明　細　書

発明の名称 ： 車両用システム及び進路推定方法

技術分野

[0001] 本発明は、車両の進行方向を推定する車両用システム及び進路推定方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、自動運転の研究が盛んになっており、その実用化が望まれている（例えば特許文献１参照。）。自動運転を実現するためには、道路構造などの車両の周囲環境を精度高く把握することが不可欠である。道路構造などは、道路の形状や、車線幅や、路肩の形状等を詳細にデータ化したマップデータから取得可能である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１６－９１４１２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、道路構造などの自車の周囲環境を把握できても、車両の進行方向を正確に把握できなければ、例えば進むべき進路の方向を精度高く判断できないという問題がある。

[0005] 本発明は、前記従来の問題点に鑑みてなされたものであり、例えば走行路に沿って車両が走行しているのか横切るように走行しているのか等、車両の進行方向を推定するための車両用システム及び進路推定方法を提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、磁気マーカに対する車両の車幅方向の位置的な偏差である横ずれ量を計測する横ずれ量計測部と、

車両が走行する路面に間隔を設けて配設された２つの磁気マーカに対する

横ずれ量の差分を利用し、当該２つの磁気マーカの位置を結ぶ線分方向に対する車両の進行方向の偏差を推定する進路推定部と、を備える車両用システムにある。

[0007] 本発明の一態様は、車両の走行路の経路方向に沿って間隔を設けて配設された２つの磁気マーカに対する車両の車幅方向の位置的な偏差である横ずれ量をそれぞれ計測し、該２つの磁気マーカに対する横ずれ量の差分を算出することにより前記経路方向に対する車両の進行方向の偏差を推定する進路推定方法にある。

[0008] 前記一態様の車両用システムは、前記２つの磁気マーカに対する前記横ずれ量をそれぞれ計測し、その差分を利用して前記２つの磁気マーカの位置を結ぶ線分方向に対する車両の進行方向の偏差を推定する。前記線分方向は、前記２つの磁気マーカにより規定される方向であり、基準の方向となり得る。この線分方向に対する前記偏差を特定すれば、車両の進行方向を精度高く推定できる。

また、前記一態様の進路推定方法によれば、前記走行路の経路方向に沿って配設された２つの磁気マーカを利用することで、該経路方向に対する車両の進行方向の偏差を推定できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施例１における、車両用システムの構成を示す説明図。

[図2]実施例１における、センサユニットを取り付けた車両を見込む正面図。

[図3]実施例１における、車両用システムの電気的な構成を示すブロック図。

[図4]実施例１における、磁気センサの構成を示すブロック図。

[図5]実施例１における、磁気マーカを通過する際の車幅方向の磁気分布の時間的な変化を例示する説明図。

[図6]実施例１における、磁気マーカを通過する際の磁気計測値のピーク値の時間的な変化を例示する説明図。

[図7]実施例１における、横ずれ量の計測方法の説明図。

[図8]実施例１における、車両用システムによる処理の流れを示すフロー図。

[図9]実施例１における、２つ目の磁気マーカの検出期間の説明図。

[図10]実施例１における、進路推定処理の流れを示すフロー図。

[図11]実施例１における、２つの磁気マーカを通過したときの横ずれ量の差分Ｏfdと、進路ズレ角Ｒｆと、の関係を示す説明図。

[図12]実施例１における、直線路に沿って車両が走行する状況を例示する説明図。

[図13]実施例１における、直線路を車両が斜行する状況を例示する説明図。

[図14]実施例１における、曲線路に沿って車両が走行する状況を例示する説明図。

[図15]実施例１における、曲線路を車両が斜行する状況を例示する説明図。

[図16]実施例２における、２つの磁気マーカに対する横ずれ量の差分Ｏfdと、進路ズレ角Ｒｆと、の関係を示す説明図。

[図17]実施例３における、直線路に沿って走行する車両の車載カメラによる撮像画像を例示する図。

[図18]実施例３における、直線路を斜行する車両の車載カメラによる撮像画像を例示する図。

[図19]実施例３における、道路構造の３次元的な推定を例示する説明図。

[図20]実施例４における、逸脱警報の説明図。

発明を実施するための形態

[0010] 本発明の車両用システムでは、前記横ずれ量計測部は、前記２つの磁気マーカと同じ間隔を空けて車両の前後方向に離隔する少なくとも２箇所に配置されており、

前記進路推定部は、前記２つの磁気マーカと同じ間隔を空けて離隔する２つの横ずれ量計測部のうちの前側の横ずれ量計測部が当該２つの磁気マーカのうち車両の進行側に位置する一方の磁気マーカについて計測した横ずれ量と、後ろ側の横ずれ量計測部が他方の磁気マーカについて計測した横ずれ量と、の差分を利用して前記進行方向の偏差を推定すると良い。

[0011] 前記２つの横ずれ量計測部が同じ間隔の２つの磁気マーカについてそれぞ

れ計測した横ずれ量の差分を利用すれば、前記２つの磁気マーカの位置を結ぶ線分方向に対する車両の進行方向の偏差を精度高く推定できる。

[0012] 本発明の車両用システムでは、前記２つの磁気マーカは、車両が走行する走行路の経路方向に沿って配設されていると良い。

この場合には、前記２つの磁気マーカの位置を結ぶ線分方向が前記走行路の経路方向に一致するため、前記走行路の経路方向に対する車両の進行方向の偏差を推定できるようになる。

[0013] 前記進路推定部は、前記偏差の推定に利用する前記２つの磁気マーカの間隔を車速に応じて変更すると良い。

低い車速域では、車両の操舵輪の操舵角が大きくなり、比較的短い距離で車両の進行方向が変化する一方、高い車速域では、操舵角が小さくなり、車両の進行方向が変化するのに比較的長い距離を要する傾向にある。したがって、車両の進行方向が一定とみなすことが出来る距離は、車速が低いほど短く、車速が高いほど長くなる傾向にある。

[0014] したがって、前記偏差を推定するために利用する前記２つの磁気マーカの間隔は、車両の速度が高いほど長く、車両の速度が低いほど短くすると良い。例えば、車速域が高い高速道路と、車速域が低い市街地の道路とで、磁気マーカを配置する間隔を異ならせておくことも良い。あるいは、低い車速まで対応できる比較的短い間隔で磁気マーカを配置しておき、車速に応じて前記２つの磁気マーカの組み合わせ（間隔）を変更することも良い。

[0015] 前記磁気マーカは、車両が走行する区分である車線に沿って配設され、

前記横ずれ量、前記偏差及び車速を利用して前記車線から車両が逸脱するまでの時間及び距離のうちの少なくともいずれか一方を予測する予測部と、当該予測部が予測する時間あるいは距離に応じて警報を発する警報装置と、を備える車両用システムであっても良い。

[0016] 前記偏差を利用すれば、車両が前記車線から逸脱するまでの時間や距離を精度高く予測できる。この時間あるいは距離を利用すれば、精度の高い逸脱警報が可能である。さらに、前記横ずれ量と前記偏差とを組み合わせれば、

一層高精度の逸脱警報が可能になる。

[0017] 前記磁気マーカは、車両が走行する区分である車線に沿って配設され、

前記横ずれ量及び前記偏差を利用して自車を基準とした３次元的な道路構造を推定する道路構造推定部を備える車両用システムであっても良い。

例えば車線の方向に対して車両の進行方向が一致しており前記偏差がゼロ近くである場合には、車線に沿って走行している可能性が高くなる。この場合には、例えば車両の操舵角から予測される車両の進路が車線と一致するものと推測でき、この車線を基準として、ガードレールや標識等が存在する路側や、対向車線等の道路構造の推定が可能になる。

[0018] 前記進路推定部は、車両が走行する走行路の経路方向に対する前記線分方向の偏差を特定可能な情報を取得し、この情報を利用して特定した前記経路方向に対する線分方向の偏差と、前記線分方向に対する車両の進行方向の偏差と、に基づいて前記走行路の経路方向に対する前記車両の進行方向の偏差を推定することも良い。

磁気マーカの位置に誤差があると前記走行路の経路方向に対する前記線分方向の偏差が大きくなる可能性があり、前記線分方向に対する車両の進行方向の偏差に基づいて、車両が走行路に沿って走行しているか否か判断し難くなる。車両側で、前記経路方向に対する線分方向の偏差を特定できれば、磁気マーカの位置的な誤差に関わらず、前記走行路の経路方向に対する前記車両の進行方向の偏差を精度高く推定できる。

前記磁気マーカの絶対位置を取得することにより、前記車両の進行方向の偏差を推定した時点の車両の絶対位置を特定することも良い。

実施例

[0019] 本発明の実施の形態につき、以下の実施例を用いて具体的に説明する。

（実施例１）

本例は、道路に敷設された磁気マーカ１０を利用して車両５の進行方向を推定するための車両用システム１に関する例である。この内容について、図１～図１５を用いて説明する。

[0020] 車両用システム１は、図１のごとく、磁気センサＣｎ（ｎは１～１５の整数）を含むセンサユニット１１と、制御ユニット１２と、の組み合わせを含めて構成されている。以下、磁気マーカ１０を概説した後、車両用システム１を構成するセンサユニット１１、制御ユニット１２等を説明する。

[0021] 磁気マーカ１０は、図１及び図２のごとく、車両５の走行路である車線１００の路面１００Ｓに敷設される道路マーカである。磁気マーカ１０は、車線１００の車幅方向の中央に沿って２ｍ（マーカスパンＳ＝２ｍ）毎に配置されている。なお、本例では、高速道路などの比較的速度域の高い道路の車線１００を想定している。

[0022] 磁気マーカ１０は、直径２０ｍｍ、高さ２８ｍｍの柱状をなし、路面１００Ｓに設けた孔への収容が可能である。磁気マーカ１０をなす磁石は、磁性材料である酸化鉄の磁粉を基材である高分子材料中に分散させた等方性フェライトプラスチックマグネットであり、最大エネルギー積（ＢＨｍａｘ）＝６．４ｋＪ／m^3という特性を備えている。この磁気マーカ１０は、路面１００Ｓに穿設された孔に収容された状態で敷設される。

[0023] 本例の磁気マーカ１０の仕様の一部を表１に示す。

[表1]

磁石種類	フェライトプラスチックマグネット
直径	φ ２０ｍｍ
高さ	２８ｍｍ
表面磁束密度Ｇｓ	４５ｍＴ

この磁気マーカ１０は、磁気センサＣｎの取付け高さとして想定する範囲１００～２５０ｍｍの上限の２５０ｍｍ高さにおいて、８μＴ（8×10^{-6}Ｔ、Ｔ：テスラ）の磁束密度の磁気を作用できる。

[0024] 次に、車両用システム１を構成するセンサユニット１１、制御ユニット１２について説明する。

センサユニット１１は、図１～図３のごとく、車両５の底面に当たる車体フロア５０に取り付けられるユニットである。センサユニット１１は、例え

ば、フロントバンパーの内側付近に取り付けられる。例えばセダンタイプの車両５の場合、路面１００Ｓを基準とした取付け高さが約２００ｍｍとなっている。

[0025] センサユニット１１は、図３のごとく、車幅方向に沿って一直線上に配列された１５個の磁気センサＣｎと、図示しないＣＰＵ等を内蔵した検出処理回路１１０と、を備えている。

検出処理回路１１０は、磁気マーカ１０を検出するためのマーカ検出処理などの各種の演算処理を実行する演算回路である。この検出処理回路１１０は、各種の演算を実行するＣＰＵ（central processing unit）のほか、ＲＯＭ（read only memory）やＲＡＭ（random access memory）などのメモリ素子等の素子を利用して構成されている。

[0026] 検出処理回路１１０は、各磁気センサＣｎが出力するセンサ信号を取得してマーカ検出処理等を実行する。検出処理回路１１０が演算した磁気マーカ１０の検出結果は、計測された横ずれ量を含めて全て制御ユニット１２に入力される。なお、センサユニット１１は３ｋＨｚ周期でマーカ検出処理を実行可能である。

[0027] ここで、磁気センサＣｎの構成を説明する。本例では、図４のごとく、磁気センサＣｎとして、ＭＩ素子２１と駆動回路とが一体化された１チップのＭＩセンサを採用している。ＭＩ素子２１は、ＣｏＦｅＳｉＢ系合金製のほぼ零磁歪であるアモルファスワイヤ２１１と、このアモルファスワイヤ２１１の周囲に巻回されたピックアップコイル２１３と、を含む素子である。磁気センサＣｎは、アモルファスワイヤ２１１にパルス電流を印加したときにピックアップコイル２１３に発生する電圧を計測することで、アモルファスワイヤ２１１に作用する磁気を検出する。ＭＩ素子２１は、感磁体であるアモルファスワイヤ２１１の軸方向に検出感度を有している。本例のセンサユニット１１の各磁気センサＣｎでは、鉛直方向にアモルファスワイヤ２１１が配設されている。

[0028] 駆動回路は、アモルファスワイヤ２１１にパルス電流を供給するパルス回

路２３と、ピックアップコイル２１３で生じた電圧を所定タイミングでサンプリングして出力する信号処理回路２５と、を含む電子回路である。パルス回路２３は、パルス電流の元となるパルス信号を生成するパルス発生器２３１を含む回路である。信号処理回路２５は、パルス信号に連動して開閉される同期検波２５１を介してピックアップコイル２１３の誘起電圧を取り出し、増幅器２５３により所定の増幅率で増幅する回路である。この信号処理回路２５で増幅された信号がセンサ信号として外部に出力される。

[0029] 磁気センサＣｎは、磁束密度の測定レンジが±０．６ｍＴであって、測定レンジ内の磁束分解能が０．０２μＴという高感度のセンサである。このような高感度は、アモルファスワイヤ２１１のインピーダンスが外部磁界に応じて敏感に変化するというＭＩ効果を利用するＭＩ素子２１により実現されている。さらに、この磁気センサＣｎは、３ｋＨｚ周期での高速サンプリングが可能で、車両の高速走行にも対応している。本例では、センサユニット１１による磁気計測の周期が３ｋＨｚに設定されている。センサユニット１１は、磁気計測を実施する毎に検出結果を制御ユニット１２に入力する。

[0030] 磁気センサＣｎの仕様の一部を表２に示す。

[表2]

測定レンジ	±０．６ｍＴ
磁束分解能	０．０２μＴ
サンプリング周期	3kHz

[0031] 上記のように磁気マーカ１０は、磁気センサＣｎの取付け高さとして想定する範囲１００～２５０ｍｍにおいて８μＴ（８×１０$^{-6}$Ｔ）以上の磁束密度の磁気を作用できる。磁束密度８μＴ以上の磁気を作用する磁気マーカ１０であれば、磁束分解能が０．０２μＴの磁気センサＣｎを用いて確実性高く検出可能である。

[0032] 次に、制御ユニット１２（図１～図３）は、センサユニット１１を制御すると共に、センサユニット１１の検出結果を利用して車両５の進行方向を推

定するユニットである。制御ユニット１２による車両５の進行方向の推定結果は、図示しない車両ＥＣＵに入力され、スロットル制御やブレーキ制御や各輪のトルク制御など走行安全性を高めるための各種の車両制御に利用される。

[0033] 制御ユニット１２は、各種の演算を実行するＣＰＵのほか、ＲＯＭやＲＡＭなどのメモリ素子等が実装された電子基板（図示略）を備えている。制御ユニット１２は、センサユニット１１の動作を制御すると共に、車線１００に沿って敷設された磁気マーカ１０に対する車両５の横ずれ量の変化を利用して車両５の進行方向を推定する。

[0034] 制御ユニット１２は、以下の各機能を備えている。

（ａ）期間設定部：センサユニット１１が１つ目の磁気マーカ１０を検出したとき、２つ目の磁気マーカ１０を検出できる時点を予測し、その検出できる時点を含む時間的な期間を検出期間として設定する。

（ｂ）横ずれ量差分演算部：車線１００に沿って敷設された２つの磁気マーカ１０に対する横ずれ量の差分を演算する。

（ｃ）進路推定部：２つの磁気マーカ１０に対する横ずれ量の差分から車線方向に対する車両５の進行方向の偏差である進路ずれ角を特定し、これにより車両５の進行方向を推定する。

[0035] 次に、各センサユニット１１が磁気マーカ１０を検出するための（１）マーカ検出処理、（２）車両用システム１の全体動作の流れ、（３）進路推定処理、についてそれぞれ説明する。

（１）マーカ検出処理

センサユニット１１は、制御ユニット１２の制御により３ｋＨｚの周期でマーカ検出処理を実行する。センサユニット１１は、マーカ検出処理の実行周期（ｐ１～ｐ７）毎に、１５個の磁気センサＣｎのセンサ信号が表す磁気計測値をサンプリングして車幅方向の磁気分布を得る（図５参照。）。この車幅方向の磁気分布のうちのピーク値は、同図のごとく、磁気マーカ１０を通過するときに最大となる（図５中のｐ４の周期）。

[0036] 磁気マーカ１０が敷設された車線１００（図１）に沿って車両５が走行する際には、上記の車幅方向の磁気分布のピーク値が、図６のように磁気マーカ１０を通過する毎に大きくなる。マーカ検出処理では、このピーク値に関する閾値判断が実行され、所定の閾値以上であったときに磁気マーカ１０を検出したと判断される。

[0037] センサユニット（横ずれ量計測部）１１は、磁気マーカ１０を検出したとき、磁気センサＣｎの磁気計測値の分布である車幅方向の磁気分布のうちのピーク値の車幅方向の位置を特定する。このピーク値の車幅方向の位置を利用すれば、磁気マーカ１０に対する車両５の横ずれ量を演算できる。車両５では中央の磁気センサＣ８が車両５の中心線上に位置するようにセンサユニット１１が取り付けられているため、磁気センサＣ８に対する上記のピーク値の車幅方向の位置の偏差が、磁気マーカ１０に対する車両５の横ずれ量となる。なお、磁気センサＣ８の位置を基準として左右のいずれにピーク値が位置するかに応じて、横ずれ量の正負を異ならせると良い。

[0038] 特に、本例のセンサユニット１１は、図７のごとく、磁気センサＣｎの磁気計測値の分布である車幅方向の磁気分布について曲線近似（２次近似）を実行し、近似曲線のピーク値の車幅方向の位置を特定している。近似曲線を利用すれば、１５個の磁気センサの間隔よりも細かい精度でピーク値の位置を特定でき、磁気マーカ１０に対する車両５の横ずれ量を精度高く計測できる。

[0039] （２）車両用システム１の全体動作

車両用システム１の全体動作について、主に制御ユニット１２を主体として、図８のフロー図を用いて説明する。

制御ユニット１２は、磁気マーカ１０を検出するまで、センサユニット１１に上記のマーカ検出処理を繰り返し実行させる（Ｓ１０１、第１の検出ステップ→Ｓ１０２：ＮＯ）。制御ユニット１２は、センサユニット１１から磁気マーカ１０を検出した旨の入力を受けたとき（Ｓ１０２：ＹＥＳ）、センサユニット１１に新たなマーカ検出処理を実行させる時間的な期間である

検出期間を設定する（Ｓ１０３、期間設定ステップ）。

[0040] 具体的には、制御ユニット１２は、図９のごとく、まず、車速センサで計測した車速（車両の速度）Ｖ（ｍ／秒）によりマーカスパンＳ（図１参照。磁気マーカ１０の敷設間隔。本例では２ｍ）を除算した所要時間δｔａを、センサユニット１１が１つ目の磁気マーカ１０を検出した時点である時刻ｔ１に加算する。このように時刻ｔ１に所要時間δｔａを加算すれば、センサユニット１１が新たな磁気マーカ１０を検出できる時点の時刻ｔ２を予測できる。そして、制御ユニット１２は、基準距離（例えば０．２（ｍ））を車速Ｖ（ｍ／秒）で除算した区間時間δｔｂを時刻ｔ２から差し引いた時刻（ｔ２－δｔｂ）を始期とし、区間時間δｔｂを時刻ｔ２に加算した時刻（ｔ２＋δｔｂ）を終期とした時間的な区間を検出期間として設定する。なお、基準距離については、センサユニット１１の検出範囲等を考慮して適宜変更すると良い。

[0041] 制御ユニット１２は、上記のステップＳ１０３で設定した検出期間（図９）内において、センサユニット１１にマーカ検出処理を繰り返し実行させる（Ｓ１０４：ＮＯ→Ｓ１１４、第２の検出ステップ）。このマーカ検出処理の内容については、ステップＳ１０１の１つ目の磁気マーカ１０のマーカ検出処理と同様である。

[0042] 制御ユニット１２は、検出期間（図９）においてセンサユニット１１が２つ目の磁気マーカ１０を検出できれば（Ｓ１０４：ＹＥＳ→Ｓ１０５：ＹＥＳ）、車両５の進行方向を推定するための（３）進路推定処理を実行する（Ｓ１０６）。一方、センサユニット１１が１つ目の磁気マーカ１０を検出できたが（Ｓ１０２：ＹＥＳ）、上記の検出期間（図９）において、２つ目の磁気マーカ１０を検出できなかった場合には（Ｓ１０４：ＹＥＳ→Ｓ１０５：ＮＯ）、制御ユニット１２は、１つ目の磁気マーカ１０を検出するためのマーカ検出処理（Ｓ１０１）に戻って上記の一連の処理を繰り返し実行する。

[0043] （３）進路推定処理

制御ユニット１２が実行する進路推定処理（図８中のステップＳ１０６）は、図１０のごとく、センサユニット１１が２つの磁気マーカ１０を通過したときに計測された横ずれ量の差分を演算するステップ（Ｓ２０１）と、２つの磁気マーカ１０の位置を結ぶ線分方向に対する進行方向の偏差である進路ずれ角Ｒｆを演算するステップ（Ｓ２０２）と、を含む処理である。２つの磁気マーカ１０は、車線１００の経路方向である車線方向に沿うように車線１００の中央に敷設されているため、上記の線分方向は車線方向を表すことになる。

[0044] ステップＳ２０１では、図１１のごとく、車両５が磁気マーカ１０を２回通過したとき、１つ目の磁気マーカ１０について計測された横ずれ量Ｏf1と、２つ目の磁気マーカ１０について計測された横ずれ量Ｏf2と、の差分Ｏfdを次式により演算する。なお、同図の場合、Ｏf1とＯf2とで正負が異なることから、差分に応じてＯfdの絶対値は、Ｏf1及びＯf2の絶対値を足し合わせた値となる。

[数1]

$$Ofd = (Of1 - Of2)$$

[0045] ステップＳ２０２では、図１２のごとく、２つの磁気マーカ１０の位置を結ぶ線分方向Ｍｘ（車線方向に一致）に対する車両５の進行方向Ｄｉｒのなす角（旋回方向の角度の偏差）である進路ずれ角Ｒｆを演算する。この進路ずれ角Ｒｆは、横ずれ量の差分Ｏfd及びマーカスパンＳを含む次式により算出される。

[数2]

$$Rf = \arcsin (Ofd / S)$$

[0046] 例えば車線に沿って車両５が走行している場合には（図１２）、２つの磁気マーカの位置を結ぶ線分方向Ｍｘに対する車両５の進行方向Ｄｉｒのなす角である進路ずれ角Ｒｆがゼロとなる。一方、車線を斜行する場合には（図１３）、線分方向Ｍｘに対して車両５の進行方向Ｄｉｒがずれて、進路ずれ

角Ｒｆが大きくなる。また、曲線路に沿って車両５が走行している場合には（図１４）、曲線路である車線の接線方向に、２つの磁気マーカの位置を結ぶ線分方向Ｍｘが一致し、この線分方向Ｍｘに対する車両５の進行方向Ｄｉｒの“なす角”である進路ずれ角Ｒｆがゼロとなる。一方、曲線路である車線を斜行する場合には（図１５）、曲線路である車線の接線方向に対する車両５の進行方向Ｄｉｒのずれが大きくなり進路ずれ角Ｒｆが大きくなる。

[0047] 以上のように本例の車両用システム１は、２つの磁気マーカ１０に対する横ずれ量の差分を利用して車両５の進行方向を推定している。この車両用システム１が推定する車両５の進行方向である進路ずれ角Ｒｆは、絶対的な方位ではなく、２つの磁気マーカ１０の位置を結ぶ線分方向Ｍｘに対する“なす角”である。線分方向Ｍｘは、路面１００Ｓに固定された２つの磁気マーカ１０により規定される基準となり得る方向であるため、この線分方向Ｍｘに対する車両の進行方向の角度的な偏差は、車両５の進行方向を精度高く表す指標となり得る。

[0048] 車両用システム１では、２つの磁気マーカ１０に対する横ずれ量の差分Ｏｆｄを利用し、演算される進路ずれ角Ｒｆを偏差として求めている。これに代えて、あるいは加えて、例えば、２ｍ前方あるいは１０ｍ前方など、所定距離を走行したときに予測される上記の線分方向Ｍｘに対する左右方向の距離的なずれ量を偏差として求めても良い。

[0049] なお、本例では、２ｍ毎に敷設された磁気マーカ１０のうち、直近で隣り合う２つの磁気マーカ１０を利用して車両５の進行方向Ｄｉｒを推定している。例えば時速１００ｋｍの車両が１秒間に走行する距離は２７．７ｍであることから、２ｍの通過時間は０．０７秒となり０．１秒にも満たなくなる。操舵操作の反応時間を考慮すれば、０．２～０．３秒の通過時間であっても良く、この場合であれば、１つおきの４ｍ間隔、２つおきの６ｍ間隔で隣り合う２つの磁気マーカ１０の組み合わせを利用して進行方向Ｄｉｒを推定することも良い。例えば１ｍ間隔、２ｍ間隔等、比較的密な間隔で配置された磁気マーカ１０について、速度が高いほど広い間隔の２つの磁気マーカ１

０の組み合わせを利用し、速度が低いほど狭い間隔の２つの磁気マーカ１０の組み合わせを利用することも良い。あるいは、高速道路などの道路では、磁気マーカ１０の間隔を比較的広く、一般道では、磁気マーカ１０の間隔を比較的狭く設定することも良い。さらに、本例では、２ｍ間隔で磁気マーカ１０を配置し、全ての磁気マーカ１０について進行方向の推定を可能としている。これに代えて、例えば車線逸脱や自動運転のために１０～２０ｍ間隔で磁気マーカ１０が配置された道路において、２つおき、１つおきなど特定の磁気マーカ１０について、進行方向の推定のための磁気マーカ１０を隣り合わせて追加的に配置しておくことも良い。

[0050] 本例では、１つ目の磁気マーカ１０を検出した後、２つ目の磁気マーカ１０の検出を試みる検出期間を設定している。この検出期間は必須の構成ではなく省略しても良い。あるいは、検出期間を設定せず、磁気マーカ１０の検出を常時試みることも良い。この場合、２つ目の磁気マーカ１０が検出された時点が、１つ目の磁気マーカ１０の検出時点を基準として上記の検出期間に相当する期間に含まれていない場合には、誤検出である可能性があるといった信頼性の判断を行うことも良い。

[0051] なお、３つ以上の磁気マーカ１０のうちの隣り合う２つの磁気マーカ１０について、それぞれ、横ずれ量Ｒｆを演算すると共に、複数の横ずれ量Ｒｆの平均値を算出することも良い。このように、車両の進行方向の偏差を推定するに当って、３つ以上の磁気マーカ１０を利用する構成を採用しても良い。

[0052] なお、センサユニット１１には、地磁気のほか、例えば鉄橋や他の車両などのサイズ的に大きな磁気発生源に由来して、各磁気センサＣｎには一様に近い磁気的なノイズであるコモンノイズが作用している。このようなコモンノイズは、センサユニット１１の各磁気センサＣｎに対して一様に近く作用する可能性が高い。そこで、車幅方向に配列された各磁気センサＣｎの磁気計測値の差分値を利用して磁気マーカ１０を検出することも良い。車幅方向の磁気勾配を表すこの差分値では、各磁気センサＣｎに一様に近く作用する

コモンノイズが効果的に抑制されている。

[0053] 本例では、鉛直方向に感度を持つ磁気センサＣｎを採用したが、進行方向に感度を持つ磁気センサであっても良く、車幅方向に感度を持つ磁気センサであっても良い。さらに、例えば車幅方向と進行方向の２軸方向や、車幅方向と鉛直方向の２軸方向や、進行方向と鉛直方向の２軸方向に感度を持つ磁気センサを採用しても良く、例えば車幅方向と進行方向と鉛直方向の３軸方向に感度を持つ磁気センサを採用しても良い。複数の軸方向に感度を持つ磁気センサを利用すれば、磁気の大きさと共に磁気の作用方向を計測でき、磁気ベクトルを生成できる。磁気ベクトルの差分や、その差分の進行方向の変化率を利用して、磁気マーカ１０の磁気と外乱磁気との区別を行なうことも良い。なお、本例では、フェライトプラスチックマグネットの磁気マーカを例示したが、フェライトラバーマグネットの磁気マーカであっても良い。

[0054] （実施例２）

本例は、実施例１の車両用システム１に基づいて、車両５の前後に設けたセンサユニット１１を利用して進路ずれ角Ｒｆを演算する例である。この内容について、図１６を参照して説明する。

[0055] 車両５では、４ｍの間隔をあけてセンサユニット１１が配置されている。一方、磁気マーカ１０は、実施例１と同様、マーカスパンＳ＝２ｍで配置されている。前後のセンサユニット１１の間隔である４ｍは、１つおきの２つの磁気マーカ１０の間隔４ｍ（マーカスパンＳ１とする。）と一致する。４ｍ間隔で配置されたセンサユニット１１によれば、１つの磁気マーカ１０を挟んで隣り合う２つの磁気マーカ１０をほぼ同じタイミングで検出できる。

[0056] 図１６のように、前側のセンサユニット１１が計測した横ずれ量をＯf1、後ろ側のセンサユニット１１が計測した横ずれ量をＯf2とし、両者の差分をＯfdとしたとき、横ずれ角Ｒｆは、次式で演算可能である。

[数3]

$$Rf = \arcsin\left(Ofd \,/\, S1 \right)$$

[0057] なお、４ｍ間隔の前後のセンサユニット１１の中央に、センサユニット１

１を追加して配置することも良い。この場合には、前側のセンサユニット１１と中央のセンサユニット１１との組み合わせ、及び後ろ側のセンサユニット１１と中央のセンサユニット１１との組み合わせのうちの少なくともいずれか一方で、２ｍ間隔で隣り合う磁気マーカ１０を同じタイミングで検出して横ずれ量を計測できるようになる。速度に応じて、２ｍ間隔の２つの磁気マーカ１０を利用するか、４ｍ間隔の２つの磁気マーカ１０を利用するか、を切り換えることも良い。

なお、その他の構成及び作用効果については実施例１と同様である。

[0058]（実施例３）

本例は、実施例１の車両用システム１に基づいて、道路構造を推定する機能を追加した例である。この内容について、図１７～図１９を参照して説明する。

[0059] 本例は、車両５の中心軸に対して光軸が一致するように設置された車載カメラによる撮像画像５５１において、進路ずれ角Ｒｆを利用して２次元的な道路構造を推定する例である。

例えば直線路に沿って車両５が走行する場合、車載カメラが取得する撮像画像５５１中の道路構造では、図１７のごとく、車線、道路、左右のレーンマーク、ガードレール等が遠方で消失する消失点Ｖｐが画面の中心に位置する。

[0060] 一方、直線路に対して右に逸れるように斜行するように車両５が走行する場合、車線等が消失する消失点Ｖｐは図１８のように画面の左側にずれて位置する。このときの消失点Ｖｐのずれ量は、車載カメラの画角に対する進路ずれ角Ｒｆの割合によって決定される量となる。例えば、車載カメラの水平方向の画角に対して進路ずれ角Ｒｆの割合が１／２であれば、消失点Ｖｐのずれ量は画面幅の半分となる。例えば進路ずれ角Ｒｆ＝０のときの消失点Ｖｐの位置が図１７のように画面の中心であるときに上記の進路ずれ角Ｒｆの割合が１／２であれば、消失点Ｖｐが画面幅の１／２、中心からずれて画面端に位置する。また、車載カメラの水平方向の画角に対して進路ずれ角Ｒｆ

の割合が１／４であれば、画面の中心からの消失点Ｖｐのずれ量が画面幅の１／４となる。

[0061] このように、進路ずれ角Ｒｆなどの車両の進行方向を推定できれば、撮像画像５５１中の消失点Ｖｐの位置を推定でき撮像画像５５１中の道路構造の把握が可能になる。車線等が消失する消失点Ｖｐの位置が分れば、撮像画像５５１中の車線の領域や、路側の領域等を推定できる。このような領域の推定が可能であれば、画像認識を効率良く実施できる。例えば、車線の領域を推定できれば、車線を区画するレーンマークを認識するための処理を効率良く実施でき、誤検出を抑制して認識率を向上できる。また、例えば、路側の領域を推定できれば、路側に設置された標識や信号等の認識率を向上できる。

[0062] また、３次元的な道路構造を推定することも良い。例えば操舵角を計測するセンサを車両５が備えている場合であれば、図１９のように操舵角を利用して車両５の進路Ｅｓを予測できる。このとき、進路ずれ角Ｒｆがゼロであれば、予測した進路Ｅｓに沿う領域Ａを車線の領域と推定できる。さらに片側１車線の対面走行の道路であるという地図情報を地図データベース等から取得できれば、例えば左側通行の場合には、領域Ａの右側の領域Ｂを対向車線の領域と推定でき、領域Ａの左側の領域Ｃを路側の領域と推定できる。例えば車載カメラによる画像認識や、レーザーレーダ等のアクティブセンサ等により、標識やガードレール等の路側物を認識する場合であれば、領域Ｃを主たる対象として処理を実施することで処理負荷を低減でき効率を向上できる。また、例えば対向車とすれ違うときに自動的にロービームに切り替えるシステムであれば、領域Ｂを主たる対象として対向車を捕捉することで街灯等の光による誤作動を未然に抑制できる。

[0063] また例えば、片側２車線の４車線の道路であるという地図情報を地図データベース等から取得すると共に、走行中の車線が中央寄りの車線であるという情報をインフラ側から取得できれば、領域Ｃを並走車線の領域と推定できる。インフラ側から情報を提供する方法としては、例えば、磁気マーカ１０

の極性を車線毎に異ならせて車線の情報を提供する方法等がある。

なお、その他の構成及び作用効果については実施例１と同様である。

[0064]（実施例４）

本例は、実施例１の車両用システム１に、車線の逸脱警報の機能を追加した例である。

この内容について、図２０を参照して説明する。

図２０は、車線幅がＷｒであって、中央に沿って磁気マーカ１０が配列された車線１００上の車両５（車幅Ｗｃ）が、速度Ｖ（ｍ／秒）、進路ずれ角Ｒｆで車線１００を斜行する走行状況を例示している。なお、同図は、車両５が走行する平面を俯瞰する図となっており、水平方向が車幅方向に相当し、鉛直方向が前進方向に相当している。また、同図では、２つ目の磁気マーカ１０のみを図中に示し、１つ目を含め磁気マーカ１０の図示を省略している。

[0065] ２つ目の磁気マーカ１０を通過したときの横ずれ量がＯｆ2であって、このときに推定された進路ずれ角がＲｆであるときの逸脱警報について説明する。この逸脱警報は、下記の逸脱時間を予測する予測部、逸脱警報を発する警報装置としての機能を備える制御ユニットによる警報である。

[0066] 車線１００を走行中の車両５が斜行しており、進路ずれ角Ｒｆのとき、車両５が車線１００を逸脱するまでの時間である逸脱時間を演算する手順について、下記の式３～６を参照しながら説明する。

[0067] まず、図２０において、一点鎖線で示す車線１００の中央から車両５の側端までの距離Ｄ１は次式で演算できる。

[数4]

$$D1 = (Wc/2 + Of2) \times \cos Rf$$

[0068] そうすると、車両５が斜行する側の車線の境界（例えばレーンマーク）１００Ｅと車両５の側面との距離Ｄ２は次式のようになる。

[数5]

$$D2 = Wr/2 - D1$$

[0069] 一方、車両５の速度Ｖ（ｍ／秒）のうち、車幅方向の速度成分Ｖｘ（ｍ／秒）は次式のようになる。

[数6]

$$Vx = V \times \sin Rf$$

[0070] したがって、進路ずれ角Ｒｆを維持して車両５が速度Ｖ（ｍ／秒）で走行した場合に、車線１００の境界１００Ｅに到達するのに要する次式の時間Ｔｒを逸脱時間として算出すると良い。

[数7]

$$Tr = D2 / Vx$$

[0071] この逸脱時間Ｔｒを利用すれば、精度の高い逸脱警報を実施できる。例えば、逸脱時間Ｔｒが２０秒以上であれば警報を実施せず、逸脱時間Ｔｒが１０秒～２０秒の場合には穏やかな警報を発し、逸脱時間Ｔｒが１０秒以下の場合には注意を促すための警報あるいは緊急を告げる警報を発することも良い。なお、逸脱時間の閾値については、適宜変更可能である。穏やかな警報としては、例えば「ピンポ～ン」などのチャイムの音などがある。緊急を告げる警報としては、例えば「ビィーッ、ビィーッ、ビィーッ」といった繰り返しのブザー音などがある。

[0072] なお、逸脱時間に代えて、車線を逸脱するまでに走行する予測距離である逸脱距離を演算し、この逸脱距離の大きさに応じて逸脱警報を発することも良い。逸脱距離は、車線方向の速度成分である（Ｖ×ｃｏｓＲｆ）を逸脱時間Ｔｒに乗じて算出できる。

なお、その他の構成及び作用効果については実施例１と同様である。

[0073]（実施例５）

本例は、実施例１の車両用システムに基づいて、車両の走行路の経路方向に対する車両の進行方向の偏差を推定可能に構成した例である。

走行路における磁気マーカの敷設位置には誤差があり、必ずしも走行路の経路方向に対して、隣り合う磁気マーカの位置を結ぶ線分方向が一致してい

るとは限らない。この一致精度を高めようとすると磁気マーカの敷設コストの上昇を伴うおそれがある。そこで、磁気マーカの敷設位置の誤差をある程度許容しながら走行路の経路方向に対する車両の進行方向の偏差を精度高く推定する技術が求められている。

[0074] 本例の車両用システムは、走行路の経路方向に対する上記の線分方向の偏差を特定可能な情報を取得できるように構成することで上記の技術を実現している例である。

実施例１では、前記線分方向に対する車両の進行方向の第１の偏差を表す横ずれ角Ｒｆを推定している。本例では、走行路の経路方向に対する前記線分方向の第２の偏差を特定し、この第２の偏差と上記の第１の偏差とに基づいて、走行路の経路方向に対する車両の進行方向の第３の偏差の推定を可能としている。

[0075] 走行路の経路方向に対する前記線分方向の偏差（第２の偏差）を特定する構成としては、例えば以下の構成がある。

（１）走行路の中心からの各磁気マーカの車幅方向のずれの情報を含む地図情報を記憶する地図データベースを設け、検出した磁気マーカのずれの情報を地図データベースから取得し、走行路の経路方向に対する２つの磁気マーカの位置を結ぶ線分方向の偏差（第２の偏差）を特定する構成。

[0076] （２）走行路の中心の絶対位置の情報に加えて、磁気マーカの絶対位置の情報を含む地図情報を記憶する地図データベースを設け、走行路の中心の絶対位置の情報から走行路の経路方向を特定すると共に、磁気マーカの絶対位置の情報から磁気マーカの位置を結ぶ線分方向を特定する。そして、走行路の経路方向に対する磁気マーカの位置を結ぶ線分方向の偏差（第２の偏差）を特定する構成。

[0077] なお、上記のいずれの構成においても、地図データベースとしては、車両に搭載された記憶媒体に格納された地図データベースであっても良く、インターネット等を介して接続可能なサーバ装置の記憶媒体に格納された地図データベースであっても良い。

[0078] 外部からの電力供給を受けて動作し、情報を無線出力可能な無線通信ＲＦ－ＩＤタグを磁気マーカに付設し、ＲＦ－ＩＤタグが送信する上記のずれの情報を受信する受信装置を車両側に設けることも良い。走行路の中心の絶対位置の情報、及び磁気マーカの絶対位置の情報を、ＲＦ－ＩＤタグから送信することも良い。

その他の構成及び作用効果については実施例１と同様である。

[0079]（実施例６）

本例は、実施例１の車両用システムに基づいて、車両の進行方向の偏差を推定した時点の車両の絶対位置を特定可能としたシステムの例である。

本例の車両用システムでは、磁気マーカの絶対位置を表す情報を地図データベースから取得可能であり、検出した磁気マーカの絶対位置から車両の絶対位置を特定可能である。地図データベースとしては、車両に搭載された記憶媒体に格納された地図データベースであっても良く、インターネット等を介して接続可能なサーバ装置の記憶媒体に格納された地図データベースであっても良い。

[0080] 車両の絶対位置を特定できれば、例えば、走行路の経路方向を特定可能な地図情報を記憶するデータベースを参照することで、車両の前方の走行路の形状等を把握できる。そして、前方の走行路の形状と、推定した車両の進行方向の偏差と、を比較すれば、推定した車両の進行方向について危険度等の推定が可能になる。例えば、右側車線を走行する車両が左カーブの手前の位置に到達したとき、車両の進行方向の偏差が右方に向かうものであった場合には、危険度が高いといった推定が可能である。

なお、その他の構成及び作用効果については実施例１と同様である。

[0081] 以上、実施例のごとく本発明の具体例を詳細に説明したが、これらの具体例は、特許請求の範囲に包含される技術の一例を開示しているにすぎない。言うまでもなく、具体例の構成や数値等によって、特許請求の範囲が限定的に解釈されるべきではない。特許請求の範囲は、公知技術や当業者の知識等を利用して上記具体例を多様に変形、変更あるいは適宜組み合わせた技術を

包含している。

符号の説明

[0082] １　車両用システム

１０　磁気マーカ

１００　車線

１１　センサユニット（横ずれ量計測部）

１１０　検出処理回路

１２　制御ユニット（進路推定部）

２１　ＭＩ素子

５　車両