

明 細 書

発明の名称：自律走行車

技術分野

[0001] 本発明は、自律走行車に関する。

背景技術

[0002] 自律走行車は、カメラと、記憶装置と、制御装置と、を備えている。カメラは、所定時間毎に路面を撮像する。記憶装置は、地図データを記憶している。地図データは、地図画像データと位置情報とを対応付けたデータである。

[0003] 制御装置は、自律走行車の自己位置を所定時間毎に推定する。自己位置の推定に際し、制御装置は、カメラから画像データを取得する。制御装置は、取得した画像データと、記憶装置に記憶されている地図データとを比較する画像マッチング処理を行う。この画像マッチング処理により、制御装置は、画像データに対応する地図画像データを特定する。制御装置は、特定された地図画像データと画像データとの相対位置、及び特定された地図画像データと画像データとの相対角度から、自律走行車の自己位置を推定する。

[0004] 例えば、特許文献1に開示されるように、地図データは、自律走行車が走行すると想定される場所を予め自律走行車で走行することで得ることができる。地図データは、カメラから取得された画像データに対し、その画像データの位置情報等を対応付けて作成される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2019/176083号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 自律走行車では、作成された地図データを用いて自己位置の推定を行う。しかしながら、作成された地図データの精度が低いと、自己位置の推定精度

が低下する。このため、作成された地図データの良否判定を行う必要がある。この良否判定では、自律走行車を走行させて、作成された地図データを用いて自己位置の推定精度が高いか否かを判定する。このため、地図データの作成を開始してから自律走行車の運用を可能とするまでに、自律走行車を少なくとも2回走行させる必要がある。このため、自律走行車の運用を可能とするまでに多くの時間を要する。

課題を解決するための手段

[0007] 上記問題点を解決するため、本発明の一態様によれば、自己位置を推定しながら走行する自律走行車を提供される。自律走行車は、車体と、前記車体に搭載され、経路の路面を撮像するカメラと、前記カメラの撮像した画像データに位置情報を対応付けた地図画像データを前記位置情報に応じて並べて地図データを作成する地図作成部と、判定部と、を有する。前記判定部は、前記地図作成部から前記地図画像データを判定前地図画像データとして取得し、取得した前記判定前地図画像データについての良否判定結果と、前記地図作成部から取得した前記地図データを用いて自己位置を推定したときの推定精度による良否判定結果とを用いて、前記地図データの良否判定を行う。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]自律走行車を示す側面図である。
[図2]自律走行車を示すブロック図である。
[図3]地図作成処理を示すフローチャートである。
[図4]画像データの一例を示す図である。
[図5]地図データの一例を示す図である。
[図6]自己位置推定処理を示すフローチャートである。
[図7]判定処理を示すフローチャートである。
[図8]判定処理を示すフローチャートである。
[図9]第3位置情報の信頼度が閾値以上の場合の位置情報を示す図である。
[図10]第3位置情報の信頼度が閾値未満の場合の位置情報を示す図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、自律走行車を具体化した一実施形態を図１～図１０を用いて説明する。以下の説明において、前後左右とは、自律走行車を基準とした場合の前後左右である。前後方向は、自律走行車の進行方向と一致する。左右方向は、自律走行車の車幅方向と一致する。

[0010] <自律走行車の構成>

図１及び図２に示すように、自律走行車１０は、車体１１と、駆動輪２１と、操舵輪３１と、走行モータドライバ２２と、走行モータ２３と、操舵モータドライバ３２と、操舵モータ３３と、カメラ４１と、測位装置６１と、補助記憶装置７１と、制御装置８１と、を備える。自律走行車１０は、乗用車であってもよいし、産業車両であってもよい。産業車両は、フォークリフト、トレーラクタ、及び無人搬送車を含む。自律走行車１０は、自己位置を推定しながら走行する。

[0011] 走行モータ２３は、駆動輪２１を回転させるためのモータである。走行モータドライバ２２は、制御装置８１からの指令に応じて、走行モータ２３を駆動させる。自律走行車１０は、走行モータ２３の駆動により駆動輪２１を回転させることで、走行する。操舵モータ３３は、操舵輪３１を操舵するためのモータである。操舵モータドライバ３２は、制御装置８１からの指令に応じて操舵モータ３３を駆動させる。自律走行車１０は、操舵モータ３３の駆動により操舵輪３１が操舵されることで、旋回する。

[0012] カメラ４１は、車体１１に搭載されている。カメラ４１は、デジタルカメラである。カメラ４１は、撮像素子を備える。撮像素子としては、例えば、ＣＣＤイメージセンサ(Charge Coupled Device image sensor)、及びＣＭＯＳイメージセンサ(Complementary Metal Oxide Semiconductor image sensor)を挙げることができる。カメラ４１としては、例えば、RGBカメラ、赤外線カメラ、グレースケールカメラ、及び可視光カメラを挙げることができる。

[0013] カメラ４１は、所定のフレームレートで撮像を行って画像データを生成する。この画像データは、カメラ４１で撮像した画像のデジタルデータである

。

カメラ４１は、予め決められた経路の路面Ｓｒを撮像する。カメラ４１は、路面Ｓｒを撮像した画像を示す画像データを生成する。カメラ４１は、鉛直方向を向いた状態で車体１１の底部に設けられている。詳細に言えば、カメラ４１は、カメラ４１の光軸を鉛直方向と一致させるように設けられている。カメラ４１が鉛直方向を向いた状態とは、カメラ４１の取付精度による誤差を許容するものである。このため、カメラ４１は、鉛直方向に対して若干ずれた方向を向いた状態で、車体１１に取り付けられていてもよい。

[0014] 図４に示すように、カメラ４１で生成される画像データＩＭ１は、円形の範囲を撮像したデータである。画像データＩＭ１は、円形の範囲の一部を切り出したデータであってもよい。例えば、画像データＩＭ１は、半円の範囲を撮像したデータであってもよい。本実施形態では、画像データＩＭ１は半円状である。画像データＩＭ１には、路面Ｓｒの特徴部分Ｂが写っている。路面Ｓｒの特徴部分Ｂとは、例えば、路面Ｓｒに存在する微細な凹凸である。

。

[0015] 図２に示すように、測位装置６１は、衛星航法装置６２と、慣性測定装置６３と、を備える。衛星航法装置６２は、GNSS (Global Navigation Satellite System) 衛星から送信される衛星信号を用いて位置を測定するものである。慣性測定装置６３は、ジャイロセンサ、及び加速度センサを含む。

[0016] 制御装置８１は、プロセッサ８２と、記憶部８３と、を備える。プロセッサ８２としては、例えば、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、及びDSP (Digital Signal Processor) を挙げることができる。記憶部８３は、RAM (Random Access Memory) 及びROM (Read Only Memory) を含む。記憶部８３は、処理をプロセッサ８２に実行させるように構成されたプログラムコードまたは指令を格納している。記憶部８３、即ち、コンピュータ可読媒体は、汎用または専用のコンピュータでアクセスできるあらゆる利用可能な媒体を含む。制御装置８１は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) やFPGA (Field Programmable Gate Array) 等のハ

ードウェア回路によって構成されていてもよい。処理回路である制御装置 81 は、コンピュータプログラムに従って動作する 1 つ以上のプロセッサ、ASIC や FPGA 等の 1 つ以上のハードウェア回路、或いは、それらの組み合わせを含み得る。

[0017] 制御装置 81 は、地図作成部 84 と、判定部 85 と、自己位置推定部 86 と、を備える。地図作成部 84、判定部 85 及び自己位置推定部 86 は、制御装置 81 が予め定められたプログラムを実行することで機能する機能要素である。

[0018] 補助記憶装置 71 は、制御装置 81 が読み取り可能な情報を記憶している。補助記憶装置 71 としては、例えば、ハードディスクドライブ、ソリッドステートドライブ、及びフラッシュメモリを挙げることができる。

[0019] 補助記憶装置 71 は、地図データ M1 を記憶している。地図データ M1 は、路面 S_r を予め撮像した画像データに位置情報を対応付けた地図画像データを位置情報に応じて並べたものである。位置情報は、座標情報と、姿勢情報と、を含む。座標情報は、絶対位置を表す座標系である地図座標系の座標である。地図座標系は、直交座標系であってもよいし、地理座標系であってもよい。姿勢情報は、地図座標系の座標軸に対する傾きを示す情報である。

[0020] 地図データ M1 は、地図作成部 84 によって作成される。地図データ M1 は、例えば、自律走行車 10 が走行すると想定される経路を自律走行車 10 で走行させる、又は、人によって自律走行車 10 を移動させることで作成することができる。以下、地図作成処理について説明する。地図作成処理は、地図データ M1 を作成する際に制御装置 81 が所定の処理を所定の周期で繰り返し行う処理である。

[0021] 後述するが、制御装置 81 は、地図作成処理と並行して、地図作成処理により作成された地図データ M1 の良否判定を行う判定処理を行う。

＜地図作成処理＞

図 3 に示すように、ステップ S1 において、制御装置 81 は、カメラ 41 から画像データを取得する。一例として、図 4 に示す画像データ I_{M1} を取

得したとして説明を行う。図4に示すように、本実施形態の画像データIM1は、円形状の画像データである。画像データIM1には、路面Srの特徴部分Bが写っている。図4では、路面Srの特徴部分Bを模式的に示す。

[0022] 図3に示すように、次に、ステップS2において、制御装置81は、位置情報を取得する。位置情報は、座標情報と、姿勢情報と、を含む。位置情報は、測位装置61を用いて取得することができる。位置情報は、例えば、衛星航法装置62を用いて取得した経緯度、及び慣性測定装置63を用いて算出する自己移動量によって算出可能である。

[0023] 次に、ステップS3において、制御装置81は、画像データIM1の一部を切り出す。本実施形態では、画像データIM1の半分を切り出す。図4に示す例では、画像データIM1から斜線部分を除いた範囲が切り出される。制御装置81は、切り出された画像データを地図画像データIM11とする。地図画像データIM11は、半円形状の画像データである。

[0024] 制御装置81は、例えば、画像データIM1の前半分、後半分、右半分、左半分など、任意の方向の範囲を切り出すことができる。本実施形態では、画像データIM1の前半分が切り出されている。画像データIM1から切り出される地図画像データIM11の大きさ、及び画像データIM1から切り出される地図画像データIM11の位置は、任意に設定することができる。

[0025] 図3に示すように、次に、ステップS4において、制御装置81は、地図画像データIM11に、ステップS2で取得した位置情報を対応付ける。詳細に言えば、制御装置81は、ステップS1で画像データIM1を取得した撮像時刻と同撮像時刻に取得した位置情報を地図画像データIM11に対応付ける。図4に示すように、制御装置81は、地図画像データIM11の画素位置を表す座標系においてカメラ41の光軸位置を表す座標CP1に位置情報を対応付ける。地図画像データIM11の画素位置を表す座標系は、画像座標系である。画像座標系とは、画像データIM1の画素位置を表す2軸直交座標系である。画像データIM1の画素位置は、例えば、画素の横位置を表す座標と、画素の縦位置を表す座標とで表現できる。地図画像データIM11

M 1 1 は、画像データ I M 1 の一部を切り出したものである。このため、地図画像データ I M 1 1 の画素位置は、画像座標系で表現することができる。画像座標系においてカメラ 4 1 の光軸位置を表す座標 C P 1 は、地図画像データ I M 1 1 を切り出す前の画像データ I M 1 の中心座標に一致する。地図画像データ I M 1 1 が半円形状であれば、弦の midpoint に位置する座標がカメラ 4 1 の光軸位置を表す座標 C P 1 である。

[0026] また、制御装置 8 1 は、地図画像データ I M 1 1 にピクセルスケールを対応付ける。ピクセルスケールとは、1 画素当たりの実際のサイズである。

また、制御装置 8 1 は、地図画像データ毎に個別に付与される画像ナンバーを地図画像データに対応付ける。画像ナンバーは、撮像時刻の早いものから順番に付与される。一例として、画像ナンバーとしてアラビア数字が付与されたとして説明を行う。地図画像データのうち、最小の画像ナンバーの付与された地図画像データは、最も古い撮像時刻の地図画像データである。地図画像データのうち、最大の画像ナンバーの付与された地図画像データは、最も新しい撮像時刻の地図画像データである。制御装置 8 1 は、位置情報及び画像ナンバーの付与された地図画像データを記憶部 8 3 に一時的に記憶させる。

[0027] 制御装置 8 1 がステップ S 1 ～ステップ S 4 の処理を所定の周期で繰り返し行うことで地図画像データが複数作成されるとともに、複数の地図画像データが並べられて地図データ M 1 が作成される。一例として、図 5 に示すように、3 つの地図画像データ I M 1 1 ～ I M 1 3 による地図データ M 1 が作成されたとして説明を行う。

[0028] 地図作成処理では、連続する 2 つの地図画像データに所定範囲以上の重複範囲 A 3 が含まれるように、地図画像データを作成する間隔が定められている。重複範囲 A 3 とは、路面 S r のうち、連続する 2 つの地図画像データの両方に含まれる範囲である。連続する 2 つの地図画像データ的一方を第 1 地図画像データ I M 1 1 とするとともに、他方を第 2 地図画像データ I M 1 2 とする。第 2 地図画像データ I M 1 2 は、第 1 地図画像データ I M 1 1 の 1

回後に作成された地図画像データである。第1 地図画像データIM11は、路面Srのうち第1 範囲A1をカメラ41によって撮像したものである。第2 地図画像データIM12は、路面Srのうち第2 範囲A2をカメラ41によって撮像したものである。第1 範囲A1と第2 範囲A2とが互いに重なり合う範囲が重複範囲A3である。

[0029] 地図データM1は、地図座標系において、位置情報に応じて地図画像データIM11～IM13を並べたデータとみなすことができる。地図画像データIM11には画像ナンバーとして「1」が付与され、地図画像データIM12には画像ナンバーとして「2」が付与されている。また、地図画像データIM13には画像ナンバーとして「3」が付与されている。地図画像データIM11は、最も古い撮像時刻の地図画像データである。地図画像データIM13は、最も新しい撮像時刻の地図画像データである。地図作成処理を行うため、制御装置81は、地図作成部84を備えている。制御装置81は、後述の判定処理によって良品と判定された地図データM1を補助記憶装置71に記憶させる。一方、制御装置81は、後述の判定処理によって不良品と判定された地図画像データを破棄する。

[0030] 制御装置81は、上記した地図データM1を用いて自律走行車10の自己位置を推定しながら、走行モータドライバ22及び操舵モータドライバ32を制御する。これにより、制御装置81は、自律走行車10を目標位置に移動させる。目標位置は、自律走行車10のユーザーが設定するものであってもよいし、自律走行車10の上位制御装置が設定するものであってもよい。

[0031] <自己位置推定処理>

図6に示すように、自己位置推定は、画像データIM1を地図画像データと照合することで行われる。ステップS11において、制御装置81は、カメラ41から画像データIM1を取得する。制御装置81は、画像データIM1から特徴点を抽出する。制御装置81は、特徴点の特徴量を記述する。特徴量としては、例えば、特徴量ベクトル、及び輝度値を挙げることができる。また、制御装置81は、地図画像データを用いて特徴点の抽出、及び特

微量の記述を行う。

[0032] ステップS 1 2において、制御装置8 1は、画像データIM 1から得られた特徴点及び特徴量と、地図画像データから得られた特徴点及び特徴量とを照合するマッチングを行う。制御装置8 1は、特徴量が類似する特徴点のペアを探索する。制御装置8 1は、特徴点のペアに基づき、画像データIM 1に対応する地図画像データを特定する。例えば、制御装置8 1は、特徴点のペアが集中している地図画像データを、画像データIM 1に対応する地図画像データとして特定する。上記したマッチングは、特徴量記述子を用いて行うことができる。特徴量記述子としては、例えば、ORB、SIFT、及びSURFを挙げることができる。

[0033] ステップS 1 3において、制御装置8 1は、画像データIM 1に対応する地図画像データに基づき、自律走行車1 0の自己位置を推定する。自己位置は、地図座標系での自律走行車1 0の座標、及び自律走行車1 0の姿勢を含む。制御装置8 1は、画像データIM 1と当該画像データIM 1に対応する地図画像データとの相対位置、及び画像データIM 1と当該画像データIM 1に対応する地図画像データとの相対角度をそれぞれ算出する。画像データIM 1と当該画像データIM 1に対応する地図画像データとの相対位置とは、画像データIM 1と地図画像データとのずれ量である。画像データIM 1と当該画像データIM 1に対応する地図画像データとの相対角度とは、画像データIM 1と地図画像データとのずれ角である。カメラ4 1が撮像した画像データIM 1と地図画像データとは、完全には一致しない場合が多い。これは、地図画像データを取得した時点と、画像データIM 1を取得した時点とで、自律走行車1 0の位置及び姿勢が完全に一致することが少ないためである。このため、画像データIM 1は、地図画像データの一部にのみ一致することが多い。例えば、地図画像データを取得した時点と、画像データIM 1を取得した時点とで、自律走行車1 0の位置がカメラ4 1の撮像範囲の半分だけずれていた場合、画像データIM 1の半分は地図画像データと一致し、画像データIM 1の半分は地図画像データと一致しない。このずれ量が、

画像データIM1と当該画像データIM1に対応する地図画像データとの相対位置である。同様に、地図画像データを取得した時点と画像データIM1を取得した時点との間の自律走行車10の姿勢の差によって、画像データIM1は、地図画像データを回転させたものになる。この回転により生じるずれ角が、画像データIM1と当該画像データIM1に対応する地図画像データとの相対角度である。制御装置81は、画像データIM1に対応する地図画像データに対応付けられた位置情報と、相対位置と、相対角度とに基づき、自律走行車10の自己位置を推定する。制御装置81は、画像データIM1に対応する地図画像データに対応付けられた地図座標を、上記の相対位置に対応する座標だけずらす。また、制御装置81は、画像データIM1に対応する地図画像データに対応付けられた姿勢を、上記の相対角度に対応する角度だけずらす。制御装置81は、上記一連の操作により得られる地図座標系での座標、及び姿勢を、自律走行車10の自己位置として推定する。したがって、制御装置81は、自己位置推定部86を備えている。

[0034] <判定処理>

制御装置81は、地図作成処理と並行して、地図作成処理により作成された地図データM1の良否判定を行う判定処理を行う。一例として、制御装置81は、地図作成部84による地図作成処理を開始してから、補助記憶装置71に地図データM1を記憶させるまでの間に、上記の判定処理を行う。

[0035] まず、制御装置81は、地図データM1を構成する各地図画像データについて良否判定を行う。詳細には、制御装置81は、地図データM1を構成する複数の地図画像データのそれぞれを、各地図画像データに対応する画像データと照合して良否判定を行う。

[0036] 図7に示すように、制御装置81は、ステップS21において、記憶部83から地図画像データを取得する。記憶部83から取得する地図画像データは、制御装置81による判定処理が未実施であり、かつ画像ナンバーの最小の地図画像データである。一例として、画像ナンバーが「1」の地図画像データIM11を取得したとして説明を行う。制御装置81は、記憶部83か

ら取得した地図画像データIM11を判定前地図画像データIMHとする。

[0037] 次に、ステップS22において、制御装置81は、カメラ41から画像データを取得する。制御装置81は、カメラ41から取得した画像データを照合用画像データIMSとする。照合用画像データIMSとしてカメラ41から取得した画像データは、判定前地図画像データIMHの位置情報の対応付けされた画像データと異なり、かつ判定前地図画像データIMHに対し撮像位置及び撮像時刻の最も近い画像データである。詳細には、照合用画像データIMSとしてカメラ41から取得した画像データは、判定前地図画像データIMHの撮像時刻の1回後に取得した画像データである。これは、判定前地図画像データIMHに対し、撮像条件を照合用画像データIMSに可能な限り近付けて判定処理を行うためである。照合用画像データIMSとしてカメラ41から取得した画像データは、判定前地図画像データIMHの撮像時刻の1回前に取得した画像データであってもよい。

[0038] 次に、ステップS23において、制御装置81は、判定前地図画像データIMHと照合用画像データIMSとのマッチング処理を行う。次に、ステップS24において、制御装置81は、ステップS23におけるマッチング処理において、マッチング数がマッチング閾値以上であるか否かを判定する。マッチング処理は、自己位置推定処理と同様に特徴量記述子を用いて行うことができる。この判定は、判定前地図画像データIMHから抽出された特徴点と、照合用画像データIMSから抽出された特徴点との比較後、すなわち特徴点のマッチング処理後、外れ値を除去したマッチング数がマッチング閾値以上であるか否かによって判定する。外れ値除去は、例えば、LMedS (Least Median of Squares) 及びRANSAC (Random Sample Consensus) などにより行なってもよい。制御装置81は、マッチング数がマッチング閾値以上の場合、判定前地図画像データIMHが適合品であると判定して、ステップS25へ移行する。一方、制御装置81は、マッチング数がマッチング閾値未満の場合、ステップS26において、判定前地図画像データIMHについて不良品と判定して、判定処理を終了する。

- [0039] ステップS 2 5へ移行した制御装置8 1は、判定前地図画像データIMHに対応付けられた位置情報の信頼度を判定する。信頼度は、位置情報の精度の高さを示す指標である。信頼度が高いほど、位置情報と当該位置情報に対応する実際の地図座標及び姿勢との乖離が小さい可能性が高い。制御装置8 1は、判定前地図画像データIMHに対応付けられた位置情報について、信頼度が閾値以上であるか否かを判定する。信頼度が閾値以上であるか否かは、複数回取得された位置情報によって判定することができる。一例として、連続して取得された3回分の位置情報から信頼度が閾値以上であるか否かを判定する場合について説明を行う。
- [0040] 図9に示すように、3回分の地図画像データの位置情報を第1位置情報P 1 (x_1, y_1, θ_1)、第2位置情報P 2 (x_2, y_2, θ_2)、第3位置情報P 3 (x_3, y_3, θ_3)とする。第2位置情報P 2は、第3位置情報P 3の1回前に取得された位置情報である。第1位置情報P 1は、第3位置情報P 3の2回前に取得された位置情報である。 x_1, x_2, x_3 は地図座標系のx座標である。 y_1, y_2, y_3 は地図座標系のy座標である。 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ は、姿勢である。第1位置情報P 1は、第1地図座標(x_1, y_1)と、第1姿勢 θ_1 と、を含む。第2位置情報P 2は、第2地図座標(x_2, y_2)と、第2姿勢 θ_2 と、を含む。第3位置情報P 3は、第3地図座標(x_3, y_3)と、第3姿勢 θ_3 と、を含む。
- [0041] 位置情報の信頼度が高い場合、地図座標は直線状に変化していく。例えば、図9に示すように、x座標とy座標とが比例関係になる。したがって、複数回得られた地図座標から直線Trを抽出すると、当該直線Trからの地図座標の乖離量は地図座標の信頼度を表している。
- [0042] 図10に示すように、第3位置情報P 3と第3位置情報P 3に対応する実際の判定前地図画像データIMHの位置P 10 ($x_{10}, y_{10}, \theta_{10}$)との乖離が大きいとする。第3地図座標(x_3, y_3)と第3地図座標(x_3, y_3)に対応する判定前地図画像データIMHの地図座標(x_{10}, y_{10})との乖離が大きいと、直線Trに対して、判定前地図画像データIM

Hの地図座標（ x_10 , y_10 ）からの乖離が大きくなる。乖離は、第3地図座標（ x_3 , y_3 ）と直線Trを結ぶ垂線の長さL1である。制御装置81は、長さL1が座標用閾値以上であるか否かを判定する。長さL1が座標用閾値未満の場合、地図座標の信頼度は閾値以上である。座標用閾値としては、例えば、位置情報を取得する間隔に応じて設定される。

[0043] 位置情報の信頼度が高い場合、姿勢の変化量が少ない。したがって、連続して取得された姿勢の差は、姿勢の信頼度を表している。連続して取得された姿勢の差を姿勢差とする。図9に示す例では、第1姿勢 θ_1 と、第2姿勢 θ_2 と、第3姿勢 θ_3 とは互いに同一の値である。

[0044] 第3姿勢 θ_3 と第3姿勢 θ_3 に対応する実際の判定前地図画像データIMHの姿勢 θ_{10} との乖離が大きいとする。この場合、第3姿勢 θ_3 と判定前地図画像データIMHの姿勢 θ_{10} との姿勢差が大きくなる。制御装置81は、第3姿勢 θ_3 と第2姿勢 θ_2 との姿勢差が姿勢用閾値未満か否かを判定する。姿勢差が姿勢用閾値未満の場合、姿勢の信頼度は閾値以上である。

[0045] 制御装置81は、地図座標の信頼度が座標用閾値未満、かつ、姿勢の信頼度が姿勢用閾値未満の場合に、位置情報の信頼度が位置情報用閾値未満と判定してもよい。制御装置81は、地図座標の信頼度が座標用閾値未満の場合に、位置情報の信頼度が位置情報用閾値未満と判定してもよい。この場合、制御装置81は、姿勢の信頼度が姿勢用閾値未満か否かの判定を行わなくてもよい。制御装置81は、姿勢の信頼度が姿勢用閾値未満の場合に、位置情報の信頼度が位置情報用閾値未満と判定してもよい。この場合、制御装置81は、地図座標の信頼度が座標用閾値未満か否かの判定を行わなくてもよい。

[0046] 制御装置81は、位置情報の信頼度が閾値以上の場合、判定前地図画像データIMHが適合品であると判定して、図8に示すように、ステップS31へ移行する。一方、制御装置81は、位置情報の信頼度が閾値未満の場合、ステップS26において、判定前地図画像データIMHについて不良品と判定して、判定処理を終了する。

[0047] 制御装置 8 1 は、地図データ M 1 を構成する複数の地図画像データのそれぞれについて、地図画像データと画像データとの照合による良否判定を行う。制御装置 8 1 は、全ての地図画像データの良否判定が終了すると、ステップ S 3 1 へ移行する。

[0048] 制御装置 8 1 は、地図作成処理により作成された地図データ M 1 について良否判定を行う。

ステップ S 3 1 へ移行した制御装置 8 1 は、地図データ M 1 を構成する複数の地図画像データについて、重複範囲 A 3 の面積をそれぞれ算出する。図 5 に示すように、複数の地図画像データは、重複範囲 A 3 を有するように並べられている。制御装置 8 1 は、算出した重複範囲 A 3 の面積である重複面積が面積閾値以上であるか否かを判定する。ステップ S 3 1 で用いる面積閾値は、例えば、地図画像データの有効範囲の 5 0 % 以上の値に定められる。制御装置 8 1 は、全ての重複範囲 A 3 の各々が面積閾値以上である場合、地図データ M 1 が適合品であると判定して、ステップ S 3 2 へ移行する。一方、制御装置 8 1 は、重複面積が面積閾値未満である地図画像データが存在する場合、ステップ S 3 5 において、地図データ M 1 について不良品と判定して、判定処理を終了する。

[0049] 重複面積が面積閾値以上であるとは、連続する地図画像データ同士が必要範囲で連続していることを示す。重複面積が面積閾値未満である場合は、連続する地図画像データ同士が必要以上に離れていることを示す。地図画像データ同士が必要以上に離れている場合は、連続する地図画像データ同士の連続性を欠くことになり、地図データ M 1 として不良品になる。このため、重複面積が面積閾値以上であることが必要になる。

[0050] ステップ S 3 2 へ移行した制御装置 8 1 は、地図作成処理により作成された地図データ M 1 を用いて自己位置推定処理を行う。自己位置推定は、地図データ M 1 を作成するためにカメラ 4 1 によって撮像された画像データと、記憶部 8 3 に記憶された地図データ M 1 とを照合することで行われる。

[0051] ステップ S 3 2 で自己位置推定した後、制御装置 8 1 は、ステップ S 3 3

へ移行する。ステップS33へ移行した制御装置81は、自己位置推定の推定精度を判定する。推定精度は、自己位置推定の精度の高さを示す指標である。推定精度が高いほど、自己位置推定の信頼度が高い。制御装置81は、推定された位置情報について、推定精度が精度用閾値以上であるか否かを判定する。推定精度が精度用閾値以上であるか否かは、推定された複数回の位置情報によって判定することができる。一例として、連続して推定された3回分の位置情報から推定精度が精度用閾値以上であるか否かを判定する場合について説明を行う。位置情報の推定精度が精度用閾値以上であるか否かの判定は、判定前地図画像データIMHに対応付けられた位置情報の信頼度の判定と同一の手法で行うことができる。したがって、図9及び図10を援用して説明する。推定された3回分の位置情報を第1推定位置情報P11 (x_{11} , y_{11} , θ_{11})、第2推定位置情報P12 (x_{12} , y_{12} , θ_{12})、第3推定位置情報P13 (x_{13} , y_{13} , θ_{13})と記載する。第2推定位置情報P12は、第3推定位置情報P13の1回前に推定された位置情報である。第1推定位置情報P11は、第3推定位置情報P13の2回前に推定された位置情報である。推定精度が高い場合、地図座標は直線状に変化していく。例えば、図9に示すように、 x 座標と y 座標とが比例関係になる。したがって、推定された複数回の地図座標から直線Trを抽出すると、当該直線Trからの地図座標の乖離量は地図座標の推定精度を表している。

[0052] 図10に示すように、第3推定位置情報P13と第3推定位置情報P13に対応する実際の自己位置情報P101 (x_{101} , y_{101} , θ_{101})との乖離が大きいとする。直線Trに対して、自己位置の地図座標(x_{101} , y_{101})からの乖離が大きくなる。乖離は、第3推定位置の地図座標(x_{13} , y_{13})と直線Trを結ぶ垂線の長さL1である。制御装置81は、長さL1が推定座標用閾値以上であるか否かを判定する。長さL1が推定座標用閾値未満の場合、地図座標の推定精度は精度用閾値以上である。推定座標用閾値としては、例えば、位置情報を取得する間隔に応じて設定され

る。

[0053] 自己位置情報の推定精度が高い場合、姿勢の変化量が少ない。したがって、連続して推定された姿勢の差は、姿勢の推定精度を表している。連続して推定された姿勢の差を姿勢差とする。図9に示す例では、第1姿勢 $\theta 11$ と、第2姿勢 $\theta 12$ と、第3姿勢 $\theta 13$ とは互いに同一の値である。

[0054] 第3姿勢 $\theta 13$ と第3姿勢 $\theta 13$ に対応する自己位置の姿勢 $\theta 101$ との乖離が大きいとする。この場合、第3姿勢 $\theta 13$ と第2姿勢 $\theta 12$ との姿勢差が大きくなる。制御装置81は、第3姿勢 $\theta 13$ と第2姿勢 $\theta 12$ との姿勢差が推定姿勢用閾値未満か否かを判定する。姿勢差が推定姿勢用閾値未満の場合、姿勢の推定精度は精度用閾値以上である。

[0055] 制御装置81は、地図座標の推定精度が推定座標用閾値未満、かつ、姿勢の推定精度が推定姿勢用閾値未満の場合に、推定精度が精度用閾値未満と判定してもよい。制御装置81は、地図座標の推定精度が推定座標用閾値未満の場合に、位置情報の推定精度が精度用閾値未満と判定してもよい。この場合、制御装置81は、姿勢の推定精度が推定姿勢用閾値未満か否かの判定を行わなくてもよい。制御装置81は、姿勢の推定精度が推定姿勢用閾値未満の場合に、位置情報の推定精度が精度用閾値未満と判定してもよい。この場合、制御装置81は、地図座標の推定精度が推定座標用閾値未満か否かの判定を行わなくてもよい。

[0056] 図8に示すように、制御装置81は、位置情報の推定精度が精度用閾値以上の場合、ステップS34において、地図データM1が良品であると判定する。一方、制御装置81は、位置情報の推定精度が精度用閾値未満の場合、ステップS35において、地図データM1について不良品と判定して、判定処理を終了する。

[0057] 制御装置81は、地図データM1の良否判定が終了すると、判定処理を終了する。したがって、制御装置81は、判定部85を備えている。そして、判定部85は、地図作成部84から地図画像データを判定前地図画像データIMHとして取得する。また、判定部85は、地図作成部84から取得した

地図データM1を用いて、自律走行車10の自己位置を推定する。詳細には、判定部85は、地図作成部84から取得した地図データM1とカメラ41が撮像した画像データとの相対位置から、自律走行車10の自己位置を推定する。そして、判定部85は、判定前地図画像データIMHについての良否判定結果と、自己位置推定したときの推定精度による良否判定結果とを用いて、地図データM1の良否判定を行う。

[0058] [実施形態の作用]

本実施形態の作用について説明する。

制御装置81は、地図作成処理を繰り返し行って、地図データM1を作成している。また、制御装置81は、判定処理を行って、地図作成処理により作成された地図データM1の良否判定を行う。制御装置81による地図データM1の良否判定は、地図データM1の作成のために用いられた画像データと、地図作成部84によって作成された地図データM1とを用いて行われる。

[0059] 本実施形態の効果について説明する。

(1) 制御装置81は、判定処理を行って、地図作成処理により作成された地図データM1の良否判定を行う。制御装置81による地図データM1の良否判定は、地図データM1の作成のために用いられた画像データIM1と、地図作成部84によって作成された地図データM1とを用いて行われる。したがって、地図データM1の作成開始から自律走行車10を運用可能とするまでに自律走行車10を経路で移動させるのは、地図データM1作成用の画像データIM1を取得するためだけである。つまり、自律走行車10を運用可能とするために、地図データM1作成用の画像データIM1を取得するためと自己位置推定のための2回にわたって自律走行車10を経路で移動させる必要がなくなる。したがって、地図データM1の作成を開始してから自律走行車10の運用を可能とするまでに要する時間を短縮できる。

[0060] (2) 制御装置81は、判定処理では、4つの閾値を用いて地図データM1の良否判定を行う。そして、4つの閾値を用いた判定の全てについて適合

した場合に、地図データM1を良品と判定とする。このため、地図データM1の精度を高くできる。よって、地図作成処理により作成された地図データM1を用いて自己位置推定を行った場合の推定精度を高めることができる。

[0061] (3) 制御装置81は、地図データM1の作成用を取得した画像データIM1を用いて、地図データM1の良否判定を行う。つまり、画像データIM1の取得のために自律走行車10を移動させるだけで、地図データM1の作成及び良否判定を行うことができる。

[0062] 実施形態は、以下のように変更して実施することができる。本実施形態及び以下の変形例は、技術的に矛盾しない範囲で互いに組み合わせて実施することができる。

制御装置81は、記憶部83に走行経路データを記憶している。走行経路データは、経路の路面Srをカメラで予め撮像した画像データに予め位置情報を対応付けたデータである。制御装置81は、走行経路データから照合用画像データIMSを取得する。制御装置81は、取得した照合用画像データIMSと画像データとを照合したときの良否判定結果と、地図作成部84から取得した地図データM1と走行経路データとの相対位置から自律走行車10の自己位置を推定したときの経路との誤差に基づく良否判定結果と、を用いて地図データM1について良否判定を行う。

[0063] これによれば、経路における路面Srの画像データの作成を目的として、自律走行車10を経路に沿って移動させながら路面Srを撮像する処理が不要になる。このため、地図作成部84による処理を減らすことができる。

[0064] この場合、判定処理において、制御装置81は、判定前地図画像データIMHと走行経路データから取得した照合用画像データIMSとのマッチング数がマッチング閾値以上であるか否かを判定する。また、制御装置81は、判定前地図画像データIMHに対応付けられた位置情報の信頼度が閾値以下であるか否かを判定する。また、制御装置81は、判定前地図画像データIMHに対し連続する他の地図画像データとの重複範囲A3の面積が面積閾値以上であるか否かを判定する。制御装置81は、判定前地図画像データIM

Hを地図データM1として用いて、走行経路データとの相対位置から推定した自己位置と経路との誤差が閾値以下であるか否かを判定する。したがって、制御装置81は、4つの閾値を用いて判定前地図画像データIMHの良否判定を行う。そして、4つの閾値を用いた判定の全てについて適合した場合に、判定前地図画像データIMHを良判定とする。

[0065] 判定処理において、ステップS31と、ステップS32～ステップS33の処理順序は入れ替えてもよい。

地図画像データは、画像データの一部を切り出したデータでなくてもよい。実施形態であれば、地図画像データは、円形の画像データであってもよい。

[0066] 位置情報は、画像座標系においてカメラ41の光軸位置を表す座標に対応付けられていればよく、地図画像データに含まれていなくてもよい。即ち、画像座標系においてカメラ41の光軸位置を表す座標は、地図画像データの範囲外であってもよい。

[0067] 地図データM1が記憶されるのは、記憶部83であってもよい。

地図画像データの画素位置を表す座標系と、画像データの画素位置を表す座標系は、異なる座標系であってもよい。

[0068] カメラ41は、鉛直方向を向いて配置できればよく、車体11の底部とは異なる位置に設けられていてもよい。

地図作成部84、判定部85、及び自己位置推定部86は、それぞれ、別々の装置であってもよい。

[0069] 判定処理のステップS33の処理において、推定精度が精度用閾値以上であれば、ステップS24の判定、ステップS25の判定、及びステップS31の少なくとも1つの判定を行う処理は削除してもよい。

[0070] 判定部85による判定処理は、地図作成処理の完了後に行ってもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 自己位置を推定しながら走行する自律走行車であって、
車体と、
前記車体に搭載され、経路の路面を撮像するカメラと、
前記カメラの撮像した画像データに位置情報を対応付けた地図画像データを前記位置情報に応じて並べて地図データを作成する地図作成部と、
前記地図作成部から前記地図画像データを判定前地図画像データとして取得し、取得した前記判定前地図画像データについての良否判定結果と、前記地図作成部から取得した前記地図データを用いて自己位置を推定したときの推定精度による良否判定結果とを用いて、前記地図データの良否判定を行う判定部と、
を有する、自律走行車。
- [請求項2] 請求項1に記載の自律走行車において、
前記判定部は、前記判定前地図画像データにおける前記位置情報の対応付けられた画像データと異なりかつ撮像位置の近い画像データを照合用画像データとして取得し、取得した前記照合用画像データと前記判定前地図画像データとを照合したときの前記判定前地図画像データについての良否判定結果と、前記地図作成部から取得した前記地図データと前記画像データとの相対位置から前記自己位置を推定したときの推定精度による良否判定結果とを用いて、前記地図データについて良否判定を行う、自律走行車。
- [請求項3] 請求項2に記載の自律走行車において、
前記判定部は、
前記判定前地図画像データと前記照合用画像データとのマッチング数がマッチング閾値以上であり、
前記判定前地図画像データに対応付けられた前記位置情報の信頼度が閾値以上であり、

前記地図データを構成する複数の前記地図画像データについて、連続する地図画像データ同士の重複範囲の面積が面積閾値以上であり、かつ

前記判定前地図画像データを地図データとして用いて、前記画像データとの相対位置から推定した自己位置の推定精度が精度用閾値以上の場合に、前記地図データを良判定とする、自律走行車。

[請求項4]

請求項1に記載の自律走行車において、

前記経路の前記路面をカメラで予め撮像した画像データに予め位置情報を対応付けた走行経路データを記憶する記憶部を有し、

前記判定部は、前記走行経路データから照合用画像データを取得し、取得した前記照合用画像データと前記判定前地図画像データとを照合したときの良否判定結果と、前記地図作成部から取得した前記地図データと前記走行経路データとの相対位置から前記自己位置を推定したときの前記経路との誤差に基づく良否判定結果とを用いて、前記地図データについて良否判定を行う、自律走行車。

[請求項5]

請求項4に記載の自律走行車において、

前記判定部は、

前記判定前地図画像データと前記走行経路データとのマッチング数がマッチング閾値以上であり、

前記判定前地図画像データに対応付けられた前記位置情報の信頼度が閾値以上であり、

前記判定前地図画像データに対し連続する他の地図画像データとの重複範囲の面積が面積閾値以上であり、

前記判定前地図画像データを地図データとして用いて、前記走行経路データとの相対位置から推定した自己位置と前記経路との誤差が閾値以下の場合に、前記判定前地図画像データを良判定とする、自律走行車。