

(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
2019年5月9日(09.05.2019)



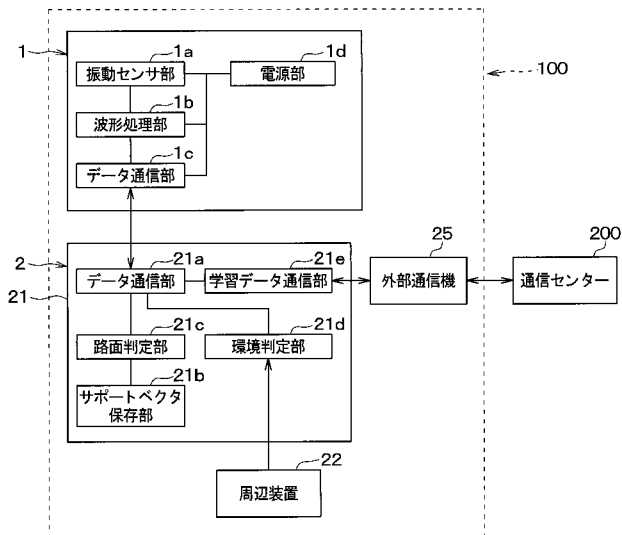
(10) 国際公開番号

WO 2019/088024 A1

- (51) 国際特許分類:
B60W 40/068 (2012.01) *G01W 1/00* (2006.01)
B60C 19/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/040125
- (22) 国際出願日: 2018年10月29日(29.10.2018)
- (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 2017-209402 2017年10月30日(30.10.2017) JP
特願 2018-113705 2018年6月14日(14.06.2018) 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: 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 (YOU-I 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, 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,

(54) Title: ROAD SURFACE STATE DETERMINATION DEVICE AND TIRE SYSTEM INCLUDING SAME

(54) 発明の名称: 路面状態判別装置およびそれを備えたタイヤシステム



- 1a Vibration sensor unit
1b Waveform processing unit
1c, 21a Data communication unit
1d Power source unit
21b Support vector storage unit
21c Road surface determination unit
21d Environment determination unit
21e Learning data communication unit
22 Peripheral device
25 External communication device
200 Communication center

(57) Abstract: A vehicle body-side system (2) acquires environment data with a peripheral device (22) provided to a vehicle, and, on the basis of the environment data, determines that there is a situation in which a support vector should be learned. In cases where there is a situation in which teaching data should be learned, learning computation of the teaching data is executed by using road surface data associated with the type of situation. Thus, it is possible to keep updating, in a storage unit (21b), teaching data in accordance with the situation, in addition to teaching data stored as initial data.

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, 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:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 車体側システム (2) 車両に備えられる周辺装置 (2 2) にて環境データを取得し、この環境データに基づいてサポートベクタの学習を行うべき状況であることを判定する。そして、教師データの学習を行うべき状況である場合には、状況の種類と紐付けした路面データを用いて教師データの学習演算を行わせている。これにより、保存部 (2 1 b) に、初期データとして保存している教師データ以外にも、状況に合わせて教師データを更新していくことができる。

明 細 書

発明の名称：

路面状態判別装置およびそれを備えたタイヤシステム

関連出願への相互参照

[0001] 本出願は、2017年10月30日に出願された日本特許出願番号2017-209402号と、2018年6月14日に出願された日本特許出願番号2018-113705号とに基づくもので、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を検出し、振動データに基づいて路面状態を示す路面データを作成するタイヤ側装置と、路面データを受信して路面状態を推定する車体側システムとを有する路面状態判別装置およびそれを備えたタイヤシステムに関するものである。

背景技術

[0003] 従来、特許文献1において、タイヤトレッドの裏面に加速度センサを備え、加速度センサにてタイヤに加えられる振動を検出すると共に、その振動の検出結果に基づいて路面状態の推定を行う路面状態判別方法が提案されている。この路面状態判別方法では、加速度センサが検出したタイヤの振動波形から特徴ベクトルを抽出し、抽出した特徴ベクトルと路面の種類ごとに記憶しておいた全サポートベクタとの類似度を計算することで、路面状態を判別する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2016-107833号公報

発明の概要

[0005] 従来では、路面状態判別のアルゴリズムがオフライン、つまり事前学習型のものであり、例えばサポートベクタマシンを用いた学習によってサポート

ベクタを取得し、その保存データを路面状態の判別に用いている。しかしながら、全く未知の路面を走行した場合などのように、事前に学習した状況と異なる状況では、事前学習したサポートベクタの保存データのみでは適切な路面状態の判別が行えなくなる可能性がある。

[0006] 本開示は、事前学習した保存データのみでは対応できない状況においても、適切に路面状態の判別が行えるようにできる路面状態判別装置およびそれを有するタイヤシステム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態判別装置は、タイヤ側装置と車体側システムとを有し、タイヤ側装置は、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、検出信号の波形に現れる路面状態を示す路面データを生成する波形処理部と、路面データを送信する第1データ通信部と、を備え、車体側システムは、第1データ通信部から送信された路面データを受信する第2データ通信部と、教師データを保存する保存部と、路面データと教師データとに基づいて車両の走行路面における路面状態を判別する路面判定部と、路面状態に関わる環境データを取得する周辺装置と、環境データに基づいて教師データの学習演算を行うべき状況であるか否かの判定を行うと共に、教師データの学習演算を行うべき状況であるとの判定結果に基づいて、第2データ通信部を通じてタイヤ側装置にリクエスト信号を出力させる環境判定部と、を備えている。そして、タイヤ側装置は、第1データ通信部にてリクエスト信号を受信すると、波形処理部にて路面データを生成すると共に、第1データ通信部を通じて路面データを車体側システムに送信し、車体側システムは、タイヤ側装置から伝えられた路面データと環境データが示す状況の種類とを用いた機械学習により教師データの更新データが学習演算されると、保存部に記憶された教師データに更新データを加味したデータを新たな教師データとして保存する。

[0008] このように構成される路面状態判別装置では、車両に備えられる周辺装置にて環境データを取得し、この環境データに基づいて教師データの学習を行うべき状況であることを判定している。そして、教師データの学習を行うべ

き状況である場合には、状況の種類と紐付けした路面データを用いて教師データの学習演算を行わせている。これにより、保存部に、初期データとして保存している教師データ以外にも、状況に合わせて教師データを更新していくことができる。

[0009] したがって、事前学習した保存データのみでは対応できない状況においても、適切に路面状態の判別が行えるようにできる路面状態判別装置とすることが可能となる。

なお、各構成要素等に付された括弧付きの参照符号は、その構成要素等と後述する実施形態に記載の具体的な構成要素等との対応関係の一例を示すものである。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1実施形態にかかる路面状態判別装置が適用されたタイヤ装置の車両搭載状態でのブロック構成を示した図である。

[図2]タイヤ側装置および車体側システムの詳細を示したブロック図である。

[図3]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4]タイヤ回転時における加速度取得部の出力電圧波形図である。

[図5]加速度取得部の検出信号を所定の時間幅Tの時間窓毎に区画した様子を示す図である。

[図6]タイヤ側装置が実行するデータ送信処理のフローチャートである。

[図7]車体側システムが実行する路面状態判別処理のフローチャートである。

[図8]車体側システムが実行する環境判定処理のフローチャートである。

[図9]車体側システムが実行する学習データ送信処理のフローチャートである。

[図10]通信センターが実行する学習処理のフローチャートである。

[図11]車体側システムが実行する学習データ更新処理のフローチャートである。

[図12]タイヤの今回の回転時の時間軸波形と1回転前のときの時間軸波形それぞれを所定の時間幅Tの時間窓で分割した各区画での行列式 $X_i(r)$ 、

$X_i(s)$ と距離 y_z との関係を示した図である。

[図13]第2実施形態にかかるタイヤ装置に備えられたタイヤ側装置および車体側システムの詳細を示したブロック図である。

[図14]車体側システムが実行する学習データ更新処理のフローチャートである。

[図15]車体側システムが実行するダウンロード処理のフローチャートである。

[図16]通信センターが実行するデータダウンロード処理のフローチャートである。

[図17]車体側システムが実行する環境判定処理の具体例を示したフローチャートである。

[図18]車体側システムが実行する環境判定処理の具体例を示したフローチャートである。

[図19]車体側システムが実行する環境判定処理の具体例を示したフローチャートである。

[図20]車体側システムが実行する環境判定処理の具体例を示したフローチャートである。

[図21]車体側システムが実行する環境判定処理の具体例を示したフローチャートである。

[図22]車体側システムが実行する環境判定処理の具体例を示したフローチャートである。

[図23]車体側システムが実行する環境判定処理の具体例を示したフローチャートである。

[図24]車体側システムが実行する環境判定処理の具体例を示したフローチャートである。

[図25]タイヤ側装置が実行するデータ送信処理のフローチャートである。

[図26]車体側システムが実行する学習データ送信処理のフローチャートである。

[図27]通信センターが実行する学習処理のフローチャートである。

[図28]タイヤ側装置が実行する路面変化検出処理のフローチャートである。

[図29]タイヤ側装置が実行するデータ送信処理のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 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。

[0012] (第1実施形態)

図1～図12を参照して、本実施形態にかかる路面状態判別機能を有するタイヤ装置100について説明する。本実施形態にかかるタイヤ装置100は、車両の各車輪に備えられるタイヤの接地面に加わる振動に基づいて走行中の路面状態を判別すると共に、路面状態に基づいて車両の危険性の報知や車両運動制御などを行うものである。

[0013] 図1および図2に示すようにタイヤ装置100は、車輪側に設けられたタイヤ側装置1と、車体側に備えられた各部を含む車体側システム2とを有する構成とされている。車体側システム2としては、受信機21、周辺装置22、ブレーキ制御用の電子制御装置（以下、ブレーキECUという）23、報知装置24などが備えられている。なお、このタイヤ装置100のうち路面状態判別機能を実現する部分が路面状態判別装置に相当する。本実施形態の場合、タイヤ側装置1と車体側システム2のうちの受信機21や周辺装置22が路面状態判別装置を構成している。

[0014] 本実施形態のタイヤ装置100は、タイヤ側装置1よりタイヤ3の走行路面における路面状態に応じたデータ（以下、路面データという）を送信すると共に、受信機21で路面データを受信して路面状態の判別を行う。また、タイヤ装置100は、受信機21での路面状態の判別結果を報知装置24に伝え、報知装置24より路面状態の判別結果を報知させる。これにより、例えばドライ路やウェット路もしくは凍結路であることなど、路面状態をドライバに伝えることが可能となり、滑り易い路面である場合にはドライバに警

告することも可能となる。また、タイヤ装置 100 は、車両運動制御を行うブレーキ ECU 23 などに路面状態を伝えることで、危険を回避するための車両運動制御が行われるようにする。例えば、凍結時には、ドライ路の場合と比較してブレーキ操作量に対して発生させられる制動力が弱められるようにすることで、路面 μ が低いときに対応した車両運動制御となるようにする。具体的には、タイヤ側装置 1 および受信機 21 は、以下のように構成されている。

[0015] タイヤ側装置 1 は、各タイヤ 3 それぞれに配置され、車体側システム 2 との間において双方向通信が可能とされている。具体的には、タイヤ側装置 1 は、図 2 に示すように、振動センサ部 1a、波形処理部 1b、データ通信部 1c、電源部 1d を備えた構成とされ、図 3 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。

[0016] 振動センサ部 1a は、タイヤ 3 に加わる振動を検出するための振動検出部を構成するものである。例えば、振動センサ部 1a は、加速度センサによって構成される。振動センサ部 1a が加速度センサとされる場合、振動センサ部 1a は、例えばタイヤ 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 3 中の矢印 X で示すタイヤ接線方向の振動の大きさに応じた検出信号として、加速度の検出信号を出力する。より詳しくは、加速度取得部 10 は、矢印 X で示す二方向のうちの一方向を正、反対方向を負とする出力電圧を検出信号として発生させる。例えば、振動センサ部 1a は、タイヤ 3 が 1 回転するよりも短い周期に設定される所定のサンプリング周期ごとに加速度検出を行い、それを検出信号として出力している。

[0017] なお、ここでは振動センサ部 1a にて、タイヤ接線方向の振動を検出する場合について説明したが、他の方向、例えばタイヤ径方向の振動を検出しても同様のことを行える。

[0018] 波形処理部 1b 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検出信号の信号処理を行い、検出信号に現れる路面状態を示す路

面データを生成する。路面データとしては、タイヤ振動の特徴量を含むデータと、特徴量に加えて検出信号の生波形を含むデータとがある。

[0019] 具体的には、波形処理部 1 b は、振動センサ部 1 a が出力する検出信号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、この検出信号が示す振動波形の波形処理を行うことで、タイヤ振動の特徴量を抽出する。本実施形態の場合、タイヤ 3 の加速度（以下、タイヤ G という）の検出信号を信号処理することで、タイヤ G の特徴量を抽出する。また、波形処理部 1 b は、振動センサ部 1 a の検出信号そのものとなる生波形を取得し、必要に応じてノイズ除去等の信号処理を行い、それをデータ化する（以下、生波形をデータ化したものを生波形データという）。そして、波形処理部 1 b は、抽出した特徴量を含むデータもしくは特徴量に加えて生波形データを含めたものを路面データとしてデータ通信部 1 c に伝える。なお、ここでいう特徴量の詳細については後で説明する。

[0020] また、波形処理部 1 b は、データ通信部 1 c からのデータ送信を制御しており、データ送信を行わせたいタイミングでデータ通信部 1 c に対して路面データを伝えることで、データ通信部 1 c からデータ通信が行われるようにする。例えば、波形処理部 1 b は、タイヤ 3 が 1 回転するごとにタイヤ G の特徴量の抽出を行い、タイヤ 3 の 1 回転もしくは複数回転する毎に 1 回もしくは複数回の割合で、データ通信部 1 c に対して路面データを伝えている。例えば、波形処理部 1 b は、データ通信部 1 c に対して路面データを伝えるときのタイヤ 3 の 1 回転中に抽出されたタイヤ G の特徴量を含んだ路面データをデータ通信部 1 c に対して伝えている。また、波形処理部 1 b は、車体側システム 2 からリクエスト信号を受け取ったときにも、そのときのタイヤ 3 の 1 回転中に抽出されたタイヤ G の特徴量に加えて生波形データを含めた路面データをデータ通信部 1 c に対して伝える。

[0021] データ通信部 1 c は、第 1 送受信部を構成する部分であり、車体側システム 2 における受信機 2 1 の後述するデータ通信部 2 1 a との間においてデータ通信を行う。データ通信部 1 c は、データ通信部 2 1 a との間において双

方通信を行える構成とされている。データ通信部 1 c は、ここでは 1 つの構成として記載されているが、送信部と受信部それぞれ別々に構成されたものであっても良い。双方向通信の形態については様々なものを適用することができ、BLE (Bluetooth LowEnergyの略) 通信を含むブルートゥース通信、wifiなどの無線LAN (Local AreaNetworkの略)、Sub-GHz通信、ウルトラワイドバンド通信、ZigBeeなどを適用できる。なお、「ブルートゥース」は登録商標である。

[0022] 例えば、データ通信部 1 c は、波形処理部 1 b から路面データが伝えられると、そのタイミングで路面データの送信を行う。データ通信部 1 c からのデータ送信のタイミングについては、波形処理部 1 b によって制御されている。そして、波形処理部 1 b からタイヤ 3 が 1 回転もしくは複数回転するごとに路面データが送られてくるたびに、もしくは、車体側システム 2 からのリクエスト信号を受信したときに、データ通信部 1 c からのデータ送信が行われるようになっている。

[0023] 電源部 1 d は、タイヤ側装置 1 の電源となるものであり、タイヤ側装置 1 に備えられる各部への電力供給を行うことで、各部が作動させられるようにしている。電源部 1 d は、例えばボタン電池等の電池で構成される。

[0024] 一方、車体側システム 2 を構成する受信機 2 1、周辺装置 2 2、ブレーキ ECU 2 3、報知装置 2 4 および外部通信機 2 5 は、図示しないイグニッションスイッチなどの起動スイッチがオンされると駆動されるものである。

[0025] 受信機 2 1 は、図 2 に示すように、データ通信部 2 1 a、サポートベクタ保存部 2 1 b、路面判定部 2 1 c、環境判定部 2 1 d および学習データ通信部 2 1 e を有した構成とされている。また、図 1 および図 2 に示すように、受信機 2 1 は、外部通信機 2 5 との間においてデータ通信を行えるようになっており、外部通信機 2 5 を通じて通信センター 2 0 0 との間においてデータの授受を行うことも可能となっている。

[0026] データ通信部 2 1 a は、第 2 送受信部を構成する部分であり、タイヤ側装置 1 のデータ通信部 1 c より送信された特徴量を含む路面データもしくは特

微量に加え生波形データを含めた路面データを受信し、路面判定部 2 1 c に伝える役割を果たす。

[0027] サポートベクタ保存部 2 1 b は、サポートベクタを記憶して保存するものであり、例えば路面の種類ごとにサポートベクタを保存している。サポートベクタは、手本となる特徴量のことであり、例えばサポートベクタマシンを用いた学習によって得ている。タイヤ側装置 1 を備えた車両を実験的に路面の種類別に走行させ、そのときに特徴量抽出部 1 1 a で抽出した特徴量を所定のタイヤ回転数分学習し、その中から典型的な特徴量を所定数分抽出したものがサポートベクタとされる。例えば、路面の種類別に、1 0 0 万回転分の特徴量を学習し、その中から 1 0 0 回転分の典型的な特徴量を抽出したものをサポートベクタとしている。

[0028] また、サポートベクタ保存部 2 1 b は、納車時に予め初期時のサポートベクタを保存しているが、学習データ通信部 2 1 e から更新用のサポートベクタが伝えられると、それも保存する。このため、サポートベクタ保存部 2 1 b は、サポートベクタの更新を行う。ここでは、予め保存してあったサポートベクタに対して更新用のサポートベクタを加え、それを更新後の新たなサポートベクタとして利用できるようにしている。なお、サポートベクタの更新は、予め保存してあったサポートベクタに対して更新用のサポートベクタを加える手法に限らず、予め保存してあったサポートベクタの少なくとも一部を更新用のサポートベクタに書き換えたり、置き換えたりする手法であっても良い。

[0029] 路面判定部 2 1 c 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各種処理を行って、路面状態を判別する。具体的には、路面判定部 2 1 c は、波形処理部 1 b から伝えられる路面データに含まれる特徴量とサポートベクタ保存部 2 1 b に記憶されているサポートベクタとを比較することで路面状態の判別を行っている。

[0030] 例えば、今回受信した路面データに含まれる特徴量を路面の種類別のサポ

ートベクタと対比して、その特徴量が最も近いサポートベクタの路面を現在の走行路面と判別している。

[0031] また、路面判定部 21c は、路面状態を判別すると、判別した路面状態を報知装置 24 に伝え、必要に応じて報知装置 24 より路面状態をドライバに伝える。これにより、ドライバは路面状態に対応した運転を心掛けるようになり、車両の危険性を回避することが可能となる。例えば、報知装置 24 を通じて判別された路面状態を常に表示するようにしても良いし、判別された路面状態がウェット路や凍結路等のように運転をより慎重に行う必要があるときにのみ路面状態を表示してドライバに警告するようにしても良い。また、受信機 21 からブレーキ ECU 23 などの車両運動制御を実行するための ECU に対して路面状態を伝えており、伝えられた路面状態に基づいて車両運動制御が実行されるようにしている。

[0032] 環境判定部 21d は、周辺装置 22 から得られる環境データに基づいてサポートベクタの学習を行うべき状況を判定し、その判定結果に基づいて、タイヤ側装置 1 に対して路面データを要求するリクエスト信号を出力する。例えば、環境判定部 21d は、サポートベクタの学習を行うべき状況であるかを判定する。そして、環境判定部 21d は、サポートベクタの学習を行うべき状況であると判定すると、データ通信部 21a を通じてタイヤ側装置 1 に対してリクエスト信号を出力する。

[0033] ここで、「サポートベクタの学習を行うべき状況」とは、環境データに基づいて車両の走行路面の路面状態が変化したことなど、サポートベクタを抽出した学習条件と異なる条件となったことなどを意味している。サポートベクタは、特定の条件下での学習結果から典型的な特徴量を抽出したものであることから、実際の走行条件が学習を行ったときの走行条件と異なっていれば、その条件下でも学習を行うのが好ましい。例えば、保存されているサポートベクタの学習条件と異なる路面の種類の場合には、新しい路面の種類としてサポートベクタの学習を行うべきである。また、保存されているサポートベクタの学習条件と同じ路面の種類であっても、車両の実際の走行環境や

走行の仕方に応じて、または、タイヤの種類や空気圧もしくは摩耗量の変化、季節や温度もしくは天候に伴って適切なサポートベクタが変化することもある。これらの場合、学習条件と同じ路面状態であっても振動センサ部 1 a の検出信号が期待するものから変化してしまうため、学習しておいたサポートベクタが適切ではない状態になることがあり得る。このような場合を「サポートベクタの学習を行うべき状況」としている。

[0034] 学習データ通信部 2 1 e は、データ通信部 2 1 a が受信した特徴量に加えて生波形データを含めた路面データを取得する。そして、学習データ通信部 2 1 e は、環境判定部 2 1 d でサポートベクタの学習を行うべき状況であると判定した状況の種類のデータと、受信した路面データとを紐付けし、さらに自車両の I D 情報などの車両データを付して外部通信機 2 5 に送信する。これにより、外部通信機 2 5 を通じて、車両外部に備えられる通信センター 2 0 0 に、特徴量に加えて生波形データを含めた路面データと状況の種類のデータに加えて、他車両と区別するための車両データが伝えられる。

[0035] また、学習データ通信部 2 1 e は、外部通信機 2 5 を通じて通信センター 2 0 0 から送られてくる更新用のサポートベクタを取得すると、それをサポートベクタ保存部 2 1 b に伝える。これにより、サポートベクタ保存部 2 1 b は、それまでに保存しているサポートベクタに対して更に学習結果として得られたサポートベクタを追加し、それを更新後の新たなサポートベクタとする。

[0036] 周辺装置 2 2 は、車両に備えられる各種機器によって構成され、上記したように、路面状態の変化など、サポートベクタの学習を行うべき状況の認識に利用される路面状態に関わる環境データを取得し、それを環境判定部 2 1 d に伝える役割を果たす。例えば、車載カメラ、ブレーキ E C U 2 3、ワイパ装置、荷重センサ、タイヤ空気圧モニタリングシステム（以下、T P M S という）などが周辺装置 2 2 として適用される。

[0037] 具体的には、車載カメラによって車両の前方の路面や周辺の画像データを環境データとして取得できる。このため、環境判定部 2 1 d は車載カメラの

画像データを解析し、その解析結果に基づいて路面状態や車両の実際の走行環境や走行の仕方、天候などを判別することができる。また、ブレーキECU 23ではABS (Antilock BrakeSystemの略) やVSC (Vehicle stability controlの略) などの各種制御が行われ、路面摩擦係数の推定や路面状態の推定が行われる場合もある。このような場合には、環境判定部 21 d は、ブレーキECU 23 から路面状態に関する情報を取得し、その情報に基づいて路面状態を判別することができる。また、ワイパ装置が駆動される場合は雨天や降雪時などである。このため、環境判定部 21 d はワイパ装置の制御部からワイパ駆動が行われていることを示す情報を取得し、それに基づいて路面状態が例えばウェット状態などであることや天候を判別できる。

[0038] これらの路面状態や天候などの判別結果に基づき、保存されているサポートベクタの学習条件と同じ路面の種類であっても走行環境や走行の仕方、さらには天候などが異なっているか、もしくは、当該学習条件と異なる路面の種類である場合を特定できる。これにより、その路面の種類、走行環境、走行の仕方、天候などの各種パラメータを加味したサポートベクタの学習が可能となる。

[0039] なお、車載カメラで取得した画像データの解析に基づく路面状態の推定や、ブレーキECU 23 による路面状態の推定については公知となっている手法を適用すればよい。

[0040] また、荷重センサによってタイヤ 3 に掛かる荷重を取得でき、TPMS によってタイヤ空気圧を取得できる。サポートベクタを学習した状況と同じ路面状態であったとしても、タイヤ 3 に掛かる荷重の大きさやタイヤ空気圧などのタイヤ情報に応じて状態量に変化し得る。これらの場合、保存されているサポートベクタの学習条件と同じ路面の種類であってもそのサポートベクタが適切でない場合となり得る。このため、荷重センサやTPMS から環境データとしてタイヤ情報を得ることで、路面の種類に加えてタイヤ情報も加味して特徴量の学習が可能となる。

[0041] なお、周辺装置 22 としては、サポートベクタの学習を行うべき状況の認

識に利用できる環境データを取得できるものであれば、上記した例以外のものでも良い。例えば、図示しないナビゲーションシステムなどにおいて天気情報、温度情報、季節情報、地域情報もしくは路面凍結情報などを取得し、それらを環境データとして環境判定部 21d に伝えるようにしても良い。また、タイヤ 3 の種類や摩耗状態等もタイヤ情報として環境データとなり得る。タイヤ 3 の種類が変更されたことについては図示しない操作スイッチなどを通じて受信機 21 に登録されるようにすれば良く、摩耗状態については図示しないメータ ECU などから得られる走行距離などから推定すれば良い。

[0042] ブレーキ ECU 23 は、様々なブレーキ制御を行う制動制御装置を構成するものである。具体的には、ブレーキ ECU 23 は、ブレーキ液圧制御用のアクチュエータを駆動することでホイールシリンダ圧を増減して制動力を制御する。また、ブレーキ ECU 23 は、各車輪の制動力を独立して制御することもできる。このブレーキ ECU 23 により、受信機 21 から路面状態が伝えられると、それに基づいて車両運動制御として制動力の制御を行っている。例えば、ブレーキ ECU 23 は、伝えられた路面状態が凍結路であることを示していた場合、ドライ路面と比較して、ドライバによるブレーキ操作量に対して発生させる制動力を弱めるようにする。これにより、車輪スリップを抑制でき、車両の危険性を回避することが可能となる。

[0043] また、ブレーキ ECU 23 では、上記したように、ABS や VSC などの各種制御を行う際に、路面摩擦係数の推定や路面状態の推定を行うこともある。その場合には、ブレーキ ECU 23 から環境判定部 21d に路面状態に関する情報が伝えられる。

[0044] また、報知装置 24 は、例えばメータ表示器などで構成され、ドライバに対して路面状態を報知する際に用いられる。報知装置 24 をメータ表示器で構成する場合、ドライバが車両の運転中に視認可能な場所に配置され、例えば車両におけるインストルメントパネル内に設置される。メータ表示器は、受信機 21 から路面状態が伝えられると、その路面状態が把握できる態様で表示を行うことで、視覚的にドライバに対して路面状態を報知することがで

きる。

[0045] なお、報知装置 24 をブザーや音声案内装置などで構成することもできる。その場合、報知装置 24 は、ブザー音や音声案内によって、聴覚的にドライバに対して路面状態を報知することができる。また、視覚的な報知を行う報知装置 24 としてメータ表示器を例に挙げたが、ヘッドアップディスプレイなどの情報表示を行う表示器によって報知装置 24 を構成しても良い。

[0046] 外部通信機 25 は、DCM (Data CommunicationModule) のような無線ネットワークなどを經由して通信センター 200 とのデータ通信を行うための装置である。本実施形態の場合、外部通信機 25 は、受信機 21 から特徴量に加えて生波形データを含む路面データおよび状況の種類のデータが伝えられると、それを後述する通信センター 200 に送信する役割を果たす。また、外部通信機 25 は、通信センター 200 から送信されるサポートベクタの更新データを受信し、それを受信機 21 に伝える役割も果たす。

[0047] このようにして、本実施形態にかかるタイヤ装置 100 が構成されている。なお、車体側システム 2 を構成する各部は、例えばCAN (Controller AreaNetworkの略) 通信などによる車内LAN (Local AreaNetworkの略) を通じて接続されている。このため、車内LANを通じて各部が互いに情報伝達できるようになっている。

さらに、本実施形態の場合、タイヤ装置 100 に加えて、車両外に備えられる通信センター 200 を利用することで、より学習データを充実させ、サポートベクタを更新できるタイヤシステムを構成している。

[0048] 通信センター 200 は、学習によりサポートベクタを作成するサポートベクタマシンとしての機能および作成したサポートベクタの更新データの提供を行う機能を実現する学習装置としての役割を果たす。

[0049] 具体的には、通信センター 200 は、車両外に備えたコンピュータを用いて、車体側システム 2 との双方向通信を行うことで、サポートベクタの学習演算を行ったり、学習演算の結果を車両側に伝えたりする役割を果たす。すなわち、通信センター 200 は、クラウド・コンピューティング（以下、ク

ラウドという)におけるサービスの提供元コンピュータに相当するものである。通信センター200をクラウドの提供元コンピュータとして学習演算したサポートベクタについては、双方向通信によって車体側システム2に提供される。また、通信センター200は、各車両のサポートベクタ保存部21bに保存している更新前の初期データとなるサポートベクタも記憶している。

[0050] 通信センター200には、外部通信機25を通じて、受信機21からサポートベクタの学習を行うべき状況であると判定した状況の種類と紐付けされた路面データが届けられる。このため、通信センター200は、状況の種類別に路面データから特徴量や生波形データを読み取り、それらを解析すると共に各種演算を行うことで状況の種類別にサポートベクタを学習演算していく。そして、通信センター200は、その学習演算の結果としてサポートベクタが取得された場合、それを初期データとして記憶しているサポートベクタに加えて記憶すると共に、各車両側にデータ送信し、外部通信機25を通じて受信機21に伝える。これに基づいて、サポートベクタ保存部21bでのサポートベクタの更新が行われるようになっている。

[0051] 以上のようにして、本実施形態にかかるタイヤ装置100および通信センター200を含めたタイヤシステムが構成されている。

[0052] 次に、上記した波形処理部1bで抽出する特徴量の詳細について説明する。

[0053] ここでいう特徴量とは、振動センサ部1aが取得したタイヤ3に加わる振動の特徴を示す量であり、例えば特徴ベクトルとして表される。

[0054] タイヤ回転時における振動センサ部1aの検出信号の出力電圧波形は、例えば図4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のうち振動センサ部1a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、振動センサ部1aの出力電圧が極大値をとる。以下、この振動センサ部1aの出力電圧が極大値をとる接地開始時のピーク値を第1ピーク値という。さらに、図4に示されるように、タイヤ3の回転に伴

ってトレッド31のうち振動センサ部1a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、振動センサ部1aの出力電圧が極小値をとる。以下、この振動センサ部1aの出力電圧が極小値をとる接地終了時のピーク値を第2ピーク値という。

[0055] 振動センサ部1aの出力電圧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のうち振動センサ部1aの配置箇所と対応する部分が接地する際、振動センサ部1a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、振動センサ部1a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のうち振動センサ部1aの配置箇所と対応する部分が接地面から離れる際には、振動センサ部1a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、振動センサ部1aの出力電圧が第2ピーク値をとる。このようにして、振動センサ部1a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。

[0056] ここで、タイヤトレッド31のうち振動センサ部1aの配置箇所と対応する部分が路面に接地した瞬間を「踏み込み領域」、路面から離れる瞬間を「蹴り出し領域」とする。「踏み込み領域」には、第1ピーク値となるタイミングが含まれ、「蹴り出し領域」には、第2ピーク値となるタイミングが含まれる。また、踏み込み領域の前を「踏み込み前領域」、踏み込み領域から蹴り出し領域までの領域、つまりタイヤトレッド31のうち振動センサ部1aの配置箇所と対応する部分が接地中の領域を「蹴り出し前領域」、蹴り出し領域後を「蹴り出し後領域」とする。このように、タイヤトレッド31のうち振動センサ部1aの配置箇所と対応する部分が接地する期間およびその前後を5つの領域に区画することができる。なお、図4中では、検出信号の

うちの「踏み込み前領域」、「踏み込み領域」、「蹴り出し前領域」、「蹴り出し領域」、「蹴り出し後領域」を順に5つの領域R 1～R 5として示してある。

[0057] 路面状態に応じて、区画した各領域でタイヤ3に生じる振動が変動し、振動センサ部1 aの検出信号が変化することから、各領域での振動センサ部1 aの検出信号を周波数解析することで、車両の走行路面における路面状態を検出する。例えば、圧雪路のような滑り易い路面状態では蹴り出し時の剪断力が低下するため、蹴り出し領域R 4や蹴り出し後領域R 5において、1 k H z～4 k H z帯域から選択される帯域値が小さくなる。このように、路面状態に応じて振動センサ部1 aの検出信号の各周波数成分が変化することから、検出信号の周波数解析に基づいて路面状態を判別することが可能になる。

[0058] このため、波形処理部1 bは、連続した時間軸波形となっているタイヤ3の1回転分の振動センサ部1 aの検出信号を、図5に示すように所定の時間幅Tの時間窓毎に複数の区画に分割し、各区画で周波数解析を行うことで特徴量を抽出している。具体的には、各区画で周波数解析を行うことで、各周波数帯域でのパワースペクトル値、つまり特定周波数帯域の振動レベルを求め、このパワースペクトル値を特徴量としている。

[0059] なお、時間幅Tの時間窓で分割された区画の数は車速に応じて、より詳しくはタイヤ3の回転速度に応じて変動する値である。以下の説明では、タイヤ1回転分の区画数をn（ただし、nは自然数）としている。

[0060] 例えば、各区画それぞれの検出信号を複数の特定周波数帯域のフィルタ、例えば0～1 k H z、1～2 k H z、2～3 k H z、3～4 k H z、4～5 k H zの5つのバンドパスフィルタに通して得られたパワースペクトル値を特徴量としている。この特徴量は、特徴ベクトルと呼ばれるもので、ある区画i（ただし、iは $1 \leq i \leq n$ の自然数）の特徴ベクトル X_i は、各特定周波数帯域のパワースペクトル値を a_{ik} で示すと、これを要素とする行列として、次式のように表される。

[0061] [数1]

$$x_i = \begin{bmatrix} a_{i1} \\ a_{i2} \\ a_{i3} \\ a_{i4} \\ a_{i5} \end{bmatrix}$$

なお、パワースペクトル値 a_{ik} における k は、特定周波数帯域の数、つまりバンドパスフィルタの数であり、上記のように $0 \sim 5 \text{ kHz}$ の帯域を5つに分ける場合、 $k = 1 \sim 5$ となる。そして、全区画 $1 \sim n$ の特徴ベクトル $X_1 \sim X_n$ を総括して示した行列式 X は、次式となる。

[0062] [数2]

$$X = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & \cdots & a_{n1} \\ a_{12} & a_{22} & \cdots & a_{n2} \\ a_{13} & a_{23} & \cdots & a_{n3} \\ a_{14} & a_{24} & \cdots & a_{n4} \\ a_{15} & a_{25} & \cdots & a_{n5} \end{pmatrix}$$

この行列式 X がタイヤ1回転分の特徴量を表した式となる。波形処理部1bでは、この行列式 X で表される特徴量を振動センサ部1aの検出信号を周波数解析することによって抽出している。

[0063] 続いて、本実施形態にかかるタイヤ装置100および通信センター200を含めたタイヤシステムの作動について、図6～図7を参照して説明する。

[0064] まず、各車輪のタイヤ側装置1では、波形処理部1bにて、図6に示すデータ送信処理を実行している。この処理は、所定の制御周期ごとに実行される。

[0065] ステップS100では、振動センサ部1aの検出信号の入力処理を行う。この処理は、続くステップS110において、タイヤ3が1回転するまでの期間継続される。そして、振動センサ部1aの検出信号をタイヤ1回転分入力すると、その後のステップS120に進み、入力したタイヤ1回転分の振動センサ部1aの検出信号の時間軸波形の特徴量を抽出する。

- [0066] なお、タイヤ3が1回転したことについては、振動センサ部1aの検出信号の時間軸波形に基づいて判定している。すなわち、検出信号は図4に示した時間軸波形を描くことから、検出信号の第1ピーク値や第2ピーク値を確認することでタイヤ3の1回転を把握することができる。
- [0067] また、路面状態が検出信号の時間軸波形の変化として特に現れるのが、「踏み込み領域」、「蹴り出し前領域」、「蹴り出し領域」を含めたその前後の期間である。このため、この期間中のデータが入力されていれば良く、必ずしもタイヤ1回転中における振動センサ部1aの検出信号すべてのデータを入力していなくても良い。例えば、「踏み込み前領域」や「蹴り出し後領域」については、「踏み込み領域」の近傍や「蹴り出し領域」の近傍のデータがあれば良い。このため、振動センサ部1aの検出信号のうちの振動レベルが閾値よりも小さくなる領域については、「踏み込み前領域」や「蹴り出し後領域」の中でも路面状態の影響を受け難い期間として、検出信号の入力を行わないようにしても良い。
- [0068] また、ステップS120で行う特徴量の抽出については、上述した通りの手法によって行っている。
- [0069] そして、ステップS130に進む。ステップS130では、生波形計測モードであるか否かを判定する。生波形計測モードは、路面データとして特徴量に加えて振動センサ部1aの検出信号の生波形の送信が要求されているモードである。後述するように、受信機21側において、周辺装置22が取得した環境データに基づいてサポートベクタの学習を行うべき状況を判定しており、そのような状況であるとの判定結果であった場合に、データ通信部21aを通じてリクエスト信号が送信される。波形処理部1bは、そのリクエスト信号を受信すると、生波形計測モードであると判定する。
- [0070] ここで否定判定された場合には、サポートベクタの学習を行うべき状況ではないため、ステップS140に進み、通常行われる路面状態の判別のためのデータ送信を実行すべく、今回の制御周期の際に抽出した特徴量を含む路面データをデータ通信部1cに伝える。これにより、データ通信部1cより

、特徴量を含む路面データが送信される。

[0071] また、ステップS 1 3 0で肯定判定された場合には、サポートベクタの学習を行うべき状況である。このため、ステップS 1 5 0に進み、サポートベクタを学習するためのデータ送信を実行すべく、今回の制御周期の際に抽出した特徴量に加えて生波形データを含む路面データをデータ通信部1 cに伝える。これにより、データ通信部1 cより、特徴量に加えて生波形データを含む路面データが送信される。

[0072] 一方、受信機2 1では、図7に示す路面状態判別処理、図8に示す環境判定処理、図9に示す学習データ送信処理、および、図11に示す学習データ更新処理が行われる。基本的には、路面状態判別処理は路面判定部2 1 cによって行われ、環境判定処理、学習データ送信処理、学習データ更新処理は環境判定部2 1 dや学習データ通信部2 1 eにて行われるが、受信機2 1に備えられる各部が協働して各処理を実行すれば良い。これらの処理は、タイマ割込み処理等により、各処理それぞれに対して決められた制御周期ごとに実行される。さらに、通信センター2 0 0では、図10に示す学習処理を実行する。この処理も、通信センター2 0 0において所定の制御周期毎に実行される。

[0073] なお、環境判定処理、学習データ送信処理、学習処理、学習データ更新処理は、それぞれ対応した処理である。具体的には、環境判定処理に対応して学習データ送信処理が実行され、学習データ送信処理に対応して学習処理が実行され、さらに学習処理に対応して学習データ更新処理が実行される。このため、以下では、路面状態判別処理の説明を行ったのち、環境判定処理、学習データ送信処理、学習処理、学習データ更新処理の順で説明を行う。

[0074] まず、図7に示す路面状態判別処理では、ステップS 2 0 0において、データ受信処理が行われる。この処理は、データ通信部2 1 aが路面データを受信したときに、その路面データを路面判定部2 1 cが取り込むことによって行われる。データ通信部2 1 aがデータ受信を行っていないときには、路面判定部2 1 cは何も路面データを取り込むことなく本処理を終えることに

なる。

[0075] この後、ステップS 2 1 0に進み、特徴量を含む路面データのデータ受信が有ったか否かを判定し、受信していた場合にはステップS 2 2 0に進み、受信していなければ受信するまでステップS 2 0 0、S 2 1 0の処理が繰り返される。なお、ここでは、特徴量を含む路面データを受信したことを判定しており、生波形データも含む路面データを受信しても、受信していないこととしている。しかしながら、生波形データが含まれた路面データについても、特徴量に関するデータを抽出することで路面状態の判別に用いることができるため、生波形データが含まれた路面データであっても受信したものとしても良い。

[0076] そして、ステップS 2 2 0に進み、路面状態の判別を行う。路面状態の判別については、受信した路面データに含まれる特徴量と、路面判定部2 1 cに保存された路面の種類別のサポートベクタとを比較することで行う。例えば、特徴量を路面の種類別の全サポートベクタとの類似度を求め、最も類似度が高かったサポートベクタの路面を現在の走行路面と判別している。

[0077] 例えば、特徴量を路面の種類別の全サポートベクタとの類似度の算出は、次のような手法によって行うことができる。

[0078] 上記したように特徴量を表す行列式Xについて、特徴量の行列式をX (r)、サポートベクタの行列式をX (s)とし、それぞれの行列式の各要素となるパワースペクトル値 a_{ik} を $a(r)_{ik}$ 、 $a(s)_{ik}$ で表すとする。その場合、特徴量の行列式X (r)とサポートベクタの行列式X (s)は、それぞれ次のように表される。

[0079] [数3]

$$x(r) = \begin{pmatrix} a(r)_{11} & a(r)_{21} & \cdots & a(r)_{n1} \\ a(r)_{12} & a(r)_{22} & \cdots & a(r)_{n2} \\ a(r)_{13} & a(r)_{23} & \cdots & a(r)_{n3} \\ a(r)_{14} & a(r)_{24} & \cdots & a(r)_{n4} \\ a(r)_{15} & a(r)_{25} & \cdots & a(r)_{n5} \end{pmatrix}$$

[0080] [数4]

$$x(s) = \begin{pmatrix} a(s)_{11} & a(s)_{21} & \cdots & a(s)_{n1} \\ a(s)_{12} & a(s)_{22} & \cdots & a(s)_{n2} \\ a(s)_{13} & a(s)_{23} & \cdots & a(s)_{n3} \\ a(s)_{14} & a(s)_{24} & \cdots & a(s)_{n4} \\ a(s)_{15} & a(s)_{25} & \cdots & a(s)_{n5} \end{pmatrix}$$

類似度は、2つの行列式で示される特徴量とサポートベクタとの似ている度合いを示しており、類似度が高いほどより似ていることを意味している。本実施形態の場合、路面判定部21cは、カーネル法を用いて類似度を求め、その類似度に基づいて路面状態を判別する。ここでは、特徴量の行列式 $X(r)$ とサポートベクタの行列式 $X(s)$ の内積、換言すれば特徴空間内において所定の時間幅 T の時間窓毎で分割した区画同士の特徴ベクトル X_i が示す座標間の距離を算出し、それを類似度として用いている。

[0081] 例えば、図12に示すように、振動センサ部1aの検出信号の時間軸波形について、今回のタイヤ3の回転時の時間軸波形とサポートベクタの時間軸波形それぞれを所定の時間幅 T の時間窓で各区画に分割する。図示例の場合、各時間軸波形を5つの区画に分割しているため、 $n=5$ となり、 i は、 $1 \leq i \leq 5$ で表される。ここで、図中に示したように、今回のタイヤ3の回転時の各区画の特徴ベクトル X_i を $X_i(r)$ 、サポートベクタの各区画の特徴ベクトルを $X_i(s)$ とする。その場合、各区画の特徴ベクトル X_i が示す座標間の距離 K_{yz} については、今回のタイヤ3の回転時の各区画の特徴ベクトル $X_i(r)$ を含む横の升とサポートベクタの各区画の特徴ベクトル $X_i(s)$ を含む縦の升とが交差する升のように示される。なお、距離 K_{yz} について、 y は $X_i(s)$ における i を書き換えたものであり、 z は $X_i(r)$ における i を書き換えたものである。なお、実際には、車速に応じて、今回のタイヤ3の回転時とサポートベクタとの区画数は異なったものとなり得るが、ここでは等しくなる場合を例に挙げてある。

[0082] 本実施形態の場合、5つの特定周波数帯域に分けて特徴ベクトルを取得し

ている。このため、時間軸と合わせた6次元空間において各区画の特徴ベクトル X_i が表されることとなり、区画同士の特徴ベクトルが X_i 示す座標間の距離は、6次元空間における座標間の距離となる。ただし、各区画の特徴ベクトルが示す座標間の距離については、特徴量とサポートベクタとが似ているほど小さく、似ていないほど大きくなることから、当該距離が小さいほど類似度が高く、距離が大きいほど類似度が低いことを示している。

[0083] 例えば、時分割によって区画1～nとされている場合、区画1同士の特徴ベクトルが示す座標間の距離 K_{yz} については、次式で示される。

[0084] [数5]

$$K_{yz} = \sqrt{\{a(r)_{11} - a(s)_{11}\}^2 + \{a(r)_{12} - a(s)_{12}\}^2 + \cdots + \{a(r)_{15} - a(s)_{15}\}^2}$$

このようにして、時分割による区画同士の特徴ベクトルが示す座標間の距離 K_{yz} を全区画について求め、全区画分の距離 K_{yz} の総和 K_{total} を演算し、この総和 K_{total} を類似度に対応する値として用いている。そして、総和 K_{total} を所定の閾値 Th と比較し、総和 K_{total} が閾値 Th よりも大きければ類似度が低く、総和 K_{total} が閾値 Th よりも小さければ類似度が高いと判定する。そして、このような類似度の算出を全サポートベクタに対して行い、最も類似度が高かったサポートベクタと対応する路面の種類が現在走行中の路面状態であると判別する。このようにして、路面状態判別を行うことができる。

[0085] なお、ここでは類似度に対応する値として各区画の特徴ベクトルが示す2つの座標間の距離 K_{yz} の総和 K_{total} を用いているが、類似度を示すパラメータとして他のものを用いることもできる。例えば、類似度を示すパラメータとして、総和 K_{total} を区画数で割って求めた距離 K_{yz} の平均値である平均距離 K_{ave} を用いることができる。また、特許文献1に示されているように、様々なカーネル関数を用いて類似度を求めることもできる。また、特徴ベクトルのすべてを用いるのではなく、その中から類似度の低いパスを除いて類似度の演算を行うようにしても良い。

[0086] 次に、受信機 21 が実行する環境判定処理について説明する。

[0087] 図 8 に示すように、ステップ S 300 において、データ受信処理が行われる。この処理は、環境判定部 21d が周辺装置 22 から環境データを受信することにより行っている。環境判定部 21d がデータ受信を行っていないときには、環境判定部 21d は何も環境データを取り込むことなく本処理を終えることになる。

[0088] この後、ステップ S 310 に進んでデータ受信があったか否かを判定し、受信していた場合にはステップ S 320 に進み、受信していなければ受信するまでステップ S 300、S 310 の処理が繰り返される。

[0089] そして、ステップ S 320 にて、環境データに基づいてサポートベクタの学習を行うべき状況であるか否かを判定する。ここで、上記した「サポートベクタの学習を行うべき状況」に該当する場合には肯定判定されてステップ S 330 以降の処理に進み、該当しない場合には否定判定されてステップ S 300、S 310 の処理を繰り返す。

[0090] ステップ S 330 では、「サポートベクタの学習を行うべき状況」と判定されたときの状況の種類のデータを記憶する。このデータは、例えば、次にステップ S 320 で肯定判定されてステップ S 330 の処理が実行されることで上書きされるまで記憶される。そして、ステップ S 340 に進み、データ通信部 21a に対してリクエスト信号の送信を指示して処理を終了する。これにより、データ通信部 21a を通じて各タイヤ側装置 1 にリクエスト信号が伝えられる。

[0091] 次に、受信機 21 が実行する学習データ送信処理について説明する。

[0092] 図 9 に示すように、ステップ S 400 において、データ受信処理が行われる。この処理は、データ通信部 21a が路面データを受信したときに、その路面データを学習データ通信部 21e が取り込むことによって行われる。データ通信部 21a がデータ受信を行っていないときには、学習データ通信部 21e は何も路面データを取り込むことなく本処理を終えることになる。

[0093] この後、ステップ S 410 に進み、データ受信があったか否かを判定し、

受信していた場合にはステップS 4 2 0に進み、受信していなければ受信するまでステップS 4 0 0、S 4 1 0の処理が繰り返される。なお、ここでは特徴量に加えて生波形データを含む路面データを受信したことを判定しており、生波形データを含んでいない路面データを受信しても、受信していないこととしている。

[0094] そして、ステップS 4 2 0にて、学習を行うべき状況と判定したときの路面データに加えて、環境判定部2 1 dが上記した環境判定処理で記憶しておいたサポートベクタの学習を行うべき状況のデータと自車両のID情報などの車両データを追加したデータを作成する。その後、ステップS 4 3 0に進み、ステップS 4 2 0で作成したデータを学習データ通信部2 1 eより通信センター2 0 0に送信する。これにより、外部通信機2 5を通じて、車両外部に備えられる通信センター2 0 0に、特徴量に加えて生波形データを含めた路面データと状況の種類のデータ、および、他車両と区別するための車両データが伝えられる。そして、これらの路面データと状況の種類のデータ、および、車両データが通信センター2 0 0に蓄積される。

[0095] 続いて、通信センター2 0 0が実行する学習処理について説明する。

[0096] 図1 0に示すように、ステップS 5 0 0において、データ受信処理が行われる。この処理では、図9のステップS 4 3 0で送信されたデータを受信する処理を行う。そして、ステップS 5 1 0に進み、ステップS 5 0 0で受信したデータに基づいて、車両ごとに、状況の種類別に路面データから特徴量や生波形データを読み取り、それらを解析すると共に各種演算を行うことで状況の種類別にサポートベクタを学習演算する。

[0097] その後、ステップS 5 2 0に進み、学習演算結果に基づいて、データ更新の必要性があるか否かを判定する。例えば、学習演算のために収集されているデータ量が少なくてサポートベクタが得られていない場合や学習演算の結果が現状保存されているサポートベクタから変わっていない場合などには、データ更新の必要性が無いと判定される。そして、サポートベクタが得られていて、現在保存されているサポートベクタと異なるサポートベクタが得ら

れた場合のように、ステップS 5 2 0で肯定判定された場合には、ステップS 5 3 0に進む。これにより、車両側に自身のデータであることを判別するための車両データと共に状況の種類と紐付けしたサポートベクタのデータ送信が行われる。さらに、この車両データや状況の種類と紐付けしたサポートベクタや路面データが示す路面状態を通信センター2 0 0でも蓄積しておく。これにより、車両データ毎、つまり車両毎のサポートベクタの学習データやその車両の走行路面の路面状態のデータなどを蓄積することができ、蓄積したデータを有効に活用することが可能となる。また、ステップS 5 2 0で否定判定された場合には、そのまま処理が終了となる。

[0098] 続いて、受信機2 1 が実行する学習データ更新処理について説明する。

[0099] 図1 1 に示すように、ステップS 6 0 0において、データ受信処理が行われる。この処理では、図1 0のステップS 5 3 0で送信されたデータを受信する処理を行う。この後、ステップS 6 1 0に進み、ステップS 6 0 0で受信したデータに基づいて、サポートベクタ保存部2 1 bに現在保存されているサポートベクタを更新する必要があるか否かを判定する。ここで、受信したデータに、サポートベクタ保存部2 1 bに現在保存されているサポートベクタと異なるサポートベクタが含まれている場合には、更新する必要があると判定されてステップS 6 2 0に進む。

[0100] そして、ステップ6 2 0において、サポートベクタ保存部2 1 bにデータ送信を行うことで、サポートベクタ保存部2 1 bに保存されているデータの更新を行い、処理を終了する。また、受信したデータに、サポートベクタ保存部2 1 bに現在保存されているサポートベクタと異なるサポートベクタが含まれていない場合のように、ステップS 6 1 0で否定判定された場合には、データ更新を行うことなく処理を終了する。

[0101] 以上説明したように、本実施形態のタイヤ装置1 0 0および通信センター2 0 0を含めたタイヤシステムでは、車両に備えられる周辺装置2 2にて環境データを取得し、この環境データに基づいてサポートベクタの学習を行うべき状況であることを判定している。そして、サポートベクタの学習を行う

べき状況である場合には、状況の種類と紐付けして特徴量や生波形データを含む路面データを通信センター２００に送り、通信センター２００においてサポートベクタの学習演算を行わせている。このため、通信センター２００から学習結果を車両側に伝えることで、サポートベクタ保存部２１ｂに、初期データとして保存しているサポートベクタ以外にも、状況に合わせてサポートベクタを更新していくことができる。つまり、通信センター２００を利用して、納車時よりもアルゴリズムを進化させることが可能となる。

[0102] したがって、事前学習した保存データのみでは対応できない状況においても、適切に路面状態の判別が行えるようにできるタイヤ装置１００およびそれを有するタイヤシステムとすることが可能となる。

[0103] （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実施形態に対してサポートベクタをタイヤ側装置１にて保存するようにしたものであり、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。

[0104] 図１３に示すように、本実施形態では、タイヤ側装置１にサポートベクタ保存部１ｅが備えられており、タイヤ側装置１で路面状態の判別が行えるようになっている。なお、納車時において、サポートベクタ保存部１ｅに予め保存されているサポートベクタのデータについては、第１実施形態において説明したサポートベクタ保存部２１ｂと同様である。

[0105] このような構成においては、タイヤ側装置１の波形処理部１ｂにおいて、振動センサ部１ａの検出信号から抽出した特徴量とサポートベクタ保存部１ｅの保存データに基づいて、路面状態を判別することができる。そして、データ通信部１ｃより路面状態の判別結果を示すデータを受信機２１に伝え、路面判定部２１ｃにおいて、タイヤ側装置１から伝えられたデータが示す判別結果に基づいて路面状態を判別し、それを報知装置２４へ伝える。

[0106] また、受信機２１から環境判定部２１ｄの環境データに基づく路面データの要求があると、タイヤ側装置１より特徴量に加えて生波形データを含めた

路面データが送信され、受信機 2 1 および外部通信機 2 5 を通じて通信センター 2 0 0 に伝えられる。これにより、第 1 本実施形態と同様に、通信センター 2 0 0 をクラウドの提供元コンピュータとしてサポートベクタの学習演算が行われ、その学習演算の結果が外部通信機 2 5 を通じて受信機 2 1 に伝えられる。さらに、学習データ通信部 2 1 e にてサポートベクタ保存部 1 e に現在保存されているサポートベクタを更新する必要があると判定されると、データ通信部 2 1 a より更新すべきサポートベクタのデータがタイヤ側装置 1 に伝えられる。そして、サポートベクタ保存部 1 e に保存されているサポートベクタに加えて新たなサポートベクタのデータが保存される。

[0107] 本実施形態のタイヤ装置 1 0 0 においては、基本的には、上記のような動作を行うこと以外については、タイヤ側装置 1 や受信機 2 1 および通信センター 2 0 0 で第 1 実施形態と同様の処理、すなわち図 6 ～図 1 1 と同様の処理を行う。

[0108] ただし、図 6 のステップ S 1 2 0 では、特徴量の抽出に加えて路面状態の判別も行っており、ステップ S 1 4 0 では、特徴量を含む路面データについても送っても良いが、路面状態の判別結果を示すデータを送っている。また、学習データ更新処理として、図 1 1 に示す処理に代えて図 1 4 に示す処理を行っている。具体的には、図 1 4 に示すステップ S 7 0 0 ～S 7 1 0 では、図 1 1 に示すステップ S 6 0 0 ～S 6 1 0 と同様の処理を行い、その後ステップ S 7 2 0 において、タイヤ側装置 1 へ更新すべきサポートベクタのデータの送信を行う。なお、ステップ S 7 1 0 では、サポートベクタ保存部 1 e に現在保存されているサポートベクタを更新する必要があるか否かを判定することになる。これについては、通信センター 2 0 0 から伝えられるデータ内に、更新すべき内容を有していることを表すデータを含めておき、当該データが含まれていた場合に、受信機 2 1 において更新する必要があると判定されるようにすれば良い。

[0109] このように、タイヤ側装置 1 にサポートベクタ保存部 1 e を備えて路面状態の判別まで行うこともできる。そして、タイヤ側装置 1 に備えたサポート

ベクタ保存部 1 e に記憶されているサポートベクタを通信センター 200 での学習結果に基づいて更新するようにしても良い。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。

[0110] (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 実施形態で説明したように通信センター 200 に蓄積したデータを有効活用するものであり、通信センター 200 でのデータの蓄積などについては第 1、第 2 実施形態と同様であるため、第 1、第 2 実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

[0111] 第 1 実施形態で説明したように、各車両から伝えられた路面データ、状況の種類のデータ、および、車両データに加えて、学習データとなるサポートベクタが通信センター 200 に蓄積されていく。このため、同じ車種の車両や同じタイヤを有する車両の場合、通信センター 200 で蓄積された各種データを流用できる可能性がある。このため、先に車両から伝えられた各種データや演算したサポートベクタを通信センター 200 で蓄積しておいた場合に、それを他の車両でデータ流用できるようにする。具体的には、他の車両が図 15 および図 16 に示す処理を実行することで、データ流用を行う。

[0112] なお、他の車両についても、図 2 に示したようなタイヤ側装置 1 や車体側システム 2 が備えられている。このため、タイヤ側装置 1 においては、図 6 に示す処理を実行しており、車体側システム 2 では、図 7 ~ 図 9、図 11 に示す処理を実行している。また、通信センター 200 では、図 10 に示す処理を実行している。そして、それに加えて、車体側システム 2 では、図 15 に示すダウンロード要求処理を実行しており、通信センター 200 では、図 16 に示すデータダウンロード処理を実行する。

[0113] まず、車体側システム 2 は、図 15 に示すように、ステップ S 800 において、データ受信処理を行う。この処理は、図 7 のステップ S 200 と同様の処理である。続いて、ステップ S 810 において、学習済みデータと違うか否かを判定する。例えば、受信したデータに含まれる特徴量とサポートベクタ保存部 21 b に保存されている全サポートベクタとの類似度を演算する

。そして、類似度が低いものしかない場合には、学習済みのサポートベクタには現在走行中の路面の路面状態として該当する路面の種類に応じたものが含まれていないと考えられるため、学習済みデータと違うと判定するようにしている。また、ステップS800でタイヤ側装置1から受信したデータではなく、周辺装置22から得られる環境データが、学習済みのサポートベクタを抽出した学習条件と異なる条件を示していた場合に、学習済みデータと違うと判定しても良い。

[0114] ここで、ステップS810で否定判定されればそのまま処理を終了し、肯定判定されればステップS820に進む。そして、ステップS820において、クラウドの提供元コンピュータとなる通信センター200に、他車両と区別するための車両データと共に学習データのリクエスト信号を送信する。車両データについては、上記と同様、自車両と他の車両との区別を行えるデータで有れば良いが、ここではタイヤ3の種類など、より細かいデータを含めることで、より自車両の状況に対応した学習データの要求を行うことが可能となる。また、状況の種類のデータについても送信するようにすれば、状況の種類に応じた学習データの要求を行うことも可能となる。その後、後述する図16に示す処理に基づいて、通信センター200から、学習データが送られてくるため、ステップS830において、その学習データをダウンロードする。

[0115] 一方、通信センター200では、図16に示すように、ステップS900において、車両側からの学習データの要求信号を受け取ったか否かを判定する。ここで否定判定されればそのまま処理を終了し、肯定判定されればステップS910に進む。上記したステップS820において、学習データの要求信号が送信されていれば、本ステップで肯定判定されることになる。

[0116] 続いて、ステップS910では、学習データの要求信号と共に送られてきた車両データの受信処理を行う。そして、ステップS920に進み、車両データと類似の学習データを探索する。通信センター200に蓄積されているデータの中から、例えば、同じ車種の車両、同じタイヤの車両、もしくはそ

の両方が該当する車両の学習データが類似の学習データとして探索される。この後、ステップS 9 3 0に進み、学習データの要求信号を送信してきた車両に対して、学習データのダウンロードを行わせるべく、通信センター2 0 0に蓄積されている各種データやサポートベクタの学習データの送信を行う。このときにも、学習データと共に車両データも送るようにすることで、ダウンロードを行わせる車両を特定できるようにしている。

[0117] このようにして、通信センター2 0 0に蓄積されている各種データやサポートベクタの学習データが他の車両に伝えられるため、他の車両では、そのデータを有効活用して、路面状態の判別などを行うことができる。特に、車両データに加えて、状況の種類のデータも含ませるようにすれば、状況の種類も加味した学習データを他の車両に伝えることができ、よりの確に路面状態の判別などを行うことが可能となる。

[0118] また、通信センター2 0 0で、先の車両の走行路面の路面状態のデータなども蓄積してあるため、そのデータについても他の車両に伝えるようにすれば、他の車両では、自身が走行していない路面についても、路面状態のデータを事前に知ることが可能となる。その場合、他の車両では、路面状態を判別するためのデータ取得を行わなくても済むようにできる。

[0119] なお、第2実施形態の場合、タイヤ側装置1にサポートベクタ保存部1 eが備えられていることから、タイヤ側装置1において、学習済みデータと違うか否かの判定を行うようにすれば良い。そして、学習済みデータと違っていれば、タイヤ側装置1から車体側システム2にリクエスト信号を送信するようにすれば良い。

[0120] (第4実施形態)

第4実施形態について説明する。本実施形態は、第1実施形態で説明した「サポートベクタの学習を行うべき状況」の具体例を挙げたものであり、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。

[0121] 第1実施形態で説明したように、サポートベクタを抽出した学習条件と異

なる条件となった場合、その条件でも学習データを得るようにするのが好ましい「サポートベクタの学習を行うべき状況」となる。本実施形態では、その「サポートベクタの学習を行うべき状況」の具体例を挙げて説明する。また、本実施形態では、周辺装置 22 の環境データに基づいて、車体側システム 2 で「サポートベクタの学習を行うべき状況」と判定されたときに、車体側システム 2 からタイヤ側装置 1 に対して生波形データ等の路面データの送信指示を出す場合について説明する。ただし、これは一例を示したのであり、第 1 実施形態で説明したような手法としても良い。すなわち、タイヤ側装置 1 から生波形データ等の路面データを受信しておき、車体側システム 2 にて「サポートベクタの学習を行うべき状況」と判定したときに、既に受信してある路面データを通信センター 200 に伝えるという形態であっても良い。

[0122] まず、受信機 21 では、環境判定部 21d 等において、図 17～図 24 に示す各処理を実行する。これらの処理は、第 1 実施形態で説明した図 8 に示す環境判定処理を、判定する内容別に区分けして行われるようにしたものであり、ここでは独立したフローとして、例えばタイマ割り込み処理として実行されるようにしているが、1つのフローとしても良い。

[0123] 図 17 では、ステップ S1000a において、外気温の温度情報の取得処理を行う。この処理は、例えばナビゲーションシステムを周辺装置 22 として、温度情報を取得することにより行われる。そして、ステップ S1010a に進み、先ほど取得した外気温が 0℃以下であるか否かを判定する。すなわち、サポートベクタを学習した状況が例えば 25℃程度の環境温度であった場合において、環境温度から所定温度以上の温度差が生じるような環境であった場合、ここでは、外気温が 0℃以下である場合には「サポートベクタの学習を行うべき状況」としている。ここで肯定判定されると、ステップ S1020a に進み、タイヤ側装置 1 や通信センター 200 側に学習開始指令のリクエスト信号を出力して処理を終了する。

[0124] 図 18 では、ステップ S1000b において、天候情報の取得処理を行う

。この処理も、例えばナビゲーションシステムを周辺装置 22 として、天候情報を取得することにより行われる。そして、ステップ S 1010b に進み、先ほど取得した天候が学習経験の無い天候、例えば大雨、強風などであるか否かを判定する。すなわち、サポートベクタを学習した状況が例えば単位時間あたりの降雨量が所定量以下、風速が所定値以下の天候であった場合において、降雨量や風速が学習した状況を上回っている環境であった場合には「サポートベクタの学習を行うべき状況」としている。ここで肯定判定されると、ステップ S 1020b に進み、上記したステップ S 1020a と同様の処理を実行して処理を終了する。なお、ここでは天候情報の一例として大雨、強風を例に挙げているが、勿論他の情報についても適用可能である。

[0125] 図 19 では、ステップ S 1000c において、季節情報の取得処理を行う。この処理も、例えばナビゲーションシステムを周辺装置 22 として、現在の季節情報を取得すること、もしくは、現在の日時情報を取得することにより行われる。そして、ステップ S 1010c に進み、先ほど取得した現在の季節が学習した季節とは別の季節であるか否かを判定する。すなわち、サポートベクタを学習した状況が例えば春季であった場合において、現在の季節が冬季のような環境であった場合には「サポートベクタの学習を行うべき状況」としている。ここで肯定判定されると、ステップ S 1020c に進み、上記したステップ S 1020a と同様の処理を実行して処理を終了する。

[0126] 図 20 では、ステップ S 1000d において、タイヤ情報の取得処理を行う。この処理は、受信機 21 を周辺装置 22 として、例えばタイヤ 3 の種類が変更されたときに受信機 21 に登録しておいた内容を読み出すことにより行われる。そして、ステップ S 1010d に進み、先ほど取得したタイヤ情報が示すタイヤ 3 の種類が学習したときとは別の種類であるか否か、例えば純正タイヤからの変更があるか否かを判定する。すなわち、サポートベクタを学習した状況では例えば純正タイヤであった場合において、現在のタイヤ 3 の種類が純正タイヤでは無かった場合には「サポートベクタの学習を行うべき状況」としている。ここで肯定判定されると、ステップ S 1020d に

進み、上記したステップS 1 0 2 0 aと同様の処理を実行して処理を終了する。なお、ここでは純正タイヤからの変更を例に挙げたが、変更後の学習が完了した場合、そのタイヤ情報も学習済みのタイヤ情報として新たに追加することもできる。その場合、ステップS 1 0 1 0 dの処理では、学習したときのタイヤ3の種類に、純正タイヤに加えて、新たに学習済みのタイヤ情報も含めるようにすれば良い。

[0127] 図21では、ステップS 1 0 0 0 eにおいて、タイヤ空気圧の取得処理を行う。この処理は、TPMSを周辺装置22として、例えばTPMSからタイヤ情報としてタイヤ空気圧の情報を取得することにより行われる。そして、ステップS 1 0 1 0 eに進み、先ほど取得したタイヤ空気圧が所定の閾値以下になっているか否かを判定する。すなわち、サポートベクタを学習した状況では例えば適正タイヤ空気圧であった場合において、現在のタイヤ空気圧が閾値以下まで低下していた場合には「サポートベクタの学習を行うべき状況」としている。ここで肯定判定されると、ステップS 1 0 2 0 eに進み、上記したステップS 1 0 2 0 aと同様の処理を実行して処理を終了する。

[0128] 図22では、ステップS 1 0 0 0 fにおいて、路面状態の取得処理を行う。この処理は、例えば車載カメラまたはブレーキECU23を周辺装置22として、車載カメラで取得した画像データの解析に基づく路面状態の推定結果を取得したり、ブレーキECU23による路面状態の推定結果を取得することにより行われる。そして、ステップS 1 0 1 0 fに進み、先ほど取得した路面状態が学習経験の無い未学習路面になっているか否かを判定する。すなわち、サポートベクタを学習した状況は例えばアスファルト路等のドライ路面、ウェット路面、凍結路、積雪路などの学習設定路面とされているため、岩石路面などについては「サポートベクタの学習を行うべき状況」としている。ここで肯定判定されると、ステップS 1 0 2 0 fに進み、上記したステップS 1 0 2 0 aと同様の処理を実行して処理を終了する。

[0129] 図23では、ステップS 1 0 0 0 gにおいて、タイヤ摩耗状態に相当するタイヤ3の残り溝の検出処理を行う。この処理は、例えば受信機21やメー

タECUを周辺装置22として、タイヤ交換を行ったことを受信機21に登録しておき、登録時からの走行距離をメータECUから取得し、これらからタイヤ3の残り溝を算出することで行われる。そして、ステップS1010gに進み、先ほど取得したタイヤ3の残り溝が閾値以下であるか否かを判定する。すなわち、サポートベクタを学習した状況ではタイヤ3の残り溝が十分に有る状態であるため、残り溝が閾値以下の場合には「サポートベクタの学習を行うべき状況」としている。ここで肯定判定されると、ステップS1020gに進み、上記したステップS1020aと同様の処理を実行して処理を終了する。

[0130] 図24では、ステップS1000hにおいて、加減速度情報の取得処理を行う。この処理は、例えばブレーキECU23やメータECUを周辺装置22として、これらが扱っている車速から加減速度を算出することで行われる。そして、ステップS1010hに進み、先ほど取得した加減速度が所定の閾範囲外であるか否かを判定する。すなわち、サポートベクタを学習した状況では加減速度が所定の閾範囲内とされているため、加減速度が閾範囲外の場合には「サポートベクタの学習を行うべき状況」としている。ここで肯定判定されると、ステップS1020hに進み、上記したステップS1020aと同様の処理を実行して処理を終了する。

[0131] このようにして、環境判定処理が行われ、ステップS1020a～S1020hにおいて、学習開始指令のリクエスト信号が出力されると、それに基づいて、タイヤ側装置1、車体側システム2および通信センター200が各種処理を実行する。

[0132] まず、タイヤ側装置1では、図25に示すデータ送信処理を実行する。図25に示すように、ステップS1100では、学習開始指令のリクエスト信号が有ったか否かを判定している。上記したように、車体側システム2より学習開始指令のリクエスト信号が出力されると、本ステップで肯定判定され、ステップS1110に進む。そして、タイヤ1回転分の生波形データを含む路面データを取得したのち、ステップS1120に進んでその路面データ

を車体側システム 2 にデータ送信する。なお、ステップ S 1 1 1 0 の処理は、上記した図 6 の各処理と同様の手法によって実行することができる。

[0133] そして、タイヤ側装置 1 より路面データが送信されると、車体側システム 2 は、図 2 6 に示す学習データ送信処理を実行する。まず、ステップ S 1 2 0 0 において、タイヤ側装置 1 から送信されてきた生波形データを含む路面データの受信処理を行い、その後、ステップ S 1 2 1 0 において、路面データを取得したか否かを判定する。ここで、ステップ S 1 2 0 0 において、路面データを受信できていなければそのまま処理を終了する。また、受信できていればステップ S 1 2 2 0 に進み、通信センター 2 0 0 にアップロードすべく、受信した路面データを学習データとして通信センター 2 0 0 に送信する処理を実行する。

[0134] さらに、通信センター 2 0 0 では、図 2 7 に示す学習処理を実行する。まず、ステップ S 1 3 0 0 において、学習開始指令のリクエスト信号があったか否かを判定している。上記したように、車体側システム 2 より学習開始指令のリクエスト信号が出力されると、本ステップで肯定判定され、ステップ S 1 3 1 0 に進む。そして、車体側システム 2 から送信された生波形データを含む路面データを取得したか否かを判定し、取得したらステップ S 1 3 2 0 に進んで学習を開始し、学習を終えると、その結果を車体側システム 2 に伝えてサポートベクタ保存部 2 1 b にダウンロードする。このときの通信センター 2 0 0 の処理方法については、図 1 0 のステップ S 5 1 0 ~ S 5 3 0 と同様であり、それに基づいて車体側システム 2 がサポートベクタ保存部 2 1 b にデータダウンロードする方法も、図 1 1 のステップ S 6 0 0 ~ S 6 2 0 と同様である。

[0135] 以上説明したように、様々な「サポートベクタの学習を行うべき状況」であるか否かを判定し、それに基づいて、学習した状況では無い状況についても、新たに学習データを追加、更新していくことが可能となる。これにより、より様々な状況についての学習データを得ることが可能となり、よりの確な路面状態判別を行うことが可能となる。

[0136] (第5実施形態)

第5実施形態について説明する。本実施形態は、第1～第4実施形態に対して、タイヤ側装置1において路面状態の変化を検出し、路面状態の変化が有った場合に、その路面変化を車体側システム2に伝えて、学習開始させるようにするものである。本実施形態の他については第1～第4実施形態と同様であるため、第1～第4実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

[0137] 本実施形態では、タイヤ側装置1にて、振動センサ部1aの検出信号に基づいて路面状態の変化を検出し、その変化を車体側システム2に伝えるようにする。具体的には、タイヤ側装置1は、図28に示す路面変化検出処理を実行する。

[0138] まず、ステップS1400において、振動センサ部1aの検出信号の入力処理を行い、これがステップS1410において、タイヤ3が1回転するまでの期間継続される。そして、振動センサ部1aの検出信号をタイヤ1回転分入力すると、ステップS1420に進み、今回特徴量として、入力したタイヤ1回転分の加速度取得部10の検出信号の時間軸波形の特徴量を抽出する。このときの特徴量の抽出手法については、図6のステップS120と同様である。

[0139] この後、ステップS1430に進み、今回特徴量と前回特徴量とについて、図7のステップS220で説明した手法によって類似度を求め、例えば類似度を閾値 T_h と比較することで、路面状態の変化が有ったか否かを判定する。そして、ステップS1430で肯定判定されると、ステップS1440において路面状態の変化があったことを記憶しておく。さらに、ステップS1450に進み、今回特徴量を前回特徴量として特徴量保存部11bに保存して、処理を終了する。

[0140] また、タイヤ側装置1は、図29に示すデータ送信処理を実行している。まず、ステップS1500では、路面状態の変化があったとの判定が行われたか否かを判定する。この判定は、上記した図27のステップS1440において路面状態の変化があったことが記憶されているか否かに基づいて行わ

れる。ここで肯定判定された場合にはステップS 1 5 1 0に進み、今回特徴量や生波形データを含む路面データと共に、路面状態の変化があったことを示すデータを車体側システム2に送信する。そして、ここで否定判定された場合にはステップS 1 5 2 0に進み、今回特徴量を含む路面データを送信する。

[0141] この後は、第1実施形態で説明した図7～図11に示す各処理を実行する。これら各処理については、第1実施形態とほぼ同様であるが、図8のステップS 3 2 0において、タイヤ側装置1から路面状態の変化があったことを示すデータが送信されてきたことも、「サポートベクタの学習を行うべき状況」と判定されるようにしている。

[0142] このように、タイヤ側装置1において路面状態の変化を検出し、それを「サポートベクタの学習を行うべき状況」として車体側システム2に伝え、通信センター200にて、サポートベクタの学習を行わせることもできる。

[0143] (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。

[0144] (1) 例えば、上記実施形態では、振動検出部を構成する振動センサ部1aを加速度センサによって構成する場合を例示したが、他の振動検出を行うことができる素子、例えば圧電素子などによって構成することもできる。

[0145] (2) また、上記実施形態では、タイヤ側装置1から振動センサ部1aの検出信号に現れる路面状態を示す路面データとして、特徴量を含むデータを用いている。しかしながら、これも一例を示したに過ぎず、他のデータを路面データとして用いても良い。例えば、タイヤ3の1回転中の振動データに含まれる5つの領域R1～R5それぞれの振動波形の積分値データを路面データとしても良いし、検出信号そのものの生データを路面データとしても良

い。

[0146] 同様に、通信センター２００に特徴量および生波形データを含む路面データを送るようにしているが、特徴量および生波形データのいずれか一方のみでも良い。また、タイヤ３の１回転中の振動データに含まれる５つの領域Ｒ１～Ｒ５それぞれの振動波形の積分値データを路面データとして通信センター２００に送るようにしても良い。

[0147] （３）また、上記各実施形態では、車体側システム２に備えられる受信機２１の路面判定部２１ｃによって特徴量とサポートベクタとの類似度を求めて路面状態の判別を行っている。

[0148] しかしながら、これも一例を示したに過ぎず、車体側システム２のいずれかの場所、例えばブレーキＥＣＵ２３などのような他のＥＣＵによって類似度を求めたり、路面状態の判別を行ったり、指示信号の送信を行うようにしても良い。

[0149] （４）また、上記各実施形態では、サポートベクタの学習演算のために通信センター２００を利用している。これは、学習演算を行う際のデータ量が膨大となることなどが理由であるが、例えば受信機２１にサポートベクタの学習演算を行う機能を備えさせ、各車両で学習演算を実施できるようにしても良い。

[0150] ただし、通信センター２００においては、各車両で得られない各種情報、例えば他車両のデータに基づいて判別した路面状態などを加味して、サポートベクタの学習演算を行うこともできる。そのため、通信センター２００を利用することで、より精度良く更新に用いるサポートベクタの学習演算を行うことが可能となる。

[0151] さらに、上記各実施形態では、タイヤ側装置１と受信機２１との間において双方向通信を行う構成としているが、必ずしも双方向通信を行う構成でなくても良い。例えば、受信機２１にサポートベクタ保存部２１ｂを備えた構成とする場合、周辺装置２２の環境データに基づいてサポートベクタの更新を行うべきときに、タイヤ側装置１からの路面データに基づいてサポートベ

クタの学習演算を行う。サポートベクタの学習演算は、通信センター２００で行われても良いし、受信機２１に学習演算を行う機能を備えさせて受信機２１などで行われるようにしても良い。このように、タイヤ側装置１から受信機２１へのみデータ通信が行える一方向通信としても、サポートベクタの学習演算および更新を行うことが可能である。

[0152] （５）また、機械学習の一例として、サポートベクタの学習演算を例に挙げ、教師データとしてサポートベクタを例に挙げたが、公知となっている他の機械学習によって教師データの更新を行うものについても、本開示を適用できる。

[0153] また、上記各実施形態では、複数のタイヤ３のそれぞれに対してタイヤ側装置１を備えるようにしたが、少なくとも１つに備えられていればよい。

請求の範囲

[請求項1] 車両に備えられるタイヤ（３）に取り付けられたタイヤ側装置（１）と、車体に備えられた車体側システム（２）とを有する路面状態判別装置であって、

前記タイヤ側装置は、

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（１ a）と、前記検出信号の波形に現れる路面状態を示す路面データを生成する波形処理部（１ b）と、前記路面データを送信する第１データ通信部（１ c）と、を備え、

前記車体側システムは、

前記第１データ通信部から送信された前記路面データを受信する第２データ通信部（２ １ a）と、教師データを保存する保存部（２ １ b）と、前記路面データと前記教師データとに基づいて前記車両の走行路面における路面状態を判別する路面判定部（２ １ c）と、前記路面状態に関わる環境データを取得する周辺装置（２ ２）と、前記環境データに基づいて前記教師データの学習演算を行うべき状況であるか否かの判定を行うと共に、前記教師データの学習演算を行うべき状況であるとの判定結果に基づいて、前記第２データ通信部を通じて前記タイヤ側装置にリクエスト信号を出力させる環境判定部（２ １ d）と、を備え、

前記タイヤ側装置は、前記第１データ通信部にて前記リクエスト信号を受信すると、前記波形処理部にて前記路面データを生成すると共に、前記第１データ通信部を通じて前記路面データを前記車体側システムに送信し、

前記車体側システムは、前記タイヤ側装置から伝えられた路面データと前記環境データが示す前記学習演算を行うべき状況の種類とを用いた機械学習により前記教師データの更新データが学習演算されると、前記保存部に記憶された前記教師データに前記更新データを加味し

たデータを新たな教師データとして保存する路面状態判別装置。

[請求項2] 前記タイヤ側装置は、前記第1データ通信部にて前記リクエスト信号を受信すると、前記路面データとして、前記タイヤの振動の特徴を示す特徴量と前記検出信号の生波形データの少なくとも一方を含むデータを生成し、前記第1データ通信部を通じて前記路面データを前記車体側システムに送信する請求項1に記載の路面状態判別装置。

[請求項3] 車両に備えられるタイヤ(3)に取り付けられたタイヤ側装置(1)と、車体に備えられた車体側システム(2)とを有する路面状態判別装置であって、

前記タイヤ側装置は、

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(1a)と、教師データを保存する保存部(1e)と、前記検出信号と前記教師データとに基づいて前記車両の走行路面における路面状態の判別を行うと共に該判別結果を示すデータの生成を行い、かつ、前記検出信号の波形に現れる路面状態を示す路面データの生成を行う波形処理部(1b)と、前記判別結果を示すデータや前記路面データを送信する第1データ通信部(1c)と、を有し、

前記車体側システムは、

前記第1データ通信部から送信された前記判別結果を示すデータや前記路面データを受信する第2データ通信部(21a)と、前記判別結果を示すデータに基づいて路面状態を判別する路面判定部(21c)と、前記路面状態に関わる環境データを取得する周辺装置(22)と、前記環境データに基づいて前記教師データの学習演算を行うべき状況であるか否かの判定を行うと共に、前記教師データの学習演算を行うべき状況であるとの判定結果に基づいて、前記第2データ通信部を通じて前記タイヤ側装置にリクエスト信号を出力させる環境判定部(21d)と、を有し、

前記タイヤ側装置は、前記第1データ通信部にて前記リクエスト信

号を受信すると、前記波形処理部にて、前記路面データとして、前記タイヤの振動の特徴を示す特徴量と前記検出信号の生波形データの少なくとも一方を含むデータを生成すると共に、前記第1データ通信部を通じて前記路面データを前記車体側システムに送信し、

前記車体側システムは、前記タイヤ側装置から伝えられた前記路面データと前記環境データが示す前記学習演算を行うべき状況の種類とを用いた機械学習により前記教師データの更新データが学習演算されると、前記車体側システムを通じて前記タイヤ側装置に対して前記更新データを送信し、前記保存部に記憶された前記教師データに前記更新データを加味したデータを新たな教師データとして保存する路面状態判別装置。

[請求項4] 前記車体側システムは、前記第2データ通信部が前記路面データを受信すると、該路面データに基づいて前記更新データの機械学習を行う請求項1ないし3のいずれか1つに記載の路面状態判別装置。

[請求項5] 車両に備えられるタイヤ(3)に取り付けられたタイヤ側装置(1)と、車体に備えられた車体側システム(2)とを有する路面状態判別装置であって、

前記タイヤ側装置は、

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(1a)と、前記検出信号の波形に現れる路面状態を示す路面データを生成する波形処理部(1b)と、前記路面データを送信する第1データ通信部(1c)と、を備え、

前記車体側システムは、

前記第1データ通信部から送信された前記路面データを受信する第2データ通信部(21a)と、教師データを保存する保存部(21b)と、前記路面データと前記教師データとに基づいて前記車両の走行路面における路面状態を判別する路面判定部(21c)と、を備え、

前記タイヤ側装置は、前記検出信号に基づいて路面状態の変化があ

ったことを判定し、前記路面状態が変化したと判定すると、前記第1データ通信部より前記路面状態が変化したことを示すデータと共に前記路面データの送信を行い、

前記車体側システムは、前記路面状態が変化したことを示すデータを受信すると前記教師データの学習演算を行うべき状況であると判定し、前記路面データと前記路面状態が変化したという前記学習演算を行うべき状況の種類とを用いた機械学習により前記教師データの更新データが学習演算されると、前記保存部に記憶された前記教師データに前記更新データを加味したデータを新たな教師データとして保存する路面状態判別装置。

[請求項6] 前記波形処理部は、前記タイヤの1回転中における前記検出信号の特徴量を抽出すると共に該特徴量を含む前記路面データを作成するものであり、前記タイヤの今回の回転時に抽出された前記特徴量を今回特徴量として、該今回特徴量と過去に抽出された前記特徴量である過去特徴量とに基づいて、路面状態が変化したことを判定する、請求項5に記載の路面状態判別装置。

[請求項7] 前記車体側システムは、前記教師データの学習演算を行うべき状況であるか否かの判定を行うと共に、前記教師データの学習演算を行うべき状況であるとの判定結果に基づいて、前記第2データ通信部を通じて前記タイヤ側装置にリクエスト信号を出力させる環境判定部（21d）を有し、

前記タイヤ側装置は、前記第1データ通信部にて前記リクエスト信号を受信すると、前記波形処理部にて前記路面データを生成すると共に、前記第1データ通信部を通じて前記路面データを前記車体側システムに送信し、

前記車体側システムは、前記タイヤ側装置から伝えられた路面データと前記環境データが示す前記学習演算を行うべき状況の種類とを用いた機械学習により前記教師データの更新データが学習演算されると

、前記保存部に記憶された前記教師データに前記更新データを加味したデータを新たな教師データとして保存する請求項5または6に記載の路面状態判別装置。

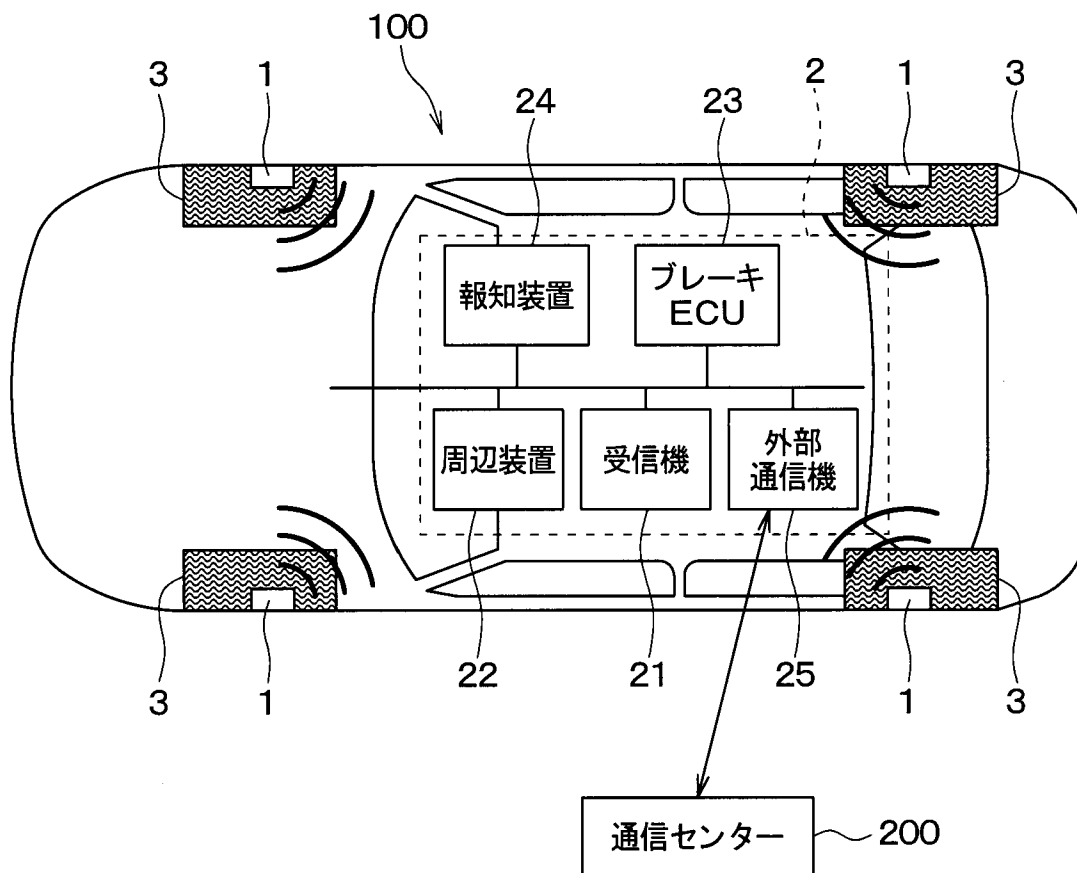
[請求項8] 前記環境判定部は、前記環境データに基づき、前記学習データを学習した状況と異なる状況であるか否かを判定し、前記学習データを学習した状況と異なる状況であると、前記教師データの学習演算を行うべき状況であるとの判定結果を出す請求項1ないし4および7のいずれか1つに記載の路面状態判別装置。

[請求項9] 前記環境判定部は、前記環境データとして、前記車両の走行環境、走行の仕方、タイヤ情報、天気情報、温度情報、季節情報、地域情報もしくは路面凍結情報の少なくとも1つに基づいて、前記学習データを学習した状況と異なる状況であるか否かを判定する請求項8に記載の路面状態判別装置。

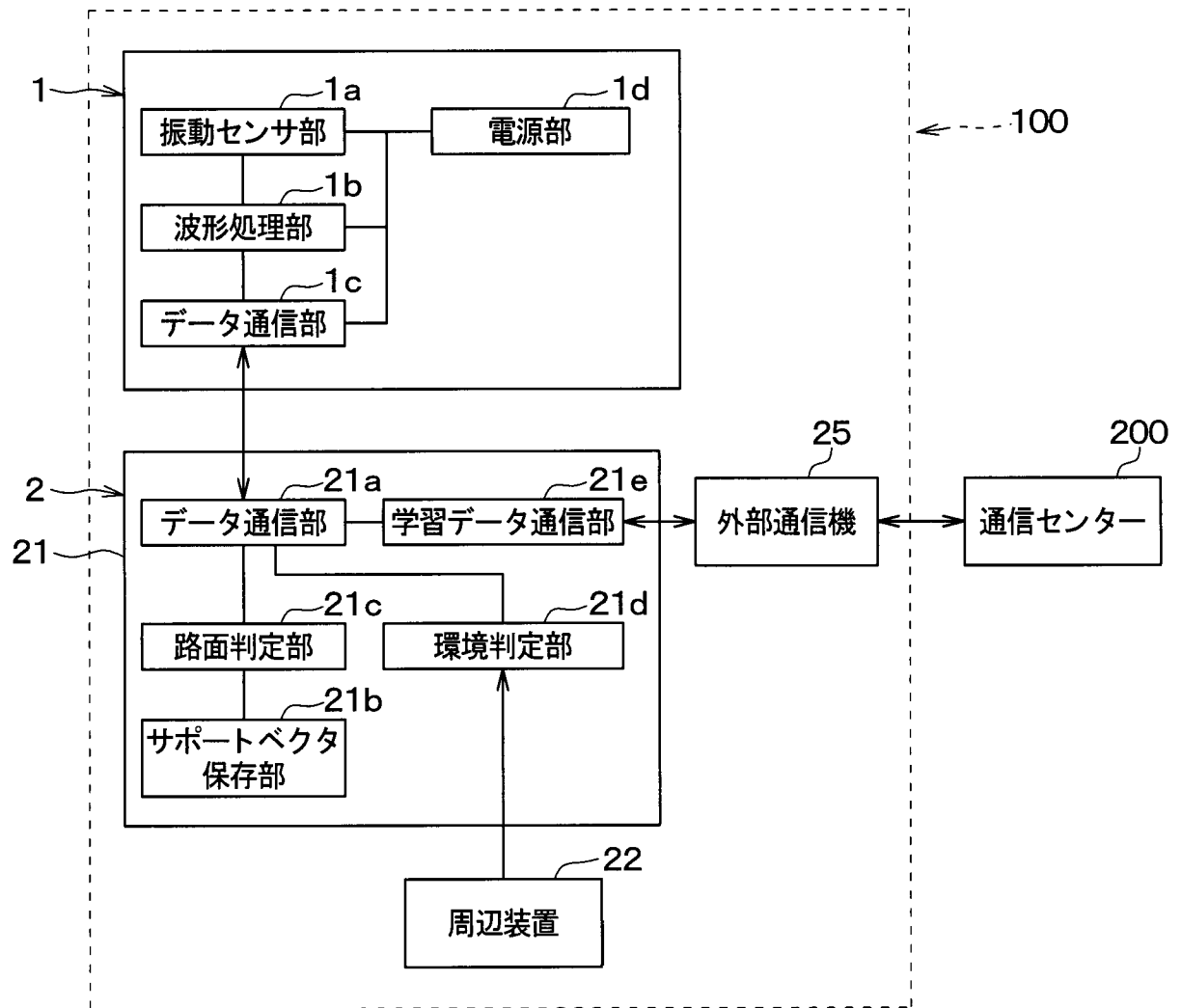
[請求項10] 請求項1ないし9いずれか1つに記載の路面状態判別装置と、
前記車体側システムとの間においてデータ通信を行う通信センター（200）と、を有するタイヤシステムであって、
前記車体側システムは、前記通信センターとの間の通信を行う外部通信機（25）を含み、該外部通信機を通じて前記通信センターに前記タイヤ側装置より受信した前記路面データを送信し、
前記通信センターは、前記外部通信機より前記路面データを受信すると、該路面データに基づいて前記更新データの機械学習を行い、前記更新データを前記外部通信機に伝えるタイヤシステム。

[請求項11] 前記車体側システムもしくは前記タイヤ側装置では、前記路面データが前記保存部に保存してある学習済みデータと違っているか否かを判定し、前記学習済みデータと違っていると判定すると、前記車体側システムより前記通信センターに対して、前記車両に関するデータである車両データを伝えることで、前記通信センターに蓄積されている学習データを要求する請求項10に記載のタイヤシステム。

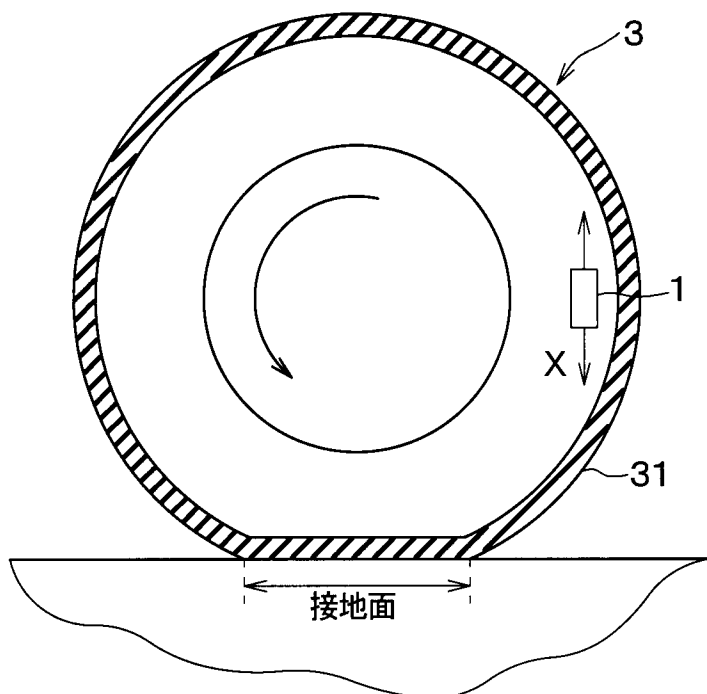
[図1]



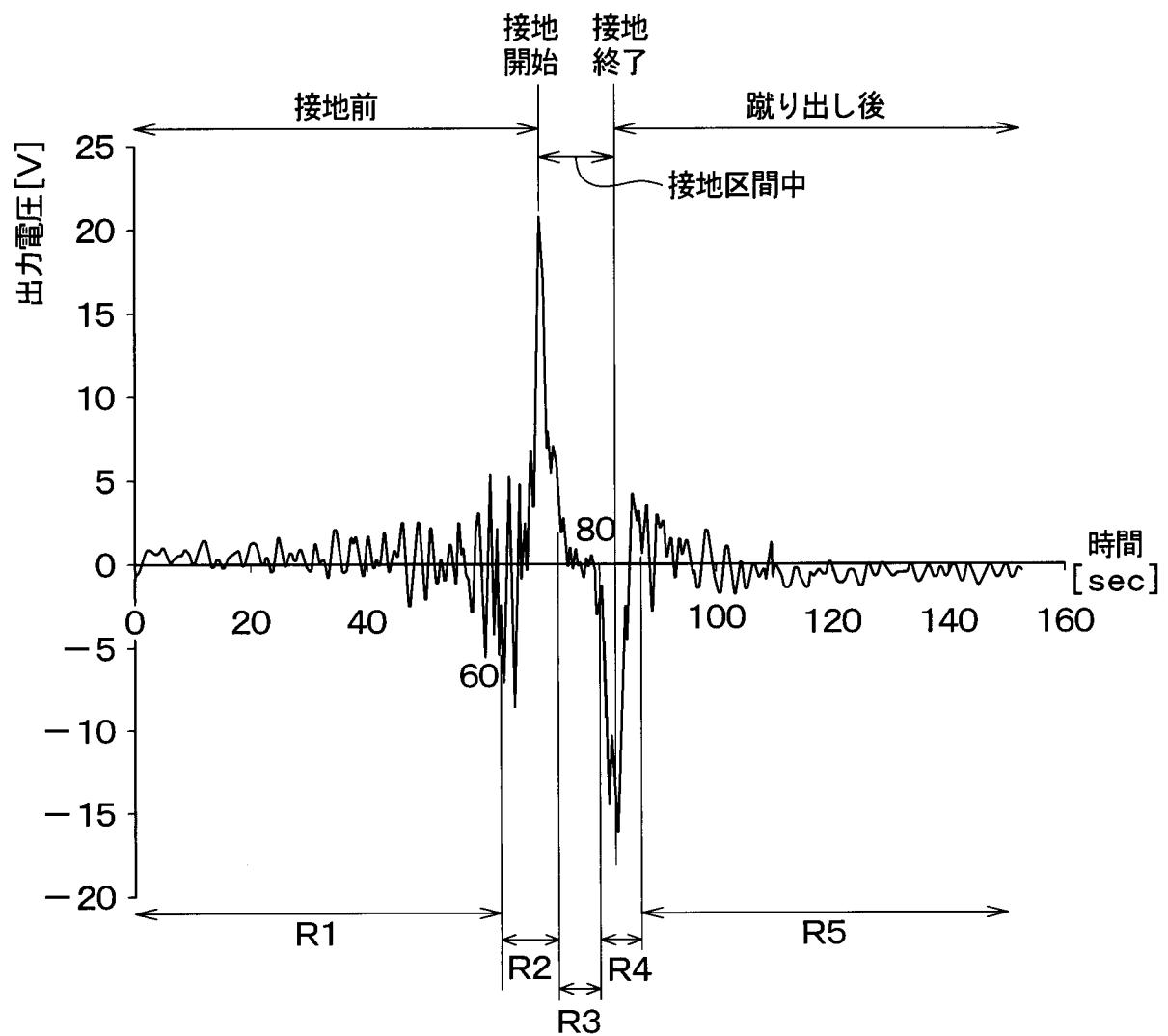
[図2]



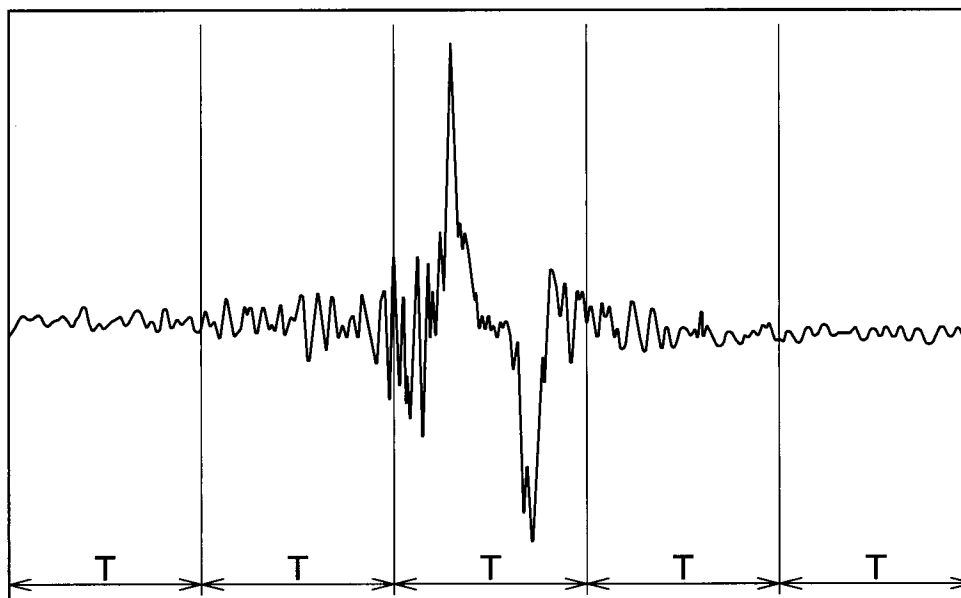
[図3]



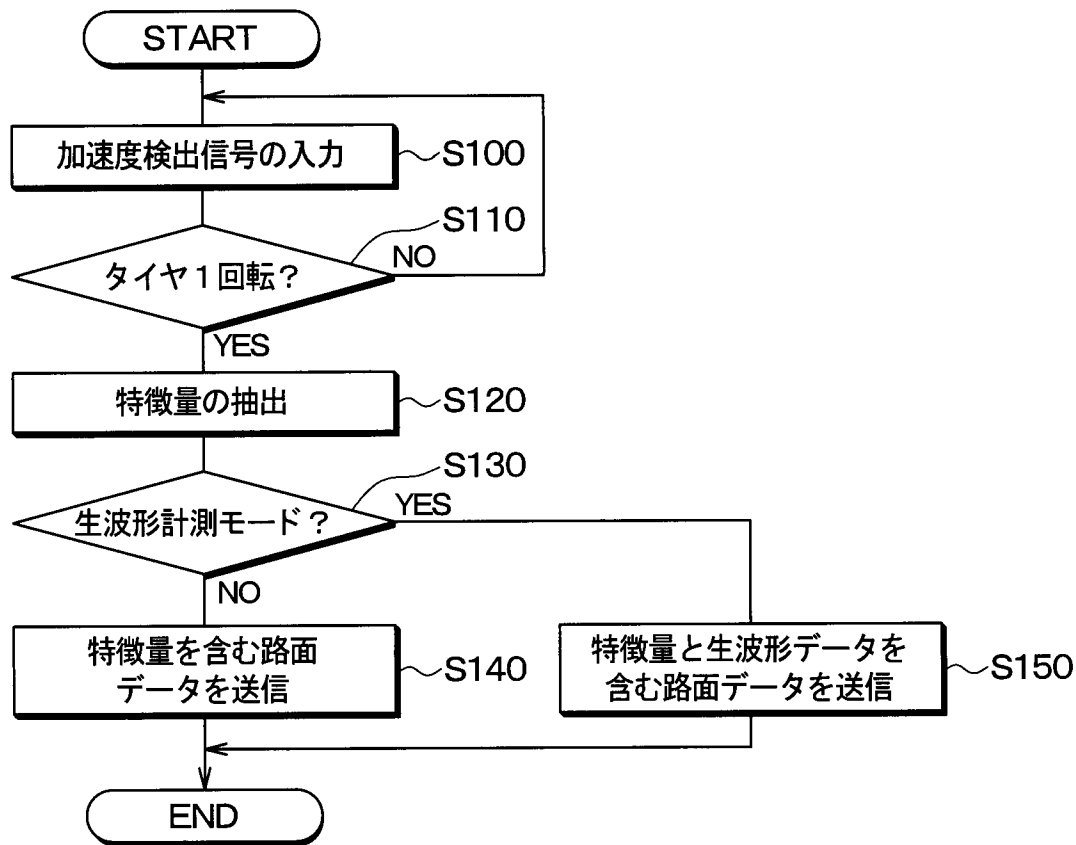
[図4]



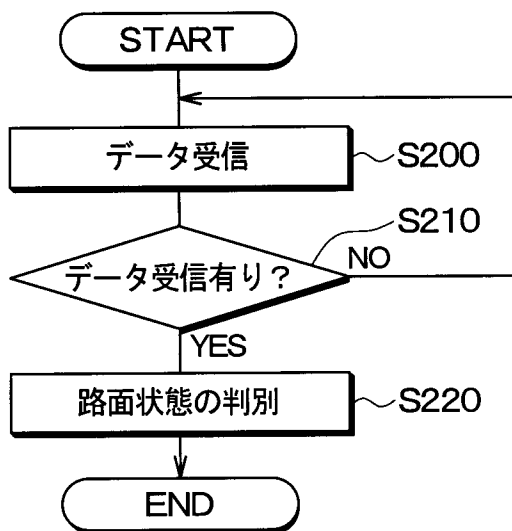
[図5]



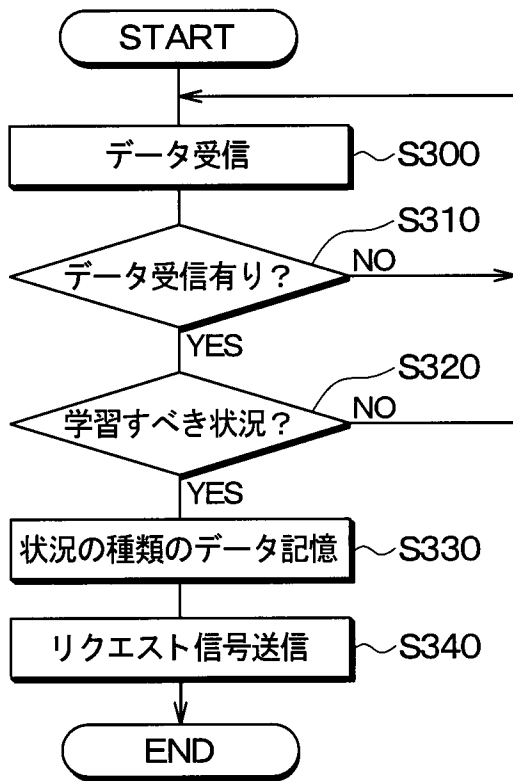
[図6]



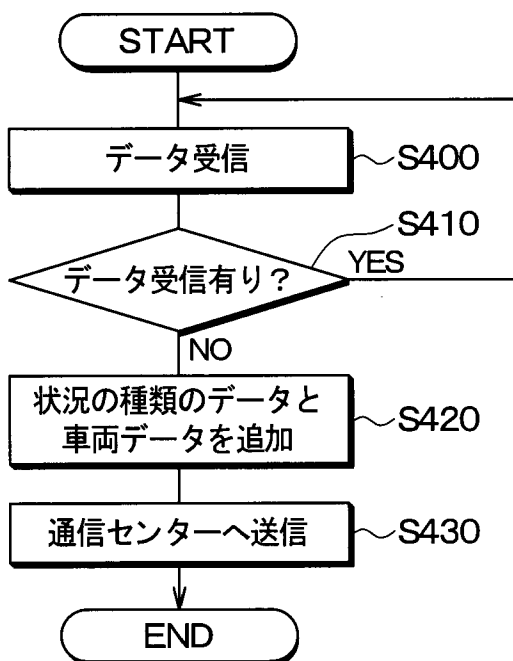
[図7]



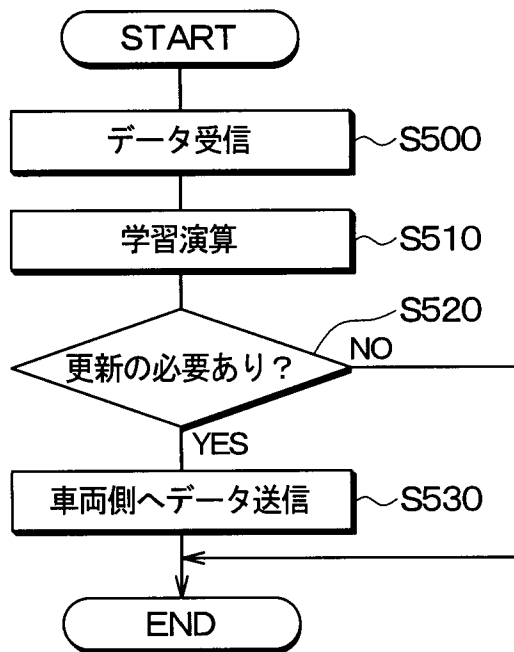
[図8]



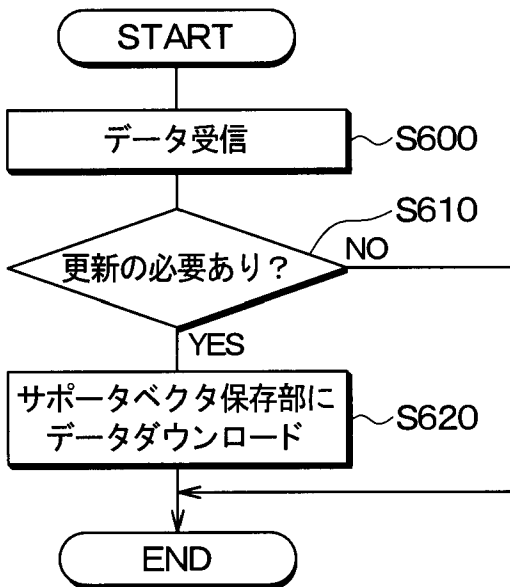
[図9]



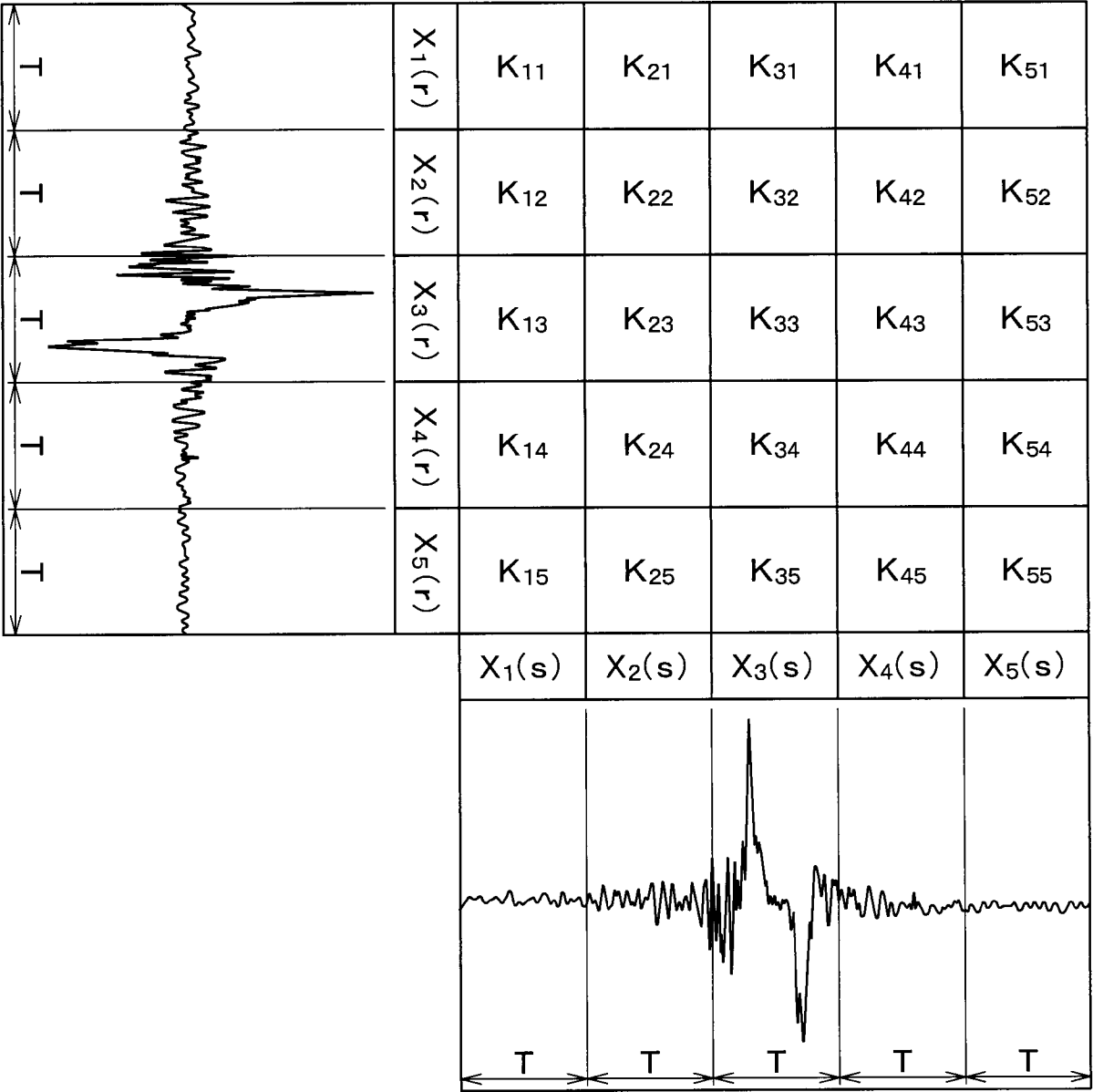
[図10]



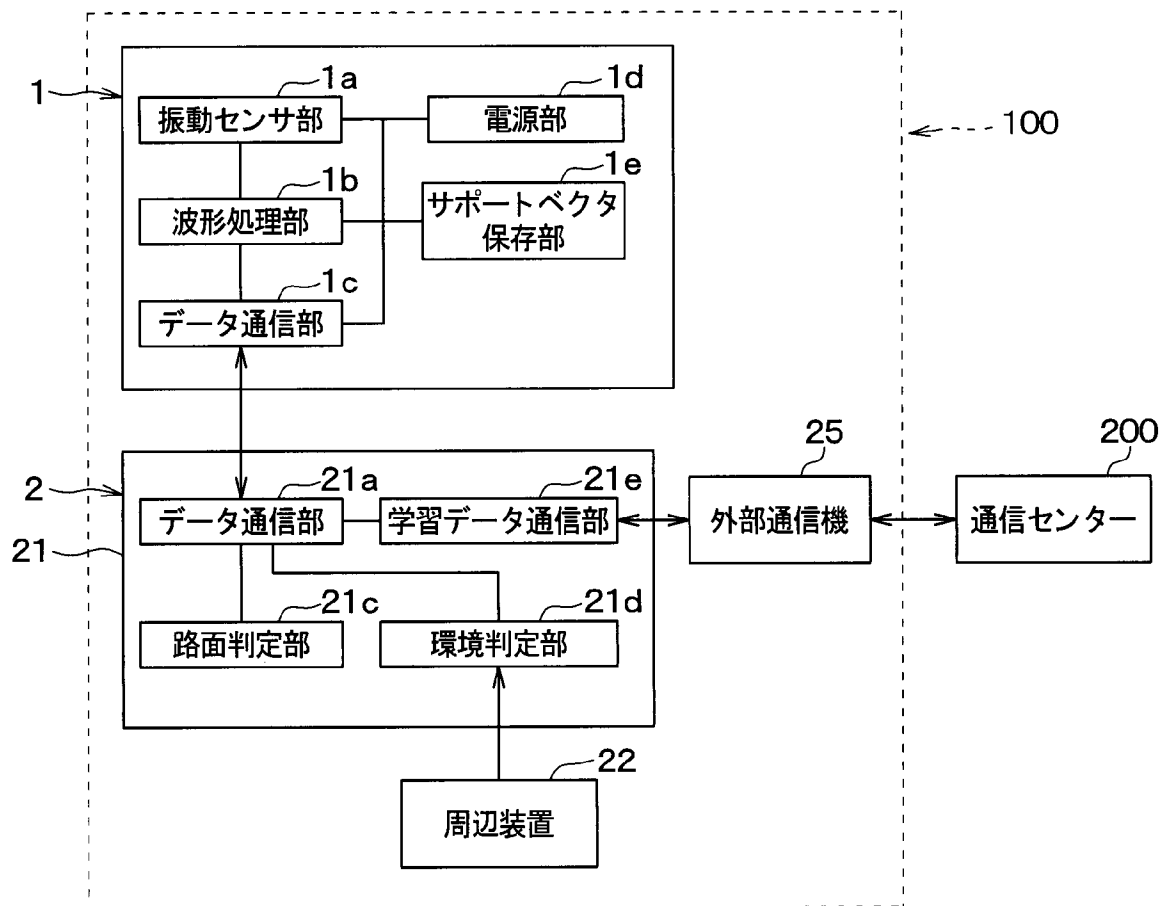
[図11]



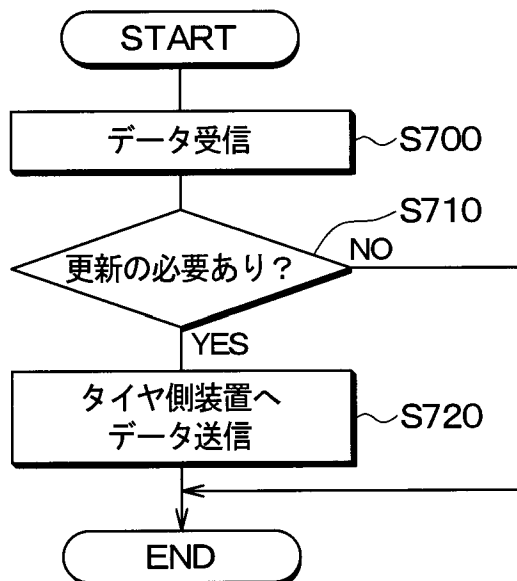
[図12]



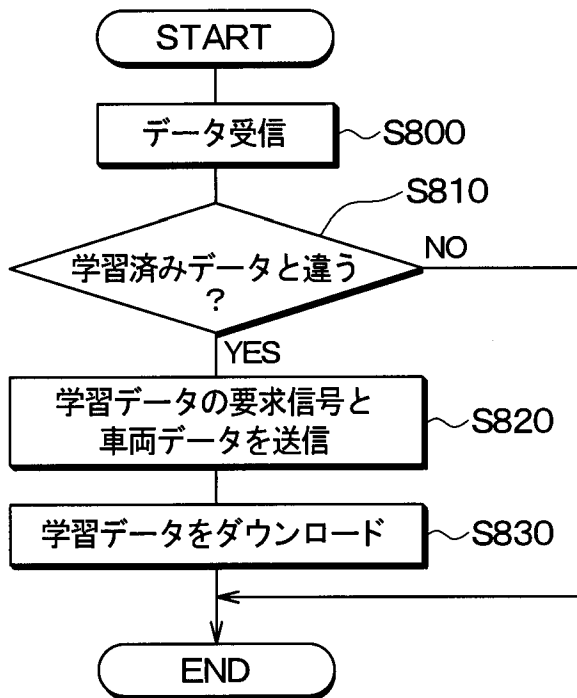
[図13]



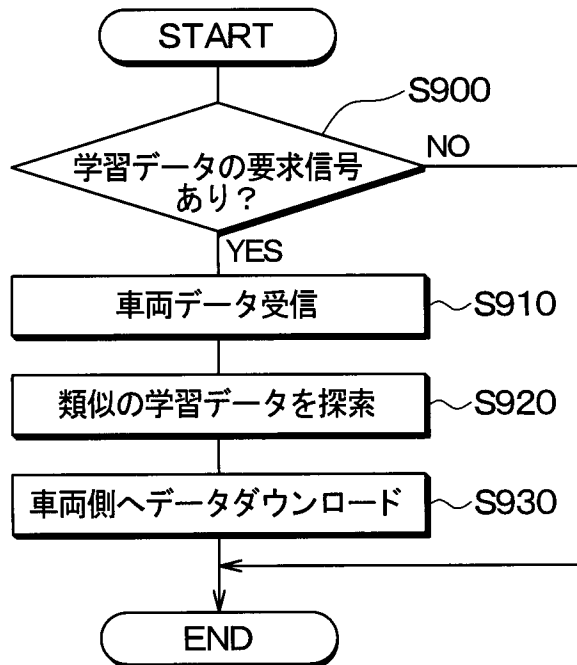
[図14]



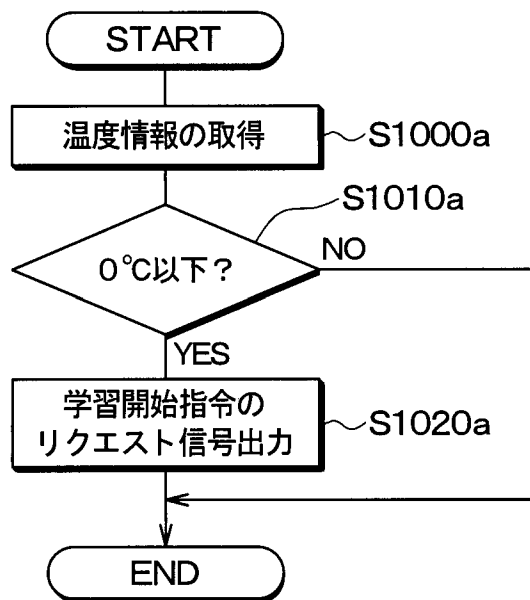
[図15]



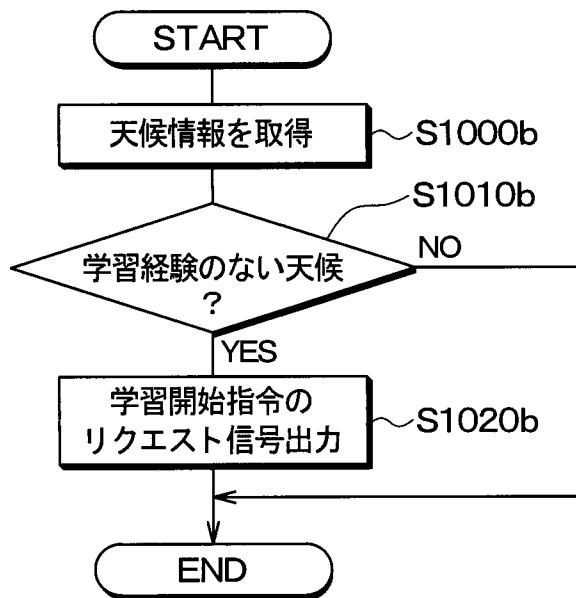
[図16]



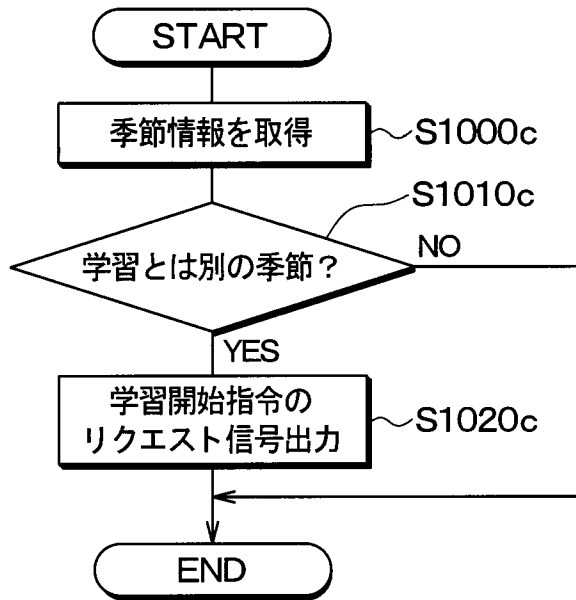
[図17]



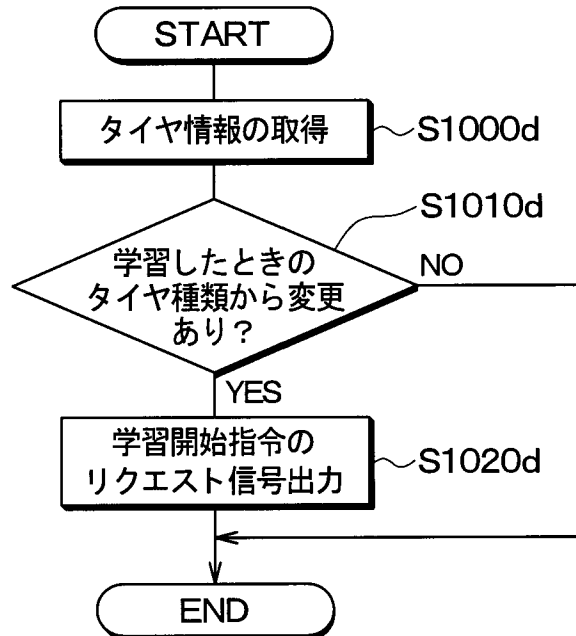
[図18]



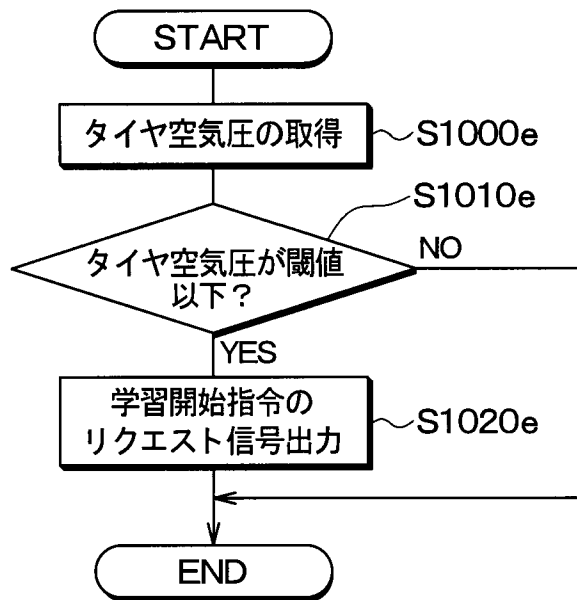
[図19]



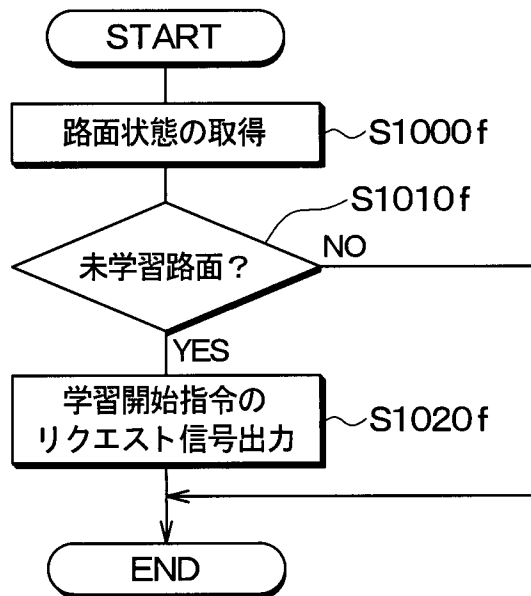
[図20]



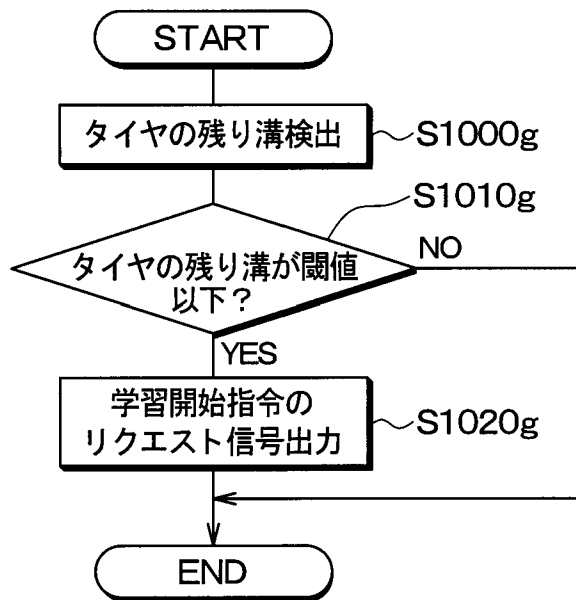
[図21]



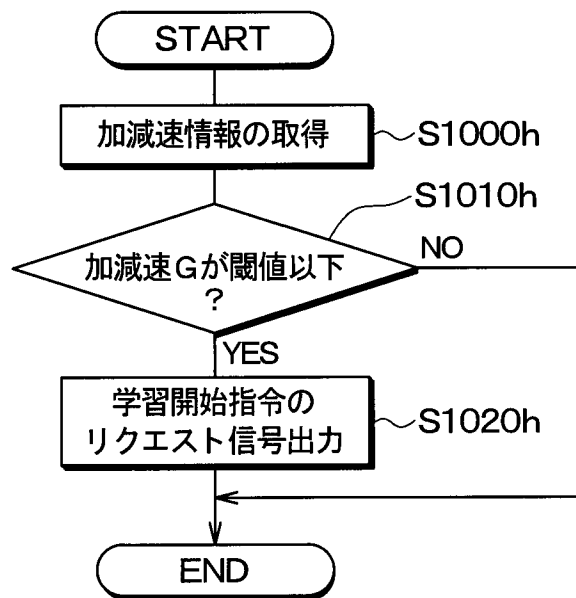
[図22]



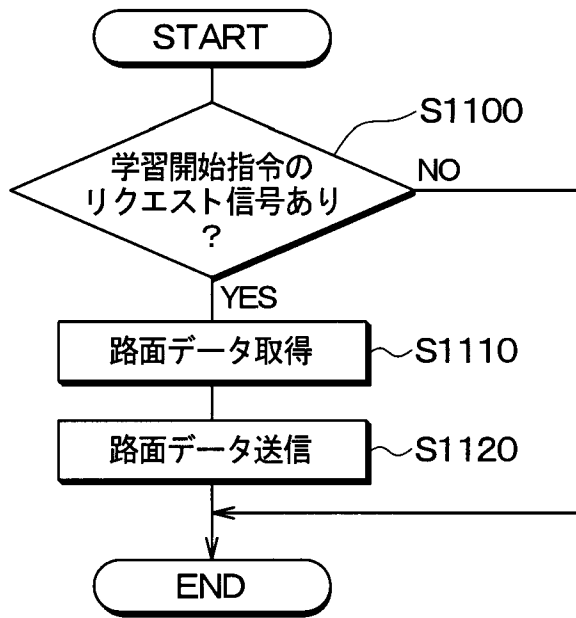
[図23]



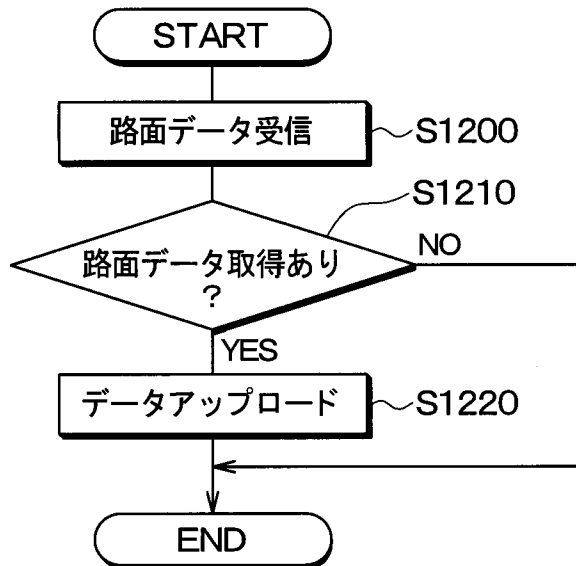
[図24]



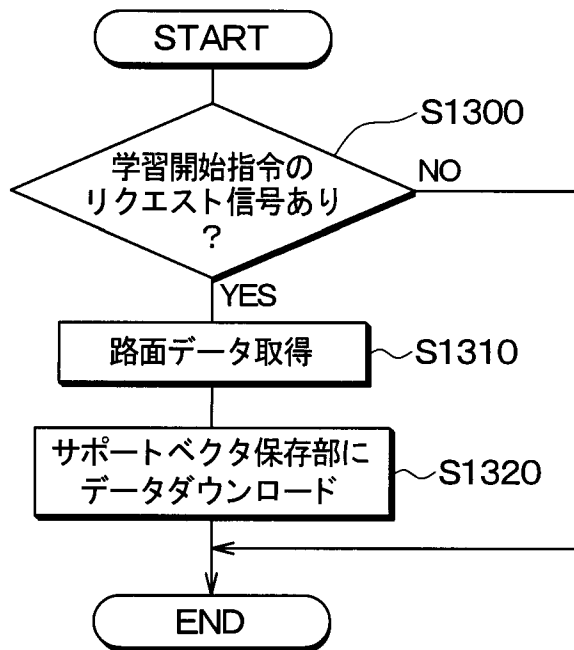
[図25]



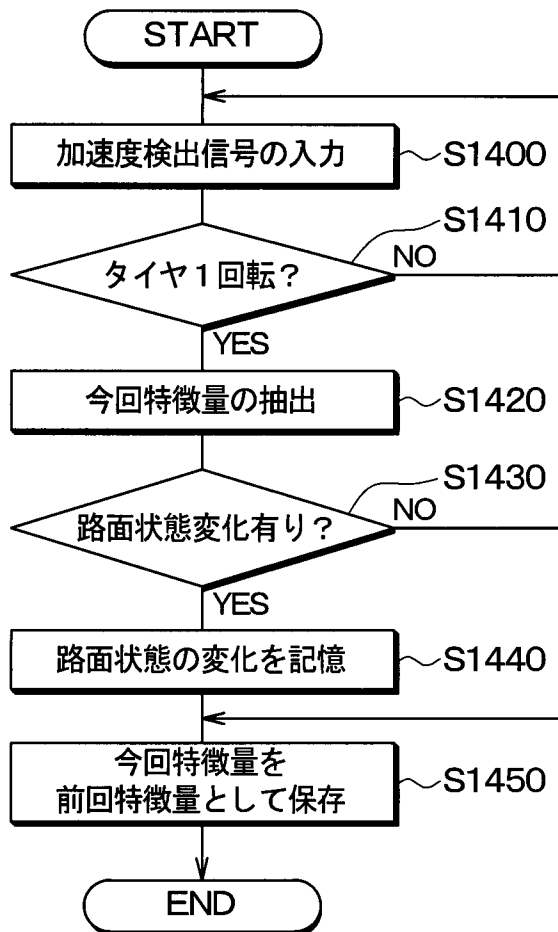
[図26]



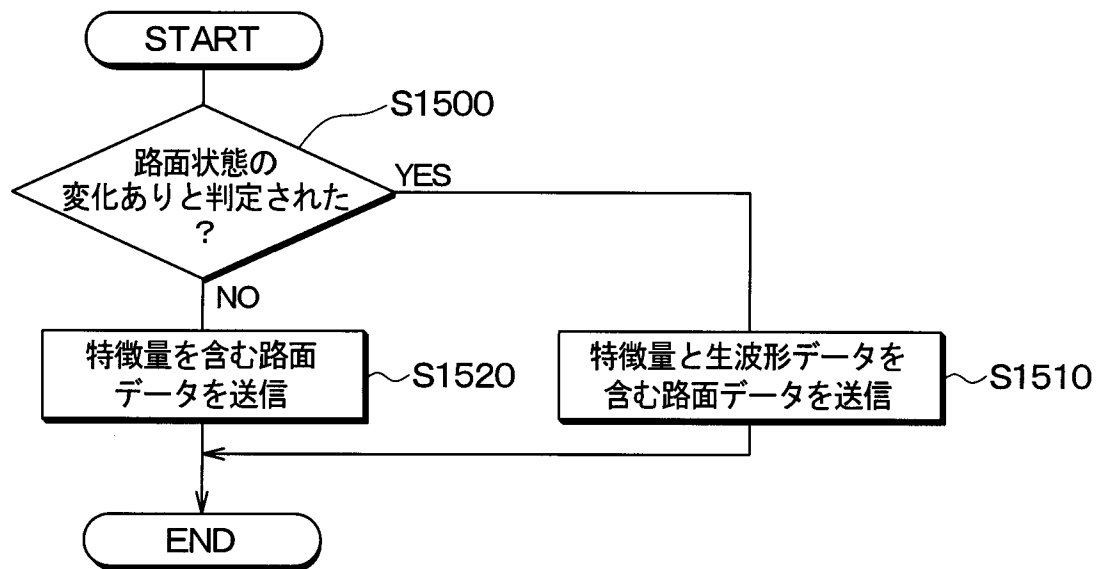
[図27]



[図28]



[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/040125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B60W40/068 (2012.01) i, B60C19/00 (2006.01) 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)

Int. Cl. B60W40/068, B60C19/00, G01W1/00

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
A	JP 2007-55284 A (BRIDGESTONE CORP.) 08 March 2007, paragraph [0017], fig. 1 (Family: none)	1-11
A	JP 2010-95135 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 30 April 2010, paragraphs [0034], [0038], [0039], [0052], [0053], [0056], [0057], [0066]-[0070], [0074], [0078], [0079], [0082], fig. 6, 9-12 (Family: none)	1-11
A	JP 2002-340863 A (TOYOTA CENTRAL RESEARCH AND DEVELOPMENT LABORATORIES, INC.) 27 November 2002, paragraphs [0022], [0026], [0072], [0074]-[0095], fig. 1, 16 (Family: none)	1-11

☐ 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
06.12.2018

Date of mailing of the international search report
18.12.2018

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. B60W40/068(2012.01)i, B60C19/00(2006.01)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. B60W40/068, B60C19/00, G01W1/00

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
A	JP 2007-55284 A（株式会社ブリヂストン）2007.03.08, 段落 [0017], 第1図（ファミリーなし）	1-11
A	JP 2010-95135 A（トヨタ自動車株式会社）2010.04.30, 段落 [0034], [0038] - [0039], [0052] - [0053], [0056] - [0057], [0066] - [0070], [0074], [0078] - [0079], [0082], 第6図, 第9-12図（ファミリーなし）	1-11
A	JP 2002-340863 A（株式会社豊田中央研究所）2002.11.27, 段落	1-11

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

06.12.2018

国際調査報告の発送日

18.12.2018

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）

田中 将一

3Z

5069

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
	[0022], [0026], [0072], [0074] - [0095], 第 1 図, 第 16 図 (ファミリーなし)	