

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6791114号
(P6791114)

(45) 発行日 令和2年11月25日 (2020. 11. 25)

(24) 登録日 令和2年11月9日 (2020. 11. 9)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 W 1/00 (2006. 01)	GO 1 W 1/00 J
B 6 O C 19/00 (2006. 01)	B 6 O C 19/00 B
B 6 O C 23/00 (2006. 01)	B 6 O C 23/00 Z
	B 6 O C 19/00 H

請求項の数 9 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2017-254282 (P2017-254282)	(73) 特許権者	000004695
(22) 出願日	平成29年12月28日 (2017. 12. 28)		株式会社 S O K E N
(65) 公開番号	特開2019-120550 (P2019-120550A)		愛知県日進市米野木町南山 5 〇 〇 番地 2 〇
(43) 公開日	令和1年7月22日 (2019. 7. 22)	(73) 特許権者	000004260
審査請求日	令和2年1月28日 (2020. 1. 28)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
		(74) 代理人	110001128
			特許業務法人ゆうあい特許事務所
		(72) 発明者	三治 健一郎
			愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式
			会社 S O K E N 内
		(72) 発明者	鈴木 洋一朗
			愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式
			会社 S O K E N 内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 路面状態判別装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両に備えられる複数のタイヤ（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（10）と、
前記検出信号から前記タイヤの1回転中におけるタイヤ振動が示す路面状態を表すデータを抽出する波形処理部（11a）と、前記波形処理部が抽出したデータの中から路面状態を表す特徴度の高いデータを選定し、選定した前記タイヤの1回転中における一部のデータを含む路面データを生成するデータ選定部（11b）と、を有する制御部（11）と

10

、
前記路面データを送信する第1データ通信部（12）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（24）と、

前記路面データに含まれる前記一部のデータに基づいて、前記路面状態の判別を行う路面判別部（26）と、を備え、

前記第1データ通信部と前記第2データ通信部とは双方向通信を行い、

前記車体側システムは、前記路面判別部において、前記一部のデータを含む前記路面データに基づいて前記路面状態の判別が行えなかったときには、前記タイヤ側装置に対して

20

、前記路面データとして、前記波形処理部が抽出した前記タイヤの 1 回転中における前記データの中から前記一部のデータとは異なるデータの送信を指示する指示データを送信する路面状態判別装置。

【請求項 2】

前記車体側システムは、前記指示データにより、前記路面データとして、前記波形処理部が抽出した前記タイヤの 1 回転中における前記データのうち前記一部のデータとは異なるデータのすべての送信を指示する請求項 1 に記載の路面状態判別装置。

【請求項 3】

前記波形処理部は、前記検出信号から前記タイヤの 1 回転中におけるタイヤ振動のデータとして、前記タイヤ振動の特徴量を抽出し、

前記データ選定部は、前記波形処理部が抽出した前記特徴量の中から路面状態を表す特徴度の高いものを選定して、選定した前記タイヤの 1 回転中における一部の特徴量を含むデータを路面データとして生成し、

前記路面判別部は、前記路面データに含まれる前記一部の特徴量に基づいて、前記路面状態の判別を行う請求項 1 または 2 に記載の路面状態判別装置。

【請求項 4】

前記波形処理部は、前記検出信号の時間軸波形を所定の時間幅（T）で分割し、分割した前記時間幅毎に前記特徴量を抽出しており、

前記データ選定部は、前記時間幅毎に抽出された前記特徴量の中から特徴度の高いものを選定し、前記一部の特徴量を含むデータで構成される前記路面データを生成して、前記第 1 データ通信部を通じて前記車体側システムに伝える請求項 3 に記載の路面状態判別装置。

【請求項 5】

前記データ選定部は、前記特徴度の高い特徴量として、前記タイヤの 1 回転中における前記検出信号のうち特定の領域の部分の特徴量を選定する請求項 3 または 4 に記載の路面状態判別装置。

【請求項 6】

前記データ選定部は、前記特徴度の高い特徴量として、前記タイヤの 1 回転中における前記検出信号のうち特定の周波数帯の特徴量を選定する請求項 3 または 4 に記載の路面状態判別装置。

【請求項 7】

前記データ選定部は、前記特徴度の高い特徴量として、前記タイヤの 1 回転中における前記検出信号のうち特定の領域であり、かつ、特定の周波数帯である特徴量を選定する請求項 3 または 4 に記載の路面状態判別装置。

【請求項 8】

前記車体側システムは、

前記路面状態の種類ごとに前記特徴量のサポートベクタを保存したサポートベクタ保存部（25）を備え、

前記路面判別部にて、前記路面データに含まれる前記一部の特徴量と、前記サポートベクタ保存部に保存された前記サポートベクタのうち前記一部の特徴量と対応するものと、に基づいて、前記路面状態の判別を行う請求項 3 ないし 7 のいずれか 1 つに記載の路面状態判別装置。

【請求項 9】

車両に備えられる複数のタイヤ（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（10）と、

前記検出信号から前記タイヤの 1 回転中におけるタイヤ振動が示す路面状態を表すデータを抽出する波形処理部（11a）と、前記波形処理部が抽出したデータの中から路面状態を表す特徴度の高いデータを選定し、選定した前記タイヤの 1 回転中における一部のデ

10

20

30

40

50

ータを含む路面データを生成するデータ選定部（１１ｂ）と、を有する制御部（１１）と、

前記路面データを送信する第１データ通信部（１２）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（２４）と、

前記路面データに含まれる前記一部のデータに基づいて、前記路面状態の判別を行う路面判別部（２６）と、を備え、

前記波形処理部は、前記検出信号から前記タイヤの１回転中におけるタイヤ振動のデータとして、前記タイヤ振動の特徴量を抽出し、

前記データ選定部は、前記波形処理部が抽出した前記特徴量の中から路面状態を表す特徴度の高いものを選定して、選定した前記タイヤの１回転中における一部の特徴量を含むデータを路面データとして生成し、

前記路面判別部は、前記路面データに含まれる前記一部の特徴量に基づいて、前記路面状態の判別を行い、

さらに、前記車体側システムは、

前記路面状態の種類ごとに前記特徴量のサポートベクタを保存したサポートベクタ保存部（２５）を備え、

前記路面判別部にて、前記路面データに含まれる前記一部の特徴量と、前記サポートベクタ保存部に保存された前記サポートベクタのうち前記一部の特徴量と対応するものと、に基づいて、前記路面状態の判別を行う路面状態判別装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、タイヤ側装置にてタイヤが受ける振動を検出すると共に、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して車体側システムに伝え、その路面データに基づいて路面状態を判別する路面状態判別装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

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装置が提案されている。この路面状態判別装置では、加速度センサが検出したタイヤの振動波形に基づいて路面状態に関するデータを作成し、各車輪それぞれのデータを車体側の受信機などに伝えることで、路面状態の推定を行っている。

【０００３】

具体的には、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、これを路面状態に関するデータとしている。特徴ベクトルについては、加速度センサの検出信号を所定の時間幅の時間窓毎に区画し、区画した時間窓毎に検出信号の周波数成分を抽出することによって得ている。そして、抽出した特徴ベクトルのすべてを車体側の受信機に伝え、その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計算を行うことで、路面状態を判別する。例えば、カーネル関数を用いて、抽出した特徴ベクトルと全サポートベクタとの類似度が計算され、最も類似度が高い路面の種類、例えばドライ路面、ウェット路面などが現在走行中の路面状態であると判別されるようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２０１４－３５２７９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、タイヤに取り付けられた加速度センサなどのタイヤ側装置から車体側の受信機に、すべての特徴ベクトルを含めた路面状態に関するデータを送信しているため、送信時間が長くなり、応答性が悪化する。その結果、応答性良く路面状態判別を行うことができず、ドライバへの路面状態の早急な報知が行えないという課題や、路面状態に応じた応答性良い車両制御が行えないという課題を発生させる。

【0006】

また、タイヤ側装置は車体から物理的に離れた位置に備えられるものであることから電源部での消費電力の低減が求められるが、送信時間が長くなると消費電力が多くなる。特に、電源部として電池が用いられる場合には、電池交換が容易ではなく、より消費電力の低減が求められるため、消費電力が多くなるのは好ましくない。

10

【0007】

本発明は上記点に鑑みて、タイヤ側装置からデータ送信を行うときの送信時間を短くできる路面状態判別装置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】

【0008】

上記目的を達成するため、請求項1に記載の路面状態判別装置は、車両に備えられる複数のタイヤ(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(10)と、検出信号からタイヤの1回転中におけるタイヤ振動が示す路面状態を表すデータを抽出する波形処理部(11a)と、波形処理部が抽出したデータの中から路面状態を表す特徴度の高いデータを選定し、選定したタイヤの1回転中における一部のデータを含む路面データを生成するデータ選定部(11b)と、を有する制御部(11)と、路面データを送信する第1データ通信部(12)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(24)と、路面データに含まれる一部のデータに基づいて、路面状態の判別を行う路面判別部(26)と、を備えている。そして、第1データ通信部と第2データ通信部とは双方向通信を行い、車体側システムは、路面判別部において、一部のデータを含む路面データに基づいて路面状態の判別が行えなかったときには、タイヤ側装置に対して、路面データとして、波形処理部が抽出したタイヤの1回転中におけるデータの中から一部のデータとは異なるデータの送信を指示する指示データを送信する。

20

30

【0009】

このように、タイヤ側装置からタイヤ1回転中の一部のデータを含む路面データを送信させ、その路面データに基づいて車体側システムで路面状態を判別している。このため、タイヤ側装置からデータ送信を行うときの送信時間を短くすることが可能となる。

【0010】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段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】

【0011】

40

【図1】第1実施形態にかかるタイヤ側装置が適用されたタイヤシステム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 K_{yz} との関係を示した図である。

50

【図7】領域R2の特徴量を選定した場合の類似度の算出方法を説明した行列式 $X_i(r)$ 、 $X_i(s)$ と距離 K_{yz} との関係を示した図である。

【図8】タイヤ側装置の制御部が実行するデータ送信処理のフローチャートである。

【図9】車体側システムの路面判別部が実行する路面状態は別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】

【0012】

以下、本発明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。

【0013】

10

(第1実施形態)

図1～図9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システム100について説明する。本実施形態にかかるタイヤシステム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。

【0014】

図1および図2に示すようにタイヤシステム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、ブレーキ制御用の電子制御装置（以下、ブレーキECUという）22、報知装置23などが備えられている。なお、このタイヤシステム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が路面状態判別装置を構成している。

20

【0015】

本実施形態のタイヤシステム100は、タイヤ側装置1よりタイヤ3が走行中の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、タイヤシステム100は、受信機21での路面状態の判別結果を報知装置23に伝え、報知装置23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、ウェット路、積雪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、タイヤシステム100は、車両運動制御を行うブレーキECU22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および車体側システム2は、以下のように構成されている。

30

【0016】

タイヤ側装置1は、図2に示すように、振動センサ部10、制御部11、データ通信部12および電源部13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。

40

【0017】

振動センサ部10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10は、加速度センサによって構成される。振動センサ部10は加速度センサとされる場合、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、振動センサ部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などを検出信号として発生させる。例えば、振動センサ部10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。なお、振動センサ部10の検出信号は、出力電圧もしくは出力電流として表

50

されるが、ここでは出力電圧として表される場合を例に挙げる。

【0018】

制御部11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。そして、制御部11は、それらの処理を行う機能部として波形処理部11aおよびデータ選定部11bを備えた構成とされている。

【0019】

波形処理部11a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。

10

【0020】

具体的には、波形処理部11aは、振動センサ部10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。なお、ここでいう特徴量の詳細については後で説明する。

【0021】

データ選定部11bは、波形処理部11aが抽出した特徴量のデータの中から車体側システム2に送信する一部のデータを選定したのち、その一部の特徴量を含むデータを路面データとして生成し、データ通信部12に伝える。また、データ選定部11bは、車体側システム2からの指示データを受け取り、この指示データに基づいて、データ選定の手法を切り替える。本実施形態の場合、データ選定部11bは、通常時には波形処理部11aが抽出した特徴量のデータの中から最も特徴度の高いものを選定し、指示データを受け取ったときには全特徴量を選定する。なお、データ選定部11bによるデータ選定の手法の詳細については後述する。

20

【0022】

また、波形処理部11aおよびデータ選定部11bは、データ通信部12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12に対して路面データを伝えることで、データ通信部12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11aおよびデータ選定部11bでは、タイヤ3が1回転もしくは複数回転するごとにタイヤGの特徴量の抽出およびデータの選定が行われる。そして、データ選定部11bは、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、選定した特徴量のデータを含む路面データをデータ通信部12に対して伝えている。

30

【0023】

データ通信部12は、第1データ通信部を構成する部分であり、例えば、データ選定部11b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12からのデータ送金のタイミングについては、波形処理部11aおよびデータ選定部11bによって制御されている。そして、データ選定部11bからタイヤ3が複数回転するごとに路面データが送られてくるたびに、データ通信部12からのデータ送信が行われるようになっている。

40

【0024】

また、データ通信部12は、双方向通信可能とされており、車体側システム2から送られてくるデータを受信する役割も果たす。例えば、データ通信部12は、車体側システム2からの指示データを受信し、それをデータ選定部11bに伝える。

【0025】

なお、データ通信部12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。また、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 Low Energyの略) 通信を含むブルートゥース通信、wifiなどの無線LAN (Local Area Networkの略)、Sub-GHz通信、ウル

50

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。

【0026】

電源部13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13は、例えばボタン電池等の電池で構成される。タイヤ側装置1がタイヤ3内に備えられることから、容易に電池交換を行うことができないため、消費電力の軽減を図ることが必要となっている。また、電池の他にも、発電装置および蓄電池等によって電源部13を構成することもできる。電源部13が発電装置を有した構成とされる場合、電池とされる場合と比較すると電池寿命の問題は少なくなるが、大きな電力の発電は難しいため、消費電力の低減を図るという課題は電池とされる場合と同様である。

10

【0027】

一方、車体側システム2を構成する受信機21やブレーキECU22および報知装置23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。

【0028】

受信機21は、図2に示すように、データ通信部24、サポートベクタ保存部25および路面判別部26を有した構成とされている。

【0029】

データ通信部24は、第2データ通信部を構成するものであり、タイヤ側装置1のデータ通信部12との間において双方向通信を行う。具体的には、データ通信部24は、データ通信部12より送信された特徴量を含む路面データを受信し、路面判別部26に伝える役割を果たす。また、データ通信部24は、路面判別部26から指示データが送られてくると、それを各タイヤ側装置1に送信する役割も果たす。なお、データ通信部24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。

20

【0030】

サポートベクタ保存部25は、路面の種類ごとにサポートベクタを記憶して保存している。サポートベクタは、教師データ、つまり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、そのときに波形処理部11a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、100万回転分の特徴量を学習し、その中から100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。

30

【0031】

路面判別部26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、路面状態を判定する。具体的には、路面判別部26は、サポートベクタ保存部25に保存されたサポートベクタに基づき、タイヤ側装置1から伝えられる路面データと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。つまり、路面判別部26は、路面データに含まれる特徴量と、路面の種類別のサポートベクタとを比較することで、路面状態を判別する。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。なお、この路面状態の判別の方法については後述する。

40

【0032】

また、路面判別部26は、路面状態を判別すると、判別した路面状態を報知装置23に伝え、必要に応じて報知装置23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23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積雪路もしくは凍結路等のように運転をより

50

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 2 1 からブレーキ ECU 2 2 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。

【0033】

ブレーキ ECU 2 2 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り、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自動的にブレーキ液圧を発生させ、ホイールシリンダを加圧して制動力を発生させる。また、ブレーキ ECU 2 2 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 2 2 により、受信機 2 1 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 2 2 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。

10

【0034】

報知装置 2 3 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 2 3 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 2 1 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。

20

【0035】

なお、報知装置 2 3 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 2 3 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 2 3 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 2 3 を構成しても良い。

【0036】

このようにして、本実施形態にかかるタイヤシステム 1 0 0 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 Area Networkの略) 通信などによる車内LAN (Local Area Network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。

30

【0037】

次に、上記した制御部 1 1 で抽出する特徴量の詳細について説明する。

【0038】

ここでいう特徴量とは、振動センサ部 1 0 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。

【0039】

タイヤ回転時における振動センサ部 1 0 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 3 1 のうち振動センサ部 1 0 の配置箇所と対応する部分 (以下、装置搭載位置という) が接地し始めた接地開始時に、振動センサ部 1 0 の出力電圧が極大値をとる。以下、この振動センサ部 1 0 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 の回転に伴って装置搭載位置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 1 0 の出力電圧が極小値をとる。以下、この振動センサ部 1 0 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。

40

【0040】

振動センサ部 1 0 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 の回転に伴って装置搭載位置が接地する際、振動センサ部 1 0 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

50

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10の出力電圧が第1ピーク値をとる。また、タイヤ3の回転に伴って装置搭載位置が接地面から離れる際には、振動センサ部10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の形状が元に戻るときの衝撃を受けることで、振動センサ部10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10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。

【0041】

ここで、装置搭載位置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、つまり装置搭載位置が接地中の領域を「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、装置搭載位置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R1～R5として示してある。

【0042】

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10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10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やす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R4や蹴り出し後領域R5において、1kHz～4kHz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10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定することが可能になる。

【0043】

このため、波形処理部11a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10の検出信号を、図5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。

【0044】

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。例えば、時間幅Tについては一定時間、例えば3msecとしたり、車速に応じて変化させることができる。また、各時間幅Tについては、ここでは連続する隣り合う時間幅T同士が重ならないように設定される場合について説明するが、一部重なるような設定とされても良い。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。

【0045】

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0～1kHz、1～2kHz、2～3kHz、3～4kHz、4～5kHz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。

【0046】

10

20

30

40

【数 1】

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

【0 0 4 7】

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。

【0 0 4 8】

【数 2】

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

【0 0 4 9】

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。制御部 11 では、この行列式 X で表される特徴量を振動センサ部 10 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。

【0 0 5 0】

次に、サポートベクタを用いた路面状態の判別手法について説明する。

【0 0 5 1】

上記したように、路面状態の判別については、タイヤ側装置 1 から送信された路面データに含まれる特徴量と、サポートベクタ保存部 25 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、路面状態を判別する。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することができる。

【0 0 5 2】

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、例えば、次のような手法によって行うことができる。

【0 0 5 3】

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。

【0 0 5 4】

【数 3】

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

10

20

30

40

50

【0055】

【数4】

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

【0056】

10

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、路面判別部26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定する。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。

【0057】

例えば、図6示すように、振動センサ部10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。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。

20

【0058】

30

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 が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。

【0059】

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。

【0060】

40

【数5】

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

【0061】

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

50

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。

【0062】

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} を用いたり、最小二乗法を用いたり、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。

10

【0063】

また、ここでは、特徴量とサポートベクタとの類似度の算出において、タイヤ側装置1からタイヤ1回転分の振動センサ部10の検出信号から得られる特徴量のすべてを用いて行った場合について説明している。しかしながら、本実施形態においては、上記したように、データ選定部11bで路面データに含める特徴量のデータを選定しており、データ選定部11bにてタイヤ1回転分の特徴量のデータのうちの一部しか路面判別部26に伝えられていない場合がある。その場合には、路面データに含められたタイヤ1回転中の一部の特徴量と、サポートベクタのうちそれに対応する部分とを用いて、類似度の算出を行うことになる。以下、データ選定部11bでのデータ選定の手法と、選定された一部の特徴量に基づく類似度の算出方法について説明する。

20

【0064】

まず、データ選定の手法について説明する。データの選定については、タイヤ1回転分の振動センサ部10の検出信号から得られる特徴量の中から特に路面状態を表す特徴度の高いものを選定している。そして、本実施形態の場合、その中でも最も特徴度が高い特徴量を選定している。

【0065】

特徴度は、路面状態の種類に応じて特徴量の差が大きくなる割合を示している。特徴度が高いほど、路面状態の種類に応じた特徴量の差が大きく現れるため、特徴度が高い特徴量を用いて路面状態を判別することで、少ないデータ量であっても路面状態の判別が可能となる。

30

【0066】

例えば、タイヤ1回転中における特定の領域において、特徴度が高くなる。上記したように、振動センサ部10のタイヤ1回転分の検出信号の出力電圧波形は図4のようになる。そして、例えばウェット路では、領域R2において、ドライ路や凍結路等の他の種類の路面に対する特徴量の差が大きく現れる。これは、ウェット路では、装置搭載位置が路面に接地しようとする直前に生じるスリップ量が他の路面よりも大きくなるためである。また、凍結路では、領域R3において、ドライ路や凍結路等の他の種類の路面に対する特徴量の差が大きく現れる。これは、凍結路では、装置搭載位置が接地中に最も路面のスリップに起因する振動の影響を受けるためである。このように、路面の種類に応じて、タイヤ1回転中における特定の領域において特徴度が高くなる。

40

【0067】

なお、ここでいう特定の領域とは、典型的には領域R1～R5と対応するが、領域R1のうちの領域R2寄りの部分などのように、領域R1～R5の一部とであったり、領域R2および領域R3のように複数の領域に跨がったりしても良い。また、特定の領域は、検出信号を時間幅Tで分割した各区画の1つもしくは複数として把握できることから、タイヤ1回転中の検出信号のうちの所定タイミングもしくは所定期間中の検出信号と同意である。

【0068】

また、特定の周波数帯において、特徴度が高くなる。例えば、路面上に砂や小石などがある場合、その凹凸に起因する振動が振動センサ部10の検出信号に現れることになるが

50

、この振動成分は路面状態を直接表すものではない可能性がある。この振動成分は、例えば数百Hzの周波数帯に現れることが確認されていことから、この周波数帯とは異なる周波数帯において真に判別したい路面状態に応じた特徴量が得られ、特徴度が高くなる。

【0069】

このように、例えば、振動センサ部10におけるタイヤ1回転分の検出信号から得られた特徴量の中から特定の領域の特徴量を選定したり、特定の周波数帯の特徴量を選定したりすることができる。また、振動センサ部10におけるタイヤ1回転分の検出信号から得られた特徴量の中から特定の領域であり、かつ、特定の周波数帯である特徴量を選定することもできる。

【0070】

例えば、振動センサ部10におけるタイヤ1回転分の検出信号から得られた特徴量の中から領域R2や領域R3の特徴量を選定する。具体的には、領域R2の特徴量を選定する場合、数式6に示すように、数式中の一点鎖線で囲んだ枠C1内の特徴量を選定する。また、振動センサ部10におけるタイヤ1回転分の検出信号から得られた特徴量の中から数百Hzの周波数帯域を除く1kHz以上の周波数帯域の特徴量を選定する。例えば、1～2kHzの周波数帯域を選定することができ、その場合、数式7に示すように、数式中の一点鎖線で囲んだ枠C2内の特徴量を選定する。さらに、領域R2かつ1～2kHzの周波数帯域の特徴量を選定する場合には、数式8に示すように、数式中の一点鎖線で囲んだ枠C3内の特徴量を選定する。

【0071】

【数6】

$$X(r) = \begin{pmatrix} a(r)_{11} & a(r)_{21} & \cdots & a(r)_{n1} \\ a(r)_{12} & a(r)_{22} & \cdots & a(r)_{n2} \\ a(r)_{13} & a(r)_{23} & \cdots & a(r)_{n3} \\ a(r)_{14} & a(r)_{24} & \cdots & a(r)_{n4} \\ a(r)_{15} & a(r)_{25} & \cdots & a(r)_{n5} \end{pmatrix} \quad \text{---C1}$$

【0072】

【数7】

$$X(r) = \begin{pmatrix} a(r)_{11} & a(r)_{21} & \cdots & a(r)_{n1} \\ a(r)_{12} & a(r)_{22} & \cdots & a(r)_{n2} \\ a(r)_{13} & a(r)_{23} & \cdots & a(r)_{n3} \\ a(r)_{14} & a(r)_{24} & \cdots & a(r)_{n4} \\ a(r)_{15} & a(r)_{25} & \cdots & a(r)_{n5} \end{pmatrix} \quad \text{---C2}$$

【0073】

【数8】

$$X(r) = \begin{pmatrix} a(r)_{11} & a(r)_{21} & \cdots & a(r)_{n1} \\ a(r)_{12} & a(r)_{22} & \cdots & a(r)_{n2} \\ a(r)_{13} & a(r)_{23} & \cdots & a(r)_{n3} \\ a(r)_{14} & a(r)_{24} & \cdots & a(r)_{n4} \\ a(r)_{15} & a(r)_{25} & \cdots & a(r)_{n5} \end{pmatrix} \quad \text{---C3}$$

【0074】

このようにして、データ選定が行われている。なお、データ選定によって選定する領域や特徴量の周波数帯域については、車両諸元などによって異なったり、タイヤ3の種類などによって異なったりし得る。このため、実験などに基づいて、特徴度を求め、特に特徴度が高くなる領域や周波数帯域を用いてデータ選定を行うようにすれば良い。

【0075】

続いて、選定された一部の特徴量に基づく類似度の算出方法について説明する。タイヤ側装置1において、タイヤ1回転中の一部の特徴量が選定されると、その一部の特徴量が含まれる路面データが路面判別部26に伝えられる。これに基づき、路面判別部26は、路面データに含められたタイヤ1回転中の一部の特徴量と、サポートベクタのうちのそれに対応する部分とを用いて、類似度の算出を行う。

10

【0076】

例えば、数式7に示したように、領域R2の特徴量を選定した場合、各路面の種類別の全サポートベクタの中から領域R2と対応する部分を抽出する。そして、領域R2の特徴量と、各路面の種類別の全サポートベクタの中から抽出した領域R2と対応する部分との類似度を算出する。図5に示した例で言えば、領域R2と対応するのが区画2となることから、図7のように、時分割による区画2の特徴ベクトル $X_2(r)$ と、サポートベクタの内から抽出した区画2と対応する特徴ベクトル $X_2(s)$ との類似度を算出する。この場合、区画2同士の特徴ベクトルが示す座標間の距離 K_{22} が類似度に対応する値となる。このようにして、選定された一部の特徴量に基づく類似度の算出が行われる。

【0077】

20

なお、ここではデータ選定によって特定の領域の特徴量を選定した場合の類似度の算出方法について説明した。これに対して、特定の周波数帯の特徴量を選定する場合や、特定の領域であり、かつ、特定の周波数帯である特徴量を選定する場合でも、類似度の算出方法は同様である。例えば、数式7中の枠C2の特徴量と、各路面の種類別の全サポートベクタの中から枠C2と対応する部分を抽出し、これらの距離を求めることで類似度に対応する値とすることができる。

【0078】

続いて、本実施形態にかかるタイヤシステム100の作動について、図8および図9を参照して説明する。

【0079】

30

タイヤ側装置1では、制御部11は、路面データの送信タイミングでは無いときにはスリープ状態となっているが、路面データの送信タイミング毎に自動的にウェイクアップ状態に切り替わり、図8に示すデータ送信処理を実行する。

【0080】

まず、ステップS100では、制御部11は、波形処理部11aにおいて、振動センサ部10におけるタイヤ1回転分の検出信号の時間軸波形を取得する。そして、ステップS110に進み、取得した時間軸波形の検出信号を、所定の時間幅Tの時間窓毎に複数の区画に分割する。その後、ステップS120に進み、ステップS110で分割した各区画で周波数解析を行い、各周波数帯域でのパワースペクトル値を得ることでタイヤ1回転分の特徴量を算出する。

40

【0081】

続いて、ステップS130に進み、データ選定部11bにおいて、ステップS120で算出したタイヤ1回転分の特徴量の中から最も特徴度の高い特徴量を選定する。例えば、上記したように、特定の領域や特定の周波数帯の特徴量を選定したり、特定の領域であり、かつ、特定の周波数である特徴量を選定する。そして、ステップS140に進み、データ選定部11bより、選定した特徴量を含む路面データをデータ通信部12に伝える。これにより、データ通信部12を通じて、選定した特徴量を含む路面データが車体側システム2に向けて送信される。

【0082】

一方、車体側システム2では、路面判別部26は、図示しないイグニッションスイッチ

50

などの起動スイッチがオンされると、所定の制御周期毎に図9に示す路面状態判別処理を実行する。この処理は、各タイヤ側装置1から路面データが送られてくる度に実行される。

【0083】

まず、ステップS200では、路面判別部26は、データ受信処理を行う。この処理は、データ通信部24を通じて、各タイヤ側装置1から送信された路面データを受信することにより行われる。図8のステップS140において、タイヤ側装置1から路面データが送信されている場合、データ通信部24に路面データが受信されることになる。

【0084】

続いて、ステップS210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、上記したように、選定された一部の特微量に基づく類似度の算出方法を用いて行っている。そして、ステップS220に進み、路面状態の判別が可能であったか否かを判定する。すなわち、選定された一部の特微量に基づく類似度の算出方法を用いて路面状態の判別を行う場合、高い割合で路面状態の判別を行うことができるが、必ずしもすべての状況について路面状態の判別を行うことができるわけではない。例えば、車両が走行中の路面における路面状態は、ドライ路からウェット路へ変化したり、ウェット路から凍結路に変化したりするが、路面状態が急峻に変化するのでなく徐々に変化するような場合もある。その変化中においては、路面状態を明確に判別することができないことがある。

【0085】

したがって、路面状態の判別が行えていればステップS230に進み、路面状態の判別結果を報知装置23やブレーキECU22に伝えて処理を終了し、判別が行えていなければステップS240に進む。そして、ステップS240において、データ通信部24を通じて、路面データを送ってきたタイヤ側装置1に対し、より詳細な路面データの送信を要求する指示データを送信させる。

【0086】

また、各タイヤ側装置1は、タイヤ1回転中の一部の特微量を含む路面データを送信した後はステップS150に進んでデータ待ち受け状態となる。すなわち、上記したように、路面判別部26において路面状態を判別できなかった場合、図9のステップS240において指示データが送られてくることになる。このため、各タイヤ側装置1は、送られてくるかもしれない指示データの待ち受け状態となる。ここで、ステップS170において所定時間経過するまでデータ待ち受け状態が継続され、所定経過中に指示データの受信があった場合には、ステップS180に進む。その後、今度はより詳細な路面データに基づく路面状態判別が行えるように、タイヤ1回転分の特微量すべてを含む路面データを送信する処理を行う。これにより、データ通信部12を通じて、タイヤ1回転分の特微量すべてを含む路面データが送信される。そして、ステップS170で所定時間経過しても指示データが届かなかった場合、もしくは、ステップS180でより詳細な路面データの送信が行われた場合、ステップS190に進み、路面判別部26はスリープ状態になって処理を終了する。

【0087】

なお、ここではタイヤ1回転分の特微量すべてを含む路面データが送信されるようにしているが、すでに特徴度の高い一部の特微量については路面判別部26に伝わっていることから、残りの特微量のみを含めた路面データが送信されるようにしても良い。そのようにすれば、路面データの送信時間を短くすることが可能となる。

【0088】

一方、車体側システム2においては、ステップS240で指示データを送信した後は、タイヤ側装置1からより詳細な路面データが送られてくることから、ステップS250に進んでデータ受信処理を行う。そして、路面判別部26は、より詳細な路面データを受信すると、ステップS260において、より詳細な路面データに基づいて路面状態の判別を行う。すなわち、タイヤ1回転分の特微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する。そし

て、このようにして路面状態が判別されると、ステップS 2 3 0に進んで報知装置 2 3 やブレーキ E C U 2 2 に路面状態の判別結果を伝えて処理を終了する。

【0089】

以上説明したようにして、本実施形態にかかるタイヤシステム 1 0 0 により、車両の走行路面の路面状態を判別することができる。そして、通常は、各タイヤ側装置 1 からタイヤ 1 回転中の一部の特微量を含む路面データを送信させ、その路面データに基づいて車体側システム 2 で路面状態を判別している。このため、タイヤ側装置 1 からデータ送信を行うときの送信時間を短くすることが可能となる。したがって、応答性良く路面状態判別を行うことが可能になって、応答性良い車両運動制御の実行が可能になる。さらに、データ送信にかかる消費電力を低減でき、電池寿命の向上などを図ることも可能となる。

10

【0090】

通常は、路面状態は長時間にわたって一定であり、それと比較すると路面状態が変化する割合は少ない。そして、ドライ路面、セツ路面、積雪路面、凍結路面などそれぞれの路面状態では、明らかにタイヤ G の特徴が異なり、高い割合で、タイヤ 1 回転中の一部の特微量を含む路面データのみに基づいて、路面状態を判別できる。このことから、車両走行中の高い割合で路面データの送信時間を短くできると共に、消費電力を低減できるという効果を得ることができる。

【0091】

また、双方向通信に基づき、タイヤ 1 回転中の一部の特微量を含む路面データのみでは路面状態を判別できなかったときに、車体側システム 2 よりタイヤ側装置 1 に対して指示データが送信されるようにしている。これにより、路面状態が徐々に変化するような場合には、車体側システム 2 よりタイヤ側装置 1 に対して指示データが送信される。したがって、タイヤ側装置 1 から、より詳細な路面データが送信されるようにでき、路面判別部 2 6 において、確実に路面状態を判別することが可能となる。

20

【0092】

(他の実施形態)

本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内において適宜変更が可能である。

【0093】

(1) 例えば、上記実施形態では、図 8 のステップ S 1 8 0 において、タイヤ 1 回転分の特微量をすべて含む路面データを送信させるようにしたが、必ずしも最初からタイヤ 1 回転分の特微量をすべて含む路面データを送信させる必要はない。例えば、通常時に、タイヤ側装置 1 から特徴度の一番高い特微量を含む路面データを送信させ、それでも路面判別部 2 6 で路面状態を判別できなかったときに、特徴度が二番目に高い特微量を含む路面データを送信させるようにする。そして、それでも路面判別部 2 6 で路面状態を判別できなかったときに、タイヤ 1 回転分の特微量をすべて含む路面データを送信させるなどすることができる。つまり、タイヤ側装置 1 は、路面データに含む特微量として既に送信したものと異なる特微量の少なくとも一部を含めた路面データを送信し、それでも路面状態を判別できなければ、さらに異なる特微量の少なくとも一部を含めた路面データを送信する。このように、送信する特微量を段階的に変えるようにして、路面状態の判別が行われるようにしても良い。

30

40

【0094】

(2) また、タイヤ 1 回転分の特微量から選定する特微量の条件を特定してデータ選定を行っている。例えば、特定の領域の特微量を選定したり、特定の周波数帯の特微量を選定するようにしている。この条件を車体側システム 2 からの指示データに基づいて可変させても良い。例えば、車体側システム 2 から、特定の領域の特微量を選定することを指示データで指示したり、特定の周波数の特微量を選定することを指示データで指示するようにしても良い。

【0095】

一例を挙げると、ウェット路が続いているような場合、ウェット路面からの路面状態の

50

変化を明確に把握できるようにするには領域 R 2 の特徴量を含む路面データに基づいて路面状態を判別するのが好ましい。同様に、凍結路が続いているような場合、凍結路からの路面状態の変化を明確に把握できるようにするには特定の周波数帯、例えば 1 ~ 2 k H z の帯域の特徴量を含む路面データに基づいて路面状態を判別するのが好ましい。したがって、車体側システム 2 からタイヤ側装置 1 に対して、特定の路面状態のときに、その路面状態において特徴度が高い特徴量を含む路面データが送信するように指示データにて指示することもできる。

【0096】

(3) 上記実施形態では、振動センサ部 10 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振動センサ部 10 を構成することもできる。

10

【0097】

(4) 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 10 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 R 1 ~ R 5 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

(5) 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 の路面判別部 26 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。

20

【0098】

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 E C U 22 などのような他の E C U 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。また、タイヤ側装置 1 にサポートベクタを記憶しておき、タイヤ側装置 1 で路面状態の判別を行えるようにし、路面状態の判別結果を示すデータを路面データとして、車体側システム 2 に送るようにしても良い。

【符号の説明】

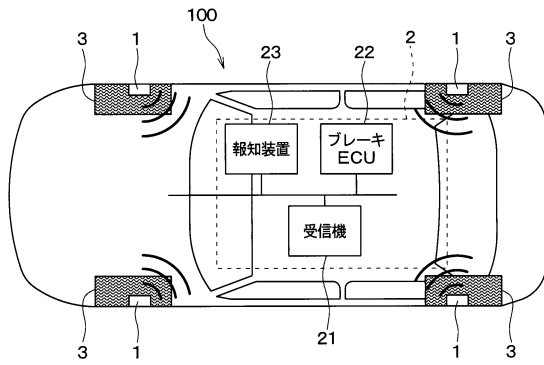
【0099】

30

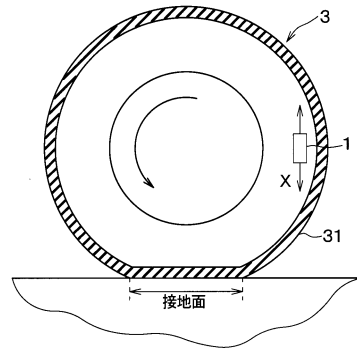
1	タイヤ側装置
2	車体側システム
10	振動センサ部
11	制御部
11a	波形処理部
11b	データ選定部
12、24	データ通信部
21	受信機
25	サポートベクタ保存部
26	路面判別部

40

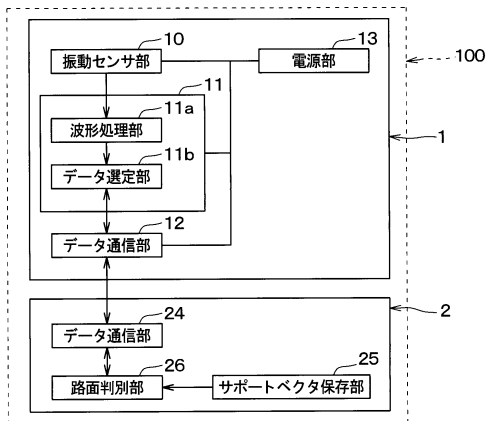
【図 1】



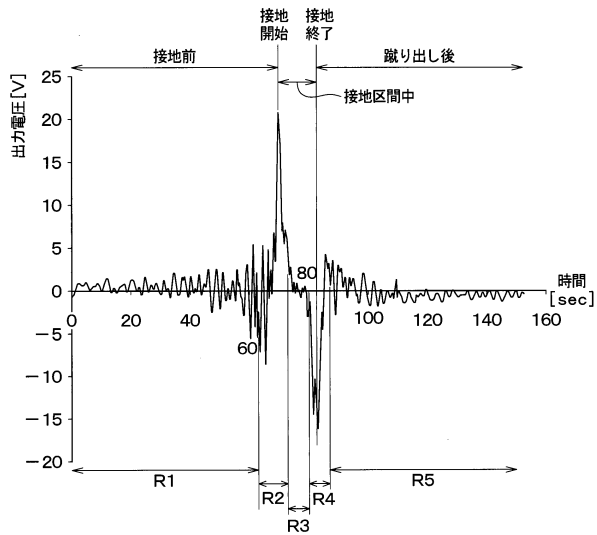
【図 3】



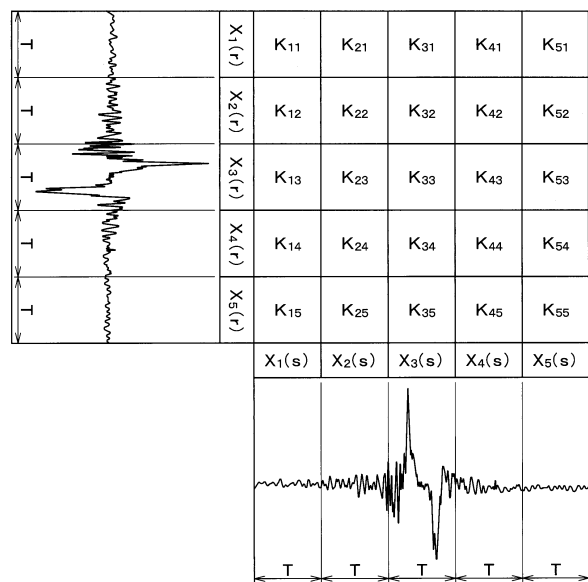
【図 2】



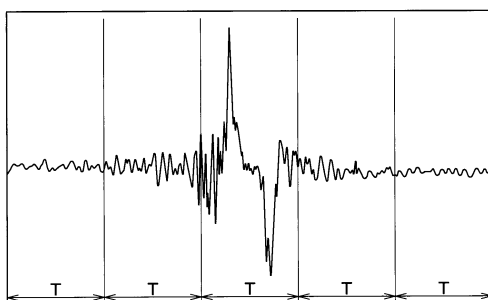
【図 4】



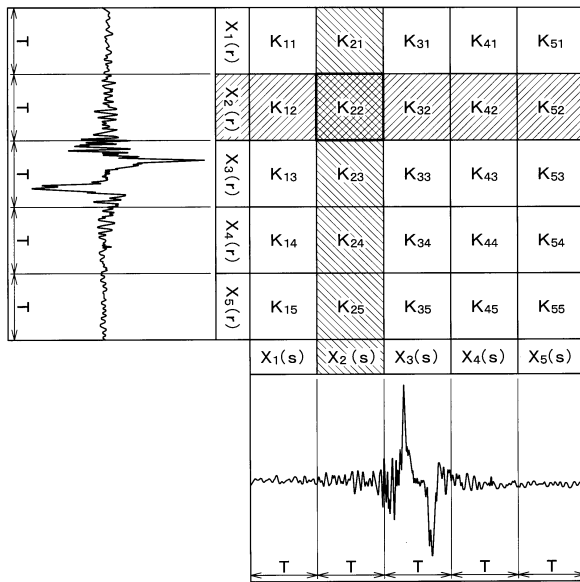
【図 6】



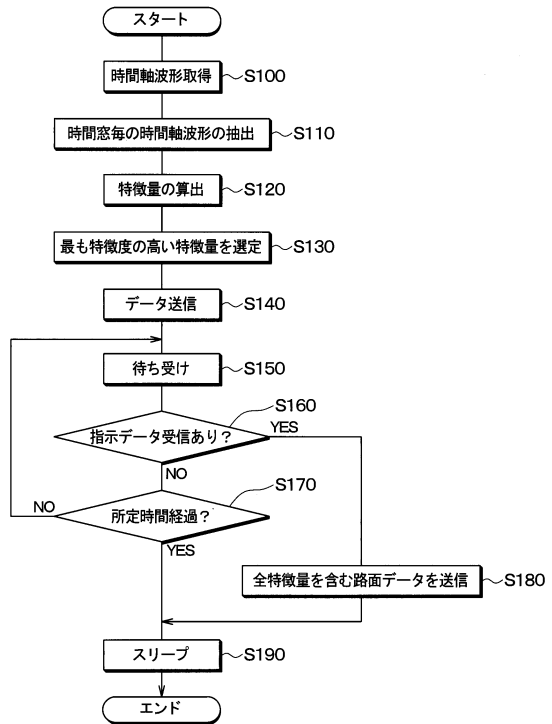
【図 5】



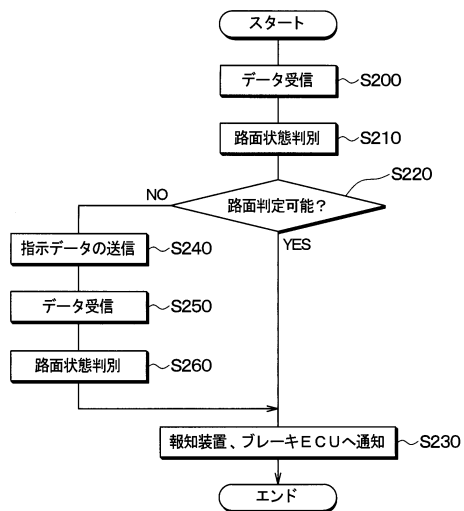
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 大財 秀徳
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会社SOKEN内
- (72)発明者 関澤 高俊
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 萩田 裕介

- (56)参考文献 国際公開第2006/135090 (WO, A1)
特開2017-198507 (JP, A)
特開2014-035279 (JP, A)
特開2015-174638 (JP, A)
米国特許出願公開第2007/0050121 (US, A1)
特開2016-107833 (JP, A)
特開2016-076085 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| G01W | 1/00 |
| B60C | 19/00 |
| B60C | 23/00 |