

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号  
特許第3895347号  
(P3895347)

(45) 発行日 平成19年3月22日(2007.3.22)

(24) 登録日 平成18年12月22日(2006.12.22)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 M 17/02 (2006.01)	GO 1 M 17/02 B
B 6 O C 19/00 (2006.01)	B 6 O C 19/00 H
GO 1 B 21/32 (2006.01)	GO 1 B 21/32

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-335417 (P2004-335417)	(73) 特許権者	000006714
(22) 出願日	平成16年11月19日 (2004.11.19)		横浜ゴム株式会社
(65) 公開番号	特開2006-145366 (P2006-145366A)		東京都港区新橋5丁目36番11号
(43) 公開日	平成18年6月8日 (2006.6.8)	(74) 代理人	100080159
審査請求日	平成18年7月10日 (2006.7.10)		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	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
		(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】 タイヤ変形量算出方法及びタイヤ変形量算出装置

(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変形量を算出するタイヤ変形量算出方法であって、

転動中のタイヤの所定の部位に加速度センサを配置して得られる、少なくともタイヤ1回転分の加速度の計測データを取得する取得ステップと、

取得した加速度の計測データから背景成分を除去することで、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信号処理ステップと、

前記タイヤの変形に基づく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、タイヤの前記所定の部位における変形量を算出する変形量算出ステップと、を有することを特徴とするタイヤ変形量算出方法。

【請求項2】

前記所定の部位は前記タイヤのトレッド部であり、前記取得ステップではタイヤのトレッド部の加速度を取得し、前記変形量算出ステップではタイヤのトレッド部における変形量を算出する請求項1に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項3】

前記タイヤのトレッド部の周上の領域を、路面と接する接地領域を含む第1の領域とこれ以外の第2の領域とに分け、

前記信号処理ステップでは、前記第2の領域の加速度の計測データを近似することにより、前記第1の領域上及び前記第2の領域上で定められる第1の近似曲線を算出し、前記

取得ステップで取得した加速度の波形からこの第1の近似曲線を差し引くことにより、前記第1の領域及び前記第2の領域におけるタイヤの変形量に基づく加速度の時系列データを抽出することを特徴とする請求項2に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項4】

前記第1の近似曲線は、前記第2の領域中に複数個の節点を設けて、前記第2の領域に加えて前記第1の領域における前記加速度の計測データを近似した曲線である請求項3に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項5】

前記第1の近似曲線は、前記第1の領域の加速度の時系列データと前記第2の領域の加速度の時系列データに重み係数を与えて算出したものであり、しかも、前記第1の領域の加速度の時系列データに比べて前記第2の領域の加速度の時系列データの重み係数を大きくして、前記第1の領域及び前記第2の領域における前記加速度の時系列データを近似した曲線である請求項3又は4に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項6】

前記第2の領域は、前記タイヤの接地領域の中心位置を基準として周方向の角度の絶対値が少なくとも60度以上の領域である請求項3～5のいずれか1項に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項7】

前記タイヤのトレッド部の周上の領域を、路面との接地領域を含む第3の領域とこれ以外の第4の領域とに分け、

前記変形量算出ステップでは、前記第4の領域の前記変位データを近似することにより、前記第1の領域上及び前記第2の領域上で定められる第2の近似曲線を算出し、前記変位データの波形からこの第2の近似曲線を差し引くことにより、タイヤの変形量を算出する請求項3～6のいずれか1項に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項8】

前記第2の近似曲線は、前記第4の領域中に複数個の節点を設けて、前記第4の領域に加えて前記第3の領域における前記変位データを近似した曲線である請求項7に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項9】

前記第2の近似曲線は、前記第3の領域の前記変位データと前記第4の領域の前記変位データに重み係数を与えて最小二乗法により算出したものであり、しかも、前記第3の領域の変位データに比べて前記第4の領域の変位データの重み係数を大きくして、前記第3の領域及び前記第4の領域における変位データを近似した曲線である請求項7または8に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項10】

前記加速度の計測データは、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、タイヤの周方向の加速度のデータ、及びタイヤの幅方向の加速度のデータのうち、少なくとも1つである請求項1～9のいずれか1項に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項11】

前記加速度の計測データは、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、または、このラジアル方向の加速度のデータに加えてタイヤの周方向の加速度のデータを含むものであり、前記信号処理ステップでは、前記背景成分として、タイヤの転動中の遠心力の加速度成分および重力加速度成分を少なくとも除去することを特徴とする請求項1～10のいずれか1項に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項12】

前記加速度の計測データは、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、または、このラジアル方向の加速度のデータに加えてタイヤの周方向の加速度のデータを含むものであり、さらに、前記タイヤの変形量は、タイヤのトレッド部のラジアル方向及び周方向の変形量、若しくはラジアル方向の変形量であり、この変形量から前記タイヤの転動中の接地長を算出する請求項1～11のいずれか1項に記載のタイヤ変形量

10

20

30

40

50

算出方法。

【請求項 1 3】

前記加速度の計測データが、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である場合、前記接地長の算出の際、タイヤの変形に基づく加速度の時系列データが加速度 0 を横切る 2 つの位置を求め、この 2 つの位置をタイヤの接地領域の前端及び後端に対応する位置として前記接地長を算出する請求項 1 2 に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項 1 4】

前記接地長の算出の際に用いられるタイヤの変形に基づく加速度の時系列データは、前記変形量算出ステップにて算出された変形量を時間に関して 2 階微分して得られた加速度の時系列データである請求項 1 3 に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項 1 5】

前記変形量算出ステップで求められた変位データからタイヤの変形形状を求め、このタイヤの変形形状におけるタイヤの最下点からタイヤの上方向に所定の距離離れた直線を横切る位置をタイヤの接地領域の前端及び後端の位置として前記接地長を算出する請求項 1 2 に記載のタイヤ変形量算出方法。

【請求項 1 6】

路面上をタイヤが転動する際のタイヤの変形量を算出するタイヤ変形量算出装置であって、

転動中のタイヤの所定の部位に加速度センサを配置して得られる、少なくともタイヤ 1 回転分の加速度の計測データを取得するデータ取得部と、

取得した加速度の計測データから背景成分を除去することで、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信号処理部と、

前記タイヤの変形に基づく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、タイヤの所定の部位における変形量を算出する変形量算出部と、を有することを特徴とするタイヤ変形量算出装置。

【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の所定の部位における周上の変形量を、タイヤの所定の部位に設けた加速度センサ等からの加速度の計測データを用いて算出するタイヤ変形量算出方法及びタイヤ変形量算出装置に関し、特に、路面を転動するタイヤのトレッド部の周上の変形量を、タイヤのトレッド部に設けた加速度センサ等からの加速度の計測データを用いて算出するタイヤ変形量算出方法及びタイヤ変形量算出装置に関する。

【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変形量の分布（タイヤのトレッド部の変形形状）や接地長は、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。

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従来より求められていた。

【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。

10

20

30

40

50

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、転動中のタイヤの変形形状や接地長を算出することができない。

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 3 4 0 8 6 3 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 3 - 1 8 2 4 7 6 号公報

【特許文献 3】特表 2 0 0 2 - 5 1 1 8 1 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

10

そこで、本発明は、路面を転動する際のタイヤの変形量を、タイヤの所定の部位における加速度の計測データを用いて算出するタイヤ変形量算出方法及びタイヤ変形量算出装置、特に、路面を転動する際のタイヤの変形量を、タイヤのトレッド部における加速度の計測データを用いて算出するタイヤ変形量算出方法及びタイヤ変形量算出装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記目的を達成するために、本発明は、路面をタイヤが転動する際のタイヤの変形量を算出するタイヤ変形量算出方法であって、転動中のタイヤの所定の部位に加速度センサを配置して得られる、少なくともタイヤ 1 回転分の加速度の計測データを取得する取得ステップと、取得した加速度の計測データから背景成分を除去することで、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信号処理ステップと、前記タイヤの変形に基づく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、タイヤの前記所定の部位における変形量を算出する変形量算出ステップと、を有することを特徴とするタイヤ変形量算出方法を提供する。

20

【 0 0 0 7 】

なお、前記所定の部位は前記タイヤのトレッド部であり、前記取得ステップではタイヤのトレッド部の加速度を取得し、前記変形量算出ステップではタイヤのトレッド部における変形量を算出することが好ましい。その際、前記タイヤのトレッド部の周上の領域を、路面と接する接地領域を含む第 1 の領域とこれ以外の第 2 の領域とに分け、前記信号処理ステップでは、前記第 2 の領域の加速度の計測データを近似することにより、前記第 1 の領域上及び前記第 2 の領域上で定められる第 1 の近似曲線を算出し、前記取得ステップで取得した加速度の波形からこの第 1 の近似曲線を差し引くことにより、前記第 1 の領域及び前記第 2 の領域におけるタイヤの変形量に基づく加速度の時系列データを抽出することが好ましい。

30

【 0 0 0 8 】

また、前記第 1 の近似曲線は、前記第 2 の領域中に複数個の節点を設けて、前記第 2 の領域に加えて前記第 1 の領域における前記加速度の計測データを近似した曲線であることが好ましい。前記第 1 の近似曲線は、前記第 1 の領域の加速度の時系列データと前記第 2 の領域の加速度の時系列データに重み係数を与えて算出したものであり、しかも、前記第 1 の領域の加速度の時系列データに比べて前記第 2 の領域の加速度の時系列データの重み係数を大きくして、前記第 1 の領域及び前記第 2 の領域における前記加速度の時系列データを近似した曲線であることが好ましい。

40

【 0 0 0 9 】

また、前記第 2 の領域は、前記タイヤの接地領域の中心位置を基準として周方向の角度の絶対値が少なくとも 6 0 度以上の領域であることが好ましい。

【 0 0 1 0 】

また、前記タイヤのトレッド部の周上の領域を、路面との接地領域を含む第 3 の領域とこれ以外の第 4 の領域とに分け、前記変形量算出ステップでは、前記第 4 の領域の前記変位データを近似することにより、前記第 1 の領域上及び前記第 2 の領域上で定められる第

50

2の近似曲線を算出し、前記変位データの波形からこの第2の近似曲線を差し引くことにより、タイヤの変形量を算出することが好ましい。また、前記第2の近似曲線は、前記第4の領域中に複数個の節点を設けて、前記第3の領域及び前記第4の領域における前記変位データを近似した曲線であることが好ましい。

さらに、前記第2の近似曲線は、前記第3の領域の前記変位データと前記第4の領域の前記変位データに重み係数を与えて最小二乗法により算出したものであり、しかも、前記第3の領域の変位データに比べて前記第4の領域の変位データの重み係数を大きくして、前記第3の領域及び前記第4の領域における変位データを近似した曲線であることが好ましい。

#### 【0011】

前記加速度の計測データは、例えば、前記タイヤのトレッド部に加速度センサを配置して得られるデータである。

また、前記加速度の計測データは、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、タイヤの周方向の加速度のデータ、及びタイヤの幅方向の加速度のデータのうち、少なくとも1つであることが好ましい。

また、前記加速度の計測データは、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、または、このラジアル方向の加速度のデータに加えてタイヤの周方向の加速度のデータを含むものであり、前記信号処理ステップでは、前記背景成分として、タイヤの転動中の遠心力の加速度成分および重力加速度成分を少なくとも除去することも好ましい。

また、前記加速度の計測データは、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、さらに、前記タイヤの変形量は、タイヤのトレッド部のラジアル方向及び周方向の変形量、若しくはラジアル方向の変形量であり、この変形量から前記タイヤの転動中の接地長を算出することが好ましい。

#### 【0012】

さらに、本発明は、路面上をタイヤが転動する際のタイヤの変形量を算出するタイヤ変形量算出装置であって、転動中のタイヤの所定の部位に加速度センサを配置して得られる、少なくともタイヤ1回転分の加速度の計測データを取得するデータ取得部と、取得した加速度の計測データから背景成分を除去することで、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信号処理部と、前記タイヤの変形に基づく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、タイヤの所定の部位における変形量を算出する変形量算出部と、を有することを特徴とするタイヤ変形量算出装置を提供する。

#### 【0013】

さらに、本発明は、路面をタイヤが転動する際のタイヤの変形量を算出するタイヤ変形量算出装置であって、転動中のタイヤの所定の部位における、少なくともタイヤ1回転分の加速度の計測データを取得するデータ取得部と、取得した加速度の計測データから、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信号処理部と、前記タイヤの変形に基づく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、タイヤの所定の部位における変形量を算出する変形量算出部と、を有することを特徴とするタイヤ変形量算出装置を提供する。

#### 【発明の効果】

#### 【0014】

本発明は、路面を転動する際のタイヤの変形量を、タイヤの所定の部位、例えばトレッド部における加速度の計測データを用いて算出することができる。

タイヤの所定の部位がトレッド部である場合、タイヤのトレッド部の周上の領域を、路面との接地領域を含む第1の領域とこれ以外の第2の領域とに分け、第2の領域の加速度の計測データを近似した第1の近似曲線を算出することにより、タイヤの転動による遠心力（向心力）の加速度成分及び重力加速度成分を含む背景成分を効率よく求めることがで

10

20

30

40

50

きる。特に、第1の近似曲線は、第2の領域中に複数の節点を設けて、第1の領域及び第2の領域における加速度の時系列データを近似するので、また、第1の近似曲線は、第1の領域の加速度の時系列データに対して第2の領域の加速度の時系列データに大きな重み係数を与えて算出されるので、背景成分をより正確に求めることができる。

【0015】

さらに、タイヤのトレッド部の周上の領域を、路面との接地領域を含む第3の領域とこれ以外の第4の領域とに分け、第4の領域の変位の時系列データを近似した第2の近似曲線を算出することにより、タイヤの変形量がタイヤの回転に伴って周期的に変化するように背景成分を求めることができる。特に、第2の近似曲線は、第4の領域中に複数の節点を設けて、第3の領域及び第4の領域における変位データを近似するので、また、第2の近似曲線は、第3の領域の加速度の時系列データに対して第4の領域の加速度の時系列データに大きな重み係数を与えて算出されるので、背景成分をより正確に求めることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明のタイヤ変形量算出方法及びタイヤ変形量算出装置について、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。

【0017】

図1は、本発明に係るタイヤ変形量算出方法を実施する本発明に係るタイヤ変形量算出装置の一実施形態の構成を示すブロック図である。

20

以下に示す形態は、タイヤのトレッド部の内周面の加速度を計測して計測データを得ているが、本発明においては、トレッド部の加速度の計測データに限定されない。トレッド部内部やベルト部等における加速度の計測データであってもよい。

図1に示すタイヤ変形量算出装置10は、タイヤ1のトレッド部における加速度の計測データを用いて、タイヤの変形量を算出する装置である。タイヤ1のトレッド部の加速度は、タイヤの空洞領域の内周面に固定した加速度センサ2で検知され、アンプ4で増幅された加速度の計測データである。加速度センサ2による計測データは、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で増幅されたデータである。例えば、タイヤに組まれたホイールに送信機を設け、加速度センサからのデータをこの送信機から受信機3へデータを送信してもよいし、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、受信機で受信したデータをタイヤ変形量算出装置10に供給する構成とすることもできる。

30

【0018】

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。

40

この加速度センサを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。

加速度センサの計測データは加速度センサに設けられた送信機から送信してもよい。

【0019】

アンプ4で増幅された加速度の計測データが供給されるタイヤ変形量算出装置10は、データ取得部12、信号処理部14、変形量算出部16及びデータ出力部18を有する。

50

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、CPU 20 及びメモリ 22 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変形量算出装置 10 が構成される。

また、本発明のタイヤ変形量算出装置は、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。

#### 【0020】

データ取得部 12 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。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。

10

#### 【0021】

信号処理部 14 は、デジタル化された加速度の計測データから、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 14 では、加速度の計測データに対して平滑化処理を行い、この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を抽出する。具体的な処理は後述する。

#### 【0022】

変形量演算部 16 は、抽出されたタイヤの変形に基づく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、タイヤの変形量を算出する部位である。タイヤの変形に基づく加速度の時系列データに対して時間に関する 2 階積分を行い、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、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、タイヤの変形量を算出する。さらに、この後、算出されたタイヤの変形量のデータに対して時間に関する 2 階微分を行って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。

20

#### 【0023】

データ出力部 18 は、算出され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、タイヤの接地長やトレッド部の変形形状を求め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 24 に送られ、グラフ表示等に供される。

30

#### 【0024】

図 2 は、このようなタイヤ変形量算出装置 10 にて行われるタイヤ変形量算出方法を示すフローチャートである。図 3 (a) ~ (d) 及び図 4 (a) ~ (c) は、タイヤ変形量算出方法の各処理で得られる結果の一例を示している。これらの結果は、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から、ラジアル方向のタイヤのトレッド部の変形量を算出する場合の結果である。

本発明は、タイヤのラジアル方向の加速度の計測データを用いてタイヤのトレッド部のラジアル方向の変形量を算出する場合に限らず、タイヤの周方向又は幅方向の加速度の計測データから、周方向又は幅方向の変形量を算出することもできる。さらに、タイヤの周方向及び幅方向の加速度の計測データを同時に取得してこの 2 つのデータから、周方向及び幅方向の変形量を同時に算出することもできる。

40

#### 【0025】

まず、アンプ 4 で増幅された加速度がデータ取得部 12 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 S100）。

次に、取得された計測データは、信号処理部 14 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 S102）。図 3 (a) に示すように、信号処理部 14 に供給された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 3 (b) に示すように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

50

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。

図3(b)に示す時系列のグラフでは横軸に時間軸を採るとともに、同時にタイヤの周上位置(度)で表している。タイヤの周上位置(度)は、図1に示すようなタイヤの接地面の中心位置( $\theta = 180$ 度)に対して対向する点O(図1参照)を基準とする角度である。このような周上位置(度)は、タイヤに記されたマークを図示されないマーク検知手段で検知することにより、マークの周上の位置と加速度センサ2の周上位置との相対位置関係から、転動中のタイヤの周上位置(度)を定めることができる。また、時系列のグラフにおいて、極小値の位置を基準として、この位置を接地面の中心位置( $\theta = 180$ 度)として転動中のタイヤの周上位置(度)を定めてもよい。

10

図3(b)において接地面の中心位置は $\theta = 180$ 度、540度及び900度に該当し、図3(b)ではタイヤの略3周分の加速度の計測データが示されている。

#### 【0026】

次に、平滑処理された加速度の計測データから背景成分1が算出される(ステップS104)。

ラジアル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を含む(なお、周方向の加速度の背景成分においても、これらの成分を含む)。図3(c)では背景成分1の波形が点線で示されている。この背景成分1は、接地面の中心位置 $\theta = 180$ 度、540度及び900度のそれぞれを中心として、絶対値で0以上90度未満の角度の範囲を除いた周上の領域(第2の領域)で加速度の計測データに近似するように求められる。

20

#### 【0027】

具体的に説明すると、タイヤの周上の領域を、路面接地領域を含む第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、第2の領域として、 $\theta = 0$ 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1は、上記第2の領域中の複数の周上位置( $\theta$ 又は、これに対応する時間)を節点として用いて、予め定められた関数群、例えば3次のスプライン関数を用いて、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1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3(b)の例では、図3(b)中の「 $\theta$ 」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。

30

#### 【0028】

図3(b)に示すデータに対して、上記節点を有する3次のスプライン関数で関数近似を行うことにより、図3(c)において点線で示される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い、かつ関数近似に際して行う最小二乗法では重み係数を用いる。この重み係数は、第2の領域の重み係数を1とすると、第1の領域の重み係数は0.01に設定されて処理が行われる。このように背景成分1を算出する際、第1の重み係数を第2の重み係数に対して小さくし、かつ第1の領域に節点を定めないので、第1の近似曲線を、主に第2の領域における加速度の計測データから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が小さくかつその変形は周上で滑らかに変化するため、タイヤの転動中の加速度は遠心力(向心力)の加速度成分及び重力加速度成分が支配的である。これに対し、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かつ急激に変化する。こ

40

50



のため接地変形に基づく加速度成分の変化が、タイヤの回転に基づく遠心力（向心力）の加速度成分及び重力加速度成分の変化に比べて大きくなる。すなわち、第2の領域の加速度の計測データは、概略、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であり、第2の領域の加速度の計測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、第1の領域における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精度よく推定することができる。

なお、図3(c)では、接地中心位置（ $\theta = 180, 540, 900$ 度）を中心として絶対値で0以上90度未満の角度の範囲を第1の領域としたが、本発明における第1の領域は、接地中心位置から少なくとも絶対値で0以上60度未満の角度の範囲であればよい。

10

#### 【0029】

次に、算出された背景成分1を表す第1の近似曲線を、ステップS102で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(ステップS106)。図3(d)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を抽出することができる。

#### 【0030】

次に、算出された、接地変形に基づく加速度の時系列データは、変形量算出部16において2階の時間積分が施され、変位データが生成される(ステップS108)。

なお、積分の対象となる加速度のデータには通常ノイズ成分を含むので、2階積分を行うとノイズ成分も同時に積分され、精度の高い変位データを求めることはできない。図4(a)は、図3(c)の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4(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。

20

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。

#### 【0031】

30

すなわち、ステップS104において、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(ステップS110)。

具体的に説明すると、タイヤの周上の領域を、路面との接地領域を含む第3の領域とこれ以外の第4の領域とに分け、第3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、第4の領域として、 $\theta = 0$ 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4の領域中の複数の周上位置（又は $\theta$ 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3の領域及び第4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。なお、第3の領域は、上述した第1の領域と一致する領域であってもよいし、異なる領域であってもよい。また、第4の領域は、上述した第2の領域と一致する領域であってもよいし、異なる領域であってもよい。節点は、上述したように、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4(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4(b)の例では、図4(b)中の「 $\theta$ 」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。

40

#### 【0032】

50

図4(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4(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3の領域には節点はなく、第4の領域の複数の節点のみを用いて関数近似を行い、かつ関数近似に際して行う最小二乗法で用いる第4の領域の重み係数を1とし、第3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3の領域に節点を定めないのである。第4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3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は周上で大きくかつ急激に変化する。すなわち、第4の領域におけるトレッド部の変形量は第3の変形量と対比して概略一定を示す。これより、第4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2の近似曲線を算出することで、第4の領域のみならず、路面との接地領域を含む第3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。

10

図4(b)には、第4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4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。

#### 【0033】

最後に、背景成分2として算出された近似曲線を、ステップS110で算出された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が算出される(ステップS112)。

20

図4(c)は、図3(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4(c)は、トレッド部上の所定の測定位置が周上を回転して変位するときの3回転分の変形量の分布(3回の接地)を示している。接地のたびに変形量が変化していることが見られる。

#### 【0034】

このようにして算出される変形量は、データ出力部18において、出力用データとしてまとめられて、ディスプレイ24や図示されないプリンタに出力される。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。

30

最後に、図4(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3(d)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(後述する図5(a)参照)が算出される(ステップS114)。

さらに、データ出力部18では、変形量を用いて転動中のタイヤの接地領域及び接地長を求めることができる。

#### 【0035】

40

図5(a)は、接地領域及び接地長を求める方法を示している。

まず、ステップS114によっ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5(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領域に来るとき、または接地領域から出るとき、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5(a)中の下のグラフは、タイヤのラジアル方向及び周方向で表される極座

50

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。

#### 【0036】

また、図5(a)に示す方法に変えて、図5(b)に示す方法により接地領域及び接地長を求めることもできる。

具体的には、図5(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R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R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5(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R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領域及び接地長を求めることができる。前端位置及び後端位置を定めるために用いる一定距離は、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6は、上記方法により求められた接地領域及び接地長の例を示している。図6中の太線の部分が接地領域を示している。

#### 【0037】

上記例はいずれもタイヤのトレッド部のラジアル方向の加速度の計測データを用いてタイヤのラジアル方向の変形量を算出するものであるが、本発明においては、タイヤのトレッド部の周方向あるいは幅方向(タイヤの回転軸に平行な方向)の加速度の計測データを取得して、タイヤの周方向あるいは幅方向の変形量を、図2に示す方法により算出することもできる。すなわち、本発明のタイヤ変形量算出方法では、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計測データ、タイヤの周方向の加速度の計測データ及びタイヤの幅方向の加速度の計測データの少なくとも1つの計測データを用いて、タイヤの変形量を算出することができる。

#### 【0038】

図7(a),(b)は、本発明のタイヤ変形量算出方法を用いて取得されたトレッド部の内周面の変形の軌跡を示した一例のグラフであり、ラジアル方向の加速度と周方向の加速度を用いて算出されたタイヤの変形量を示している。加速度は、トレッド部の内周面のセンター部分に加速度センサを貼り付けて計測したデータである。

図7(a)の例は、タイヤサイズ205/70R15 95H、転動速度60(km/時)、空気圧200(kPa)、荷重4(kN)の条件である。図7(b)の例は、タイヤサイズ205/70R15 95H、転動速度40(km/時)、空気圧200(kPa)スリップ角度0の条件である。図7(a),(b)より、スリップ角度が変化することにより、又荷重が変化することにより変形形状が変化することが見られる。

一方、図8(a),(b)は、本発明のタイヤ変形量算出方法を用いて取得されたトレッド部の内周面の変形の軌跡を示した一例のグラフであり、周方向及び幅方向の加速度を用いて算出されたタイヤの周方向変形量及び幅方向変形量を示している。

図8(a)の例は、タイヤサイズ205/70R15 95H、転動速度60(km/時)、空気圧200(kPa)、荷重4(kN)の条件である。図8(b)の例は、タイヤサイズ205/70R15 95H、転動速度40(km/時)、空気圧200(kPa)スリップ角度0の条件である。図8(a)では、スリップ角度の付与により、セリア

10

20

30

40

50

ル側にタイヤが変形することが見られる。また、図 8 ( b ) では、荷重の増大に伴って、周方向及び幅方向の変形量が大きくなり、タイヤのトレッド部が幅方向のうちセリアル側に変形していることがわかる。

#### 【 0 0 3 9 】

このように、タイヤのトレッド部の変形量を、ラジアル方向、周方向及び幅方向のいずれの方向においても算出することができ、転動中のタイヤの変形形状や軌跡を得ることができる。なお、本願発明では、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、トレッド部の周上の測定点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。

10

また、本発明で取得する加速度の計測データは、トレッド部の内周面に取り付けた加速度センサによる計測データのほか、タイヤ内部に埋め込んだ加速度センサによる計測データを用いることもできる。

#### 【 0 0 4 0 】

以上、本発明のタイヤ変形量算出方法及びタイヤ変形量算出装置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。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 4 1 】

【図 1】本発明のタイヤ変形量算出方法を実施する本発明のタイヤ変形量算出装置の一例を示すブロック図である。

20

【図 2】本発明に係るタイヤ変形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 3】( a ) ~ ( d ) は、本発明のタイヤ変形量算出方法で得られる信号波形を示すグラフである。

【図 4】( a ) ~ ( c ) は、本発明のタイヤ変形量算出方法で得られる信号波形を示すグラフである。

【図 5】( a ) 及び ( b ) は、本発明のタイヤ変形量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 6】本発明のタイヤ変形量算出方法で算出される接地長の一例を示す図である。

【図 7】( a ) 及び ( b ) は、本発明のタイヤ変形量算出方法で得られるタイヤの変形形状を示す図である。

30

【図 8】( a ) 及び ( b ) は、本発明のタイヤ変形量算出方法で得られるタイヤの周方向及び幅方向の変形量を示す図である。

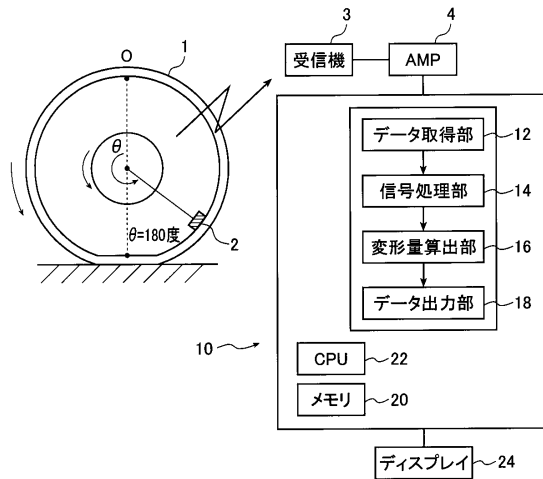
#### 【符号の説明】

#### 【 0 0 4 2 】

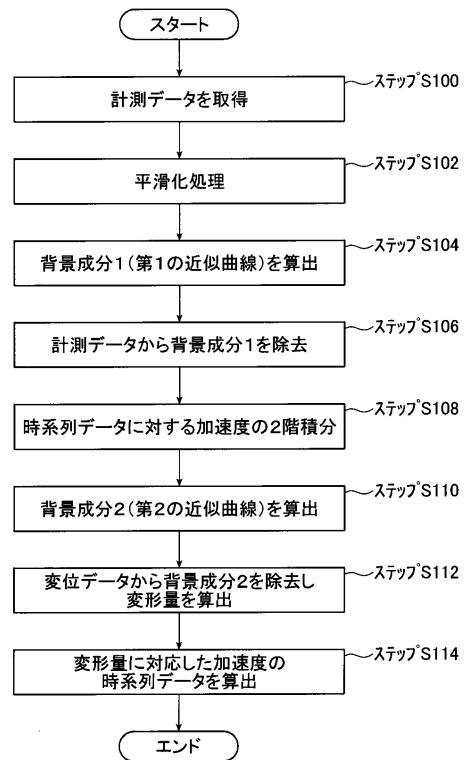
- 1   タイヤ
- 2   加速度センサ
- 3   受信機
- 4   アンプ
- 10   タイヤ変形量算出装置
- 12   データ取得部
- 14   信号処理部
- 16   変形量算出部
- 18   データ出力部
- 20   メモリ
- 22   CPU
- 24   ディスプレイ

40

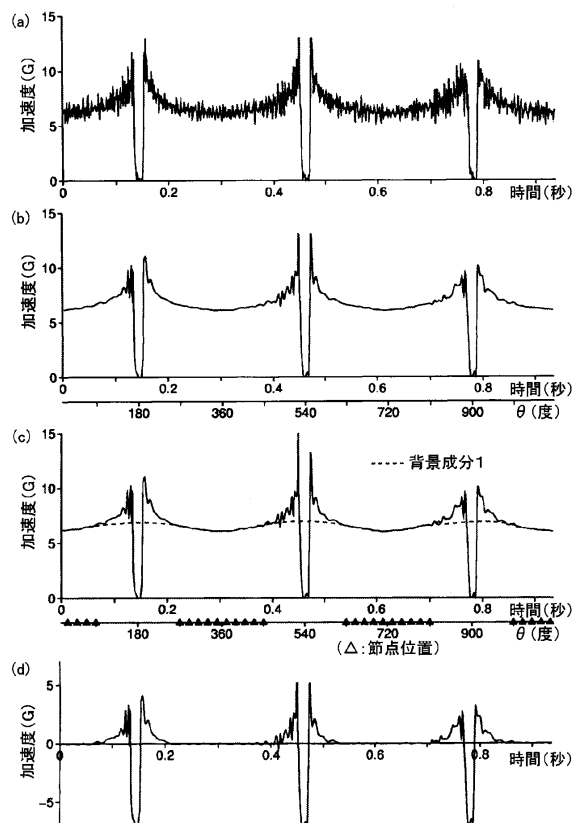
【図1】



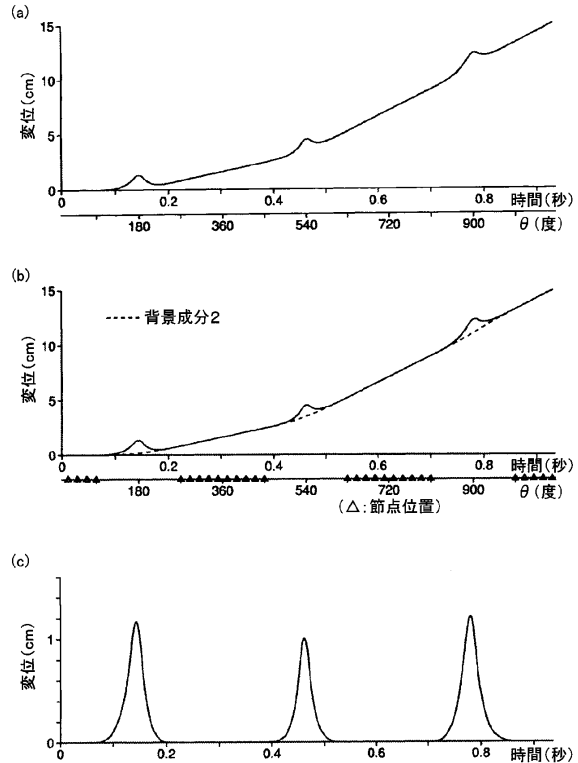
【図2】



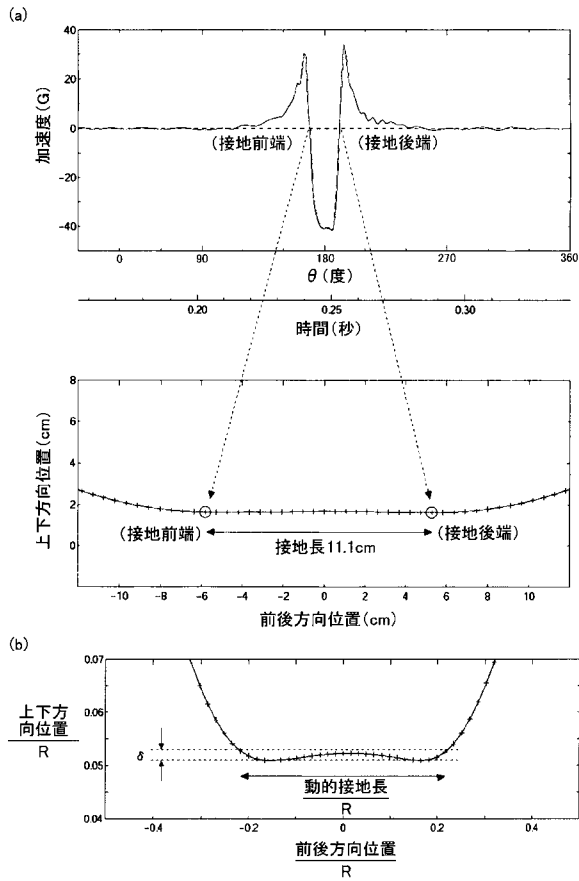
【図3】



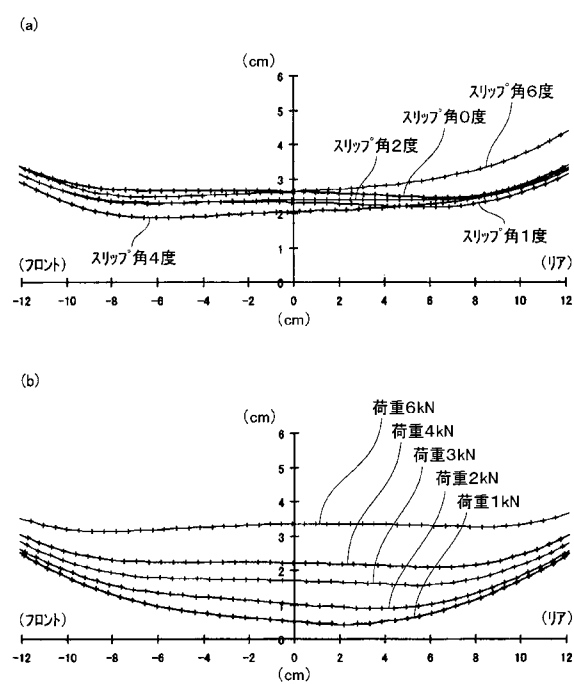
【図4】



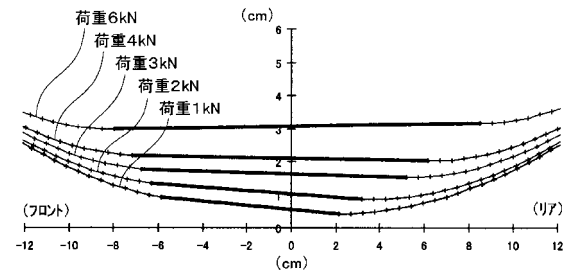
【図 5】



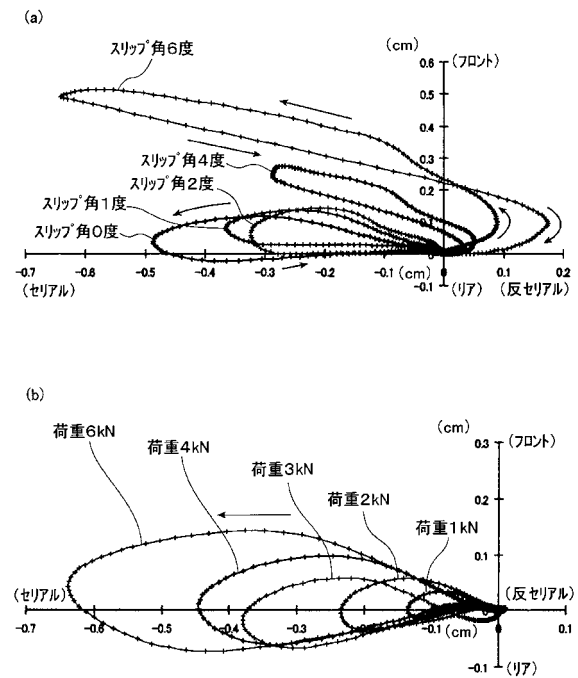
【図 7】



【図 6】



【図 8】



---

フロントページの続き

(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

審査官 小原 博生

(56)参考文献 特表2002-511812(JP,A)  
国際公開第03/082643(WO,A1)  
特開2000-238515(JP,A)  
特開2002-090264(JP,A)  
特開2002-317679(JP,A)  
特開2004-163140(JP,A)  
国際公開第03/066400(WO,A1)  
特開平06-005583(JP,A)  
特開平05-080069(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 17/02

B60C 19/00

G01B 21/32