

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5111505号  
(P5111505)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(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 B

請求項の数 17 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2009-522684 (P2009-522684)	(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
(86) (22) 出願日 平成20年7月11日(2008.7.11)	(74) 代理人 100080296 弁理士 官園 純一
(86) 国際出願番号 PCT/JP2008/062576	(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
(87) 国際公開番号 W02009/008502	審査官 福田 裕司
(87) 国際公開日 平成21年1月15日(2009.1.15)	
審査請求日 平成23年5月16日(2011.5.16)	
(31) 優先権主張番号 特願2007-182254 (P2007-182254)	
(32) 優先日 平成19年7月11日(2007.7.11)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	
(31) 優先権主張番号 特願2008-149199 (P2008-149199)	
(32) 優先日 平成20年6月6日(2008.6.6)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タイヤ摩耗推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

タイヤのインナーライナー部に配置された加速度センサを用いてタイヤトレッドのタイヤ径方向加速度の時系列波形を検出するステップと、

上記検出されたタイヤ径方向加速度の時系列波形から、タイヤトレッドの接地端または上記接地端の近傍のタイヤ径方向の変形速度の指標を計測するステップと、

当該タイヤの回転時間、もしくは、回転速度を求めるステップと、

上記計測された変形速度の指標を、上記タイヤの回転時間、もしくは、回転速度に基づいて基準化するステップと、

上記基準化された変形速度の指標の大きさから当該タイヤの摩耗の度合いを推定するステップとを備え、

上記計測された変形速度の指標を基準化するステップでは、

上記計測された変形速度の指標に当該タイヤの回転時間の3乗値を乗算して上記変形速度の指標を基準化するか、もしくは、上記計測された変形速度の指標を当該タイヤの回転速度の3乗値で除算して上記変形速度の指標を基準化することを特徴とするタイヤ摩耗推定方法。

【請求項2】

上記タイヤ径方向加速度の時系列波形を時間微分して得られる時間微分波形のピークの大きさである微分ピーク値、上記ピーク周辺の微分値の平均値、または、上記ピーク的位置を上記タイヤトレッドの接地端としたときの、上記タイヤ径方向加速度の時系列波形に

10

20

おける上記接地端もしくは接地端近傍の傾きを算出し、これらのいずれかを上記変形速度の指標とすることを特徴とする請求項 1 に記載のタイヤ摩耗推定方法。

【請求項 3】

当該タイヤの摩耗の度合いを推定する変形速度の指標を、接地面の踏み込み端または踏み込み端の近傍における変形速度の指標と接地面の蹴り出し端または蹴り出し端の近傍における変形速度の指標との平均値としたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のタイヤ摩耗推定方法。

【請求項 4】

上記タイヤの回転時間または回転速度を、上記加速度センサから出力される信号を用いて算出することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法。

10

【請求項 5】

上記加速度センサから出力される加速度の時系列波形、または、上記加速度の時系列波形の時間微分波形または時間積分波形に出現するピークが発生した時間から、タイヤが 1 回転した後に同じ位置にピークが発生するまでの時間を計測し、この計測された時間を当該タイヤの回転時間とすることを特徴とする請求項 4 に記載のタイヤ摩耗推定方法。

【請求項 6】

回転長さ係数を上記タイヤの回転時間で除算した値を当該タイヤの回転速度としたことを特徴とする請求項 5 に記載のタイヤ摩耗推定方法。

【請求項 7】

上記変形速度の指標とタイヤの摩耗の度合いとの関係を予め求めておき、この予め求めておいた変形速度の指標とタイヤの摩耗の度合いとの関係と、上記算出された変形速度の指標とを比較して当該タイヤの摩耗の度合いを推定することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法。

20

【請求項 8】

当該タイヤの接地長の指標を計測し、上記計測された接地長の指標と上記基準化した変形速度の指標とに基づいて当該タイヤの摩耗の度合いを推定することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法。

【請求項 9】

タイヤの摩耗の度合いに応じた基準化した変形速度の指標と接地長の指標との関係を予め求めておき、上記基準化した変形速度の指標と、上記計測された接地長の指標と、上記予め求めておいた上記基準化した変形速度の指標と接地長の指標との関係とを比較して、当該タイヤの摩耗の度合いを推定することを特徴とする請求項 8 に記載のタイヤ摩耗推定方法。

30

【請求項 10】

上記計測された接地長の指標と上記基準化した変形速度の指標との相関式を求め、この相関式の係数の大きさに基づいて当該タイヤの摩耗の度合いを推定することを特徴とする請求項 8 に記載のタイヤ摩耗推定方法。

【請求項 11】

上記接地長の指標がトレッドのある部分が路面と接触している時間である接地時間である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摩耗推定方法。

40

【請求項 12】

上記接地長の指標がトレッドのある部分が路面と接触している時間である接地時間を回転時間で除算した接地時間比である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摩耗推定方法。

【請求項 13】

上記接地長の指標が接地面のタイヤ周方向長さである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摩耗推定方法。

【請求項 14】

トレッドのある部分が路面と接触している時間である接地時間に回転速度を乗算した値

50

を上記接地面のタイヤ周方向長さとしたことを特徴とする請求項 1 3 に記載のタイヤ摩耗推定方法。

【請求項 1 5】

上記加速度センサから出力される信号を用いて上記接地長の指標を算出することを特徴とする請求項 8 ~ 請求項 1 4 のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法。

【請求項 1 6】

上記加速度センサによりタイヤ径方向加速度を検出するとともに、上記検出されたタイヤ径方向加速度の時系列波形を時間微分して得られる時間微分波形の 2 つのピーク間の時間を計測してこれを接地時間とし、このように計測された接地時間を用いて接地長の指標を算出することを特徴とする請求項 1 5 に記載のタイヤ摩耗推定方法。

10

【請求項 1 7】

上記摩耗の度合いの推定を行うタイヤ速度の上限値を 1 0 0 k m / h r 以下としたことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 1 6 のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、タイヤの摩耗の度合いを推定する方法に関するものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

一般に、タイヤが摩耗すると排水性能が低下し、湿潤路面での制動距離が長くなる。また、スタッドレスタイヤでは、摩耗により冰雪路面上のグリップ性能が大きく低下する。更に、過度の摩耗は、トレッドベルトへ水が浸入しタイヤの破壊を引き起こすこともあるので、非常に危険である。小型乗用車の場合、タイヤの残溝量が 1 . 6 m m になるとスリップサインと呼ばれるゴムの突起が溝部に現れるようになっている。車両の走行安全性を考えると、上記スリップサインの出現より前にタイヤは交換されるべきであるが、こういったメンテナンスに無関心な運転者も少なくないのが現状である。

20

そこで、運転者への警告のため、タイヤの摩耗を自動的に検出する技術が求められている。また、車両制御の面からも、摩耗によるタイヤ特性の変化を把握し、より安全な制御を実現することが期待されている。

タイヤの摩耗を推定する方法としては、従来、GPS や光学センサなどにより車両の絶対速度を算出してこれを車輪回転速度と比較することによりタイヤ動半径を算出し、このタイヤ動半径と新品時のタイヤ半径の差からタイヤ摩耗量を求める方法が知られている（例えば、特許文献 1 , 2 参照）。

30

しかし、完全に摩耗したタイヤであっても、その回転数と新品タイヤの回転数との差は高々 1 % 程度であるため、上記タイヤ半径の差からタイヤ摩耗量を求めるためには、高い精度の計測が必要だけでなく、実際の走行においては、旋回時の内外輪誤差や、制駆動時の加速度スリップによる誤差、勾配に伴う誤差などを含むため、安定して精度の良い推定を実現することが困難であった。

一方、タイヤトレッドにトランスポンダや IC タグなどを埋め込んでおき、車体側に受信機を配置して、上記トランスポンダや IC タグが摩耗により破壊したり脱落したりして応答がなくなることにより、タイヤの摩耗を推定する方法（例えば、特許文献 3 ~ 5 参照）や、タイヤトレッドに磁性材料や導電ゴムから成る検知体を埋め込んでおき、車体側にセンサを配置して、タイヤの摩耗により上記検知体が摩耗してセンサの検出信号が変化することを検知してタイヤの摩耗を推定する方法が提案されている（例えば、特許文献 6 , 7 参照）。

40

【特許文献 1】特開平 6 - 2 7 8 4 1 9 号公報

【特許文献 2】特開平 7 - 1 6 4 8 3 0 号公報

【特許文献 3】特開平 1 0 - 3 0 7 9 8 1 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 0 4 - 2 0 5 4 3 7 号公報

【特許文献 5】US 2 0 0 2 / 0 1 1 6 9 9 2 A 1

50

【特許文献6】特開2003-214808号公報

【特許文献7】特開2005-28950号公報

【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、タイヤトレッドにトランスポンダやICタグ、あるいは、磁性材料や導電ゴムなどを埋め込む方法では、摩耗が進展すると検知体やセンサが接地面に露出するため、タイヤの耐久性への悪影響が懸念されるだけでなく、トレッドゴムとは異なる物性のゴムがタイヤトレッド表面に露出した場合には、タイヤのグリップ力が低下してしまうといった問題があった。

10

【0004】

本発明は、従来の問題点に鑑みてなされたもので、センサ及びタイヤの耐久性に優れるとともに、タイヤの摩耗度合を安定してかつ精度よく推定することのでき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】

図18は、タイヤに荷重を加えて撓ませたときのタイヤの外形を示す模式図である。タイヤに荷重を加えると、タイヤが路面に接している部分（接地面）がタイヤ中心方向に押し込められ、その周辺は、同図の一点鎖線で示す初期プロファイルから外側に膨れる変形をする。ここで、接地面外においてタイヤ1が最も外側へ膨れる点を膨出点と定義し、タイヤ1の接地面の端部を接地端と定義する。また、接地端部は、上記接地端とその周辺（接地端の前後）を指す。

20

本発明者は新品のタイヤと摩耗したタイヤの変形の違いを検討した結果、同じ撓み量を与えた場合には、摩耗したタイヤでは踏み込み端や蹴り出し端などの接地端部の変形速度が大きいことがわかった。この理由は、摩耗したタイヤはトレッドゴムが少ないため、トレッドの面外曲げ変形剛性が低くなっていることが影響していると考えられる。そこで、本発明者らは、上記接地端部の変形速度の情報をを用い、また、解析方法を工夫することにより、タイヤの使用条件やタイヤの摩耗形態が異なった場合でも、タイヤの摩耗を精度よく推定することができることを見出し、本発明に到ったものである。

また、上記変形速度の指標を加速度センサを用いて計測した場合には、変形速度の指標はタイヤの回転速度によって変動するので、タイヤの摩耗状態の推定メジャーとして加速度センサで計測したトレッド変形速度の指標を用いるとともに、上記変形速度の指標を当該タイヤの回転時間の情報、もしくは、当該タイヤの回転速度の情報に基づいて基準化して、上記タイヤ回転速度の影響をとり除くようにすれば、タイヤの摩耗状態を安定的に推定することができることも分かった。

30

すなわち、本願の請求項1に記載の発明は、タイヤの摩耗を推定する方法であって、タイヤのインナーライナー部に配置された加速度センサを用いてタイヤトレッドのタイヤ径方向加速度の時系列波形を検出するステップと、上記検出されたタイヤ径方向加速度の時系列波形から、タイヤトレッドの接地端または上記接地端の近傍のタイヤ径方向の変形速度の指標を計測するステップと、当該タイヤの回転時間、もしくは、回転速度を求めるステップと、上記計測された変形速度の指標を、上記タイヤの回転時間、もしくは、回転速度に基づいて基準化するステップと、上記基準化された変形速度の指標の大きさから当該タイヤの摩耗の度合いを推定するステップとを備え、上記計測された変形速度の指標を基準化するステップでは、上記計測された変形速度の指標に当該タイヤの回転時間の3乗値を乗算して上記変形速度の指標を基準化するか、もしくは、上記計測された変形速度の指標を当該タイヤの回転速度の3乗値で除算して上記変形速度の指標を基準化することを特徴とするものである。

40

これにより、例えば、センター部に対してショルダー部の方が摩耗気味であるなど、タイヤの摩耗形態が異なった場合や、荷重などのタイヤの使用条件が変わる場合でも、タイヤの摩耗を精度よく推定することができる。

50

また、加速度センサに入力する加速度は遠心力、すなわち、回転速度の2乗に比例し、トレッド径方向の変形速度が加速度を時間で除した値であるので、接地端の変形に要する時間は回転速度に反比例する。すなわち、変形速度は回転速度の3乗に比例する。したがって、本願発明のように、変形速度に回転時間の3乗値を乗ずるか、あるいは、変形速度を回転速度の3乗値で除するかして、変形速度の指標を基準化してやれば、速度が変化した場合でも基準化した変形速度は一定になるので、タイヤの摩耗状態の推定精度を確実に向上させることができる。

なお、変形速度の指標は、変形速度、あるいは、変形速度を代用する量をいう。

また、インナーライナー部とは、インナーライナーの表面(タイヤ内面)、あるいは、インナーライナーゴムの内部、もしくは、インナーライナーのプライトリートとの境界面をいう。

10

#### 【0007】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載のタイヤ摩耗推定方法において、上記タイヤ径方向加速度の時系列波形を時間微分して得られる時間微分波形のピークの大きさである微分ピーク値、上記ピーク周辺の微分値の平均値、または、上記ピークの位置を上記タイヤトレッドの接地端としたときの、上記タイヤ径方向加速度の時系列波形の上記接地端もしくは接地端近傍の傾きを算出し、これらのいずれかを上記変形速度の指標としたものである。すなわち、タイヤ径方向加速度の時系列波形は、歪波形やFEMの計算結果との対比から、タイヤトレッドが径方向に受けている力に応じて発生しており、若干の位相差はあるが、径方向の変形量を代用する値である。したがって、上記時系列波形の微分値が変形速度の指標を表わし、また、ピーク位置は接地端に対応するので、上記時間微分波形のピークの大きさである微分ピーク値、上記ピーク周辺の微分値の平均値、もしくは、上記ピークの位置を上記タイヤの接地端としたときの、上記タイヤ径方向加速度波形の上記接地端もしくは接地端近傍の傾きを上記変形速度の指標とすれば、上記変形速度の指標の計測精度を向上させることができる。

20

#### 【0008】

請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載のタイヤ摩耗推定方法において、当該タイヤの摩耗の度合いを推定する変形速度の指標を、接地面の踏み込み端または踏み込み端の近傍における変形速度の指標と、接地面の蹴り出し端または蹴り出し端の近傍における変形速度の指標との平均値としたものである。これにより、タイヤに入力する前後力やタイヤの姿勢角の影響を受けにくくなるので、摩耗の度合いをより安定して推定することができる。なお、変形速度の符号が踏み込み端側と蹴り出し端側で正負逆になるので、上記平均値として単純平均を用いる場合には、絶対値の平均をとる必要がある。また、上記平均値を算出する方法としては上記単純平均に限定されるものではなく、2乗平均根を用いるなど他の方法を用いてもよい。

30

#### 【0011】

また、請求項4に記載の発明は、請求項1～請求項3のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法において、上記タイヤの回転時間または回転速度を、上記加速度センサから出力される信号を用いて算出するようにしたものである。

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載のタイヤ摩耗推定方法において、上記加速度センサから出力される加速度の時系列波形、または、上記加速度の時系列波形の時間微分波形または時間積分波形に出現するピークが発生した時間から、タイヤが1回転した後に同じ位置にピークが発生するまでの時間を計測し、この計測された時間を当該タイヤの回転時間としたものである。

40

請求項6に記載の発明は、請求項5に記載のタイヤ摩耗推定方法において、荷重負荷状態でタイヤが1回転する長さである回転長さ係数を上記回転時間で除算した値を当該タイヤの回転速度としたものである。

このように、上記タイヤの回転時間または回転速度を、上記加速度センサから出力される信号を用いて算出するようにすれば、車輪速センサなどの回転センサを用いる必要がないので、装置を小型化することができる。また、2つのセンサの出力を同期させるなどの

50

信号処理も不要となるので、信号処理回路も簡素化できる。

請求項7に記載の発明は、請求項1～請求項6のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法において、上記変形速度の指標とタイヤの摩耗の度合いとの関係を予め求めておき、この予め求めておいた変形速度の指標とタイヤの摩耗の度合いとの関係と、上記算出された変形速度の指標とを比較して当該タイヤの摩耗の度合いを推定することを特徴とするもので、これにより、タイヤの摩耗の度合いを更に精度よく推定することができる。ここで、上記変形速度の指標とタイヤの摩耗の度合いとの関係に用いられる変形速度の指標とは、指標の大きさであってもよいし、指標の使用初期からの大きさの変化量であってもよい。タイヤの製造要因やセンサの取付け要因により、新品時の指標の大きさは変化する可能性がある。その場合、使用初期の指標値を計測し記憶しておき、その初期値から変化量を算出し、上記関係と比較することにより、推定安定性を向上させることができる。

10

【0012】

請求項8に記載の発明は、荷重や摩耗形状がタイヤの摩耗度合いの推定精度に与える影響を少なくするため、請求項1～請求項7のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法において、荷重と相関が高くかつタイヤの摩耗形状とも関係が深い、当該タイヤの接地長の指標を計測し、上記計測された接地長の指標と上記基準化した変形速度の指標とに基づいて当該タイヤの摩耗の度合いを推定するようにしたので、タイヤに作用する荷重が変化した場合や、ショルダー落ちやセンター摩耗といった摩耗形状が異なる場合でも、タイヤの摩耗の度合いを精度よく推定することができる。

請求項9に記載の発明は、請求項8に記載のタイヤ摩耗推定方法において、タイヤの摩耗の度合いに応じた基準化した変形速度の指標と接地長の指標との関係を予め求めておき、上記基準化した変形速度の指標と、上記計測された接地長の指標と、上記予め求めておいた上記基準化した変形速度の指標と接地長の指標との関係とを比較して、当該タイヤの摩耗の度合いを推定するようにしたものである。すなわち、基準化した変形速度の指標と接地長の指標との関係を、摩耗の度合いごとにグラフ化するなどして、タイヤの摩耗の度合いに応じた基準化した変形速度の指標と接地長の指標との関係を予め求めておき、上記基準化した変形速度の指標と上記計測された接地長の指標とが、上記グラフのどの摩耗度合いのラインに乗るかを調べるなどして、上記基準化した変形速度の指標と上記計測された接地長の指標とを、予め求めておいた基準化した変形速度の指標と接地長の指標との関係と比較して当該タイヤの摩耗の度合いを推定するにすれば、当該タイヤの摩耗の度合いを更に精度よく推定することができる。また、請求項7の説明にも記載したように、変形速度の指標は、その大きさ、あるいは、使用初期からの変化量を指す。

20

30

また、請求項10に記載の発明は、請求項8に記載のタイヤ摩耗推定方法において、上記計測された接地長の指標と上記基準化した変形速度の指標との相関式を求め、この相関式の係数の大きさに基づいて当該タイヤの摩耗の度合いを推定するようにしたものである。上記相関式は、例えば、一次近似であれば、 $Y = aX + b$  ( $X$  ; 接地長の指標、 $Y$  ; 基準化した変形速度の指標、 $a$  ,  $b$  ; 定数) とし、上記定数  $a$  の値を固定値とし、 $b$  の値の大きさに基づいて摩耗の度合いを推定するなどすればよい。あるいは、 $b$  の値など、係数の大きさの使用初期からの変化量に基づいて摩耗の度合いを推定してもよい。なお、相関式は、上記のような一次近似である必要はないので、予め基準化した変形速度の指標と接地長の指標との関係を求めておき、この関係を表すのに適していると考えられる近似式を選択すればよい。

40

【0013】

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摩耗推定方法において、上記接地長の指標を、トレッドのある部分が路面と接触している時間である接地時間としたものである。

請求項12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摩耗推定方法において、上記接地長の指標を、トレッドのある部分が路面と接触している時間である接地時間を回転時間で除算した接地時間比としたものである。この値は、接地長を1周長さで除算した比の値にほぼ等しい。

50

請求項 13 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摩耗推定方法において、上記接地長の指標を、接地面のタイヤ周方向長さとしたものである。

請求項 14 に記載の発明は、請求項 13 に記載のタイヤ摩耗推定方法において、トレッドのある部分が路面と接触している時間である接地時間に回転速度を乗算した値を上記接地面のタイヤ周方向長さとしたものである。

このように、上記接地長の指標として、トレッドのある部分が路面と接触している時間である接地時間、上記接地時間を回転時間で除算した接地時間比、あるいは、接地面のタイヤ周方向長さを用いれば、荷重及びタイヤの摩耗形状の推定に対する影響を少なくすることができ、タイヤの摩耗の度合いを確実に推定することができる。また、上記接地面のタイヤ周方向長さをトレッドのある部分が路面と接触している時間である接地時間に回転速度を乗算した値とすれば、上記接地面のタイヤ周方向長さを精度良く求めることができる。

10

#### 【0014】

請求項 15 に記載の発明は、請求項 8 ~ 請求項 14 のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法において、上記加速度センサから出力される信号を用いて上記接地長の指標を算出するようにしたので装置を簡素化できる。

請求項 16 に記載の発明は、請求項 15 に記載のタイヤ摩耗推定方法において、上記加速度センサによりタイヤ径方向加速度を検出するとともに、上記検出されたタイヤ径方向加速度の時系列波形を時間微分して得られる時間微分波形の 2 つのピーク間の時間を計測してこれを接地時間とし、このように計測された接地時間を用いて接地長の指標を算出するようにしたもので、これにより、上記接地時間を用いて算出する接地長の指標の精度を更に向上させることができる。

20

#### 【0016】

請求項 17 に記載の発明は、請求項 1 ~ 請求項 16 のいずれかに記載のタイヤ摩耗推定方法において、上記摩耗の度合いの推定を行うタイヤ速度の上限値を 100 km/h 以下としたことを特徴とするもので、これにより安定した摩耗推定を行うことができる。すなわち、本手法ではトレッドの変形情報を捉えてタイヤ摩耗を推定しているが、タイヤ速度が 100 km/h を超えると遠心力の影響が非常に大きくなるので、大きな補正が必要になる。しかし、摩耗は時間的に非常に遅い変化であるので、高速走行時に推定を中断しても問題になることはない。したがって、上記のように、摩耗の度合いの推定を行うタイヤ速度に上限値を設けて、推定範囲を設定する方が、推定の安定性が高くなる。

30

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0017】

【図 1】本発明の最良の形態 1 に係るタイヤ摩耗推定装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図 2】加速度センサの取付け例を示す図である。

【図 3】タイヤ径方向加速度波形を示す図である。

【図 4】タイヤ径方向加速度の微分波形を示す図である。

【図 5】タイヤ径方向加速度の微分波形の踏み込み端側のピークレベルと摩耗の度合との関係を示す図である。

40

【図 6】タイヤ径方向加速度の微分波形の蹴り出し端側のピークレベルと摩耗の度合との関係を示す図である。

【図 7】タイヤ周方向加速度波形を示す図である。

【図 8】タイヤ周方向加速度の微分波形の踏み込み端側のピークレベルと摩耗の度合との関係及び蹴り出し端側のピークレベルと摩耗の度合との関係を示す図である。

【図 9】タイヤ周方向歪波形及びこの歪波形の微分波形を示す図である。

【図 10】新品タイヤ径方向加速度波形と摩耗品タイヤのタイヤ径方向加速度波形とを比較した図である。

【図 11】本発明の最良の形態 2 に係るタイヤ摩耗推定装置の構成を示す機能ブロック図である。

50

【図 1 2】本発明の最良の形態 3 に係るタイヤ摩耗推定装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図 1 3】加速度センサで検出したタイヤ径方向加速度波形を示す図である。

【図 1 4】タイヤ径方向加速度の微分波形を示す図である。

【図 1 5】タイヤ回転速度とトレッド変形速度との関係を示す図である。

【図 1 6】タイヤ回転速度と基準化変形速度指標との関係を示す図である。

【図 1 7】接地時間比と基準化変形速度指標との関係を示す図である。

【図 1 8】荷重負荷時におけるタイヤの外形変化を示す模式図である。

【符号の説明】

【0018】

1 タイヤ、2 インナーライナー部、3 タイヤトレッド、4 ホイール、  
5 周方向溝、6 ショルダー部、7 センター部、  
10、20、30 タイヤ摩耗推定装置、11 加速度センサ、11F 送信器、  
12 車輪速センサ、13 加速度波形抽出手段、14 微分波形演算手段、  
15 変形速度算出手段、16 記憶手段、16A L-Wマップ、  
16B M-Vマップ、17 荷重推定手段、18 摩耗推定手段、19 演算部、  
25 変形量算出手段、26 記憶手段、26B M-Yマップ、28 摩耗推定手段、  
30A センサ部、30B 演算部、32 加速度微分波形演算手段、  
33 変形速度算出手段、34 回転時間算出手段、35 接地時間算出手段、  
36 接地時間比算出手段、37 基準化変形速度指標算出手段、38 記憶手段、  
38M V(M)-Lマップ、39 タイヤ摩耗推定手段。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

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。

最良の形態 1 .

図 1 は、本最良の形態 1 に係るタイヤ摩耗推定装置 10 の構成を示す機能ブロック図で、同図において、11 はタイヤトレッド部の加速度を検出する加速度センサ、12 は車輪の回転速度を検出する車輪速センサ、13 は上記加速度センサの出力からタイヤトレッド部の加速度の時系列波形を抽出する加速度波形抽出手段、14 は上記加速度を微分した値の時系列波形である加速度の微分波形を演算する微分波形演算手段、15 は上記加速度の微分波形に現れる 2 つのピークのうちの前側のピークである踏み込み端側ピークのレベルを算出し、この算出された踏み込み端側のピークのレベルを当該タイヤの変形速度の指標 V として出力する変形速度算出手段、16 は予め求めておいた接地長 L と荷重 W の関係を示す L-W マップ 16A 及びタイヤの摩耗の度合 M と変形速度の指標 V との関係を示す M-V マップ 16B とを記憶する記憶手段、17 は上記加速度の微分波形に現れるトレッドの接地端における変形に対応する 2 つのピーク間の時間である接地時間を算出し、この算出された接地時間にタイヤ速度を掛け合わせて当該タイヤの接地長 L を算出するとともに、上記記憶手段 16 に記憶された上記 L-W マップ 16A を用いて、上記算出された接地長 L から当該タイヤの荷重 W を推定して出力する荷重推定手段、18 は上記変形速度算出手段 15 で算出された変形速度の指標 V と上記 M-V マップ 16B 及び荷重推定手段 17 で推定された荷重 W とから、当該タイヤの摩耗の度合を推定する摩耗推定手段である。なお、本例では、上記タイヤ回転速度を、車輪速センサ 12 で検出された車輪の回転時間と当該タイヤの回転長さ係数とを用いて算出するようにしている。

また、本例では、加速度センサ 11 を、図 2 に示すように、タイヤ 1 のインナーライナー部 2 のタイヤの幅方向中心に、その検出方向がタイヤ径方向になるように配置して、路面からタイヤトレッド 3 の内面に作用するタイヤ径方向の加速度を検出する。

車輪速センサ 12 は、ヨークとコイルとから成るセンサ部を図示しないナックルに装着して車軸の回転を検出する周知の電磁誘導型の車輪速センサを用いている。

また、上記加速度波形抽出手段 13 から摩耗推定手段 18 までの各手段は車体側に設置されて演算部 19 を構成する。

10

20

30

40

50

上記加速度センサ 11 の出力信号を演算部 19 に送る構成としては、例えば、図 2 に示すように、インナーライナー部 2 もしくはホイール 4 に送信器 11 F を設置して、上記出力信号を図示しない増幅器で増幅した後、無線にて上記演算部 19 に送信する構成とすることが好ましい。なお、演算部 19 をタイヤ側に設けて摩耗推定手段 18 の判定結果を車体側の図示しない車両制御装置に送信する構成としてもよい。

#### 【 0 0 2 0 】

次に、本最良の形態 1 に係るタイヤ摩耗推定方法について説明する。

まず、加速度センサ 11 によりタイヤトレッド 3 の変形に伴って変形するインナーライナー部 2 内面のタイヤ径方向の加速度を検出する。加速度波形抽出手段 13 では、上記加速度センサの出力信号から、上記径方向加速度の時系列波形（以下、加速度波形という）を抽出する。図 3 は上記加速度波形の一例を示す図で、横軸は時間 [sec.] で、縦軸は径方向の加速度の大きさ [G] である。加速度がプラスの値の場合にはタイヤ外側に加速度が発生しており、マイナスの値の場合にはタイヤ中心方向に加速度が発生している。この加速度は、タイヤトレッドが径方向に受けている力に応じて発生しており、若干の位相差はあるが、径方向の変形量を代用する値である。プラス側の 2 つのピーク近傍は接地面外であり、トレッドがタイヤ外側に変形するような力を受けていることから、上記 2 つのピークは膨出点であることが分かる。

トレッド 3 のタイヤ接地面の端部における変形速度は上記径方向の変形量の時間変化の大きさに比例するので、微分波形演算手段 14 にて上記加速度を微分した値の時系列波形である微分波形を演算して求める。

図 4 は上記微分波形の一例を示す図で、横軸は時間 [sec.] で、縦軸は径方向加速度の微分値の大きさ [G/sec.] である。この微分波形のピークである 2 つのピーク（踏み込み端側のピークと蹴り出し端側のピーク）はトレッドの受けている径方向の力が最も変化している点であり、そのピークの大きさは接地端部の変形速度に比例している。

変形速度算出手段 15 では、上記 2 つのピークのうち、踏み込み側ピークのレベル（絶対値）を検出して、これを変形速度の指標  $V$  とし、この変形速度の指標  $V$  を摩耗推定手段 18 に出力する。

なお、ピーク検出においては、加速度センサ 11 の感度にもよるが、適度なローパスフィルタを掛けてからピーク検出する方がデータが安定する。すなわち、より安定した摩耗推定をすることができる。また、上記ピーク間の時間間隔はタイヤ速度によって大きく変化するので、ローパスフィルタの周波数はタイヤ速度に応じて変える方が、各速度における波形形状を同様にすることができるので、より安定した推定を行うことができる。

#### 【 0 0 2 1 】

また、上記微分波形の 2 つのピーク間の時間間隔はトレッドの接地時間に相当する。荷重推定手段 17 では、上記微分波形の 2 つのピーク間の時間間隔から接地時間を算出し、この接地時間に、タイヤ速度を掛け合せて接地長  $L$  を算出する。本例では、上記タイヤ速度を、車輪速センサ 12 で検出された車輪の回転時間と当該タイヤの回転長さ係数とを用いて算出するようにしている。

摩耗推定手段 18 では、上記変形速度算出手段 15 で算出された変形速度の指標  $V$  と予め記憶手段 16 に記憶しておいたタイヤ摩耗の度合  $M$  と変形速度の指標  $V$  との関係を示す  $M - V$  マップ 16 B とを用いて当該タイヤの摩耗の度合を推定する。

なお、上記変形速度の指標  $V$  として用いるピークレベルは若干、荷重依存性があるので、本例では、上記荷重推定手段 17 で推定した荷重  $W$  に基づいて、上記タイヤ摩耗の度合  $M$  を補正するようにしている。

#### 【 0 0 2 2 】

タイヤの摩耗の度合  $M$  と変形速度の指標  $V$  の値である踏み込み側ピークのレベルとの関係は以下の試験結果に基づいて求めた。

摩耗量だけでなく、摩耗の形態の影響も含めて検討すべく、以下の 4 種の試験タイヤを準備した。言うまでもなく、市場における摩耗の形態にはバラツキがあり、摩耗形態が異なっても推定誤差が小さいことが重要である。

10

20

30

40

50

試験タイヤ1は新品タイヤで、図2に示すセンターに近い位置の周方向溝5の溝深さは約8mmである。

試験タイヤ2はセンターに近い位置の周方向溝5の残溝深さが約4mmで、かつ、ショルダー部6が摩耗気味のタイヤである。

試験タイヤ3はセンターに近い位置の周方向溝5の残溝深さが約4mmで、センター部7が摩耗気味で、ショルダー部6は残っている形態のタイヤである。

試験タイヤ4はセンターに近い位置の周方向溝5の残溝深さが約2mmで、スリップサインに近いレベルまでほぼ均等に摩耗したタイヤである。

上記試験タイヤ1～4を、フラットベルト試験機上で時速40kmにて走行させ、タイヤ径方向の加速度を計測し、上記加速度の微分波形を用いて踏込み側ピークのレベルを算出した。用いたタイヤはサイズが205/65R15のタイヤで、そのときの内圧は230kPaである。また、荷重については、3～7kNまで1kNおきに変化させた。

図5のグラフは荷重(kN)を変化させたときの、上記各試験タイヤ1～4の踏込み側ピークのレベル(G/sec.)をプロットしたものである。このグラフから、踏込み側ピークのレベルは、若干の荷重依存性はあるものの、摩耗の度合Mが進むほど踏込み側ピークのレベルの絶対値が大きくなっていることが分かる。

また、同図の印で示す試験タイヤ2と印で示す試験タイヤ3とは摩耗の形態が異なっているが、摩耗の形態が異なってもその差は少なく、試験タイヤ2と試験タイヤ3のラインは、同図の印で示す新品タイヤのラインと×印で示す残溝約2mmのタイヤのラインとのほぼ中間に位置している。また、センター摩耗量は同じでショルダーがより摩耗している、すなわち、トレッド全体としてはより摩耗している試験タイヤ2の変形速度の方が、試験タイヤ3より大きくなっている。したがって、トレッドのタイヤ径方向の加速度の微分波形を用いて算出した踏込み側ピークのレベルを算出し、これを変形速度の指標Vとしてタイヤの摩耗を推定すれば、摩耗の形態が異なっても安定して摩耗レベルを推定できる。また、上記図5のグラフを用いて荷重による補正を行えば、摩耗レベルの推定精度を更に向上させることができる。

ところで、タイヤ速度が大きくなると変形への遠心力の影響が大きくなり、その結果、接地長Lと荷重Wとの関係も変わってくる。そこで、推定を行う際のタイヤ速度の上限値を定め、低速側で推定する方が安定した摩耗推定が実現できる。また、摩耗の進展は非常に遅いため、高速走行時に推定できなくても実用上は何ら問題はない。タイヤの種類にもよるが、タイヤの動半径への遠心力の影響が大きくなるのは100km/hr以上であるので、100km/h以下で測定することが好ましい。なお、上記試験をタイヤ速度を変えて行ったところ、時速100kmまでの範囲では各ラインは動かず安定していることが確認された。

#### 【0023】

このように本最良の形態1では、タイヤ1のインナーライナー部2の内面側に加速度センサ11を設けてタイヤトレッド3のタイヤ径方向の加速度を検出し、この検出した加速度の微分波形に現れるタイヤトレッド3の踏み込み端側のピークレベルを算出してこれを当該タイヤのトレッドの変形速度の指標Vとし、この算出された変形速度の指標Vからと、予め求めておいたタイヤ摩耗の度合Mと変形速度の指標Vとの関係を示すM-Vマップ16Bとに基づいて当該タイヤの摩耗の度合を推定するようにしたので、タイヤの摩耗形態が異なった場合でも、タイヤの摩耗を精度よく推定することができる。このとき、上記微分波形に現れる2つのピークの間隔から当該タイヤの接地長Lを求めて荷重Wを推定し、この推定された荷重Wにより上記タイヤの摩耗の度合を補正するようにすれば、タイヤの摩耗の度合を更に精度よく推定することができる。

また、加速度センサ11はタイヤ接地面に露出しないので、耐久性に優れるとともに、グリップ力などのタイヤ性能を損なうことなく、タイヤの摩耗を推定することができる。

#### 【0024】

なお、上記最良の形態1では、踏み込み端側のピークレベルを算出してこれを当該タイヤのトレッドの変形速度の指標Vとしたが、蹴り出し端側のピークレベルを算出してこれ

10

20

30

40

50

を変形速度の指標  $V$  としてもよい。図 6 のグラフは荷重 (  $kN$  ) を変化させたときの、上記各試験タイヤ 1 ~ 4 の蹴り出し端側ピークのレベルをプロットしたもので、試験方法については、上記例と同様である。

このグラフから、蹴り出し端側のピークレベルは、若干の荷重依存性はあるものの、摩耗の度合  $M$  が進むほど踏み込み側ピークのレベルが大きくなっていることが分かる。したがって、蹴り出し端側のピークレベルを算出してこれを変形速度の指標  $V$  としても、タイヤの摩耗の度合を精度よく推定することができる。

また、上記例では、タイヤトレッド 3 のタイヤ径方向の加速度を検出して変形速度の指標  $V$  を算出したが、加速度センサ 11 の検出方向をタイヤ周方向として、トレッドのタイヤ接地面端部のタイヤ周方向加速度を検出するようにしてもよい。

図 7 はタイヤ周方向加速度の時系列波形を示す図で、タイヤ周方向加速度を用いる場合には、微分波形のピークではなく、周方向加速度波形に現れる踏み込み端側のピークレベルもしくは蹴り出し端側のピークレベルをそのまま用いればよい。この場合、加速度の方向は周方向であるが、その大きさは、タイヤ径方向の変形速度に連動して変化しているため、上記タイヤ周方向加速度もタイヤ径方向の変形速度の情報である。

図 8 ( a ) のグラフは、荷重 (  $kN$  ) を変化させたときの、上記各試験タイヤ 1 ~ 4 の踏み込み端側ピークのレベルをプロットしたもので、図 8 ( b ) のグラフは蹴り出し端側ピークのレベルをプロットしたものである。試験方法については、上記例と同様である。

これらのグラフから、踏み込み端側のピークレベルも蹴り出し端側のピークレベルも、若干の荷重依存性はあるものの、摩耗の度合が進むほどピークのレベルの絶対値が大きくなっていることが分かる。したがって、タイヤ周方向加速度の時系列波形からその踏み込み端側のピークレベル、もしくは、蹴り出し端側のピークレベルを算出してこれを変形速度の指標  $V$  としても、タイヤの摩耗の度合を精度よく推定することができる。

また、上記踏み込み端側のピークレベルと蹴り出し端側のピークレベルの両方を算出し、踏み込み端側のピークレベルの絶対値と蹴り出し端側のピークレベルの絶対値の和、もしくは、踏み込み端側のピークレベルの絶対値と蹴り出し端側のピークレベルの絶対値との平均値を変形速度の指標  $V$  としてもよい。

#### 【 0 0 2 5 】

また、上記例では、加速度センサ 11 を、図 2 に示すように、タイヤ 1 のインナーライナー部 2 の内面のタイヤの幅方向中心に配置したが、インナーライナー部 2 のタイヤ径方向外側でかつベルト層の内側や、ベルト層よりもタイヤ径方向外側でかつトレッドゴムに形成された溝部よりも内側に配置しても同様の効果を得ることができる。しかし、耐久性や取付けの容易さを考慮すると、本例のように、インナーライナー部 2 の内面側などに取付ける方が有利である。

また、上記例では、車輪速センサ 12 を用いて当該タイヤの速度を検出するようにしたが、車体側に速度センサもしくは加速度センサを設けて車体速度を計測し、この車体速度から接地長を求めるようにしてもよい。

上記加速度波形のピークもしくは微分波形のピークは、タイヤの 1 回転毎に繰り返し現れるので、上記ピークの時間間隔と当該タイヤの回転長さ係数とを用いてタイヤ速度を算出するようにしてもよい。

#### 【 0 0 2 6 】

また、上記例では、加速度センサ 11 により検出したタイヤ径方向加速度の微分波形からタイヤの摩耗を推定したが、上記加速度センサ 11 に変えて歪センサを設け、タイヤ周方向歪波形を検出してタイヤの摩耗を推定するようにしてもよい。図 9 ( a ) はタイヤ周方向歪波形の一例を示す図で、図 9 ( b ) はその微分波形である。トレッドのタイヤ接地端側では、タイヤ径方向加速度がプラスであり、トレッドがタイヤ外側に変形するが、その場合、タイヤ内面側はベルトを中立軸として圧縮されるように曲げられるので、タイヤ周方向歪はマイナスになる。タイヤ径方向の力が最も変化している点は、タイヤ周方向歪も最も変化する点でもあるので、図 9 ( b ) に示すタイヤ周方向歪の微分波形に現れるピークのレベルを算出してこれを変形速度の指標  $V$  としてもよい。すなわち、タイヤ周方向

歪の微分波形に現れるピークのレベルも、接地端部におけるタイヤ径方向の変形速度の情報であるので、上記変形速度の指標  $V$  を用いれば、タイヤの摩耗の度合を精度よく推定することができる。

#### 【 0 0 2 7 】

最良の形態 2 .

上記最良の形態 1 では、加速度センサ 1 1 により検出したタイヤ径方向加速度の微分波形からタイヤのトレッドの接地端部における変形速度の指標  $V$  を算出し、タイヤの摩耗の度合を推定したが、上記タイヤ径方向加速度波形からトレッドの膨出点におけるタイヤ径方向の変形量の指標  $Y$  を算出し、この変形量の指標  $Y$  からタイヤの摩耗の度合を推定することも可能である。

図 1 0 は、タイヤのサイズが 2 0 5 / 6 5 R 1 5 の夏用タイヤを、速度 4 0 k m / h r 、荷重 5 k N 、内圧 2 3 0 k P a の条件で、フラットベルト試験機上で走行させたときのトレッドのタイヤ径方向加速度波形を比較した図である。横軸は時間 [ sec. ] で、縦軸は径方向の加速度の大きさ [ G ] で、同図の実線が上記試験タイヤ 1 と同じ新品タイヤのデータで、同図の破線が上記試験タイヤ 4 と同じ摩耗品タイヤである。

プラス側の 2 つのピーク近傍は接地面外であり、トレッドがタイヤ外側に変形するような力を受けていることから、これら 2 つのピークは上記膨出点である。この膨出点のレベルはトレッドが受ける力の大きさ、すなわち、トレッドのタイヤ接地端部側の変形量に比例するので、上記トレッドのタイヤ径方向加速度波形の踏み込み端側のピークレベル、もしくは、蹴り出し端側のピークレベルを算出し、これをトレッドのタイヤ接地端部側の変形量の指標  $Y$  とすれば、上記指標  $Y$  は、図 1 0 に示すように、タイヤの摩耗の度合が大きい程大きくなるので、変形量の指標  $Y$  からタイヤの摩耗の度合を推定することができる。

#### 【 0 0 2 8 】

図 1 1 は、最良の形態 2 に係るタイヤ摩耗推定装置 2 0 の構成を示す機能ブロック図で、本例では、図 1 に示したタイヤ摩耗推定装置 1 0 の変形速度算出手段 1 5 に代えて、上記加速度波形に現れる踏み込み端側の膨出点のピークレベルを算出し、この算出されたピークレベルを当該タイヤの変形量の指標  $Y$  として出力する変形量算出手段 2 5 を設け、上記記憶手段 1 6 に代えて、予め求めておいた接地長  $L$  と荷重  $W$  の関係を示す  $L - W$  マップ 1 6 A 及びタイヤの摩耗の度合  $M$  と変形量の指標  $Y$  との関係を示す  $M - Y$  マップ 2 6 B とを記憶する記憶手段 2 6 を設けるとともに、摩耗推定手段 1 8 に代えて摩耗推定手段 2 8 を設けて、上記変形量算出手段 2 5 で算出された変形量の指標  $Y$  と上記  $M - Y$  マップ 2 6 B とから、当該タイヤの摩耗の度合を推定するようにしている。

タイヤ摩耗推定装置 2 0 を上記のような構成にすることにより、加速度センサ 1 1 により検出したタイヤ径方向加速度波形を用いてタイヤのトレッドの変形量の指標  $Y$  を算出して、タイヤの摩耗の度合を推定することができる。

上記  $M - Y$  マップ 2 6 B を作製するための、タイヤの摩耗の度合  $M$  と変形速度の指標  $Y$  の値であるタイヤ径方向加速度波形の踏み込み側ピークのレベルとの関係については、上記最良の形態 1 と同様に、上述した 4 種の試験タイヤ 1 ~ 4 を用いて求めることができる。

#### 【 0 0 2 9 】

なお、上記最良の形態 2 では、タイヤ径方向加速度波形の踏み込み端側のピークレベルを算出してこれを当該タイヤのトレッドの変形量の指標  $Y$  としたが、蹴り出し端側のピークレベルを算出してこれを変形速度の指標  $Y$  としてもよい。

また、加速度センサ 1 1 に代えて、歪センサを設け、タイヤ周方向歪波形を検出してタイヤの摩耗を推定するようにしてもよい。この場合には、図 9 ( a ) に示した周方向歪波形のピークのうちの負側のピークレベルを当該タイヤの径方向変形量の指標  $Y$  とし、この変形量の指標  $Y$  を用いてタイヤの摩耗の度合を推定するようにすればよい。

#### 【 0 0 3 0 】

最良の形態 3 .

図 1 2 は、本最良の形態 3 に係るタイヤ摩耗推定装置 3 0 の構成を示す機能ブロック図で、同図において、1 1 は加速度センサ、3 2 は加速度微分波形演算手段、3 3 は変形速

10

20

30

40

50

度算出手段、34は回転時間算出手段、35は接地時間算出手段、36は接地時間比算出手段、37は基準化変形速度指標算出手段、38は記憶手段、39はタイヤ摩耗推定手段である。

加速度センサ11は、上記最良の形態1,2と同じ、タイヤトレッド内面の加速度を検出するセンサで、この加速度センサ11が本発明のタイヤ摩耗推定装置30のセンサ部30Aを構成し、上記加速度微分波形演算手段32から摩耗推定手段39までの各手段が演算部30Bを構成する。

本例では、図2に示すように、上記加速度センサ11を、タイヤ1のインナーライナー部2のタイヤの幅方向中心に、その検出方向がタイヤ径方向になるように配置し、タイヤトレッド(以下、トレッドという)3の内面に作用するタイヤ径方向加速度を検出する。また、上記演算部30Bは図示しない車体側に配置されている。

上記加速度センサ11の出力信号を上記演算部30Bに送る構成としては、例えば、図2に示すように、インナーライナー部2もしくはホイール4に送信器11Fを設置して、上記加速度センサ11の出力信号を図示しない増幅器で増幅した後、無線にて上記車体側に配置された演算部30に送信する構成とすることが好ましい。なお、上記演算部30Bをタイヤ1側に設けてタイヤ摩耗推定手段39の判定結果を車体側の図示しない車両制御装置に送信する構成としてもよい。

#### 【0031】

加速度微分波形演算手段32は、上記加速度センサ11で検出されたトレッド3に作用するタイヤ径方向加速度(以下、径方向加速度という)の時系列波形を時間微分して径方向加速度の微分波形を求める。

変形速度算出手段33は、上記径方向加速度の微分波形に現れる2つのピーク(図14に示す、踏み込み端側ピーク $P_f$ と蹴り出し端側のピーク $P_k$ )の値である微分ピーク値をそれぞれ算出する。本例では、上記踏み込み端側ピーク $P_f$ の微分ピーク値を踏み込み端側におけるトレッドの変形速度 $V_{tf}$ とし、上記蹴り出し端側ピーク $P_k$ の微分ピーク値を蹴り出し端側におけるトレッドの変形速度 $V_{tk}$ とした。

回転時間算出手段34は、上記2つのピークのうちの蹴り出し端側のピークが現れた時間 $T_1$ とこの蹴り出し端側のピークがタイヤ1が1周してから再び現れるまでの時間 $T_2$ との時間差 $T_r = T_2 - T_1$ を算出する。この時間差 $T_r$ が当該タイヤの一周に要する回転時間である。以下、上記 $T_r$ を回転時間という。

接地時間算出手段35は、トレッド3の接地端における変形に対応する2つのピーク間の時間である接地時間 $T_t$ を算出する。

接地時間比算出手段36は、上記接地時間 $T_t$ を上記回転時間 $T_r$ で除算して接地時間比を算出する。本例では、上記接地時間比を接地長の指標 $L_t$ としている。

基準化変形速度指標算出手段37は、上記変形速度算出手段33で算出された踏み込み端側及び蹴り出し端側の変形速度 $V_{tf}$ ,  $V_{tk}$ を上記回転時間算出手段34で算出した回転時間 $T_r$ の情報を用いてそれぞれ基準化して、踏み込み端側の基準化変形速度 $V_{tf}^n$ と蹴り出し側の基準化変形速度 $V_{tk}^n$ とを算出するとともに、上記踏み込み端側の基準化変形速度 $V_{tf}^n$ と蹴り出し側の基準化変形速度 $V_{tk}^n$ とを平均化して、基準化した変形速度の指標(基準化変形速度指標) $V_t^n$ を算出する。

記憶手段38は、予め求めた、タイヤの摩耗の度合い $M$ ごとの、基準化された変形速度の指標 $V_t^n(M)$ と接地長の指標 $L_t(M)$ との関係を示すマップ( $V(M) - L$ マップ)38Mを記憶する。

タイヤ摩耗推定手段39は、上記基準化変形速度指標算出手段37で算出した基準化変形速度指標 $V_t^n$ と上記接地時間比算出手段36で算出した接地長の指標 $L_t$ と、上記マップ38Mとから、当該タイヤの摩耗の度合い $M$ を推定する。

#### 【0032】

次に、本最良の形態3に係るタイヤ摩耗推定方法について説明する。

まず、加速度センサ11により、トレッド3の変形に伴って変形する上記インナーライナー部2の内面のタイヤ径方向の加速度を検出し、図示しない増幅器で増幅した後、上記

10

20

30

40

50

インナーライナー部 2 に設置された送信器 1 1 F から車体側に配置された演算部 3 0 B に送信する。演算部 3 0 B の加速度微分波形演算手段 3 2 では、上記検出された径方向加速度の時系列波形を時間微分して径方向加速度の微分波形を求める。なお、この径方向加速度の微分波形も時系列波形である。

図 1 3 は、インナーライナー部のタイヤ幅方向中心に加速度センサが取り付けられた、サイズが 2 0 5 / 6 5 R 1 5 の夏用タイヤを、速度 4 0 k m / h r 、荷重 5 k N 、内圧 2 3 0 k P a の条件で、フラットベルト試験機上で走行させたときに上記加速度センサで検出した径方向加速度波形の一例を示す図で、横軸は時間 [ sec. ] 、縦軸は径方向加速度の大きさ [ G ] である。加速度の値がプラスの場合にはタイヤ外側に加速度が発生しており、マイナスの場合にはタイヤ中心方向に加速度が発生している。この加速度は、タイヤトレッドが径方向に受けている力にほぼ比例して発生しており、径方向の変形量に比例している。上記径方向加速度波形のプラス側の 2 つのピーク  $p_f$  ,  $p_k$  近傍は接地面外であり、トレッド 3 がタイヤ外側に変形するような力を受けていることから、上記 2 つのピーク  $p_f$  ,  $p_k$  は膨出点であり、これら 2 つのピーク  $p_f$  ,  $p_k$  のレベルは接地面外のトレッド変形量に対応する指標である。

また、図 1 4 は上記径方向加速度の微分波形を示す図で、横軸は時間 [ sec. ] で、縦軸は径方向の加速度の微分値 [ G / sec. ] である。この微分波形の 2 つのピーク  $P_f$  ,  $P_k$  は、トレッド 3 の受けている径方向の力が最も変化している点である。上記ピーク  $P_f$  ,  $P_k$  のレベル（ピーク値）はそれぞれタイヤ 1 の踏み込み端と蹴り出し端の変形速度に対応している。

上記径方向加速度の微分波形のデータは、変形速度算出手段 3 3 、回転時間算出手段 3 4 、及び、接地時間算出手段 3 5 にそれぞれ送られる。

変形速度算出手段 3 3 では、上記微分波形の 2 つのピーク  $P_f$  ,  $P_k$  の値（以下、微分ピーク値という） $V_{tf}$  ,  $V_{tk}$  をそれぞれ算出して、これらのデータを、踏み込み端側及び蹴り出し端側におけるトレッドの変形速度  $V_{tf}$  ,  $V_{tk}$  として基準化変形速度指標算出手段 3 7 に送る。

なお、ピーク検出においては、加速度センサ 1 1 の感度にもよるが、適度なローパスフィルタを掛けてからピーク検出する方がデータが安定する。すなわち、より安定した摩耗推定をすることができる。また、上記ピーク  $P_f$  ,  $P_k$  間の時間間隔はタイヤの回転速度によって大きく変化する。そこで、上記ローパスフィルタの周波数をタイヤの回転速度に応じて変える方が、各速度における波形形状を同様にするので、より安定した推定を行うことができる。また、変形速度としては、上記ピーク値の代わりに、ピーク近傍の特定範囲の微分値、特に、上記ピークを中心としたピーク周辺の微分値を平均化したものを用いてもよい。

一方、回転時間算出手段 3 4 では、上記蹴り出し端側のピーク  $P_k$  が現れた時間  $T_1$  と、タイヤ 1 が 1 回転して、上記蹴り出し端側のピーク  $P_k$  が再び現れるまでの時間  $T_2$  との時間差  $T_r$  を算出し、このデータを当該タイヤ 1 の回転時間  $T_r$  として上記基準化変形速度指標算出手段 3 7 に送る。なお、タイヤ 1 の回転時間  $T_r$  は踏み込み端側のピーク  $P_f$  を用いても算出してもよい。

また、接地時間算出手段 3 5 では、上記 2 つのピーク  $P_f$  ,  $P_k$  の時間間隔  $T_t$  を算出し、このデータを当該タイヤの接地時間  $T_t$  として、接地時間比算出手段 1 6 に送る。

このように、本例では、上記加速度センサ 1 1 により検出したタイヤ径方向の加速度から、トレッド 3 の変形速度  $V_{tf}$  ,  $V_{tk}$  と当該タイヤ 1 の回転時間  $T_r$  と、当該タイヤの接地時間  $T_t$  とを算出することができる。

#### 【 0 0 3 3 】

ところで、トレッドの変形速度  $V_t$  は、摩耗の度合い  $M$  とタイヤ回転速度  $W_r$  により変化する。そこで、摩耗量だけでなく、摩耗形状の影響も含めて検討すべく、以下の 4 種類の試験タイヤを準備した。

試験タイヤ 1 は新品タイヤで、図 2 に示すセンターに近い位置の周方向溝 5 の溝深さは約 8 m m である。

10

20

30

40

50

試験タイヤ 2 はセンターに近い位置の周方向溝 5 の残溝深さが約 4 mm で、かつ、ショルダー部 6 が摩耗気味のタイヤである。

試験タイヤ 3 はセンターに近い位置の周方向溝 5 の残溝深さが約 4 mm で、センター部 7 が摩耗気味で、ショルダー部 6 は残っている形態のタイヤである。

試験タイヤ 4 はセンターに近い位置の周方向溝 5 の残溝深さが約 2 mm で、スリップサインに近いレベルまでほぼ均等に摩耗したタイヤである。

なお、これらの試験タイヤ 1 ~ 4 は上記最良の形態 1 で用いた試験タイヤと同様である。

図 15 は、上記 4 種類の試験タイヤを用い、荷重 5 kN とし、タイヤ回転速度  $W_r$  を 40, 80, 120 km/h と変化させたときのタイヤ回転速度  $W_r$  とトレッドの踏み込み端側の变形速度  $V_{tf}$  との関係を示すグラフである。同図に示すように、トレッドの变形速度  $V_t$  はタイヤ回転速度  $W_r$  により大きく変化している。

本例では、上記踏み込み端側の变形速度  $V_{tf}$  を上記回転時間算出手段 34 で算出した回転時間  $T_r$  を用いて基準化して基準化变形速度  $V_{tf}^n$  を算出し、この基準化变形速度  $V_{tf}^n$  を用いてタイヤの摩耗度合い  $M$  を推定するようにしている。上述したように、变形速度は、タイヤの回転時間  $T_r$  の 3 乗に反比例するので、本例では、下記の式 (1) を用いて上記踏み込み端側における基準化变形速度  $V_{tf}^n$  を算出する。

$$V_{tf}^n = V_{tf} \cdot T_r^3 \dots\dots (1)$$

蹴り出し端側における基準化变形速度  $V_{tk}^n$  についても同様に算出する。

タイヤの摩耗度合い  $M$  を推定するための基準化变形速度指標としては、上記踏み込み端側の基準化变形速度  $V_{tf}^n$ 、もしくは、蹴り出し端側の基準化变形速度  $V_{tk}^n$  を用いてもよいが、本例では、下記の式 (2) を用いて平均基準化变形速度を算出し、これを基準化变形速度指標  $V_t^n$  とした。

$$V_t^n = ( |V_{tf}^n| + |V_{tk}^n| ) / 2 \dots\dots (2)$$

このように、基準化变形速度指標  $V_t^n$  として、踏み込み端側と蹴り出し端側の平均値である平均基準化变形速度を用いれば、タイヤ 1 に作用する前後力やタイヤ 1 の姿勢角の影響を受けにくくなるので、より安定した推定を行うことができる。なお、上記基準化变形速度指標  $V_t^n$  の算出に  $V_{tf}^n$  の絶対値と  $V_{tk}^n$  の絶対値を用いたのは、トレッドの变形速度  $V_t$  の符号が踏み込み端側と蹴り出し端側とで正負逆になるからである。

図 16 は、タイヤ回転速度  $W_r$  と上記算出された基準化变形速度指標  $V_t^n$  との関係を示す図である。基準化变形速度指標  $V_t^n$  は、タイヤ回転速度  $W_r$  が 80 km/h まではほぼ一定の値となっており、摩耗が進むほど变形速度の指標である基準化变形速度指標  $V_t^n$  の値は大きくなっている。タイヤ回転速度  $W_r$  が 120 km/h になると、基準化变形速度指標  $V_t^n$  の値はやや低下している。これは、遠心力の影響が大きくなり、タイヤの動半径が変化していることが影響していると考えられる。但し、摩耗は、時間的には非常に遅い変化であるので、必ずしも常時モニタリングする必要はないと考えられるので、摩耗を推定する速度を低速側に限定しても問題はない。そこで、摩耗の推定をタイヤ回転速度  $W_r$  が 100 km/h 以下の領域、更に好ましくは、80 km/h 以下の領域で行うようにすれば、安定して摩耗の推定を行うことができる。

但し、図 16 からわかるように、残溝量が同じ 4 mm でも摩耗形状が異なる試験タイヤ 2 と試験タイヤ 3 とでは、基準化变形速度指標  $V_t^n$  の値が異なっていることから、センサ装着部、すなわち、センター部近辺の摩耗量を推定するには、摩耗形状により誤差が発生する可能性がある。また、図示はしないが、荷重が変わると撓み量が変わるので、基準化变形速度指標  $V_t^n$  の値も変化する。そこで、これらの影響を少なくするため、接地長の指標  $L_t$  の情報も推定に使用する。上記接地長の指標  $L_t$  は接地時間比算出手段 36 にて算出する。本例では、上記接地時間  $T_t$  を上記回転時間算出手段 14 で算出された回転時間  $T_r$  で除算して得られる接地時間比  $R = (T_t / T_r)$  を接地長の指標  $L_t$  とした。タイヤ摩耗推定手段 19 では、上記接地長の指標  $L_t$  のデータと上記基準化变形速度指標  $V_t^n$  のデータとを用いてタイヤの摩耗を推定する。

## 【 0 0 3 4 】

図 1 7 は、タイヤ摩耗の推定に使用するマップ（ $V(M) - L$ マップ）3 8 Mの一例を示す図で、横軸は接地長の指標  $L_t$  である接地時間比  $R$ 、縦軸は、基準化変形速度指標  $V^n_t$  である。このマップ 3 8 Mを作成するために用いたタイヤは、図 1 5 に示したタイヤの回転時間  $T_r$  とトレッドの変形速度  $V_{tj}$  との関係性を求めた時と同じ 4 種類の試験タイヤ（試験タイヤ 1 ~ 4）で、ここでは荷重を 3 ~ 7 kN まで変化させている。同図から、接地時間比  $R$  と基準化変形速度指標  $V^n_t$  との関係性を示すラインが摩耗量ごとに分かれていることがわかる。したがって、接地時間比  $R$  と基準化変形速度指標  $V^n_t$  とを比較する、すなわち、グラフをマップとして準備しておくことにより、荷重の影響を受けることなく、摩耗の度合い  $M$  を推定することができる。また、上記のグラフでは、試験タイヤ 2 と試験タイヤ 3 のタイヤのように、摩耗形状は異なっているがセンターに近い周方向溝 5 の残溝の深さが同一（約 4 mm）である場合には、接地時間比と基準化変形速度との関係性を示すラインが近い位置にあることから、摩耗形状が異なっても、摩耗の度合い  $M$  を安定して推定できることがわかる。このように、接地長の指標を用いることにより、例えば、ショルダー落ちやセンター摩耗といった摩耗形状が異なる場合でも、摩耗の度合い  $M$  を精度良く推定できる。

10

すなわち、タイヤ摩耗推定手段 3 9 にて、上記基準化変形速度指標算出手段 3 7 で算出した基準化変形速度指標を  $V^n_t$ 、上記接地時間比算出手段 3 6 で算出した接地長の指標を  $L_t$  としたとき、 $(L_t, V^n_t)$  が、上記マップ 3 8 M の、摩耗の度合い  $M$  により異なる複数のラインのうちどのライン上に乗るか、あるいは、上記複数のラインのうちどのラインとどのラインとの間にあるか調べれば、当該タイヤの摩耗の度合い  $M$  を精度よく推定することができる。

20

## 【 0 0 3 5 】

このように本最良の形態 3 では、タイヤ 1 のインナーライナー部 2 に加速度センサ 1 1 を設けてトレッド 3 のタイヤ径方向の加速度を検出し、この検出した径方向加速度の微分波形に現れるトレッド 3 の踏み込み端側と蹴り出し端側のピーク  $P_f, P_k$  のレベルをそれぞれ算出してこれを当該タイヤのトレッドの変形速度  $V_{tf}, V_{tk}$  とするとともに、上記蹴り出し端側ピーク  $P_k$  の周期からタイヤの回転時間  $T_r$  を、踏み込み端側のピーク  $P_f$  と蹴り出し端側のピーク  $P_k$  との時間差から接地時間  $T_t$  を求める。そして、上記踏み込み端側及び蹴り出し端側の変形速度  $V_{tf}, V_{tk}$  を上記回転時間算出手段 3 4 で算出した回転時間  $T_r$  の情報を用いてそれぞれ基準化した踏み込み端側基準化変形速度  $V^n_{tf}$  と蹴り出し端側基準化変形速度  $V^n_{tk}$  との絶対値の平均から基準化変形速度指標  $V^n_t$  を算出するとともに、上記接地時間  $T_t$  を上記回転時間  $T_r$  で除算した接地時間比  $R$  を接地長の指標  $L_t$  とし、上記基準化変形速度指標  $V^n_t$  と上記接地長の指標  $L_t$  と、予め求めておいた基準化変形速度指標  $V^n_t$  と接地長の指標  $L_t$  との関係性を示すマップ 3 8 M とから、当該タイヤの摩耗の度合い  $M$  を推定するようにしたので、タイヤの摩耗形状が異なった場合でも、タイヤの摩耗を精度よく推定することができる。

30

また、トレッド 3 の変形速度  $V_{tj}$  ( $j = f, k$ ) は、タイヤの回転時間  $T_r$  の 3 乗に反比例するので、基準化変形速度  $V^n_{tj}$  を式  $V^n_{tj} = V_{tj} \cdot T_r^3$  を用いて算出すれば、タイヤ回転速度  $W_r$  の影響の極めて少ない基準化変形速度  $V^n_{tj}$  を得ることができる。

40

更に、本例では、加速度センサ 1 1 の出力から上記変形速度  $V_{tj}$ 、回転時間  $T_r$ 、及び、接地時間  $T_t$  を算出することができるので、装置を小型化することができるのと同時に、信号処理回路も簡素化できる。

また、上記加速度センサ 1 1 はタイヤ接地面に露出しないので、耐久性に優れるとともに、グリップ力などのタイヤ性能を損なうことなく、タイヤの摩耗を推定することができる。

## 【 0 0 3 6 】

なお、上記最良の形態 3 では、図 1 4 に示した加速度センサ 1 1 で検出した径方向加速度の微分波形のピーク  $P_f, P_k$  の位置を接地端とし、この接地端の加速度微分値（微分ピーク値）をトレッド 3 の変形速度の指標  $V_{tj}$  ( $j = f, k$ ) をとしたが、図 1 3 に示した

50

径方向加速度波形の上記接地端における傾きを算出し、これをトレッド3の変形速度 $V_{tj}$  ( $j = f, k$ )としてもよい。

また、上記例では、予め求めた、タイヤの摩耗の度合い $M$ ごとの、基準化された変形速度の指標 $V^n_t(M)$ と接地長の指標 $L_t(M)$ との関係を示す $V(M) - L$ マップ38Mを用いて当該タイヤの摩耗の度合い $M$ を推定したが、上記計測された接地長の指標 $L_t(M)$ と上記基準化した変形速度の指標 $V^n_t(M)$ との相関式を求め、この相関式の係数の大きさ、あるいは、その使用初期からの変化量に基づいて当該タイヤの摩耗の度合い $M$ を推定するようにしてもよい。上記図17に示したタイヤの摩耗の度合い $M$ ごとのラインは直線性が高いので、上記相関式としては1次近似でも十分である。例えば、1次近似の場合には、 $a, b$ を定数として、 $V^n_t(M) = a \cdot L_t(M) + b$ とする。そして、上記 $a$ の値を予め固定し、 $b$ の値によって摩耗の度合い $M$ を推定する。なお、場合によっては、多項式近似や指数近似などの推定精度の高い相関式を用いてもよい。

10

また、上記例では、トレッド3の変形速度をタイヤの回転時間 $T_r$ を用いて基準化したが、タイヤ回転速度 $W_r$ を用いて基準化してもよい。すなわち、トレッド3の変形速度の指標 $V_{tj}$  ( $j = f, k$ )はタイヤ回転速度 $W_r$ の3乗に比例するので、上記変形速度の指標 $V_{tj}$  ( $j = f, k$ )を、上記タイヤ回転速度 $W_r$ で除算してやればよい。上記タイヤ回転速度 $W_r$ は、例えば、荷重負荷状態でタイヤが1回転する長さである回転長さ係数 $S$ を上記回転時間 $T_r$ で除算するなどして求めることができる。

また、上記例では、接地時間算出手段35で算出した接地時間 $T_t$ を回転時間算出手段34で算出された回転時間 $T_r$ で除算して得られた接地時間比を接地長の指標 $L_t$ としたが、上記接地時間 $T_t$ を接地長の指標 $L_t$ としてもよい。あるいは、接地面のタイヤ周方向の長さ $L$ を接地長の指標 $L_t$ としてもよい。なお、上記接地面のタイヤ周方向の長さ(接地長) $L$ は、上記接地時間 $T_t$ に上記タイヤ回転速度 $W_r$ を乗算して求めることができる。

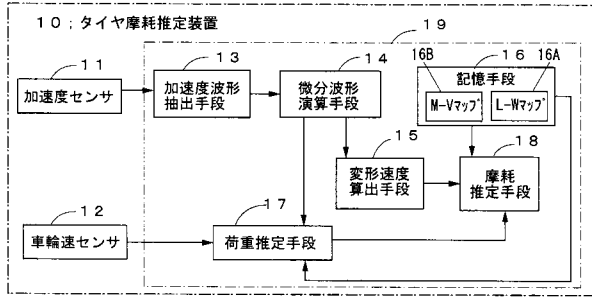
20

【産業上の利用可能性】

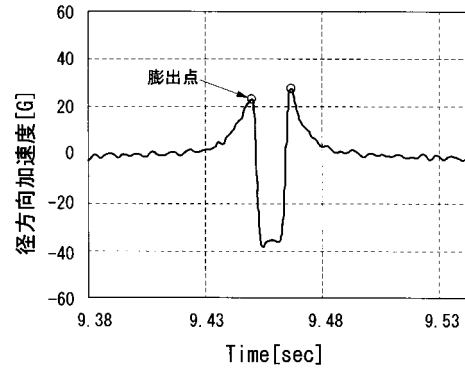
【0037】

以上説明したように、本発明のタイヤ摩耗推定方法を用いれば、センサ及びタイヤの耐久性を向上させることができるとともに、タイヤの摩耗度合を安定してかつ精度よく推定することができるので、当該タイヤの摩耗を、例えば、警報手段等を用いてドライバーに認識させるなどすれば、車輛の走行安全性を向上させることができる。

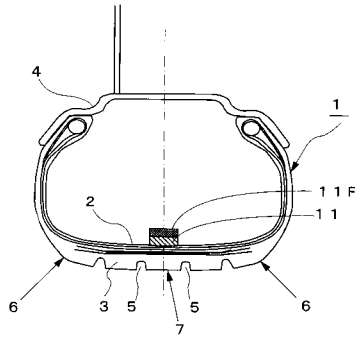
【 図 1 】



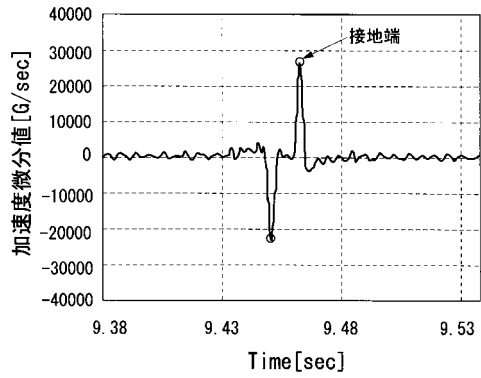
【 図 3 】



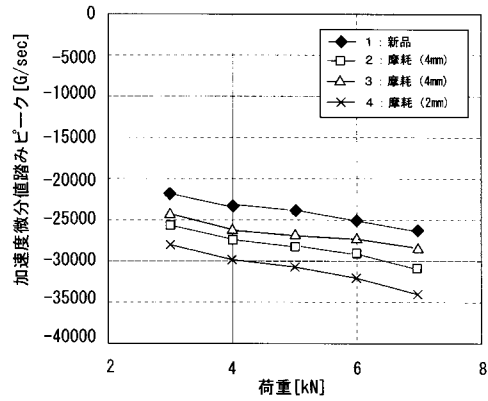
【 図 2 】



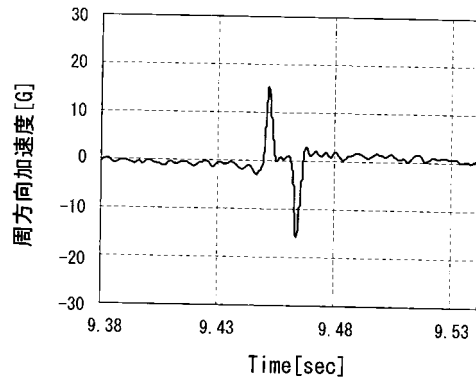
【 図 4 】



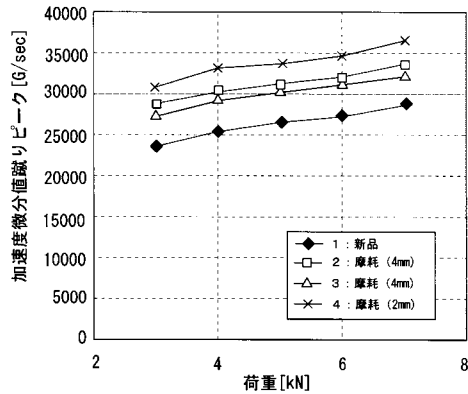
【 図 5 】



【 図 7 】

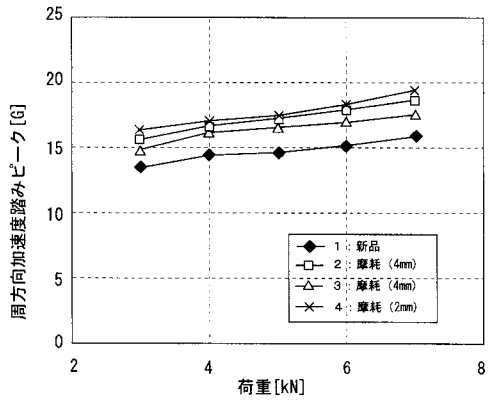


【 図 6 】

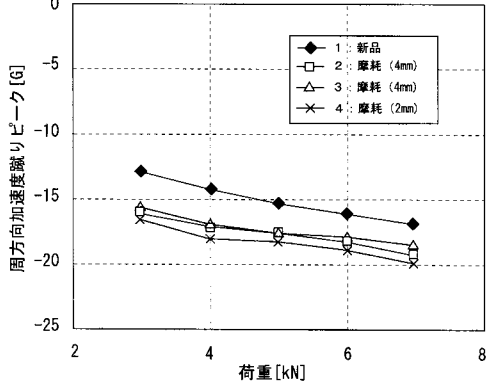


【図 8】

(a)

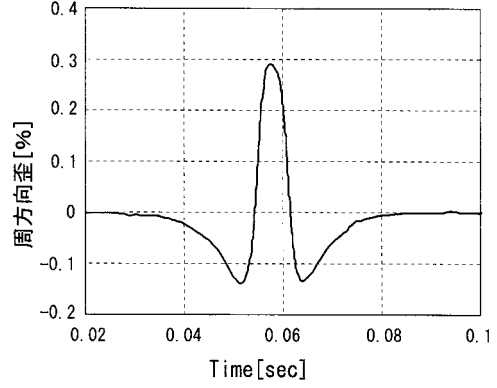


(b)

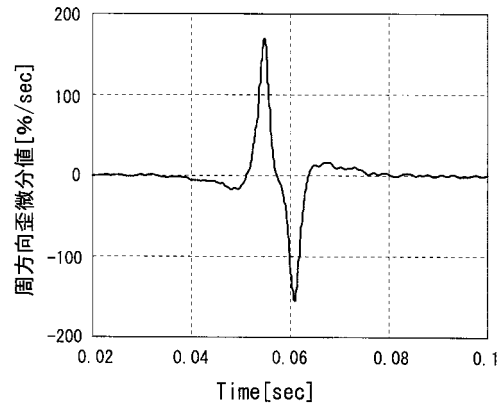


【図 9】

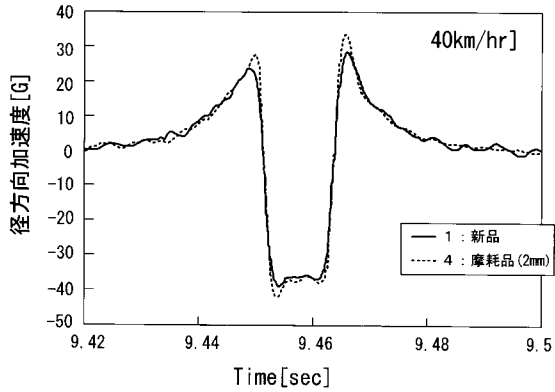
(a)



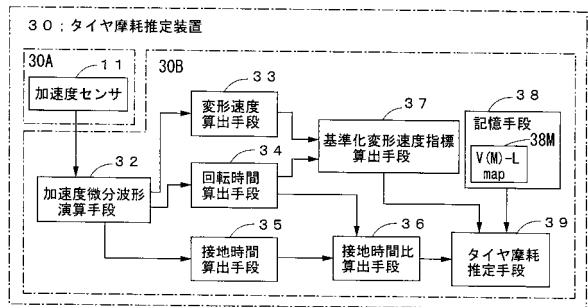
(b)



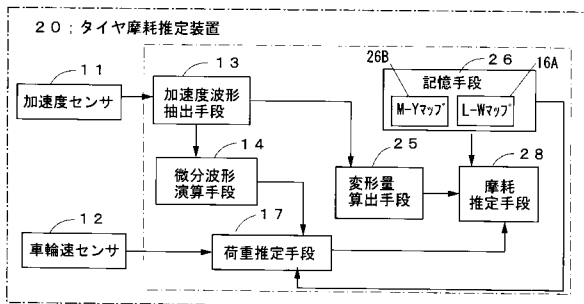
【図 10】



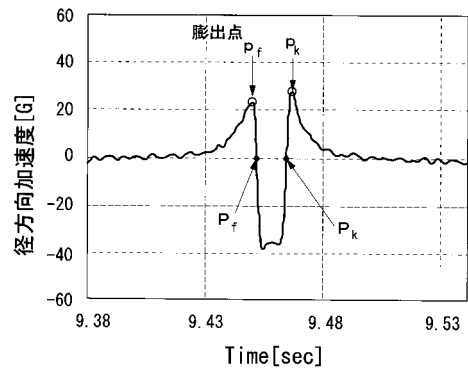
【図 12】



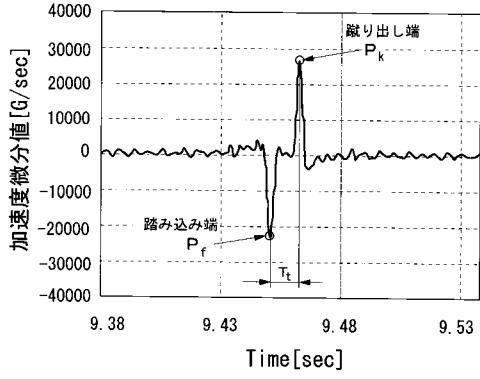
【図 11】



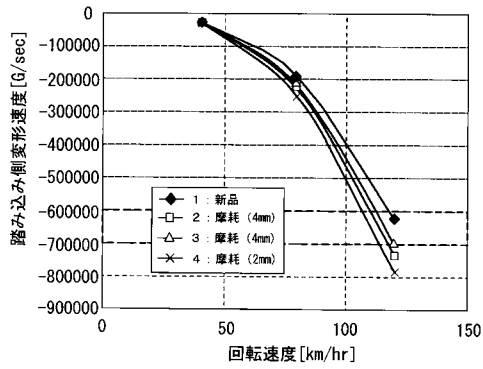
【図 13】



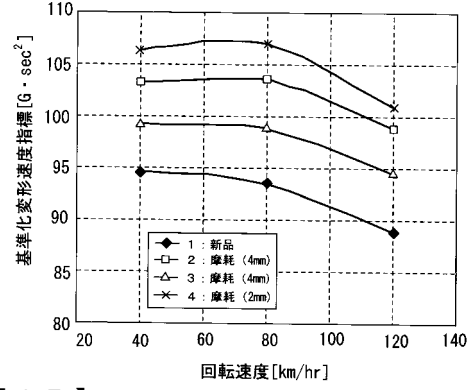
【図 14】



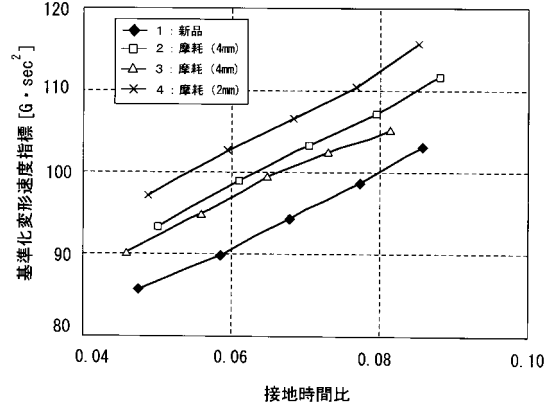
【図 15】



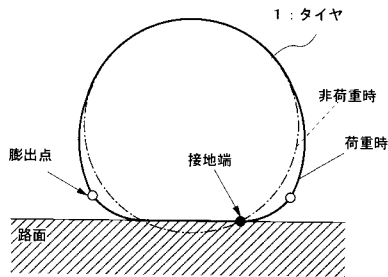
【図 16】



【図 17】



【図 18】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-153034(JP,A)  
特開2006-290228(JP,A)  
特開2007-168671(JP,A)  
特開2006-145366(JP,A)  
国際公開第2006/001255(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 17/02

B60C 19/00