

明 細 書

発明の名称： 制御装置、移動体および制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、制御装置、移動体および制御方法に関する。

本願は、2019年2月25日に日本に出願された特願2019-031490号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 車両横方向（進行方向に対して垂直な方向）の位置検知方法として、軌道上に磁気マーカを不連続に設置し、その磁気マーカを車両に設置した磁気センサで検出する方法が開示されている（特許文献1）。特許文献1に記載されている構成では、磁気マーカを移動方向と交差方向の2次元の分布で検出することで、走行位置と走行方向が算出される。ただし、この構成では、磁気マーカは不連続に軌道上に設置されているため、磁気マーカが存在しない区間では横方向位置は計測できない。

[0003] 安定した環境で走行する際には、過去の状態から横方向位置を予測することが容易であるため、磁気マーカが存在しない区間では横方向位置を計測しなくても精度上問題とならない。しかし、例えば、横風が生じ、また、その強さが変化するような環境では、横方向位置の予測が困難であり、操舵制御が困難となる。

[0004] なお、横風が生じる場合であっても、精度良く、横方向位置を検出する、または、操舵制御を行う方法として、例えば次の2つが考えられるが、それぞれ課題を有する。一つは、磁気マーカを連続して設置する方法である。この方法では、磁気マーカ自体のコスト、磁気マーカの設置コストが増大する。また、もう一つは、横方向位置の検出誤差が生じても車両が構造物に接触しないように軌道を広くする方法である。この場合、軌道の建設コストが増大する。

[0005] また、磁気マーカを使用せず、横風が生じる場合に対応する方法として以

下の２つが知られている。一つは、風圧を検出し、これに基づいて制御を行う方法である（特許文献２）。特許文献２に記載されている構成では、風圧に基づいて、これを補償する操舵力を出力するのみで、軌道中心に対する絶対的な位置は検出しない。この構成では、横方向位置を直接検出することができず、車両重量の推定誤差、タイヤと路面の推定摩擦誤差などの影響を受けやすい。もう一つは、車両に設置したカメラを用いて、軌道上の白線などのマーカを検出することにより、横方向位置を検出する方法である（特許文献３）。特許文献３に記載されている方法では、雨天時、濃霧時などはマーカを検出することが困難となり、横方向位置の検出ができない。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特開平１－２５３００７号公報

特許文献２：特開昭６１－２０７２７３号公報

特許文献３：特許第３７６３２１１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本開示は、上記事情に鑑みなされたものであり、雨天時、濃霧時等であっても横方向の位置を検知することができる制御装置、移動体および制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するため、本発明の一態様は、軌道上に間隔をあけて配置された複数の磁気マーカに沿って走行する走行体の走行方向を制御する装置であって、前記磁気マーカを検知する第１センサと、速度または加速度を検知する第２センサと、前記第１センサが前記磁気マーカを検出した場合に前記第１センサの検知結果に基づいて前記走行体の横方向の位置を算出する第１横方向位置算出部と、前記第１センサが前記磁気マーカを検出していない場合に前記第２センサの検知結果に基づいて前記走行体の横方向の位置を算

出する第2横方向位置算出部と、前記第1横方向位置算出部または前記第2横方向位置算出部が算出した前記走行体の横方向の位置に基づいて前記走行体の走行方向を制御する走行方向制御部とを備える制御装置である。

[0009] また、本発明の一態様は、前記第2横方向位置算出部は、前記軌道の曲線部の走行に依存する分を控除して、前記走行体の横方向の位置を算出する上記制御装置である。

[0010] また、本発明の一態様は、前記第2横方向位置算出部は、前記軌道の曲線部の曲率半径と前記走行体の走行速度に基づいて前記軌道の曲線部の走行に依存する横方向の速度または加速度を算出し、その算出した横方向の速度または加速度に基づき、前記軌道の曲線部の走行に依存する分を控除して、前記走行体の横方向の位置を算出する上記制御装置である。

[0011] また、本発明の一態様は、上記制御装置を備える移動体である。

[0012] また、本発明の一態様は、軌道上に間隔をあけて配置された複数の磁気マーカに沿って走行する走行体の走行方向を制御する方法であって、前記走行体は、前記磁気マーカを検知する第1センサと、速度または加速度を検知する第2センサと、前記第1センサが前記磁気マーカを検出した場合に前記第1センサの検知結果に基づいて前記走行体の横方向の位置を算出する第1横方向位置算出部と、前記第1センサが前記磁気マーカを検出していない場合に前記第2センサの検知結果に基づいて前記走行体の横方向の位置を算出する第2横方向位置算出部と、走行方向制御部とを備え、前記走行方向制御部によって、前記第1横方向位置算出部または前記第2横方向位置算出部が算出した前記走行体の横方向の位置に基づいて前記走行体の走行方向を制御する制御方法である。

発明の効果

[0013] 本発明の各態様によれば、雨天時、濃霧時等であっても横方向の位置を検知することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の第1実施形態に係る操舵装置制御装置の構成例を示すブロック

図である。

[図2A]図1に示す前方横方向速度検知部13-1等の車両10内の搭載例を示す模式図である。

[図2B]図1に示す前方横方向速度検知部13-1等の車両10内の搭載例を示す模式図である。

[図3]図1に示す前方横方向位置算出部33-1と後方横方向位置算出部33-2の構成例を示すブロック図である。

[図4]図3に示す軌道線形データベース66の構成例を示す模式図である。

[図5]図1に示す前方横方向位置算出部33-1と後方横方向位置算出部33-2の動作例を示すフローチャートである。

[図6]図5に示す動作例を説明するための模式図である。

[図7]本発明の第2実施形態に係る操舵装置制御装置の構成例を示すブロック図である。

[図8A]図7に示す前方横方向加速度検知部14-1等の車両10内の搭載例を示す模式図である。

[図8B]図7に示す前方横方向加速度検知部14-1等の車両10内の搭載例を示す模式図である。

[図9]図7に示す前方横方向位置算出部34-1と後方横方向位置算出部34-2の構成例を示すブロック図である。

[図10]図7に示す前方横方向位置算出部34-1と後方横方向位置算出部34-2の動作例を示すフローチャートである。

[図11]少なくとも1つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。なお、各図において、同一または対応する構成には同一の符号を用いて説明を適宜省略する。

[0016] 〈第1実施形態〉

図１は、本発明の第１実施形態に係る操舵装置制御装置１の構成例を示すブロック図である。図２Ａは、図１に示す前方横方向速度検知部１３－１等の車両１０内の搭載例を模式的に示す上面図であり、図２Ｂは側面図である。

[0017] 図１に示す操舵装置制御装置１は、図２Ａ、Ｂに示す車両１０に搭載され、車両１０の複数のタイヤ１１－１～１１－４の全部または一部を操舵する操舵装置５０（図２Ａ、Ｂでは不図示）の操舵角を制御することで、車両１０の走行方向を制御する。この場合、タイヤ１１－１とタイヤ１１－２が前輪であり、タイヤ１１－３とタイヤ１１－４が後輪である。車両１０は、軌道２００上に間隔をあけて配置された複数の磁気マーカ２０－１、２０－２、…（総称して磁気マーカ２０ともいう）に沿って走行する走行体であり、例えば、軌道自動操舵式交通システム用の車両である。磁気マーカ２０は、長手方向が軌道２００（車両１０の経路）の中心軸に沿うように（中心軸上に位置するように）軌道２００に不連続に敷設された磁石である。

[0018] 図１に示すように、操舵装置制御装置１は、操舵装置制御部３０と、位置マーカ検知部４０と、速度検知部１５と、前方磁気マーカ検知部１２－１と、前方横方向速度検知部１３－１と、後方磁気マーカ検知部１２－２と、後方横方向速度検知部１３－２を備える。操舵装置制御部３０は、コンピュータであり、ＣＰＵ（中央処理装置）、記憶装置、入出力装置等を備え、記憶装置に記憶されているプログラムをＣＰＵで実行することで動作する。この場合、操舵装置制御部３０は、ハードウェアとプログラム等のソフトウェアの組み合わせから構成される機能的構成要素として、走行方向制御部３１と、経路情報記憶部３２と、前方横方向位置算出部３３－１と、後方横方向位置算出部３３－２を有する。なお、以下では、前方横方向位置算出部３３－１と後方横方向位置算出部３３－２を、総称して横方向位置算出部３３という場合がある。

[0019] 位置マーカ検知部４０は、軌道２００に沿って所定の位置に設置されている位置マーカを検知する。位置マーカは、例えば近距離無線通信を用いて所

定の識別情報を送信する装置であり、位置マーカ検知部40は位置マーカから受信した識別情報を出力する。

[0020] 速度検知部15は、タイヤ11-1～11-4の一部または全部の回転数をカウントし、単位時間当たりのカウント値を算出して、走行速度として出力する。図2A、Bに示す例では、速度検知部15は、タイヤ11-2の回転に応じた信号を検出し、タイヤ11-2の回転数に基づいて走行速度を算出して出力する。

[0021] 前方磁気マーカ検知部12-1は、磁気センサであり、車両10の中心軸近傍の前方の底部で軌道200の路面に対向する位置に設置され、例えば、車両10の横方向（軌道200の路面上で進行方向に対して垂直な方向）に沿って長手方向を有する検知面を有する。前方磁気マーカ検知部12-1は、磁気マーカ20上を通過しているか否か（検出しているか否か）を示す信号と、検出している場合に検知面上のどの位置で検出しているのかということを示す信号を出力する。

[0022] 前方横方向速度検知部13-1は、例えば、レーザドップラ速度計を用いて構成される。レーザドップラ速度計は、交差するレーザにより生じる干渉縞を高反射物が通過する際に生じる明暗の周波数によって速度を検出する。レーザドップラ速度計は、例えば、異なる周波数で周波数変調された2光束のレーザ光を所定の入射角で測定物に照射し、測定物からの散乱光をフォトダイオードで受光し、測定物の移動により発生する散乱光のドップラー周波数に基づいて測定物の速度を検知する。前方横方向速度検知部13-1は、車両10の中心軸近傍の前方の底部で軌道200の路面に対向する位置に設置され、路面を測定物として、車両10の横方向の速度を検知して出力する。あるいは、前方横方向速度検知部13-1は、例えば、レーザ光により距離や速度を検知する検知器を用いて、例えば軌道200の図示していない側壁までの距離や側壁に対する接近または離間の速度を計測することで、横方向速度を算出するものとしてもよい。

[0023] 後方磁気マーカ検知部12-2は、前方磁気マーカ検知部12-1と同一

の磁気センサであり、車両 10 の中心軸近傍の後方の底部で軌道 200 の路面に対向する位置に設置されている。後方磁気マーカ検知部 12-2 は、前方磁気マーカ検知部 12-1 と同様に、磁気マーカ 20 上を通過しているか否か（検出しているか否か）を示す信号と、検出している場合に検知面上のどの位置で検出しているのかということを示す信号を出力する。

[0024] 後方横方向速度検知部 13-2 は、前方横方向速度検知部 13-1 と同一の構成であり、車両 10 の中心軸近傍の後方の底部で軌道 200 の路面に対向する位置に設置され、路面を測定物として、車両 10 の横方向の速度を検知して出力する。

[0025] 図 1 に示す操舵装置制御部 30 において、前方横方向位置算出部 33-1 は、前方磁気マーカ検知部 12-1 が磁気マーカ 20 を検出した場合に前方磁気マーカ検知部 12-1 の検知結果に基づいて車両 10 の横方向の位置を算出するとともに、前方磁気マーカ検知部 12-1 が磁気マーカ 20 を検知していない場合に前方横方向速度検知部 13-1 の検知結果に基づいて車両 10 の横方向の位置を算出して、出力する。ここで、車両 10 の横方向の位置とは、軌道 200 の中心軸（走行経路の中心軸）を基準とした車両 10 の中心軸のずれ（軌道 200 の中心軸と車両 10 の中心軸の距離）である。図 2A に示す例は、車両 10 の横方向の位置がゼロ（軌道 200 の中心軸と車両 10 の中心軸の距離がゼロ）の場合である。車両 10 の横方向の位置は、例えば、右に〇〇mmとか、左に〇〇mmとかいう値で表される。前方横方向位置算出部 33-1 は、前方磁気マーカ検知部 12-1 が磁気マーカ 20 を検出した場合、磁気マーカ 20 が前方磁気マーカ検知部 12-1 の検知面上のどの位置で検知されているかという情報に基づき、車両 10 の横方向の位置を算出する。また、前方横方向位置算出部 33-1 は、前方磁気マーカ検知部 12-1 が磁気マーカ 20 を検知していない場合、前方横方向速度検知部 13-1 が検知した速度を時間積分することで車両 10 の横方向の位置を算出する。

[0026] また、後方横方向位置算出部 33-2 は、前方横方向位置算出部 33-1

と同様にして、後方磁気マーカ検知部 12-2 が磁気マーカ 20 を検出した場合に後方磁気マーカ検知部 12-2 の検知結果に基づいて車両 10 の横方向の位置を算出するとともに、後方磁気マーカ検知部 12-2 が磁気マーカ 20 を検知していない場合に後方横方向速度検知部 13-2 の検知結果に基づいて車両 10 の横方向の位置を算出して、出力する。

[0027] 経路情報記憶部 32 は、車両 10 が走行する軌道 200 を表す情報（経路情報ともいう）を記憶する。経路情報は、例えば、軌道 200 の形状を表す情報、各位置マーカの位置を表す情報、各磁気マーカ 20 の位置を表す情報、所定の各位置や各区間での走行速度の指令値を表す情報、各位置の通過時刻の予定値を表す情報、軌道 200 上の駅の位置を表す情報等を含む。

[0028] 走行方向制御部 31 は、位置マーカ検知部 40、速度検知部 15、前方磁気マーカ検知部 12-1、後方磁気マーカ検知部 12-2、前方横方向位置算出部 33-1、および後方横方向位置算出部 33-2 の各出力を入力し、経路情報記憶部 32 が記憶する経路情報を参照し、操舵装置 50 の操舵角を決定し、決定した操舵角を操舵装置 50 へ出力する。その際、走行方向制御部 31 は、前方横方向位置算出部 33-1 および後方横方向位置算出部 33-2 が算出した車両 10 の横方向の各位置に基づいて、横方向の位置がゼロとなるように（車両 10 の中心軸と軌道 200 の中心軸のずれが無くなるように）、操舵角を決定して、車両 10 の走行方向を制御する。

[0029] 次に、図 3～図 6 を参照して、図 1 に示す前方横方向位置算出部 33-1 と後方横方向位置算出部 33-2（以下、総称して横方向位置算出部 33 ともいう）の構成例および動作例について説明する。図 3 は、前方横方向位置算出部 33-1 と後方横方向位置算出部 33-2（横方向位置算出部 33）の構成例を示すブロック図である。図 4 は、図 3 に示す軌道線形データベース 66 の構成例を示す模式図である。図 5 は、図 1 に示す前方横方向位置算出部 33-1 と後方横方向位置算出部 33-2（横方向位置算出部 33）の動作例を示すフローチャートである。図 6 は、図 5 に示す動作例を説明するための模式図（上面図）である。

- [0030] なお、図3に示す横方向位置算出部33は、軌道200の曲線部では軌道中央を走行している場合であっても横方向の速度が生じるため、軌道200上の進行方向の位置情報を利用して、計測された横方向の速度を補正する処理を行う。すなわち、横方向位置算出部33は、必要に応じて、軌道200の曲線部の走行に依存する分を控除して、車両10の横方向の位置を算出する。その際、横方向位置算出部33は、軌道200の曲線部の曲率半径と車両10の走行速度に基づいて軌道200の曲線部の走行に依存する横方向の速度を算出し、その算出した横方向の速度に基づき、必要に応じて、軌道200の曲線部の走行に依存する分を控除して、車両10の横方向の位置を算出する。
- [0031] 図3に示す例において、横方向位置算出部33は、統合部61と、磁気センサ利用横方向位置算出部62と、速度計利用横方向位置算出部63と、磁気マーカ検出判定部64と、走行方向位置算出部65と、軌道線形データベース66と、走行速度算出部67を有する。
- [0032] 統合部61は、磁気マーカ検出判定部64の判定結果に基づき、磁気マーカ20が検出されている場合、磁気センサ利用横方向位置算出部62が算出した横方向位置を選択して走行方向制御部31へ出力し、磁気マーカ20が検出されていない場合、速度計利用横方向位置算出部63が算出した横方向位置を選択して走行方向制御部31へ出力する。
- [0033] 磁気センサ利用横方向位置算出部62は、前方磁気マーカ検知部12-1または後方磁気マーカ検知部12-2（以下、総称して磁気マーカ検知部12ともいう）の出力に基づき、車両10の横方向位置を算出して出力する。
- [0034] 速度計利用横方向位置算出部63は、前方横方向速度検知部13-1または後方横方向速度検知部13-2（以下、総称して横方向速度検知部13ともいう）の出力に基づき、横方向の速度を時間積分することで、車両10の横方向位置を算出して出力する。その際、速度計利用横方向位置算出部63は、走行方向位置算出部65の出力および走行速度算出部67の出力に基づき、軌道線形データベース66を参照して、必要に応じて、軌道200の曲

線部の走行に依存する分を控除して、車両 10 の横方向の位置を算出する。

[0035] 磁気マーカ検出判定部 64 は、磁気マーカ検知部 12 の出力に基づき、磁気マーカ検知部 12 が磁気マーカ 20 を検出しているか否かを判定し、判定結果を出力する。

[0036] 走行方向位置算出部 65 は、位置マーカ検知部 40 の出力と速度検知部 15 の出力に基づき、車両 10 の軌道 200 上の走行位置を算出する。走行方向位置算出部 65 は、位置マーカ検知部 40 が出力した各位置マーカの各位置情報と、速度検知部 15 が出力した走行速度の時間積分値に基づいて、例えば軌道 200 の起点からの距離を算出する。

[0037] 軌道線形データベース 66 は、軌道 200 上の各位置と、軌道 200 の線形情報（曲率半径および曲率半径の変化）を対応づけて格納するファイルである。軌道線形データベース 66 は、例えば図 4 に示すように、軌道 200 の起点からの距離と、曲率半径および曲率半径の変化とを対応づける情報を含む。図 4 に示す例では、軌道線形データベース 66 は、例えば、起点から 100 m までは曲率半径 1000 m の右カーブ、100 m から 1000 m までは直線、1000 m からは曲率半径 2000 m の左カーブ、…であるということを示す情報を含んでいる。

[0038] 走行速度算出部 67 は、速度検知部 15 の出力に基づき、所定の時間における車両 10 の走行方向の速度（例えば走行方向の平均速度）を算出する。

[0039] 次に、図 5 を参照して、図 3 に示す横方向位置算出部 33 の動作例について説明する。図 5 に示す処理は所定の時間間隔で繰り返し実行される。図 5 に示す処理が開始されると、横方向位置算出部 33 では、磁気マーカ検出判定部 64 が磁気マーカ検知部 12 の出力に基づき磁気マーカ 20 が検出されているか否かを判定する（ステップ S10）。

[0040] 磁気マーカ 20 が検出されている場合（ステップ S11 で「Yes」の場合）、磁気センサ利用横方向位置算出部 62 が、磁気マーカ検知部 12 の出力に基づき、車両 10 の横方向位置を算出して出力する（ステップ S12）。

[0041] 一方、磁気マーカ 20 が検出されていない場合（ステップ S 11 で「N o」の場合）、走行方向位置算出部 65 が車両 10 の走行位置を算出する（ステップ S 13）。次に、速度計利用横方向位置算出部 63 が、算出された走行位置に基づき軌道線形データベース 66 を参照して、算出された走行位置が直線か否かを判定する（ステップ S 14）。算出された走行位置が直線である場合（ステップ S 14 で「Y e s」の場合）、速度計利用横方向位置算出部 63 は、横方向速度検知部 13 の出力に基づき、車両 10 の横方向位置を算出して出力する（ステップ S 15）。

[0042] 一方、算出された走行位置が直線でない場合（ステップ S 14 で「N o」の場合）、速度計利用横方向位置算出部 63 は、算出された走行位置に基づき、軌道線形データベース 66 から曲率半径と曲率半径の変化を示す情報を取得する（ステップ S 16）。次に、速度計利用横方向位置算出部 63 は、曲線部走行依存分の横方向速度を算出する（ステップ S 17）。

[0043] ステップ S 17 において、速度計利用横方向位置算出部 63 は、曲線部で生じる横方向の速度を以下のようにして算出する。

[0044] 図 6 に示すように、車両 10 が曲率半径 r の曲線を走行する際、車両中心 $c c$ と横方向速度検知部 13 の間の距離を l 、曲線の中心を $(0, 0)$ 、曲線の中心 $(0, 0)$ から見た車両 10 の角度を θ とすると、横方向速度検知部 13 の位置 $p \rightarrow$ ($\rightarrow$ はベクトルを表す) は、

[0045] [数1]

$$\vec{p} = (r \cdot \cos(\theta) - l \cdot \sin(\theta), r \cdot \sin(\theta) + l \cdot \cos(\theta))$$

[0046] となる。これを時刻 t で微分すると、

[0047] [数2]

$$\begin{aligned} \frac{d\vec{p}}{dt} = & \left(\frac{dr}{dt} \cdot \cos(\theta) - r \cdot \sin(\theta) \cdot \frac{d\theta}{dt} - l \cdot \cos(\theta) \cdot \frac{d\theta}{dt}, \frac{dr}{dt} \right. \\ & \left. \cdot \sin(\theta) + r \cdot \cos(\theta) \cdot \frac{d\theta}{dt} - l \cdot \sin(\theta) \cdot \frac{d\theta}{dt} \right) \end{aligned}$$

[0048] となる。ここで、 $\theta = 0$ の箇所を対象とすると、横方向の速度 v_{θ} は

[0049] [数3]

$$v_{\theta} = \frac{dr}{dt} - l \cdot \frac{d\theta}{dt} \quad \dots (1)$$

[0050] となる。曲線に沿った進行方向の位置を q とすると、

[0051] [数4]

$$q = r \cdot \theta$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{dr}{dt} \cdot \theta + r \cdot \frac{d\theta}{dt} = v$$

[0052] であり、 v は走行速度である。 $\theta = 0$ の場合は、

[0053] [数5]

$$v = \frac{dq}{dt} = r \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

[0054] であり、これは走行速度に対応する。式 (1) より、

[0055] [数6]

$$v_{\theta} = \frac{dr}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} - l \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \left(\frac{dr}{dq} - \frac{l}{r} \right) \cdot v \quad \dots (2)$$

[0056] となる。軌道上の位置が既知であれば、曲率半径の変化 dr/dq 、および、曲率半径 r を求めることができ、また、走行速度 v も算出可能であり、上式により横方向の速度 v_{θ} を算出可能である。なお、走行速度の計測は、タイヤの回転数によるもの、レーザドップラ速度計によるもののいずれであってもよい。

[0057] 次に、速度計利用横方向位置算出部 63 は、横方向速度検知部 13 で検知された横方向の速度から、ステップ S17 で算出した曲線部走行依存分の横

方向速度を控除して、曲線部の走行依存分を補正した横方向速度を算出する（ステップS 1 8）。次に、速度計利用横方向位置算出部 6 3 は、補正された横方向速度に基づき、車両 1 0 の横方向位置を算出して出力する（ステップS 1 5）。

[0058] 以上のように、第 1 実施形態によれば、光学式カメラを用いることなく横方向の位置を検知することができるので、雨天時、濃霧時等であっても精度良く横方向の位置を検知することができる。また、第 1 実施形態によれば、雨天時等かつ曲線部であっても、横風によって生じる横方向位置の変化を算出することができる。

[0059] また、第 1 実施形態では、軌道 2 0 0 上に磁気マーカ 2 0 を断続的に設置し、磁気マーカ 2 0 を設置している箇所では、磁気マーカ検知部 1 2 により横方向位置を検知し、磁気マーカ 2 0 を設置していない区間では横方向速度検知部 1 3 を用いて横方向位置を算出する。これにより、磁気マーカ 2 0 の設置コストの低減と、磁気マーカ 2 0 を設置していない区間で生じる位置の累積誤差の低減を図ることができる。

[0060] また、第 1 実施形態では、軌道 2 0 0 の曲線部においては、式（2）により、軌道の線形と走行速度から定まる曲線走行時の横方向速度 v_{θ} を、レーザドップラ速度計等で計測された速度から控除して横方向の位置を算出する。これにより、横風により横方向に車両 1 0 が押されなくても、曲線に沿って走行していることで生じる横方向の速度による位置の誤差を低減することができる。

[0061] また、第 1 実施形態では、車両 1 0 に横方向速度検知部 1 3 を設置するため、軌道 2 0 0 側の増加コストは生じない。

[0062] また、レーザドップラ速度計はカメラと比較して、雨天などの環境変化に対して頑健であり、安定した検知が可能となる。

[0063] なお、磁気マーカ非設置区間においては、横方向速度検知部 1 3 による位置の算出誤差が累積されるが、第 1 実施形態では、磁気マーカ検知部 1 2 と横方向速度検知部 1 3 を選択的に用いているので、磁気マーカ 2 0 が設置さ

れた区間で累積した誤差をなくすることができる。

[0064] 〈第2実施形態〉

次に、図7～図10を参照して、本発明の第2実施形態について説明する。図7は、本発明の第2実施形態に係る操舵装置制御装置1bの構成例を示すブロック図である。図8Aは、図7に示す前方横方向加速度検知部14-1等の車両10内の搭載例を模式的に示す上面図であり、図8Bは側面図である。

[0065] 図7に示すように、第2実施形態の操舵装置制御装置1bでは、図1に示す第1実施形態の前方横方向速度検知部13-1と後方横方向速度検知部13-2の代わりに、前方横方向加速度検知部14-1と後方横方向加速度検知部14-2を設けている。また、図7に示す第2実施形態の操舵装置制御部30bは、図1に示す第1実施形態の前方横方向位置算出部33-1と後方横方向位置算出部33-2に代えて、前方横方向位置算出部34-1と後方横方向位置算出部34-2を有している。第2実施形態では、操舵装置制御部30bが、前方横方向加速度検知部14-1と後方横方向加速度検知部14-2を用いて、横方向の加速度を検出し、これを時間積分して横方向の速度を算出し、さらに算出した横方向の速度を時間積分して横方向位置を算出する。

[0066] 図7に示す操舵装置制御装置1bは、図8A、Bに示す車両10に搭載され、車両10の複数のタイヤ11-1～11-4の全部または一部を操舵する操舵装置50（図8A、Bでは不図示）の操舵角を制御することで、車両10の走行方向を制御する。

[0067] 図7に示すように、操舵装置制御装置1bは、操舵装置制御部30bと、位置マーカ検知部40と、速度検知部15と、前方磁気マーカ検知部12-1と、前方横方向加速度検知部14-1と、後方磁気マーカ検知部12-2と、後方横方向加速度検知部14-2を備える。操舵装置制御部30bは、操舵装置制御部30と同様のコンピュータであり、ハードウェアとプログラム等のソフトウェアの組み合わせから構成される機能的構成要素として、走

行方向制御部 31 と、経路情報記憶部 32 と、前方横方向位置算出部 34-1 と、後方横方向位置算出部 34-2 を有する。なお、以下では、前方横方向位置算出部 34-1 と後方横方向位置算出部 34-2 を、総称して横方向位置算出部 34 という場合がある。以下、第 1 実施形態と異なる部分について説明する。

[0068] 前方横方向加速度検知部 14-1 は、例えば、1 軸または多軸の加速度センサを用いて構成される。前方横方向加速度検知部 14-1 は、車両 10 の中心軸近傍の前方の底部に設置され、車両 10 の横方向の加速度を検知して出力する。後方横方向加速度検知部 14-2 は、前方横方向加速度検知部 14-1 と同一の構成であり、車両 10 の中心軸近傍の後方の底部に設置され、車両 10 の横方向の速度を検知して出力する。ただし、前方横方向加速度検知部 14-1 と後方横方向加速度検知部 14-2 の設置位置は例えば車両 10 の底部に限定されない。

[0069] 前方横方向位置算出部 34-1 は、前方磁気マーカ検知部 12-1 が磁気マーカ 20 を検出した場合に前方磁気マーカ検知部 12-1 の検知結果に基づいて車両 10 の横方向の位置を算出するとともに、前方磁気マーカ検知部 12-1 が磁気マーカ 20 を検知していない場合に前方横方向加速度検知部 14-1 の検知結果に基づいて車両 10 の横方向の位置を算出して、出力する。前方横方向位置算出部 34-1 は、前方磁気マーカ検知部 12-1 が磁気マーカ 20 を検出した場合、磁気マーカ 20 が前方磁気マーカ検知部 12-1 の検知面上のどの位置で検知されているかという情報に基づき、車両 10 の横方向の位置を算出する。また、前方横方向位置算出部 34-1 は、前方磁気マーカ検知部 12-1 が磁気マーカ 20 を検知していない場合、前方横方向加速度検知部 14-1 が検知した加速度を時間積分することで車両 10 の横方向の速度を算出し、算出した横方向の速度を時間積分することで車両 10 の横方向の位置を算出する。

[0070] また、後方横方向位置算出部 34-2 は、前方横方向位置算出部 34-1 と同様にして、後方磁気マーカ検知部 12-2 が磁気マーカ 20 を検出した

場合に後方磁気マーカ検知部 12-2 の検知結果に基づいて車両 10 の横方向の位置を算出するとともに、後方磁気マーカ検知部 12-2 が磁気マーカ 20 を検知していない場合に後方横方向加速度検知部 14-2 の検知結果に基づいて車両 10 の横方向の位置を算出して、出力する。

[0071] 走行方向制御部 31 は、位置マーカ検知部 40、速度検知部 15、前方磁気マーカ検知部 12-1、後方磁気マーカ検知部 12-2、前方横方向位置算出部 34-1、および後方横方向位置算出部 34-2 の各出力を入力し、経路情報記憶部 32 が記憶する経路情報を参照し、操舵装置 50 の操舵角を決定し、決定した操舵角を操舵装置 50 へ出力する。その際、走行方向制御部 31 は、前方横方向位置算出部 34-1 および後方横方向位置算出部 34-2 が算出した車両 10 の横方向の各位置に基づいて、横方向の位置がゼロとなるように（車両 10 の中心軸と軌道 200 の中心軸のずれが無くなるように）、操舵角を決定して、車両 10 の走行方向を制御する。

[0072] 次に、図 9 および図 10 を参照して、図 7 に示す前方横方向位置算出部 34-1 と後方横方向位置算出部 34-2（以下、総称して横方向位置算出部 34 ともいう）の構成例および動作例について説明する。図 9 は、前方横方向位置算出部 34-1 と後方横方向位置算出部 34-2 の構成例（横方向位置算出部 34）を示すブロック図である。図 10 は、図 1 に示す前方横方向位置算出部 34-1 と後方横方向位置算出部 34-2（横方向位置算出部 34）の動作例を示すフローチャートである。

[0073] なお、図 9 に示す横方向位置算出部 34 は、軌道 200 の曲線部では横風が生じていない場合であっても横方向の加速度が生じるため、軌道 200 上の進行方向の位置情報を利用して、計測された横方向の加速度を補正する処理を行う。すなわち、横方向位置算出部 34 は、必要に応じて、軌道 200 の曲線部の走行に依存する分を控除して、車両 10 の横方向の位置を算出する。その際、横方向位置算出部 34 は、軌道 200 の曲線部の曲率半径と車両 10 の走行速度に基づいて軌道 200 の曲線部の走行に依存する横方向の加速度を算出し、その算出した横方向の加速度に基づき横方向の速度を算出

し、その算出した横方向の速度に基づき、必要に応じて、軌道200の曲線部の走行に依存する分を控除して、車両10の横方向の位置を算出する。

[0074] 図9に示す例において、横方向位置算出部34は、統合部61と、磁気センサ利用横方向位置算出部62と、加速度計利用横方向位置算出部71と、磁気マーカ検出判定部64と、走行方向位置算出部65と、軌道線形データベース66と、走行速度算出部67と、走行方向加速度算出部72を有する。

[0075] 統合部61は、磁気マーカ検出判定部64の判定結果に基づき、磁気マーカ20が検出されている場合、磁気センサ利用横方向位置算出部62が算出した横方向位置を選択して走行方向制御部31へ出力し、磁気マーカ20が検出されていない場合、加速度計利用横方向位置算出部71が算出した横方向位置を選択して走行方向制御部31へ出力する。

[0076] 加速度計利用横方向位置算出部71は、前方横方向加速度検知部14-1または後方横方向加速度検知部14-2（以下、総称して横方向加速度検知部14ともいう）の出力に基づき、横方向の加速度を時間積分して横方向の速度を算出し、算出した横方向の速度を時間積分することで、車両10の横方向位置を算出して出力する。その際、加速度計利用横方向位置算出部71は、走行方向位置算出部65の出力、走行速度算出部67の出力および走行方向加速度算出部72の出力に基づき、軌道線形データベース66を参照して、必要に応じて、軌道200の曲線部の走行に依存する分を控除して、車両10の横方向の位置を算出する。

[0077] 走行方向加速度算出部72は、速度検知部15の出力に基づき、速度検知部15が検知した走行方向の速度を時間微分して、所定の時間における車両10の走行方向の加速度（例えば平均加速度）を算出する。

[0078] 次に、図10を参照して、図9に示す横方向位置算出部34の動作例について説明する。図10に示す処理は所定の時間間隔で繰り返し実行される。図10に示す処理が開始されると、横方向位置算出部34では、磁気マーカ検出判定部64が磁気マーカ検知部12の出力に基づき磁気マーカ20が検

出されているか否かを判定する（ステップS 1 0）。

[0079] 磁気マーカ 2 0 が検出されている場合（ステップS 1 1 で「Y e s」の場合）、磁気センサ利用横方向位置算出部 6 2 が、磁気マーカ検知部 1 2 の出力に基づき、車両 1 0 の横方向位置を算出して出力する（ステップS 1 2）。

[0080] 一方、磁気マーカ 2 0 が検出されていない場合（ステップS 1 1 で「N o」の場合）、走行方向位置算出部 6 5 が車両 1 0 の走行位置を算出する（ステップS 1 3）。次に、加速度計利用横方向位置算出部 7 1 が、算出された走行位置に基づき軌道線形データベース 6 6 を参照して、算出された走行位置が直線か否かを判定する（ステップS 1 4）。算出された走行位置が直線である場合（ステップS 1 4 で「Y e s」の場合）、加速度計利用横方向位置算出部 7 1 は、横方向加速度検知部 1 4 の出力に基づき、車両 1 0 の横方向位置を算出して出力する（ステップS 1 5）。

[0081] 一方、算出された走行位置が直線でない場合（ステップS 1 4 で「N o」の場合）、加速度計利用横方向位置算出部 7 1 は、算出された走行位置に基づき、軌道線形データベース 6 6 から曲率半径と曲率半径の変化を示す情報を取得する（ステップS 1 6）。次に、走行速度算出部 6 7 が走行速度を算出するとともに、走行方向加速度算出部 7 2 が走行方向の加速度を算出する（ステップS 1 6 - 2）。次に、加速度計利用横方向位置算出部 7 1 は、曲線部走行依存分の横方向加速度を算出する（ステップS 1 7 b）。

[0082] ステップS 1 7 b において、加速度計利用横方向位置算出部 7 1 は、第 1 実施形態で曲線部で生じる速度を算出した場合と同様にして、曲線部で生じる横方向の加速度を以下のように算出する。

[0083] すなわち、加速度計利用横方向位置算出部 7 1 は、次式にて曲線通過時の加速度 a_{θ} を算出する。加速度 a_{θ} は、

[0084] [数7]

$$a_{\theta} = \left(\frac{dr}{dq} - \frac{l}{r} \right) \cdot a - \frac{v^2}{r}$$

- [0085] となる。軌道上の位置が既知であれば、曲率半径の変化 dr/dq 、および、曲率半径 r を求めることができ、また、走行速度 v 、走行方向の加速度 a も算出可能であり、上式により横方向の加速度 a_y を算出可能である。
- [0086] 以上のように、第2実施形態によれば、第1実施形態と同様、光学式カメラを用いることなく横方向の位置を検知することができるので、雨天時、濃霧時等であっても精度良く横方向の位置を検知することができる。また、第2実施形態は、第1実施形態と比較して、加速度計の取付場所に自由度があり、取付が容易となる。また、第2実施形態によれば、第1実施形態と同様、雨天時等かつ曲線部であっても、横風によって生じる横方向位置の変化を算出することができる。
- [0087] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して説明してきたが、具体的な構成は上記実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。例えば、軌道200の曲線部における控除分は、走行速度や走行方向の加速度の検知結果に応じて逐次に算出するのに代えて、軌道上の位置に応じて予め定めた値（走行速度の指令値と軌道形状に基づいて予め算出された値）を用いてもよい。また、上記実施形態では、走行体の例として車両10を用いたが、例えば、風圧で浮上および走行する船であるホバークラフト等を走行体としてもよい。
- [0088] なお、操舵装置制御装置1および操舵装置制御装置1bは、本発明の制御装置の一例である。前方磁気マーカ検知部12-1および後方磁気マーカ検知部12-2（磁気マーカ検知部12）は、本発明の第1センサの一例である。前方横方向速度検知部13-1および後方横方向速度検知部13-2（横方向速度検知部13）と前方横方向加速度検知部14-1および後方横方向加速度検知部14-2（横方向加速度検知部14）は、本発明の第2センサの一例である。磁気センサ利用横方向位置算出部62は、本発明の第1横方向位置算出部の一例である。速度計利用横方向位置算出部63および加速度計利用横方向位置算出部71は、本発明の第2横方向位置算出部の一例である。

[0089] 〈コンピュータ構成〉

図 1 1 は、少なくとも 1 つの実施形態に係るコンピュータの構成を示す概略ブロック図である。

コンピュータ 9 0 は、プロセッサ 9 1、メインメモリ 9 2、ストレージ 9 3、インタフェース 9 4 を備える。

上述の操舵装置制御部 3 0 および 3 0 b は、コンピュータ 9 0 に実装される。そして、上述した各処理部の動作は、プログラムの形式でストレージ 9 3 に記憶されている。プロセッサ 9 1 は、プログラムをストレージ 9 3 から読み出してメインメモリ 9 2 に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。また、プロセッサ 9 1 は、プログラムに従って、上述した各記憶部に対応する記憶領域をメインメモリ 9 2 に確保する。

[0090] プログラムは、コンピュータ 9 0 に発揮させる機能の一部を実現するためのものであってもよい。例えば、プログラムは、ストレージに既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせ、または他の装置に実装された他のプログラムとの組み合わせによって機能を発揮させるものであってもよい。なお、他の実施形態においては、コンピュータは、上記構成に加えて、または上記構成に代えて P L D (Programmable Logic Device) などのカスタム L S I (Large Scale Integrated Circuit) を備えてもよい。P L D の例としては、P A L (Programmable Array Logic)、G A L (Generic Array Logic)、C P L D (Complex Programmable Logic Device)、F P G A (Field Programmable Gate Array) が挙げられる。この場合、プロセッサによって実現される機能の一部または全部が当該集積回路によって実現されてよい。

[0091] ストレージ 9 3 の例としては、H D D (Hard Disk Drive)、S S D (Solid State Drive)、磁気ディスク、光磁気ディスク、C D - R O M (Compact Disc Read Only Memory)、D V D - R O M (Digital Versatile Disc Read Only Memory)、半導体メモリ等が挙げられる。ストレージ 9 3 は、コンピュータ 9 0 のバスに直接接続された内部メディアであってもよいし、インタフェース 9 4 または通信回線を介してコンピュータ 9 0 に接続される外部メデ

ィアであってもよい。また、このプログラムが通信回線によってコンピュータ 90 に配信される場合、配信を受けたコンピュータ 90 が当該プログラムをメインメモリ 92 に展開し、上記処理を実行してもよい。少なくとも 1 つの実施形態において、ストレージ 93 は、一時的でない有形の記憶媒体である。

産業上の利用可能性

[0092] 本発明の各態様によれば、雨天時、濃霧時等であっても横方向の位置を検知することができる。

符号の説明

- [0093] 1、1 b 操舵装置制御装置
- 10 車両
 - 12-1 前方磁気マーカ検知部
 - 12-2 後方磁気マーカ検知部
 - 13-1 前方横方向速度検知部
 - 13-2 後方横方向速度検知部
 - 14-1 前方横方向加速度検知部
 - 14-2 後方横方向加速度検知部
 - 20-1、20-2 磁気マーカ
 - 31 走行方向制御部
 - 50 操舵装置
 - 62 磁気センサ利用横方向位置算出部
 - 63 速度計利用横方向位置算出部
 - 71 加速度計利用横方向位置算出部
 - 200 軌道

請求の範囲

- [請求項1] 軌道上に間隔をあけて配置された複数の磁気マーカに沿って走行する走行体の走行方向を制御する装置であって、
前記磁気マーカを検知する第1センサと、
速度または加速度を検知する第2センサと、
前記第1センサが前記磁気マーカを検出した場合に前記第1センサの検知結果に基づいて前記走行体の横方向の位置を算出する第1横方向位置算出部と、
前記第1センサが前記磁気マーカを検出していない場合に前記第2センサの検知結果に基づいて前記走行体の横方向の位置を算出する第2横方向位置算出部と、
前記第1横方向位置算出部または前記第2横方向位置算出部が算出した前記走行体の横方向の位置に基づいて前記走行体の走行方向を制御する走行方向制御部と
を備える制御装置。
- [請求項2] 前記第2横方向位置算出部は、前記軌道の曲線部の走行に依存する分を控除して、前記走行体の横方向の位置を算出する
請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 前記第2横方向位置算出部は、前記軌道の曲線部の曲率半径と前記走行体の走行速度に基づいて前記軌道の曲線部の走行に依存する横方向の速度または加速度を算出し、その算出した横方向の速度または加速度に基づき、前記軌道の曲線部の走行に依存する分を控除して、前記走行体の横方向の位置を算出する
請求項1または2に記載の制御装置。
- [請求項4] 請求項1から3のいずれか1項に記載の制御装置を備える移動体。
- [請求項5] 軌道上に間隔をあけて配置された複数の磁気マーカに沿って走行する走行体の走行方向を制御する方法であって、
前記走行体は、

前記磁気マーカを検知する第 1 センサと、

速度または加速度を検知する第 2 センサと、

前記第 1 センサが前記磁気マーカを検出した場合に前記第 1 センサの検知結果に基づいて前記走行体の横方向の位置を算出する第 1 横方向位置算出部と、

前記第 1 センサが前記磁気マーカを検出していない場合に前記第 2 センサの検知結果に基づいて前記走行体の横方向の位置を算出する第 2 横方向位置算出部と、

走行方向制御部とを備え、

前記走行方向制御部によって、前記第 1 横方向位置算出部または前記第 2 横方向位置算出部が算出した前記走行体の横方向の位置に基づいて前記走行体の走行方向を制御する制御方法。