

(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
2014 年 11 月 6 日(06.11.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/178273 A1

- (51) 国際特許分類:
G05D 1/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/060500
- (22) 国際出願日: 2014 年 4 月 11 日(11.04.2014)
- (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 2013-096339 2013 年 5 月 1 日(01.05.2013) JP
- (71) 出願人: 村田機械株式会社 (MURATA MACHINERY, LTD.) [JP/JP]; 〒6018326 京都府京都市南区吉祥院南落合町 3 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 中野剛 (NAKANO, Tsuyoshi); 〒6128686 京都府京都市伏見区竹田向代町 1 3 6 番地 村田機械株式会社内 Kyoto (JP). 田中昌司 (TANAKA, Shoji); 〒6128686 京都府京都市伏見区竹田向代町 1 3 6 番地 村田機械株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 新樹グローバル・アイピー特許業務法人 (SHINJYU GLOBAL IP); 〒5300054 大阪府大阪市北区南森町 1 丁目 4 番 1 9 号 サウスホレストビル Osaka (JP).

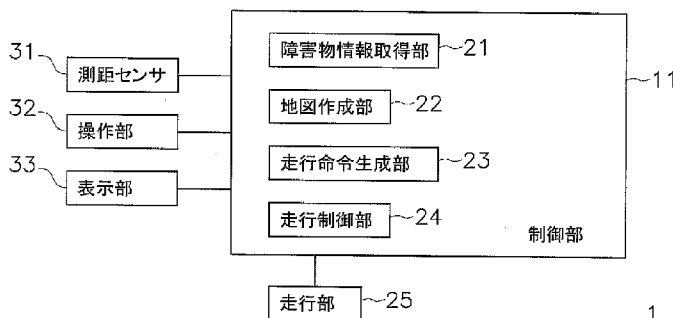
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: MOVEMENT CONTROL DEVICE FOR AUTONOMOUS MOVING BODY, AUTONOMOUS MOVING BODY, AND MOVEMENT CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 自律移動体の移動制御装置、自律移動体及び移動制御方法



- | | |
|----|---------------------------------------|
| 11 | Control unit |
| 21 | Obstacle information acquisition unit |
| 22 | Map creation unit |
| 23 | Travel command generation unit |
| 24 | Travel control unit |
| 25 | Travel unit |
| 31 | Distance measurement sensor |
| 32 | Operation unit |
| 33 | Display unit |

(57) Abstract: An autonomous moving body whereby the position of the autonomous moving body can be reliably estimated, and travel in accordance with a travel schedule can be appropriately performed. The autonomous moving body (1) comprises: a travel unit (25) having a plurality of actuators to which control amounts are input; a travel control unit (24) that generates control amounts input to the actuators, on the basis of travel commands; an obstacle information acquisition unit (21) that obtains position information for obstacles present in the vicinity, at each prescribed control cycle; a map creation unit (22) that creates a local map indicating the presence of obstacles in the peripheral area of a main body (1a), on the basis of the position information for obstacles; and a travel command generation unit (23) that outputs forced stop travel commands to the travel control unit (24), if the local map fulfills prescribed conditions.

(57) 要約: 自律走行体において、自己位置の推定を確実にし、走行スケジュールに沿った走行を適切に行うことを可能にする。自律移動体(1)は、制御量が入力される複数のアクチュエータを有する走行部(25)と、走行命令に基づいてアクチュエータに入力する制御量を生成する走行制御部(24)と、位置情報を取得する障害物情報取得部(21)と、地図作成部(22)と、走行命令生成部(23)とを備える。

御部(24)と、所定の制御周期毎に、周囲に存在する障害物の位置情報を取得する障害物情報取得部(21)と、障害物の位置情報に基づいて、本体(1a)の周辺領域における障害物の有無を示す局所地図を作成する地図作成部(22)と、局所地図が所定の条件を満たした場合に、走行制御部(24)に強制停止の走行命令を出力する走行命令生成部(23)とを備える。

WO 2014/178273 A1

明 細 書

発明の名称：

自律移動体の移動制御装置、自律移動体及び移動制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、環境地図作成機能、経路計画機能、及び自律走行機能を有する自律移動体の移動制御装置、自律移動体及び移動制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、周囲環境の中を自律して移動する自律移動体が知られている。自律移動体が周囲環境の中を自律して移動するためには、移動空間内の物体（以下、障害物と称す）が存在する領域と存在しない領域とを表した環境地図が必要となる。このような環境地図の取得方法については、種々の方法が考案されているが、近年、移動しつつ、リアルタイムで自己位置の推定と環境地図の作成とを行う技術としてSLAM（Simultaneous Localization and Mapping）が注目されている。SLAMを利用して、レーザレンジファインダ（LRF：Laser Range Finder）又はカメラによる距離計測の結果得られた地形データを用いて環境地図を生成する移動ロボットが提案されている（例えば、特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-92147号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 自律移動体では、例えば、車輪を駆動するアクチュエータ（モータ）の制御量に基づいて、自律移動体の移動量を累積加算して自己位置を推定する。この場合、車輪の摩耗の大小により、推定される自己位置が大きく異なってくる。同様に、車輪のスリップやセンサの計測誤差が累積されると、自律移

動体が推定する自己位置にずれが生じ、走行スケジュールに沿った自律走行ができないという問題がある。

前述したように、自律移動体の本体の周辺に位置する障害物の位置情報に基づいて、環境地図上の自己位置を推定しながら自律走行を行う自律移動体の場合、アクチュエータの制御に基づいて推定された自己位置にずれがあっても、環境地図上の自己位置をマップマッチングにより補正を行うことが可能である。

しかしながら、このような自律移動体においても、本体の周辺に障害物がほとんど存在しない空間や類似する形状が連続する空間では、自己位置を正確に推定できないおそれがある。

また、操作者の手動操作に基づいて環境地図を作成しながら走行スケジュールを作成し、この走行スケジュールを自律走行により再現する自律移動体がある。このような自律移動体では、走行開始位置を前述したような本体の周辺に障害物がほとんど存在しない空間や類似する形状が連続する空間に設定すると、再現走行時に走行開始位置を特定することができず、走行スケジュールに沿った自律走行ができない。

本発明の課題は、自律移動体において、自己位置の推定を確実にし、走行スケジュールに沿った走行を適切に行うことを可能にすることにある。

課題を解決するための手段

[0005] 以下に、課題を解決するための手段として複数の態様を説明する。これら態様は、必要に応じて任意に組み合わせることができる。

本発明の一見地による移動制御装置は、自律移動体に用いられる。自律移動体は、本体と、本体に搭載され本体の周囲の物体を検出する検出部と、制御量が入力される複数のアクチュエータを有し本体を移動させる走行部とを備えている。自律移動体の移動制御装置は、走行制御部と、障害物情報取得部と、地図作成部と、走行命令生成部とを備える。

走行制御部は、走行命令に基づいてアクチュエータに入力する制御量を生成する。障害物情報取得部は、所定の制御周期毎に、本体の周辺領域におけ

る障害物の位置情報を検出部から取得する。地図作成部は、障害物の位置情報に基づいて、本体の周辺領域における障害物の有無を示す局所地図を作成する。走行命令生成部は、局所地図が所定の条件を満たした場合に、走行制御部に強制停止の走行命令を出力する。

地図作成部が作成した局所地図により、自己位置を推定することが困難であるような所定の条件を満たす場合には、走行命令生成部が、強制停止の走行命令を生成して走行部により走行を停止させる。

このようにして、自己位置の推定が困難な場所であっても、車輪の摩耗やスリップ、センサの計測誤差などに起因して所定の走行スケジュールと異なる位置を走行する事態を未然に防ぐことができる。

[0006] ここで、周辺領域内に障害物が存在する割合が所定値以下である局所地図が所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合に、走行命令生成部は局所地図が所定の条件を満たしたと判断してもよい。

一般に、本体の周辺に障害物がほとんどないような場合には、環境地図上の自己位置の推定は、走行部の移動量にのみ依存することになる。したがって、このような場合には、車輪の摩耗やスリップ、センサの計測誤差などに起因して、自律移動体が所定の走行スケジュールと異なる位置を走行している可能性がある。このような場合に、本発明に係る自律移動体では、上記の判断に基づいて強制停止の走行命令を出力することで、走行スケジュールと異なる位置を走行することを未然に防止できる。

また、周辺領域内に存在する障害物が形状変化の小さい単純形状である局所地図が所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合に、走行命令生成部は局所地図が所定の条件を満たしたと判断してもよい。

例えば、走行経路に沿って平行な壁面が連続する場合や円形状の壁面が連続する場合、障害物情報に基づいて同様の形状の局所地図が連続することになる。このような場合についても、本発明に係る自律移動体では、上記の判断に基づいて強制停止の走行命令を出力することで、所定の走行スケジュールと異なる位置を走行することを未然に防ぐことができる。

[0007] 自律移動体は、周囲環境の環境地図を記憶する記憶部と、環境地図上における自己位置を推定する自己位置推定部とをさらに備えてもよい。その場合、走行命令生成部は、自己位置推定部により推定された自己位置周辺の環境地図と、局所地図とを比較し、所定の割合を超えて相違する状態が、所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合に、所定の条件を満たしたと判断する。

この場合には、地図作成部において作成された局所地図と、自己位置の周辺に位置する環境地図とを比較して、大きく異なる場合には、走行中のずれが生じたと判断して強制停止させることができる。

走行開始前に地図作成部により作成された局所地図において、周辺領域内に障害物が存在する割合が所定値以下である場合、周辺領域内に存在する障害物が形状変化の小さい単純形状である場合、又は自己位置周辺の環境地図と所定の割合を超えて相違する場合に、走行命令生成部は、局所地図が所定の条件を満たしたと判断してもよい。

上記の条件の場合は、自律移動体は所定の走行スケジュールと異なる位置を走行する可能性がある。その理由は以下の通りである。第1に、周辺領域内に障害物がほとんどない位置又は同様形状の障害物を有する位置が多数あるような位置を走行開始位置とした場合、自律移動体は走行スケジュールと異なる走行開始位置を選択する可能性がある。第2に、局所地図上の障害物の形状が環境地図上の障害物の形状と大きく異なる場合には、走行スケジュールの走行開始位置と異なる可能性が高い。

このような場合には、走行命令生成部が強制停止の走行命令を出力することで、所定の走行スケジュールと異なる位置を走行することを未然に防ぐことができる。

[0008] 自律移動体は、操作者の手動操作により走行開始位置から走行終了位置まで手動走行させながら、通過時刻と通過時刻における通過点データの集合となる走行スケジュールを作成する教示走行モードと、走行スケジュールを再現しながら、走行開始位置から走行終了位置まで自律的に走行する再現走行

モードとを実行可能であってもよい。さらに、走行命令生成部は、教示走行モードにおいて局所地図が所定の条件を満たすか否かを判別してもよい。

この場合、教示走行モードにおいて、自己位置の推定が困難になるような通過点データを排除して、適切な走行スケジュールを作成することができる。

[0009] 走行命令生成部は、再現走行モードにおいて局所地図が所定の条件を満たすか否かを判別してもよい。

この場合、再現走行モードにおいて、走行開始位置が走行スケジュールから大きくずれている場合に強制停止を実行して、さらに操作者に走行開始位置の再設定を促すことができる。

[0010] 本発明の他の見地に係る自律移動体は、本体と、本体に搭載され本体の周囲の物体を検出する検出部と、制御量が入力される複数のアクチュエータを有し本体を移動させる走行部と、上記の移動制御装置と、を備えている。

[0011] 本発明のさらに他の見地に係る移動制御方法は、自律移動体に適用される。自律移動体は、本体と、本体に搭載され本体の周囲の物体を検出する検出部と、制御量が入力される複数のアクチュエータを有し本体を移動させる走行部と、を有する。自律移動体の移動制御方法は下記のステップを備えている。

◎走行命令に基づいてアクチュエータに入力する制御量を生成するステップ

◎所定の制御周期毎に、周囲に存在する障害物の位置情報を検出部から取得するステップ

◎障害物の位置情報に基づいて、本体の周辺領域における障害物の有無を示す局所地図を作成するステップ

◎局所地図が所定の条件を満たした場合に、走行制御部に強制停止の走行命令を出力するステップ

発明の効果

[0012] 本発明の構成によれば、自己位置の推定を確実にし、走行スケジュール

に沿った走行を適切に行うことが可能な自律移動体を提供できる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]一実施形態による自律移動体の概略構成を示すブロック図。
- [図2]清掃用ロボットの制御ブロック図。
- [図3]自律移動体の制御動作の概略を示す制御フローチャート。
- [図4]教示走行モードにおける自律移動体の制御フローチャート。
- [図5]レーザレンジセンサの走査範囲の一例を示す説明図。
- [図6]レーザレンジセンサの走査範囲の他の例を示す説明図。
- [図7]レーザレンジセンサにより検出した障害物の位置情報の一例を示すテーブル。
- [図8]センサを中心とした座標系でのローカルマップの説明図。
- [図9]走行経路の説明図。
- [図10]自己位置推定処理の制御フローチャート。
- [図11]事後確率分布の一例を示す説明図。
- [図12]事前確率分布の一例を示す説明図。
- [図13]尤度計算処理の制御フローチャート。
- [図14]尤度計算処理により得られた尤度分布の一例を示す説明図。
- [図15]事後確率計算処理により得られた事後確率分布の一例を示す説明図。
- [図16]グローバルマップ更新処理の概念構成を示す説明図。
- [図17]再現走行モードにおける自律移動体の制御フローチャート。
- [図18]動的環境地図の更新処理の説明図。
- [図19]自己位置推定時における尤度計算の説明図。

発明を実施するための形態

[0014] (1) 概略構成

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、各図において、同一要素には同一符号を付して重複する説明を省略する。

- [0015] 図1は、本発明の一実施形態による自律移動体の概略構成を示すブロック図である。

自律移動体 1 は、制御部 1 1、測距センサ 3 1、操作部 3 2、表示部 3 3、走行部 2 5 を備えている。

[0016] 測距センサ 3 1 は、自律移動体 1 の走行方向前側にある障害物を検出するセンサである。測距センサ 3 1 は、例えば、レーザ発振器によりパルス発振されたレーザ光を目標物に照射し、目標物から反射した反射光をレーザ受信器により受信することにより、目標物までの距離を算出するレーザレンジファインダ (L R F : L a s e r R a n g e F i n d e r) を用いることができる。測距センサ 3 1 は、照射するレーザ光を回転ミラーを用いて所定の角度で扇状にレーザ光を操作することができる。このような測距センサ 3 1 は、自律移動体 1 の後方にも配置することができる。

[0017] 操作部 3 2 は、自律移動体 1 を手動操作により走行させる際に、操作者が操作するユーザインターフェイスであって、走行速度の指示を受け付けるスロットル、走行方向の指示を受け付けるハンドルなどを備える。

表示部 3 3 は、現在の走行状況に関する情報、その他の各種情報を表示するものであって、液晶ディスプレイ、LED ランプなどで構成される。

走行部 2 5 は、走行経路を走行するための複数の走行車輪 (図示せず) を備え、これら走行車輪を駆動するためのアクチュエータとしての複数の走行モータ (図示せず) を備えている。

[0018] 制御部 1 1 は、CPU、RAM、ROM を備えるコンピュータであり、所定のプログラムを実行することで走行制御を行う。

制御部 1 1 は、障害物情報取得部 2 1、地図作成部 2 2、走行命令生成部 2 3、走行制御部 2 4 を備える。

[0019] 障害物情報取得部 2 1 は、所定の制御周期毎に、本体 1 a (図 5 及び図 6 を参照) の周囲に存在する障害物の位置情報を取得する。

地図作成部 2 2 は、障害物の位置情報に基づいて、本体 1 a から所定距離の周辺領域における障害物の有無を示す局所地図を作成する。

走行制御部 2 4 は、走行命令に基づいてアクチュエータに入力する制御量を生成する。

走行命令生成部 23 は、局所地図が所定の条件を満たした場合に、走行制御部 24 に強制停止の走行命令を出力する。

[0020] (2) 機能ブロック

本発明の自律移動体を清掃用ロボットに適用した第 1 実施形態を以下に説明する。

図 2 は、本発明の第 1 実施形態が採用される清掃用ロボットの制御ブロック図である。

この清掃用ロボット 40 は、教示走行モードと、再現走行モードとを実行するものとする。教示走行モードは、操作者の手動操作により走行開始位置から走行終了位置まで手動走行させながら、通過時刻と通過時刻における通過点データの集合でなる走行スケジュールと環境地図復元用データを作成する。

再現走行モードでは、走行スケジュールを再現しながら、走行開始位置から走行終了位置まで自律的に走行する。

清掃用ロボット 40 は、自律移動体 1 と、スロットル 42、清掃部ユーザインターフェイス 43 を備える。清掃用ロボット 40 は、さらに、清掃部（図示せず）を有している。清掃部は、自律移動体 1 の下部に設けられており、自律移動体 1 の移動と共に床面を清掃するための装置である。

[0021] スロットル 42 は、図 1 の操作部 32 に対応するものであり、操作者の手動操作による指示入力を受け付ける。スロットル 42 は、軸周りの回転角度により制御の指示入力を受け付けるスロットルグリップを左右独立して設けることができる。また、スロットル 42 は、前進速度を受け付けるスロットルグリップと、操舵方向の指示を受け付けるハンドルの組合せとすることも可能である。さらに、スロットル 42 は、スロットルレバーやその他の入力手段を組み合わせたものとすることができる。

[0022] 清掃部ユーザインターフェイス 43 は、清掃部（図示せず）による清掃動作の指示を操作者から受け付けるものであり、例えば、操作ボタン、タッチパネル、その他操作スイッチの組合せで構成できる。

[0023] 自律移動体 1 は、コントロールボード 5 1、ブレーカ 5 2、前方レーザレンジセンサ 5 3、後方レーザレンジセンサ 5 4、バンパースイッチ 5 5、非常停止スイッチ 5 6、スピーカ 5 7、走行部 2 5 を備える。

[0024] ブレーカ 5 2 は、主電源スイッチであって、操作者の操作に基づいて、自律移動体 1 の各部にバッテリー（図示せず）からの電源電圧供給のオン、オフを行う。

前方レーザレンジセンサ 5 3 は、自律移動体 1 の前方に位置する障害物の位置情報を検出するものであり、所定の角度範囲で水平方向にレーザ光を照射して、障害物から反射される反射光を受信して、本体 1 a から障害物までの距離を測定する。

後方レーザレンジセンサ 5 4 は、自律移動体 1 の後方に位置する障害物の位置情報を検出するものであり、所定の角度範囲で水平方向にレーザ光を照射して、障害物から反射される反射光を受信して、本体 1 a から障害物までの距離を測定する。

[0025] バンパースイッチ 5 5 は、自律移動体 1 の車体外周に取り付けられた感圧スイッチとすることができ、障害物に接触したことを検出して、検出信号を出力する。

非常停止スイッチ 5 6 は、自律移動体 1 の動作を緊急停止させる指示を受け付けるものであって、操作者による操作が可能なスイッチである。

スピーカ 5 7 は、自律移動体 1 の動作中における各種情報を音により操作者に通知する。

[0026] コントロールボード 5 1 は、CPU、ROM、RAM を搭載する回路基板であり、制御部 1 1、教示データ作成部 2 6、SLAM 処理部 6 3、不揮発メモリ 6 4、障害物情報取得部 2 1、記憶部 2 7、走行制御部 2 4 を含む。

[0027] 記憶部 2 7 は、各種データを記憶するものであり、教示走行モードにおいて作成された走行スケジュール及び環境地図復元用データを、時刻又は時刻に関連付けた識別子に関連付けて記憶する。

[0028] 制御部 1 1 は、コントロールボード 5 1 に搭載されるマイクロプロセッサ

であり、所定のプログラムを実行することにより、自律移動体 1 の各部の動作を制御する。

教示データ作成部 26 は、教示走行モードにおける通過時刻と通過時刻に対応する通過点データの集合である走行スケジュールを作成する。

[0029] SLAM 処理部 63 は、自己位置推定と環境地図作成を同時に行う SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 処理を実行する機能ブロックであって、地図作成部 22、自己位置推定部 72、マップマッチング部 73 を備える。

[0030] 地図作成部 22 は、障害物情報取得部 21 により取得した障害物の位置情報を、取得した時刻と対応付けて環境地図復元用データとして記憶部 27 に記憶させる。また、地図作成部 22 は、障害物情報取得部 21 により取得した障害物の位置情報に基づいて、本体 1a の周辺領域におけるローカルマップ（局所地図）を作成する。さらに、地図作成部 22 は、作成したローカルマップに基づいて、自己位置推定用のグローバルマップ（環境地図）を作成する。また、地図作成部 22 は、再現走行モードにおいて、現在の通過点よりも先の時刻に対応する環境地図復元用データを記憶部から読み出して、グローバルマップを更新する。

[0031] 自己位置推定部 72 は、前回の自己位置からの移動量を前回の自己位置に加算することで、現在の自己位置を推定する。

マップマッチング部 73 は、本体 1a の周囲に位置する障害物の位置情報に基づいて作成されたローカルマップと、更新されたグローバルマップとを比較して、自己位置推定部 72 により推定された自己位置を補正する。

[0032] 不揮発メモリ 64 は、制御部 11 のブートプログラム、走行制御に関するプログラム、各種パラメータなどを記憶する。

障害物情報取得部 21 は、前方レーザレンジセンサ 53 及び後方レーザレンジセンサ 54 の検出信号に基づいて本体 1a の周囲に位置する障害物の位置情報を取得する。

記憶部 27 は、教示データ作成部 26 により作成された走行スケジュール

と、地図作成部 22 により作成された環境地図復元用データと、を又は時刻に関連付けた識別子に記憶する。

[0033] 走行命令生成部 23 は、走行制御部 24 に走行命令を出力するものである。走行命令生成部 23 は、教示走行モードにおいて、スロットル 42 を介して入力される操作者からの指示入力に基づいて走行命令を走行制御部 24 に出力する。また、走行命令生成部 23 は、再現走行モードにおいて、SLAM 処理部 63 により推定されるグローバルマップ上の自己位置、更新されたグローバルマップ及び走行スケジュールに基づいて走行命令を生成し、走行制御部 24 に出力する。

さらに、走行命令生成部 23 は、地図作成部 22 により作成されるローカルマップ上の障害物の位置情報が、所定の条件を満たすか否かを判別し、所定の条件を満たすと判断した場合に、走行制御部 24 に強制停止の走行命令を出力する。

[0034] 走行制御部（モーションコントローラ）24 は、入力される走行命令に基づいて走行部 25 のアクチュエータの制御量を生成して、それを走行部 25 に入力する。

[0035] 走行制御部 24 は、演算部 81、判断部 82、移動制御部 83 を備えている。判断部 82 は、入力された走行命令を解釈する。演算部 81 は、判断部 82 により解釈された走行命令に基づいて、走行部 25 のアクチュエータの制御量を算出する。移動制御部 83 は、演算部 81 により算出された制御量を走行部 25 に出力する。

[0036] 走行部 25 は、2つの走行車輪（図示せず）に対応して、一対のモータ 93、94 を有し、それぞれの回転位置を検出するエンコーダ 95、96 と、モータ駆動部 91、92 を備えている。

モータ駆動部（モータドライバ）91 は、走行制御部 24 から入力される制御量と、エンコーダ 95 により検出されるモータ 93 の回転位置とに基づいて、モータ 93 をフィードバック制御する。モータ駆動部 92 は、同様に、走行制御部 24 から入力される制御量と、エンコーダ 96 により検出され

るモータ 94 の回転位置に基づいて、モータ 94 のフィードバック制御を行う。

[0037] 走行命令生成部 23、教示データ作成部 26、障害物情報取得部 21、走行制御部 24、SLAM処理部 63は、それぞれ制御部 11がプログラムを実行することにより実現される機能ブロックとすることができ、また、それぞれ独立した集積回路で構成することも可能である。

[0038] (3) 制御動作

図3は、自律移動体の制御動作の概略を示す制御フローチャートである。以下、図2における制御部 11が所定のプログラムを実行することにより、走行命令生成部 23、教示データ作成部 26、SLAM処理部 63、障害物情報取得部 21、及び走行制御部 24の各機能ブロックを実現するものとして説明する。なお、以下の制御フローの説明においては、各ステップの順序は必要に応じて変更可能であり、その順序は限定されない。また、各ステップは同時に実行されてもよいし、部分的に重なって実行されてもよい。

[0039] ステップS31において、制御部 11は、操作者によりモード選択が行われたか否かを判別する。具体的には、操作者による操作部 32の操作により指示入力を受け付けた場合、又はリモコンからの指示入力信号を受信した場合に、制御部 11はステップS32に移行する。

[0040] ステップS32において、制御部 11は選択されたモードが教示走行モードであるか否かを判別する。制御部 11は、教示走行モードを選択する指示入力を受け付けたと判断した場合、ステップS33に移行し、そうでない場合にはステップS34に移行する。

ステップS33において、制御部 11は教示走行モードを実行し、その後、ステップS36に移行する。

ステップS34において、制御部 11は選択されたモードが再現走行モードであるか否かを判別する。制御部 11は、再現走行モードを選択する指示入力を受け付けたと判断した場合、ステップS35に移行する。

[0041] ステップS35において、制御部 11は再現走行モードを実行し、その後

、ステップS 3 6に移行する。

ステップS 3 6において、制御部 1 1 は、終了指示を受け付けたか否か、もしくは教示された走行スケジュールを終えたか否かを判別する。具体的には、制御部 1 1 は、操作者による操作部 3 2 の操作により処理終了する旨の指示入力があった場合、リモコンにより処理終了する旨の指示入力信号を受信した場合、あるいは、教示走行モードにより作成された走行スケジュールを終了したと判断した場合には、処理を終了し、そうでない場合には、ステップS 3 1に移行する。

[0042] (3-1) 教示走行モード

図 4 は、教示走行モードにおける自律移動体の制御フローチャートである。

ステップS 4 0において、制御部 1 1 は、初期設定を行う。具体的に、制御部 1 1 は、前方レーザレンジセンサ 5 3 及び後方レーザレンジセンサ 5 4 の検出信号に基づいて、本体 1 a の周囲に位置する障害物の位置情報を取得し、これに基づいて自機の周囲におけるローカルマップを作成する。

グローバルマップが予め記憶部 2 7 に記憶されていない場合には、制御部 1 1 は、障害物の位置情報に基づいて作成した時刻 (t_1) における自己位置 (x_1 , y_1) が絶対座標系の原点 (あるいは所定の座標) になるように、ローカルマップをグローバルマップとして置き換える。

[0043] 以下、図 5 ～図 8 を用いて、制御部 1 1 によるローカルマップの作成を説明する。

図 5 は、レーザレンジセンサの走査範囲の一例を示す説明図である。

自律移動体 1 は、前端部に前方レーザレンジセンサ 5 3 が取り付けられており、パルス発振されたレーザ光を回転ミラーにより扇状に走査して、そして自律移動体 1 の前方に位置する障害物から反射する反射光を受信する。

図 5 に示す例では、前方レーザレンジセンサ 5 3 は、前方約 180 度の走査領域 1 0 1 にレーザ光を送信する。前方レーザレンジセンサ 5 3 は、障害物から反射した反射光を所定周期で受信し、送信したレーザ光の送信パルス

と受信した反射光の受信パルスとを比較して、障害物までの距離を検出する。

[0044] 自律移動体 1 には、後端部に後方レーザレンジセンサ 5 4 が取り付けられている。後方レーザレンジセンサ 5 4 は、前方レーザレンジセンサ 5 3 と同様に、パルス発振されたレーザ光を回転ミラーにより扇状に走査して、その結果、自律移動体 1 の後方に位置する障害物から反射する反射光を受信する。

図 5 に示す例では、後方レーザレンジセンサ 5 4 は、後方約 180 度の走査領域 103 にレーザ光を送信する。ただし、自律移動体 1 は、後述する教示走行モードにおいて、障害物の検出を行わないマスク領域 105 を設け、第 1 走査領域 115 及び第 2 走査領域 117 に位置する障害物の位置情報を検出する。なお、マスク領域 150 は、自律移動体 1 の後方に位置する操作者に対応させて設けられている。

[0045] 図 6 は、レーザレンジセンサの走査範囲の他の例を示す説明図である。

図 5 に示す例では、前方レーザレンジセンサ 5 3 及び後方レーザレンジセンサ 5 4 が、約 180 度の角度でレーザ光の走査を行っているのに対して、図 6 に示す例では、それぞれ約 240 度の角度でレーザ光の走査を行っている点で異なる。

具体的には、前方レーザレンジセンサ 5 3 による走査領域 101 は前方 240 度の角度範囲である。また、後方レーザレンジセンサ 5 4 による走査領域 103 は後方 240 度の角度範囲であり、マスク領域 105 を除く第 1 走査領域 115 及び第 2 走査領域 117 に位置する障害物の位置情報を検出する。

[0046] 図 7 は、レーザレンジセンサにより検出した障害物の位置情報の一例を示すテーブルである。

前方レーザレンジセンサ 5 3 及び後方レーザレンジセンサ 5 4 は、所定の走査領域にレーザ光を照射し、さらに障害物からの反射光を受信して、その後照射したレーザ光の送信パルスと受信した反射光の受信パルスとに基づ

いて、障害物までの距離 R を出力値として算出する。また、前方レーザレンジセンサ 53 及び後方レーザレンジセンサ 54 は、障害物までの距離 R を得た時のセンサ角度 N も出力する。

制御部 11 は、前方レーザレンジセンサ 53 及び後方レーザレンジセンサ 54 の出力を、所定の角度毎に取得し、それに基づいてセンサ角度 N と障害物までの距離 R とを対応付けた位置情報テーブルを作成する。図 7 に示す位置情報テーブルは、0.72 度毎にセンサ出力を取得して障害物の位置情報テーブルとしたものである。

[0047] 制御部 11 は、センサ座標系によるローカルマップの作成処理を実行する。具体的には、制御部 11 は、前方レーザレンジセンサ 53 及び後方レーザレンジセンサ 54 により取得した障害物の位置情報テーブル（例えば、図 7 に示す障害物の位置情報テーブル）に基づいて、センサを中心とした座標系における自己位置近傍の環境地図であるローカルマップを作成する。

[0048] 例えば、図 5 及び図 6 に示すように、制御部 11 は、前方レーザレンジセンサ 53 及び後方レーザレンジセンサ 54 により走査される走査領域 101、103 内を、所定の面積のグリッドに分割し、障害物の位置情報テーブルに基づいて、各グリッドにおける障害物存在確率を算出する。

[0049] 図 8 は、センサを中心とした座標系でのローカルマップの説明図である。

制御部 11 は、前方レーザレンジセンサ 53 又は後方レーザレンジセンサ 54 のセンサ中心を原点 132 とし、障害物の位置情報テーブルのセンサ角度 N に対応する走査線 131 上のグリッドに対して障害物存在確率を決定する。ここで、障害物が存在するグリッドの障害物存在確率を「1.0」とし、障害物が存在するか否か不明であるグリッドの障害物存在確率を「0」とし、障害物と原点との間に位置するグリッドの障害物存在確率を「 $-1 + (r/R)^2 = -1.0 \sim 0$ 」とする。

[0050] 制御部 11 は、走査線 131 上であって、原点 132 からの距離 r が障害物までの距離 R と一致するグリッドを検出グリッド 133 として、そのグリッドの障害物存在確率を「1.0」とする。

制御部 11 は、走査線 131 上であって、原点 132 からの距離 r が障害物までの距離 R 未満にあるグリッドには障害物が存在しないと判断する。図 8 において、原点 132 と検出グリッド 133 との間に位置する中間グリッド 134 ~ 138 の障害物存在確率を「 $-1 + (r/R)^2 = -1, 0 \sim 0$ 」とする。

制御部 11 は、走査線 131 上であって、原点 132 からの距離 r が障害物までの距離 R よりも遠くにあるグリッドには、障害物が存在するか否かは不明であると判断して、不明グリッド 139 の障害物存在確率を「0」とする。

[0051] このことにより、図 5 又は図 6 に示すように、前方レーザレンジセンサ 53 及び後方レーザレンジセンサ 54 を中心として、障害物存在確率が「1.0」である検出グリッド 107 と、障害物存在確率が「-1.0 ~ 0」である中間グリッド 109 と、障害物存在確率が「0」である不明グリッド 111 とを含むセンサ座標系によるローカルマップが作成される。

ただし、後方レーザレンジセンサ 54 のマスク領域 105 に位置するグリッドは、不明グリッド 113 として障害物存在確率が「0」に設定される。

図 5 及び図 6 に示す例では、自律移動体 1 の前方に位置して直線状に検出グリッド 107 が存在しており、したがって走行経路を構成する壁面又は大型の障害物が存在すると推定することができる。

このようにして、センサ座標系のローカルマップ作成処理では、前方レーザレンジセンサ 53 及び後方レーザレンジセンサ 54 を中心とする周囲に位置する各グリッドの障害物存在確率を算出して、これをセンサ座標系のローカルマップとして出力する。

[0052] ステップ S41 において、制御部 11 は、走行開始位置が適切であるか否かを判別する。具体的には、障害物情報取得部 21 により取得した障害物の位置情報に基づいて作成されたローカルマップが、本体 1a の周辺にほとんど障害物がない位置、あるいは、単純形状が連続するような位置であれば、制御部 11 は、ローカルマップが所定の条件を満たすと判断する。

[0053] 以下、図9を用いて、ローカルマップが、本体1aの周辺にほとんど障害物がない位置、あるいは、単純形状が連続するような位置を、具体的に説明する。図9は、走行経路の説明図である。

図9に示すように、環状の走行経路901内を自律移動体1が走行するものとし、走行スケジュールにおける任意の通過点を第1通過点911～第5通過点915とする。

各第1通過点911～第5通過点915において、地図作成部22が、それぞれ障害物の位置情報に基づいて周辺領域のローカルマップ921～925を作成する。

[0054] 教示走行モードの走行開始位置として、図9の第3通過点913を選択した場合、本体1aの周辺領域のローカルマップ923には、障害物情報が含まれていない。したがって、ローカルマップ923の各グリッドの障害物存在確率は「-1. 0～0」である。

[0055] 図9において、走行経路901の第3通過点913の近傍には、各グリッドの障害物存在確率が「-1. 0～0」であるローカルマップが作成される通過点が複数存在する。したがって、このような第3通過点913を走行開始位置として選択した場合、再現走行モードにおいて、走行開始位置が走行スケジュールの走行開始位置に合致しているか否かを判別することができなくなる。

また、再現走行モードにおいて、偶然、走行開始位置を第3通過点913と合致させることができたとしても、走行方向（姿勢 θ ）を特定することができないことから、以後の自律走行制御が正確に行うことが困難となる。

[0056] 教示走行モードの走行開始位置として、図9の第2通過点912を選択した場合、本体1aの周辺領域のローカルマップ922は、左右両側の平行な壁面に対応する位置にグリッドの障害物存在確率が「1. 0」であり、その間に位置するグリッドの障害物存在確率が「-1. 0～0」となる。

図9に示す例では、第2通過点912の走行方向前後に位置して、平行な壁面が左右に存在するだけの単純形状が連続しており、第2通過点912の

近傍では、同様のローカルマップとなる通過点が複数存在している。また、走行経路 901 中には、第 2 通過点 912 から離れた位置であっても、ローカルマップと同様の形状となる点が存在しており、例えば、第 4 通過点 914 におけるローカルマップ 924、第 5 通過点におけるローカルマップ 925 が類似するローカルマップとなる。

したがって、このような第 2 通過点 912 を走行開始位置として選択した場合、再現走行モードにおいて、走行開始位置が走行スケジュールの走行開始位置に合致しているか否かを判別することができなくなる。

[0057] このようにして、走行開始前に、地図作成部 22 が作成したローカルマップ中に、障害物が存在する割合が非常に低い場合、あるいは障害物が存在する割合が所定値以下である場合には、制御部 11 は、ローカルマップが所定条件を満たすと判断して（ステップ S41 で No）、ステップ S42 に移行し、そうでない場合には（ステップ S41 で Yes）、ステップ S43 に移行する。

[0058] ステップ S42 において、制御部 11 は、走行部 25 における走行を強制停止させる。具体的には、走行命令生成部 23 が、強制停止の走行命令を生成し、これを走行制御部 24 に出力する。走行制御部 24 は、強制停止の走行命令に基づいて、走行部 25 のモータ 93、94 を停止させるための制御信号を送信する。この後、制御部 11 は、処理を終了する。

上記のように地図作成部 22 が作成したローカルマップにより、自己位置を推定することが困難であるような所定の条件を満たす場合には、走行命令生成部 23 が、強制停止の走行命令を生成して走行部 25 により走行を停止させる。このようにして、自己位置の推定が困難な場所であっても、車輪の摩耗やスリップ、センサの計測誤差などに起因して所定の走行スケジュールと異なる位置を走行する事態を未然に防ぐことができる。

[0059] ステップ S43 において、制御部 11 は、操作者が入力した走行命令に基づいて、走行部 25 のアクチュエータの制御量を作成し、走行部 25 に出力する。教示走行モードでは、操作者がスロットル 42 を操作することにより

入力する走行速度及び操舵に関する指示入力を受け付け、走行経路内における走行制御を行う。操作者による指示入力は、リモコンによる無線での指示入力信号を受信することもできる。

[0060] ステップS 4 4において、制御部 1 1 はデータ計測処理を実行する。具体的には、制御部 1 1 は、前方レーザレンジセンサ 5 3 及び後方レーザレンジセンサ 5 4 により、レーザ光を照射し、障害物から反射した反射光を受信して、その障害物の距離及び方向に関する障害物情報を得る。

また、制御部 1 1 は、さらに自律移動体 1 の一定時間内の移動量に関する情報を取得する。具体的には、制御部 1 1 は、走行部 2 5 のエンコーダ 9 5 、 9 6 から、それぞれ対応するモータ 9 3 、 9 4 の回転位置に関する情報を取得し、一定時間内の移動量を算出する。

一定時間内の移動量は、自律移動体 1 の前回の計測時点 ($t - 1$) の 2 次元座標 ($x(t - 1)$, $y(t - 1)$) からの移動量と、進行方向の変更量とを備える移動量 (dx , dy , $d\theta$) として表すことができる。

[0061] ステップS 4 5において、制御部 1 1 は、センサ座標系によるローカルマップの作成処理を実行する。具体的には、前方レーザレンジセンサ 5 3 及び後方レーザレンジセンサ 5 4 により取得した障害物の位置情報テーブル（例えば、図 7 に示す障害物の位置情報テーブル）に基づいて、センサを中心とした座標系における本体 1 a の周囲に位置する所定範囲を所定の大きさのグリッドに分割し、各グリッドに算出された障害物存在確率を対応付けたローカルマップを作成する。

[0062] ステップS 4 6において、制御部 1 1 は、作成したローカルマップが所定の条件を満たしているか否かを判別する。具体的には、地図作成部 2 2 により作成されたローカルマップ中に、障害物が存在する割合が所定値以下である場合、あるいは、ローカルマップ中に含まれる障害物の形状が単純形状である場合には、制御部 1 1 は、ローカルマップが所定条件を満たすと判断してステップS 4 7 に移行する。また、記憶部 2 7 に予め記憶されたグローバルマップがある場合には、自己位置近傍に位置するグローバルマップと、作

成されたローカルマップとを比較して、対応する各グリッドにおける障害物存在確率が大きく異なる場合にも、制御部 11 は、ローカルマップが所定の条件を満たすと判断して、ステップ S 47 に移行する。

[0063] ステップ S 47 において、制御部 11 は、作成されたローカルマップが所定の条件を満たす状態が、所定の走行距離で連続しているか、あるいは、所定の時間で連続しているか否かを判別する。具体的には、例えば、図 9 の第 3 通過点 913 の近傍を通過中である場合、ローカルマップ中に障害物が存在する割合が所定値以下である状態が所定距離又は所定時間連続して生じる。したがって、このような場合には、制御部 11 は、グローバルマップ上の正確な自己位置を特定できないと判断し（ステップ S 47 で Yes）、ステップ S 48 に移行する。

また、例えば、図 9 の第 2 通過点の近傍を通過中であるような場合、ローカルマップ中に存在する障害物が単純形状である状態が所定距離又は所定時間連続する状態が生じる。このような場合にも、制御部 11 は、グローバルマップ上の正確な自己位置を特定できないと判断し（ステップ S 47 で Yes）、ステップ S 48 に移行する。

上記のように、周辺領域の内に障害物が存在する割合が所定値以下であるようなローカルマップが所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合に、走行命令生成部 23 はローカルマップが所定の条件を満たしたと判断する。一般に、本体の周辺に障害物がほとんどないような場合には、環境地図上の自己位置の推定は、走行部の移動量にのみ依存することになる。したがって、このような場合には、車輪の摩耗やスリップ、センサの計測誤差などに起因して、自律移動体が所定の走行スケジュールと異なる位置を走行している可能性がある。このような場合に、本実施形態に係る自律移動体 1 では、上記の判断に基づいて強制停止の走行命令を出力することで、走行スケジュールと異なる位置を走行することを未然に防止できる。

さらに、制御部 11 は、記憶部 27 に格納されたグローバルマップと、地図作成部 22 により作成されたローカルマップとを比較して、大きく異なる

状態が所定距離又は所定時間連続していると判断した場合には（ステップS 4 7でY e s）、ステップS 4 8に移行する。例えば、グローバルマップが作成された時点から、走行経路中のレイアウトが大きく変更された場合には、制御部1 1は、グローバルマップ上の正確な自己位置を特定できないと判断してステップS 4 8に移行する。

ステップS 4 7において、制御部1 1は、ローカルマップが所定の条件を満たす状態が所定距離又は所定時間連続していないと判断した場合には（ステップS 4 7でN o）、ステップS 4 9に移行する。

[0064] ステップS 4 8において、制御部1 1は、走行部2 5における走行を強制停止させる。具体的には、制御部1 1は、走行命令生成部2 3に強制停止の走行命令を生成させて、走行制御部2 4に出力させる。

この後、制御部1 1は、処理を終了する。

[0065] ステップS 4 9において、制御部1 1は、グローバルマップ上の自己位置を推定する。具体的には、自己位置推定部7 2により、時刻（ $t - 1$ ）における自己位置に時刻（ $t - 1$ ）～時刻（ t ）間の移動量（ dx , dy , $d\theta$ ）を加算して時刻（ t ）の自己位置として推定する。また、制御部1 1は、自己位置のパラメータとして、2次元座標（ x , y ）と進行方向（ θ ）を有する3次元のグリッド空間（ x , y , θ ）を想定し、移動前後における各グリッドの自己位置の確率分布を算出することで、マップマッチングを行う。

[0066] 以下、図1 0を用いて、自己位置推定処理を具体的に説明する。図1 0は、自己位置推定処理の制御フローチャートである。

ステップS 1 0 1において、制御部1 1は、事前確率計算処理を実行する。

制御部1 1は、現在時刻である時刻（ t ）を用いて、時刻（ $t - 1$ ）の事後確率分布と、時刻（ $t - 1$ ）～時刻（ t ）間の移動量（ dx , dy , $d\theta$ ）とに基づいて、時刻（ t ）における自己位置の事前確率分布を算出する。

[0067] 図1 1は、事後確率分布の一例を示す説明図であり、図1 2は、事前確率分布の一例を示す説明図である。

制御部 11 は、図 11 に示す時刻（ $t-1$ ）の事後確率分布に、時刻（ $t-1$ ）～時刻（ t ）間の移動量（ dx , dy , $d\theta$ ）を加算して、座標をシフトさせる。

制御部 11 は、さらに、正規分布を畳み込み演算することによって、図 12 に示すような時刻（ t ）における事前確率分布を得る。

制御部 11 は、このような事前確率計算処理を、3次元グリッド空間（ x , y , θ ）内の各グリッドに対して実行することにより、車輪のスリップなどを考慮しながら、エンコーダ 95、96 から取得した移動量（ dx , dy , $d\theta$ ）を加えた自己位置の確率分布を更新する。

[0068] ステップ S102 において、制御部 11 は尤度計算処理を実行する。

図 13 は、尤度計算処理の制御フローチャートである。

ステップ S131 において、制御部 11 は、仮の自己位置座標を抽出する。具体的には、制御部 11 は、事前確率分布処理により算出された時刻（ t ）における事前確率のうち閾値を超える座標を 1 つ抽出し、これを仮の自己位置座標とする。制御部 11 は、時刻（ t ）の事前確率分布、ローカルマップ、及び作成中のグローバルマップに基づいて、抽出した仮の自己位置座標における尤度を算出する。

[0069] ステップ S132 において、制御部 11 は、座標変換処理を実行する。具体的には、制御部 11 は、センサ座標系によるローカルマップを、仮の自己位置座標に基づいて、絶対座標系のローカルマップに変換する。

制御部 11 は、事前確率分布に基づいて抽出された仮の自己位置座標を（ x , y , θ ）とし、センサ座標系によるローカルマップの各グリッドの座標を（ lx , ly ）として、絶対座標系のローカルマップの各グリッドの座標（ gx , gy ）を数式 1 により算出する。

[数1]

$$\begin{pmatrix} g_x \\ g_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} l_x \\ l_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

[0070] ステップS 1 3 3において、制御部 1 1 は、マップマッチング処理を実行する。

制御部 1 1 は、作成中のグローバルマップと絶対座標系のローカルマップとのマップマッチング処理を行い、それに基づいて絶対座標系のローカルマップ上における各グリッドの障害物存在確率を算出する。

制御部 1 1 は、絶対座標系のローカルマップにおいて、障害物存在確率「1. 0」のグリッドがN個存在した場合、i 番目のグリッドの座標を $(g_x_occupy(i), g_y_occupy(i))$ とし、グローバルマップ上の座標 $(g_x_occupy(i), g_y_occupy(i))$ における障害物存在確率を $GMAP(g_x_occupy(i), g_y_occupy(i))$ として、以下の数式2により一致度を表すスコアsを算出する。

[数2]

$$s = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=0}^N GMAP(g_{x_occupy}(i), g_{y_occupy}(i))$$

制御部 1 1 は、複数の仮の自己位置に対してそれぞれスコアsを算出して、それを自己位置の尤度分布とする。

図 1 4 は、尤度計算処理により得られた尤度分布の一例を示す説明図である。

[0071] ステップS 1 0 3において、制御部 1 1 は、事後確率計算処理を実行する。具体的に、制御部 1 1 は、絶対座標系のローカルマップの各グリッドに対して、時刻(t)における事前確率分布に、時刻(t)における尤度分布を掛けることにより、時刻(t)における事後確率を算出する。

[0072] 図 1 5 を用いて、事後確率計算処理を具体的に説明する。図 1 5 は、事後確率計算処理により得られた事後確率分布の一例を示す説明図である。図 1 5 では、図 1 1 に示す時刻(t)における事前確率分布と、図 1 4 に示す時

刻（ t ）における尤度分布とを掛けて得られた事後確率分布を示している。

制御部 11 は、複数の仮の自己位置に対して事後確率計算処理を実行し、その結果事後確率が最大となるものを自己位置とすることができる。

[0073] 上述のような構成とすることにより、尤度が同程度の値を持つ仮の自己位置に対して事前確率の差を事後確率に反映させることができ、さらに、前方レーザレンジセンサ 53、後方レーザレンジセンサ 54 と走行部 25 のエンコーダ 95、96 の出力信号に基づいてデッドレコニング（Dead-Reckoning）により、自己位置を推定することが可能となる。また、時刻（ t ）における事前確率計算を行う際に、時刻（ $t-1$ ）の事後確率を用いていることから、走行部 25 における車輪（図示せず）のスリップや摩耗、前方レーザレンジセンサ 53、後方レーザレンジセンサ 54 のノイズなどの外乱要因を阻止でき、つまり自己位置を正確に推定できる。

[0074] ステップ S50 において、制御部 11 は、障害物情報取得部 21 により、グローバルマップ上における現在の自己位置の周囲に位置する障害物の位置情報を取得する。

[0075] ステップ S51 において、制御部 11 は、障害物情報取得部 21 により取得した障害物の位置情報を時刻に対応させて環境地図復元用データを作成し、それを記憶部 27 に記憶する。

ここで、記憶部 27 に記載される環境地図復元用データは、グローバルマップ上の自己位置の周囲を所定面積の単位グリッドで分割し、さらに各グリッドに障害物存在確率を対応付けて、障害物の位置情報を取得した時刻（ t ）と関連つけたものとすることができる。

記憶部 27 に予めグローバルマップが保存されている場合には、このステップ S51 の工程を省略することも可能である。

[0076] ステップ S52 において、制御部 11 は、グローバルマップ更新処理を実行する。具体的に、制御部 11 は、時刻（ $t-1$ ）におけるグローバルマップに対して、自己位置推定処理により推定された自己位置により座標変換を行った絶対座標系のローカルマップを足し合わせすることで、時刻（ t ）に

おけるグローバルマップを作成する。

[0077] 図 16 は、グローバルマップ更新処理の概念構成を示す説明図である。図 16 に示す例では、自己位置近傍の 4×4 のグリッドを対象にしており、(a) は時刻 $(t-1)$ におけるグローバルマップ、(b) は時刻 (t) における絶対座標系のローカルマップ、(c) は更新された時刻 (t) におけるグローバルマップを示す。

図 16 に示すように、時刻 $(t-1)$ におけるグローバルマップ及び時刻 (t) におけるローカルマップは、それぞれのグリッドに障害物存在確率が記憶されている。前述したように、障害物が存在していると推定されるグリッドの障害物存在確率は「1.0」、障害物が存在していないと推定されるグリッドの障害物存在確率は「-1.0~0」、障害物の存在が不明であるグリッドの障害物存在確率は「0」に設定されるものとする。

[0078] グローバルマップ更新処理では、制御部 11 は、自己位置推定処理により推定された自己位置に基づいて、絶対座標系に変換されたローカルマップの各グリッド (図 16 (b)) をグローバルマップの各グリッド (図 16 (a)) に対応させ、各グリッドの障害物存在確率を加算する。

制御部 11 は、各グリッドの障害物存在確率が演算により「1.0」以上になる場合、及び「-1.0」以下になる場合には、切り捨て計算を行って、それぞれ「1.0」、「-1.0」とする。このことにより、繰り返し障害物が存在すると判別されたグリッドの障害物存在確率は「1.0」に近い値となり、繰り返し障害物が存在しないと判別されたグリッドの障害物存在確率は「-1.0」に近い値となる。

このようにして、制御部 11 は、図 16 (c) に示す時刻 (t) におけるグローバルマップの各グリッドの障害物存在確率を算出することで、グローバルマップを更新する。

[0079] 時刻 (t) におけるグローバルマップは、少なくとも次の時刻 $(t+1)$ において、制御部 11 が自己位置推定処理を実行するために必要な範囲を含むものであり、一時的に記憶部 27 に記憶される。

このグローバルマップ更新処理では、グローバルマップの各グリッドの障害物存在確率が、絶対座標系のローカルマップの対応する各グリッドの障害物存在確率を加算することで更新されるため、車輪のスリップやセンサの計測誤差に基づくノイズの影響を極力少なくすることができる。

[0080] 制御部 11 は、教示走行モードにおいて、走行経路中のローカルマップをつなぎ合わせていき、全体のグローバルマップを作成し、これを記憶部 27 に記憶させることができる。その場合、環状経路問題を解決するために、部分マップに分割し、各部分マップの連結点を選択設定できるように構成することが好ましい。また、ステップ S 51 において、通過時刻に対応する環境地図復元用データを作成して記憶部 27 に記憶させる場合には、通過点近傍におけるグローバルマップを記憶部 27 に残し、通過後のグローバルマップの情報を削除することも可能である。この場合には、環境地図において、環状経路が閉じないという問題を考慮する必要がなくなる。

[0081] ステップ S 53 において、制御部 11 は、教示データ作成部 26 により、走行スケジュールを作成し、記憶部 27 に記憶させる。具体的には、自律移動体 1 のグローバルマップ上の座標 (x , y) と、自律移動体 1 の走行方向を示す姿勢 (θ) 及び時刻 (t) でなる通過点データ (x , y , θ , t) を記憶部 27 に記憶させる。

[0082] ステップ S 54 において、制御部 11 は、終了指示を受け付けたか否かを判別する。具体的には、制御部 11 は、操作者による操作部 32 の操作により処理終了する旨の指示入力があった場合、又はリモコンにより処理終了する旨の指示入力信号を受信した場合には終了処理を実行することで処理を終了し、そうでない場合には、プロセスはステップ S 43 に移行する。

[0083] (3-2) 再現走行モード

図 17 は、再現走行モードにおける自律移動体の制御フローチャートである。

ステップ S 171 において、制御部 11 はデータ計測処理を実行する。具体的には、制御部 11 は、前方レーザレンジセンサ 53 及び後方レーザレン

ジセンサ 54 により、レーザ光を照射しさらに障害物から反射した反射光を受信することで、障害物の距離及び方向に関する障害物情報を得る。ここでのデータ計測処理は、教示走行モードにおけるデータ計測処理と同様であり、詳細説明は省略する。

[0084] ステップ S 172 において、制御部 11 は、センサ座標系によるローカルマップの作成処理を実行する。具体的には、前方レーザレンジセンサ 53 及び後方レーザレンジセンサ 54 により取得した障害物の位置情報テーブル（例えば、図 7 に示す障害物の位置情報テーブル）に基づいて、センサを中心とした座標系における自己位置近傍の各グリッドに障害物存在確率を対応させたローカルマップを作成する。

[0085] ステップ S 173 において、制御部 11 は、地図作成部 22 により作成されたローカルマップが、所定の条件を満たしているか否かを判別する。具体的には、地図作成部 22 により作成されたローカルマップ中に、障害物が存在する割合が所定値以下である場合、あるいは、ローカルマップ中に含まれる障害物の形状が単純形状である場合には、制御部 11 は、ローカルマップが所定条件を満たすと判断してステップ S 174 に移行する。また、記憶部 27 に記憶されているグローバルマップのうち、自己位置近傍に位置するグローバルマップと、作成されたローカルマップとを比較して、対応する各グリッドにおける障害物存在確率が大きく異なる場合にも、制御部 11 は、ローカルマップが所定の条件を満たすと判断して、ステップ S 174 に移行する。

[0086] ステップ S 174 において、制御部 11 は、作成されたローカルマップが所定の条件を満たす状態が、所定の走行距離で連続しているか、あるいは、所定の時間で連続しているか否かを判別する。

具体的には、例えば、図 9 の第 3 通過点 913 の近傍を通過中である場合、ローカルマップ中に障害物が存在する割合が所定値以下である状態が所定距離又は所定時間連続して生じる。したがって、このような場合には、制御部 11 は、グローバルマップ上の正確な自己位置を特定できないと判断し（

ステップS 1 7 4でY e s)、ステップS 1 7 5に移行する。

また、例えば、図9の第2通過点の近傍を通過中であるような場合、ローカルマップ中に存在する障害物が単純形状である状態が所定距離又は所定時間連続する状態が生じる。このような場合にも、制御部11は、グローバルマップ上の正確な自己位置を特定できないと判断し(ステップS 1 7 4でY e s)、ステップS 1 7 5に移行する。

さらに、制御部11は、記憶部27に格納されたグローバルマップと、地図作成部22により作成されたローカルマップとを比較して、大きく異なる状態が所定距離又は所定時間連続していると判断した場合には、ステップS 1 7 5に移行する。例えば、グローバルマップが作成された時点から、走行経路中のレイアウトが大きく変更された場合には、制御部11は、グローバルマップ上の正確な自己位置を特定できないと判断してステップS 1 7 5に移行する。

ステップS 1 7 4において、制御部11は、ローカルマップが所定の条件を満たす状態が所定距離又は所定時間連続していないと判断した場合には(ステップS 1 7 4でN o)、ステップS 1 7 6に移行する。

[0087] ステップS 1 7 5において、制御部11は、走行部25における走行を強制停止させる。具体的には、制御部11は、走行命令生成部23に強制停止の走行命令を生成させて、走行制御部24に出力させる。

この後、制御部11は、処理を終了する。

[0088] ステップS 1 7 6において、制御部11は、グローバルマップ上の自己位置を推定する。具体的には、自己位置推定部72により、時刻($t-1$)における自己位置に時刻($t-1$)~時刻(t)間の移動量(dx , dy , $d\theta$)を加算して時刻(t)の自己位置として推定する。また、制御部11は、自己位置のパラメータとして、2次元座標(x , y)と進行方向(θ)を有する3次元のグリッド空間(x , y , θ)を想定し、移動前後における各グリッドの自己位置の確率分布を算出することで、マップマッチングを行う。

[0089] ステップS 1 7 7において、制御部 1 1は、推定された自己位置に対応するグローバルマップと、障害物情報取得部 2 1により取得した障害物の位置情報から作成したローカルマップと比較して、現在の自己位置に対応する走行スケジュール中の時刻を推定する。このとき、制御部 1 1は、予め記憶部 2 7に記憶されたグローバルマップ、又は教示走行モードにおいて作成し記憶部 2 7に記憶されたグローバルマップを用いることができる。また、教示走行モードにおいて、環境地図復元用データを記憶部 2 7に記憶させた場合には、制御部 1 1は、環境地図復元用データを用いて自己位置近傍のグローバルマップを復元させて、これをローカルマップと比較することもできる。

[0090] ステップS 1 7 8において、制御部 1 1は、記憶部 2 7に記憶されている走行スケジュールのうち推定した時刻に対応する通過点データを記憶部 2 7から読み出す。

ステップS 1 7 9において、制御部 1 1はグローバルマップ更新処理を実行する。具体的に、制御部 1 1は、時刻 ($t - 1$) におけるグローバルマップに対して、自己位置推定処理により推定された自己位置により座標変換を行った絶対座標系のローカルマップを足し合わせて、時刻 (t) におけるグローバルマップを更新する。このグローバルマップ更新処理では、グローバルマップの各グリッドの障害物存在確率が、絶対座標系のローカルマップの対応する各グリッドの障害物存在確率を加算することで更新されるため、車輪のスリップや摩耗、センサの計測誤差に基づくノイズの影響を極力少なくすることができる。

制御部 1 1は、教示走行モードにおいて、通過時刻に対応する環境地図復元用データを作成して記憶部 2 7に記憶させる場合には、通過点近傍におけるグローバルマップを記憶部 2 7に残し、通過後のグローバルマップの情報を削除することも可能である。

[0091] ステップ1 8 0において、制御部 1 1は、走行部 2 5のアクチュエータの制御量を作成し、走行部 2 5に出力する。具体的には、制御部 1 1は、グローバルマップ上の自己位置と、記憶部 2 7から読み出された通過点データに

基づいて、走行スケジュールに沿うように、アクチュエータの制御量を決定し、これに基づく走行命令を走行部 25 に入力する。

[0092] ステップ S 181 において、制御部 11 は、再現走行モードを終了するかどうかを判別する。具体的には、制御部 11 は、記憶部 27 に記憶された走行スケジュールのうち最終の通過点データに到達した場合、操作者により非常停止スイッチ 56 が操作された場合、バンパースイッチ 55 により障害物に衝突したことを検出した場合、障害物情報取得部 21 により検出された障害物の位置情報が所定距離以下に近接した場合などにおいて、制御部 11 は再現走行モードを終了すると判断する。制御部 11 は、再現走行モードを終了しないと判断した場合にはステップ S 181 に移行する。

[0093] 以上のようにして、図 4 を用いて説明した教示走行モードにおいて、走行開始位置が不適切である場合には（ステップ S 41 で No）、走行命令生成部 23 により強制停止の走行命令を生成して、走行部 25 による走行を停止させている（ステップ S 42）。したがって、その後の再現走行モードにおいて、走行開始位置を特定できずに走行不能となる事態を回避できる。

また、教示走行モード（図 4）及び再現走行モード（図 17）の両方において、自己位置の推定が困難な形状が連続する場合にも（教示走行モードの場合はステップ S 47 で Yes、再現走行モードの場合はステップ S 174 で Yes）、走行命令生成部 23 により強制停止の走行命令を生成して、走行部 25 による走行を停止させている（教示走行モードの場合はステップ S 48、再現走行モードの場合はステップ S 175）。この場合、車輪の摩耗やスリップ、センサの計測誤差などに起因して、自己位置の推定に大きなずれが生じて走行スケジュールに沿った走行ができないという状態を回避できる。

さらに、グローバルマップ作成時から大きなレイアウト変更があった場合にも、自己位置を特定することが難しくなり、走行不能となることを回避できる。

[0094] （4）実施形態の特徴

上記実施形態は、下記の構成及び機能を有している。

自律移動体 1（自律移動体の一例）は、走行部 2 5（走行部の一例）と、走行制御部 2 4（走行制御部の一例）と、障害物情報取得部 2 1（障害物情報取得部の一例）と、地図作成部 2 2（地図作成部の一例）と、走行命令生成部 2 3（走行命令生成部の一例）とを備える。走行部 2 5 は、制御量が入力される複数のモータ 9 3, 9 4（アクチュエータの一例）を有する。走行制御部 2 4 は、走行命令に基づいてモータ 9 3, 9 4 に入力する制御量を生成する（例えば、ステップ S 4 3、ステップ S 1 8 0）。障害物情報取得部 2 1 は、所定の制御周期毎に、周囲に存在する障害物の位置情報を取得する（例えば、ステップ S 4 4、ステップ S 1 7 1）。地図作成部 2 2 は、障害物の位置情報に基づいて、本体 1 a の周辺領域における障害物の有無を示すローカルマップ（局所地図の一例）を作成する（例えば、ステップ S 4 5、ステップ S 1 7 2）。走行命令生成部 2 3 は、ローカルマップが所定の条件を満たした場合に、走行制御部 2 4 に強制停止の走行命令を出力する（例えば、ステップ S 4 2, S 4 8, S 1 7 5）。

[0095] この自律移動体 1 では、障害物情報取得部 2 1 により取得した障害物の位置情報に基づいて本体 1 a 周辺に位置するローカルマップを作成し、確実な自己位置の推定が困難な通過点が連続する場合や確実な自己位置の推定が困難な位置を走行開始位置に設定された場合のように所定の条件を満たす時、走行命令生成部 2 3 により強制停止の走行命令を生成する。このことにより、自律移動体 1 の自律走行時に、車輪の摩耗やスリップ、センサの計測誤差などに起因して、走行スケジュールを外れて走行することを防止できる。また、所定の条件に近づきつつある状況の時に、音声出力や画像出力により、操作者にその旨を通知することもできる。例えば、所定位置から移動量 1 5 m で強制停止するという条件であれば、所定位置からの移動量 1 0 m を超えた時点で警告音又は音声通知、および／又は警告ランプ、警告表示などにより通知することができる。

（５）他の実施形態

以上、本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。特に、本明細書に書かれた複数の実施形態及び変形例は必要に応じて任意に組み合わせ可能である。

[0096] (5-1) 環境地図の更新・削除処理

制御部10は、環境地図を、静的環境地図と動的環境地図の2層構造で管理することが可能である。静的環境地図は、教示走行モードで作成される地図復元用データに基づいて復元することができる。また、動的環境地図は、時刻(t)の動的環境地図と、時刻(t+1)において障害物情報取得部21が取得する自己位置の周辺における障害物の位置情報に基づくローカルマップとの重ね合わせにより作成することができる。

[0097] 例えば、時刻(t)の動的環境地図の各グリッドにおける障害物存在確率を、 $\text{DynamicMap}(t)$ とし、静的環境地図の各グリッドにおける障害物存在確率を、 StaticMap とする。また、時刻(t)において、静的環境地図からの障害物の配置変化を示す差分地図の各グリッドにおける障害物存在確率を、 $\text{DiffMap}(t)$ とする。

さらに、動的環境地図の各グリッドの値の範囲を決定するパラメータをP1とすると、

$$\text{DynamicMap}(t) = \text{StaticMap} \cdot P1 + \text{DiffMap}(t)$$

として算出できる。

[0098] 制御部10は、障害物情報取得部21により取得した自機の周囲に位置する障害物情報と、環境地図復元用データから復元された静的環境地図を用いて自己位置を推定し、絶対座標系のローカルマップを作成する。

時刻(t+1)における動的環境地図は、時刻(t)における動的環境地図と、時刻(t+1)におけるローカルマップとを用いて、各グリッドの障害物存在確率が算出される。絶対座標系のローカルマップにおける各グリッドの障害物存在確率を $\text{LocalMap}(t+1)$ とすると、

$$\text{DynamicMap}(t+1) = \text{DynamicMap}(t) + \text{LocalMap}(t+1)$$

として算出できる。

[0099] 制御部10は、時刻(t+1)における動的環境地図と、静的環境地図との差分を求めて、時刻(t+1)における差分地図の各グリッドの障害物存在確率であるDiffMap(t+1)を

$$\text{DiffMap}(t+1) = \text{DynamicMap}(t+1) - \text{StaticMap} \cdot P1$$

として作成し、これを用いて動的環境地図を更新する。

[0100] 図18は、動的環境地図の更新処理の説明図である。図18に示す例では、自己位置近傍の4×4のグリッドを対象にしており、(a)は時刻(t)における動的環境地図、(b)は静的環境地図、(c)は時刻(t)における差分地図を示す。

図18に示すように、時刻(t)における差分地図DiffMap(t)中の各グリッドの障害物存在確率と、静的環境地図StaticMap中の各グリッドの障害物存在確率にパラメータP1を乗算した値とを加算して、時刻(t)における動的環境地図DynamicMap(t)が算出される。各グリッドの障害物存在確率は、-1.0～1.0の範囲の値であり、パラメータP1を「0.5」としている。

このことから、 $\text{DynamicMap}(t) = \text{StaticMap} \cdot P1 + \text{DiffMap}(t)$ で算出された動的環境地図の各グリッドの障害物存在確率は、図18(c)のようになる。

[0101] 図19は、自己位置推定時における尤度計算の説明図である。図19に示す例では、自己位置近傍の4×4のグリッドを対象にしており、(a)は絶対座標系のローカルマップ、(b)は静的環境地図、(c)は動的環境地図である。

障害物情報取得部21により取得した自機の周辺における障害物位置情報に基づいて、絶対座標系のローカルマップに変換した後の各グリッドの障害

物存在確率が、図 19 (a) に示される。

[0102] 絶対座標系のローカルマップにおいて、障害物存在確率が「1. 0」であるグリッドがN個存在する時、i 番目のグリッドの座標を ($g_{x_occupy}(i)$, $g_{y_occupy}(i)$) とする。静的環境地図の座標 ($g_{x_occupy}(i)$, $g_{y_occupy}(i)$) における障害物存在確率を $StaticMap(g_{x_occupy}(i), g_{y_occupy}(i))$ とし、動的環境地図の座標 ($g_{x_occupy}(i)$, $g_{y_occupy}(i)$) における障害物存在確率を $DynamicMap(g_{x_occupy}(i), g_{y_occupy}(i))$ とする。

[0103] 絶対座標系のローカルマップにおいて、障害物存在確率が「1. 0」になるグリッドのそれぞれに対し、静的環境地図と動的環境地図のうち、障害物存在確率が高い方を用いて、以下の数式により尤度計算を行う。

[数3]

$$s = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \text{Max}(StaticMap(g_{x_occupy}(i), g_{y_occupy}(i)), DynamicMap(g_{x_occupy}(i), g_{y_occupy}(i)))$$

このことにより、図 19 に示す例では、 $s = (1. 0 + 1. 0 + 0. 3 + 0. 3) / 4 = 0. 65$ として尤度を算出することができる。

[0104] このように、グローバルマップとして静的環境地図と動的環境地図の2層で構成する場合においても、通過後の動的環境地図が削除されていることから、環状経路が閉じないという問題を防止できる。

また、教示走行モードで作成された環境地図復元用データを用いて静的環境地図を復元した際に、障害物の位置情報が変化しているような場合であっても、差分地図を用いて障害物の配置の変化を検知することが可能となる。従って、自律移動体 1 は、走行経路上のレイアウト変更や移動体の存在に対応して、障害物との接触を回避することが可能となる。

産業上の利用可能性

[0105] 本発明は、清掃用ロボット、搬送用ロボット、その他の自律走行を行う自律移動体に適用することができる。

符号の説明

[0106]	1	自律移動体
	1 a	本体
	1 1	制御部
	2 1	障害物情報取得部
	2 2	地図作成部
	2 3	走行命令生成部
	2 4	走行制御部
	2 5	走行部
	2 6	教示データ作成部
	2 7	記憶部
	3 1	測距センサ
	3 2	操作部
	3 3	表示部
	4 0	清掃用ロボット
	4 2	スロットル
	4 3	清掃部ユーザインターフェイス
	5 1	コントロールボード
	5 2	ブレーカ
	5 3	前方レーザレンジセンサ
	5 4	後方レーザレンジセンサ
	5 5	バンパスイッチ
	5 6	非常停止スイッチ
	5 7	スピーカ
	6 3	S L A M処理部
	6 4	不揮発メモリ
	7 2	自己位置推定部
	7 3	マップマッチング部

8 1	演算部
8 2	判断部
8 3	移動制御部
9 1	モータ駆動部
9 2	モータ駆動部
9 3	モータ
9 4	モータ
9 5	エンコーダ
9 6	エンコーダ
1 0 1	走査領域
1 0 3	走査領域
1 0 5	マスク領域
1 0 7	検出グリッド
1 0 9	中間グリッド
1 1 1	不明グリッド
1 1 5	第 1 走査領域
1 1 7	第 2 走査領域
1 3 1	走査線
1 3 2	原点
1 3 3	検出グリッド
1 3 4	中間グリッド
1 3 5	中間グリッド
1 3 6	中間グリッド
1 3 7	中間グリッド
1 3 8	中間グリッド
1 3 9	不明グリッド
9 0 1	走行経路
9 1 1	第 1 通過点

- 9 1 2 第2 通過点
- 9 1 3 第3 通過点
- 9 1 4 第4 通過点
- 9 1 5 第5 通過点
- 9 2 1 ローカルマップ
- 9 2 2 ローカルマップ
- 9 2 3 ローカルマップ
- 9 2 4 ローカルマップ
- 9 2 5 ローカルマップ

請求の範囲

- [請求項1] 本体と、前記本体に搭載され前記本体の周囲の物体を検出する検出部と、制御量が入力される複数のアクチュエータを有し前記本体を移動させる走行部と、を有する自律移動体に用いられる移動制御装置であって、
- 走行命令に基づいて前記アクチュエータに入力する制御量を生成する走行制御部と、
- 所定の制御周期毎に、前記本体の周辺領域における障害物の位置情報を前記検出部から取得する障害物情報取得部と、
- 前記障害物の位置情報に基づいて、前記本体の周辺領域における障害物の有無を示す局所地図を作成する地図作成部と、
- 前記局所地図が所定の条件を満たした場合に、前記走行制御部に強制停止の走行命令を出力する走行命令生成部と、
- を備える自律移動体の移動制御装置。
- [請求項2] 前記周辺領域内に障害物が存在する割合が所定値以下である前記局所地図が所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合に、前記走行命令生成部は前記局所地図が所定の条件を満たしたと判断する、請求項1に記載の自律移動体の移動制御装置。
- [請求項3] 前記周辺領域内に存在する障害物が形状変化の小さい単純形状である前記局所地図が所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合に、前記走行命令生成部は前記局所地図が所定の条件を満たしたと判断する、請求項1又は2に記載の自律移動体の移動制御装置。
- [請求項4] 周囲環境の環境地図を記憶する記憶部と、
- 前記環境地図の上における自己位置を推定する自己位置推定部と、
- をさらに備え、
- 前記走行命令生成部は、前記自己位置推定部により推定された自己位置周辺の環境地図と、前記局所地図とを比較し、所定の割合を超えて相違する状態が、所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合

に、所定の条件を満たしたと判断する、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の自律移動体の移動制御装置。

[請求項5] 走行開始前に前記地図作成部により作成された局所地図において、前記周辺領域内に障害物が存在する割合が所定値以下である場合、前記周辺領域内に存在する障害物が形状変化の小さい単純形状である場合、又は自己位置周辺の環境地図と所定の割合を超えて相違する場合に、前記走行命令生成部は、前記局所地図が所定の条件を満たしたと判断する、請求項 4 に記載の自律移動体の移動制御装置。

[請求項6] 操作者の手動操作により走行開始位置から走行終了位置まで手動走行させながら、通過時刻と前記通過時刻における通過点データの集合でない走行スケジュールを作成する教示走行モードと、前記走行スケジュールを再現しながら、前記走行開始位置から前記走行終了位置まで自律的に走行する再現走行モードとを実行可能となっており、

前記走行命令生成部は、前記教示走行モードにおいて前記局所地図が所定の条件を満たすか否かを判別する、請求項 5 に記載の自律移動体の移動制御装置。

[請求項7] 前記走行命令生成部は、前記再現走行モードにおいて前記局所地図が所定の条件を満たすか否かを判別する、請求項 6 に記載の自律移動体の移動制御装置。

[請求項8] 本体と、
前記本体に搭載され前記本体の周囲の物体を検出する検出部と、
制御量が入力される複数のアクチュエータを有し、前記本体を移動させる走行部と、
請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の移動制御装置と、
を備えた自律移動体。

[請求項9] 本体と、前記本体に搭載され前記本体の周囲の物体を検出する検出部と、制御量が入力される複数のアクチュエータを有し前記本体を移動させる走行部と、を有する自律移動体に用いられる移動制御方法で

あって、

走行命令に基づいて前記アクチュエータに入力する制御量を生成するステップと、

所定の制御周期毎に、周囲に存在する障害物の位置情報を前記検出部から取得するステップと、

前記障害物の位置情報に基づいて、前記本体の周辺領域における障害物の有無を示す局所地図を作成するステップと、

前記局所地図が所定の条件を満たした場合に、前記走行制御部に強制停止の走行命令を出力するステップと、

を備える自律移動体の移動制御方法。

[請求項10] 前記周辺領域の内に障害物が存在する割合が所定値以下であるような前記局所地図が所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合に、前記走行命令を生成するステップは前記局所地図が所定の条件を満たしたと判断する、請求項9に記載の自律移動体の移動制御方法。

[請求項11] 前記周辺領域内に存在する障害物が形状変化の小さい単純形状であるような前記局所地図が所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合に、前記走行命令を生成するステップは前記局所地図が所定の条件を満たしたと判断する、請求項9又は10に記載の自律移動体の移動制御方法。

[請求項12] 前記自律移動体は、周囲環境の環境地図を記憶する記憶部を有し、前記環境地図の上における自己位置を推定するステップをさらに備え、

前記走行命令を精製するステップは、前記自己位置をすいているステップにより推定された自己位置周辺の環境地図と、前記局所地図とを比較し、所定の割合を超えて相違する状態が、所定の走行距離又は所定の走行時間連続する場合に、所定の条件を満たしたと判断する、請求項9～11のいずれかに記載の自律移動体の移動制御方法。

[請求項13] 走行開始前に前記地図作成部により作成された局所地図において、

前記周辺領域内に障害物が存在する割合が所定値以下である場合、前記周辺領域内に存在する障害物が形状変化の小さい単純形状である場合、又は自己位置周辺の環境地図と所定の割合を超えて相違する場合に、前記走行命令を生成するステップは、前記局所地図が所定の条件を満たしたと判断する、請求項 12 に記載の自律移動体の移動制御方法。

[請求項14]

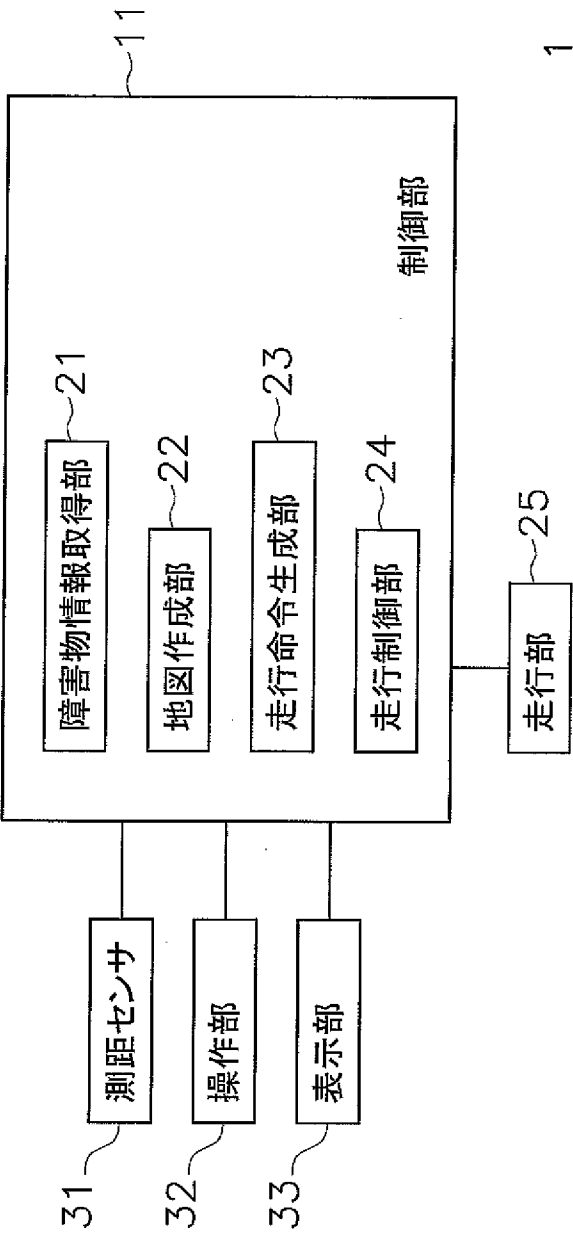
操作者の手動操作により走行開始位置から走行終了位置まで手動走行させながら、通過時刻と前記通過時刻における通過点データの集合でない走行スケジュールを作成する教示走行モードと、前記走行スケジュールを再現しながら、前記走行開始位置から前記走行終了位置まで自律的に走行する再現走行モードとを実行し、

前記走行命令を生成するステップは、前記教示走行モードにおいて前記局所地図が所定の条件を満たすか否かを判別する、請求項 13 に記載の自律移動体の移動制御方法。

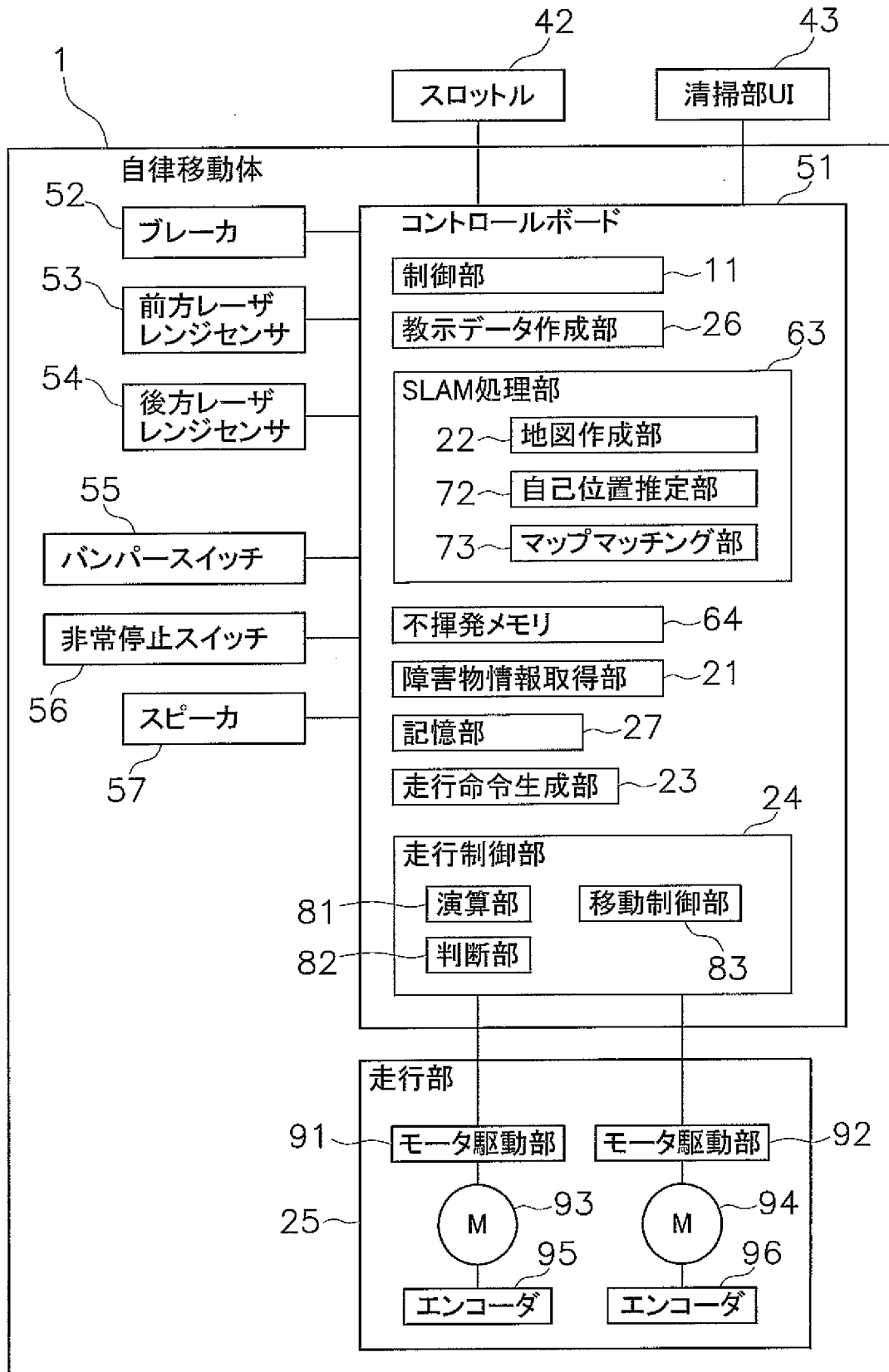
[請求項15]

前記走行命令を生成するステップは、前記再現走行モードにおいて前記局所地図が所定の条件を満たすか否かを判別する、請求項 14 に記載の自律移動体の移動制御方法。

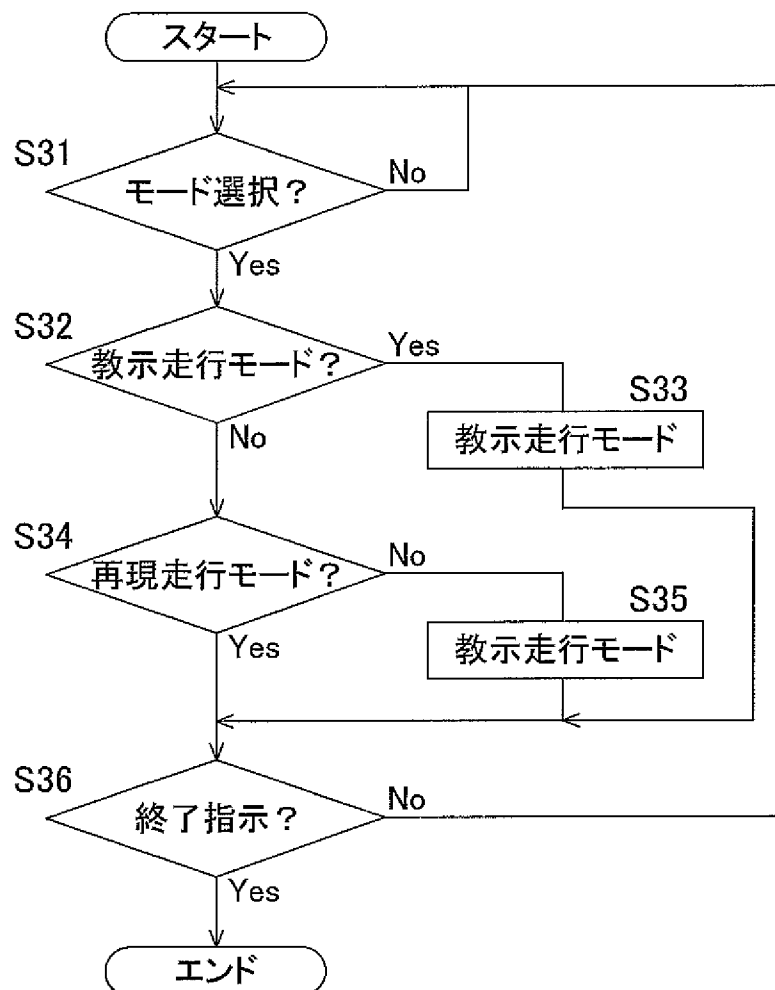
[図1]



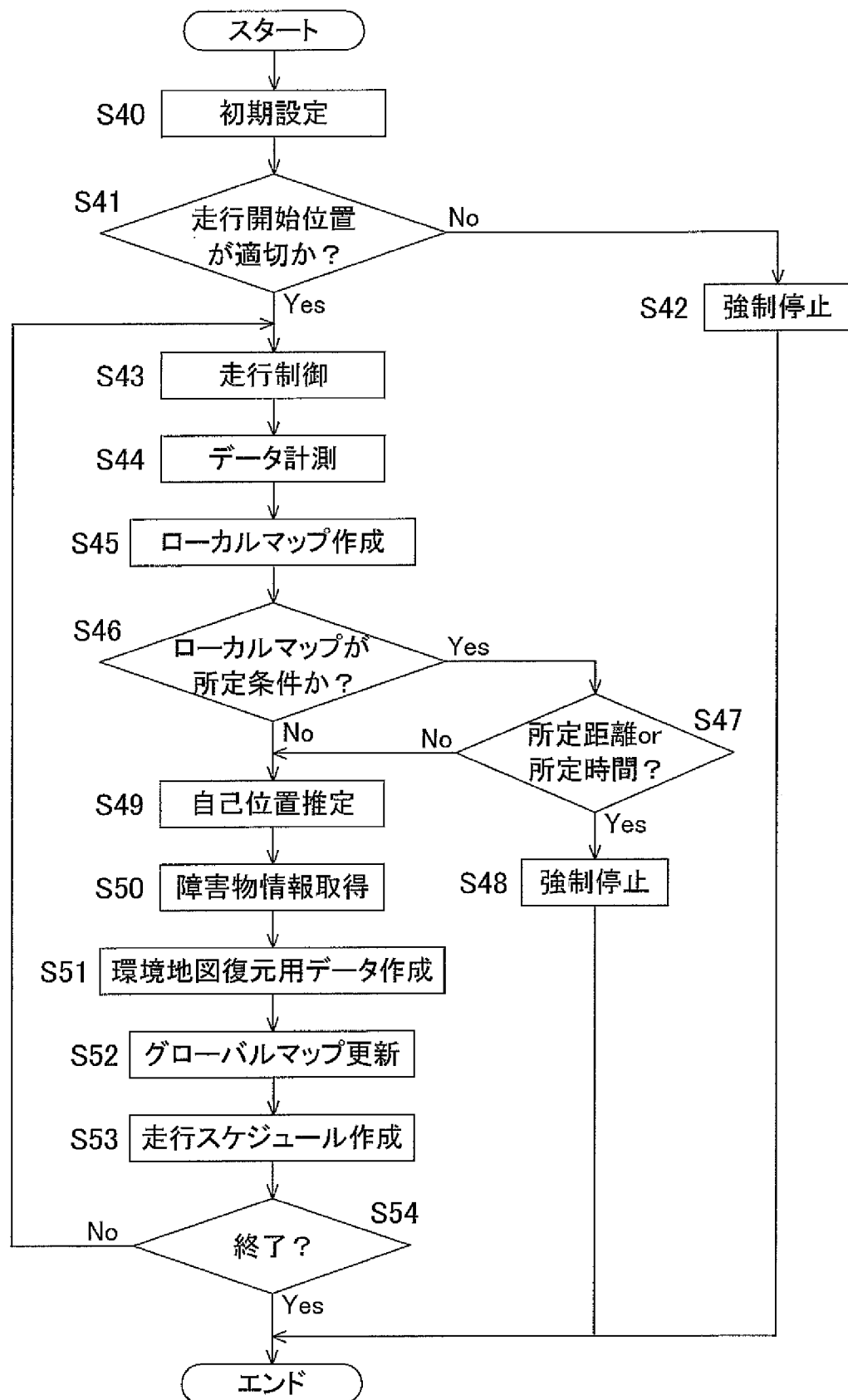
[図2]



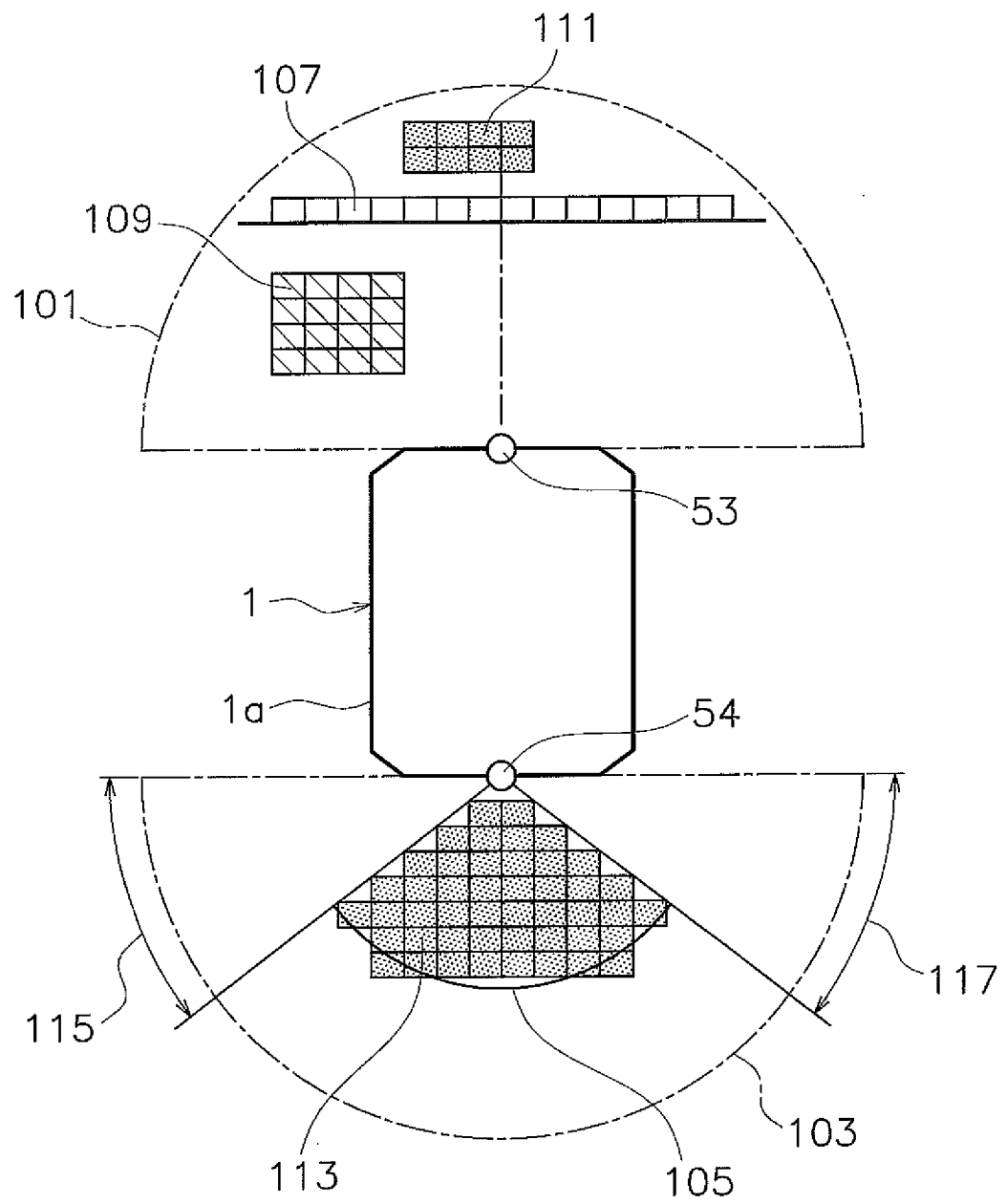
[図3]



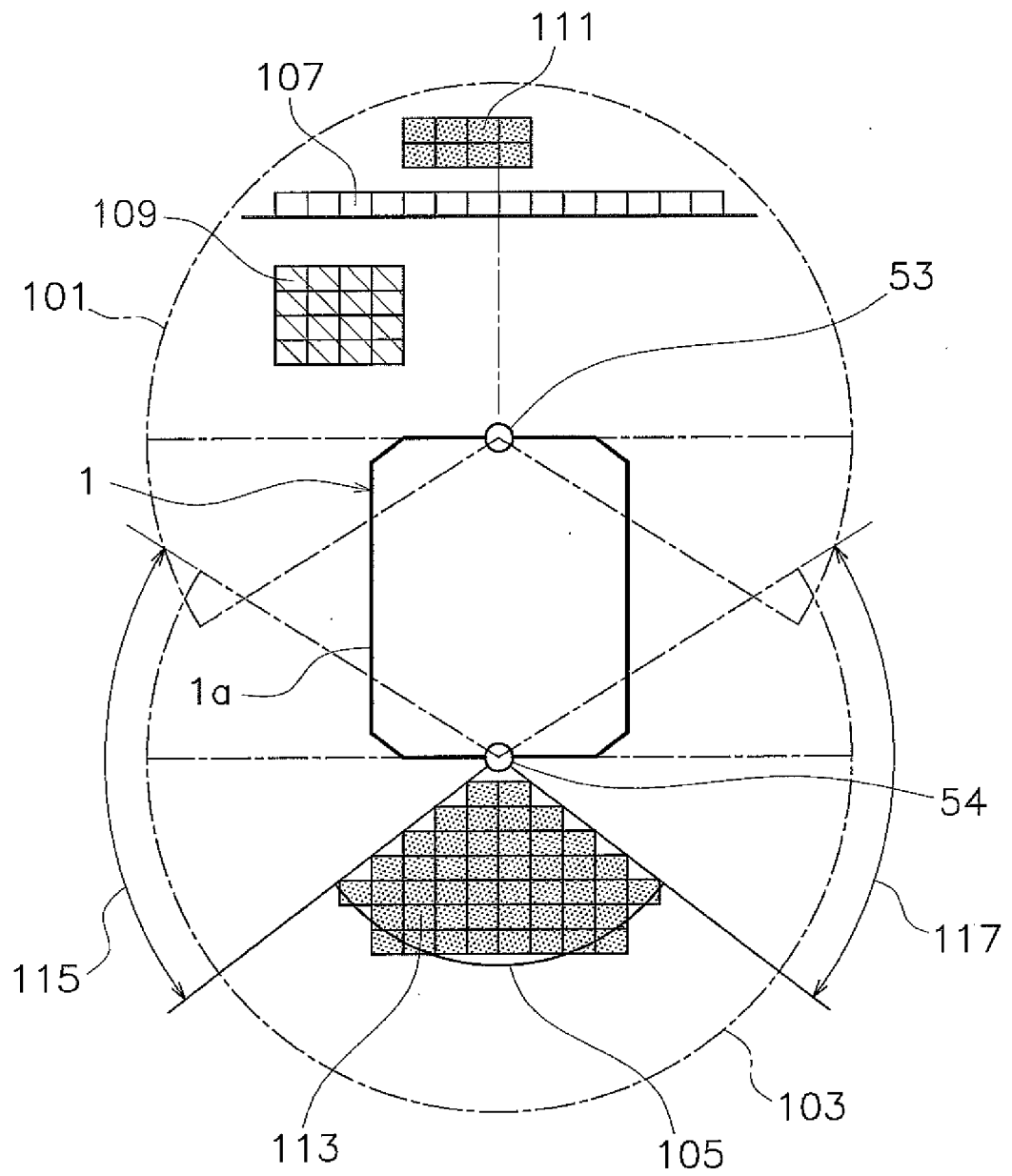
[図4]



[図5]



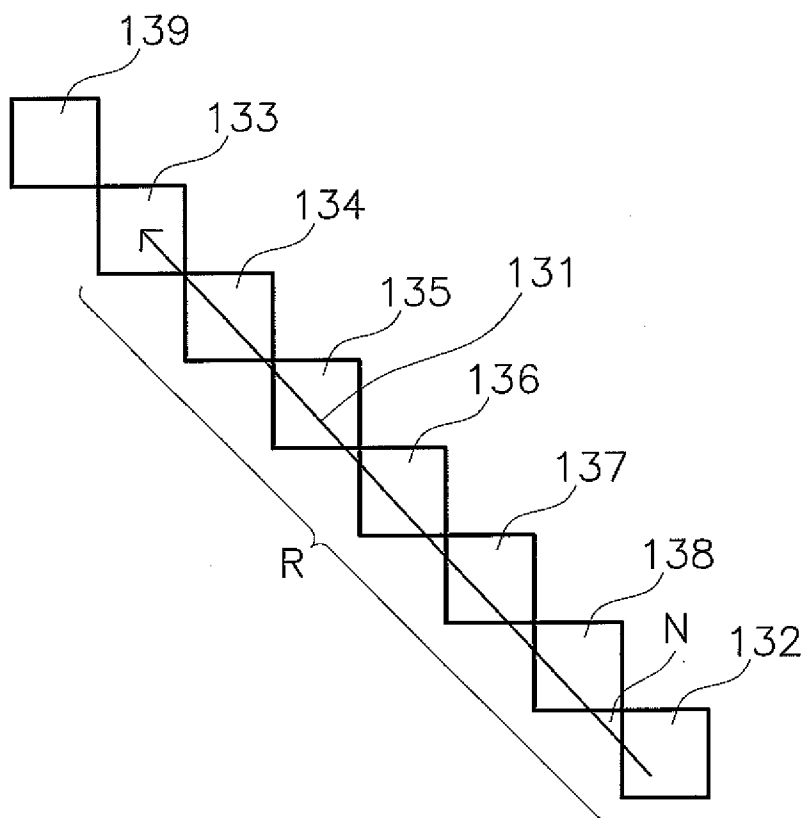
[図6]



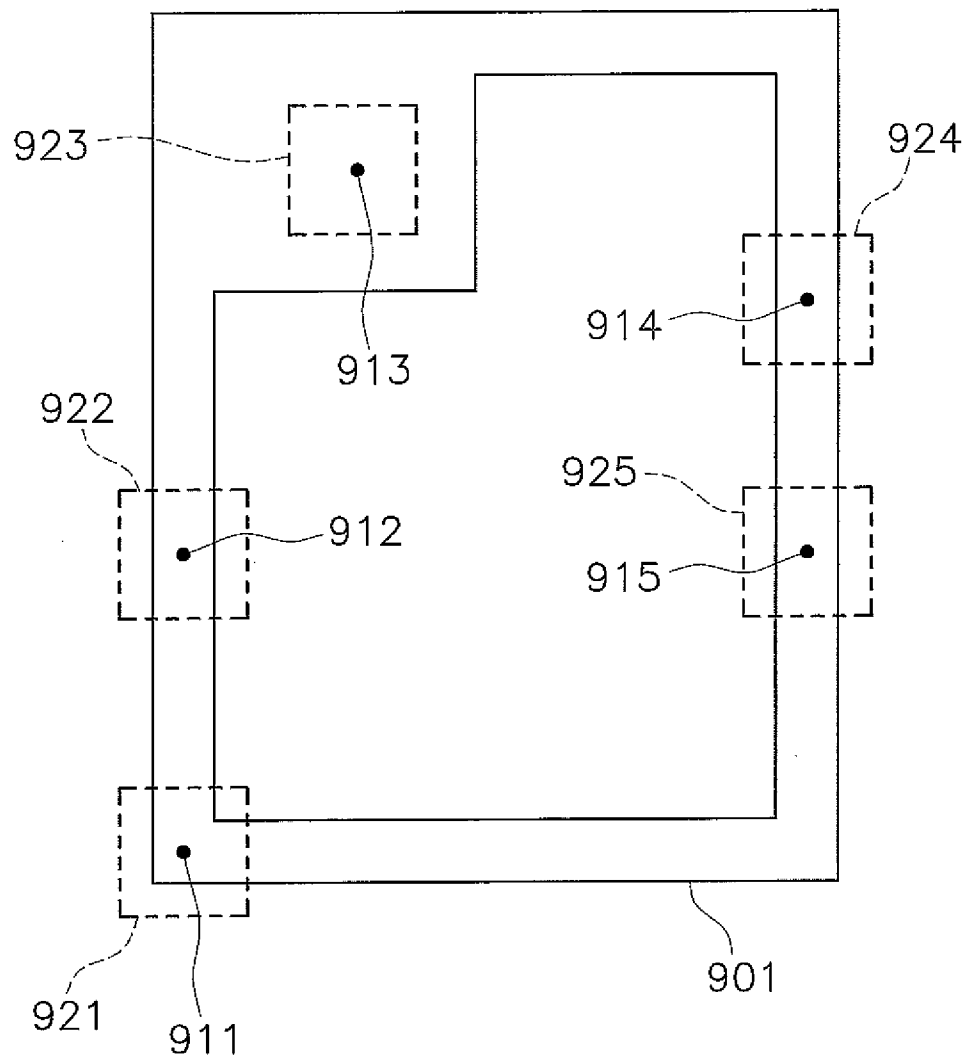
[図7]

角度 (deg.)	距離 (mm)
....	
63.6	2525
64.32	2472
65.04	2510
....	

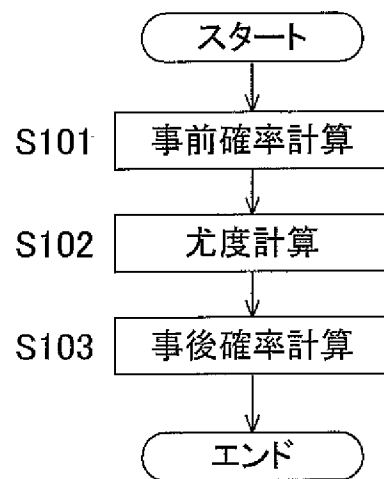
[図8]



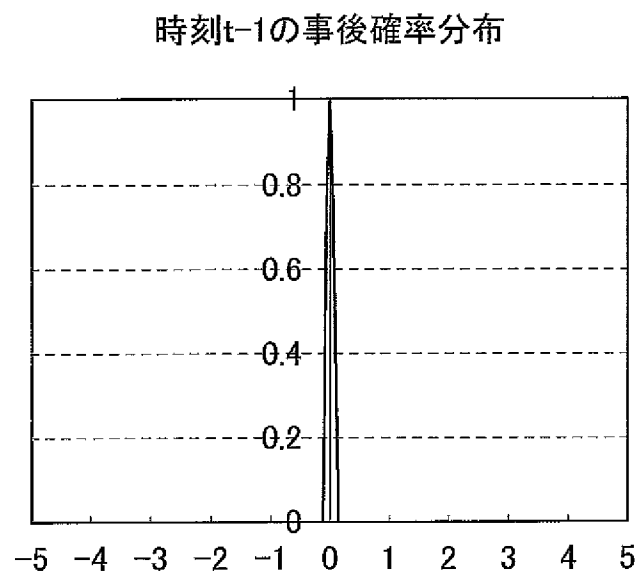
[図9]



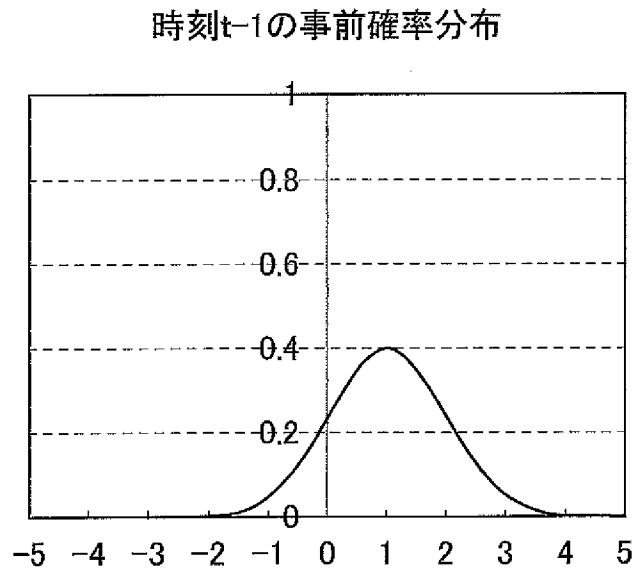
[図10]



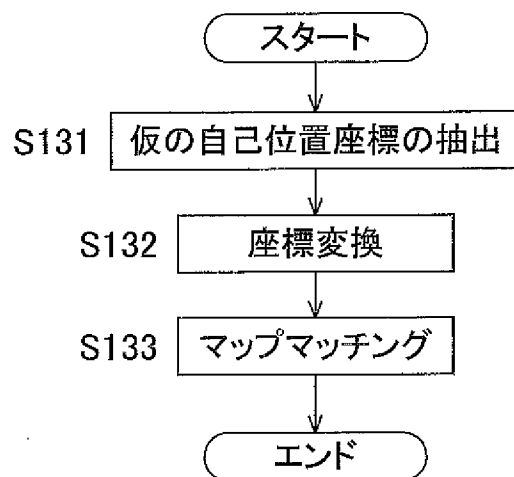
[図11]



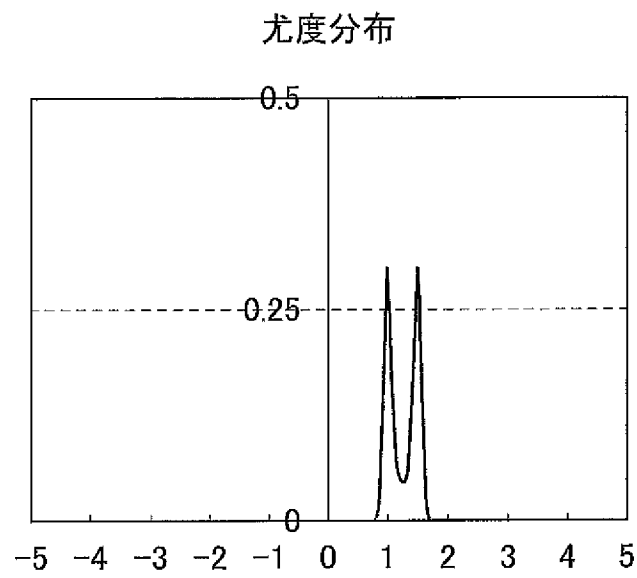
[図12]



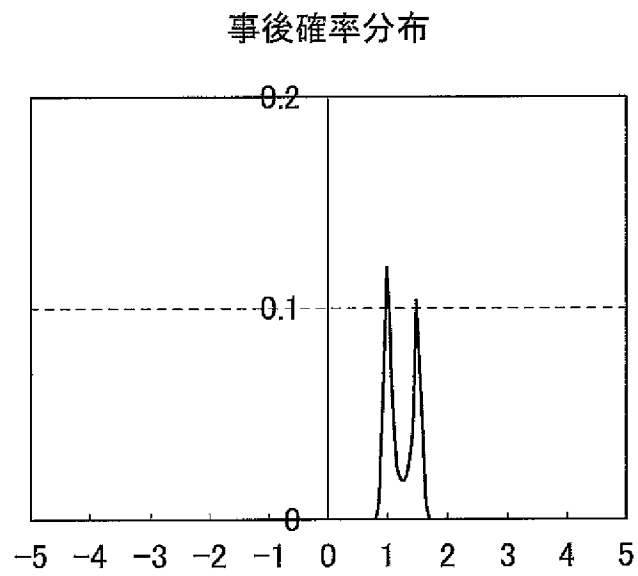
[図13]



[図14]



[図15]



[図16]

(a)

0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	1.0
-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
-0.5	-0.5	-0.5	-0.5

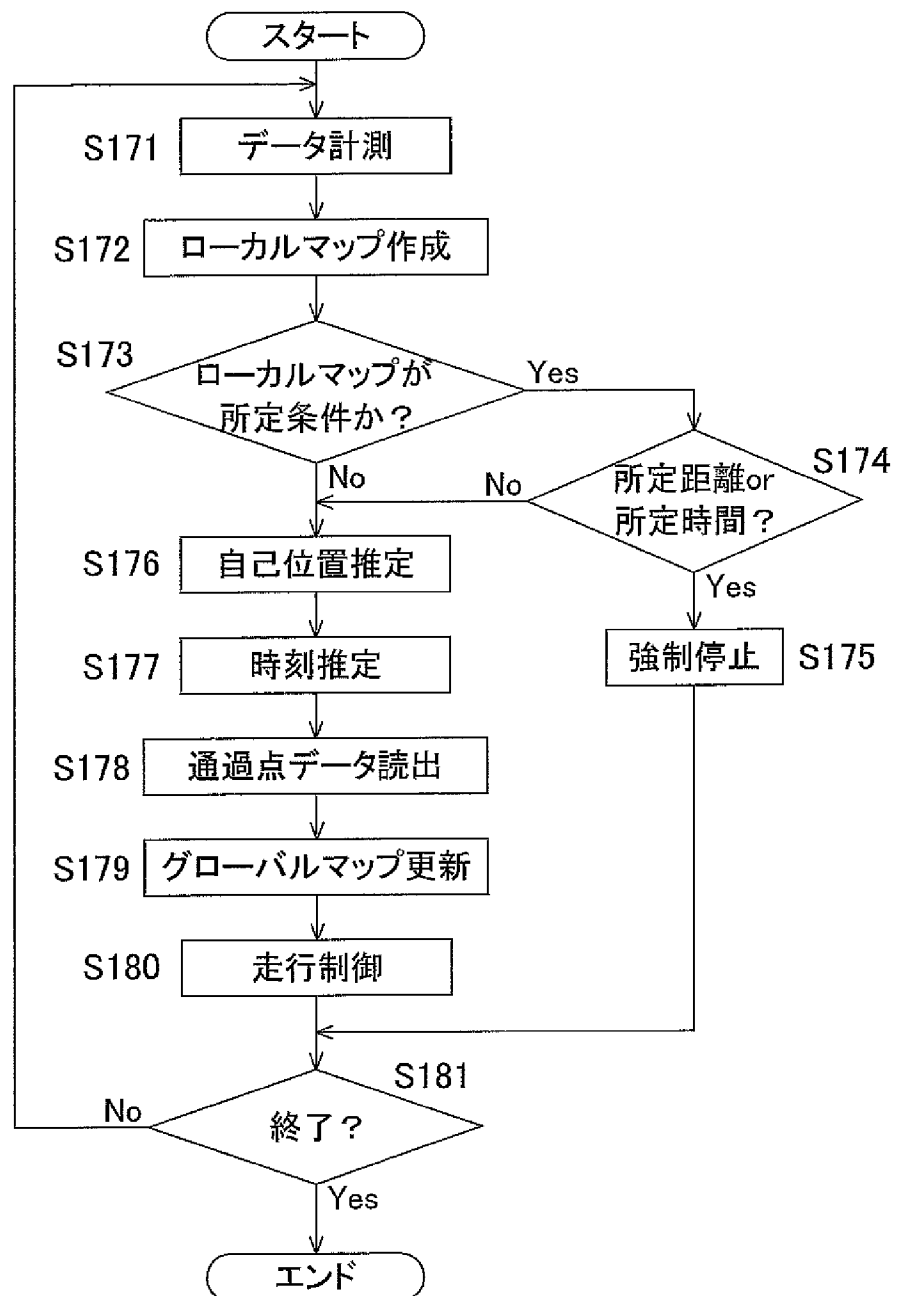
(b)

0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	0.0	1.0
-0.2	-0.2	1.0	-0.2
-0.5	-0.5	-0.2	-0.5

(c)

0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	1.0	1.0	1.0
-0.4	-0.4	0.8	-0.4
-1.0	-1.0	-0.7	-1.0

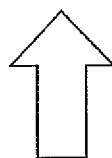
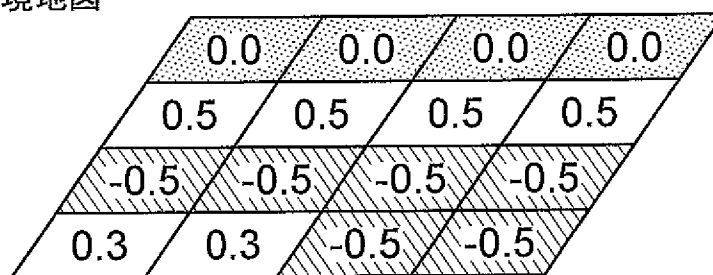
[図17]



[図18]

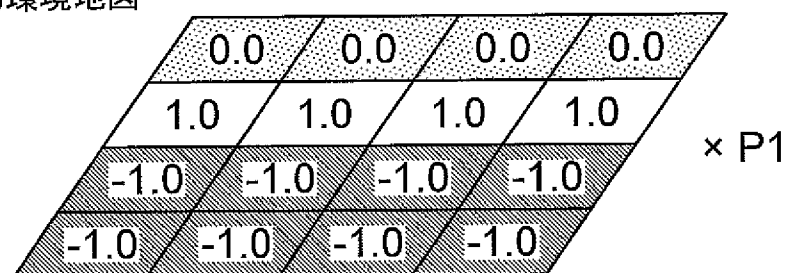
(a)

動的環境地図



(b)

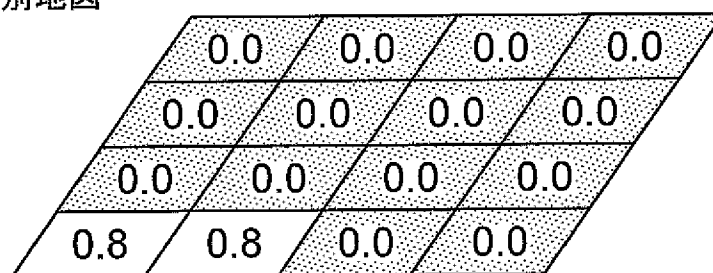
静的環境地図



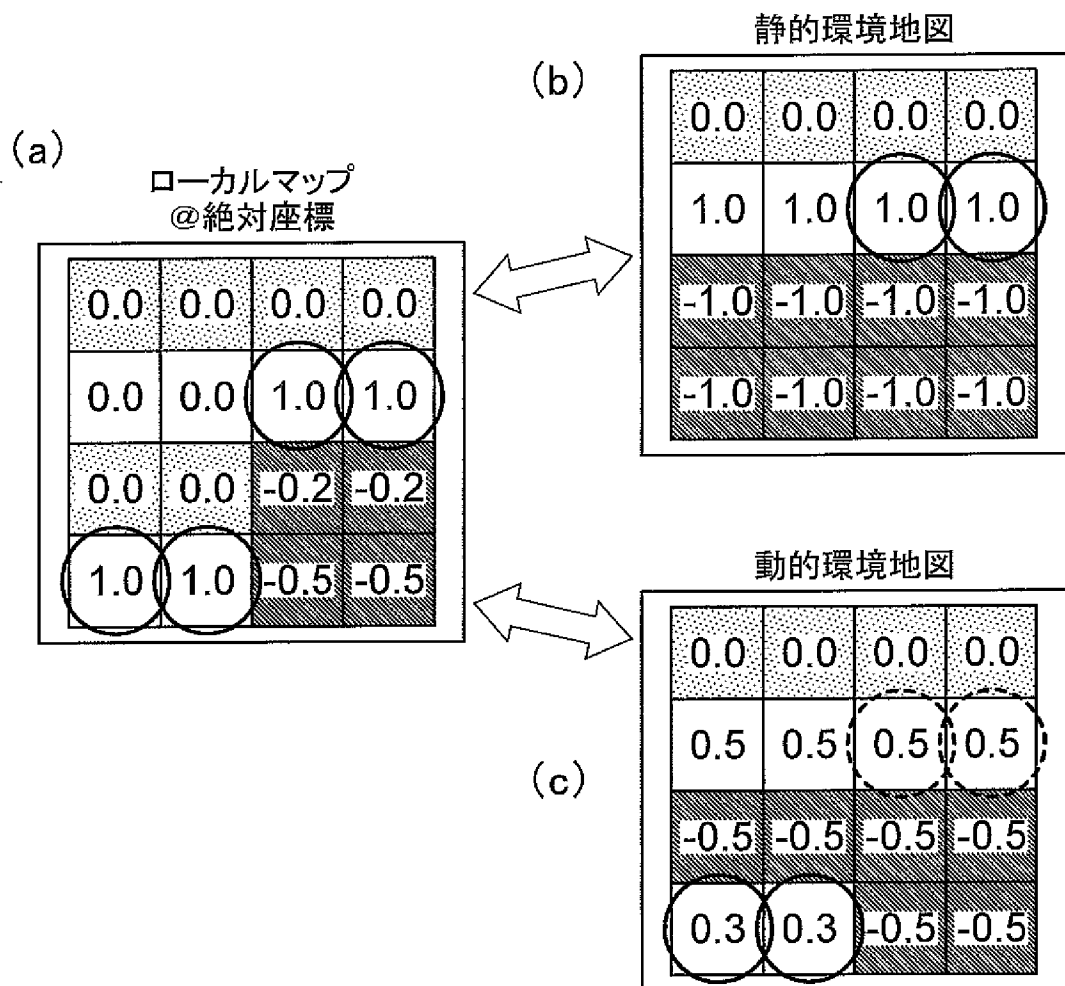
(c)

差別地図

+



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/060500

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.
X	JP 2004-5593 A (Matsushita Electric Works, Ltd.),	1-2, 4-5,
Y	08 January 2004 (08.01.2004),	8-10, 12-13
A	paragraphs [0027] to [0031]; fig. 9	3, 11
	(Family: none)	6-7, 14-15
Y	JP 2013-25351 A (Hitachi Industrial Equipment	3, 11
A	System Co., Ltd.),	1-2, 4-10,
	04 February 2013 (04.02.2013),	12-15
	paragraph [0037]; fig. 11 to 13	
	(Family: none)	
A	JP 2005-242409 A (Matsushita Electric Works, Ltd.),	1-15
	08 September 2005 (08.09.2005),	
	paragraphs [0028], [0032]	
	(Family: none)	

☒ 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
20 May, 2014 (20.05.14)

Date of mailing of the international search report
03 June, 2014 (03.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/060500

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-39968 A (Mitsubishi Electric Corp.), 24 February 2011 (24.02.2011), paragraphs [0002], [0004] (Family: none)	1-15
A	JP 2010-61484 A (Hitachi Industrial Equipment System Co., Ltd.), 18 March 2010 (18.03.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2012-128781 A (Toyota Motor Corp.), 05 July 2012 (05.07.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

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（I P C））

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
X Y A	JP 2004-5593 A（松下電工株式会社）2004.01.08, 【0027】 - 【0031】, 第9図（ファミリーなし）	1-2, 4-5, 8-10, 12-13 3, 11 6-7, 14-15
Y A	JP 2013-25351 A（株式会社日立産機システム）2013.02.04, 【0037】, 第11 - 13図（ファミリーなし）	3, 11 1-2, 4-10, 12-15

☒ 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

2 0 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

青山 純

3 U

4 4 8 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4

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
A	JP 2005-242409 A (松下電工株式会社) 2005.09.08, 【0028】, 【0032】 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2011-39968 A (三菱電機株式会社) 2011.02.24, 【0002】, 【0004】 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2010-61484 A (株式会社日立産機システム) 2010.03.18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2012-128781 A (トヨタ自動車株式会社) 2012.07.05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15