

(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  
2011年5月26日(26.05.2011)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2011/062095 A1

- (51) 国際特許分類:  
G05D 1/02 (2006.01) B25J 13/00 (2006.01)  
B25J 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/069985
- (22) 国際出願日: 2010年11月10日(10.11.2010)
- (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 2009-264575 2009年11月20日(20.11.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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). 学校法人慶應義塾(KEIO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1088345 東京都港区三田2丁目15番45号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高橋 正樹 (TAKAHASHI Masaki) [JP/JP]; 〒2238522 神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学理工学部内 Kanagawa (JP). 鈴木 崇文 (SUZUKI Takafumi) [JP/JP]; 〒2238522 神奈川県横

浜市港北区日吉3丁目14番1号 慶應義塾大学理工学部内 Kanagawa (JP). 森口 智規 (MORIGUCHI Toshiki) [JP/JP]; 〒6128686 京都府京都市伏見区竹田向代町136番地 村田機械株式会社内 Kyoto (JP).

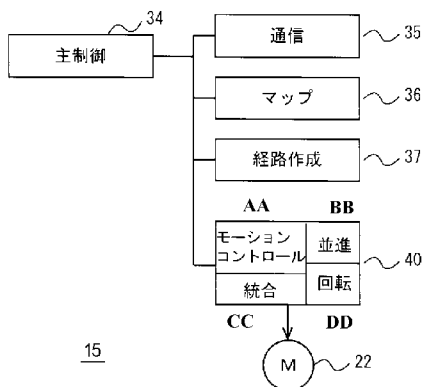
- (74) 代理人: 塩入 明, 外 (SHIOIRI Akira et al.); 〒6590093 兵庫県芦屋市船戸町4番1-409号室 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: AUTONOMOUS MOBILE BODY AND CONTROL METHOD OF SAME

(54) 発明の名称: 自律移動体とその制御方法

[図3]



- 34 MAIN CONTROL
- 35 COMMUNICATION
- 36 MAP
- 37 PATH CREATION
- AA MOTION CONTROL
- BB TRANSLATIONAL MOTION
- CC INTEGRATION
- DD ROTATIONAL MOTION

(57) Abstract: Disclosed is an autonomous mobile body capable of flexibly avoiding an obstacle. The mobile body is provided with a movement mechanism freely capable of translational motion within a horizontal plane and rotational motion around a vertical axis, wherein distance to an obstacle is obtained for each azimuth by an obstacle sensor. A potential related to translational motion of the mobile body and a potential related to rotational motion of the mobile body for avoiding interference with the obstacle are generated on the basis of the distance to the obstacle for each azimuth. On the basis of the generated potentials, a translational motion direction and a translational motion speed of the mobile body as well as a controlled amount related to a direction of a rotational motion and an angular speed are generated, and the mobile body is driven.

(57) 要約: 障害物を柔軟に回避する自律移動体を提供する。移動体は、水平面内での並進と鉛直軸回りの回転とが自在な移動機構を備えて、障害物センサにより方位角毎に障害物までの距離を求める。障害物との干渉を回避するための、移動体の並進に関するポテンシャル及び移動体の回転に関するポテンシャルを、方位角毎の障害物までの距離に基づいて生成する。生成したポテンシャルに基づき、移動体の並進方向と並進速度及び、回転の方向と角速度とに関する制御量を生成し、移動機構を駆動する。

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, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:  
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**： 自律移動体とその制御方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、ロボット及び無人搬送車等の自律移動体とその移動制御に関する。

### 背景技術

[0002] オフィス及び工場等の人間の存在する実環境において様々なサービスを提供するロボット等の移動体の開発が行われているが、このようなロボット開発の前提として障害物を回避しながら目的地へ自律的に移動できること要求されている。障害物の回避について非特許文献1は仮想ポテンシャル法を開示する。仮想ポテンシャル法では、目的地に対する引力ポテンシャルと、回避すべき障害物に対する斥力ポテンシャルを生成し、これらのポテンシャルを重ね合わせた力場の勾配により制御量を発生させる。この制御量に従って走行モータが駆動され、移動体は障害物を回避しながら目的地へ到達できる。

[0003] 移動体は、障害物を回避する際、大回りせずに柔軟に回避することが好ましい。障害物は、壁及び柱を除く、通路等の移動体の通過可能領域に発生するが、その領域が十分に広いとは限らない。そこで柔軟に障害物を回避すること、即ち、移動体が、姿勢を変更して通過できる隙間があれば狭い隙間でも通過し、かつ回避運動が滑らかであることが、好ましい。しかしながら現在までの研究では、移動体を円に近似したモデルを利用して移動経路を探索することが殆どであったため、移動体の姿勢変更について何ら考慮されていなかった。つまり移動体を円モデルに近似する既存の手法では、移動体が平面視で長尺体の場合であっても、その長手方向長さを完全に包含する円モデルが設定されるので、移動体の短手側を進行方向に向けた姿勢であれば通過できる隙間であっても通過できない隙間と判定されてしまい、結果として大きく迂回して回避することになる。

## 先行技術文献

### 非特許文献

- [0004] 非特許文献1 : O. Khatib: “Real-Time Obstacle Avoidance for Manipulators and Mobile Robots, “ Int. J. of Robotics Research, vol.5, no. 1, pp. 90-98, 1986.

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

- [0005] この発明の課題は、自律移動体が障害物柔軟に回避できるようにすることにある。

#### 課題を解決するための手段

- [0006] この発明の自律移動体は、障害物を回避しながら目標位置まで移動する、平面視で長軸と短軸とを備えた自律移動体であって、  
水平面内での並進と鉛直軸回りの回転とが自在な移動機構を備えた台車と、  
方位角毎に障害物までの距離を求める障害物センサと、  
障害物との干渉を回避するための、移動体の並進に関するポテンシャル及び移動体の回転に関するポテンシャルを、方位角毎の障害物までの距離に基づいて生成するためのポテンシャル生成部と、  
生成したポテンシャルに基づき、移動体の並進方向と並進速度及び、回転の方向と角速度とに関する制御量を生成する制御量生成部と、  
生成した制御量を合成し移動機構を駆動する駆動部、とを備えることを特徴とする。
- [0007] この発明の自律移動体の制御方法は、障害物を回避しながら目標位置まで移動し、かつ平面視で長軸と短軸とを備えた自律移動体を移動制御する方法であって、  
移動体は、水平面内での並進と鉛直軸回りの回転とが自在な移動機構を備えると共に、

移動体は、障害物センサにより方位角毎に障害物までの距離を求め、障害物との干渉を回避するための、移動体の並進に関するポテンシャル及び移動体の回転に関するポテンシャルを、方位角毎の障害物までの距離に基づいて生成し、生成したポテンシャルに基づき、移動体の並進方向と並進速度及び、回転の方向と角速度とに関する制御量を生成し、生成した制御量を合成し移動機構を駆動することを特徴とする。

[0008] この発明では、自律移動体を円等で近似せず、長軸と短軸とを備えた異方性のあるものとして処理する。そして障害物との関係について方位角毎のポテンシャルを生成し、並進の他に回転の自由度があるので、並進と回転の各々に付いてポテンシャルを生成する。角ポテンシャルに基づいて、並進と回転の制御量を発生させ、これらに基づいて移動機構を駆動すると、障害物を回避できる。例えばどの方向に並進しても行き詰まる場合、移動体は停止あるいは減速等を行い、この間に回転して障害物を回避する。従って小さな隙間を通過して障害物を柔軟に回避できる。制御量の合成とは並進への制御量と回転への制御量とを合成して、移動機構への制御量に変換することである。

[0009] 好ましくは、各ポテンシャルはファジィポテンシャル法でのポテンシャルメンバーシップファンクションであり、並進のポテンシャルメンバーシップファンクションは並進の方位角毎に障害物との干渉の程度を表し、回転のポテンシャルメンバーシップファンクションは回転の方位角毎に障害物との干渉の程度を表す。ファジィポテンシャル法では、

- ・ 複数の基本行動、例えば並進、回転等の行動をポテンシャルメンバーシップ関数(PMF)を用いて各々表現し、
- ・ これらのメンバーシップ関数をファジィ演算を用いて統合することにより、各基本行動を考慮した速度ベクトル(速度指令)を決定する。

[0010] 制御量生成部は、ポテンシャルメンバーシップファンクションの値に基づいて、所定の最高並進速度と所定の最低並進速度との間で並進速度を決定すると共に、所定の最高角速度と所定の最低角速度との間で角速度を決定する

。このようにすると、並進速度と角速度を簡単に決定でき、しかも障害物との干渉が移動体は減速して慎重に移動体を回避できる。

[0011] ポテンシャル生成部は、複数の障害物の各々に対して、並進及び回転のポテンシャルメンバーシップファンクションを発生させると共に、目的地へ自律移動体を誘導するための並進及び回転のポテンシャルメンバーシップファンクションを発生させ、さらに障害物各々へのポテンシャルメンバーシップファンクションと目的地へのポテンシャルメンバーシップファンクションとを、並進及び回転に関して各々合成する。従って、複数の移動体と干渉の回避と目的地への誘導とを、並進と回転毎に1個のポテンシャルメンバーシップファンクションで表すことができる。

[0012] 並進のポテンシャルメンバーシップファンクションの合成は、複数の並進のポテンシャルメンバーシップファンクションを合成した結果から値の最高値もしくは最小値を、方位角毎に求めることであり、回転のポテンシャルメンバーシップファンクションの合成は、複数の回転のポテンシャルメンバーシップファンクションを合成した結果から値の最高値もしくは最小値を、方位角毎に求めることである。このようにすると、簡単にポテンシャルメンバーシップファンクションを合成できる。

[0013] 好ましくは、制御量生成部は、並進に関する制御量と回転に関する制御量を独立に求める。このようにすると、並進と回転の相互作用を無視して、簡単に各々の制御量を発生できる。特に好ましくは、生成した制御量の合成とは、並進に関する制御量と回転に関する制御量との加算である。このようにすると、制御量の加算で簡単に移動機構を駆動できる。

[0014] 好ましくは、前記移動機構は、車軸と平行な方向への回転が自在なローラを外周に備えた駆動輪を3輪以上備え、かつ前記3輪以上の駆動輪には、前記車軸の方向が異なるものが含まれている。

### 図面の簡単な説明

[0015] [図1]実施例の自律移動ロボットの側面図

[図2]実施例の自律移動ロボットの底面図

- [図3] 実施例の自律移動ロボットとでの移動制御系を示すブロック図
- [図4] 図4でのモーションコントロール部のブロック図
- [図5] 実施例でのカプセル枠モデルとPMF生成用の角度とを説明する平面図
- [図6] 実施例のカプセル枠とロボットの走行車輪との関係を示す図
- [図7] 実施例での並進制御アルゴリズムを示すフローチャート
- [図8] 実施例での回転制御アルゴリズムを示すフローチャート
- [図9] 実施例でのPMFへの高さの取り込みを示すフローチャート
- [図10] 実施例でのPMFへのアームの伸縮等の取り込みを示すフローチャート
- [図11] 並進に対する障害物のPMFの例を示す図
- [図12] 並進に対するゴールのPMFの例を示す図
- [図13] 並進に対する障害物とゴールの合成PMFの例を示す図
- [図14] 回転に対する障害物とゴール及び合成PMFの例を示す図
- [図15] 実施例でのロボットの軌跡を示す図
- [図16] 実施例でのロボットの方位角の推移を示す図
- [図17] 従来例でのロボットの方位角の推移を示す図
- [図18] 障害物の間隔を狭めてロボットが通過できなくなった際の、実施例でのロボットの軌跡を示す図
- [図19] 障害物の間隔を狭めてロボットが通過できなくなった際の、実施例でのロボットの方位角の推移を示す図
- [図20] カプセル枠モデルの変形例を示す平面図
- [図21] カプセル枠モデルの第2の変形例を示す平面図
- [図22] カプセル枠モデルの第3変形例を示す平面図

### **発明を実施するための最良の形態**

- [0016] 以下に本発明を実施するための最適実施例を示す。この発明の範囲は、特許請求の範囲の記載に基づき、明細書とこの分野の周知技術を参酌し、当業者の理解に従って定められるべきである。

### **実施例**

[0017] 図1～図22に、実施例の自律移動ロボット10とその制御とを示す。図1を参照して、ロボット10は全方位移動機構を備えた台車13を備え、かかる台車13が上半身としての上部12を支持している。上部12は、取り付け高さの異なる例えば一对のレーザーレンジファインダ14、14を備える。レーザーレンジファインダ14に代えて、ステレオカメラ、空間コード化用の光源とカメラなどの立体視装置を備えても良い。以上の構成で、ロボット10はいくつかの高さ位置において、ロボットと障害物との間の距離情報を予め定める方位角毎に取得し出力する。またロボット10は、図示しないGPS等を備えて現在位置及び向きを認識しても良く、あるいはレーザーレンジファインダ14もしくは立体視装置等で検出した通路壁までの距離情報等と予め準備した環境地図とに従って現在位置及び向きを認識することもできる。上部12は制御部15と作業用のアーム16とを備えている。なお上部12を、台車13に対して鉛直軸回りに回転するようにしても良い。

[0018] 実施例の台車13の全方位移動機構は、周方向に90°の間隔で並べて配置された4個の全方位車輪21と、全方位車輪21を駆動する4個のモータ22とを備える。なお、台車13は、3又は6組の全方位車輪21とモータ22を設けた構成であってもよい。23はホイール駆動ユニットで、ホイール駆動ユニット23は支持フレーム24と、支持フレーム24に固定されたモータ22とを備え、支持フレーム24はブラケット25により台車13に固定されている。台車13はXY方向に自由に移動でき、また鉛直軸回りに自由に自転できる。なお全方位移動機構の種類は任意であるが、実施例では旋回半径がほぼ0で任意の向きに並進と回転とができることが要求される。以下に、全方位移動機構を説明する。

[0019] モータ22はハウジング26を備え、モータ22の出力軸27は支持フレーム24から外側へ突出し、全方位車輪21を回転させる。全方位車輪21は、その回転軸(車軸)がロボット10の正面11に対してなす角が45°又は135°となるように配置されている。図2、図6に示すように、ロボット10は、平面視において、正面11方向の幅Wが奥行きLに比べて大きく

、ほぼ長方形形状を有している。

[0020] 全方位車輪 21 は、モータ 22 の出力軸 27 により駆動される駆動車輪 31 と、駆動車輪 31 の外周に沿って環状に配置された複数のフリーローラ 32 とを備えている。いずれかのフリーローラ 32 の外周面が床面に常に接触し、フリーローラ 32 の回転軸線は駆動車輪の回転軸線に対して垂直である。モータ 22 が駆動車輪を回転させると、フリーローラ 32 により駆動力を床面に伝達する。またフリーローラ 32 は回転軸線を中心として自由に回転可能であるから、全方位車輪 21 は駆動車輪の回転軸に平行な方向にも移動できる。なおフリーローラ 32 に代えて、金属ボールなどを用いても良い。

[0021] 図 3 に実施例の移動制御部 15 を示す。34 は主制御で、CPU、ROM 及び RAM などから成る。35 は入力部で、オペレータは入力部 35 からロボット 10 の目的位置、後述する異方性モデル(カプセル枠モデル)の各種パラメータ、ロボット 10 の最大・最小並進速度、及びロボット 10 の最大・最小角速度などを入力する。36 はマップ記憶部で、ロボット 10 が移動し得る環境の環境地図を記憶している。37 は経路作成部で、目的地までの移動経路を、環境地図を参照して作成する。40 はモーションコントローラで、並進に関する制御指令と、回転に関する制御指令を発生し、これらの制御指令を図 2 の各モータ 22 への速度指令(各速度指令)として出力する。

[0022] 図 4 にモーションコントローラ 40 の概念ブロック図を示し、入力としてレーザーレンジファインダ 14 などのセンサからの方位角毎の距離情報があり、これに基づいて己の現在位置並びに自機の正面が向く方位角と、自機の周囲の障害物とに関する情報を取得する。壁及び柱などの既設障害物を除く、机あるいはキャビネット等の移設障害物、及び人等の移動障害物(以下、総称して一時障害物)は一般に環境地図に記載されておらず、ロボット 10 側からすると、通路等の移動環境のどの位置に一時障害物があるかは、センサからの距離情報が入力されて始めて認識できることになる。41 は情報処理部で、障害物及び目的地などに関する環境情報処理部 42 と、自機の現在位置

、向き及び速度などの自機状態に関する自機情報処理部 4 3 とを備え、自機情報処理部 4 3 は入力されたパラメータから後述のカプセル枠モデルを生成し記憶する。

[0023] カプセル枠モデルは後述のように、3つのパラメータ  $C_a$ ,  $C_R$ ,  $C_L$ により定義され得るので、これらのパラメータを記憶するか、カプセル枠モデル自体を記憶する。また高さ方向に沿って自律移動体の形状が異なること、あるいは障害物の形状が高さ方向に沿って異なることを考慮する場合には、高さ位置に応じた複数のパラメータから成る組を複数組記憶し、複数のカプセル枠モデルを出力し記憶する。さらに自律移動体の上半身の形状が、台車もしくは脚部に対し異なる場合、高さ位置に応じて前記のパラメータを変更し、上半身に対するカプセル枠モデルを変更する。

[0024] 図 4 を参照して、情報処理部 4 1 の後段に、並列に並進制御部 4 4 と回転制御部 4 5 とがあり、これらからの制御量を駆動指令生成部 4 8 で統合して、各モータ 2 2 への速度制御量とする。並進制御部 4 4 と回転制御部 4 5 は、情報処理部 4 1 での障害物などの位置とそのサイズ、目的地並びに自機の現在位置と向きなどに応じて、並進制御に対するポテンシャルメンバーシップ関数(PMF)と、回転制御に関するポテンシャルメンバーシップ関数(PMF)とを生成する。なお、PMFは障害物及び目的地毎に生成され、これらをファジィ処理部 4 6, 4 7 で合成する。

[0025] 合成されたポテンシャルメンバーシップ関数(PMF)から、ファジィ処理部 4 6 で並進の向き並びに並進速度を決定し、ファジィ処理部 4 7 で台車 1 3 の姿勢をどれだけ変化させるかのデータ、つまり回転の方向と角速度とを決定する。これらによって、台車の並進の向きと並進速度、回転すべき方向と角速度とが定まり、これを 4 個のモータへの制御量として駆動指令生成部 4 8 で変換する。

[0026] ロボットの形状は、一般的に言って、そのデザイン及び機能に応じて高さ方向に沿って均一ではない。さらには、アームが上部から突き出している、さらにロボットの上部が台車に対して体を捻る、あるいはアームを伸縮させ

るなどにより、ロボットの形状は時間的に変化する。また障害物も高さ方向に沿って一様であるとは限らない。そこで好ましくはポテンシャルメンバーシップファンクション(PMF)を高さ位置に沿って複数準備する。

[0027] 図5、図6にロボットに対するカプセル枠モデルを示す。カプセル枠50は、対向距離 $2Ca$ 離れて平行に配列される一対の線分の端部同士を、その両端部において、半径 $Ca$ の半円で接続したものである。PL、PRは各半円の中心、 $P_0$ は台車の中心で、CL、CRは台車中心から点PL、PRまでの距離である。通常の場合  $CL=CR$  として設定されるが、アームの伸縮などロボット10の形状変動に応じてCLとCRが異なることもある。 $Ca$ は例えばロボットの奥行き $1/2$ よりやや大きい量であるが、アームの伸縮、ワゴンなどの牽引などにより、通常値よりも増大することがある。図5では例えば、障害物O(その中心を $O_0$ とする)をそれが完全に内包される円で近似し、その半径を $r_0$ とする。 $d_s$ は安全距離であって、ロボット10と障害物との距離を保ち安全を確保するための導入されるパラメータである。

[0028] 図5の $\psi_{r0}$ は、台車中心から障害物を見た際の、台車正面に対する障害物の方位である。 $\psi_L$ は、PLと $O_0$ を結ぶ線分に平行で中心 $P_0$ を通る線分と、 $P_0$ と $O_0$ とを結ぶ線分とが成す角である。 $\psi_R$ は、PRと $O_0$ を結ぶ線分に平行で中心 $P_0$ を結ぶ線分と、 $P_0$ と $O_0$ とを結ぶ線分とが成す角である。 $\psi_L'$ は、PLと $O_0$ を結ぶ線分に平行で中心 $P_0$ を通る線分と、PLを中心とする円弧と障害物の安全確保円との両者に接する線分に平行で中心 $P_0$ を通る線分とが成す角である。 $\psi_R'$ は、PRと $O_0$ を結ぶ線分に平行で中心 $P_0$ を通る線分と、PRを中心とする円弧と障害物の安全確保円との両者に接する線分に平行で中心 $P_0$ を通る線分とが成す角である。さらに図6の $\psi_{out}$ は、台車の正面方向からの台車の並進の方位角である。

[0029] ここでカプセル枠50について説明する。図6に示すように、カプセル枠50はロボット13を完全に内包し、両端に弧を有し、弧と弧の間を線分で接続した図形である。カプセル枠50には長軸と短軸とがあり、異方性のあるロボットが平面視で占めるエリアに対応する。カプセル枠50では、ロボ

ットの長手方向を線分で表し、この線分の移動でロボットの移動を表現する。線分の両端を半円で接続しているのは、ロボットが入り込める位置であれば、任意の位置で回転の自由度を残すためである。

[0030] 図7～図10にロボットの制御を示す。図7に並進制御のアルゴリズムを示し、ステップ1で障害物までの距離を方位角毎に測定する。方位角を変数として自機から障害物までの距離を測定すると、障害物のロボット13から見える側の表面を円、壁、立方体などと近似できる。そして円の場合には図5のように安全距離 $d_s$ を定め、壁の場合には壁の前面にだけ安全距離 $d_s$ を定める。立方体の場合、辺に平行に安全距離 $d_s$ を定め、頂点の周囲を半径 $d_s$ の円弧で近似する。ステップ2で障害物に対するポテンシャルメンバーシップ関数(PMF)を、自機から障害物までの距離並びに障害物に対する自機の向きに基づいて作成する。ステップ3では自機から目的地(ゴール)までの距離と向きとに基づき、ゴールに対するPMFを作成する。なお、ここで言うゴールは、ロボット13が最終的に到達すべき目的地のみならず、ロボット13が経由すべき経由地(サブゴール)も含む概念である。

[0031] ステップ4で障害物に対するPMFとゴールに対するPMFを合成し、障害物が複数ある場合、複数の障害物に対する全てのPMFとゴールに対するPMFとを合成する。合成では、例えば各方位角に対してPMFの低い側の値を採用する。なおこの明細書で、並進のポテンシャルが高いとは、斥力が小さい安定な状態を意味し、ロボットはPMFが最大となる方位へ並進する。またロボットの速度はPMFにより制限され、最大速度と最小速度との間の速度をとり、PMFが高いほど速度が大きくなる。最小速度は例えば0で、最大速度 $v_{max}$ と最小速度 $v_{min}$ との差を $\Delta v$ 、PMFの値を $f$ とし、 $f$ の値を0以上1以下とすると、並進速度 $v$ は  $v = \Delta v \times f + v_{min}$  となる。これらのことをまとめると、ロボットは障害物を回避するように並進の方向を決定し、障害物の付近で減速する(ステップ5)。

[0032] 図8に回転の制御を示し、図7のステップ1, 2で、障害物までの距離と障害物に対する自機の向きに関する情報は既に取得済みである。図7のステ

ップ3と同様にして、図8のステップ11で、方位角毎の自機から障害物までの距離と自機の向き(正面方向)とに基づき、回転に関するPMFを作成する。回転に関するPMFは、ロボットがどの向きを向くかにより、障害物からの斥力(ポテンシャルの値)がどのように変化するかを表す。ステップ12で、ゴールに対するPMFを作成し、例えばゴールにロボットが正面を向いて到着することが好ましいとすると、PMFはゴールがロボットの正面となる向きで最低で、これからずれるに従って増大する。なお並進と回転とで、PMFの値の解釈が逆なので、注意が必要である。ステップ13で障害物に対するPMFとゴールに対するPMFを合成し、障害物が複数ある場合、複数の障害物に対する全てのPMFとゴールに対するPMFを合成する。そしてPMFが最小となる向きに、PMFに従った角速度で回転する(ステップ14)。最小の角速度 $\omega_{min}$ は例えば0で、最大の角速度 $\omega_{max}$ と最小速度 $\omega_{min}$ との差を $\Delta\omega$ 、PMFの値を $f$ とし、 $f$ の値を0以上1以下とすると、角速度 $\omega$ は  $\omega = \Delta\omega \times (1 - f) + \omega_{min}$  となる。

[0033] 図9に高さの処理を示し、これは障害物の表面が高さ方向に沿って一様ではない、あるいはロボットの表面が高さ方向に沿って一様ではない際の処理である。例えば図1で複数の高さにレーザーレンジファインダ14を設け、これによって高さ毎のPMFを生成する(ステップ21)。そして例えば図7、図8でのPMFの合成と同様にして、高さ毎に合成し、単一のPMFとするか、高さ位置に応じた複数のPMFのままとする。

[0034] 図10にアームの伸縮などの影響の処理を示す。ロボットがアームを伸縮させる、あるいは上体を傾かせるなどすると、これに応じて適用すべきカプセル枠モデルを変更する。カプセル枠モデルの変更は、パラメータ $C_a$ ,  $C_R$ ,  $C_L$ の変更で処理でき、PMFはその都度リアルタイムに生成させているので、新たなカプセル枠モデルに基づき、PMFを生成すればよい。図9、図10の処理により、ロボットの姿勢が変化し、またロボットの表面が高さ方向に沿って均一ではなく、障害物も高さ方向に沿って均一ではない場合も、効率的な回避ができる。さらにロボットがワゴンを牽引する場合は、例えば

ロボットの正面から見た長軸と短軸の向きを変更し、パラメータ  $C_a$ ,  $C_R$ ,  $C_L$  を変更すると良い。

- [0035] 図 1 1 ~ 図 1 3 に、図 5 に示す障害物とロボット 1 3 の位置関係における並進に関する P M F の一例を示す。図 1 1 は障害物に対する P M F を示し、縦軸は優先度で並進方向としての好ましさを示し、横軸は並進の方位角を表し、方位角 0 でロボットは正面に向けて前進する。a は 0 と 1 との間の値をとるパラメータで、障害物の影響がない場合 a は 0 で、障害物の影響が大きくなると a は 1 に近づき、それに伴って図 1 1 中央の谷が深くなる。図 1 1 で谷は垂直であるが、より滑らかな谷でも良い。障害物のロボット中心に対する距離  $|| r_{r,o} ||$  が半径  $\alpha$  を下回ると、変数 a を (1) 式のように定義する。ここに D は、図 5 のパラメータ  $C_a$ ,  $r_o$ ,  $d_s$  により、(2) 式で定義される。

$$a = (\alpha - || r_{r,o} ||) / (\alpha - D) \quad \text{if } || r_{r,o} || < \alpha \quad (1)$$

$$D = C_a + r_o + d_s \quad (2)$$

以上のように、障害物の影響を受けない位置で、縦軸の優先度  $\mu_o$  は 1 で、障害物の影響を受ける位置では、影響を受ける方位角について a だけ低下する。図 1 1 では中央の谷で、ロボットは障害物の影響を受け、その外側のエリアでロボットは前進する。

- [0036] 図 1 2 はゴールに対する P M F を示し、ゴールから充分遠い場合、P M F の値は 1 に固定され、これはゴールの影響がないことを示している。ゴールの影響を受ける範囲に接近すると、ゴールに対して好ましい向き  $\psi_{r,g}$  で優先度は  $g_a$ 、例えば最高値の 1 となり、好ましくない向きで小さな値  $g_b$  となる。ゴールの P M F を近距離場として、ゴールへ経路作成部で作成した経路に沿って接近するか、ゴールの P M F を遠距離場として、経路のあらゆる位置でゴールへ誘導するかは任意である。

- [0037] 複数の P M F を、低い側の値を取り出すように合成すると、図 1 3 の P M F が得られる。この中で P M F が最大となる方位が、ロボットにとって都合の良い方位であり、並進速度はその方位角での優先度で定まる。即ち優先度が高い場合、許される速度が大きく、優先度が低いと速度が小さくなる。図

13の場合、 $\psi_{out}$ の方位角でほぼ最高速度に等しい速度で並進運動する。

[0038] 図14は回転に対するPMFを示し、並進へのPMFでは最も高いPMFの方位へ進行するようにしたが、回転ではPMFが最も低くなる向きを向くようにした。これはPMFに関する約束事の問題である。障害物に対するPMFを $\mu_{er}$ とし、自機の向きに関するPMFを $\mu_{CR}$ とする。そしてこれらの差を $\mu_{or}$ とし、これが障害物に関する合成後のPMFである。 $\mu_{er}$ は自機から見てどの向きで障害物の影響が大きくなるかを表し、 $\mu_{er}$ は超音波センサあるいはレーザーレンジファインダなどの測距センサから得られる距離情報を基に生成され、ロボット中心から周囲全方向に対する障害物までの距離を測距センサで計測に使用する最大距離で除した値である。 $\mu_{CR}$ はどの向きを向くと障害物の影響を受けやすい向きとなるかを表し、具体的にはカプセル枠の中心点 $P_0$ からその外郭までの長さを、測距センサで計測に使用する最大距離で除した値で表される。またゴールに対するPMFを $\mu_{gr}$ とする。 $\mu_{or}$ と $\mu_{gr}$ の小さい方を選んだものが図14の実線で、これが合成後のPMFとなる。そこでこのPMFを例えば平滑化し、PMFが最小となる向きを回転すべき向き $\psi_{ori}$ とし、回転の角速度は $\psi_{ori}$ での優先度が低いほど大きく、高いほど小さくなる。

[0039] 並進の制御量と回転の制御量が得られても、全方位移動機構は並進と回転とを別個に実行するのではない。駆動指令生成部で、並進に対する制御量（並進すべき方向と速度）と、回転に対する制御量（回転する向きと角速度）とを合成し、モータへの制御量とする。並進に付いて速度の絶対値を $v_{out}$ 、その方位を $\psi_{out}$ 、角速度を $\omega$ とする。x軸方向の並進速度は $v_r^x = v_{out} \cdot \cos \psi_{out}$ 、y軸方向の並進速度は $v_r^y = v_{out} \cdot \sin \psi_{out}$ となる。

[0040] 図6のように定数 $R$ 、 $\delta$ を定めると、4個の駆動輪の目標速度(制御量) $v_1^\omega$ 、 $v_2^\omega$ 、 $v_3^\omega$ 、 $v_4^\omega$ は(3)~(6)式で与えられる。

$$v_1^\omega = \cos \delta \cdot v_r^x + \sin \delta \cdot v_r^y + R \cdot \omega \quad (3)$$

$$v_2^\omega = \cos \delta \cdot v_r^x - \sin \delta \cdot v_r^y - R \cdot \omega \quad (4)$$

$$v_3^\omega = -\cos \delta \cdot v_r^x - \sin \delta \cdot v_r^y + R \cdot \omega \quad (5)$$

$$v_4^\omega = -\cos \delta \cdot v_r^x + \sin \delta \cdot v_r^y - R \cdot \omega \quad (6)$$

[0041] 図15～図19に、ロボット10に対するシミュレーション結果を示し、障害物の隙間を通過して目的地に達することを課題とした。図15において、ロボットは幅  $W=1.0\text{ m}$ 、奥行き  $L=0.4\text{ m}$  とし、 $Ca=0.3\text{ m}$ 、 $Cl=0.3\text{ m}$ 、 $CR=0.3\text{ m}$  のカプセル枠に内包させる。障害物は半径  $0.3\text{ m}$  の円と仮定し、2次元平面でのシミュレーションとする。 $r_0$ 、 $ds$  は共に  $0.3\text{ m}$  とし、したがって  $D=0.9\text{ m}$  となる。 $v_{\max}$ 、 $v_{\min}$  はそれぞれ  $0.5\text{ m/s}$ 、 $0.0\text{ m/s}$ 、 $\omega_{\max}$ 、 $\omega_{\min}$  はそれぞれ  $1.0\text{ rad/s}$ 、 $0.0\text{ rad/s}$  とした。ここで、半径  $0.3\text{ m}$  の障害物を点  $(4.0\text{ m}, -2.0\text{ m})$ 、点  $(4.0\text{ m}, -1.4\text{ m})$ 、点  $(4.0\text{ m}, 1.0\text{ m})$ 、点  $(4.0\text{ m}, 1.6\text{ m})$ 、点  $(4.0\text{ m}, 2.2\text{ m})$  に、図15のように配置した。この環境で、点  $(0.0\text{ m}, -2.0\text{ m})$  を出発地点とし、点  $(11.0\text{ m}, 2.0\text{ m})$  へ移動させた。

[0042] ロボットを半径  $0.6\text{ m}$  の円と仮定して障害物を回避する従来法での軌跡(図17)と、実施例でのロボットの軌跡(図15)とを比較する。なおロボット位置を1秒ごとにプロットした。ロボットを一つの円と仮定して回避行動をさせた場合、図17に示すように、点  $(4.0\text{ m}, -1.4\text{ m})$  と点  $(4.0\text{ m}, 1.0\text{ m})$  との間を通過できず、大回りに回避して目標位置に到達した。これに対して実施例では、図15に示すように、方位角をリアルタイムに変更し、それぞれの障害物との距離を保ちつつ障害物間を通過し、目標位置に到達した。到着時間はロボットを円と見なした従来例で  $42.2\text{ s}$ 、実施例で  $31.8\text{ s}$  であった。実施例のロボットの姿勢角(ロボット正面の  $x$  方向からの方位角)の履歴を図16に示す。

[0043] 実施例のロボットに対し、どの姿勢でも障害物との距離  $ds=0.3\text{ m}$  を保った上で通過できない状況を想定し、障害物を点  $(4.0\text{ m}, -2.0\text{ m})$ 、点  $(4.0\text{ m}, -1.4\text{ m})$ 、点  $(4.0\text{ m}, 0.4\text{ m})$ 、点  $(4.0\text{ m}, 1.0\text{ m})$ 、点  $(4.0\text{ m}, 1.6\text{ m})$  配置した。図18に示すように、ロボットは通過できないことを自律的に判断して、大回りに目標位置へ向かい、障害物間の隙

間を無理に通過するような経路を採用しなかった。そのときの姿勢角の履歴を図19に示す。

- [0044] 図20～図22を参照し、カプセル枠モデルの意味を再度説明する。図20で、自律移動ロボット60に対し、カプセル枠62を設け、ロボット60の長軸方向両端に円弧63, 64があり、その中心PR, PLはロボット60左右両端にある。
- [0045] 図21の自律移動ロボット70は平面視で右側が左側よりも大きく、カプセル枠72はこれに応じて変形し、右側の円弧の半径は左側の円弧の半径よりも大きい。図22のカプセル枠74では、円弧75, 76の中心がロボット60の内側にある。これらは皆カプセル枠である。
- [0046] 実施例では以下の効果が得られる。
- 1) ロボットを円等で近似せず、長軸と短軸とを備えた異方性のあるものとして扱う。そして障害物との関係について、方位角毎のポテンシャルを生成し、並進の他に回転の自由度があるので、並進と回転の各々に付いてポテンシャルを生成する。各ポテンシャルに基づいて、並進と回転の制御量を発生させ、これらに基づいて移動機構を駆動すると、障害物を回避できる。例えばどの方向に並進しても行き詰まる場合、ロボットは停止あるいは減速等を行い、この間に回転して障害物を回避する。従って小さな隙間を通過して障害物を円滑に回避できる。
  - 2) ファジィポテンシャル法でのポテンシャルメンバーシップ関クションは、比較的簡単に生成でき、リアルタイムでの処理に適している。
  - 3) 制御量生成部は、ポテンシャルメンバーシップ関クションの値に基づいて、所定の最高並進速度と所定の最低並進速度との間で並進速度を決定すると共に、所定の最高角速度と所定の最低角速度との間で角速度を決定する。このため、並進速度と角速度を簡単に決定でき、しかも障害物との干渉を避けるように、ロボットは減速して慎重に障害物を回避する。
- [0047] 4) 複数の障害物の各々に対して、各々並進及び回転のポテンシャルメンバーシップ関クションを発生させると共に、目的地へ自律ロボットを誘導

するためのポテンシャルメンバーシップファンクションを発生させて、これらを合成する。従って、複数の障害物との干渉の回避と目的地への誘導とを、並進と回転毎に各1個のポテンシャルメンバーシップファンクションで処理できる。

5) 複数のポテンシャルメンバーシップファンクションの値の最高値もしくは最小値を、方位角毎に求めることにより、簡単にポテンシャルメンバーシップファンクションを合成できる。

6) 並進と回転の相互作用を無視して、簡単に各々の制御量を発生する。すると並進が困難な場合、ロボットは減速ないし停止し、回転して脱出する。回転が不要な場合、並進のみを行う。このため、並進と回転とで協調動作を行っているのに等しい運動ができる。

7) 並進に関する制御量と回転に関する制御量とを加算し、制御量を合成する。このため簡単に移動機構を駆動できる。

8) 実施例の台車は、旋回半径0で任意の方向へ並進と回転とができる。

[0048] 9) カプセル枠モデルにより、任意の位置で回転と並進の双方の自由度を保つことができ、このため、ロボットの姿勢を変化させながら障害物を回避することが容易である。

10) 高さ方向に沿ってロボットの表面が一様でなく、また障害物の表面が高さ方向に沿って変化しても、高さ毎のポテンシャルメンバーシップファンクションの合成で対応できる。

11) 搭載した荷物がはみ出した、アームを伸縮した、ロボットが上体を傾けたなどにより、ロボットの形状が変化しても、カプセル枠モデルの変更で対応できる。

[0049] 実施例では自律移動ロボット10を例としたが、地上走行でスライドフォーク、スカラアーム、ターンテーブル等を搭載した無人搬送車等でも、本発明を実施できる。また車輪で移動するロボットの他に、歩行型のロボット、工作機械、搬送装置など、2方向への並進と回転の合計3以上の自由度を備えたロボットでも同様に実施できる。

## 符号の説明

- [0050] 10 自律移動ロボット    11 正面    12 上部    13 台車  
 14 レーザーレンジファインダ    15 移動制御部    16 アーム  
 21 全方位車輪    22 モータ    23 ホイール駆動ユニット  
 24 支持フレーム    25 ブラケット    26ハウジング  
 27 出力軸    31 駆動車輪    32 フリーローラ    34 主制御  
 35 通信部    36 マップ記憶部    37 経路作成部  
 40 モーションコントローラ    41 情報処理部  
 42 環境情報処理部    43 自機情報処理部    44 並進制御部  
 45 回転制御部    46, 47 ファジィ処理部  
 48 駆動指令生成部    50 カプセル枠  
 60, 70 自律移動ロボット    62, 72, 74 カプセル枠  
 63, 64 円弧    65, 66 線分    80, 82 障害物

PMF ポテンシャルメンバーシップファンクション

W 台車幅    L 台車の奥行き

Ca カプセル枠の幅の  $1/2$

CR 台車中心からカプセル枠の線分右端までの距離

CL 台車中心からカプセル枠の線分左端までの距離

Po 台車中心    PR, PL カプセル枠の線分の端点

ro 障害物半径    ds 相互作用距離     $\omega$  角速度     $\psi$  方位角

$\psi_{ro}$  台車正面に対する障害物の方位     $\psi_{out}$  台車の並進方位角

$\psi_L$  端点PLと台車中心Poとからの障害物中心への方位角の差

$\psi_R$  端点PRと台車中心Poとからの障害物中心への方位角の差

$\psi_L'$  直角に対する $\psi_L$ の補角     $\psi_R'$  直角に対する $\psi_R$ の補角

## 請求の範囲

- [請求項1] 障害物を回避しながら目標位置まで自律的に移動する自律移動体であって、  
水平面内での並進と鉛直軸回りの回転とが自在な移動機構を備えた台車と、  
方位角毎に障害物までの距離を求める障害物センサと、  
障害物との干渉を回避するための、移動体の並進に関するポテンシャル及び移動体の回転に関するポテンシャルを、方位角毎の前記自律移動体から障害物までの距離に基づいて生成するためのポテンシャル生成部と、  
生成したポテンシャルに基づき、移動体の並進方向と並進速度及び、回転の方向と角速度とに関する制御量を生成する制御量生成部と、  
生成した制御量を合成し前記移動機構を駆動する駆動制御部、とを備えることを特徴とする、自律移動体。
- [請求項2] 前記各ポテンシャルはファジィポテンシャル法でのポテンシャルメンバーシップファンクションであり、並進のポテンシャルメンバーシップファンクションは並進の方位角毎に障害物との干渉の程度を表し、回転のポテンシャルメンバーシップファンクションは回転の方位角毎に障害物との干渉の程度を表すことを特徴とする、請求項1の自律移動体。
- [請求項3] 前記制御量生成部は、ポテンシャルメンバーシップファンクションの値に基づいて、最高並進速度と最低並進速度との間で並進速度を決定すると共に、最高角速度と最低角速度との間で角速度を決定することを特徴とする、請求項2の自律移動体。
- [請求項4] 前記ポテンシャル生成部は、複数の障害物の各々に対して、並進及び回転のポテンシャルメンバーシップファンクションを発生させると共に、目的地へ自律移動体を誘導するための並進及び回転のポテンシャルメンバーシップファンクションを発生させ、さらに障害物各々へ

のポテンシャルメンバーシップファンクションと目的地へのポテンシャルメンバーシップファンクションとを、並進及び回転に関して各々合成することを特徴とする、請求項2または3の自律移動体。

[請求項5] 前記並進のポテンシャルメンバーシップファンクションの合成は、複数の並進のポテンシャルメンバーシップファンクションを合成した結果から値の最高値もしくは最小値を、方位角毎に求めることであり、

前記回転のポテンシャルメンバーシップファンクションの合成は、複数の回転のポテンシャルメンバーシップファンクションを合成した結果から値の最高値もしくは最小値を、方位角毎に求めることであることを特徴とする、請求項4の自律移動体。

[請求項6] 前記制御量生成部は、並進に関する制御量と回転に関する制御量を独立に求めることを特徴とする、請求項1～5のいずれかの自律移動体。

[請求項7] 前記移動機構は、車軸と平行な方向への回転が自在なローラを外周に備えた駆動輪を3輪以上備え、かつ前記3輪以上の駆動輪には、前記車軸の方向が異なるものが含まれていることを特徴とする、請求項1～6のいずれかの自律移動体。

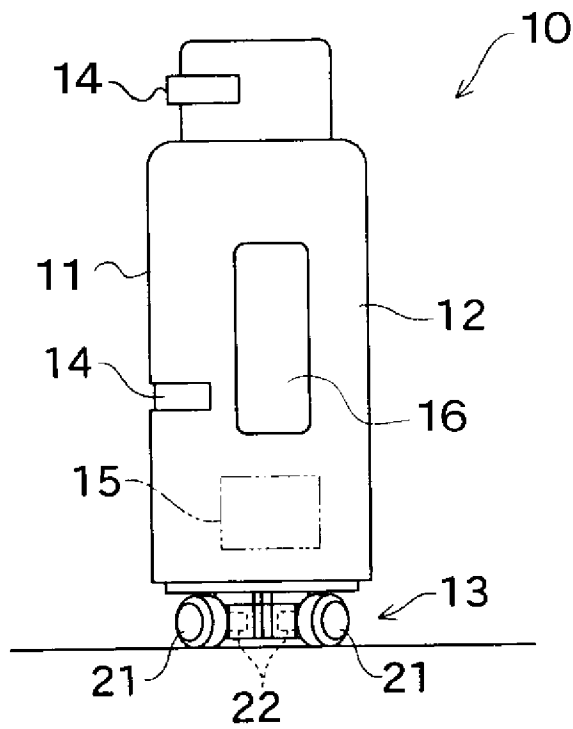
[請求項8] 障害物を回避しながら目標位置まで自律的に移動する自律移動体を移動制御する方法であって、

前記移動体は、水平面内での並進と鉛直軸回りの回転とが可能な移動機構を備えると共に、

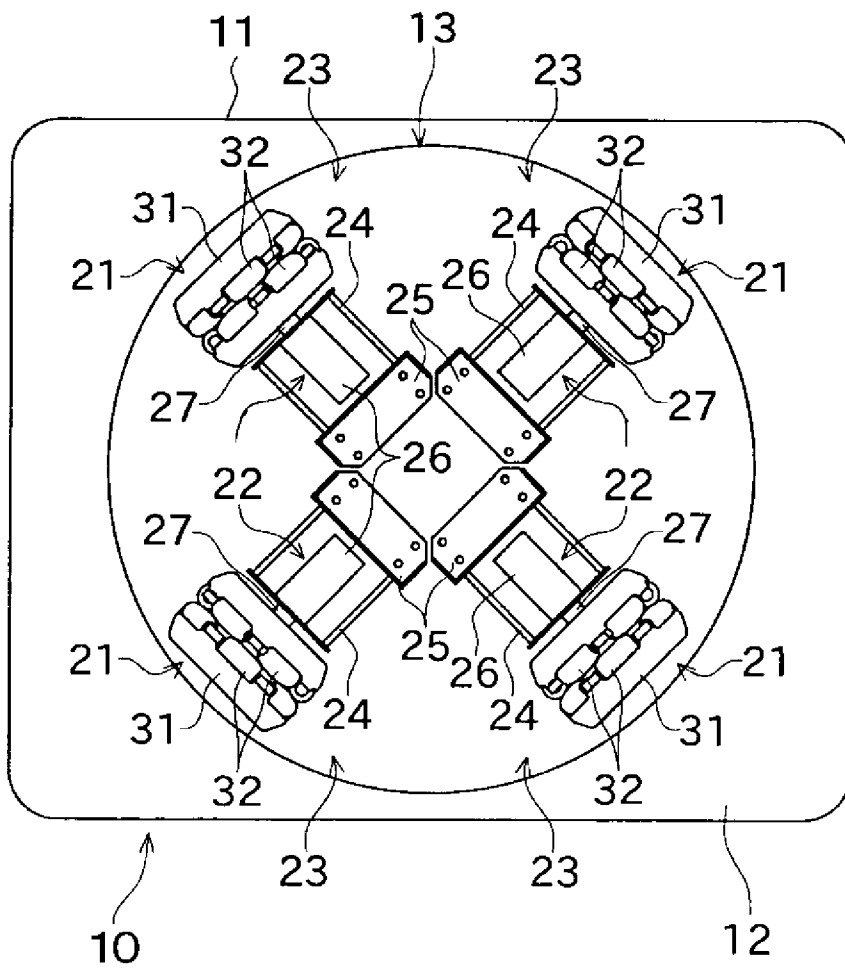
前記移動体は、障害物センサにより方位角毎に前記自律移動体から障害物までの距離を求め、障害物との干渉を回避するための、移動体の並進に関するポテンシャル及び移動体の回転に関するポテンシャルを、方位角毎の前記自律移動体から障害物までの距離に基づいて生成し、生成したポテンシャルに基づき、移動体の並進方向と並進速度及び、回転の方向と角速度とに関する制御量を生成し、生成した制御量

を合成し前記移動機構を駆動することを特徴とする、自律移動体の制御方法。

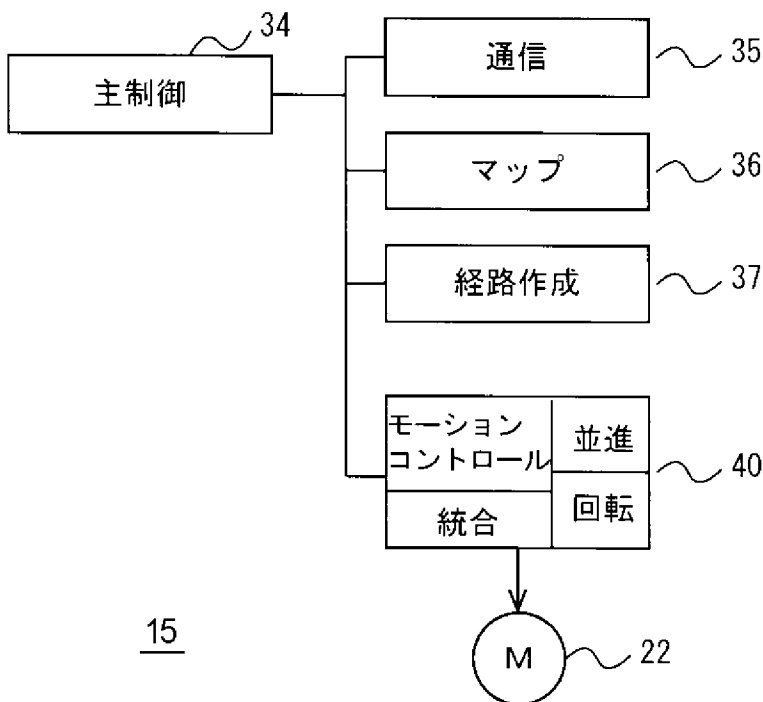
[図1]



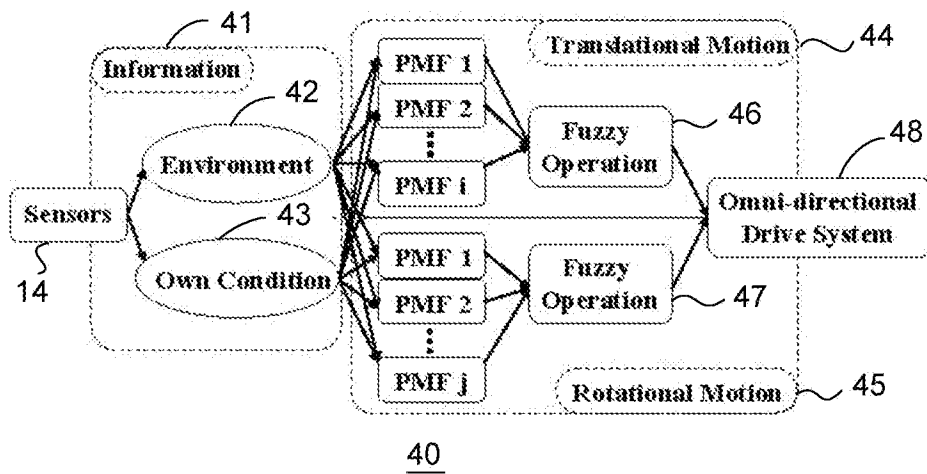
[図2]



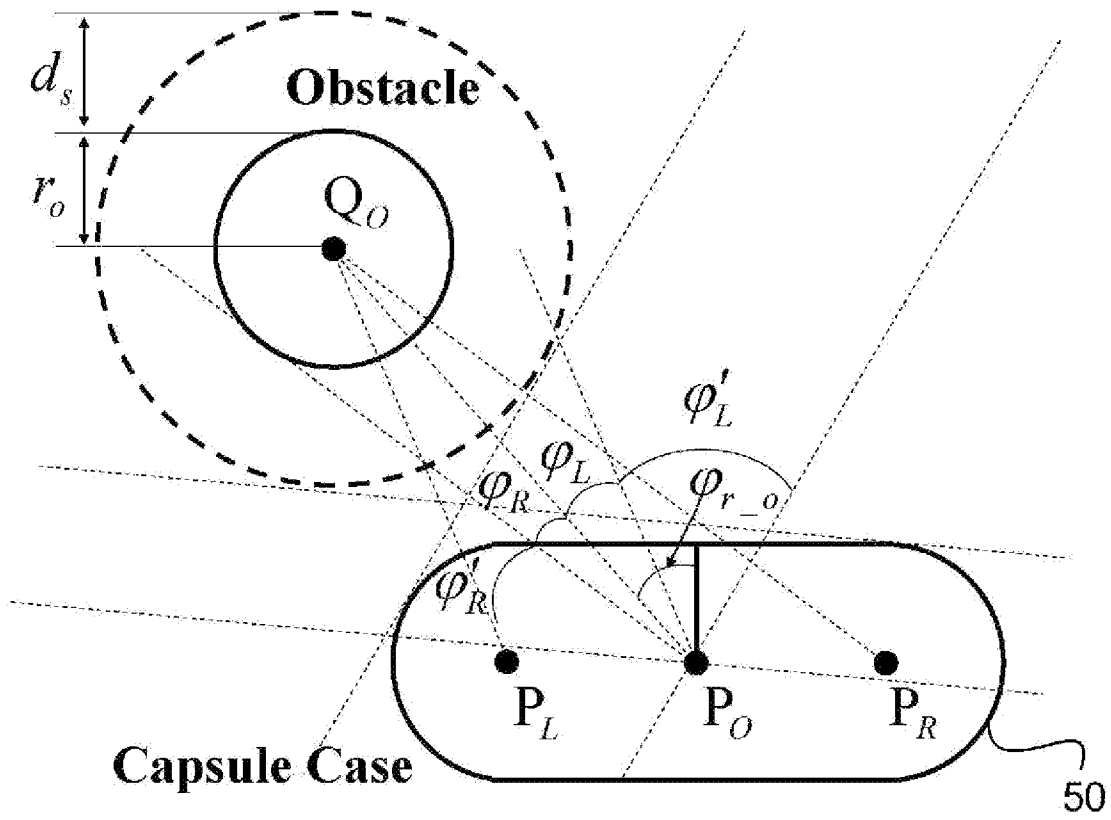
[図3]



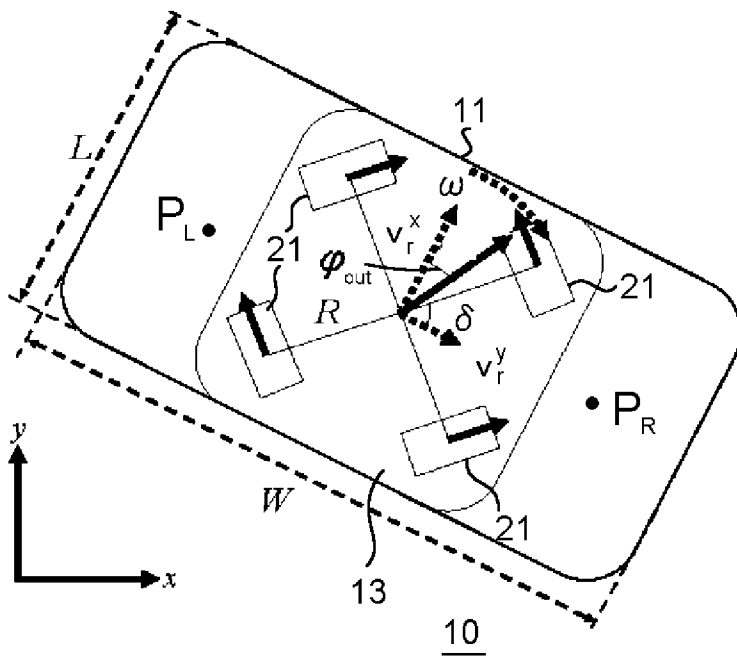
[図4]



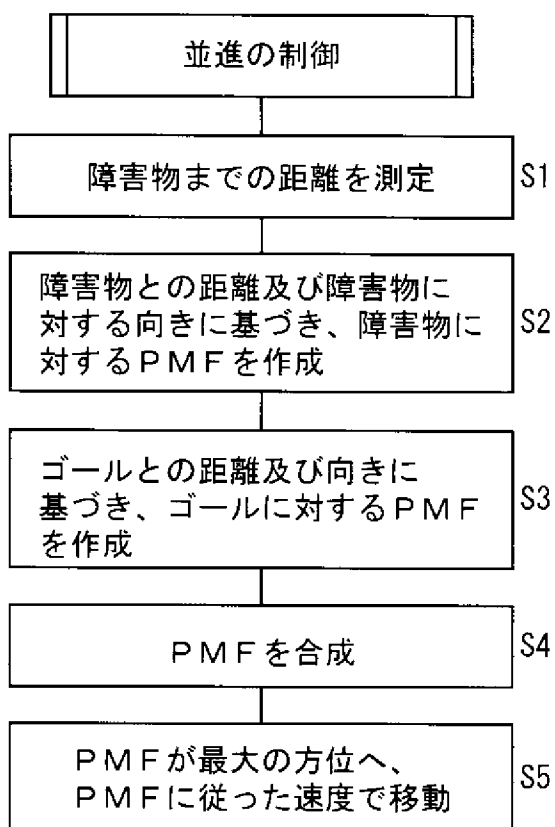
[図5]



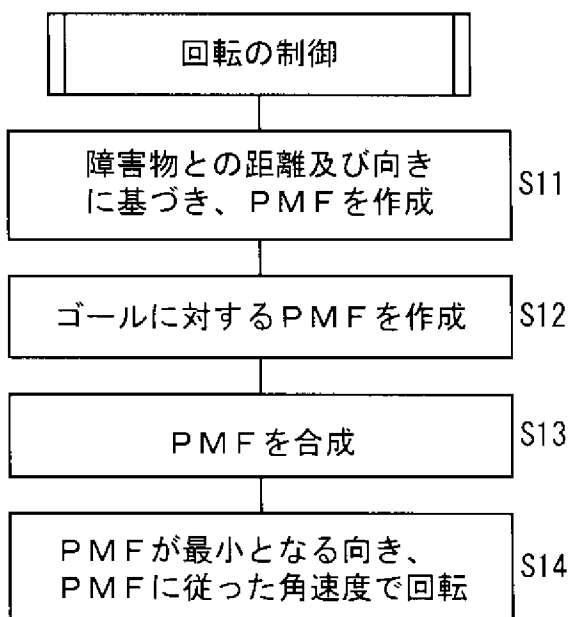
[図6]



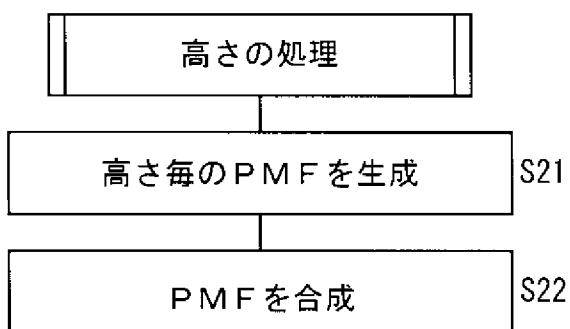
[図7]



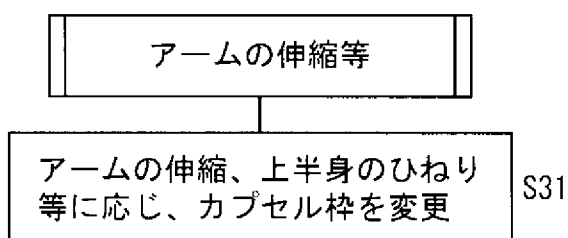
[図8]



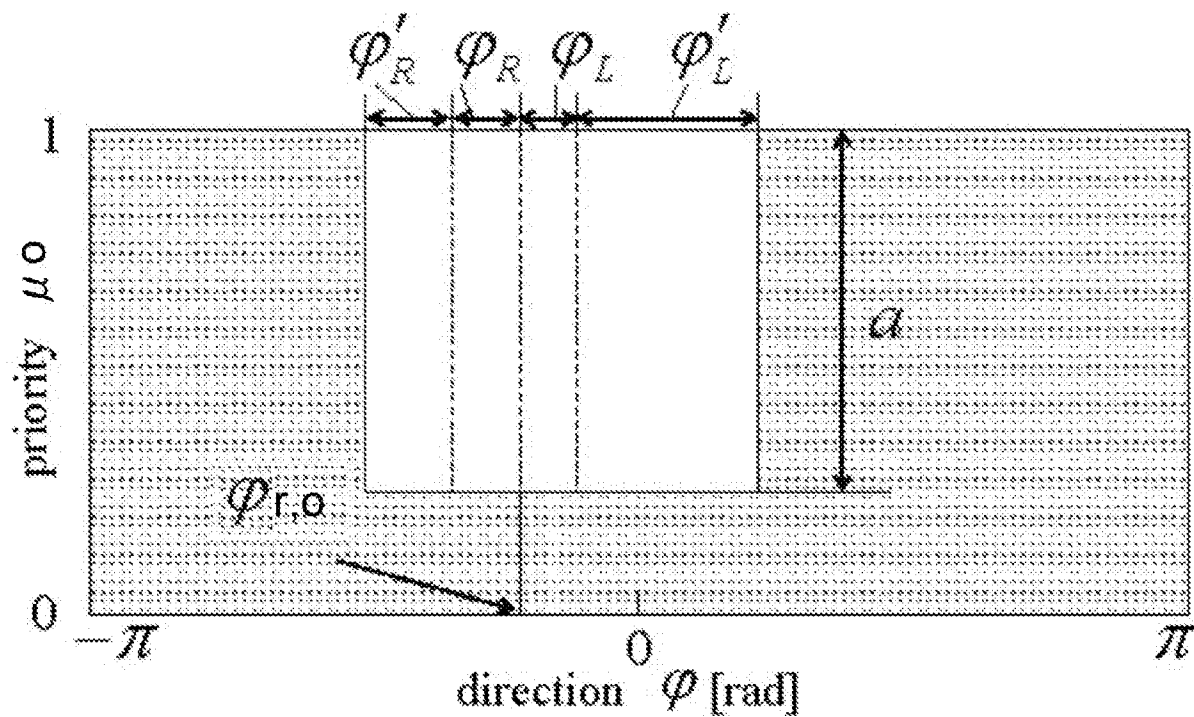
[図9]



[図10]

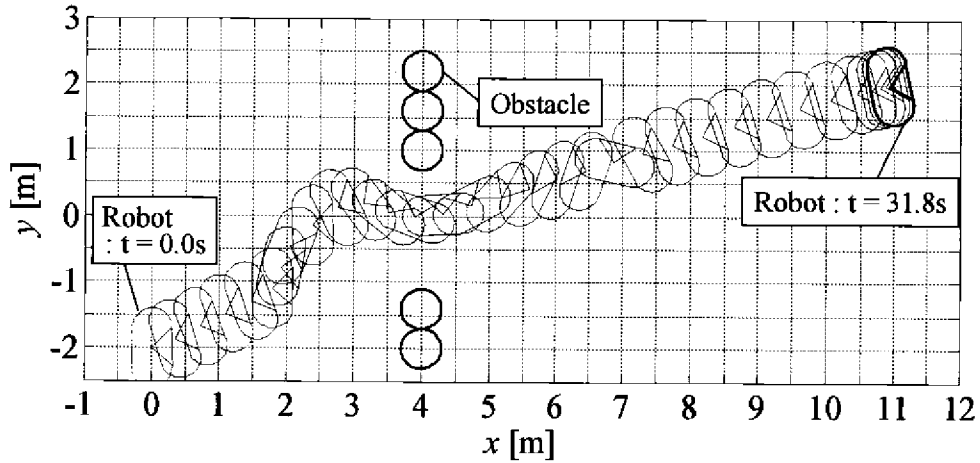


[図11]

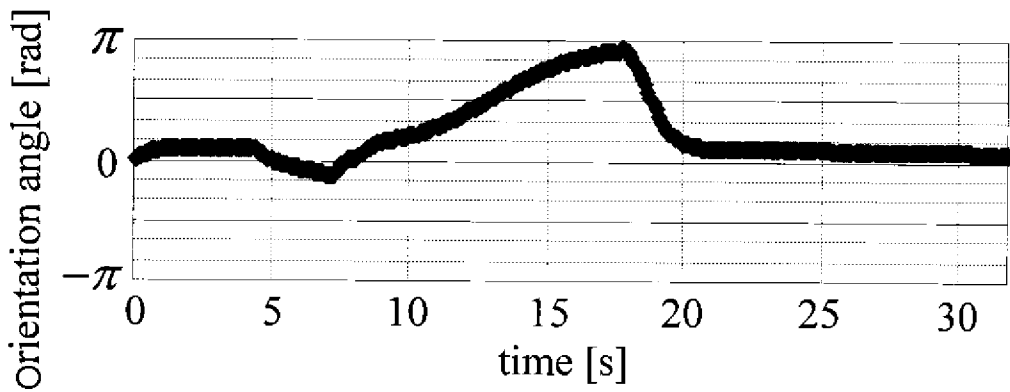




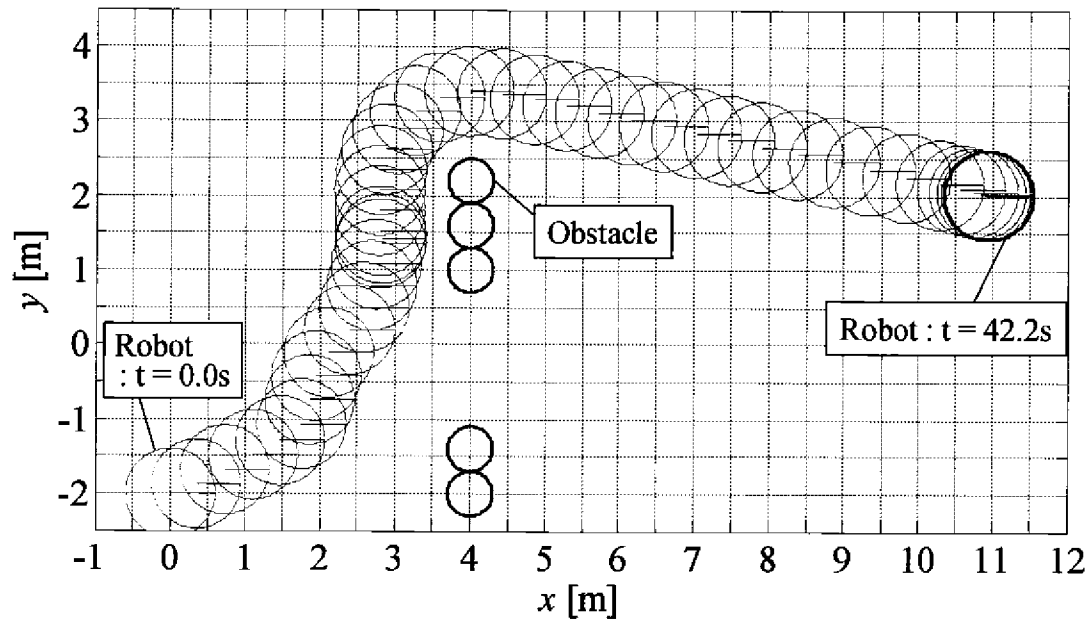
[図15]



[図16]

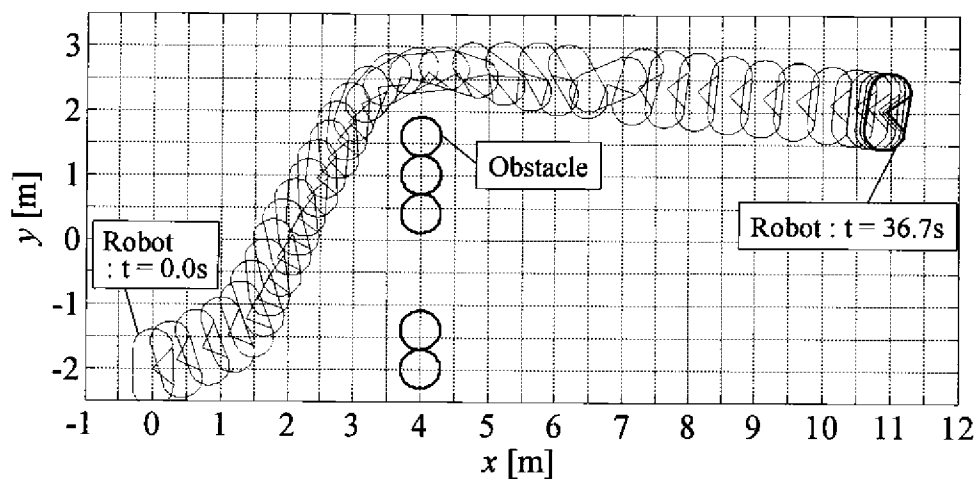


[図17]

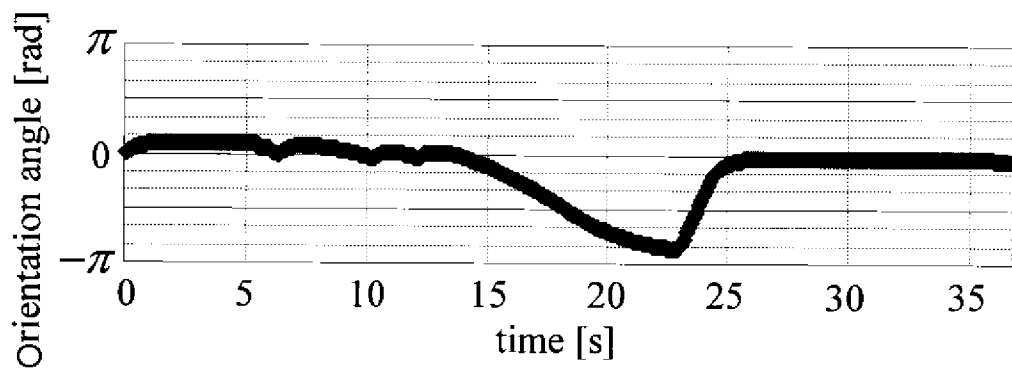


Prior Art

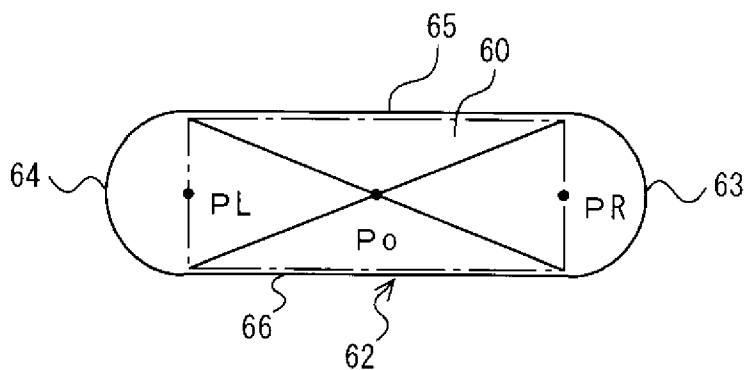
[図18]



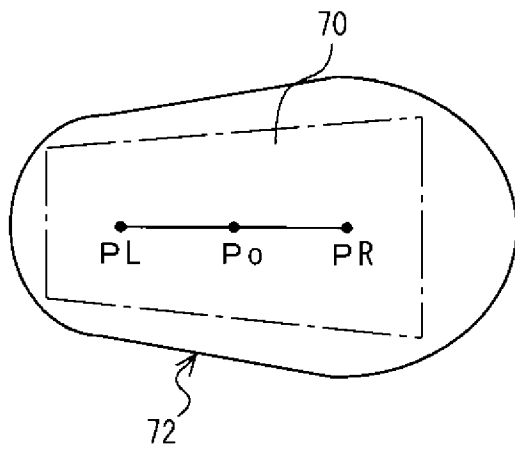
[図19]



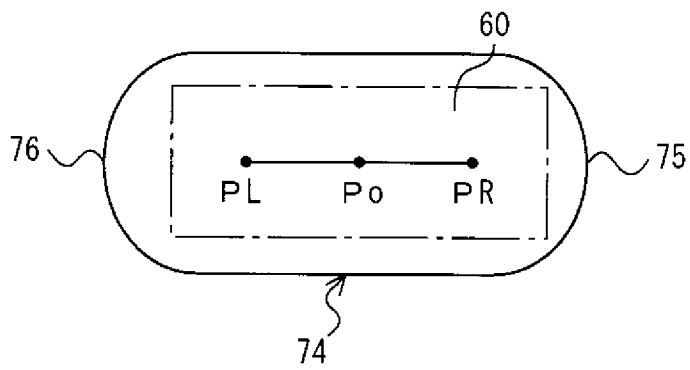
[図20]



[図21]



[図22]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/069985

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D1/02(2006.01) i, B25J5/00(2006.01) i, B25J13/00(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, B25J5/00, B25J13/00

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
A	JP 2009-223812 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 01 October 2009 (01.10.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2007-148595 A (Yaskawa Electric Corp.), 14 June 2007 (14.06.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 5-297937 A (Honda Motor Co., Ltd.), 12 November 1993 (12.11.1993), entire text; all drawings & US 5502638 A & EP 556031 A3 & EP 556031 A2 & DE 69320670 C & DE 69320670 D	1-8

 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
16 February, 2011 (16.02.11)Date of mailing of the international search report  
01 March, 2011 (01.03.11)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/069985

## 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 2006-350776 A (Honda Motor Co., Ltd.), 28 December 2006 (28.12.2006), entire text; all drawings & US 2006/0293792 A1 & EP 1734433 A2	1-8
A	Fumitaka OTSUKA, Hikari FUJII, Kazuo YOSHIDA, "Action Control Based on Extended FPM for an Autonomous Mobile Robot", Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Robotics Society of Japan CD-ROM 2005 Nen, 1E15, The Robotics Society of Japan, 15 September 2005 (15.09.2005)	1-8
A	Tomoharu SHIMIZU, Shintaro MAKISHIMA, Masaki TAKAHASHI, Kazuo YOSHIDA, "Action Control Taking account of Moving Objects for an Autonomous Omni-directional Mobile Robot Using Extended Fuzzy Potential Method", Japan Society of Mechanical Engineers Conference on Robotics and Mechatronics Koen Ronbunshu CD-ROM, no.1 A1-A24, The Japan Society of Mechanical Engineers, 05 June 2008 (05.06.2008)	1-8
A	Takafumi SUZUKI, Masaki TAKAHASHI, "Obstacle Avoidance by Fuzzy Control considering Moving Objects for Autonomous Mobile Robot", Dai 51 Kai The Japan Joint Automatic Control Conference Koen Ronbunshu, 605, The Society of Instrument and Control Engineers, 22 November 2008 (22.11.2008), pages 312 to 315	1-8
P,X	Takafumi SUZUKI, Masaki TAKAHASHI, "Obstacle Avoidance Considering Robot's Size for an Autonomous Omni-directional Mobile Robot by Simultaneous Control of Translational and Rotational Motions, Dai 52 Kai Proceedings of the Japan Joint Automatic Control Conference, F4-5, The Institute of Systems, Control and Information Engineers, 21 November 2009 (21.11. 2009), pages 1 to 6	1-8
P,X	Takafumi SUZUKI, Masaki TAKAHASHI, "Obstacle Avoidance Considering Robot's Size for an Autonomous Omni-directional Mobile Robot by Simultaneous Control of Translational and Rotational Motions", Dai 28 Kai Annual Conference of the Robotics Society of Japan, no.3 Q1-2, The Robotics Society of Japan, 22 September 2010 (22.09.2010)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G05D1/02(2006.01) i, B25J5/00(2006.01) i, B25J13/00(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 (IPC))  
 Int.Cl. G05D1/02, B25J5/00, B25J13/00

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 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2011年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2011年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2011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
A	JP 2009-223812 A (パナソニック電工株式会社) 2009.10.01, 全文、 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2007-148595 A (株式会社安川電機) 2007.06.14, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-8

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。

<p>* 引用文献のカテゴリー                  「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な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</p>	<p>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                  「&amp;」同一パテントファミリー文献</p>
--	---

国際調査を完了した日 16.02.2011	国際調査報告の発送日 01.03.2011
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 星名 真幸 電話番号 03-3581-1101 内線 3324

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 5-297937 A (本田技研工業株式会社) 1993.11.12, 全文、全図 & US 5502638 A & EP 556031 A3 & EP 556031 A2 & DE 69320670 C & DE 69320670 D	1-8
A	JP 2006-350776 A (本田技研工業株式会社) 2006.12.28, 全文、全図 & US 2006/0293792 A1 & EP 1734433 A2	1-8
A	大塚 史高 Fumitaka OTSUKA, 藤井 飛光 Hikari FUJII, 吉田 和夫 Kazuo YOSHIDA, 拡張ファジィポテンシャル法を用いた自律移動ロボットの行動制御 Action Control Based on Extended FPM for an Autonomous Mobile Robot, 第23回日本ロボット学会 学術講演会予稿集CD-ROM 2005年 Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Robotics Society of Japan 第23回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1E15, 社団法人日本ロボット学会, 2005.09.15	1-8
A	清水 智晴 Tomoharu SHIMIZU, 牧島 信太郎 Shintaro MAKISHIMA, 高橋 正樹 Masaki TAKAHASHI, 吉田 和夫 Kazuo YOSHIDA, 自律全方位移動ロボットの拡張ファジィポテンシャル法を用いた移動物体を考慮した行動制御 Action Control Taking account of Moving Objects for an Autonomous Omni-directional Mobile Robot Using Extended Fuzzy Potential Method, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集CD-ROM, No.1 A1-A24, 日本機械学会, 2008.06.05	1-8
A	鈴木 崇文 Takafumi SUZUKI, 高橋 正樹 Masaki TAKAHASHI, 自律移動ロボットの動的対象物への対応を考慮したファジィ制御による障害物回避 Obstacle Avoidance by Fuzzy Control considering Moving Objects for Autonomous Mobile Robot, 第51回自動制御連合講演会講演論文集, 605, 計測自動制御学会, 2008.11.22, pp.312-315	1-8

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
P, X	鈴木 崇文 Takafumi SUZUKI, 高橋 正樹 Masaki TAKAHASHI, 自律全方位移動ロボットの並進と回転の同時制御によるロボットサイズを考慮した障害物回避 Obstacle Avoidance Considering Robot's Size for an Autonomous Omni-directional Mobile Robot by Simultaneous Control of Translational and Rotational Motions, 第52回自動制御連合講演会講演論文集, F4-5, システム制御情報学会, 2009.11.21, pp.1-6	1-8
P, X	鈴木 崇文 Takafumi SUZUKI, 高橋 正樹 Masaki TAKAHASHI, 自律全方位移動ロボットの並進と回転の同時制御によるロボットサイズを考慮した障害物回避の実験的検証 Obstacle Avoidance Considering Robot's Size for an Autonomous Omni-directional Mobile Robot by Simultaneous Control of Translational and Rotational Motions, 第28回日本ロボット学会学術講演会, No.3 Q1-2, 社団法人日本ロボット学会, 2010.09.22	1-8