

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年2月26日(26.02.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/025599 A1

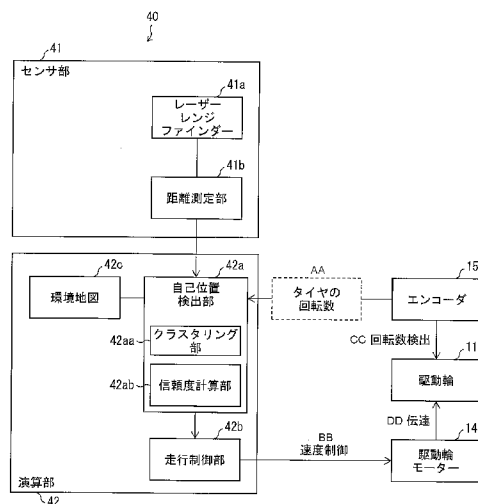
- (51) 国際特許分類:
G05D 1/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/066033
- (22) 国際出願日: 2014年6月17日(17.06.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-171412 2013年8月21日(21.08.2013) JP
- (71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 吉野 翔貴(YOSHINO, Shoki).
- (74) 代理人: 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: AUTONOMOUS MOBILE BODY

(54) 発明の名称: 自律移動体

[図1]



(57) Abstract: In an autonomous mobile body according to the present invention, a self-position detection unit (42a) of a cleaning robot (1) is provided with a clustering unit (42aa) which groups into clusters the distance measurement points of a plurality of obstacles measured by beam projection by a sensor unit (41), and recognizes each respective obstacle.

(57) 要約: 本発明の自律移動体では、清掃ロボット(1)の自己位置検出部(42a)は、センサ部(41)のビームを照射して計測した複数の障害物の各距離測定点を各クラスターリング部(42aa)にグループ分けして、それぞれの障害物を認識するクラスターリング部(42ab)を備えている。

- 11... DRIVE WHEEL
14... DRIVE WHEEL MOTOR
15... ENCODER
41... SENSOR UNIT
41a... LASER RANGEFINDER
41b... DISTANCE MEASUREMENT UNIT
42... COMPUTATION UNIT
42a... SELF-POSITION DETECTION UNIT
42aa... CLUSTERING UNIT
42ab... RELIABILITY CALCULATION UNIT
42b... TRAVEL CONTROL UNIT
42c... ENVIRONMENT MAP
AA... TIRE RPM
BB... VELOCITY CONTROL
CC... DETECT RPM
DD... TRANSMIT

WO 2015/025599 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 自律移動体

技術分野

[0001] 本発明は、清掃ロボット等の自律的に移動可能な自律移動体に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、建物内部又は屋外の限定された領域内を、周囲の環境情報に基づいて自律的に移動可能な自律移動型ロボット等の自律移動体が知られている。

[0003] このような自律移動体は、移動領域に関して、予め記憶された環境地図上において現在の自己の位置から特定の目標地点までの移動経路を作成することによって、該移動経路に基づく自律移動を可能としている。このため、自律移動体には、一般的に、移動領域内における自己位置を認識する機能が設けられている。

[0004] 自己位置を認識するには、環境地図と自律移動体に搭載されたセンサから検出される環境情報とを照合する必要がある、様々な手法が研究されている。

[0005] ここで、自己位置を認識する場合、環境地図作成時の測定誤差、環境地図作成時と自律移動時との環境の変化、又は人等の自律移動体自体以外の他の移動体の存在によって、自律移動する実際の環境と環境地図との間に齟齬が生じる場合がある。この齟齬に対して、従来の自律移動体では、適切に自己位置を補正できない可能性があった。

[0006] この問題を解決するための技術として、例えば特許文献１に開示された自己位置推定装置が知られている。この特許文献１に開示された自己位置推定装置では、道路脇に設置された標識、信号機又は電柱等を移動する虞のあるランドマークとし、このランドマークに対して信頼度を算出し、自己位置を推定するときに、信頼度の低いランドマークよりも信頼度の高いランドマークの影響度を大きくすることによって、信頼度の低いランドマークが存在す

る環境においても、安定して自己位置を推定できるようになっている。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開2008-40677号公報（2008年2月21日公開）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] ところで、従来の特許文献1に開示された自己位置推定装置では、ランドマークを検出するセンサとしてカメラを用いている。このように、カメラ等のセンサを利用する場合は、ランドマークが個別に環境地図に対応付けられる可能性があるため、信頼できるランドマークが適切な数だけ検出できれば、適切に環境地図と照合できる。
- [0009] ここで、センサとしてカメラの画像を用いた手法は、一般に、環境の照明の影響及び精度に課題があるという問題点を有している。すなわち、カメラにて撮影するときに周りの状況が暗い場合には、画像が暗くなり、識別の精度が悪くなる。
- [0010] 一方、最近では、位置補正のために利用するセンサとして高精度に障害物までの距離を検出することができるレーザーレンジファインダーが利用されている。しかし、レーザーレンジファインダーを用いて自律移動体の自己位置を推定する場合、ランドマークは障害物であり環境地図に存在しない。この結果、障害物として検出したランドマークを個別に環境地図に対応付けることができないので、自律移動体の自己位置も推定することができない。
- [0011] そこで、レーザーレンジファインダーにて測定した障害物のうち、信頼度を低下させる、環境地図に存在しない障害物、又は位置が異なる障害物を判別するには、自律移動体の確かな現在位置が必要になる。そのためには、自律移動体における直前位置から仮の現在位置を算出し、その仮の現在位置において環境地図上に存在する障害物の位置を算出することができる。その結

果、レーザーレンジファインダーにて測定した障害物は、仮の現在位置と障害物の位置との差分から、環境地図に存在しない障害物として該障害物を除去することができる。

[0012] しかしながら、自律移動体における自己位置の推定において、一時的に不正確な位置を算出する場合がある。その場合、仮の現在位置の不正確さによって、環境地図上に存在している障害物であるにもかかわらず、存在しない障害物として扱い、さらなる不正確な位置推定を引き起こす可能性があるという問題点を有している。

[0013] 本発明は、上記従来の問題点に鑑みなされたものであって、その目的は、環境地図上に存在している障害物であるにもかかわらず、存在しない障害物として扱うことを低減でき、位置推定の精度を向上し得る自律移動体を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明の一態様における自律移動体は、上記の課題を解決するために、自己位置を検出しながら移動領域を移動する自律移動体において、ビームを照射して移動領域に存在する障害物との距離を計測するセンサ部と、上記センサ部のビームを照射して計測した障害物との距離から自己位置候補を算出したときの該自己位置候補に対する障害物までのセンサ距離と、上記移動領域に存在する障害物の位置情報を含む環境地図から計算される上記自己位置候補から障害物までの地図距離とを照合することにより、上記自己位置候補を修正して自己位置とする自己位置検出部とを備えていると共に、上記自己位置検出部は、上記センサ部のビームを照射して計測した複数の障害物の各距離測定点をグループ分けして、それぞれの障害物を認識するクラスタリング部を備えていることを特徴としている。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、環境地図上に存在している障害物であるにもかかわらず、存在しない障害物として扱うことを低減でき、位置推定の精度を向上し得る自律移動体を提供するという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本発明の実施形態1における自律移動体の一例である清掃ロボットのセンサ機構の構成を示すブロック図である。

[図2] (a) は上記清掃ロボットの構成を示す斜視図であり、(b) は(a)のA-A'線矢視断面図である。

[図3]上記清掃ロボットに搭載されたレーザーレンジファインダーから出射されるレーザー光が測距対象物としての壁に照射されている状態を示す平面図である。

[図4]上記清掃ロボットの自律移動に用いられる環境地図としてのグリッドマップを示す平面図である。

[図5]上記清掃ロボットの自己位置を求めるためのモンテカルロ自己推定法(Monte Carlo Localization: MCL法)のアルゴリズムを用いた動作を示すフローチャートである。

[図6]上記モンテカルロ自己推定法にて用いられるパーティクルの尤度に応じてパーティクルを再配布した状態を示す平面図である。

[図7]上記モンテカルロ自己推定法にて用いられる信頼度算出ルーチンを示すフローチャートである。

[図8]上記清掃ロボットのセンサ部にて検出した障害物をクラスタリングした状態を示す平面図である。

[図9] (a) ~ (d) は、上記清掃ロボットのセンサ部にて検出した障害物クラスタを種類別に分別した状態を示す平面図である。

[図10]実環境における上記レーザーレンジファインダーの測定状況を示す平面図である。

[図11]仮の現在位置が正しい場合の上記環境地図における障害物の位置を計算した結果をクラスタリングする場合を示す平面図である。

[図12]仮の現在位置が間違っている場合の環境地図における障害物の位置を計算した結果をクラスタリングする場合を示す平面図である。

[図13]図11に示す障害物の位置と図12に示す障害物の位置とを重ねて示

す平面図である。

[図14]図 1 1 に示す障害物の位置と、図 1 3 に示す障害物の位置とを重ねて示す平面図である。

[図15]本発明の実施形態 2 における自律移動体の一例である清掃ロボットの環境地図の構成を示す平面図である。

[図16] (a) は、本発明の実施の形態 3 における清掃ロボットにおいて、検出できた直線、又は円の付近に存在する障害物をクラスタとして扱う方法を採用する判断基準を示す平面図であり、(b) は実施の形態 1 の清掃ロボットにおけるレーザーレンジファインダーの測定方向に対して隣り合う障害物同士の距離が閾値よりも小さい場合に一つのクラスタとして扱う自己位置検出部の方法を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0017] [実施の形態 1]

本発明の一実施形態について図 1 ～図 1 4 に基づいて説明すれば、以下のとおりである。尚、本実施の形態では、自律移動体の一例である清掃ロボットを挙げて説明するが、本発明は清掃ロボットに限定されるものではない。

[0018] 最初に、本実施の形態の自律移動体としての清掃ロボットの構成について、図 2 の (a) (b) に基づいて説明する。図 2 の (a) は清掃ロボットの構成を示す斜視図であり、図 2 の (b) は図 2 の (a) の A-A' 線矢視断面図である。

[0019] 本実施の形態の清掃ロボット 1 は、図 2 の (a) (b) に示すように、駆動機構 10 と、清掃機構 20 と、筐体 30 と、センサ機構 40 とを備えている。

[0020] 駆動機構 10 は、清掃ロボット 1 の後側底部において左右に配置された二つの駆動輪 11・11 と、前側底部において回転自在に取り付けた従輪 12・12 と、清掃ロボット 1 に動作電源を供給するバッテリー 13 と、駆動輪 11・11 を駆動する駆動輪モーター 14 と、駆動輪 11・11 の回転数を検出するエンコーダ 15、手動走行時の走行方向を決定する走行制御レバー

１６とを備えている。

[0021] 清掃機構２０は、洗浄液を貯留する洗浄液タンク２１と、洗浄液タンク２１に連結された洗浄液吐出部２２とを備え、両者は円筒形のパイプによって接続されて、洗浄液吐出ユニットを構成している。

[0022] また、清掃機構２０は、清掃ロボット１内部に吸い込んだ塵や埃等を含む廃液を吸い込む廃液吸引口２３と、吸い込んだ廃液を溜める廃液タンク２４とを備え、両者はパイプによって接続されて、廃液回収ユニットを構成している。さらに、清掃機構２０は、洗浄液吐出部２２の付近に設けられた清掃ブラシ２５と、清掃ブラシ２５を駆動するブラシモーター２６とを備えている。ブラシモーター２６には、図示しないロータリーエンコーダが含まれ、モーターの回転数を検出することができるようになっている。

[0023] そして、これらの機構全体を覆うのが筐体３０である。この筐体３０には、洗浄液の飛散や異物の巻き込みを防止するために清掃ロボット１の前端底部に配設された保護部材３１が備えられている。また、筐体３０には、各種モードの設定や自動走行／手動走行の切替、走行／停止の切替等を行なうための操作パネル３２、非常時に停止させるための非常停止スイッチ３３、手動走行時に作業者が清掃ロボット本体を支持するための把手３４、及び前記走行制御レバー１６が備えられている。

[0024] 尚、清掃ロボット１の形態は、上記のような洗浄液を使用して洗浄するタイプに限定されるものではなく、ファン、集塵室、吸込口等を備えたいわゆる家庭用掃除機のような態様のロボットであってもよい。

[0025] 上記構成を備えた清掃ロボット１は、一対の駆動輪１１・１１の駆動量をそれぞれ独立に制御することによって、直進や曲線移動（旋回）、後退、その場回転（両車輪の中点を中心とした旋回）等の移動動作を行うことができるようになっている。また、清掃ロボット１は、移動領域内の指定された目的地までの移動経路を自律的に作成し、その移動経路に追従移動する自律移動型の移動体として実現される。そのため、本実施の形態１の清掃ロボット１は、センサ機構４０として、センサ部４１と演算部４２とを備えている。

[0026] (センサ部)

以下、センサ機構40におけるセンサ部41及び演算部42について、図1に基づいて説明すると共に、清掃ロボット1の自律移動を制御する制御システムを説明する。図1は、センサ機構40の構成を示すブロック図である。

[0027] 本実施の形態のセンサ機構40におけるセンサ部41は、図1に示すように、レーザーレンジファインダー41aと壁Mまでの距離を測定する距離測定部41bとからなっている。

[0028] 上記レーザーレンジファインダー41aは、図2の(a)(b)に示すように、清掃ロボット1の前側に配設されている。このレーザーレンジファインダー41aは、清掃ロボット1の前方に対して所定の広がり角度でレーザー光を照射するための図示しない光源と、光源から照射されたレーザー光の反射光を受光するための図示しない受光部とを備えている。

[0029] 上記距離測定部41bは、レーザー光の照射した角度と反射するまでに要した時間とに基づいて、レーザー光が反射された障害物の位置までの距離を測定することにより障害物を検出する。いわゆるTOF(Time of flight)の原理による障害物検知つまりセンシングが行われる。

[0030] ここで、レーザーレンジファインダー41aを用いて清掃ロボット1の前方の環境情報つまりセンシングされる障害物の位置及び形状を取得する手法について、図2の(a)(b)及び図3に基づいて説明する。図3は清掃ロボット1に搭載されたレーザーレンジファインダー41aから出射されるレーザー光が測距対象物としての壁Mに照射されている状態を示す平面図である。

[0031] まず、清掃ロボット1は、図2の(a)(b)に示すように、レーザーレンジファインダー41aにて清掃ロボット1の前方に向けてレーザー光を照射し、清掃ロボット1から所定距離内に位置するセンシング領域に存在する障害物の位置つまりセンシングポイントを検出する。

[0032] 具体的には、レーザーレンジファインダー41aは、図3に示すように、

レーザー光を所定の広がり角度で出射する。このとき、清掃ロボット 1 から所定の距離の前方領域が計測可能範囲でありセンシング領域となる。本実施の形態では、このセンシング領域内に障害物である壁 M が含まれている。そして、レーザーレンジファインダー 4 1 a から照射されたレーザー光が障害物である壁 M にて反射され、その反射光がレーザーレンジファインダー 4 1 a にて受光される。これにより、レーザー光を照射したときの清掃ロボット 1 の自己位置と、レーザーレンジファインダー 4 1 a から照射されるレーザー光の照射方向と、レーザー光の照射から反射光を受光するまでの時間とから、照射したレーザー光における反射された地点が特定される。

[0033] レーザーレンジファインダー 4 1 a によって計測されるデータは、レーザー素子からの距離とレーザー光の照射方向の角度とにより規定される極座標系として出力される。レーザーレンジファインダー 4 1 a は、例えば、清掃ロボット 1 の進行方向前方 180 度を計測する場合の分解能を 1.0 度としたときには、一度のスキャンにより 0 度から 180 度に対応する 181 個のデータを計測する。

[0034] レーザーレンジファインダー 4 1 a によって計測されるデータ、つまり、距離測定部 4 1 b にて求められた障害物である壁 M までの距離は、演算部 4 2 に設けられた記録領域に記憶される。

[0035] (演算部)

演算部 4 2 の構成について、図 1 及び図 4 に基づいて説明する。図 4 は、清掃ロボットの自律移動に用いられる環境地図としてのグリッドマップを示す平面図である。

[0036] 演算部 4 2 は、図 1 に示すように、本実施の形態では、清掃ロボット 1 全体の動作を制御している。上記演算部 4 2 は、記憶部としてのメモリ等の図示しない記憶領域と、自己位置検出部 4 2 a と、走行制御部 4 2 b と、環境地図 4 2 c とを有している。また、自己位置検出部 4 2 a には、クラスタリング部 4 2 a a と信頼度計算部 4 2 a b とが設けられている。

[0037] (記憶領域)

図示しない上記記憶領域は、制御信号に基づいて清掃ロボット 1 の移動速度や移動方向、移動距離等を制御するためのプログラムと共に、清掃ロボット 1 の移動領域とその領域内に存在する障害物である壁 M の位置及び形状に関する情報を含む環境地図 4 2 c を記憶している。

[0038] 環境地図 4 2 c として、本実施の形態では、移動領域内において略一定間隔に配置された格子点を結ぶグリッド線を仮想的に描写することによって作成される図 4 に示すグリッドマップを用いる。グリッドマップは、清掃ロボット 1 の移動領域を模擬的に示す地図であり、グリッドマップ上には壁 M やその他の障害物の存在情報が登録されている。

[0039] 尚、図 4 に示すグリッドマップの格子点間距離 S は、実寸に対するマップの縮尺値を示しており、格子点間距離 S に升目の数を乗算したものが実際の寸法となる。すなわち、環境地図 4 2 c を用いることによって、推定位置つまり後述する現在の自己位置 X' ($t-1$) からレーザーレンジファインダー 4 1 a によって距離測定できる壁 M までの距離を算出することができる。

[0040] (自己位置検出部)

自己位置検出部 4 2 a の構成について、図 1 に基づいて説明する。

[0041] 自己位置検出部 4 2 a は、本実施の形態では、モンテカルロ自己推定法 (Monte Carlo Localization: MCL 法) を用いて現在の自己位置を検出する。この方法は、パーティクルフィルタ法を位置推定に適用した手法であり、過去の状態に依存する提案分布から得られたサンプル (これをパーティクル (粒子) と呼ぶ) に対して尤度を計算し、その尤度に基づいて現在の状態を推定する方法である。提案分布の現在の状態に対する確率が 0 でなく、パーティクル数が無限大ならば真値に収束する。

[0042] 具体的には、ロボットの姿勢を示すパラメータ (位置 (x , y), 方向 θ) にて表される空間つまり移動領域に、確率を重みとして持つパーティクル (パーティクルはロボットの姿勢の解の候補) を多数分布させる。そして、 x y θ 空間の任意の領域にロボットが存在する確率を、その領域中に存在するパーティクルの重みの合計として近似表現する。さらに、パーティクルの

重み（後述する尤度）に基づいてパーティクルを再配布することによって、清掃ロボット 1 が存在する確率が高い位置を中心とするパーティクルの分布が得られる。存在確率は、現実のセンサ測定結果と解の候補の位置において得られるはずの測定結果とを、環境地図 4 2 c 上から計算によって算出する。

[0043] 本実施の形態における清掃ロボット 1 の自己位置を求めるためのモンテカルロ自己推定法（Monte Carlo Localization：MCL 法）のアルゴリズムを用いた動作について、図 5 及び図 6 に基づいて説明する。図 5 は、清掃ロボット 1 の自己位置を求めるためのモンテカルロ自己推定法（Monte Carlo Localization：MCL 法）のアルゴリズムを用いた動作を示すフローチャートである。図 6 は、モンテカルロ自己推定法にて用いられるパーティクルの尤度に応じてパーティクルを再配布した状態を示す平面図である。

[0044] 図 5 に示すように、初期動作として、清掃ロボット 1 のシステム起動時には、ランダムにパーティクルを移動領域に配布する（S 1）。その後、後述するステップ S 2～S 6 を一つのサイクルとして、制御周期毎に計算処理を行なう。

[0045] まず、駆動輪 1 1 の回転に応じてランダムにパーティクルを移動させる（S 2）。例えば、進行方向の速度と、各速度に対して正規分布に基づく乱数でばらつきを加えた値とを利用してパーティクルを移動させる。

[0046] 次に、ステップ S 3 において、続くステップ S 4 にて行う自己位置検出工程の尤度計算の前ステップとして、その尤度計算に用いるレーザーレンジファインダー 4 1 a の光線方向を特定するための信頼度を計算する。尚、信頼度の計算の詳細については、後述する。

[0047] 次いで、各パーティクルの位置における距離の計算結果と、レーザーレンジファインダー 4 1 a の測定結果とを用いてパーティクルの尤度を計算する（S 4）。ここで、各パーティクルの位置における距離の計算結果とは、図 4 に示したグリッドマップからなる環境地図 4 2 c の格子点間距離 S に基づいて算出される、各パーティクルの位置からレーザーレンジファインダー 4

1 a によって正しく測定できる壁Mまでの距離のことである。また、レーザーレンジファインダー4 1 aの測定結果とは、ステップS 3において特定したレーザー光線によって測定された直前過去の自己位置X' (t - 1)つまりレーザーレンジファインダー4 1 aから障害物である壁Mまでの距離のことである。

[0048] この場合の尤度とは、レーザーレンジファインダー4 1 aの測定結果を中央値として、確率密度関数が正規分布に従う場合の、パーティクルの位置における計算によって求めた壁Mまでの距離の尤もらしさになる。

[0049] ここで、分解能を考慮した測定の誤差範囲の上限 (Du_k)、及び分解能を考慮した測定の誤差範囲の下限 (Dl_k) は、下記の式 (1) 及び式 (2) によって表される。

[0050] [数1]

$$Du_k = Dk + \Delta d \quad \cdots (1)$$

Dk : パーティクルの位置におけるk番目の光線の距離計算結果

Δd : 光線の距離分解能

[0051] [数2]

$$Dl_k = Dk - \Delta d \quad \cdots (2)$$

[0052] また、レーザー光線一本の尤度 $P(Dk)$ は下記の式 (3) によって表される。

[0053] [数3]

$$P(Dk) = \frac{1}{2} (1 + \operatorname{erf}(\frac{Du_k - Z_k}{\sqrt{2}\sigma})) \cdot \frac{1}{2} (1 + \operatorname{erf}(\frac{Dl_k - Z_k}{\sqrt{2}\sigma})) \quad \cdots (3)$$

Z_k : k番目の光線方向のレーザーレンジファインダーの測定結果

σ : 分散

$\operatorname{erf}(x)$: 誤差関数

[0054] さらに、式 (3) 中の誤差関数 $\operatorname{erf}(x)$ は下記の式 (4) によって表さ

れる。

[0055] [数4]

$$\text{erf}(x) \approx \sqrt{1 - \exp(-x^2 \frac{4/\pi + ax^2}{1 + ax^2})} \quad \dots (4)$$

[0056] この結果、各パーティクルの尤度 $P_i(D)$ は下記の式 (5) によって算出することができる。

[0057] [数5]

$$P_i(D) = \prod P(Dk) \quad \dots (5)$$

[0058] 次に、ステップ S 5 では、ステップ S 4 にて計算した各パーティクルの尤度に応じてパーティクルを再配布する。

[0059] 再配布の方法は、まず、全パーティクルの尤度の合計 W_{all} を、下記の式 (6) によって算出する。

[0060] [数6]

$$W_{all} = \sum P_i(D) \quad \dots (6)$$

[0061] そして、再配布前のパーティクルの位置に $P_i(D) / W_{all}$ の確率でパーティクルを再配置する。

[0062] 具体的には、図 6 に示すように、まず、古いパーティクルに対して尤度の大きさに応じた器を用意する。次いで、新しいパーティクルをその器に配布し、該器に入った新しいパーティクルは古いパーティクルの位置に再配置される。この再配布によって、測定結果が尤もらしいパーティクルを中心とする分布が得られる。

[0063] 次に、ステップ S 6 では、再配布されたパーティクルの位置の平均から現在の自己位置 $X(t)$ を算出 (検出) する。また、自己位置 $X(t)$ は最も尤度が大きいものとしてもよい。

[0064] 自己位置検出部42aは、以上のステップS2～S6を繰り返して、逐次、清掃ロボット1の現在の自己位置を検出する。

[0065] そして、現在の自己位置の情報は、図1に示す走行制御部42bに送られる。走行制御部42bでは、自己位置検出部42aから送られた自己位置の情報に基づいて、目的の行動を採るように駆動輪モーター14に指令を送る。これにより、環境地図42cを参考にして、壁Mを避けて走行することができる。

[0066] ここで、図5のステップS3における信頼度算出方法について、図7～図10に基づいて説明する。図7は、モンテカルロ自己推定法にて用いられる信頼度算出ルーチンを示すフローチャートである。図8は、清掃ロボット1のセンサ部41にて検出した障害物をクラスタリングした状態を示す平面図である。図9は、清掃ロボット1のセンサ部41にて検出した障害物クラスタを種類別に分別した状態を示す平面図である。図10は、実環境におけるレーザーレンジファインダーの測定状況を示す平面図である。図11は、仮の現在位置が正しい場合の環境地図における障害物の位置を計算した結果をクラスタリングする場合を示す平面図である。図12は、仮の現在位置が間違っている場合の環境地図における障害物の位置を計算した結果をクラスタリングする場合を示す平面図である。図13は、図11に示す障害物の位置と、図12に示す障害物の位置とを重ねて示す平面図である。図14は、図11に示す障害物の位置と、図13に示す障害物の位置とを重ねて示す平面図である。

[0067] 図5のステップS3における信頼度算出は、図1に示す信頼度計算部42abにて行われる。

[0068] 具体的には、信頼度計算部42abは、図7に示すように、最初に、センサ部41にて検出した障害物をクラスタリングする（S11）。すなわち、データの集まりをデータ間の類似度にしたがって、いくつかのグループに分ける。クラスタリング方法は様々な方法が考えられるが、本実施の形態では、レーザーレンジファインダー41aの測定方向に対して隣り合う障害物同士

の距離が閾値よりも小さい場合に一つのクラスタとして扱う方法を採用する。これにより、例えば、図8に示すように、センサ部41にて検出した障害物である壁Mをクラスタリングした状態を示す平面図が得られる。すなわち、図8においては、レーザーレンジファインダー41aが距離測定できた光線方向において、隣り合う障害物同士（図8に示す黒丸）の距離が互いに閾値よりも小さい場合に一つのクラスタとして分類され、その結果、図8において一点鎖線にて示す部分が、それぞれ個別の障害物クラスタとして認識される。尚、他の方法としてはミーンシフト（Mean Shift）法等の手法がある。また、幾何学的距離以外の特徴を用いてクラスタリングしてもよい。

[0069] 次に、図7に示すように、クラスタの種類を判別する（S12）。本実施の形態では、クラスタの種類を以下の三種類に分類する。それぞれの分類条件を下記に示す。

[0070] 直線：相関係数0.9以上

曲線：相関係数が0.9未満かつ障害物の位置における直線の傾きの変化が10度以下

その他：直線及び曲線以外

上記クラスタは、上記3種類のいずれかに分類し、照合するときに利用する。

[0071] 次いで、各分類されたクラスタについて、それぞれのクラスタが直線クラスタか否かを判別するために、障害物が存在する位置のx座標及びy座標の相関係数を算出する。

[0072] [相関係数算出]

相関係数の算出に際して、ここでは、一つのクラスタとして、図9の(a)に示す障害物 O_i が得られているとする。

[0073] このクラスタにおいて、相関係数を算出する場合には、レーザーレンジファインダー41aの測定方向 θ_i における障害物 O_i までの距離を D_i とすると、障害物 O_i までの位置 (x_i, y_i) は、下記の式にて算出できる。

[0074]

[数7]

$$x_i = D_i * \cos \theta_i$$

$$y_i = D_i * \sin \theta_i$$

但し、 $\{(\theta_i, D_i)\} (i=1, 2, \dots, n)$ 、 $\{(x_i, y_i)\} (i=1, 2, \dots, n)$

[0075] また、相関係数Cは、下記の式で算出できる。

[0076] [数8]

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

$\bar{x}, \bar{y}$: x_i, y_i の平均

[0077] 算出した相関係数Cの絶対値が閾値以上の場合、対象のクラスタを直線クラスタとする。ここでは、閾値として、相関係数 $C \geq 0.9$ のときに、直線クラスタとする。

[0078] 次に、直線以外のクラスタから曲線のクラスタを抽出する。

[0079] [直線以外のクラスタにおける直線の傾き算出]

直線ではないクラスタにおいて、障害物における前後の位置関係から障害物の位置における傾きを算出する。傾きは参考点の分布を一次方程式で近似して算出する。i番目の位置における傾き a_i は、下記の式で表される。

[0080] [数9]

$$a_i = \text{atan}\left(\frac{(2 * l + 1) \sum_{k=i-l}^{i+l} x_k y_k - \sum_{k=i-l}^{i+l} x_k \sum_{k=i-l}^{i+l} y_k}{\sum_{k=i-l}^{i+l} x_k^2 - \left(\sum_{k=i-l}^{i+l} x_k\right)^2}\right)$$

$2 * l + 1$: 参考点の数

[0081] 上記傾き a_i を、傾き $a_1 \sim a_{n-1}$ の範囲で算出し、 $\Delta a = a_i - a_{i+1}$ の全

てが閾値よりも小さい場合、曲線として扱う。

[0082] ここで、図9の(a)(b)(c)(d)を用いて具体的に説明する。図9の(a)(b)(c)(d)は、清掃ロボット1のセンサ部41にて検出した障害物クラスタを種類別に分別した状態を示す平面図である。

[0083] まず、図9の(a)に示すように、クラスタに属する障害物が検出された場合、上記直線の傾き a_i を以下のように順次計算する。

- ・ O_1 は、直線の傾き a_i を算出しない。
- ・ O_2 における直線の傾き a_2 は、図9の(b)に示すように、参考点 $O_1 \sim O_3$ を利用して算出する。
- ・ O_3 における直線の傾き a_3 は、図9の(c)に示すように、参考点 $O_2 \sim O_4$ を利用して算出する。
- ・ O_4 における直線の傾き a_4 は、図9の(d)に示すように、参考点 $O_3 \sim O_5$ を利用して算出する。
- ・ O_5 は、直線の傾きを算出しない。

[0084] 尚、直線の傾き $a_2 \cdot a_3$ 、傾き $a_3 \cdot a_4$ の全てが閾値よりも小さい場合、曲線として扱う。直線でも曲線でもないクラスタはその他のクラスタとして扱う。

[0085] 以上のように、クラスタの種類を直線クラスタ、曲線クラスタ、その他のクラスタに分類する。

[0086] 次に、図7に示すように、仮の現在位置に基づいて、環境地図42cにおける障害物の位置を算出する(S13)。尚、本実施の形態では、環境地図42cにおいてレーザーレンジファインダー41aを使って測定した場合に得られる障害物データについてもステップS12と同様にクラスタの種類を判別する。

[0087] 具体的には、図10に示すように、実環境におけるレーザーレンジファインダー41aの測定においては、斜線領域のように、環境地図42cに存在しない障害物が存在する。

[0088] そこで、仮の現在位置が正しいとした場合の環境地図42cにおける障害

物の位置を計算した結果をクラスタリングすると、図 1 1 に示すように表される。また、仮の現在位置が間違っているとした場合の環境地図 4 2 c における障害物の位置を計算した結果をクラスタリングすると、図 1 2 に示すように表される。尚、図 1 2 においては、実際とは異なる向きで障害物の位置を計算している。また、本実施の形態では、環境地図 4 2 c においてレーザーレンジファインダー 4 1 a を使って測定した場合に得られる障害物データを算出しているが、グリッドマップから直接図形を抽出する等の方法を用いてもよい。

[0089] 次に、図 7 に示すように、センサ部 4 1 のクラスタにおける障害物の位置と環境地図 4 2 c におけるクラスタの障害物の位置とからセンサ部 4 1 のクラスタの信頼度を算出する。本実施の形態では、クラスタ同士を照合して一致すれば信頼度 1 とし、一致しなければ信頼度 0 とする。また、判別する条件は、

- ・直線以外：クラスタ間の最も近い位置の距離が閾値以下かつ、クラスタの種類が一致する場合に一致しているとする。
- ・直線：直線以外の条件に加えて、直線の傾きの差が閾値以内である場合、一致していないとする。

[0090] 具体的には、図 1 1 に示す仮の現在位置が正しい場合の障害物の位置と図 1 2 に示す仮の現在位置が間違っている場合の障害物の位置と重ね合わせる。その結果、図 1 3 に示すように、仮の現在位置が正しいので、レーザーレンジファインダー 4 1 a の環境地図 4 2 c に存在しない障害物クラスタの近くに、環境地図 4 2 c から算出した障害物クラスタは存在しない。この結果、環境地図 4 2 c に存在しない障害物を判別することができる。具体的には、図 1 3 において二点鎖線で示す障害物クラスタは、環境地図 4 2 c から環境地図 4 2 c から算出した障害物クラスタと一致していないので、信頼度 0 と判断することが分かる。

[0091] 次に、図 1 1 に示す仮の現在位置が正しい場合の障害物の位置と、図 1 3 に示す障害物の位置と重ね合わせると、図 1 4 に示すようになる。この結果、

図 1 4 から以下のことが分かる。

(1) R 1 クラスタは、V 1 クラスタが近くに存在し、クラスタの種類が同じでありかつ直線の傾きの差が小さいため、R 1 クラスタと V 1 クラスタとは一致する。

(2) R 2 クラスタは、V 1 クラスタに近いが、クラスタの種類が異なるため、R 2 クラスタと V 1 クラスタとは一致しない。

(3) R 3 クラスタは、V 1 クラスタ及び V 2 クラスタに近い。R 3 クラスタの種類は V 1 クラスタの種類と同じであるが、傾きの差が大きいので、R 3 クラスタと V 1 クラスタとは一致しない。また、V 2 クラスタは R 3 クラスタとは互いに種類も同じで、傾きの差が小さいので、R 3 クラスタと V 2 クラスタとは一致する。

(4) R 4 クラスタは、V 2 クラスタ及び V 3 クラスタに近い。V 2 クラスタは R 4 クラスタとは種類が異なるため、R 4 クラスタと V 2 クラスタとは一致しない。V 3 クラスタは、R 4 クラスタとは同じ曲線クラスタであるため、R 4 クラスタと V 3 クラスタとは一致する。

(5) R 5 クラスタは、V 3 クラスタに近いが、R 5 クラスタと V 3 クラスタとはクラスタの種類が異なるため、R 5 クラスタと V 3 クラスタとは一致しない。

[0092] 以上から、R 1 クラスタ、R 3 クラスタ及び R 4 クラスタは、一致するクラスタが存在するため信頼度を 1 とする。

[0093] これにより、仮の現在位置と実際とは異なるにもかかわらず、環境地図 4 2 c に存在しない障害物を判別することができる。尚、クラスタの信頼度をそのままクラスタに属する障害物の信頼度としてもよいし、クラスタ内部の分布によってそれぞれの障害物の信頼度を変化させてもよい。すなわち、本実施の形態では、信頼度 1 の場合に環境地図 4 2 c に存在する障害物であると判断しているが、必ずしもこれに限らず、得られた信頼度が基準信頼度よりも大きい場合に、環境地図 4 2 c に存在する障害物であると判断することが可能である。

- [0094] このように、ステップS 1 1～S 1 4の過程を経ることによって、障害物の信頼度を算出することができる。
- [0095] 尚、本実施の形態では、クラスタ同士を比較しているが、必ずしもこれに限らず、環境地図4 2 cから算出する障害物の位置情報は図形情報等でもよい。
- [0096] このように、本実施の形態の自律移動体としての清掃ロボット1は、ビームを照射して移動領域に存在する障害物との距離を計測するセンサ部4 1と、センサ部4 1のビームを照射して計測した障害物との距離から自己位置候補を算出したときの該自己位置候補に対する障害物までのセンサ距離と、移動領域に存在する障害物の位置情報を含む環境地図4 2 cから計算される自己位置候補から障害物までの地図距離とを照合することにより、自己位置候補を修正して自己位置とする自己位置検出部4 2 aとを備えている。
- [0097] この構成により、清掃ロボット1は、自己位置を検出しながら移動領域を移動することができる。
- [0098] ここで、本実施の形態の清掃ロボット1では、自己位置検出部4 2 aは、センサ部4 1のビームを照射して計測した複数の障害物の各距離測定点を各クラスタにグループ分けして、それぞれの障害物を認識するクラスタリング部4 2 a aを備えている。このため、個々の障害物の識別が容易となる。
- [0099] したがって、環境地図上に存在している障害物であるにもかかわらず、存在しない障害物として扱うことを低減でき、位置推定の精度を向上し得る清掃ロボット1を提供することができる。
- [0100] また、本実施の形態における清掃ロボット1では、クラスタリング部4 2 a aは、各障害物の各クラスタに対して、隣り合う方向の障害物測定点の幾何学的距離が閾値よりも近い場合に、同じクラスタとして扱う。
- [0101] これにより、隣り合う方向の障害物測定点の幾何学的距離が閾値よりも近い、又は遠いかを判断することにより、個別の障害物であるか否かを容易に識別することができる。
- [0102] この結果、センサ部4 1にてビーム照射して求めた障害物の各クラスタと

環境地図 4 2 c 上に存在している障害物との照合を容易かつ的確に行うことができる。

[0103] また、本実施の形態における清掃ロボット 1 では、クラスタリング部 4 2 a a は、各障害物の各クラスタに対して、該各クラスタに属する障害物測定点 $O_1 \sim O_5$ の分布からクラスタの特徴量を算出する。

[0104] これにより、クラスタの特徴量として、例えば直線、曲線として表すことができる。この結果、障害物の形状を単純化した線同士で比較することができるので、環境地図 4 2 c 上に存在している障害物とセンサ部 4 1 にてビーム照射して求めた障害物との照合を一層容易かつ的確に行うことができる。

[0105] また、本実施の形態における清掃ロボット 1 では、自己位置検出部 4 2 a は、クラスタリング部 4 2 a a にてセンサ距離に基づいて各障害物を各クラスタにグループ分けし、各クラスタと環境地図 4 2 c から算出した障害物の位置とを照合することによって障害物毎にその障害物が存在することの信頼度を計算する信頼度計算部 4 2 a b を備えている。そして、自己位置検出部 4 2 a は、センサ部 4 1 のビームを照射して計測した障害物の距離から自己位置候補を算出するときに、信頼度計算部 4 2 a b にて計算された信頼度が基準信頼度よりも大きい障害物を選択して、自己位置候補を算出する。

[0106] これにより、センサ部 4 1 のビームを照射して計測して求めた障害物が、環境地図 4 2 c 上に存在している障害物に一致する確率が高くなるので、自己位置検出部 4 2 a は、精度よく自己位置を検出することができる。

[0107] したがって、一時的な自己位置の不正確によって、環境地図 4 2 c 上に存在している障害物であるにもかかわらず、存在しない障害物として扱うことを低減でき、位置推定の精度を向上し得る清掃ロボット 1 を提供することができる。

[0108] また、本実施の形態における清掃ロボット 1 では、クラスタリング部 4 2 a a は、自己位置候補に基づいて環境地図 4 2 c から算出した障害物の位置を各クラスタにグループ分けすると共に、信頼度計算部 4 2 a b は、環境地図 4 2 c から算出した各障害物の位置の各クラスタと、該各クラスタに対応

するセンサ距離に基づく各障害物の各クラスタとを比較することによって前記信頼度を計算する。

[0109] これにより、クラスタリング部42aaは、センサ距離に基づく各障害物の各クラスタだけでなく、環境地図42cから算出した各障害物をも各クラスタにグループ分けする。この結果、両者が単純な線同士で比較されるので、環境地図42c上に存在している各障害物と、センサ部41にてビーム照射して求めた各障害物との照合をより一層容易かつ的確に行うことができる。

[0110] 尚、本発明は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変更が可能である。

[0111] 例えば、本実施の形態では、センサ部41にレーザーレンジファインダー41aを用いているが、必ずしもこれに限らず、本発明においては、ビームを照射し、物体により反射されたビームから情報を得るセンサが、スキャン等により広い角度で情報を得る構成となっているものであればよい。具体的には、例えば、超音波、赤外距離測定センサ、ミリ波レーダーが、スキャン又は多方向照射するようなものであればよい。

[0112] また、本実施の形態では、モンテカルロ自己推定法 (MonteCarlo Localization: MCL法) を用いているが、必ずしもこれに限らず、この方法以外に、拡張カルマンフィルター法を用いることも可能である。

[0113] [実施の形態2]

本発明の他の実施の形態について図15に基づいて説明すれば、以下のとおりである。尚、本実施の形態において説明すること以外の構成は、前記実施の形態1と同じである。また、説明の便宜上、前記の実施の形態1の図面に示した部材と同一の機能を有する部材については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0114] 前記実施の形態1の自律移動体として清掃ロボット1では、環境地図42cにグリッドマップを用いていた。この点、本実施の形態の自律移動体として清掃ロボット1では、障害物オブジェクトを直接記述する形式を採用して

いる点が異なっている。

[0115] 本実施の形態の自律移動体として清掃ロボットにおいて、障害物オブジェクトを直接記述する環境地図4 2 c' を用いて実現する場合について、図1 5に基づいて説明する。図1 5は、障害物オブジェクトを直接記述する環境地図4 2 c' の構成を示す平面図である。

[0116] 本実施の形態の環境地図4 2 c' は、図1 5に示すように、障害物オブジェクトを直接記述するオブジェクト式を採用したものとなっている。このオブジェクト式では、障害物を基点の座標と線種とによって表現する。

[0117] 具体的には、環境地図4 2 c' は、図1 5において太線の実線で示すレーザーレンジファインダー4 1 aにて測定できる壁Mは、長方形であり直線の寸法にて表現できる。また、太線の破線で示す壁Mは円であり、中心の座標と直径とで記述できる。

[0118] ここで、実施の形態1において用いたグリッド形式の環境地図4 2 cは障害物が複雑な形状でも柔軟に地図を記述できるが、障害物が少ないほど計算量が大きくなる。

[0119] これに対して、本実施の形態2において用いるオブジェクト式の環境地図4 2 c' の場合、障害物が複雑な形状を記述することは困難であるが、パーティクルの位置とオブジェクトとの距離の一般解を求められる形状であれば、高速に計算できるというメリットがある。

[0120] [実施の形態3]

本発明の他の実施の形態について図1 6に基づいて説明すれば、以下のとおりである。尚、本実施の形態において説明すること以外の構成は、前記実施の形態1及び実施の形態2と同じである。また、説明の便宜上、前記の実施の形態1及び実施の形態2の図面に示した部材と同一の機能を有する部材については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0121] 前記実施の形態1の自律移動体として清掃ロボット1では、レーザーレンジファインダー4 1 aの測定方向に対して隣り合う障害物同士の距離が閾値よりも小さい場合、一つのクラスタとして扱っていた。これに対して、本実

施の形態の自律移動体として清掃ロボット 1 では、一つのクラスタとして扱う場合の判断基準が異なっている。

[0122] 本実施の形態の自律移動体として清掃ロボットにおいて、一つのクラスタとして扱う場合の判断基準について、図 16 の (a) (b) に基づいて説明する。図 16 の (a) は、検出できた直線、又は円の付近に存在する障害物をクラスタとして扱う方法を採用する本実施の形態の判断基準を示す平面図であり、図 16 の (b) は、レーザーレンジファインダー 41a の測定方向に対して隣り合う障害物同士の距離が閾値よりも小さい場合に一つのクラスタとして扱う自己位置検出部 42a における実施の形態 1 の検出方法を示す平面図である。

[0123] すなわち、実施の形態 1 のように、隣り合う障害物同士の距離が閾値よりも小さい場合を一つのクラスタとして扱うと、図 16 の (b) に示すように、壁 M の遠くを検出している場合、クラスタの数が増大してしまう虞れがある。

[0124] そこで、本実施の形態では、画像処理にて用いられるハフ変換を用いることによって、直線、円を検出することを可能としている。

[0125] 具体的には、図 16 の (a) に示すように、検出できた直線、円の付近に存在する障害物をクラスタとして扱う。これによって、壁 M の遠くを検出している場合でも一つのクラスタとして扱うことができる。

[0126] [実施の形態 4]

本発明の他の実施の形態について説明すれば、以下のとおりである。尚、本実施の形態において説明すること以外の構成は、前記実施の形態 1 ～実施の形態 3 と同じである。また、説明の便宜上、前記の実施の形態 1 ～実施の形態 3 の図面に示した部材と同一の機能を有する部材については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0127] 実施の形態 1 ～実施の形態 3 にて説明した自律移動体として清掃ロボット 1 では、演算部 42 の制御ブロック、特に自己位置検出部 42a は、集積回路 (IC チップ) 等に形成された論理回路 (ハードウェア) によって実現し

てもよいし、CPU (Central Processing Unit) を用いてソフトウェアによって実現してもよい。

[0128] 後者の場合、演算部42は、各機能を実現するソフトウェアであるプログラムの命令を実行するCPU、上記プログラムおよび各種データがコンピュータ（又はCPU）で読み取り可能に記録されたROM (Read Only Memory) 又は記憶装置（これらを「記録媒体」と称する）、上記プログラムを展開するRAM (Random Access Memory) 等を備えている。

[0129] そして、コンピュータ（又はCPU）が上記プログラムを上記記録媒体から読み取って実行することにより、本発明の目的が達成される。上記記録媒体としては、「一時的でない有形の媒体」、例えば、テープ、ディスク、カード、半導体メモリ、プログラマブルな論理回路等を用いることができる。また、上記プログラムは、該プログラムを伝送可能な任意の伝送媒体（通信ネットワークや放送波等）を介して上記コンピュータに供給されてもよい。尚、本発明は、上記プログラムが電子的な伝送によって具現化された、搬送波に埋め込まれたデータ信号の形態でも実現され得る。

[0130] [まとめ]

本発明の態様1における自律移動体（清掃ロボット1）は、自己位置を検出しながら移動領域を移動する自律移動体において、ビームを照射して移動領域に存在する障害物との距離を計測するセンサ部41と、上記センサ部41のビームを照射して計測した障害物との距離から自己位置候補を算出したときの該自己位置候補に対する障害物までのセンサ距離と、上記移動領域に存在する障害物の位置情報を含む環境地図42cから計算される上記自己位置候補から障害物までの地図距離とを照合することにより、上記自己位置候補を修正して自己位置とする自己位置検出部42aとを備えていると共に、上記自己位置検出部42aは、上記センサ部41のビームを照射して計測した複数の障害物の各距離測定点を各クラスタにグループ分けして、それぞれの障害物を認識するクラスタリング部42aaを備えていることを特徴としている。

[0131] 上記の発明によれば、自己位置検出部によって、センサ部のビームを照射して計測した障害物との距離から自己位置候補を算出したときの該自己位置候補に対する障害物までのセンサ距離と、上記移動領域に存在する障害物の位置情報を含む環境地図から計算される上記自己位置候補から障害物までの地図距離とを照合することにより、上記自己位置候補を修正して自己位置とする。

[0132] このため、自律移動体は、自己位置を検出しながら移動領域を移動することができる。

[0133] ところで、この種の自律移動体においては、センサ部からビームを照射して障害物との距離を計測して障害物を推測する。この場合、複数の障害物が存在する場合に、的確に個別の障害物であると判断することが困難である。その結果、環境地図上に存在している障害物であるにもかかわらず、存在しない障害物として扱うことになり、位置推定の精度が低下することになる。

[0134] これに対して、本発明では、自己位置検出部は、センサ部のビームを照射して計測した複数の障害物の各距離測定点を各クラスタにグループ分けして、それぞれの障害物を認識するクラスタリング部を備えている。このため、クラスタリング部にて、センサ部のビームを照射して計測した複数の障害物の各距離測定点をグループ分けして、それぞれの障害物を認識するので、個々の障害物の識別が容易となる。

[0135] したがって、環境地図上に存在している障害物であるにもかかわらず、存在しない障害物として扱うことを低減でき、位置推定の精度を向上し得る自律移動体を提供することができる。

[0136] 本発明の態様2における自律移動体（清掃ロボット1）は、態様1における自律移動体において、前記クラスタリング部42aは、前記各障害物の各クラスタに対して、隣り合う方向の障害物測定点の幾何学的距離が閾値よりも近い場合に、同じクラスタとして扱うことが好ましい。

[0137] これにより、隣り合う方向の障害物測定点の幾何学的距離が閾値よりも近い、又は遠いかを判断することにより、個別の障害物であるか否かを容易

に識別することができる。

[0138] この結果、センサ部にてビーム照射して求めた障害物の各クラスと、環境地図上に存在している障害物との照合を容易かつ的確に行うことができる。

[0139] 本発明の態様3における自律移動体（清掃ロボット1）は、態様1又は2における自律移動体において、前記クラスタリング部42aaは、前記各障害物の各クラスに対して、該各クラスに属する障害物測定点の分布からクラスの特徴量を算出することが好ましい。

[0140] これにより、クラスの特徴量として、例えば直線、曲線として表すことができる。この結果、障害物の形状を単純化した線同士で比較することができるので、環境地図上に存在している障害物と、センサ部にてビーム照射して求めた障害物との照合を一層容易かつ的確に行うことができる。

[0141] 本発明の態様4における自律移動体（清掃ロボット1）は、態様1、2又は3における自律移動体において、前記自己位置検出部42aは、クラスタリング部42aaにて前記センサ距離に基づいて各障害物を各クラスにグループ分けし、各クラスと上記環境地図42cから算出した障害物の位置とを照合することによって障害物毎にその障害物が存在することの信頼度を計算する信頼度計算部42abを備えていると共に、該自己位置検出部42aは、上記センサ部41のビームを照射して計測した障害物の距離から自己位置候補を算出するときに、信頼度計算部42abにて計算された信頼度が基準信頼度よりも大きい障害物を選択して、該自己位置候補を算出することが好ましい。

[0142] これにより、自己位置検出部は、センサ部のビームを照射して計測した障害物の距離から自己位置候補を算出するときに、信頼度計算部にて計算された信頼度が基準信頼度よりも大きい障害物を選択して、該自己位置候補を算出する。この結果、センサ部のビームを照射して計測して求めた障害物が、環境地図上に存在している障害物に一致する確率が高くなるので、自己位置検出部は、精度よく自己位置を検出することができる。

[0143] したがって、一時的な自己位置の不正確によって、環境地図上に存在している障害物であるにもかかわらず、存在しない障害物として扱うことを低減でき、位置推定の精度を向上し得る自律移動体を提供することができる。

[0144] 本発明の態様5における自律移動体（清掃ロボット1）は、態様4における自律移動体において、前記クラスタリング部42aaは、自己位置候補に基づいて前記環境地図42cから算出した障害物の位置を各クラスタにグループ分けすると共に、前記信頼度計算部42abは、上記環境地図42cから算出した各障害物の位置の各クラスタと、該各クラスタに対応する前記センサ距離に基づく各障害物の各クラスタとを比較することによって前記信頼度を計算することが好ましい。

[0145] これにより、自己位置検出部のクラスタリング部は、センサ距離に基づく各障害物の各クラスタだけでなく、環境地図から算出した各障害物をも各クラスタにグループ分けする。この結果、両者が単純な線同士で比較されるので、環境地図上に存在している各障害物とセンサ部にてビーム照射して求めた各障害物との照合をより一層容易かつ的確に行うことができる。

産業上の利用可能性

[0146] 本発明は、業務用の清掃機等の自律移動体の他、工場用の搬送用ロボット等に利用できる。

符号の説明

[0147]	1	清掃ロボット（自律移動体）
	10	駆動機構
	11	駆動輪
	12	従輪
	13	バッテリー
	14	駆動輪モーター
	16	走行制御レバー
	20	清掃機構
	21	洗浄液タンク

2 2	洗浄液吐出部
2 4	廃液タンク
2 5	清掃ブラシ
2 6	ブラシモーター
3 0	筐体
3 1	保護部材
3 2	操作パネル
3 3	非常停止スイッチ
3 4	把手
4 0	センサ機構
4 1	センサ部
4 1 a	レーザーレンジファインダー
4 1 b	距離測定部
4 2	演算部
4 2 a	自己位置検出部
4 2 a a	クラスタリング部
4 2 a b	信頼度計算部
4 2 b	走行制御部
4 2 c	環境地図
4 2 c'	環境地図
M	壁（障害物）
O	障害物（障害物測定点）

請求の範囲

- [請求項1] 自己位置を検出しながら移動領域を移動する自律移動体において、
 ビームを照射して移動領域に存在する障害物との距離を計測するセンサ部と、

 上記センサ部のビームを照射して計測した障害物との距離から自己位置候補を算出したときの該自己位置候補に対する障害物までのセンサ距離と、上記移動領域に存在する障害物の位置情報を含む環境地図から計算される上記自己位置候補から障害物までの地図距離とを照合することにより、上記自己位置候補を修正して自己位置とする自己位置検出部とを備えていると共に、

 上記自己位置検出部は、上記センサ部のビームを照射して計測した複数の障害物の各距離測定点を各クラスタにグループ分けして、それぞれの障害物を認識するクラスタリング部を備えていることを特徴とする自律移動体。
- [請求項2] 前記クラスタリング部は、前記各障害物の各クラスタに対して、隣り合う方向の障害物測定点の幾何学的距離が閾値よりも近い場合に、同じクラスタとして扱うことを特徴とする請求項1記載の自律移動体。
- [請求項3] 前記クラスタリング部は、前記各障害物の各クラスタに対して、該クラスタに属する障害物測定点の分布から各クラスタの特徴量を算出することを特徴とする請求項1又は2記載の自律移動体。
- [請求項4] 前記自己位置検出部は、クラスタリング部にて前記センサ距離に基づいて各障害物を各クラスタにグループ分けし、各クラスタと上記環境地図から算出した障害物の位置とを照合することによって障害物毎にその障害物が存在することの信頼度を計算する信頼度計算部を備えていると共に、

 該自己位置検出部は、上記センサ部のビームを照射して計測した障害物の距離から自己位置候補を算出するときに、信頼度計算部にて計

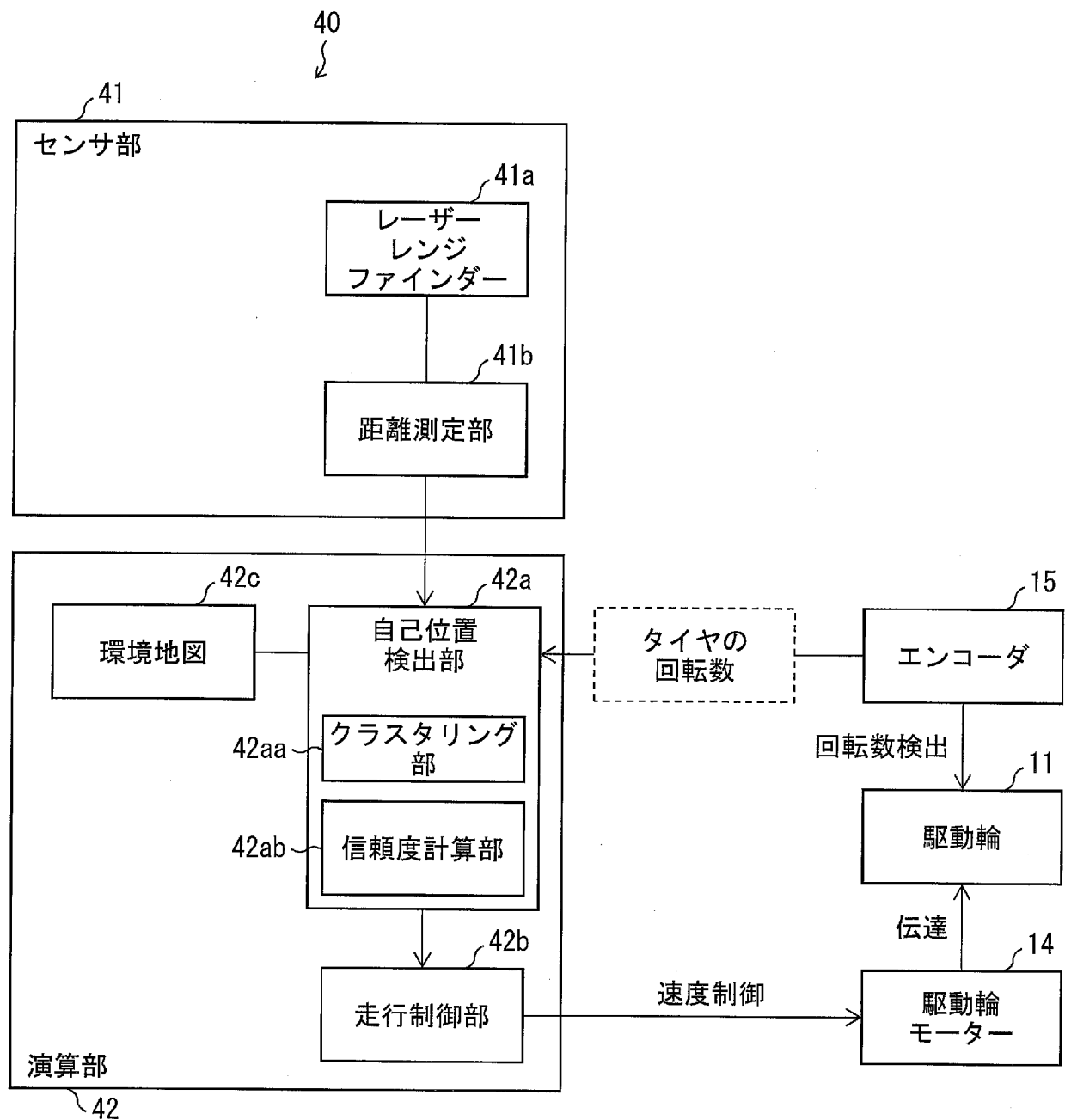
算された信頼度が基準信頼度よりも大きい障害物を選択して、該自己位置候補を算出することを特徴とする請求項1，2又は3記載の自律移動体。

[請求項5] 前記クラスタリング部は、自己位置候補に基づいて前記環境地図から算出した障害物の位置を各クラスタにグループ分けすると共に、

前記信頼度計算部は、上記環境地図から算出した各障害物の位置の各クラスタと、該各クラスタに対応する前記センサ距離に基づく各障害物の各クラスタとを比較することによって前記信頼度を計算することを特徴とする請求項4記載の自律移動体。

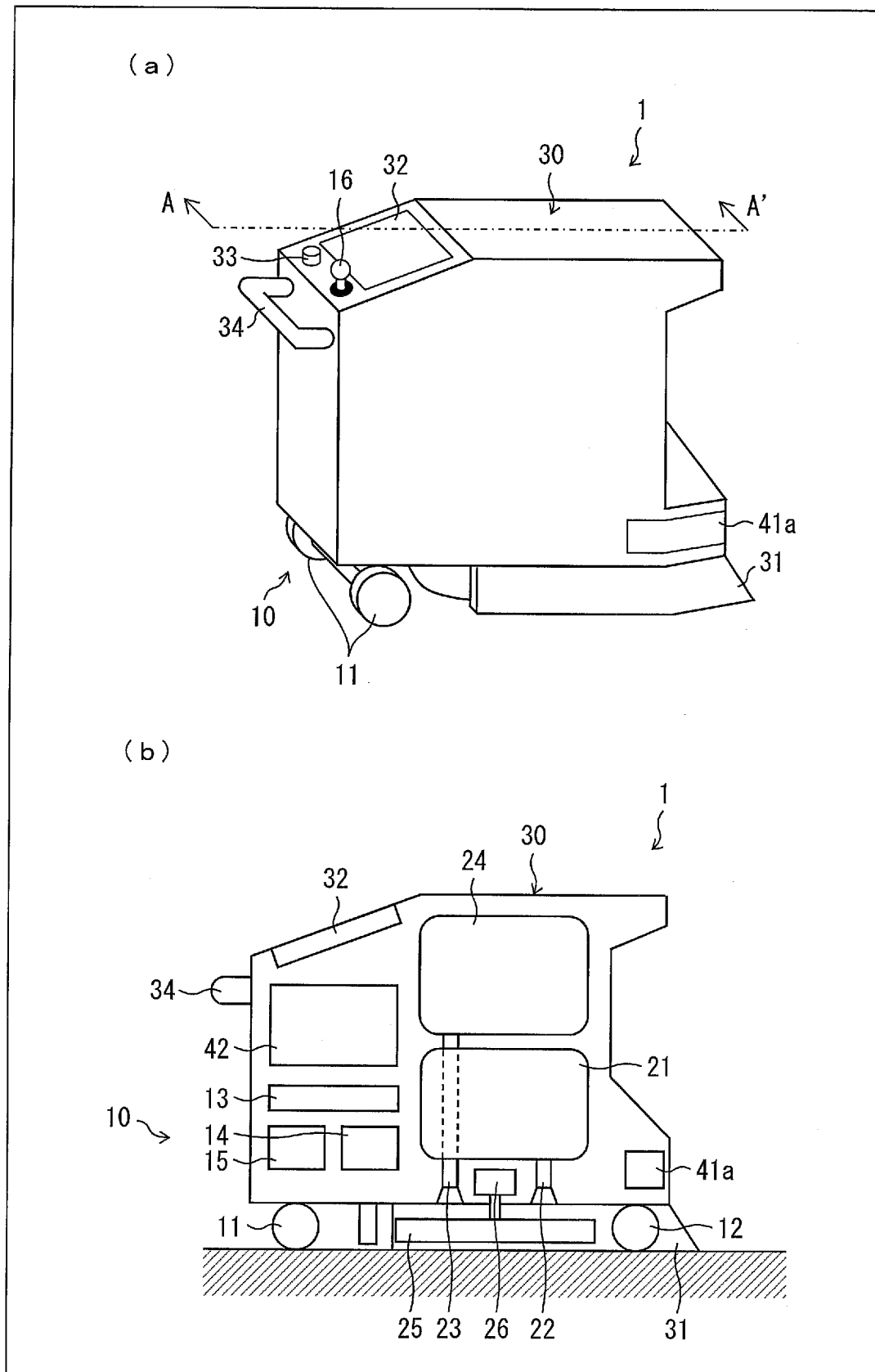
[図1]

図 1

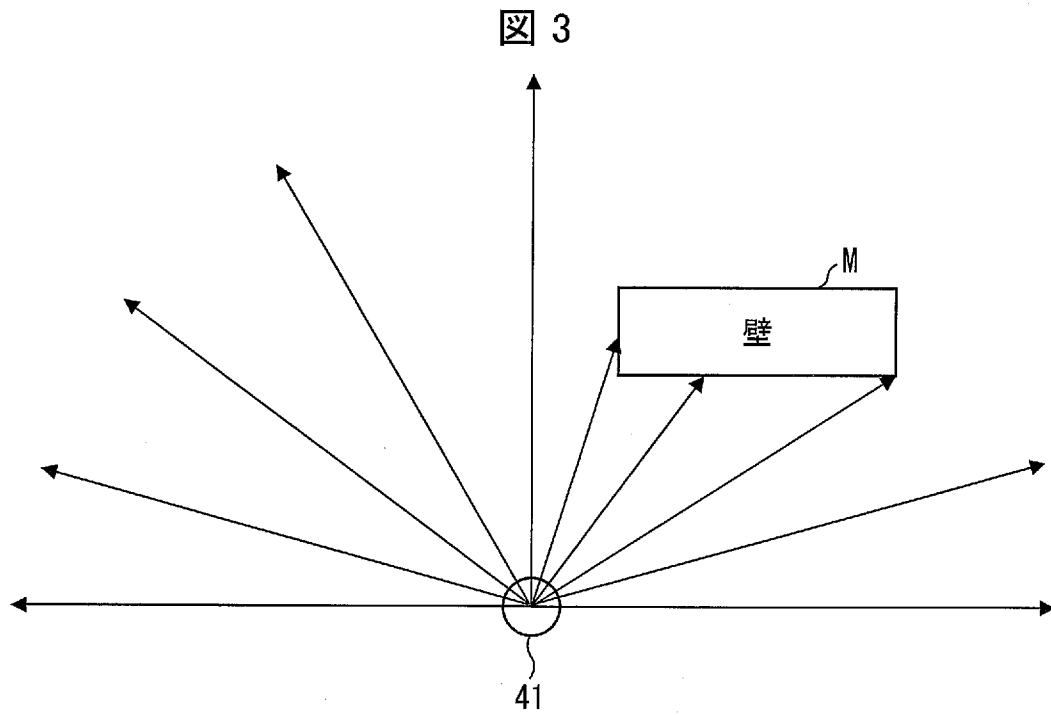


[図2]

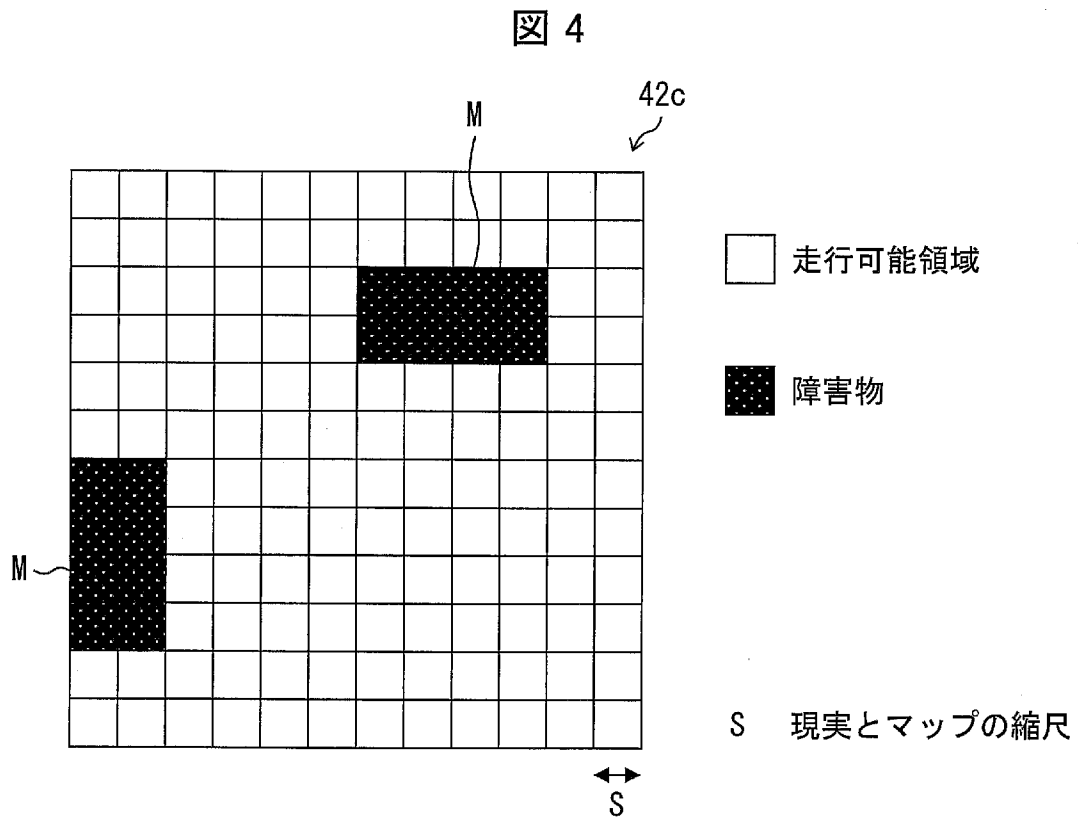
図 2



[図3]

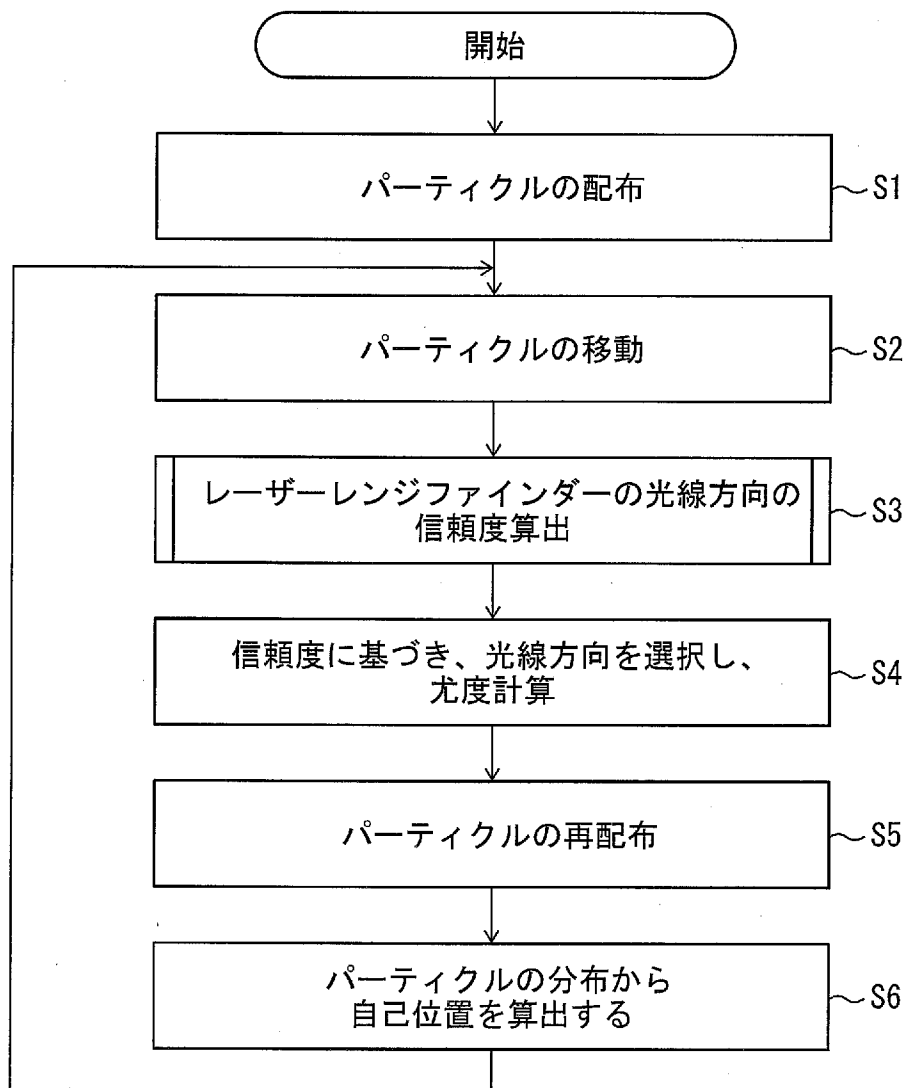


[図4]



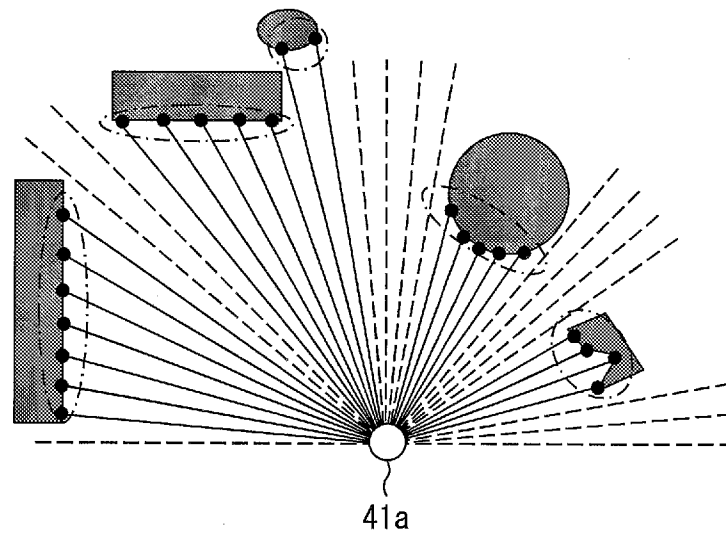
[図5]

図 5



[図6]

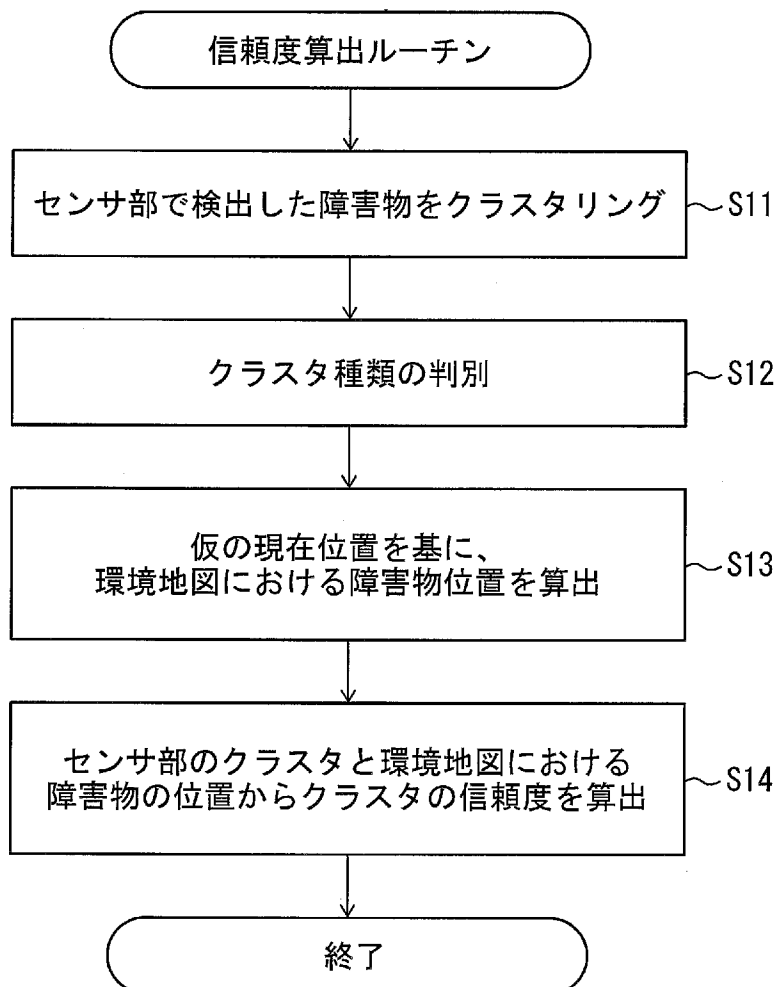
図 6



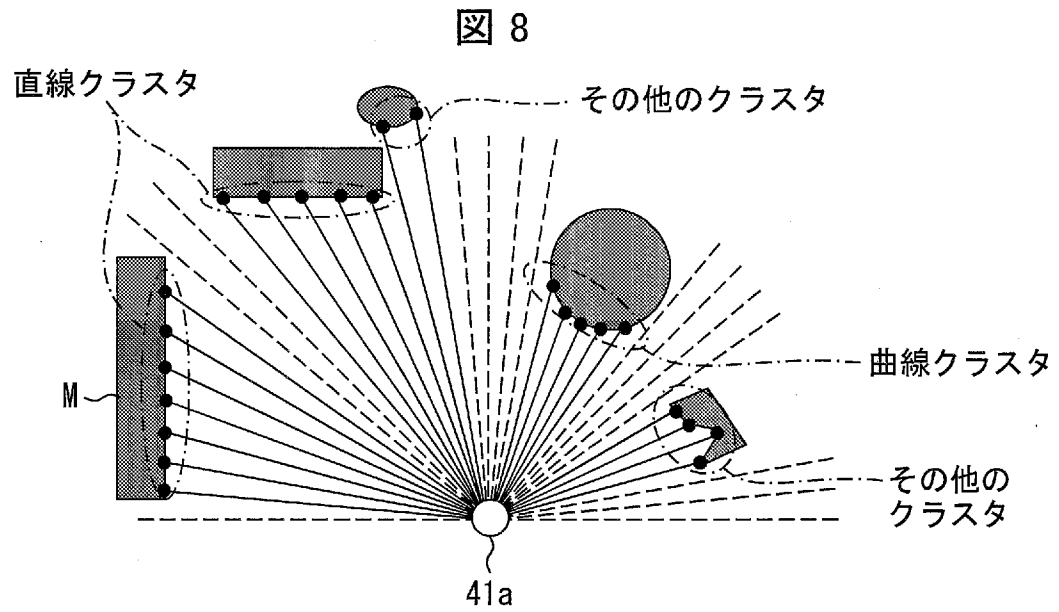
実線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できた光線方向
破線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できなかった光線方向
一点鎖線：障害物クラスター

[図7]

図 7



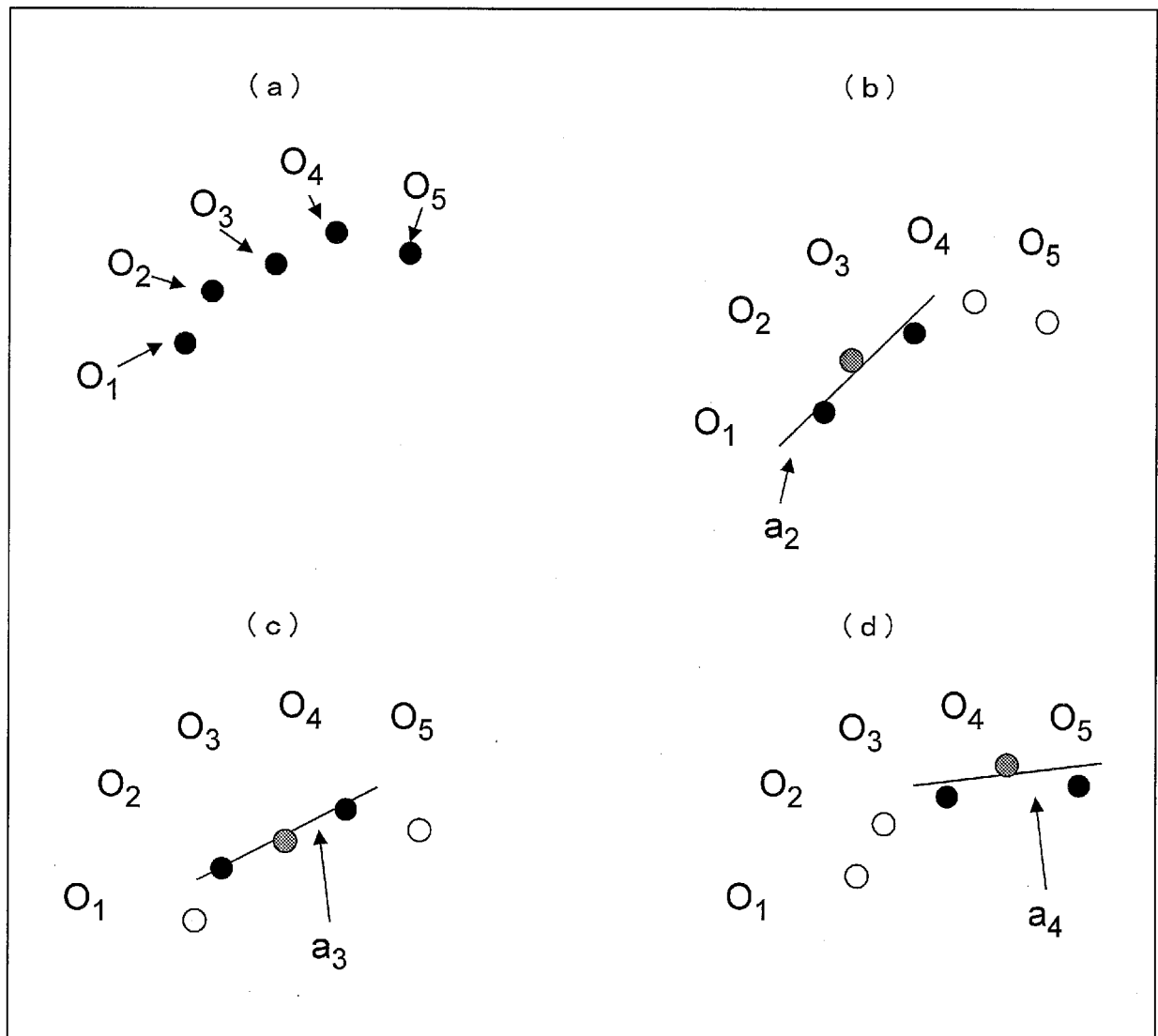
[図8]



実線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できた光線方向
 破線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できなかった光線方向
 一点鎖線：障害物クラスタ

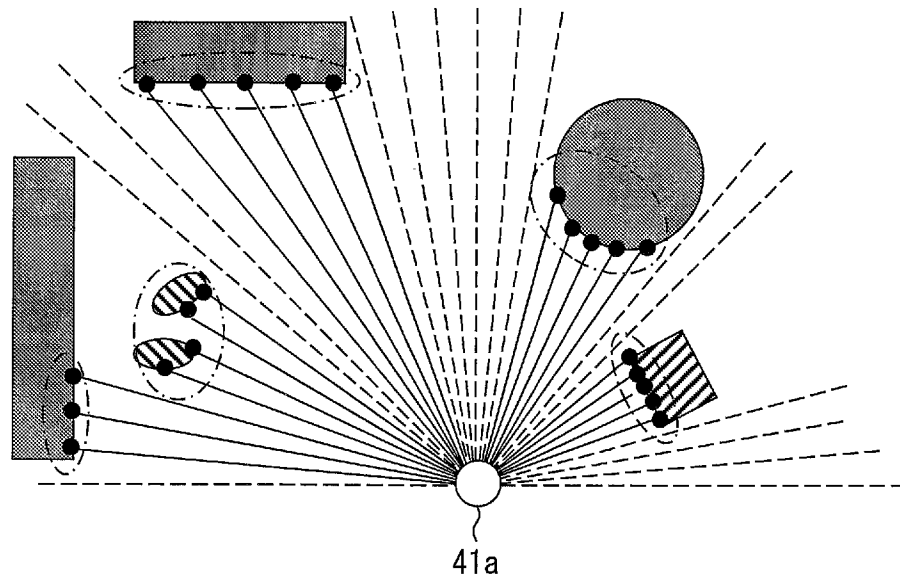
[図9]

図 9



[図10]

図 10

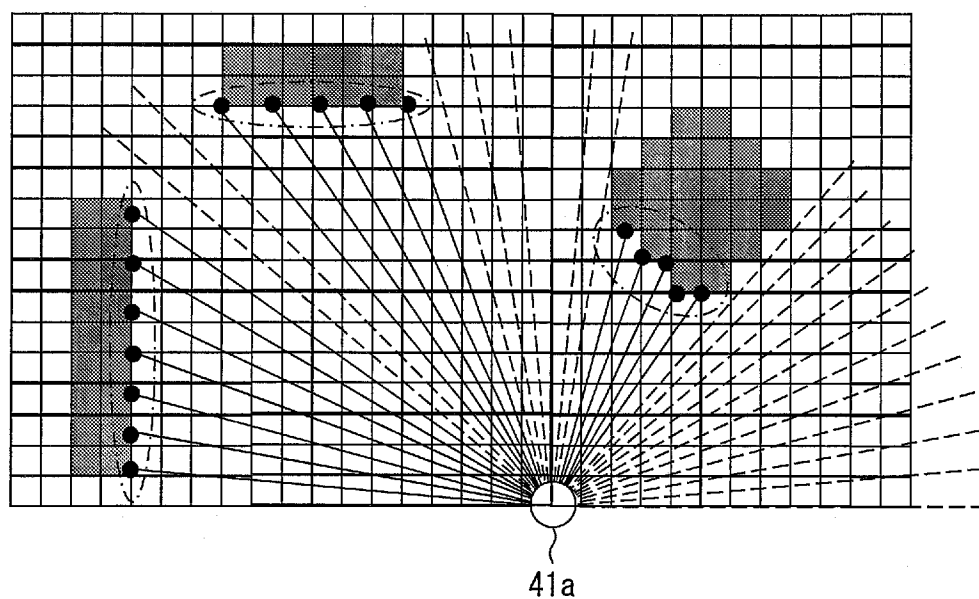


現実の測定環境

- 実線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できた光線方向
 破線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できなかった光線方向
 一点鎖線：障害物クラスター
 塗りつぶし領域：環境地図に存在する障害物
 斜線領域：環境地図に存在しない障害物

[図11]

図 11

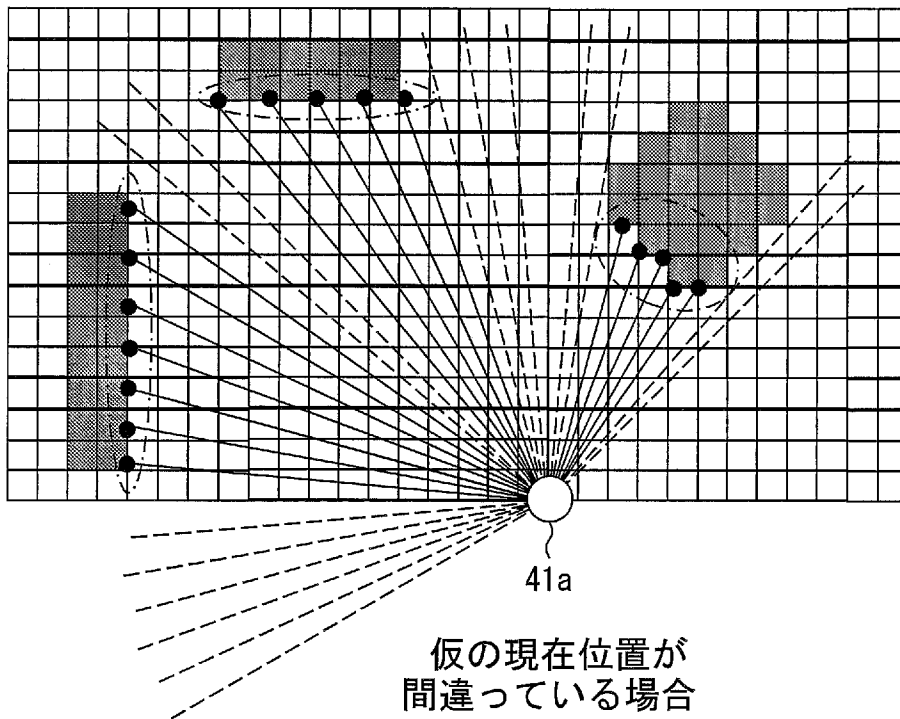


仮の現在位置が正しい場合

実線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できた光線方向
 破線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できなかった光線方向
 一点鎖線：障害物クラスター
 塗りつぶし領域：環境地図に存在する障害物

[図12]

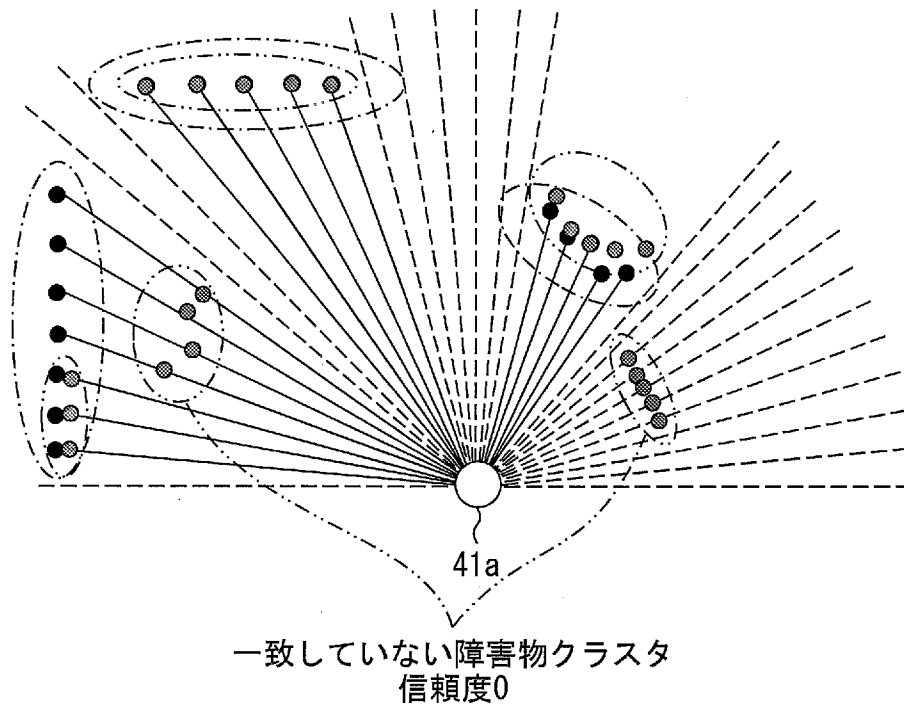
図 12



実線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できた光線方向
 破線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できなかった光線方向
 一点鎖線：障害物クラスター
 塗りつぶし領域：環境地図に存在する障害物

[図13]

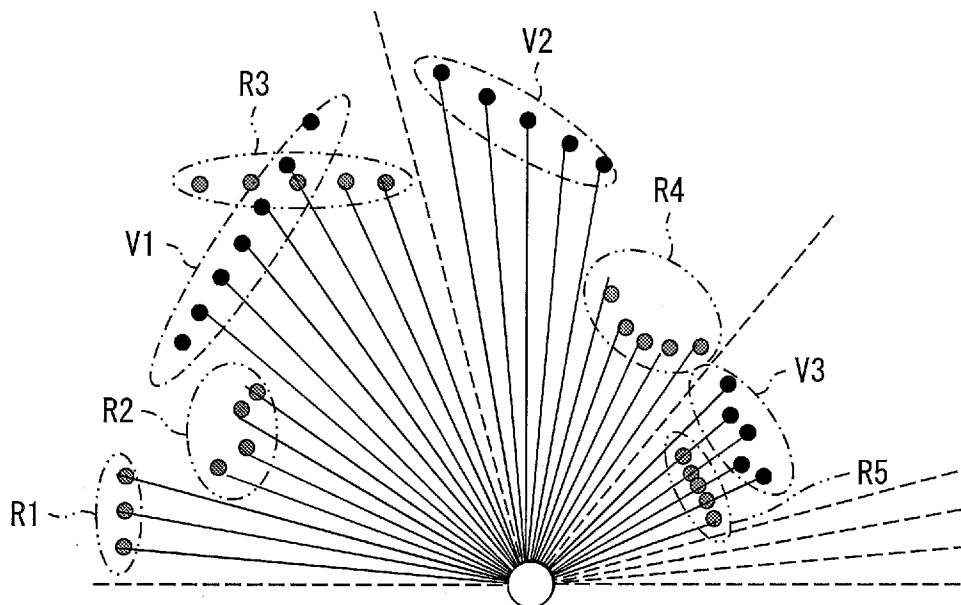
図 13



- 実線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できた光線方向
- 破線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できなかった光線方向
- 一点鎖線：環境地図から算出した障害物クラスター
- 黒丸：環境地図から算出した障害物
- 二点鎖線：実環境においてレーザーレンジファインダーが検出した障害物クラスター
- 灰丸：実環境においてレーザーレンジファインダーが検出した障害物

[図14]

図 14



実線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できた光線方向

破線：レーザーレンジファインダーが距離を測定できなかった光線方向

一点鎖線：環境地図から算出した障害物クラスタ

黒丸：環境地図から算出した障害物

二点鎖線：実環境においてレーザーレンジファインダーが検出した障害物クラスタ

灰丸：実環境においてレーザーレンジファインダーが検出した障害物

クラスタの種類

R1：直線クラスタ

R2：その他のクラスタ

R3：直線クラスタ

R4：曲線クラスタ

R5：直線クラスタ

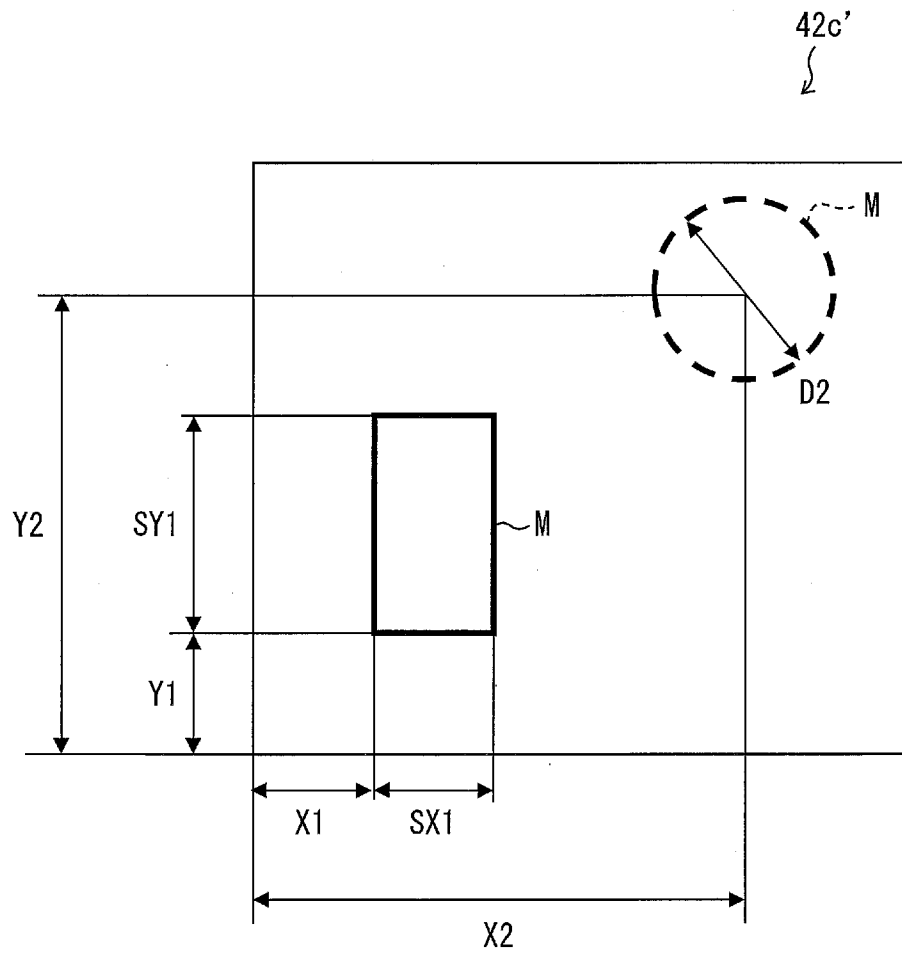
V1：直線クラスタ

V2：直線クラスタ

V3：曲線クラスタ

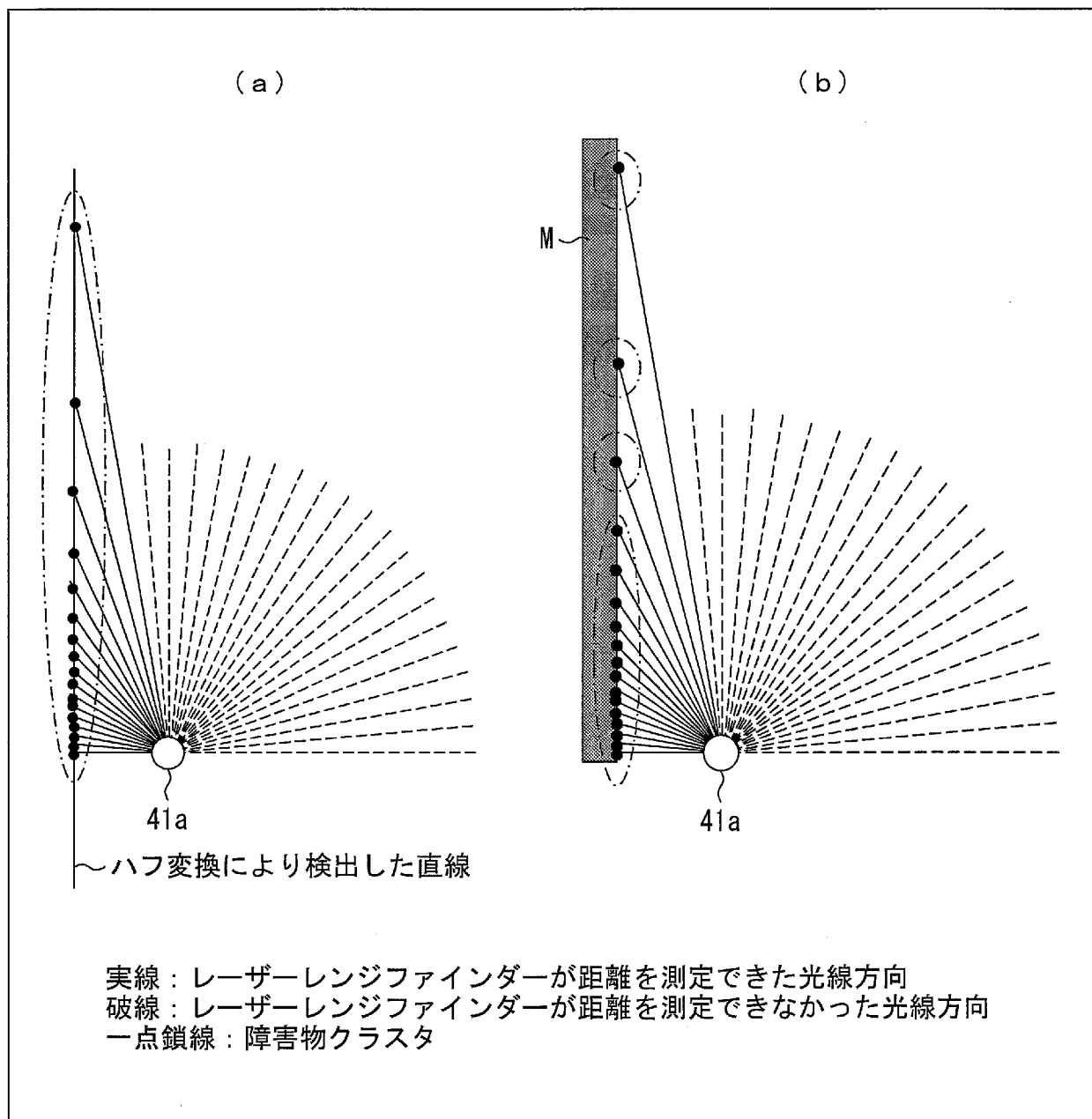
[図15]

図 15



[図16]

図 16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/066033

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D1/02(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05D1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-169845 A (Toyota Motor Corp.), 30 July 2009 (30.07.2009), paragraphs [0015], [0025] to [0036] (Family: none)	1-5
Y	WO 2012/086029 A1 (Hitachi, Ltd.), 28 June 2012 (28.06.2012), paragraph [0033] (Family: none)	1-5
Y	JP 2012-22467 A (Murata Machinery Ltd.), 02 February 2012 (02.02.2012), paragraphs [0076] to [0080] & US 2013/0166134 A1 & EP 2595024 A1 & WO 2012/008084 A1 & KR 10-2013-0018921 A	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 September, 2014 (16.09.14)

Date of mailing of the international search report
30 September, 2014 (30.09.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/066033

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Akira FUJIWARA, "Laser Range Sensor Idoji no Ningen to Kabe no Kenshutsu", Dai 30 Kai Annual Conference of the Robotics Society of Japan Yokoshu DVD-ROM 2012 Nen, 17 September 2012 (17.09.2012)	1-5
Y A	JP 2012-133617 A (Panasonic Corp.), 12 July 2012 (12.07.2012), paragraph [0075] (Family: none)	2-3 1, 4-5
Y A	JP 2008-225852 A (Advanced Telecommunications Research Institute International), 25 September 2008 (25.09.2008), paragraphs [0062] to [0067] (Family: none)	2-3 1, 4-5
Y A	JP 10-49718 A (Omron Corp.), 20 February 1998 (20.02.1998), paragraph [0043] & US 5926518 A & DE 19732153 A1	2-3 1, 4-5
Y A	WO 2012/128096 A1 (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 27 September 2012 (27.09.2012), paragraph [0003] & US 2014/0022110 A1 & EP 2690458 A1 & CN 103477243 A	3 1-2, 4-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G05D1/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G05D1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-169845 A（トヨタ自動車株式会社）2009.07.30, 【0015】，【0025】－【0036】（ファミリーなし）	1-5
Y	WO 2012/086029 A1（株式会社日立製作所）2012.06.28, [0033]（ファミリーなし）	1-5
Y	JP 2012-22467 A（村田機械株式会社）2012.02.02, 【0076】－【0080】 & US 2013/0166134 A1 & EP 2595024 A1 & WO 2012/008084 A1 & KR 10-2013-0018921 A	1-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16.09.2014

国際調査報告の発送日

30.09.2014

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

鈴木 崇文

3U

4855

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	藤原旦, レーザレンジセンサ移動時の人間と壁の検出, 第30回日本ロボット学会学術講演会予稿集DVD-ROM 2012年, 2012.09.17	1-5
Y A	JP 2012-133617 A (パナソニック株式会社) 2012.07.12, 【0075】 (ファミリーなし)	2-3 1, 4-5
Y A	JP 2008-225852 A (株式会社国際電気通信基礎技術研究所) 2008.09.25, 【0062】 - 【0067】 (ファミリーなし)	2-3 1, 4-5
Y A	JP 10-49718 A (オムロン株式会社) 1998.02.20, 【0043】 & US 5926518 A & DE 19732153 A1	2-3 1, 4-5
Y A	WO 2012/128096 A1 (古河電気工業株式会社) 2012.09.27, 【0003】 & US 2014/0022110 A1 & EP 2690458 A1 & CN 103477243 A	3 1-2, 4-5