

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007 年 1 月 25 日 (25.01.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/010895 A1

(51) 国際特許分類:

G01M 17/06 (2006.01) B60W 40/10 (2006.01)
B60C 23/06 (2006.01) G01L 5/00 (2006.01)
B60R 16/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2006/314174

(22) 国際出願日: 2006 年 7 月 18 日 (18.07.2006)

(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2005-208603 2005 年 7 月 19 日 (19.07.2005) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 横浜ゴム株式会社 (THE YOKOHAMA RUBBER CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1058685 東京都港区新橋五丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 松田 淳 (MAT-SUDA, Jun) [JP/JP]; 〒2548601 神奈川県平塚市追分

2 番 1 号 横浜ゴム株式会社 平塚製造所内 Kanagawa (JP). 北崎 剛史 (KITAZAKI, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒2548601 神奈川県平塚市追分 2 番 1 号 横浜ゴム株式会社 平塚製造所内 Kanagawa (JP). 宮下 直士 (MIYASHITA, Naoshi) [JP/JP]; 〒2548601 神奈川県平塚市追分 2 番 1 号 横浜ゴム株式会社 平塚製造所内 Kanagawa (JP).

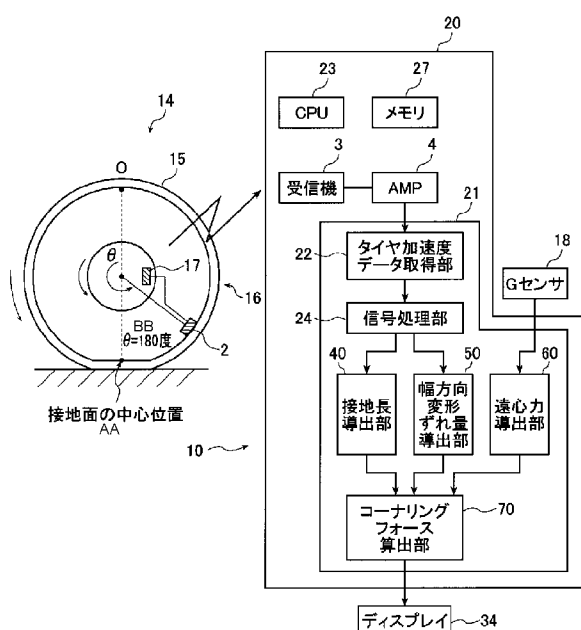
(74) 代理人: 渡辺 望稔, 外 (WATANABE, Mochitoshi et al.); 〒1010032 東京都千代田区岩本町 2 丁目 1 2 番 5 号 早川トナカイビル 3 階 Tokyo (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY,

[続葉有]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CALCULATING MAGNITUDE OF CORNERING FORCE GENERATED IN WHEEL

(54) 発明の名称: 車輪に発生するコーナリングフォースの大きさを算出する方法および装置



AA.. CENTER POSITION OF GROUND-CONTACT SURFACE

BB.. $\theta=180^\circ$

27.. MEMORY

3.. RECEIVER

22.. TIRE ACCELERATION DATA ACQUIRING PART

18.. G-SENSOR

24.. SIGNAL PROCESSING PART

40.. GROUND-CONTACT LENGTH DERIVING PART

50.. LATERALLY DEFORMED OR DISPLACED AMOUNT DERIVING PART

60.. CENTRIFUGAL FORCE DERIVING PART

70.. CORNERING FORCE CALCULATION PART

34.. DISPLAY

(57) Abstract: A method for calculating the magnitude of a cornering force generated in each of wheels, comprising the steps of obtaining the magnitude of a centrifugal force in an approximately vertical direction to the advancing direction of a vehicle applied to the vehicle during turning, and the ground-contact length of each of the plurality of wheels and the deformed amount of each of the wheels at each of the ground-contact portions of the plurality of wheels in the wheel width direction while the vehicle is turning, calculating a differences between the deformed amount of each of the wheels in the lateral direction and the deformed amount of each of the wheels in the lateral direction while the vehicle is traveling straightforward, and calculating the magnitude of the cornering force generated in each of the wheels by using the magnitude of the centrifugal force, the ground-contact length, and the difference of the deformed amount in the lateral direction.

(57) 要約: 旋回走行中の車両にかかる、車両進行方向に対して略垂直方向の遠心力の大きさと、車両の旋回走行中における複数の車輪それぞれの接地長と、複数の車輪の接地部分それぞれの車輪幅方向の変形量とを求め、さらに、各車輪の幅方向の変形量それぞれの、車両の直進走行中における各車輪幅方向の変形量に対する差分をそれぞれ算出して、前記遠心力の大きさ、前記接地長、および前記幅方向変形量の差分を用いて、各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出する。



TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

- (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, LS, MW, 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 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

車輪に発生するコーナリングフォースの大きさを算出する方法および装置 技術分野

[0001] 本発明は、複数の車輪を備える車両について、この車両の旋回走行中において各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさを、各車輪毎にそれぞれ算出するコーナリングフォース算出方法、およびコーナリングフォース算出装置に関する。

背景技術

[0002] 自動車車両の操縦安定性には、自動車車両の旋回走行特性(コーナリング特性)は特に重要である。より高い操縦安定性をもつ自動車車両の設計のためにも、自動車車両のコーナリング特性の評価は重要であるといえる。ホイールにタイヤが装着されてなる車輪を備える自動車車両のコーナリング特性には、車両の構造の特性(重量バランスなど)や、サスペンションの特性、タイヤの特性、さらに路面の状態など、種々の要因が関わっている。自動車車両のコーナリングでは、前後輪のタイヤの接地面に発生する旋回半径中心向きの力(コーナリングフォース)の総和と、車両の遠心力がつりあい状態になっている。このコーナリングフォースの大きさは、自動車車両やタイヤ、走行条件によって種々異なる。種々の走行条件におけるコーナリングフォースの大きさを比較評価することは、自動車車両のコーナリング特性の評価に特に重要である。

[0003] 例えば、特定タイヤに発生するコーナリングフォースを評価する方法として、公知の室内コーナリング試験機を用いる方法が挙げられる。このような室内コーナリング試験機では、例えば、特定タイヤに荷重を負荷した状態で、この特定タイヤを仮想路面に接触させる。そして、この仮想路面と特定タイヤの回転軸とを相対移動させて特定タイヤを回転させ、この特定タイヤの接地面に発生するコーナリングフォースの大きさを測定する。しかし、車両のタイヤに発生するコーナリングフォースには、上述のように、車両の構造の特性(重量バランスなど)や、サスペンションの特性、タイヤの特性、さらに路面の状態など、種々の要因が関わっている。また、実際の車両走行時には、車両の姿勢変化等により、各車輪にかかる荷重の変化も頻繁に起こる。このため、

公知の室内コーナリング試験機では、実際にタイヤが車両に取り付けられて、この車両が実際に路面を走行する際の状態(タイヤにかかる負荷状態や、タイヤの転動状態)を再現するには、その再現精度に限界があった。このような室内コーナリング試験機では、実際に特定タイヤが車両に取り付けられた場合の、特定タイヤの接地面に発生するコーナリングフォースを精度良く測定することはできない。これに対し、実際に車両に装着されたタイヤに発生するコーナリングフォースを評価する方法として、特許文献1では、センサによってタイヤの側壁のねじれ変形を測定し、この測定したねじれ変形から、タイヤに発生するコーナリングフォースを推定する、タイヤの力を予測するためのシステムが記載されている。

特許文献1:特表2004-512207号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] しかし、特許文献1記載のタイヤの力を予測するためのシステムでは、事前に、タイヤ変形とその変形時に発生する力の関係を把握しておく必要がある。しかし、特許文献1記載のシステムのように、タイヤ変形とその変形時に発生する力の関係を事前に把握しておくには、大きな手間を要する。また、このように事前に把握された、タイヤ変形とその変形に発生する力の関係を用いるのみでは、車両が実際に路面を走行する際の種々の状態(タイヤにかかる負荷状態や、タイヤの転動状態)それぞれについて、タイヤの接地面に発生するコーナリングフォースや横力を、精度良く測定することはできない。そこで、本発明は、実際に車両に装着された複数の車輪に発生するコーナリングフォースの大きさそれぞれを、簡便かつ高精度に算出する方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0005] 上記課題を解決するために、本発明は、タイヤが装着された車輪を複数備える車両において、この車両の旋回走行中に各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出する方法であって、旋回走行中の車両にかかる、車両進行方向に対して略垂直方向の遠心力の大きさを測定する遠心力測定ステップと、旋回走行中の車両における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪周方向の接地長

を求める接地長導出ステップと、旋回走行中の車両における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪幅方向の変形量を求める幅方向変形量導出ステップと、前記遠心力の大きさ、前記接地長、および前記幅方向の変形量に基づいて、前記車両の各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出するコーナリングフォース算出ステップとを有することを特徴とするコーナリングフォース算出方法を提供する。

[0006] なお、前記車両の直進走行中における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪幅方向の変形量が予め既知であり、さらに、前記コーナリングフォース算出ステップに先がけて、前記幅方向変形量導出ステップで求められた前記旋回走行中における車輪幅方向の変形量と、前記車両の直進走行中における車輪幅方向の変形量との差分を、各車輪それぞれについて算出する幅方向変形ずれ量算出ステップを有し、前記コーナリングフォース算出ステップは、前記遠心力の大きさ、前記接地長、および前記幅方向変形量の差分を用いて、各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出することが好ましい。

[0007] また、前記コーナリングフォース算出ステップは、前記複数の車輪それぞれについて、前記接地長と前記幅方向変形量の前記差分とを乗算して、旋回走行中の各車輪の接地部分の変形面積を表す変形面積等価量を求め、前記複数の車輪の前記変形面積等価量の総和に対する、各車輪の前記変形面積等価量の比それぞれと、前記遠心力の大きさとをそれぞれ乗算することで、各車輪の接地部分それぞれに発生するコーナリングフォースの大きさを、各車輪毎にそれぞれ算出することが好ましい。

[0008] なお、転動中のタイヤが前記路面から外力を受けることで発生する、前記タイヤの所定部位の時系列の加速度データを取得する加速度データ取得ステップを有し、前記接地長導出ステップは、前記加速度データ取得ステップで取得された、前記タイヤの時系列の加速度データを用いて、前記タイヤが装着された車輪の接地長を求めることが好ましい。

[0009] なお、前記接地長導出ステップは、前記時系列の加速度データから、タイヤの変形に基づく時系列の加速度データを抽出して、前記タイヤの変形に基づく時系列の加

速度データに対して2階の時間積分を行って変位データを求めることにより、タイヤの所定部位における変形量を算出して、このタイヤの所定部位における変形量を用いて前記接地長を算出することが好ましい。

[0010] 前記加速度データ取得ステップで取得される加速度データは、前記タイヤの周方向に対して直交するラジアル方向の加速度のデータ及びタイヤの周方向の加速度のデータの少なくとも一方のデータであり、前記接地長導出ステップで算出される、前記タイヤの所定部位の変形量は、タイヤのラジアル方向及び周方向の変形量、もしくはラジアル方向の変形量であることが好ましい。

[0011] なお、転動中のタイヤが前記路面から外力を受けることで発生する、前記タイヤの所定部位の時系列の加速度データを取得する加速度データ取得ステップを有し、前記幅方向変形量導出ステップは、前記加速度データ取得ステップで取得された、前記タイヤの時系列の加速度データを用いて、前記複数の車輪それぞれの幅方向変形量を求めることが好ましい。

[0012] また、前記幅方向変形量導出ステップは、前記時系列の加速度データから、タイヤの変形に基づく時系列の加速度データを抽出して、前記タイヤの変形に基づく時系列の加速度データに対して2階の時間積分を行って変位データを求めることにより、前記タイヤの幅方向変形量を算出することが好ましい。

[0013] また、前記車両に設けられた車両加速度センサによって、前記車両の旋回走行中における、車両進行方向に対して略垂直方向の車両の加速度の大きさを計測する車両加速度計測ステップを有し、前記遠心力導出ステップは、前記車両加速度計測ステップで計測した前記車両の加速度の大きさと、予め既知である前記車両の重量とに基づき、前記遠心力の大きさを導出することが好ましい。

[0014] 本発明は、また、タイヤが装着された車輪を複数備える車両において、この車両の旋回走行中に各車輪にかかるコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出する装置であって、旋回走行中の車両にかかる、車両進行方向に対して略垂直方向の遠心力の大きさを測定する遠心力測定手段と、旋回走行中の車両における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪周方向の接地長を求める接地長導出手段と、旋回走行中の車両における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪幅方向

の変形量を求める幅方向変形量導出手段と、測定された前記遠心力の大きさ、導出された前記接地長、および前記幅方向の変形量に基づいて、前記車両の各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出するコーナリングフォース算出手段とを有することを特徴とするコーナリングフォース算出装置を、合わせて提供する。

発明の効果

- [0015] 本発明のコーナリングフォース算出方法およびコーナリングフォース算出装置によれば、実際に車両に装着された複数の車輪それぞれについて、車両の旋回走行中において発生するコーナリングフォースの大きさを、簡便かつ高精度に算出することができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明のコーナリングフォース算出装置の一例について説明する概略構成図である。
- [図2]図1に示すコーナリングフォース算出装置における、センサユニットおよびデータ処理ユニットについて説明する図である。
- [図3](a)および(b)は、車両の旋回走行時において、車両や車輪にかかる力について説明する図である。
- [図4]タイヤのトレッド部にかかる接地荷重の大きさと、スリップアングルSAと、コーナリングフォースCFとの関係について示すグラフである。
- [図5]タイヤの幅方向変形量とスリップアングルSAとの関係を示すグラフである。
- [図6]種々のスリップアングルSAでの旋回走行を再現した場合それぞれの、スリップアングルSAとタイヤの幅方向変形ずれ量との対応関係を示すグラフである。
- [図7]本発明のコーナリングフォース算出方法のフローチャート図である。
- [図8](a)～(c)は、本発明のコーナリングフォース算出方法で得られる信号波形を示すグラフである。
- [図9](a)～(c)は、本発明のコーナリングフォース算出方法で得られる信号波形を示すグラフである。
- [図10](a)及び(b)は、本発明のコーナリングフォース算出方法で行われる接地長の

算出方法を説明する図である。

[図11]本発明のコーナリングフォース算出方法で算出される接地長の一例を示す図である。

符号の説明

- [0017] 2 加速度センサ
 3 受信機
 4 増幅器(AMP)
 10 コーナリングフォース算出装置
 12 車両
 14a～14d 車輪
 15a～15d タイヤ
 16a～16d センサユニット
 18 加速度センサ
 21 処理装置
 22 タイヤ加速度データ取得部
 23 CPU
 24 信号処理部
 27 メモリ
 34 ディスプレイ
 40 接地長導出部
 50 幅方向変形ずれ量算出部
 60 遠心力導出部
 70 コーナリングフォース算出部
 79 信号処理回路

発明を実施するための最良の形態

- [0018] 以下、本発明のコーナリングフォース算出方法およびコーナリングフォース算出装置について、添付の図面に示される好適実施例を基に詳細に説明する。

- [0019] 図1は、本発明のコーナリングフォース算出装置の一例である、コーナリングフォー

ス算出装置10(装置10)について説明する概略構成図である。装置10は、4つの車輪14a~14dが配備された車両12に備えられている。これら4つの車輪14a~14dは、同一種類のタイヤ(タイヤサイズやタイヤリム幅、ベルト構造、また、タイヤの充填空気圧などがそれぞれ同一であるタイヤ)15a~15dがそれぞれ装着されて構成された車輪である。装置10は、センサユニット16a~16dと、加速度センサ(Gセンサ)18と、データ処理ユニット20と、ディスプレイ34とからなる。センサユニット16a~16dは、4つの車輪14a~14dにそれぞれ備えられている。センサユニット16a~16dは、車両12が路面を走行する際に、各車輪のタイヤ15(タイヤ15a~15dそれぞれを代表して表す)が路面から外力を受けることで発生する、このタイヤ15の所定部位(センサ位置)の加速度情報を取得して無線信号で送信する。Gセンサ18は、車両12の重心位置の加速度情報を取得して、取得した加速度情報をデータ処理ユニット20に送る。データ処理ユニット20は、センサユニット16a~16dから送信された無線信号をそれぞれ受信する。そして、受信した無線信号から、各車輪のタイヤ15のセンサ位置の、車輪半径方向の変形加速度情報と、各車輪の車輪幅方向の変形加速度情報とを抽出する。そして、抽出した車輪半径方向の変形加速度情報から各車輪の接地長を導出する。データ処理ユニット20は、また、抽出した車輪幅方向の変形加速度情報を用い、各車輪の幅方向変形量や幅方向変形ずれ量を導出する。幅方向変形量および幅方向変形ずれ量については、後に詳述する。データ処理ユニット20は、また、Gセンサ18から受け取った車両12の重心位置の加速度情報から、車両12の進行方向に対して略垂直方向な方向に作用する、車両12にかかる遠心力の大きさも導出する。そして、データ処理ユニット20は、導出した各車輪の接地長、幅方向変形量、および車両12にかかる遠心力に基づき、各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出する。ディスプレイ34は、このデータ処理ユニット20において導出される接地長や幅方向変形量や遠心力、および各車輪14a~14dそれぞれに発生するコーナリングフォースの算出結果などを表示する。なお、メモリ27には、車両12の重量のデータ、および車両12が直進走行をしている場合の、各車輪の接地部分におけるタイヤトレッド部の幅方向変形量のデータが予め記憶されている。なお、図1に示す例では、データ処理ユニット20は車両12に配置されているが、データ

処理ユニット20は持ち運び可能であって、車両12に配置することに限定されない。

[0020] 図2は、図1に示すコーナリングフォース算出装置10における、センサユニット16(センサユニット16a)、Gセンサ18、およびデータ処理ユニット20について説明する図である。センサユニット16a～16dは、それぞれ同様な構成であるので、ここではセンサユニット16aおよびこのセンサユニット16aが設けられた車輪14aについてのみ図示している。データ処理ユニット20は、受信機3と、増幅器(AMP)4と、処理手段21と、CPU23と、メモリ27とを有する。データ処理ユニット20は、メモリ27に記憶されたプログラムをCPU23が実行することで、処理手段21に示される各部が機能するコンピュータである。メモリ27には、図示しない入力手段などによって入力された車両重量Mの値、および車両12が直進走行をしている場合の、各車輪の接地部分それぞれにおける、タイヤトレッド部の幅方向変形量のデータが、予め記憶されている。

[0021] 処理手段21は、タイヤ加速度データ取得部22、信号処理部24、接地長導出部40、幅方向変形ずれ量導出部(変形ずれ量導出部)50、遠心力導出部60、およびコーナリングフォース算出部70とからなる。タイヤ加速度データ取得部22は、車輪14a～14dそれぞれを構成するタイヤ15a～15dのトレッド部(より詳しくは、トレッドのセンサ位置)における、車輪半径方向の加速度および車輪幅方向の加速度の計測データを取得する。信号処理部24は、これら半径方向の加速度データ、幅方向の加速度データを信号処理する。そして、接地長導出部40は、上記半径方向の加速度データを用いて、各車輪14a～14dの接地長をそれぞれ導出する。変形ずれ量導出部50は、上記幅方向の加速度データを用いて、各車輪14a～14dの接地部分それぞれにおける、幅方向変形量をそれぞれ算出する。上述のように、メモリ27には、車両12が直進走行をしている場合の、各車輪の接地部分におけるタイヤトレッド部の幅方向変形量が予め記憶されている。幅方向変形ずれ量導出部50は、各車輪14a～14dそれぞれについての、幅方向変形ずれ量を導出する。幅方向変形ずれ量とは、予め記憶されている直進走行中の幅方向変形量に対する、上記幅方向の加速度データを用いて算出した幅方向変形量のずれ量(差分)のことをいう。遠心力導出部60は、メモリ27に予め記憶されている車両12の重量データと、上記車両12の重心位置の加速度データを用いて、車両12にかかる遠心力の大きさを導出する。コーナリングフ

ォース算出部70は、接地長導出部40において導出された上記接地長、幅方向変形ずれ量導出部50において導出された上記幅方向変形ずれ量、遠心力導出部60において導出された上記遠心力の大きさをを用いて、車輪14a～車輪14dそれぞれの接地面に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出する。各手段の機能については、後に詳述する。

[0022] 本発明は、車輪14a～14dそれぞれの接地長(タイヤ15a～15dそれぞれの接地長)と、車輪14a～14dそれぞれの幅方向変形ずれ量と、車両12にかかる遠心力の大きさをを用いて、車輪14a～車輪14dそれぞれの接地部分(タイヤ15a～15dそれぞれの接地部分)に発生するコーナリングフォースの大きさを算出することを特徴とする。本発明によれば、車輪14a～車輪14dそれぞれの接地部分に発生するコーナリングフォースの大きさを、簡便かつ高精度に算出することができる。以降、車両12が旋回走行(コーナリング)する場合を例に、本発明の特徴について説明する。図3(a)および(b)は、車両12の旋回走行(コーナリング)時に、車両12や、車輪14a～14dの接地部分にかかる力について説明する図である。図3(a)は、旋回走行中の車両12にかかる遠心力、および車両12の各車輪14a～14dの接地部分それぞれに発生するコーナリングフォースについて説明する概略図である。また、図3(b)は、車両12のうち1つの車輪(車輪14a)について拡大して示す図であり、車輪14aを路面側から見た図である。

[0023] 図3(a)に示すように、車両が旋回走行(コーナリング)している最中では、車両12には、車両12をコーナーの外側に押し出す方向に作用する遠心力 F がかかり、車両12の各車輪14a～14dそれぞれの接地部分には、この遠心力 F に抗して働くコーナリングフォース($CF_a \sim CF_d$)がそれぞれ発生する。コーナリングの最中では、これら遠心力 F と、各車輪14a～14dに発生するコーナリングフォース $CF_a \sim CF_d$ の総和とが釣りあっている($F = CF_a + CF_b + CF_c + CF_d$ になりつつ)。図3(b)を参照し、例えば、右前輪である車輪14aの接地部分において、コーナリング中に働く力の概略について説明する。車輪14aは、図3(b)中の斜線で接地部分を示すように、タイヤ15aが路面に接地した状態で、この路面上を転動している。コーナリング中、タイヤ赤道面と路面との交線におけるタイヤ15の接地長は、 CL_a となっている。コーナリング中、車両の

進行方向に対して、車輪14aを構成するタイヤ15aの赤道面は、角度(スリップ角SA)をもっている。ここで、車両12の車輪14aは、車両12が直進走行($SA=0^\circ$)している最中であっても、図3(b)で示す SL_0 だけ、タイヤのトレッド部は幅方向に変形している。このように、車両が直進走行している最中であっても、車輪の接地部分において、車輪のタイヤのトレッド部は幅方向に変形していることは、一般的にも知られている。車両12が旋回走行している最中では、タイヤ15aのトレッド部はさらに SL_a だけ大きく幅方向に変形している。

[0024] すなわち、車輪14aは、車両12の進行方向に対して、タイヤ赤道面がスリップ角度SAを保ちつつ、横すべりしながら転動している。このような転動状態にあるタイヤに注目し、タイヤに固定された座標系から接地部分を見たとなると、路面は後方に移動し、タイヤのトレッド表面は接地部分の前端で路面と接触し、時間の経過とともに路面との接触(粘着)を保ちながら横後方(図3(b)の下方)へ移動する。このような状態では、タイヤのトレッド表面が路面によって横方向に押され、トレッド部がせん断変形を起こす。このように転動状態にあるタイヤでは、このようなトレッド部のせん断変形によって、車両進行方向に対して略垂直なコーナリングフォースが発生している。なお、せん断変形の大きさは、トレッド部が接地部分の後方に移動するにしたがってより大きくなり、変形力とトレッド・路面間の摩擦力が等しくなる点ですべりだし、その点より後方ではトレッドが横すべりを起こし、すべり摩擦力が発生している。そして、トレッドは接地部分の後端で元の状態に戻る(変形がなくなる)。車両旋回走行中のこのようなタイヤの挙動からも明らかなように、旋回走行中のタイヤに発生しているコーナリングフォースの大きさは、旋回走行中において、トレッド部が変形した面積の大きさに強く依存している。そして、このトレッド部が変形した面積の大きさは、タイヤの接地長(車輪14aの場合は、接地長 CL_a)の大きさや、接地部分におけるタイヤのトレッド部のタイヤ幅方向変形量や、この所定部位の幅方向変形ずれ量(車輪14aの場合、図3(b)に示す SL_a)等に強く依存している。

[0025] 本願発明者は、このような観点に基づき、旋回走行中のタイヤ接地長、およびタイヤ幅方向変形量や幅方向変形ずれ量と、タイヤに発生するコーナリングフォースとの関係について、以下のように詳細に検討した。本願発明は、本願発明者がこのような

検討をすることで初めて得られた、全く新しい知見に基づいて成された発明である。

図4は、室内コーナリング試験機を用いて測定した、車輪に装着されたタイヤのトレッド部にかかる接地荷重の大きさと、タイヤと路面とのスリップアングルSAと、コーナリングフォースCFとの関係について示すグラフである。詳しくは、図4に示すグラフは、4つのタイヤA～Dそれぞれを、設定した荷重で路面(コーナリング試験機におけるタイヤ接地面)に押し付けて転動させた際の、各タイヤに発生するコーナリングフォースの測定結果に基づいて作成されたグラフである。より詳しくは、各タイヤのスリップ角を種々変更して、それぞれのスリップ角SAにおいて旋回走行を再現し、各タイヤに発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ測定した結果に基づいて作成したグラフである。なお、図4のグラフに示されている各データは、複数の設定荷重条件下それぞれにおいて、スリップ角とコーナリングフォースCFとが比例する状態(CP領域)で測定されたデータである。すなわち、図4に示されている各データは、各タイヤのスリップアングルSAが比較的小さい状態で測定されたデータである。この際、4つのタイヤA～Dにかかる荷重についても種々変更して、各荷重条件それぞれについて、スリップ角を種々変更してコーナリングフォースを測定している。図4の横軸は、各タイヤにかけた接地荷重とスリップアングルとを乗算した値、縦軸は、測定したコーナリングフォースCF(kN)である。4つのタイヤA～Dは、タイヤサイズやタイヤリム幅、ベルト構造など、タイヤの種類がそれぞれ異なっている。

- [0026] ここで、タイヤにかかる接地荷重とタイヤの接地長とが比例関係にあることは、一般的にも良く知られている。また、図5は、タイヤの幅方向変形量と、スリップアングルSAの大きさと、の関係を示すグラフである。なお、図5に示すグラフは、後述する車両12におけるタイヤ幅方向変形量の算出手順と同様、タイヤのトレッド領域に加速度センサを設けて、この加速度センサによって測定されたタイヤトレッド部の幅方向の加速度から算出したタイヤ幅方向の変形量を用いて作成されたグラフである。図5に横軸で示す角度 θ は、図2で示す角度 θ に対応しており、 $\theta = 180$ 度となったとき、トレッド部の所定部分(センサ位置)に設置された加速度計は、接地部分の中央付近に位置し、タイヤ幅方向の変形量は最も大きくなる。図5に示すように、スリップアングルSAが図3(b)に示す+ (プラス) 方向に増加すれば、このスリップアングルSAのプラ

ス方向の増加量に応じて、幅方向変形量は図3(b)に示す－(マイナス)方向に単調増加している。ここで、車両12の車輪14aでは、車両12が直進走行($SA=0^\circ$)している最中であっても、接地部分では、タイヤのトレッド部が、図3(b)で示す SL_0 だけ幅方向に変形している。図6は、図5に示すスリップアングルSAと幅方向変形量との関係から求めた、スリップアングルSAと幅方向変形ずれ量SLとの対応関係を表す散布図である。図6から明らかなように、スリップアングルSAとタイヤの幅方向変位ずれ量SLとは高い相関をもつ(相関係数 $R^2=0.9996$)。スリップアングルSAとタイヤの幅方向変形ずれ量SLとは比例しているといえる。

[0027] 図4に示されるように、接地荷重×スリップアングルSAと、コーナリングフォースCFとは比例している。上述のように、接地長は接地荷重に比例しており、幅方向変形ずれ量はスリップアングルSAに比例している。各タイヤに発生するコーナリングフォースCFは、接地荷重に比例する接地長と、スリップアングルSAに比例する幅方向変形ずれ量との積(接地長×幅方向変形ずれ量)にも比例しているといえる。そして、図3(b)からも明らかなように、旋回走行中の各車輪の、接地長×幅方向変形ずれ量は、旋回走行中の各車輪の接地部分の変形面積の程度を表してもいる(変形面積等価量である)。このように、タイヤサイズやタイヤリム幅、ベルト構造、また、タイヤの充填空気圧に関わらず、いずれのタイヤについても、接地長×幅方向変形ずれ量と、タイヤのコーナリングフォースCFとは比例している(線形関係にある)。すなわち、タイヤのコーナリングフォースCFと、タイヤの接地長×幅方向変形ずれ量とは、各タイヤの種類によらず線形関係にあり、タイヤのコーナリングフォースCFは、接地長×幅方向変形ずれ量に応じて定まっているといえる。コーナリングフォースCFは、タイヤの接地長×幅方向変形ずれ量に応じて定まっているといえる。このような、接地長×幅方向変形ずれ量とタイヤのコーナリングフォースCFとの比例関係は、特に、スリップ角とコーナリングフォースCFとが比例する状態(CP領域)において顕著である(相関が高い)。このような知見は、本願発明者によって初めて確認されたものである。

[0028] 車両12に備えられた4つの車輪14a～14dそれぞれに装着されたタイヤ15a～15dは、いずれも同一種類のタイヤ(タイヤサイズやタイヤリム幅、ベルト構造、また、タイヤの充填空気圧がほぼ同一)である。車両に備えられた複数の車輪が全て同一種類

の車輪である場合、各車輪に発生するコーナリングフォース $CF_a \sim CF_d$ それぞれは、各車輪14a～14dの、接地長×幅方向変形ずれ量それぞれに応じて定まっているといえる。

[0029] 上述のように、各車輪に発生するコーナリングフォース $CF_a \sim CF_d$ は、車両12にかかる遠心力に抗するように働き、コーナリングフォースの総和($CF_a \sim CF_d$ の総和)と遠心力 F とはつりあっている($F = CF_a + CF_b + CF_c + CF_d$ となりたっている)。上述のように、各車輪14a～14dそれぞれ(各車輪のタイヤ15a～15dそれぞれ)に発生するコーナリングフォース $CF_a \sim CF_d$ の大きさは、各車輪14a～14dの接地長の長さ $CL_a \sim CL_d$ それぞれと、各車輪それぞれの幅方向変形ずれ量 $SL_a \sim SL_d$ (SL_a 以外は図示せず)との積(接地長×幅方向変形ずれ量)の大きさにそれぞれに応じている。すなわち、各車輪に発生するコーナリングフォース $CF_a \sim CF_d$ は、それぞれ、各車輪(4つの車輪14a～14d)の接地長×幅方向変形ずれ量の総和に対する、各車輪の接地長×幅方向変形ずれ量の比と、遠心力の大きさ F を用い、下記式(1-1)～式(1-4)によって求めることができる。

[数1]

$$CF_a = \frac{SL_a \times CL_a}{\sum_i (SL_i \times CL_i)} \times F \quad \dots (1-1)$$

$$CF_b = \frac{SL_b \times CL_b}{\sum_i (SL_i \times CL_i)} \times F \quad \dots (1-2)$$

$$CF_c = \frac{SL_c \times CL_c}{\sum_i (SL_i \times CL_i)} \times F \quad \dots (1-3)$$

$$CF_d = \frac{SL_d \times CL_d}{\sum_i (SL_i \times CL_i)} \times F \quad \dots (1-4)$$

[0030] 本願発明によれば、車輪14a～車輪14dそれぞれの接地部分に発生するコーナリングフォースの大きさを、簡便かつ高精度に算出することができる。図2に示す処理手段21では、このようなコーナリングフォース $CF_a \sim CF_d$ の算出に必要な、各車輪14a～14dそれぞれ(各車輪のタイヤ15a～15dそれぞれ)の接地長 $CL_a \sim CL_d$ と、幅方向変形ずれ量 $SL_a \sim SL_d$ とを、巡回走行中の各車輪のタイヤ15a～15dそれぞれの、所定部位(センサ位置)の加速度の計測データに基づいて算出する。ここで用いら

れる加速度の計測データは、各車輪にそれぞれ設けられた、送信ユニット16a～16dそれぞれの加速度センサ2で検知され、各送信ユニットの送信機17から受信機3へ送信されてアンプ4で増幅されたデータである。なお、送信機17を設けず、例えば、加速度センサ2に送信機能を別途持たせ、加速度センサ2から受信機3へ送信するように構成してもよい。なお、車輪14a～14dに設けられた各送信機17は、それぞれを識別可能とする識別情報(ID)をそれぞれ保有しており、送信機17は、対応する加速度センサで計測された加速度の計測データとともにIDを送信する。

[0031] 加速度センサ2としては、例えば、本願出願人が先に出願した特願2003-134727号に開示された半導体加速度センサが例示される。半導体加速度センサは、具体的には、Siウエハ外周枠部内にダイアフラムが形成されたSiウエハと、このウエハ外周枠部を固定する台座とを有し、ダイアフラムの一方の面の中央部に重錘が設けられ、ダイアフラムには複数のピエゾ抵抗体が形成されている。この半導体加速度センサに加速度が作用した場合、ダイアフラムは変形し、この変形によりピエゾ抵抗体の抵抗値は変化する。この変化を加速度の情報として検出できるようにブリッジ回路が形成されている。この加速度センサを、少なくとも、タイヤ半径方向の加速度とタイヤ幅方向の加速度とが測定可能となるようにタイヤ内周面に固定することにより、タイヤ回転中のトレッド部に作用する加速度を計測することができる。加速度センサ2は、この他にピエゾ圧電素子を用いた加速度ピックアップを用いてもよいし、歪みゲージを組み合わせた歪みゲージタイプの加速度ピックアップを用いてもよい。

[0032] 処理手段21は、上述のように、タイヤ加速度データ取得部22、信号処理部24、接地長導出部40、幅方向変形ずれ量導出部50、遠心力導出部60、およびコーナリングフォース算出部70からなる。タイヤ加速度データ取得部22は、アンプ4で増幅された少なくともタイヤ1回転分の加速度の計測データを入力データとして取得する部分である。なお、タイヤ加速度データ取得部22は、タイヤ半径方向の加速度とタイヤ幅方向の加速度とをそれぞれ取得する。アンプ4から供給されるデータはアナログデータである。タイヤ加速度データ取得部22では、タイヤ半径方向の加速度およびタイヤ幅方向の加速度データそれぞれを、所定のサンプリング周波数でサンプリングしてそれぞれデジタルデータに変換する。なお、データ取得部22は、各送信機15から送

信された上述のIDに基づき、各車輪から送信される加速度の計測データが、どの車輪のタイヤの加速度の計測データであるか(車輪14a～車輪14dのいずれの車輪であるか)を判定する。以降、信号処理部24、接地長導出部40および幅方向変形ずれ量導出部50の各部で行なわれる各処理は、各車輪のタイヤの計測データそれぞれについて、並列に行なわれる。

[0033] 信号処理部24は、デジタル化されたタイヤ半径方向の加速度データおよびタイヤ幅方向の加速度データから、タイヤの変形に基づく加速度の時系列データを抽出する部位である。信号処理部24では、これら加速度の計測データに対して平滑化処理を行い、これら平滑化された信号に対して近似曲線を算出して背景成分1を求め、この背景成分1を平滑化処理された加速度の計測データから除去することにより、タイヤの変形に基づく加速度の時系列データ(タイヤ半径方向の加速度およびタイヤ幅方向の加速度データそれぞれ)を抽出する。抽出された、タイヤの変形に基づくタイヤ半径方向の加速度の時系列データは、接地長導出部40に送られる。また、抽出された、タイヤの変形に基づくタイヤ幅方向の加速度の時系列データは、幅方向導出部50にそれぞれ送られる。信号処理部24における具体的な処理は後述する。

[0034] 接地長導出部40は、まず、抽出された、タイヤの変形に基づくタイヤ半径方向の加速度の時系列データに対して2階の時間積分を行って変位データを求めることにより、タイヤの半径方向の変形量を算出する。具体的には、タイヤの変形に基づくタイヤ半径方向の加速度の時系列データに対して時間に関する2階積分を行う。そして、この後、2階積分して得られたデータに対して近似曲線を算出して背景成分2を求める。そして、この背景成分2を、2階積分して得られた変位データから除去することにより、タイヤ半径方向のタイヤ変形量を算出する。接地長導出部40は、さらに、この後、算出されたタイヤ半径方向のタイヤ変形量のデータに対して、時間に関する2階微分を行う。これにより、タイヤの変形量に対応した加速度のデータ、すなわち、ノイズ成分を含まない、タイヤの変形に基づく加速度の時系列データを算出する。具体的な処理は後述する。そして、算出したタイヤの変形量、及び、タイヤの変形に基づく加速度の時系列データから、各車輪14a～14dの各タイヤそれぞれの接地長を算出する。算出した各タイヤの接地長の情報は、コーナリングフォース算出部70に出力され

る。

- [0035] 幅方向変形ずれ量導出部50は、まず、抽出された、タイヤの変形に基づくタイヤ幅方向の加速度の時系列データに対して2階の時間積分を行って変位データを求めることにより、タイヤの幅方向の変形量を算出する。具体的には、接地長導出部40における処理と同様、タイヤの変形に基づくタイヤ幅方向の加速度の時系列データに対して時間に関する2階積分を行う。この後、2階積分して得られたデータに対して近似曲線を算出して背景成分2を求める。そして、この背景成分2を、2階積分して得られた変位データから除去することにより、タイヤ幅方向のタイヤ変形量を算出する。そして、メモリ27に予め記憶された、車両12が直進走行している最中における(スリップアングルSAが0° の場合における)各車輪の幅方向変形量を用いて、算出した各車輪の幅方向変形量と、SAが0° の場合の幅方向変形量との差分(幅方向変形ずれ量)を導出する。導出した各タイヤの幅方向変形ずれ量の情報は、コーナリングフォース算出部70にそれぞれ出力される。
- [0036] 遠心力導出部60は、車両12の重心位置の加速度の時系列データをGセンサ18から受け取り、この車両12の重心位置の加速度の時系列データと、メモリ27に予め記憶された車両12の重量(質量)の情報とを用いて、旋回走行中の車両12にかかる遠心力の大きさを導出する。
- [0037] 処理装置21では、このように、接地長導出部40において、各車輪14a～14dの接地長 $CL_a \sim CL_d$ を導出し、幅方向変形ずれ量50において、各車輪14a～14dそれぞれの幅方向変形量 $SL_a \sim SL_d$ を算出する。また、遠心力導出部60において、車両12にかかる遠心力Fを導出する。そして、コーナリングフォース算出部70において、上記の式(1-1)～式(1-4)の各式を用いて、各車輪14a～14dそれぞれの接地部分に発生するコーナリングフォースの大きさを、各車輪毎に算出する。算出した各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさの値は、ディスプレイ34に表示出力される。
- [0038] ディスプレイ34は、コーナリングフォース算出部70において算出された、各車輪14a～14dに発生するコーナリングフォースの大きさを表示出力する公知の画像表示手段である。ディスプレイ34は、コーナリングフォース算出部70において算出された各

車輪に発生するコーナリングフォースの大きさに限定されず、取得された加速度データの波形や、算出された各種パラメータなど、処理装置21において扱われる各種データや算出結果を逐次表示可能となっている。

[0039] 図7は、このような装置10において実施される、本発明のコーナリングフォース算出方法の一例のフローチャート図である。図8～図11は、装置10における各処理で得られる結果を表すグラフである。これら図8～図11に示す結果は、いずれも、加速度センサ2によって計測した、タイヤのラジアル方向(半径方向)の加速度データについての処理結果である。以下、装置10において実施される、本発明のコーナリングフォース算出方法について詳細に説明する。

[0040] まず、各車輪14a～14dそれぞれの接地長の算出について詳述する。まず、アンプ4で増幅された、各車輪のタイヤ半径方向の加速度の計測データがデータ取得部22に供給され、所定のサンプリング周波数にてサンプリングされて、図8(a)に示すような、デジタル化した計測データが取得される(ステップS102)。この際、データ取得部22は、上述のように、各送信機15から送信された上述のIDに基づき、各車輪から送信される加速度の計測データが、どの車輪のタイヤの加速度の計測データであるか(車輪14a～車輪14dのいずれの車輪であるか)を判定する。

[0041] 次に、取得された計測データは、信号処理部24に供給され、まず、フィルタによる平滑化処理が行われる(ステップS104)。図8(a)に示すように、信号処理部24に供給された計測データ(タイヤ半径方向の加速度の計測データ)はノイズ成分が多く含まれるため、平滑化処理により、図8(b)に示すような滑らかなデータとされる。フィルタは、例えば、所定の周波数をカットオフ周波数とするデジタルフィルタが用いられる。カットオフ周波数は、転動速度やノイズ成分によって変化するが、例えば転動速度が60(km/時)の場合、カットオフ周波数は、0.5～2(kHz)とされる。この他に、デジタルフィルタの代わりに、移動平均処理やトレンドモデル等を用いて平滑化処理を行ってもよい。

[0042] 次に、信号処理部24において、平滑化処理された加速度の計測データから、低周波の背景成分1が除去される(ステップS106)。半径方向の加速度の背景成分1は、タイヤの転動中の遠心力(向心力)の加速度成分及び重力加速度成分の影響を含

む(なお、幅方向の加速度の背景成分においても、これらの成分を含んでいる)。図8(b)では背景成分1の波形が示されている。低周波成分の抽出は、ステップS104で得られた平滑化処理後の波形データに対し、さらに平滑化処理を行うことで実施する。例えば、所定の周波数をカットオフ周波数とするデジタルフィルタが用いられる。カットオフ周波数は、例えば転動速度が60(km/時)の場合、カットオフ周波数は、0.5~2(kHz)とされる。この他に、デジタルフィルタの代わりに、移動平均処理やトレンドモデル等を用いて平滑化処理を行ってもよい。また、平滑化処理後の波形データにおいて、例えば所定の時間間隔で複数の節点を設け、最小二乗法により第1の近似曲線を算出することによって求めてもよい。近似曲線としては、予め定められた関数群、例えば3次のスプライン関数を用いればよい。なお、節点は、スプライン関数の局所的な曲率(屈曲性)を規定する横軸上の拘束条件を意味する。信号処理部24では、このようにして抽出された背景成分1を、ステップS104で平滑化処理された加速度の計測データから差し引くことで、計測データ(タイヤ半径方向の加速度の計測データ)から、タイヤの回転に基づく加速度成分及び重力加速度成分が除去される。図8(c)には、除去後の加速度の時系列データが示されている。これにより、タイヤのトレッド部の接地変形に基づく加速度の成分(半径方向変形加速度データ)を抽出することができる。

- [0043] 信号処理部24は、さらに、このようにして取得された、タイヤの変形に基づく加速度の時系列データから、上述の回転角 θ が、 180° 、 540° 、 900° ...となるタイミングをそれぞれ抽出する(ステップS108)。信号処理部24では、タイヤの変形に基づく加速度の時系列データのグラフにおいて、このタイヤの変形に基づく加速度が極小値をとるタイミングを、回転角 θ が、 $\theta = 180^\circ$ 、 540° 、 900° ...となるタイミングとして抽出する。すなわち、これら極小値のタイミングを、図2に示すように、タイヤ空洞領域の内周面に固定した加速度センサ2が、タイヤの接地部分の中心位置に到来する(最も近づく)タイミングとして抽出する。タイヤの接地部分において、タイヤの外周面の路面垂直方向の位置は、路面によって規定される。接地部分において、路面は元々曲率のついたタイヤ外周面を平面上に変形させるので、タイヤは厚み方向に変形する。これによって、タイヤ空洞領域の内周面の位置は、接地部分において、タイ

ヤ厚み方向(路面と垂直な方向)に、少なからず変動する。タイヤの厚み方向の変形の加速度は、接地部分の中心位置において最も少なくなる。タイヤ空洞領域の内周面に配置された加速度センサによって取得される、タイヤの変形に基づくタイヤ厚み方向(すなわちタイヤ半径方向)の加速度が極小となるタイミングは、上述の回転角 θ が、 180° 、 540° 、 900° ・・・となるタイミングであるといえる。ステップS104～ステップS108までの各処理は、ステップS102で取得された車輪14a～14dそれぞれの加速度の計測データについて実施される。

[0044] 次に、信号処理部24による処理結果を用い、接地長導出部40において、旋回中の車両12の各車輪14a～14dそれぞれ(タイヤ15a～15dそれぞれ)の接地長である、接地長 $CL_a \sim CL_d$ がそれぞれ算出される。まず、接地長導出部40において、半径方向変形加速度データから、トレッド部の接地変形に基づく、タイヤ半径方向の変形量の分布を算出する(ステップS110)。図9(a)～(c)は、それぞれ、ステップS110において接地長導出部40で行なわれる処理結果を模式的に示すグラフである。接地長導出部40では、まず、半径方向変形加速度データ(接地変形に基づく加速度の時系列データ)について2階の時間積分を施し、変位データを生成する。図9(a)は、データ処理部において第1の背景成分が除去された加速度の時系列データを、時間に関して2階積分した結果である。図9(a)に示されるように、時間と共に変位が増大していることが見られる。これは、積分の対象となる加速度の時系列データにノイズ成分を含み、積分により積算されていくからである。一般に、定常状態で転動するタイヤのトレッド部の、注目する一点の変形量又は変位を観察した場合、タイヤの回転周期を単位として周期的な変化を示す。したがって、時間と共に変位が増大することは通常ありえない。

そこで、2階の時間積分が施されて得られた変位データが、タイヤの回転周期を単位として周期的な変化を示すように、この変位データに対して以下の処理が行われる。

[0045] すなわち、背景成分1を算出した方法と同様に、変位データに含まれるノイズ成分を背景成分2として算出する。なお、この際、上記の半径方向変形加速度データの導出において求めた、時系列の回転角を用いることで、路面との接地部分を含む領域

における、タイヤの転動中の変形量を精度よく求めることができる。具体的に説明すると、タイヤの周上の領域を、路面との接地部分を含む第1の領域とこれ以外の第2の領域とに分け、第1の領域として、 $\theta = 90$ 度より大きく270度未満、450度より大きく720度未満、810度より大きく980度未満の領域を定める。そして、第2の領域として、 $\theta = 0$ 度以上90度以下及び270度以上360度以下、360度以上450度以下及び630度以上720度以下、720度以上810度以下及び980度以上1070度以下の領域を定める。背景成分2は、上記第2の領域中の複数の周上位置(θ 又は θ に対応する時間)を節点として用いて、予め定められた関数群を用いて、第1の領域及び第2の領域のデータに対して最小二乗法により第2の近似曲線を算出することによって求める。節点は、スプライン関数の局所的な曲率(屈曲性)を規定する横軸上の拘束条件を意味する。図9(b)には、背景成分2を表す第2の近似曲線が点線で示されている。図9(b)の例では、図9(b)中の「△」で示される位置、すなわち $\theta = 10, 30, 50, 70, 90, 270, 290, 310, 330, 350, 370, 390, 410, 430, 450, 630, 650, 670, 690, 710, 730, 750, 770, 790, 810, 990, 1010, 1030, 1050, 1070$ 度における時間を節点としている。

- [0046] 図9(a)に示す変位データに対して、上記節点のデータ点を通る3次のスプライン関数で関数近似を行うことにより、図9(b)において点線で示される第2の近似曲線が算出される。関数近似する際、第1の領域には節点はなく、第2の領域の複数の節点のみを用いて関数近似を行う。また、関数近似に際して行う最小二乗法で用いる第2の領域の重み係数を1とし、第1の領域の重み係数を0.01として処理が行われる。このように背景成分2を算出する際、第1の重み係数を小さくし、かつ第1の領域に節点を定めないのである。第2の領域における変位データを主に用いて背景成分2を算出するためである。第2の領域では、トレッド部の接地による変形は小さく、かつその変形は周上で滑らかに変化するため、タイヤの変形量(タイヤ半径方向変形量、およびタイヤ幅方向の変形量)は周上で小さく、その変化も極めて小さい。これに対して、第1の領域では、タイヤのトレッド部は接地変形に基づいて大きく変位しかつ急激に変化する。このため接地変形に基づく変形量(タイヤ半径方向変形量、およびタイヤ幅方向の変形量)は周上で大きくかつ急激に変化する。すなわち、第2の領域におけるト

レッド部の変形量は第1の変形量と対比して概略一定を示す。これより、第2の領域の2階積分により得られた変位データを主に用いて第1の近似曲線を算出することで、第2の領域のみならず、路面との接地部分を含む第1の領域におけるタイヤの転動中の変形量を精度よく求めることができる。図9(b)には、第2の領域の変位データを主に用いて算出された第2の近似曲線が点線で示されている。第2の領域では、第2の近似曲線は変位データ(実線)と略一致している。

[0047] そして、背景成分2として算出された近似曲線を変位データから差し引き、トレッド部の接地変形に基づく変形量の周上の分布を算出する。図9(c)は、図9(b)に示す変位信号(実線)から第2の近似曲算線(点線)を差し引くことにより算出される、トレッド部の接地変形に基づく変形量の分布を示している。図9(c)は、トレッド部上の所定部分(センサ位置)が周上を回転して変位するときの、タイヤが3回転する間(タイヤが3回接地する間)の、タイヤ半径方向の変形量の分布を示している。図9(c)では、接地のたびに変形量が変化していることが見られる。このような方法により算出される変形量は、タイヤの有限要素モデルを用いてシミュレーションを行ったときの変形量と精度良く一致する。

[0048] そして、接地長導出部40において接地長が算出される(ステップS112)。まず、図9(c)に示す、トレッド部における変形量の時系列データについて時間に関して2階微分を行うことにより、図8(c)に示す加速度からノイズ成分が除去された、トレッド部の変形量に対応した加速度の時系列データ、すなわち、トレッド部の接地変形に基づく、ノイズ成分を含まない加速度の時系列データが算出される。

[0049] 図10(a)は、接地部分及び接地長を求める方法を示している。まず、ステップS122において抽出された、タイヤのトレッド部の接地変形に基づく、ノイズ成分を含まない加速度の時系列データにおいて、加速度が急激に変化して0を横切る点が2つ求められる。次に、求められた2つの点に対応する変位データ中の位置が求められ、この位置を図10(a)に示すように接地前端及び接地後端の位置とする。このように加速度の時系列データが急激に大きく変化する部分を、接地前端及び接地後端と定めることができるのは、トレッド部が回転して接地部分に来るとき、または接地部分から出るとき、タイヤが急激に変形するからである。また、加速度の時系列データが0を

横切る位置を明確に定めることができる。

なお、図10(a)中の下グラフは、タイヤのラジアル方向及び周方向で表される極座標系から、タイヤの上下方向、前後方向で表される直交座標系に変えて書き表したグラフであり、接地により変形したタイヤの変形形状を示すグラフである。このグラフ上において、接地前端と接地後端の位置を定めることにより接地長を評価することができる。このような方法により算出される接地長は、タイヤの有限要素モデルを用いてシミュレーションを行ったときの接地長と精度良く一致する。

- [0050] また、図10(a)に示す方法に変えて、図10(b)に示す方法により、接地部分及び接地長を求めることもできる。具体的には、図10(b)は、タイヤの接地中心位置を原点としたときの、タイヤの前後方向の位置をタイヤのトレッド部の外径Cで除算して規格化するとともに、タイヤの上下方向の位置を外径Cで除算して規格化して、タイヤの変形形状を表したグラフである。図10(b)に示されるようにタイヤの変形形状における、上下方向の最下点から上方向に一定距離 δ 離れた直線を横切る位置を接地前端に対応する規格化位置及び接地後端に対応する規格化位置とする。この規格化位置をそれぞれ求め外径Cを乗算することにより、接地前端及び接地後端の位置を求めることができ、これによりタイヤの接地部分及び接地長を求めることができる。接地部分の前端位置及び後端位置を定めるために用いる一定距離 δ は、例えば0.001～0.005の範囲にあることが好ましい。また、最下点から上方向にトレッド部が離れたときの距離の自乗値が所定の値を横切る位置を接地前端及び接地後端とすることもできる。例えば、上記所定の値は、 $0.00002(\text{cm}^2) \sim 0.00005(\text{cm}^2)$ の範囲の値であり、好適には $0.00004(\text{cm}^2)$ が用いられる。静止したタイヤに負荷する荷重を変えて接地長を種々調べた測定結果と、上記方法により求めた接地長の結果は極めて高い相関性を示すことが確認されている。

図11は、上記方法により求められた接地部分及び接地長の例を示している。図11中の太線の部分が接地部分を示している。

各車輪14a～14dそれぞれの接地長は、このようにして導出される。

- [0051] 各車輪14a～14dそれぞれの接地長の導出とともに、信号処理部24は、タイヤの幅方向の加速度データを用いて、ステップS204～ステップS208の各処理を実施す

る。タイヤの幅方向の加速度データは、接地長の導出に用いられたタイヤのラジアル方向(半径方向)の加速度データとともに加速度センサ2によって計測されたデータである(ステップS202)。これらステップS204～ステップS208の各処理は、タイヤの半径方向の加速度データの代わりに、タイヤの幅方向の加速度データを用いる以外は、上記ステップS102～ステップ108と同様に実施される。なお、上述したように、タイヤの接地部分におけるタイヤの幅方向の変形量は、タイヤの接地部分の中心位置付近が最も大きくなる(図3(b)参照)。このため、タイヤの半径方向の加速度データの代わりにタイヤの幅方向の加速度データを用い、上記ステップS102～ステップ108と同様の処理(ステップS204～ステップS208)を行うことで導出された接地中心タイミングは、ステップS108で求められる接地中心タイミングとほぼ一致する。そして、幅方向変形ずれ量導出部50において、上記ステップS110と同様の処理が行われて、各車輪14a～14dのタイヤ15a～15dそれぞれの、タイヤ接地部分におけるタイヤ幅方向変形量が算出される(ステップS210)。そして、メモリ27に予め記憶された、車両12が直進走行している最中における(スリップアングルSAが0°の場合における)各車輪の幅方向変形量を用いて、算出した各車輪の幅方向変形量と、幅方向変形ずれ量(スリップアングルSAが0°の場合の幅方向変形量との差分)を導出する(ステップS212)。

[0052] また、各車輪14a～14dそれぞれの接地長および幅方向変形ずれ量の導出とともに、遠心力導出部60は、Gセンサ18が取得した(ステップS302)車両重心位置の加速度データをGセンサ18から受け取り、この車両12の重心位置の加速度の時系列データと、メモリ27に予め記憶された車両12の重量(質量)の情報とを用いて、旋回走行中の車両12にかかる遠心力の大きさを導出する(ステップS312)。

[0053] そして、コーナリングフォース導出部70が、ステップS112で導出された各車輪の接地長、ステップS212で導出された各車輪の幅方向変形ずれ量、ステップS312で導出された車両12にかかる遠心力の大きさ、の各情報を受け取り、上記の式(1-1)～式(1-4)の各式を用いて、各車輪14a～14dそれぞれの接地面に発生するコーナリングフォースの大きさを、各車輪毎に算出する(ステップS400)。そして、算出した各車輪に発生するコーナリングフォースの値を、ディスプレイ34に表示出力する(ス

テップS402)。装置10において、コーナリングフォースの算出はこのように実施される。

[0054] 本発明では、トレッド部の内周面に複数の加速度センサを周上に設けることで、トレッド部の周上位置の接地状態を同時に取得することもできる。さらに、タイヤの幅方向に複数の加速度センサを設け、幅方向の接地長や接地領域の分布を求めることで、転動中のタイヤの接地形状を取得することもできる。また、上述のように、トレッド部の内周面に複数の加速度センサを周上に設けることで、車輪の接地領域に発生する、トレッド部の周方向の横力分布を取得することもできる。さらに、タイヤの幅方向に複数の加速度センサを設けることで、車輪の接地領域に発生するコーナリングフォースの、幅方向の分布を求めることもできる。

[0055] 以上、本発明のタイヤ横力算出方法およびタイヤ横力算出方法について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのはもちろんである。

請求の範囲

- [1] タイヤが装着された車輪を複数備える車両において、この車両の旋回走行中に各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出する方法であって、
- 旋回走行中の車両にかかる、車両進行方向に対して略垂直方向の遠心力の大きさを測定する遠心力測定ステップと、
- 旋回走行中の車両における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪周方向の接地長を求める接地長導出ステップと、
- 旋回走行中の車両における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪幅方向の変形量を求める幅方向変形量導出ステップと、
- 前記遠心力の大きさ、前記接地長、および前記幅方向の変形量に基づいて、前記車両の各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出するコーナリングフォース算出ステップとを有することを特徴とするコーナリングフォース算出方法。
- [2] 前記車両の直進走行中における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪幅方向の変形量が予め既知であり、
- さらに、前記コーナリングフォース算出ステップに先がけて、前記幅方向変形量導出ステップで求められた前記旋回走行中における車輪幅方向の変形量と、前記車両の直進走行中における車輪幅方向の変形量との差分を、各車輪それぞれについて算出する幅方向変形ずれ量算出ステップを有し、
- 前記コーナリングフォース算出ステップは、前記遠心力の大きさ、前記接地長、および前記幅方向変形量の差分を用いて、各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出することを特徴とする請求項1記載のコーナリングフォース算出方法。
- [3] 前記コーナリングフォース算出ステップは、前記複数の車輪それぞれについて、前記接地長と前記幅方向変形量の前記差分とを乗算して、旋回走行中の各車輪の接地部分の変形面積を表す変形面積等価量を求め、
- 前記複数の車輪の前記変形面積等価量の総和に対する、各車輪の前記変形面積等価量の比それぞれと、前記遠心力の大きさとをそれぞれ乗算することで、

各車輪の接地部分それぞれに発生するコーナリングフォースの大きさを、各車輪毎にそれぞれ算出することを特徴する請求項2記載のコーナリングフォース算出方法。

- [4] 転動中のタイヤが前記路面から外力を受けることで発生する、前記タイヤの所定部位の時系列の加速度データを取得する加速度データ取得ステップを有し、
前記接地長導出ステップは、前記加速度データ取得ステップで取得された、前記タイヤの時系列の加速度データを用いて、前記タイヤが装着された車輪の接地長を求めることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のコーナリングフォース算出方法。
- [5] 前記接地長導出ステップは、前記時系列の加速度データから、タイヤの変形に基づく時系列の加速度データを抽出して、前記タイヤの変形に基づく時系列の加速度データに対して2階の時間積分を行って変位データを求めることにより、タイヤの所定部位における変形量を算出して、このタイヤの所定部位における変形量を用いて前記接地長を算出することを特徴とする請求項4に記載のコーナリングフォース算出方法。
- [6] 前記加速度データ取得ステップで取得される加速度データは、前記タイヤの周方向に対して直交するラジアル方向の加速度のデータ及びタイヤの周方向の加速度のデータの少なくとも一方のデータであり、
前記接地長導出ステップで算出される、前記タイヤの所定部位の変形量は、タイヤのラジアル方向及び周方向の変形量、もしくはラジアル方向の変形量であることを特徴とする請求項4または5に記載のコーナリングフォース算出方法。
- [7] 転動中のタイヤが前記路面から外力を受けることで発生する、前記タイヤの所定部位の時系列の加速度データを取得する加速度データ取得ステップを有し、
前記幅方向変形量導出ステップは、前記加速度データ取得ステップで取得された、前記タイヤの時系列の加速度データを用いて、前記複数の車輪それぞれの幅方向変形量を求めることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載のコーナリングフォース算出方法。
- [8] 前記幅方向変形量導出ステップは、前記時系列の加速度データから、タイヤの変形に基づく時系列の加速度データを抽出して、前記タイヤの変形に基づく時系列の

加速度データに対して2階の時間積分を行って変位データを求めることにより、前記タイヤの幅方向変形量を算出することを特徴とする請求項7に記載のコーナリングフォース算出方法。

- [9] 前記車両に設けられた車両加速度センサによって、前記車両の旋回走行中における、車両進行方向に対して略垂直方向の車両の加速度の大きさを計測する車両加速度計測ステップを有し、

前記遠心力導出ステップは、前記車両加速度計測ステップで計測した前記車両の加速度の大きさと、予め既知である前記車両の重量とに基づき、前記遠心力の大きさを導出することを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載のコーナリングフォース算出方法。

- [10] タイヤが装着された車輪を複数備える車両において、この車両の旋回走行中に各車輪にかかるコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出する装置であって、

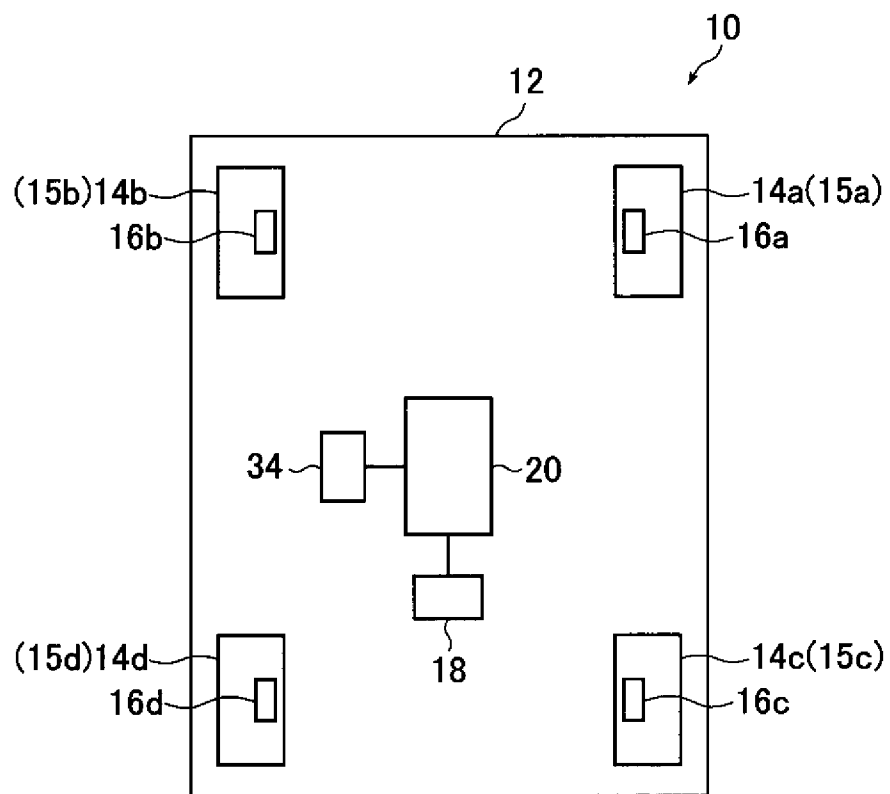
旋回走行中の車両にかかる、車両進行方向に対して略垂直方向の遠心力の大きさを測定する遠心力測定手段と、

旋回走行中の車両における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪周方向の接地長を求める接地長導出手段と、

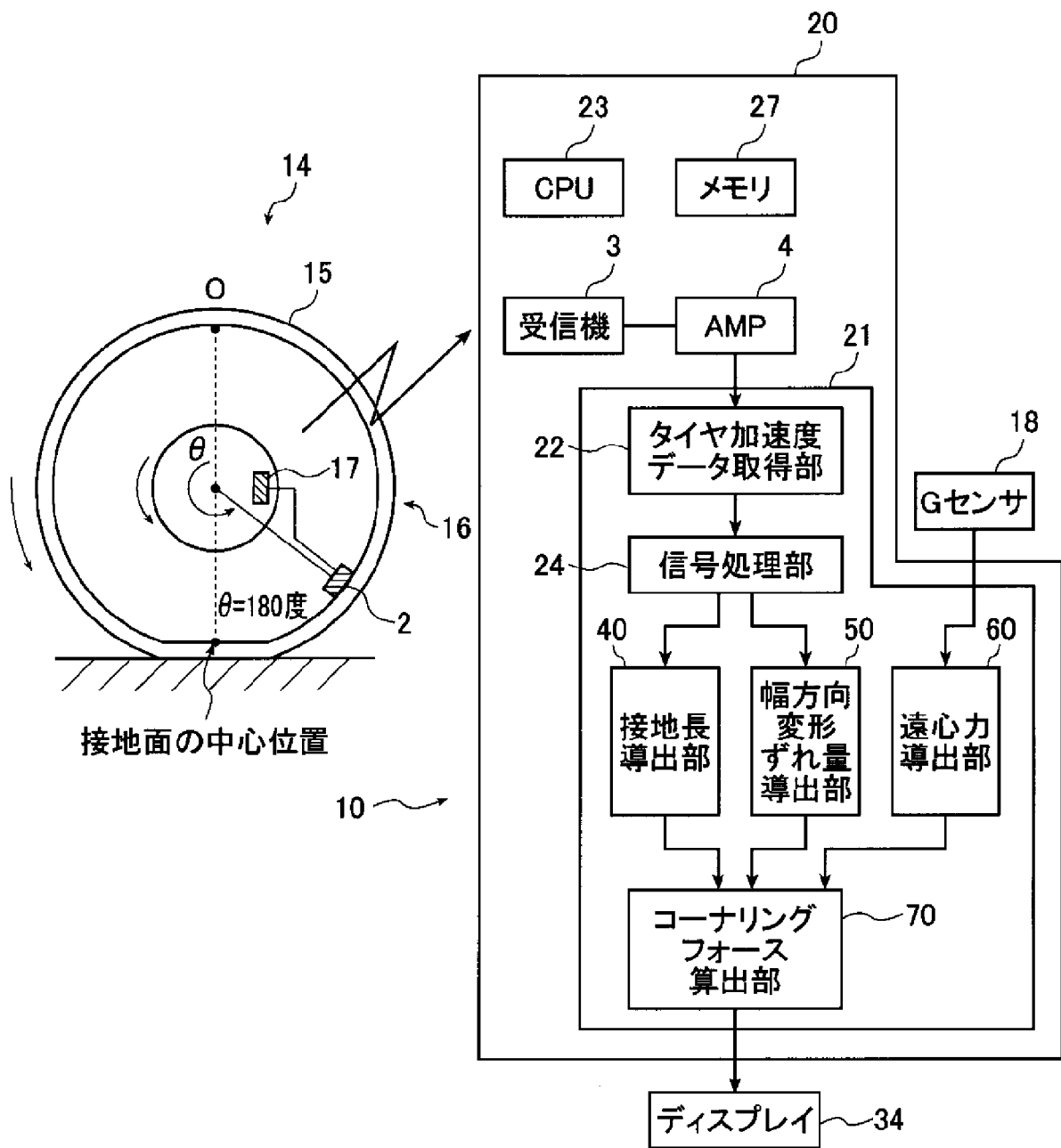
旋回走行中の車両における、前記複数の車輪の接地部分それぞれの、車輪幅方向の変形量を求める幅方向変形量導出手段と、

測定された前記遠心力の大きさ、導出された前記接地長、および前記幅方向の変形量に基づいて、前記車両の各車輪に発生するコーナリングフォースの大きさをそれぞれ算出するコーナリングフォース算出手段とを有することを特徴とするコーナリングフォース算出装置。

[図1]

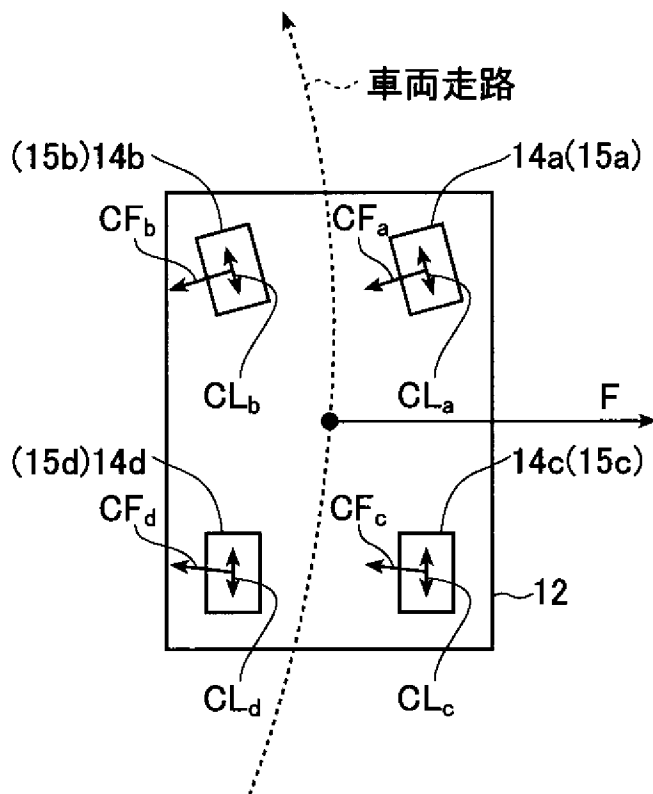


[図2]

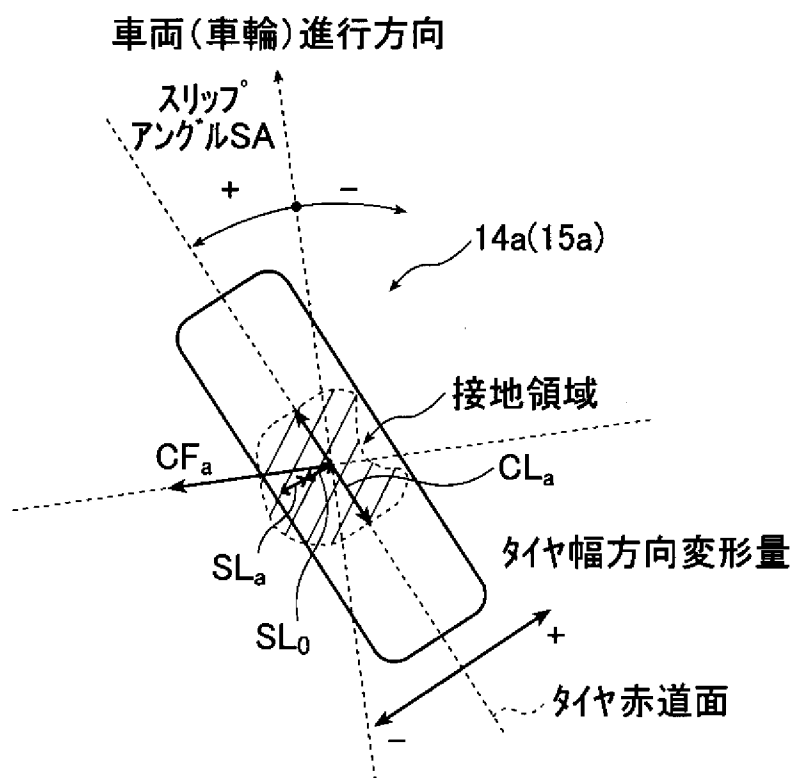


[図3]

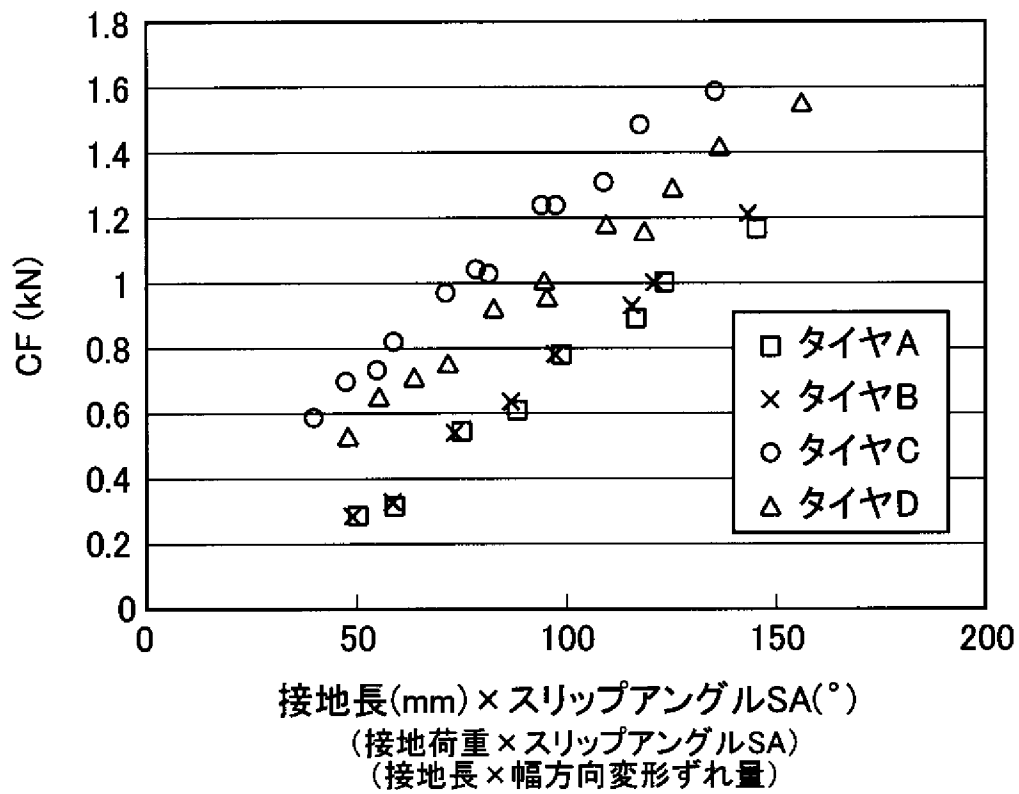
(a)



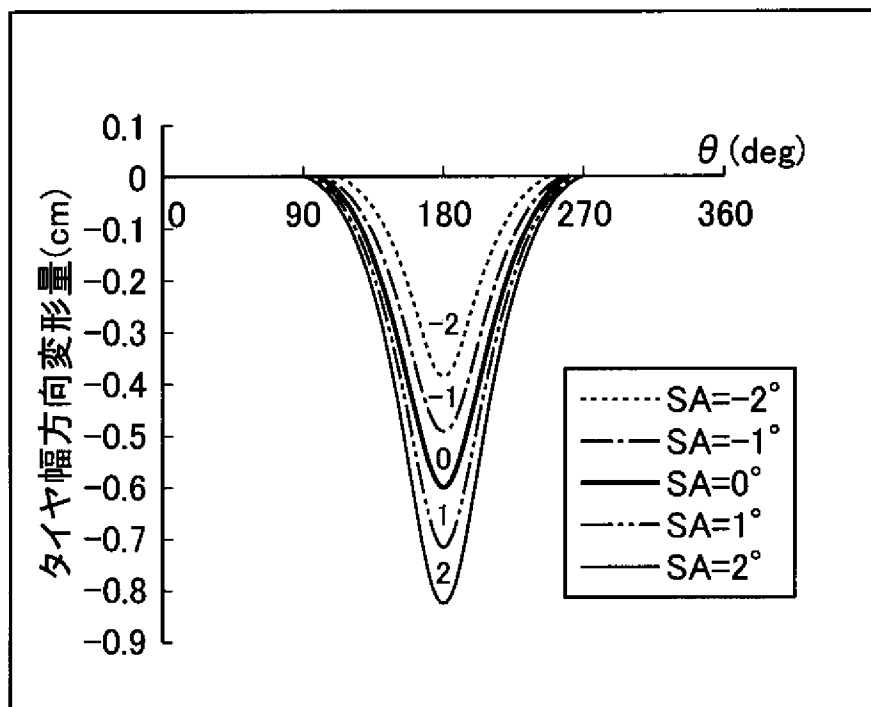
(b)



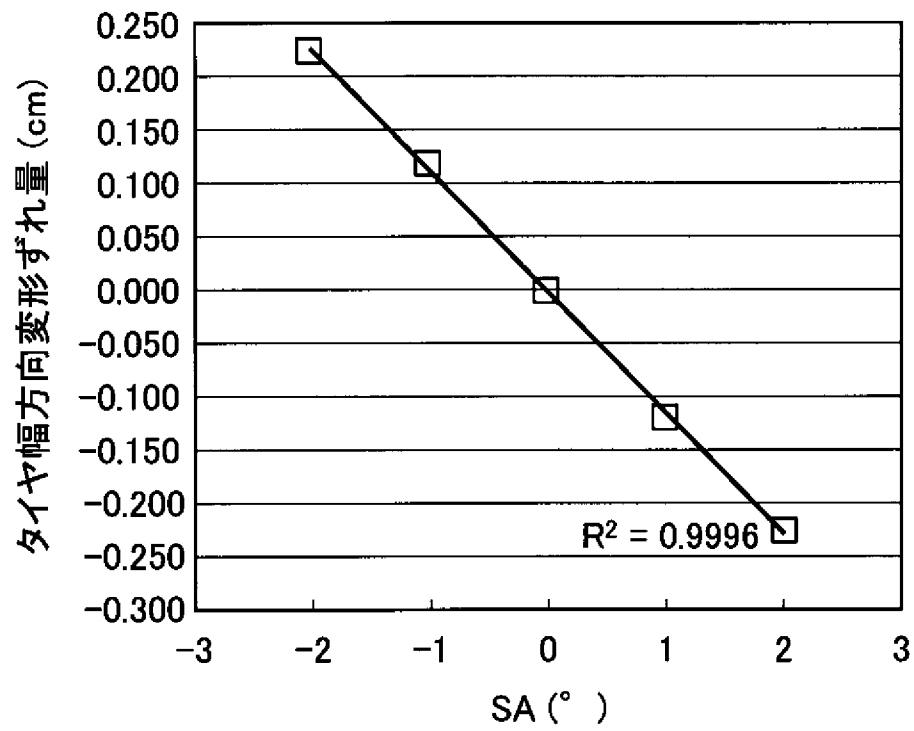
[図4]



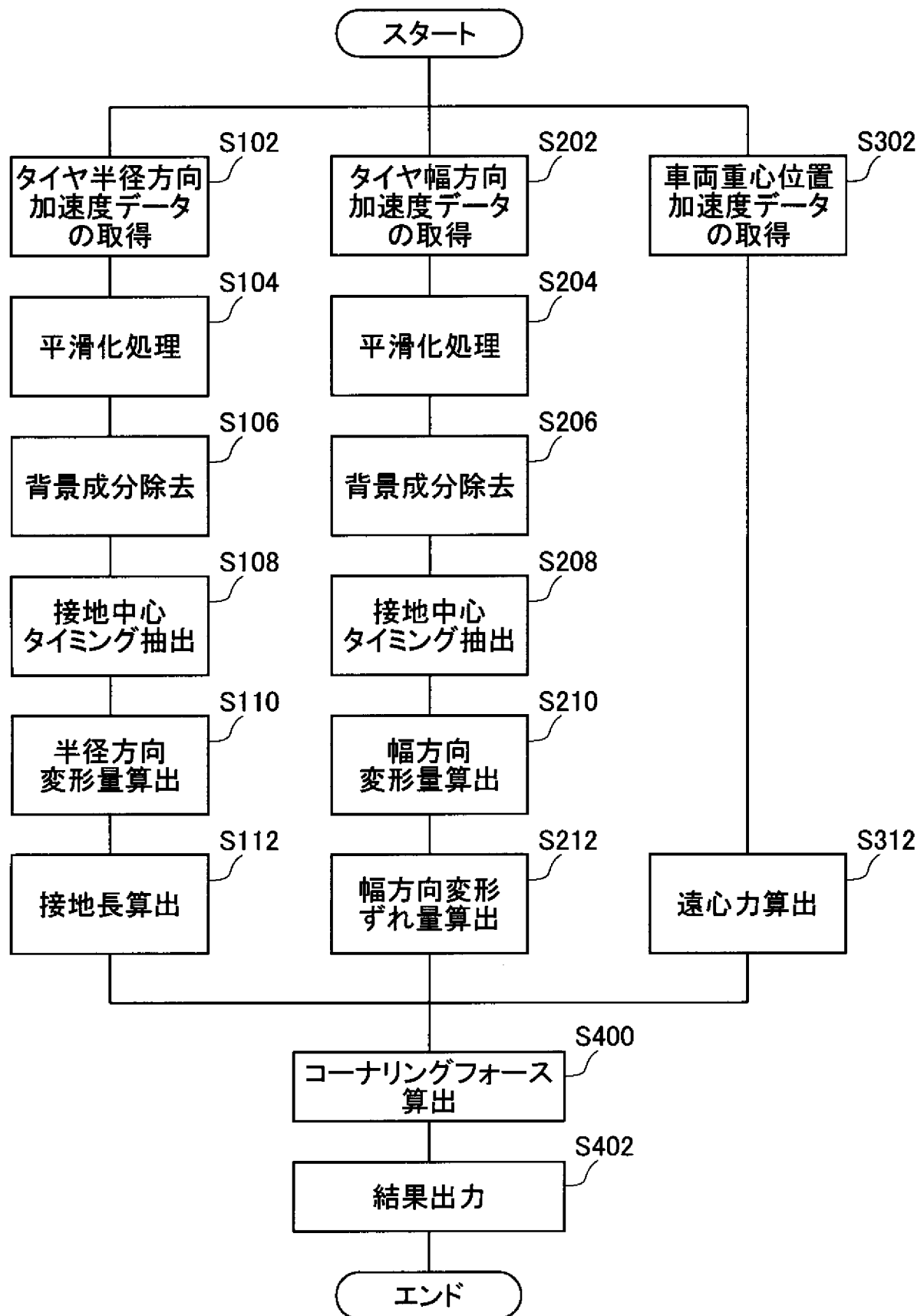
[図5]



[図6]

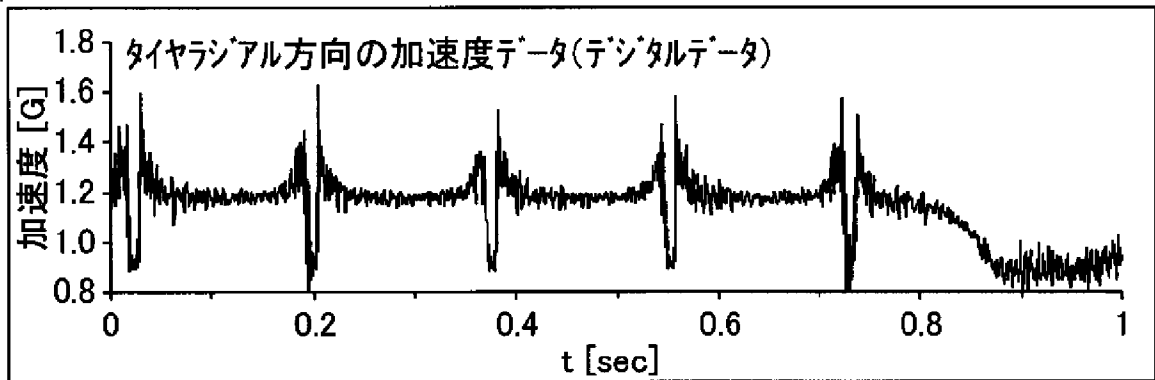


[図7]

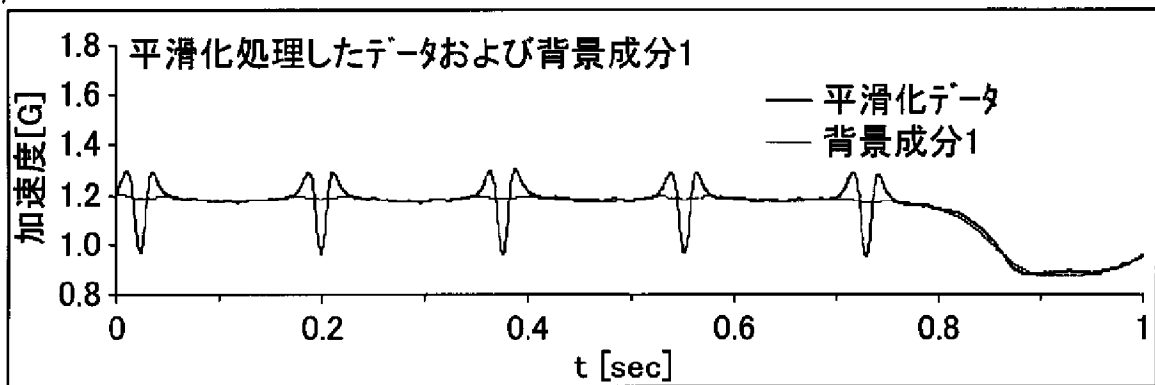


[図8]

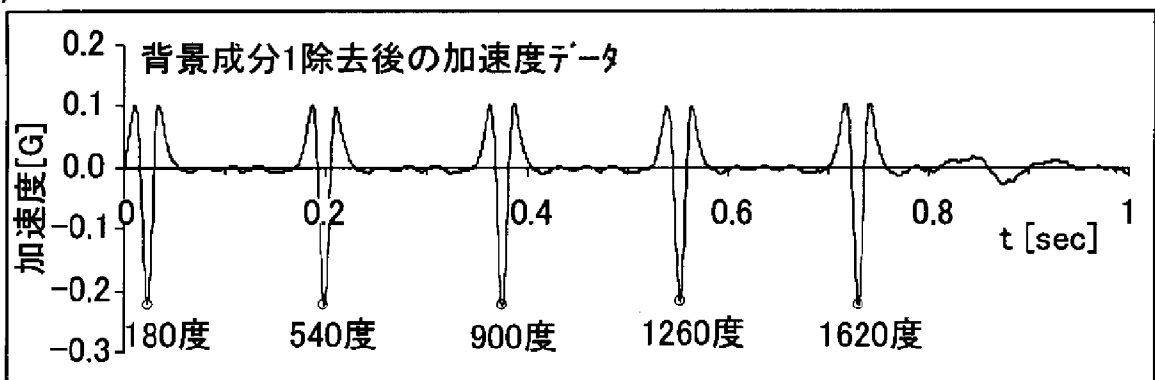
(a)



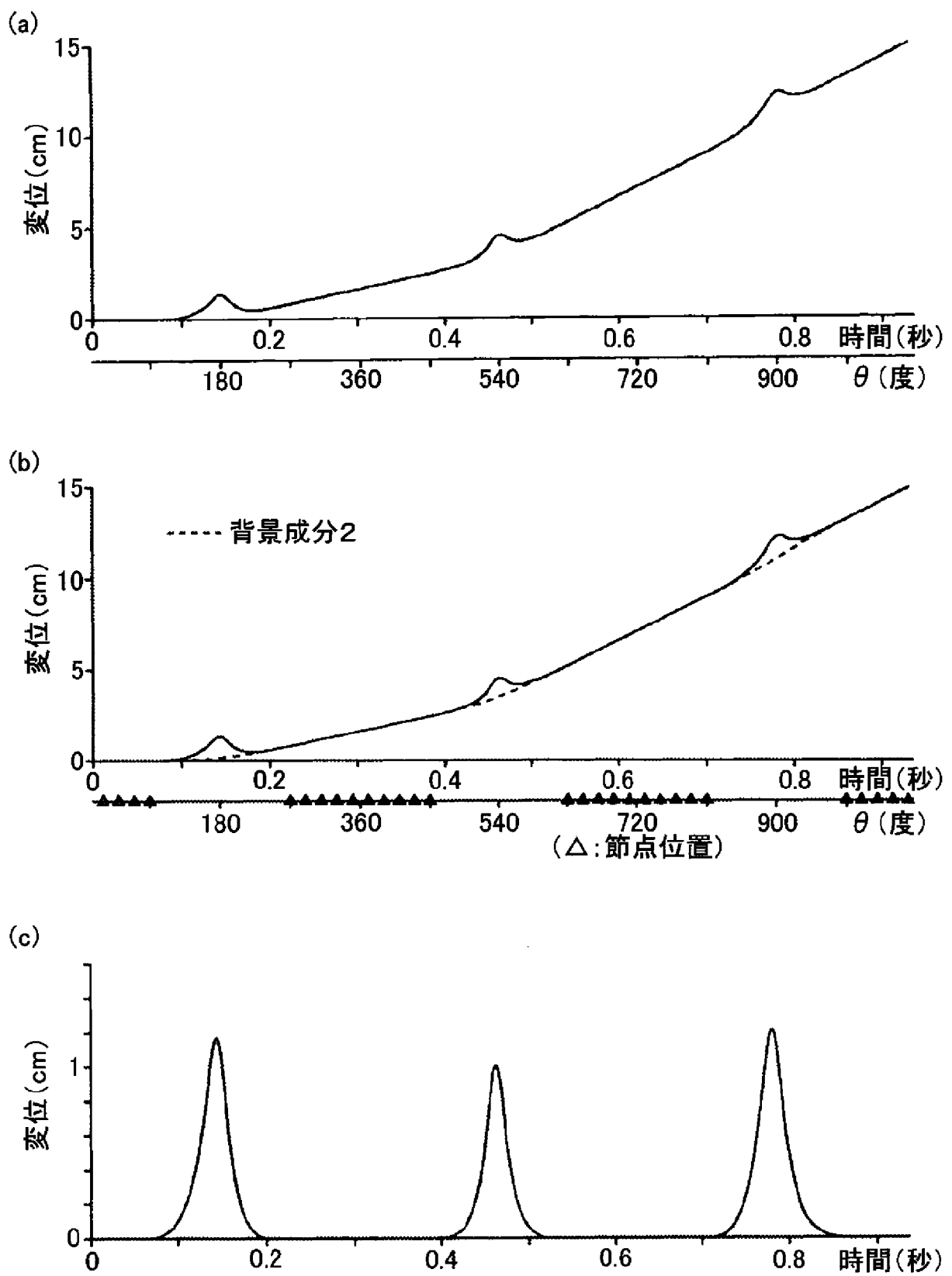
(b)



(c)

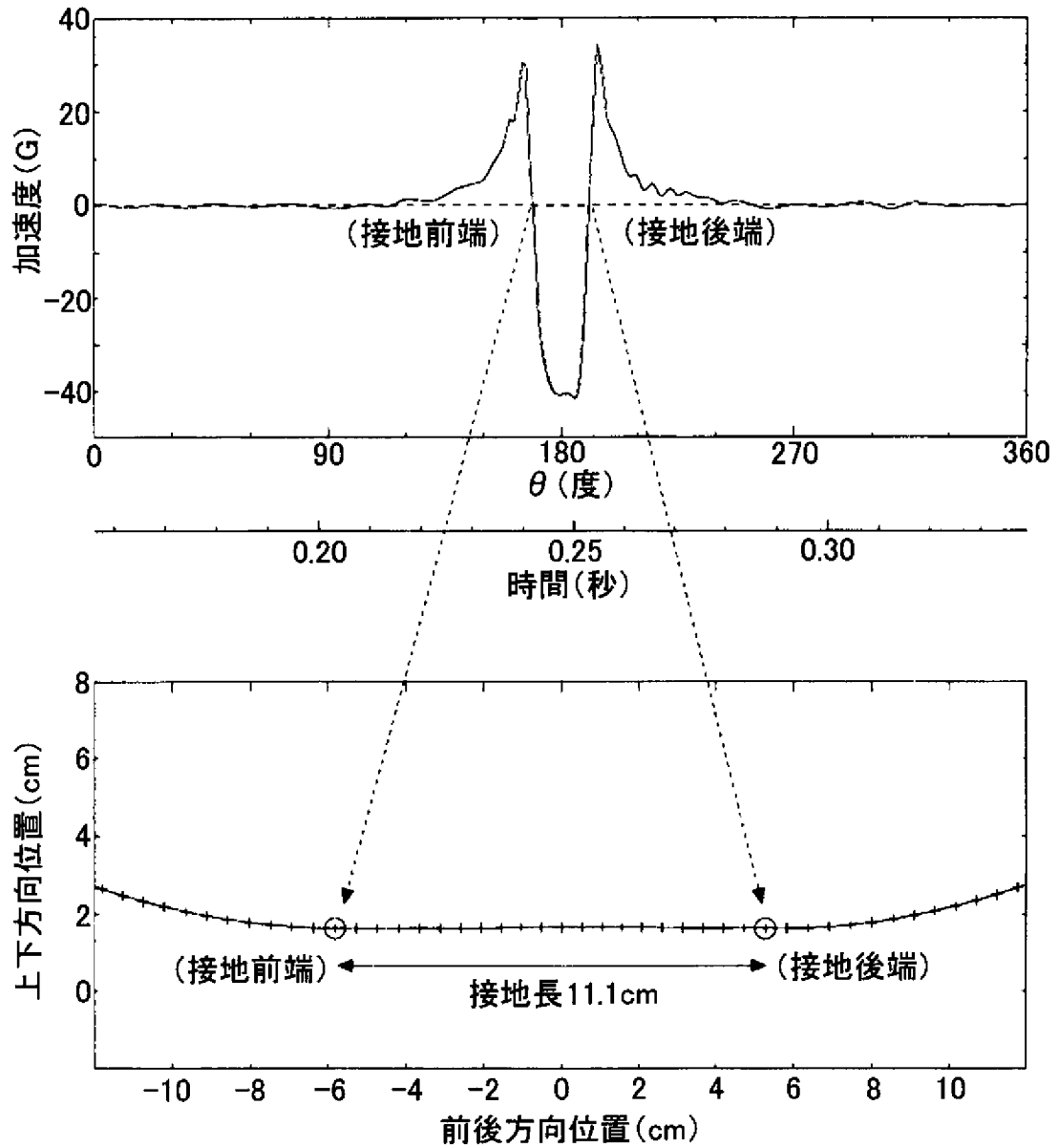


[図9]

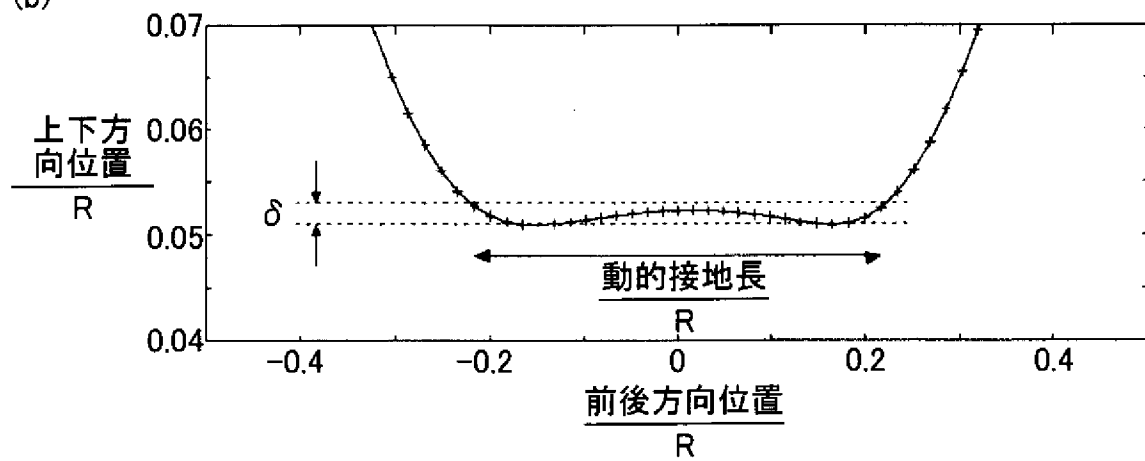


[図10]

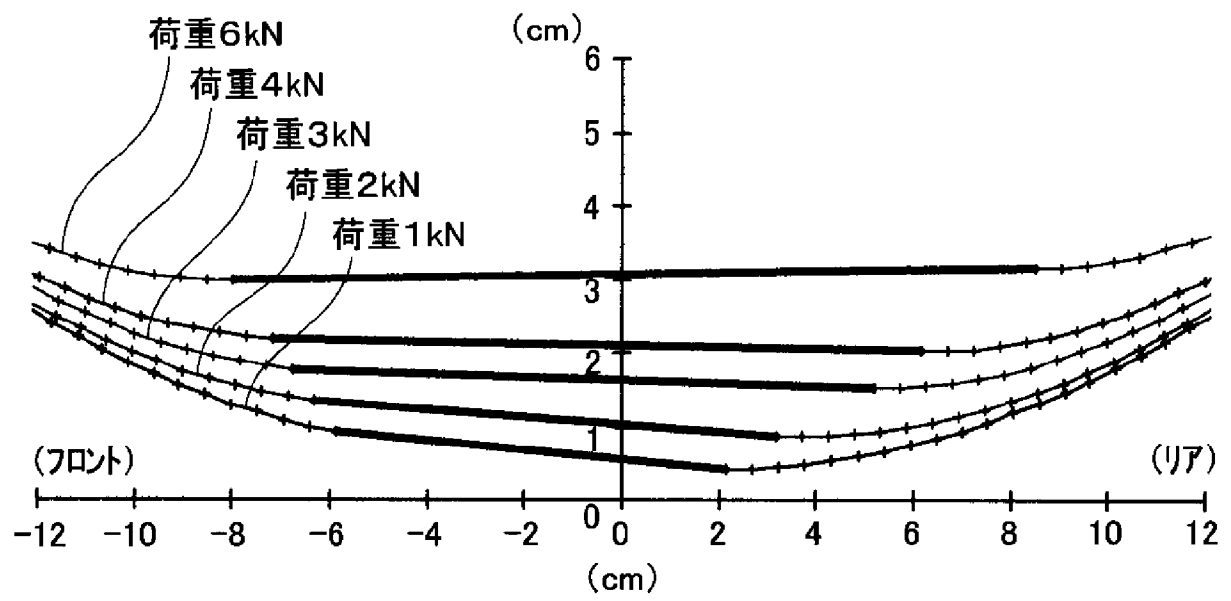
(a)



(b)



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314174

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M17/06(2006.01)i, B60C23/06(2006.01)i, B60R16/02(2006.01)i, B60W40/10(2006.01)i, G01L5/00(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)

G01M17/06, B60C23/06-23/08, B60R16/02, B60W40/00-40/12, G01L5/00

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	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

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 2005-081924 A (Toyoda Machine Works, Ltd. et al.), 31 March, 2005 (31.03.05), Par. Nos. [0006] to [0009], [0046] to [0047] & US 2005-055149 A1 & EP 1512598 A1	1-10
A	JP 2004-516980 A (Robert Bosch GmbH.), 10 June, 2004 (10.06.04), Par. Nos. [0047] to [0050] & US 2003-093208 A1 & EP 1263637 A & WO 2002/053428 A1 & DE 10160048 A	1-10

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 September, 2006 (25.09.06)

Date of mailing of the international search report
03 October, 2006 (03.10.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/314174

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-506346 A (CONTINENTAL AG.), 23 June, 1998 (23.06.98), Page 39, line 2 to page 40, line 4 & US 5913240 A1 & EP 783419 A & WO 96/010505 A1 & DE 59504584 C & AU 3653295 A & ES 2129857 T & BR 9509168 A & CA 2212219 A	1-10
A	JP 2003-118558 A (Honda Motor Co., Ltd.), 23 April, 2003 (23.04.03), Par. Nos. [0013] to [0021] (Family: none)	1-10
A	JP 2004-361095 A (Honda Motor Co., Ltd.), 24 December, 2004 (24.12.04), Par. Nos. [0028] to [0031] (Family: none)	1-10
A	JP 2005-041271 A (Toyota Motor Corp.), 17 February, 2005 (17.02.05), Par. Nos. [0027] to [0032] (Family: none)	1-10
A	JP 2001-215175 A (TRW Inc.), 10 August, 2001 (10.08.01), Par. Nos. [0014] to [0017] & US 6278361 B1 & EP 1106397 A3 & CA 2325139 A & TW 499372 B	4-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01M17/06(2006.01)i, B60C23/06(2006.01)i, B60R16/02(2006.01)i, B60W40/10(2006.01)i, G01L5/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01M17/06, B60C23/06-23/08, B60R16/02, B60W40/00-40/12, G01L5/00

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 0 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 6 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 請求の範囲の番号
A	JP 2005-081924 A (豊田工機株式会社 外 2 名) 2005. 03. 31 【0006】 - 【0009】 , 【0046】 - 【0047】 & US 2005-055149 A1 & EP 1512598 A1	1-10
A	JP 2004-516980 A (ロベルト・ボッシュ・ゲゼルシャフト・ミット・ベシュレンクテル・ハフツング) 2004. 06. 10, 【0047】 - 【0050】 & US 2003-093208 A1 & EP 1263637 A & WO 2002/053428 A1 & DE 10160048 A	1-10

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 9 . 2 0 0 6

国際調査報告の発送日

0 3 . 1 0 . 2 0 0 6

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)

福田 裕司

2 J

9 1 0 9

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

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 請求の範囲の番号
A	JP 10-506346 A (コンティネタル・アクチエンゲゼルシャフト) 1998. 06. 23 第 39 ページ第 2 行-第 40 ページ第 4 行 & US 5913240 A1 & EP 783419 A & WO 96/010505 A1 & DE 59504584 C & AU 3653295 A & ES 2129857 T & BR 9509168 A & CA 2212219 A	1-10
A	JP 2003-118558 A (本田技研工業株式会社) 2003. 04. 23 【0013】 - 【0021】 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2004-361095 A (本田技研工業株式会社) 2004. 12. 24 【0028】 - 【0031】 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2005-041271 A (トヨタ自動車株式会社) 2005. 02. 17 【0027】 - 【0032】 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2001-215175 A (ティーアールダブリュー・インコーポレーテッド) 2001. 08. 10 【0014】 - 【0017】 & US 6278361 B1 & EP 1106397 A3 & CA 2325139 A & TW 499372 B	4-8