

明 細 書

発明の名称：磁気マーカ及び磁気マーカの利用方法

技術分野

[0001] 本発明は、道路に敷設される磁気マーカ及び磁気マーカの利用方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、車両によって検出可能に道路に敷設される磁気マーカが知られている（例えば、特許文献1参照。）。磁気マーカは、例えば、車両に搭載された磁気センサを利用して検出可能である。例えば車線に沿って敷設された磁気マーカを利用すれば、自動操舵制御や車線逸脱警報などの各種の運転支援のほか、自動運転を実現できる。

[0003] 磁気マーカから生じる磁気の作用範囲は、さほど広くない。そのため、磁気マーカの敷設位置よりも手前に位置する車両が、磁気マーカを検出することは極めて困難である。車載可能な磁気センサの検出性能に鑑みると、車両が磁気マーカの敷設位置に到達したときに初めて磁気マーカの検出が可能になる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-202478号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 車両が磁気マーカを通過する際に確実に磁気マーカを検出するため、車両側には高い検出性能が求められる。一般的に、取りこぼしの少ない確実な検出を実現しようとする、外乱磁気等によって磁気マーカの誤検出が多くなるおそれがある。

[0006] 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、検出が容易な磁気マーカ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

[0007] 本発明の一態様は、車両が走行する走路に敷設される磁気マーカであって、

磁気発生源としての磁石と、入射した電磁波の少なくとも一部を再帰反射する反射部と、を含む磁気マーカにある。

[0008] 本発明の一態様は、磁気発生源としての磁石と、入射した電磁波の少なくとも一部を再帰反射する反射部と、を含み、車両の走路に敷設された磁気マーカを、車両が走行しながら検出して利用する方法であって、

車両は、電磁波の発射方向及び電磁波の反射に要した時間に基づいて対象物の方位及び距離を取得する測距装置と、前記磁気マーカを検出して該磁気マーカに対する車両の横ずれ量を特定する磁気装置と、目標軌跡に沿って車両が走行するための目標操舵角を算出し、該目標軌跡に沿って走行するように車両を制御する処理回路と、を備えており、

車両の前方に向けて電磁波を発射して前記磁気マーカを検出し、当該磁気マーカの方位及び距離を計測する処理と、

電磁波を利用して検出された磁気マーカに車両が到達すると予測される予測到達時点、あるいは当該磁気マーカに対して予測される車両の車幅方向における偏差（横ずれ量）である予測横ずれ量を推定する処理と、

当該磁気マーカを実際に検出した時点である実際の検出時点、あるいは当該磁気マーカに対する車両の実際の偏差（横ずれ量）を特定する処理と、を含み、

前記実際の検出時点と前記予測到達時点との比較結果、及び前記実際の偏差（横ずれ量）と前記予測横ずれ量との比較結果のうち、少なくともいずれか一方の比較結果を利用し、前記測距装置による計測精度、前記磁気装置による前記磁気マーカの検出精度、前記処理回路が算出する目標操舵角の精度、及び前記目標軌跡に対する車両の追従精度のうちの少なくともいずれかの精度の向上を図る精度向上処理を実行する磁気マーカの利用方法にある。

発明の効果

[0009] 本発明に係る磁気マーカは、入射した電磁波の少なくとも一部を再起反射する反射部を備えている。この磁気マーカは、磁気的な検出のみならず、電磁波を利用して検出可能である。例えば光や電波などの電磁波は、直進性が高く比較的遠方に到達できる。電磁波を利用すれば、磁気マーカの敷設位置に車両が到達するよりも前に磁気マーカを検出できる。

[0010] 磁気的な検出のみならず電磁波を利用して検出可能という本発明に係る磁気マーカについては、実際の検出時点と予測到達時点との比較結果、及び実際の偏差（横ずれ量）と予測横ずれ量との比較結果のうち、少なくともいずれか一方の比較結果を利用可能である。この比較結果は、測距装置による計測精度、磁気装置による磁気マーカの検出精度、処理回路が算出する目標操舵角の精度、及び目標軌跡に対する車両の追従精度のうちの少なくともいずれかの精度の向上を図る精度向上処理に利用可能である。

[0011] このように本発明に係る磁気マーカは、磁気的な検出のみならず電磁波を利用して検出可能であり、検出難易度が低減されている。また、本発明に係る磁気マーカによれば、磁気的な検出結果と、電磁波を利用した検出結果と、の比較結果を取得できる。この比較結果は、測距装置による計測精度、磁気装置による磁気マーカの検出精度、処理回路が算出する目標操舵角の精度、及び目標軌跡に対する車両の追従精度のうちの少なくともいずれかの精度を向上するために利用できる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施例1における、磁気マーカを示す図。

[図2]実施例1における、磁気マーカが敷設された車線と車両との組み合わせを示す説明図。

[図3]実施例1における、車線維持機能を実現する車両側のシステムの電氣的構成を示すブロック図。

[図4]実施例1における、（進行方向の磁気計測値）の時間変化を例示する説明図。

[図5]実施例1における、（車幅方向の磁気計測値）の車幅方向の分布を例示

する説明図。

[図6]実施例1における、磁気的な検出処理の流れを示すフロー図。

[図7]実施例1における、ライダーユニットによる測距処理の流れを示すフロー図。

[図8]実施例1における、測距エリアにおけるレーザ光のビーム走査の説明図。

[図9]実施例1における、車線維持制御の流れを示すフロー図。

[図10]実施例1における、光学的に検出された磁気マーカ、及び目標軌跡を例示する説明図。

[図11]実施例1における、他の磁気マーカを示す図。

[図12]実施例2における、磁気マーカの説明図。

[図13]実施例2における、光学的に検出された磁気マーカ、及び目標軌跡を例示する説明図。

[図14]実施例3における、磁気マーカを示す図。

[図15]実施例3における、磁気マーカを打ち抜くための磁性シートの作製手順を示す説明図。

[図16]実施例4において、磁気的な検出処理の実行期間の説明図。

[図17]実施例4において、予測横ずれ量の説明図。

発明を実施するための形態

[0013] 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、車両の運転支援を実現するために道路（車両が走行する走路の一例）に敷設される磁気マーカに関する例である。この内容について、図1～図11を用いて説明する。

[0014] 磁気マーカ1（図1）は、磁石シート10の表面に、反射シート15を積層して構成されている。反射シート15は、再帰反射特性を呈する反射部及び反射層の一例をなしている。磁気マーカ1は、直径100mm、厚さ2mmの扁平な円形状を呈している。この磁気マーカ1は、例えば、路面への接

着接合が可能である。接着剤として、例えば、溶融状態のアスファルトを利用することも良い。

[0015] 磁石シート10は、磁気発生源としての磁石の一例である。本例の磁石シート10は、直径100mm、厚さ1.5mmの円形状の等方性フェライトラバーマグネットである。この磁石シート10の最大エネルギー積（ BH_{max} ）は、約6.4kJ/立方mである。

[0016] 反射シート15は、直径100mm、厚さ0.5mmの円形状の樹脂製シートである。小片状のシート体の一例をなすこの反射シート15では、直径数10～100 μ mの高屈折率のガラスビーズ球が内部に分散配置されている。ガラスビーズ球を含む反射シート15は、入射した光の少なくとも一部を入射方向に向けて反射（再帰反射）する光学的な特性を備えている。特に、本例の反射シート15は、レーザ光を高効率で再帰反射するように光学的特性が調整されている。

[0017] 磁気マーカ1は、例えば、大判シート状の等方性フェライトラバーマグネットの表面に、大判シート状の反射部材を積層して中間シート（図示略）を得た後、打ち抜き加工により円形状を打ち抜いて作成できる。磁気マーカ1の外周は、打ち抜きの際の切断面のままであっても良い。一般に、酸化鉄を主原料とするフェライトラバーマグネットは、酸化等による劣化のおそれが多く、切断面に保護層やコーティング層を設ける必要性が少ないからである。

[0018] なお、本例の反射シート15に代えて、高屈折率のガラスビーズ球を塗料の中に混入させた再帰反射塗料による塗膜層である反射層を、磁石シート10の表面に形成することも良い。例えば、大判シート状の等方性フェライトラバーマグネットの表面に塗膜層を設けた後、打ち抜き加工により円形状を打ち抜いて磁気マーカを作成しても良い。円形状の磁石シート10の表面に再帰反射塗料の塗膜層を形成することで、磁気マーカを作製しても良い。さらに塗料に代えて、高屈折率のガラスビーズ球を分散させた樹脂材料を採用し、この樹脂材料によるコーティング層を磁石シート10の表面に形成して

も良い。樹脂材料は、例えば、エポキシ樹脂などの透明な樹脂材料であっても良い。磁石シート10の表面を覆う樹脂材料が硬化した後、樹脂材料の表面を溶かす処理を施すことで、ガラスビーズ球を外表面に露出させることも良い。粒子をなすガラスビーズ球に代えて、アルミナなどの金属粉（粉体）を採用することも良い。樹脂材料に代えて、アスファルトなどの高分子材料を採用することも良い。

[0019] 以上のように構成された磁気マーカ1は、例えば、図2のように車線50の中央に沿って配置される。例えば2m間隔で配置される磁気マーカ1は、車線逸脱警報や車線維持機能や自動運転などの各種の運転支援に利用できる。

[0020] 車両5は、例えば車線維持機能を有している。この車両5は、図3のごとく、車線維持機能を実現するための制御ユニット61に加えて、磁気マーカ1を磁氣的に検出するためのセンサアレイ51や、磁気マーカ1を光学的に検出するためのライダーユニット62等を備えている。さらに車両5は、半自動の走行を実現するための装備として、操舵角を調整する操舵ユニット65や、車速を調節するためのエンジンコントロールユニット66等を備えている。

[0021] 次に、磁気装置の一例であるセンサアレイ51、測距装置の一例であるライダーユニット62、処理回路の一例である制御ユニット61について概説する。

（センサアレイ）

センサアレイ51は、複数の磁気センサ C_n （ n は1～15までの整数。）と、磁気センサ C_n の磁気計測値を処理する検出処理回路510と、を含めて構成されている。センサアレイ51は、磁気センサ C_1 ～ C_{15} が一定の間隔を空けて一直線上に配列された棒状のユニットである。センサアレイ51は、棒状の長手方向が車幅方向に沿うように車両5に取り付けられる。

[0022] 磁気センサ C_n としては、例えば、MI（Magneto Impedance）センサを利用できる。MIセンサは、アモルファスワイヤなどの感磁体のインピーダン

スが外部磁界に応じて敏感に変化するという公知のMI効果（Magneto Impedance Effect）を利用する高感度の磁気センサである。磁気センサC_nは、アモルファスワイヤの長手方向に感度を有している。

[0023] 本例の磁気センサC_nは、直交する2方向に沿う2本のアモルファスワイヤを備えている。磁気センサC_nは、センサアレイ51が上記のように車両5に取り付けられたとき、2本のアモルファスワイヤが進行方向及び車幅方向に沿うように構成されている。車両5に組み付けられたセンサアレイ51の磁気センサC_nは、車両5の進行方向に作用する磁気成分、および車幅方向に作用する磁気成分を検出できる。

[0024] 例えばいずれかの磁気センサC_nが、進行方向に移動して磁気マーカ1の真上を通過するとき、進行方向の磁気計測値は、図4に例示する経時変化のグラフのように、磁気マーカ1の前後で正負が反転すると共に、磁気マーカ1の真上の位置でゼロを交差するように変化する。したがって、車両5の走行中では、いずれかの磁気センサC_nが検出する進行方向の磁気について、その正負が反転するゼロクロスX1が生じたとき、センサアレイ51が磁気マーカ1の真上に位置すると判断できる。

[0025] また例えば、磁気センサC_nと同じ仕様の磁気センサについて、磁気マーカ1の真上を通過する車幅方向の仮想線に沿う移動を想定してみる。この磁気センサによる車幅方向の磁気計測値は、磁気マーカ1を挟んだ両側で正負が反転すると共に、磁気マーカ1の真上の位置でゼロを交差するように変化する。15個の磁気センサC_nを車幅方向に配列したセンサアレイ51の場合には、図5に例示する磁気分布のように、磁気マーカ1を介してどちらの側にあるかによって磁気センサC_nが検出する車幅方向の磁気の正負が異なってくる。

[0026] つまり、図5の磁気分布中のゼロクロスX2の位置が磁気マーカ1の真上の位置となる。例えば同図の場合、磁気センサC9とC10との中間辺りのC9.5のゼロクロスX2の位置が磁気マーカ1の真上の位置（以下、磁気マーカ1の位置という。）となる。ここで、センサアレイ51では、隣り合

う磁気センサC_nの間隔が10cmであると共に、磁気センサC₈が車両5の車幅方向の中心となっている。したがって、図5の場合であれば、車両5の車幅方向の中心を基準として右側に $(9.5 - 8) \times 10\text{cm} = 15\text{cm}$ ずれた位置が磁気マーカ1の位置となる。

[0027] 例えば車幅方向において車両5が左側に寄って走行すると、センサアレイ51に相対して磁気マーカ1が右側にずれて、例えば図5のごとくゼロクロスX2の位置が磁気センサC₈よりも右側の正值となる。車両5が右側に寄ったときの横ずれ量を正側とし左側に寄ったときの横ずれ量を負側とすると、例えば図5の場合には、磁気マーカ1の位置である上記の $(9.5 - 8) \times 10\text{cm} = 15\text{cm}$ の正負を反転した $(-15)\text{cm}$ が車両5の横ずれ量となる。

[0028] ここで、磁気マーカ1を磁氣的に検出する処理の内容を図6を参照して説明する。

検出処理回路510（図3）は、磁気センサC_nの進行方向の磁気計測値を取得する（S101）。そして、検出処理回路510は、少なくともいづれかの磁気センサC_nの進行方向の磁気計測値の経時変化につき、図4のX1に相当するゼロクロスの検出を試みる（S102）。検出処理回路510は、このゼロクロスを検出するまで（S102：NO）、磁気センサC_nの進行方向の磁気計測値を繰り返し取得する（S101）。

[0029] 検出処理回路510は、進行方向の磁気計測値の経時変化につき、図4の経時変化におけるX1に相当するゼロクロスを検出できたとき（S102：YES）、磁気マーカ1の真上にセンサアレイ51が位置していると判断する。なお、磁気マーカ1の検出判断については、図4のX1に相当するゼロクロスの検出に加えて、進行方向の磁気計測値の経時変化の割合、すなわち磁気計測値の微分値（差分値）の大きさが所定の閾値以上であるという条件を設定すると良い。

[0030] 検出処理回路510は、図4の磁気分布中のX1に相当するゼロクロスの検出に応じて磁気マーカ1を検出できたとき、磁気センサC_nが同じタイミ

ングで計測した車幅方向の磁気計測値の分布を表す図5の磁気分布を取得する(S103)。

[0031] 検出処理回路510は、磁気センサCnの車幅方向の磁気計測値の分布である図5の磁気分布について、X2に相当するゼロクロスの車幅方向の位置を特定する(S104)。そして、このゼロクロスの車幅方向の位置に基づいて、磁気マーカ1に対する車両5の車幅方向の横ずれ量を特定する(S105)。具体的には、検出処理回路510は、図5のX2に相当するゼロクロスの車幅方向の位置を示す値の正負を反転し、車幅方向の車両5の横ずれ量とする。

[0032] (ライダーユニット)

ライダーユニット62(図3)は、先行車両や前方の障害物を検知するためのユニットである。ライダーユニット62は、レーザ光の反射を利用して、前方150mまでの範囲の先行車両や障害物を光学的に検知する。例えば、ACC(Adaptive Cruise Control)機能や、衝突軽減ブレーキ機能などの実現のために、多くの車両5にライダーユニット62が搭載されている。このライダーユニット62は、反射シート15を備える磁気マーカ1(図1)の光学的な検出に利用できる。

[0033] ライダーユニット62は、レーザ光をパルス発光する光源、対象物からの反射光を受光する受光部、発光から受光までの経過時間(反射時間)を計測する時間計測部、距離を演算する距離演算部、を備えている。さらにライダーユニット62は、レーザ光を縦方向、横方向にビーム走査させる光学機構部を備えている。

[0034] 光学機構部は、例えばレーザ光を反射して前方に投射するポリゴンミラー(多面鏡)と、ポリゴンミラーを高速回転させる駆動部と、を有している。光源から発射されたレーザ光は、ポリゴンミラーによって反射されて車両5の前方に向かう。光学機構部は、ポリゴンミラーによってレーザ光の方向を物理的に変更することで、測距エリア620(図8)となる前方の2次元領域をレーザ光によってビーム走査する。

[0035] ライダーユニット62は、図7の測距処理のフロー図で示すように、パルスレーザ光を発光した後（S201）、対象物からの反射光を受光するまでの経過時間を計時する（S202、S203：NO→S202）。ライダーユニット62は、反射光を受光すると（S203：YES）、発光から反射光の受光までに要した経過時間に基づいて対象物までの距離を演算する（S204）。

[0036] ライダーユニット62は、レーザ光を繰り返しパルス発光するように発光部を制御する。また、ライダーユニット62は、レーザ光のパルス発光と同期してポリゴンミラーを回転させ、レーザ光のビーム走査を実現する。ライダーユニット62は、テレビジョン等の画像伝送の際に利用される画像走査と同様、水平方向の各行を上から下に順番にビーム走査することで、図8のごとく、測距エリア620となる2次元領域の全域のビーム走査を実現する。

[0037] ライダーユニット62は、ビーム走査中の各点について測距処理（図7）を実行することで、前方の測距エリア620内の各点に距離データがひも付けられた距離画像を生成する。距離画像は、測距エリア620内の各点までの距離及び方位を表している。車両5の後端面に配設されたリフレクターや、磁気マーカ1の反射シート15は、再帰反射特性を有している。それ故、ライダーユニット62は、車両5や磁気マーカ1からの反射光を確実性高く受光でき、これらの対象物までの距離及び方位を確実性高く特定できる。

[0038] （制御ユニット）

制御ユニット61（図3）は、磁気マーカ1を検出するようにライダーユニット62及びセンサレイ51を制御すると共に、車線維持走行を実現するための車両制御を実行する。制御ユニット61によるこの車両制御の内容について、図9のフロー図を参照しながら説明する。なお、このフロー図では、先行車両と適切な車間距離を保ちながら追従して走行するための車速調節制御の内容を省略している。

[0039] 図9のごとく、制御ユニット61は、まず、ライダーユニット62を利用

して磁気マーカ 1 の光学的な検出処理を実行する (S 3 0 1)。具体的には、制御ユニット 6 1 は、ライダーユニット 6 2 の測距処理 (図 7) による距離画像を取得し、この距離画像を処理することで前方に配置された磁気マーカ 1 を光学的に検出する。

[0040] 制御ユニット 6 1 は、ライダーユニット 6 2 による距離画像を参照し、検出された各磁気マーカ 1 までの距離及び方位を取得する (S 3 0 2、図 1 0 参照。)。そして、制御ユニット 6 1 は、前方の車線 5 0 0 に配列された複数の磁気マーカ 1 の距離及び方位に基づいて、複数の磁気マーカ 1 を通過する 3 次元的な軌跡を演算し、目標軌跡 1 R (図 1 0 参照。) に設定する (S 3 0 3)。

[0041] 制御ユニット 6 1 は、目標軌跡 1 R に沿って走行するための目標操舵角を演算すると共に (S 3 0 4)、直近の磁気マーカ 1 に到達する時点を予測到達時点として推定する (S 3 0 5)。例えば、現在時刻 t_r 、直近の磁気マーカ 1 までの距離 D 、車両 5 の速度 V としたとき、予測到達時点 t_o は、 $t_r + D/V$ となる。

[0042] 制御ユニット 6 1 は、ステップ S 3 0 4 で演算した目標操舵角を制御値として目標軌跡 1 R に沿って車両 5 を走行させるための車両制御を実行する (S 3 0 6)。そして制御ユニット 6 1 は、予測到達時点 t_o に到達するまでの間 (S 3 0 7 : NO)、ステップ S 3 0 4 で演算した目標操舵角による車両制御を実行する (S 3 0 6)。制御ユニット 6 1 は、このようにステップ S 3 0 6 の車両制御を実行することで、目標軌跡 1 R (図 1 0) に沿う車両走行を実現しようとする。

[0043] 予測到達時点 t_o に達したとき (S 3 0 7 : YES)、制御ユニット 6 1 は、センサアレイ 5 1 を利用して磁気マーカ 1 を磁氣的に検出するための検出処理を試みる (S 3 0 8)。制御ユニット 6 1 は、磁気マーカ 1 を検出できるまで (S 3 0 9 : NO)、磁氣的な検出処理 (S 3 0 8) を繰り返し実行する。

[0044] 磁気マーカ 1 を磁氣的に検出できたとき (S 3 0 9 : YES)、制御ユニ

ット61は、センサアレイ51が特定した車両5の横ずれ量を取得する（S310）。そして、制御ユニット61は、磁気マーカ1に対する車両5の横ずれ量を抑制できるように目標操舵角を補正する（S311）。そして制御ユニット61は、補正された目標操舵角を制御目標値とし、車両制御を実行する（S312）。

[0045] なお、ステップS309の判断について、時間的な制限を組み合わせることも良い。例えば、予測到達時点 t_o の経過後の所定時間が経過した場合、磁気マーカ1を検出できなかったと判断してそのままステップS312に移行しても良い。この場合には、横ずれ量による目標操舵角の補正が実施されないが、ステップS304で演算された目標操舵角による車両制御が可能である。

[0046] 以上のように、再帰反射特性を有する反射シート15を備える磁気マーカ1は、磁気マーカ1に到達する手前の位置から光学的に検出可能である。ライダーユニット62を備える車両5であれば、車線500に沿うように配列された前方の複数の磁気マーカ1を同時に検出でき、これらの磁気マーカ1を通過する軌跡を目標軌跡1Rに設定できる。目標軌跡1Rを設定すれば、車線500に沿う滑らかな車線維持走行を実現できる。さらに、車両5が通過する際、磁気マーカ1を磁氣的に検出すれば、磁気マーカ1に対する車両5の横ずれ量を高精度で特定できる。車両5の横ずれ量によって目標操舵角を補正すれば、車線500内での車幅方向の車両位置の調整が可能である。

[0047] ここで、磁気マーカ1を通過する際の横ずれ量によって車両の操舵輪を操舵する制御を比較例として説明する。この比較例の制御では、磁気マーカ1を通過する毎の小刻みな操舵制御に起因して車両のふらつきが生じるおそれがある。このような車両のふらつきは、例えば、近くを見て車線内の車両の位置（車幅方向の位置）を調整しようとする初心者の運転によって生じ得るふらつきに似ている。このような車両のふらつきを低減するには、制御ゲインを小さく設定すれば良いが、制御ゲインが小さいと、カーブ区間への進入時の制御遅れが問題になる可能性が高い。

- [0048] 例えば、十分に経験を積んだ運転者は、前方の道路形状を全体的に捉えてハンドルを操作するので、道路形状に追従する滑らかな運転を実現できる。目標軌跡 1 R に基づいて目標操舵角を設定すると共に、車両 5 の横ずれ量によって目標操舵角を補正する本例の制御は、経験を積んだ運転者による運転に似ている。前方の磁気マーカ 1 を通過するラインを目標軌跡 1 R に設定することは、前方の道路形状の全体的な把握に相当している。磁気マーカ 1 に対する横ずれ量によって操舵角を直接、制御するのではなく、横ずれ量によって目標操舵角を補正する本例の制御によれば、制御遅れを生じさせることなく車両 5 のふらつきを抑制できる。
- [0049] 本例では、磁石シート 10 の表面の全部を覆う反射シート 15 を含む磁気マーカ 1 を例示している。反射シート 15 は、磁石シート 10 の表面の一部を覆うシートであっても良く、磁石シート 10 よりも大判のシートであっても良い。本例では、磁石シート 10、及び反射シート 15 として円形状のものを例示している。磁石シート 10 及び反射シート 15 の形状は、円形状に限らず三角形や四角形などの多角形状であっても良く、磁石シート 10 及び反射シート 15 のうち的一方を円形状にし、他方を多角形状にしても良い。
- [0050] 磁石シート 10 の表面の一部に、再帰反射塗料による塗膜層を設けることも良い。また、本例では、厚さ 1.5 mm の磁石シート 10 を例示したが、より厚い磁石を採用する場合には、反射シートあるいは再帰反射塗料の塗膜層等による反射層を、磁石の外周側面に設けることも良い。
- [0051] タグリーダ（図示略）で読み取り可能な R F I D タグ 2 を含む図 11 の磁気マーカ 1 を採用することも良い。R F I D タグ 2 によれば、磁気マーカ 1 の敷設位置のデータや制限速度など運転支援に役立つ各種情報を車両に向けて出力できる。同図の磁気マーカ 1 では、磁石シート 10 の表面に、シート状の R F I D タグ 2 が配置されている。この磁気マーカ 1 では、R F I D タグ 2 が配置された磁石シート 10 の表面に、反射部をなす反射シート 15 が積層されている。この反射シート 15 は、磁石シート 10 の表面に配置された R F I D タグ 2 を保護するための保護シートとしても機能する。

[0052] 本例では、電磁波としてレーザ光などの光を例示し、磁気マーカ 1 の検出処理を実行する装置としてライダーユニット 6 2 を例示している。ミリ波等の電波（電磁波）を利用して磁気マーカ 1 を検出することもできる。ミリ波レーダによって磁気マーカ 1 を検出する場合には、車幅方向に延在する畝状のリブを設けた反射シートを採用することも良い。ミリ波などの電波は直進性が高いため、表面が平らな反射シートの場合、ミリ波を十分に再帰反射できないおそれがある。リブを設けた反射シートであれば、ミリ波の再帰反射率を高めることができる。なお、リブは、レーザ光の再帰反射率を高めるためにも有効に作用する。反射シートに代えて、再帰反射特性を呈するリブ（反射リブ）を磁石シートの表面側に設けることも良い。リブは、滑り止めとしても活用可能である。

[0053] 本例では、磁石シート 1 0 の表面に反射シート 1 5 を積層することにより磁石シート 1 0 の外表面側に形成された反射層を、磁気マーカ 1 の反射部として例示している。磁石シート 1 0 の表面に、保護シートと反射シートとを、該反射シートを外側にして積層することも良い。この場合、厳密には、磁石シート 1 0 の外表面に反射層が形成されているとは言えないが、磁石シート 1 0 の外表面側に反射層が形成されていると言える。

[0054] （実施例 2）

本例は、実施例 1 の磁気マーカに基づいて、形態をテープ状に変更した例である。この内容について、図 1 2 及び図 1 3 を参照して説明する。

本例の磁気マーカ 1（図 1 2）は、幅 1 5 0 m m の連続シート状の反射テープ 1 5 1 の裏面（反射面の裏面）に、間隔を空けて複数の磁石シート 1 0 が配置された連続シート状（テープ状）の磁気マーカである。連続シート状の磁気マーカ 1 は、車線 5 0 0 の中央に沿って途切れなく敷設される（図 1 3 参照。）。磁気マーカ 1 は、反射テープ 1 5 1 の反射面が上面となるように路面に貼り付けられ、磁石シート 1 0 は、反射テープ 1 5 1 の裏側となる。磁気マーカ 1 は、実施例 1 と同じ仕様の車両によって光学的、磁氣的に検出可能である。

[0055] 連続シート状の磁気マーカ 1 では、磁石シート 10 が例えば 2 m 間隔で位置している。磁気的な検出処理によれば、実施例 1 と同様に、磁石シート 10 を検出可能である。

一方、本例の連続シート状の磁気マーカ 1 では、磁石シート 10 を保持するテープ（連続シート）として反射テープ 151 が採用されている。したがって、磁気マーカ 1 に対する光学的な検出処理の結果が、実施例 1 とは相違する。

[0056] 本例の磁気マーカ 1 をライダーユニットが光学的に検出する場合、図 13 のハッチング領域のごとく、磁気マーカ 1 を連続的に検出可能である。ライダーユニットによる距離画像に基づけば、同図のハッチング領域の各位置までの距離及び方位を取得できる。車両側では、ハッチング領域を通る軌跡を目標軌跡 1 R として設定可能である。

[0057] 反射テープ 151 の幅は、本例のように磁石シート 10 の直径を超える幅であることは必須の構成ではない。磁石シート 10 の直径よりも幅狭の反射テープであっても良い。

なお、本例に代えて、車線 500 の中央に沿って間隔を空けて磁石シート 10 を敷設した後、磁石シート 10 を通過するように車線 500 の中央に沿って再帰反射塗料による塗装ラインを形成することも良い。このライン幅としては、磁石シート 10 の直径を超える幅であっても良く、磁石シート 10 の直径よりも狭い幅であっても良い。

[0058] 本例では、反射テープ 151 の裏面に磁石シート 10 を配置した磁気マーカの例である。磁石シート 10 を保護するための保護テープあるいは保護シートを、反射テープ 151 に貼り合わせることも良い。保護シートは、磁石シート 10 を被う小片状のシートであっても良い。保護テープは、反射テープと同様の連続テープであっても良い。反射テープ 151 の反射面に磁石シート 10 を配置することも良い。この場合には、レーザ光の電磁波を反射しない領域を磁石シート 10 の敷設位置と特定できる。

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。

[0059] (実施例3)

本例は、実施例1の磁気マーカに基づいて、反射部の態様を変更した例である。この内容について、図14及び図15を参照して説明する。

本例の磁気マーカ1は、磁石シート10そのものであって、実施例1で例示の反射シートを備えていない。本例の磁気マーカ1では、反射部をなす直径数10～100 μ mの高屈折率のガラスビーズ球108が磁石シート10の内部に分散配置され、磁気マーカ1の外表面に一部のガラスビーズ球108が露出している。

[0060] 次に、本例の磁気マーカ1の構成を明確にするために磁気マーカ1の作製方法を、図15を参照して説明する。

磁気マーカ1は、大判シート状の磁性シート104から打ち抜いて作成される。この磁性シート104を作製するに当たっては、まず、磁粉111（本例では磁性材料である酸化鉄の粉末、粉体）とガラスビーズ球108とを、基材となる溶融状態の樹脂材料中に混練したスラリー113を生成する。そして、このスラリー113を所定形状に成型して乾燥し、ペレット101を得る。磁性シート104は、圧延ローラ102によりペレット101をシート状に薄く引き延ばしたものである。ガラスビーズ球108が外表面に多く露出するよう、シンナー等の溶剤を利用して磁性シート104の表面を溶かす処理を実施することも良い。

[0061] 本例におけるガラスビーズ球108は、反射部をなす粒子の一例である。ガラスビーズ球108に代えて、アルミナなどの金属粉（粉体）を反射部の一例として含む磁気マーカ（磁石シート）であっても良い。

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。

[0062] (実施例4)

本例は、実施例1の磁気マーカを検出して利用する方法に関する例である。この内容について、図3、図9、図16及び図17を参照して説明する。

本例は、制御ユニット61による図9中のステップS307の判断内容を、予測到達時点t_oの所定時間（例えば1秒）前になったか否かの判断に変

更した例である。さらに本例では、ステップS309の判断について、例えば予測到達時点 t_o から所定時間（例えば1秒）経過後など時間的な制限を組み合わせている。なお、予測到達時点 t_o の前後の所定時間の長さを等しく設定しても良く、異なる時間を設定しても良い。

[0063] 本例の場合、図16のごとく、予測到達時点 t_o を基準として、磁気的な検出処理の実行期間を設定できる。予測到達時点 t_o を基準とした時間的な期間を設定し、その時間的な期間内に磁気的な検出処理を実行すれば、車両5（センサアレィ51）が磁気マーカ1に到達したタイミングで、その磁気マーカ1を効率良く検出できる。磁気マーカ1に車両5が到達していないにも関わらず、無駄に磁気的な検出処理を繰り返す状況を回避でき、誤検出を抑制できる。

[0064] なお、所定時間としては、1秒間や0.5秒間などの所定の時間的な期間に代えて、所定の距離を車両が通過するのに要する時間を設定することも良い。例えば、所定の距離として0.5mを設定した場合、所定時間は、車速Vにより0.5mを除算して得られた時間となる。

[0065] また、処理回路の一例である制御ユニット61は、図9のステップS305において予測到達時点 t_o を推定する際、併せて、対応する磁気マーカ1に車両5が到達したときの横ずれ量である予測横ずれ量を推定する。具体的には、制御ユニット61は、ステップS304の目標操舵角によって車両5が制御された場合の走行軌跡1E（図17）を推定することで、磁気マーカ1に対する車両5の予測横ずれ量を推定する。制御ユニット61は、センサアレィ51がその磁気マーカ1を磁気的に検出したときに特定された実際の横ずれ量（実際の偏差）と、予測横ずれ量と、を比較する。そして、制御ユニット61は、実際の横ずれ量（実際の偏差）と、予測横ずれ量と、の間に閾値を超える差分（差分横ずれ量）が生じているときに誤検出と判定することで、磁気マーカの検出精度を向上させる（精度向上処理）。

[0066] なお、図9中のステップS307の処理を省略することも良い。この場合、ステップS309において磁気マーカを検出できたと判断されたとき、実

際の検出時点と、予測到達時点と、を比較すると良い。制御ユニット61は、実際の検出時点と、予測到達時点と、の時間差（差分）が閾値を超えるとき、誤検出と判定すると良い（精度向上処理）。このように誤検出を判定すれば、磁気マーカの検出精度を向上できる。

[0067] また、磁気マーカ1に対する車両の実際の横ずれ量と、予測横ずれ量と、の差分横ずれ量の要因は、ライダーユニット62による磁気マーカ1の計測方位の誤差や、操舵制御に適用される目標操舵角の誤差等にある。

[0068] ライダーユニット62では、レーザ光の発射方向を特定する際に基準となる軸が設定されている。ライダーユニット62は、車両の直進方向を示す進行軸と、ライダーユニット62の軸と、の方位的な関係を特定することで、対象物である磁気マーカの方位の計測を可能としている。車両の進行軸とライダーユニット62の軸との間で特定された方位的な関係に誤差があれば、磁気マーカの計測方位に誤差が生じ、制御ユニット61が設定する目標軌跡に誤差が発生する。制御目標である目標軌跡に誤差があれば、制御ユニット61による制御の結果、上記の差分横ずれ量が大きくなる。このように差分横ずれ量は、ライダーユニット62の軸の方位誤差に連動する量である。この差分横ずれ量を利用すれば、ライダーユニット62の軸の校正を実行可能である。ライダーユニット62の軸を校正すれば、測距装置の一例であるライダーユニット62による計測精度を向上でき、差分横ずれ量を抑制できる（精度向上処理）。

[0069] 例えば、ライダーユニット62の軸が正しい方向よりも右方に振れている誤差がある場合の精度向上処理の内容を説明する。なお、以下の説明では、車両の進行方向を基準として右側の角度を正、左側の角度を負、右側への横ずれを正、左側への横ずれを負とする。また、説明中の括弧内の左右の表示は、左右が入れ替わった場合を示している。

[0070] ライダーユニット62の軸が正しい方向よりも右方（左方）に振れている場合、ライダーユニット62が対象物である磁気マーカについて計測する方位は実際の方位よりも左寄り（右寄り）となる。そうすると、目標軌跡が左

寄り（右寄り）となって、操舵制御による実際の車両の走行軌跡が左寄り（右寄り）となり、実際の横ずれ量から予測横ずれ量を差し引いた差分横ずれ量が負値（正值）となる可能性が高くなる。この場合、負値（正值）の差分横ずれ量に対して変換係数を乗じて得られる負（正）の角度を、ライダーユニット62の軸の方位に加算することでライダーユニット62の軸を校正すると良い。このように負（正）の角度を加算すれば、右側（左側）に振れたライダーユニット62の軸を左側（右側）に戻す校正が可能である。なお、差分横ずれ量に乗ずる係数については、適宜、設定すると良い。

[0071] また一般に、車両では、操舵輪を含めて車輪の取付に関する誤差が不可避である。車両の整備においては、キャンバー、トーイン、トーアウト、キャスターなどのホイールアライメントの値が許容誤差の範囲内に収まるように調整される。ホイールアライメントには誤差があるため、操舵輪の舵角（操舵角）がゼロ度のときに車両が直進走行するとは限らない。すなわち、車両の直進走行に対応する操舵角の中立点はゼロ度とは限らない。

[0072] 図9中のステップS304において、目標軌跡に対する目標操舵角を精度高く算出するためには、直進走行に対応する操舵角の中立点が精度高く特定されていることが重要である。操舵角の中立点に誤差があれば、目標軌跡に沿って車両を走行させるために制御ユニット61が算出する目標操舵角の精度が低下する。仮に目標操舵角が正しく算出されたとしても、操舵角の中立点に誤差があれば、制御ユニット61による制御により実際に車両が走行する軌跡が目標軌跡からずれてしまい、目標軌跡に対する追従精度が低下する。そして、目標操舵角の精度が十分でなかったり、目標軌跡に対する追従精度が十分でなければ、上記の差分横ずれ量が大きくなる。このように差分横ずれ量は、操舵角の中立点の誤差に連動する量である。この差分横ずれ量を利用すれば、操舵角の中立点の軸の校正を実行可能である。操舵角の中立点を校正すれば、制御ユニット61が算出する目標操舵角の精度、あるいは目標軌跡に対する車両の追従精度を向上でき、差分横ずれ量を抑制できる（精度向上処理）。

[0073] 例えば、操舵角の中立点が、正しい中立点よりも右側（左側）に振れている場合、操舵制御による車両の軌跡が右寄り（左寄り）となり、実際の横ずれ量から予測横ずれ量を差し引いた差分横ずれ量が正值（負値）となる可能性が高くなる。この場合、正值（負値）の差分横ずれ量に変換係数を乗じた正（負）の角度を、操舵角の中立点から減算することで中立点を較正すると良い。このように正（負）の角度を減算すれば、右側（左側）に振れた中立点を左寄り（右寄り）に戻す較正が可能である。

なお、その他の構成及び作用効果は、実施例 1 と同様である。

[0074] 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前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

- [0075]
- 1 磁気マーカ
 - 10 磁石シート（磁石）
 - 108 ガラスビーズ球（反射部）
 - 15 反射シート（反射部、反射層）
 - 151 反射テープ（反射部、反射層）
 - 2 RFIDタグ
 - 5 車両
 - 500 車線
 - 51 センサアレイ（磁気装置）
 - Cn 磁気センサ（nは1～15の自然数）
 - 510 検出処理回路
 - 61 制御ユニット（処理回路）
 - 62 ライダーユニット（測距装置）

6 5 操舵ユニット

6 6 エンジンコントロールユニット