

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I
G 0 5 D 1/02		C 0 5 D 1/02 L
A 4 7 L 11/10		A 4 7 L 11/10

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-23753

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月21日

(71) 出願人 000003326

本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 上野 一郎

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社
本田技術研究所内

(72) 発明者 加藤 弘宣

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社
本田技術研究所内

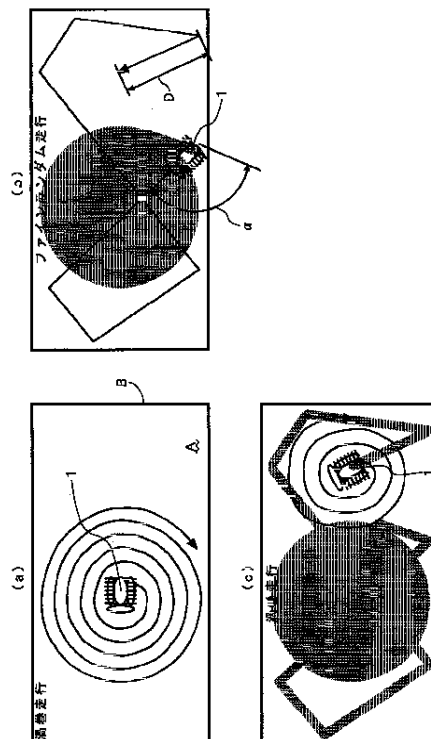
(74) 代理人 弁理士 田中 香樹 (外1名)

(54) 【発明の名称】 自走ロボットの制御方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 走行予定領域の境界検出信号に基づき、ロボットの走行軌跡が全領域を効率よく、網羅的に塗り潰すようにする。

【解決手段】 ロボット1がある位置から巡回半径を徐々に大きくしながら巡回走行する渦巻き走行(ケースa)、境界に沿って予定時間走行する際沿い走行、および境界検知に応答して予定角度巡回し、その後直進するランダム走行(ケースb)を適宜に組合せてケース(c)の如く実行する。組合せの順序は予めメモリに記憶できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】走行予定領域の境界を検出するセンサを有し、可及的網羅的に前記走行予定領域を塗り潰すように走行する自走ロボットの制御方法であって、前記領域内の任意の位置から旋回走行を開始して、前記センサによって前記境界が検出されるまでは、その旋回半径を徐々に大きくする渦巻き走行と、前記境界に沿って走行する際沿い走行とを交互に行わせることを特徴とする自走ロボットの制御方法。

【請求項2】渦巻き走行中に境界が検出された時は、前記渦巻き走行を中止して際沿い走行に移行させることを特徴とする請求項1に記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項3】渦巻き走行中に前記センサによって境界が検出された時は前記渦巻き走行を中止し、境界検出にตอบสนองした予定角度の旋回およびこれに続く予定距離の前進を含むランダム走行を予定回数繰り返した後に、旋回走行を行なうことを特徴とする請求項1に記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項4】渦巻き走行中に境界が検出された時は一旦停止し、予定角度の旋回および境界を再度検出するまでの前進をN回（Nは任意の整数）繰り返し、最後に検出された境界に沿った際沿い走行を行なうことを特徴とする請求項1に記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項5】境界が検出された時に行なう旋回の前に、予定距離の後退を実行することを特徴とする請求項3または4に記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項6】走行の開始時には、渦巻き走行モードが実行されることを特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項7】走行予定領域の境界を検出するセンサを有し、可及的網羅的に前記走行予定領域を塗り潰すように走行する自走ロボットの制御方法であって、前記領域内のある位置から旋回走行を開始して、前記センサによって前記境界が検出されるまでは、その旋回半径を徐々に大きくする渦巻き走行モードと、前記境界に沿って予定時間走行する際沿い走行モードと、前記センサによって境界が検出された時は前記ロボットの走行を中止し、境界検出にตอบสนองした予定角度の旋回およびこれに続く予定距離の前進を予定回数行なうランダム走行モードとを有し、前記3モードのいずれか1つを選択して順次実行し、その際、ランダム走行の前および後には、渦巻き走行モードおよび際沿い走行モードの少なくとも1つを実行させることを特徴とする自走ロボットの制御方法。

【請求項8】走行の開始時には、渦巻き走行モードが実行されることを特徴とする請求項7に記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項9】渦巻き走行、際沿い走行およびランダム走行を行なう順序が、走行開始前に予め設定されることを特徴とする請求項1ないし7のいずれかに記載の自走ロ

ボットの制御方法。

【請求項10】前記渦巻き走行モード、ランダム走行モード、際沿い走行モード、およびランダム走行モードを、この順に繰り返し実行させることを特徴とする請求項8または9に記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項11】際沿い走行では、ロボット本体の側方に配置された境界検出信号に基づいて、前記境界が検出されたときは直進し、前記境界が検出されないときは境界に近づくように旋回させ、一方境界に接触または近付き過ぎたときは境界から離れるように旋回させることを特徴とする請求項1ないし10のいずれかに記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項12】前記旋回の角度が進行方向に対してほぼ135°であることを特徴とする請求項3ないし11のいずれかに記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項13】前記際沿い走行のそれぞれの継続時間は予め決められていることを特徴とする請求項3ないし12のいずれかに記載の自走ロボットの制御方法。

【請求項14】予定の走行予定領域を可及的網羅的に塗り潰すように走行する自走ロボットの制御装置であって、

ロボット本体の少なくとも前方および一方の側方に配置されており、前記ロボットが前記走行予定領域の境界からそれぞれ予定された距離以内に近付いたことを検出して近接出力を発生する複数のセンサと、

ロボット本体の周縁に配置されて、前記ロボットが前記走行予定領域の境界と接触したときに接触出力を発生するセンサと、

ランダム走行、渦巻き走行および際沿い走行モードの中から、ロボットが実行すべき走行モードを順次に選択設定する実行モード設定手段と、

選択設定された走行モードにしたがってロボットの走行を制御する制御手段とを具備したことを特徴とする自走ロボットの制御装置。

【請求項15】前記実行モード設定手段は、ロボットが順次に実行すべき走行モードを予め記憶する手段と、走行モードの進行にตอบสนองして次に実行すべき走行モードを前記記憶手段から読み出す手段とを具備し、前記制御手段は読出された走行モードにしたがってロボットの走行を制御する請求項14に記載の自走ロボットの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自走ロボットの制御方法および装置に関し、特に、与えられた領域をできるだけ短時間で、なるべく網羅的に走行できる自走ロボットの制御方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】掃除ロボット、芝刈りロボット、左官ロボット、および農業用散布ロボット等、与えられた領域

を自動走行して予め定められた作業をする自走ロボットが知られている。例えば、特開平5-46246号公報に記載された掃除ロボットは、掃除に着手する前に部屋内を周回し、部屋の大きさ、形状および障害物を検出して走行領域つまり掃除領域のマッピングを行う。その後、このマッピング動作によって得られた座標情報に基づき、ジグザグ走行や周回走行の半径を一周毎に小さくしていく螺旋走行を行って部屋全体を掃除する。このロボットは、接触センサおよび超音波センサで壁面を検知して進路を判定するとともに距離計によって周回の終了を検出する。同様に、床面全体を網羅的に走行するロボットは、特開平5-257533号公報にも開示されている。

【0003】上述のような従来のロボットでは、多数のセンサで検出された情報に基づいて走行領域の状況を十分把握し、走行領域を精度良くかつ効率的に網羅して走行するように、モータなどの各種駆動系アクチュエータが制御される。このため制御システムが極めて複雑化し、かつ高価なものになるとともに、処理速度も遅くなる。さらにマッピング、ティーチングおよび各種処理のための閾値の設定などの初期設定に長時間や熟練を要したり、また障害物回避動作が遅れるなどの問題があった。

【0004】本発明者らは、掃除ロボットや草刈りロボットなどでは、対象の全領域を漏れなく、かつ高精度で走行する必要はなく、多少の未作業領域が残っても大きな支障は生じない場合もある点に着目し、より簡単な構成で、与えられた領域をほぼ網羅的に走行できるロボット走行制御方法および装置を、さきに提案した(特願平9-29768号)。

【0005】前記提案の自走ロボットは、作業領域の境界や障害物を検出する各種センサ、車輪回転数センサなどを備え、前記領域内の任意の地点を中心にして、その旋回半径を徐々に大きくするような渦巻き走行モード(図6のa、c)と、境界または障害物までの距離が予定値以内になったときは渦巻き走行を中止し、前記領域の境界から遠ざかるように予定角度で旋回して直進し、それ以後さらに、前記領域の境界を検出する毎に旋回および直進を予定回数だけ繰り返す(ファインチューニング)ランダム走行モード(図6のb)とを有する。この場合、領域内を網羅的に、より速く走行できるようにする効率(以下、「作業効率」という)の向上を図るために最適な旋回角度 α は135°であることが、シミュレーションの結果分かった。ここでは、このように旋回角度 α を135°にした走行パターンをファインチューニングランダム走行と呼ぶ。

【0006】動作時には、図6(a)～(c)のように渦巻き走行を行なった後ランダム走行モードに移行し、その最後の旋回から予定距離直進した位置で再び前記渦巻き走行を開始する。前記旋回の前定回数および最後の

直進距離は、所望の網羅率に達する時間が極小になるように、シミュレーションモデルによって予め決定される。

【0007】図16は前記自走ロボットの制御装置のハード構成を示すブロック図である。制御装置7はCPU8を具備し、駆動回路16は超音波センサ6の入出力を管理する。正面、左右側面、斜め前方などに向けて配置された複数対の超音波センサ6、正面先端のバンパーなどに配置された接触センサ5A、左右車輪の回転数センサ10からの情報に基づき、CPU8は右および左車輪駆動用モータ14、15、左右ブレーキ12、13等の動作を制御し、ロボットに前進、後退、停止、および超信地旋回、信地旋回、急旋回、緩旋回の各動作を行なわせる。緩旋回や急旋回は左右車輪の回転速度を異ならせることによって行なわれる。自明なように、旋回半径は左右車輪の回転速度およびその差によって決まる。超信地旋回は左右の車輪を互いに逆転させて行う旋回であり、信地旋回は左右車輪の一方を停止させ、片方のみを回転させて行う旋回である。これらの場合の旋回角度は、回転される車輪の回転量によって決まる。

【0008】このロボットでは、各センサの状態によって生成された行動計画を直ちに実行するのではなく、予め設定した緊急度に基づいて優先付けをし、緊急度の高い行動計画を優先的に実行するようにしている。

【0009】図17は、前記ロボットで実施した動作判断の機能を示すブロック図である。各センサ6、5Aで検出された障害物までの距離に基づいて行動計画AP1、AP2、…、APnが生成された場合に、選択機能20は行動計画AP1～APnのうち、壁面との衝突を回避する際に最も緊急度の高い動作をする行動計画を選択してアクチュエータ19を付勢する。この従来例では、後退制御が起動されたときに最も緊急度が高い動作として第1優先にした。続いて超信地旋回制御を第2優先にし、その後は、信地旋回、急旋回、緩旋回の順で優先付けをした。なお、上記行動計画の優先付けは、超音波センサ6の検出結果に基づいて計算される障害物までの距離にしたがって決められたものであり、前記接触センサ5Aによる障害物検出のときの停止制御は含まれていない。

【0010】図18は、上記のロボットによる作業時間と作業の進み度合をシミュレーションした結果を示すグラフであり、縦軸は与えられた領域においてロボットが走行して網羅した領域の面積の割合、横軸は走行開始からの経過時間を示す。ロボットの平面積は直径20cmの円で代表させ、その走行速度は13cm/秒に設定した。走行領域は図(a)の場合が4.2m×4.2mの正方形であり、図(b)の場合は4.2m×8.4mの矩形である。

【0011】なお、同図にいう座標系走行とは、作業領域を網羅して走行するように予め設定されたコースに沿

って走行する方式であり、該走行方式によれば時間の経過に直線的に比例して網羅した領域の割合は増大する。これと比較して、渦巻き走行を含む他の走行方式では、作業済み面積の伸びが鈍化するため、領域の完全な網羅を目指すことは困難である。そこで、一例として領域の80%を網羅して走行するのに要した時間で能率の比較をすると、図18(a)の場合、座標系走行を除く3つの走行方式の中では、図6(a)～(c)に示したように、ファインチューニングランダム走行を組合せた渦巻き走行が最も短時間(約1800秒)で領域の80%を網羅していることが分かる。また面積を2倍に拡張した図18(b)の場合も、ほぼ同様の傾向が得られた。またこの場合、単位時間(1秒)に全走行領域の何%を平均的に網羅するかを示す作業効率を最大にするための旋回の回数は5回、また旋回後の直進時間は15～30秒であり、また前記時間および旋回回数は互いに他方に影響を与えないことが、前記のシミュレーションの結果分かった。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】前記提案のロボットでも、ある程度(全面積の約80%程度)の網羅または塗りつぶしまでは比較的効率よく作業ができるが、網羅の割合をそれ以上に高めようすると非常に長時間を要するようになり、また例えば壁などで仕切られた複数の部屋や、家具などが置かれた部屋の掃除を連続して行なうようなときは作業能率が低下しやすいという問題がある。

【0013】本発明は網羅の割合を80%以上にまで高めることが比較的容易であり、また作業領域内に仕切りや家具などの障害物がある場合でも前記作業領域を連続して作業することを可能にし、その作業能率が低下し難い自走ロボットの制御方法および装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】走行予定領域の境界を検出するセンサを具備し、前記領域内の任意の位置から旋回走行を開始して、前記センサによって前記境界および障害物を検出しながら、その旋回半径を徐々に大きくする渦巻き走行および前記境界に沿って走行する際沿い走行、さらに所望に応じてランダム走行を組合せて行うことにより、可及的網羅的に前記走行予定領域を塗り潰すようにする。渦巻き走行中に境界が検出された時は、前記渦巻き走行を中止してランダム走行、際沿い走行に移行させる。走行モードは適宜に組合せられるが、渦巻きランダム-際沿いランダム走行の組合せを繰り返して実施したシミュレーションでは、走行予定面積が35m²または57m²であり、障害物が散在する対象領域内をそれぞれ124分、271分という時間でほぼ100%塗り潰すことができた。

【0015】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照して本発明を詳細に説明する。図2は本発明の一実施形態に係る自走ロボットの概略平面図、図3は概略側面図である。これらの図において、ロボット1は、本体ケース2の左右両側にそれぞれ配置され、別個のモータ(図示せず)によって駆動される(無限軌道付きまたは単純な)車輪3、4によって前進、後退、停止および旋回の各動作を行えるように構成されている。前記車輪3、4にはそれぞれの回転数検出用のセンサ(図示せず)が設けられる。なお以下の説明では、すべてのセンサを総括的に呼称する場合は、単に「センサ26」という。本体ケース2は可撓性材でほぼ半截卵殻形状に構成され、その内周とその内部の主軸との間には、障害物との接触を検出する接触センサ(図示しない)が取り付けられている。

【0016】さらに、ロボット1には、境界や障害物を非接触で検知するための複数対の赤外線センサが左右対称に設けられている。すなわちロボット1の進行方向前方にセンサ26R、26L、斜め前方に26MR、26ML、また後方に26RR、26RLがそれぞれ配置され、さらに左側方には、本発明に特有の際沿い走行のための側方センサ25Lが配置される。前記各符号中の添字Rは走行方向に対して右側の障害物検出用であり、添字Lは走行方向に対して左側の障害物検出用であることを意味する。

【0017】なお図示していないが、本体の右側にも側方センサを設けても良い。これらのセンサは赤外線センサが望ましいが、予定の短距離(例えば、10～15cm)以内の障害物を検出できる近接センサであれば、超音波または他の光学的センサ等のどのような形式のセンサを使用してもよい。前記自走ロボットの本体の構成や接触センサの詳細に関しては、本出願人の別件特許出願(A97-467、468、平成9年12月22日出願)に詳述されているので、その明細書の記述を引用し、ここに統合する。

【0018】図1は本発明による1実施形態の自走ロボットの制御装置のハード構成を示すブロック図であり、図16や図2、3と同一の符号は同一または同等部分を表わす。図16との対比から明らかなように、図1では、図16の超音波センサ6が赤外線センサなどの近接センサ25Lおよび26で置換され、これらセンサ25Lおよび26の信号ならびに、接触センサ5Aおよび左右の車輪3、4を駆動するモータの回転数センサ(エンコーダ)10の検出信号がデジタル入力部9を介してCPU8に入力される。

【0019】一方、CPU8には、デジタル出力部11を介して右車輪用電磁ブレーキ12、左車輪用電磁ブレーキ13、右車輪モータ(以下、「右モータ」という)14、および左車輪モータ(以下、「左モータ」という)15が接続されている。そして、CPU8での処理に基づく各種指示は該デジタル出力部11を通じてそれ

ぞれ右および左車輪用電磁ブレーキ12、13、右および左モータ14、15等に入力される。デジタル出力部11を通じて右および左モータ14、15に供給されるのは回転方向指示信号である。また右および左モータ14、15には、D/Aコンバータ17を通じてCPU8から回転速度指示が入力される。

【0020】上記構成により、センサ25L、26および接触センサ5A（以下、総括的には「センサ」と呼ぶ）からの近接、接触情報に基づき、CPU8は右および左モータ14、15等の駆動系の動作を決定する。当該ロボットは上述のように前進、後退、停止、および旋回の各動作を行うが、そのための制御機能はモジュールとして個別にCPU8の機能で実現される。各センサからの情報の入力処理や動作判断処理は常時動作しているが、超信地旋回、停止、後退の各制御モジュールは通常はスリープ状態になっていて、直進制御のみが起動されている。なお、容易に理解されるように、超信地旋回以外の旋回は直進制御モジュールの機能に含まれる。

【0021】CPU8の動作判断部18は、各センサからの情報に基づいて予め定められた動作を条件反動的に行わせるように構成される。図17に関して前述したように、動作判断部18は各センサに対応して階層型に構成されており、センサ25L、26、5Aなどからの信号の状態に応じた行動計画を生成して実行要求を出力する。この実行要求に基づいて右および左車輪用電磁ブレーキならびに右および左モータからなる駆動系（アクチュエータ）19が制御される。こうして、各センサからの情報に基づいて個別に生成された行動計画による実行要求が積み重ねられ、ロボット全体の動作、すなわち前進、後退、停止、および緩旋回、急旋回、信地旋回、超信地旋回などの動作が決定される。

【0022】また本発明の実施形態においても、前述したように、各センサからの出力に基づいて生成された行動計画を直ちに実行するのではなく、予め設定した緊急度に基づいて優先付けをし、緊急度の高い行動計画を優先的に実行する。この優先度は、先に本発明者が提案したロボットと同じであり、前記接触センサによる障害物検出のときの停止制御を除けば、後退、超信地旋回、信地旋回、急旋回、緩旋回の順である。

【0023】本発明の実施形態におけるロボットの走行パターンの特徴は、前述のランダム走行、ファインチューニングランダム走行、渦巻き走行パターンに加えて、壁などの境界に沿って走行する「際沿い走行」（「隅走行」ということもある）パターンを有する点である。際沿い走行パターンは、（ファインチューニング）ランダム走行や渦巻き走行パターンの実行中に、側方センサ25Lが壁などの境界を検知したときに開始され、それから予定時間の間継続される。

【0024】図4は際沿い走行の処理を示すフローチャートである。後述するように、ランダム走行または渦巻

き走行中に側方センサ25Lまたは26が壁などの境界を検知して出力を発生すると、CPU8が際沿い走行開始指令を発生し、図4の処理が開始される（ステップS70）。ステップS71では直進し、ステップS72では前記の側方センサが依然として境界を検知しているかどうかを判断する。なお側方センサの検知範囲は、ロボットが境界からどの程度の距離を保って際沿い走行を行なうかを決定するので、余り大きくない方がよく、例えば10cm～15cmくらいが適当である。

【0025】側方センサが境界を検知しなくなっておれば、境界から離れつつあるので、ステップS73で、境界に近付くように予定角度緩旋回し、ステップS71に戻って直進を続ける。ステップS72で側方センサが境界を検知しておれば、境界近くをこれに沿って走行しているので、ステップS74でさらに直進を続ける。ステップS75では、先端の接触センサ5Aが壁などの境界を検知したかどうか判定され、この判定が否定なら、ステップS72～75を繰り返す。一方ステップS75の判定が肯定であれば、ステップS76で予定距離だけ後退し、さらに検知された境界と反対方向へ予定角度旋回してからステップS71へ戻って直進する。このような手法によって、本発明のロボットは壁などの境界に沿って走行を続ける。前記の際沿い走行は予定時間（または距離）継続した後中止され、ランダム走行モードに移行される。前記予定時間は、適当なタイマー割り込みによって際沿い走行を停止させても実現できるが、ステップS70で中止タイマを起動し、図4に点線で示したステップS71A、74Aで前記タイマのカウントアップを判定することによって中止することもできる。

【0026】続いて、上述の際沿い走行と組み合わせられる本発明によるロボットの各走行パターンを説明する。まず、ロボット1の基本的な走行パターンであるランダム走行について説明する。ランダム走行においては、図5に示すように、境界または壁面Bで囲まれた領域Aに置かれたロボット1は直進して壁面Bから予定距離以内に入ると、一時停止・予定角度旋回（必要に応じては、その前に予定距離だけ後退してもよい）という折返し動作をした後、再び直進して別の壁面Bに向かう。このとき、壁面Bの近傍での折返し動作のための旋回角度 α （図5（b）参照）は、折返し動作のつどランダムに選択されて設定されることができる。

【0027】本発明者等は、ランダム走行に渦巻き走行を組合せて、ランダム走行（なるべくファインチューニングランダム走行）を予定回数繰り返した時点で渦巻き走行をするという、図6の渦巻き／ランダム走行パターンに、さらに前述の際沿い走行を組合せると一層の作業効率の改善ができることを発見した。

【0028】ここで渦巻き／ランダム走行についてさらに詳細に説明する。図6において、ロボット1を領域A内に置く。この領域Aは壁面Bで囲まれた矩形の部屋を

Explore Litigation Insights

Docket Alarm provides insights to develop a more informed litigation strategy and the peace of mind of knowing you're on top of things.

Real-Time Litigation Alerts



Keep your litigation team up-to-date with **real-time alerts** and advanced team management tools built for the enterprise, all while greatly reducing PACER spend.

Our comprehensive service means we can handle Federal, State, and Administrative courts across the country.

Advanced Docket Research



With over 230 million records, Docket Alarm's cloud-native docket research platform finds what other services can't. Coverage includes Federal, State, plus PTAB, TTAB, ITC and NLRB decisions, all in one place.

Identify arguments that have been successful in the past with full text, pinpoint searching. Link to case law cited within any court document via Fastcase.

Analytics At Your Fingertips



Learn what happened the last time a particular judge, opposing counsel or company faced cases similar to yours.

Advanced out-of-the-box PTAB and TTAB analytics are always at your fingertips.

API

Docket Alarm offers a powerful API (application programming interface) to developers that want to integrate case filings into their apps.

LAW FIRMS

Build custom dashboards for your attorneys and clients with live data direct from the court.

Automate many repetitive legal tasks like conflict checks, document management, and marketing.

FINANCIAL INSTITUTIONS

Litigation and bankruptcy checks for companies and debtors.

E-DISCOVERY AND LEGAL VENDORS

Sync your system to PACER to automate legal marketing.