

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4680532号
(P4680532)

(45) 発行日 平成23年5月11日 (2011.5.11)

(24) 登録日 平成23年2月10日 (2011.2.10)

(51) Int. Cl.

F 1

B 6 0 C 19/00 (2006.01)
B 6 0 C 23/00 (2006.01)
B 6 0 C 23/06 (2006.01)
B 6 0 C 23/20 (2006.01)

B 6 0 C 19/00 B
 B 6 0 C 23/00 Z
 B 6 0 C 23/06 Z
 B 6 0 C 23/20

請求項の数 11 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2004-164546 (P2004-164546)
 (22) 出願日 平成16年6月2日 (2004.6.2)
 (65) 公開番号 特開2005-343281 (P2005-343281A)
 (43) 公開日 平成17年12月15日 (2005.12.15)
 審査請求日 平成19年4月12日 (2007.4.12)

(73) 特許権者 000005278
 株式会社ブリヂストン
 東京都中央区京橋1丁目10番1号
 (74) 代理人 100080296
 弁理士 宮園 純一
 (72) 発明者 森永 啓詩
 東京都小平市小川東町3-1-1 株式会
 社ブリヂストン 技術センター内
 (72) 発明者 若尾 泰通
 東京都小平市小川東町3-1-1 株式会
 社ブリヂストン 技術センター内
 審査官 森林 宏和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タイヤの動的状態推定方法とその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タイヤトレッドのインナーライナ部の、タイヤ径方向のほぼ同一な断面における少なくとも2箇所の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から、当該タイヤの踏み側の接地端に対応する時間と蹴り側の接地端に対応する時間、及び、上記踏み側の接地端の前方に出現する上記変形量が最大となる踏み側の接地面外変形点に対応する時間と上記蹴り側の接地端の後方に出現する上記変形量が最大となる蹴り側の接地面外変形点に対応する時間を検出するとともに、車輪速度を検出し、上記検出された当該タイヤの2つの接地端にそれぞれ対応する時間と上記2つの接地面外変形点にそれぞれ対応する時間と上記車輪速度とを用いて、走行中のタイヤの姿勢角、横力、及び、前後力のうちの少なくとも1つを推定することを特徴とするタイヤの動的状態推定方法。

【請求項 2】

上記変形量の計測位置が、インナーライナ部のタイヤ径方向のほぼ同一な断面において、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置であって、上記線対称な位置における変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から当該タイヤの踏み側の接地端と蹴り側の接地端との時間差である接地時間を検出する第1のステップと、上記接地時間に上記車輪速度を掛け合わせたタイヤの接地長の指標を算出する第2のステップと、

上記線対称な位置における接地長の指標の比である接地長比を算出する第3のステップと、
上記時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から上記踏み側の接地面外変形点と上記蹴り側の接地面外変形点との間の時間を検出する第4のステップと、
上記検出された接地面外変形点間の時間に上記車輪速度を掛け合わせた接地面外変形長の指標を算出する第5のステップと、
上記線対称な位置における接地面外変形長の指標の比である接地面外変形長比を算出する第6のステップと、
上記接地長比と上記接地面外変形長比とから上記タイヤの姿勢角であるキャンバー角とスリップ角のいずれか一方または両方を推定する第7のステップとを備えたことを特徴とする請求項1に記載のタイヤの動的状態推定方法。

10

【請求項3】

上記変形量の計測位置が、インナーライナ部のタイヤ径方向のほぼ同一な断面において、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置であって、
上記線対称な位置における変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から当該タイヤの踏み側の接地端と蹴り側の接地端との時間差である接地時間を検出する第1のステップと、
上記接地時間に上記車輪速度を掛け合わせてタイヤの接地長の指標を算出する第2のステップと、
上記線対称な位置における接地長の指標の比である接地長比を算出する第3のステップと

20

上記接地長比から上記タイヤに発生する横力を推定する第4のステップと、
上記変形量の時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から上記踏み側の接地面外変形点と上記蹴り側の接地面外変形点との間の時間を検出する第5のステップと、
上記検出された接地面外変形点間の時間に上記車輪速度を掛け合わせて接地面外変形長の指標を算出する第6のステップと、
上記線対称な位置における接地面外変形長の指標の比である接地面外変形長比を算出する第7のステップと、
上記接地長比と上記接地面外変形長比とから上記タイヤのキャンバー角を推定する第8のステップと、
上記推定されたキャンバー角を用いて上記第4のステップで推定した横力を補正する第9のステップとを備えたことを特徴とする請求項1に記載のタイヤの動的状態推定方法。

30

【請求項4】

上記変形量の計測位置が、インナーライナ部のタイヤ径方向のほぼ同一な断面において、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置であって、
上記線対称な位置における変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から、上記踏み側の接地面外変形点と上記踏み側の接地端との間の時間を検出する第1のステップと、
上記変形量の時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から、当該タイヤの蹴り側の接地面外変形点と上記蹴り側の接地端との間の時間を検出する第2のステップと、
上記検出された踏み側の接地面外変形点と踏み側の接地端との間の時間に上記車輪速度を掛け合わせた踏み側変形長さを算出する第3のステップと、
上記検出された蹴り側の接地面外変形点と蹴り側の接地端との間の時間に上記車輪速度を掛け合わせた蹴り側変形長さを算出する第4のステップと、
上記踏み側変形長さとして上記蹴り側変形長さとの比である前後接地面外変形長比を算出する第5のステップと、
上記線対称な位置における前後接地面外変形長比の平均値を算出する第6のステップと、
上記算出された前後接地面外変形長比の平均値から上記タイヤに発生する前後力を推定する第7のステップとを備えたことを特徴とする請求項1に記載のタイヤの動的状態推定方法。

40

50

【請求項 5】

ホイール部あるいはタイヤにおいてタイヤ内圧値及びタイヤ内温度を検出し、上記内圧値と温度とを用いて、上記車輪速度、及び、上記横力の推定値または上記前後力の推定値を補正することを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載のタイヤの動的状態推定方法。

【請求項 6】

タイヤトレッドのインナーライナ部の、タイヤ径方向のほぼ同一な断面における少なくとも 2 箇所の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から、当該タイヤの踏み込み側の接地端の前に出現する上記変形量が最大となる踏み込み側の接地面外変形点の変形量を検出する第 1 のステップと、
上記変形量の時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から、当該タイヤの蹴り出し側の接地端の後に出現する上記変形量が最大となる蹴り出し側の接地面外変形点の変形量を検出する第 2 のステップと、
上記踏み込み側の接地面外変形点における変形量と上記蹴り出し側の接地面外変形点における変形量との比である接地面外変形量比を算出する第 3 のステップと、
タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置における接地面外変形量比の平均値を算出する第 4 のステップと、
上記算出された接地面外変形量比の平均値から上記タイヤに発生する前後力を推定する第 5 のステップとを備えたことを特徴とするタイヤの動的状態推定方法。

【請求項 7】

ホイール部あるいはタイヤにおいてタイヤ内圧値及びタイヤ内温度を検出し、上記内圧値と温度とを用いて、上記前後力の推定値を補正することを特徴とする請求項 6 に記載のタイヤの動的状態推定方法。

【請求項 8】

走行中のタイヤの動的状態を推定する装置であって、
タイヤトレッドのインナーライナ部の、タイヤ径方向のほぼ同一な断面における少なくとも 2 箇所に取付けられ、上記インナーライナ部の変形量をそれぞれ計測するタイヤ変形量計測手段と、
当該タイヤの車輪速度を検出する車輪速センサと、
上記タイヤ変形量計測手段で計測されたインナーライナ部の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形に基づいて、上記タイヤの接地時間を検出する接地時間検出手段と、
上記接地時間と上記車輪速センサで検出した車輪速度とから接地長の指標をそれぞれ算出する接地長指標算出手段と、
上記接地長の指標の比を算出する手段と、
上記変形量の時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から、当該タイヤの踏み込み側の接地端の前に出現する上記変形量が最大となる踏み込み側の接地面外変形点と当該タイヤの蹴り出し側の接地端の後に出現する上記変形量が最大となる蹴り出し側の接地面外変形点との間の時間を検出し、この検出された接地面外変形点間の時間に車輪速度を掛け合わせた接地面外変形長の指標を算出する手段と、
上記接地面外変形長の指標の比を算出する手段と、
上記接地長の指標の比と横力との関係を示す第 1 のマップと、上記接地面外変形長の指標の比と上記接地長の指標の比とキャンバー角との関係を示す第 2 のマップと、キャンバー角に応じて横力を補正するための補正マップとを記憶する記憶手段と、
上記接地長の指標の比と上記第 1 のマップとを用いて、上記タイヤに発生する横力を推定する横力推定手段と、
上記接地面外変形長の指標の比と接地長の指標の比と上記第 2 のマップ及び上記補正マップとを用いて、上記横力推定手段で推定した横力を補正する横力補正手段とを備えたことを特徴とするタイヤの動的状態推定装置。

【請求項 9】

走行中のタイヤの動的状態を推定する装置であって、
タイヤトレッドのインナーライナ部の少なくとも2箇所に取付けられ、上記インナーライナ部の変形量をそれぞれ計測するタイヤ変形量計測手段と、
当該タイヤの車輪速度を検出する車輪速センサと、
上記タイヤ変形量計測手段で計測されたインナーライナ部の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形に基づいて、上記タイヤの踏み側の接地端の前方に出現する上記変形量が最大となる踏み側の接地面外変形点と上記踏み側の接地端との間の時間検出する手段と、
上記タイヤの蹴り側の接地端と上記蹴り側の接地端の後方に出現する上記変形量が最大となる蹴り側の接地面外変形点との間の時間検出する手段と、
上記タイヤの踏み側の接地面外変形点と踏み側の接地端との間の時間と、上記タイヤの蹴り側の接地面外変形点と蹴り側の接地端との間の時間とに、それぞれ、上記車輪速センサで検出した車輪速度を掛け合わせて、踏み側変形長さと蹴り側変形長さとを算出する手段と、
上記算出された踏み側変形長さと蹴り側変形長さととの比である前後接地面外変形長比を演算する手段と、
上記演算された2箇所の前後接地面外変形長比の平均値を算出する手段と、
上記前後接地面外変形長比の平均値と前後力との関係を示すマップを記憶する記憶手段と、
上記算出された前後接地面外変形長比の平均値と上記マップとを用いて、上記タイヤに加わる前後力を推定する前後力推定手段とを備えたことを特徴とするタイヤの動的状態推定装置。

10

20

【請求項10】

走行中のタイヤの動的状態を推定する装置であって、
タイヤトレッドのインナーライナ部の少なくとも2箇所に取付けられ、上記インナーライナ部の変形量をそれぞれ計測するタイヤ変形量計測手段と、
上記タイヤ変形量計測手段で計測されたインナーライナ部の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形に基づいて、上記タイヤの踏み側の接地端の前方に出現する上記変形量が最大となる踏み側接地面外変形点の変形量と上記タイヤの蹴り側の接地端の後に出現する上記変形量が最大となる蹴り側接地面外変形点の変形量とを検出する手段と、
上記踏み側接地面外変形点の変形量と上記蹴り側接地面外変形点の変形量との比である前後変形量比を演算する手段と、
上記演算された2箇所の前後変形量比の平均値を算出する手段と、
上記前後変形量比の平均値と前後力との関係を示すマップを記憶した記憶手段と、
上記算出された前後変形量比の平均値と上記マップとを用いて、上記タイヤに加わる前後力を推定する前後力推定手段とを備えたことを特徴とするタイヤの動的状態推定装置。

30

【請求項11】

タイヤ内圧を計測する内圧センサと、タイヤ内温度を計測する温度センサとを設けるとともに、上記タイヤ変形量計測手段で計測されたインナーライナ部の変形量とタイヤ内圧とタイヤ内温度の各データを車体側に送信する通信手段を設けたことを特徴とする請求項8～請求項10のいずれかに記載のタイヤの動的状態推定装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷重や横力などが加わったときのタイヤの動的状態を推定する方法とその装置、及び、タイヤトレッドのインナーライナ部に走行中のタイヤの変形量を計測するためのセンサを配置して成るセンサ付タイヤに関するものである。

【背景技術】

【0002】

50

自動車の走行安定性を高めるため、荷重や横力、あるいは前後力などのタイヤに発生している力（タイヤ発生力）を精度よく推定し、車輛制御へフィードバックすることが求められている。これらの情報により、例えば、ABSブレーキや、これを応用した車体姿勢制御装置のより高度な制御が可能になり、安全性が一段と高められると考えられる。

従来、タイヤをセンサのように用いてタイヤに発生している力を推定する方法としては、例えば、タイヤサイド部を磁化し、タイヤ外部に設置した磁気センサにより上記タイヤサイド部の擦れ度合を測定し、この測定された擦れ度合からタイヤの前後力を推定したり、タイヤが横力を受けた際にベルトリング全体が変形することを利用して、上記磁気センサの検出力の大きさからタイヤに発生している横力を推定する方法が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

10

一方、タイヤの同一断面内のトレッド内面側に複数の加速度センサを配置して、計測波形プロファイルを比較することにより、タイヤの動的状態を推定する技術が開示されている（例えば、特許文献2、3参照）。

【特許文献1】WO 01/092078

【特許文献2】WO 03/082643

【特許文献3】WO 03/082644

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記磁気センサによる方法では、タイヤ前後力については精度良く測定できるが、横力に関してはゲインが小さいため精度的に問題があった。また、磁気センサ部分とタイヤ間の距離が振動によって変化するため、検出磁力がばらついてしまい、横力の推定精度が低下する懸念がある。

20

一方、加速度センサを用いてタイヤの動的挙動を推定する方法では、加速度センサの出力波形が速度に依存することから、特に、車輛が低速走行している場合には接地面におけるピークゲインが小さくなり、接地長そのものの検出が困難である。更に、加速度センサを用いた場合、荒れた路面、あるいは、ある程度水深のあるWET路面においては、接地面への突入部である踏み部や脱出部である蹴り部以外でもピークが発生するため、踏み部や蹴り部のピークを捉えることが困難であるため、接地長を精度よく検出することができない場合がある。

30

また、本発明者らは、路面に関してキャンバー角を持っていると、同じ接地形状でも横力が大きく変わってくることを確かめているが、上記のような加速度センサを用いた方法では、接地面以外の情報を検出することが難しいため、このキャンバー角に対する推定誤差を補正することが困難であった。

【0004】

本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、走行中に横力や前後力が加わったときのタイヤの動的状態を精度よく、かつ安定して推定する方法とその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】

【0005】

40

本発明者らは、鋭意検討の結果、タイヤトレッドのインナーライナ部の変形量の計測波形は、タイヤそのものの変形を把えており、速度による変化が殆どないことから、インナーライナ部に、歪センサなどのような、上記インナーライナ部の変形量を計測するセンサを取付けて、上記インナーライナ部の変形量を計測することにより、タイヤ接地面及び接地面前後の情報を精度よく検出することできるとともに、上記変形量を少なくとも2箇所

で計測することにより、例えば、前後力や横力などが入力した場合でも、タイヤに加わる荷重を安定して推定できること、また、接地形状の変化を「接地長比」というメジャーで整理することで横力を精度よく推定できること、更には、前後力に伴う接地面の前後移動を接地面前後の変形量として把えることで前後力についても精度よく推定できること、を見出し本発明に到ったものである。

50

すなわち、請求項 1 に記載の発明は、走行中のタイヤの動的状態を推定する方法であって、タイヤトレッドのインナーライナ部の、タイヤ径方向のほぼ同一な断面における少なくとも 2 箇所の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から、当該タイヤの踏み側の接地端に対応する時間と蹴り側の接地端に対応する時間、及び、上記踏み側の接地端の前方に出現する上記変形量が最大となる踏み側の接地面外変形点に対応する時間と上記蹴り側の接地端の後方に出現する上記変形量が最大となる蹴り側の接地面外変形点に対応する時間を検出するとともに、車輪速度を検出し、上記検出された当該タイヤの 2 つの接地端にそれぞれ対応する時間と上記 2 つの接地面外変形点にそれぞれ対応する時間と上記車輪速度とを用いて、走行中のタイヤの姿勢角、横力、及び、前後力のうちの少なくとも 1 つを推定することを特徴とする。

10

なお、上記ほぼ同一な断面における計測点とは、タイヤ中心軸と上記計測点を含む 2 つの平面のなす角が数度以内であって、タイヤの踏み込み - 接地 - 蹴り出しがほぼ同時刻に起こると見なせる計測点を指す。

【 0 0 0 7 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載のタイヤの動的状態推定方法において、上記変形量の計測位置が、インナーライナ部のタイヤ径方向のほぼ同一な断面において、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置であって、上記線対称な位置における変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から当該タイヤの踏み側の接地端と蹴り側の接地端との時間差である接地時間を検出する第 1 のステップと、上記接地時間に上記車輪速度を掛け合わせたタイヤの接地長の指標を算出する第 2 のステップと、上記線対称な位置における接地長の指標の比である接地長比を算出する第 3 のステップと、上記時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から上記踏み側の接地面外変形点と上記蹴り側の接地面外変形点との間の時間を検出する第 4 のステップと、上記検出された接地面外変形点間の時間に上記車輪速度を掛け合わせた接地面外変形長の指標を算出する第 5 のステップと、上記線対称な位置における接地面外変形長の指標の比である接地面外変形長比を算出する第 6 のステップと、上記接地長比と上記接地面外変形長比とから上記タイヤの姿勢角であるキャンパー角とスリップ角のいずれか一方または両方を推定する第 7 のステップとを備えたことを特徴とする。

20

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 に記載のタイヤの動的状態推定方法において、上記変形量の計測位置が、インナーライナ部のタイヤ径方向のほぼ同一な断面において、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置であって、上記線対称な位置における変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から当該タイヤの踏み側の接地端と蹴り側の接地端との時間差である接地時間を検出する第 1 のステップと、上記接地時間に上記車輪速度を掛け合わせたタイヤの接地長の指標を算出する第 2 のステップと、上記線対称な位置における接地長の指標の比である接地長比を算出する第 3 のステップと、上記接地長比から上記タイヤに発生する横力を推定する第 4 のステップと、上記変形量の時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から上記踏み側の接地面外変形点と上記蹴り側の接地面外変形点との間の時間を検出する第 5 のステップと、上記検出された接地面外変形点間の時間に上記車輪速度を掛け合わせた接地面外変形長の指標を算出する第 6 のステップと、上記線対称な位置における接地面外変形長の指標の比である接地面外変形長比を算出する第 7 のステップと、上記接地長比と上記接地面外変形長比とから上記タイヤのキャンパー角を推定する第 8 のステップと、上記推定されたキャンパー角を用いて上記第 4 のステップで推定した横力を補正する第 9 のステップとを備えたことを特徴とする。

30

40

【 0 0 0 8 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 に記載のタイヤの動的状態推定方法において、上記変形量の計測位置が、インナーライナ部のタイヤ径方向のほぼ同一な断面において、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置であって、上記線対称な位置における変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から、上記踏み側の接地面外変形点と上記踏み側の接地端との間の時間を検出する第 1 のステッ

50

プと、上記変形量の時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から、当該タイヤの蹴り側の接地面外変形点と上記蹴り側の接地端との間の時間を検出する第2のステップと、上記検出された踏み側の接地面外変形点と踏み側の接地端との間の時間に上記車輪速度を掛け合わせた踏み側変形長さを算出する第3のステップと、上記検出された蹴り側の接地面外変形点と蹴り側の接地端との間の時間に上記車輪速度を掛け合わせた蹴り側変形長さを算出する第4のステップと、上記踏み側変形長さと上記蹴り側変形長さとの比である前後接地面外変形長比を算出する第5のステップと、上記線対称な位置における前後接地面外変形長比の平均値を算出する第6のステップと、上記算出された前後接地面外変形長比の平均値から上記タイヤに発生する前後力を推定する第7のステップとを備えたことを特徴とする。

10

請求項5に記載の発明は、タイヤの剛性が内圧と温度とにより変化することから、請求項3または請求項4に記載のタイヤの動的状態推定方法において、ホイール部あるいはタイヤにおいてタイヤ内圧値及びタイヤ内温度を検出し、上記内圧値と温度とを用いて、上記車輪速度、及び、上記横力の推定値または上記前後力の推定値を補正することにより、上記推定値の推定精度を向上させるようにしたものである。

請求項6に記載の発明は、走行中のタイヤの動的状態を推定する方法であって、タイヤトレッドのインナーライナ部の、タイヤ径方向のほぼ同一な断面における少なくとも2箇所の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形から、当該タイヤの踏み込み側の接地端の前に出現する上記変形量が最大となる踏み側の接地面外変形点の変形量を検出する第1のステップと、上記変形量の時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から、当該タイヤの蹴り出し側の接地端の後に出現する上記変形量が最大となる蹴り出し側の接地面外変形点の変形量を検出する第2のステップと、上記踏み込み側の接地面外変形点における変形量と上記蹴り出し側の接地面外変形点における変形量との比である接地面外変形量比を算出する第3のステップと、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置における接地面外変形量比の平均値を算出する第4のステップと、上記算出された接地面外変形量比の平均値から上記タイヤに発生する前後力を推定する第5のステップとを備えたことを特徴とする。

20

請求項7に記載の発明は、タイヤの剛性が内圧と温度とにより変化することから、請求項6に記載のタイヤの動的状態推定方法において、ホイール部あるいはタイヤにおいてタイヤ内圧値及びタイヤ内温度を検出し、上記内圧値と温度とを用いて、上記前後力の推定値を補正することにより、上記前後力の推定値の推定精度を向上させるようにしたものである。

30

なお、タイヤ内圧は市販の内圧モニタリング装置で計測できる。また、ここでいうタイヤ内温度とは、トレッド内面あるいは内圧センサ近傍の気室内、もしくはゴム内などから適宜選択されるが、タイヤの平均的な温度という観点から気室内温度を計測することが好ましい。

【0010】

請求項8に記載の発明は、走行中のタイヤの動的状態を推定する装置であって、タイヤトレッドのインナーライナ部の、タイヤ径方向のほぼ同一な断面における少なくとも2箇所に取り付けられ、上記インナーライナ部の変形量をそれぞれ計測するタイヤ変形量計測手段と、当該タイヤの車輪速度を検出する車輪速センサと、上記タイヤ変形量計測手段で計測されたインナーライナ部の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形に基づいて、上記タイヤの接地時間を検出する接地時間検出手段と、上記接地時間と上記車輪速センサで検出した車輪速度とから接地長の指標をそれぞれ算出する接地長指標算出手段と、上記接地長の指標の比を算出する手段と、上記変形量の時間変化波形、または、上記微分値の時間変化波形から、当該タイヤの踏み側の接地端の前に出現する上記変形量が最大となる踏み側の接地面外変形点と当該タイヤの蹴り側の接地端の後に出現する上記変形量が最大となる蹴り側の接地面外変形点との間の時間を検出し、この検出された接地面外変形点間の時間に車輪速度を掛け合わせた接地面外変形長の指標を算出する手段と、上記接地面外変形長の指標の比を算出する手段と、上記接地長の指

40

50

標の比と横力との関係を示す第1のマップと、上記接地面外変形長の指標の比と上記接地長の指標の比とキャンバー角との関係を示す第2のマップと、キャンバー角に応じて横力を補正するための補正マップとを記憶する記憶手段と、上記接地長の指標の比と上記第1のマップとを用いて、上記タイヤに発生する横力を推定する横力推定手段と、上記接地面外変形長の指標の比と接地長の指標の比と上記第2のマップ及び上記補正マップとを用いて、上記横力推定手段で推定した横力を補正する横力補正手段とを備えたことを特徴とするものである。

請求項9に記載の発明は、走行中のタイヤの動的状態を推定する装置であって、タイヤトレッドのインナーライナ部の少なくとも2箇所に取付けられ、上記インナーライナ部の変形量をそれぞれ計測するタイヤ変形量計測手段と、当該タイヤの車輪速度を検出する車輪速センサと、上記タイヤ変形量計測手段で計測されたインナーライナ部の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形に基づいて、上記タイヤの踏み側の接地端の前方に出現する上記変形量が最大となる踏み側の接地面外変形点と上記踏み側の接地端との間の時間を検出する手段と、上記タイヤの蹴り側の接地端と上記蹴り側の接地端の後方に出現する上記変形量が最大となる蹴り側の接地面外変形点との間の時間を検出する手段と、上記タイヤの踏み側の接地面外変形点と踏み側の接地端との間の時間と、上記タイヤの蹴り側の接地面外変形点と蹴り側の接地端との間の時間とに、それぞれ、上記車輪速センサで検出した車輪速度を掛け合わせて、踏み側変形長さと蹴り側変形長さとを算出する手段と、上記算出された踏み側変形長さと蹴り側変形長さととの比である前後接地面外変形長比を演算する手段と、上記演算された2箇所の前後接地面外変形長比の平均値を算出する手段と、上記前後接地面外変形長比の平均値と前後力との関係を示すマップを記憶する記憶手段と、上記算出された前後接地面外変形長比の平均値と上記マップとを用いて、上記タイヤに加わる前後力を推定する前後力推定手段とを備えたことを特徴とするものである。

請求項10に記載の発明は、走行中のタイヤの動的状態を推定する装置であって、タイヤトレッドのインナーライナ部の少なくとも2箇所に取付けられ、上記インナーライナ部の変形量をそれぞれ計測するタイヤ変形量計測手段と、上記タイヤ変形量計測手段で計測されたインナーライナ部の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形、に基づいて、上記タイヤの踏み側の接地端の前方に出現する上記変形量が最大となる踏み側接地面外変形点の変形量と上記タイヤの蹴り側の接地端の後に出現する上記変形量が最大となる蹴り側接地面外変形点の変形量とを検出する手段と、上記踏み側接地面外変形点の変形量と上記蹴り側接地面外変形点の変形量との比である前後変形量比を演算する手段と、上記演算された2箇所の前後変形量比の平均値を算出する手段と、上記前後変形量比の平均値と前後力との関係を示すマップを記憶した記憶手段と、上記算出された前後変形量比の平均値と上記マップとを用いて、上記タイヤに加わる前後力を推定する前後力推定手段とを備えたことを特徴とするものである。

請求項11に記載の発明は、請求項8～請求項10のいずれかに記載のタイヤの動的状態推定装置において、タイヤ内圧を計測する内圧センサと、タイヤ内温度を計測する温度センサとを設けるとともに、上記タイヤ変形量計測手段で計測されたインナーライナ部の変形量とタイヤ内圧とタイヤ内温度の各データを車体側に送信する通信手段を設けたものである。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、タイヤトレッドのインナーライナ部の、タイヤ径方向のほぼ同一な断面における少なくとも2箇所に、歪センサなどの変形量を計測するセンサを取付けて、タイヤ周方向歪、または、周方向歪の変化量、または、周方向トレッド面外曲げ歪などのインナーライナ部の変形量を計測し、この変形量と車輪速度とから、タイヤ接地長の指標及び接地面外変形長の指標を推定するようにしたので、走行中に横力や前後力が加わった場合の当該タイヤの動的状態を精度よくかつ安定して推定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明の最良の形態について、図面に基づき説明する。

図 1 は、本最良の形態に係るタイヤ動的状態推定装置 10 の構成を示す機能ブロック図で、図 2 は本発明によるセンサ付きタイヤ 20 の模式図である。各図において、11A, 11B は路面からタイヤトレッド 21 への入力により変形するインナーライナ部 22 の変形量をそれぞれ計測するタイヤ変形量計測手段、12A, 12B は上記タイヤ変形量計測手段 11A, 11B の計測データを送信するための送信機、13A, 13B は上記タイヤ変形量計測手段 11A, 11B 及び上記送信機 12A, 12B に電力を供給するためのバッテリー、14 は上記タイヤ変形量計測手段 11A, 11B の出力であるインナーライナ部 22 の変形量の時間変化に基づいて、タイヤ 20 が路面に接地している接地時間を検出する接地時間検出手段、15 は図示しないハブ部に取付けられ、走行中の車輪の速度を検出する車輪速センサ、16 はこの車輪速センサ 15 で検出した車輪速度と、上記検出された接地時間とから、接地長と 1 : 1 の関係にある接地長の指標 k_A , k_B を算出する接地長指標算出手段、17 は上記 2 つの接地長の指標 k_A , k_B を平均した接地長の指標の平均値 k を算出するとともに、この接地長の指標の平均値 k と予め記憶手段 18 に記憶された接地長の指標の平均値と荷重との関係を示すマップ 18M とを用いて、上記タイヤ 20 に加わる荷重を推定する荷重推定手段である。

10

なお、上記 2 つのタイヤ変形量計測手段 11A, 11B に対し、バッテリー及び送信機を共有してもよい。また、接地時間検出手段 14 や接地長指標算出手段 16 などの演算部をタイヤ側に設けて、演算結果のみを送信する形態にしてもよい。

20

また、タイヤ側に、車体側から送信される電波を受信して電源電圧を発生させる電源再生回路を設けたり、タイヤの転動により発電する発電装置を設けるなどすれば、上記バッテリー 13A, 13B を省略することができる。

【 0 0 1 3 】

本例では、上記 2 つのタイヤ変形量計測手段 11A, 11B として、歪ゲージを用いるとともに、このタイヤ変形量計測手段 11A, 11B を、センサ付きタイヤ 20 のインナーライナ部 22 の、タイヤ径方向のほぼ同一な断面において、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置（例えば、2nd ブロック部）に、当該タイヤ 20 の周方向の引張り歪を検出する方向に接着剤で貼り付け、更に、樹脂で被覆した。なお、上記タイヤ変形量計測手段 11A, 11B を、インナーライナ部 22 に加硫接着により取付け、ゴムで被着するようにしてもよい。

30

タイヤ 20 に荷重が加わると、図 3 に示すように、上記タイヤ 20 は路面に押し付けられて変形する。具体的には、タイヤトレッド 21 の内面側であるインナーライナ部 22 では踏み込み前と蹴り出し後において圧縮応力（歪）が加わり、接地部においては、逆に引張応力（歪）が作用する。したがって、上記タイヤ変形量計測手段 11A, 11B からは、図 4 の実線で示すような、トレッド内面変形波形が出力される。この変形波形の歪変形速度が最も大きい箇所（接地端）における時間差を算出することにより、上記タイヤ 20 の接地時間を検出することができる。ところで、上記接地端はトレッド内面変形波形ではわかりにくいので、本例では、図 4 の破線で示すような、上記変形波形を時間微分した微分値の時間変化波形を求め、上記微分値の時間変化波形のピーク値となる接地端間の時間を検出することにより、上記タイヤ 20 の接地時間を検出するようにしている。これにより、上記タイヤ 20 の接地時間を正確に検出することができる。

40

なお、上記変形量を計測する手段によっては、変形波形を時間積分した積分値を用いてもよい。また、簡易的な方法として、トレッド内面変形波形がベースラインと同じ値を取る点を接地端としてもよい。

【 0 0 1 4 】

また、タイヤ 20 に横力が発生すると、図 5 (a), (b) に示すように、その接地形状はタイヤ軸方向中心に対して一方の側の接地長が長くなり、他方の側が短くなるため、1 点の接地長のみで荷重を推定しようとする、横力の影響が出てしまう。すなわち、同じ荷重が加わっても、横力入力時には一方の接地長が長くなり、他方が短くなる。そこで

50

、本例では、荷重推定手段 17 において、上記タイヤ変形量計測手段 11A, 11B から得られた接地長の指標の平均値 k を算出し、この算出された接地長の指標の平均値 k と、予め記憶手段 18 に記憶された接地長の指標の平均値と荷重との関係を示すマップ 18M とを用いて、タイヤに加わる荷重を求めるようにしている。

図 6 は、フラットベルト試験機を用い、タイヤ変形量計測手段 11A, 11B をインナーライナ部 22 に取付けたタイヤ 20 を搭載した車輛を速度 60 km/h で走行させるとともに、荷重、及び、スリップアングルを連続的に変化させた際の、荷重と平均接地長との関係を示す図で、路面はセーフティウオーク、タイヤのサイズは 225 / 55 R 17、内圧は 230 MPa である。この平均接地長は、上記のように、タイヤ変形量計測手段 11A, 11B の出力である歪波形を時間微分し、そのピーク間の時間に車輪速度を乗じて求めたものである。このグラフからも分かるように、横力発生中であっても、平均接地長と荷重とは良い相関を示している。したがって、このようなデータに基づいて作成された接地長の指標の平均値と荷重との関係を示すマップ 18M を用いて、タイヤに加わる荷重を求めるようにすれば、横力が発生した場合でも、タイヤに加わる荷重を精度よく求めることができる。

10

【0015】

このように、本最良の形態によれば、タイヤトレッド 21 のインナーライナ部 22 の、タイヤ径方向断面における、タイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称な位置にタイヤ変形量計測手段 11A, 11B を取付け、上記インナーライナ部 22 の変形波形を計測して、変形波形から接地端の時間差である接地時間を検出し、この接地時間と車輪速センサ 15 で検出した車輪速度とから、接地長の指標 k_A , k_B をそれぞれ算出した後、上記指標 k_A , k_B の平均値 k を算出し、この算出された接地長の指標の平均値 k と、予め記憶手段 18 に記憶された接地長の指標の平均値と荷重との関係を示すマップ 18M を用いて、タイヤに加わる荷重を求めるようにしたので、横力が発生した場合も接地長を精度よく推定することができ、タイヤに加わる荷重を正確に求めることができる。

20

また、本例では、インナーライナ部 22 の歪を直接計測しているので、低速走行時においても信号出力ゲインはほぼ同じである。したがって、接地長を精度よく推定することができるとともに、荒れた路面、あるいは、ある程度水深のある WET 路面を走行する際も歪微分波形の接地端以外の発生ピークが大きくないので、接地長の検出安定性を大幅に向上させることができる。

30

【0016】

なお、上記最良の形態では、接地長の指標からタイヤに加わる荷重を推定するようにしたが、上記インナーライナ部 22 の変形量の時間変化波形、または、上記変形量を時間微分した微分値の時間変化波形、または、上記変形量を時間積分した積分値の時間変化波形から当該タイヤの接地面外変形点間の時間を検出し、この検出された接地面外変形点間の時間に車輪速度を掛け合わせた接地面外変形長の指標をそれぞれ算出して、タイヤに加わる荷重を推定するようにしてもよい。このとき、接地面外変形点として、荷重との相関性の高い、上記図 3 の白丸で示した接地面前後の接地面外変形点を用いるとともに、上記接地面外変形長の指標の平均値を求め、この平均値からタイヤに加わる荷重を推定するようにすれば、タイヤに加わる荷重を精度よく推定することができる。

40

【0017】

また、上記例では、インナーライナ部 22 の周方向歪、あるいは、周方向歪の変化量を検出するようにしたが、トレッド面外曲げ歪を検出して接地時間を求めるようにしてもよい。上記のタイヤ内における周方向歪は、実際には引張・圧縮歪と曲げ歪の両者が合わさったもので、特に、踏面では曲げ歪の影響が強い。すなわち、ベルトがほとんど不伸長であるため、ベルトが曲げられると、上記ベルトを中立軸として、内面及び外側が伸縮する。この曲げ歪は上記引張・圧縮歪とほぼ同じ位相の波形となるので、市販の曲げ歪ゲージなどをインナーライナ部 22 に貼付けて上記この曲げ歪を検出することで、トレッド面外曲げ歪を検出できる。

【0018】

50

また、上記最良の形態では、インナーライナ部 22 のタイヤ軸方向中心に対して軸方向線対称な位置の周方向歪、周方向歪の変化量、トレッド面外曲げ歪を計測して、上記 2 箇所の接地長の指標 k_A 、 k_B の平均値 k を求め、この接地長の指標の平均値 k からタイヤ 20 に加わる荷重を推定したが、上記 2 箇所の接地長の指標 k_A 、 k_B の比 R を求め、この接地長の指標 k_A 、 k_B の比 R から上記タイヤに発生する横力を推定することができる。

すなわち、タイヤ 20 に横力が発生すると、上記の図 5 (a)、(b) に示したように、その接地形状はタイヤ軸方向中心に対して一方の側の接地長が長くなり、他方の側が短くなる。そこで、タイヤ踏面のタイヤ軸方向中心に対して両側に位置する 2 点の接地長を検出しこれらの比 (接地長比) と横力の大きさとの関係を調べたところ、図 7 に示すように、接地長比と横力の大きさは良好な相関関係を示すことがわかった。そこで、タイヤ変形量計測手段 11A、11B を上記センサ付きタイヤ 20 のインナーライナ部のタイヤ軸方向中心に対して軸方向等距離の線対称の位置に配置するとともに、図 8 に示すように、上記タイヤ動的状態推定装置 10 に、上記接地長の指標 k_A 、 k_B の比 $R = k_A / k_B$ を演算する接地長比演算手段 31 と、予め記憶手段 32 に記憶された接地長比 R と横力の大きさとの関係を示すマップ 32M を用いて、上記タイヤ 20 の発生する横力を推定する横力推定手段 33 を設けることにより、タイヤに加わる荷重とタイヤに発生する横力とをともに推定することができる。

なお、接地長比 R と横力との関係は荷重により多少変化するので、荷重推定手段 17 で推定された接地荷重に基づいて、上記横力推定手段 33 で推定された横力を補正するようにすれば、横力の推定精度を更に向上させることができる。

【0019】

また、接地長の指標の比 R と横力との関係は、路面に対するタイヤの角度 (キャンバー角) によっても変わる。図 9 は、フラットベルト試験機を用い、タイヤ変形量計測手段 11A、11B をインナーライナ部 22 に取付けたタイヤ 20 を搭載した車輛を速度 60 km/h で走行させるとともに、荷重を 5 kN に固定し、スリップアングルを連続的に変えた際の、横力と接地長比との関係を示す図で、図 10 は接地長比と接地面外変形長比との関係を示す図である。各図において、路面はセーフティウオーク、タイヤのサイズは 225/55R17、内圧は 230 MPa である。

接地長比は、上記のように、タイヤ変形量計測手段 11A、11B の歪波形を時間微分し、そのピーク間時間に車輪速度を乗じてそれぞれ求めた接地長の比で、ここでは、キャンバー角が 0° 、 $+3^\circ$ 、 -3° の水準で試験した。

このグラフからも分かるように、それぞれのキャンバー角で接地長比と横力とは良い相関を示しているが、キャンバー角が変わると接地長比と横力との関係はずれてしまう。例えば、横力が 0 でキャンバー角が 0° では接地長比は 1 であるが、キャンバー角が $+3^\circ$ では接地長比が約 1.3 になる。すなわち、同じ接地形状でも、スリップアングルによるものとキャンバー角によるものとは、タイヤの擦れ度合いが異なることから、発生する横力も異なる。したがって、キャンバー角を推定して接地長比から求めた横力を補正する必要があるが、キャンバー角の検出は一般的には困難である。

しかしながら、上記図 3 の黒丸で示した接地端間の時間から検出した接地長比 R と、白丸で示した接地面前後の接地面外変形点間の時間から検出した接地面外変形長比 S とは、図 10 に示すように、キャンバー角によって変わるので、タイヤの擦れ度合いの指標として、接地長比と接地面外長比関係を求めたマップを作成し、このマップを用いて、キャンバー角を推定して、接地長比 R から求めた横力を補正するようにすれば、タイヤ 20 に発生する横力を精度よく推定することができる。また、上記図 10 を用いることにより、キャンバー角だけでなく、スリップアングルについても推定することができる。

更に、4 輪の姿勢角がわかれば、車輪の姿勢角に加えて路面の傾斜具合も推定できるので、これを車輛の姿勢制御に適用すれば、車輛の走行安定性を向上させることができる。

なお、このように、接地面外のタイヤの変形量の情報を把えて、活用するのが、加速度センサを用いた検出ではできない本発明の特徴である。

【0020】

上記のように、接地長の指標の比 R や接地面外変形長比 S を用いるようにすれば、タイヤ 20 に発生する横力についても推定することができるが、後述する前後接地面外変形長比 Z を用いれば、上記タイヤに発生する前後力を推定することも可能である。

前後接地面外変形長比 Z は、上記図 3 において白丸で示した接地面外変形点と黒丸で示した接地端との間の長さを、接地面前方（踏み側）と接地面後方（蹴り側）とでそれぞれ算出し、それらの比を求めたもので、後述するように、前後力と前後接地面外変形長比とは非常に良い相関を示すことから、前後力と前後接地面外変形長比 Z との関係を求めたマップを作成し、このマップを用いて、タイヤに発生する前後力を推定することができる。

図 11 は、フラットベルト試験機を用い、タイヤ変形量計測手段 11A, 11B をインナーライナ部 22 に取付けたタイヤ 20 を搭載した車輛を速度 60 km/h で走行させたときの前後力と両ショルダー部の前後接地面外変形長比の平均値との関係を示す図で、ここでは、スリップアングルを 0° に固定し、前後力のみを連続的に変化させた。なお、路面はセーフティウォーク、タイヤサイズは 225 / 55 R 17、内圧は 230 MPa である。このようなデータに基づいて作成された前後接地面外変形長比と前後力との関係を示すマップを用いて、タイヤに加わる前後力を求めるようにすれば、横力が発生した場合でも、タイヤに加わる前後力を正確に推定することができる。

【0021】

なお、上記例では、前後接地面外変形長比から前後力を推定したが、図 12 (a), (b) に示すように、加速状態では、トレッド内面歪の接地面前方（踏み側）の変形量と接地面後方（蹴り側）の変形量の大きさが異なることから、踏み側の変形量と蹴り側の変形量の大きさを比較することによっても前後力を推定することができる。

【0022】

また、上記インナーライナ部 22 の変形量はタイヤ内圧や温度によっても変化するので、タイヤの内圧値やタイヤ温度を別途測定しておき、上記車輪速度や上記荷重、横力、前後力の推定値を補正するようにすれば、推定精度を更に向上させることができる。

【実施例】

【0023】

低速度で、かつ路面凹凸が入力する場合の、歪センサと加速度センサとの信号検出安定性の違いを確認する目的で、サイズ 185 / 70 R 14 のセンサ付きタイヤを準備した。センサ位置については、図 2 と同様であり、歪センサ及び加速度センサをタイヤ周方向に 1 ブロック分ずらした位置に装着した。ここで、上記加速度センサとしては、圧電方式のものをを用い、これをタイヤ周方向加速度を計測する向きに装着した。そして、このセンサ付タイヤを排気量 1800 cc の乗用車の左前輪に装着し、小さい操舵角範囲で、走行速度 20 km/h にてスラローム試験を実施した。なお、上記タイヤの内圧値は 200 kPa とした。

試験の結果、加速度センサでは、接地端におけるピークが十分小さくなく、接地長を安定して検出することができなかった。

これに対して、歪センサでは安定した検出を行うことができ、接地長比及び平均接地長の検出値を得ることができた。図 13 は歪センサの出力から検出した接地長比の時系列波形で、図 14 は平均接地の時系列波形で、これにより、歪センサでは、加速度センサでは捉えがたい、低速走行時における接地長を精度よく検出することが確認された。

【産業上の利用可能性】

【0024】

以上説明したように、本発明によれば、走行中に横力や前後力が加わった場合の当該タイヤの動的状態を精度よくかつ安定して推定することができるので、これらの上記情報を車輛制御へフィードバックすることにより、車輛の走行安定性を格段に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】本発明の最良の形態に係るタイヤの動的状態推定装置の構成を示す機能ブロック

10

20

30

40

50

図である。

【図 2】本発明に係るセンサ付きタイヤを示す模式図である。

【図 3】タイヤの変形状態を示す模式図である。

【図 4】トレッド内面変形波形とその微分波形を示す図である。

【図 5】タイヤ踏面の接地形状を示す模式図である。

【図 6】荷重と平均接地長との関係を示す図である。

【図 7】横力と接地長比との関係を示す図である。

【図 8】横力推定手段を備えたタイヤの動的状態推定装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図 9】キャンバー角を変えたときの横力と接地長比との関係を示す図である。

10

【図 10】接地長比と接地面前後の接地面外変形長比との関係を示す図である。

【図 11】前後力と両ショルダー部の前後接地面外変形長比の平均値との関係を示す図である。

【図 12】トレッド内面変形波形の前後力による変化を示す図である。

【図 13】歪センサの出力から推定した接地長比の時系列波形を示す図である。

【図 14】歪センサの出力から推定した平均接地長の時系列波形を示す図である。

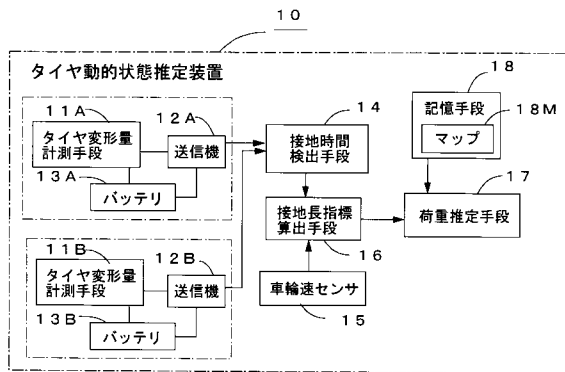
【符号の説明】

【0026】

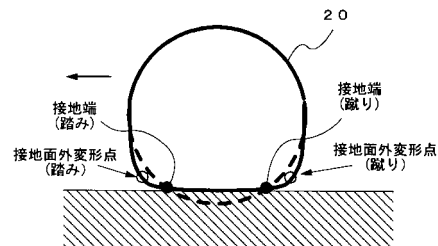
- 10 タイヤ動的状態推定装置、11A, 11B タイヤ変形量計測手段、
 12A, 12B 送信機、13A, 13B バッテリー、14 接地時間検出手段、
 15 車輪速センサ、16 接地長指標算出手段、17 荷重推定手段、
 18 記憶手段、18M マップ、
 20 センサ付きタイヤ、21 タイヤトレッド、22 インナーライナ部、
 31 接地長比演算手段、32 記憶手段、32M マップ、33 横力推定手段。

20

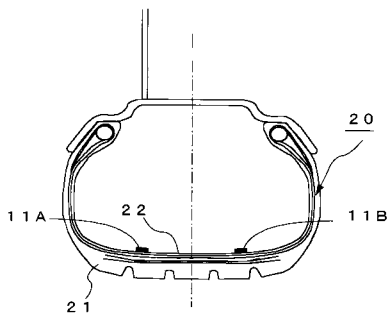
【図 1】



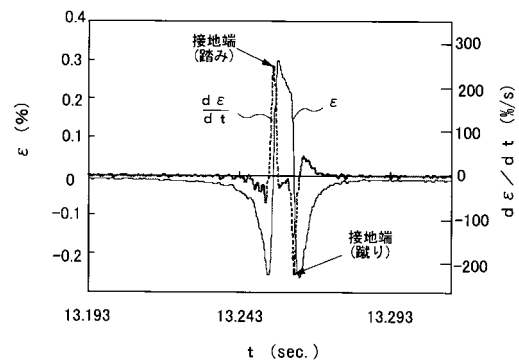
【図 3】



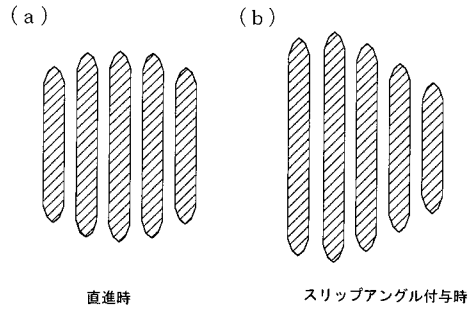
【図 2】



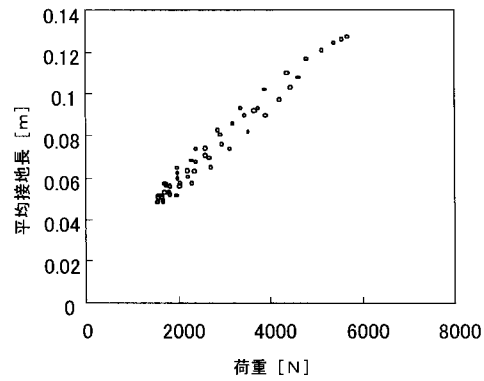
【図 4】



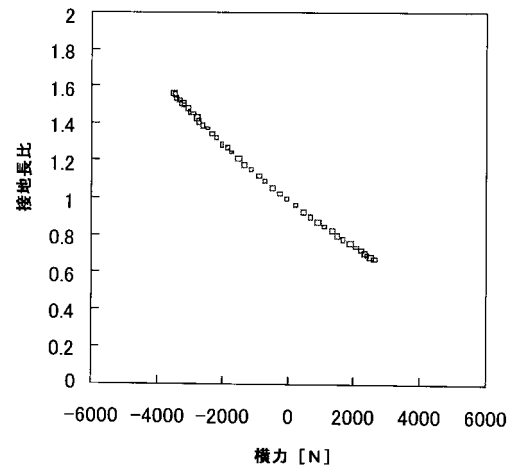
【図 5】



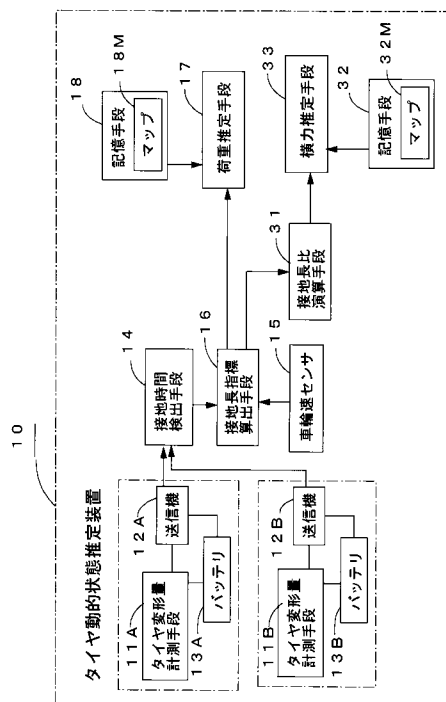
【図 6】



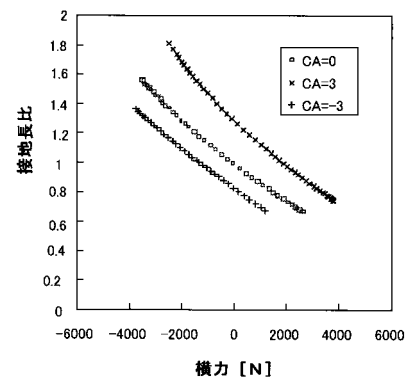
【図 7】



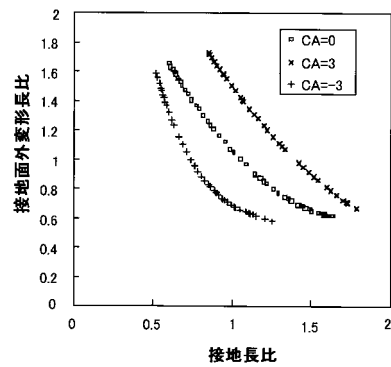
【図 8】



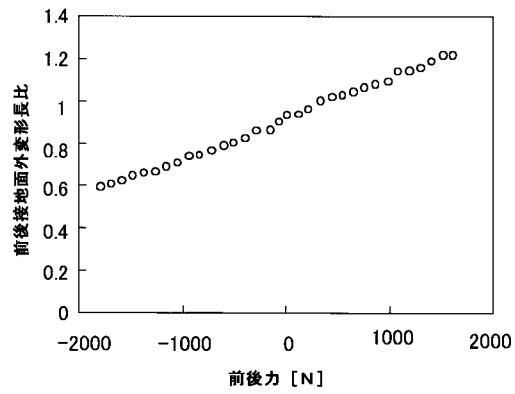
【図 9】



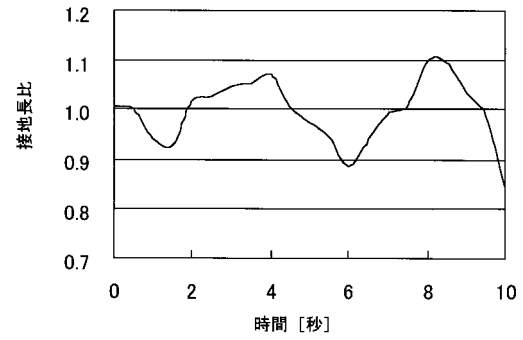
【図 10】



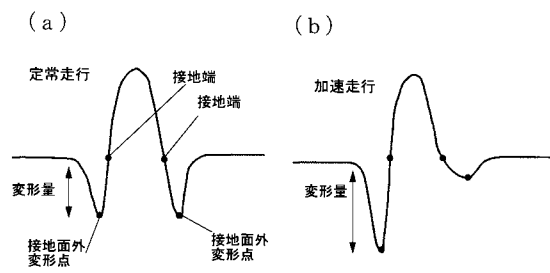
【図 1 1】



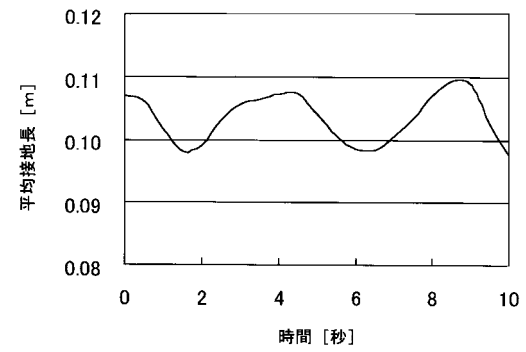
【図 1 3】



【図 1 2】



【図 1 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第06539295 (US, B1)

特開平09-188113 (JP, A)

特開2004-359203 (JP, A)

特開2003-065871 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60C 19/00

B60C 23/00 - 23/20