

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4349151号  
(P4349151)

(45) 発行日 平成21年10月21日(2009.10.21)

(24) 登録日 平成21年7月31日(2009.7.31)

(51) Int.Cl.

F I

B 6 0 C 19/00 (2006.01)

B 6 0 C 19/00 B

B 6 0 C 23/06 (2006.01)

B 6 0 C 23/06 Z

G O 1 B 21/32 (2006.01)

G O 1 B 21/32

G O 1 L 5/20 (2006.01)

G O 1 L 5/20

G O 1 M 17/02 (2006.01)

G O 1 M 17/02 B

請求項の数 6 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2004-50875 (P2004-50875)  
 (22) 出願日 平成16年2月26日(2004.2.26)  
 (65) 公開番号 特開2005-238961 (P2005-238961A)  
 (43) 公開日 平成17年9月8日(2005.9.8)  
 審査請求日 平成18年4月26日(2006.4.26)

(73) 特許権者 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (74) 代理人 100079669  
 弁理士 神戸 典和  
 (74) 代理人 100111394  
 弁理士 佐藤 光俊  
 (72) 発明者 小川 敦司  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 岩田 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 接触状態取得装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

タイヤを備えた車輪に設けられ、前記タイヤに路面と平行な方向に作用する力に起因する前記タイヤの変形を検出する変形検出装置と、

その変形検出装置によって検出された変形に基づいてタイヤの路面に対するスリップ状態と、路面と平行な方向にタイヤに加えられる力との少なくとも一方を取得する接触状態取得部と

を含む接触状態取得装置であって、

前記接触状態取得部が、前記タイヤと路面との間の粘着領域とすべり領域との比率と1対1に対応する比率対応量を取得する比率対応量取得部と、少なくともその比率対応量取得部によって取得された前記比率対応量に基づいて、前記スリップ状態と前記路面と平行な方向の力との少なくとも一方を取得する比率等対応接触状態取得部とを含むことを特徴とする接触状態取得装置。

【請求項 2】

前記比率対応量取得部が、前記変形検出装置によって検出された前記タイヤの幅方向の歪みの時間的な変化状態に基づいて前記比率対応量を取得する変化状態対応比率対応量取得部を含み、前記比率等対応接触状態取得部が、少なくとも前記変化状態対応比率対応量取得部によって取得された前記比率対応量に基づいて前記タイヤと路面との間の摩擦係数を取得する比率対応量依拠摩擦係数取得部を含む請求項 1 に記載の接触状態取得装置。

【請求項 3】

10

20

前記比率等対応接触状態取得部が、(a)前記車輪の横すべり角を取得する横すべり角取得部と、(b)前記タイヤと路面との間の摩擦係数を取得する摩擦係数取得部との少なくとも一方を含む請求項 1 に記載の接触状態取得装置。

【請求項 4】

前記変形検出装置が、前記タイヤに路面と平行に横方向に作用する力に起因する前記タイヤの幅方向の歪みを検出する幅方向歪み検出部を含む請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の接触状態取得装置。

【請求項 5】

前記変形検出装置が、前記タイヤの定常状態において周方向に連続する部分の実際の長さの変化を検出する実長さ変化検出部を含み、前記接触状態取得部が、少なくとも、前記実長さ検出部によって検出された実長さの変化量と、前記タイヤと路面との間の摩擦係数とに基づいて横すべり角を取得する摩擦係数依拠横すべり角取得部を含む請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の接触状態取得装置。

【請求項 6】

前記接触状態取得部が、前記タイヤの路面との接触部の、タイヤの回転面と平行な方向の長さ、前記タイヤの幅方向の歪みに応じた幅方向の変形量とに基づいて横すべり角を取得する幅方向歪み対応横すべり角取得部を含む請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の接触状態取得装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、タイヤの路面に対する接触状態を取得する接触状態取得装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、接触状態取得装置の一例として、車体側部設けられ、タイヤの路面に対する接地点のタイヤの回転軸線と同一直線上の移動速度を検出するタイヤ回転軸線方向速度検出部と、前記接地点のタイヤの中心線と同一直線上の移動速度を検出する中心線方向速度検出部と、これら中心線方向移動速度と回転軸線方向移動速度とに基づいて横すべり角を演算する横すべり角演算部とを含む横すべり角取得装置が記載されている。

タイヤの接地点において、車体重心の速度を平行移動したベクトルと、重心の鉛直線軸（ヨー軸）回りの接線ベクトルとの和のベクトル（タイヤの進行方向のベクトル）のタイヤの中心線に対する角度が横すべり角であることを利用して取得されるのであり、進行方向ベクトルの中心線方向の移動速度と回転軸方向の移動速度とが、それぞれ、中心線方向移動速度検出部、回転軸線方向移動速度検出部によって検出され、これらに基づいて横すべり角が取得されるのである。

【特許文献 1】特開平 6 - 3 4 1 8 2 2 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の課題は、タイヤの路面に対する接触状態を取得する接触状態取得装置の改良である。

【課題を解決するための手段】

【0004】

請求項 1 の発明に係る接触状態取得装置は、(a)タイヤを備えた車輪に設けられ、前記タイヤに路面と平行な方向に作用する力に起因する前記タイヤの変形を検出する変形検出装置と、(b)その変形検出装置によって検出された変形に基づいてタイヤの路面に対するスリップ状態と、路面と平行な方向に前記タイヤに加えられる力との少なくとも一方を取得する接触状態取得部とを含むものであって、前記接触状態取得部が、前記タイヤと路面との間の粘着領域とすべり領域との比率と 1 対 1 に対応する比率対応量を取得する比率対

10

20

30

40

50

応量取得部と、少なくともその比率対応量取得部によって取得された前記比率対応量に基づいて、前記スリップ状態と前記路面と平行な方向の力との少なくとも一方を取得する比率等対応接触状態取得部とを含むものとされる。

本項に記載の接触状態取得装置においては、タイヤの変形に基づいて、タイヤの路面に対するスリップ状態と路面と平行な方向の力との少なくとも一方が取得される。

車両が直進している場合には、車輪の路面に対する接触点（例えば、タイヤのトレッド部の中心線上の予め決められた点が路面と接触した場合の点をいう）の進行方向（以下、単に進行方向と略称する）と、車輪の回転面（中心面）と路面との交線方向（以下、単に回転面方向と略称する）とが一致するが、旋回している場合には、タイヤの路面との接触面は進行方向に向こうとするため、進行方向と回転面方向とが一致しなくなる。この進行方向と回転面方向との成す角度が横すべり角である。車輪が横すべり角を伴って回転している状態においては、タイヤと路面との間に横方向の力が発生する。横方向の力としての横力は横すべり角が大きい場合は小さい場合より大きくなり、横力に起因するモーメントがセルフアライニングトルクであり、横すべり角を小さくする向きに作用する。

また、この車輪が横すべり角を伴って回転している状態において、図 7 に示すように、タイヤの弾性体リング（ブレーカあるいはベルトに対応）の中心線上の点は点 A（接触開始点）→点 E→点 C（接触終了点）に沿って回転し、タイヤのトレッド部の路面に対する接触点（以下、単に接触点と称する）は路面からの力によって点 A→点 B→点 C の軌跡に沿って移動させられる。接触点は点 A から点 B まで路面と接触しながら移動するが、この領域において、トレッド部は、路面と弾性体リングとにより弾性変形させられる。その場合の歪み（剪断歪み）は、点 A から点 B に移動するのに従って大きくなり、トレッド部には歪みに応じた力（以下、変形に起因する力であるため変形力と称する）が発生させられる。この変形力が路面の最大摩擦力より小さい領域においては、タイヤの接触点は進行方向に沿って移動させられ、歪みの増加に応じて変形力が増加する。そして、変形力が路面の摩擦力を越えると、タイヤの路面に対する接触点は点 B から点 C に向かってすべる。このように、タイヤの接触点が点 A から点 B へ移動させられる領域が粘着領域であり、接触点が点 B から点 C まですべる領域がすべり領域である。点 B は、変形力が最大摩擦力を越える点である。

路面の摩擦係数が同じで、最大摩擦力が同じである場合において、横すべり角が小さい場合には、変形力が最大摩擦力を越えない領域が大きくなるため、粘着領域のすべり領域に対する比率が大きくなる。横すべり角が非常に小さい場合にはすべり領域が非常に小さくなる。横すべり角が大きくなると、変形力が最大摩擦力を越える点が点 A に近づくため、粘着領域のすべり領域に対する比率が小さくなる。このように、路面の摩擦係数が同じ場合においては、横すべり角が大きい場合は小さい場合より粘着領域のすべり領域に対する比率が小さくなる。また、横すべり角が同じである場合において、路面の最大摩擦力が大きい場合は変形力が最大摩擦力を越えない領域が大きくなるため、粘着領域のすべり領域に対する比率が大きくなる。また、最大摩擦力が小さい場合は点 B が点 A に近づくため、粘着領域が小さくなり、比率が小さくなる。

これらの事実から、粘着領域のすべり領域に対する比率に基づけば、横すべり角や路面の摩擦係数を取得することができるのである。なお、後述するように、比率は変形検出装置による検出値に基づいて求められる場合、路面の摩擦係数等に基づいて推定される場合、路面の摩擦係数および車両の旋回状態等に基づいて推定される場合等がある。

粘着領域とすべり領域との比率に 1 対 1 に対応する比率対応量には、粘着領域のすべり領域に対する比率や、この比率と 1 対 1 に対応する物理量が含まれる。例えば、粘着領域の接地長さ（粘着領域とすべり領域との和）に対する比率が該当する。同じ接地長さにおいて、粘着領域が増加するとすべり領域が減少するため、粘着領域のすべり領域に対する比率の増加に伴って粘着領域の接地長さに対する比率が増加し、これらは 1 対 1 に対応する。また、すべり領域の接地長さに対する比率は、粘着領域のすべり領域に対する比率の増加に伴って減少するが、すべり領域の接地長さに対する比率と粘着領域のすべり領域に対する比率とも、1 対 1 に対応する。また、粘着領域とすべり領域との比率には、粘着領

10

20

30

40

50

域とすべり領域との少なくとも一方の長さ自体も該当する。接地長さが取得される場合（タイヤの形状、大きさ等に基づいて予め決められる場合、タイヤの形状、大きさ等と空気圧と荷重との少なくとも一方とに基づいて取得される場合等がある）において、粘着領域が増加すれば、上述の比率が増加し、これらは１対１に対応することになる。すべり領域についても同様であり、すべり領域が増加すれば粘着領域が減少し、上述の比率が小さくなるのであり、これらは１対１に対応する。

【発明の効果】

【０００５】

このように、本願に係る接触状態取得装置においては、タイヤの変形を検出する変形検出装置が設けられ、その変形検出装置によって検出されたタイヤの変形に基づいてタイヤの路面に対するスリップ状態やタイヤに加えられる路面と平行な方向の力が取得される。そのため、スリップ状態や路面と平行な方向の力を正確に取得することができる。

【特許請求可能な発明】

【０００６】

以下に、本願において特許請求が可能と認識されている発明（以下、「請求可能発明」という場合がある。請求可能発明は、少なくとも、請求の範囲に記載された発明である「本発明」ないし「本願発明」を含むが、本願発明の下位概念発明や、本願発明の上位概念あるいは別概念の発明を含むこともある。）の態様をいくつか例示し、それらについて説明する。各態様は請求項と同様に、項に区分し、各項に番号を付し、必要に応じて他の項の番号を引用する形式で記載する。これは、あくまでも請求可能発明の理解を容易にするためであり、請求可能発明を構成する構成要素の組み合わせを、以下の各項に記載されたものに限定する趣旨ではない。つまり、請求可能発明は、各項に付随する記載、実施例の記載等を参酌して解釈されるべきであり、その解釈に従う限りにおいて、各項の態様にさらに他の構成要素を付加した態様も、また、各項の態様から構成要素を削除した態様も、請求可能発明の一態様となり得るのである。

【０００７】

以下の各項のうち、(9)項、(12)項が請求項１，２に対応し、(8)項が請求項３に対応し、(2)項が請求項４に対応し、(18)項が請求項５に対応し、(20)項が請求項６に対応する。

【０００８】

(１) タイヤを備えた車輪に設けられ、前記タイヤに路面と平行な方向に作用する力に起因する前記タイヤの変形を検出する変形検出装置と、

その変形検出装置によって検出された変形に基づいてタイヤの路面に対するスリップ状態と、路面からタイヤに加えられる路面に平行な方向の力との少なくとも一方を取得する接触状態取得部と

を含むことを特徴とする接触状態取得装置。

本項に記載の接触状態取得装置においては、タイヤの変形に基づいて、タイヤの路面に対するスリップ状態と路面と平行な方向の力との少なくとも一方が取得される。

変形検出装置は、タイヤに作用する路面と平行な力に起因するタイヤの変形を検出するものである。変形検出装置は、路面と平行にタイヤの横方向に加えられる力に起因するタイヤの幅方向の変形を検出するものであっても、路面と平行にタイヤの前後方向に加えられる力に起因するタイヤの前後方向（周方向）の変形を検出するものであってもよい。また、変形検出装置は、歪みゲージを備えたものとしたり、圧電素子を備えたものとしたりすること等ができる。さらに、変形検出装置は、タイヤの幅方向あるいは周方向の変形量を検出するものであっても歪みを検出するものであってもよい。変化量と歪みとのいずれか一方が検出されれば他方を取得することができるため、以下、本明細書において、これらは同じ内容を表すものとして使用する。

接触状態取得部は、タイヤの路面に対するスリップ状態と路面と平行に加えられる力との少なくとも一方を取得する。タイヤのスリップ状態は、タイヤが実際にスリップしており、スリップが問題となる場合において、そのスリップの程度を表す状態であっても、実

際にスリップしていないかスリップの程度が小さく、スリップしていることが問題にならない場合において、スリップし易いか否か、スリップし易さの程度等を表す状態であってもよい。スリップの程度は、例えば、スリップ量、スリップ率、横すべり角（スリップ角と称することもある）等で表すことができる。また、路面の摩擦係数が小さい場合は大きい場合よりスリップの程度が大きくなることが多いため、摩擦係数もスリップの程度に該当すると考えることができる。さらに、スリップし易いか否か、スリップのし易さの程度等は、例えば、路面の摩擦係数で表すことができる。

路面と平行に加えられる力には、タイヤの横方向に加えられる力（例えば、横力やコーナリングフォース）、前後方向に加えられる力（駆動力、制動力）、これら横方向と前後方向との両方の成分を有する力等が該当し、上下方向の力は該当しない。路面と平行な方向の力は、路面との間の摩擦力に対応するため、路面とタイヤとの間の摩擦係数は路面と平行な方向の力に該当すると考えることができる。路面と平行な方向の力は、タイヤが実際にスリップしている場合に取得されるようにしても、実際にスリップしていない場合あるいはスリップしていることが問題とならない場合に取得されるようにしてもよい。

(2) 前記変形検出装置が、前記タイヤに路面と平行に横方向に作用する力に起因する前記タイヤの幅方向の歪みを検出する幅方向歪み検出部を含む(1)項に記載の接触状態取得装置。

タイヤの幅方向の歪みを検出すれば、路面と平行にタイヤの横方向に作用する力を取得したり、タイヤの横方向のスリップ状態を取得したりすることができる。タイヤの幅方向は、タイヤの回転軸線と平行な方向をいう。

(3) 前記幅方向歪み検出部が、前記タイヤの半径方向に伸びた部分の、タイヤの幅方向の変形に起因する歪みを検出する検出部を含む(2)項に記載の接触状態取得装置。

半径方向に伸びた部分の歪みが検出されるようにすれば、タイヤの幅方向の歪みを正確に取得することができる。例えば、幅方向歪み検出部としての一例である歪みゲージをタイヤの半径方向に伸び、かつ、幅方向の歪みを検出可能な姿勢で設けることが望ましい。

また、1つのタイヤに設ける検出部の個数は、1つであっても複数個であってもよい。複数個設けられた場合には、複数個の検出部各々による検出値を処理して幅方向の歪みが取得されるようにすることができ、そのようにすれば、外乱に起因する誤差を小さくすることができる。

(4) 当該接触状態取得装置が、車両の旋回走行中における前記検出部による検出値から車両の直進走行中における前記検出部による検出値を引いた値に基づいて前記タイヤに路面と平行に横方向に加えられる力に起因する歪みを取得する情報処理部を含む(3)項に記載の接触状態取得装置。

幅方向歪み検出部による出力値には、車輪に加わる荷重（上下方向の力）に起因する変化も含まれる。そのため、直進状態における検出値を旋回状態における検出値から引いた値に基づけば、横方向の力に起因する歪みを取得することができる。この場合において、直進状態と旋回状態とで、走行速度が同じ場合の検出値に基づいて処理が行われることが望ましい。

なお、車両の停止状態において荷重に起因する歪みを検出し、その検出値を旋回走行中の検出値から引くこともできる。

(5) 前記幅方向歪み検出部が、前記タイヤの定常状態において周方向に連続した部分の実際の長さの、前記タイヤに路面と平行に横方向に作用する力に起因する変化を検出する検出部を含む(2)項ないし(4)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

定常状態は、タイヤに力（路面と平行な方向の力、上下方向の力およびこれらの成分を有する力等）が加わっていない状態であり、例えば、タイヤを備えた車輪が車両に組み付けられていない状態をいう。この状態において、タイヤの周方向に連続した部分の実際の長さは、タイヤの検出部が設けられた部分の直径と、その検出部が設けられた部分に対応する中心角とを掛けた長さとなる。この検出部が、路面と平行な横方向の力によって変形させられると、検出部自体の長さ（定常状態においてタイヤの周方向に連続する部分の長さ）が変化する。そのことに基づけば、タイヤの幅方向の歪みを取得することができる。

本項に記載の検出部は、タイヤの円周（全体）に渡って連続した部分の実際の長さの変化を検出するものであっても、タイヤの円周の一部（円弧）において連続した部分の実際の長さの変化を検出するものであってもよい。円弧状に連続した部分の長さの変化を検出する場合には、1つのタイヤに対して、1箇所に設けても複数箇所に設けてもよい。また、前述のように、複数箇所に設けた場合には、これらの検出値を処理して幅方向歪みを検出することができる。

(6) 前記変形検出装置が、前記タイヤに路面と平行に前後方向に作用する力に起因する前記タイヤの周方向の歪みを検出する周方向歪み検出部を含む(1)ないし(5)項に記載の接触状態取得装置。

周方向の歪みを検出すれば、路面と平行にタイヤの前後方向に作用する力を取得したり、タイヤの前後方向のスリップ状態を取得したりすることができる。

(7) 前記周方向歪み検出部は、前記タイヤの半径方向と平行な方向に伸びた部分の、タイヤの周方向の変形に伴う歪みを検出する検出部を含む(6)項に記載の接触状態取得装置。

#### 【0009】

(8) 前記接触状態取得部が、前記変形検出装置によって検出されたタイヤの変形の状態に基づいて、(a)前記車輪の横すべり角を取得する横すべり角取得部と、(b)前記タイヤと路面との間の摩擦係数を取得する摩擦係数取得部との少なくとも一方を含む(1)項ないし(7)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

横すべり角や摩擦係数が取得できれば、車両の走行制御において有効である。摩擦係数の取得には、摩擦係数の大きさ自体の取得、摩擦係数が大きい小さいかの取得等が該当し、摩擦係数の大きさ自体の取得に限定されない。

(9) 前記接触状態取得部が、前記タイヤと路面との間の粘着領域とすべり領域との比率を取得する比率対応量取得部と、少なくともその比率対応量取得部によって取得された比率対応量に基づいて、前記スリップ状態と前記路面と平行な方向の力との少なくとも一方を取得する比率等対応接触状態取得部とを含む(1)項ないし(8)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

(10) 前記比率等対応接触状態取得部が、車両の旋回状態を検出する旋回状態検出部を含み、その旋回状態検出部によって検出された車両の旋回状態と前記比率対応量とに基づいて前記スリップ状態と前記タイヤに加わる路面と平行な方向の力との少なくとも一方を取得するものである(9)項に記載の接触状態取得装置。

通常、タイヤに作用する横方向の力としてのコーナリングフォースは車両の旋回状態によって決まり、コーナリングフォースが大きい場合は小さい場合より横すべり角が大きくなる。限界状態に達する前においては、車輪の舵角や操舵部材の操舵量（以下、操舵量等と称する）が大きい場合は小さい場合よりコーナリングフォースが大きく、操舵量等が大きい場合は横すべり角が大きいと推定することができる。

また、コーナリングフォースは車両に加わる遠心力に応じた大きさであると考えれば、旋回半径（操舵角等の逆数にほぼ比例）と車速とに基づいて決まる遠心力が大きい場合は小さい場合より横すべり角が大きいと推定することができる。

いずれにしても、車両の旋回状態に基づけば、路面の摩擦係数を取得する場合、比率対応量を取得する場合等に有効である。

#### 【0010】

(11) 前記比率対応量取得部が、前記タイヤの幅方向の歪みの時間的な変化状態に基づいて前記粘着領域とすべり領域との比率対応量を取得する変化状態対応比率対応量取得部を含む(9)項または(10)項に記載の接触状態取得装置。

例えば、幅方向の歪みがピーク（最大値）付近に達した時点、幅方向の変形が始まった時点（例えば、歪みが最初に検出された時点）、変形が終了した時点（例えば、歪みがほぼ0になった時点）に基づけば、粘着領域とすべり領域との比率に対応する比率対応量を取得することができる。

(12) 前記比率等対応接触状態取得部が、少なくとも前記比率対応量取得部によって取

10

20

30

40

50

得された比率対応量に基づいて路面の摩擦係数を取得する摩擦係数取得部を含む(11)項に記載の接触状態取得装置。

横すべり角が同じ場合において、粘着領域のすべり領域に対する比率が大きい場合は小さい場合より摩擦係数が大きいと推定することができる。

(13) 前記比率等対応接触状態取得部が、車両の旋回状態を取得する旋回状態検出部を含み、前記摩擦係数取得部が、その旋回状態検出部によって検出された旋回状態と前記比率対応量とに基づいて前記摩擦係数を取得するものである(12)項に記載の接触状態取得装置。

旋回状態と歪みの変化状態に基づいて取得された比率対応量とに基づけば、路面の摩擦係数を正確に取得することができる。

10

【0011】

(14) 前記比率対応量取得部が、少なくとも前記タイヤと路面との間の摩擦係数に基づいて、前記粘着領域と前記すべり領域との比率に対応する比率対応量を取得する路面 $\mu$ 対応比率対応量取得部を含む(9)項ないし(13)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

旋回状態が同じである場合において、タイヤと路面との間の摩擦係数が大きい場合は小さい場合より粘着領域のすべり領域に対する比率が大きくなる。

摩擦係数は、路面の表面状態を検出するセンサ等によって検出された路面状態に基づいて取得したり、制動スリップや駆動スリップが生じた場合の制動力、駆動力等に基づいて取得したりすることができる。また、ナビゲーションシステムを利用した場合に、道路情報に基づいて取得することもできる。

20

(15) 前記接触状態取得部が、車両の旋回状態を取得する旋回状態検出部を含み、前記路面 $\mu$ 対応比率対応量取得部が、その旋回状態検出部によって検出された車両の旋回状態と前記路面の摩擦係数とに基づいて前記比率対応量を取得するものである(14)項に記載の接触状態取得装置。

(16) 前記変形検出装置が、前記タイヤの定常状態において周方向に連続した部分の実長の長さの、前記タイヤに路面と平行に横方向に作用する力に起因する変化を検出する幅方向歪み検出部を含み、前記接触状態取得部が、少なくとも、前記変形検出装置によって検出された前記タイヤの周方向の連続した部分の実長さの変化量と、前記比率対応量取得部によって取得された比率対応量とに基づいて横すべり角を取得する横すべり角取得部を含む(14)項または(15)項に記載の接触状態取得装置。

30

比率対応量と同じである場合には、実長さの変化量が大きい場合は小さい場合より横すべり角が大きいとすることができる。

(17) 前記変形検出装置が、前記タイヤに路面と平行に横方向に作用する力に起因する前記タイヤの幅方向の歪みを検出する幅方向歪み検出部を含み、前記接触状態取得部が、少なくとも前記変形検出装置によって検出されたタイヤの幅方向の歪みのピーク値と、前記比率対応量取得部によって取得された比率対応量とに基づいて横すべり角を取得する横すべり角取得部を含む(14)項または(15)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

タイヤの変形に関して路面の最大摩擦力を利用している場合、すなわち、変形力が最大摩擦力を越えた場合には、ピーク値は路面の最大摩擦力に応じた大きさであるため、ピーク値が大きい場合は小さい場合より路面 $\mu$ が大きいとすることができる。また、摩擦係数、車輪に加わる荷重等に基づけば、路面と平行に横方向に加わる力としての最大摩擦力を取得することができる。

40

また、粘着領域とすべり領域との比率が同じである場合には、ピーク値が大きい場合は小さい場合より横すべり角が大きいとすることができる。ピーク値が同じである場合には、比率が大きい場合は小さい場合より横すべり角が小さいとすることができる。

このように、ピーク値と比率とに基づけば路面の摩擦係数や横すべり角を推定することができる。

【0012】

(18) 前記変形検出装置が、前記タイヤの定常状態において周方向に連続する部分の実

50

際の長さの変化量を検出する実長さ変化検出部を含み、前記接触状態取得部が、少なくとも、前記実長さの変化量と前記タイヤと路面との間の摩擦係数とに基づいて横すべり角を取得する摩擦係数依拠横すべり角取得部を含む(1)項ないし(17)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

旋回状態が同じである場合において、摩擦係数が大きい場合は小さい場合より粘着領域のすべり領域に対する比率が大きくなる。また、比率が同じである場合において、タイヤの周方向に連続した部分の実際の長さの変化量が大きい場合は小さい場合より横すべり角が大きいと推定することができる。

(19) 前記変形検出装置が、前記タイヤの定常状態における周方向に連続した部分の実際の長さの変化量を検出する実長さ変化検出部を含み、前記接触状態取得部が、前記実長さの変化量と、車両の旋回状態と、前記タイヤと路面との間の摩擦係数とに基づいて横すべり角を取得する横すべり角取得部を含む(1)項ないし(17)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

10

本項に記載の接触状態取得装置においては、実長さの変化量と、旋回状態と、摩擦係数とに基づいて横すべり角が取得される。

また、実長さの変化量と旋回状態とに基づいて摩擦係数を取得することができる。旋回状態が同じ場合において、実長さの変化量が大きい場合は小さい場合より比率が大きくなり、摩擦係数が大きい。

#### 【0013】

(20) 前記接触状態取得部が、前記タイヤと路面との接触部の、タイヤの回転面と平行な方向の長さ、前記タイヤの幅方向の歪みに応じた幅方向の変形量とに基づいて横すべり角を取得する幅方向歪み対応横すべり角取得部を含む(1)項ないし(19)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

20

タイヤの回転面に平行な方向の長さ、幅方向の歪みとに基づけば横すべり角を取得することができる。

幅方向の変形量は、幅方向の歪みのピーク値近傍で取得することが望ましい。ピーク値近傍の値を採用すれば、幅方向の変化量が大きくなるため、検出精度を高めることができる。

接触部におけるタイヤの回転面と平行な方向の長さは、車輪の回転速度、タイヤの半径、経過時間に基づいて取得することができる。経過時間は、タイヤの路面への接触開始からの時間であり、歪みが最初に検出された時点からの時間である。

30

#### 【0014】

(21) 前記変形検出装置が、前記タイヤの半径方向に伸びた部分の、タイヤの幅方向の長さの変化を検出する第1検出部と、前記タイヤの定常状態において周方向に連続した部分の実際の長さ、前記タイヤに路面と平行に横方向に作用する力に起因する変化を検出する第2検出部とを含み、前記接触状態取得部が、前記第1検出部によって検出されたタイヤの幅方向の歪みの最大値と実長さの変化量との両方に基づいて前記タイヤの路面に対するスリップ状態と前記タイヤに加えられる路面と平行な方向の力との少なくとも一方を取得する複合接触状態取得部を含む(1)項ないし(20)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

40

実長さの変化量、幅方向の最大歪みおよび接地長さ等に基づけば、横すべり角を取得することができる。また、粘着領域とすべり領域との比率に対応する比率対応量を取得することができるため、これらの比率対応量と旋回状態とに基づけば路面の摩擦係数、摩擦力を取得することができる。

#### 【0015】

(22) 前記接触状態取得部が、前記変形検出装置によって検出されたタイヤの幅方向の歪みの変化状態に基づいてタイヤの路面に対するスリップ状態と路面からタイヤに加えられる路面に平行な方向の力との少なくとも一方を取得する歪み変化対応接触状態取得部を含む(1)項ないし(20)項のいずれか1つに記載の接触状態取得装置。

タイヤの幅方向の歪みを逐次取得できれば、すなわち、接地状態における、タイヤの決

50

まった部分の移動軌跡を取得できれば、横すべり角や路面の摩擦係数、路面と平行に横方向に作用する力を取得することができる。

したがって、歪みの時間に対する変化状態を取得できれば、粘着領域とすべり領域とを取得するとともに、路面の摩擦力を取得することができる。また、変化状態を取得できれば、横すべり角を取得することができる。

変形検出装置は、タイヤのトレッド部の中心線上の予め決まった部分の幅方向の歪みを逐次検出する逐次検出部、その決まった部分の路面に対する移動軌跡を検出する移動軌跡検出部等を含むものとすることができる。

【 0 0 1 6 】

( 2 3 ) 前記接触状態取得部が、前記タイヤの路面に対する接地長さを取得する接地長さ取得部を含む(1)項ないし(22)項のいずれか 1 つに記載の接触状態取得装置。

10

タイヤの路面に対する接地長さは、タイヤの大きさや形状等に基づいて取得したり、タイヤの大きさや形状等と、接地荷重および空気圧等のうちの少なくとも 1 つとに基づいて取得したりすることができる。

( 2 4 ) 前記接触状態取得部が、車体側部材に設けられ、当該接触状態取得装置が、前記変形検出装置と前記接触状態取得部との間の情報の通信を行う無線通信装置を含む(1)項ないし(23)項のいずれか 1 つに記載の接触状態取得装置。

変形検出装置は、タイヤに設けられるため、車体側部材に設けられた接触状態取得部との間で、タイヤの変形状態を表す情報を含む車輪状態情報が無線で車体側の接触状態取得部に送信される。

20

前述のように、1つのタイヤに検出部が複数個設けられる場合において、複数個の検出部各々による検出値の処理は車輪側において行われても車体側において行われてもよい。

【 0 0 1 7 】

( 2 5 ) タイヤの周壁に埋め込まれ、前記タイヤに加えられる路面と平行な力に起因する自身の変形に応じた信号を出力する検出部と、

その検出部によって出力された信号に応じて、路面と平行な方向の力に起因するタイヤの変形を取得する処理部とを含むタイヤ変形検出装置。

周壁は、内側の空気層を囲む部分であり、主としてゴム層で形成される。検出部は、タイヤの周壁のうちのトレッド部（クラウン部とも称される）に埋め込むことが望ましいが、サイドウォール部に設けても、ショルダ部に設けてもよい。

30

いずれにしても、タイヤに直接設けることによって、路面と平行な力に起因するタイヤの変形を直接取得することができる。

検出部は、歪みゲージを備えたものであっても、圧電素子（圧電性セラミックス、圧電性プラスチック等が該当する）を備えたものであってもよいのであり、いずれにしても、自身の長さの変化や自身に加わる力を電気信号として取り出し得るものである。

検出部は、予め製造されたものをタイヤの周壁に埋め込んでも、タイヤのゴム層自体に直接形成してもよい。周壁に埋め込む場合において、例えば、ゴム層を押し出して裁断した後に（グリーンタイヤの成型前であっても成型後であってもよい）、ゴム層のうちのトレッド部の内部の所定の位置に検出部を挿入し、その後に加硫しつつモールドイングすることによって埋め込むことができる。また、トレッド部を2つの部分に分けて押し出して裁断した後に、これらの間に検出部を配設し、これらを合わせて加硫しつつモールドイングすることもできる。検出部をゴム層に直接形成する場合には、例えば、少なくともトレッド部を2つに分け、内周側の部分を加硫した後に、その加硫した部分に検出部や処理部をプリントする等により形成し、その後、ゴム層の残りの部分を合わせて加硫して全体をモールドイングすることができる。

40

検出部が、例えば、歪みゲージである場合に、歪みゲージは、トレッド部の溝部の近傍に設けることが望ましい。検出部が、幅方向の歪みを検出するものである場合には、トレッド部のタイヤの周方向とほぼ平行に伸びる溝部の近傍に設けることが望ましく、周方向の歪みを検出するものである場合には、タイヤの幅方向とほぼ平行に伸びる溝部の近傍に

50

設けることが望ましい。また、タイヤの変形タイヤの磨耗を考慮した場合には、溝部の底部よりタイヤの回転中心側に設ける方が望ましい。

本項のタイヤ変形検出装置は、(1)項ないし(24)項のいずれかに記載の接触状態取得装置に適用することができる。

(26) 前記処理部が前記タイヤの周壁に埋め込まれたものである(25)項に記載のタイヤ変形検出装置。

(27) 当該タイヤ変形検出装置が、前記処理部によって処理された情報を無線で送信する送信部を含み、その送信部が前記タイヤの周壁に埋め込まれたものである(25)項または(26)項に記載のタイヤ変形検出装置。

処理部と送信部との少なくとも一方がタイヤに埋め込まれるようにすることが望ましい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本発明の一実施形態である接地状態取得装置について図面に基づいて詳細に説明する。本実施形態の接地状態取得装置は変形検出装置が含まれる。

図1において、符号2～8は車両の左右前後の車輪である。車輪2～8には、それぞれ車輪側装置10～16が設けられる。また、符号18は車体側装置である。車体側装置18は、車輪側装置10～16にそれぞれ対応して設けられた受信装置20～26と、受信装置20～26において受信した車輪状態情報を処理してタイヤの路面への接触状態を取得する接触状態取得部としての情報処理部28とを含む。

車輪側装置10～16は、図2に示すように、それぞれ、車輪状態としてタイヤの変形状態を検出する歪みセンサ32と、歪みセンサ32による検出値を処理する情報処理部34と、情報処理部34において処理された情報を送信する送信装置36とを含む。情報処理部34は、コンピュータを主体とし、歪みセンサ32による検出値、自身を表す識別情報等を含む通信用の車輪状態情報を作成する。歪みセンサ32は、本実施形態において、図3、4に示すように、車輪2～8のタイヤ40のトレッド部42に埋め込まれて設けられたものであり、タイヤ40の定常状態における周方向に連続した部分の実際の長さの変化量または歪みを検出するものである。例えば、ゴム層を押し出して、タイヤを成型した後(グリーンタイヤの形成後)、ゴム層の一部であるトレッド部42の内部に歪みセンサ32を埋め込み、その後、加硫しつつモールドイングするのである。

また、歪みセンサ32は、トレッド部42の概して周方向に伸びた溝部43の近傍に配設することが望ましい。溝部43は、周方向と平行な方向に伸びたものであることが望ましいが、不可欠ではない。さらに、歪みセンサ32は、タイヤの磨耗を考慮した場合に、溝部43の底部よりタイヤ40の回転中心線側に設けることが望ましい。また、歪みセンサ32は、車輪の回転中心線を中心とする円周に沿って設けることが望ましい。

本実施形態においては、歪みセンサ32等により変形検出装置が構成され、情報処理部34等により処理部が構成される。なお、情報処理部34と送信装置36とはユニット化し、同じハウジング内に設けることができる。ゴム層には、クラウン部、ショルダ部、サイド部、ビード部等が含まれ、ゴム層の一部の路面と接する部分がトレッド部(クラウン部)42である。

【0019】

車体側装置18において、図2に示すように、情報処理部28は、コンピュータを主体とし、受信装置20～26においてそれぞれ受信した情報を処理して、タイヤ40の路面への接触状態を取得する。情報処理部28には、路面 $\mu$ 取得装置54、車輪の回転速度を検出する車輪速センサ56、車両の旋回状態を検出する旋回状態検出装置58、タイヤ40の路面に対する接地長さを取得する接地長さ取得装置60等が接続される。

路面 $\mu$ 取得装置54は、例えば、路面の表面状態を検出するセンサによって検出された路面状態に基づいて路面 $\mu$ を取得するものであっても、ブレーキECU、駆動ECUからの情報に基づいて(制動スリップや駆動スリップが生じた場合の制動力や駆動力に基づいて)取得するものであってもよい。また、ナビゲーションECUからの情報に基づいて(

10

20

30

40

50

道路情報を供給する通信装置からの情報に基づいて)取得するものであってもよい。

車輪速センサ56は、車輪の回転角速度を検出するものであっても、周速度を検出するものであってもよい。

旋回状態検出装置58は、車両の旋回状態を検出するものであり、操舵部材の操舵量を検出する操舵量センサ、車輪の舵角を検出する舵角センサ、車両のヨーレイトを検出するヨーレイトセンサ等の少なくとも1つを含むものとしたり、これらのうちの少なくとも1つと車両の走行速度を検出する車速センサとを含むものとしたりすることができる。旋回の程度を検出するものであっても、遠心力を検出するものであってもよいのである。また、旋回状態検出装置58による検出値に基づけば、車両が旋回状態にあるか直進状態にあるかを取得することもできる。

10

接地長さ取得装置60は、タイヤ40の路面に対する接地長さを取得するものである。接地長さ取得装置60は、タイヤの形状、大きさ等から予め決まる接地長さを採用するものとしたり、タイヤの形状、大きさ等と車輪2~8の各々に加わる荷重やタイヤ40の空気圧等に基づいて取得するものとしたりすることができる。後者の場合には、荷重を検出する荷重センサ、タイヤ40の空気圧を検出する空気圧センサの少なくとも一方を含むものとしることができる。

#### 【0020】

車体側装置18の情報処理部28の記憶部には、図10のフローチャートで表される横すべり角取得プログラム、図11のマップで表される比率取得テーブル等が記憶される。

ここで、タイヤ40のスリップ状態と比率との関係について説明する。

20

車輪2~8を図5に示すようにモデル化して考える。車輪2~8は、タイヤ40と、それを支持するリム60とを含み、タイヤ40は、トレッド部42、ブレーカまたはベルト62、カーカス64等を含むと考える。カーカス64は高圧の空気を保持する部分であり、トレッド部42は、肉厚のゴム層を備え、路面と接する部分であり、ブレーカまたはベルト62は、トレッド部42とカーカス64との間に設けられ、これらの中間の剛性を有するものである。バイアスタイヤ等においてはブレーカが設けられ、ラジアルタイヤ等においてはベルトが設けられる。これらを総称して弾性リングと称する。

#### 【0021】

車両が直進している場合には、車輪2~8のタイヤ40の路面に対する接触点(例えば、タイヤのトレッド部の中心線上の予め決められた点が路面に接触した場合の点であり、以下、単に接触点と称する)の進行方向(以下、単に進行方向と略称する)と、車輪2~8の回転面(中心面)と路面との交線(以下、単に回転面の方向と略称する)とが一致するが、旋回している場合には、図6に示すように、タイヤ40のトレッド部42の路面との接触面は進行方向に向こうとするため、進行方向と回転面の方向とが一致しなくなる。この進行方向と回転面の方向との成す角度が横すべり角である。車輪2~8が横すべり角を伴って回転している状態においては、タイヤ40のトレッド部42と路面との間に横方向の力が発生する。横方向の力としての横力は横すべり角が大きい場合は小さい場合より大きくなり、横力に起因するモーメントがセルフアライニングトルクであり、横すべり角を小さくする向きに作用する。

30

また、この車輪2~8が横すべり角を伴って回転している状態において、図7に示すように、リム60の中心線が接地幅 $w$ 、接地長さ $L$ を保って、横方向に $y_0$ だけ変位させられ、タイヤ40の弾性リング62の中心線上の点は点A→点E→点Cに沿って回転し、タイヤ40の接触点は路面からの力によって点A→点B→点Cの軌跡に沿って移動させられる。接触点は点Aから点Bまで路面と接触しながら移動するが、この領域において、トレッド部42は、路面と弾性体リング62とにより弾性変形させられる。その場合の歪み(剪断歪み)は、点Aから点Bに移動するのに従って大きくなり、トレッド部42には歪みに応じた力(以下、変形に起因する力であるため変形力と称する)が発生させられる。この変形力が路面の最大摩擦力より小さい領域においては、タイヤ40の接触点は進行方向に沿って移動させられ、歪みの増加に応じて変形力が増加する。そして、変形力が路面の摩擦力を越えると、タイヤ40の路面に対する接触点は点Bから点Cに向かってすべる。

40

50

点 A はタイヤ 40 の予め定められた点の路面との接触開始点であり、点 B は変形力が最大摩擦力を越える点であり、点 C はタイヤ 40 の予め定められた点の路面への接触が終了する点である。点 A C 間の距離が接地長さであり、タイヤの路面への接触点が点 A → 点 B へ移動させられる領域が粘着域であり、接触点が点 B → 点 C まですべる領域がすべり域である。

#### 【 0 0 2 2 】

図 8 ( a ) に示すように、路面の摩擦係数が同じで、最大摩擦力が同じである場合において、横すべり角が小さい場合 (  $\beta = \beta_s$  ) には、変形力が最大摩擦力を越えない領域が大きくなるため、粘着域  $L_{as}$  のすべり域  $L_{bs}$  に対する比率  $\gamma_s$  (  $L_{as} / L_{bs}$  ) が大きくなる。横すべり角が非常に小さい場合にはすべり域が非常に小さくなる。横すべり角が大きくなる (  $\beta = \beta_t$  ) と、変形力が最大摩擦力を越える点 B が点 A に近づくため、粘着域  $L_{at}$  のすべり域  $L_{bt}$  に対する比率  $\gamma_t$  (  $L_{at} / L_{bt}$  ) が小さくなる。このように、路面の摩擦係数が同じ場合においては、横すべり角が大きい場合は小さい場合より粘着域  $L_a$  のすべり域  $L_b$  に対する比率  $\gamma$  が小さくなる (  $\gamma_s > \gamma_t$  ) ことがわかる。

また、図 8 ( b ) に示すように、横すべり角  $\beta$  が同じである場合には、路面の摩擦係数  $\mu_H$  が大きく、最大摩擦力が大きい場合は粘着域  $L_{aH}$  が大きくなり、路面の摩擦係数  $\mu_L$  が小さく、最大摩擦力が小さい場合は粘着域  $L_{aL}$  が小さくなるため、粘着域  $L_a$  のすべり域  $L_b$  に対する比率  $\gamma$  が、路面の摩擦係数が大きい場合は小さい場合より大きくなる (  $\gamma_H > \gamma_L$  ) ことがわかる。

#### 【 0 0 2 3 】

これらの事情に基づいて、本実施形態においては、受信した車輪状態情報に含まれるタイヤ 40 の周方向の実長さの変化量と、路面  $\mu$  および旋回状態に基づいて取得された比率とに基づいて車輪の横すべり角が取得される。

歪みセンサ 32 によれば、路面の摩擦力に起因する歪みセンサ 32 自体の実際の長さの変化量 { タイヤ 40 の全周の歪みセンサ 32 が設けられた部分の実際の長さの路面の摩擦力に起因する変化量であり、図 7 の長さ  $M$  と長さ  $L$  との差 (  $\delta = M - L$  ) に相当する } に応じた値が検出される。また、横すべり角は、車両の旋回状態 ( 本実施形態においては、操舵角  $\theta$  の絶対値が採用される ) に基づいて推定できるため、路面  $\mu$  取得装置 54 によって取得された路面  $\mu$  と旋回状態取得装置 58 によって取得された車両の旋回状態とに基づけば、粘着域  $L_a$  のすべり域  $L_b$  に対する比率  $\gamma$  の大きさが推定される。これら路面  $\mu$ 、操舵角  $\theta$  の絶対値と比率  $\gamma$  との関係は図 11 のマップで表される関係となり、テーブル化して予め記憶されている。

#### 【 0 0 2 4 】

図 9 に示すように、タイヤ 40 の接触点の軌跡 A ~ B ~ C を直線で近似した場合には、粘着域  $L_a$ 、すべり域  $L_b$  の長さは、それぞれ、接地長さ  $L$ 、比率  $\gamma$  を用いて、式

$$L_a = L \cdot \gamma / ( 1 + \gamma ) \cdots (1)$$

$$L_b = L / ( 1 + \gamma ) \cdots (2)$$

で表すことができる。

また、横すべり角  $\beta$  を用いれば、検出値  $\delta$  は、式

$$\delta = M - L$$

$$= \{ L / ( 1 + \gamma ) \} \cdot \{ \gamma / \cos \beta + \sqrt{ ( 1 + \gamma^2 \tan^2 \beta ) } \} - L \cdots (3)$$

で表す大きさに対応する。

したがって、接地長さ  $L$ 、検出値  $\delta$ 、比率  $\gamma$  に基づけば、横すべり角  $\beta$  を取得することができる。

#### 【 0 0 2 5 】

車体側装置 30 の情報処理部において図 10 のフローチャートで表される横すべり角取得プログラムが予め定められた設定時間毎に実行される。

ステップ 1 ( 以下、S1 と略称する。他のステップについても同様とする ) において、車輪側装置 10 ~ 16 から車輪状態情報を受信したか否かが判定される。受信した場合には、S2 において、旋回中であるか否かが判定される。旋回中である場合には、S3 にお

10

20

30

40

50

いて、路面  $\mu$ 、操舵角  $\theta$  の絶対値および図 11 のテーブル等に基づいて比率  $\gamma$  が取得され、S4において、上記(3)式に基づいて横すべり角  $\beta$  が取得される。

#### 【0026】

このように、本実施形態によれば、タイヤの定常状態における周方向の連続した部分の実際の長さの変化量が直接的に検出され、その直接的に検出された変化量に基づいて横すべり角が取得される。そのため、横すべり角を正確に取得することができる。また、横すべり角に基づいてコーナリングフォースを取得することもできる。

本実施形態においては、情報処理部28の横すべり角取得プログラムを記憶する部分、実行する部分等により横すべり角取得部、摩擦係数依拠横すべり角取得部が構成される。また、情報処理部28の図11のマップで表される比率取得テーブルを記憶する部分、実行する部分、S3を記憶する部分、実行する部分等により比率対応量取得部が構成される。

10

#### 【0027】

なお、歪みセンサ32をトレッド部42に埋め込む場合には、図12に示すように、ゴム層100を、内周側のトレッド部を含む部分である内周側部102と外周側のトレッド部を含む部分である外周側部104とに分け、それぞれを、押し出して定長で裁断した後に、これら内周側部102と外周側部104との間に歪みセンサ32を配設し、その後に、全体を合わせて加硫しつつモールドニングする。

また、歪みセンサは、全周に渡って設けるのではなく、円弧に沿って設けることもできる。同一円の円弧に沿って設けた歪みセンサは1つ設けても複数設けてもよい。歪みセンサを複数設ける場合には、例えば、図13に示すように、トレッド部42に、タイヤ40の定常状態において円弧に沿って歪みセンサ130～138を設ける。この場合において、これら歪みセンサ130～138の各々が情報処理部34、送信装置36を有し、別個に車輪状態情報を送信することもできるが、ゴム層の内周側で空気層が設けられる部分(弾性リング62の内周側)に1つの情報処理部34、送信装置36を備え、歪みセンサ130～138各々による検出値が処理された後に、送信されるようにすることもできる。この場合において、信号線140～148等もゴム層の内周側に配設することができる。

20

#### 【0028】

さらに、上記実施形態においては、歪みセンサ32がタイヤ40の定常状態における周方向の長さの実際の変化量を検出するものであったが、タイヤ40の半径方向に伸びた部分の幅方向の歪みを検出するものとすることができる。

30

本実施形態においては、歪みセンサ200が図14, 15に示すように、トレッド部42に半径方向に伸びた姿勢、かつ、幅方向の変形を検出する姿勢で設けられる。また、歪みセンサ200は、トレッド部42の溝部43の近傍に設けられる。

歪みセンサ200による検出値は情報処理部34に供給され、処理されて送信装置36から送信される。本実施形態においては、情報処理部34も送信装置36もトレッド部42に埋め込まれる。車輪側装置10～16, 車体側装置18の構造は、主として図2に示す構造と同じであるが、歪みセンサだけが異なる。

車体側装置18の情報処理部28の記憶部には、図18のフローチャートで表される横すべり角取得プログラムが記憶される。

40

#### 【0029】

本実施形態においては、タイヤ40の路面との接触面のタイヤ40の回転面と平行な方向の長さ $L_x$ と幅方向の歪みとに基づいて取得される。

図16に示すように、タイヤの回転面と平行な方向の長さ $L_x$ は、点A、F間の長さ $L_x$ であり、タイヤ40の接触点の接地開始からの経過時間 $t$ 、車輪の回転角速度 $\omega$ 、タイヤの回転半径 $R$ から、式

$$L_x = \omega \cdot R \cdot t \cdots (4)$$

で表すことができる。また、長さ $L_x$ と幅方向の変化量 $M\delta$ とから、横すべり角 $\beta$ は、式

$$\tan \beta = M\delta / L_x \cdots (5)$$

に従って求めることができる。

50

ここで、時間  $t$  は、歪みセンサ 200 による検出値の変化開始をトリガとして計測する。時間  $t$  は、粘着域にあり、かつ、大きな変形量を検出可能な長さとするのが望ましい。

また、幅方向（車両の旋回半径方向）の変形量  $M\delta$  は、直進走行中の検出値を考慮して取得される。トレッド部 42 は、接地荷重に応じて幅方向に変形させられるが、歪みセンサ 200 は、この荷重（上下方向の力）に起因する幅方向の変形も検出する。そのため、図 17 に示すように、旋回中の検出値から接地荷重に応じた変形  $\Delta M$  を除くことが望ましい。

本実施形態においては、車両が直進走行中である場合には、歪みセンサ 200 による検出値が車輪速度とともに予め記憶される。そして、旋回中である場合には、その場合の車輪速度と同じ大きさの車輪速度に対応して記憶された直進走行中の検出値が読み出され、それぞれを引くことによって路面と平行な方向の力に起因する変形分が取得される。

#### 【0030】

図 18 のフローチャートで表される横すべり角取得プログラムは、予め定められた設定時間毎に実行されるが、車輪側装置 10 ~ 16 は、歪みセンサ 200 による検出値が変化したことをトリガとして車輪状態情報の送信を開始し、検出値が 0（0 であると考えられる設定値以下）になると送信を終了する。歪みセンサ 200 に対応する部分が路面に接触している間車輪状態情報を送信するのであり、路面から離れている場合には送信が行われることはない。すなわち、検出値が 0 でない間（上述の設定値より大きい間）は、設定時間毎に車輪状態情報が送信されることになる。

S21 において、車輪状態情報を受信したか否かが判定され、S22 において旋回中であるか否かが判定される。旋回中であるか直進中であるかは旋回状態取得装置 56 によって取得された情報に基づいて取得される。旋回中でなく直進中である場合には、S23 において、直進中対応処理が行われる。直進中である場合の変形量  $\Delta M$  が取得され、車輪速度と対応して記憶される。

旋回中である場合には、S24 において、歪みセンサ 200 による検出値の立ち上がりであるか否か、例えば、今回、最初に S24 が実行されたか否かが判定される。立ち上がりの時点である場合には、S25 において、時間のカウンタが開始される。

立ち上がりでない場合には、S26 において、粘着域にあるか否かが判定される。粘着域にある場合、例えば、歪みセンサ 200 による検出値が増加傾向にある場合には、S27 において、その時点の立ち上がりからの経過時間が取得され、S28、29 において、同じ車輪速度の直進中のデータが読み出され、変形量  $M\delta$ （検出値  $M\delta\theta - \Delta M$ ）が取得されるとともに、(4)式に従って長さ  $Lx$  が取得され、S30 において、(5)式に従って横すべり角が取得される。それに対して、粘着域でない場合、すなわち、検出値が減少傾向にある場合には、S31 においてタイマがリセットされる。

#### 【0031】

このように、本実施形態によれば、タイヤ 40 の幅方向の変化量が直接的に検出され、その直接的に検出された変化量に基づいて横すべり角が取得される。そのため、横すべり角を正確に取得することができる。本実施形態においては、情報処理部 28 等により横すべり角取得部、幅方向歪み対応横すべり角取得部が構成される。

また、S30 において取得された横すべり角を複数記憶し、これらの平均値等統計的に処理した値を横すべり角として採用することができる。さらに、立ち上がりからの経過時間が設定時間以上である場合の幅方向の歪みに基づいて横すべり角が取得されるようにすることができる。横すべり角は、粘着域のうちピーク値に近い部分で取得する方が精度よく取得することができるため、車輪速度等に基づいてピーク値近傍に達する時間である設定時間を予め求めておくのである。

さらに、旋回中である場合には、受信したデータを記憶しておき、路面から離れた後に、処理されるようにすることができる。このようにすれば、接触部の軌跡を得ることができる。また、粘着域において幅方向の歪みが大きいデータを利用して横すべり角を取得することが可能となり、横すべり角を正確に取得することができる。

## 【 0 0 3 2 】

また、歪みセンサ 2 0 0 による検出値に基づけば、路面  $\mu$  の大小を取得することができる。

図 8 (b) に示すように、比率  $\gamma$  は、横すべり角が同じである場合には、路面  $\mu$  が大きい場合は小さい場合より大きくなる。また、路面  $\mu$  が同じである場合には、図 8 (a) に示すように、横すべり角が大きい場合は小さい場合より小さくなる。一方、比率  $\gamma$  は、幅方向の歪みの変化を連続的あるいは複数時点において取得すれば、それらの値の変化状態に基づいて取得することができる。例えば、幅方向歪みの検出開始時点、検出終了時点、幅方向歪みのピーク値が取得された時点を取得し、ピーク値が取得された時点の前後の時間の長さの比を粘着域とすべり域との比率  $\gamma$  として採用することができる。また、粘着域、すべり域を、前述の(4)式に従って求め、これらの比率  $\gamma$  を取得することができる。

10

## 【 0 0 3 3 】

図 2 1 のフローチャートで表される路面  $\mu$  取得プログラムは設定時間毎に実行される。

S 2 1 において車輪状態情報を受信したか否かが判定され、S 2 2 において、旋回状態にあるか否かが判定される。旋回状態である場合には、S 5 1 において、操舵角  $\theta$  の絶対値が取得され、その操舵角  $\theta$  の絶対値とともに歪みセンサ 2 0 0 による検出値が記憶される。

車輪状態情報を受信しない場合には、S 5 2 において、歪みセンサ 2 0 0 が設けられた部分に対応するトレッド部 4 2 の点が路面から離れたか否かが判定される。例えば、検出値がピーク値を経て減少してほぼ 0 になった場合には路面から離れたとされる。路面から離れたとされた場合には、S 5 3 において、前述の場合と同様に、旋回中の検出値から直進中の検出値を引くことによって路面と平行な横方向の力に起因する歪みおよび歪みの変化状態が取得され、S 5 4 において、比率  $\gamma$  が取得される。

20

そして、S 5 5 において、旋回状態と基準路面  $\mu^*$  とに基づいて基準比率  $\gamma^*$  が、図 2 0 のマップで表されるテーブルに従って取得され、S 5 6 において、基準比率  $\gamma^*$  と実際の比率  $\gamma$  とに基づいて路面  $\mu$  が推定される。基準比率  $\gamma^*$  より実際の比率  $\gamma$  の方が小さい場合は、実際の路面  $\mu$  が基準路面  $\mu^*$  より低いと推定することができる。また、基準比率  $\gamma^*$  と取得された比率  $\gamma$  との差が大きい場合は小さい場合より路面  $\mu$  が低いと推定することもできる。

## 【 0 0 3 4 】

30

このように、本実施形態によれば、歪みセンサ 2 0 0 による検出値の変化状態と旋回状態とに基づいて路面  $\mu$  を推定することができる。

本実施形態においては、情報処理部 2 8 等によって摩擦係数取得部、比率等対応摩擦係数取得部が構成される。また、情報処理部 2 8 の摩擦係数取得プログラムの S 5 4 を記憶する部分、実行する部分等により比率対応量取得部が構成される。

また、基準路面  $\mu^*$  を複数設定し、実際の比率  $\gamma$  を複数の基準比率  $\gamma_i^*$  と比較すれば、実際の路面の摩擦係数の推定精度を向上させることができる。

## 【 0 0 3 5 】

なお、路面  $\mu$  は、幅方向歪みのピーク値に基づいて推定することができる。ピーク値が大きい場合は小さい場合より相対的に路面の最大摩擦力が大きく、摩擦係数が大きいと推定することができるのである。また、ピーク値と比率との両方に基づいて推定することもできる。このようにすれば、推定精度を向上させることができる。

40

また、上記実施形態においては、歪みセンサ 2 0 0 によって歪みが検出される毎に車輪状態情報が送信されるようにされていたが、車輪側装置 1 0 ~ 1 6 の情報処理部 3 4 の記憶部に、歪みセンサ 2 0 0 に対応するトレッド部 4 2 上の点が路面と接触状態にある間の検出値が記憶され、その点が路面から離れた後に、まとめて送信されるようにすることもできる。

さらに、歪みセンサ 2 0 0 は、図 2 1 に示すように、トレッド部 4 2 に直接プリント等により設けることもできる。また、歪みセンサ 2 0 0 のみでなく、情報処理部 3 4 と送信装置 3 6 との少なくとも一方も直接形成したり、情報処理部 3 4 と送信装置 3 6 との少な

50

くとも一方を直接形成し、それに歪みセンサ 200 を接続したりすることもできる。

本実施形態においては、ゴム層を内周側の部分 210 と外周側の部分 212 とに分け、内周側の部分 210 を加硫した後に、半径方向の段部 214 にプリントすること等に歪みセンサ 200 等を直接設ける。その後、外周側の部分 212 を合わせて加硫しつつモールドイングする。

【0036】

また、歪みセンサ 200 についても、1つのタイヤに複数個設けることができる。さらに、複数の歪みセンサ 200 による検出値が車輪側装置 10 ~ 16 において処理されて車輪状態情報として送信されるようにすることもできる。その場合に、複数の歪みセンサ 200 同士を接続する信号線 230 ~ 236 は、図 22 に示すように、トレッド部 42 に埋め込んで配設しても、前述の図 13 に示す態様と同様に、ゴム層の内周側に配設してもよい。複数の歪みセンサ 200 による検出値が統計的に処理されて送信されるような場合には、複数の歪みセンサ 200 の情報処理部のうちの 1つを主情報処理部として、その主情報処理部において複数の検出値が処理されて送信されるようにすることができる。

【0037】

さらに、歪みセンサとして、路面と平行な前後方向の力に起因するタイヤ 40 の周方向の歪みを検出するものとすることができる。例えば、図 23 に示すように、タイヤ 40 のトレッド部 42 の概して幅方向に伸びた溝（周方向に交差する方向に伸びた溝）298 の近傍に、歪みセンサ 300 が設けられる。

周方向の歪みに基づけば、車輪の制動スリップ、駆動スリップを直接的に取得することができる。また、タイヤと路面との間の摩擦係数を取得することも可能である。

また、歪みセンサは、タイヤ 40 のトレッド部ではなくサイドウォール部やシール部に設けることもできる。

さらに、トレッド部 42 の溝 43 , 298 の壁部の周辺に歪みセンサ 200 を設けることもできる。このようにすれば、トレッド部 42 の変形を正確に検出することができる。

また、歪みセンサ 200 の代わりに圧電素子を備えたセンサを設けることができる。圧電素子をタイヤの幅方向に加えられる剪断歪みを検出可能な姿勢で配設すれば、トレッド部 42 に加えられる剪断歪みを取得することができる。

その他、本発明は、前述に記載の態様の他、当業者の知識に基づいて種々の変更、改良を施した態様で実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図 1】本発明の一実施形態である接触状態取得装置を備えた車両全体を示す図である。この接触状態取得装置にはタイヤ変形検出装置が含まれる。

【図 2】上記接触状態取得装置の全体を表す図である。

【図 3】上記タイヤ変形検出装置としての歪みセンサが配設されたタイヤの周辺を示す図である。

【図 4】上記歪みセンサを概念的に示す図である。

【図 5】上記車両の車輪のモデルを示す図である。

【図 6】上記モデル化した車輪のタイヤの路面への接地状態を示す図である。

【図 7】上記接地状態を詳細に示す図である。

【図 8】上記タイヤの変形の状態を示す概念的に図である。

【図 9】上記タイヤの変形の状態と横すべり角との関係を概念的に示す図である。

【図 10】上記接触状態取得装置の記憶部に記憶された横すべり角取得プログラムを表すフローチャートである。

【図 11】上記記憶部に記憶された比率取得テーブルを概念的に示すマップである。

【図 12】上記歪みセンサが配設された別のタイヤを示す図である。

【図 13】上記接触状態取得装置に設けられた別の実施形態であるタイヤ変形検出装置としての歪みセンサが設けられたタイヤを概念的に示す図である。

【図 14】本発明の別の実施形態である接触状態取得装置に含まれるタイヤ変形検出装

10

20

30

40

50

置としての歪みセンサを示す図である。

【図 15】上記歪みセンサが配設されたタイヤが変形した状態を示す概念的に図である。

【図 16】上記歪みセンサにより検出された幅方向歪みと横すべり角との関係を概念的に示す図である。

【図 17】車両の旋回中と直進中とのそれぞれにおける上記歪みセンサによる検出値を示す図である。

【図 18】上記接触状態取得部の記憶部に記憶された横すべり角取得プログラムを表すフローチャートである。

【図 19】上記記憶部に記憶された路面  $\mu$  取得プログラムを表すフローチャートである。

【図 20】上記記憶部に記憶された基準路面  $\mu$  取得テーブルを概念的に示すマップである

10

【図 21】上記歪みセンサが配設された別のタイヤを示す図である。

【図 22】上記歪みセンサとは別の歪みセンサが配設された別のタイヤを示す図である。

【図 23】上記歪みセンサとはさらに別の歪みセンサが配設された別のタイヤを示す図である。

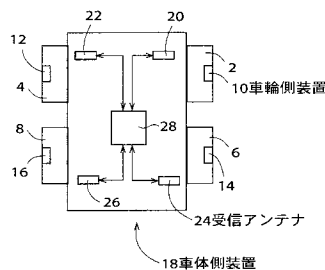
【符号の説明】

【0039】

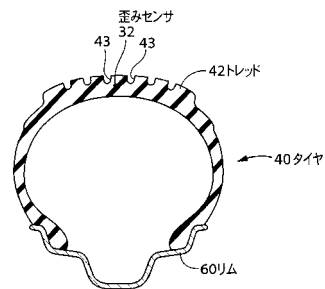
32、130～138、200、300：歪みセンサ 28：情報処理部 40：タイヤ  
42：トレッド部 54：路面  $\mu$  取得装置 58：旋回状態取得装置 60：接地長さ取得装置

20

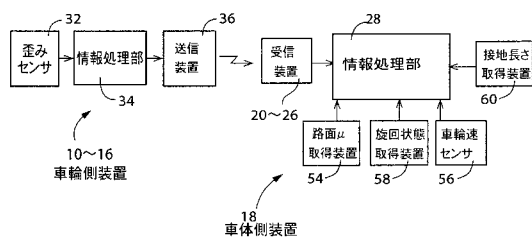
【図 1】



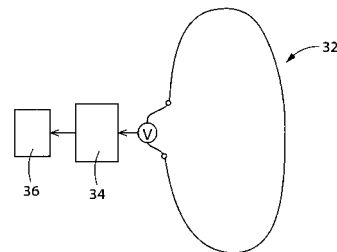
【図 3】



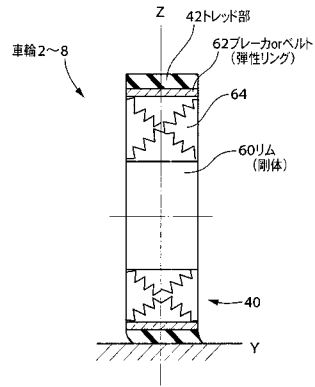
【図 2】



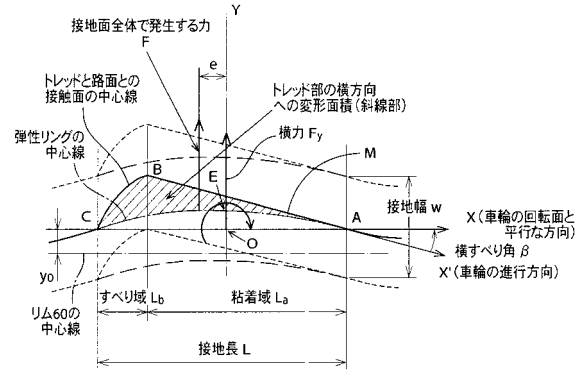
【図 4】



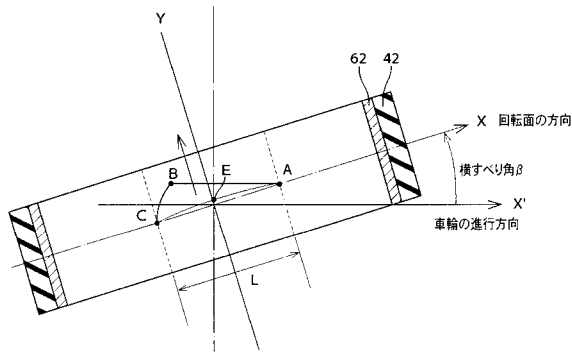
【図 5】



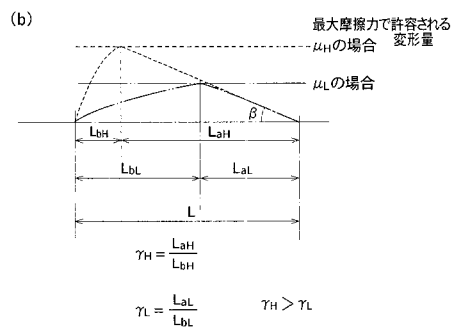
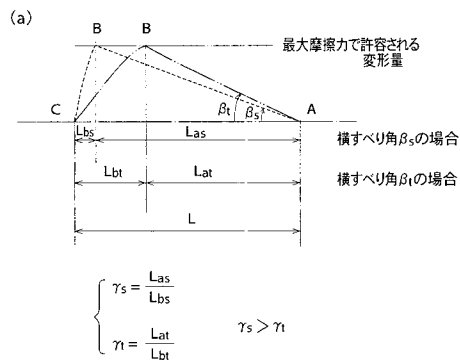
【図 7】



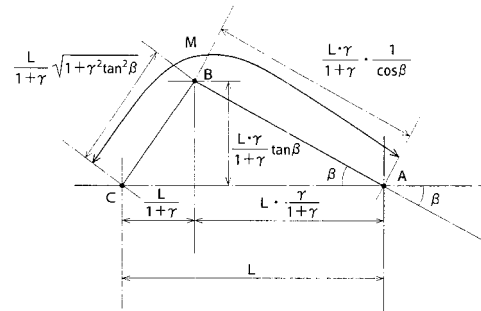
【図 6】



【図 8】



【図 9】



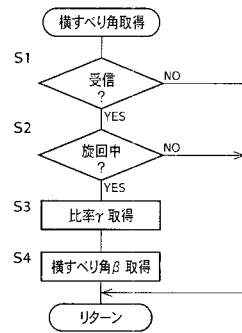
$L \dots$  接地長と取得装置により取得

$\delta = M - L \dots$  検出値

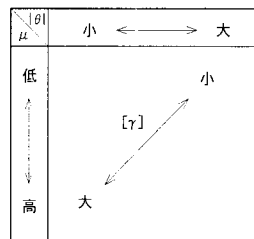
$\gamma = \frac{L_a}{L_b} \dots$  路面 $\mu$ , 旋回状態から

$$M = \frac{L}{1 + \gamma} \left( \frac{\gamma}{\cos \beta} + \sqrt{1 + \gamma^2 \tan^2 \beta} \right)$$

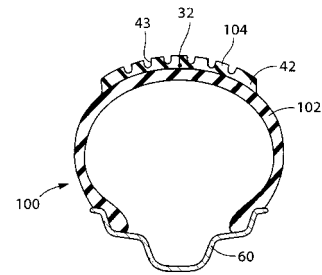
【図 10】



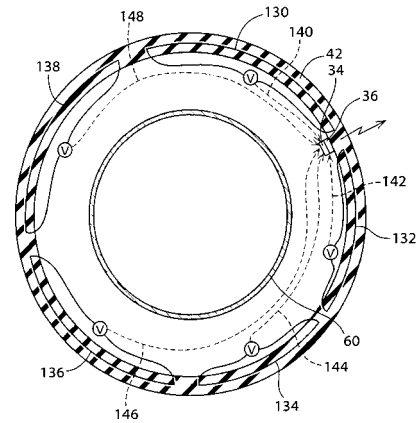
【図 11】



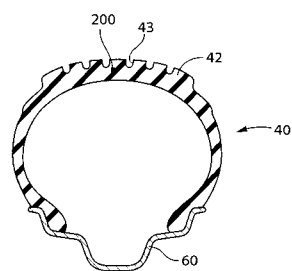
【図 12】



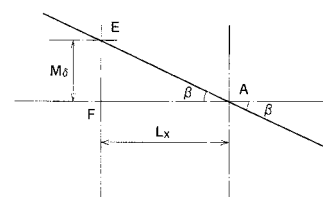
【図 13】



【図 14】



【図 16】



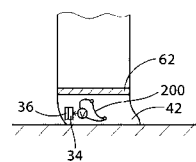
$$\tan \beta = \frac{M_\delta}{L_x}$$

$$L_x = \omega \cdot R \cdot t$$

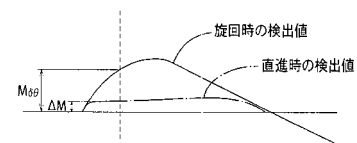
$$M_\delta = M_{\delta\delta} - \Delta M$$

↑ 旋回時    ↑ 直進時

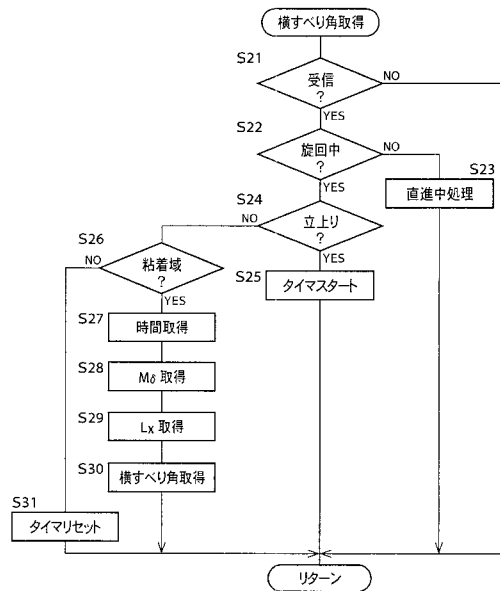
【図 15】



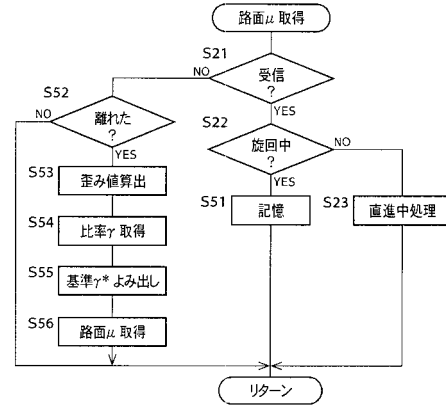
【図 17】



【図 18】



【図 19】

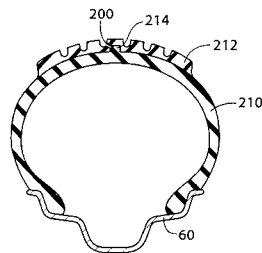


【図 20】

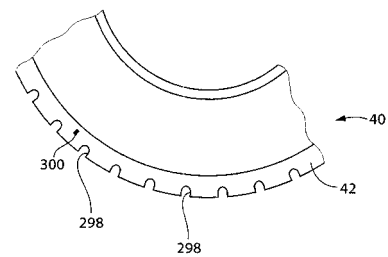
| $\mu^*$   | $ \theta $      | 小                     | 大               |
|-----------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| $\mu^*_1$ | $\gamma^*_{1s}$ | $\longleftrightarrow$ | $\gamma^*_{1t}$ |
| $\mu^*_2$ | $\gamma^*_{2s}$ | $\longleftrightarrow$ | $\gamma^*_{2t}$ |
| $\mu^*_3$ | $\gamma^*_{3s}$ | $\longleftrightarrow$ | $\gamma^*_{3t}$ |

$\gamma^*_{1s} > \gamma^*_{1t}$   
 $\mu^*_1 > \mu^*_2 > \mu^*_3$   
 $\gamma^*_{1s} > \gamma^*_{2s} > \gamma^*_{3s}$

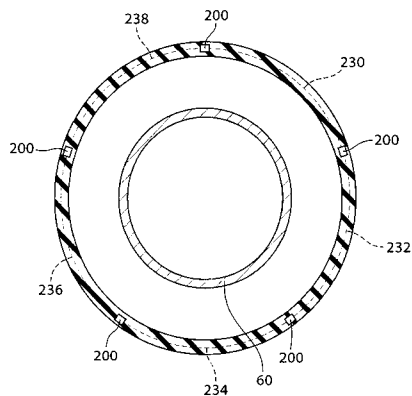
【図 21】



【図 23】



【図 22】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-002472(JP,A)  
特表2003-514707(JP,A)  
特開2003-226120(JP,A)  
特表平04-503931(JP,A)  
特表2003-534204(JP,A)  
特表2001-519285(JP,A)  
特表2000-516703(JP,A)  
特開平10-324120(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

|      |       |
|------|-------|
| B60C | 19/00 |
| B60C | 23/06 |
| G01B | 21/32 |
| G01L | 5/20  |
| G01M | 17/02 |