

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5439552号  
(P5439552)

(45) 発行日 平成26年3月12日(2014.3.12)

(24) 登録日 平成25年12月20日(2013.12.20)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 5 D 1/02 (2006.01)

G 0 5 D 1/02

J

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2012-173582 (P2012-173582)  
 (22) 出願日 平成24年8月6日(2012.8.6)  
 (62) 分割の表示 特願2007-261517 (P2007-261517)  
                   の分割  
           原出願日 平成19年10月5日(2007.10.5)  
 (65) 公開番号 特開2012-256344 (P2012-256344A)  
 (43) 公開日 平成24年12月27日(2012.12.27)  
           審査請求日 平成24年8月6日(2012.8.6)

(73) 特許権者 502129933  
                   株式会社日立産機システム  
                   東京都千代田区神田練堀町3番地  
 (74) 代理人 100100310  
                   弁理士 井上 学  
 (74) 代理人 100098660  
                   弁理士 戸田 裕二  
 (72) 発明者 正木 良三  
                   千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号  
                   株式会社日立産機システム内  
 (72) 発明者 守屋 俊夫  
                   埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株  
                   式会社日立製作所基礎研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

地図データを有するコントローラと複数の移動するロボットから構成されるロボットシステムであって、

前記ロボットは、それぞれ周囲の物体との距離を複数計測し、前記コントローラから入力した地図データと照合することで前記ロボットの位置及び角度を同定し、

前記コントローラは、複数の前記ロボットのうち、動作中であることを確認したロボットが計測した前記物体との距離と前記位置及び角度を基に、動作中の複数のロボットの地図更新データを合成することにより、前記地図データを生成又は更新することを特徴とするロボットシステム。

【請求項2】

地図データを有するコントローラと複数の移動するロボットから構成されるロボットシステムであって、

前記ロボットは、周囲の物体との距離を複数計測する距離センサと、前記地図データのうち、ロボット近傍の地域地図データを選択するデータ選択装置と、前記地域地図データと前記距離を照合することで前記ロボットの位置と角度を同定する同定装置を備え、

前記コントローラは、複数の前記ロボットのうち、動作中であることを確認したロボットの位置と角度、及び、動作中のロボットが計測した前記物体との距離を基に、動作中の複数のロボットの地図更新データを合成することにより、前記地図データを生成又は更新する地図生成装置を備えたことを特徴とするロボットシステム。

**【請求項 3】**

地図データを有するコントローラと複数の移動するロボットから構成されるロボットシステムであって、

前記ロボットは、周囲の物体との距離を複数計測する距離センサと、前記地図データのうち、ロボット近傍の地域地図データを記憶する記憶装置と、前記地域地図データと前記距離を照合することで前記ロボットの位置と角度を同定する同定装置を備え、

前記コントローラは、複数の前記ロボットのうち、動作中であることを確認したロボットの位置と角度、及び、動作中のロボットが計測した前記物体との距離を基に、動作中の複数のロボットの地図更新データを合成することにより、前記地図データを生成又は更新する地図生成装置を備えたことを特徴とするロボットシステム。

10

**【請求項 4】**

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のロボットシステムにおいて、

前記距離センサはレーザ測長器であることを特徴とするロボットシステム。

**【請求項 5】**

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のロボットシステムにおいて、

前記ロボットの位置と角度を同定した後に、該位置と角度、及び、前記コントローラからの動作指示により前記ロボットが自律移動することを特徴とするロボットシステム。

**【請求項 6】**

請求項 1 記載のロボットシステムにおいて、

前記複数のロボットは相互にロボットの位置を同定することを特徴とするロボットシステム。

20

**【請求項 7】**

請求項 2 乃至 3 のいずれかに記載のロボットシステムにおいて、

前記地域地図データは同定したロボットの位置により変更することを特徴とするロボットシステム。

**【請求項 8】**

請求項 7 記載のロボットシステムにおいて、

前記地域地図データを選択又は記憶したときのロボットの位置から所定距離以上、前記ロボットの位置が移動したとき、前記地域地図データを変更することを特徴とするロボットシステム。

30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は移動ロボットシステムに関し、特に、地図を生成・更新する機能を有する移動ロボットシステムに関する。

**【背景技術】****【0002】**

移動ロボットが周囲状態を計測し、そのデータを基に自己位置を推定しながら、かつ、同時に地図を生成する方法が提案されている。この方法はSLAM (Simultaneous Localization and Mapping) とよばれる技術で、地図情報を持たない環境にロボットが置かれた場合でも、ロボットが地図を生成しながら自己位置を推定していくことができるので、自律的に移動する特徴を持っている。

40

**【0003】**

例えば、特許文献 1 には、移動ロボットの移動センサと認識手段により、物体間の相対姿勢で表わされる地図情報とロボットの姿勢の同時推定を行うことで、新規地図情報を作成していく方法が示されている。また、特許文献 2 では、GPS (Global Positioning System) などの自己位置検出手段と、周囲の物体との距離と方向を検出する物体検出手段と、それらの検出データを基に移動する方向の環境地図を生成する機能を備えた移動制御装置が述べられている。さらに、特許文献 3 においては、マップデータ生成部と位置推定部が自律移動型ロボット、あるいは、サーバ装置に配置されていることが示されている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-276168号公報

【特許文献2】特開2005-332204号公報

【特許文献3】特開2007-94743号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

これらの公知例で示されているロボットシステムは、地図を生成する地図生成部とロボットの自己位置を推定する自己位置推定部の配置方法により、2つのケースに分けられる。一方の方法は地図生成部と自己位置推定部がロボットに内蔵されている場合であり、他方はロボットの動作を制御する上位のコントローラ（サーバ装置）にそれらが内蔵されている場合である。なお、地図生成をすること自体を目的としたロボットシステムの場合、ロボットは自律的に動作する必要はないので、人間が操作あるいは押す車両も本発明のロボットとよぶことにする。

10

【0006】

前者の場合、ロボットに内蔵したロボットコントローラの演算負荷が非常に大きくなってしまふとともに、地図を保存する記憶装置も大きくなってしまふ課題がある。特に、複数のロボットが同時に稼動するシステムにおいては、それぞれのロボットで生成した地図を相互に利用する場合には、上位のコントローラに各ロボットの地図情報を出力し、上位のコントローラがそれぞれの地図の整合性を取りながら、広い地図を再生成していく必要がある。そのため、膨大な地図データを通信して、上位のコントローラで高速演算処理しなければならない。

20

【0007】

また、後者の場合、ロボットで得られた周囲の環境情報（画像、障害物検知、移動機構のセンサ情報など）を上位のコントローラに送信し、位置を推定しながら地図を生成するので、それを基にロボットを移動制御する場合には、上位コントローラとロボットとの送受信で時間がかかり、高速応答のロボット走行制御を行うことができない問題点がある。さらに、複数のロボットをこの方式により稼動する場合には、ロボット走行制御演算のため、上位コントローラは高速・高性能の演算処理を必要とする課題がある。

30

【0008】

本発明は前記課題に対してなされたもので、その目的とするところは、ロボットの高応答性を確保しながら演算負荷を低減するとともに、複数のロボットを駆動する場合にも、上位のコントローラが比較的安価になるロボットシステムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するに当って、以下のような対応を図るものである。

【0010】

地図データを有するコントローラと複数の移動するロボットから構成されるロボットシステムであって、前記ロボットは、それぞれ周囲の物体との距離を複数計測し、前記コントローラから入力した地図データと照合することで前記ロボットの位置及び角度を同定し、前記コントローラは、複数の前記ロボットのうち、動作中であることを確認したロボットが計測した前記物体との距離と前記位置及び角度を基に、動作中の複数のロボットの地図更新データを合成することにより、前記地図データを生成又は更新する。

40

【0011】

また、地図データを有するコントローラと複数の移動するロボットから構成されるロボットシステムであって、前記ロボットは、周囲の物体との距離を複数計測する距離センサと、前記地図データのうち、ロボット近傍の地域地図データを選択するデータ選択装置と、前記地域地図データと前記距離を照合することで前記ロボットの位置と角度を同定する

50

同定装置を備え、前記コントローラは、複数の前記ロボットのうち、動作中であることを確認したロボットの位置と角度、及び、動作中のロボットが計測した前記物体との距離を基に、動作中の複数のロボットの地図更新データを合成することにより、前記地図データを生成又は更新する。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、ロボット及びコントローラの演算負荷を低減できるので、高応答性を有するロボットを制御する比較的安価なロボットシステムを提供できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0013】

10

【図1】実施例1のシステム構成を示すブロック図

【図2】ロボットの動き方と物体距離を測長する範囲を示した地図

【図3】ロボットの初期姿勢と物体の距離を計測したときの状態を上部から見た関係図

【図4】地図データと測長した距離を照合してロボットの位置と角度を同定したときの状態を上部から見た関係図

【図5】ロボットの姿勢を同定する処理方法を示したフローチャート

【図6】同定したロボットの姿勢と測長データから、新たな物体を検出する地図生成方法を示した関係図

【図7】実際のロボットと物体の関係を上部から見た関係図

【図8】地図生成の演算を行うフローチャート

20

【図9】図1と異なる他の実施例で、複数のロボットが動作するときのシステム構成を示すブロック図

【図10】複数のロボットにより地図生成を行うフローチャート

【図11】複数のロボットが相互に位置同定する機能を追加した図10と異なる実施例のフローチャート

【図12】ロボット22が物体との距離を測長したときの状態を上部から見た関係図

【図13】ロボット21が物体との距離を測長したときの状態を上部から見た関係図

【図14】ロボットが相互に計測した範囲を上部から見た関係図

【図15】広範囲の動作領域を運行するロボットシステムの構成を示すブロック図

【発明を実施するための形態】

30

【0014】

以下、本発明の実施の形態を図1～図14に基づいて説明する。

【実施例1】

【0015】

図1は、本発明に特徴的な上位のコントローラ1と移動する1つのロボット2から構成されるロボットシステムのブロック図である。コントローラ1はロボット2の走行指令を出力する走行制御指令部3、ロボット2が走行する領域の地図を記憶した地図データ記憶部4、地図生成を行う地図生成装置5、及び、ロボット2とデータの送受信を行う送受信部6から構成される。また、ロボット2は上位のコントローラ2との通信を行う送受信部7、コントローラ1から出力される走行指令によりロボット2の走行状態を制御する走行制御部8、ロボット2と周囲にある物体13との距離dを計測する距離センサ9、この距離dのデータと、コントローラ1から入力される地図のデータを基にロボット2の自己位置を同定する同定装置10、及び、ロボット2を走行する車輪11、12から構成されている。

40

【0016】

ここで、絶対座標系(x-y静止座標系)におけるロボット2の位置を(xr、yr)とし、ロボット2の角度をrと表わすことにする。また、ロボット位置(xr、yr)及び角度rを合わせて、ロボット2の姿勢とよぶ。

【0017】

まず、ロボット2の走行制御に関する動作を、図1、図2により説明する。図2はロボ

50

ットが動作領域 1 4 の中を移動する状態の一例を上部から見た状態図である。図 2 の動作領域 1 4 は塀に囲まれており、ロボット 2 は物体 1 5、1 6、1 7、1 8 を避けながらその他の領域（つまり、通路）を走行することができる。ここで、物体 1 5、1 6、1 7、1 8 は作業台、部屋、あるいは、壁などを意味しているが、ここでは説明を単純化するために、物体もしくは作業台とよぶことにする。図 2 はロボット 2 を作業台 1 5 の出発点 4 1 から到着点 4 2 まで移動している途中の状態を示している。

#### 【0018】

コントローラ 1 の走行制御指令部 3 では、人間からの指令、あるいは、記述していない上位のロボット運行管理システムからの指令などを与えられると、それらの指令とロボット 2 の姿勢から得られるロボット位置 ( $x_r$ 、 $y_r$ ) を基に、ロボット 2 を出発点 4 1 に移動させた後、到着点 4 2 までのロボットの走行経路を計画し、図 2 のような破線で示した経路を走行指令として、ロボット 2 の走行制御部 8 に出力する。走行制御部 8 では、走行指令に対して、後述する同定装置 10 から出力されるロボット 2 の姿勢を入力し、フィードバック制御を行い、車輪 1 1、1 2 の走行速度、及び、操舵角を制御する。これにより、ロボット 2 は図 2 の破線で示した経路どおりに到着点 4 2 まで移動することができる。また、走行制御部 8 では、入力したロボット 2 の姿勢と、その後に走行制御によりロボットが移動した距離、角度から、ロボット 2 の姿勢が幾何学的に推定される。しかしながら、車輪 1 1、1 2 のすべりなどがあるため、実際のロボット 2 の姿勢と異なることがあるので、以下、走行制御部 8 で算出されたロボット 2 の姿勢は推定姿勢とよぶことにする。

#### 【0019】

次に、図 1 の距離センサ 9 について説明する。距離センサ 9 が測長する範囲を図 2 に示す。この実施例で用いる距離センサ 9 はレーザ測長器とよばれるもので、ロボット 2 の前方に取り付けられている。この距離センサ 9 により、ロボット 2 の正面を中心に  $\pm 90^\circ$ 、つまり、 $180^\circ$  の範囲でロボット 2 から周囲の物体までの距離  $d$  を計測できる。図 2 の場合には、ロボット 2 から見たそれぞれの角度に対する動作領域 1 4 の壁と、あるいは、物体 1 7 までの距離  $d$  を計測していることを示している。

#### 【0020】

ここで、図 1 の同定装置 10 における処理内容について図 3 から図 8 までを用いて説明する。走行制御部 8 において算出された前述の推定姿勢が同定装置 10 に入力される。同定装置 10 では、入力された推定姿勢を、初期姿勢 ( $x_{r0}$ 、 $y_{r0}$ 、 $r_0$ ) と定義し、以下これに従う。この初期姿勢 ( $x_{r0}$ 、 $y_{r0}$ 、 $r_0$ ) をロボット 2 の姿勢と見なして、計測した距離  $d$  を地図上に展開すると、図 3 のようになる。なお、この地図はコントローラ 1 の地図記憶部 4 から同定装置 10 に入力されたものである。図 3 によれば、動作領域 1 4 の壁の下側及び右側において、距離  $d$  のデータと地図が大きくずれていることがわかる。この距離  $d$  のデータと地図が図 4 のようにほぼ一致すると、ロボット 2 の姿勢 ( $x_r$ 、 $y_r$ 、 $r$ ) が距離  $d$  を計測したときの実際の姿勢を示していることを意味する。初期姿勢 ( $x_{r0}$ 、 $y_{r0}$ 、 $r_0$ ) は走行制御部 8 で推定した値であり、図 3 の場合には、ロボット 2 の実際の姿勢 ( $x_r$ 、 $y_r$ 、 $r$ ) とは異なることを意味している。

#### 【0021】

そこで、初期姿勢 ( $x_{r0}$ 、 $y_{r0}$ 、 $r_0$ ) を基にロボット 2 の実際の姿勢 ( $x_r$ 、 $y_r$ 、 $r$ ) を求める同定装置 10 の演算方法について、図 5 を用いて、初期姿勢 ( $x_{r0}$ 、 $y_{r0}$ 、 $r_0$ ) は実際の姿勢 ( $x_r$ 、 $y_r$ 、 $r$ ) の近傍にあることを前提とした場合について説明する。なお、求めるパラメータは位置  $x_r$ 、 $y_r$ 、及び、角度  $r$  の 3 つである。このうち、 $x$  軸、 $y$  軸に関しては、 $x_{r0}$  と  $x_r$  の差、 $y_{r0}$  と  $y_r$  の差が最大となる可能性がある値よりも大きい距離探索値  $W$  を設定する。また、方向に関しては、 $r_0$  と  $r$  の差が最大となる可能性がある値よりも大きい角度探索値  $\theta$  を設定する。

#### 【0022】

初期姿勢 ( $x_{r0}$ 、 $y_{r0}$ 、 $r_0$ ) のそれぞれの値が同時に実際の姿勢 ( $x_r$ 、 $y_r$ 、 $r$ ) と一致したとき、図 4 のように、地図と距離  $d$  のデータがほぼ一致する。言い換えれば、図

10

20

30

40

50

4の状態のとき、複数からなる距離 $d$ のデータから地図までの誤差の和を計算すると、その値が最小となる。これを下記のようにして、探索法で求める。

【0023】

ステップ101で、ロボットの推定姿勢、つまり、初期姿勢( $x_{r0}$ 、 $y_{r0}$ 、 $r_0$ )を入力する。ステップ102では、図5に示すように、3つのパラメータについて、探索するための初期値( $x_{rc}$ 、 $y_{rc}$ 、 $r_c$ )を計算する。また、差の総和 $E$ を総和最大値 $E_{max}$ に設定する。総和最大値 $E_{max}$ は、下記に示すステップ103、104で計算される $E_c$ の中で最大となる値よりも、はるかに大きい値に設定するものとする。ステップ103においては、ロボットの姿勢が( $x_{rc}$ 、 $y_{rc}$ 、 $r_c$ )であるとして、距離 $d$ ( )と地図との差 $e$ ( )を求める。なお、距離 $d$ ( )は距離センサ9で計測した角度 の距離のことを表わすものとする。また、 $e$ ( )は、地図のデータの中で、距離 $d$ ( )に最も近い地図データとの差を示す。例えば、図3では、図示するように、 $=0$ のとき、距離 $d(0)$ に対する $e(0)$ は動作領域14の右側の壁との最小距離がその値となる。ステップ103では、角度 を $-90^\circ$ から $+90^\circ$ までの誤差 $e$ ( )をそれぞれ計算する。次のステップ104は、角度 を $-90^\circ$ から $+90^\circ$ までの誤差 $e$ ( )の総和 $E_c$ を求める。

10

【0024】

総和 $E$ と総和 $E_c$ とをステップ105で比較した結果、 $E_c$ が $E$ より小さい場合には、ステップ106の処理を行う。 $E_c$ が $E$ 以上のときには、ステップ107に直接ジャンプする。ステップ106の処理は、総和 $E_c$ 、位置 $x_{rc}$ 、 $y_{rc}$ 、角度  $r_c$ を、それぞれ総和 $E$ 、位置 $x_r$ 、 $y_r$ 、角度  $r$ にセットする。ステップ106の処理は、ステップ103、ステップ104で計算した総和 $E_c$ の中で、最も小さいときの位置 $x_{rc}$ 、 $y_{rc}$ 、角度  $r_c$ を位置 $x_r$ 、 $y_r$ 、角度  $r$ に記憶しておくことを意味している。ステップ106の処理が終了した後は、ステップ107に飛ぶ。

20

【0025】

ステップ107の計算は、位置 $x_{rc}$ を $x$ 軸計算幅  $x$ だけ加算したものを位置 $x_{rc}$ として再設定するものである。 $x$ 軸計算幅  $x$ は同定して得られる姿勢( $x_r$ 、 $y_r$ 、 $r$ )の精度と計算量から考慮される小さい値に設定することが望ましい。後述する $y$ 軸計算幅  $y$ 、角度計算幅 についても、同様である。

【0026】

ステップ108において、位置 $x_{rc}$ が $x_{r0}+W/2$ に到達したかを判断し、位置 $x_{rc}$ が $x_{r0}+W/2$ 以下であれば、ステップ103からステップ107までの処理を繰り返す。ここまでの処理は、位置 $y_{rc}$ 、角度  $r_c$ を一定とした状態で、位置 $x_{rc}$ を $x_{r0}-W/2$ から $x_{r0}+W/2$ まで、 $x$ 軸計算幅  $x$ 毎に、総和 $E_c$ の計算を行い、その範囲における最小値を求めるものである。ステップ108で位置 $x_{rc}$ が $x_{r0}+W/2$ を越えたと判断したときには、距離探索の領域外となることを意味するので、ステップ109にジャンプし、図5に記述しているように、位置 $x_{rc}$ を初期値である $x_{r0}-W/2$ に、位置 $y_{rc}$ を $y$ 軸計算幅  $y$ だけ加算したものを位置 $y_{rc}$ に置換えている。ステップ110は、ステップ108と同様に、位置 $y_{rc}$ が $y_{r0}+W/2$ に到達したかを判断し、位置 $y_{rc}$ が $y_{r0}+W/2$ 以下であれば、ステップ103からステップ109までの処理を繰り返す。この結果、総和 $E$ は、 $r_c$ を一定の値として、 $x$ 軸、 $y$ 軸方向の距離探索の領域全域における最小値を求めることができる。従って、その範囲における総和 $E$ が最小となるロボットの姿勢( $x_r$ 、 $y_r$ 、 $r$ )も得られる。

30

40

【0027】

ステップ110で位置 $y_{rc}$ が $y_{r0}+W/2$ を越えたと判断した場合には、図5のステップ111に示す処理を行う。つまり、位置 $y_{rc}$ を初期値である $y_{r0}-W/2$ に、位置  $r_c$ を角度計算幅 だけ加算したものを位置  $r_c$ に置換えている。次に、ステップ112では、角度  $r_c$ が  $r_0+ /2$ に到達したかを判断し、角度  $r_c$ が  $r_0+ /2$ 以下である場合には、ステップ103からステップ111までの処理を繰り返す。角度  $r_c$ が  $r_0+ /2$ を越えたときには、同定演算を終了することになる。以上の処理を行うことにより、 $x$ 軸、 $y$ 軸の距離探索値 $W$ の範囲、及び、 方向の角度探索値 の範囲について、すべての総和 $E_c$ を計算し、その中で最小となる $E_c$ を総和 $E$ として確定することができる。そのとき、記憶

50

されている位置  $x_r$ 、 $y_r$ 、角度  $\theta_r$  が、実際のロボットの姿勢 ( $x_r$ 、 $y_r$ 、 $\theta_r$ ) であると同定することができる。図 4 がそのときの結果である。

#### 【0028】

ここで、図 4 の右側において、距離  $d$  のデータの中に、明らかに地図と一致しないデータ  $d(a)$ 、 $d(b)$ 、 $d(c)$  があり、その場所に地図に示されていない何らかの物体が存在することを意味している。例えば、レイアウト替えにより物体が配置された場合が考えられる。本実施例では、図 7 における動作領域 14 の右側の壁と物体 17 の間にある物体 19 がある場合で説明する。図 4 の結果から、図 6 に示すように、新たな物体 19 の一部を検出することになる。この情報を基に、コントローラ 1 の地図生成装置 5 では、地図の生成・更新を行う。

10

#### 【0029】

この演算方法について、図 8 のフローチャートを用いて説明する。まず、ステップ 201 でロボット 2 の姿勢 ( $x_r$ 、 $y_r$ 、 $\theta_r$ ) を入力し、ステップ 202 において距離センサ 9 で得られた距離  $d$  を入力する。次のステップ 203 では、角度  $\theta_r$  に対する物体との距離  $d(\theta_r)$  を基に、ロボット 2 から  $\pm 90^\circ$  の範囲内で検出される物体の位置 (静止座標系)、つまり、物体検出位置 ( $x_d(\theta_r)$ 、 $y_d(\theta_r)$ ) を求める。角度  $\theta_r$  の演算刻み幅  $\Delta\theta$  は距離センサ 9 のデータ数、演算処理時間などにより決定するものであり、ステップ 203、204、及び、205 の繰返し演算はこの演算刻み幅  $\Delta\theta$  毎に行う。ステップ 204 における演算は、ロボット位置 ( $x_r(\theta_r)$ 、 $y_r(\theta_r)$ ) から物体検出位置 ( $x_d(\theta_r)$ 、 $y_d(\theta_r)$ ) までの地図更新データを作成するものである。ロボット 2 から物体の位置までの距離を検出するということは、物体が存在する位置を検出することだけでなく、ロボット 2 から検出した物体の位置までの間には、他の物体が存在しないことも計測していることになる。従って、ステップ 204 では、物体の位置だけでなく、物体が存在しない範囲も含めて、地図更新データを作成する。ステップ 205 では、この地図更新データを用いて、地図データの要素毎に、書き換え、及び、フィルタリング処理演算を行う。この結果得られる地図の変更データは地図データ記憶部 4 に出力される。

20

#### 【0030】

以上の処理により、ロボット 2 が収集した距離データに基づきロボット 2 の姿勢を同定するとともに、コントローラ 1 が常に地図を追加・更新する。これにより、高速の演算処理時間を必要とする姿勢の同定処理と、地図生成を分離するので、ロボット 2 で行う演算処理を軽減でき、ロボットを安価にすることができる。

30

#### 【0031】

図 9 は複数のロボットがコントローラ 1 により運行されるシステムの実施例である。ロボット 20、21 及び 22 が動作領域 14 の中を動作するものであり、それぞれのロボットはコントローラ 1 により制御される。図 9 におけるコントローラ 1 は、ロボット運行管理部 23、走行制御指令部 24、25、26、地図生成装置 27、地図データ記憶部 4、送受信部 6 から構成される。ロボット運行管理部 23 は、ロボット 20、21 及び 22 の運行方法を管理するもので、各ロボットをそれぞれ設定した位置まで移動するように指令を与える機能を有する。この運行指令により、走行制御指令部 24、25 及び 26 はそれぞれロボット 20、21 及び 22 に走行指令を出力し、それらの動作を制御する。これらの処理方法は、図 3 の走行制御指令部 3 で説明したものと同様である。これらの走行指令により、ロボット 20、21 及び 22 は移動・停止を行う。また、図 5 の実施例で説明したように、各ロボットはそれぞれ自己の姿勢を同定し、その結果を走行制御指令部 24、25、26 と地図生成装置 27 に出力する。

40

#### 【0032】

次に、本実施例で特徴的な地図生成装置 27 について図 10 を用いて説明する。ステップ 301 において、ロボット 20 が動作中であるか否かを判断し、動作中である場合にはステップ 302 の処理を、そうでない場合にはステップ 303 にジャンプする。ステップ 302 はロボット 20 の地図更新データを作成するものであり、ロボット 20 の距離センサにより検出できる範囲について、図 8 で説明した処理方法と同様の処理を行う。ロボッ

50

ト 20 が動作中でない場合には、新しい情報が得られないので、ステップ 302 の処理を行わないことにする。ステップ 303、304 はロボット 21 を対象として、ステップ 305、306 はロボット 22 を対象として、それぞれ地図更新データを作成するものである。これらの処理により得られた地図更新データは、ステップ 307 で合成される。この結果、3つのロボットで得られた情報を1つの地図更新データにまとめると、次のステップ 308 において、地図の書き換え、フィルタリング処理を行い、新しい情報を含む地図を更新することができる。

#### 【0033】

ここで、従来のシステムと本実施例の違いについてまとめる。まず、従来のシステムの1つとして、ロボットの姿勢の同定と地図生成をコントローラ 1 ですべて行うシステムである場合を説明する。この場合、多くのロボットの姿勢同定をするために、演算が膨大になってしまい、演算結果を得るまでの時間が長くなる問題がある。つまり、姿勢同定結果を基にしたロボットのフィードバック制御では、高速応答化することができない。また、従来システムの他の事例として、ロボットが姿勢の同定と地図生成をそれぞれ行うシステムでは、各ロボットが収集した情報だけで作成した地図が複数存在することになり、他のロボットが得た最新の情報を活用できないという問題がある。これに対して、図 9、図 10 の実施例によれば、複数のロボットが運行されるシステムにおいて、それぞれのロボットの演算負荷を大きくすることなく、ロボットの姿勢を同定することができる。また、コントローラ 1 において複数のロボットからの情報を集めて、地図を統一的に作成することができるので、すべてのロボットが同じ地図情報を基に制御され、移動することになる。そのため、他のロボットが収集した情報を含む最新の地図情報でロボットの姿勢の同定も行うことができるので、より信頼度と精度の高い同定を行うことができる。

#### 【0034】

図 11 は、図 9、図 10 の実施例における地図生成装置 27 の演算が異なる他の実施例である。図 10 と比べて、ステップ 309 の演算が追加されたものであり、複数のロボットが動作する場合に有効な処理である。例えば、図 12 ~ 図 14 に示すように、ロボット 21 とロボット 22 が互いに距離センサにより地図更新データとして検出できる場合を考える。ロボット 22 は搭載している距離センサで図 12 に示す範囲の距離を検出することになるので、図 11 のステップ 306 において、ロボット 21 を含めて地図更新データを作成する。また、図 13 のように、ロボット 21 についても、図 11 のステップ 304 において、ロボット 22 を含めて地図更新データを作成する。

#### 【0035】

ステップ 309 では、図 9 の地図生成装置に入力されたすべてのロボットの姿勢と、図 11 のステップ 302、304、306 で得られた地図更新データを照合して、ロボットの位置が正しく同定されているかを判断する。正しく同定されていないと判断した場合には、ロボット位置同定異常として、警報を吹鳴する、あるいは、システムを停止するなどの処置を行う。

#### 【0036】

また、図 14 に示すように、ロボット 21 とロボット 22 が向かい合っている場合には、互いのロボットの姿勢と距離の情報から、ロボット 21 とロボット 22 の距離が誤差精度範囲内で正しく計測されているかを確認する。この方法により、ロボットに搭載した距離センサの高い信頼性を確保することができる。さらに、2つのロボットが同時に計測する物体の範囲については、三角測量の原理から、高精度に地図を生成することができる。図 14 の場合には、太線で表した物体 17 の左側の一部、物体 15 の上部右側、物体 18 の下部右側がそれに相当する。このように、複数のロボットで相互にロボットの位置を同定することにより、高い信頼性を持つシステムを構築できるとともに、地図生成の高精度化にも寄与できる特徴を持つ。

#### 【0037】

図 15 は広範囲の領域を動くロボットシステムの実施例であり、広範囲の地図データのうち、ロボット 2 がいる位置の近傍だけの地図をロボットの姿勢の同定に利用するもので



ある。以下、このロボット近傍の地図を地域地図とよぶことにする。図 15 の実施例が図 1 と異なる点は、地図データ記憶部 30、走行制御指令部 31、モータ制御部 32 の処理方法である。

#### 【0038】

走行制御指令部 31 では、図 1 の走行制御指令部 3 と同様の方法で走行指令を求める。次に、ロボット 2 から検出された車輪 11、12 の回転数、舵角を走行制御指令部 31 に入力する。なお、これらの回転数、舵角のことをオドメトリとよぶことにする。また、ロボット 2 の同定装置 10 で同定された姿勢も走行制御指令部 31 に入力している。入力された姿勢とオドメトリから、最新のロボット 2 の姿勢を推定して、走行指令に対するロボット 2 の姿勢のフィードバック制御を行う。この結果に基づき、車輪 11、12 を駆動する各モータのモータ制御指令をロボット 2 に出力する。ロボット 2 のモータ制御部 32 では、これらのモータ制御指令に基づき、モータの制御を行い、ロボット 2 を駆動する。

10

#### 【0039】

また、本実施例の特徴的な点は、地図データ記憶部 30 に入出力するデータである。地図生成装置 5 で、ロボット 2 の姿勢からロボット 2 がどの地域にいるかを判断し、地域選択指令を地図データ記憶部 30 に出力する。この地域選択指令に基づき、ロボットが存在する地域地図を地図データ記憶部 30 からロボット 2 の同定装置 10 に出力する。同定装置 10 は、図 1 の実施例と同様であり、地域地図を基にロボット 2 の姿勢を同定する処理を行う。なお、地図生成装置 5 から地図データ記憶部 30 に出力される変更データは、地域地図の範囲に限定されるものではなく、ロボット 2 が測定した距離データから得られる地図更新データに基づくものである。

20

#### 【0040】

ロボットが設定した地域外に移動する場合には、地域選択指令を変更することにより、自動的にロボット 2 が必要とする地域地図に書き換えられる特徴がある。従って、本実施例を用いることにより、広範囲の領域を動き回るロボットシステムにおいて、ロボットの地図が必要とする記憶装置を大きくすることなく、ロボットの姿勢同定、地図生成・更新を行うことができるので、工場や物流センタなどの広範囲の動作領域を動くロボットシステムを比較的安価に提供できる利点がある。

#### 【0041】

以上が、工場や物流センタなどの所定の動作領域で運行するロボットシステムにおいて、適用した実施例であるが、ビルや病院内で運行するロボットシステムにも適用できる。1つのロボットが運行するシステムと複数のロボットが運行するシステムについて、異なる制御方法によりロボットを制御する方法を実施例として説明したが、これらの方法を組合せて実施する方法も、有効である。また、先にも述べたように、地図生成することを目的としたロボットシステムの場合、ロボットは自律的に動作する必要はないので、人間が操作あるいは押す車両も本発明のロボットであり、それに適用することもできる。従って、本実施例に述べた方法に限定するものでなく、複数の組合せを併用した場合でも、本発明は広く適用できる。

30

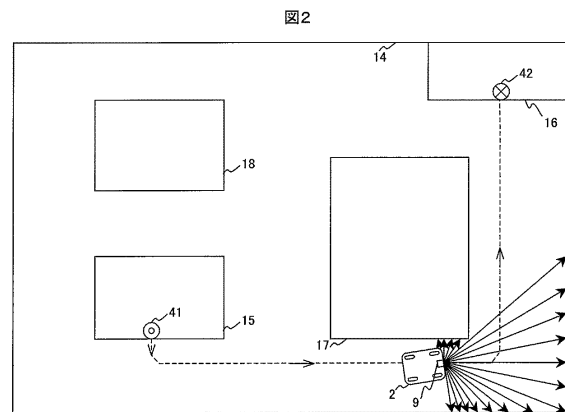
#### 【符号の説明】

#### 【0042】

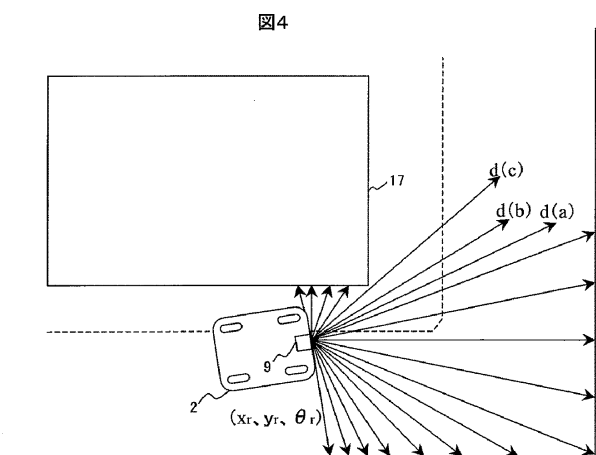
40

1：コントローラ	2、20、21、22：ロボット
3、24、25、26、31：走行制御指令部	
4、27、30：地図データ記憶部	5：地図生成装置
6、7：送受信部	8：走行制御
	9：距離センサ
10：同定装置	11、12：車輪
13、15、16、17、18、19：物体もしくは作業台	
14：動作領域	23：ロボット運行管理部
32：モータ制御部	41：出発点
	42：到着点

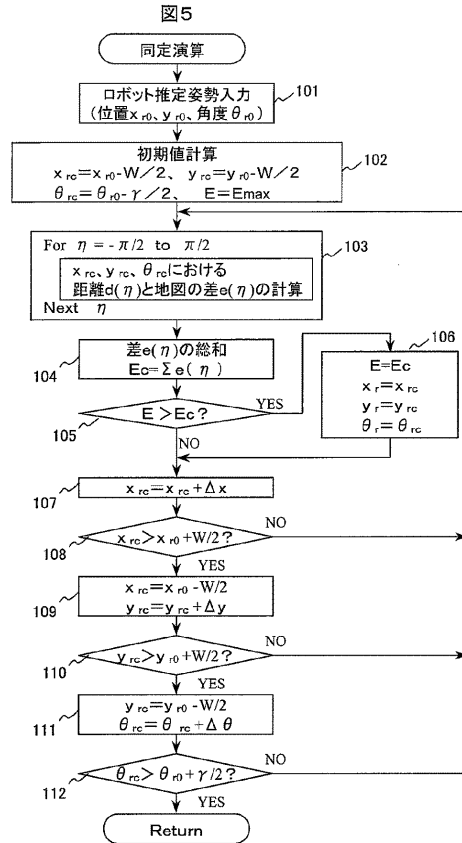
【 図 2 】



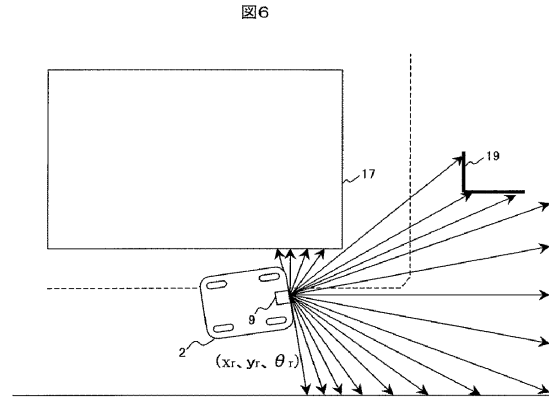
【 図 4 】



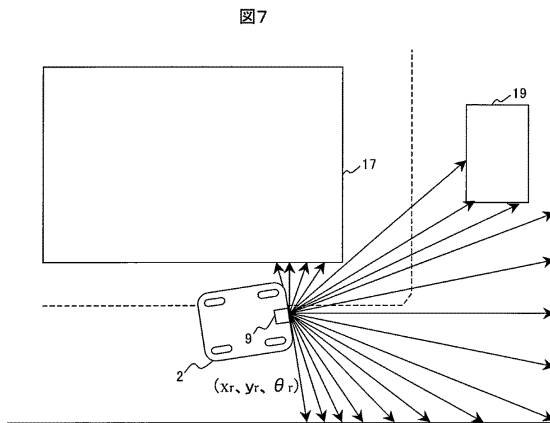
【図5】



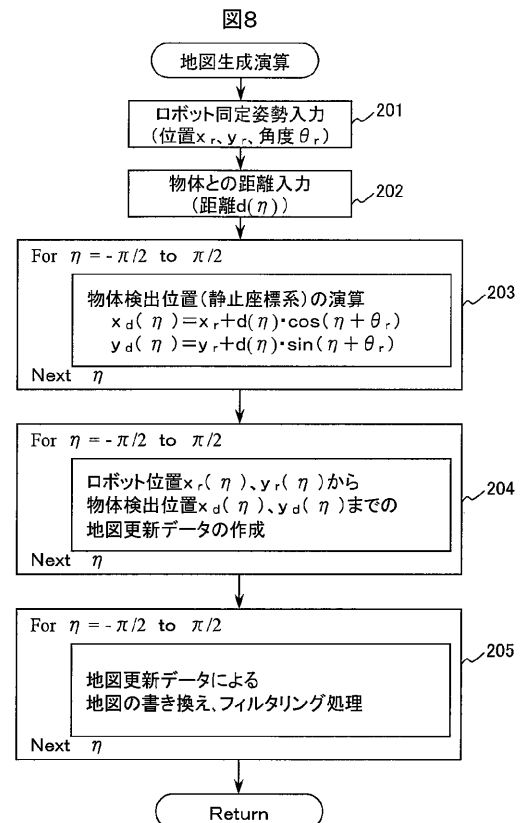
【図6】



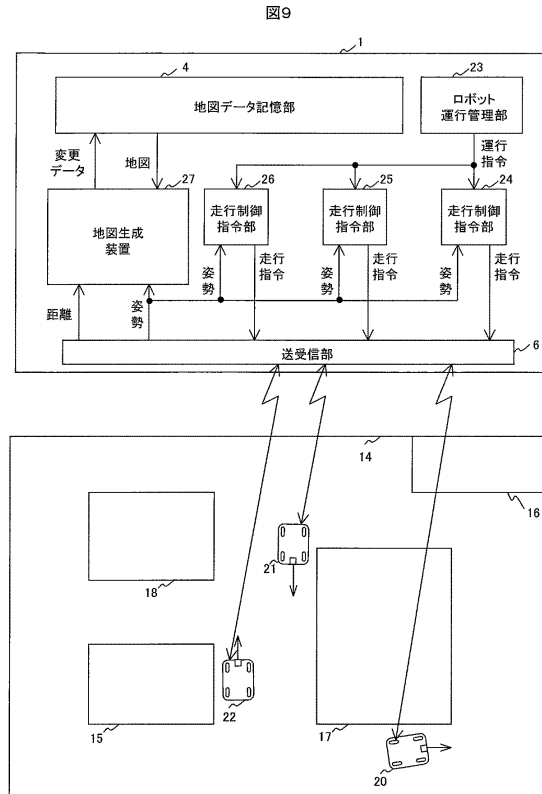
【図7】



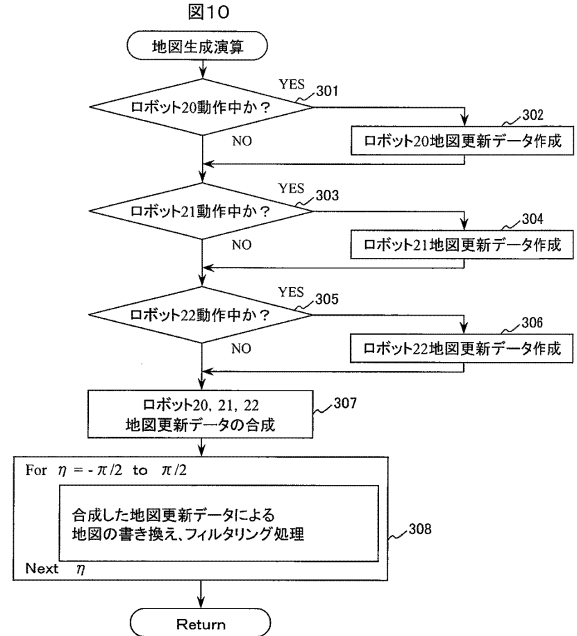
【図8】



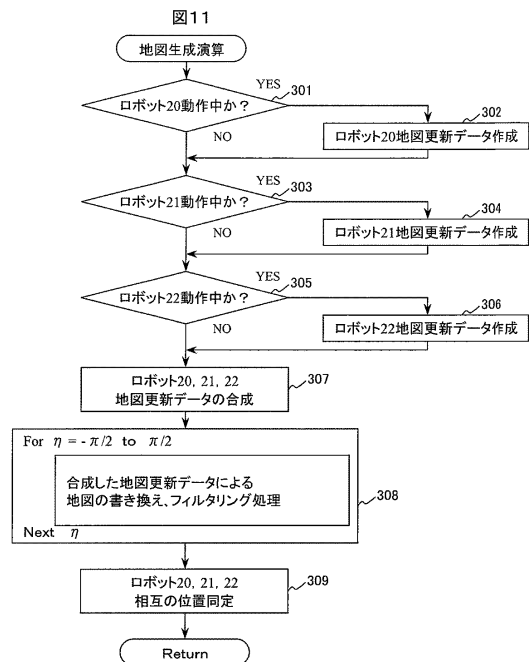
【図 9】



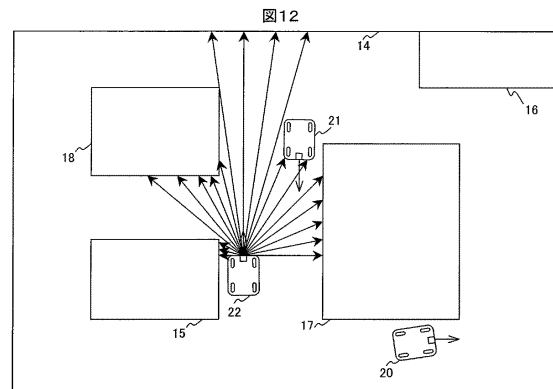
【図 10】



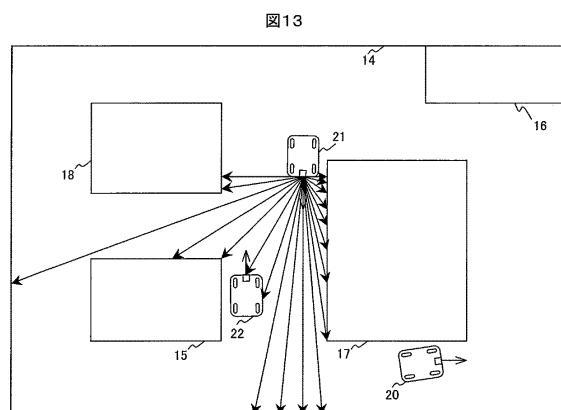
【図 11】



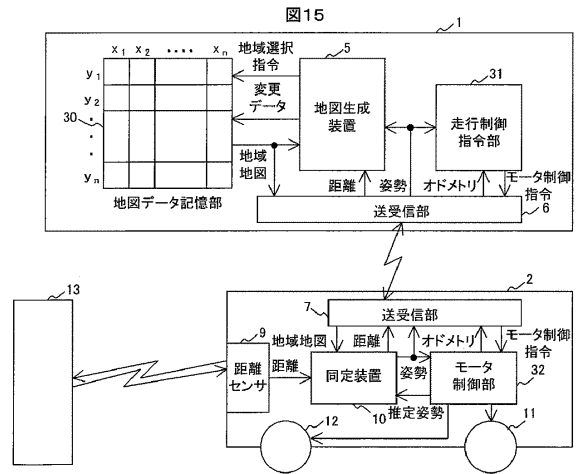
【図 12】



【図 13】



【 図 1 5 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 松本 高斉  
埼玉県比企郡鳩山町赤沼 2 5 2 0 番地 株式会社日立製作所基礎研究所内
- (72)発明者 玉本 淳一  
茨城県ひたちなか市堀口 8 3 2 番地 2 株式会社日立製作所機械研究所内
- (72)発明者 谷口 素也  
千葉県習志野市東習志野七丁目 1 番 1 号 株式会社日立産機システム内

審査官 後藤 健志

- (56)参考文献 特開平 0 2 - 2 5 2 8 2 5 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 2 6 5 5 4 8 ( J P , A )  
特開昭 6 3 - 2 1 3 0 0 5 ( J P , A )  
特開昭 6 2 - 0 5 8 3 1 1 ( J P , A )  
特開平 0 4 - 3 3 3 9 0 3 ( J P , A )  
特開 2 0 0 7 - 9 4 7 4 3 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
G 0 5 D 1 / 0 2