

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6915507号  
(P6915507)

(45) 発行日 令和3年8月4日 (2021. 8. 4)

(24) 登録日 令和3年7月19日 (2021. 7. 19)

(51) Int. Cl.

F I

B 6 O W 40/06 (2012. 01)

B 6 O C 19/00 (2006. 01)

B 6 O T 8/172 (2006. 01)

B 6 O W 40/06

B 6 O C 19/00 B

B 6 O T 8/172 B

請求項の数 4 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-225269 (P2017-225269)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成29年11月23日 (2017. 11. 23)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2019-93923 (P2019-93923A)		愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
(43) 公開日	令和1年6月20日 (2019. 6. 20)	(73) 特許権者	000004695
審査請求日	令和2年9月25日 (2020. 9. 25)		株式会社 S O K E N
			愛知県日進市米野木町南山 5 〇〇番地 2 〇
		(74) 代理人	110001128
			特許業務法人ゆうあい特許事務所
		(72) 発明者	神林 良佑
			愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
			社デンソー内
		(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）それぞれに取り付けられ、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（10）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（11）と、前記路面データを送信する第1データ通信部（12）と、を有するタイヤ側装置（1）と、

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、前記路面データに基づいて前記車両の走行路面の路面状態を判別する路面判別部（25）と、を有する車体側システム（2）を備え、

前記複数のタイヤそれぞれに取り付けられた複数のタイヤ側装置は、該複数のタイヤ側装置同士の間において前記路面データの受信を行い、かつ、該複数のタイヤ側装置のうちの他のタイヤ側装置よりも前記車体側システムとの間の電波環境が良い少なくとも1つのタイヤ側装置は、通信により受信した前記他のタイヤ側装置の前記路面データを含めた路面データを前記車体側システムに送信し、

前記第1データ通信部と前記第2データ通信部との間は双方向通信が行われ、

前記路面判別部は、前記複数のタイヤ側装置から送信された前記路面データを受信したときの受信強度を測定し、前記他のタイヤ側装置よりも受信強度が高いものを前記少なくとも1つのタイヤ側装置として、該少なくとも1つのタイヤ側装置をセントラル装置に設定すると共に前記他のタイヤ側装置をペリフェラル装置に設定し、前記第2データ通信部より前記複数のタイヤ側装置それぞれが前記セントラル装置であるか前記ペリフェラル装

10

20

置であるかを示すデータを送信する路面状態判別装置。

【請求項 2】

前記セントラル装置は、すべての前記ペリフェラル装置の送信する前記路面データを受信してから、該セントラル装置の自身の前記路面データと共に、該セントラル装置および前記ペリフェラル装置それぞれの固有識別情報と対応付けて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】

車両に備えられる複数のタイヤ ( 3 ) それぞれに取り付けられ、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 ( 1 0 ) 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 1 ) と、前記路面データを送信する第 1 データ通信部 ( 1 2 ) と、を有するタイヤ側装置 ( 1 ) と、

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 4 ) と、前記路面データに基づいて前記車両の走行路面の路面状態を判別する路面判別部 ( 2 5 ) と、を有する車体側システム ( 2 ) を備え、

前記複数のタイヤそれぞれに取り付けられた複数のタイヤ側装置は、それぞれ、該複数のタイヤ側装置同士の間において前記路面データの受信を行い、かつ、通信により受信した他のタイヤ側装置の前記路面データを含めた路面データを前記車体側システムに送信する路面状態判別装置。

【請求項 4】

車両に備えられる複数のタイヤ ( 3 ) それぞれに取り付けられ、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 ( 1 0 ) 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 1 ) と、前記路面データを送信する第 1 データ通信部 ( 1 2 ) と、を有するタイヤ側装置 ( 1 ) と、

前記第 1 データ通信部との間において双方向通信を行い、前記路面データを受信する第 2 データ通信部 ( 2 4 ) と、前記路面データに基づいて前記車両の走行路面の路面状態を判別する路面判別部 ( 2 5 ) と、を有する車体側システム ( 2 ) を備え、

前記複数のタイヤそれぞれに取り付けられた複数のタイヤ側装置は、それぞれ、該複数のタイヤ側装置同士の間において前記路面データの受信を行え、

前記車体側システムは、前記複数のタイヤ側装置から送信された前記路面データのうちの一部を受信していないと、前記複数のタイヤ側装置のうち前記路面データが受信できたものに対してデータ要求を行って前記路面データを受信していない前記タイヤ側装置の該路面データを送信させる路面状態判別装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

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】

【 0 0 0 2 】

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判別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。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、凍結路、積雪路などが現在走行中の路面状態であると判別される。このような路面状態判別方法により、ロバスト性の高い路面判定を行うことが可能となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2016-107833号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、各タイヤに備えられた加速度センサなどのタイヤ側装置から振動の検出結果などのデータを車体側に備えられる車体側システムの受信機に伝える際に、一部のタイヤについてデータが受信機で受信できない可能性がある。例えば、受信機の接地場所が一部のタイヤから離れている場合や、タイヤの回転に伴って加速度センサがNullの位置にある場合など、タイヤ側装置からの電波が受信機で受信されないことがあり得る。

10

【0005】

本発明は上記点に鑑みて、各タイヤに備えられるタイヤ側装置から車体側システムに確実にデータを伝えることが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】

【0006】

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)それぞれに取り付けられ、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(10)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(11)と、路面データを送信する第1データ通信部(12)と、を有するタイヤ側装置(1)と、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、路面データに基づいて車両の走行路面の路面状態を判別する路面判別部(25)と、を備えている。そして、複数のタイヤそれぞれに取り付けられた複数のタイヤ側装置は、該複数のタイヤ側装置同士の間において路面データの受信を行い、かつ、該複数のタイヤ側装置のうち他のタイヤ側装置よりも車体側システムとの間の電波環境が良い少なくとも1つのタイヤ側装置は、通信により受信した他のタイヤ側装置の路面データを含めた路面データを車体側システムに送信する。また、第1データ通信部と第2データ通信部との間は双方向通信が行われ、路面判別部は、複数のタイヤ側装置から送信された路面データを受信したときの受信強度を測定し、他のタイヤ側装置よりも受信強度が高いものを少なくとも1つのタイヤ側装置として、該少なくとも1つのタイヤ側装置をセントラル装置に設定すると共に他のタイヤ側装置をペリフェラル装置に設定し、第2データ通信部より複数のタイヤ側装置それぞれがセントラル装置であるかペリフェラル装置であるかを示すデータを送信する。

20

30

【0007】

このように、複数のタイヤ側装置のうち他のタイヤ側装置よりも車体側システムとの間の電波環境が良い少なくとも1つのタイヤ側装置から、それよりも電波環境が良くない他のタイヤ側装置の路面データも含めて車体側システムに伝えるようにしている。このようにすることで、他のタイヤ側装置から路面データを送ったとしたら車体側システムに届かない可能性があるような状況においても、確実に車体側システムに伝えることができる。よって、各タイヤに備えられるタイヤ側装置から車体側システムに確実にデータを伝えることができる路面状態判別装置とすることが可能となる。

40

【0008】

請求項3に記載の路面状態判別装置では、複数のタイヤそれぞれに取り付けられた複数のタイヤ側装置は、それぞれ、該複数のタイヤ側装置同士の間において路面データの受信を行い、かつ、通信により受信した他のタイヤ側装置の路面データを含めた路面データを車体側システムに送信する。

【0009】

このように、複数のタイヤ側装置から、通信により受信した他のタイヤ側装置の路面データを含めた路面データを車体側システムに送信させている。このようにしても、各タイヤに備えられるタイヤ側装置から車体側システムに確実に路面データを伝えることができ

50

る路面状態判別装置とすることが可能となる。

【0010】

請求項4に記載の路面状態判別装置では、複数のタイヤそれぞれに取り付けられた複数のタイヤ側装置は、それぞれ、該複数のタイヤ側装置同士の間において路面データの受信を行え、車体側システムは、複数のタイヤ側装置から送信された路面データのうちの一部を受信していないと、複数のタイヤ側装置のうち路面データが受信できたものに対してデータ要求を行って路面データを受信していないタイヤ側装置の該路面データを送信させる。

【0011】

このように、各タイヤ側装置から路面データを送信させたのち、車体側システムで受信できなかった路面データがあった場合に、受信できたタイヤ側装置に対してデータ要求を行うようにしている。このようにしても、各タイヤに備えられるタイヤ側装置から車体側システムに確実に路面データを伝えることができる路面状態判別装置とすることが可能となる。

【0012】

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】

【0013】

【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振動センサ部の出力電圧波形図である。

【図5】振動センサ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】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9】第1実施形態の路面状態の判別を行う際のデータ送信の様子を表した図である。

【図10】第1実施形態の路面状態の判別を大型車両に適用する場合のデータ送信の様子を表した図である。

【図11】第2実施形態で説明する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12】第2実施形態で説明する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13】第2実施形態の路面状態の判別を行う際のデータ送信の様子を表した図である。

【図14】第3実施形態で説明する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15】第3実施形態で説明する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16】第3実施形態の路面状態の判別を行う際のデータ送信の様子を表した図である。

【図17】第3実施形態の路面状態の判別を大型車両に適用する場合のデータ送信の様子を表した図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

10

20

30

40

50

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。

【0015】

(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。

【0016】

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、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が路面状態判別装置を構成している。

【0017】

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、タイヤ装置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 $\mu$ が低いときに対応じ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。

【0018】

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と共に、各タイヤ側装置1同士の間においても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10、波形処理部11、データ通信部12および電源部13を備えた構成とされ、例えば、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。

【0019】

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が加速度センサとされる場合、振動センサ部10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。

【0020】

波形処理部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。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 1 】

具体的には、波形処理部 1 1 は、振動センサ部 1 0 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 1 は、抽出した特徴量を含むデータを路面データとしてデータ通信部 1 2 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。

## 【 0 0 2 2 】

また、波形処理部 1 1 は、データ通信部 1 2 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 2 に対して路面データを伝えることで、データ通信部 1 2 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 1 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 が 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 2 に対して路面データを伝えている。例えば、波形処理部 1 1 は、データ通信部 1 2 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 2 に対して伝えている。

## 【 0 0 2 3 】

データ通信部 1 2 は、車体側システム 2 との間において双方向通信を行ったり、他のタイヤ側装置 1 との間において通信を行う第 1 データ通信部に相当する部分である。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、B L E（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。

## 【 0 0 2 4 】

データ通信部 1 2 は、例えば、波形処理部 1 1 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 2 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 1 によって制御され、波形処理部 1 1 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、データ通信部 1 2 からのデータ送信が行われるようになっている。

## 【 0 0 2 5 】

また、データ通信部 1 2 は、セントラル装置であるかペリフェラル装置であることを示す指示信号を受信し、指示信号の内容を波形処理部 1 1 に伝える役割を果たす。

## 【 0 0 2 6 】

ここでいう指示信号は、車体側システム 2 から送られてくる信号であり、各タイヤ側装置 1 に対して、自身がセントラル装置であるか、それともペリフェラル装置であることを示す信号である。セントラル装置は、ペリフェラル装置との間においてデータの送受信を行えるものである。セントラル装置は、自身のデータに加えてペリフェラル装置から伝えられたデータについても車体側システム 2 に送信することができる。ペリフェラル装置は、セントラル装置との間においてデータ送信を行うものであり、ここではセントラル装置からのデータを受信する動作は行わないが、受信できるようにされていても良い。

## 【 0 0 2 7 】

指示信号は、各タイヤ側装置 1 に対して個別に伝えられるものであっても良いし、すべてのタイヤ側装置 1 についてのセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであることを示したものであっても良い。各タイヤ側装置 1 には、固有識別情報（以下、ID 情報という）が割り当てられている。指示信号が各タイヤ側装置 1 に個別に伝えられるものとされる場合、その指示信号に該当するタイヤ側装置 1 の ID 情報が付されることで、各タイヤ側装置 1 は、指示信号が自身に対する信号であるか否かを識別できるようにしている。また、指示信号がすべてのタイヤ側装置 1 についてのセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであることを示したものとされる場合、ID 情報とセントラル装置であるかペリフェラル装置であることを示すデータを関連付けるようにしている。このように、ID 情報ごとに

セントラル装置であるかペリフェラル装置であるかが指示信号に基づいて把握できる。このため、各タイヤ側装置 1 は、自身がセントラル装置であるかペリフェラル装置であるか識別できるだけでなく、他のタイヤ側装置 1 がセントラル装置であるかペリフェラル装置であるかも識別できる。

【 0 0 2 8 】

なお、各タイヤ側装置 1 では、装置製造時に、波形処理部 1 1 を構成するマイクロコンピュータの R O M などのメモリに、自身がセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであるかを記憶しておくこともできる。ただし、I D 情報以外についてはメモリの記憶内容を同じにすることが好ましい。このため、ここでは装置製造時に、波形処理部 1 1 のメモリに自身がセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであるかを記憶していない場合に  
10 について説明する。また、各タイヤ側装置 1 は、車体側システム 2 からのデータを受信すると、そのデータの内容を記憶しておき、自身がセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであるかを認識できるようにするが、タイヤ 3 が回転を停止してから所定時間経過するとそれを消去する。これにより、タイヤ 3 がローテーションなどされた場合に、各タイヤ側装置 1 をセントラル装置とペリフェラル装置のいずれにするかを改めて設定できるようにしている。

【 0 0 2 9 】

電源部 1 3 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 3 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  
20 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。

【 0 0 3 0 】

一方、車体側システム 2 を構成する受信機 2 1 やブレーキ E C U 2 2 および報知装置 2 3 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。

【 0 0 3 1 】

受信機 2 1 は、図 2 に示すように、データ通信部 2 4 と路面判別部 2 5 とを有した構成とされている。

【 0 0 3 2 】

データ通信部 2 4 は、タイヤ側装置 1 との間において双方向通信を行う第 2 データ通信部に相当する部分である。データ通信部 2 4 は、タイヤ側装置 1 のデータ通信部 1 2 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 2 5 に伝える役割を果たす。

【 0 0 3 3 】

路面判別部 2 5 は、C P U、R O M、R A M、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、R O M 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いる。本実施形態の場合、路面判別部 2 5 は、データ通信部 2 4 で路面データを受信したときの受信強度の測定を行っている。

【 0 0 3 4 】

また、路面判別部 2 5 は、受信した路面データに基づいて路面状態の判定を行う。具体的には、路面判別部 2 5 は、サポートベクタを保存しており、波形処理部 1 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。  
40

【 0 0 3 5 】

サポートベクタは、路面の種類ごとに記憶され、保存されている。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、そのときに波形処理部 1 1 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。  
50

## 【 0 0 3 6 】

そして、路面判別部 2 5 は、データ通信部 2 4 が受信したタイヤ側装置 1 より送られてきた特徴量と、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、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。

## 【 0 0 3 7 】

また、路面判別部 2 5 は、路面状態を判別すると、判別した路面状態を報知装置 2 3 に伝え、必要に応じて報知装置 2 3 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 2 3 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 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。

## 【 0 0 3 8 】

なお、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る。具体的には、ブレーキ ECU 2 2 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 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。

## 【 0 0 3 9 】

また、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。

## 【 0 0 4 0 】

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。

## 【 0 0 4 1 】

このようにして、本実施形態にかかるタイヤ装置 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。

## 【 0 0 4 2 】

以上のようにして、本実施形態にかかるタイヤ装置 1 0 0 が構成されている。次に、上記した波形処理部 1 1 で抽出する特徴量の詳細について説明する。

## 【 0 0 4 3 】

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。



## 【 0 0 4 4 】

タイヤ回転時における振動センサ部 10 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 10 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 10 の出力電圧が極大値をとる。以下、この振動センサ部 10 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 10 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 10 の出力電圧が極小値をとる。以下、この振動センサ部 10 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。

10

## 【 0 0 4 5 】

振動センサ部 10 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 10 の配置箇所と対応する部分が接地する際、振動センサ部 10 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 10 の出力電圧が第 1 ピーク値をとる。また、タイヤ 3 の回転に伴ってトレッド 31 のうち振動センサ部 10 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 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。

20

## 【 0 0 4 6 】

ここで、タイヤトレッド 31 のうち振動センサ部 10 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 10 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 10 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。

30

## 【 0 0 4 7 】

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 kHz ~ 4 kHz 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。

40

## 【 0 0 4 8 】

このため、波形処理部 11 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 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。

## 【 0 0 4 9 】

50

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。

【 0 0 5 0 】

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  $0 \sim 1$   $\text{kHz}$ 、 $1 \sim 2$   $\text{kHz}$ 、 $2 \sim 3$   $\text{kHz}$ 、 $3 \sim 4$   $\text{kHz}$ 、 $4 \sim 5$   $\text{kHz}$  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  $1 \sim n$  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。

【 0 0 5 1 】

【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。

【 0 0 5 2 】

【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 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 3 】

続いて、本実施形態にかかるタイヤ装置 100 による路面状態判別について、図 6 ~ 図 7 を参照して説明する。なお、ここでは、車両が停止している状態から走行を開始した状態を想定して説明を行う。

【 0 0 5 4 】

各車輪のタイヤ側装置 1 では、波形処理部 11 にて、図 6 に示すデータ送信処理を実行している。一方、車体側システム 2 では、路面判別部 25 において、図 7 に示す路面状態判別処理が実行される。なお、以下では、図 6 および図 7 の各処理を走行開始時から時系列に沿って順番に説明していく。

【 0 0 5 5 】

まず、各タイヤ側装置 1 では、波形処理部 11 は、所定の制御周期毎に図 6 に示すデータ送信処理を実行する。ステップ  $S100$  では、振動センサ部 10 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 10 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 10 の検出信号の時

10

20

30

40

50

間軸波形の特徴量を抽出する。

【 0 0 5 6 】

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 1 0 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。

【 0 0 5 7 】

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 1 0 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 1 0 の検出信号のうちの振動レベルが所定の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。

【 0 0 5 8 】

また、ステップ S 1 2 0 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。

【 0 0 5 9 】

その後、ステップ S 1 3 0 において、波形処理部 1 1 は、自身のタイヤ側装置 1 がセンทรัล装置であるか否かを判定する。走行開始時には、センทรัล装置とペリフェラル装置のいずれであるかの記憶内容が消去されているため、本ステップでは否定判定され、ステップ S 1 4 0 に進むことになる。

【 0 0 6 0 】

そして、ステップ S 1 4 0 に進み、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 1 2 に伝える。これにより、データ通信部 1 2 より、特徴量を含む路面データが送信される。

【 0 0 6 1 】

一方、受信機 2 1 では、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、路面判別部 2 5 が図 7 に示す路面状態判別処理を実行する。この処理は、所定の制御周期ごとに実行される。

【 0 0 6 2 】

まず、ステップ S 2 0 0 では、データ受信処理が行われる。この処理は、データ通信部 2 4 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別部 2 5 が取り込むことによって行われる。データ通信部 2 4 がデータ受信を行っていないときには、路面判別部 2 5 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。

【 0 0 6 3 】

この後、ステップ S 2 1 0 に進み、データ受信が有ったか否かを判定する。ここで、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。

【 0 0 6 4 】

ステップ S 2 2 0 では、センทรัล装置が設定済みであるか否かが判定される。走行開始時には、センทรัล装置の設定はまだされていないため、ここでは否定判定され、ステップ S 2 3 0 に進むことになる。

【 0 0 6 5 】

ステップ S 2 3 0 では、受信強度、つまりデータを受信したときの電波強度を測定する。各タイヤ側装置 1 からデータ送信を行った場合、電波強度は、タイヤ側装置 1 から受信機 2 1 までの距離や周辺環境、例えばどの経路を通じてタイヤ側装置 1 から受信機 2 1 まで電波が伝わるか等に応じて減衰する。そして、各タイヤ側装置 1 からデータ送信が行わ

10

20

30

40

50

れる際に用いられる電波の強度は決まっていることから、受信強度が大きいほど電波環境が良く、受信機 2 1 まで電波が伝わりやすいことを意味している。したがって、ステップ S 2 4 0 に進んだのち、ステップ S 2 3 0 で測定した受信強度に基づき、例えば各タイヤ側装置 1 のうち電波の受信強度が最も高かったものをセントラル装置と設定する。また、タイヤ側装置 1 のうちセントラル装置として設定されたもの以外についてはペリフェラル装置と設定する。

【 0 0 6 6 】

そして、ステップ S 2 5 0 に進み、各タイヤ側装置 1 がセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであるかのデータを示した指示信号を各タイヤ側装置 1 の ID 情報と対応付けて、各タイヤ側装置 1 に送信する。これにより、各タイヤ側装置 1 は、自身がセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであるかを認識することが可能となる。

10

【 0 0 6 7 】

なお、ここでは車体側システム 2 との間の電波環境が良いセントラル装置として、受信強度が最も大きなタイヤ側装置 1 を選択するようにしている。しかしながら、これは一例であり、複数のタイヤ側装置 1 のうち他のタイヤ側装置 1 よりも受信強度が高い少なくとも 1 つをセントラル装置として設定すればよい。また、タイヤ 3 の回転に伴って電波環境も変化する可能性があることから、受信強度を複数回測定した結果に基づき、例えば平均値が最も高いタイヤ側装置 1 などをセントラル装置に設定するようにしても良い。

【 0 0 6 8 】

その後、ステップ 2 6 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、路面判別部 2 5 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している。

20

【 0 0 6 9 】

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。

【 0 0 7 0 】

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。

30

【 0 0 7 1 】

【数 3】

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

40

【 0 0 7 2 】

【数 4】

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

50

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25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。

【0073】

例えば、図8に示すように、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から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。

【0074】

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。

【0075】

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。

【0076】

【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。

【0077】

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、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し、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。

【0078】

10

20

30

40

50

一方、上記したように、ステップ S 2 5 0 においてセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであるかのデータが示された指示信号が送信されると、各タイヤ側装置 1 では、自身がセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであるかを認識できるようになる。したがって、この後は、セントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 では、ステップ S 1 3 0 で肯定判定されてステップ S 1 5 0 に進む。

【 0 0 7 9 】

そして、ステップ S 1 5 0 において、波形処理部 1 1 はデータ受信処理を行う。これにより、セントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 は、ペリフェラル装置に設定された他のタイヤ側装置 1 からの路面データを受信する。なお、ここではステップ S 1 5 0 の処理として記載してあるが、データ受信については必ずしも図 6 に示した処理の順番に行われる必要はなく、データ送信処理が実行されている期間中のどのタイミングで実行されても構わない。

10

【 0 0 8 0 】

続いて、ステップ S 1 6 0 でペリフェラル装置に設定された全タイヤ側装置 1 からの路面データを受信したと判定されると、ステップ S 1 7 0 に進み、セントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 より路面データの送信が行われる。このとき、セントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 の波形処理部 1 1 は、自身の特徴量に加えて、ペリフェラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 が送ってきた路面データに含まれる特徴量も含めて、路面データとして送信する。また、路面データには、各特徴量がどのタイヤ側装置 1 で抽出されたものであるかが把握できるように、各タイヤ側装置 1 の ID 情報との対応付けを行っている。

20

【 0 0 8 1 】

なお、ペリフェラル装置に設定された各タイヤ側装置 1 では、ステップ S 1 3 0 で否定判定されることになるため、ステップ S 1 4 0 において特徴量を含む路面データの送信が行われる。セントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 は、このペリフェラル装置に設定された各タイヤ側装置 1 から送信された路面データをステップ S 1 5 0 の処理で受信している。

【 0 0 8 2 】

また、セントラル装置が設定されてからは、図 7 に示す路面状態判別処理におけるステップ S 2 2 0 で肯定判定されて、ステップ S 2 3 0 ~ S 2 5 0 の処理を省略してステップ S 2 6 0 の処理が実行される。そして、図 6 のステップ S 1 7 0 でセントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 から送信された路面データ、つまりセントラル装置とペリフェラル装置の双方のタイヤ側装置 1 で抽出された特徴量に基づいて、路面状態の判別が行われる。

30

【 0 0 8 3 】

このように、電波環境が良好なセントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 からそれよりも電波環境が良くないペリフェラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 の路面データも含めて車体側システム 2 に伝えるようにしている。

【 0 0 8 4 】

すなわち、セントラル装置およびペリフェラル装置の設定が完了すると、まずは図 9 の状態 1 に示すようにセントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 に向けてペリフェラル装置に設定された各タイヤ側装置 1 から路面データが伝えられる。そして、図 9 の状態 2 に示すようにセントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 からペリフェラル装置に設定された各タイヤ側装置 1 で抽出された特徴量を含めた路面データが車体側システム 2 に伝えられる。

40

【 0 0 8 5 】

このようにすることで、ペリフェラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 から路面データを送ったとしたら車体側システム 2 に届かない可能性があるような状況においても、確実に車体側システム 2 に伝えることができる。よって、各タイヤに備えられるタイヤ側装置から車体側システムに確実にデータを伝えることができる路面状態判別装置とすることが

50

可能となる。

【 0 0 8 6 】

なお、図 9 中の細線矢印は、タイヤ側装置 1 から自身の特徴量を含めた路面データが送信されていることを意味している。また、太線矢印は、タイヤ側装置 1 から自身の特徴量に加えて他のタイヤ側装置 1 の特徴量を含めた路面データが送信されていることを示している。この後の説明において用いている図面についても、細線矢印と太線矢印の意味は上記と同様である。

【 0 0 8 7 】

また、ここでは 4 輪車両を例に挙げて説明したが、本実施形態の路面状態判別装置については、トラック、トレーラーのように 4 輪よりも多い複数の車輪が備えられる大型車両などについても適用できる。

【 0 0 8 8 】

例えば、図 1 0 の紙面左側を車両前方として、図中状態 1 に示すように、車両における右側の前方から第 2 輪目がセントラル装置に設定されるような電波環境であるとする。このような場合にも、状態 1 に示すようにセントラル装置が設定されると、セントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 に向けてペリフェラル装置に設定された各タイヤ側装置 1 から路面データが伝えられる。そして、図中状態 2 に示すようにセントラル装置に設定されたタイヤ側装置 1 からペリフェラル装置に設定された各タイヤ側装置 1 で抽出された特徴量を含めた路面データが受信機 2 1 に伝えられる。このように、4 輪よりも多くの車輪を有する車両の路面状態判別装置にも適用可能である。特に、大型車両については、受信機 2 1 からの距離が離れる車輪については電波環境が悪くなり易く、受信機 2 1 を複数力所に設置することが必要になる場合もあり得る。そのような場合には、本実施形態のようにして路面状態の判別が行えるようにすると、受信機 2 1 を 1 つで済ませることが可能となり、装置構成を簡略化できるという効果も得られる。

【 0 0 8 9 】

なお、ステップ S 2 1 0 では、基本的には、受信機 2 1 がすべてのタイヤ側装置 1 の路面データを受信したときに肯定判定されるようにするが、すべてのタイヤ側装置 1 の路面データを受信できない可能性もある。このため、例えば受信機 2 1 に自車両のタイヤ側装置 1 の ID 情報を予め登録しておくことで、一部のタイヤ側装置 1 からの路面データが受信できなかったとしても、受信できていないタイヤ側装置 1 がペリフェラル装置であることを特定することができる。

【 0 0 9 0 】

また、車体側システム 2 からセントラル装置とペリフェラル装置のいずれであることを示すデータが届く前のときには、図 6 のステップ S 1 3 0 で肯定判定されるようにしておくこともできる。この場合、各タイヤ側装置 1 で、自身の路面データを送信させてからステップ S 1 5 0 のデータ受信処理を行わせ、その後ステップ S 1 6 0 の処理を行わせることで、自身以外のタイヤ側装置 1 の特徴量を含めた路面データを送信させる。このようにすれば、受信機 2 1 では、各タイヤ側装置 1 のうち路面データを受信できたものの受信強度の大きさに基づいてセントラル装置を設定することができる。また、受信機 2 1 では、受信できた路面データに含まれた各タイヤ側装置 1 の ID 情報から、路面データが受信できていないタイヤ側装置 1 を特定し、そのタイヤ側装置 1 をペリフェラル装置に設定することができる。したがって、事前に各タイヤ側装置 1 の ID 情報を登録しておかなくても、すべてのタイヤ側装置 1 について洩れなくセントラル装置かペリフェラル装置のいずれかに設定することができる。

【 0 0 9 1 】

( 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 実施形態に対して路面状態の判別手法を変更するものであり、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。

【 0 0 9 2 】

本実施形態では、セントラル装置およびペリフェラル装置の設定を行うのではなく、各タイヤ側装置 1 が他のタイヤ側装置 1 が送信した路面データを受信し、その路面データに含まれる特徴量と自身が抽出した特徴量とを含めた路面データを再度送信するようにする。

#### 【0093】

具体的には、本実施形態の各タイヤ側装置 1 の波形処理部 11 では図 11 に示すデータ送信処理を実行し、受信機 21 の路面判別部 25 では図 12 に示す路面状態判別処理を実行する。

#### 【0094】

まず、図 11 のデータ送信処理では、ステップ S300 ~ S320 において、図 6 のステップ S100 ~ S120 と同様の処理を行い、ステップ S330 において、ステップ S140 と同様に各タイヤ側装置 1 から自身で抽出した特徴量を含む路面データの送信を行う。そして、各タイヤ側装置 1 は、ステップ S340、S350 において、ステップ S150、S160 と同様に、データ受信処理を行うと共に、路面データとして、自身で抽出した特徴量に加えて他のタイヤ側装置 1 が送ってきた路面データに含まれる特徴量を含めたものを送信する。また、路面データには、各特徴量がどのタイヤ側装置 1 で抽出されたものであるかが把握できるように、各タイヤ側装置 1 の ID 情報も含める。

#### 【0095】

一方、図 12 の路面状態判別処理では、ステップ S400 ~ S420 において、図 7 のステップ S200、S210、S260 と同様の処理を行うことで、路面状態を判別する。なお、ステップ S410 では、図 11 のステップ S350 で送信された他のタイヤ側装置 1 の特徴量を含む路面データを受信した場合に肯定判定されるようにしている。しかしながら、ステップ S330 で送信された路面データをすべてのタイヤ側装置 1 について受信している場合でも、肯定判定されるようにしても良い。

#### 【0096】

このような処理が行われる場合、まずは図 13 の状態 1 に示すようにすべてのタイヤ側装置 1 から路面データが車体側システム 2 に向けて送信される。そして、その後、状態 2 に示すように再びすべてのタイヤ側装置 1 から他のタイヤ側装置 1 で抽出された特徴量も含めた路面データが送信される。

#### 【0097】

このように、各タイヤ側装置 1 から路面データを送信させたのち、各タイヤ側装置 1 で他の路面データを受信し、今度は各タイヤ側装置 1 から他のタイヤ側装置 1 で抽出された特徴量を含む路面データを送信させるようにしている。このようにしても、第 1 実施形態と同様に、各タイヤに備えられるタイヤ側装置 1 から車体側システム 2 に確実に路面データを伝えることができる路面状態判別装置とすることが可能となる。

#### 【0098】

なお、本実施形態の場合、各タイヤ側装置 1 から受信機 21 への通信が行えれば良く、受信機 21 から各タイヤ側装置 1 への通信を行う必要はないため、各タイヤ側装置 1 と受信機 21 については必ずしも双方向通信が行える形態でなくても良い。また、本実施形態のような路面状態装置も、4 輪車両に限らず、4 輪よりも多い複数の車輪が適用される大型車両などに適用することができる。この場合も、第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

#### 【0099】

(第 3 実施形態)

第 3 実施形態について説明する。本実施形態も、第 1 実施形態に対して路面状態の判別手法を変更するものであり、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。

#### 【0100】

本実施形態では、各タイヤ側装置 1 から路面データを送信させるようにしつつ、複数のタイヤ側装置 1 のうち受信機 21 で受信できなかったものがある場合に、受信できたタイ

10

20

30

40

50



ヤ側装置 1 に対して路面データを送信させるデータ要求信号を出すようにする。

【 0 1 0 1 】

具体的には、本実施形態の各タイヤ側装置 1 の波形処理部 1 1 では図 1 4 に示すデータ送信処理を実行し、受信機 2 1 の路面判別部 2 5 では図 1 5 に示す路面状態判別処理を実行する。

【 0 1 0 2 】

まず、図 1 4 のデータ送信処理では、ステップ S 5 0 0 ~ S 5 2 0 において、図 6 のステップ S 1 0 0 ~ S 1 2 0 と同様の処理を行い、ステップ S 5 3 0 において、ステップ S 1 4 0 と同様に各タイヤ側装置 1 から自身で抽出した特徴量を含む路面データの送信を行う。そして、各タイヤ側装置 1 は、ステップ S 5 4 0 において、ステップ S 1 5 0 と同様に、データ受信処理を行うことで他のタイヤ側装置 1 からの路面データを受信する。その後、ステップ S 5 5 0 に進み、データ要求があるか否かを判定する。

10

【 0 1 0 3 】

ここでいうデータ要求とは、後述するように受信機 2 1 から出される路面データの送信要求であり、受信機 2 1 が路面データを受信できなかったタイヤ側装置 1 があった場合に、受信できたタイヤ側装置 1 に対して出される要求である。

【 0 1 0 4 】

ここで肯定判定された場合にはステップ S 5 6 0 に進み、路面データとして、自身で抽出した特徴量に加えて他のタイヤ側装置 1 が送ってきた路面データに含まれる特徴量を含めたものを送信する。また、路面データには、各特徴量がどのタイヤ側装置 1 で抽出されたものであるかが把握できるように、各タイヤ側装置 1 の ID 情報も含める。なお、ここでは路面データにすべてのタイヤ側装置 1 で抽出された特徴量を含めるようにしている。しかしながら、受信機 2 1 から受信できなかったタイヤ側装置 1 を特定してデータ要求を出すようにし、少なくとも受信できなかったタイヤ側装置 1 で抽出された特徴量を含めるようにしていれば良い。

20

【 0 1 0 5 】

一方、図 1 5 の路面状態判別処理では、ステップ S 6 0 0 ~ S 6 2 0 において、図 7 のステップ S 2 0 0、S 2 1 0、S 2 6 0 と同様の処理を行うことで、路面状態を判別する。また、ステップ S 6 1 0 で否定判定された場合には、ステップ S 6 0 0 に戻るのではなくステップ S 6 3 0 に進み、受信できたタイヤ側装置 1 に対してデータ要求信号を出力する。例えば、データ要求信号に、受信できたタイヤ側装置 1 の ID 情報を含めることで、各タイヤ側装置 1 で自身にデータ要求がなされているか否かを認識することが可能となる。また、このときに、上記したように受信できなかったタイヤ側装置 1 を特定してデータ要求を出すようにすることもできる。

30

【 0 1 0 6 】

このようにして、受信機 2 1 で受信が行われたタイヤ側装置 1 に対してデータ要求信号が出されると、その後は、図 1 4 のステップ S 5 6 0 において、路面データとして、自身で抽出した特徴量に加えて他のタイヤ側装置 1 が送ってきた路面データに含まれる特徴量を含めたものを送信される。この路面データに基づいて、受信機 2 1 では、路面状態を判別することができる。

40

【 0 1 0 7 】

このような処理が行われる場合、まずは図 1 6 の状態 1 に示すようにすべてのタイヤ側装置 1 から路面データが車体側システム 2 に向けて送信される。そして、図中 “ X ” で示したように、複数のタイヤ側装置 1 のうち受信機 2 1 で路面データを受信できなかったものがあった場合、状態 2 の破線矢印で示すように、路面データを受信できたタイヤ側装置 1 に対してデータ要求信号が出される。その後、状態 3 に示すように、データ要求信号を受けたタイヤ側装置 1 から、再び自身および他のタイヤ側装置 1 で抽出された特徴量を含めた路面データが送信される。

【 0 1 0 8 】

このように、各タイヤ側装置 1 から路面データを送信させたのち、受信機 2 1 で受信で

50

きなかった路面データがあった場合に、受信できたタイヤ側装置 1 に対してデータ要求信号を出すようにしている。このようにしても、各タイヤに備えられるタイヤ側装置 1 から車体側システム 2 に確実に路面データを伝えることができる路面状態判別装置とすることが可能となる。

【0109】

なお、本実施形態のような路面状態装置も、4 輪車両に限らず、4 輪よりも多い複数の車輪が適用される大型車両などに適用することができる。この場合も、第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0110】

例えば、大型車両などでは、図 17 の状態 1 に示すように、受信機 2 1 に近いタイヤ側装置 1 については受信機 2 1 で路面データを受信できるが、受信機 2 1 から遠いタイヤ側装置 1 については受信機 2 1 には路面データが届かない。しかしながら、受信機 2 1 から遠いタイヤ側装置 1 が送信した路面データは、受信機 2 1 に近いタイヤ側装置 1 には届く。

10

【0111】

このため、まずは受信機 2 1 から近いタイヤ側装置 1 が送信した路面データを受信し、受信機 2 1 から遠いタイヤ側装置 1 については、受信機 2 1 から近いタイヤ側装置 1 を介してデータ要求が出される。そして、図 17 の状態 2 に示すように、受信機 2 1 から遠いタイヤ側装置 1 が受信機 2 1 から近いタイヤ側装置 1 より受信機 2 1 に伝えられる。このようにして、各タイヤ 3 に備えられたタイヤ側装置 1 からの路面データに基づいて、路面状態の判別を行うことができる。

20

【0112】

(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。

【0113】

(1) 例えば、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。

【0114】

(2) また、上記実施形態では、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良い。

30

【0115】

(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 2 1 の路面判別部 2 5 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たり、指示信号の送信を行ったりしている。

【0116】

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 ECU 2 2 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。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て、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。

40

【0117】

(4) また、第 1 実施形態では、セントラル装置とペリフェラル装置を決めるために受信強度の測定を行ったが、受信機 2 1 の搭載位置からセントラル装置とすべき位置のタイヤ側装置 1 が必然的に決まってくる。このため、例えば受信機 2 1 から一番近い車輪のタ

50

イヤ 3 に取り付けられたタイヤ側装置 1 の ID 情報を予め路面判別部 25 に登録しておいたり、タイヤ側装置 1 それぞれに自身がセントラル装置であるかペリフェラル装置であるかのデータを登録しておいても良い。

【 0 1 1 8 】

( 5 ) また、タイヤ側装置 1 内に、タイヤ空気圧を検出できる圧力センサやタイヤ内温度を検出できる温度センサを備え、タイヤ空気圧やタイヤ内温度のデータをタイヤ空気圧に関するデータとして車体側システム 2 に送ることもできる。

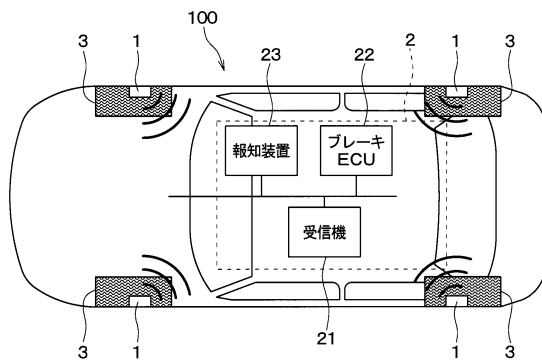
【符号の説明】

【 0 1 1 9 】

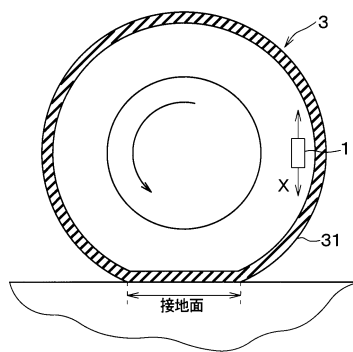
- |       |         |
|-------|---------|
| 1     | タイヤ側装置  |
| 2     | 車体側システム |
| 10    | 振動センサ部  |
| 11    | 波形処理部   |
| 12、24 | データ通信部  |
| 21    | 受信機     |
| 25    | 路面判別部   |

10

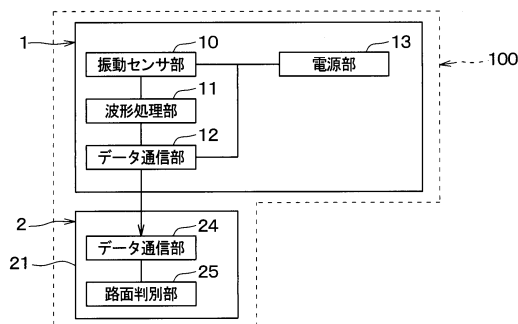
【 図 1 】



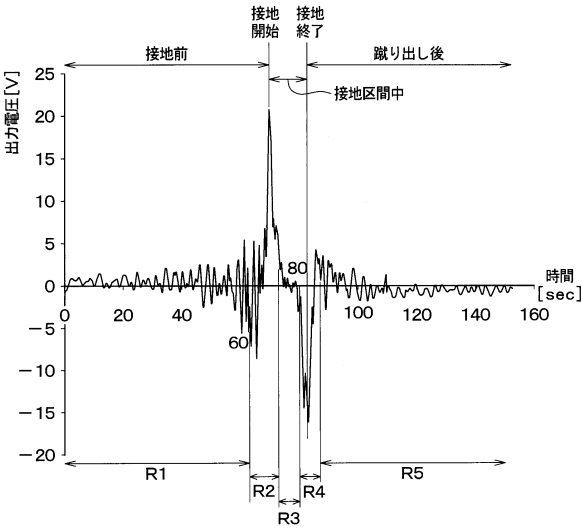
【 図 3 】



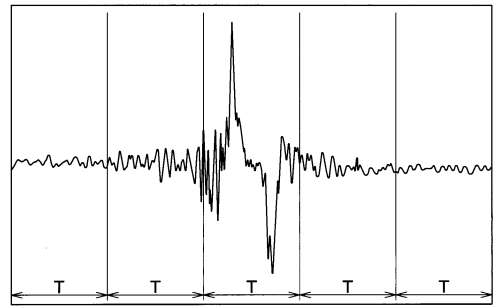
【 図 2 】



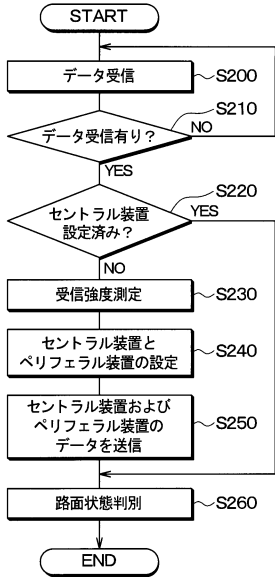
【図 4】



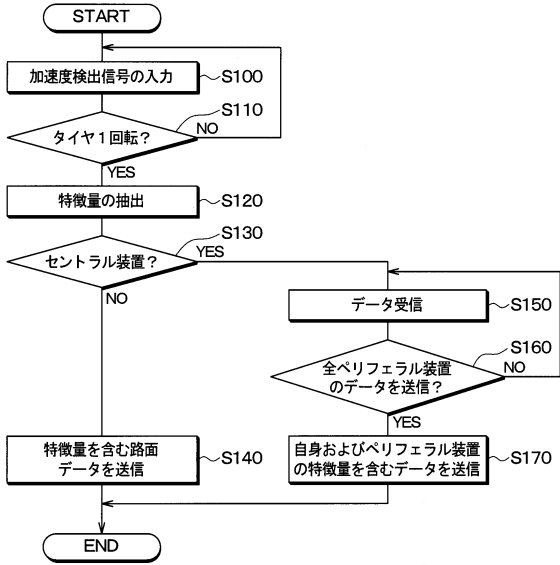
【図 5】



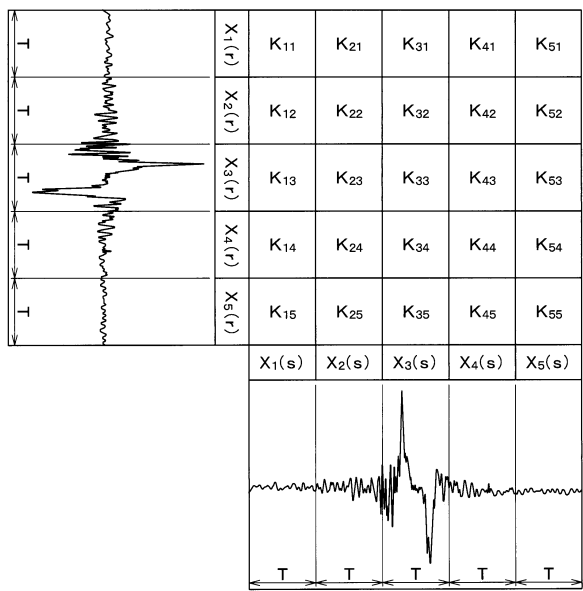
【図 7】



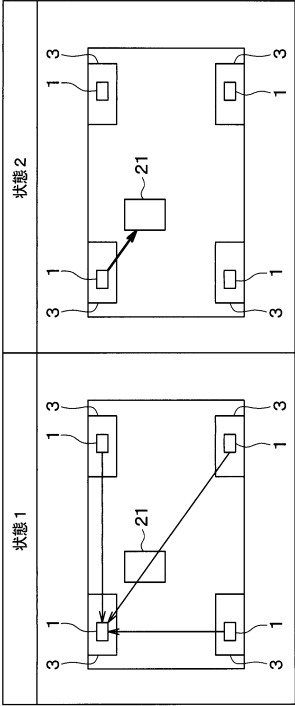
【図 6】



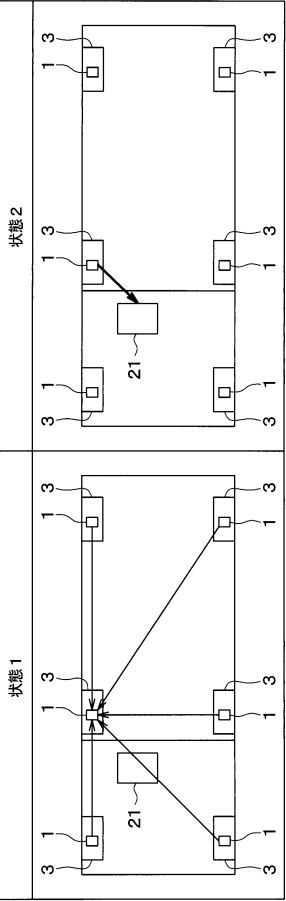
【図 8】



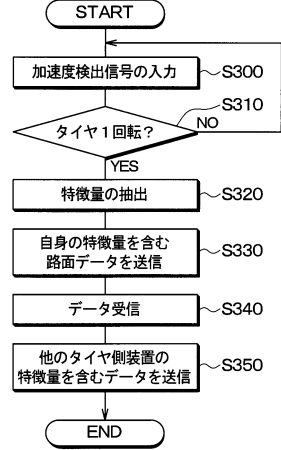
【図 9】



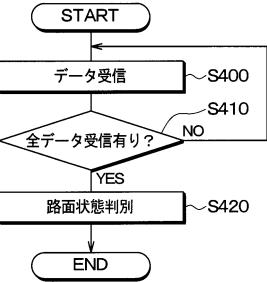
【図 10】



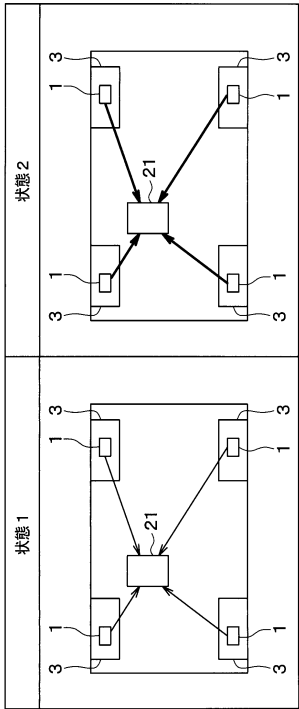
【図 11】



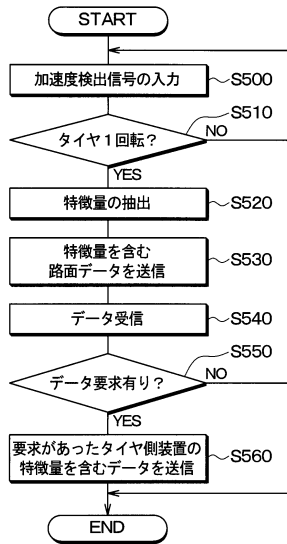
【図 12】



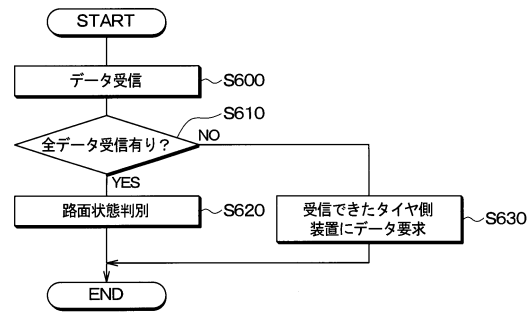
【図 13】



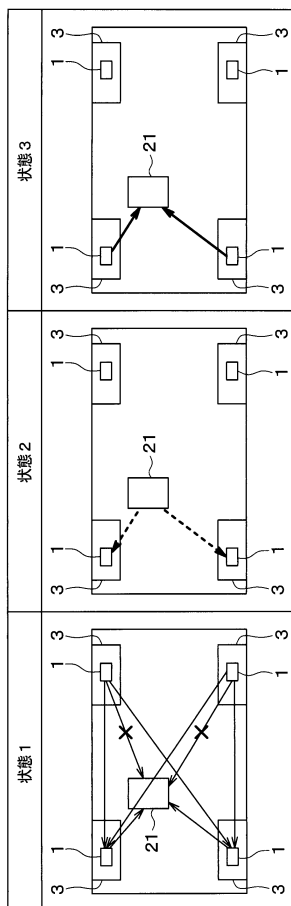
【図 14】



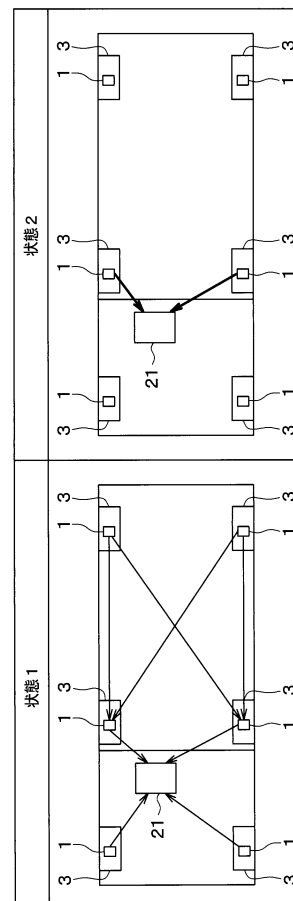
【図 15】



【図 16】



【図 17】



---

フロントページの続き

審査官 山本 賢明

(56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 9 1 6 1 5 ( J P , A )  
特開 2 0 1 6 - 8 8 4 2 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 7 - 7 9 7 4 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
B 6 0 W 4 0 / 0 6  
B 6 0 C 1 9 / 0 0  
B 6 0 T 8 / 1 7 2