

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3844247号
(P3844247)

(45) 発行日 平成18年11月8日(2006.11.8)

(24) 登録日 平成18年8月25日(2006.8.25)

(51) Int. Cl.		F I			
G05D	1/02	(2006.01)	G05D	1/02	H
G05B	13/02	(2006.01)	G05B	13/02	E

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2003-281108 (P2003-281108)	(73) 特許権者	000005832
(22) 出願日	平成15年7月28日(2003.7.28)		松下電工株式会社
(65) 公開番号	特開2005-50105 (P2005-50105A)		大阪府門真市大字門真1048番地
(43) 公開日	平成17年2月24日(2005.2.24)	(74) 代理人	100084375
審査請求日	平成17年6月13日(2005.6.13)		弁理士 板谷 康夫
		(72) 発明者	酒井 龍雄
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
		(72) 発明者	西村 大輔
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
		審査官	佐々木 一浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自律移動のための経路生成装置及び該装置を用いた自律移動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自律移動装置を現在位置から目的位置まで自律的に移動させるための経路を生成する経路生成装置であって、

自律移動装置の走行領域の地図や走行経路を構成するための複数のノードの位置を含む走行パラメータを記憶する記憶手段と、

前記記憶手段に記憶されたノードから自律移動用の経路を構成するノードを選択し、その選択したノードを用いて経路を生成する経路生成手段と、を備え、

前記経路生成手段は、現在位置からノードに到達するためのコストが一番小さなノードを、現在位置から最初に到達すべきノードである始点ノードとして選択して経路を生成し

10

、
さらに前記経路生成手段は、前記生成した経路において現在位置から前記始点ノードを経由することなく前記始点ノードの次の経路上のノードに向かうコストが、前記始点ノードを経由するときのコストよりも小さい場合、前記選択した始点ノードの代わりにその始点ノードの次のノードを新たな始点ノードとして選択することを特徴とする自律移動のための経路生成装置。

【請求項2】

前記経路生成手段は、目的位置がノードでない場合、目的位置に到達するためにコストが一番小さなノードを、目的位置に向かう経路上の最後のノードである終点ノードとして選択して経路を生成し、

20

さらに前記経路生成手段は、前記生成した経路において終点ノードの手前のノードから終点ノードを経由することなく目的位置に向かうコストが、前記終点ノードを経由するときのコストよりも小さい場合、前記選択した終点ノードの代わりにその終点ノードの手前のノードを新たな終点ノードとして選択する請求項1に記載の自律移動のための経路生成装置。

【請求項3】

前記経路生成手段は、始点ノード又は終点ノードとするために選択したノードと自律移動装置の現在位置又は目的位置との間に予め設定した通行不可能なエリアがある場合に、その間のコストを無限大とする請求項1又は請求項2に記載の自律移動のための経路生成装置。

10

【請求項4】

前記経路生成手段は、始点ノードとするために選択したノードと自律移動装置の現在位置との間に自律移動装置に備えた環境認識手段で障害物が検出された場合に、その間のコストを無限大とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の自律移動のための経路生成装置。

【請求項5】

前記経路生成手段は、自律移動装置の現在位置から次のノードに向かう経路において、自律移動装置とそのノードとの間に自律移動装置に備えた環境認識手段で障害物が検出された場合に、その障害物を避ける位置に新たにノードを設定して、そのノードを始点ノードとして経路を再生成する請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の自律移動のための経路生成装置。

20

【請求項6】

前記経路生成手段は、自律移動装置の現在位置から次のノードに向かう経路において、自律移動装置とそのノードとの間に自律移動装置に備えた環境認識手段で障害物が検出された場合に、その障害物を避ける位置に新たにノードを設定して、一旦そのノードに到達してから経路を再生成する請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の自律移動のための経路生成装置。

【請求項7】

前記経路生成手段は、前記新たに設定したノードを、前記障害物を避け、かつ、予め地図情報に設定された通行禁止エリアを避けた位置に設定する請求項5又は請求項6に記載の自律移動のための経路生成装置。

30

【請求項8】

請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の経路生成装置を用いて自律移動のための経路を生成し、その経路に基づいて移動する自律移動装置であって、

目的位置や操作指令を与えるためのインターフェースと、

障害物や自己位置を認識するための環境認識手段と、

走行を行うための走行手段と、

環境認識手段で得られた情報を元に地図上で自己の位置を認識し、かつ、障害物を回避しながら前記経路生成装置で生成された経路に基づいて目的位置まで前記走行手段を制御する走行制御手段と、を備え、

40

前記経路生成装置の記憶手段は、予め他の移動する物体を回避するために停留できる領域を記憶し、

前記走行制御手段は、前記停留開始信号検出手段が信号を検出したとき前記領域に停留するように前記走行手段を制御することを特徴とする自律移動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自律移動のための経路生成装置及び該装置を用いた自律移動装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

従来、省力化や無人化等のために屋内における自律移動装置（ロボット）による物品の運搬、情報伝達等を行う装置技術が知られている。このような自律移動装置は、その稼働領域の環境地図に基づいて生成した走行経路により稼働される。走行経路は環境地図上の特徴点からなる予め定められたノードを経由するように形成される。その経路の生成は、自律移動装置の稼働環境の変化に対応して生成する必要がある。稼働環境の変化にともなう目的地や経路の変更に柔軟に対応するため、稼働環境の通路の直線部、曲がり角、交差点、部屋をそれぞれブロックとし、各ブロックの種類と各ブロック間の接続情報、ブロック座標、ブロック座標間の変換パラメータを含むブロック情報のブロックの種類とブロック間の接続情報とに基づいて、走行経路を生成するものが知られている（例えば、特許文献1参照）。この方法によると、ロボットの走行対象の施設の配置等が変更されて、走行経路を変更する場合に簡単に変更した環境データを作成することができ、変更された条件での最適走行経路を簡単に求めることができるとされる。

10

【特許文献1】特開平11-85273号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上述した特許文献1に示されるような経路生成方法や経路生成装置においては、環境地図や環境のモデルを効率的に変更して稼働環境の変化に対応することに力点が置かれている。自律移動装置の稼働においては、走行経路そのものの最適化や効率的で柔軟な走行経路の生成の観点から、なお一層の改善が望まれている。

20

【0004】

本発明は、上記課題を解消するものであって、最適経路を生成でき、また走行中において走行経路の最適化を行いながら効率的に走行できる自律移動のための経路生成装置及び該装置を用いた自律移動装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を達成するために、請求項1の発明は、自律移動装置を現在位置から目的位置まで自律的に移動させるための経路を生成する経路生成装置であって、自律移動装置の走行領域の地図や走行経路を構成するための複数のノードの位置を含む走行パラメータを記憶する記憶手段と、前記記憶手段に記憶されたノードから自律移動用の経路を構成するノードを選択し、その選択したノードを用いて経路を生成する経路生成手段と、を備え、前記経路生成手段は、現在位置からノードに到達するためのコストが一番小さなノードを、現在位置から最初に到達すべきノードである始点ノードとして選択して経路を生成し、さらに前記経路生成手段は、前記生成した経路において現在位置から前記始点ノードを経由することなく前記始点ノードの次の経路上のノードに向かうコストが、前記始点ノードを経由するときのコストよりも小さい場合、前記選択した始点ノードの代わりにその始点ノードの次のノードを新たな始点ノードとして選択する自律移動のための経路生成装置である。

30

【0006】

請求項2の発明は、請求項1に記載の自律移動のための経路生成装置において、前記経路生成手段は、目的位置がノードでない場合、目的位置に到達するためにコストが一番小さなノードを、目的位置に向かう経路上の最後のノードである終点ノードとして選択して経路を生成し、さらに前記経路生成手段は、前記生成した経路において終点ノードの手前のノードから終点ノードを経由することなく目的位置に向かうコストが、前記終点ノードを経由するときのコストよりも小さい場合、前記選択した終点ノードの代わりにその終点ノードの手前のノードを新たな終点ノードとして選択するものである。

40

【0007】

請求項3の発明は、請求項1又は請求項2に記載の自律移動のための経路生成装置において、前記経路生成手段は、始点ノード又は終点ノードとするために選択したノードと自律移動装置の現在位置又は目的位置との間に予め設定した通行不可能なエリアがある場合

50

に、その間のコストを無限大とするものである。

【0008】

請求項4の発明は、請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の自律移動のための経路生成装置において、前記経路生成手段は、始点ノードとするために選択したノードと自律移動装置の現在位置との間に自律移動装置に備えた環境認識手段で障害物が検出された場合に、その間のコストを無限大とするものである。

【0009】

請求項5の発明は、請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の自律移動のための経路生成装置において、前記経路生成手段は、自律移動装置の現在位置から次のノードに向かう経路において、自律移動装置とそのノードとの間に自律移動装置に備えた環境認識手段で障害物が検出された場合に、その障害物を避ける位置に新たにノードを設定して、そのノードを始点ノードとして経路を再生成するものである。

10

【0010】

請求項6の発明は、請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の自律移動のための経路生成装置において、前記経路生成手段は、自律移動装置の現在位置から次のノードに向かう経路において、自律移動装置とそのノードとの間に自律移動装置に備えた環境認識手段で障害物が検出された場合に、その障害物を避ける位置に新たにノードを設定して、一旦そのノードに到達してから経路を再生成するのである。

【0011】

請求項7の発明は、請求項5又は請求項6に記載の自律移動のための経路生成装置において、前記経路生成手段は、前記新たに設定したノードを、前記障害物を避け、かつ、予め地図情報に設定された通行禁止エリアを避けた位置に設定するのである。

20

【0012】

請求項8の発明は、請求項1乃至請求項7のいずれかに記載の経路生成装置を用いて自律移動のための経路を生成し、その経路に基づいて移動する自律移動装置であって、目的位置や操作指令を与えるためのインターフェースと、障害物や自己位置を認識するための環境認識手段と、走行を行うための走行手段と、環境認識手段で得られた情報を元に地図上で自己の位置を認識し、かつ、障害物を回避しながら前記経路生成装置で生成された経路に基づいて目的位置まで前記走行手段を制御する走行制御手段と、を備え、前記経路生成装置の記憶手段は、予め他の移動する物体を回避するために停留できる領域を記憶し、前記走行制御手段は、前記停留開始信号検出手段が信号を検出したとき前記領域に停留するように走行手段を制御するものである。

30

【発明の効果】

【0013】

請求項1の発明によれば、ノード上にない出発位置からも、移動のためのコストが最小となる適当なノードを選択して目的位置に至る経路を生成することができる。

【0014】

請求項2の発明によれば、ノード上にない目的位置へも、移動のためのコストが最小となる適当なノードを経由した経路を生成することができる。

【0015】

請求項3の発明によれば、予め設定した情報を用いて確実に到達可能なノードを選択して、経路を生成することができる。

40

【0016】

請求項4の発明によれば、現在の環境情報を用いて、到達できないノードを避けて始点ノードを設定して、経路を生成することができる。

【0017】

請求項5の発明によれば、障害物があるため直接向かうことができるノードがない場合でも、ノードを設定しながら経路を生成して目的位置に到達できる。

【0018】

請求項6の発明によれば、走行中の状況に応じて障害物を避けて、障害物の陰になって

50

それまで得られていなかった環境情報も考慮して、柔軟に最適な経路を設定しながら走行することができる。

【0019】

請求項7の発明によれば、接近不可能なエリアにノードを作成することがなく、効率的な経路生成ができる。

【0020】

請求項8の発明によれば、最適経路にもとづいて走行できるとともに、走行中において、他の移動物体を回避しながら走行する、効率的な走行が可能な自律移動装置が実現される。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0021】

以下、本発明の一実施形態に係る自律移動のための経路生成装置及び該装置を用いた自律移動装置について、図面を参照して説明する。図1は本発明の一実施形態に係る自律移動装置1のブロック構成を示し、図2は同自律移動装置の走行状態を示す。自律移動装置1は、走行領域の地図や走行経路を構成するための複数のノードの位置及びノード間の接続関係を含む走行パラメータを記憶する記憶手段2と、記憶手段2に記憶されたノードから自律移動用の経路を構成するノードを選択しその選択したノードを用いて経路を生成する経路生成手段3とを備えている。また、これらの記憶手段2と経路生成手段3によって、経路生成装置4が構成される。自律移動装置1は、経路生成装置4を用いて自律移動のための経路を生成し、その経路に基づいて移動する。

20

【0022】

また、自律移動装置1は、目的位置や操作指令を与えるためのインターフェース5と、障害物や自己位置を認識するための環境認識手段6と、電池17を駆動源とするモータなどにより走行を行うための走行手段7と、環境認識手段6で得られた情報を元に地図上で自己の位置を認識し、かつ、障害物を回避しながら前記経路生成装置で生成された経路に基づいて目的位置まで前記走行手段を制御する走行制御手段8とを備えている。

【0023】

また、自律移動装置1は、図2に示されるように、例えばレーザレーダや超音波センサによって構成される環境認識手段6によって、走行経路前方に存在する障害物Mを検出する。また、地図上の情報として記憶された壁Wなどの環境障害物の位置を考慮して、経路生成装置4によって最適経路が生成される。そして、自律移動装置1は、最適経路に従って、走行するとともに、走行中においても障害物Mを検出して、走行経路の最適化、及び走行経路の再生成を行いながら効率的、かつ柔軟に走行することができる。

30

【0024】

自律移動のための経路生成装置4及びその装置を用いた自律移動装置1において、走行経路の最適化や走行効率の基本概念として、移動コストの概念が用いられている。移動コストは、2点間を移動するのに要する、時間やエネルギーなどで見積もることができる。最も一般的なコストとして、2点間の直線距離、又は直線距離の和によってコストを定義でき、以下の説明においても直線距離がコストとして想定されている。また、斜面を自律移動する場合など、移動環境に応じて距離に重み付けしたコストを用いることもできる。

40

【0025】

次に、自律移動装置1の走行移動中における走行制御手段8の動作を説明する。図3は走行制御手段8による経路生成制御フローを示す。自律移動装置1の走行中には、走行制御手段8において経路計画実行処理が行われる(S1)。経路計画実行処理においては、後述するように(図4参照)、経路生成装置4によって生成された経路を構成する経路上の1つのノードから次のノードに向けて移動する間の処理、例えば、障害物回避処理や経路の再生成に関する判断処理、が行われる。この経路計画実行処理に続いて、目的位置に到達したかどうか調べられ、到着していれば経路生成制御処理は終了する(S2でY)。

【0026】

50

また、自律移動装置 1 が目的位置に到達していない場合 (S 2 で N)、経路生成の再計画を必要とするときに ON にする経路生成フラグが経路計画実行処理において ON されていないかどうか調べられる。経路生成フラグが ON でない場合 (S 3 で N)、経路計画実行処理 (S 1) に戻って処理が繰り返される。また、経路生成フラグが ON の場合 (S 3 で Y)、後述する経路生成処理 (図 5 参照) が行われ (S 4)、その後、経路計画実行処理 (S 1) に戻り、新たに生成された経路に従って処理が繰り返される。

【 0 0 2 7 】

次に、上述の経路計画実行処理について詳細説明する。図 4 は経路計画実行処理のフローを示す。自律移動装置 1 は、その環境認識手段 6 によって走行経路上の障害物の有無を感知しながら走行する。そして、障害物が検知されない場合 (S 1 1 で N)、経路計画を実行、すなわち次のノードに向かって走行を継続して (S 1 2)、経路計画実行処理を終了する。

10

【 0 0 2 8 】

また、障害物が検知された場合 (S 1 1 で Y)、障害物回避ルートの探索が行われる (S 1 3)。障害物回避ルート探索は、環境認識手段 6 による障害物情報や、記憶手段 2 に記憶した環境地図情報などを参照しながら行われる。また、この探索の間に、障害物が経路上から移動して問題が解消されることもある。小規模な経路迂回による、障害物回避動作が所定の時間内に成功した場合 (S 1 4 で Y)、障害物回避計画を実行、すなわち、障害物を回避して次のノードに向かう走行を継続して (S 1 5)、経路計画実行処理を終了する。

20

【 0 0 2 9 】

また、障害物回避動作が所定の時間内に成功しなかった場合 (S 1 4 で N)、ノード生成型障害物回避ルート探索が行われる (S 1 6)。この、ノード生成型障害物回避ルート探索は、現在の走行経路から外れることによってのみ障害物回避が可能な場合に行われるものである。経路外に新たにノードを生成し、一旦その経路を経由して、再度もとの経路に戻ることによって、もとの走行計画の成就が図られる。そのようなノード生成型障害物回避ルート探索が成功した場合 (S 1 7 で Y)、自律移動装置 1 は、障害物を回避するために新たに生成されたノードへの走行を開始して、障害物回避計画が実行され、本来の次のノードまで走行して (S 1 5)、経路計画実行処理が終了する。

【 0 0 3 0 】

また、ノード生成型障害物回避ルート探索が不成功の場合 (S 1 7 で N)、経路生成フラグが ON にされ (S 1 8)、経路計画実行処理が終了する。このフラグ情報は、前述のように、走行制御処理 (図 3) における経路生成開始要否の判断に用いられる。

30

【 0 0 3 1 】

次に、前述の経路生成処理について詳細説明する。図 5 は経路生成処理のフローを示す。経路生成処理は、始点ノード、終点ノードの選択処理 (S 4 1)、選択された始点ノード、終点ノードを最小コストで結ぶ経路の探索 (S 4 2)、経路探索によって生成された経路の見直しを行う始点ノード、終点ノードの再選択処理 (S 4 3)、及び生成された経路の記憶 (S 4 4) という手順で行われる。個々の詳細な処理について後述される。

【 0 0 3 2 】

ここで用語の説明をする。自律移動装置 1 は、インターフェイス 5 を介して入力して指定された出発位置 P s から目的位置 P g へと走行する。走行中に経路を見直ししながら進む場合、各時点における現在位置は新たな出発位置であるため、出発位置と同じ符号を用いて現在位置 P s と表すことにする。目的位置 P g は移動計画において変わることはない。経路生成手段 3 によって生成される経路は、記憶手段 2 に記憶された環境地図に予め定められた複数のノードを経由するように生成される。

40

【 0 0 3 3 】

ところで、出発位置 (現在位置) P s と目的位置 P g は、必ずしもノード上の点にあるとは限らず、自律移動装置 1 の柔軟な利用の面から、任意の位置を与えられる方が望ましい。そこで、現在位置 P s と目的位置 P g のそれぞれの位置から経路上の最初、又は最後

50

のノードを、それぞれ、始点ノード P_{s1} 、終点ノード P_{ge} と定義する。現在位置 P_s 又は目的位置 P_g がノード上にある場合、以下の説明においてそれらのノードは始点又は終点ノードとされる。また、現在位置 P_s は、各時点における生成された経路上における自律移動装置 1 の出発点であり、その位置は、自律移動装置の有する自己位置認識機能（記憶手段に記憶された地図情報、及び環境認識手段、又は走行手段からの走行情報に基づく）によって決定される。

【0034】

次に、上記の経路生成処理の各ステップ $S_{41} \sim S_{44}$ について説明する。図 6 は経路生成を説明する走行領域を示し、図 7 は始点・終点ノード選択処理フローを示し、図 8 は始点・終点ノード再選択処理フローを示し、図 9 は生成された経路の基本構成を示す。

10

【0035】

まず、具体的な始点ノード P_{s1} 、終点ノード P_{ge} の選択方法について説明する。図 6 (a) に示されるように、走行路周辺の環境地図情報として、例えば、壁 $W_1 \sim W_3$ の情報、及び走行禁止エリア（不図示）情報、走行路を生成するために必要なノード $N_0 \sim N_7$ 情報が予め決められ、記憶手段 2 に記憶される。

【0036】

ここで、記憶された環境地図情報、すなわち内部地図情報について説明する。図 13 は内部地図情報の概念とデータファイル構成を示す。内部地図 MP_1 には、図 13 (a) に示すように、例えば、2つの直線状の壁 W_1, W_2 が記憶されている。内部地図 MP_1 内では、壁が線分の集まりで表現され、壁の位置及び形状は、壁の構成線分の端点 WL_0, WL_1, WL_2 の x, y 座標値で決定される。例えば、壁 W_1 は、点 $WL_0 (5.0, 0.0)$ と点 $WL_1 (5.0, 3.0)$ で表される。このような壁のデータは、図 13 (b) に示すように、例えば、テキストデータファイル $MapText$ として、各行 L_1, L_2 毎に 1つの壁を 4つの実数値で表現して記憶されている。走行禁止エリアや厚みを有する壁についても、同様に線分によって表現され、記憶される。

20

【0037】

図 6 (a) に戻って経路生成処理の説明を続ける。ノード情報として、例えば走行可能な走行路の曲がり角が接点（ノード）とされ、そのノードの座標情報、ノード間が一方通行なのか双方通行なのかなどの情報、さらにはノード間を走行するために必要なコスト（距離、時間、エネルギーなどの評価値）情報が設定される。図 6 (a) において、矢印で接続されているノード間は、双方向走行可能なことを示している。

30

【0038】

ここで、ノード情報のデータファイル構成について説明する。図 14 はノードを含む内部地図情報の概念とノードデータファイル構成を示す。内部地図 MP_2 には、図 14 (a) に示すように、ノード ND_0, ND_1, ND_2 の位置と各ノード間の接続関係が記憶されている。このようなノードに関するデータは、図 14 (b) に示すように、例えば、テキストデータファイル $NodeText$ として、記憶されている。ファイルの中身は、内部地図 MP_2 の場合、1行目にノードの個数 3 が記載され、また、2～4行目にはノード位置情報が、ノード名称 B_1 、ノード番号 B_2 、ノード XY 座標 B_3 による第 1グループとして記載されている。また、区切り用の空白行に続いて、ノード間の連結情報が、ノード名称 B_1 、ノード番号 B_2 、各ノード毎の連結数 B_4 、連結されるノード番号 B_5 による第 2グループとして記載されている。例えば、ノード番号 1 のノード ND_2 は、2 とのノード ND_0, ND_2 に連結されている。また、ノード ND_0 からノード ND_1 への連結がないのでこの間は、一方通行であることが分かる。

40

【0039】

再び図 6 に戻って経路生成処理の説明を続ける。始点ノード P_{s1} の選択について説明する。図 6 (b) において、現在位置 P_s から直線距離の短い 3つのノード N_0, N_1, N_7 に向かって矢印が示されている。これらの各ノードまでの距離の短い順に始点ノード候補がソート（並べ替え）され、環境地図情報又はセンサ（環境認識手段 6）で検知された物体までの距離情報に基づいて、到達出来ないノードを上位の候補から外すことによって

50

得られる最上位（最短距離）のものが始点ノードに決定される。具体例では、まず現在位置 P_s から距離が短いノード順に通れるかどうか調べられる。

【0040】

ここで、ノード間の通行可能性の判断処理について説明する。図15はノードを含む内部地図情報の概念と通行可能性判断における場合分けを示す。内部地図MP3には、図15(a)に示すように、現在位置 P_s 、ノード $ND_0 \sim ND_7$ 、壁 $W_1 \sim W_3$ 、及び各壁の構造を表す壁の端点の座標 $WL_0 \sim WL_4$ が記憶されている。これらの情報をもとに、例えば、現在位置 P_s からノード ND_7 へ通行可能かどうか、以下のようにして判断される。すなわち、通行可能性は、壁を表す線分 $WL_0 - WL_1$ と、直線走行経路を表す線分 $P_s - ND_7$ との交点の有無を調べ、交点がなければ通行可能とされる。

10

【0041】

2つの線分の交点の有無は、図15(b)(c)に示すように、線分 $P_s - ND_7$ を線分 $A - B$ 、その直線の式 $Y = \dots \cdot X + \dots$ 、線分 $WL_0 - WL_1$ を線分 $C - D$ 、その直線の式 $Y = \dots \cdot X + \dots$ として、これらの直線の式を用いて調べられる。図15(b)(c)に示すように、線分が交点を有する状態は、 $(Y_a - \dots \cdot X_a - \dots) (Y_b - \dots \cdot X_b - \dots) < 0$ 、かつ $(Y_a - \dots \cdot X_a - \dots) (Y_b - \dots \cdot X_b - \dots) < 0$ で表される。この場合、通行不可である。また、図15(d)に示す状態は、 $(Y_a - \dots \cdot X_a - \dots) (Y_b - \dots \cdot X_b - \dots) < 0$ 、であるが $(Y_a - \dots \cdot X_a - \dots) (Y_b - \dots \cdot X_b - \dots) > 0$ である。この場合、線分間に交点はなく、従って通行可となる。

【0042】

20

再び図6に戻って経路生成処理の説明を続ける。一番近いノード N_7 が地図情報から通ることのできないことが分かるため、ノード N_7 が候補から除外される。次に近いノードである N_0 へは到達することができるため、このノード N_0 が始点ノード P_{s1} として決定される。同様にして、目的位置 P_g に対する終点ノード P_{ge} としてノード N_3 が決定される。

【0043】

上述の始点ノード P_{s1} 、終点ノード P_{ge} の選択処理について、図7のフローを参照して説明する。まず、地図上の $(m+1)$ 個のノード群 N_i ($i = 0 \sim m$)、現在位置 P_s 、目的位置 P_g の位置情報（座標）が読み込まれる (S101)。続いて、現在位置 P_s に近い順にソートしたノード群 N_{si} ($i = 0 \sim n$) が生成される (S102)。次に、引数 i が $i = 0$ と初期化され (S103)、ノード N_{si} 、現在位置 P_s 間の走行可能性が調べられる。走行可能であれば (S104でY)、ノード N_{si} が始点ノード N_{s1} として決定される (S105)。

30

【0044】

また、ノード N_{si} 、現在位置 P_s 間が走行不可能であれば (S104でN)、引数がインクリメントされ (S106)、他に調べるべきノードが残っていれば (S107でY) 再度ステップ S104 が実行される。また、調べるべきノードがない場合 (S107でN)、始点ノード P_{s1} として選択されるノードはないとされ (S108)、経路生成失敗とされて処理が終了する (S116)。

【0045】

40

また、終点ノード P_{ge} の選択については、上記始点ノード P_{s1} の選択と同様の手順で、ステップ S109 ~ S116 において処理が行われて P_{ge} が選択され (S112)、又は終点ノード P_{ge} として選択されるノードはないとされ (S115)、経路生成失敗とされて処理が終了する (S116)。

【0046】

次に、選択された始点ノード P_{s1} 、終点ノード P_{ge} を最小コストで結ぶ最適経路を選び出す経路の探索 (図5におけるステップ S42 の処理) について説明する。この経路探索に用いられるアルゴリズムは、公知のものであり、アルゴリズム A^* と呼ばれるものである (新世代工学シリーズ「ロボット工学」白井良明編著、pp. 120 - 124 参照)。アルゴリズム A^* は、自律移動装置の走行領域における設定されたノード N のコスト

50

$f(N)$ を計算しながら経路を探索する。このコスト $f(N)$ は、始点ノード N_{s1} から途中ノード N を経由して終点ノード N_{ge} に至るときの最小コスト(例えば、最短距離)の推定値であり、 $f(N) = g(N) + h(N)$ で計算される。ここで、 $g(N)$ は始点ノード N_{s1} と途中ノード N の間の現時点での最小コストであり、 $h(N)$ は、途中ノード N と終点ノード N_{ge} の間の最小コストの推定値である。

【0047】

ここで、1つの用語「展開」と2つのリスト「開リスト」、「閉リスト」を導入する。「開リスト(OPEN)」は、経路生成の対象となる例えばノード M をコスト $f(M)$ と共に登録して管理し、さらに、処理手順に従って、そのノード M から直接到達できる全てのノード M' をそのコスト $f(M')$ とともに登録して管理するリストである。このリストOPENの中のノード M' はコスト f で昇順にソートして管理される。このように、ノード M に関連するノード M' を登録する操作を「ノード M を展開する」という。また、「閉リスト(CLOSED)」は、既に展開されたノードを「開リスト(OPEN)」から取り出して、その展開されたノードを管理するリストである。

10

【0048】

アルゴリズム A^* による経路探索の手続は以下[1]~[6]のようなものである。[1]始点ノード N_{s1} をOPENに登録する。[2]OPENが空なら、経路は存在しないのでアルゴリズムを終了する。[3]OPENから先頭の(コスト f が最小)ノード N を取り出し、それをCLOSEDに移す。[4]もし、ノード N が終点ノード N_{ge} であれば、通って来たノードを順々に後戻りする。そして、始点ノード N_{s1} に達したら、こ

20

【0049】

[5]ノード N が終点ノード N_{ge} でなければ、ノード N を「展開」し、その子孫ノード N' がどこから来たか記録する(プログラムのにはノード N へポインタを返す)。そして、全ての子孫ノード N' に対して以下の2つの操作を行う。

【0050】

(操作1)ノード N' がOPEN又はCLOSEDに存在しなければ、それは新たに探索されたノードである。そこで、ノード N' から終点ノード N_{ge} までの最小コストの推定値 $h(N')$ 、次に推定値 $f(N') = g(N') + h(N')$ を計算する。ここで、 $g(N') = g(N) + c(N, N')$ 、 $g(N_{s1}) = 0$ であり、 $c(N, N')$ はノード N とノード N' を直接結ぶコストである。そして、ノード N' を推定値 $f(N')$ とともにOPENに登録する。

30

【0051】

(操作2)ノード N がOPEN又はCLOSEDに存在すれば、それは既に探索されたノードである。そこで、最小値 $g(N')$ をもたらす経路に経路を変更する(ポインタを付け替える)。そしてこの変更が発生したときのみ、ノード N' がCLOSEDに存在したらそれをOPENに戻した後、推定値 $f(N') = g(N') + h(N')$ を計算する。

【0052】

[6]この後、前記[2]へ戻って経路探索手続を繰り返す。

40

【0053】

上述のアルゴリズムは、全てのノードにおいて、推定値 h がその真の値よりも小さいか等しいとき、アルゴリズム A^* と呼ばれる。このとき、最短経路上のノードは見過ごされることなく必ず調べられ、始点ノード N_{s1} から終点ノード N_{ge} への経路として、満足経路(コストの合計が最小でない経路)ではなく、最適経路(コストの合計が最小の経路)が生成される。例えば、A点からB点への特選距離を障害物を無視してコスト推定値 h とすると、推定値 h は、障害物を考慮した真のコスト値よりも常に小さいか等しくなる。

【0054】

上述のアルゴリズム A^* を用いて探索して決定された経路が、前述の図6(c)において、ノード N_0, N_1, N_2, N_3 を結ぶ経路として示されている。ただし、このような

50

最適経路探索については、アルゴリズム A * によらずに、その他の経路探索方法を用いて行ってもよい。

【 0 0 5 5 】

次に、経路探索によって生成された経路を見直す処理である、始点ノード P s 1、終点ノード P g e の再選択処理（図 5 におけるステップ S 4 3 の処理）について説明する。まず図 6（d）を参照して詳細説明し、その後、図 8 による始点・終点ノード再選択処理フローを説明する。図 6（d）に示される探索された経路において、ノード N 0 が始点ノード P s 1 となっている。経路生成手段 3 は、生成した経路において現在位置 P s から始点ノード P s 1 を経由することなく始点ノード P s 1 の次の経路上のノード N 1 に向かうコストが、始点ノード P s 1 を経由するときのコストよりも小さい場合、最初に選択した始点ノード P s 1 の代わりにその始点ノード P s 1 の次のノード N 1 を新たな始点ノード P s 1 として選択する。これは始点ノード再選択処理であり、同様に終点ノード再選択処理が行われる。

10

【 0 0 5 6 】

また、地図情報及びセンサ情報を用いて障害物が存在するかどうかチェックされ、その結果、障害物が存在すれば、ノード間のコストは無限大とされる。そこで、図 6（d）に示される経路の場合、現在位置 P s とノード N 1 の間には壁 W 2 が存在するため、この間のコストは無限大とされるので、始点ノード P s 1 の見直し選択は行われない。

【 0 0 5 7 】

図 6（d）に示される終点ノード P g e について見ると、ノード N 2 から終点ノード P g e を経由して目的位置 P g に至るよりも、ノード N 2 からノード P g e を経由せずに直接目的位置 P g へ行く方がコストが少ない（走行距離が少ない）ことが分かる。従って、終点ノード P g e については、再選択処理が行われて、ノード N 2 が新たな終点ノード P g e として選択される。

20

【 0 0 5 8 】

上述の始点・終点ノード再選択処理について、図 8 のフロー、及び図 9 の経路の基本構成を参照して説明する。ここに説明する処理は、経路を構成するノードを減らし、コストを減らす処理である。まず、経路探索結果である経路を構成するノード N p k（k = 1 ~ e）、及び現在位置 P s、目的位置 P g、始点ノード N p 1、終点ノード N p e が読み込まれる（S 2 0 1）。さらに地図情報、センサ情報が読み込まれる。次に、経路探索結果 N p k において同じ点が続いていないか調べられ、重複点が削除される（S 2 0 2）。

30

【 0 0 5 9 】

続いて、図 9（a）に示されるように、e = 1 の場合（S 2 0 3 で Y）、現在位置 P s と目的位置 P g 間が、地図情報及びセンサ情報を用いて、障害物が存在するかどうかチェックされ、走行可能であれば（S 2 0 4 で Y）、経路上のノード N p 1 が除外され、経路は現在位置 P s から目的位置 P g に 2 点間を直行する経路とされノード再選択処理が終了する。

【 0 0 6 0 】

また、現在位置 P s と目的位置 P g 間について、地図情報及びセンサ情報を用いて、その間に障害物が存在するかどうかチェックされ、走行不可能であれば（S 2 0 4 で N）、経路上のノード N p 1 はそのまま残され、経路は現在位置 P s からノード N p 1 を経由して目的位置 P g に至る経路のままとされノード再選択処理が終了する。

40

【 0 0 6 1 】

また、図 9（b）に示されるように、e = 2 の場合（S 2 0 3 で N、S 2 0 6 で Y）、現在位置 P s と目的位置 P g 間について、地図情報及びセンサ情報を用いて、その間に障害物が存在するかどうかチェックされ、走行可能であれば（S 2 0 7 で Y）、経路上のノード N p 1、N p 2 が除外され、経路は現在位置 P s から目的位置 P g に 2 点間を直行する経路とされノード再選択処理が終了する。

【 0 0 6 2 】

また、現在位置 P s と目的位置 P g 間が、走行不可能であれば（S 2 0 7 で N）、さら

50

に、現在位置 P_s とノード N_{p2} 間が走行可能かどうか調べられ、走行不可能であれば ($S209$ で N)、さらに、ノード N_{p1} と目的位置 P_g 間が走行可能かどうか調べられ、走行不可能であれば ($S210$ で N)、経路上のノード N_{p1} 、 N_{p2} はそのまま残され、経路の見直しなしにノード再選択処理が終了する。

【0063】

ノード N_{p1} と目的位置 P_g 間が走行可能であれば ($S210$ で Y)、経路上のノード N_{p2} が除去され ($S211$)、ノード N_{p1} を経由する3点間の経路とされノード再選択処理が終了する。

【0064】

また、現在位置 P_s とノード N_{p2} 間が走行可能であれば ($S209$ で Y)、さらに、ノード N_{p1} と目的位置 P_g 間が走行可能かどうか調べられ、走行不可能であれば ($S212$ で N)、経路上のノード N_{p1} が除去され ($S213$)、ノード N_{p2} を経由する3点間の経路とされノード再選択処理が終了する。

10

【0065】

また、ノード N_{p1} と目的位置 P_g 間が走行可能であれば ($S212$ で Y)、ノード N_{p1} とノード N_{p2} のどちらを除去するか決めるために、ノード N_{p1} を経由する距離 $L_1 = (P_s - N_{p1} - P_g \text{ 間距離})$ と、ノード N_{p2} を経由する距離 $L_2 = (P_s - N_{p2} - P_g \text{ 間距離})$ とが計算され ($S214$)、その大小が比較される。距離 L_2 が距離 L_1 より短い場合 ($S214$ で Y)、ノード N_{p1} が除外され ($S213$)、そうでない場合 ($S214$ で N)、ノード N_{p2} が除外される ($S216$)。この結果、3点間の経路とされノード再選択処理が終了する。

20

【0066】

また、図9(c)に示されるように、 $2 < e$ の場合 ($S217$ で Y)、現在位置 P_s とノード N_{p2} 間が走行可能かどうか調べられ、走行不可能であればそのままとされ ($S218$ で N)、走行可能であれば ($S218$ で Y)、ノード N_{p1} が除外され、ノード N_{p2} が新たな始点ノードとされる ($S219$)。さらに、終点ノード N_{pe} の1つ手前のノード $N_{p(e-1)}$ と目的位置 P_g 間が走行可能かどうか調べられ、走行不可能であれば ($S220$ で N)、ノード再選択処理が終了する。

【0067】

また、ノード $N_{p(e-1)}$ と目的位置 P_g 間が走行可能であれば ($S220$ で Y)、終点ノード N_{pe} が除外され、ノード $N_{p(e-1)}$ が新たな終点ノードとされ、ノード再選択処理が終了する。

30

【0068】

上述の始点・終点ノード再選択処理が行われた後、決定された経路が、前述の図6(e)に示されている。なお、上述の $2 < e$ の場合におけるノード再選択処理は、得られた結果の経路に対して再度同様の処理を繰り返して行ってもよい。

【0069】

次に、自律移動装置1が走行中に障害物を検知した場合における経路生成装置4による経路の再生成について説明する。経路生成手段3は、経路上に障害物が現れた場合、次のような対応を行う。経路生成手段3は、選択した始点ノード又は終点ノードと自律移動装置の現在位置との間に障害物が検出された場合に、その間のコストを無限大とすることにより、到達できないノードを避けて、経路を生成する。また、経路生成手段3は、その障害物を避ける位置に新たにノードを設定して、そのノードを始点ノードとして経路を再生成することで、直接向かう経路がないノードに到達できるようにする。

40

【0070】

また、経路生成手段3は、その障害物を避ける位置に新たにノードを設定して、一旦そのノードに到達してから経路を再生成することで、走行中の状況に応じて障害物を避けて、柔軟に最適な経路を設定しながら走行する。これらの場合、経路生成手段3は、新たに設定したノードを、障害物を避け、かつ、予め地図情報として設定された通行禁止エリアを避けた位置に設定することで、接近不可能なエリアにノードを作成することがなく、効

50

率的な経路生成を行う。

【0071】

具体的な経路を参照して、障害物を検知した場合の経路の再生成について説明する。図10は非固定障害物の存在する走行領域を示す。図10(a)に示すように、自律移動装置1が経路生成装置を用いて経路生成を行って、経路P_s、N₀、N₁、N₂、P_gに沿って移動している場合について述べる。自律移動装置1は、図10(b)に示すように、非固定障害物M₁が走行経路上に現れたことをセンサで検知した場合、既存の障害物回避アルゴリズムに従って、障害物回避ルート計算・動作が開始される。そして、経路上の進行方向前方に大きな障害物が位置するときなどのように、回避時間が大となる場合、予め定めた所定の制限時間内に、現在位置と向かっているノード又は目的位置との間における

10

【0072】

続いて、ノード生成型障害物回避ルート探索が行われる。経路生成装置は、地図情報とセンサ情報による空き空間、及び進行方向の環境情報などから、仮のノードN_Xを新たに生成する(仮のノードN_Xの生成方法については後述)。そして、経路生成装置は、この仮のノードN_Xから目的位置P_gに至るまでの経路を、前出の図6及び図6に関連して説明した処理フロー(図7、図8)に従って生成する。その生成された経路と自律移動装置1の現在位置P_sとを連結することにより、目的位置P_gまでの経路が再生成される。このような経路の再生成の際には、既に作られている目的位置P_gまでの経路の修正という

20

【0073】

また、図10(c)に示すように、出現した非固定障害物M₂のようにその種類によっては、仮ノードN_Xから目的位置P_gに至る経路の生成を、仮ノードN_Xに到着後に行う方が、視界が開けてセンサ情報が有効に利用できることなどから、回避ルート探索が容易となることがある。そこで、計算時間の観点で有利となる場合もあるため、自律移動装置1の走行領域を小エリアに区分して、エリア毎に回避ルート探索方法を切り替えることが有効となる。このようなノード生成型障害物回避ルートの探索方法を探索方法(2)とする。

【0074】

上述の探索方法(1)と探索方法(2)について比較検討する。図10(c)において、自律移動装置1が現在位置P_sの位置にいるときには、非固定障害物M₂の奥行きまで分からないため、探索方法(1)の方法によると、前述の図10(b)に示される新たな経路と同じ結果の経路が得られる。ところが、図10(c)に示すように仮ノードN_Xに到着した後だと、非固定障害物M₂の情報をより詳しく得ることができるので、経路生成のための計算時間のロスが少なくでき、また、生成される経路も移動コストの少ないものが得られる可能性がある。仮ノードN_Xに到着後に経路の再生成を行う場合でも、既に作られている目的位置P_gまでの経路を再利用することができる。

30

【0075】

上述のノード生成型障害物回避ルートの探索方法である探索方法(1)、及び探索方法(2)が利用できない場合について説明する。図10(d)に示されるように、非固定障害物M₃によって経路が完全に塞がれているなどの理由で、非固定障害物M₃の近傍において仮ノードN_Xの生成が不可能であると判断される場合、仮ノードN_Xの設定は行わずに、前出の図6及び図6に関連して説明した処理フロー(図7、図8)に従って経路の再生成が行われる。すなわち、ノードN₁のところから大きく迂回する、新たにノードN₁、N₆、N₅、N₄、N₃、P_gを結ぶ経路が生成される。

40

【0076】

次に、走行中の自律移動装置が障害物を検知した場合の、ノード生成型障害物回避ルートの探索方法(1)に基づく経路の再生成についてその全体を説明する。図11は非固定障害物M₄の存在する走行領域を示す。図11(a)に示すように、自律移動装置1が経

50

路生成装置を用いて経路生成を行って、ノード P_s , N_0 , N_1 , N_2 , P_g を結ぶ経路に沿って移動している場合について述べる。

【0077】

自律移動装置 1 は、図 11 (b) に示すように、非固定障害物 M_4 が走行経路上に現れたことをセンサで検知した場合、走行経路上を自律移動しながら、まず、既存の障害物回避アルゴリズムによる障害物回避計算・動作を行う。

【0078】

そして、障害物回避計算・動作が大であるとき（非固定障害物 M_4 に接近しすぎる場合など）、経路生成装置は、地図情報、センサ情報による空き空間、及び進行方向の環境情報などから、図 11 (c) に示すように、仮のノード N_X を新たに生成する。

10

【0079】

続いて経路生成装置は、仮のノード N_X から目的位置 P_g に至るまでの経路を新たに生成する。仮のノード N_X から各ノード N_i までの距離の短い順に始点ノードの候補をソートし、地図情報又はセンサ情報に基づいて、到達できないノードをソートして順位付けした上位の（距離の近い）候補から外すことによって、最後に得られたノードを（仮の）始点ノード P_{s1} に決定する。具体的には、図 11 (d) に示すように、まず仮のノード N_X を現在位置として、この仮のノード N_X から距離が近いノード順に通れるかどうか調べられる。一番近いノード N_0 へは仮のノード N_X から到達することができるため、ノード N_0 が（仮の）始点ノード P_{s1} として決定される。

【0080】

20

目的位置 P_g における終点ノード P_{ge} についても、始点ノード P_{s1} の選択決定と同様の処理が行われ、ノード N_3 が終点ノード P_{ge} とされる。

【0081】

上述において決定された始点ノード P_{s1} 、終点ノード P_{ge} について、経路生成手段によって、アルゴリズム A^* を用いて経路探索が行われる。経路探索の結果生成された経路は、図 11 (e) に示されるようになる。

【0082】

続いて、生成された経路に基づいて、始点ノード P_{s1} 、終点ノード P_{ge} の見直しが行われる。図 11 (f) に示されるように、探索された経路において、それぞれ仮ノード N_X とそこから 2 番目のノード N_1 との間、及び目的位置 P_g とそこから経路を逆戻りする 2 番目のノード N_2 との間について、地図情報及びセンサ情報からそれらの間に障害物が存在するかどうか調べられる。いずれか又は両方について障害物が存在しなければ、そのいずれか又は両方の 2 番目のノードがそれぞれ新たに始点ノード P_{s1} 、終点ノード P_{ge} とされる。図 11 に示す経路の場合、ノード N_0 が経路から除去され、新たにノード N_1 が始点ノード P_{s1} とされる。また、ノード N_3 が除去され、新たにノード N_2 が終点ノード P_{ge} とされる。このように経路からノードが除去されることにより、確実に走行コストが減少する方向に向かう（三角形の 2 辺の長さの和は他の 1 辺の長さより大きい）。

30

【0083】

このようにして、経路上に出現した非固定障害物 M_4 を回避するため、仮のノード N_X が設定され、そのノード N_X から目的位置 P_g まで新たに経路が生成された結果が、図 11 (g) に示されている。新たに生成された経路に、自律移動装置 1 の現在位置 P_s から仮のノード N_X までの経路を追加し、最終の経路が生成される。自律移動装置 1 は、この最終経路に従って移動し、障害物を回避して目的位置まで到達することが可能となる。

40

【0084】

次に、上述した仮のノード N_X の生成方法について説明する。図 12 (a) (b) は自律移動装置が障害物を検知し、仮のノード N_X を生成する状況を示す。自律移動装置 1 は、環境認識手段 6 として、例えばレーザレーダを有し、進行方向前方を所定の一定角度間隔で走査して障害物の方向と距離を検知する。レーザレーダの代わりに、複数の測距型超音波センサを、進行方向を中心として放射状の検知エリアとなるように配置したもの

50

を用いても、以下の方法を同様に適用できる。自律移動装置 1 が、次の目的のノード N_{next} に向かって走行中に前方の障害物 M を検知し、その障害物 M の端部が、レーザビーム LB_0 により走査角 θ の位置に、距離 D として見い出されたとする。その後、レーザビームの走査角を角度間隔 $\Delta\theta$ ずつ増加させ、ビームをレーザビーム LB_1, LB_2, \dots と走査した結果、ある角度まで、半径 D の円内に障害物が検知されなかったとする。

【0085】

ところで、自律移動装置 1 は、装置本体の幅 W と長さ L に、所定の余裕を持たせて幅 H 、長さ H_L として、幅 H 以上、奥行き H_L 以上の空間があれば、その空間に移動することができるものとする。また、図 12 (b) に示すように、距離 D におけるレーザビームのスキャン幅 d は、 $d = D \cdot \sin(\theta)$ である。そこで、 k を整数として、 $H < k \times D$ であれば、すなわち、少なくとも角度 $k \times \Delta\theta$ の間において、少なくとも距離 $D + H_L$ の範囲に障害物が検知されなかったら、自律移動装置 1 は、障害物 M より前方に移動することができる。

【0086】

そこで、図 12 (b) の場合、レーザビーム LB_2 と LB_3 の間の角度であって、自律移動装置 1 (の環境認識手段 6) からの距離 $D + H_L$ の位置が、仮のノード N_X の位置として決定される。障害物 M の左右に通行可能領域がある場合、仮のノード N_X を障害物 M の左右いずれにも設けることができるが、現在の目的のノード N_{next} への最短距離となる位置、すなわち、正面方向からのふれ角度が小さい方に仮のノード N_X を設けるものとする。

【0087】

また、仮のノード N_X の決定に際して、環境認識手段 6 で検知された情報だけでなく、地図情報に記憶された壁の情報を用いることによってより効率的な経路生成ができる。すなわち、壁の始点・終点情報から壁の式が得られ、自律移動装置 1 の自己位置・方向、及び、レーザレーダによる走査方向が既知であるから、自律移動装置 1 から壁までの距離と方向が容易に算出できる。また、計算の対象とする壁として、自律移動装置 1 から所定の距離に存在するもののみを選択することにより、計算効率を上げることができる。なお、本発明は、上記構成に限られることなく種々の変形が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図 1】本発明の一実施形態に係る自律移動装置のブロック構成図。

【図 2】同上自律移動装置の走行状態を示す平面図。

【図 3】同上自律移動装置の走行制御処理フロー図。

【図 4】同上自律移動装置の経路計画実行処理フロー図。

【図 5】本発明の一実施形態に係る自律移動のための経路生成装置における経路生成処理フロー図。

【図 6】(a) ~ (e) は同上経路生成装置による経路生成を説明する走行領域の平面図。

【図 7】同上経路生成装置による始点・終点ノード選択処理フロー図。

【図 8】同上経路生成装置による始点・終点ノード再選択処理フロー図。

【図 9】(a) ~ (c) は同上経路生成装置により生成された経路の図。

【図 10】(a) ~ (d) は同上経路生成装置による走行時の障害物検知時の経路再生成を説明する走行領域の平面図。

【図 11】(a) ~ (g) は同上経路生成装置による走行時の障害物検知時の他の経路再生成を説明する走行領域の平面図。

【図 12】(a) (b) は同上経路生成装置による仮ノードの生成方法を説明する平面図。

【図 13】(a) は同上経路生成装置における内部地図情報の概念図、(b) は (a) の内部地図情報のデータファイル構成図。

【図 14】(a) は同上経路生成装置におけるノードを含む内部地図情報の概念図、(b)

10

20

30

40

50

)は(a)の内部地図情報におけるノードのデータファイル構成図。

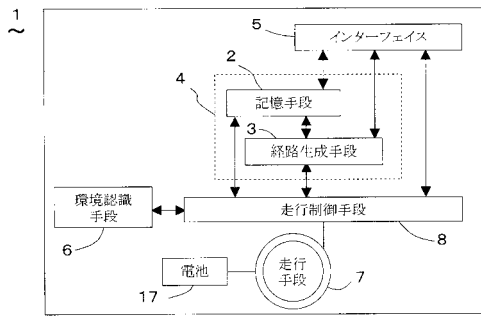
【図15】(a)は同上経路生成装置におけるノードを含む内部地図情報の概念図、(b)~(d)は同上経路生成装置における通行可能性判断処理の説明図。

【符号の説明】

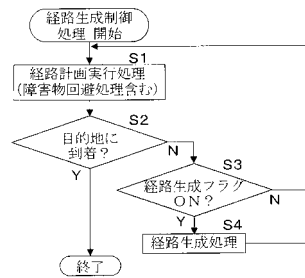
【0089】

- 1 自律移動装置
 - 2 記憶手段
 - 3 経路生成手段
 - 4 経路生成装置
 - 5 インターフェイス
 - 6 環境認識手段
 - 7 走行手段
 - 8 走行制御手段
- Ns1、Np1 始点ノード
 Nge、Npe 終点ノード
 Ps 現在位置
 Pg 目的位置

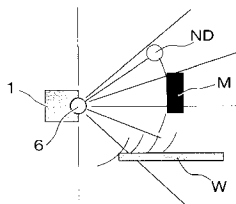
【図1】



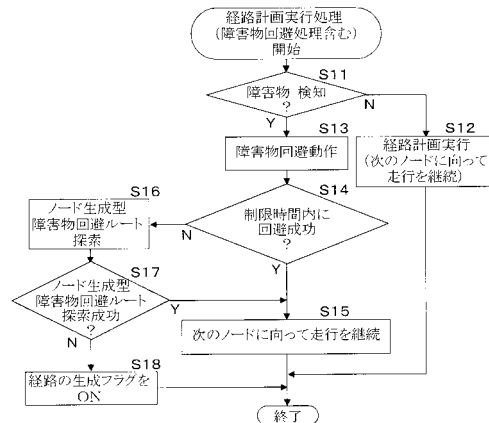
【図3】



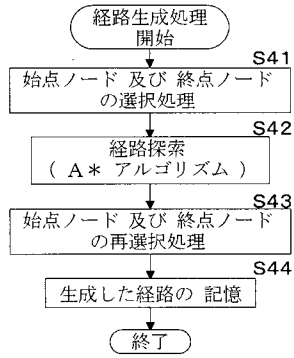
【図2】



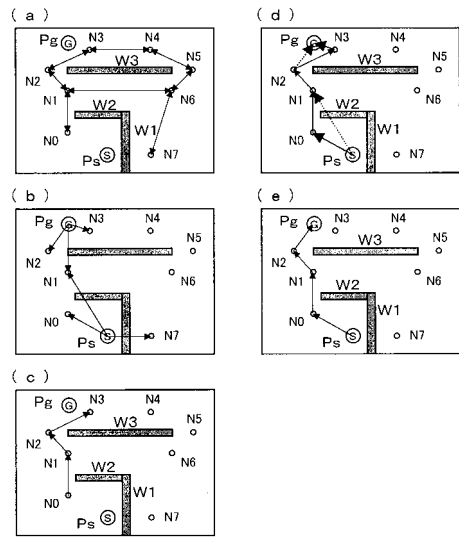
【図4】



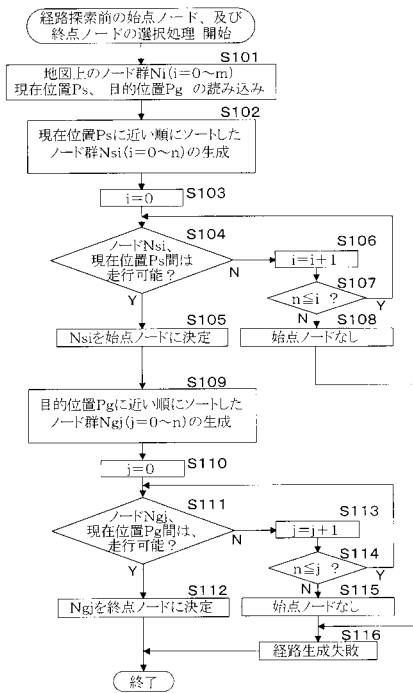
【 図 5 】



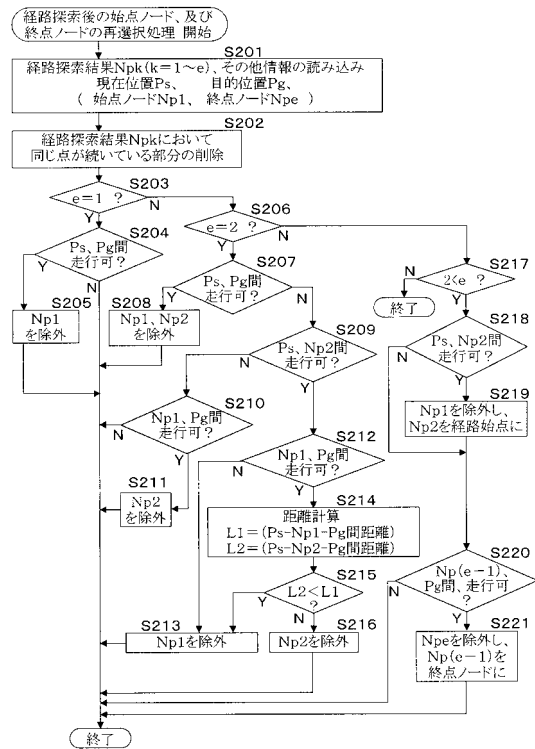
【 図 6 】



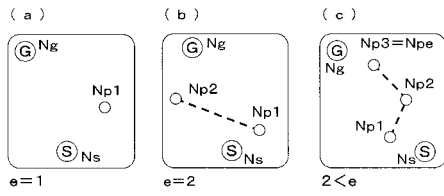
【 図 7 】



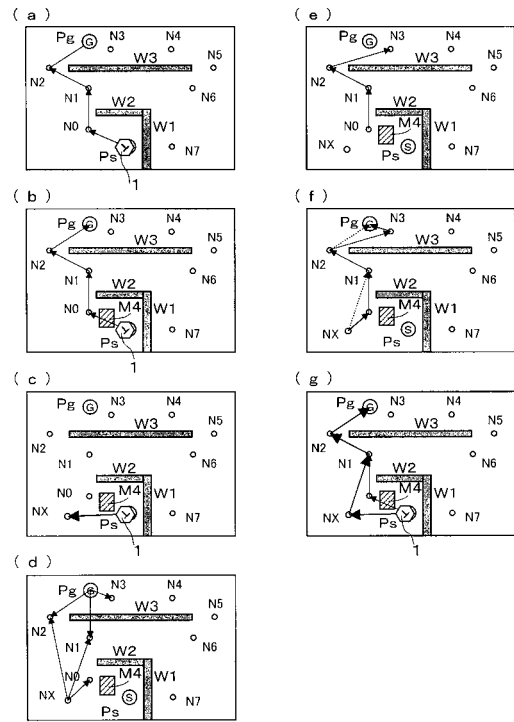
【 図 8 】



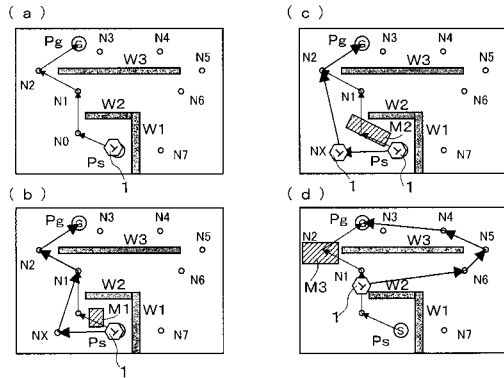
【 図 9 】



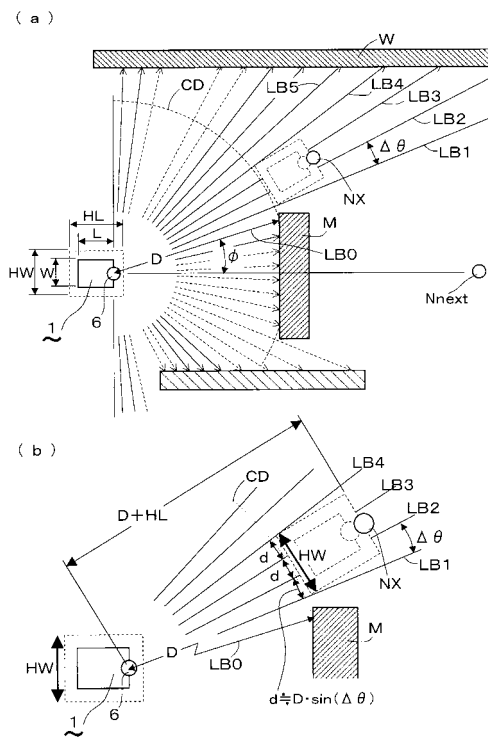
【 図 1 1 】



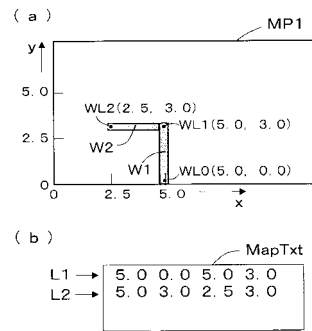
【 図 1 0 】



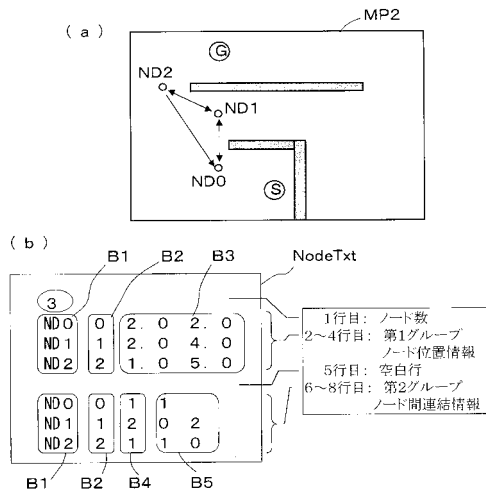
【 図 1 2 】



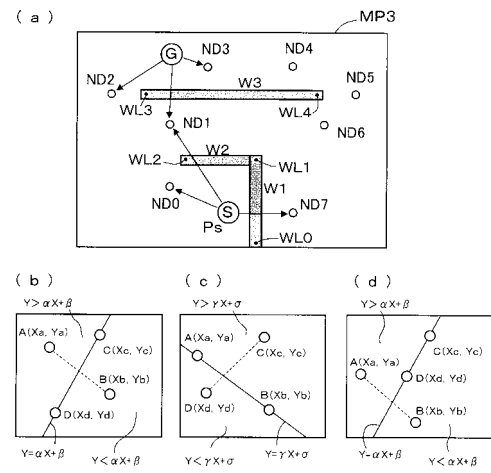
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09 - 230933 (JP, A)
特開2002 - 062936 (JP, A)
特開平08 - 128846 (JP, A)
特開昭63 - 273916 (JP, A)
特開平10 - 320044 (JP, A)
特開2002 - 125052 (JP, A)
特開2000 - 266553 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05D 1/02
G05B 13/02
G01C 21/00