(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3700975号
(P3700975)
(45)発行日　平成17年9月28日(2005.9.28)　(24)登録日　平成17年7月22日(2005.7.22)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G01P 3/56　G01P 3/56　A
G01P 3/80　G01P 3/80　Z

請求項の数 2　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願2002-365687(P2002-365687)
(22)出願日　平成14年12月17日(2002.12.17)
(65)公開番号　特開2004-198203(P2004-198203A)
(43)公開日　平成16年7月15日(2004.7.15)
審査請求日　平成15年8月26日(2003.8.26)

(73)特許権者　000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目１番１号
(74)代理人　100064414
弁理士　磯野　道造
(72)発明者　金　圭勇
埼玉県和光市中央１丁目４番１号
株式会社本田技術研究所内

審査官　井上　昌宏

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ハイドロプレーニング検出装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
車輪速センサからの検出値を入力する入力部、この検出値を処理してハイドロプレーニング状態を判定する処理部を有し、タイヤを介して入力される路面との振動を前輪側及び後輪側の車輪速センサから検出し、検出した前輪側及び後輪側の各検出値について、検出値の変化のパターンをタイヤ固有の影響を除去してそれぞれ特徴抽出し、この特徴抽出した検出値の変化パターンを前輪側と後輪側とでパターンマッチングし、一致したパターンの時間差を求め、この時間差と予め記憶している基準長さとから第１の車体速を測定すると共に、後輪側の車輪速センサから検出した車輪速の平均値から第２の車体速を測定し、前記第１の車体速と第２の車体速の偏差が所定値より大きいときにハイドロプレーニング状態と判定することを特徴とするハイドロプレーニング検出装置。
【請求項２】
前記処理部は、前記偏差が前記所定値より大きい状態が所定時間続いたときにハイドロプレーニング状態と判定することを特徴とする請求項１に記載のハイドロプレーニング検出装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、車両が濡れた路面を走行する際に発生するハイドロプレーニング（Hydroplaning）を検出するハイドロプレーニング検出装置に関する。

【０００２】
【従来の技術】
ハイドロプレーニングは、水を被った道路を高速走行するとき、水がクサビの働きをしてタイヤを接地面から浮き上がらせる作用又は状態である（図９参照）。また、ハイドロプレーニングは、水のたまった路面を高速走行するとタイヤが水を排除しきれず、発生した水の流体力学的な圧力によってタイヤと路面との接触が断たれた非常に滑りやすい現象である。これを模式的に示したのが図９（ｂ）である。水膜は、クサビ状になってタイヤと路面の間に入り込む。そして、水膜は、タイヤを浮き上がらせる方向の力Ｆｕと、タイヤの回転速度ＶＦを減速する方向の力Ｄｒを生じさせる。このハイドロプレーニングは、高速道路を安定して走行する際に問題となることから、いろいろな手法によりハイドロプレーニングを検出する試みが行われている。
【０００３】
例えば、前輪の車輪速が水膜の抵抗で減速する度合い（減速パターン）からハイドロプレーニングを検出する手法が提案されている。また、本願出願人・本願発明者による特許文献１及び特許文献２には、前輪の車輪速の変化パターンから、ハイドロプレーニングを検出する手法が提案されている。具体的には、図１０に示すように、予め記憶しておいた典型的な前輪車輪速の変化パターン（時間－車輪速曲線の変化パターン）と、実際に測定・抽出した前輪車輪速の変化パターンとをマッチングして、ある一定以上のパターンの一致があった場合にハイドロプレーニング状態であると判定する。ちなみに、路面上の突起乗越え・段差通過の場合は、＋－ペアの波が生じるが、ハイドロプレーニングの場合は、－の波が生じる。また、これらとは別なハイドロプレーニングの検出手法として、走行中の水膜の抵抗がサスペンションに与える影響をバネ下振動で捉え、その固有振動から検出する手法も提案されている。
【０００４】
また、これらとはさらに別のアプローチとして、本願出願人・本願発明者により特許文献３の手法が提案されている。この手法は、路面上の水膜に車輪が完全に乗り上げている完全ハイドロプレーニングよりも検出が困難である部分ハイドロプレーニングを検出することを目的としてなされたものであり、車輪の一部が未だ路面と接触している部分ハイドロプレーニングが発生すると、車輪速センサの出力信号に含まれる車輪回転速度に相当する固有の周波数成分が、水膜による粘性抵抗を受けて低周波側に偏位するとの知見に基づき、車速帯域ごとに設けたバンドパスフィルタにより得られた信号を処理し、部分ハイドロプレーニングを検出する。
【０００５】
【特許文献１】
特許第３０５２０１３号明細書（段落番号０００７、００１５、図４、図７等）
【特許文献２】
特許第３１２３６８３号明細書（段落番号００１１、図４、図５等）
【特許文献３】
特許第３２３２５２０号明細書（段落番号０００３、０００５、図１等）
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、特許文献１や特許文献２の手法等、パターンを比較する手法では、水膜がある厚さ（例えば１０ｍｍ）以上なければハイドロプレーニングを検出することが困難であった。つまり、水膜の厚みが厚くない場合に発生するハイドロプレーニングの検出が困難であった。また、早期段階でのハイドロプレーニング（部分ハイドロプレーニング）の検出も困難であった。なお、水膜が１０ｍｍ以上で発生するハイドロプレーニングは、ドライバもその時点では減速感等を認識しており、システム的に優位性がなかった。すなわち、ドライバが感じる前にハイドロプレーニングを検出してドライバに知らせるということが困難であるという問題があった。また、理論上はともかく実際上、悪路、段差、氷雪路等での減速度の大きさや車輪速の変化パターンがハイドロプレーニングの減速度や車輪

速の変化パターンと似ていることから、より正しくハイドロプレーニング状態を検出（判定）することが望まれた。

【０００７】

一方、特許文献３の手法では、１０ｍｍ以下の水膜の厚さでもハイドロプレーニング発生の検出を行うことができるが、悪路、段差等の路面状況に応じた共振周波数の微妙なシフト量を判別して、より適切にハイドロプレーニング発生を検出するという面で、更なる改良が望まれた。

【０００８】

そこで、本発明は、水膜が厚くない状態で発生するハイドロプレーニングや、早期段階でのハイドロプレーニングを、路面のバンプや段差等（以下「路面バンプ等」という）と混同することなく検出可能なハイドロプレーニング検出装置を提供することを主たる課題とする。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

前記課題に鑑み本発明者は研究を行い、従来の前輪の挙動のみに着目したハイドロプレーニング状態の判定とは異なり、後輪の挙動も加味してハイドロプレーニング状態の判定を行うこととした。

【００１０】

すなわち、前記課題を解決した本発明は、車輪速センサからの検出値を入力する入力部、この検出値を処理してハイドロプレーニング状態を判定する処理部を有し、タイヤを介して入力される路面との振動を前輪側及び後輪側の車輪速センサから検出し、検出した前輪側及び後輪側の各検出値について、検出値の変化のパターンをタイヤ固有の影響を除去してそれぞれ特徴抽出し、この特徴抽出した検出値の変化パターンを前輪側と後輪側とでパターンマッチングし、一致したパターンの時間差を求め、この時間差と予め記憶している基準長さとから第１の車体速を測定すると共に、後輪側の車輪速センサから検出した車輪速の平均値から第２の車体速を測定し、前記第１の車体速と第２の車体速の偏差が所定値より大きいときにハイドロプレーニング状態と判定することを特徴とする。

この構成によれば、第１の車体速は、ハイドロプレーニングの影響は受けるが、路面バンプ等の影響は受けない。一方、第２の車体速は、ハイドロプレーニングの影響も路面バンプ等の影響も受けない。本発明は、この特性の異なる２つの車体速から、ハイドロプレーニング状態を判定する。

【００１１】

また、本発明は、前記処理部は、前記偏差が前記所定値より大きい状態が所定時間続いたときにハイドロプレーニング状態と判定することを特徴とする請求項１に記載のハイドロプレーニング検出装置である。

これによれば、誤判定を少なくすることができる。

【００１２】

【発明の実施の形態】

以下、本発明のハイドロプレーニング検出装置の実施形態を、図面を参照して詳細に説明する。

【００１３】

≪ハイドロプレーニング検出の原理≫

まず、本実施形態によりハイドロプレーニングを検出する原理を説明する。前輪と後輪が同一・略同一の軌跡で路面上にできた水膜を通過する場合、前輪が水を排水するため、前輪と後輪とでは路面上の水膜により受ける抵抗に違いが生じる。すなわち、前輪は水膜の抵抗を大きく受けて車輪速に変動が生じ、水膜により周期（周波数）が不安定になる。一方、前輪により排水された直後を通過する後輪は水膜により受ける抵抗が少なく、前輪のような水膜による車輪速の変化はなく、周波数も安定している。換言すると、前輪の車輪速はハイドロプレーニングの影響を受け、後輪の車輪速はハイドロプレーニングの影響を受けない。

【００１４】
そこで、本実施形態では、ハイドロプレーニングの影響を受ける第１の車体速として、前輪の車輪速の変動パターン及び後輪の車輪速の変動パターンをマッチングして求める車体速を測定する。併せて、基準となる車体速、すなわち、ハイドロプレーニングの影響を受けない第２の車体速として、後輪の車輪速の移動平均から求める車体速を測定する。そして、第１の車体速と第２の車体速を比較して、所定値（閾値）以上の差が生じる場合に、ハイドロプレーニング状態と判定する。なお、後記するように、第１の車体速及び第２の車体速は路面バンプ等の影響を受けない車体速である。
【００１５】
これによれば、前輪の挙動だけでハイドロプレーニングを検出するのとは異なり、また、単純に前輪と後輪との車輪速の差に基づいてハイドロプレーニングを検出するのとも異なり、ハイドロプレーニングの検出を適切に行うことができる。以下、本実施形態を詳細に説明する。
【００１６】
≪ハイドロプレーニング検出装置の構成≫
図１を参照して、ハイドロプレーニング検出装置を搭載する車両Ｃのシステム構成を説明する。図１に示すように、本実施形態のハイドロプレーニング検出装置１を搭載する車両Ｃは、前輪Ｗｆ２つ、後輪Ｗｒ２つを有する４輪車両である。この車両Ｃは、右側の前輪Ｗｆ及び右側の後輪Ｗｆに、車輪速センサＶＳ（ＶＳｆ，ＶＳｒ）を有する。また、車両Ｃを運転するドライバにハイドロプレーニングの警告を行うアラームＡＬを有する。なお、本明細書において、符号に添えられるｆ，ｒの添字は、ｆが前輪側、ｒが後輪側であることを示す。
【００１７】
車輪速センサＶＳ（ＶＳｆ，ＶＳｒ）は、例えばホール素子等を用いて車速パルスを生成する一般的なセンサである。この車輪速センサＶＳｆ、ＶＳｒが生成し、ハイドロプレーニング検出装置１に送信する車速パルス（アナログ電気信号）は、車速が早くなるほど単位時間当たりのパルス数が多くなり、車速が遅くなるほど単位時間当たりのパルス数が少なくなる。なお、ブレーキロックを防止するシステムを搭載した車両やトラクションを制御するシステムを搭載した車両は、通常、車輪速センサＶＳを有しているので、これを流用することができる。
【００１８】
次に、ハイドロプレーニング検出装置１は、図示しないマイコン（マイクロコンピュータ）及び周辺回路から構成され、マイコンが図示しないＲＯＭに記憶されたプログラムを読み出すことにより該プログラムの各モジュール（後記する第１・第２の車体速測定手段１２，１３、車体速比較手段１４等）を実行して、ハイドロプレーニングの判定を行う。また、ハイドロプレーニング検出装置１は、ハイドロプレーニングの検出（判定）を行うために、各種信号・情報・指令等を入出力する入出力ポート（後記する入出力インタフェイス１１）、アナログ信号をデジタル信号に変換してマイコンでデジタル処理するための図示しないＡＤ変換器等を有する。
【００１９】
ハイドロプレーニング検出装置１の詳細について、図２～図４を参照して説明する。図２は、ハイドロプレーニング検出装置のブロック構成図である。図３は、第１の車体速測定手段のブロック構成図である。図４は、車輪速の検出値の変動を説明する図である。
【００２０】
図２に示すように、ハイドロプレーニング検出装置１は、主に、入出力インタフェイス１１、第１の車体速測定手段１２、第２の車体速測定手段１３、車体速比較手段１４、閾値記憶手段１５及び判定手段１６を含んで構成される。また、図３に示すように、第１の車体速測定手段１２は、デジタルフィルタ１２１（１２１ｆ，１２１ｒ）、バッファコントローラ１２２（１２２ｆ，１２２ｒ）、データバッファ１２３（１２３ｆ，１２３ｒ）、正規化手段１２４（１２４ｆ，１２４ｒ）、相互相関関数演算手段１２５、最大値抽出手

段１２６、及び車体速演算手段１２７を含んで構成される。入出力インタフェイス１１が入力部に相当し、第１の車体速測定手段１２～判定手段１６が処理部に相当するものとする。

【００２１】

（入出力インタフェイス）

入出力インタフェイス１１は、ハイドロプレーニング検出装置１で処理するデータの入力及びハイドロプレーニング検出装置１で処理したデータの出力（アラーム信号ＡＳの出力）を行う機能を有する。なお、ハイドロプレーニング検出装置１では、車速パルスは、デジタルデータの車輪速（検出値Ｖ（Ｖｆ，Ｖｒ））として取り扱うものとする。ちなみに、本実施形態での車輪速のサンプリングレートは１０００Ｈｚとする。

【００２２】

（第１の車体速測定手段）

第１の車体速測定手段１２は、入出力インタフェイス１１から１０ミリ秒間隔でデジタルデータの車輪速の検出値Ｖ（Ｖｆ，Ｖｒ）を入力して、ハイドロプレーニングの影響を受ける第１の車体速Ｖｖ１を測定する機能を有する。ここで、第１の車体速Ｖｖ１測定の原理を説明する。

【００２３】

車輪速センサＶＳｆ，ＶＳｒの検出値Ｖｆ，Ｖｒは、路面バンプ等（路面の凸凹や段差）により変動する。この変動は、車両Ｃが前進している場合は、まず前輪Ｗｆの車輪速センサＶＳｆの検出値Ｖｆに現われ、次に後輪Ｗｒの車輪速センサＶＳｒの検出値Ｖｒに現われる。ここで、ある段差に起因した前輪Ｗｆにおける検出値Ｖｆの変動と、後輪Ｗｒにおける検出値Ｖｒの変動が生じる時間間隔、つまり前輪Ｗｆ・後輪Ｗｒの車輪速Ｖｆ，Ｖｒの変動パターンにおける位相の時間的なズレが判れば、車両Ｃのホイールベース間距離（基準長さ）ＷＢから車体速（第１の車体速Ｖｖ１）を測定することができる。

【００２４】

ここで、この第１の車体速Ｖｖ１は、ハイドロプレーニングの影響を受ける前輪Ｗｆの車輪速Ｖｆを加味して求められるので、ハイドロプレーニングが発生すると、第１の車体速Ｖｖ１は正しい値を示さなくなる。その一方で、第１の車体速Ｖｖ１は、路面バンプ等に基づいて測定されるものである。従って、第１の車体速Ｖｖ１は、ハイドロプレーニングの影響は受けるが、路面バンプ等の影響は受けないという特性を有する（ちなみに路面バンプ等の多い悪路ではハイドロプレーニングは発生しない）。本実施形態は、この第１の車体速Ｖｖ１の特性と、第２の車体速Ｖｖ２の特性を利用して、ハイドロプレーニングを路面バンプ等と混同することなく検出する。

【００２５】

以下、第１の車体速Ｖｖ１を測定する第１の車体速測定手段１２の構成を、図３等を参照して詳細に説明する。

デジタルフィルタ１２１（１２１ｆ，１２１ｒ）は、刻々と入力される車輪速の検出値Ｖ（Ｖｆ，Ｖｒ）を処理して、特定の周波数の成分のみを通過させるデジタル式のバンドパスフィルタである。このように特定の周波数のみを通過させるのは、タイヤのユニフォーミティの崩れによる車輪速の変動を除去して、路面バンプ等に起因した車輪速変動を正しく抽出するためである。

【００２６】

つまり、タイヤはゴムやスチールワイヤ等を巻いて製造されることから、タイヤ一周の強度や密度に不均一性（ユニフォーミティの崩れ）が存在する。このため、図４（ａ）に示すように車輪Ｗが路面上を回転すると、見かけ上車両Ｃ（図１参照）が一定速度で走行していても、車輪速センサＶＳから得られる検出値Ｖの時間変動（車輪速検出値の変動曲線）には、図４（ｂ）に示すように、タイヤのユニフォーミティの崩れによる周期の大きな変動が生じる。そして、この周期の大きな変動に、路面バンプ等による周期の小さな変動が重畳される。本実施形態の第１の車体速測定手段１２では、路面バンプ等による車輪速変動から絶対的な第１の車体速Ｖｖ１を測定するものであることから、図４（ｃ）に示す

ように、タイヤのユニフォーミティの崩れによる変動成分をデジタルフィルタ１２１で除去し（つまりタイヤ固有の影響を除去し）、後の処理を円滑に行えるようにする。なお、車輪速が早いほど、タイヤのユニフォーミティの崩れによる車輪速変動の周期（周波数）、路面バンプ等による車輪速変動の周期（周波数）は、全体的に短かくなる（高周波数帯域にシフトする）。このため、デジタルフィルタ１２１は、車輪速が早くなるほど高い周波数帯域の車輪速の変動を通過するように、車輪速応動に構成してある。

【００２７】

バッファコントローラ１２２（１２２ｆ，１２２ｒ）は、デジタルフィルタ１２１を通過した車輪速の検出値Ｖ（Ｖｆ，Ｖｒ）を、１０ミリ秒間隔を置いて取得し、これをデータバッファ１２３（１２３ｆ，１２３ｒ）に所定個数記憶する機能を有すると共に、記憶した検出値Ｖを、所定個数まとめて読み出す機能を有する手段である。

【００２８】

データバッファ１２３（１２３ｆ，１２３ｒ）は、検出値Ｖ（Ｖｆ，Ｖｒ）を所定個数一時記憶する読み書き自在のメモリである。データの読み書きは、バッファコントローラ１２２（１２２ｆ，１２２ｒ）を介して行われる。なお、検出値Ｖ（Ｖｆ，Ｖｒ）は、処理の回数を数える処理カウンタｎ，ｍと対応付けてデータバッファ１２３に記憶される。具体的には、前輪側の検出値Ｖｆは、配列変数Ｖｆ（ｎ）として処理カウンタｎと対応付けてデータバッファ１２３ｆに記憶される。また、後輪側の検出値Ｖｒは、配列変数Ｖｒ（ｍ）として処理カウンタｍと対応付けてデータバッファ１２３ｒに記憶される。ちなみに、このデータバッファ１２３は、先入れ先出しを行うＦＩＦＯ（First In First Out）である。

【００２９】

この先入れ先出しを行う点を補足説明する。前輪側のデータバッファ１２２ｆには、Ｎ個の検出値Ｖｆが配列変数Ｖｆ（ｎ）として記憶されている。そして、新たな検出値Ｖｆがバッファコントローラ１２２ｆからデータバッファ１２３ｆに記憶される際は、現在記憶されている配列変数Ｖｆ（１）～Ｖｆ（Ｎ）は一括で読み出される。読み出された後、配列変数Ｖｆ（ｎ）は、そのインデックスｎを１だけインクリメントされる。つまり、次の表１に示すように、以前の配列変数Ｖｆ（１）は配列変数Ｖｆ（２）に、以前の配列変数Ｖｆ（Ｎ－１）は配列変数Ｖｆ（Ｎ）に、というようにインデックスｎがインクリメントされ、過去の一定時間にわたる検出値Ｖｆが順に更新される。結果として、新たな検出値Ｖｆが配列変数Ｖｆ（１）に記憶され、最も古い以前の配列変数Ｖｆ（Ｎ）は消去される。ちなみに、インデックスｎとその終値Ｎの関係は、１≦ｎ≦Ｎ、となる（但しＮ＞１）。

【００３０】

【表１】

表1 データバッファ122fへの検出値Vfの記憶様式

新たなVf	Vf(1)	Vf(2)	…	…	Vf(N−1)	Vf(N)
↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Vf(1)	Vf(2)	Vf(3)	…	…	Vf(N)	

【００３１】

一方、後輪側のデータバッファ１２２ｒには、Ｍ個の検出値Ｖｒが配列変数Ｖｒ（ｍ）として記憶される。この記憶様式についても、前輪側のデータバッファ１２２ｆと同じであるので、その説明を省略する。ちなみに、インデックスｍとその終値Ｍの関係は、１≦ｍ≦Ｍ、となる（但しＭ＞１）。

【００３２】

なお、前記した所定個数（終値Ｎ，Ｍ）は、前輪側のバッファコントローラ１２２ｆについていえば１６個（終値Ｎ＝１６）であり、後輪側のバッファコントローラ１２２ｒについていえば３０個（終値Ｍ＝３０）である。このように、記憶するデータ数を絞り込むの

は、後段の正規化手段１２４や相互相関関数演算手段１２５における演算処理の負荷を少なくするためである。また、このようにデータ数を絞り込んでも、充分に絶対的な第１の車体速Ｖｖ１を測定することができるからである。なお、処理カウンタｎ，ｍの初期値はそれぞれ０であるが、実際にデータが記憶されるのは１からである。従って、処理カウンタｎは実質上１～１６までの正の整数値を取り、処理カウンタｍは実質上１～３０までの正の整数値を取る。このように、後輪側の処理カウンタｍの終値Ｍが前輪側の処理カウンタｎの終値Ｎよりも大きな値を取るのは、前輪側で起こったのと同じ事象（特定のバンプ等を通過したことによる検出値Ｖの変動）は時間を置いて後輪側で起こるが、後輪側で起こった際にその事象を見逃さないためである。よって、終値Ｍは、前輪側で起こったのと同じ事象を確実に記憶できる数として３０が設定される。

【００３３】

ちなみに、本実施形態では、データバッファ１２３がデジタルフィルタ１２１から検出値Ｖ（Ｖｆ，Ｖｒ）を取得する間隔が１０ミリ秒置きであることから、処理カウンタｎが１６になるまで検出値Ｖｆを配列変数Ｖｆ（ｎ）に記憶すると、検出値Ｖｆを実時間にして１５０ミリ秒分データバッファ１２３ｆに記憶したことになる（１５０ミリ秒＝（１６－１）×１０ミリ秒）。同様に、処理カウンタｍが終値Ｍの３０になるまで検出値Ｖｒを配列変数Ｖｒ（ｍ）に記憶すると、検出値Ｖｒを実時間で２９０ミリ秒分データバッファ１２３ｒに記憶したことになる（２９０ミリ秒＝（３０－１）×１０ミリ秒）。

ところで、データバッファ１２３ｆ、１２３ｒには、１０ミリ秒ごとに検出値Ｖｆ，Ｖｒが記憶され（書き込まれ）、１０ミリ秒ごとに配列変数Ｖｆ（１）～Ｖｆ（１６），Ｖｒ（１）～Ｖｒ（３０）が読み出される。このことから、第１の車体速Ｖｖ１は、データバッファ１２３ｆ、１２３ｒのサイズにかかわらず１０ミリ秒ごとに測定される。

【００３４】

次に、正規化手段１２４（１２４ｆ，１２４ｒ）を説明する。

前輪側の正規化手段１２４ｆは、バッファコントローラ１２２ｆを介してデータバッファ１２３ｆから配列変数Ｖｆ（ｎ）を１６個分、全てを読み出す機能を有する。そして、次の相互相関関数演算手段１２５での処理を行い易くするため、検出値Ｖｆ（＝配列変数Ｖｆ（ｎ））から車輪速成分を取り除いて正規化する機能を有する。このため、正規化手段１２４ｆは、配列変数Ｖｆ（１）～Ｖｆ（１６）までの平均車輪速ＡＶｆを求める処理を行う。なお、前輪側の平均車輪速ＡＶｆは、次の式１で演算される。

$$AVf=\Sigma Vf(n)/16$$
$$=(Vf(1)+Vf(2)+\cdots+Vf)/16 \quad \cdots \quad (式1)$$

【００３５】

また、正規化手段１２４ｆは、配列変数Ｖｆ（ｎ）の正規化を次の式２のように行い、車輪速成分（平均車輪速ＡＶｆ）を取り除く。

Ｖｆ（ｎ）＝Ｖｆ（ｎ）－ＡＶｆ　…　（式２）

【００３６】

なお、処理カウンタｎは１～１６までの正の整数であるので、正規化手段１２４ｆは、処理カウンタｎを１から１ずつインクリメントして終値Ｎの１６になるまで１６回、式２を実行する。これにより、正規化した配列変数Ｖｆ（１）～Ｖｆ（１６）が得られる。

ちなみに、本実施形態では変数名を節約するため、正規化する前と正規化した後で、同じＶｆ（ｎ）という変数名を使用することとする。

【００３７】

後輪側の正規化手段１２４ｒも、前輪側の正規化手段１２４ｆと同様の正規化処理を行う（重複を避けるために説明を簡略化する）。即ち、正規化手段１２４ｒは、後輪側の平均車輪速ＡＶｒを次の式３で演算する。

$$AVr=\Sigma Vr(m)/30$$
$$=(Vr(1)+Vr(2)+\cdots+Vr)/30 \quad \cdots \quad (式3)$$

【００３８】
また、後輪側の正規化手段１２４ｒは、平均車輪速ＡＶｒを用いて、次の式４により、正規化を行う。
Ｖｒ（ｍ）＝Ｖｒ（ｍ）－ＡＶｒ　　…　（式４）
【００３９】
なお、処理カウンタｍは１～３０までの正の整数であるので、正規化手段１２４ｒは、処理カウンタｍを１から１ずつインクリメントして終値Ｍの３０になるまで３０回、式４を実行する。これにより、正規化した配列変数Ｖｒ（１）～Ｖｒ（３０）が得られる。
【００４０】
相互相関関数演算手段１２５は、フーリエ変換の一種である相互相関関数を演算（実行）する手段である。つまり、この相互相関関数演算手段１２５は、前記した１５０ミリ秒の間に前輪Ｗｆに現われる路面バンプ等による車輪速の変動パターンと同じ変動パターンが、２９０ミリ秒の間に後輪Ｗｒにどのように（どの時点で）現われるのかを判断するための処理を行う手段である。このため、相互相関関数演算手段１２５は、正規化手段１２４（１２４ｆ，１２４ｒ）から一括して正規化した配列変数Ｖｆ（ｎ），Ｖｒ（ｍ）を取得して、次の式５～式１９に示すように畳み込み積分を行う。なお、式８～式１８は省略する。

$$S(1)=Vf(1)\cdot Vr(1)+Vf(2)\cdot Vr(2)+\cdots+Vf\cdot Vr \quad \cdots (式5)$$

$$S(2)=Vf(1)\cdot Vr(2)+Vf(2)\cdot Vr(3)+\cdots+Vf\cdot Vr\ (17) \quad \cdots (式6)$$

$$S(3)=Vf(1)\cdot Vr(3)+Vf(2)\cdot Vr(4)+\cdots+Vf\cdot Vr\ (18) \quad \cdots (式7)$$

・・（中略）・・

$$S(15)=Vf(1)\cdot Vr\ (15)+Vf(2)\cdot Vr+\cdots+Vf\ (16)\cdot Vr\ (30) \quad \cdots (式19)$$

【００４１】
ここで、Ｓ（１）～Ｓ（１５）はＳ（ｊ）として表現されるが、このＳ（ｊ）は、相互相関関数の演算（畳み込み積分）の結果を１５個分（ｊ＝１～１５）記憶する配列変数である。なお、ｊは、データのアドレスを指定するインデックスである。
【００４２】
ところで、相互相関関数の演算が完了して配列変数Ｓ（ｊ）に結果のデータが記憶されると、新たに配列変数Ｖｆ（ｎ），Ｖｒ（ｍ）を読み出しても第１の車体速Ｖｖ１の測定に支障は生じない。このため、相互相関関数演算手段１２５は、相互相関関数の演算が完了すると、処理完了報告（図示外）をバッファコントローラ１２２（１２２ｆ、１２２ｒ）に行うものとする。バッファコントローラ１２２は処理完了報告を受信すると、新たな検出値Ｖ（Ｖｆ，Ｖｒ）をデータバッファ１２３に記憶するのをトリガにして、書き込み前（記憶前）の配列変数Ｖｆ（１）～Ｖｆ（１６），Ｖｒ（１）～Ｖｒ（３０）を読み出すものとする。
【００４３】
次に、最大値抽出手段１２６は、配列変数Ｓ（ｊ）のうち、最大値を抽出する関数を実行する手段である。つまり、前記した畳み込み積分の結果が割り当てられている配列変数Ｓ（ｊ）から、次の式２０により最大値を抽出する。
Ｓｓｉｍ＝ｍａｘ｜Ｓ(1)，Ｓ(2)，Ｓ(3)，…，Ｓ｜　　…　（式２０）
【００４４】

車体速演算手段１２７は、前記した配列変数Ｓ（ｊ）が最大値となるインデックスｊの値から時間差Δｔを決定する処理、及び別に記憶している車両Ｃの前輪Ｗｆと後輪Ｗｆのホイールベース間距離（基準長さ）ＷＢの値とから、次の式２１、式２２により第１の車体速Ｖｖ１を演算する処理を行う手段である。

Δｔ［秒］＝１０[ミリ秒]／１０００[ミリ秒／秒]×（ｊ－１）　…　（式２１）

Ｖｖ１［ｋｍ／hr］＝ＷＢ［ｍ］／Δｔ［秒］×３６００[秒／hr]／１０００[ｍ／km]　…　（式２２）

【００４５】

なお、時間差Δｔは、請求項の「一致したパターンの時間差」に相当する。また、式２１の１０という値は、各検出値Ｖｆ，Ｖｒのサンプリング間隔の１０ミリ秒である。また、インデックスｊから１を引くのは、区間数を求めるためである。

【００４６】

（第２の車体速測定手段）

説明を図２に戻す。図２に示す第２の車体速測定手段１３は、入出力インタフェイス１１から後輪側の検出値Ｖｒを入力して検出値Ｖｒの移動平均を演算し、この演算した移動平均をハイドロプレーニングの影響を受けない第２の車体速Ｖｖ２とする機能を有する。このため、第２の車体速測定手段１３は、図示しないＦＩＦＯ（Firs In Firs Out）を有し、入力された後輪側の検出値Ｖｒの移動平均を演算する処理を行う。ＦＩＦＯは、前記したとおり先入れ先出しを行うメモリである。ＦＩＦＯには、Ｋ個の検出値Ｖｒが配列変数Ｖｒ（ｋ）として記憶されるものとし、新たな検出値ＶｒがＦＩＦＯに配列変数Ｖｒ（１）として記憶される際、最も古い配列変数Ｖｒ（Ｋ）は消去する。この点については、既に説明したＦＩＦＯと同じである。なお、インデックスｋとその終値Ｋの関係は、１≦ｋ≦Ｋ、となる（但しＫ＞１）。ちなみに、終値Ｋは例えば５である。

【００４７】

ＦＩＦＯに新たに検出値Ｖｒが記憶される際は、このＦＩＦＯから配列変数Ｖｖ（１）～Ｖｖ（５）が一括して読み出され、次の式１により第２の車体速Ｖｖ２が演算される。

$$Vv2=\Sigma Vr(k)/K$$
$$=(Vv(1)+Vv(2)+\cdots+Vv(K))/K \quad \cdots \quad (式23)$$

【００４８】

ちなみに、検出値Ｖｒのサンプリング間隔が１０ミリ秒間であるので、第２の車体速Ｖｖ２は、後輪Ｗｒにおける５０ミリ秒分の車輪速の平均値に相当する。また、第２の車体速Ｖｖ２も１０ミリ秒ごとに測定される。このように第２の車体速Ｖｖ２を、移動平均を行って測定するのは、路面バンプ等による検出値Ｖｒの変動の影響を無くすためである。よって、第２の車体速Ｖｖ２は、ハイドロプレーニングの影響も路面バンプ等の影響も受けない特性を有する。

【００４９】

（車体速比較手段）

車体速比較手段１４は、１０ミリ秒ごとに、第１の車体速測定手段１２から第１の車体速Ｖｖ１と第２の車体速測定手段１３から第２の車体速Ｖｖ２を入力して、両者の偏差ΔＶ（＝｜Ｖｖ１－Ｖｖ２｜）を演算する機能を有する。なお、カッコ内の式から理解されるように、偏差ΔＶは差の絶対値であり、常にプラスの値になる。

【００５０】

（閾値記憶手段）

閾値記憶手段１５は、後段の判定手段１６で偏差ΔＶと比較される閾値Ｔｈを記憶するメモリである。なお、閾値Ｔｈは実験等により設定されるものであるが、閾値Ｔｈを大きくすれば、ハイドロプレーニング検出の誤り（誤検出）を少なくすることができるようになる。一方、閾値Ｔｈを小さくすれば、ハイドロプレーニングを初期の段階から検出することができるようになる。ドライバに早期に注意を促すためには、閾値Ｔｈは小さい方が好ましい。

【００５１】
（判定手段）
判定手段１６は、車体速比較手段１４から偏差ΔＶを、閾値記憶手段１５から閾値Ｔｈをそれぞれ入力し、偏差ΔＶが閾値Ｔｈを超える場合（ΔＶ＞Ｔｈ）に判定カウンタＲをインクリメントし（Ｒ＝Ｒ＋１）、超えない場合（ΔＶ≦Ｔｈ）に判定カウンタＲに０を設定し（Ｒ＝０）、判定カウンタＲが所定の判定閾値を超えた場合にハイドロプレーニング状態と判定する機能を有する。また、判定手段１６は、アラーム信号ＡＳを生成してアラームＡＬに出力する機能を有する。なお、所定の判定閾値は５とするが（図５参照）、この判定閾値を大きくすると、ハイドロプレーニングの誤検出を少なくすることができるようになる。一方、判定閾値を小さくすれば、ハイドロプレーニング状態を初期の段階から検出することができるようになる。ドライバに早期に注意を促すためには、判定閾値は小さい方が好ましい。
【００５２】
なお、本実施形態のハイドロプレーニング検出装置１によれば、過去の履歴を参照しているので、ハイドロプレーニングの誤検出を少なくすることができる。また、過去の履歴を参照しつつも、必ず１０ミリ秒ごとにハイドロプレーニング状態の判定が行われるので、刻々と変化する路面状況に対処して、ドライバにハイドロプレーニングの検出結果を早期に知らせることができる。
【００５３】
ちなみに、本実施形態において、デジタルフィルタ１２１、バッファコントローラ１２２、データバッファ１２３、正規化手段１２４で行われる処理は、請求項の「タイヤ固有の影響を除去」、及び「特徴抽出」に相当する。また、相関関数演算手段１２５、最大値抽出手段１２６、車体速演算手段１２７で行われる処理は、請求項の「パターンマッチング」、及び「第１の車体速を測定」に相当する。また、判定カウンタＲが判定閾値を超えた場合は、請求項の「偏差が所定値より大きい状態が所定時間続いた」場合に相当する。
【００５４】
≪ハイドロプレーニング検出装置の動作≫
次に、本実施形態のハイドロプレーニング検出装置１の動作を、図１～図８を参照して説明する。図５は、ハイドロプレーニング検出装置の動作を示すフローチャートである。図６は、第１の車体速測定の様子を模式的に示す図であり、（ａ）は車両がａ地点及びｂ地点を含む道路をｂ地点側へと走行する様子を模式的に示し、（ｂ）はその際における車輪速の検出値の変化を時系列で示し、（ｃ）は（ｂ）の検出値をデジタルフィルタで処理した後の検出値の変化を時系列で示す。図７は、第１の車体速を測定する処理を示すフローチャートである。図８は、（ａ）が正規化処理後の配列変数Ｖｆ（ｎ）を模式的に示し、（ｂ）が正規化処理後の配列変数Ｖｆ（ｍ）を模式的に示すグラフである。
【００５５】
本実施形態においては、図５のフローチャートに示すようにしてハイドロプレーニング発生の検出が行われる。
【００５６】
（ステップＳ１１）
まず、第１の車体速測定手段１２においてハイドロプレーニングの影響は受けるが、路面バンプ等の影響は受けない第１の車体速Ｖｖ１の測定が行われる（Ｓ１１）。この第１の車体速Ｖｖ１の測定動作を、図６～図８を参照（適宜図１等を参照）して詳しく説明する。
【００５７】
〔タイヤのユニフォーミティの崩れによる変動の除去〕
第１の車体速Ｖｖ１を測定するには、タイヤのユニフォーミティの崩れによる車輪速の検出値Ｖｆ，Ｖｒの変動を除去する。すなわち、図６（ａ）に示すように、車両Ｃがある車速でａ地点、ｂ地点を含む道路を走行する。車両Ｃが走行すると車輪速センサＶＳ（ＶＳｆ，ＶＳｒ）から入出力インタフェイス１１を介して車輪速の検出値Ｖ（Ｖｆ，Ｖｒ）が

ハイドロプレーニング検出装置１に入力される。前記したとおり前輪Ｗｆ、後輪Ｗｒのタイヤにはユニフォーミティの崩れが存在するのでこれによる周期の大きな変動と、路面バンプ等による周期の小さな変動が車輪速センサＶＳで検出される検出値Ｖｆ，Ｖｒに重畳されている（図６（ｂ）参照）。つまり、見かけ上車両Ｃが一定速で走行していても、タイヤのユニフォーミティの崩れと路面バンプ等の存在による影響で検出値Ｖｆ，Ｖｒは変動する。本実施形態では、第１の車体速Ｖｖ１を路面バンプ等による検出値Ｖｆ，Ｖｒの変動から測定するので、デジタルフィルタ１２１で処理してタイヤのユニフォーミティの崩れによる変動を検出値Ｖｆ，Ｖｒから除去する。

【００５８】

デジタルフィルタ１２１で処理すると、図６（ｃ）に示すように検出値Ｖｆ，Ｖｒからタイヤのユニフォーミティの崩れによる変動が除去される。これにより、絶対的な速度である第１の車体速Ｖｖ１をより正確に測定（演算）できるようになる。なお、図６（ｂ），（ｃ）の上図は前輪側（前輪Ｗｆ）についてのものであり、下図は後輪側（前輪Ｗｒ）についてのものである。

【００５９】

〔検出値のデータバッファへの記憶〕

デジタルフィルタ１２１によりタイヤのユニフォーミティの崩れによる変動が除去された検出値Ｖｆ，Ｖｒは、バッファコントローラ１２２により１０ミリ秒間隔で取得され、データバッファ１２３に配列変数Ｖｆ（ｎ），Ｖｒ（ｍ）として記憶される処理が行われる。

【００６０】

これにより、１０ミリ秒間隔ごとに、検出値Ｖｆが１６個分、配列変数Ｖｆ（ｎ）として記憶され、検出値Ｖｒが３０個分、配列変数Ｖｒ（ｍ）として記憶され、次の処理である第１の車体速Ｖｖ１を測定する処理の前準備が整う。

【００６１】

〔第１の車体速の測定〕

データバッファ１２３ｆ，１２３ｒに配列変数Ｖｆ（ｎ），Ｖｒ（ｍ）が所定個数記憶されると、図７のフローチャートに示すように、データバッファ１２３から検出値としての配列変数Ｖｆ（ｎ），Ｖｒ（ｍ）を全て読み出す（Ｓ２１）。そして、前輪側及び後輪側について既に説明した手順により正規化を行う（Ｓ２２，Ｓ２３）。この際の演算において使用されるのは、式１～式４である。正規化が完了すると、図８（ａ）（ｂ）のようなグラフで配列変数Ｖｆ（ｎ），Ｖｒ（ｍ）が模式的に示される。なお、既に説明したように、正規化する前と正規化する後とで、同じ変数名を使用して、メモリを節約している。

【００６２】

ステップＳ２２，Ｓ２３で正規化が完了すると、既に説明した式５～式１９を使用して相互相関関数を演算する（Ｓ２４）。なお、式５～式１９は、次のように１つの式２４にまとめて、繰り返し部分を省略化することができる。

$$S(j)=Vf(1)\cdot Vr(1+j)+Vf(2)\cdot Vr(2+j)+\cdots+Vf\cdot Vr(16+j)$$

… （式２４）

【００６３】

ステップＳ２４で、相互相関関数を演算して配列変数Ｓ（ｊ）に記憶すると、配列変数Ｖｆ（ｎ），Ｖｒ（ｍ）に新しいデータを記憶することができるようになる。このため、ステップＳ２５で、相互相関関数演算手段１２５が処理完了報告をバッファコントローラ１２２に出力する。これにより、新たな検出値Ｖｆ，Ｖｒを配列変数Ｖｆ（ｎ），Ｖｒ（ｍ）に記憶してデータバッファ１２３に記憶することができるようになる。

【００６４】

ステップＳ２６では、式２０により、相互相関関数の演算結果を記憶した配列変数Ｓ（ｊ）から最大値を抽出する。そして、その最大値となるＳ（ｊ）のインデックスｊを特定し、このインデックスを式２１に代入して時間差Δｔを決定する。続けて、式２２に決定し

た時間差Δｔと予め記憶しているホイールベース間距離ＷＢを代入して、第１の車体速Ｖｖ１を演算する（Ｓ２７）。ちなみに、ステップＳ２４の相互相関関数の演算、及びステップＳ２６の最大値の抽出は、図８（ａ）のグラフに図８（ｂ）のグラフをどの様にずらせば両グラフが重なり合うのかを試行（パターンマッチング）することに相当し、ステップＳ２７の時間差Δｔの決定は、重なり合う場所における両グラフの位相差を決定するものである。

【００６５】

位相差の決定を、図８（ａ），（ｂ）と式５～１９を用いて補足説明する。

前輪側と後輪側とで位相が揃わない場合（パターンの異なる場合）の式５では、例えば「Ｖｆ（２）とＶｒ（２）の積」、「Ｖｆ（３）とＶｒ（３）の積」は負の値になり、例えば「Ｖｆ（１６）とＶｒ（１６）の積」は正の値になる。従って、和のＳ（１）は、正の値と負の値を足し合わせて演算されることになる。

位相が揃わない場合の式６等も同様であり、和のＳ（２）等は、正の値と負の値を足し合わせて演算されることになる（図８（ａ）（ｂ）参照）。

ところが、位相が揃う場合（パターンが一致する場合）の式１９では、「Ｖｆ（１）とＶｒ（１５）の積」～「Ｖｆ（１６）とＶｒ（３０）の積」の全てが正の値になるので、和のＳ（１５）も、Ｓ（ｊ）の中で最も大きな値になる（ｊは１～１５）。

このことから、最大値となるＳ（ｊ）のインデックスｊを見つけ出せば、そのインデックスｊとサンプリング間隔（ここでは１０ミリ秒）から位相差がどれだけの時間があるのかが判る。

【００６６】

次に、ステップＳ２７の処理を、具体的な数字を用いて説明する。

仮に、配列変数Ｓ（１５）が最大値であったとすると（ｊ＝１５，Ｓ２６）、時間差Δｔは１４０ミリ秒（＝（１５－１）・１０ミリ秒＝０．１４秒）になる。ここで、ホイールベース間距離ＷＢが２．８３ｍとすると第１の車体速Ｖｖ１は、式２２により次のように求められる（測定される）。

$$Vv1=WB/\Delta t\times 3600/1000 \quad \cdots \quad (式22)$$
$$=2.83/0.14\times 3.6$$
$$=73[km/h]$$

【００６７】

測定後はＲｅｔｕｒｎに移行して処理を継続する。これにより、ステップＳ２１～ステップＳ２７が順次繰り返され、第１の車体速Ｖｖ１が１０ミリ秒ごとに測定される。

【００６８】

ところで、図８（ａ）は前輪側の車輪速（検出値Ｖｆ）の変化パターンを示すが、この変化パターンのうち、破線で丸く囲んだ部分は実線と破線とで示してある。実線はハイドロプレーニングが発生した場合の検出値Ｖｆの変化パターンであり、急激に検出値Ｖｆが低下している。一方、丸で囲んだ部分における破線は、ハイドロプレーニングが発生しない場合の検出値Ｖｆの変化パターンであり、図８（ｂ）の後輪側の車輪速（検出値Ｖｒ）の変化パターンとよく一致している。

【００６９】

ここで、ハイドロプレーニングが発生した場合、配列変数Ｓ（ｊ）が最大値になるｊの値が、ハイドロプレーニングが発生していない場合のｊの値（前記した例ではｊ＝１５）とは異なる値になる。ハイドロプレーニングの発生によりｊの値が異なると、第１の車体速Ｖｖ１が誤った値になる（正しい値を示さなくなる）。

【００７０】

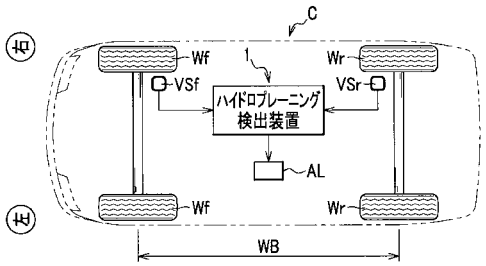
ちなみに、フローチャートのステップＳ２１～Ｓ２３までが、請求項の「特徴抽出」に相当し、フローチャートのステップＳ２４，Ｓ２６が請求項の「パターンマッチング」に相当するといえる。

【００７１】
（ステップＳ１２～Ｓ１８）
説明を図５に戻す。ステップＳ１２では、第２の車体速測定手段１３により、後輪側の検出値Ｖｒから第２の車体速Ｖｖ２を測定する。この第２の車体速Ｖｖ２は、前記したとおり検出値Ｖｒの移動平均として測定される。
【００７２】
次のステップＳ１３では、車体速比較手段１４により、ステップＳ１１で測定した第１の車体速Ｖｖ１とステップＳ１２で測定した第２の車体速Ｖｖ２の偏差ΔＶを演算する。そして、ステップＳ１４では、判定手段１６により、偏差ΔＶが閾値Ｔｈを超えるか、超えないかを判定する。閾値Ｔｈを超えない場合（Ｎｏ，ΔＶ≦Ｔｈ）は、ステップＳ１５で判定カウンタＲに０を設定（Ｒ＝０）し、Ｒｅｔｕｒｎに移行して再度ステップＳ１１からの処理を繰り返す。一方、ステップＳ１４において、偏差ΔＶが閾値Ｔｈを超える場合（Ｙｅｓ，ΔＶ＞Ｔｈ）は、ステップＳ１６で判定カウンタＲをインクリメントする（Ｒ＝Ｒ＋１）。
【００７３】
判定カウンタＲをインクリメントしたら、ステップＳ１７で判定カウンタＲが判定閾値の５以上になっているか否かを判定する。判定カウンタＲが５以上になっていない場合（Ｎｏ，Ｒ＜５）は、Ｒｅｔｕｒｎに移行して、再度ステップＳ１１からの処理を繰り返す。一方、ステップＳ１７において、判定カウンタＲが判定閾値の５以上になっている場合（Ｙｅｓ，Ｒ≧５）、より具体的には連続して５回以上偏差ΔＶが閾値Ｔｈを超える場合は、ハイドロプレーニング状態と判定し（ハイドロプレーニング状態を検出し）、アラーム信号ＡＳを生成する（ステップＳ１８）。これにより、図１に示すアラームＡＬが作動して、ドライバにハイドロプレーニングを警告する。
【００７４】
以上説明した本実施形態のハイドロプレーニング検出装置１によれば、ハイドロプレーニングの影響は受けるが路面バンプ等の影響を受けない第１の車体速Ｖｖ１と、ハイドロプレーニングの影響も路面バンプの影響も受けない特性を有する第２の車体速Ｖｖ２との偏差ΔＶでハイドロプレーニング状態を判定するので、路面バンプ等の影響を受けることなくハイドロプレーニングを正しく検出することができる。つまり、路面バンプ等による車輪速の変動をハイドロプレーニングと誤判定することをなくしたり、低減したりして、ハイドロプレーニングを検出することができる。このため、水膜が１０ｍｍに満たない場合でも適切にハイドロプレーニングを検出することができる。また、部分ハイドロプレーニングも検出することができる。
【００７５】
ちなみに、図５のステップＳ１４において、偏差ΔＶが閾値Ｔｈよりも大きくなるのは、ハイドロプレーニングが発生した場合である。すなわち、路面バンプ等が多くある悪路等では、ウェット路面で水膜が存在していてもハイドロプレーニングは発生しないので、偏差ΔＶが閾値Ｔｈよりも大きくなることはない。また、第１の車体速Ｖｖ１は、路面バンプ等を利用して車体速を測定するものであるので、本質的に悪路に強く、路面バンプ等の影響を受けずに車体速を測定することができる。このため、ハイドロプレーニングを悪路等と混同することなく検出することができることになる。
【００７６】
なお、本発明は前記した実施形態に限定されることなく幅広く変形実施することができる。例えば、第１の車体速Ｖｖ１を移動平均により求めてもよい。また、車両Ｃの右側の車輪Ｗｆ，Ｗｒに備えた車輪速センサＶＳｆ，ＶＳｒにより、ハイドロプレーニングの検出を行ったが、車輪速センサＶＳｆ、ＶＳｒを車両Ｃの左側に備えるようにしてもよい。また、両側に備えるようにして、左右両側の検出値Ｖを利用してハイドロプレーニングの検出を行ってもよい。なお、第２の車体速Ｖｖ２は、例えば後輪Ｗｒ２輪の車輪速の平均をとってもよいし、片側だけの車輪速の移動平均をとってもよい。また、双方を組み合わせたものでもよい。

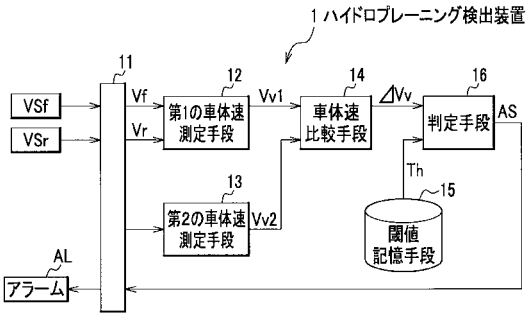
【００７７】
また、例えば後輪側の変動パターンと同じパターンが、前輪側でいつ出現したかをパターンマッチングにより検出して第１の車体速Ｖｖ１を測定することとしてもよい。また、最大値となるＳ（ｊ）に閾値を定め、最大値となるＳ（ｊ）であっても、ある値（閾値）を超えなければ、第１の車体速Ｖｖ１を演算（測定）しないようにしてもよい。
【００７８】
また、直進状態の判定を行い、直進状態のときにハイドロプレーニングの判定を行うようにしてもよい。直進状態の判定は、例えば左右の車輪の車輪速の差を検出して行うことができる。
【００７９】
処理カウンタｎ，ｍの終値Ｎ，Ｍや判定閾値の値は一例であり、前記した実施形態の値に限定されることはない。また、検出値のサンプリング間隔を１０ミリ秒ごととして説明したが、これを車速が早くなると短くなるようにしてもよい。また、カウンタの終値も検出値のサンプリング間隔や車速に応じて変動するようにしてもよい。また、タイヤのユニフォーミティの崩れによる変動を、デジタルフィルタでソフトウェア的に除去したが、ハードウェア的に除去するようにしてもよい。また、バンドパスフィルタを用いた例を説明したが、ローパスフィルタやハイパスフィルタ等を用いるようにしてもよい。また、ハイドロプレーニング検出装置における処理を、ハードウェア的に行うようにしてもよい。
【００８０】
また、相互相関関数によるパターンマッチングは一例であり、本発明がこれに限定されることはない。
【００８１】
また、ハイドロプレーニング状態の判定（検出）は、濡れた路面におけるウェットμの判定（検出）に相当するともいえる。
【００８２】
【発明の効果】
本発明（請求項１）によれば、水膜が厚くない状態で発生するハイドロプレーニングや、早期段階でのハイドロプレーニングを、路面のバンプ等と混同することなく検出（判定）することができる。また、本発明（請求項２）によれば、誤判定を少なくすることができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】　本発明にかかる実施形態のハイドロプレーニング検出装置を搭載する車両のシステム構成図である。
【図２】　ハイドロプレーニング検出装置のブロック構成図である。
【図３】　ハイドロプレーニング検出装置の要部をなす第１の車体速測定手段のブロック構成図である。
【図４】　車輪速の検出値の変動を説明する図である。
【図５】　ハイドロプレーニング検出装置の動作を示すフローチャートである。
【図６】　第１の車体速測定の様子を模式的に示す図であり、（ａ）は車両がａ地点及びｂ地点を含む道路をｂ地点側へと走行する様子を模式的に示し、（ｂ）はその際における車輪速の検出値の変化を時系列で示し、（ｃ）は（ｂ）の検出値をデジタルフィルタで処理した後の検出値の変化を時系列で示す。
【図７】　第１の車体速を測定する処理を示すフローチャートである。
【図８】　（ａ）が正規化処理後の配列変数Ｖｆ（ｎ）を模式的に示し、（ｂ）が正規化処理後の配列変数Ｖｆ（ｍ）を模式的に示すグラフである。
【図９】　従来例を説明する図である。
【図１０】　従来例を説明する図である。
【符号の説明】
１　…　ハイドロプレーニング検出装置
１１　…　入出力インタフェイス（入力部）

１２　…　第１の車体速測定手段（処理部）
１２１　…　デジタルフィルタ
１２２　…　バッファコントローラ
１２３　…　データバッファ
１２４　…　正規化手段
１２５　…　相互相関関数演算手段
１２６　…　最大値抽出手段
１２７　…　車体速演算手段
１３　…　第２の車体速測定手段（処理部）
１４　…　車体速比較手段（処理部）
１６　…　閾値記憶手段（処理部）
１７　…　判定手段（処理部）
Ｃ　…　車両
ＶＳ　…　車輪速センサ
Ｖ，Ｖｆ，Ｖｒ　…　検出値
Ｖｆ（ｎ），Ｖｒ（ｍ），Ｓ（ｊ）　…　配列変数
Ｖｖ１…　第１の車体速
Ｖｖ２…　第２の車体速
Δｔ　…　時間差
ＷＢ　…　ホイールベース間距離（基準長さ）

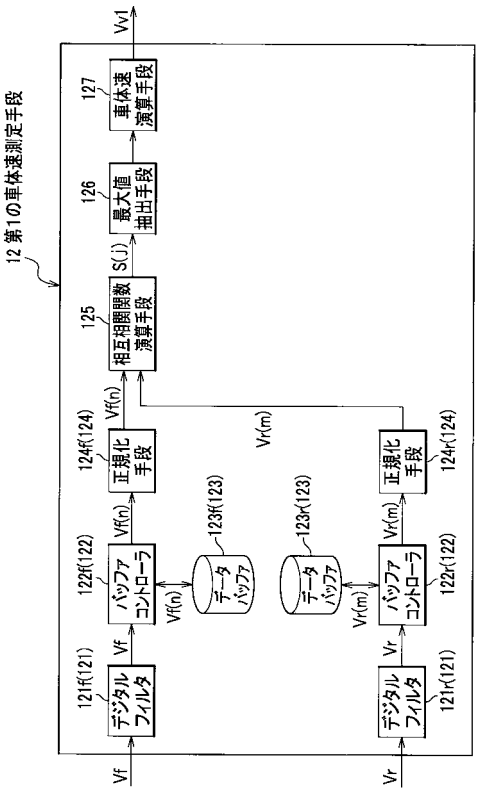
【図１】



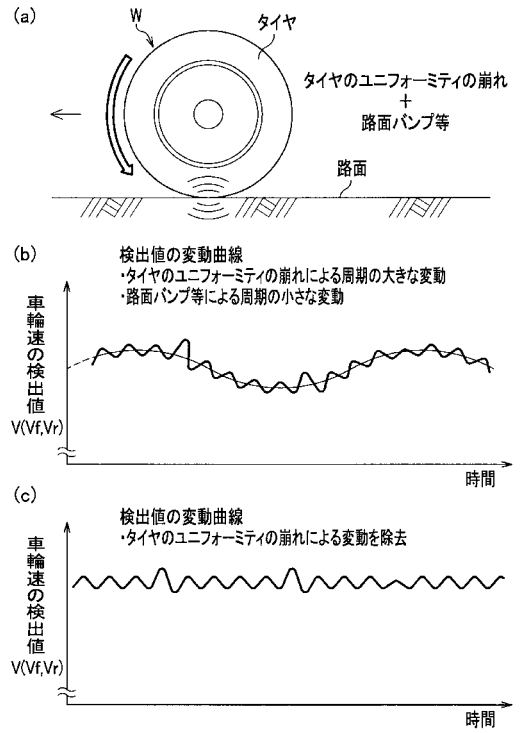
【図２】



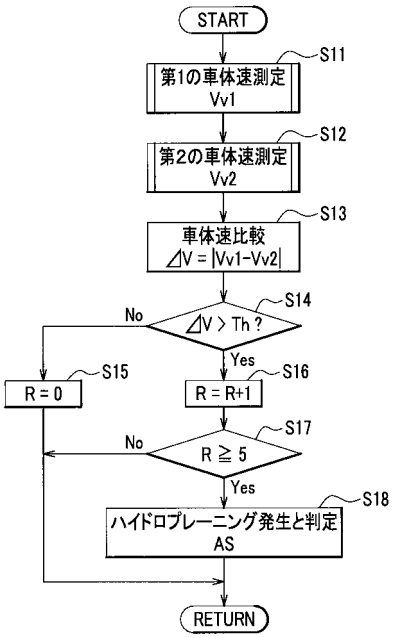
【図３】



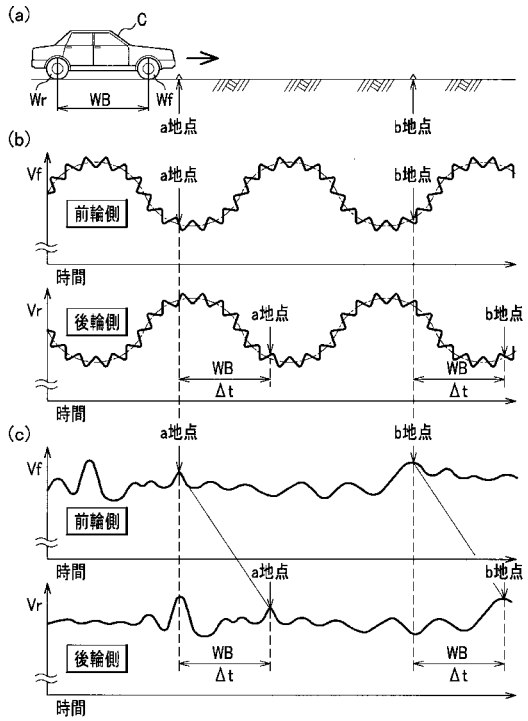
【図４】


(a)
W
タイヤ
タイヤのユニフォーミティの崩れ
＋
路面バンプ等
路面
(b)
検出値の変動曲線
・タイヤのユニフォーミティの崩れによる周期の大きな変動
・路面バンプ等による周期の小さな変動
車輪速の検出値
V(Vf,Vr)
時間
(c)
検出値の変動曲線
・タイヤのユニフォーミティの崩れによる変動を除去
車輪速の検出値
V(Vf,Vr)
時間

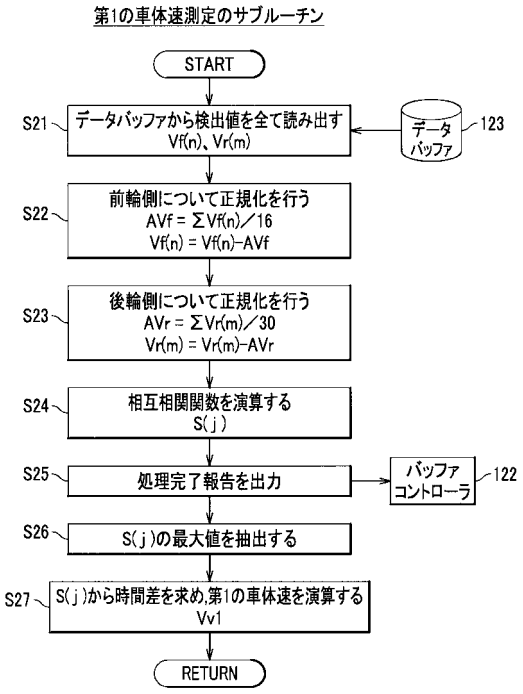
【図５】


START
S11
第1の車体速測定
Vv1
S12
第2の車体速測定
Vv2
S13
車体速比較
⊿V = |Vv1-Vv2|
S14
No
⊿V > Th ?
Yes
S15
R = 0
S16
R = R+1
S17
No
R ≧ 5
Yes
S18
ハイドロプレーニング発生と判定
AS
RETURN

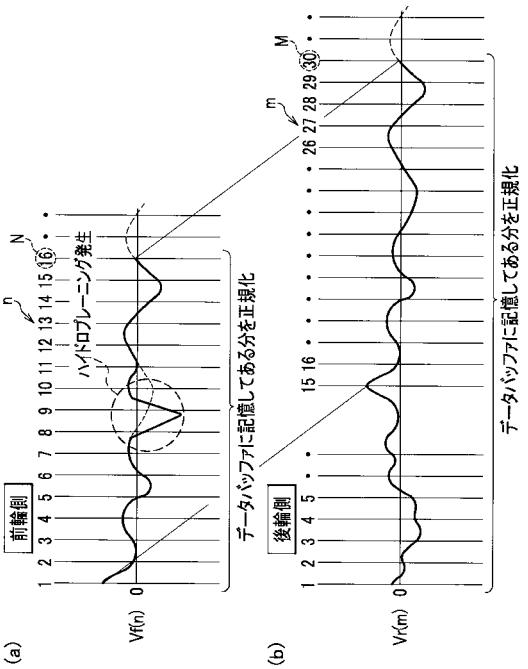
【図６】


(a)
C
Wr
WB
Wf
a地点
b地点
(b)
Vf
前輪側
時間
Vr
後輪側
WB
Δt
(c)
Vf
前輪側
Vr
後輪側

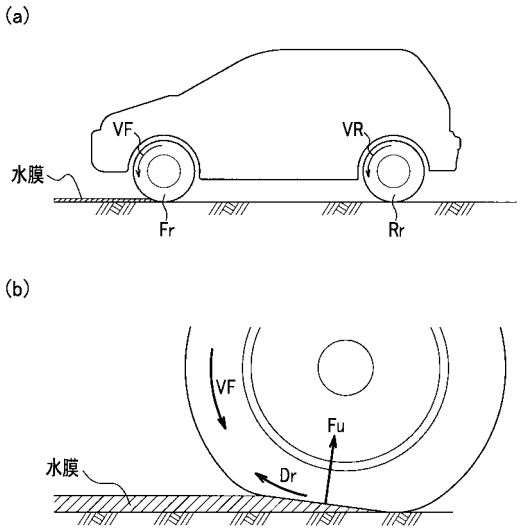
【図７】


第1の車体速測定のサブルーチン
START
S21
データバッファから検出値を全て読み出す
Vf(n)、Vr(m)
データバッファ
123
S22
前輪側について正規化を行う
AVf = ΣVf(n)／16
Vf(n) = Vf(n)-AVf
S23
後輪側について正規化を行う
AVr = ΣVr(m)／30
Vr(m) = Vr(m)-AVr
S24
相互相関関数を演算する
S(j)
S25
処理完了報告を出力
バッファコントローラ
122
S26
S(j)の最大値を抽出する
S27
S(j)から時間差を求め,第1の車体速を演算する
Vv1
RETURN

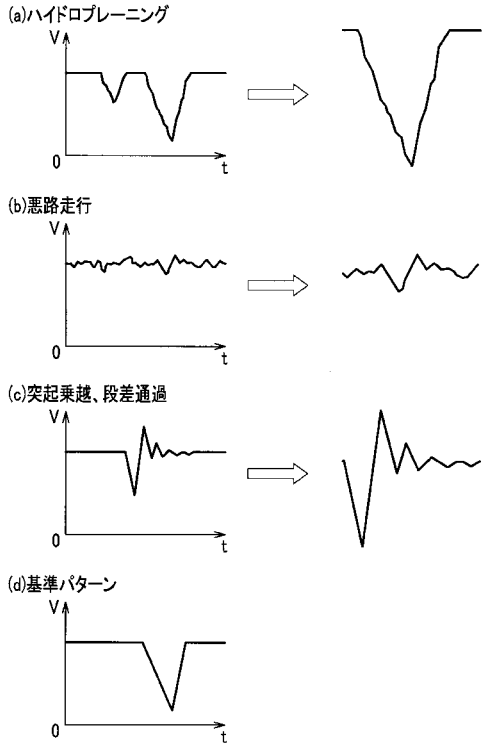
【図８】


前輪側
後輪側
ハイドロプレーニング発生
データバッファに記憶してある分を正規化
データバッファに記憶してある分を正規化
Vf(n)
Vr(m)
(a)
(b)

【図９】


(a)
VF
VR
水膜
Fr
Rr
(b)
VF
Fu
水膜
Dr

【図１０】


(a)ハイドロプレーニング
(b)悪路走行
(c)突起乗越、段差通過
(d)基準パターン
V
0
t

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平６－１４８２１９（ＪＰ，Ａ）
特開平８－２７６８５９（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１１０３３５（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０５４０４３（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－１８８２３８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01P1/00～3/80
G01P15/00～15/16
G01M17/00～17/06