

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4021919号

(P4021919)

(45) 発行日 平成19年12月12日(2007.12.12)

(24) 登録日 平成19年10月5日(2007.10.5)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 M 17/02 (2006.01)	GO 1 M 17/02 B
GO 1 B 21/32 (2006.01)	GO 1 B 21/32
GO 1 P 15/00 (2006.01)	GO 1 P 15/00 Z
B 6 O C 23/04 (2006.01)	B 6 O C 23/04 Z

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2006-117838 (P2006-117838)	(73) 特許権者	000006714
(22) 出願日	平成18年4月21日(2006.4.21)		横浜ゴム株式会社
(65) 公開番号	特開2007-292487 (P2007-292487A)		東京都港区新橋5丁目3番11号
(43) 公開日	平成19年11月8日(2007.11.8)	(74) 代理人	100080159
審査請求日	平成19年8月28日(2007.8.28)		弁理士 渡辺 望穂
早期審査対象出願		(74) 代理人	100090217
			弁理士 三和 晴子
		(72) 発明者	高口 紀貴
			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
		(72) 発明者	宮下 直士
			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
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 タイヤの転動時たわみ量算出方法、タイヤの転動時データ蓄積方法及びタイヤの転動時接地長算出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

路面をタイヤが転動する際のタイヤのラジアル方向のタイヤトレッド部のたわみ量の分布を算出するタイヤの転動時たわみ量算出方法であって、

転動中のタイヤのラジアル方向のタイヤ周上の加速度の計測時系列データを取得する取得ステップと、

取得したタイヤ周上の計測時系列データから接地近傍の加速度データを抽出し、この加速度データを、1つの極値を有し、その両側で0に漸近する曲線を有するピーク形状を表すたわみ関数の二階微分関数を用いて最小二乗回帰させてたわみ関数のパラメータの値を定める最小二乗回帰ステップと、

前記たわみ関数のパラメータの値を用いて定まるたわみ関数からタイヤ転動時のたわみ量の分布を算出する算出ステップと、を含むことを特徴とするタイヤの転動時たわみ量算出方法。

【請求項2】

前記ピーク形状を表すたわみ関数として、前記パラメータの値に応じて極大値の両側の曲線が非対称形状をなす非対称ガウシアン関数を使用する請求項1に記載のタイヤの転動時たわみ量算出方法。

【請求項3】

前記たわみ関数として、次式(1-1)、(1-2)、(1-3)、(1-4)又は(1-5)のいずれかを用いることを特徴とする請求項1に記載のタイヤの転動時たわみ量

算出方法。

【数 1】

$$T(t) = a \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{ct + d}\right) \quad \dots (1-1)$$

$$T(t) = a \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{d}\right) \quad \dots (1-2)$$

$$T(t) = \frac{a}{t^2 + d} \quad \dots (1-3)$$

$$T(t) = \frac{a}{t^2 + ct + d} \quad \dots (1-4)$$

$$T(t) = a|t|^P \quad \dots (1-5)$$

10

【請求項 4】

前記ラジアル方向の加速度の計測時系列データは、前記タイヤのトレッド部に装着されたラジアル方向の加速度を計測する加速度センサにより得られるデータであることを特徴とする請求項 1 に記載のタイヤの転動時たわみ量算出方法。

【請求項 5】

前記加速度センサは、タイヤトレッド部の幅方向中心であって、ライナー部、ベルトブライの外周側又はキャップトレッド部内のいずれかに装着したことを特徴とする請求項 4 に記載のタイヤの転動時たわみ量算出方法。

20

【請求項 6】

前記加速度センサは、前記タイヤトレッド部の幅方向に複数個装着されたものであり、それぞれの加速度センサからラジアル方向の加速度の計測時系列データを得ることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載のタイヤの転動時たわみ量算出方法。

【請求項 7】

転動中のタイヤのラジアル方向のタイヤ周上の加速度の計測時系列データを取得する取得ステップと、

取得したタイヤ周上の計測時系列データから接地近傍の加速度データを抽出し、この加速度データを、1つの極値を有し、その両側で0に漸近する曲線を有するピーク形状を表すたわみ関数の二階微分関数を用いて最小二乗回帰させてたわみ関数のパラメータの値を定める最小二乗回帰ステップと、

30

前記最小二乗回帰ステップにおいて定めたたわみ関数のパラメータの値をデータとしてタイヤ1回転毎に蓄積するステップと、を含むことを特徴とするタイヤの転動時データ蓄積方法。

【請求項 8】

転動中のタイヤのラジアル方向のタイヤ周上の加速度の計測時系列データを取得する取得ステップと、

取得したタイヤ周上の計測時系列データから接地近傍の加速度データを抽出し、この加速度データを、1つの極値を有し、その両側で0に漸近する曲線を有するピーク形状を表すたわみ関数の二階微分関数を用いて最小二乗回帰させてたわみ関数のパラメータの値を定める最小二乗回帰ステップと、

40

前記たわみ関数のパラメータの値を用いて定まるたわみ関数から接地近傍におけるたわみ量を算出する算出ステップと、

前記算出ステップにより算出したタイヤのたわみ量に基づいて、転動中のタイヤの接地長を算出する接地長算出ステップと、を含むことを特徴とするタイヤの転動時接地長算出方法。

【請求項 9】

前記たわみ関数のパラメータの値により定まる前記たわみ関数の曲線を用いて表わされ

50

るタイヤの回転軌道において、タイヤの回転軌道の最下点に接する水平線と、たわみ量が 0 の円弧状の回転軌道との交点を A, B とし、タイヤ回転中心を O としたとき、前記交点 A, B が成す角 $\angle AOB$ の 50 ~ 95 % の角度範囲のうち一定の角度を、前記水平線上に設けた点 C、D と回転中心 O との成す角 $\angle COD$ が有するように点 C、D を求め、この点 C、D 間の長さをタイヤの転動時の接地長として求める請求項 8 に記載のタイヤの転動時接地長算出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、路面を転動するタイヤトレッド部のラジアル方向のたわみ量の分布を算出するタイヤの転動時たわみ量算出方法、そのデータを蓄積するタイヤの転動時データ蓄積方法、及びタイヤの転動時接地長算出方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来より、転動中のタイヤのトレッド部における周上のたわみ形状の分布あるいは接地長は、有限要素モデルを用いて転動中のタイヤのシミュレーションを行って取得されてきた。この取得方法では、有限要素モデルの作成に要する時間やシミュレーションの演算時間の点から短時間にトレッド部の変形形態や接地長を取得することができなかった。このため、転動中の接地長（動的接地長）や変形形状を非転動中の接地長やタイヤの変形形状で代用していた。

20

しかし、転動中のタイヤの接地長や接地形状に影響を与えるタイヤの周上の変形形状は、タイヤ性能に極めて影響を与えるものであるため、転動中のタイヤの計測により接地長や変形形状を取得し、タイヤ性能を判断することが求められていた。

【0003】

一方、下記特許文献 1 ~ 3 では、加速度センサをタイヤに取り付けて、転動中のタイヤの加速度の計測データを取得し、この取得した計測データからパワースペクトルや振動スペクトルを求めて転動中の路面状態を推定する方法、またラジアル方向の加速度の計測データからトレッド部が路面に接触するタイミングを判定する方法等が開示されている。

しかし、特許文献 1 ~ 3 では、加速度の計測データを用いて路面状態を推定できるものの、この計測データから、転動中のタイヤの走行時たわみ形状や動的接地長を算出することはできない。

30

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 340863 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 182476 号公報

【特許文献 3】特表 2002 - 511812 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

そこで、本発明は、タイヤトレッド部の加速度の計測時系列データに基づいて、高速データ処理によりタイヤの転動時のたわみ量の分布を算出することができるタイヤの転動時たわみ量算出方法を提供することを目的とする。

40

【0006】

また、本発明は、長時間のタイヤ走行においてもデータの蓄積が小容量のメモリにて可能で、かつタイヤ半径及びパラメータの値からタイヤ回転軌道の再現が可能なタイヤの転動時のたわみの情報を蓄積するタイヤの転動時データ蓄積方法を提供することを目的とする。

【0007】

さらにまた、本発明は、求められたパラメータの値からタイヤの回転軌道及び転動時の接地長を正確に算出することができるタイヤの転動時接地長算出方法を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明のタイヤの転動時たわみ量算出方法は、路面をタイヤが転動する際のタイヤのラジアル方向のタイヤトレッド部のたわみ量の分布を算出するタイヤの転動時たわみ量算出方法であって、転動中のタイヤのラジアル方向のタイヤ周上の加速度の計測時系列データを取得する取得ステップと、取得したタイヤ周上の計測時系列データから接地近傍の加速度データを抽出し、この加速度データを、1つの極値を有し、その両側で0に漸近する曲線を有するピーク形状を表すたわみ関数の二階微分関数を用いて最小二乗回帰させてたわみ関数のパラメータの値を定める最小二乗回帰ステップと、前記たわみ関数のパラメータの値を用いて定まるたわみ関数からタイヤ転動時のたわみ量の分布を算出する算出ステップと、を含むことを特徴とするタイヤの転動時たわみ量算出方法を提供する。

10

【0009】

前記ピーク形状を表すたわみ関数として、前記パラメータの値に応じて極大値の両側の曲線が非対称形状をなす非対称ガウシアン関数（対称ガウシアン関数 $G(x) = e \cdot \exp(-A t^2)$ （ A はパラメータ）に対して、 t が正、負の領域でその曲線形状が異なるが、 $t = -\infty$ 、 $t = +\infty$ において、0への収束性が同じ性質を有する関数）を使用することが好ましい。また、前記たわみ関数として、次式（1-1）、（1-2）、（1-3）、（1-4）又は（1-5）のいずれかを用いることが好ましい。

【0010】

20

【数1】

$$T(t) = a \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{ct + d}\right) \quad \dots (1-1)$$

$$T(t) = a \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{d}\right) \quad \dots (1-2)$$

$$T(t) = \frac{a}{t^2 + d} \quad \dots (1-3)$$

$$T(t) = \frac{a}{t^2 + ct + d} \quad \dots (1-4)$$

30

$$T(t) = a|t|^P \quad \dots (1-5)$$

【0011】

また、前記ラジアル方向の加速度の計測時系列データは、前記タイヤのトレッド部に装着されたラジアル方向の加速度を計測する加速度センサにより得られるデータであることが好ましい。

【0012】

また、前記加速度センサは、タイヤトレッド部の幅方向中心であって、ライナー部、ベルトプライの外周側又はキャップトレッド部内のいずれかに装着することが好ましい。

40

【0013】

また、前記加速度センサは、前記タイヤトレッド部の幅方向に複数個装着されたものであり、それぞれの加速度センサからラジアル方向加速度の計測時系列データを得ることが好ましい。

【0014】

上記目的を達成するために、本発明は、転動中のタイヤのラジアル方向のタイヤ周上の加速度の計測時系列データを取得する取得ステップと、取得したタイヤ周上の計測時系列データから接地近傍の加速度データを抽出し、この加速度データを、1つの極値を有し、その両側で0に漸近する曲線を有するピーク形状を表すたわみ関数の二階微分関数を用いて最小二乗回帰させてたわみ関数のパラメータの値を定める最小二乗回帰ステップと、前

50

記最小二乗回帰ステップにおいて定めたたわみ関数のパラメータの値をデータとしてタイヤ1回転毎に蓄積するステップと、を含むことを特徴とするタイヤの転動時データ蓄積方法を提供する。

【0015】

さらに、上記目的を達成するために、本発明は、転動中のタイヤのラジアル方向のタイヤ周上の加速度の計測時系列データを取得する取得ステップと、取得したタイヤ周上の計測時系列データから接地近傍の加速度データを抽出し、この加速度データを、1つの極値を有し、その両側で0に漸近する曲線を有するピーク形状を表すたわみ関数の二階微分関数を用いて最小二乗回帰させてたわみ関数のパラメータの値を定める最小二乗回帰ステップと、前記たわみ関数のパラメータの値を用いて定まるたわみ関数から接地近傍におけるたわみ量を算出する算出ステップと、前記算出ステップにより算出したタイヤのたわみ量に基づいて、転動中のタイヤの接地長を算出する接地長算出ステップと、を含むことを特徴とするタイヤの転動時接地長算出方法を提供する。

10

【0016】

また、前記たわみ関数のパラメータの値により定まる前記たわみ関数の曲線を用いて表わされるタイヤの回転軌道において、タイヤの回転軌道の最下点に接する水平線と、たわみ量が0の円弧状の回転軌道との交点をA、Bとし、タイヤ回転中心をOとしたとき、前記交点A、Bが成す角AOBの50～95%の角度範囲のうち一定の角度を、前記水平線上に設けた点C、Dと回転中心Oとの成す角CODが有するように点C、Dを求め、この点C、D間の長さをタイヤの転動時の接地長とすることが好ましい。

20

【発明の効果】

【0017】

本発明のタイヤの転動時たわみ量算出方法によれば、タイヤのラジアル方向の加速度の計測時系列データから抽出した接地近傍の加速度データを、たわみ関数を二階微分した関数を用いて最小二乗回帰させ、その結果得られたたわみ関数のパラメータの値を用いてたわみ量の分布を算出するので、高速データ処理に適しており、タイヤの転動時たわみ量の分布を容易かつ高速に処理することができる。さらに、両端で0に漸近するたわみ関数を用いていることにより、タイヤの転動によって発生する低周波背景成分の混入を確実に回避することができる。

【0018】

30

また、本発明のタイヤの転動時データ蓄積方法によれば、たわみ量の分布をたわみ関数のパラメータの値で記述することができるため、タイヤのたわみ量の情報を小容量のメモリ蓄積することができるとともに、たわみ関数のパラメータ及びタイヤ半径を用いてタイヤの転動時の回転軌道を高速で精度良く再現することができる。

【0019】

さらにまた、本発明のタイヤの転動時接地長算出方法によれば、計測された加速度データをたわみ関数の二階微分関数を用いて最小二乗回帰するので、求められたタイヤのたわみ量の分布からタイヤの回転軌道及び転動中の接地長を正確に算出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

40

以下、本発明のタイヤの転動時たわみ量算出方法、タイヤの転動時データ蓄積方法、及びタイヤの転動時接地長算出方法について、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。

【0021】

図1は、本発明に係るタイヤの転動時たわみ量算出方法、タイヤの転動時データ蓄積方法及びタイヤの転動時接地長算出方法を実施するための装置の一実施形態の構成を示すブロック図、図2は図1のII-II線断面図である。

図1及び図2に示す実施形態は、タイヤのトレッド部の内周面の加速度を計測して加速度の計測時系列データを得る例であるが、後述するように、トレッド部の内部やベルト部等における加速度の計測時系列データを得てもよい。

50

【 0 0 2 2 】

図 1 に示すタイヤたわみ形状評価装置 1 0 は、タイヤ 1 のトレッド部 1 a におけるラジアル方向の加速度の計測データ（加速度データ）を用いて、タイヤのたわみ量の分布を算出する装置である。タイヤ 1 のトレッド部 1 a の加速度は、タイヤのトレッド部 1 a における内周のライナー部 1 b に固定した加速度センサ 2 で検知され、このときの加速度の計測時系列データは、転動するタイヤに設けられた図示されない送信機から受信機 3 へ送信されてアンプ 4 で増幅された後、たわみ形状評価装置 1 0 に入力される。計測時系列データの送信は、例えば、タイヤに組まれたホイールに送信機を設け、加速度センサ 2 からの計測時系列データをこの送信機から受信機 3 へ送信してもよいし、加速度センサ 2 に別途送信機能を持たせ、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。また、ホイールに加速度センサ 2 の時系列データを増幅するアンプを送信機とともに設け、受信機で受信した加速度の計測時系列データをタイヤたわみ形状評価装置 1 0 に供給する構成とすることもできる。

10

【 0 0 2 3 】

加速度センサ 2 は、例えば、本願出願人が先に出願した特願 2 0 0 3 - 1 3 4 7 2 7 号（特開 2 0 0 4 - 3 4 0 6 1 6 号公報）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、S i ウエハ外周枠部内にダイアフラムが形成された S i 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。

20

【 0 0 2 4 】

この加速度センサ 2 をタイヤのトレッド部 1 a の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 1 a 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。加速度センサ 2 の計測時系列データは加速度センサ 2 に設けられた送信機から送信してもよい。

【 0 0 2 5 】

アンプ 4 で増幅された加速度の計測時系列データが供給されるタイヤたわみ形状評価装置 1 0 は、データ取得部 1 2、信号処理部 1 4、たわみ形状演算部 1 6 及びデータ出力部 1 8 を有する。これらの各部位は、コンピュータ上で機能するサブルーチンやサブプログラムで規定されている。すなわち、C P U 2 0 及びメモリ 2 2 を有するコンピュータ上でソフトウェアを実行することにより、上記各部位が機能することによってタイヤたわみ形状評価装置 1 0 が構成される。

30

また、本発明のタイヤたわみ形状評価装置は、コンピュータの代わりに、各部位の機能を専用回路によって構成した専用装置であってもよい。

【 0 0 2 6 】

データ取得部 1 2 は、アンプ 4 で増幅された少なくともタイヤ 1 回転分のラジアル方向の加速度の計測時系列データを入力データとして取得する部分である。アンプ 4 から供給されるデータは、アナログデータであり、このデータを所定のサンプリング周波数でサンプリングしてデジタルデータに変換する。

40

【 0 0 2 7 】

信号処理部 1 4 は、デジタル化された加速度の計測時系列データからラジアル方向の加速度データを取り出すとともに、フィルタによる平滑化処理を行う部位である。具体的な処理は後述する。

【 0 0 2 8 】

演算部 1 6 は、信号処理部 1 4 からの加速度データに基づいて、後述するような最小二乗回帰を行い、タイヤ転動時のたわみ量の分布及び動的接地長（タイヤ転動中の接地長）を求める部位である。具体的な処理は後述する。

50

【 0 0 2 9 】

データ出力部 1 8 は、たわみ量の分布等の算出結果に基づいて算出されたタイヤの動的接地長やタイヤトレッド部の回転軌道を出力データとする部分である。得られた出力データは、ディスプレイ 2 4 に送られ、グラフ表示等に従われる。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、このようなタイヤたわみ形状評価装置 1 0 にて行われるタイヤの転動時たわみ量算出方法を示すフローチャート、図 4 (a) ~ (c) は、タイヤの転動時たわみ量算出方法の各処理で得られる結果の図であって、いずれも加速度センサ 2 のうち、タイヤのラジアル方向（半径方向）の加速度の計測データ（加速度データ）から、ラジアル方向のタイヤのトレッド部のたわみ量を算出する。

10

【 0 0 3 1 】

まず、アンプ 4 で増幅されたラジアル方向の加速度の計測時系列データがデータ取得部 1 2 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、デジタル化した計測データが取得される（ステップ S 1 0 0 ）。

次に、取得された計測時系列データは、信号処理部 1 4 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 S 1 0 2 ）。

【 0 0 3 2 】

信号処理部 1 4 に供給された計測時系列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 4 (a) に示すように滑らかなラジアル方向加速度 A_z の計測時系列データが得られる。

20

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 6 0 (k m / 時) の場合、カットオフ周波数は、 0 . 5 ~ 2 (k H z) とされる。この他に、デジタルフィルタの替わりに、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。

【 0 0 3 3 】

図 4 (a) に示す計測時系列データのグラフでは、縦軸に加速度 A_z (G)、横軸に時間軸 t (秒) をとるとともに、スリップ角 0° の状態からスリップ角 20° の状態までの、約 1 秒間の計測時系列データを示している。

【 0 0 3 4 】

30

次に、上記ラジアル方向加速度 A_z の計測時系列データ $A_z(t)$ において、ラジアル方向加速度 A_z が極小となる時間 t_c を、接地中心時間として仮選択する。そして、 $t = t_c$ のときのタイヤ回転位相角（図 1 中の点 O を基準とした角度 θ ）を Q_c とすると、例えば、 $Q_c \pm 57.5$ 度（この範囲は任意）に相当する範囲の加速度データを、被回帰データ領域のデータとして抽出する（ステップ S 1 0 3 ）。なお、図 4 (b) において、ドットが計測されたラジアル方向計測時系列データ A_z 、実線が後述する回帰結果、点線がタイヤ転動によって発生する低周波背景成分を示している。

【 0 0 3 5 】

すなわち、計測時系列データ $A_z(t)$ 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を要因とする低周波背景成分を含むので、後述するように、多項式を用いて低周波背景成分を回帰させる。これにより、たわみ関数を用いたたわみ量の算出において計測時系列データ $A_z(t)$ に含まれる低周波背景成分を除去することができる。

40

【 0 0 3 6 】

次に、上記被回帰データ領域のデータを次式 (2 - 1)、(2 - 2) を用いて最小二乗回帰する（ステップ S 1 0 4 ）。下記式 (2 - 2) 中の、 $d^2 T(s) / ds^2$ は、後述する式 (3 - 1) で表わされるピーク形状のたわみ関数 $T(t)$ の二階微分関数に相当するものである。なお、式 (2 - 2) 中の $B(s)$ は、タイヤのたわみ変形の加速度以外の背景成分加速度を表している。背景成分 $B(s)$ は接地近傍においても $d^2 T(s) / ds^2$ よりも緩やかに変化し、ここでは、便宜上 5 次の多項式を用いて記述しているが、他の

50

関数を用いてもよい。このときの回帰によって定めるパラメータは、 t_c 及び $T(s)$ ($T(t)$)、 $B(s)$ を定めるパラメータで、具体的には、式 (3-1) に示されている、 a 、 c 、 d 、及び式 (2-3) の係数 $e_0 \sim e_5$ である。なお、最小二乗回帰の方法は、本発明では特に限定されないが、例えば、Newton-Raphson 法を用いて好適に行うことができる。

【0037】

【数2】

$$s = t - t_c \quad \dots (2-1)$$

$$A_z(t) = \frac{d^2 T(s)}{ds^2} + B(s) \quad \dots (2-2)$$

10

$$B(s) = e_0 s^5 + e_1 s^4 + e_2 s^3 + e_3 s^2 + e_4 s + e_5 \quad \dots (2-3)$$

$T(s)$: 有界のピーク関数(非対称ガウシアン)

$B(s)$: 低周波背景成分(5次の多項式)

【0038】

一般に、路面で転動中のタイヤのトレッド部のたわみ量は、たわみ量が略0の状態から接地近傍のタイヤ踏む込み前端でたわみ量が増大し、荷重直下位置付近で最大となり、跳りだし端からたわみ量が0に漸近するピーク形状を示す。また、このピーク形状は、コーナリング時、制駆動時に非対称形を示す。

20

【0039】

一方、下記式 (3-1) のたわみ関数 $T(t)$ により表わされるピーク形状は、縦軸に $T(t)$ の値、横軸に t をとると、略中央付近 ($t = 0$) にピーク値を有し、両端が0に向かって漸近するような曲線を有するピーク形状となっている。この式 (3-1) は非対称ガウシアン関数の一例である。ここに、非対称ガウシアン関数とは、「対称ガウシアン関数 $G(x) = e \cdot \exp(-A t^2)$ (A はパラメータ) に対して、 t が正、負の領域でその曲線形状が異なるが、 $t = -\infty$ 、 $t = +\infty$ において、0への収束性が同じ性質を有する関数」と定義する。

したがって、下記式 (3-1) の $T(t)$ をたわみ関数として用いることにより、実際のタイヤのたわみ量の分布を好適に再現することができる。

30

【数3】

$$T(t) = a \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{ct + d}\right) \quad \dots (3-1)$$

【0040】

ここで、たわみ関数 $T(t)$ は、パラメータ c に依存して、図5(a)、さらに二階微分関数を示す図5(b)に示すように、対称性が崩れる非対称ガウシアン関数であり、この非対称性を利用してタイヤのコーナリング中又は制駆動中のたわみ量の分布を求めることができる。

なお、図5および式 (3-1) に示すたわみ関数 $T(t)$ のピーク形状は、ピーク値(極値)が正、すなわち極大値を示す例であるが、ピーク値が負、すなわち極小値を示す関数を使用した場合でもパラメータの正負を逆転すれば、同様に用いることができる。

40

【0041】

上述のように、上記最小二乗回帰で求められた各パラメータのうち、係数 $e_0 \sim e_5$ を除いた、 t_c 、 $T(t)$ の各パラメータの値 (a 、 c 、 d) を用いて規定されるたわみ関数から、たわみ形状(たわみ量の分布)を算出する。上記のような最小二乗回帰の処理は演算部16により行われる。さらに、各パラメータの値と、たわみ量の分布中のピーク値をデータとしてメモリ20に蓄積する(ステップS105)。

このような処理は、最小二乗回帰が一回で済むので、タイヤ1回転毎に高速に自動的に行うことができ、1回転毎に算出されるパラメータの値及びピーク値は蓄積される。

50

【 0 0 4 2 】

上述のように、タイヤの1回転毎にたわみ関数のパラメータ値を算出するので、パラメータである接地中心時間 t_c を設定する場合、過去の接地中心時間 t_c を利用して次のタイヤ1回転中の処理に用いる接地中心時間 t_c を予測し、設定することができる。

すなわち、過去のタイヤ回転における、接地中心時間 t_c の値 (t_{c1} , t_{c2} ... t_{ci}) を基に、 $t_{c(i+1)} = t_{ci} + (t_{ci} - t_{c(i-1)})$ (i は自然数) のように、次の回転の接地中心時間 t_c の仮の値を定めることができる。これに基づいて接地中心時間 t_c のときのタイヤ回転位相角 $Q_c \pm 57.5$ 度に相当する範囲の加速度データを被帰データ領域として抽出する動作を繰り返し行い、計測時系列の全回転の接地たわみ形状 (たわみ量の分布) を連続的に算出していく。

10

【 0 0 4 3 】

上記のようにして算出されたパラメータの値に基づいて、以下のようにして、タイヤの回転軌道及びタイヤの動的接地長を求める (ステップ S 1 0 6)。

まず、タイヤのたわみ関数 $T(t)$ のパラメータの値 (a , c , d) とタイヤ半径 r が既知となっているので、たわみ関数 $T(t)$ で表わされる曲線を、半径 r の円弧上に変位として展開し、加算することにより、回転軌道を算出する。この後、以下のようにして走行時のタイヤの動的接地長 (タイヤ転動中の接地長) を、演算部 1 6 において求めることができる。

【 0 0 4 4 】

図 6 は、図 4 に示すようなたわみ形状から動的接地長を求める方法を示している。

20

同図において、タイヤの回転軌道の最下点に接する水平線と、たわみ量が 0 の円弧状の回転軌道との交点を A, B とし、タイヤ回転中心を O としたとき、交点 A, B が成す角 AOB の 50 ~ 95 %、より好ましくは 60 ~ 75 % (既定比率、予め任意の値に設定) の角度を、水平線上に設けた点 C, D と回転中心 O との成す角 COD が有するように点 C, D を求め、この点 C, D 間の長さをタイヤ回転時の回転時の接地長とする。これにより、タイヤの回転軌道から動的接地長を求めることができる。

【 0 0 4 5 】

なお、本実施形態では、ピーク形状のたわみ関数として、上記式 (3 - 1) に示す $T(t)$ を用いたが、これは例示であって、本発明ではこれに限定されない。例えば、以下の式 (4 - 1) (4 - 2) (4 - 3) (4 - 4) に示すようなたわみ関数 $T(t)$ を用いるこ

30

【 0 0 4 6 】

【 数 4 】

$$T(t) = a \cdot \exp\left(-\frac{t^2}{d}\right) \quad \dots (4-1)$$

$$T(t) = \frac{a}{t^2 + d} \quad \dots (4-2)$$

$$T(t) = \frac{a}{t^2 + ct + d} \quad \dots (4-3)$$

40

$$T(t) = a|t|^p \quad \dots (4-4)$$

【 0 0 4 7 】

図 7 は、上述した加速度センサ 2 の装着位置の変形例を示すものである。

図 7 (a) は、加速度センサ 2 をベルトブライ 5 の上部に装着した例、図 7 (b) は、加速度センサ 2 をキャップトレッド部 1 a の内部に装着した例、図 7 (c) は、複数個 (この例では 5 個) の加速度センサ 2 をタイヤ幅方向である接地範囲全体にわたり、トレッド部の内周のライナー部 1 b に装着した例を示している。

加速度センサ 2 をタイヤ幅方向に複数個装着した場合、タイヤ幅方向の各位置におけるたわみ量の分布、さらには動的接地長を求めることができる。したがって、動的接地長を

50

タイヤ幅方向位置の順番に並べることにより、タイヤの動的接地長分布を求めることができる。

【 0 0 4 8 】

図 8 は、図 4 に示したようなコーナリング走行時の接地面のスリップ角を、0、5、10、15、20（度）に変化させたときの、5 個の加速度センサ 2（図 7（c）参照）により検出したラジアル方向の加速度を用いて求めた、タイヤ幅方向の各位置における接地長を模式的に示した図である。図 8 において、30 はトレッドリブ、31 はトレッド溝、32 はラジアル方向の加速度に基づいて算出した各トレッドリブ 30 における動的接地長を表したものである。このような模式図を上記ディスプレイ 24 に表示することにより、タイヤ転動時の接地面形状を推定することができる。

10

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。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 9 】

【図 1】本発明のタイヤの転動時たわみ量算出方法を実施する装置の一例を示すブロック図である。

【図 2】図 1 の II - II 線断面図である。

【図 3】本発明に係るタイヤの転動時たわみ量算出方法の流れの一例を示すフローチャートである。

【図 4】（a）～（c）は、本発明のタイヤの走行時たわみ量算出方法で得られる信号波形を示す図である。

20

【図 5】（a）は一般的なピーク形状のたわみ関数波形，（b）はその二階微分波形を説明する図である。

【図 6】たわみ量の分布から動的接地長を求める方法を示す説明図である。

【図 7】加速度センサの装着位置の変形例を示す断面図である。

【図 8】本発明のタイヤの転動時たわみ量算出方法を用いて得られたタイヤ幅方向の接地長の分布の例を示す図である。

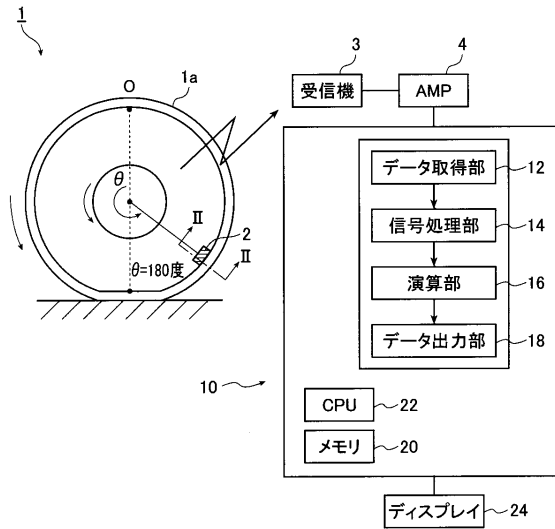
【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

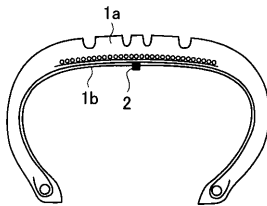
- 1 タイヤ
- 1 a トレッド部
- 2 加速度センサ
- 1 4 信号処理部
- 1 6 演算部
- 1 0 タイヤたわみ形状評価装置

30

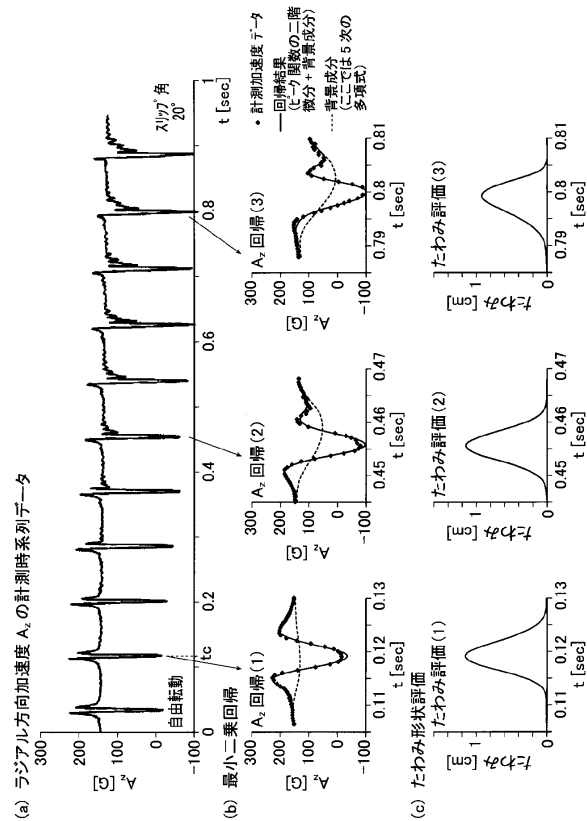
【図 1】



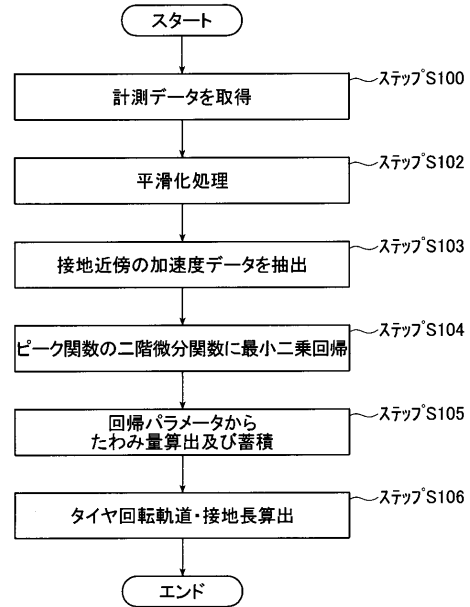
【図 2】



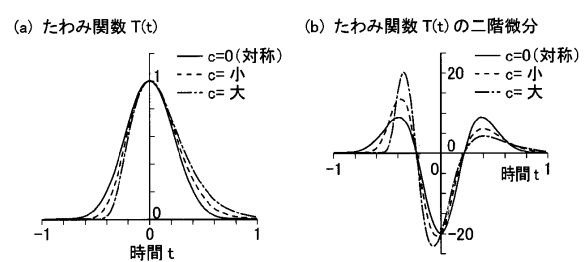
【図 4】



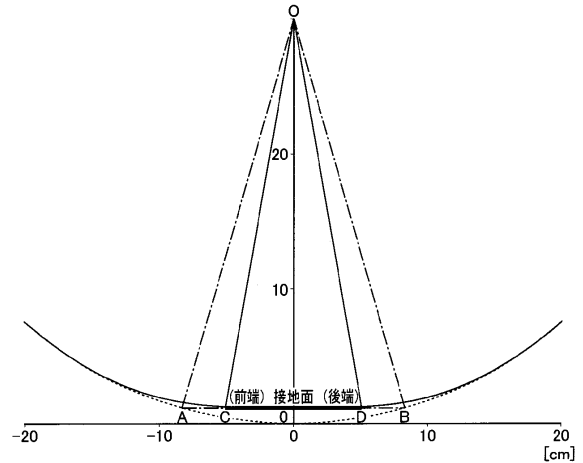
【図 3】



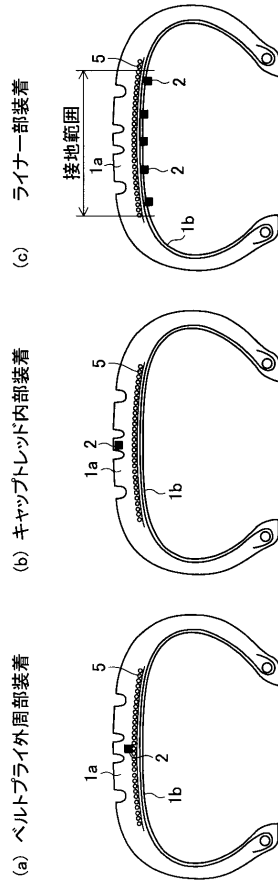
【図 5】



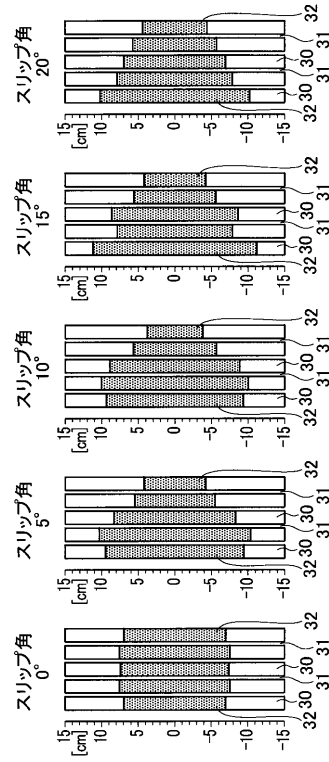
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 松田 淳
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
(72)発明者 北崎 剛史
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

審査官 福田 裕司

- (56)参考文献 特開2005-521866(JP,A)
特開2005-343281(JP,A)
特開2006-145366(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 M	1 7 / 0 2
B 6 0 C	2 3 / 0 4
G 0 1 B	2 1 / 3 2
G 0 1 P	1 5 / 0 0
B 6 0 W	4 0 / 1 0