

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5886502号
(P5886502)

(45) 発行日 平成28年3月16日(2016.3.16)

(24) 登録日 平成28年2月19日(2016.2.19)

(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 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-278099 (P2012-278099)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成24年12月20日(2012.12.20)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2014-123200 (P2014-123200A)	(73) 特許権者	000003609 株式会社豊田中央研究所
(43) 公開日	平成26年7月3日(2014.7.3)		愛知県長久手市横道41番地の1
審査請求日	平成27年1月7日(2015.1.7)	(74) 代理人	100103894 弁理士 家入 健
		(72) 発明者	高岡 豊 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	藤井 亮暢 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動体制御装置、移動体制御方法及び制御プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動体周囲の障害物に対する距離点データを取得する距離点取得手段と、
前記距離点取得手段により取得された前記障害物の距離点データに基づいて、前記障害物の外形を示すポリゴンマップを生成するポリゴンマップ生成手段と、
前記移動体の移動経路を前記移動体の移動環境を示す格子状のグリッドマップ上で算出する経路算出手段と、
前記経路算出手段により算出された移動経路を修正する経路修正手段と、を備え、
経路修正手段は、前記経路算出手段により算出された移動経路上で、前記ポリゴンマップ生成手段により生成された障害物のポリゴンマップに基づいて通過不能と判断した前記移動経路の経路部分に、静的障害物のみが存在すると判断したとき、該経路部分に対して、前記距離点取得手段により距離点データを取得し、該取得した距離点データを記録し、該経路部分に、通過不能を示す通過不可ポテンシャルを設定し、該通過不可ポテンシャルの重みを時間経過と共に減少させ、該経路部分を移動経路として設定可能にする、
ことを特徴とする移動体制御装置。

【請求項2】

請求項1記載の移動体制御装置であって、
前記経路修正手段は、前記経路算出手段により算出された移動経路で通過不能と判断した経路部分があるとき、該経路部分に対して記録されている前記距離点データと、前記距離点取得手段により再度取得された前記経路部分に対する距離点データと、を比較する、

ことを特徴とする移動体制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の移動体制御装置であって、

前記経路修正手段は、前記経路部分に記録されている距離点データと、前記距離点取得手段により再度取得された経路部分に対する距離点データと、が一致するとき、前記経路部分を通過不能な禁止領域として確定する、ことを特徴とする移動体制御装置。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 記載の移動体制御装置であって、

前記経路修正手段が、前記経路部分に記録されている距離点データと、前記距離点取得手段により再度取得された経路部分に対する距離点データと、が一致しないと判断したとき、前記経路算出手段は、前記移動体の移動経路を再計算する、ことを特徴とする移動体制御装置。

10

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のうちいずれか 1 項記載の移動体制御装置であって、

前記経路修正手段は、前記距離点取得手段により取得された前記障害物の距離点データに基づいて、前記通過不能と判断した経路部分において動的障害物が存在すると判断したとき、所定時間経過後、前記移動経路の再修正を行う、ことを特徴とする移動体制御装置。

【請求項 6】

請求項 5 記載の移動体制御装置であって、

前記経路修正手段は、前記移動経路の再修正を行った結果、前記通過不能と判断した経路部分を再度、通過不能と判断したとき、該経路部分に対して、前記距離点取得手段により距離点データを取得し、該取得した距離点データを記録する、を特徴とする移動体制御装置。

20

【請求項 7】

請求項 5 記載の移動体制御装置であって、

前記経路修正手段は、前記移動経路の再修正を行った結果、前記通過不能と判断した経路部分を、通過可能と判断したとき、該再修正後の移動経路を最終的な移動経路として設定する、ことを特徴とする移動体制御装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のうちいずれか 1 項記載の移動体制御装置であって、

前記経路修正手段により修正された移動経路に従って、前記移動体の移動を制御する移動制御手段を更に備える、ことを特徴とする移動体制御装置。

30

【請求項 9】

移動体周囲の障害物に対する距離点データを取得するステップと、

前記取得された前記障害物の距離点データに基づいて、前記障害物の外形を示すポリゴンマップを生成するステップと、

前記移動体の移動経路を前記移動体の移動環境を示す格子状のグリッドマップ上で算出するステップと、

前記算出された移動経路を修正するステップと、

前記算出された移動経路上で、前記生成された障害物のポリゴンマップに基づいて通過不能と判断した前記移動経路の経路部分に、静的障害物のみが存在すると判断したとき、該経路部分に対して、前記距離点データを取得し、該取得した距離点データを記録するステップと、

40

該経路部分に、通過不能を示す通過不可ポテンシャルを設定し、該通過不可ポテンシャルの重みを時間経過と共に減少させ、該経路部分を移動経路として設定可能にするステップと、

を含むことを特徴とする移動体制御方法。

【請求項 10】

移動体周囲の障害物に対する距離点データを取得する処理と、

50

前記取得された前記障害物の距離点データに基づいて、前記障害物の外形を示すポリゴンマップを生成する処理と、

前記移動体の移動経路を前記移動体の移動環境を示す格子状のグリッドマップ上で算出する処理と、

前記算出された移動経路上で、前記生成された障害物のポリゴンマップに基づいて通過不能と判断した前記移動経路の経路部分に、静的障害物のみが存在すると判断したとき、該経路部分に対して、前記距離点データを取得し、該取得した距離点データを記録する処理と、

該経路部分に、通過不能を示す通過不可ポテンシャルを設定し、該通過不可ポテンシャルの重みを時間経過と共に減少させ、該経路部分を移動経路として設定可能にする処理と

10

をコンピュータに実行させることを特徴とする制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動体の移動経路を算出し、その移動経路に従って移動体の移動を制御する移動体制御装置、移動体制御方法及び制御プログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、計測センサなどを用いて移動体周囲の障害物を検出して移動経路を設定し、その移動経路に従って自律的に移動する様々な自律移動体が提案されている。例えば、3次元地図情報を生成し、生成した3次元地図情報を用いて障害物を回避しつつ移動を行う自律移動体が知られている（特許文献1参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2006-236098号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

30

しかしながら、上記特許文献1に示す自律移動体においては、移動経路上の障害物を検出しグリッドマップに設定された場合、次回、同一の経路を移動する場合もその障害物を回避する移動経路を設定することとなる。一方で、障害物には、壁などの定常的に固定された静的障害物と、椅子などの移動させることが可能な準動的障害物と、人など移動する動的障害物が存在する。このため、例えば、一定時間経過後には、障害物の種類によってはその障害物が移動し回避の必要が無くなる可能性もある。したがって、上記のように、障害物を常に回避する移動経路を設定した場合に、無駄に迂回する経路が設定されるため、最適に移動経路が設定できない可能が生じる。

【0005】

本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、最適な移動経路を設定することができる移動体制御装置、移動体制御方法及び制御プログラムを提供することを主たる目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するための本発明の一態様は、移動体周囲の障害物に対する距離点データを取得する距離点取得手段と、前記距離点取得手段により取得された前記障害物の距離点データに基づいて、前記障害物の外形を示すポリゴンマップを生成するポリゴンマップ生成手段と、前記移動体の移動経路を前記移動体の移動環境を示す格子状のグリッドマップ上で算出する経路算出手段と、前記経路算出手段により算出された移動経路を修正する経路修正手段と、を備え、前記経路修正手段は、前記経路算出手段により算出された移動

50

経路上で、前記ポリゴンマップ生成手段により生成された障害物のポリゴンマップに基づいて通過不能と判断した前記移動経路の経路部分に対して、前記距離点取得手段により距離点データを取得し、該取得した距離点データを記録する、ことを特徴とする移動体制御装置である。

この一態様において、前記経路修正手段は、前記経路算出手段により算出された移動経路で通過不能と判断した経路部分があるとき、該経路部分に対して記録されている前記距離点データと、前記距離点取得手段により再度取得された前記経路部分に対する距離点データと、を比較してもよい。

この一態様において、前記経路修正手段は、前記経路部分に記録されている距離点データと、前記距離点取得手段により再度取得された経路部分に対する距離点データと、が一致するとき、前記経路部分を通過不能な禁止領域として確定してもよい。

10

この一態様において、前記経路修正手段が、前記経路部分に記録されている距離点データと、前記距離点取得手段により再度取得された経路部分に対する距離点データと、が一致しないと判断したとき、前記経路算出手段は、前記移動体の移動経路を再計算してもよい。

この一態様において、前記経路修正手段は、前記距離点取得手段により取得された前記障害物の距離点データに基づいて、前記通過不能と判断した経路部分において動的障害物が存在すると判断したとき、所定時間経過後、前記移動経路の再修正を行ってもよい。

この一態様において、前記経路修正手段は、前記距離点取得手段により取得された前記障害物の距離点データに基づいて、前記通過不能と判断した経路部分において静的障害物のみが存在すると判断したとき、該経路部分に対して通過不能を示す通過不可ポテンシャルを設定してもよい。

20

この一態様において、前記経路修正手段は、前記経路部分に対する通過不可ポテンシャルの重みを時間経過と共に減少させ、前記経路部分を移動経路として設定可能にしてもよい。

この一態様において、前記経路修正手段は、前記移動経路の再修正を行った結果、前記通過不能と判断した経路部分を再度、通過不能と判断したとき、該経路部分に対して、前記距離点取得手段により距離点データを取得し、該取得した距離点データを記録してもよい。

この一態様において、前記経路修正手段は、前記移動経路の再修正を行った結果、前記通過不能と判断した経路部分を、通過可能と判断したとき、該再修正後の移動経路を最終的な移動経路として設定してもよい。

30

この一態様において、前記経路修正手段により修正された移動経路に従って、前記移動体の移動を制御する移動制御手段を更に備えていてもよい。

他方、上記目的を達成するための本発明の一態様は、移動体周囲の障害物に対する距離点データを取得するステップと、前記取得された前記障害物の距離点データに基づいて、前記障害物の外形を示すポリゴンマップを生成するステップと、前記移動体の移動経路を前記移動体の移動環境を示す格子状のグリッドマップ上で算出するステップと、前記算出された移動経路を修正するステップと、前記算出された移動経路上で、前記生成された障害物のポリゴンマップに基づいて通過不能と判断した前記移動経路の経路部分に対して、前記距離点データを取得し、該取得した距離点データを記録するステップと、を含むことを特徴とする移動体制御方法であってもよい。

40

さらに、上記目的を達成するための本発明の一態様は、移動体周囲の障害物に対する距離点データを取得する処理と、前記取得された前記障害物の距離点データに基づいて、前記障害物の外形を示すポリゴンマップを生成する処理と、前記移動体の移動経路を前記移動体の移動環境を示す格子状のグリッドマップ上で算出する処理と、前記算出された移動経路上で、前記生成された障害物のポリゴンマップに基づいて通過不能と判断した前記移動経路の経路部分に対して、前記距離点データを取得し、該取得した距離点データを記録する処理と、をコンピュータに実行させることを特徴とする制御プログラムであってもよい。

50

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、最適な移動経路を設定することができる移動体制御装置、移動体制御方法及び制御プログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の一実施の形態に係る移動体制御装置の概略的なシステム構成を示すブロック図である。

【図2】(a)障害物のポリゴンマップの一例を示す図である。(b)図2(a)に示すポリゴンマップに対応するグリッドマップを示す図である。

【図3】障害物及び移動経路が設定されたグリッドマップの一例を示す図である。

【図4】(a)移動経路が滑らかな曲率変化となるように修正する方法を示す図である。(b)移動経路が滑らかな曲率変化となるように修正する方法を示す図である。(c)移動経路が滑らかな曲率変化となるように修正する方法を示す図である。

【図5】本発明の一実施の形態に係る移動体制御方法のフローを示すフローチャートである。

【図6】袋小路の問題を説明するための図である。

【図7】(a)動的障害物の一例を示す図である。(b)準動的障害物の一例を示す図である。(c)静的障害物の一例を示す図である。

【図8】本発明の一実施の形態に係る移動体制御装置による経路計画方法のフローを示すフローチャートである。

【図9】本発明の一実施の形態に係る移動体制御装置による経路計画方法のフローを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

本発明の一実施の形態に係る移動体制御装置は、自律的に移動する自律移動体に搭載されており、自律移動体の移動経路を算出し、算出した移動経路に従って自律移動体の移動を制御する。なお、自律移動体としては、例えば、二足歩行ロボット、車輪駆動型ロボットなどの自律移動が可能な任意の自律型移動体に適用可能である。

【0010】

図1は、本発明の一実施の形態に係る移動体制御装置の概略的なシステム構成を示すブロック図である。本実施の形態に係る移動体制御装置1は、距離センサ2と、ポリゴンマップ生成部3と、経路算出部4と、経路修正部5と、移動制御部6と、自己位置推定部7と、を備えている。

【0011】

なお、移動体制御装置1は、例えば、演算処理、制御処理等を行うCPU(Central Processing Unit)、CPUによって実行される演算プログラム、制御プログラム等が記憶されたROM(Read Only Memory)やRAM(Random Access Memory)からなるメモリ、外部と信号の入出力を行うインターフェイス部(I/F)、などからなるマイクロコンピュータを中心にして、ハードウェア構成されている。CPU、メモリ、及びインターフェイス部は、データバスなどを介して相互に接続されている。

【0012】

距離センサ2は、距離点取得手段の一具体例であり、自律移動体に設けられており、自律移動体の周囲に存在する障害物の3次元点群データを取得する。

【0013】

ここで、距離センサ2は、平面検出処理を行うことで、取得した3次元点群データのうち、自律移動体が移動する平面(床面)を除去する。これにより、距離センサ2は障害物のみの3次元点群データを取得することができる。なお、距離センサ2の視野が狭い場合は、過去の数フレームを重畳させて視野を拡大してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

距離センサ 2 は、例えば、超音波センサ、レーザセンサ、3次元画像カメラなどで構成されている。距離センサ 2 は取得した 3次元点群データをポリゴンマップ生成部 3、経路算出部 4 及び経路修正部 5 に対して出力する。

【 0 0 1 5 】

ポリゴンマップ生成部 3 は、ポリゴンマップ生成手段の一具体例であり、距離センサ 2 により取得された 3次元点群データに基づいて、自律移動体周囲の障害物のポリゴンマップを生成する(図 2(a))。このポリゴンマップは、格子状のグリッドマップ(図 2(b))と比較して障害物の外形をポリゴンで高精度に表現できる。なお、ポリゴンマップ生成部 3 は、例えば、距離センサ 2 により取得された 3次元点群を平面に投影して 2次元点群を生成し、その 2次元点群の外側の点を直線で結ぶことで、障害物の外形を示すポリゴンマップを生成する。ポリゴンマップ生成部 3 は、生成した障害物のポリゴンマップを経路修正部 5 に対して出力する。

10

【 0 0 1 6 】

経路算出部 4 は、経路算出手段の一具体例であり、自律移動体 100 の移動環境を示すグリッドマップを生成し、始点から終点までの最短の移動経路をグリッドマップ上で算出する。経路算出部 4 は、予め設定された地図情報に基づいて、位置が定常的に不動な静的障害物(壁、テーブルなど)の領域をグリッドマップ上に設定する(図 3)。さらに、経路算出部 4 は、距離センサ 2 により取得された動的な障害物である動的障害物(人、動物、ロボットなど)の 3次元点群を 2次元平面に投影して 2次元点群を生成し、その 2次元点群を埋めるグリッドをその動的障害物の領域としてグリッドマップ上に逐次設定する。

20

【 0 0 1 7 】

経路算出部 4 は、例えば、距離センサ 2 により取得された障害物の 3次元点群の時系列変化に基づいて、その障害物が動的障害物および静的障害物のいずれかを判断することができる。経路算出部 4 は、距離センサ 2 により取得された障害物の 3次元点群に時系列変化がある場合、その障害物を動的障害物と判断し、障害物の 3次元点群に時系列変化がない場合、その障害物を静的障害物と判断する。さらに、経路算出部 4 は、距離センサ 2 により取得された障害物の 3次元点群データに基づいてパターン認識を行い、その障害物が何であるかを判断し、その障害物が動的障害物および静的障害物のいずれに属するかを判断してよい。

30

【 0 0 1 8 】

経路算出部 4 は、静的障害物及び動的障害物の領域の周りに自律移動体 100 の外形分だけ自律移動体 100 の移動を禁止する禁止領域を設定してもよい。これにより、自律移動体 100 を 1グリッドの点で表現し移動経路を容易に設定できる。経路算出部 4 は、算出したグリッドマップを経路修正部 5 に対して出力する。経路算出部 4 は、上記のような禁止領域を含む静的及び動的障害物を回避しつつ、最短の移動経路を算出する。

【 0 0 1 9 】

経路修正部 5 は、ポリゴンマップ生成部 3 により生成された障害物のポリゴンマップに基づいて、自律移動体 100 が障害物に干渉せず、自律移動体 100 の姿勢変化が連続的(移動経路が滑らかな曲率変化)となるように、経路算出部 4 に算出された移動経路の修正を行う。

40

【 0 0 2 0 】

例えば、図 4(a)に示すように経路算出部 4 により算出された初期の移動経路が障害物を回避しつつ、移動経路が不連続な曲率変化となっている場合を想定する。この場合、経路修正部 5 は、図 4(b)に示すような仮想バネによる修正を行い、図 4(c)に示すような滑らかな曲率変化となる移動経路に修正を行う。ここで、仮想バネとして、例えば、隣接する経路点間に伸長バネ(第 1バネ)及び捻りバネ(第 2バネ)を設定し、自律移動体 100 と障害物との間に圧縮バネ(第 3バネ)を設定することで、上記修正を行う。経路修正部 5 は、修正した移動経路を移動体制御部 6 に対して出力する。

【 0 0 2 1 】

50

移動制御部 6 は、移動制御手段の一具体例であり、自律移動体 100 が経路修正部 5 により修正された移動経路に従って移動するように、自律移動体 100 を制御する。

自己位置推定部 7 は、自律移動体 100 の自己位置を推定する。自己位置推定部 7 は、例えば、オドメトリあるいはレーザセンサによる検出結果と地図情報とのマッチングなどの周知の手法を用いて自律移動体 100 の自己位置を推定することができる。

【0022】

図 5 は、本実施の形態に係る移動体制御方法のフローを示すフローチャートである。距離センサ 2 は、自律移動体 100 の周囲に存在する障害物の 3 次元点群データを取得し（ステップ S101）、ポリゴンマップ生成部 3、及び経路修正部 5 に対して出力する。

【0023】

ポリゴンマップ生成部 3 は、距離センサ 2 により取得された 3 次元点群データに基づいて、障害物のポリゴンマップを生成し（ステップ S102）、経路修正部 5 に対して出力する。

【0024】

経路算出部 4 は、距離センサ 2 により取得された動的障害物の 3 次元点群に基づいて、グリッドマップを生成し（ステップ S103）、設定された始点から終点までの最短の移動経路をグリッドマップ上で算出し（ステップ S104）、経路修正部 5 に出力する。

【0025】

経路修正部 5 は、ポリゴンマップ生成部 3 により生成された障害物のポリゴンマップに基づいて、経路算出部 4 に算出された移動経路において、自律移動体 100 が障害物に干渉しないように、移動経路の修正を行い（ステップ S105）、移動体制御部 6 に対して出力する。このように、グリッドマップによる移動経路探索と、狭路などの詳細移動に対するポリゴンマップ修正と、を行うことで、高速な広域移動と高精度な詳細移動を両立することができる。

【0026】

移動制御部 6 は、経路修正部 5 により修正された移動経路に従って、自律移動体 100 の移動を制御する（ステップ S106）。

【0027】

ところで、自律移動体 100 がグリッドマップ上では狭路などを通過できると判断し、その後、より高精度なポリゴンマップを用いて同一の狭路について干渉判定を行ったところ、通過不能と判断される所謂袋小路の問題が生じている（図 6）。ここで、例えば、人などの移動する動的障害物（図 7（a））や、椅子などの静的ではあるが移動可能な準動的障害物（図 7（b））により、その狭路が通過不能と判断される場合がある。この場合、後に、その障害物の移動によりその狭路が通過可能となる可能性がある。一方で、壁などの定常的に固定された静的障害物（図 7（c））によりその狭路が通過不能と判断された場合、後に、その狭路が通過可能となる可能性は略あり得ない。したがって、通過不能なる狭路に対して、グリッドマップ上でその障害物のより詳細な情報を設定し、その後の移動経路の計算にその情報を用いるのが望ましい。

【0028】

そこで、本実施の形態に係る移動体制御装置 1 において、経路修正部 5 は、経路算出部 4 により算出された移動経路上で、ポリゴンマップ生成部 3 により生成された障害物のポリゴンマップに基づいて通過不能と判断した経路部分に対して、距離センサ 2 により 3 次元点群データを取得し、取得した 3 次元点群データを記録する。

【0029】

これにより、自律移動体 100 が再度その通過不能と判断された経路部分に来たときに、記録したその経路部分の 3 次元点群データを用いて、経路部分に存在する動的障害物、準動的障害物、或いは静的障害物に応じたより最適な移動経路を設定できる。さらに、通過不能と判断した経路部分に対してのみ、3 次元点群データを記録することから、そのデータ処理量を低減でき、処理速度の高速化を図ることができる。

【0030】

図 8 及び図 9 は、上述した本実施の形態に係る移動体制御装置による経路計画方法のフローを示すフローチャートである。まず、図 8 に示すフローチャートを用いて、自律移動体が最初に挟路などの通過不能の経路部分を通過する際の処理フローについて詳細に説明する。

【 0 0 3 1 】

経路算出部 4 は、距離センサ 2 により取得された動的障害物の 3 次元点群に基づいて、グリッドマップを生成し、始点から終点までの最短の移動経路をグリッドマップ上で算出する（ステップ S 2 0 1）。

【 0 0 3 2 】

経路修正部 5 は、ポリゴンマップ生成部 3 により生成された障害物のポリゴンマップに基づいて、経路算出部 4 により算出された移動経路において、自律移動体 1 0 0 が障害物に干渉せず、自律移動体 1 0 0 の姿勢変化が連続的となるように、移動経路の修正を行う（ステップ S 2 0 2）。

【 0 0 3 3 】

経路修正部 5 は、上記修正において、経路算出部 4 により算出された移動経路で通過不能と判断した経路部分があるか否かを判断する（ステップ S 2 0 3）。

【 0 0 3 4 】

経路修正部 5 は、経路算出部 4 により算出された移動経路で通過不能と判断した経路部分があるとき（ステップ S 2 0 3 の Y E S）、距離センサ 2 により取得された障害物の 3 次元点群データに基づいて、その通過不能と判断した経路部分に静的障害物のみが存在するか否かを判断する（ステップ S 2 0 4）。一方、経路修正部 5 は、経路算出部 4 に算出された移動経路で通過不能と判断した経路部分がないとき（ステップ S 2 0 3 の N O）、後述の（ステップ S 2 1 0）に移行する。

【 0 0 3 5 】

経路修正部 5 は、距離センサ 2 により取得された障害物の 3 次元点群データに基づいて、その通過不能と判断した経路部分に動的障害物が存在すると判断したとき（ステップ S 2 0 4 の N O）、所定時間経過後、自律移動体 1 0 0 が障害物に干渉しないように、移動経路の再修正を行う（ステップ S 2 0 5）。このように、動的障害物は、通常、一定時間経過後に移動を行うものである。したがって、その経路部分が動的障害物により通過不能の場合でも、一定時間経過後にその動的障害物が移動し、通過可能となる可能性が高い。したがって、上述のように、所定時間だけ待って移動経路の再修正を行い、その経路部分に経路設定が可能かを再確認するのである。これにより、本来通過可能な経路部分を迂回するというような無駄な移動経路の設定を排除することができる。

【 0 0 3 6 】

経路修正部 5 は、再修正後の移動経路の経路部分が通過可能か否かを判断する（ステップ S 2 0 6）。経路修正部 5 は、再修正後の移動経路の経路部分が通過不能と判断したとき（ステップ S 2 0 6 の N O）、後述の（ステップ S 2 0 7）の処理に移行する。一方、経路修正部 5 は、再修正後の移動経路の経路部分が通過可能であると判断したとき（ステップ S 2 0 6 の Y E S）、後述の（ステップ S 2 1 0）に移行する。

【 0 0 3 7 】

経路修正部 5 は、距離センサ 2 により取得された障害物の 3 次元点群データに基づいて、その通過不能と判断した経路部分に静的障害物のみが存在すると判断したとき（ステップ S 2 0 4 の Y E S）、距離センサ 2 にその経路部分の 3 次元点群データを取得させ、グリッドマップのその経路部分に記録する（ステップ S 2 0 7）。

【 0 0 3 8 】

経路修正部 5 は、グリッドマップにおける移動経路のその経路部分に通過不能を示す通過不可ポテンシャルを設定する（ステップ S 2 0 8）。このように、経路部分に静的障害物が存在し通過不能となっている場合、通常、静的障害物は定常的に固定されているため、その通過不能の状態は時間経過しても変わることは略あり得ない。よって、その経路部分に通過不可ポテンシャルを設定し、原則として、次回からその経路部分を回避した移動

10

20

30

40

50

経路を設定する。これにより、通過不能な経路部分に移動経路が設定されることが無い為、無駄な移動経路の設定を排除することができる。

【 0 0 3 9 】

ここで、経路修正部 5 は、グリッドマップに設定する通過不可ポテンシャルの重みを時間経過と共に減少（漸減あるいは段階的に減少）するように設定してもよい。これは、静的障害物の中に準動的障害物が含まれている場合、一定時間経過後に、その準動的障害物が移動し（例えば、椅子など小型軽量の準動的障害物は容易に移動可能である）、一旦、通過不能と判断した経路部分が通過可能となる可能性があるからである。

【 0 0 4 0 】

この場合、経路算出部 4 は、他に最適な経路が存在しない場合、時間経過に伴ってその重みが減少した通過不可ポテンシャルの経路部分を再度、移動経路の一部として設定することとなる。これにより、通過可能となり得る経路部分を直ちに迂回するというような無駄な移動経路の設定を排除することができる。

10

【 0 0 4 1 】

経路修正部 5 は、通過不可ポテンシャルが設定されたグリッドマップ上で移動経路の再計算を行う（ステップ S 2 0 9）。

【 0 0 4 2 】

移動制御部 6 は経路修正部 5 により再計算された移動経路に従って移動するように、自律移動体 1 0 0 の移動を制御する（ステップ S 2 1 0）。

【 0 0 4 3 】

続いて、図 9 に示すフローチャートを用いて、自律移動体 1 0 0 が二回目以降に挟路などの通過不能の経路部分を通過する際の処理フローについて詳細に説明する。

20

【 0 0 4 4 】

経路算出部 4 は、距離センサ 2 により取得された動的障害物の 3 次元点群に基づいて、グリッドマップを生成し、設定された始点から終点までの最短の移動経路をグリッドマップ上で算出する（ステップ S 3 0 1）。

【 0 0 4 5 】

経路修正部 5 は、ポリゴンマップ生成部 3 により生成された障害物のポリゴンマップに基づいて、経路算出部 4 に算出された移動経路において、自律移動体 1 0 0 が障害物に干渉しないように、移動経路の修正を行う（ステップ S 3 0 2）。

30

【 0 0 4 6 】

経路修正部 5 は、上記修正において、経路算出部 4 に算出された移動経路で通過不能と判断した経路部分（通過不能ポテンシャルの設定）があるか否かを判断する（ステップ S 3 0 3）。

【 0 0 4 7 】

経路修正部 5 は、経路算出部 4 に算出された移動経路で通過不能と判断した経路部分があるとき（ステップ S 3 0 3 の Y E S）、通過不能と判断した経路部分に対して 3 次元点群データが記録されているか否かを判断する（ステップ S 3 0 4）。一方、経路修正部 5 は、経路算出部 4 に算出された移動経路で通過不能と判断した経路部分がないとき（ステップ S 3 0 3 の N O）、後述の（ステップ S 3 0 9）の処理に移行する。

40

【 0 0 4 8 】

経路修正部 5 は、通過不能と判断した経路部分に対して 3 次元点群データが記録されていると判断したとき（ステップ S 3 0 4 の Y E S）、距離センサ 2 により再度取得された経路部分に対する 3 次元点群データと、記録されている 3 次元点群データとを比較する（ステップ S 3 0 5）。この比較により、一度、通過不能と判断した経路部分に対して、再度、障害物が移動して通過可能となったか否かを判断することができる。

【 0 0 4 9 】

一方、経路修正部 5 は、通過不能と判断した経路部分に対して 3 次元点群データが記録されていないと判断したとき（ステップ S 3 0 4 の N O）、上述の（ステップ S 2 0 4）（図 8）の処理に移行する。この場合、自律移動体 1 0 0 がその通過不能と判断した経路

50

部分を、初めて通過することとなるため、上記図 8 に示す初回通過のフローに戻る。

【 0 0 5 0 】

ここで、経路修正部 5 は、例えば、I C P (Iterative Closest Point) アルゴリズムを用いて、距離センサ 2 により再度取得された経路部分に対する 3 次元点群データと、登録されている 3 次元点群データとを比較して、その一致度を算出する。

【 0 0 5 1 】

経路修正部 5 は、上記経路部分の 3 次元点群データの比較を行った結果、その経路部分の環境が前回と一致していると判断したとき (ステップ S 3 0 6 の Y E S)、その通過不能ポテンシャルの経路部分を通過不能領域 (禁止領域) としてグリッドマップ上に確定する (ステップ S 3 0 7)。この場合、自律移動体 1 0 0 が今回通過するときと前回通過する
10

【 0 0 5 2 】

一方、経路修正部 5 は、上記経路部分の 3 次元点群データの比較を行った結果、その経路部分の環境が前回と一致していないと判断したとき (ステップ S 3 0 6 の N O)、後述の (ステップ S 3 0 8) の処理に移行する。この場合、自律移動体 1 0 0 が今回通過するときと前回通過するときとで、その経路部分の障害物が移動しその位置に変化している判断できる。したがって、後述のように、再度、移動経路の再計算を行う。

【 0 0 5 3 】

経路修正部 5 は、グリッドマップ上で移動経路の再計算を行う (ステップ S 3 0 8)。
20
移動制御部 6 は経路修正部 5 により再計算された移動経路に従って、自律移動体 1 0 0 の移動を制御する (ステップ S 3 0 9)。

【 0 0 5 4 】

以上、本実施の形態に係る移動体制御装置 1 において、経路算出部 4 により算出された移動経路上で、ポリゴンマップ生成部 3 により生成された障害物のポリゴンマップに基づいて通過不能と判断した経路部分に対して、距離センサ 2 により 3 次元点群データを取得し、取得した 3 次元点群データを記録する。これにより、その経路部分の 3 次元点群データを用いて、経路部分に存在する障害物に応じたより最適な移動経路を設定できる。

【 0 0 5 5 】

なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜
30
変更することが可能である。

【 0 0 5 6 】

また、本発明は、例えば、図 5、図 8 及び図 9 に示す処理を、C P U にコンピュータプログラムを実行させることにより実現することも可能である。

【 0 0 5 7 】

プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体 (non-transitory computer readable medium) を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体 (tangible storage medium) を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体 (例えばフレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ)、光磁気記録媒体 (例えば
40
光磁気ディスク)、C D - R O M (Read Only Memory)、C D - R、C D - R / W、半導体メモリ (例えば、マスク R O M、P R O M (Programmable ROM)、E P R O M (Erasable PROM)、フラッシュ R O M、R A M (random access memory)) を含む。

【 0 0 5 8 】

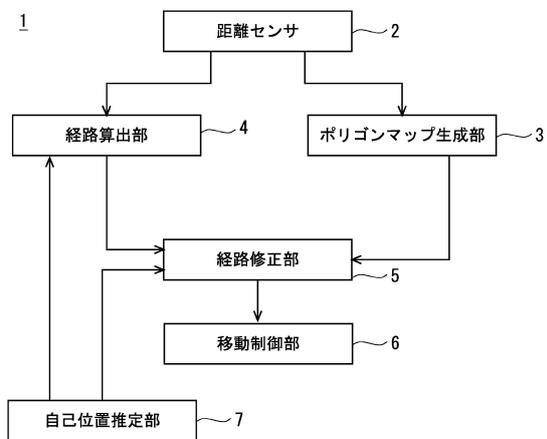
また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体 (transitory computer readable medium) によってコンピュータに供給されてもよい。一時的なコンピュータ可読媒体の例は、電気信号、光信号、及び電磁波を含む。一時的なコンピュータ可読媒体は、電線及び光ファイバ等の有線通信路、又は無線通信路を介して、プログラムをコンピュータに供給できる。

【符号の説明】

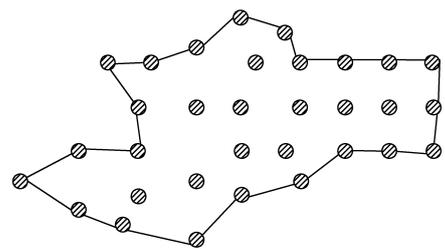
【 0 0 5 9 】

- 1 移動体制御装置
- 2 距離センサ
- 3 ポリゴンマップ生成部
- 4 経路算出部
- 5 経路修正部
- 6 移動制御部
- 7 自己位置推定部
- 1 0 0 自律移動体

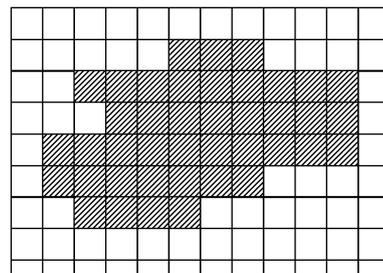
【 図 1 】



【 図 2 】

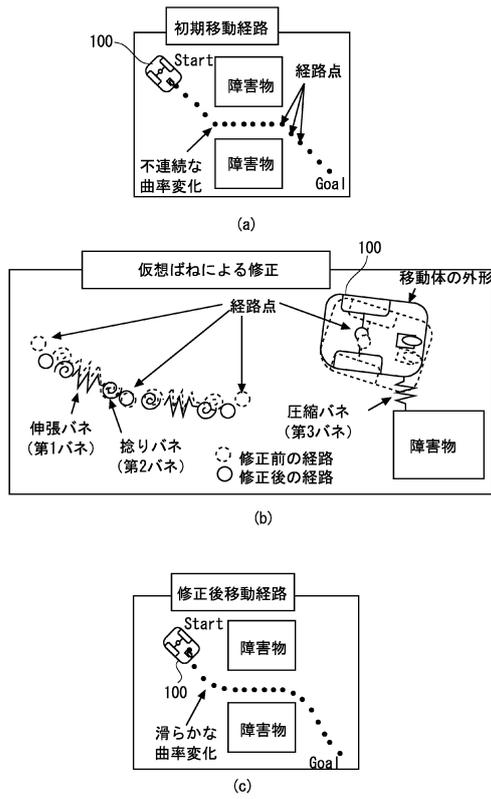


(a)

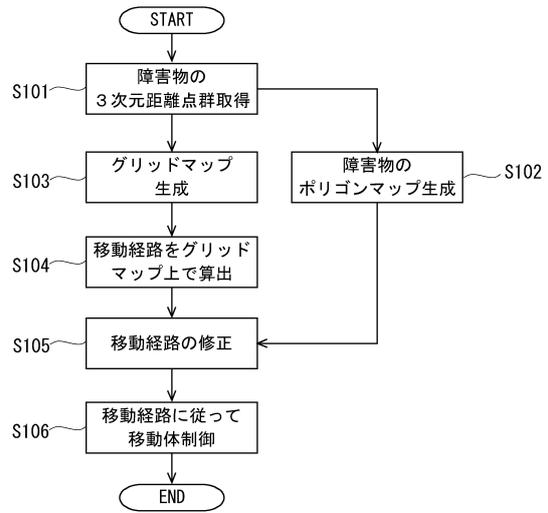


(b)

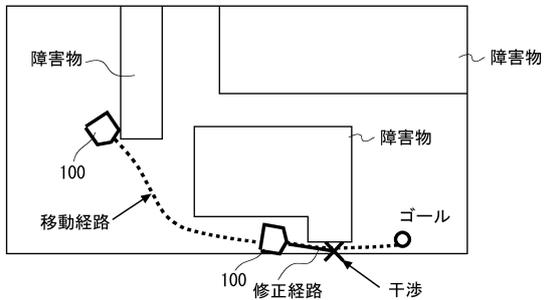
【 図 4 】



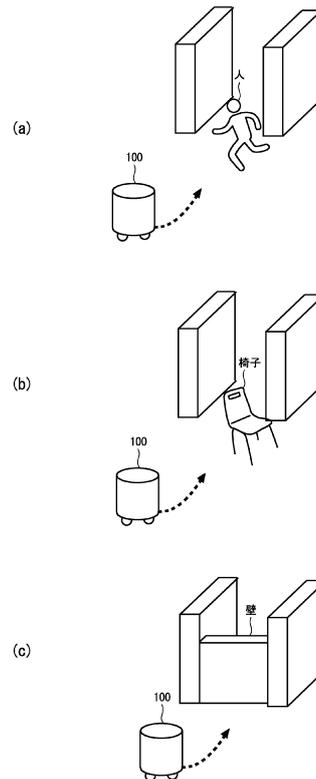
【 図 5 】



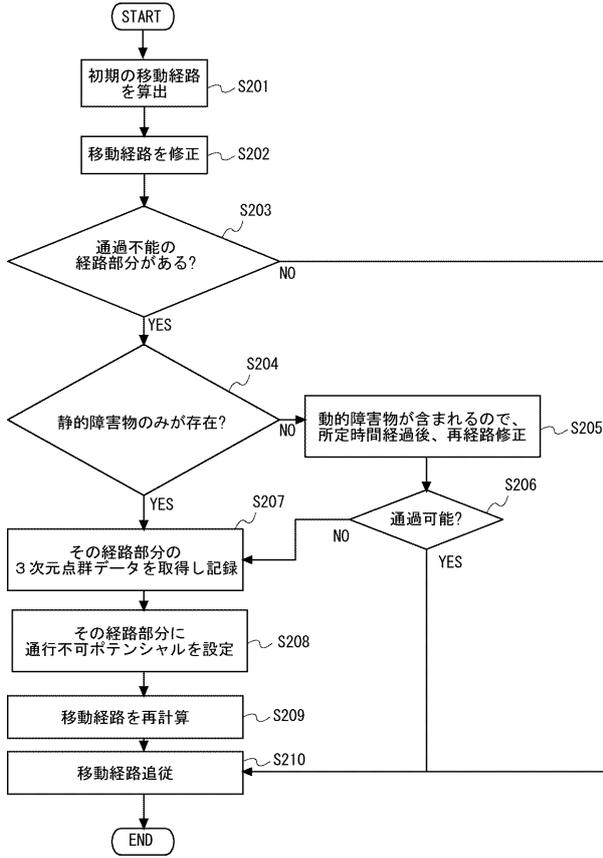
【 図 6 】



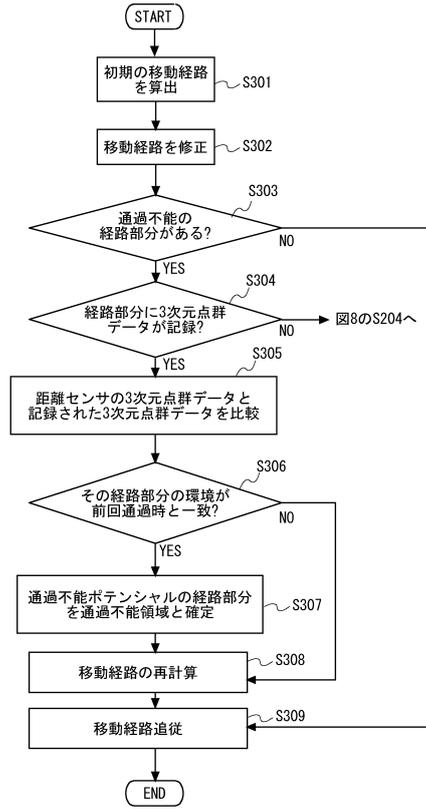
【 図 7 】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

審査官 川東 孝至

- (56)参考文献 特開2006-236098(JP,A)
特開2011-175393(JP,A)
特開平03-073004(JP,A)
特開2010-134656(JP,A)
特開2008-065755(JP,A)
特開昭57-108778(JP,A)
特開2007-328486(JP,A)
特開2010-092279(JP,A)
特開2009-271513(JP,A)
特開2011-204181(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05D 1/02