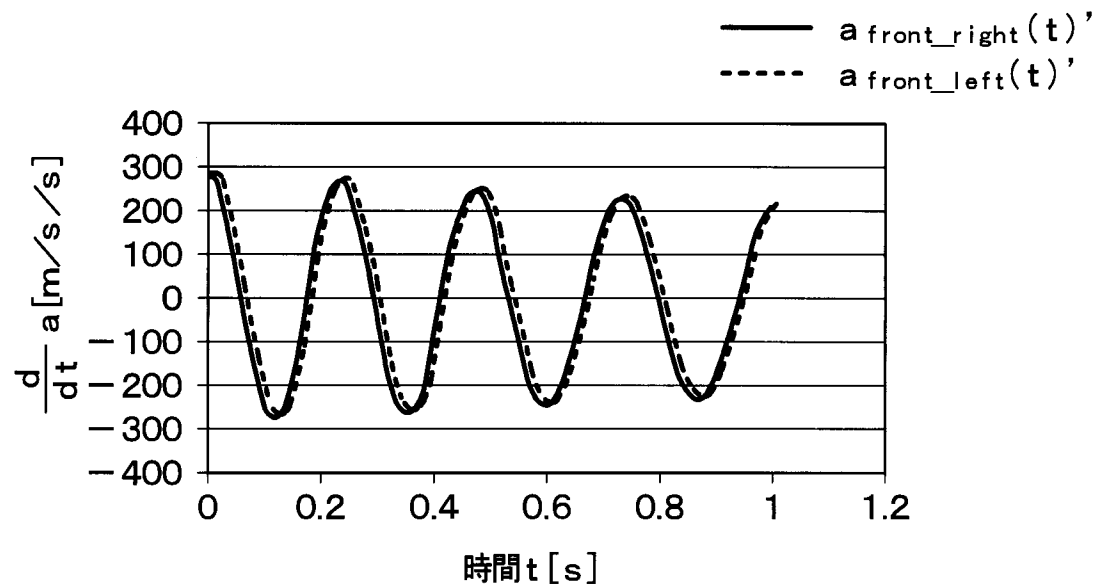
[図8A]



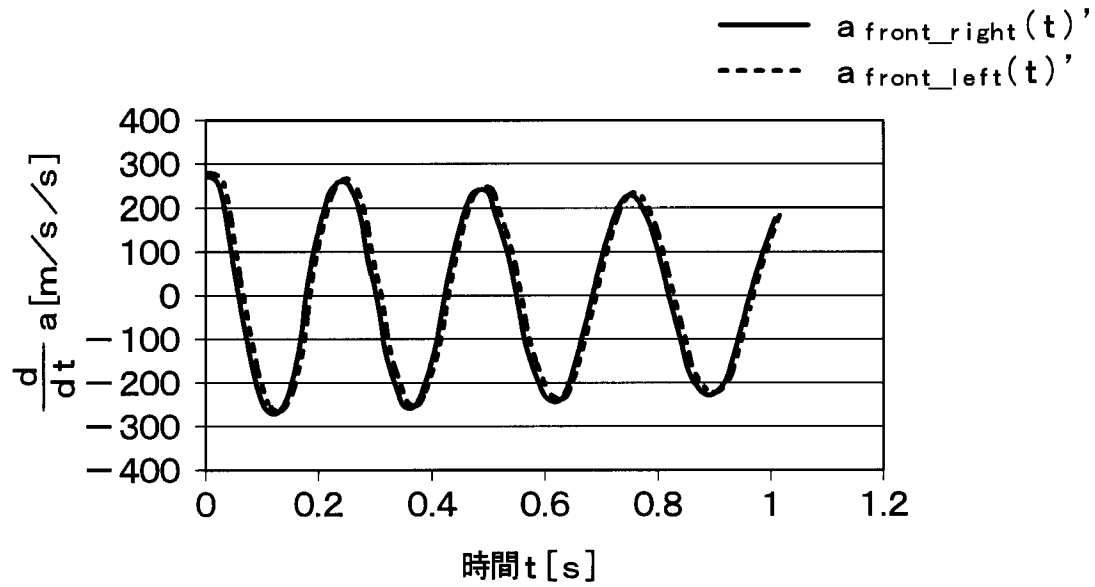
[図8B]



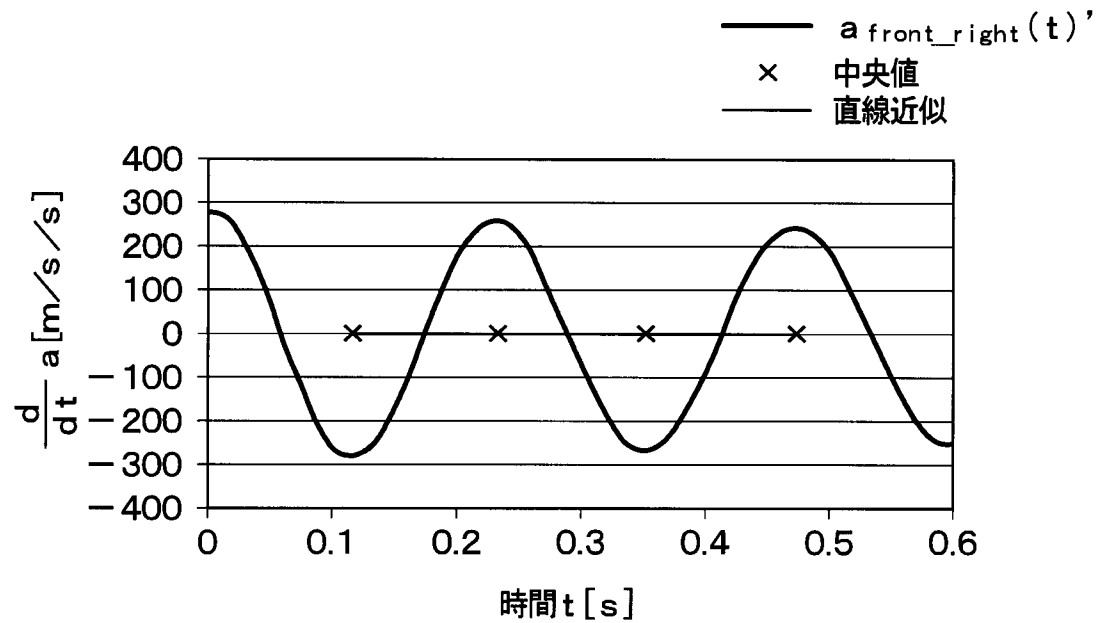
[図9A]



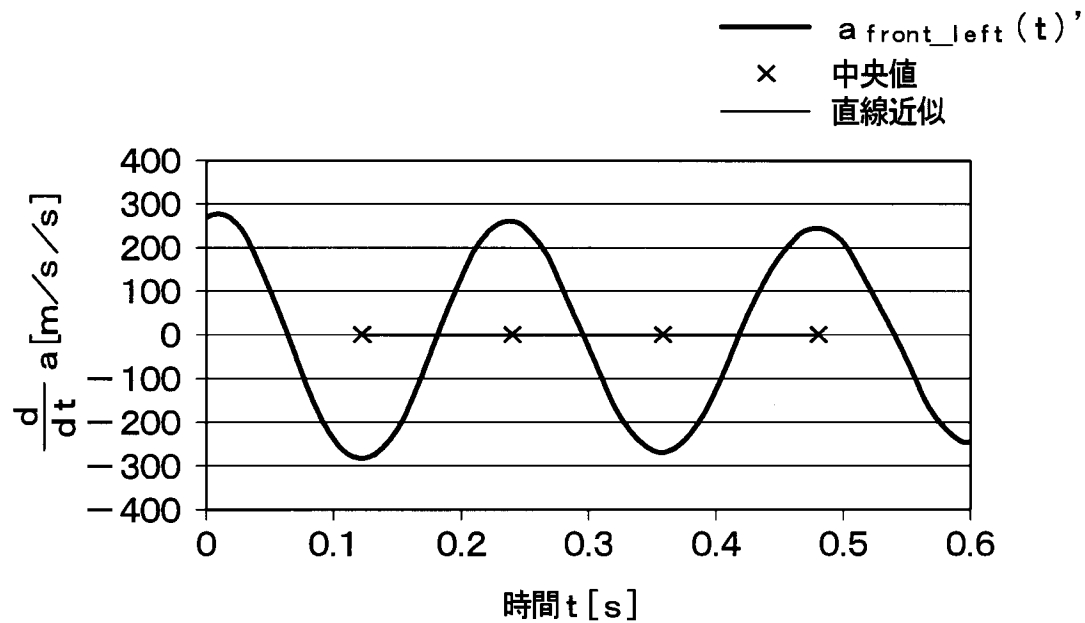
[図9B]



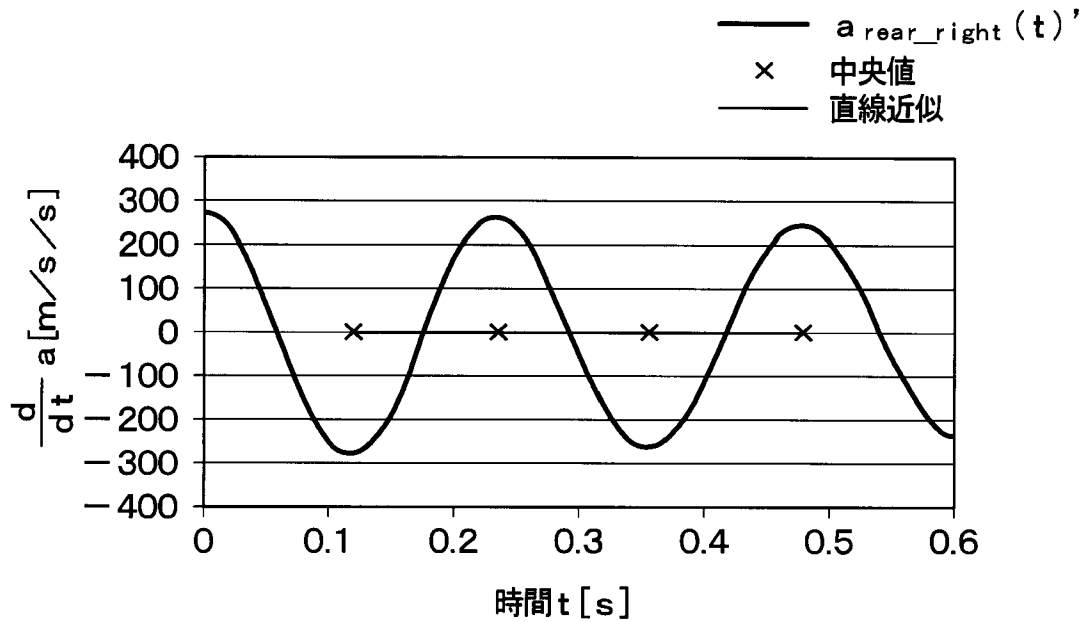
[図10A]



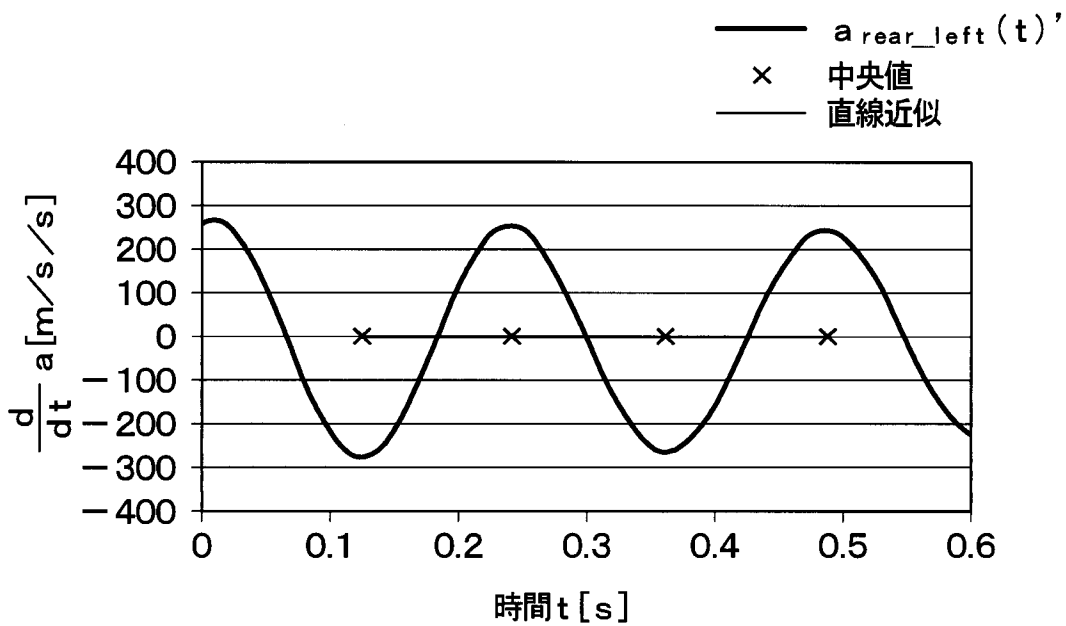
[図10B]



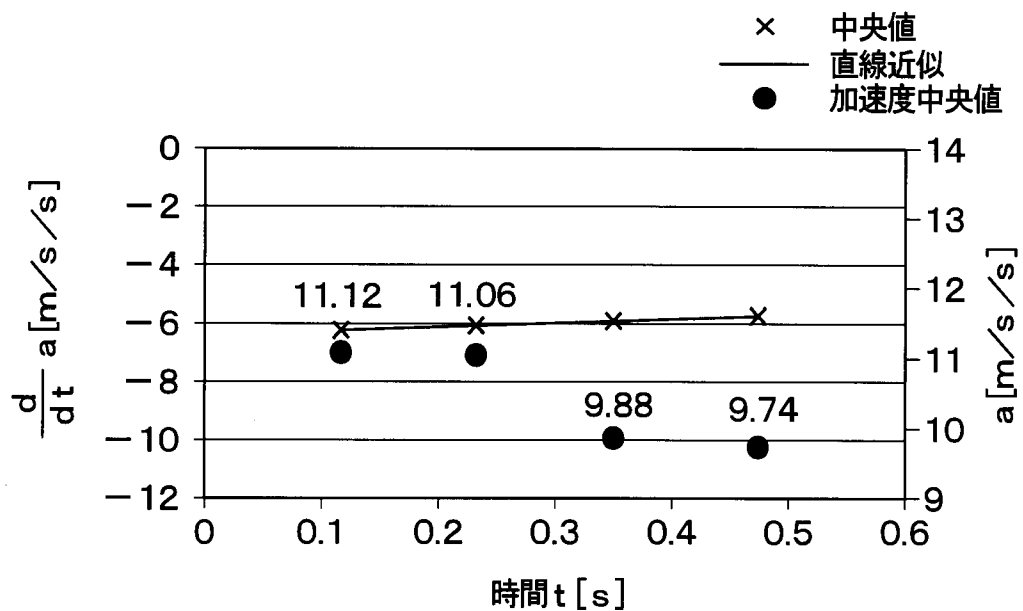
[図10C]



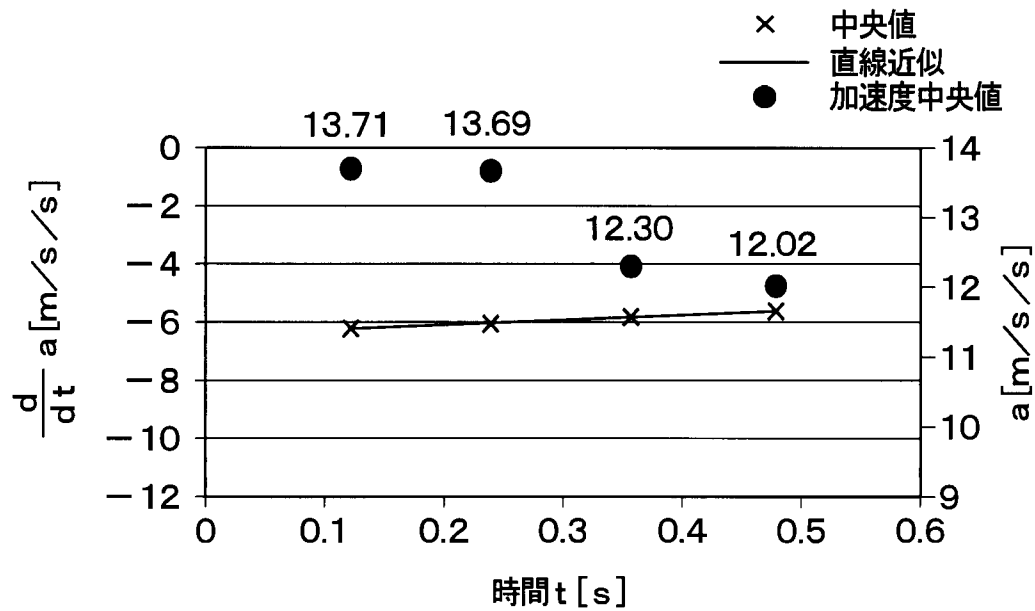
[図10D]



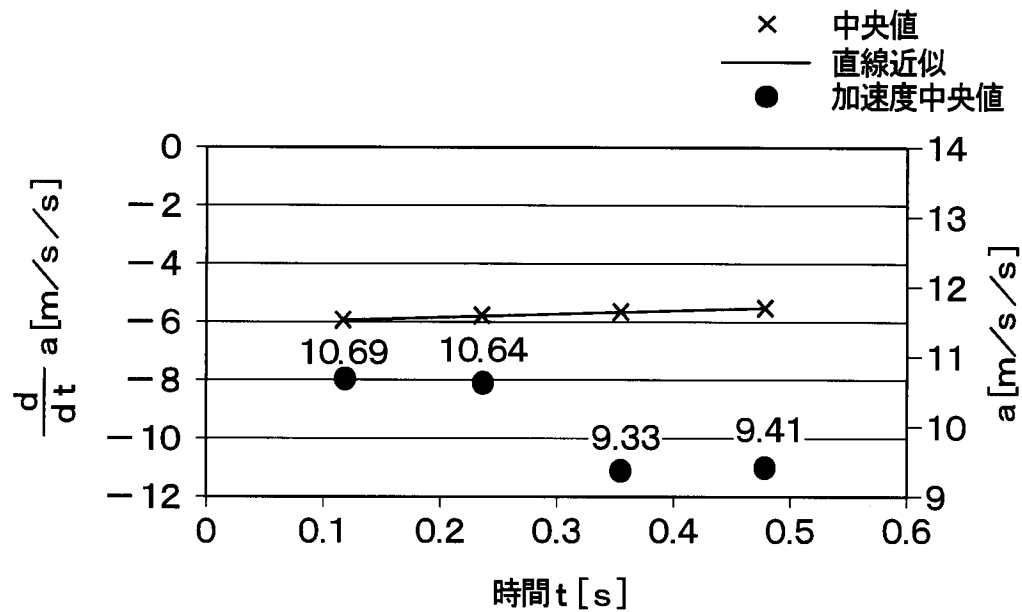
[図11A]



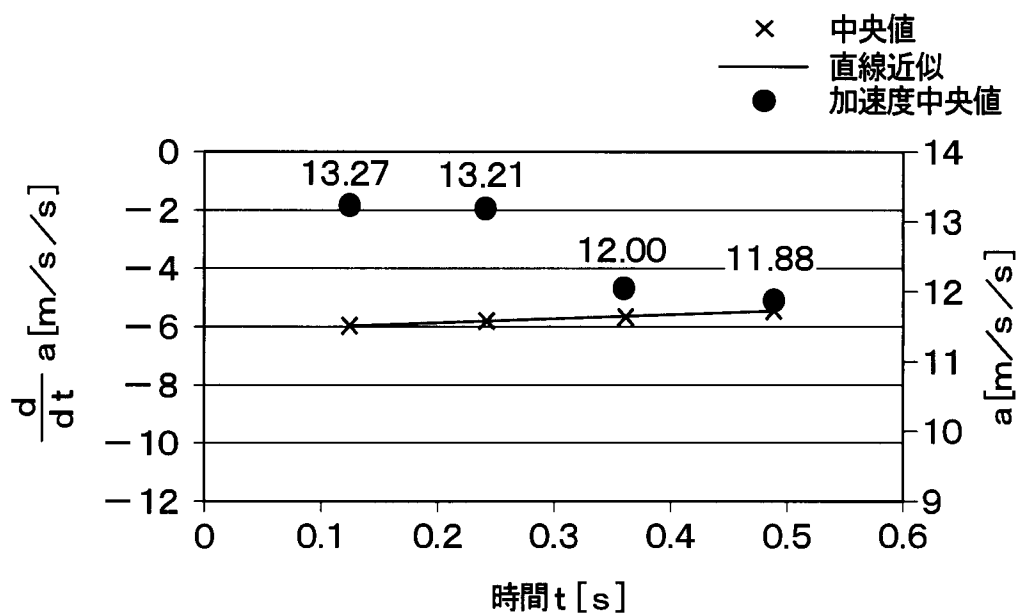
[図11B]



[図11C]



[図11D]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/000533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B60C23/04 (2006.01) i, G01L17/00 (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)

Int.Cl. B60C23/04, G01L17/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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	JP 2014-83884 A (TOKAI RIKA CO., LTD.) 12 May 2014 (Family: none)	1-7
A	JP 2013-1220 A (DENSO CORP.) 07 January 2013 & US 2012/0319831 A1 & DE 102012105030 A1 & KR 10-2012-0138701 A & CN 102991285 A	1-7
P, A	WO 2017/047419 A1 (DENSO CORP.) 23 March 2017 & JP 2017-58280 A	1-7

☐ 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
15 March 2018 (15.03.2018)

Date of mailing of the international search report
27 March 2018 (27.03.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B60C23/04(2006.01)i, G01L17/00(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 (IPC))

Int.Cl. B60C23/04, G01L17/00

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	JP 2014-83884 A (株式会社東海理化電機製作所) 2014.05.12, (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2013-1220 A (株式会社デンソー) 2013.01.07, & US 2012/0319831 A1 & DE 102012105030 A1 & KR 10-2012-0138701 A & CN 102991285 A	1-7
P, A	WO 2017/047419 A1 (株式会社デンソー) 2017.03.23, & JP 2017-58280 A	1-7

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

15.03.2018

国際調査報告の発送日

27.03.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

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)

三宅 龍平

3Q

4020

電話番号 03-3581-1101 内線 3381