

(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
2017 年 5 月 4 日(04.05.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/073210 A1

- (51) 国際特許分類:
B60W 40/068 (2012.01) **G01W 1/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/078021
- (22) 国際出願日: 2016 年 9 月 23 日(23.09.2016)
- (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 2015-210984 2015 年 10 月 27 日(27.10.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 洋一郎(SUZUKI Youichirou); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 高岡 彰(TAKAOKA Akira); 〒4450012 愛知

県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 関澤 高俊(SEKIZAWA Takatoshi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

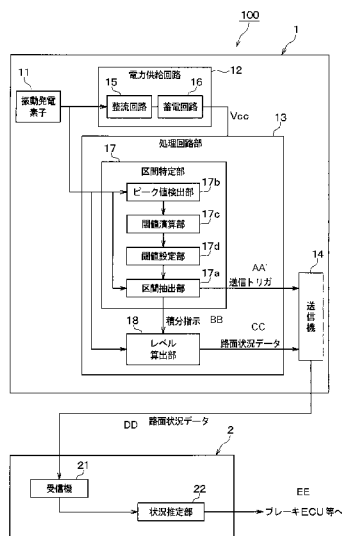
(74) 代理人: 特許業務法人ゆうあい特許事務所(YOUI PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目 6 番 5 号 名古屋錦シティビル 4 階 Aichi (JP).

(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, KE, KG, 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,

[続葉有]

(54) Title: ROAD SURFACE CONDITION ESTIMATION DEVICE

(54) 発明の名称: 路面状況推定装置



- 11 Vibration power-generating element
12 Power supply circuit
13 Processing circuit
14 Transmitter
15 Rectifier circuit
16 Accumulator circuit
17 Interval identification unit
17a Interval extraction unit
17b Peak value detection unit
17c Threshold value calculation unit
17d Threshold value setting unit
18 Level calculation unit
21 Receiver
22 Condition estimation unit
AA Transmission trigger
CC Road condition data
DD Road surface condition data
EE To brake ECU, etc.

(57) Abstract: This road surface condition estimation device extracts a detection signal of a vibration power generation element (11) during a contact interval for detecting the road surface condition. Then, the threshold value used in determining that the vibration detection unit is in the contact interval at that point in time can be varied according to the traveling speed of the vehicle. By adopting this configuration, even if there is a change in the pulse level of the output voltage of the vibration power-generating element according to the traveling speed of the vehicle, a corresponding threshold value can be set. By determining the contact interval using such a threshold value, it becomes possible to perform a determination with a high degree of accuracy. Therefore, it becomes possible to detect the road surface condition with a high degree of accuracy, on the basis of the contact interval determined with a high degree of accuracy.

(57) 要約: 路面状況推定装置は、路面状況の検出のために接地区間中の振動発電素子(11)の検出信号を抽出する。そして、その際の接地区間中であることの判定に用いる閾値を車両の走行速度に応じて可変とする。これにより、車両の走行速度に応じて振動発電素子(11)の出力電圧のパルスレベルが変化しても、それに対応した閾値を設定できる。このような閾値を用いて接地区間の判定を行うことで、精度良い判定を行うことが可能となる。したがって、精度良く判定された接地区間に基づいて、精度良く路面状況の検出を行うことが可能となる。

WO 2017/073210 A1



SL, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：路面状況推定装置

関連出願への相互参照

[0001] 本出願は、2015年10月27日に提出された日本特許出願番号2015-210984号に基づくもので、ここにその記載内容が参照により組み入れられる。

技術分野

[0002] 本開示は、タイヤが受ける振動に基づいて路面状況を推定する路面状況推定装置に関するものである。

背景技術

[0003] 従来より、タイヤトレッドの裏面に加速度センサを埋設し、加速度センサの検出信号に基づいて路面状況、例えばアスファルト路、雪路、凍結路などの状況を推定する技術が提案されている（例えば、特許文献1参照）。具体的には、加速度センサをタイヤトレッドの裏面に埋設すると、タイヤ回転に伴ってタイヤトレッドのうち加速度センサの配置箇所と対応する部分が路面に接地しているときに、加速度センサの検出信号に路面状況に応じた振動成分が重畳される。このため、従来では、タイヤトレッドのうち加速度センサの配置箇所と対応する部分が路面に接地している接地区間中での振動の周波数成分を解析することで、路面状況を推定している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-242303号公報

発明の概要

[0005] 加速度センサが検出する振動のパルス波形のレベル（以下、パルスレベルという）は、走行速度によって大きく変動する。このため、タイヤトレッドのうち加速度センサの配置箇所と対応する部分が路面に接地している接地区間をパルスレベルに基づいて判定することが精度良く行えず、路面状況の推

定を的確に行えない。

[0006] 本開示は、タイヤのうちタイヤの振動を検出する振動検出部の配置箇所と対応する部分が路面に接地している接地区間の判定を精度良く行える路面状況推定装置を提供することを目的とする。

[0007] 本開示の1つの観点における路面状況推定装置は、タイヤ側装置と車両側装置とを有した構成とされている。タイヤ側装置は、車両に備えられるタイヤのトレッドの裏面に取り付けられ、タイヤの振動の大きさに応じた検出信号を出力する振動検出部と、タイヤの1回転中におけるトレッドのうちの振動検出部の配置箇所と対応する部分が接地している接地区間を特定する区間特定部および接地区間中における検出信号の高周波成分のレベルを算出するレベル算出部を有する信号処理部と、高周波成分のレベルの算出結果を路面状況が表された路面状況データとして送信する送信機と、を有した構成とされている。また、車両側装置は、送信機から送信された路面状況データを受信する受信機と、路面状況データに基づいて、タイヤの走行路面の路面状況を推定する路面状況推定部と、を有した構成とされている。そして、タイヤ側装置において、区間特定部は、検出信号が示すパルス波形のパルスレベルと比較される第1閾値と該第1閾値よりも小さな第2閾値とを車両の走行速度に応じて設定する閾値設定部と、検出信号が示すパルス波形が第1閾値よりも大きくなった次の極大値を接地開始時とすると共にパルス波形が第2閾値より小さくなった次の極小値を接地終了時として、接地開始時から接地終了時までの間を接地区間として抽出する区間抽出部と、を有した構成とされている。

[0008] このように、路面状況の検出のために接地区間中の振動検出部の検出信号を抽出している。そして、その際の接地区間中であることの判定に用いる第1閾値および第2閾値を車両の走行速度に応じて可変としている。これにより、車両の走行速度に応じて振動検出部の出力電圧のパルスレベルが変化しても、それに対応した閾値を設定できる。このような閾値を用いて接地区間の判定を行うことで、精度良い判定を行うことが可能となる。したがって、

精度良く判定された接地区間に基づいて、精度良く路面状況の検出を行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1実施形態にかかる路面状況推定装置の全体のブロック構成を示した図である。

[図2]タイヤ側装置が取り付けられたタイヤの断面模式図である。

[図3]タイヤ回転時における振動発電素子の出力電圧波形図である。

[図4(a)]走行速度が30 km/hのときに振動発電素子に付与される振動加速度の波形と閾値の関係を示した図である。

[図4(b)]走行速度が40 km/hのときに振動発電素子に付与される振動加速度の波形と閾値の関係を示した図である。

[図4(c)]走行速度が60 km/hのときに振動発電素子に付与される振動加速度の波形と閾値の関係を示した図である。

[図5(a)]アスファルト路のように路面摩擦係数（以下、 μ という）が比較的大きな高 μ 路面を走行している場合における振動発電素子の出力電圧の変化を示した図である。

[図5(b)]凍結路のように路面 μ が比較的小さな低 μ 路面を走行している場合における振動発電素子の出力電圧の変化を示した図である。

[図6]高 μ 路面を走行している場合と低 μ 路面を走行している場合それぞれについて、接地区間中における出力電圧の周波数解析を行った結果を示した図である。

[図7]高周波成分のレベルを接地区間中に抽出した高周波成分の積分によって算出する場合における処理回路部の具体的な回路構成を示した図である。

[図8]走行路面が低 μ 路面の場合と高 μ 路面の場合それぞれの場合でのコンデンサでの充電の様子を示した図である。

[図9]第2実施形態にかかる路面状況推定装置の全体のブロック構成を示した図である。

[図10(a)]走行速度が30 km/hのときに振動発電素子に付与される振動加

速度の波形と接地パルス間隔の関係を示した図である。

[図10(b)]走行速度が40 km/hのときに振動発電素子に付与される振動加速速度の波形と接地パルス間隔の関係を示した図である。

[図10(c)]走行速度が60 km/hのときに振動発電素子に付与される振動加速速度の波形と接地パルス間隔の関係を示した図である。

[図11]第4実施形態にかかる路面状況推定装置の全体のブロック構成を示した図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付して説明を行う。

[0011] (第1実施形態)

図1～図8を参照して、本実施形態にかかる路面状況推定装置について説明する。本実施形態にかかる路面状況推定装置は、車両の各車輪に備えられるタイヤの接地面における振動に基づいて走行中の路面状況を推定するものとして用いられる。

[0012] 図1に示すように路面状況推定装置100は、タイヤ側に設けられたタイヤ側装置1と、車体側に備えられた車両側装置2とを有する構成とされている。そして、路面状況推定装置100は、タイヤ側装置1より走行中の路面状況を表すデータを送信すると共に、車両側装置2がタイヤ側装置1から送信されたデータを受信し、そのデータに基づいて走行中の路面状況を推定する。具体的には、タイヤ側装置1および車両側装置2は、以下のように構成されている。

[0013] タイヤ側装置1は、図1に示すように、振動発電素子11、電力供給回路12、処理回路部13、および送信機14を備えた構成とされ、図2に示されるように、タイヤ3のトレッド31の裏面側に設けられる。

[0014] 振動発電素子11は、タイヤ3が回転する際にタイヤ側装置1が描く円軌道に対して接する方向、つまり図2中の矢印Xの方向として示したタイヤ接

線方向の振動に応じた検出信号を出力する振動検出部を構成するものである。本実施形態の場合、振動発電素子 11 でタイヤ接線方向の振動に応じた検出信号を出力させるのに加えて、振動エネルギーを電気エネルギーに変換し、それに基づいてタイヤ側装置 1 の電源を生成している。このため、振動発電素子 11 は、タイヤ接線方向の振動に対して発電するように配設されている。このような振動発電素子 11 としては、例えば静電誘導型の発電素子（例えば、エレクトレット）、圧電素子、摩擦式、磁歪式、電磁誘導型の素子を適用できる。また、発電用途を加味しないタイヤ接線方向の振動に応じた検出信号を出力するだけであれば、振動発電素子 11 として他のもの、例えば加速度センサなどを用いることもできる。

[0015] 例えば振動発電素子 11 として静電誘導型の発電素子を用いる場合には、マイナスの電荷を帯びる下部電極に対して静電誘導によってプラスに帯電させられる上部電極が水平方向に振動させられると、静電誘導による電荷が変動し、起電力を生じることで発電する。このような振動発電素子 11 の発電に基づいて、タイヤ側装置 1 の電源を生成すると共に、タイヤ接線方向の振動の大きさに応じた検出信号を生成する。

[0016] すなわち、路面状況推定装置 100 が備えられた車両が走行する際には、タイヤ 3 の回転運動や路面の凹凸などの種々の要因によって、タイヤ 3 のトレッド 31 に振動が生じる。この振動が振動発電素子 11 に伝わることで、振動発電素子 11 による発電が行われ、それが電力供給回路 12 に伝えられることでタイヤ側装置 1 の電源が生成される。また、振動発電素子 11 の発電の際の出力電圧が振動の大きさに応じて変化することから、振動発電素子 11 の出力電圧をタイヤ接線方向の振動の大きさを表す検出信号として処理回路部 13 に伝えるようにしている。なお、振動発電素子 11 の出力電圧は、上部電極が振動によって往復動することから、交流電圧となる。

[0017] 電力供給回路 12 は、振動発電素子 11 の出力電圧に基づいて蓄電して電源を生成し、電力を処理回路部 13 および送信機 14 に供給するための回路であり、整流回路 15 および蓄電回路 16 を備えた構成とされている。

- [0018] 整流回路１５は、振動発電素子１１より出力される交流電圧を直流変換する公知の回路である。振動発電素子１１で出力される交流電圧は、この整流回路１５で直流変換され、蓄電回路１６に出力される。整流回路１５は、全波整流回路であっても半波整流回路であってもよい。
- [0019] 蓄電回路１６は、整流回路１５より印加される直流電圧を蓄電するための回路であり、コンデンサなどによって構成される。振動発電素子１１の出力電圧は、整流回路１５を介して蓄電回路１６で蓄電され、ここで蓄電された電圧を電源として、タイヤ側装置１が備える処理回路部１３や送信機１４などへの電力供給を行っている。また、電力供給回路１２が蓄電回路１６を備えることによって、振動発電素子１１が余剰に発電している時にはその余剰分を蓄電しておき、発電量が不足している場合に、その不足分を補えるようになっている。
- [0020] 処理回路部１３は、信号処理部に相当する部分であり、振動発電素子１１の出力電圧をタイヤ接線方向の振動データを表す検出信号として用いて、この検出信号を処理することで路面状況を表すデータを得て、それを送信機１４に伝える役割を果たす。具体的には、処理回路部１３は、振動発電素子１１の出力電圧の時間変化に基づいて接地区間を特定している。ここでいう接地区間とは、タイヤ３のトレッド３１のうち振動発電素子１１の配置箇所と対応する部分が路面接地している区間を意味している。接地区間については、振動発電素子１１の出力電圧のパルスレベルを閾値と比較することで特定されるが、出力電圧のパルスレベルが走行速度に応じて変化する。このため、後述する区間特定部１７によって走行速度に応じた閾値を設定することで、走行速度に対応して的確に接地区間を特定できるようにしている。
- [0021] そして、この振動発電素子１１の接地区間中の検出信号に含まれる高周波成分が路面状況を表していることから、処理回路部１３は、この高周波成分を抽出すると共に抽出した高周波成分に基づいて路面状況を表すデータを生成し、送信機１４に伝えている。
- [0022] 具体的には、処理回路部１３は、各種回路やＣＰＵ、ＲＯＭ、ＲＡＭ、Ｉ

／〇などを備えた周知のマイクロコンピュータ等によって構成され、振動発電素子 11 の出力電圧に基づいて上記処理を行っている。そして、処理回路部 13 は、それらの処理を行う部分として区間特定部 17 およびレベル算出部 18 を備えている。

[0023] 区間特定部 17 は、接地区間を特定して、接地区間中であることをレベル算出部 18 に伝える役割などを果たす。区間特定部 17 は、区間抽出部 17 a、ピーク値検出部 17 b と閾値演算部 17 c および閾値設定部 17 d とを有している。

[0024] 区間抽出部 17 a は、振動発電素子 11 の出力電圧で表される検出信号のピーク値を検出することで、接地区間中であることを抽出し、接地区間中であることをレベル算出部 18 に伝える。また、区間抽出部 17 a は、送信機 14 に対してレベル算出部 18 の算出結果を路面状況が表された路面状況データとして車両側装置 2 に送信させる送信トリガを発生させる。以下、具体的に区間抽出部 17 a の機能について説明する。

[0025] タイヤ回転時における振動発電素子 11 の出力電圧波形は例えば図 3 に示す波形となる。この図に示されるように、タイヤ 3 の回転に伴ってトレッド 31 のうち振動発電素子 11 の配置箇所と対応する部分が接地し始めた接地開始時に、振動発電素子 11 の出力電圧が極大値をとる。区間抽出部 17 a では、この振動発電素子 11 の出力電圧が極大値をとる第 1 ピーク値のタイミングを接地開始時として検出している。具体的には、振動発電素子 11 の出力電圧が後述するように閾値設定部 17 d で設定される第 1 閾値と比較して大きくなった場合に、次の極大値を検出して接地開始時としている。このように、振動発電素子 11 の出力電圧が第 1 閾値よりも大きくなったことを条件として出力電圧の極大値を検出することで、的確に接地開始時を検出することができる。

[0026] さらに、図 3 に示されるように、タイヤ 3 の回転に伴ってトレッド 31 のうち振動発電素子 11 の配置箇所と対応する部分が接地していた状態から接地しなくなる接地終了時に、振動発電素子 11 の出力電圧が極小値をとる。

区間抽出部 17 a では、この振動発電素子 11 の出力電圧が極小値をとる第 2 ピーク値のタイミングを接地終了時として検出している。具体的には、振動発電素子 11 の出力電圧が後述するように区間特定部 17 で特定される第 2 閾値と比較して小さくなった場合に、次の極小値を検出して接地終了時としている。このように、振動発電素子 11 の出力電圧が第 2 閾値よりも小さくなったことを条件として出力電圧の極小値を検出することで、的確に接地開始時を検出することができる。

[0027] 振動発電素子 11 が上記のようなタイミングでピーク値をとるのは、以下の理由による。すなわち、タイヤ 3 の回転に伴ってトレッド 31 のうち振動発電素子 11 の配置箇所と対応する部分が接地する際、振動発電素子 11 の近傍においてタイヤ 3 のうちそれまで略円筒面であった部分が押圧されて平面状に変形する。このときの衝撃を受けることで、振動発電素子 11 の出力電圧が第 1 ピーク値をとる。また、タイヤ 3 の回転に伴ってトレッド 31 のうち振動発電素子 11 の配置箇所と対応する部分が接地面から離れる際には、振動発電素子 11 の近傍においてタイヤ 3 は押圧が解放されて平面状から略円筒状に戻る。このタイヤ 3 の形状が元に戻る際の衝撃を受けることで、振動発電素子 11 の出力電圧が第 2 ピーク値をとる。このようにして、振動発電素子 11 の出力電圧が接地開始時と接地終了時でそれぞれ第 1、第 2 ピーク値をとるのである。また、タイヤ 3 が押圧される際の衝撃の方向と、押圧から開放される際の衝撃の方向は逆方向であるため、出力電圧の符号も逆方向となる。

[0028] そして、区間抽出部 17 a は、第 1、第 2 ピーク値のタイミングをレベル算出部 18 に伝え、第 1 ピーク値のタイミングから第 2 ピーク値のタイミングまでの期間、振動発電素子 11 の出力電圧に含まれる高周波成分を整流して積分させる指示を出す。このようにして、区間抽出部 17 a は、接地区間を抽出し、接地区間中であることをレベル算出部 18 に伝えている。

[0029] また、振動発電素子 11 の出力電圧が第 2 ピーク値をとるタイミングが振動発電素子 11 の接地終了時となるため、区間抽出部 17 a は、このタイミ

ングで送信機 14 に送信トリガを送っている。これにより、送信機 14 より、レベル算出部 18 から伝えられる算出結果を路面状況データとして送信させている。このように、送信機 14 によるデータ送信を常に行うのではなく、振動発電素子 11 の接地終了時に限定して行うようにしているため、消費電力を低減することが可能となる。

[0030] ピーク値検出部 17b は、振動発電素子 11 の出力電圧のピーク値を検出し、そのピーク値を前回のタイヤ回転時、つまり一回転前における振動発電素子 11 の出力電圧のピーク値として記憶する。

[0031] 閾値演算部 17c は、ピーク値検出部 17b で記憶した前回のタイヤ回転時における振動発電素子 11 の出力電圧のピーク値に基づいて、第 1 閾値および第 2 閾値を演算する。すなわち、走行速度に応じて振動発電素子 11 の出力電圧のパルスレベルが変動する。例えば、図 4 (a) ~ (c) に示すように、車両の走行速度が低いほど振動発電素子 11 の出力電圧のパルスレベルが小さくなり、車両の走行速度が高いほど振動発電素子 11 の出力電圧のパルスレベルが大きくなる。なお、図 4 (a) ~ (c) では、縦軸を振動発電素子 11 に付与される加速度としているが、振動発電素子 11 の出力電圧も同様の波形になる。

[0032] したがって、第 1 閾値および第 2 閾値を一定値にすると、車両の走行速度が低いときには振動発電素子 11 の出力電圧が極大値や極小値をとったとしても第 1 閾値から第 2 閾値の間の範囲を超えないことがある。また、第 1 閾値および第 2 閾値を一定値にすると、車両の走行速度が高いときには振動発電素子 11 の出力電圧が極大値や極小値をとっていないときでも第 1 閾値から第 2 閾値の間の範囲を超えてしまうことがある。この場合、図 4 (c) に示したように、極大値や極小値が誤検知されてしまう。

[0033] このため、本実施形態では、前回のタイヤ回転時における振動発電素子 11 の出力電圧のピーク値に応じて第 1 閾値および第 2 閾値を変化させることで、車両の走行速度に追従した値となるようにする。

[0034] 具体的には、前回のタイヤ回転時における第 1 ピーク値に基づいて第 1 閾

値を演算するとともに、前回タイヤ回転時における第2ピーク値に基づいて第2閾値を演算する。

[0035] 第1閾値については、初期値が設定されており、この初期値を補正することによって新たな第1閾値を設定している。初期値は、センシング対象とする最低走行速度における閾値に設定してある。第1閾値は、例えば、前回のタイヤ回転時における第1ピーク値に合わせて、第1ピーク値が大きくなるほど大きくされ、第1ピーク値が小さくなるほど小さくされる。例えば、前回と今回のタイヤ回転時における第1ピーク値同士の差の分だけ、もしくは、その差に対して所定の係数を掛けた分だけ、第1閾値を大きくもしくは小さくする。

[0036] 第2閾値についても、初期値が設定されており、この初期値を補正することによって新たな第2閾値を設定している。初期値は、センシング対象とする最低走行速度における閾値に設定してある。第2閾値は、第1閾値よりも小さな値とされており、例えば、前回のタイヤ回転時における第2ピーク値に合わせて、第2ピーク値が小さくなるほど小さくされ、第2ピーク値が大きくなるほど大きくされる。例えば、前回と今回のタイヤ回転時における第2ピーク値同士の差の分だけ、もしくは、その差に対して所定の係数を掛けた分だけ、第2閾値を小さくもしくは大きくする。

[0037] このように、第1閾値および第2閾値を前回のタイヤ回転時の第1ピーク値および第2ピーク値に基づいて可変設定としている。これにより、車両の走行速度に応じて振動発電素子11の出力電圧のパルスレベルが変化しても、それに対応した第1閾値および第2閾値を設定できる。したがって、このような第1閾値および第2閾値を用いて接地区間の判定を行うことで、精度良い判定を行うことが可能となる。

[0038] なお、第1閾値および第2閾値を初期値から変化させたのち、所定のタイヤ回転数分の振動発電素子11の出力信号の極大値および極小値が第1閾値から第2閾値の間の範囲を超えない状態になったとき、再び第1閾値および第2閾値を初期値に戻すようにしている。このように、閾値設定部に、変化

させた第1閾値および第2閾値を初期値に戻す初期値設定部を備えることで、車両が極めて低速で走行している極低速時や停止時に初期値に戻すことができる。

[0039] レベル算出部18は、区間抽出部17aから接地区間中であることが伝えられると、その期間中に振動発電素子11の出力電圧に含まれるタイヤ3の振動に起因する高周波成分のレベルを算出する。そして、レベル算出部18は、その算出結果を路面状況が表された路面状況データとして送信機14に伝える。ここで、路面状況を表わす指標として高周波成分のレベルを算出するようにしているが、その理由について図5および図6を参照して説明する。

[0040] 図5(a)は、アスファルト路のように路面 μ が比較的大きな高 μ 路面を走行している場合における振動発電素子11の出力電圧の変化を示している。また、図5(b)は、凍結路のように路面 μ が比較的小さな低 μ 路面を走行している場合における振動発電素子11の出力電圧の変化を示している。

[0041] これらの図から分かるように、路面 μ にかかわらず、接地区間の最初と最後、つまり振動発電素子11の接地開始時と接地終了時において第1、第2ピーク値が現れる。しかしながら、路面 μ の影響で、車両が低 μ 路面を走行しているときにはタイヤ3のスリップによる細かな高周波振動が出力電圧に重畳される。このため、高 μ 路面を走行している場合と低 μ 路面を走行している場合それぞれについて、接地区間中における出力電圧の周波数解析を行うと、図6に示す結果となる。すなわち、低周波域では高 μ 路と低 μ 路のいずれを走行する場合にも高いレベルになるが、1kHz以上の高周波域では低 μ 路を走行する場合の方が高 μ 路を走行する場合よりも高いレベルになる。このため、振動発電素子11の出力電圧の高周波成分のレベルが路面状況を表す指標となる。

[0042] したがって、レベル算出部18によって接地区間中における振動発電素子11の出力電圧の高周波成分のレベルを算出することで、これを路面状況データとすることが可能となる。例えば、高周波成分のレベルは、振動発電素

子の出力電圧から高周波成分を抽出し、接地区間中に抽出した高周波成分を積分することで算出することができる。

[0043] 図7は、接地区間中に抽出した高周波成分の積分によって高周波成分のレベルを算出するときに適用する処理回路部13の具体的な回路構成を示した図である。

[0044] 図7において、区間抽出部17aは、振動発電素子11の検出信号（出力電圧）を入力し、検出信号の解析結果に基づいてレベル算出部18に積分指示信号を出力すると共に送信機14に対して送信トリガを出力する。

[0045] 具体的には、区間抽出部17aは、接地パルス検出部171を有し、この接地パルス検出部171にて、振動発電素子11の接地開始時および接地終了時における検出信号のピークを検出している。そして、接地パルス検出部171は、振動発電素子11の検出信号が第1ピーク値となったタイミングで積分指示信号を出力し、第2ピーク値となったタイミングで積分指示信号を解除する。本実施形態の場合、接地パルス検出部171から積分指示信号としてハイレベルが出力されるとスイッチ172がオン、それがインバータ173によって反転されてローレベルが伝えられるとスイッチ174がオフされて高周波成分の積分が開始される。また、積分指示信号が解除されて接地パルス検出部171の出力がローレベルになるとスイッチ172がオフ、それがインバータ173によって反転されてハイレベルが伝えられるとスイッチ174がオンとなって高周波成分の積分が終了される。

[0046] レベル算出部18は、ハイパスフィルタ部181、整流部182および積分部183を有した構成とされている。

[0047] ハイパスフィルタ部181は、振動発電素子11の検出信号の高周波成分を抽出する高周波成分抽出部を構成する。ハイパスフィルタ部181は、コンデンサ181a、181bおよび抵抗181cを有するCRフィルタ回路によって構成され、コンデンサ181a、181bの容量値や抵抗181cの抵抗値の調整により、振動発電素子11の検出信号の高周波成分のみを通過させる。

- [0048] 整流部 182 は、ブリッジ状に配置したダイオード 182a～182d を有する全波整流回路によって構成されており、ハイパスフィルタ部 181 で抽出された検出信号の高周波成分を全波整流する。これにより、積分部 183 に対して全波整流後の正電圧のみが印加されるようにできる。
- [0049] 積分部 183 は、振動発電素子 11 の検出信号の高周波成分を積分する部分であり、本実施形態では、積分部 183 はコンデンサ 183a および抵抗 183b を有した構成とされている。
- [0050] コンデンサ 183a は、全波整流後の高周波成分に基づいて充電される。このコンデンサ 183a の充電電圧が高周波成分を積分した値に相当し、このコンデンサ 183a の積分電圧値が路面状況を表すデータとして送信機 14 に入力される。すなわち、図 6 に示したように、走行路面が低 μ 路面である場合と高 μ 路面である場合とで振動発電素子 11 の検出信号の高周波成分のレベルが異なっていることから、路面状況に応じてコンデンサ 183a の積分電圧値が変化する。
- [0051] 図 8 は、走行路面が低 μ 路面の場合と高 μ 路面であるアスファルト路の場合それぞれの場合でのコンデンサ 183a での充電の様子を示している。それぞれの場合について、3 回ずつ試行、つまり試行回数 $N=3$ としている。この図に示されるように、走行路面が低 μ 路面の場合、高 μ 路面の場合と比較して振動発電素子 11 の検出信号の高周波成分のレベルが大きくなるため、コンデンサ 183a の積分電圧値が大きくなる。このように、路面状況に応じてコンデンサ 183a の積分電圧値の大きさが変化するため、コンデンサ 183a の積分電圧値が路面状況を表すデータとなる。
- [0052] 抵抗 183b は、接地パルス検出部 171 が積分指示信号を解除してスイッチ 174 がオンされたときに、コンデンサ 183a に接続されることでコンデンサ 183a を放電する。これにより、次に高周波成分の積分を行う際に、コンデンサ 183a の電圧を 0 にリセットしておくことが可能となる。
- [0053] このような回路により、処理回路部 13 を構成することができ、振動発電素子 11 の出力電圧の高周波成分を積分部 183 にて積分することで、接地

区間中における高周波成分のレベルを算出することができる。

[0054] 送信機 14 は、処理回路部 13 から伝えられた路面状況データを車両側装置 2 に対して送信するものである。送信機 14 と車両側装置 2 が備える受信機 21 との間の通信は、例えば、Bluetooth（登録商標）などの公知の近距離無線通信技術によって実施可能である。路面状況データを送信するタイミングについては任意であるが、上記したように、本実施形態では、振動発電素子 11 の接地終了時に区間抽出部 17a から送信トリガが送られることで送信機 14 から路面状況データが送られるようになっている。このように、送信機 14 によるデータ送信を常に行うのではなく、振動発電素子 11 の接地終了時に限定して行うようにしているため、消費電力を低減することが可能となる。

[0055] なお、路面状況データについては、車両に備えられたタイヤ 3 毎に予め備えられている車輪の固有認識情報（以下、ID 情報という）と共に送ることもできる。各車輪の位置については、車輪が車両のどの位置に取り付けられているかを検出する周知の車輪位置検出装置によって特定できることから、車両側装置 2 に ID 情報と共に路面状況データを伝えることで、どの車輪のデータであるかが判別可能になる。通常、走行路面の路面 μ は均一であると想定されるが、車両の左右輪で路面 μ が異なる μ スプリット路なども有り、このような μ スプリット路においては各車輪毎に路面状況データが伝えられると好ましい。勿論、各車輪毎に路面状況を推定するのではなく、各車輪から送られてきた路面状況データが示す積分電圧値の平均値を路面状況の推定に用いるなど、複数の路面状況データを路面状況の推定に用いるようにしても良い。

[0056] 一方、車両側装置 2 は、受信機 21 と路面状況推定部 22 とを備えた構成とされており、タイヤ側装置 1 より送信された路面状況データを受信し、このデータに基づいて各種処理を行うことで、走行中の路面状況を検出する。

[0057] 受信機 21 は、タイヤ側装置 1 が送信した路面状況データを受信するための装置である。受信機 21 で受信した路面状況データは、受信するたびに路

面状況推定部 22 に逐次出力される。

- [0058] 路面状況推定部 22 は、CPU、ROM、RAM、I/Oなどを備えた周知のマイクロコンピュータによって構成され、ROMなどに記憶されたプログラムに従って路面状況の検出のための処理を行っている。具体的には、路面状況推定部 22 は、路面状況データが示す積分電圧値の大きさに基づいて路面 μ を推定しており、例えば積分電圧値が判定閾値よりも大きければ走行路面が低 μ 路面、小さければ走行路面が高 μ 路面と判定する。判定閾値は、図 8 に示すように走行路面が低 μ 路面であるときに想定される積分電圧値と高 μ 路面であるときに想定される積分電圧値の中間値に設定される。このため、この判定閾値との大小比較によって、走行路面の路面状況を推定することが可能となる。
- [0059] なお、このようにして車両側装置 2 によって路面状況が推定されると、その推定結果を例えば車載ネットワークである CAN (Controller Area Network の略) 通信に載せている。この路面状況の推定結果が例えばブレーキ制御用の電子制御装置 (いわゆるブレーキ ECU) などに入力され、アンチロックブレーキ制御などを行う際の指標、例えばアンチロックブレーキ制御における制御開始閾値の設定に用いられる。
- [0060] 以上説明したように、本実施形態にかかる路面状況推定装置 100 では、路面状況の検出のために接地区間中の振動発電素子 11 の検出信号を抽出している。そして、その際の接地区間中であることの判定に用いる閾値を車両の走行速度に応じて可変としている。これにより、車両の走行速度に応じて振動発電素子 11 の出力電圧のパルスレベルが変化しても、それに対応した閾値を設定できる。このような閾値を用いて接地区間の判定を行うことで、精度良い判定を行うことが可能となる。したがって、精度良く判定された接地区間に基づいて、精度良く路面状況の検出を行うことが可能となる。
- [0061] また、タイヤ側装置 1 において、接地区間中における振動発電素子 11 の検出信号の高周波成分のレベルを算出させ、それを路面状況データとして送信している。そして、その路面状況データを車両側装置 2 で受信し、走行路

面の路面状況を推定している。これにより、周波数解析を行わなくても路面状況を推定することが可能となり、消費電力の低減を図ると共に周波数解析用の部品を削減することが可能となる。したがって、コスト削減を図ることができる。

[0062] また、処理回路部 13 では、振動発電素子 11 の検出信号をハイパスフィルタ部 181 に通過させることで高周波成分を抽出したのち、整流後、振動発電素子 11 の接地終了時までコンデンサ 183a に充電して積分電圧値を得るようにしている。このように、処理回路部 13 のうち接地パルス検出部 171 以外の部分についてはアナログ回路主体で構成できるため、低コスト、省スペースな回路で信号処理を行うことができる。また、タイヤ側装置 1 は路面状況データとしてコンデンサ 183a による積分電圧値を送信すれば良いため、タイヤ側装置 1 から車両側装置 2 への送信データ量を大幅に減らすことが可能となり、より消費電力を低減できる。したがって、タイヤ側装置 1 に備える振動発電素子 11 の小型化が図れるなど、タイヤ側装置 1 の小型化が可能となって、よりタイヤ 3 内への搭載を容易に行うことが可能となる。

[0063] なお、ここでは第 1 閾値を第 1 ピーク値に基づいて変化させると共に、第 2 閾値を第 2 ピーク値に基づいて変化させるという第 1 閾値と第 2 閾値の設定を独立して行う場合について説明した。しかしながら、よりの確に第 1 閾値と第 2 閾値とが設定されるように、これらを関連付けて設定することもできる。

[0064] 具体的には、今回のタイヤ回転時における極大値が第 1 ピーク値よりも大きく、かつ、今回のタイヤ回転時における極小値が第 2 ピーク値よりも小さいときにのみ、一回転前と比較して、第 1 閾値を大きい値に変化させ、第 2 閾値を小さい値に変化させる。同様に、今回のタイヤ回転時における極大値が第 1 ピーク値よりも小さく、かつ、今回のタイヤ回転時における極小値が第 2 ピーク値よりも大きいときにのみ、一回転前と比較して、第 1 閾値を小さい値に変化させ、第 2 閾値を大きい値に変化させる。

[0065] このように、極大値と極小値の双方が共に同様の変化を示したときにのみ、第1閾値および第2閾値を変化させるようにすれば、ノイズ的に極大値や極小値が変化した場合に第1閾値や第2閾値が誤変更されることを防止できる。

[0066] (第2実施形態)

第2実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して接地区間の検出に用いる閾値の設定手法を変更したものであり、その他については第1実施形態と同様であるため、第1実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

[0067] 上記第1実施形態では、前回のタイヤ回転時の第1ピーク値および第2ピーク値に基づいて第1閾値および第2閾値を設定した。これに対して、本実施形態では、前回のタイヤ回転時の第1ピーク値と第2ピーク値の間の時間間隔（以下、接地パルス間隔という）に基づいて第1閾値および第2閾値を設定する。

[0068] すなわち、接地パルス間隔は車両の走行速度に応じて変化し、走行速度が低いほど長く、高いほど短くなる。このため、接地パルス間隔が車両の走行速度に応じて変化することになる。したがって、接地パルス間隔に基づいて走行速度に応じた閾値を設定することで、走行速度に対応して的確に接地区間を抽出できるようにする。

[0069] 具体的には、本実施形態では、区間特定部17を図9のように、パルス間隔検出部17eと閾値演算部17fおよび閾値設定部17gを有した構成としている。

[0070] パルス間隔検出部17eは、振動発電素子11の出力電圧の極大値となる第1ピーク値と極小値となる第2ピーク値を検出し、それらの時間間隔を前回のタイヤ回転時における接地パルス間隔として記憶する。

[0071] 閾値演算部17fは、パルス間隔検出部17eで記憶した前回のタイヤ回転時における接地パルス間隔に基づいて、第1閾値および第2閾値を演算する。走行速度に応じて接地パルス間隔が変動する。例えば、図10(a)～

(c) に示すように、車両の走行速度が低いほど接地パルス間隔が短くなり、車両の走行速度が高いほど接地パルス間隔が長くなる。

[0072] このため、本実施形態では、前回のタイヤ回転時における接地パルス間隔に応じて第1 閾値および第2 閾値を変化させることで、車両の走行速度に追従した値となるようにする。具体的には、以下のようにして第1 閾値および第2 閾値を可変設定している。

[0073] 第1 閾値については、初期値が設定されており、この初期値を補正することによって新たな第1 閾値を設定している。初期値は、センシング対象とする最低走行速度における閾値に設定してある。第1 閾値は、例えば、前回のタイヤ回転時における接地パルス間隔が長くなるほど小さくされ、接地パルス間隔が短くなるほど大きくされる。例えば、前回と今回の接地パルス間隔同士の差に対して所定の係数を掛けた分だけ、第1 閾値を大きくもしくは小さくする。

[0074] 第2 閾値についても、初期値が設定されており、この初期値を補正することによって新たな第2 閾値を設定している。初期値は、センシング対象とする最低走行速度における閾値に設定してある。第2 閾値は、第1 閾値よりも小さな値とされており、例えば、前回のタイヤ回転時における接地パルス間隔が長くなるほど大きくされ、接地パルス間隔が短くなるほど小さくされる。例えば、前回と今回のタイヤ回転時における接地パルス間隔同士の差に対して所定の係数を掛けた分だけ、第2 閾値を小さくもしくは大きくする。

[0075] このように、第1 閾値および第2 閾値を前回のタイヤ回転時の接地パルス間隔に基づいて可変設定としている。これにより、車両の走行速度に応じて振動発電素子 1 1 の出力電圧のパルスレベルが変化しても、それに対応した第1 閾値および第2 閾値を設定できる。したがって、このような第1 閾値および第2 閾値を用いて接地区間の判定を行うことで、精度良い判定を行うことが可能となる。

[0076] なお、第1 閾値および第2 閾値を初期値から変化させたのち、所定のタイヤ回転数分の振動発電素子 1 1 の出力信号の極大値および極小値が第1 閾値

から第2閾値の間の範囲を超えない状態になったとき、再び第1閾値および第2閾値を初期値に戻すようにしている。このように、閾値設定部に、変化させた第1閾値および第2閾値を初期値に戻す初期値設定部を備えることで、車両が極めて低速で走行している極低速時や停止時に初期値に戻すことができる。

[0077] 以上説明したように、第1閾値および第2閾値を前回のタイヤ回転時の接地パルス間隔に基づいて可変設定することもできる。このようにしても、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0078] なお、本実施形態で説明した接地パルス期間に基づく第1閾値および第2閾値の設定と第1実施形態で説明した第1ピーク値および第2ピーク値に基づく第1閾値および第2閾値の設定を組み合わせることもできる。

[0079] すなわち、今回のタイヤ回転時における極大値が第1ピーク値よりも大きく、かつ、今回のタイヤ回転時における極小値が第2ピーク値よりも小さく、さらに今回のタイヤ回転時における接地パルス間隔が一回転前の接地パルス間隔よりも短いかを判定する。そして、これらの条件を満たしたときのみ、第1閾値を一回転前のときよりも大きい値に変化させると共に第2閾値を一回転前のときよりも小さい値に変化させる。同様に、今回のタイヤ回転時における極大値が第1ピーク値よりも小さく、かつ、今回のタイヤ回転時における極小値が第2ピーク値よりも大きく、さらに今回のタイヤ回転時における接地パルス間隔が一回転前の接地パルス間隔よりも長いかを判定する。そして、これらの条件を満たしたときのみ、第1閾値を一回転前のときよりも小さい値に変化させると共に第2閾値を一回転前のときよりも大きい値に変化させる。

[0080] これにより、より第1閾値および第2閾値が的確に設定されるようにでき、更に接地区間を的確に認識して、より精度良く路面状況の検出を行うことが可能となる。

[0081] (第3実施形態)

第3実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態に対して第

1 閾値および第2 閾値の設定方法を変更したものであり、その他については第1 実施形態と同様であるため、第1 実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

[0082] 本実施形態では、第1 閾値および第2 閾値が誤設定されることを更に抑制できるように、第2 実施形態で説明した接地パルス間隔を用いた第1 ピーク値および第2 ピーク値のマスク処理を行う。

[0083] すなわち、接地パルス間隔は、車両の走行速度に対応していることから、接地パルス間隔に基づいて車両の走行速度が推定でき、さらに、次に接地区間になる迄に掛かる時間を推定できる。したがって、区間抽出部17aにマスク機能を持たせ、次に接地区間になると想定される時間前に第1 ピーク値や第2 ピーク値が設定されないようにする。

[0084] 例えば、区間抽出部17aでは、前回の接地パルス間隔に基づいて今回の接地終了時から次に接地区間に至るまでに掛かると想定される時間を演算する。そして、その時間に至る前の所定期間中に振動発電素子11の出力電圧が第1 閾値より大きくなったり、第2 閾値より小さくなったとしても、区間抽出部17aで第1 ピーク値や第2 ピーク値が設定されないようにする。このように、接地区間でないと想定されるときに、振動発電素子11の出力電圧が第1 閾値より大きくなったり第2 閾値より小さくなったとしても、第1 ピーク値や第2 ピーク値が設定されないようにしている。これにより、接地区間と誤って判定されたり、第1 閾値や第2 閾値が誤変更されないようにできる。

[0085] これにより、より第1 閾値および第2 閾値が的確に設定されるようにでき、更に接地区間を的確に認識して、より精度良く路面状況の検出を行うことが可能となる。

[0086] (第4 実施形態)

第4 実施形態について説明する。本実施形態も、第1 実施形態に対して第1 閾値および第2 閾値の設定方法を変更したものであり、その他については第1 実施形態と同様であるため、第1 実施形態と異なる部分についてのみ説

明する。

[0087] 上記第1実施形態では、前回のタイヤ回転時の第1ピーク値および第2ピーク値に基づいて第1閾値および第2閾値を設定した。これに対して、本実施形態では、タイヤ回転によって働く遠心力（以下、タイヤ遠心力という）に基づいて第1閾値および第2閾値を設定する。

[0088] すなわち、タイヤ遠心力は車両の走行速度に応じて変化し、走行速度が低いほど小さく、高いほど大きくなる。このため、タイヤ遠心力が車両の走行速度に応じて変化することになる。したがって、タイヤ遠心力に基づいて走行速度に応じた閾値を設定することで、走行速度に対応して的確に接地区間を抽出できるようにする。

[0089] 具体的には、本実施形態では、区間特定部17を図11のように、区間抽出部17aに加えて、遠心力検出部17hと閾値演算部17iおよび閾値設定部17jを有した構成としている。

[0090] 遠心力検出部17hは、振動検出発電部11に働く遠心力を検出する。例えば、振動検出発電部11に、遠心力を検出することができる加速度センサを備えておき、この加速度センサの検出信号を利用することにより、遠心力検出部17hにおいて振動検出発電部11に働く遠心力を検出することができる。

[0091] 閾値演算部17fは、遠心力検出部17で検出した遠心力に基づいて、第1閾値および第2閾値を演算する。走行速度に応じて遠心力が変動し、車両の走行速度が低いほど遠心力が小さくなり、車両の走行速度が高いほど遠心力が大きくなる。

[0092] このため、本実施形態では、前回のタイヤ回転時における遠心力に応じて第1閾値および第2閾値を変化させることで、車両の走行速度に追従した値となるようにする。具体的には、以下のようにして第1閾値および第2閾値を可変設定している。

[0093] 第1閾値については、初期値が設定されており、この初期値を補正することによって新たな第1閾値を設定している。初期値は、センシング対象とす

る最低走行速度における閾値に設定してある。第1閾値は、例えば、前回のタイヤ回転時における遠心力が小さくなるほど小さくされ、遠心力が大きくなるほど大きくされる。例えば、前回と今回の遠心力の差に対して所定の係数を掛けた分だけ、第1閾値を小さくもしくは大きくする。

[0094] 第2閾値についても、初期値が設定されており、この初期値を補正することによって新たな第2閾値を設定している。初期値は、センシング対象とする最低走行速度における閾値に設定してある。第2閾値は、第1閾値よりも小さな値とされており、例えば、前回のタイヤ回転時における遠心力が小さいほど大きくされ、遠心力が大きいほど小さくされる。例えば、前回と今回のタイヤ回転時における遠心力の差に対して所定の係数を掛けた分だけ、第2閾値を小さくもしくは大きくする。

[0095] このように、第1閾値および第2閾値を前回のタイヤ回転時の遠心力に基づいて可変設定としている。これにより、車両の走行速度に応じて振動発電素子11の出力電圧のパルスレベルが変化しても、それに対応した第1閾値および第2閾値を設定できる。したがって、このような第1閾値および第2閾値を用いて接地区間の判定を行うことで、精度良い判定を行うことが可能となる。

[0096] 以上説明したように、第1閾値および第2閾値を前回のタイヤ回転時の遠心力に基づいて可変設定することもできる。このようにしても、第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0097] (他の実施形態)

本開示は、上記した実施形態に準拠して記述されたが、当該実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

[0098] 例えば、ピーク値検出部17bは、前回のタイヤ回転時における振動発電素子11の出力電圧のピーク値を記憶すれば良いが、前回を含めた以前のタ

イヤ数回転分における振動発電素子 11 の出力電圧のピーク値を記憶しておくこともできる。その場合、タイヤ数回転分における振動発電素子 11 の出力電圧のピーク値の平均値を求め、その平均値と今回のタイヤ回転時の振動発電素子 11 の出力電圧のピーク値とを比較して、第 1 閾値および第 2 閾値を設定するようにしても良い。同様に、パルス間隔検出部 17 e は、前回のタイヤ回転時における接地パルス間隔を記憶すれば良いが、前回を含めた以前のタイヤ数回転分における接地パルス間隔を記憶しておくこともできる。その場合、タイヤ数回転分における接地パルス間隔の平均値を求め、その平均値と今回の接地パルスとを比較して、第 1 閾値および第 2 閾値を設定するようにしても良い。

[0099] また、上記実施形態では、車両側装置 2 においてタイヤ側装置 1 から送信された積分電圧値を一定の判定閾値と比較することで路面状況を推定しているが、判定閾値を可変としても良い。例えば、タイヤ 3 に生じる振動は車速に応じて変化し、車速が大きいほど同じ路面状況であってもタイヤ 3 に生じる振動が大きくなる。このため、車速が大きいほど、振動発電素子 11 の検出信号に含まれる高周波成分も大きくなり、コンデンサ 183 a に充電される積分電圧値も大きくなる。したがって、例えば路面状況推定部 22 に車速データを入力し、車速データが示す車速が大きくなるほど判定閾値を大きな値に変化させることもできる。なお、車速データについては、例えば車速センサや車輪速度センサの検出信号に基づいて車載 ECU（つまり電子制御装置）で演算されたものを CAN 通信を通じて取得すれば良い。

[0100] また、上記実施形態では、接地パルス検出部 171 にて振動発電素子 11 の接地開始時から接地終了時までの間、つまり接地区間中の振動発電素子 11 の検出信号の高周波成分を抽出し、その高周波成分によってコンデンサ 183 a に充電させて積分電圧値を得た。しかしながら、これは積分電圧値を得るときの充電時間の一例を示したものであり、例えば振動発電素子 11 の接地開始から一定期間を、積分電圧値を得るときの充電時間としても良い。例えば、車両が時速 60 km/h で走行する際の振動発電素子 11 の接地時

間として想定される時間を充電時間とすることができる。その場合、車両が時速60km/h以上で走行する際に、充電時間中に振動発電素子11が接地区間以外に位置している期間が存在し、その期間中にも振動発電素子11の検出信号の高周波成分がコンデンサ183aに充電されることになる。したがって、その場合には、車速データを入力し、充電時間として振動発電素子11の接地時間として想定している車速を超えている場合には、路面状況推定を行わないようにするのが好ましい。

[0101] また、上記第3実施形態では、車両の走行速度に対応する値として接地パルス間隔を用いる場合に、その接地パルス間隔から接地区間でないと想定される期間を推定している。この考え方については、車両の走行速度に対応する値として用いている他の値についても適用できる。例えば、第1実施形態で説明したパルス波形の極大値もしくは極小値に基づいて接地区間でないと想定される期間を推定することもできる。同様に、第4実施形態で説明した遠心力に基づいて接地区間でないと想定される期間を推定することもできる。これらに基づいて接地区間でないと想定される期間を推定した場合にも、接地区間でないと想定される期間中にパルス波形が第1閾値より大きくなったり、第2閾値より小さくなったとしても、接地開始時や接地終了時の判定を行わないようにする。これにより、より第1閾値および第2閾値が的確に設定されるようにでき、更に接地区間を的確に認識して、より精度良く路面状況の検出を行うことが可能となる。

請求の範囲

[請求項1]

車両に備えられる路面状況推定装置であって、

前記車両に備えられるタイヤ（３）のトレッド（３１）の裏面に取り付けられ、前記タイヤの振動の大きさに応じた検出信号を出力する振動検出部（１１）と、前記タイヤの１回転中における前記トレッドのうちの前記振動検出部の配置箇所と対応する部分が接地している接地区間を特定する区間特定部（１７）および前記接地区間中における前記検出信号の高周波成分のレベルを算出するレベル算出部（１８）を有する信号処理部（１３）と、前記高周波成分のレベルの算出結果を路面状況が表された路面状況データとして送信する送信機（１４）と、を有するタイヤ側装置（１）と、

前記送信機から送信された前記路面状況データを受信する受信機（２１）と、前記路面状況データに基づいて、前記タイヤの走行路面の路面状況を推定する路面状況推定部（２２）と、を有する車両側装置（２）とを備え、

前記区間特定部は、

前記検出信号が示すパルス波形のパルスレベルと比較される第１閾値と該第１閾値よりも小さな第２閾値とを前記車両の走行速度に応じて設定する閾値設定部（１７ｄ、１７ｇ、１７ｊ）と、

前記検出信号が示すパルス波形が第１閾値よりも大きくなった次の極大値を接地開始時とすると共に前記パルス波形が第２閾値より小さくなった次の極小値を接地終了時として、前記接地開始時から前記接地終了時までの間を接地区間として抽出する区間抽出部（１７ａ）と、を有している路面状況推定装置。

[請求項2]

前記区間特定部は、前記車両の走行速度に対応する値として、前記パルス波形の極大値および極小値を検出し、前記タイヤの一回転前の前記極大値および前記極小値をそれぞれ前回の第１ピーク値および第２ピーク値として記憶するピーク値検出部（１７ｂ）を有し、

前記閾値設定部は、今回の前記タイヤの回転時における前記極大値が前記第 1 ピーク値よりも大きければ前記第 1 閾値を前記一回転前のときよりも大きい値に変化させると共に前記第 1 ピーク値よりも小さければ前記第 1 閾値を前記一回転前のときよりも小さい値に変化させ、今回の前記タイヤの回転時における前記極小値が前記第 2 ピーク値よりも小さければ前記第 2 閾値を前記一回転前のときよりも小さい値に変化させると共に前記第 2 ピーク値よりも大きければ前記第 2 閾値を前記一回転前のときよりも大きい値に変化させる請求項 1 に記載の路面状況推定装置。

[請求項3]

前記閾値設定部（17d）は、

今回の前記タイヤの回転時における前記極大値が前記第 1 ピーク値よりも大きく、かつ、今回の前記タイヤの回転時における前記極小値が前記第 2 ピーク値よりも小さいときにのみ、前記第 1 閾値を前記一回転前のときよりも大きい値に変化させると共に前記第 2 閾値を前記一回転前のときよりも小さい値に変化させ、

今回の前記タイヤの回転時における前記極大値が前記第 1 ピーク値よりも小さく、かつ、今回の前記タイヤの回転時における前記極小値が前記第 2 ピーク値よりも大きいときにのみ、前記第 1 閾値を前記一回転前のときよりも小さい値に変化させると共に前記第 2 閾値を前記一回転前のときよりも大きい値に変化させる請求項 2 に記載の路面状況推定装置。

[請求項4]

前記区間特定部は、前記車両の走行速度に対応する値として、前記パルス波形の極大値および極小値を検出し、前記タイヤの一回転中における前記極大値となってから前記極小値となるまでの間の時間間隔を接地パルス間隔として、前記タイヤの一回転前の前記接地パルス間隔を記憶するパルス間隔検出部（17e）を有し、

前記閾値設定部（17g）は、今回の前記タイヤの回転時における前記接地パルス間隔が前記一回転前の前記接地パルス間隔よりも短け

れば前記第 1 閾値を前記一回転前のときよりも大きい値に変化させると共に前記第 2 閾値を前記一回転前のときよりも小さい値に変化させ、前記一回転前の前記接地パルス間隔よりも長ければ前記第 1 閾値を前記一回転前のときよりも小さい値に変化させると共に前記第 2 閾値を前記一回転前のときよりも大きい値に変化させる請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の路面状況推定装置。

[請求項5] 前記区間特定部は、前記車両の走行速度に対応する値として、前記パルス波形の極大値および極小値を検出し、前記タイヤの一回転中における前記極大値となってから前記極小値となるまでの間の時間間隔を接地パルス間隔として、前記タイヤの一回転前の前記接地パルス間隔を記憶するパルス間隔検出部（17e）を有し、

前記閾値設定部は、

今回の前記タイヤの回転時における前記極大値が前記第 1 ピーク値よりも大きく、かつ、今回の前記タイヤの回転時における前記極小値が前記第 2 ピーク値よりも小さく、さらに今回の前記タイヤの回転時における前記接地パルス間隔が前記一回転前の前記接地パルス間隔よりも短いときにのみ、前記第 1 閾値を前記一回転前のときよりも大きい値に変化させると共に前記第 2 閾値を前記一回転前のときよりも小さい値に変化させ、

今回の前記タイヤの回転時における前記極大値が前記第 1 ピーク値よりも小さく、かつ、今回の前記タイヤの回転時における前記極小値が前記第 2 ピーク値よりも大きく、さらに今回の前記タイヤの回転時における前記接地パルス間隔が前記一回転前の前記接地パルス間隔よりも長いときにのみ、前記第 1 閾値を前記一回転前のときよりも小さい値に変化させると共に前記第 2 閾値を前記一回転前のときよりも大きい値に変化させる請求項 2 または 3 に記載の路面状況推定装置。

[請求項6] 前記区間特定部は、前記車両の走行速度に対応する値として、前記タイヤ側装置に働く前記タイヤの遠心力を検出する遠心力検出部（1

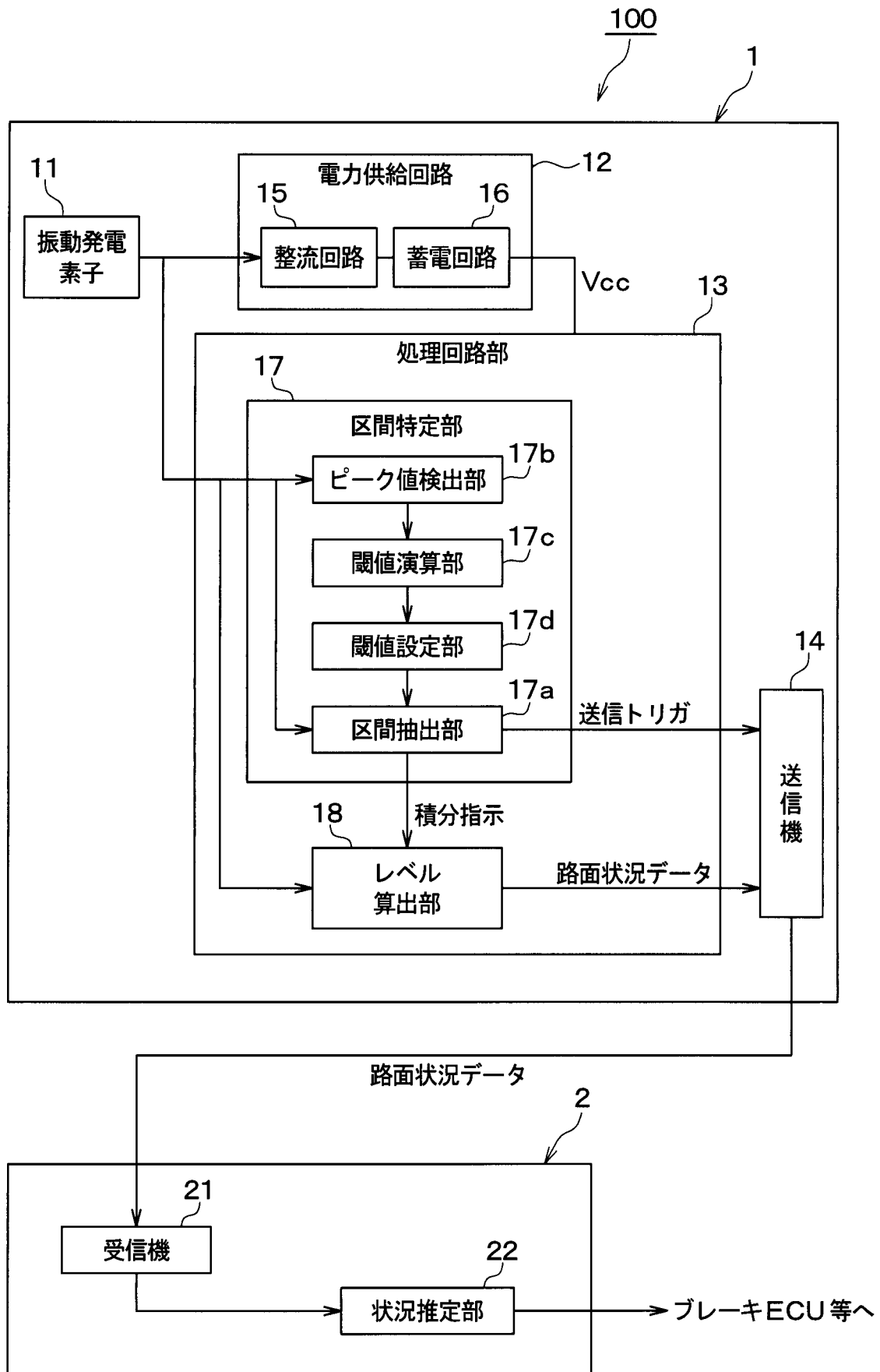
7 h) を有し、

前記閾値設定部 (17 j) は、今回の前記タイヤの回転時における前記遠心力が一回転前の前記タイヤの回転時における前記遠心力よりも大きければ、前記一回転前のときより前記第1閾値を大きい値に変化させると共に前記第2閾値を小さい値に変化させ、一回転前の前記タイヤの回転時における前記遠心力よりも小さければ、前記一回転前のときよりも前記第1閾値を小さい値に変化させると共に前記第2閾値を大きい値に変化させる請求項1に記載の路面状況推定装置。

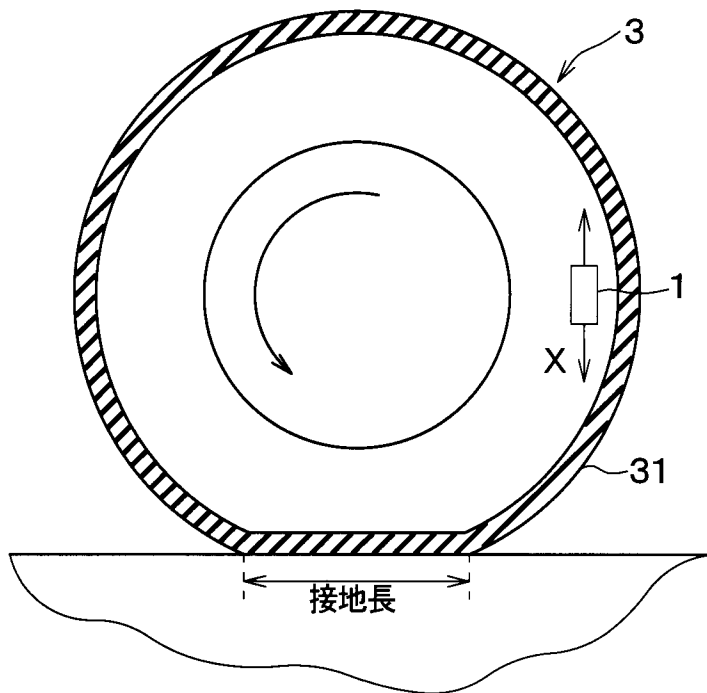
[請求項7]

前記区間抽出部は、前記車両の走行速度に対応する値に基づいて、前記接地区間ではないと想定される期間を推定し、該接地区間ではないと想定される期間中に、前記検出信号が示すパルス波形が前記第1閾値よりも大きくなっても前記接地開始時の判定を行わず、前記パルス波形が前記第2閾値より小さくなっても前記接地終了時の判定を行わない請求項1ないし6のいずれか1つに記載の路面状況推定装置。

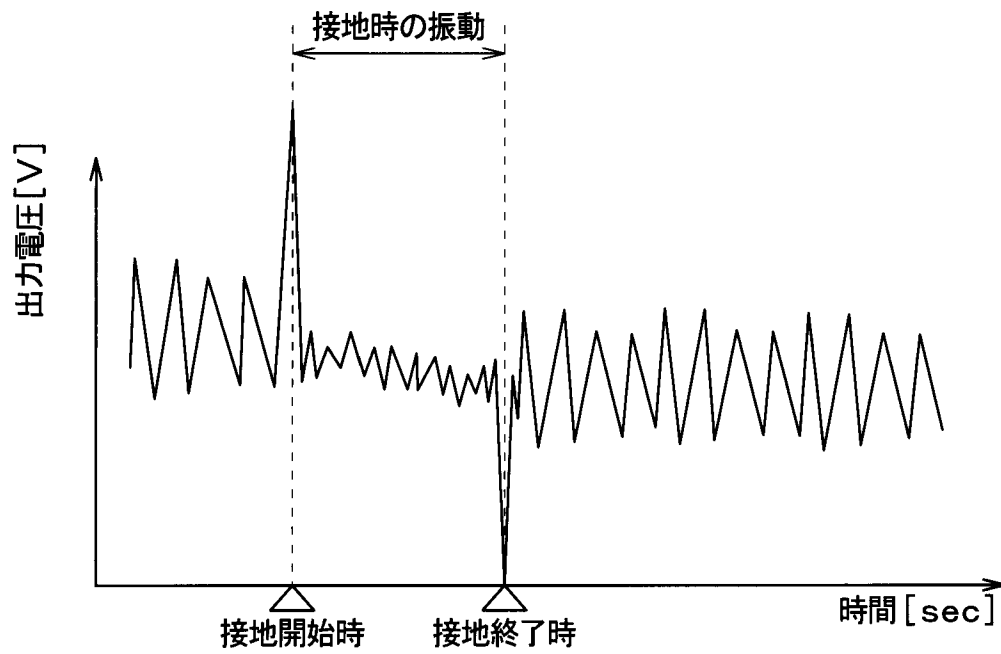
[図1]



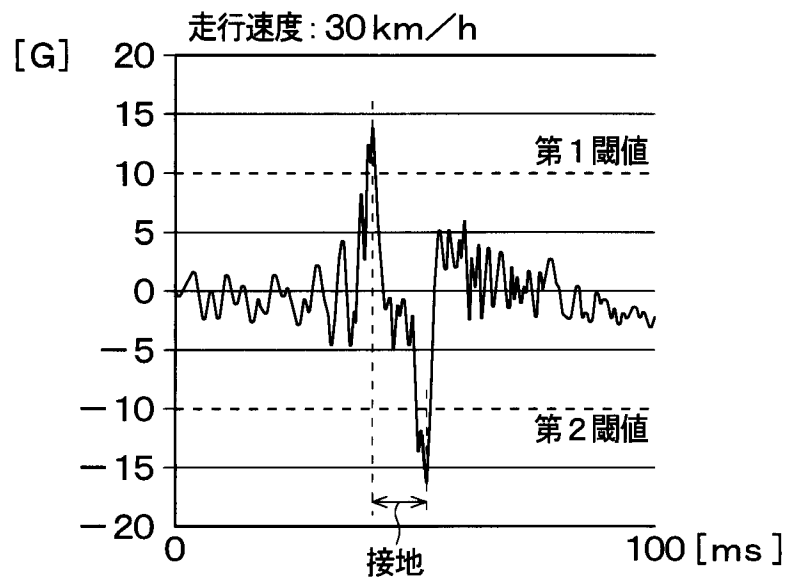
[図2]



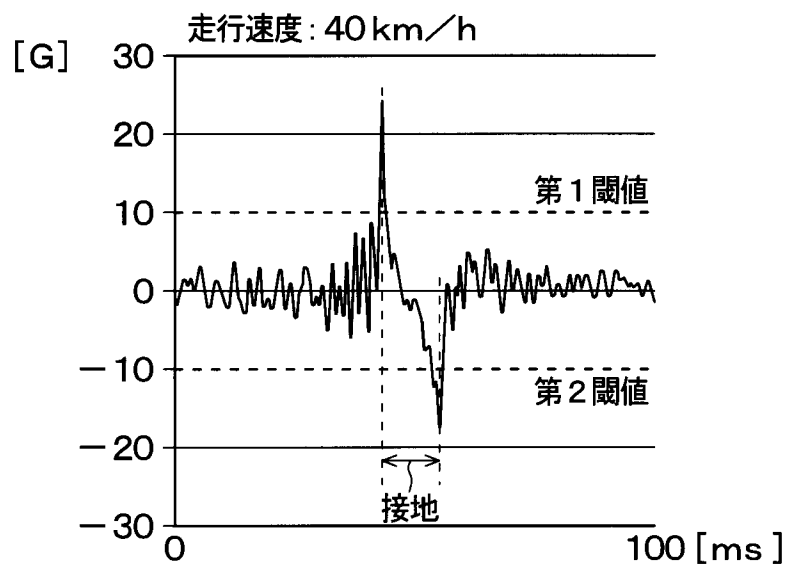
[図3]



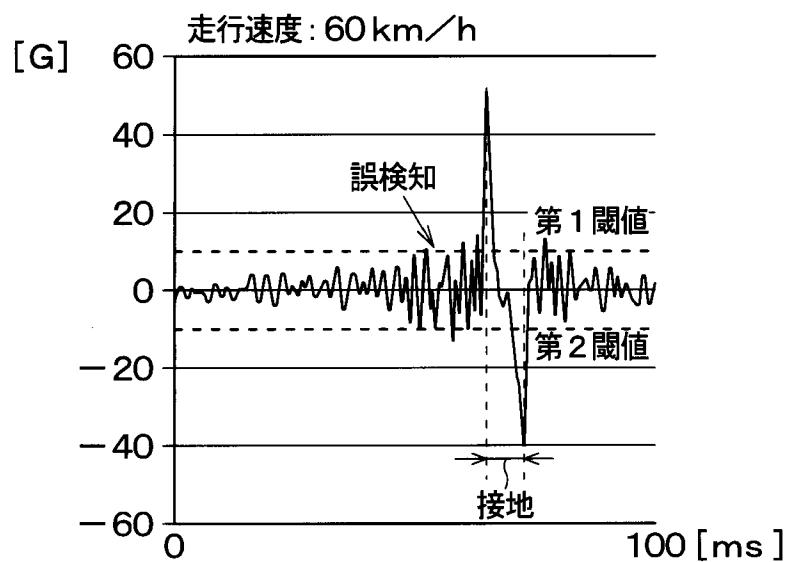
[図4(a)]



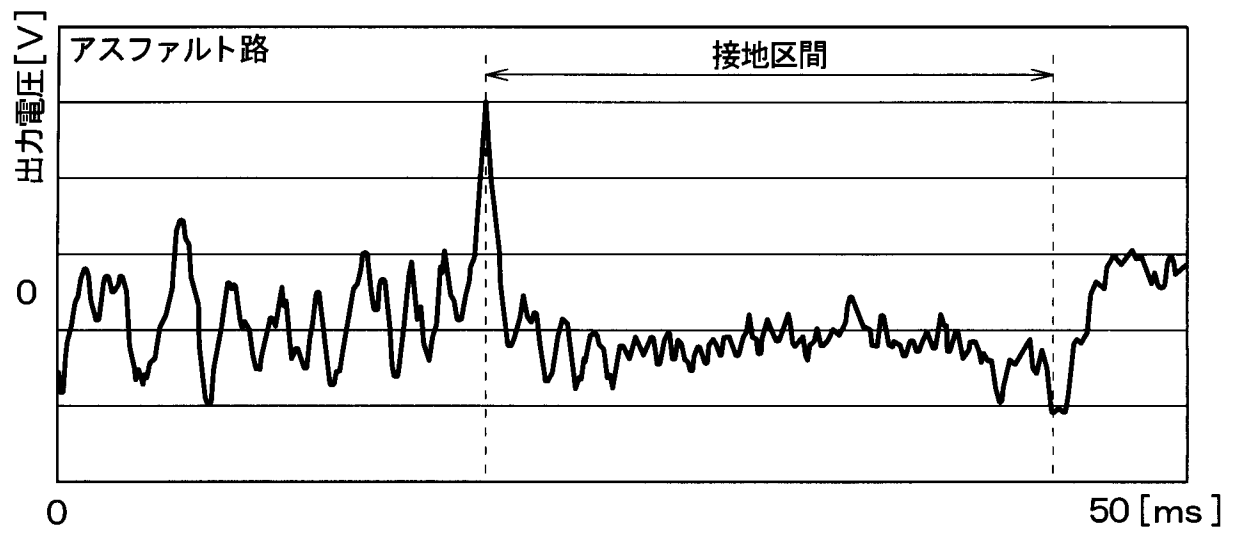
[図4(b)]



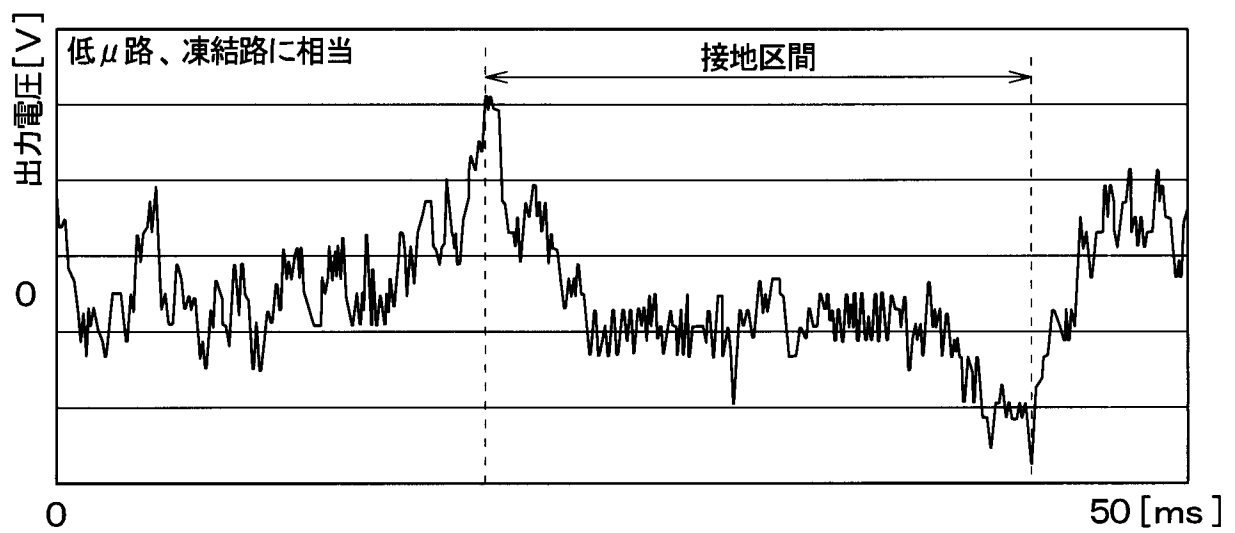
[図4(c)]



[図5(a)]



[図5(b)]



[図6]

[G]

0.2

0.1

0

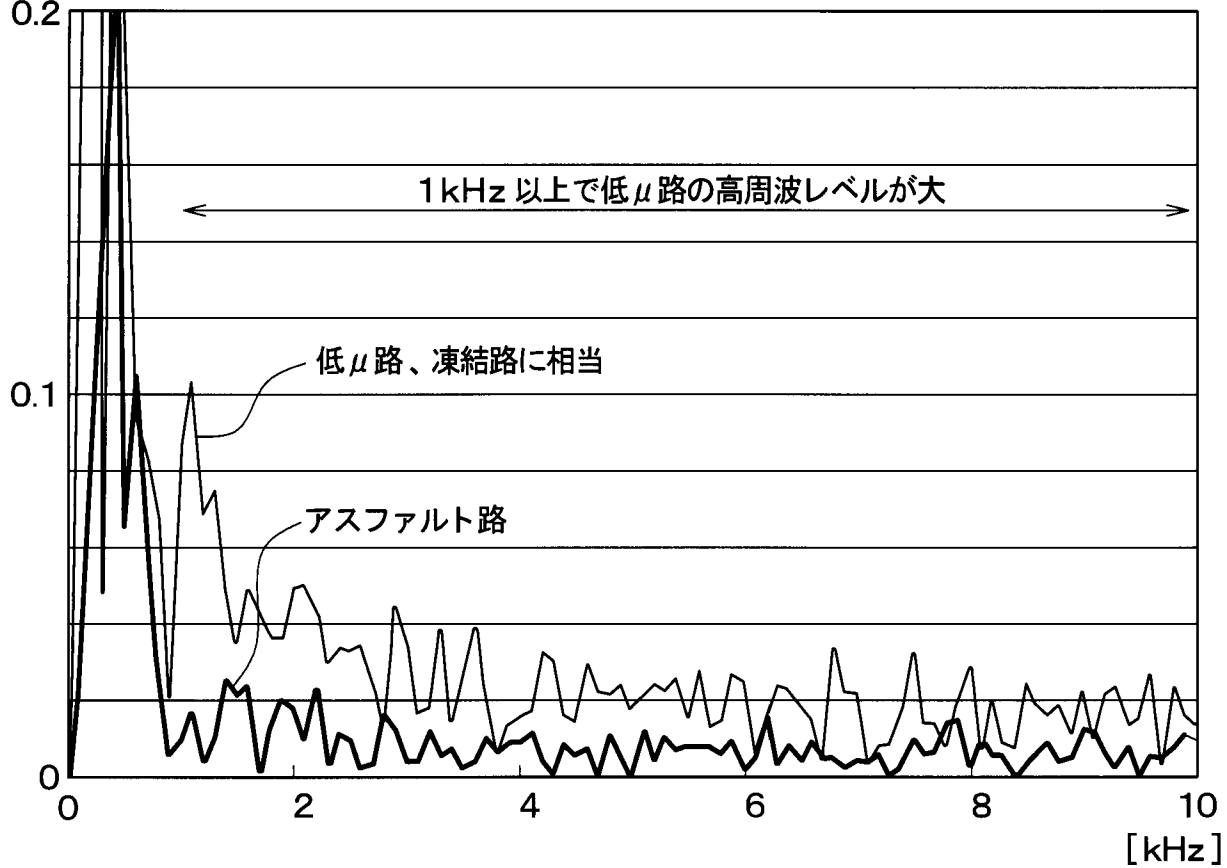
0

低 μ 路、凍結路に相当

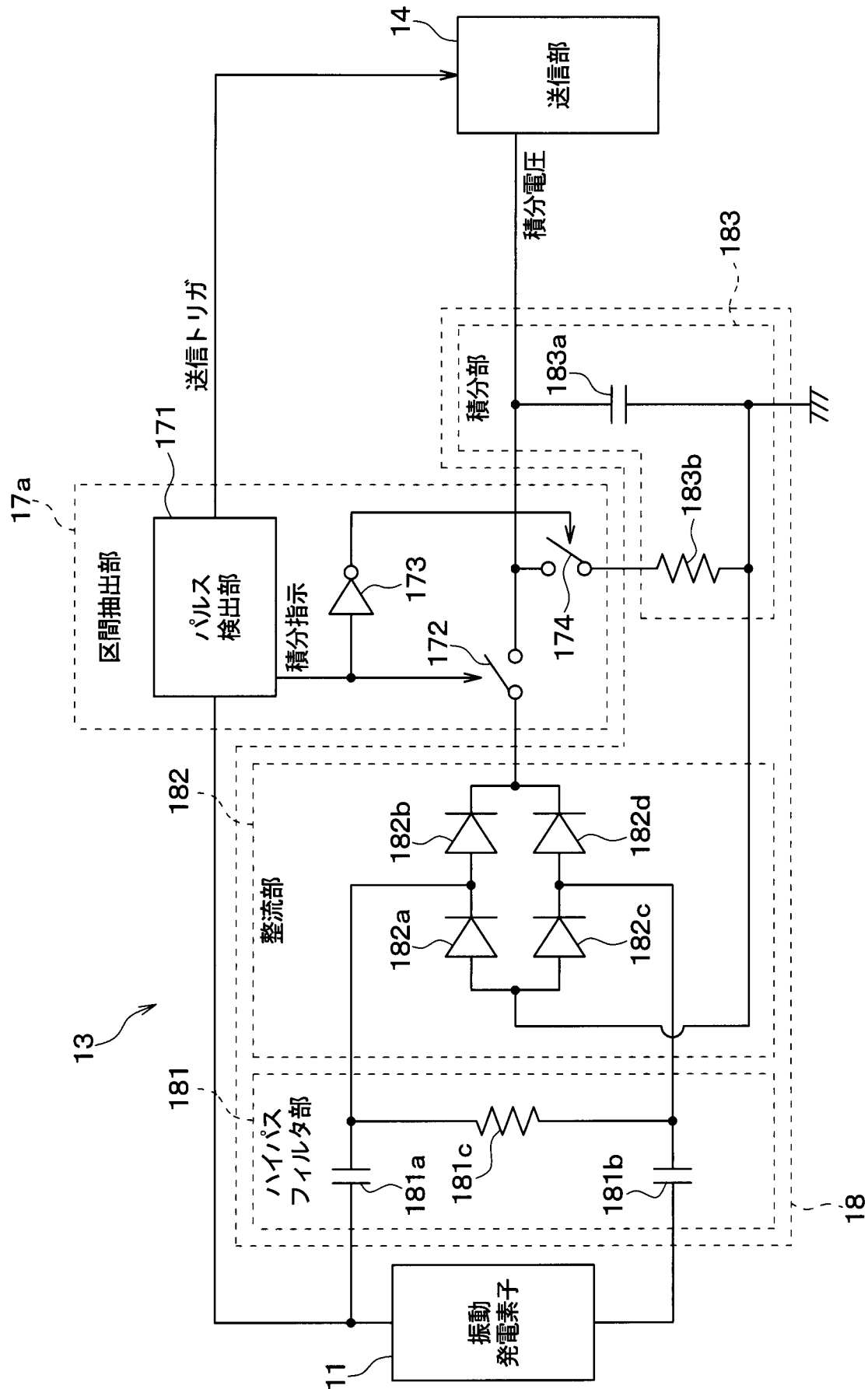
アスファルト路

1 kHz 以上で低 μ 路の高周波レベルが大

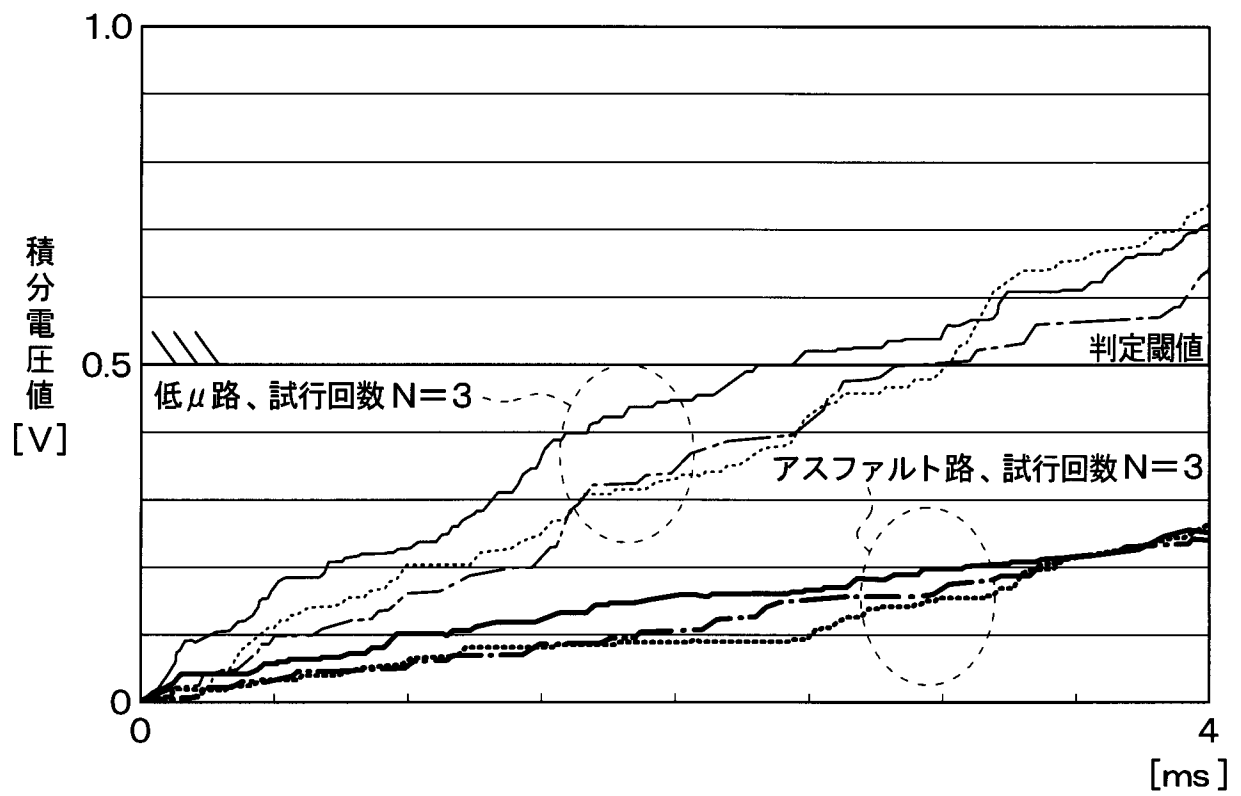
[kHz]



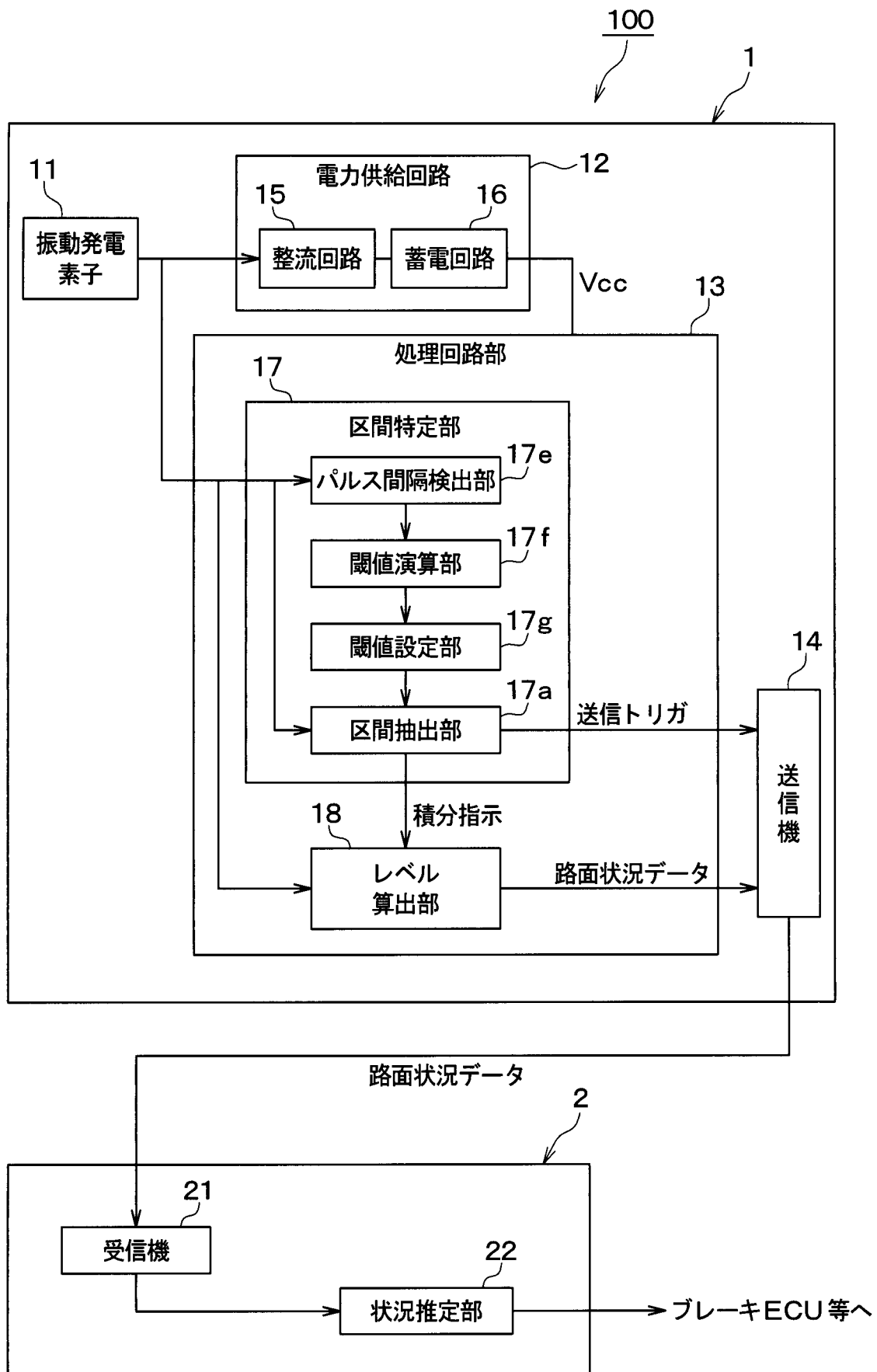
[図7]



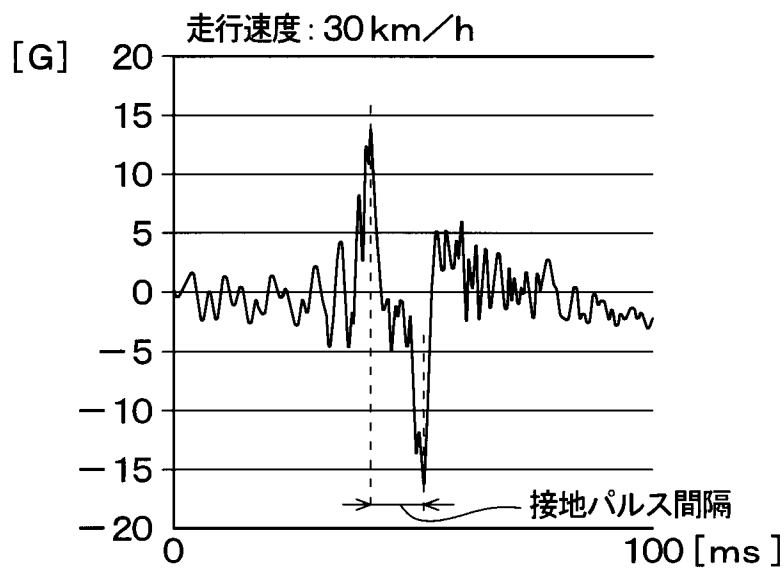
[図8]



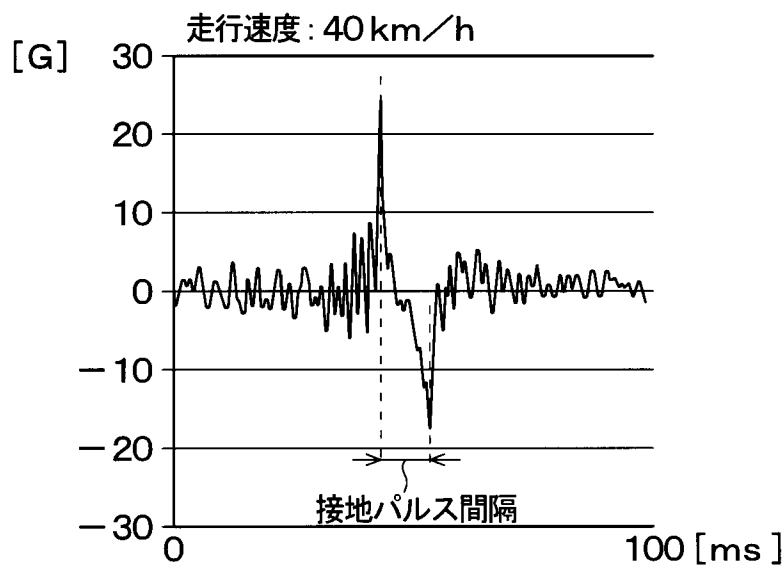
[図9]



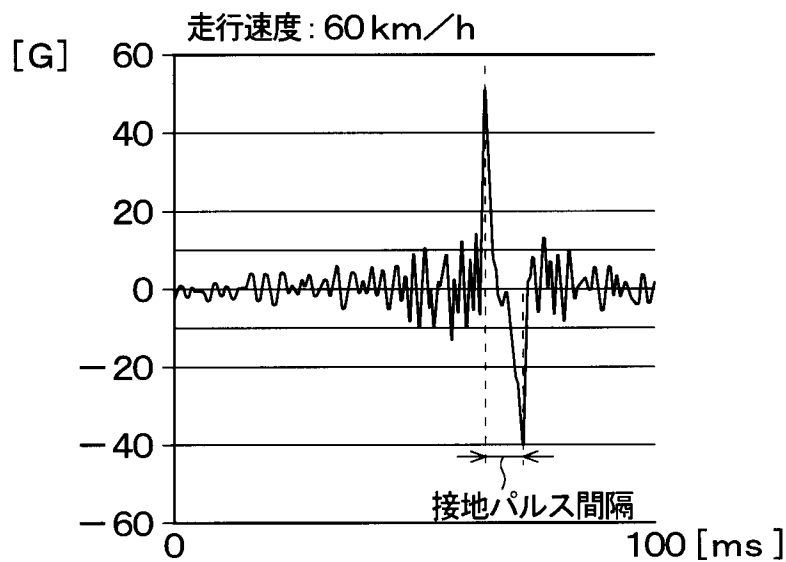
[図10(a)]



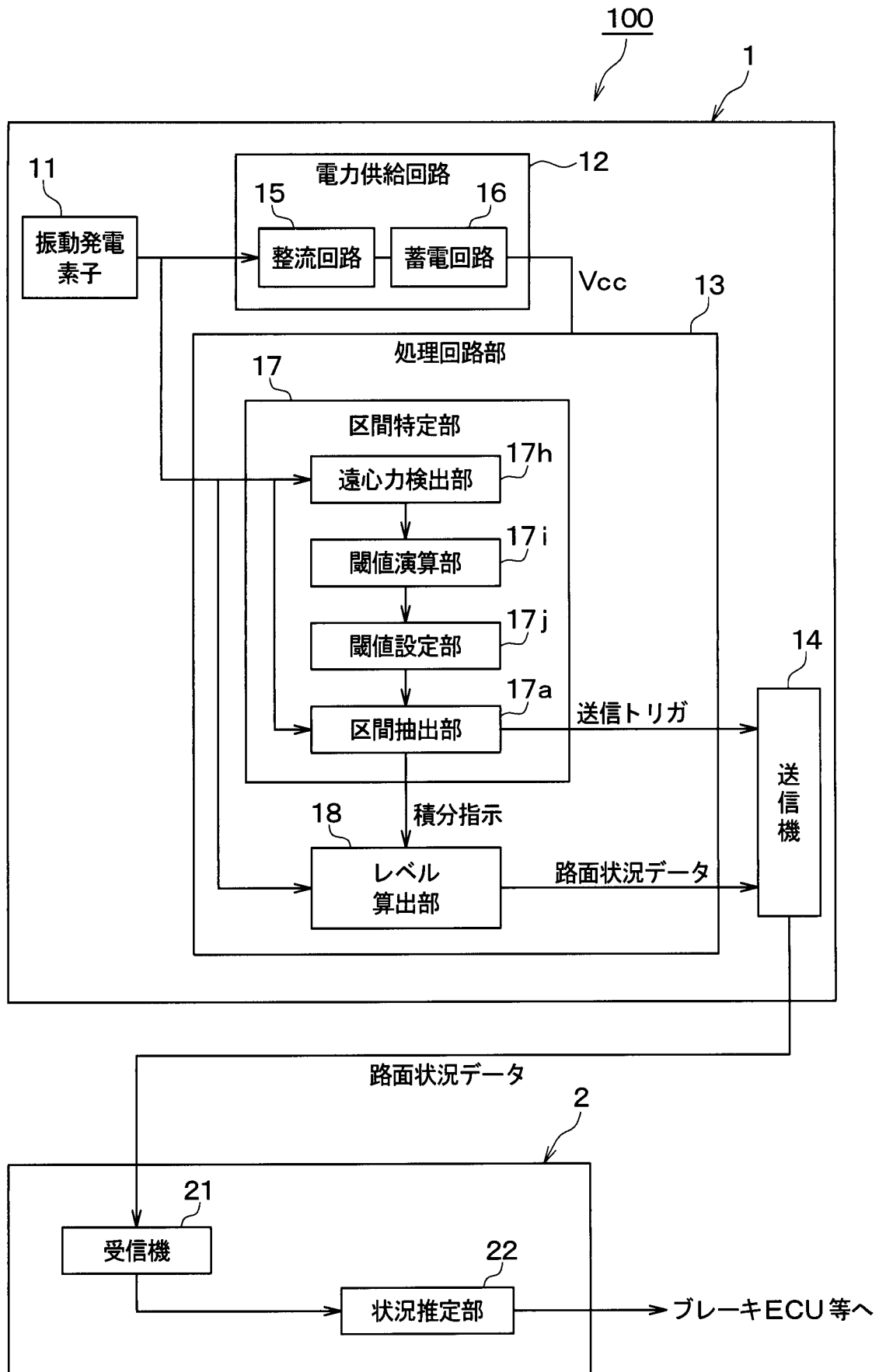
[図10(b)]



[図10(c)]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/078021

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60W40/068(2012.01)i, G01W1/00(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)

B60W10/00-50/16, B60R16/00-17/02, B60G1/00-99/00, B60C23/00-99/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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.
Y A	JP 2015-174637 A (Nippon Soken, Inc.), 05 October 2015 (05.10.2015), claims 1, 4 to 5; paragraphs [0011] to [0033]; fig. 3 to 5 & WO 2015/141199 A1	1 2-7
Y A	JP 2005-306160 A (Bridgestone Corp.), 04 November 2005 (04.11.2005), claims 1, 4 to 6; paragraphs [0010] to [0012] (Family: none)	1 2-7
A	JP 2008-162392 A (Bridgestone Corp.), 17 July 2008 (17.07.2008), claim 5; paragraph [0010]; fig. 3 to 4 (Family: none)	1-7

☒ 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
05 December 2016 (05.12.16)

Date of mailing of the international search report
20 December 2016 (20.12.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/078021

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-59800 A (Bridgestone Corp.), 10 March 2005 (10.03.2005), claim 10; paragraph [0016]; fig. 2 (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B60W40/068(2012.01)i, G01W1/00(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, B60R16/00-17/02, B60G1/00-99/00, B60C23/00-99/00

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
Y A	JP 2015-174637 A（株式会社日本自動車部品総合研究所） 2015.10.05, 請求項 1, 4-5, 段落[0011]-[0033], 図 3-5 & WO 2015/141199 A1	1 2-7
Y A	JP 2005-306160 A（株式会社ブリヂストン）2005.11.04, 請求項 1, 4-6, 段落[0010]-[0012]（ファミリーなし）	1 2-7
A	JP 2008-162392 A（株式会社ブリヂストン）2008.07.17, 請求項 5, 段落[0010], 図 3-4（ファミリーなし）	1-7

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

05.12.2016

国際調査報告の発送日

20.12.2016

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

C (続き) . 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
A	JP 2005-59800 A (株式会社ブリヂストン) 2005. 03. 10, 請求項 10, 段落[0016], 図 2 (ファミリーなし)	1-7