

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年3月5日(05.03.2020)



(10) 国際公開番号

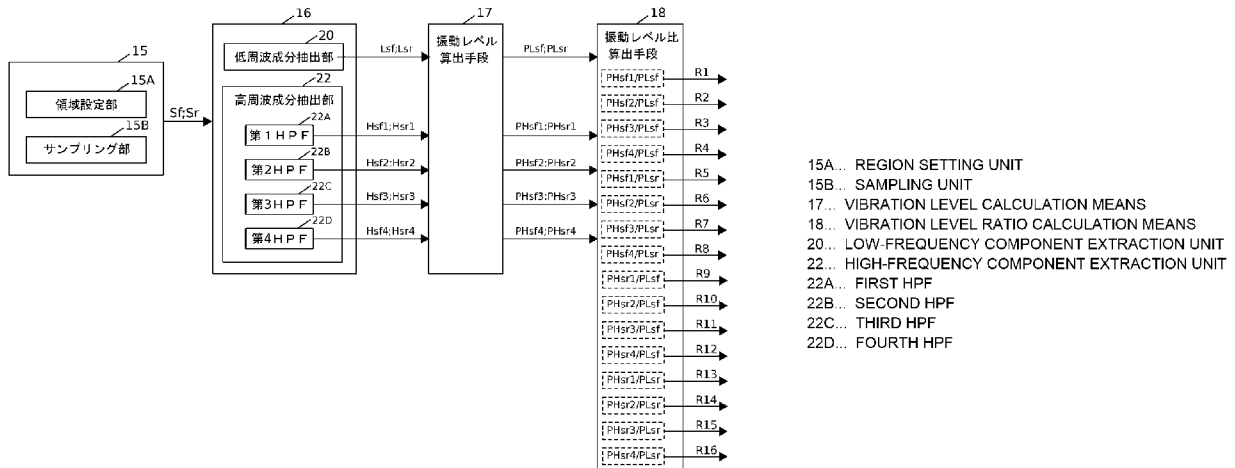
WO 2020/044740 A1

- (51) 国際特許分類:
B60W 40/06 (2012.01) *G01H 17/00* (2006.01)
B60C 19/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/024133
- (22) 国際出願日: 2019年6月18日(18.06.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-161553 2018年8月30日(30.08.2018) JP
- (71) 出願人:株式会社ブリヂストン(BRIDGESTONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1048340 東京都中央区京橋三丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 川 眞 田 智 (KAWAMATA Satoru);
〒1048340 東京都中央区京橋三丁目1番1号
株式会社ブリヂストン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 宮 園 靖 夫 (MIYAZONO Yasuo);
〒1020072 東京都千代田区飯田橋三丁目4番
4第5田中ビル6F Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: ROAD SURFACE CONDITION ESTIMATION METHOD AND ROAD SURFACE CONDITION ESTIMATION DEVICE, AND TIRE

(54) 発明の名称: 路面状態推定方法及び路面状態推定装置並びにタイヤ

[図5]



(57) Abstract: In order to provide a road surface condition estimation method, a road surface condition estimation device and tire, with which it is possible to reduce the computational complexity of the estimation of the road surface condition, and curb the size and weight of a module, this road surface condition estimation method comprises: a step in which vibrations of a tire during travel are detected; a step in which partial vibration signals from two positions at different times in the detected vibration signal of the tire are extracted; a step in which the component of a predetermined frequency band is extracted for each extracted partial vibration signal; a step for calculating the vibration level for each extracted frequency band; a step for calculating the vibration level ratio, which is the ratio of the vibration level at one time to the vibration level at another time; and a step for estimating the road surface condition on the basis of the calculated vibration level ratio.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 路面状態の推定に係る演算量を減少させて、モジュールの大きさ、重さを抑制可能な路面状態推定方法及び路面状態推定装置並びにタイヤを提供するために、走行中のタイヤの振動を検出するステップと、前記検出されたタイヤの振動の信号における異なる時刻の2か所から所定時間幅の部分振動信号を抽出するステップと、前記抽出された部分振動信号毎に、所定の周波数帯域の成分を抽出するステップと、前記抽出された周波数帯域毎の振動レベルを算出するステップと、一方の時刻における振動レベルと、他方の時刻における振動レベルとの比である振動レベル比を算出するステップと、前記算出された振動レベル比に基づいて路面状態を推定するステップとを備える。

明 細 書

発明の名称：

路面状態推定方法及び路面状態推定装置並びにタイヤ

技術分野

[0001] 本発明は、路面状態推定方法及び路面状態推定装置並びにタイヤ関し、特に、車両の走行時のタイヤの振動に基づいて路面の状態を推定する方法及び路面の状態を推定する装置並びに路面の状態を推定するための装置を備えたタイヤに関する。

背景技術

[0002] 従来、タイヤ内に、振動を検出する加速度センサと、加速度センサにより検出されたタイヤ振動を処理する信号処理手段とをモジュール化して設け、加速度センサにより検出されたタイヤ振動における蹴出前の領域の高周波と低周波の振動レベル比を算出することにより、タイヤ振動に含まれる速度や路面凹凸の影響を相殺した上で、振動レベル比に基づいて路面状態を推定する技術が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：WO 2006/135090

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、加速度センサにより検出されるタイヤ振動は、タイヤの接地時間に関連するため、タイヤの回転速度に比例してレベルが高くなる。そのため速度を考慮したアルゴリズムが必要となり、演算が複雑になり演算量も多くなる。演算量は、センサモジュールの大きさ、消費電力に密接に関係する。例えば、演算量が多い場合には、高速なCPUや大きなメモリ容量が必要であり、消費電力も大きくなり結果として電池の容積も大きくなるためモジュールの大きさや重さが大きくなり、タイヤに対する入力が増え、アン

バランス振動も増えるため望ましくない。

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、路面状態の推定に係る演算量を減少させ、モジュールの大きさ、重さを抑制可能な路面状態推定方法及び路面状態推定装置並びにタイヤ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] 上記課題を解決するための路面状態推定方法として、走行中のタイヤの振動を検出するステップと、検出されたタイヤの振動の信号における異なる時刻の2か所から所定時間幅の部分振動信号を抽出するステップと、抽出された部分振動信号毎に、所定の周波数帯域の成分を抽出するステップと、抽出された周波数帯域毎の振動レベルを算出するステップと、一方の時刻における振動レベルと、他方の時刻における振動レベルとの比である振動レベル比を算出するステップと、算出された振動レベル比に基づいて路面状態を推定するステップとを備える態様とした。

本態様によれば、路面状態の推定に係る演算量が減少するため、モジュールの大きさ、重さを抑制することができる。その結果として小電力化することができる。また、一方の時刻における振動レベルと、他方の時刻における振動レベルとの比である振動レベル比に基づいて路面状態を推定しているため、タイヤの回転速度や路面の凹凸によるタイヤへの入力の影響を相殺し、路面状態を推定できる。

図面の簡単な説明

- [0006] [図1]路面状態推定装置のブロック図である。
- [図2]タイヤ側装置の取付状態を示す図である。
- [図3]信号処理手段のハードウェア構成図である。
- [図4]タイヤが1回転したときのタイヤ振動の波形を示す図である。
- [図5]信号処理手段の処理を示す流れ図である。
- [図6]振動レベルの速度の依存性を示すグラフ及び高周波成分の振動レベルを低周波成分の振動レベルで除したときの速度の依存性を示すグラフである。
- [図7]路面状態を推定する決定木の一例を示す図である。

[図8]路面状態の推定方法の処理を示す概略フロー図である。

[図9]路面状態推定装置の他の形態を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、発明の実施形態を通じて本発明を詳説するが、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではなく、また実施形態の中で説明される特徴の組み合わせのすべてが発明の解決手段に必須であるとは限らず、選択的に採用される構成を含むものである。

[0008] 図1は、実施形態に係る路面状態の推定方法を実施するための路面状態推定装置1の一構成例を示すブロック図である。同図に示すように、路面状態推定装置1は、タイヤ側装置2と車体側装置4とで構成される。タイヤ側装置2は、タイヤ10の振動を検出する振動検出手段として機能する加速度センサ11と、加速度センサ11から出力される信号を処理する信号処理手段12と、信号処理手段12による処理結果を車体側装置4に送信する送信手段19と、加速度センサ11や信号処理手段12及び送信手段19等に電力を供給する図外の電源とを備える。タイヤ側装置2は、例えば、加速度センサ11、信号処理手段12、送信手段19及び電源と一体的にされた1つのモジュールとして構成される。電源には、ボタン電池等の電池、或いはタイヤ10の回転により発電するタイヤ内発電装置等が適用可能である。

[0009] 図2は、タイヤ側装置2の取付状態を示す図である。図2に示すように、タイヤ側装置2は、加速度センサ11がタイヤ幅方向の中央部CLに配置されるように、タイヤトレッド10aの裏面（タイヤ気室側）のインナーライナー10bに図外の固定手段により設けられる。より詳細には、加速度センサ11の加速度の検出方向が、走行中のタイヤ10に生じるタイヤ周方向の振動を検出するように配置される。例えば、加速度センサ11には、20000Hzまでの振動を検出可能なものが適用される。また、加速度センサ11は、少なくともタイヤ周方向の振動を検出できるものであれば良く、1軸、或いは2軸や3軸等の複数の方向の加速度を同時に検出可能なものであっても良いが、電力消費の観点からすれば、タイヤ周方向の振動を検出するた

めの1軸の加速度センサ11が好ましい。

[0010] また、加速度センサ11によるタイヤ振動の検出方向は、タイヤ周方向に限定されず、タイヤ径方向やタイヤ幅方向であっても良い。例えば、加速度センサ11によるタイヤ振動の検出方向をタイヤ径方向に設定した場合、タイヤ10に対する加速度センサ11の取り付け誤差の影響が少なく、加速度センサ11により検出されるタイヤ振動の出力が大きくS/N比が高いという利点がある。一方で、検出されるタイヤ振動に遠心加速度の影響を受けるため、タイヤ10が高速回転したときに、タイヤ振動の出力が大きくなりすぎるため、回転速度の影響を打ち消すための処理が必要となる。また、タイヤ幅方向に設定した場合、タイヤ振動の信号が小さいため、十分な情報が得られ難く、信号を増幅する等の処理が必要となる。これらの点を踏まえると、タイヤ周方向の振動を検出するように配置することが好適である。

[0011] 図3は、信号処理手段12のハードウェア構成図である。信号処理手段12は、演算手段としてのCPU12A、ROM、RAM等の記憶手段12B、入出力手段12Cとを含む。記憶手段12Bには、加速度センサ11から入力された信号を処理するためのプログラム等が格納される。そして、CPU12Aが記憶手段12Bに記憶されたプログラムに従った処理を実行することにより、後述の各手段として機能する。入出力手段12Cは、加速度センサ11と接続され、加速度センサ11から出力されるタイヤ振動の信号が入力される入力インターフェース、CPU12Aによる演算結果を送信手段19に出力する出力インターフェースとして機能する。信号処理手段12は、例えば、省スペース、小電力化すべくワンチップコンピュータ等のように構成される。

[0012] 図4は、タイヤが1回転したときのタイヤ振動の波形の一例を示す図である。図5は、信号処理手段12の処理を示す流れ図である。図1、図5に示すように、信号処理手段12は、信号抽出手段15と、フィルタ処理手段16と、振動レベル算出手段17と、振動レベル比算出手段18とを備える。信号処理手段12は、タイヤ10が一回転する毎、即ち、タイヤ側装置2が

一回転する毎に検出されたタイヤ振動に基づいて処理を実行する。

[0013] 図5に示すように、信号抽出手段15は、例えば、領域設定部15Aと、サンプリング部15Bとを備え、図4に示す、加速度センサ11により検出されたタイヤ振動の信号から異なる時刻のタイヤ振動の信号を複数か所、本実施形態では2か所から抽出する。

[0014] 図4に示すように、領域設定部15Aは、例えば、入力されたタイヤ振動に含まれる正負のピーク値、踏み込み点（踏込時）のピーク p_f と、蹴り出し点（蹴出時）のピーク p_r とを検出し、検出されたピーク p_f ； p_r の時刻の中間点を接地中心Xとして算出し、算出した接地中心Xよりも前の時刻の範囲を前方領域 R_f 、後の時刻の範囲を後方領域 R_r として設定する。

[0015] サンプリング部15Bは、領域設定部15Aにより設定された各領域 R_f ； R_r に処理対象となるサンプリング領域を設定する。サンプリング領域の設定は、例えば、前方領域 R_f 及び後方領域 R_r のそれぞれに対し、所定の時間幅の窓関数を掛けて、前方領域 R_f に1か所、後方領域 R_r に1か所の計2箇所にサンプリング領域 w_f ； w_r を設定する。そして、設定したサンプリング領域 w_f ； w_r に含まれるタイヤ振動の信号を部分振動信号（前方抽出信号 S_f 、後方抽出信号 S_r ）として抽出する。抽出された前方抽出信号 S_f 及び後方抽出信号 S_r は、フィルタ処理手段16に出力される。

[0016] なお、サンプリング部15Bにおいて窓関数を掛ける位置は、接地中心Xの時刻を基準として前方領域 R_f 及び後方領域 R_r に所定時間間隔でオフセットした位置等適宜設定すれば良いが、ピーク p_f ； p_r を含むピーク p_f ； p_r 近傍のタイヤ振動には推定すべき路面状態を示す有効な情報が含まれているため、ピーク p_f ； p_r の近傍、或いはピーク p_f ； p_r を含むように設定すると良い。

[0017] フィルタ処理手段16は、信号抽出手段15により抽出された前方抽出信号 S_f 及び後方抽出信号 S_r から複数の異なる帯域の信号を抽出する所謂フィルター処理を実行する。例えば、フィルタ処理手段16は、前方抽出信号 S_f 及び後方抽出信号 S_r から、0以上1kHz以下の範囲と、1kHzよ

り高く 5 k H z 以下の範囲とから所定の周波数帯域を選択する。周波数帯域の選択を上記各範囲とすることにより、路面状態を示す特徴を好適に得ることができる。本実施形態におけるフィルタ処理手段 16 は、前方抽出信号 S_f 及び後方抽出信号 S_r から低周波帯域（成分）を抽出する低周波成分抽出部 20 と、高周波帯域（成分）を抽出する高周波成分抽出部 22 とを備える。なお、フィルタ処理手段 16 は、上述の周波数帯域から信号を抽出するバンドパスフィルタとして構成しても良い。

[0018] 本実施形態では、低周波とは 1 k H z 以下の信号をいい、高周波とは 1 k H z よりも高い信号をいうものとする。低周波成分抽出部 20 は、前方抽出信号 S_f 及び後方抽出信号 S_r の 1 k H z 以下の信号を通過させる所謂ローパスフィルタ（L P F）である。なお、以下、の説明において、低周波成分抽出部 20 を L P F 20 という場合がある。高周波成分抽出部 22 は、前方抽出信号 S_f 及び後方抽出信号 S_r の 1 k H z より高い信号を通過させる所謂ハイパスフィルタ（H P F）である。

[0019] 高周波成分抽出部 22 は、前方抽出信号 S_f 及び後方抽出信号 S_r から下限値の異なる帯域の異なる高周波成分を抽出する複数のハイパスフィルタ（H P F）22 A ~ 22 D を備える。具体的には、周波数が 1 k H z よりも高い高周波信号を抽出する第 1 H P F 22 A と、2 k H z よりも高い高周波信号を抽出する第 2 H P F 22 B と、3 k H z よりも高い信号を抽出する第 3 H P F 22 C と、4 k H z よりも高い信号を抽出する第 4 H P F 22 D と、を備える。

[0020] 前方抽出信号 S_f 及び後方抽出信号 S_r は、フィルタ処理手段 16 の L P F 20 による処理により低周波信号 $L s_f$ 及び低周波信号 $L s_r$ が抽出され、第 1 H P F 22 A による処理により高周波信号 $H s_f 1$ 及び高周波信号 $H s_r 1$ が抽出され、第 2 H P F 22 B による処理により高周波信号 $H s_f 2$ 及び高周波信号 $H s_r 2$ が抽出され、第 3 H P F 22 C による処理により高周波信号 $H s_f 3$ 及び高周波信号 $H s_r 3$ が抽出され、第 4 H P F 22 D による処理により高周波信号 $H s_f 4$ 及び高周波信号 $H s_r 4$ が抽出される。

[0021] 振動レベル算出手段17は、フィルタ処理手段16により抽出された低周波信号 Lsf 、低周波信号 Lsr 、高周波信号 $Hsf1$ 、高周波信号 $Hsr1$ 、高周波信号 $Hsf2$ 、高周波信号 $Hsr2$ 、高周波信号 $Hsf3$ 、高周波信号 $Hsr3$ 、高周波信号 $Hsf4$ 、高周波信号 $Hsr4$ の振動レベルを算出する。

[0022] 具体的には、振動レベル算出手段17は、各信号 Lsf 、 Lsr 、 $Hsf1\sim4$ 、 $Hsr1\sim4$ 毎に、2乗して時間積分したものを積分区間の時間で平均化し、平方根をとることで振動レベルを算出する。即ち、振動レベル算出手段17は、各信号 Lsf 、 Lsr 、 $Hsf1\sim4$ 、 $Hsr1\sim4$ のRMS（2乗平均平方根）を演算することで、各信号 Lsf 、 Lsr 、 $Hsf1\sim4$ 、 $Hsr1\sim4$ 毎の所謂実効値を振動レベルとして算出する。

[0023] 振動レベル算出手段17の処理により前方抽出信号 Sf に含まれる低周波信号 Lsf の低周波振動レベル $PLsf$ 、高周波信号 $Hsf1$ の高周波振動レベル $PHsf1$ 、高周波信号 $Hsf2$ の高周波振動レベル $PHsf2$ 、高周波信号 $Hsf3$ の高周波振動レベル $PHsf3$ 、高周波信号 $Hsf4$ の高周波振動レベル $PHsf4$ が算出され、後方抽出信号 Sr に含まれる低周波信号 Lsr の低周波振動レベル $PLsr$ 、高周波信号 $Hsr1$ の高周波振動レベル $PHsr1$ 、高周波信号 $Hsr2$ の高周波振動レベル $PHsr2$ 、高周波信号 $Hsr3$ の高周波振動レベル $PHsr3$ 、高周波信号 $Hsr4$ の高周波振動レベル $PHsr4$ が算出される。

[0024] 振動レベル比算出手段18は、振動レベル算出手段17により算出された各信号 Lsf 、 Lsr 、 $Hsf1\sim4$ 、 $Hsr1\sim4$ の振動レベル比を算出する。

本実施形態における振動レベル比とは、前方抽出信号 Sf 及び後方抽出信号 Sr から得られた低周波の振動レベル $PLsf$ 及び $PLsr$ により、前方抽出信号 Sf の高周波の振動レベル $PHsf1$ 、 $PHsf2$ 、 $PHsf3$ 、 $PHsf4$ 及び後方抽出信号 Sr の高周波の振動レベル $PHsr1$ 、 $PHsr2$ 、 $PHsr3$ 、 $PHsr4$ を除算して算出される。

[0025] 具体的には、振動レベル比は、次のように算出される。

高周波振動レベル PH_{sf1} を低周波振動レベル PL_{sf} で除して振動レベル比 $R1$ を、高周波振動レベル PH_{sf2} を低周波振動レベル PL_{sf} で除して振動レベル比 $R2$ を、高周波振動レベル PH_{sf3} を低周波振動レベル PL_{sf} で除して振動レベル比 $R3$ を、高周波振動レベル PH_{sf4} を低周波振動レベル PL_{sf} で除して振動レベル比 $R4$ を算出する。

高周波振動レベル PH_{sr1} を低周波振動レベル PL_{sr} で除して振動レベル比 $R5$ を、高周波振動レベル PH_{sr2} を低周波振動レベル PL_{sr} で除して振動レベル比 $R6$ を、高周波振動レベル PH_{sr3} を低周波振動レベル PL_{sr} で除して振動レベル比 $R7$ を、高周波振動レベル PH_{sr4} を低周波振動レベル PL_{sr} で除して振動レベル比 $R8$ を算出する。

高周波振動レベル PH_{sf1} を低周波振動レベル PL_{sf} で除して振動レベル比 $R9$ を、高周波振動レベル PH_{sr2} を低周波振動レベル PL_{sf} で除して振動レベル比 $R10$ を、高周波振動レベル PH_{sr3} を低周波振動レベル PL_{sf} で除して振動レベル比 $R11$ を、高周波振動レベル PH_{sr4} を低周波振動レベル PL_{sf} で除して振動レベル比 $R12$ を算出する。

高周波振動レベル PH_{sr1} を低周波振動レベル PL_{sr} で除して振動レベル比 $R13$ を、高周波振動レベル PH_{sr2} を低周波振動レベル PL_{sr} で除して振動レベル比 $R14$ を、高周波振動レベル PH_{sr3} を低周波振動レベル PL_{sr} で除して振動レベル比 $R15$ を、高周波振動レベル PH_{sr4} を低周波振動レベル PL_{sr} で除して振動レベル比 $R16$ を算出する。そして、算出された振動レベル比 $R1$ 乃至 $R16$ は、送信手段 19 に出力され、送信手段 19 を介して車体側装置 4 に出力される。

[0026] 本実施形態では、説明の便宜上、振動レベル比を前方抽出信号 S_f 及び後方抽出信号 S_r から得られた低周波の振動レベル PL_{sf} 及び PL_{sr} により、前方抽出信号 S_f の高周波の振動レベル PH_{sf1} 、 PH_{sf2} 、 PH_{sf3} 、 PH_{sf4} 及び後方抽出信号 S_r の高周波の振動レベル PH_{sr1} 、 PH_{sr2} 、 PH_{sr3} 、 PH_{sr4} を除算するものとして説明したが、

これに限定されない。

[0027] 例えば、前方抽出信号 S_f から得られた高周波成分の振動レベル PH_{sf1} 、 PH_{sf2} 、 PH_{sf3} 、 PH_{sf4} を、後方抽出信号 S_r から得られた高周波成分の振動レベル PH_{sr1} 、 PH_{sr2} 、 PH_{sr3} 、 PH_{sr4} により除算したものを上述の振動レベル比に加えても良く、さらに、前方抽出信号 S_f から得られた低周波成分の振動レベル PL_{sf} を、後方抽出信号 S_r から得られた低周波成分の振動レベル PL_{sr} で除した振動レベル比を加えても良い。このように、振動レベル比を増やすことにより、タイヤ振動に含まれる路面状態を示すより多くの特徴を取得することができる。即ち、上述のように算出される振動レベルや振動レベルに基づいて算出される振動レベル比は、路面状態を示す特徴量と言える。

[0028] 上述のように得られる振動レベル比のうち、特に、前方抽出信号 S_f から得られた高周波成分の振動レベルを後方抽出信号 S_r から得られた高周波成分の振動レベルで除して算出された振動レベル比や、前方抽出信号 S_f から得られた低周波成分の振動レベルを後方抽出信号 S_r から得られた低周波成分の振動レベルで除して算出された振動レベル比も路面状態を示す有力な特徴量である。

[0029] 図6(a)は、振動レベルの速度の依存性を示すグラフ、図6(b)は、高周波成分の振動レベルを低周波成分の振動レベルで除したときの速度の依存性を示すグラフである。

図6(a)に示すように、低周波、高周波ともに速度の上昇とともに振動レベルが上昇することが分かる。また、図6(b)に示すように、高周波成分は、速度の上昇に応じて振動レベルが大きく増加するが、高周波成分の振動レベルを低周波成分の振動レベルで除すと、速度にかかわらず、振動レベルの変化はほぼ横ばいとなる結果が得られている。したがって、上述のように振動レベル比 $R_1 \sim R_{16}$ を算出することにより、タイヤ10が高速で回転したときの遠心力の影響や、路面の凹凸の影響を打ち消すことができる。

[0030] 車体側装置4は、タイヤ側装置2から送信される振動レベル比 $R_1 \sim R_{16}$

6を受信する受信手段31と、上記受信された振動レベル比 $R_1 \sim R_{16}$ に基づいて車両の走行している路面の状態を推定する路面状態推定手段33とを備える。

[0031] 受信手段31は、タイヤ側装置2の送信手段19から送信される振動レベル比 $R_1 \sim R_{16}$ を受信可能に構成される。

[0032] 路面状態推定手段33は、演算手段としてのCPU、ROM、RAM等の記憶手段、入出力手段とを備える。記憶手段には、路面状態を推定するためのプログラム等が格納される。そして、CPUが記憶手段に記憶されたプログラムを実行することにより、タイヤ側装置2から入力された振動レベル比 $R_1 \sim R_{16}$ に基づいて路面状態を推定する。入出力手段は、受信手段31と接続され、タイヤ側装置2から送信される振動レベル比 $R_1 \sim R_{16}$ の信号が入力される入力インターフェース、CPUによる演算結果を出力する出力インターフェースとして機能する。

[0033] 路面状態推定手段33は、所謂機械学習に基づいて路面状態を判定する。ここでは、決定木により路面状態を推定するものとして説明するが、決定木に限定されない。

図7は、路面状態を推定する決定木の一例を示す図である。同図に示す、 α_1 、 α_2 、 α_3 は、路面状態を判定するための説明変数であり、例えば、各説明変数 α_1 、 α_2 、 α_3 には、振動レベル比に基づいて設定された比較値（しきい値） β_1 （ α_1 に対応）、 β_2 （ α_2 に対応）、 β_3 （ α_3 に対応）がそれぞれ設定される。

[0034] 決定木における説明変数は、上記タイヤ側装置2が装着された車両により、DRY路面、WET路面を走行して、DRY路面における振動レベル比のデータ集合（以下、DRYデータという）、WET路面における振動レベル比のデータ集合（以下WETデータという）を取得し、DRYデータ、WETデータに基づいて、決定木における説明変数 α_1 、 α_2 、 α_3 に設定される比較値（しきい値） β_1 、 β_2 、 β_3 や説明変数 α_1 、 α_2 、 α_3 により路面状態を推定するための判定順序等が設定される。

[0035] 設定された説明変数 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ の数値や、各説明変数 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ に紐付けされる比較値 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\beta 3$ 、及び説明変数 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ により路面状態を推定するための判定順序等は、記憶手段に記憶させておく。そして、図7に例示した決定木に、算出された振動レベル比 $R 1 \sim R 16$ を順次入力値として入力し、D R Y路面か、或はW E T路面かを判定させ、判定結果の多数決により路面状態がD R YかW E Tかを判定する。したがって、上記信号処理手段12による処理は、路面状態を示す特徴量をタイヤ振動から抽出しているものと言える。

また、路面状態推定手段33による処理は、信号処理手段12により振動レベル比を算出したときの周波数帯域及びタイヤ振動から抽出した波形の組み合わせを機械学習によって選択しているともいうことができる。

[0036] このように、機械学習により、路面状態を推定することにより、判断の難しい路面状態であっても効率的に路面状態を推定することができる。また、上記例では、路面状態の判定をD R YとW E Tとして説明したが、路面状態推定手段33による路面状態の判定は、これに限定されず、I C E（凍結）路面、S N O W（雪）路面等の他の路面を判定させることもできる。また、上述のように、機械学習により選択された特徴量（ここでは説明変数 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\alpha 3$ としたもの）のみを処理することで、演算量を減らすことができる。

[0037] 図8は、本実施形態に係る路面状態の推定方法の処理を示す概略フロー図である。

車両の走行に伴うタイヤ10の回転により、路面状態に応じたタイヤ振動が加速度センサ11により検出され、検出されたタイヤ振動が信号処理手段12に出力される。

次に、信号抽出手段15により、入力されたタイヤ振動の異なる時刻の2か所から所定時間幅の部分振動を抽出するサンプリングを実行する（S101）。

次に、フィルタ処理手段16により、S101により抽出された部分振動

から所定の周波数帯域の成分を抽出するフィルタ処理を実行する（S102）。

次に、振動レベル算出手段17により、S102により抽出された周波数帯域毎の振動レベルを算出する平均化処理を実行する（S103）。

次に、振動レベル比算出手段18により、S103により算出された一方の時刻における振動レベルと、前記算出された他方の時刻における振動レベルとの比である振動レベル比を算出する（S104）。

次に、路面状態推定手段33により、S104により算出された振動レベル比に基づいて路面状態を推定する（S105）。

加速度センサ11からタイヤ振動の信号が入力される毎に、上記S101～S105を繰り返すことにより、タイヤ10が一回転する毎の路面の状態が推定される。

推定された結果は、車両に設けられた表示装置、例えばドライバーの所有するスマートフォン、カーナビゲーション装置等の表示装置に出力したり、車両を制御する制御装置に出力したり、道路を管理する道路管理者にスマートフォンを介して出力する等適宜構成すれば良い。

[0038] 以上説明したように、本実施形態に係る路面状態推定方法によれば、加速度センサ11の検出したタイヤ振動を処理することにより、速度の影響を受けることなくタイヤ振動が検出されたときの路面状態を表す特徴量として振動レベル比を取得することができる。また、得られた振動レベル比は、速度が異なるものを一括で扱うことが可能となるため速度情報が不要となる。また、振動レベル比の算出は、シンプルな除算のみとなり、タイヤ側装置2の動作時の、計算量を減少させることができる。その結果、大きなCPU12Aや大容量の記憶手段12Bが不要となり、モジュールの大きさの大型化や重さの増加を抑制できる。その結果、省電力化がなされ、動作時間の長寿化を図ることができる。

[0039] なお、上記実施形態では、タイヤ10が一回転する毎に検出されたタイヤ振動に基づいて路面状態を推定するものとして説明したが、これに限定され

ない。即ち、上記実施形態では、タイヤ内センサーが一回転する間に取得された加速度信号に基づいて、路面状態を判定するものとしたが、例えば、タイヤ内センサーが、2回転する間に取得されたタイヤ振動の信号に基づいて路面状態を判定しても良い。

[0040] また、上述のように、タイヤ10が一回転する毎に路面状態を推定することで、急激な路面の変化をすばやく把握することができるが、タイヤ10が所定回数回転したときに、路面状態を推定するようにしても良い。

[0041] また、上記実施形態では、タイヤ一回転の設定を接地前、接地後として設定したが、これに限定されない。即ち、領域設定部15Aによるタイヤ振動の区画処理において2つの領域に分けるものとしたがこれに限定されず、2以上の複数の領域に分けて処理しても良い。このように複数の領域に分けた場合、各領域毎に信号処理手段12による処理を実行することにより、その路面の状態を示す特徴量のサンプリング数を多く取得できるため、路面状態を推定するときの推定精度を向上させることができる。

[0042] なお、上記実施形態では、信号抽出手段15においてサンプリング領域を、タイヤ接地面近傍に現れるタイヤ振動の2つのピーク位置を基準として、所定時間幅の窓かけ処理を実行して抽出するものとして説明したが、これに限定されず、領域設定部15Aにより設定された前方領域R_f及び後方領域R_rをサンプリング領域としても良い。

[0043] また、信号抽出手段15では、領域設定部15Aにより設定された前方領域R_f及び後方領域R_rのそれぞれから、サンプリング部15Bにより一か所づつサンプリング領域を設定するものとして説明したが、後方領域R_rにはサンプリング領域を設定せずに、前方領域R_fからサンプリング領域を2箇所設定しても良く、また、前方領域R_fにはサンプリング領域を設定せずに、後方領域R_rからサンプリング領域を2箇所設定しても良い。

[0044] また、高周波成分抽出部22において、タイヤ振動の信号から4段階で高周波成分の信号を抽出するものとしたが、説明の便宜上の数であって、これに限定されない。例えば、さらに、5kHzよりも高い信号を抽出する第5

ハイパスフィルタを設ける等、より高い周波数の信号を抽出するようにしても良く、信号処理手段 12 を構成するハードウェアの処理能力に応じて設定すれば良い。

[0045] また、1 kHz を境界として、低周波帯域及び高周波帯域を設定したが、必ずしもこれに限定されず、タイヤ 10 の構造や特性に応じて、帯域を設定すれば良い。

[0046] また、上述の路面状態推定装置 1 では、タイヤ側装置 2 と車体側装置 4 として説明したが、例えば、図 9 に示すように、タイヤ 10 の振動を検出する加速度センサ 11 と、加速度センサ 11 から出力される信号を処理する信号処理手段 12 と、路面状態推定手段 33 とを一体的に構成し、タイヤ側装置 2 としても良い。即ち、上述のように、機械学習により路面状態を判定することで演算量を減らすことができるため、路面状態推定手段 33 として機能するハードウェア構成を小さくすることができ、タイヤ側装置 2 に含ませてタイヤ 10 内に設けることが可能となる。この場合、路面状態推定手段 33 により推定された路面状態を送信手段 19 により車体側装置 4 に送信し、車体側装置 4 の受信手段 31 で受信し、受信した内容（判定された路面状態）を表示手段に表示してドライバーに報知することができる。

また、車体側装置 4 の受信手段 31 で受信した路面状態は、車体の挙動を制御する制御装置に出力したり、さらに、車両に搭載された無線通信装置やドライバーの保有するスマートフォン等の無線通信機器を介して道路管理施設に出力するようにしても良い。

符号の説明

[0047] 1 路面状態推定装置、2 タイヤ側装置、4 車体側装置、
10 タイヤ、11 加速度センサ、12 信号処理手段、
15 信号抽出手段、16 バンドパスフィルタ、
17 振動レベル算出手段、18 振動レベル比算出手段、
33 路面状態推定手段。

請求の範囲

- [請求項1] 走行中のタイヤの振動を検出するステップと、
前記検出されたタイヤの振動の信号における異なる時刻の2か所から
所定時間幅の部分振動信号を抽出するステップと、
前記抽出された部分振動信号毎に、所定の周波数帯域の成分を抽出す
るステップと、
前記抽出された周波数帯域毎の振動レベルを算出するステップと、
前記算出された一方の時刻における振動レベルと、前記算出された他
方の時刻における振動レベルとの比である振動レベル比を算出するス
テップと、
前記算出された振動レベル比に基づいて路面状態を推定するステップ
と、
を備える路面状態推定方法。
- [請求項2] 前記周波数帯域は、0以上1 kHz以下の範囲と、1 kHzより高
く5 kHz以下の範囲とから選択されたことを特徴とする請求項1記
載の路面状態推定方法。
- [請求項3] 前記路面状態は、前記振動レベル比を入力値とする機械学習により
推定される請求項1又は請求項2記載の路面状態推定方法。
- [請求項4] 走行中のタイヤの振動を検出する振動検出手段と、
前記検出されたタイヤの振動の信号における異なる時刻の2か所から
所定時間幅の部分振動信号を抽出する信号抽出手段と、
前記信号抽出手段により抽出された部分振動信号毎に、所定の周波数
帯域の成分を抽出するフィルタ処理手段と、
前記フィルタ処理手段により抽出された周波数帯域毎の振動レベルを
算出する振動レベル算出手段と、
前記振動レベル算出手段により算出された一方の時刻における振動レ
ベルと、前記算出された他方の時刻における振動レベルとの比を算出
する振動レベル比算出手段と、

前記振動レベル比算出手段により算出された振動レベル比に基づいて路面状態を推定する路面状態推定手段と、
を備える路面状態推定装置。

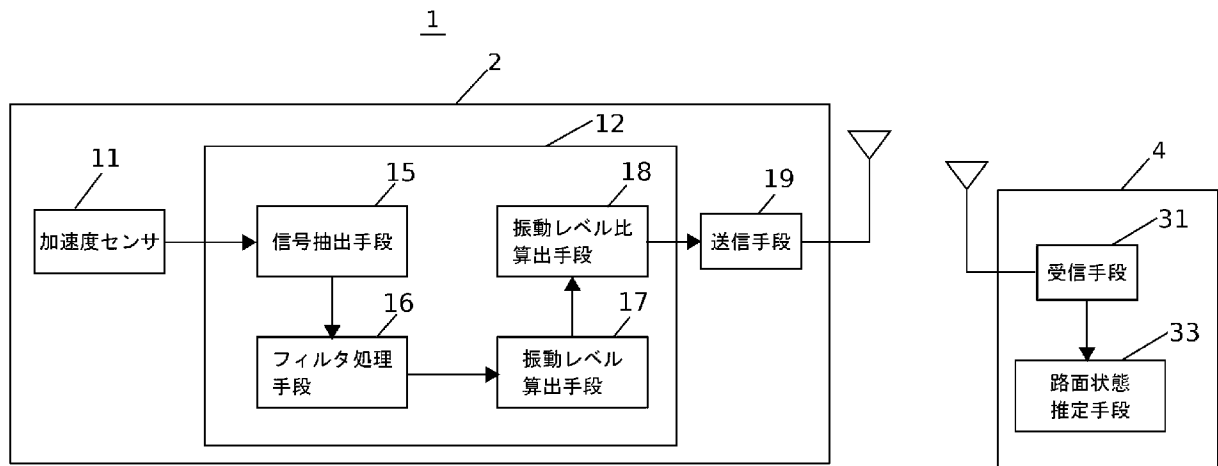
[請求項5] 前記フィルタ処理手段により抽出される前記周波数帯域は、0以上1 kHz以下の範囲と、1 kHzより高く5 kHz以下の範囲とから選択されることを特徴とする請求項4記載の路面状態推定装置。

[請求項6] 前記路面状態推定手段は、前記振動レベル比を入力値とする機械学習により路面状態を推定する請求項4又は請求項5記載の路面状態推定装置。

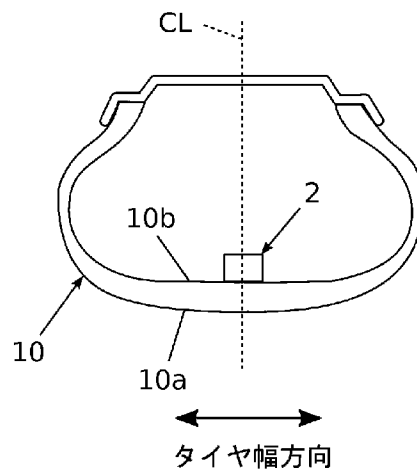
[請求項7] 走行中のタイヤの振動を検出する振動検出手段と、
前記検出されたタイヤの振動の信号における異なる時刻の2か所から所定時間幅の部分振動信号を抽出する信号抽出手段と、
前記信号抽出手段により抽出された部分振動信号毎に、所定の周波数帯域の成分を抽出するフィルタ処理手段と、
前記フィルタ処理手段により抽出された周波数帯域毎の振動レベルを算出する振動レベル算出手段と、
前記振動レベル算出手段により算出された一方の時刻における振動レベルと、前記算出された他方の時刻における振動レベルとの比を算出する振動レベル比算出手段と、
を備えたタイヤ。

[請求項8] 前記振動レベル比算出手段により算出された振動レベル比に基づいて路面状態を推定する路面状態推定手段をさらに備えた請求項7記載のタイヤ。

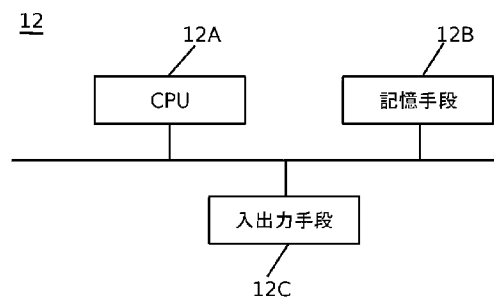
[図1]



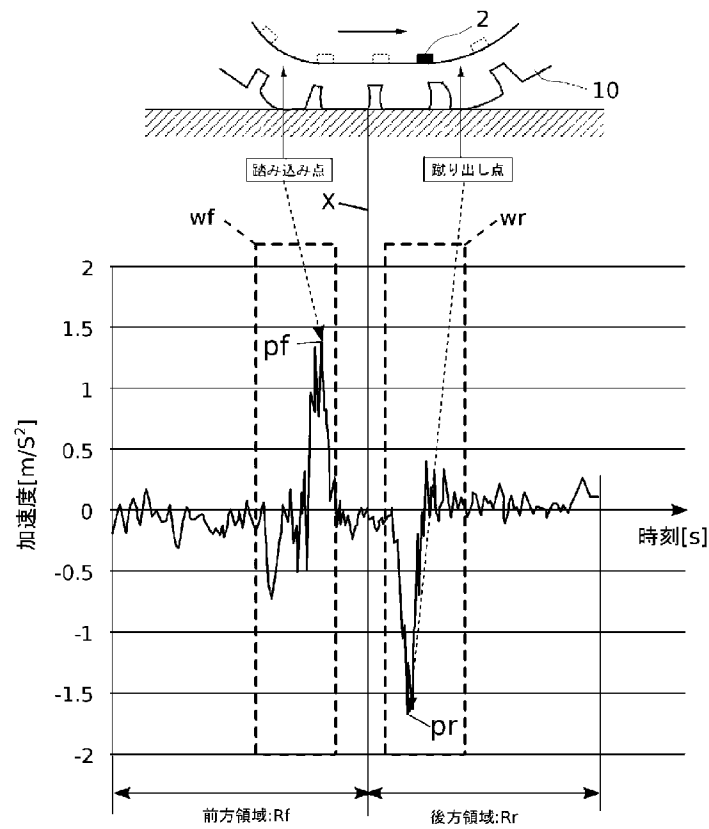
[図2]



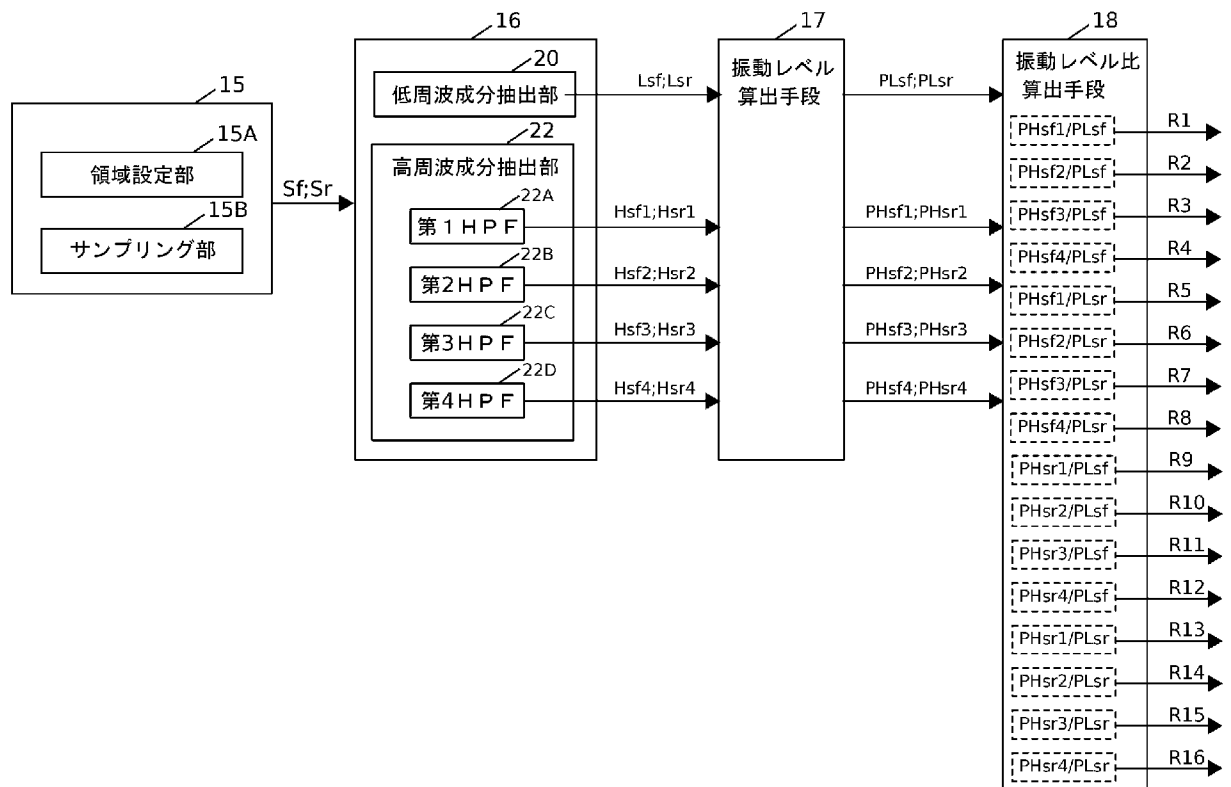
[図3]



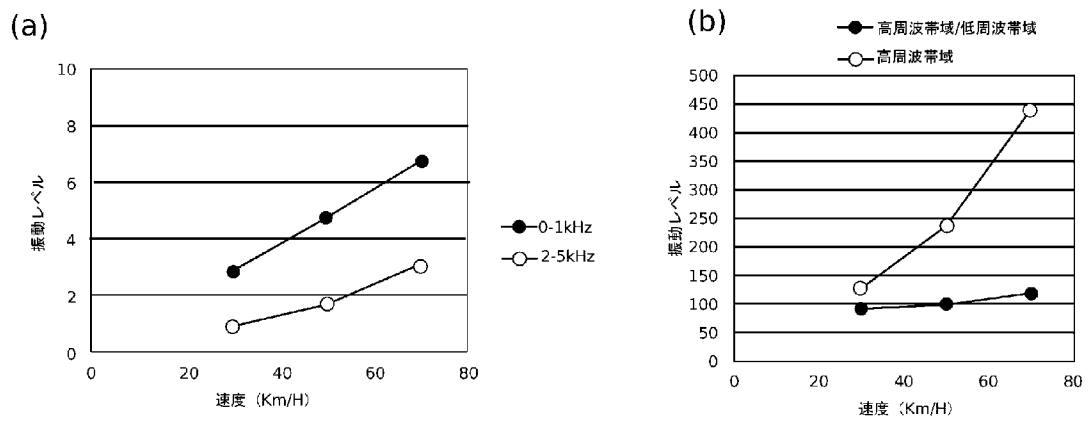
[図4]



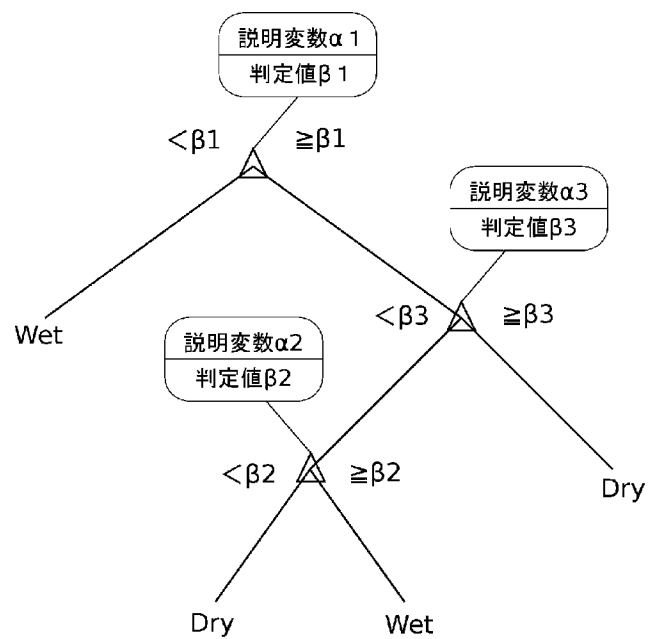
[図5]



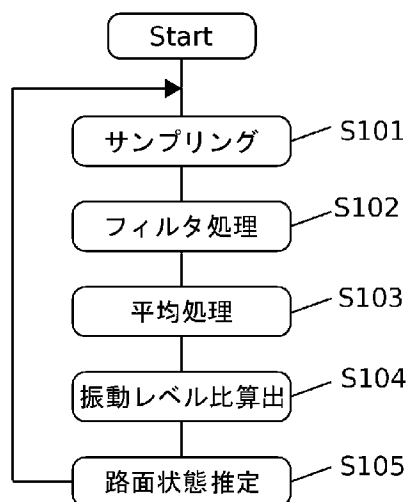
[図6]



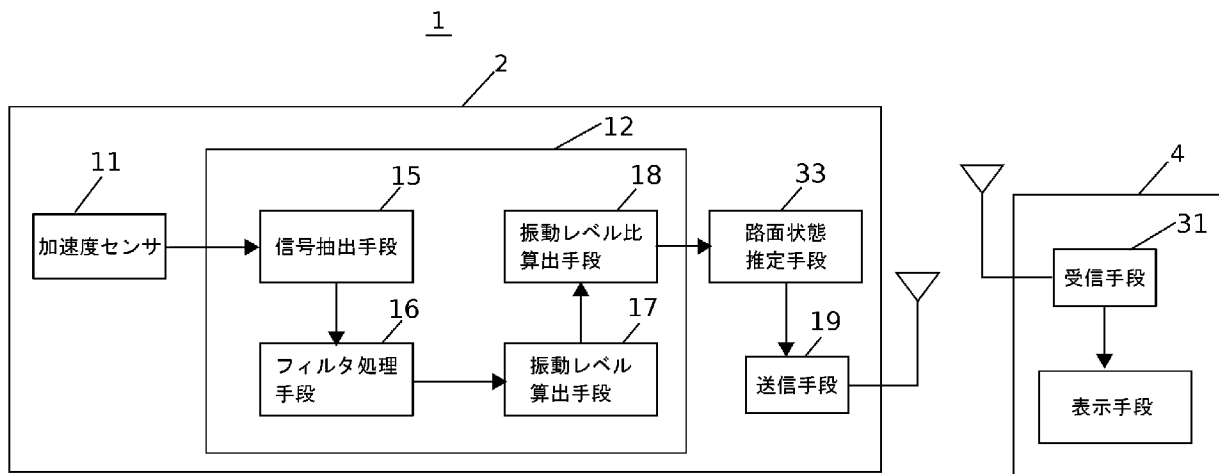
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/024133

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B60W40/06 (2012.01) i, B60C19/00 (2006.01) i, G01H17/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B60W10/00-50/16, B60C1/00-19/12, G01H1/00-17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2007-55284 A (BRIDGESTONE CORPORATION) 08 March 2007, claim 3, paragraphs [0018]-[0021] (Family: none)	1-8
A	JP 2011-46256 A (BRIDGESTONE CORPORATION) 10 March 2011, paragraphs [0021], [0022], [0024]-[0026], [0029] (Family: none)	1-8
A	WO 2006/135090 A1 (BRIDGESTONE CORPORATION) 21 December 2006, paragraphs [0026]-[0032] & US 2009/0105921 A1, paragraphs [0080]-[0099] & EP 1897706 A1	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26.08.2019

Date of mailing of the international search report
03.09.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B60W40/06(2012.01)i, B60C19/00(2006.01)i, G01H17/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B60W10/00-50/16, B60C1/00-19/12, G01H1/00-17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2007-55284 A（株式会社ブリヂストン）2007.03.08, 請求項3, 段落[0018]-[0021]（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2011-46256 A（株式会社ブリヂストン）2011.03.10, 段落[0021]-[0022], [0024]-[0026], [0029]（ファミリーなし）	1-8
A	WO 2006/135090 A1（株式会社ブリヂストン）2006.12.21, 段落[0026]-[0032] & US 2009/0105921 A1, 段落[0080]-[0099] & EP 1897706 A1	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26.08.2019

国際調査報告の発送日

03.09.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

増子 真

3Z

5783

電話番号 03-3581-1101 内線 3395