

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-237125

(P2013-237125A)

(43) 公開日 平成25年11月28日(2013.11.28)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 5 J 13/08 (2006.01)	B 2 5 J 13/08 A	3 C 7 0 7
G 0 5 D 1/02 (2006.01)	G 0 5 D 1/02 J	5 H 3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-111817 (P2012-111817)
 (22) 出願日 平成24年5月15日 (2012.5.15)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 100103894
 弁理士 冢入 健
 (72) 発明者 田中 和仁
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
 Fターム(参考) 3C707 CS08 KS36 KT01 KT04 KV18
 KX02 LS15 LT06 LT08 LV06
 MT04 WA03 WA16 WL03 WL04
 5H301 AA01 AA10 BB14 GG08 GG09
 GG10

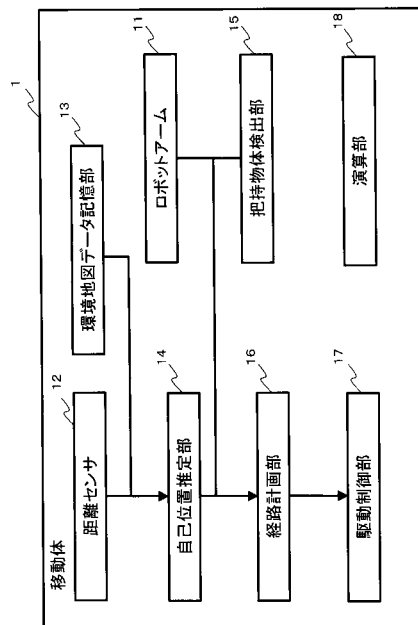
(54) 【発明の名称】 移動体の移動制御方法

(57) 【要約】

【課題】 移動体が、確実に物体を把持すること。

【解決手段】 移動体に設置された把持物体検出部が把持対象物体を検出することが可能な領域である物体検出可能領域と、移動体に設置されたロボットアームが把持対象物体に到達することが可能な領域である物体到達可能領域と、に基づいて、ロボットアームにより把持対象物体を把持可能な領域である物体把持可能領域を設定するステップと、移動体の自己位置ばらつきと、追従ずれと、に基づいて物体把持可能領域への到達可能性を判定するステップと、移動体を物体把持可能領域内に到達させる経路計画を生成するステップと、を備える。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

移動体に設置された把持物体検出部が把持対象物体を検出することが可能な領域である物体検出可能領域と、前記移動体に設置されたロボットアームが前記把持対象物体に到達することが可能な領域である物体到達可能領域と、に基づいて、前記ロボットアームにより把持対象物体を把持可能な領域である物体把持可能領域を設定するステップと、

前記移動体の自己位置ばらつきと、追従ずれと、に基づいて前記物体把持可能領域への到達可能性を判定するステップと、

前記移動体を前記物体把持可能領域内に到達させる経路計画を生成するステップと、を備える、移動体の移動制御方法。

10

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、移動体の移動制御方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、自動制御によって目標走行経路を走行させ、目標とする位置に到達した後に、対象物体の把持等の作業を行う移動体の開発が進められている。

【0003】

特許文献 1 には、目標位置を通る分割線をあらかじめ設定しておき、移動体は、自己位置推定により第 1 の分割領域から第 2 の分割領域に遷移した場合に、目標位置に到達したと判断して移動を停止する、移動体の制御方法が開示されている。

20

【0004】

特許文献 2 には、無人搬送車の現在位置と操舵角により定まる目標停止線が、終点上にのるか、終点を越えたときに無人搬送車を停止させるよう制御する、移動体の制御方法が開示されている。

【0005】

特許文献 3 には、ロボットアームの稼働作業空間内の領域を作業判定領域とするとともに、各作業判定領域内に格子点を配置するステップと、格子点において移動ロボットによる作業が遂行可能であるか否かを判断して、複数の作業に対応する作業可能領域を設定するステップとを有する移動体の制御方法が開示されている。

30

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】**

【特許文献 1】特開 2007 - 257195 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 141665 号公報

【特許文献 3】特開 2005 - 088164 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

40

しかしながら、目的地を通る分割線をあらかじめ設定しておき、移動体が分割線に到達した場合に移動を停止させる場合であって、分割線と経路とが略並行となる経路が生成された場合には、移動体が分割線に到達せず移動体が停止しない可能性がある。また、自走する移動体がロボットアームを用いて作業することを仮定する場合に、自己位置推定結果がばらつく場合があり、経路追従の誤差と組み合わせると、目的地とのずれが大きくなる場合がある。すなわち、移動体が作業を行うことが可能な領域に、到達できない場合があった。

【課題を解決するための手段】**【0008】**

本発明にかかる移動体の移動制御方法は、移動体に設置された把持物体検出部が把持対

50

象物体を検出することが可能な領域である物体検出可能領域と、前記移動体に設置されたロボットアームが前記把持対象物体に到達することが可能な領域である物体到達可能領域と、に基づいて、前記ロボットアームにより把持対象物体を把持可能な領域である物体把持可能領域を設定するステップと、前記移動体の自己位置ばらつきと、追従ずれと、に基づいて前記物体把持可能領域への到達可能性を判定するステップと、前記移動体を前記物体把持可能領域内に到達させる経路計画を生成するステップと、を備える。

これにより、自己位置ばらつきや追従ずれがある場合にも、移動体は物体把持可能領域に入ることが保証される。

【発明の効果】

【0009】

移動体が、確実に物体を把持することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施の形態1にかかる移動体の構成を示した図である。

【図2】実施の形態1にかかる移動体の外観を示した図である。

【図3】実施の形態1にかかる移動体の動作のフローチャートである。

【図4】実施の形態1にかかる把持可能領域の計算の詳細なフローチャートである。

【図5A】実施の形態1にかかる検出範囲を示す図である。

【図5B】実施の形態1にかかる検出可能領域の算出を示す図である

【図6A】実施の形態1にかかるロボットアームの手先点の集合を示す図である。

【図6B】実施の形態1にかかる到達可能領域の算出を示す図である。

【図7A】実施の形態1にかかる到達可能領域と検出可能領域を示す図である。

【図7B】実施の形態1にかかる把持可能領域の算出を示す図である。

【図8】実施の形態1にかかる信頼楕円の算出を示す図である。

【図9】実施の形態1にかかる判定処理のフローチャートである。

【図10】実施の形態1にかかる移動体と信頼楕円との関係を示した図である。

【図11】実施の形態1にかかる把持対象物体から目的地を結ぶ直線と直線mの関係を示した図である。

【図12】実施の形態1にかかる把持可能範囲に収まりやすい経路生成のフローチャートである。

【図13A】実施の形態1にかかる複数の経路点を設置した状態を示した図である。

【図13B】実施の形態1にかかる複数の経路点を設置して経路を決定した状態を示した図である。

【図14】実施の形態1にかかる検出範囲に確実に入る経路生成を行うフローチャートである。

【図15】実施の形態1にかかる検出可能領域の端点を目的地に設定した状態を示した図である。

【図16A】実施の形態1にかかる目的地から数点の経路点を配置した状態を示した図である。

【図16B】実施の形態1にかかる目的地から数点の経路点を配置した後に経路を生成した状態を示した図である。

【図17A】実施の形態1にかかる移動体が検出可能領域に入る直前の状態を示した図である。

【図17B】実施の形態1にかかる移動体が検出可能領域に入るまで前進させた状態を示した図である。

【図18】実施の形態1にかかる既知である相対位置関係から移動体を移動させる状態を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

実施の形態1

10

20

30

40

50

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。図 1 は、本発明に係る移動体の構成を示した図である。図 2 は、本発明に係る移動体の外観を示した図である。図 2 における破線の矢印は、移動体 1 の移動経路を示している。

【0012】

移動体 1 は、ロボットアーム 11 と、距離センサ 12 と、環境地図データ記憶部 13 と、自己位置推定部 14 と、把持物体検出部 15、経路計画部 16 と、駆動制御部 17 と、演算部 18 と、を備える。

【0013】

ロボットアーム 11 は、移動体 1 に設けられているアームである。典型的にはロボットアーム 11 は、関節を有する腕部と、対象物体を把持する把持部を有する。ここでロボットアーム 11 は、稼働範囲が狭く、指向性が高いものとする。すなわちロボットアーム 11 は、自由度が低く、特定方向（前後・左右・斜め）にしか動かさないようなものとする。ロボットアーム 11 の稼働範囲に関する情報は、経路計画部 16 に出力される。

10

【0014】

距離センサ 12 は、移動体 1 から周囲の物体までの距離を測定するセンサである。例えば距離センサ 12 は、超音波を発生させ、周囲の物体からの反射波に基づいて距離測定を行う超音波距離計である。距離センサ 12 は、取得したデータを自己位置推定部 14 に出力する。

【0015】

環境地図データ記憶部 13 は、環境地図データを記憶する。ここで環境地図データとは、移動体 1 が走行する環境内に設置された、種々の物体の位置情報が記憶されている。環境地図データ記憶部 13 は、記憶された環境データを、自己位置推定部 14 に出力する。

20

【0016】

自己位置推定部 14 は、距離センサ 12 で取得した移動体 1 から周囲の物体までの距離のデータと、環境地図データ記憶部 13 が記憶している環境地図データに基づいて、移動体 1 の自己位置を推定する。自己位置推定部 14 は、推定した自己位置を経路計画部 16 に出力する。

【0017】

把持物体検出部 15 は、カメラ等の撮像手段である。把持物体検出部 15 は、検出範囲に関する情報を経路計画部 16 に出力する。

30

【0018】

経路計画部 16 は、移動体 1 の移動経路を計画する。より具体的には、経路計画部 16 は、自己位置推定部 14 で推定した移動体 1 の自己位置と、ロボットアーム 11 の稼働範囲等の情報に基づいて、移動体 1 がロボットアーム 11 を用いて把持対象物体を把持可能な位置に移動するための経路を計画する。このとき経路計画部 16 は、移動体 1 が把持対象物体に対して、正面に位置して物体を把持するタスクを仮定する。経路計画部 16 は、計画した経路を、駆動制御部 17 に出力する。

【0019】

駆動制御部 17 は、移動体 1 が経路計画部 16 により計画された経路上を走行するように、駆動部の動作を制御する。駆動部とは、例えば移動体 1 の下部に複数設けられている車輪を動作させるモータである。

40

【0020】

演算部 18 は、種々の演算を行う。例えば演算部 18 は、把持物体検出部 15 が把持対象物体を検出するために必要な、移動体 1 の移動先となる検出可能領域を演算により求める。また演算部 18 は、ロボットアーム 11 の稼働範囲等の情報に基づいて、ロボットアーム 11 が把持対象物体に届くために必要な、移動体 1 の移動先となる到達可能点を算出する。さらに演算部 18 は、検出可能領域及び到達可能点の情報に基づいて、把持対象物体を把持するために、移動体 1 の移動先となる把持可能領域の算出を行う。

【0021】

次に、移動体 1 が自律移動を行い、把持対象物体を行う動作について説明する。図 3 は

50

、移動体 1 の動作のフローチャートである。

【 0 0 2 2 】

把持物体検出部 1 5 に、把持対象物体を設定する（ステップ S 1 1 ）。例えば、把持物体検出部 1 5 に把持対象物体が何であるかを登録する。

【 0 0 2 3 】

移動体 1 は、物体把持可能領域の計算を行う（ステップ S 1 2 ）。図 4 は、物体把持可能領域の計算の詳細なフローチャートである。

【 0 0 2 4 】

演算部 1 8 は、把持対象物体の検出可能領域を計算する（ステップ S 1 2 1 ）。図 5 A 及び図 5 B は、把持物体検出部 1 5 が有する検出範囲に基づいて、把持対象物体を検出可能な領域を幾何的に逆算して求めた図である。図 5 A の破線部は、把持物体検出部 1 5 の検出範囲を示している。図 5 B の破線部は、演算部 1 8 の演算により求められた、把持物体検出部 1 5 が把持対象物体を検出するために移動体 1 が到達すべき領域である検出可能領域を示している。

10

【 0 0 2 5 】

演算部 1 8 は、物体到達可能領域の計算を行う（ステップ S 1 2 2 ）。具体的には演算部 1 8 は、ロボットアーム 1 1 の各関節の稼働範囲を離散点の集合として表し、全ての関節角の組み合わせにおいて手先座標 $r = f()$ を計算する。図 6 A は、演算部 1 8 によるロボットアーム 1 1 の手先座標の算出例であり、算出された手先座標を黒丸で示している。

20

さらに演算部 1 8 は、把持対象物体の座標に基づいて手先座標の逆算を行うことにより、幾何的に移動体 1 の到達可能領域を算出する。すなわち演算部 1 8 は、ロボットアーム 1 1 の手先が把持対象物体に到達するための、移動体 1 の位置を演算する。図 6 B の黒丸は、ロボットアーム 1 1 の手先が把持対象物体に到達するために移動体 1 が到達すべき位置座標である到達可能点を示している。なお、到達可能点の集合した領域を到達可能領域とする。

【 0 0 2 6 】

演算部 1 8 は、物体把持可能領域を計算する（ステップ S 1 2 3 ）。具体的には、ステップ S 1 2 1 において演算部 1 8 が算出した検出可能領域と、ステップ S 1 2 2 において演算部 1 8 が算出した到達可能点とを組み合わせ、検出可能領域にある到達可能点のみを残し、把持可能領域とする。図 7 A は、検出可能領域と到達可能点を組み合わせた状態を示している。図 7 B は、検出可能領域と到達可能点との共通部である、把持可能領域を示している。

30

【 0 0 2 7 】

演算部 1 8 は、把持可能領域を表す点の集合の $n\%$ 信頼楕円を計算する（ステップ S 1 2 4 ）。 $n = 100$ とすると信頼楕円が無限大となるので、 n は 100 以外の値とし、例えば $n = 99$ とする。図 8 は、把持可能領域に対して 99% 信頼楕円を生成した図である。この信頼楕円の内部を、把持可能領域とする。

【 0 0 2 8 】

移動体 1 は、目的地を信頼楕円の中心点に設定する（ステップ S 1 3 ）。

40

【 0 0 2 9 】

経路計画部 1 6 は、目的地に向かう経路を生成する（ステップ S 1 4 ）。なお、経路計画部 1 6 による経路の生成において、距離センサ 1 2 を用いて測定した距離データと、環境地図データ記憶部 1 3 に記憶された環境データに基づいて、自己位置推定部 1 4 が自己位置推定を行う。

【 0 0 3 0 】

演算部 1 8 は、自己位置ばらつき、追従ずれを考慮した到達判定を行う（ステップ S 1 5 ）。図 9 は、詳細な判定処理のフローである。図 1 0 は、移動体 1 と信頼楕円との関係を示した図である。

【 0 0 3 1 】

50

演算部 18 は、生成された経路が目的地に入射する方向に対して垂直であり、目的地を通る直線 m を設定する (ステップ S 151)。

【0032】

演算部 18 は、直線 m と把持可能領域の信頼楕円の間の交点を求め、交点間の距離 L を算出する (ステップ S 152)。ここで、信頼楕円の長軸方向を x 軸、単軸方向を y 軸とする座標系を考え、 m を x 軸、 y 軸の座標系に変換した場合、 L は (1) 式のように求めることができる。

【数 1】

$$\begin{cases} \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \\ y = cx \end{cases} \Rightarrow L = 2ab \sqrt{\frac{1+c^2}{b^2+a^2c^2}} \quad (1) \quad 10$$

ここで、信頼楕円の長径を $2a$ 、短径を $2b$ とする。

【0033】

演算部 18 は、移動体 1 の自己位置のばらつき範囲の半径を p と追従ずれの範囲 l は既知であるものとし、判定を行う (ステップ S 153)。

【数 2】

$$\frac{L}{2} \geq \Delta p + \Delta l \quad (2) \quad 20$$

の場合には (ステップ S 153 で Yes)、経路計画部 16 は、移動体 1 が把持可能領域に到達可能であるものとして、直線 m を用いて把持可能範囲に収まりやすい経路を生成する (ステップ S 16)。ステップ S 16 の手順については、後に詳述する。

【数 3】

$$\frac{L}{2} < \Delta p + \Delta l \quad (3) \quad 30$$

の場合には (ステップ S 153 で No)、ステップ S 155 に進む。

【0034】

演算部 18 は、移動体 1 の自己位置のばらつき範囲の半径を p と追従ずれの範囲 l の合計値と、信頼楕円の長辺方向の長さとの比較を行う (ステップ S 154)。

【数 4】

$$a \geq \Delta p + \Delta l \quad (4) \quad 40$$

の場合には (ステップ S 154 で Yes)、ステップ S 155 に進む。

【数 5】

$$a < \Delta p + \Delta l \quad (5)$$

の場合には (ステップ S 154 で No)、経路計画部 16 は、移動体 1 が検出範囲に確実に入る経路生成を行う (ステップ S 17)。ステップ S 17 の手順については後に詳述する。

【0035】

演算部 18 は、
【数 6】

$$L = \Delta p + \Delta l \quad (6)$$

となる c を計算し、目的地と把持対象物体とを結んだ直線と、直線 m がなす角 θ の値を算出する (ステップ S 155)。図 11 は、把持対象物体から目的地までを結んだ直線と、直線 m との関係を示した図である。

【0036】

演算部 18 は、角 θ があらかじめ定めた閾値 θ_{TH} より小さいか否かを求める (ステップ S 156)。 10

【数 7】

$$\theta \geq \theta_{TH} \quad (7)$$

である場合には (ステップ S 156 で No)、直線 m を用いて把持可能範囲に収まりやすい経路生成 (ステップ S 16) に進む。

【数 8】

$$\theta < \theta_{TH} \quad (8)$$

20

である場合には (ステップ S 156 で Yes)、移動体 1 の把持対象物体に対するアプローチが見た目上不自然になってしまうため、検出範囲確実に入る経路生成 (ステップ S 17) を行う。

【0037】

ステップ S 15 において、移動体 1 が把持可能領域に到達可能であると判定されると、経路計画部 16 は、把持可能範囲に収まりやすい経路生成を行う (ステップ S 16)。経路計画部 16 は以下の手順により経路を生成し、移動体 1 は経路に沿って移動する。図 12 は、経路計画部 16 が把持可能範囲に収まりやすい経路生成を行う詳細なフローチャートである。 30

【0038】

経路計画部 16 は、到達判定結果に応じた経路を作成する (ステップ S 161)。具体的には、経路計画部 16 は、直線 m に対して垂直な方向に経路点を数点配置し、これらの点と移動体 1 とを結ぶ経路を作成する。図 13 A は、目的地から、直線 m に対して垂直な方向に複数の経路点を配置した例であり、図 13 B は、複数の経路点を通り、移動体 1 と目的地を結ぶ経路計画を行った例である。

【0039】

駆動制御部 17 は、移動体 1 が目的地に到着するまで経路追従制御を行う (ステップ S 162)。 40

【0040】

駆動制御部 17 は、移動体 1 が把持対象物体に対して正面を向くように、目的地において旋回する (ステップ S 163)。その後、ステップ S 18 に進む。

【0041】

移動体 1 は、自律移動を終了する (ステップ S 18)。

【0042】

ステップ S 15 において、移動体 1 が把持可能領域に到達可能でないと判定されると、経路計画部 16 は、検出範囲に確実に入る経路生成を行う (ステップ S 17)。経路計画部 16 は以下の手順により経路を生成し、移動体 1 は経路に沿って移動する。図 14 は、経路計画部 16 が、検出範囲に確実に入る経路生成を行う、詳細なフローチャートである 50

。

【0043】

経路計画部16は、目的地を検出可能領域の端に設定する(ステップS171)。具体的には、演算部18は、把持可能領域の重心点を算出する。次に、経路計画部16は、把持対象物体と重心点を結んだ直線と、検出可能領域の端線との交点のうち、把持対象物体から最も遠い点を目的地として設定する。図15は、目的地の設定例である。

【0044】

経路計画部16は、移動体1の現在地から目的地に向かう経路を生成する(ステップS172)。具体的には、経路計画部16は、把持対象物体と目的地とをつなぐ直線と平行方向に、目的地から数点の経路点を配置した後に、移動体1からの経路を生成する。図16Aは、目的地から数点の経路点を配置した状態であり、図16Bは、目的地から数点の経路点を配置した後に、移動体1からの経路を生成した状態である。

10

【0045】

駆動制御部17は、目的地に移動するよう移動体1の移動を制御する(ステップS173)。

【0046】

演算部18は、目的地付近に移動体1が到着したときに、把持物体検出部15により把持対象物体が検出できるか否かの判定を行う(ステップS174)。把持物体検出部15により、把持対象物体が検出できない場合には(ステップS174でNo)、駆動制御部17は、把持物体検出部15が把持対象物体を検出するまで、移動体1を前進させる(ステップS175)。なお、移動体1が目的地に到着したときに物体が検出できない場合とは、自己位置ばらつきや追従ずれの影響により、検出可能領域に自律移動体が入らない場合である。図17Aは、検出可能領域に移動体1が入らない場合の例であり、図17Bは、移動体1が完全に検出可能領域に入るまで前進させた状態を示している。

20

把持物体検出部15が、把持対象物体を検出した場合には(ステップS174でYes)、ステップS176に進む。

【0047】

駆動制御部17は、把持対象物体と移動体1の相対位置関係に基づいて、移動体1の位置合わせを行う(ステップS176)。このとき移動体1の位置は、把持対象物体に対して、把持可能領域の重心よりも遠方となる。したがって駆動制御部17は、移動体1を把持可能領域の重心に移動させる場合であっても、移動体1を把持対象物体と略反対方向に向けることは無い。図18は、移動体1と把持可能領域重心と把持対象物体の位置関係、及び移動体1の移動方向を示した図である。その後、移動体1は移動を停止する(ステップS18)。

30

【0048】

したがって、把持可能範囲に収まりやすいと判定した場合には、移動体1の到達ラインとなる直線mを設けることにより、自己位置推定の精度が悪く移動体1の自己位置がばらつくことや、駆動制御部17による経路追従の精度が悪く経路が外れることがあっても、移動体1が把持可能範囲の中に入ることを、ある程度保障することができる。

また、把持可能領域に収まりにくいと判定して経路生成を行う場合には、把持対象物体と把持可能領域重心を結んだ直線と、検出可能領域の端線との交点のうち、把持対象物体から遠い点を目的地とし、さらに把持対象物体と目的地を繋ぐ直線と平行方向に数点の経路点を配置することで、移動体1を確実に検出可能領域の中に入れることができる。

40

【0049】

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変更することが可能である。例えば、距離センサ12として超音波距離計を用いることとしたが、レーザーを用いた距離センサなどの他の距離計測手法であっても良い。

【符号の説明】

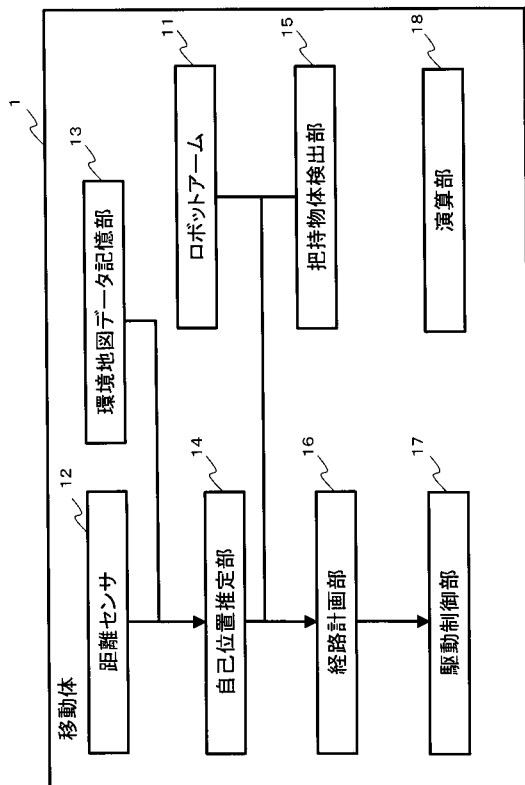
【0050】

1 移動体

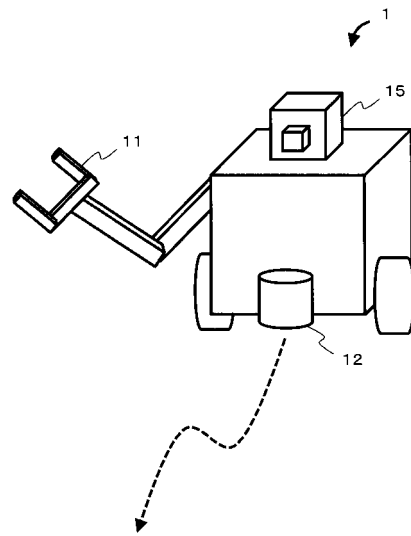
50

- 1 1 ロボットアーム
- 1 2 距離センサ
- 1 3 環境地図データ記憶部
- 1 4 自己位置推定部
- 1 5 把持物体検出部
- 1 6 経路計画部
- 1 7 駆動制御部
- 1 8 演算部

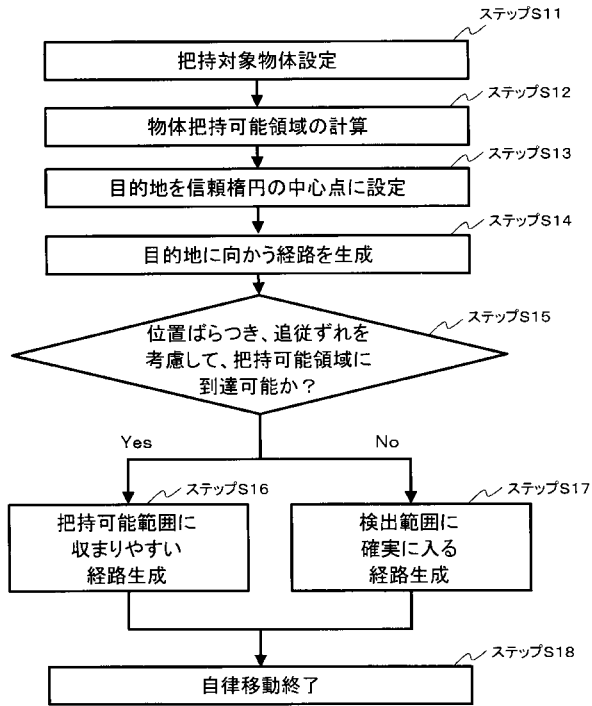
【 図 1 】



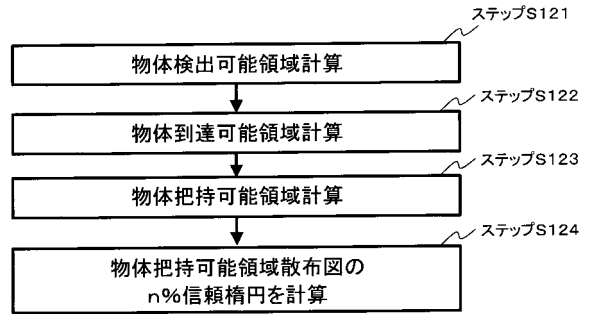
【 図 2 】



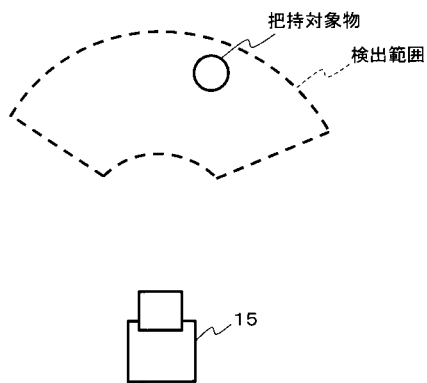
【 図 3 】



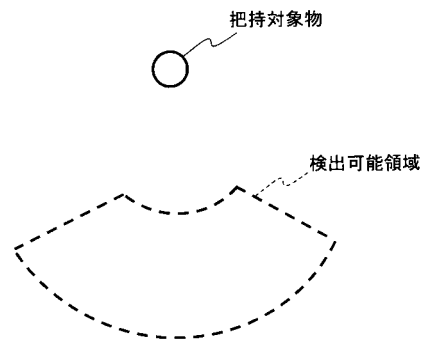
【 図 4 】



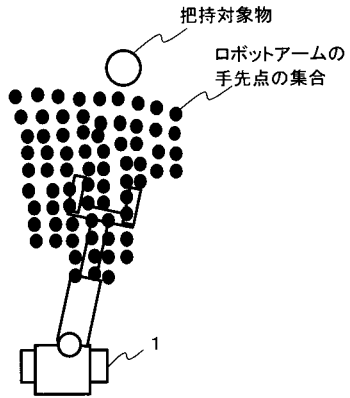
【 図 5 A 】



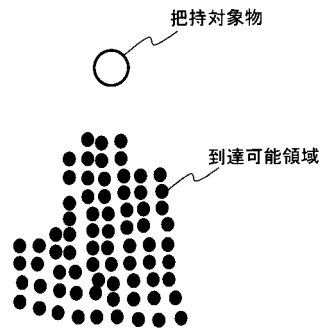
【 図 5 B 】



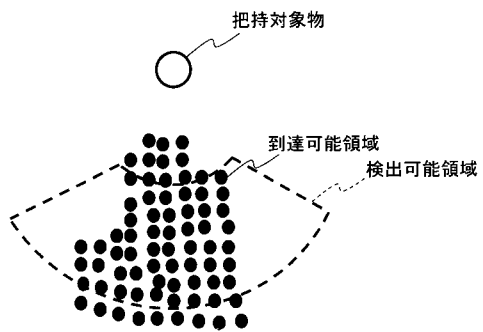
【図 6 A】



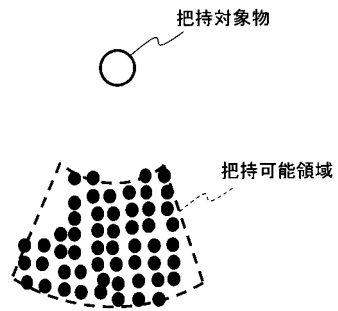
【図 6 B】



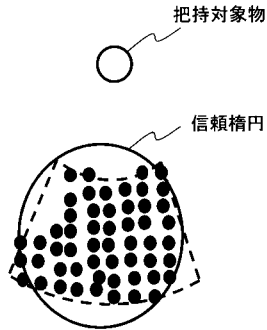
【図 7 A】



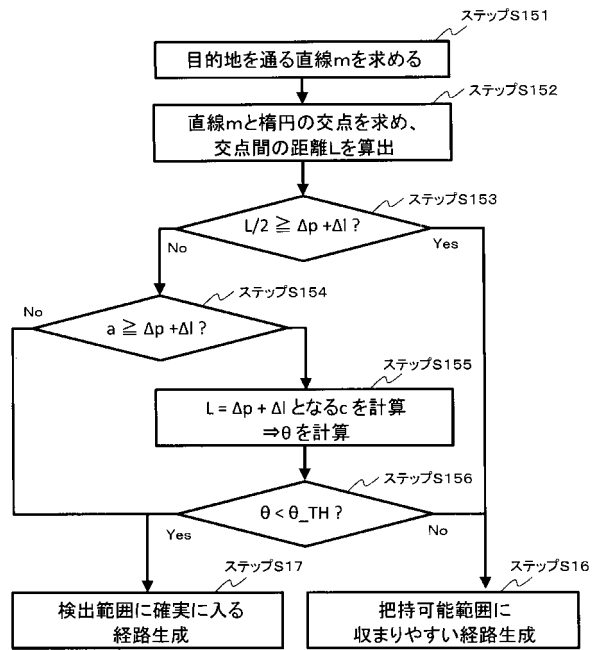
【図 7 B】



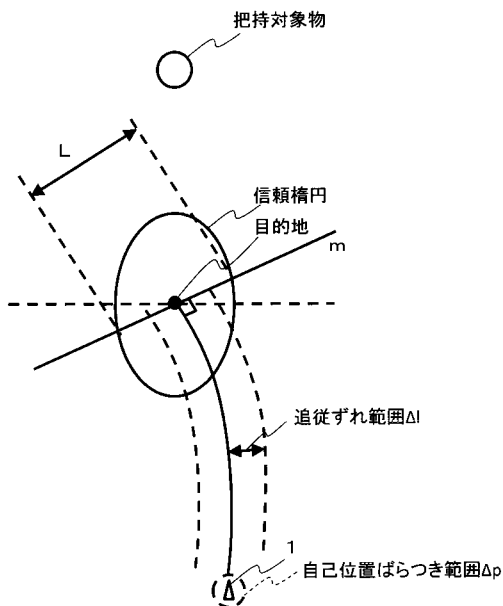
【 図 8 】



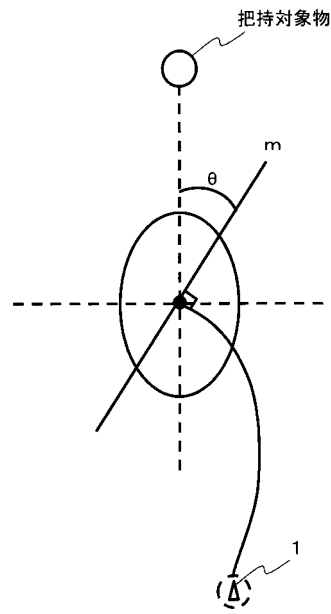
【 図 9 】



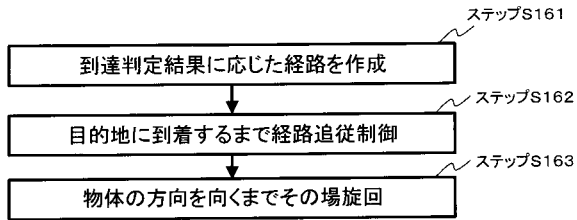
【 図 1 0 】



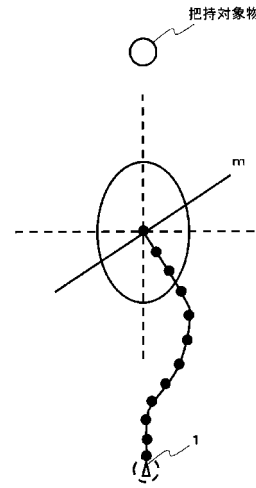
【 図 1 1 】



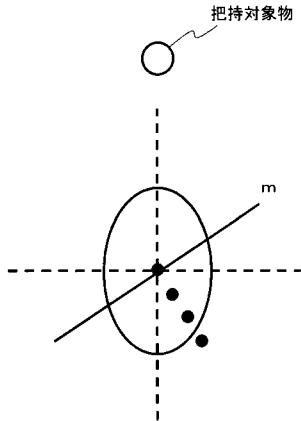
【図12】



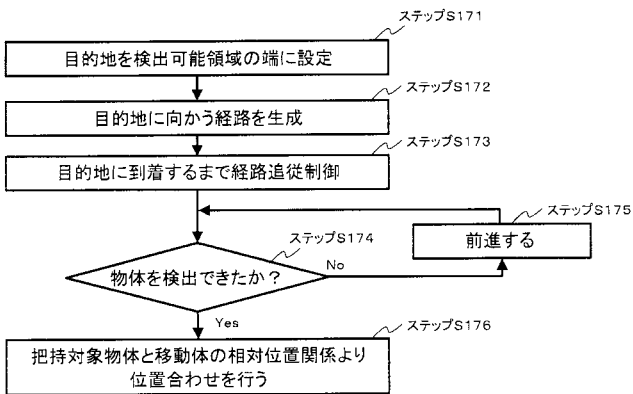
【図13B】



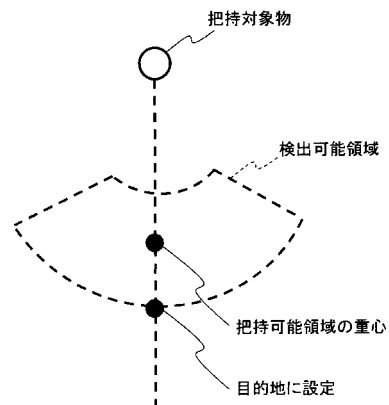
【図13A】



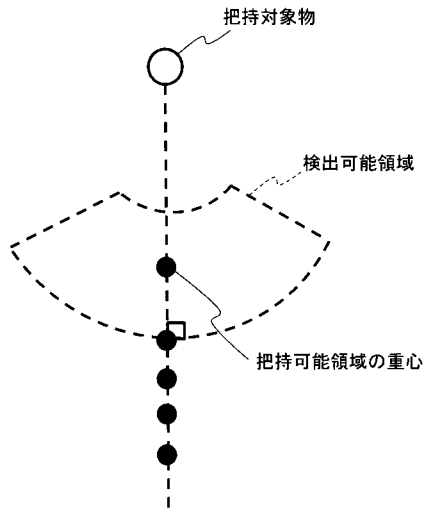
【図14】



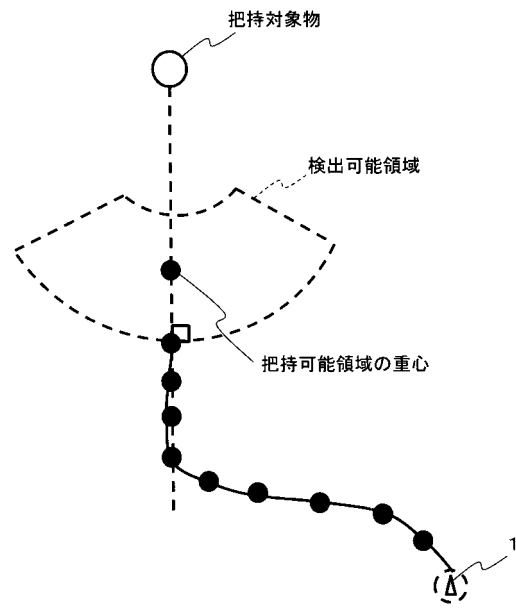
【図15】



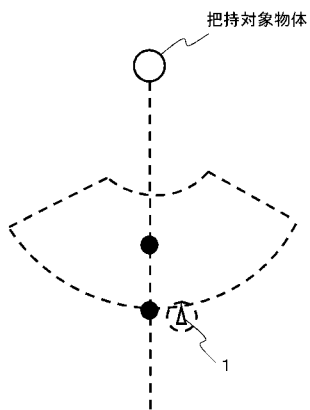
【図 16 A】



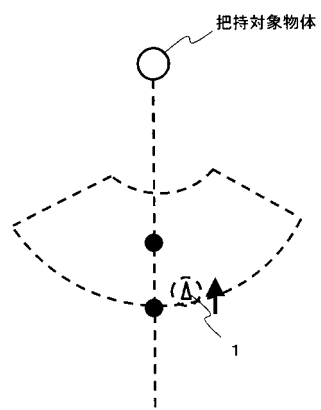
【図 16 B】



【図 17 A】



【図 17 B】



【 図 1 8 】

